

ШАЛАК ИРИНА ОЛЕГОВНА

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Омск – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Бобренко Игорь Александрович

Официальные оппоненты: Титова Вера Ивановна, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Нижегородский государственный
агротехнологический университет», заведующая
кафедрой агрохимии и агроэкологии

Плотников Алексей Михайлович, кандидат
сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Курганская
государственная сельскохозяйственная академия
имени Т.С. Мальцева», заведующий кафедрой
землеустройства, земледелия, агрохимия и
почвоведения

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Алтайский государственный
аграрный университет»

Защита состоится «24» октября 2023 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 99.2.117.03 на базе федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, д. 2. Тел.: 8 (846) 6346131.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте www.ssaa.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы в России идет активное развитие и модернизация промышленного свиноводства. Бесподстилочный свиной навоз – ценное органическое удобрение, он играет большую роль в повышении плодородия почв и продуктивности культурных растений. В общем объеме органических удобрений в РФ на бесподстилочный навоз приходится до 70 %. Но большое количество навоза, сконцентрированное в одном месте – экологическая проблема для прилегающих к свинокомплексам территорий. Решение ее – переработка навоза в органические удобрения. Использование бесподстилочного свиного навоза как удобрение является природоохранным и ресурсосберегающим мероприятием, обеспечивающим повышение продуктивности земель, урожайности культур и экономию минеральных удобрений (Кочергин А.Е., 1981; Мерзлая Г.Е. и др., 1991, 2006; Тарасов С.И., Мерзлая Г.Е., Максимова А.С., 2018; Титова В. И., 2020).

Одним из основополагающих условий успешного развития отрасли растениеводства является воспроизводство, а также рациональное использование плодородия почв в земледелии. Интенсивное использование пашни часто влечет за собой дефицит элементов питания, способствует деградации и снижению почвенного плодородия. Для предотвращения негативных тенденций в условиях недостаточного применения промышленных удобрений, актуальны мероприятия, обеспечивающие воспроизводство плодородия почв и повышение урожайности полевых культур за счет утилизации отходов животноводства использованием их в качестве удобрений с одной стороны, и нормализация состояния окружающей среды с другой (Мерзлая Г.Е., Щеголева И.В., Леонов М.В., 2012; Тарасов С.И., 2018, 2020).

Степень разработки темы. Применение органических удобрений в южной лесостепи Западной Сибири под зерновые культуры эффективно (Кочергин А.Е. и др., 1980; Савосьев П.Д., 1982; Храмов И.Ф., 1997; Гавар С.П., 2004; Воронкова Н.А., 2014; Бобренко И.А. и др., 2018; Шмидт А.Г. и др., 2019; Система адаптивного.., 2020; Красницкий В.М. и др., 2020). Оптимизация питания растений внесением жидкой и твердой фракций свиного бесподстилочного навоза на основе нормативных агрохимических параметров даст возможность получать плановый урожай яровой пшеницы и ячменя, повысить почвенное плодородие.

Цель исследований – установить агрохимические параметры применения жидкой и твердой фракций свиного бесподстилочного навоза под яровые пшеницу и ячмень на агрочерноземе квазиглеевом.

Задачи исследования:

- исследовать действие жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза на урожайность, ее структуру и качество зерна яровых пшеницы и ячменя;
- исследовать действие и последствие твердой фракции свиного бесподстилочного навоза на урожайность, ее структуру и качество зерна яровых пшеницы и ячменя;
- установить действие органических удобрений на почвенное плодородие;
- определить наиболее эффективные дозы жидкой и твердой фракций свиного бесподстилочного навоза в технологии возделывания яровых пшеницы и ячменя;

– установить агрономическую эффективность, коэффициенты действия удобрения на содержание доступных форм элементов почвы, использования элементов питания из почвы и навоза, расход элементов питания на создание 1 тонны урожая зерна;

– определить экономическую эффективность применения свиного бесподстилочного навоза как удобрения на агрочерноземе квазиглеевом.

Объект и предмет исследований. Объектами исследований являлись: яровая пшеница (*Triticum L.*), яровой ячмень (*Hordeum forte*), почва агрочернозем квазиглеевый, жидкая и твердая фракции свиного бесподстилочного навоза.

Предметом является исследование по разработке агрохимических нормативных параметров для оптимизации применения свиного бесподстилочного навоза в технологии возделывания яровой пшеницы и ячменя.

Научная новизна исследований. На Юге лесостепи Западной Сибири установлены агрохимические нормативные параметры использования свиного бесподстилочного навоза. Установлено положительное действие свиного бесподстилочного навоза на содержание подвижных форм основных элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом. Показана высокая эффективность доз твердой и жидкой фракций свиного бесподстилочного навоза с учетом действия и последствия на урожайность, качество зерна яровых пшеницы и ячменя. Установлены коэффициенты использования основных элементов питания из почвы и навоза, интенсивности действия жидкой и твердой фракций на содержание подвижных соединений элементов в агрочерноземе квазиглеевом, затраты элементов питания на создание 1 тонны урожая зерна с учетом соломы, норма элементов питания в 1 тонне жидкой и твердой фракций бесподстилочного навоза.

Практическое значение. Выявленные наиболее эффективные дозы свиного бесподстилочного навоза позволяют управлять минеральным питанием зерновых культур на агрочерноземе квазиглеевом, обеспечить получение высоких, качественных, экономически эффективных урожаев при повышении почвенного плодородия. Нормативные агрохимические параметры, разработанные в данных исследованиях, могут быть использованы для оптимизации питания зерновых культур расчетными дозами жидкой и твердой фракций свиного бесподстилочного навоза, что повышает агрономическую и экономическую эффективность их использования.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на изучении научной литературы отечественных и зарубежных авторов.

Методы исследований: эмпирические – полевые опыты, графическое и табличное представление результатов; теоретические – обработка результатов исследований статистическими методами анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

– внесение свиного бесподстилочного навоза повышает урожайность зерна яровых пшеницы и ячменя на 29-53%; 1 т жидкой фракции навоза повышает содержание нитратного азота на 0,12 мг/кг, подвижного фосфора на 0,10 мг/кг и подвижного калия в агрочерноземе квазиглеевом на 0,14-0,15 мг/кг, твердой фракции – соответственно на 0,59-0,62, 1,01-1,07 и 0,65-0,86 мг/кг в год действия;

– расчет на основе нормативных агрохимических параметров (затраты элементов питания на создание 1 тонны зерна с учетом соломы, коэффициенты

использования и интенсивности действия жидкой и твердой фракций на содержание элементов в почве, азот текущей нитрификации) обеспечивает внесение оптимальных доз жидкой и твердой фракций бесподстилочного свиного навоза.

Достоверность результатов подтверждается современными методами проведения полевых опытов, необходимым количеством наблюдений и учетов, наличием достаточного количества полученного экспериментального материала, результатами статистической обработки данных исследования.

Апробация исследований. Основные результаты исследований были представлены на Международных научно-практических конференциях «Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов» (Омск, 2017), «Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири» (Омск, 2020), «Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021)» (Омск, 2021); Национальной научно-практической конференции «Современные достижения селекции растений – производству» (Ижевск, 2021); опубликованы в 10 печатных работах общим объемом 5,35 п. л., в том числе 4 работы – в ведущих рецензируемых научных журналах.

Результаты исследований прошли производственную проверку в ООО «РУС-КОМ-Агро» на площади 2550 га, используются в учебном процессе.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 146 страницах. Состоит из введения, шести глав, заключения, рекомендаций производству. Содержит 32 таблицы, 22 рисунка, 18 приложений. Список литературы включает 181 наименование, в том числе 16 – на иностранных языках.

Личный вклад. В основу диссертационной работы положены собственные исследования автора, принимала непосредственное участие в составлении программы исследований, проведении полевых экспериментов, лабораторных анализах, обобщении и анализе экспериментальных данных.

Выражаю искреннюю благодарность за научное руководство профессору, доктору сельскохозяйственных наук И.А. Бобренко; за помощь в проведении исследований доцентам кафедры агрохимии и почвоведения Н.В. Гоман, Н.К. Трубиной, В.П. Кормину, студентам Омского ГАУ.

1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА КАК УДОБРЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В главе приведен анализ научной литературы по вопросам:

1.1 Агрохимические свойства, особенности получения и применения свиного бесподстилочного навоза; 1.2 Действие свиного бесподстилочного навоза на почвенное плодородие; 1.3 Продуктивность культурных растений при удобрении свиным бесподстилочным навозом.

2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

Сельскохозяйственные культуры: пшеница яровая мягкая (*Triticum L.*): сорта Памяти Азиева и Дуэт; ячмень яровой (*Hordeum forte*): сорта Саша и Подарок Сибири.

Почва агрочернозем квазиглеевый среднепахотный средне- и тяжелосуглинистый. Содержание гумуса по опытным участкам в пахотном слое варьирует от 4,04 до 4,19%, плотность почвы – 1,26-1,30 г/см³. Сумма обменных катионов не высокая – от 211-240 ммоль/кг почвы, среди катионов преобладает кальций (171-200 ммоль/кг почвы), количество натрия не превышает 9,1 ммоль/кг почвы. Реакция среды находится в нейтральном диапазоне (рН водн. 6,5-7,1). Обеспеченность почвы опытных участков перед посевом нитратным азотом очень низкая, подвижным фосфором – повышенная, калием – очень высокая.

Органические удобрения, применяемые в исследованиях – жидкая (со 1 т вносилось в среднем 2,3 кг азота, фосфора 0,2 кг и калия 1,2 кг) и твердая фракции (соответственно 5,8 кг, 1,1 кг и 1,8 кг) свиного бесподстилочного навоза.

2.2 Климат и метеорологические условия в годы проведения исследований

Сумма положительных температур воздуха выше 10 °С составляет 2000-2100 °С. Среднегодовая сумма осадков составляет 300-350 мм, большая часть из которых (75-80 %), выпадает летом. Погодные условия годов исследований непостоянные. Так вегетационные периоды 2015 г. были прохладными и влажными, а 2016 и 2017 гг. были более теплыми и влажными.

2.3 Методика полевых и лабораторных исследований

Были проведены следующие полевые опыты в 2015-2017 гг.:

Опыт № 1. Эффективность действия жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании пшеницы яровой (опытное поле ООО «РУСКОМ-Агро», сорт Памяти Азиева);

Опыт № 2. Эффективность действия жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании ячменя (опытное поле ООО «РУСКОМ-Агро», сорт Саша);

Опыт № 3. Эффективность действия и последствия твердой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании пшеницы яровой (опытное поле Омского ГАУ, сорт Дуэт);

Опыт № 4. Эффективность действия твердой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании ячменя (опытное поле Омского ГАУ, сорт Подарок Сибири).

Схема опытов №1 и №2: 1. Контроль (без удобрений); внесение жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза: 2. 50 т/га, 3. 100 т/га, 4. 150 т/га, 5. 200 т/га, 6. 250 т/га, 7. 300 т/га.

Схема опытов №3 и №4: 1. Контроль (без удобрений); внесение твердой фракции свиного бесподстилочного навоза: 2. 20 т/га, 3. 30 т/га, 4. 40 т/га, 5. 50 т/га, 6. 60 т/га.

Каждый опыт заложен в 3-х кратной повторности, расположение делянок – систематическое. Закладку опытов, все учеты, наблюдения производили по общепринятым методикам (Б.А. Доспехов, 1985).

Химические анализы почв и растений проводили на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ, навоза – в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский» общепринятыми методами (В.В. Кидин и др., 2008). При прове-

дении лабораторных испытаний учитывались ряд нормативных документов: массовая доля сухого вещества, ГОСТ 26713-85 «Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка»; показатель активности водородных ионов, рН, ГОСТ 27979-88 «Удобрения органические. Метод определения рН»; массовая доля питательных веществ в удобрении с исходной влажностью; азота общего, ГОСТ 26715-85 «Удобрения органические. Метод определения общего азота»; фосфора общего, ГОСТ 26717-85 «Удобрения органические. Метод определения общего фосфора»; калия общего, ГОСТ 26718-85 «Удобрения органические. Метод определения общего калия»; массовая концентрация примесей отдельных токсичных элементов (валовое содержание), определение фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204-91 «Почвы определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО»; определения содержания нитратов с гидразином в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26488-85 «Почвы определение нитратов по методу ЦИНАО».

Статическую обработку опытных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа (Б.А. Доспехов, 1985). Экономическую оценку удобрения - согласно общепринятой методике (В.Г. Минеев и др., 2017).

3 ДЕЙСТВИЕ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

3.1 Урожайность зерновых культур при удобрении жидкой фракцией

Исследования показали, что яровая пшеница в условиях лесостепи Омской области на агрочерноземе квазиглеевом за вегетацию сформировала урожайность в среднем за годы исследований без внесения удобрений 2,70 т/га, при внесении жидкой фракции – 3,06-4,14 т/га. Наиболее эффективным было применение 200 т/га – прибавка урожая составила 1,43 т или 53,02 % (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза на урожайность яровой пшеницы (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	т/га	%	
Контроль	2,80	2,95	2,36	2,70	–	–	–
50	3,46	3,16	2,55	3,06	0,35	13,07	7,1
100	3,80	3,29	2,91	3,33	0,63	23,30	6,3
150	3,98	3,45	3,27	3,57	0,86	31,94	5,8
200	3,96	4,27	4,18	4,14	1,43	53,02	7,2
250	3,75	4,24	3,82	3,94	1,23	45,62	4,9
300	3,15	3,73	3,45	3,44	0,74	27,37	2,5
НСР ₀₅	0,15	0,17	0,12				

Окупаемость 1 тонны удобрения максимальной была в варианте также 200 т/га жидкой фракции и составила 7,2 кг зерна яровой пшеницы, минимальной – при внесении 300 т/га – 2,5 кг зерна.

При исследовании действия жидкой фракции бесподстилочного навоза на урожайность зерна ячменя установлено, что все дозы также обеспечили достоверные прибавки. Ячмень за вегетацию сформировал урожайность в среднем за годы иссле-

дований без внесения удобрений 2,88 т/га, при внесении навоза – 3,15-3,72 т/га. Наиболее эффективным было применение 200 т/га – прибавка урожая составила 0,85 т или 29,43 %. Увеличение дозы до 250 и 300 т/га было менее эффективно – наблюдалось некоторое снижение урожайности (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на урожайность ячменя (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	т/га	%	
Контроль	2,23	3,47	2,93	2,88	–	–	–
50	2,48	3,78	3,20	3,15	0,28	9,62	5,5
100	2,74	3,83	3,73	3,43	0,56	19,35	5,6
150	2,95	3,85	3,60	3,47	0,59	20,51	3,9
200	2,92	4,78	3,47	3,72	0,85	29,43	4,2
250	2,84	4,50	3,60	3,65	0,77	26,77	3,1
300	2,70	4,29	3,60	3,53	0,65	22,71	2,2
НСР ₀₅	0,18	0,24	0,20				

Окупаемость 1 тонны удобрения максимальной была в варианте 100 т/га и составила 5,6 кг зерна ячменя, минимальной – от 300 т/га – 2,2 кг зерна. При использовании наиболее эффективной по урожайности дозы 200 т/га – 4,2 кг.

3.2 Содержание элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом при удобрении жидкой фракцией

Исследования показали, что внесение жидкой фракции навоза увеличивало содержание нитратного азота под пшеницей к фазе кущения с очень низкого уровня в варианте без удобрений до среднего – при внесении 50 т/га и до очень высокого – при дозе 100 т/га и выше. Установлено, что каждая тонна жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза увеличивает содержание нитратного азота на 0,12 мг/кг (рисунок 1) и на 0,10 мг/кг подвижного фосфора (рисунок 2).

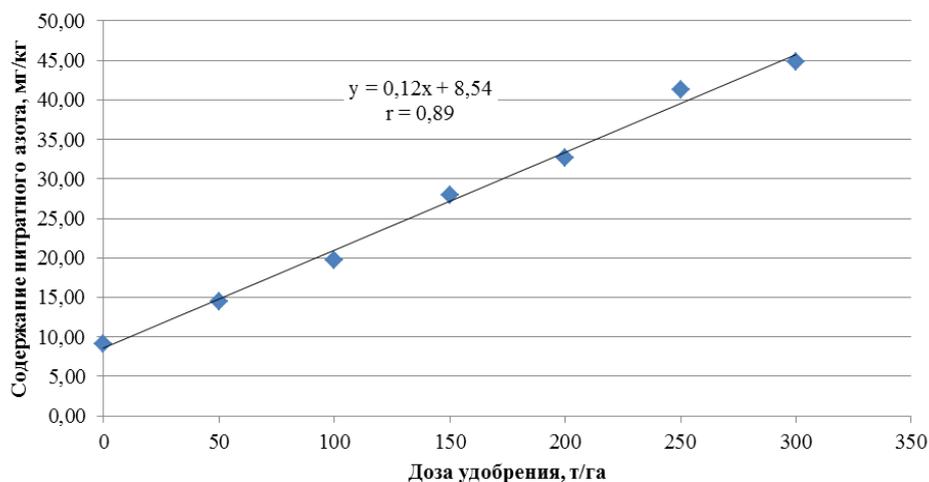


Рисунок 1 – Содержание N-NO₃ в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоз

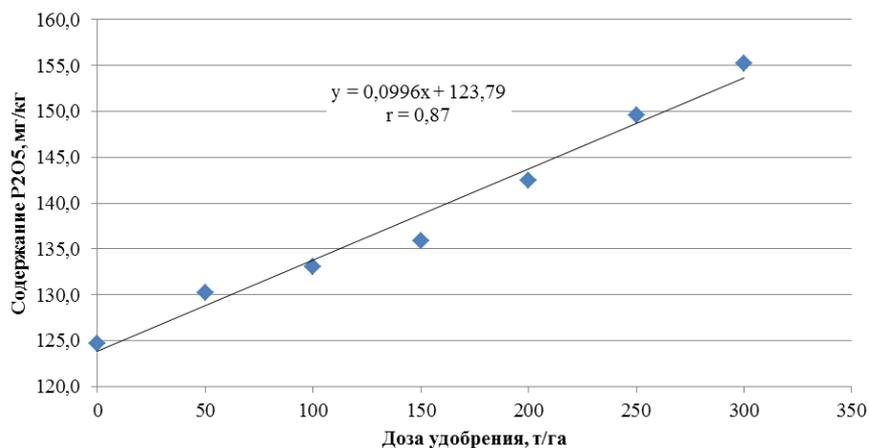


Рисунок 2 – Содержание подвижного P₂O₅ в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кушения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

К уборке содержание нитратного азота значительно уменьшилось, но находилось еще на достаточно высоком уровне, особенно в вариантах с высокими дозами жидкой фракции. Содержание подвижного фосфора в почве при внесении жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза также увеличивалось, но значительно в меньшей степени, чем нитратного азота, и находилось на повышенном уровне. В течение вегетации также изменялось в меньшей степени. Концентрация подвижного калия в почве находилась на очень высоком уровне и составляла в исследованиях более 212 мг/кг почвы. На содержание калия в почве жидкая фракция навоза оказала существенное влияние, каждая тонна жидкой фракции увеличивает его содержание на 0,14 мг/кг (рисунок 3).

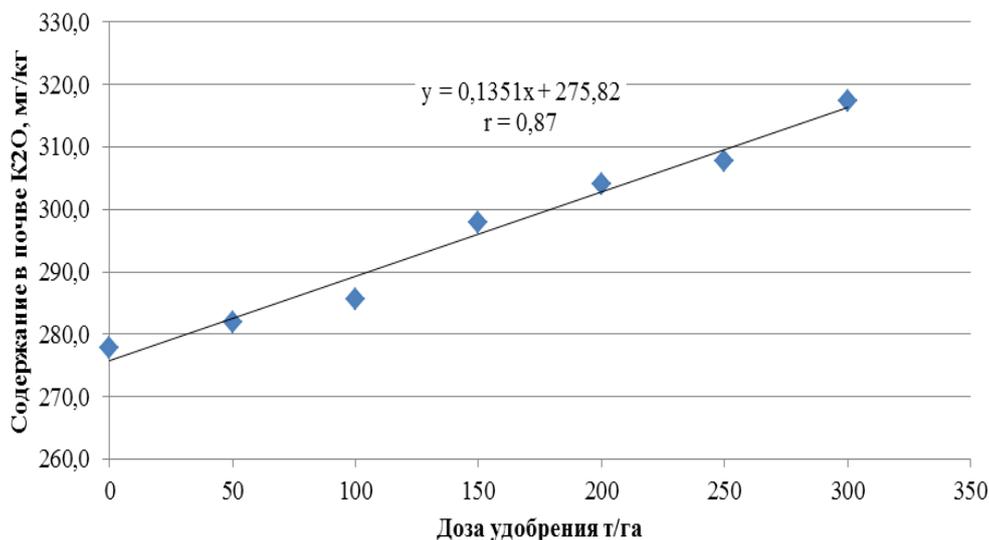


Рисунок 3 – Содержание подвижного K₂O в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кушения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

При возделывании ячменя применение жидкой фракции повышало содержание нитратного азота в почве к фазе кушения с очень низкого уровня в контроле до

очень высокого – при дозе 100 т/га и выше. К фазе восковой спелости и к уборке содержание N-NO₃ существенно снизилось, но находилось на достаточно высоком уровне, особенно в вариантах с увеличенными дозами навоза. Содержание подвижного фосфора в почве при внесении жидкой фракции также увеличивалось, но значительно в меньшей степени, чем нитратного азота. Концентрация подвижного калия в почве находилась на очень высоком уровне и составляла более 269 мг/кг во всех вариантах. На содержание калия в почве навоз оказал существенное влияние.

Установлено, что 1 т жидкой фракции бесподстилочного навоза повышает концентрацию N-NO₃ в почве на 0,12 мг/кг, на 0,10 мг/кг P₂O₅ и на 0,15 K₂O.

Таким образом, внесение жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза существенно повышает содержание нитратного азота (с очень низкого до очень высокого уровня) и подвижного калия.

3.3 Качество и структура урожая

Максимальное содержание белка в зерне яровой пшеницы отмечено в варианте 250 т/га (в контроле 18,8 %), содержание клейковины также увеличивается во всех вариантах применения органических удобрений и составило 36,0-36,7 %, при содержании в контроле 34,5% (таблица 3). Сумма изучаемых аминокислот в белке изменялось разнонаправлено, при этом максимальное значение (9,06 мг/г) наблюдалось при внесении 150 т/га. Значительное увеличение доз до 250-300 т/га негативно повлияло на содержание аминокислот – оно уменьшилось до 8,22-7,26 мг/г.

Таблица 3 – Качество зерна яровой пшеницы при использовании жидкой фракции бесподстилочного навоза, % (среднее 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Белок	Клейковина	Стекловидность
Контроль	18,8	34,5	63
50	19,2	36,7	61
100	20,3	36,5	71
150	20,1	36,1	67
200	20,2	36,0	66
250	20,5	36,7	68
300	21,3	36,2	73

Наибольшее содержание белка в зерне ячменя отмечено при дозе 150 т/га – 18,5 % (в контроль – 18,0 %). Сумма аминокислот в белке изменялось разнонаправлено, при этом она увеличивалась при внесении жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза 50-200 т/га до 8,23-8,50 мг/г (в контроле 8,15 мг/г). Увеличение доз удобрений до 250-300 т/га отрицательно повлияло на содержание аминокислот – оно уменьшилось до 7,74-6,93 мг/г (таблица 4).

Между дозами жидкой фракции (X, т/га) и содержанием белка в зерне (Y₁ – пшеница, %) и сырого протеина (Y₂ – ячмень, %) выявлена тесная прямолинейная корреляционная зависимость при использовании навоза в дозах до 300 и 150 т/га со-

ответственно (уравнения 1, 2), что делает возможным прогноз увеличения содержания данных качественных показателей при удобрении:

$$Y_1 = 0,008x + 18,7; \quad r = 0,71 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,004x + 17,9. \quad r = 0,74 \quad (2)$$

Таблица 4 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на качество зерна ячменя, % (среднее 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Сырой протеин	Жир	Клетчатка
Контроль	18,0	1,73	3,6
50	18,3	1,73	3,5
100	18,4	1,73	3,9
150	18,5	1,70	3,8
200	17,9	1,76	3,8
250	17,6	1,69	3,6
300	18,0	1,68	3,9

Результативное управление питанием культурных растений обеспечивается за счет влияния на растения для получения более высоких показателей элементов структуры урожая. Наибольшее количество зерен в главном колосе пшеницы – 25-26 шт. отмечалось при внесении 100-200 т/га, этот показатель у пшеницы вошёл в диапазон от 23 в контроле до 26 шт. Продуктивная кустистость заметно увеличилась с 2,4 до 2,7-2,9. Масса зерна главного колоса изменялась существенно – от 0,82 г в контроле до 1,05 г при применении 200 т/га жидкой фракции. Масса 1000 зерен увеличивалась в результате применения удобрений с 35,16 в контроле до 40,01 при внесении 200 т/га жидкой фракции.

Оптимальное соотношение урожая яровой пшеницы сорта Памяти Азиева зерна к соломе 1:1,41-1:1,47. Условия для роста и развития растений ячменя лучше складывались в вариантах 100-300 т/га: озерненность главного колоса – 21-23 зерен, масса 1000 зерен – 38,0-39,2 г; в варианте без внесения навоза озерненность главного колоса и масса 1000 зерен были соответственно 17 и 36,0. Продуктивная кустистость увеличилась с 2,7 до 3,0-3,3. Оптимальное соотношение в урожае ячменя Са-ша зерна к соломе составило 1:1,18-1:1,22.

4 ДЕЙСТВИЕ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

4.1 Урожайность зерновых культур при удобрении твердой фракцией

Яровая пшеница на агрочерноземе квазиглеевом Омской области сформировала урожайность в среднем за годы исследований в контрольном варианте 1,82 т/га, а при внесении твердой фракции бесподстилочного навоза – 2,02-2,52 т/га. Наиболее эффективным было применение дозы навоза 50 т/га – прибавка урожая составила 0,70 т или 38,46 %. Увеличение дозы навоза до

60 т/га было менее эффективно – отмечалось некоторое снижение урожайности зерна яровой пшеницы (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние твердой фракции бесподстилочного свиного навоза на урожайность яровой пшеницы (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя	т/га	%	
Контроль	1,45	2,08	1,93	1,82	–	–	–
20	1,77	2,15	2,13	2,02	0,20	10,81	9,8
30	1,94	2,22	2,14	2,10	0,28	15,38	9,3
40	2,16	2,35	2,20	2,24	0,42	22,89	10,4
50	2,28	2,69	2,59	2,52	0,70	38,46	14,0
60	2,26	2,38	2,50	2,38	0,56	30,77	9,3
НСР ₀₅	0,19	0,10	0,15				

Наибольшая окупаемость каждой внесенной тонны навоза при этом была в варианте 50 т/га и составила 14,0 кг зерна яровой пшеницы, минимальная наблюдалась при внесении 30 и 60 т/га и составила 9,3 кг зерна.

При изучении последствий твердой фракции бесподстилочного навоза установлено, что во всех вариантах получены достоверные прибавки урожая (таблица 6). Яровая пшеница за три года сформировала суммарную урожайность 6,00 т/га без внесения навоза и 7,60 т/га при внесении дозы свиного навоза с максимальной урожайностью – 60 т/га. Следовательно, наибольший эффект при последствии имеет повышенная доза. Окупаемость твердой фракции зерном составила от 23,5 до 32,5 кг/т, что существенно выше, чем при действии.

Таблица 6 – Действие и последствие влияния твердой фракции бесподстилочного навоза на урожайность яровой пшеницы в севообороте (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	Действие, 2015 г.	Последствие		Сумма за 3 года	т/га	%	
		1-го года, 2016 г.	2-го года, 2017 г.				
Контроль	1,45	2,19	2,36	6,00	–	–	–
20	1,77	2,32	2,38	6,47	0,47	7,83	23,5
30	1,94	2,48	2,46	6,88	0,88	14,67	29,3
40	2,16	2,50	2,64	7,30	1,30	21,67	32,5
50	2,28	2,44	2,71	7,43	1,43	23,83	28,6
60	2,26	2,53	2,81	7,60	1,60	26,67	26,7
НСР ₀₅	0,15	0,11	0,14				

Ячмень сформировал урожайность в контрольном варианте 2,11 т/га, все при-

меняемые дозы твердой фракции позволили образовать достоверные прибавки урожая. Наиболее эффективным было применение 50 т/га – прибавка урожая составила 0,82 т или 38,6 % составила 2,96 т/га (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние твердой фракции бесподстилочного свиного навоза на урожайность ячменя (2015-2017 г.)

Доза, т/га	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	т/га	%	
Контроль	2,07	2,38	1,89	2,11	–	–	–
20	2,20	2,51	2,54	2,42	0,30	14,27	15,1
30	2,37	2,75	2,83	2,65	0,54	25,46	17,9
40	2,52	2,76	2,90	2,73	0,61	29,01	15,3
50	2,66	2,89	3,24	2,93	0,82	38,60	16,3
60	2,68	2,91	3,28	2,96	0,84	39,84	14,0
НСР ₀₅	0,11	0,18	0,20				

Окупаемость единицы внесенного удобрения (1 тонны твердой фракции бесподстилочного навоза) при этом наибольшей была в варианте 30 т/га – 17,1 кг зерна, наименьшей – при внесении 60 т/га, где она составила 14,0 кг зерна ячменя. Этот показатель у ячменя существенно выше, чем у пшеницы.

4.2 Содержание элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом при удобрении твердой фракцией

Применение твердой фракции увеличивало концентрацию N-NO₃ под зерновыми культурами в слое почвы 0-20 см в кушение с очень низкого (4,4-5,08 мг/кг) в контроле до очень высокого уровня обеспеченности (25,5-46,21 мг/кг). Содержание подвижного фосфора в почве при внесении навоза также увеличивалось, при этом уровень обеспеченности культур этим элементом с повышенного переходил на высокий уровень согласно градации, при внесении 20-40 т/га – т.е. содержание доступного фосфора в пахотном горизонте превышало 150 мг/кг почвы. Концентрация подвижного калия в почве опытного участка находилась на очень высоком уровне, и составляла 280-378 мг/кг почвы. На содержание калия в почве навоз оказал незначительное положительное влияние. 1 т твердой фракции увеличивает содержание нитратного азота на 0,59-0,62 мг/кг, подвижного фосфора на 1,01-1,07 мг/кг, подвижного калия на 0,65-0,86 мг/кг.

В целом, внесение твердой фракции бесподстилочного свиного навоза существенно повышает содержание нитратного азота – с очень низкого до очень высокого уровня и подвижного фосфора – с повышенного уровня до высокого.

4.3 Качество и структура урожая

В зерне яровой пшеницы увеличение содержания сырого протеина наблюдалось, только при внесении 30 и 40 т/га навоза (12,23 и 12,20, соответственно,

содержание в контрольном варианте 12,08 %). Остальные варианты внесения навоза способствовали некоторому снижению содержания протеина в зерне. Вероятно, наблюдался так называемый эффект «разбавления» содержания азота в растениях (соответственно и сырого протеина) увеличенной урожайности зерна в результате применения удобрений (таблица 8).

Таблица 8 – Качество зерна яровой пшеницы при внесении твердой фракции навоза, % (среднее 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Белок	Клейковина	Стекловидность
Контроль	18,5	34,5	62
20	19,0	35,7	67
30	20,2	35,5	71
40	20,3	35,1	67
50	20,4	35,2	67
60	20,5	35,6	68

Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы увеличивалось во всех вариантах применения навоза и составило 35,1-35,7 % при содержании в контрольном варианте 34,5 %. Стекловидность зерна яровой пшеницы сорта Дуэт по вариантам изменялась от 62 в контроле до 67-71 %.

Сумма изучаемых аминокислот в белке зерна яровой пшеницы изменяется разнонаправлено, при этом максимальное значение (4,97 мг/г) наблюдалось при внесении 30 т/га навоза. Дальнейшее увеличение доз навоза до 40-60 т привело к снижению сумм аминокислот до 4,4-4,73 (в контроле 4,59 мг/г).

Ячмень реагирует на внесения твердой фракции с точки зрения увеличения сырого протеина (таблица 9). При внесении всех доз навоза наблюдалось увеличение данного показателя в зерне: в контрольном варианте содержалось 13,52 %, при внесении удобрений – 14,01-14,50 %. При этом наибольшее содержание сырого протеина в зерне наблюдалось при внесении 50 т/га.

Таблица 9 – Качество зерна ячменя при внесении твердой фракции навоза, % (среднее 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Сырой протеин	Жир	Клетчатка
Контроль	13,5	1,87	4,51
20	14,0	1,88	4,72
30	14,1	1,87	4,41
40	14,2	1,82	4,51
50	14,5	1,86	5,23
60	14,3	1,86	4,30
НСР ₀₅	0,72	0,12	0,38

Между дозами твердой фракции (X , т/га) и содержанием белка в зерне (Y_1 – пшеница, %) и сырого протеина (Y_2 – ячмень, %) выявлена корреляционная прямая зависимость при использовании твердой фракции в дозах до 60 и 50 т/га соответственно (уравнения 3, 4):

$$Y_1 = 0,02x + 18,5; \quad r = 0,72 \quad (3)$$

$$Y_2 = 0,02x + 13,5. \quad r = 0,73 \quad (4)$$

Изменение урожайности сопровождается изменением элементов структуры урожая, одним из основных является соотношение основной продукции и побочной. Масса 1000 зерен увеличивалась в результате применения удобрений у пшеницы с 35,16 в контрольном варианте до 36,8-40,01 г в варианте 40-60 т/га, что в том числе объясняет формирование наибольшей урожайности в этих вариантах, как и продуктивная кустистость – 2,7-2,9 (контроль 2,5). Исследования показали, что оптимальное соотношение урожая яровой пшеницы сорта Дуэт зерна к соломе 1:1,44-1:1,49, именно при таком соотношении получено максимальная урожайность в опыте.

При применении 20-60 т/га свиного навоза у ячменя возрастала масса 1000 зерен с 41,4 г (контроль) до 42,4-44,6 г; при внесении 30-60 т/га – количество зерен в колосе – с 18 до 19-22 шт., продуктивная кустистость – с 2,7 до 3,2-3,3. Это является существенными факторами большей продуктивности культуры от внесения навоза. Установлено, что оптимальное соотношение зерно : солома исследуемого сорта ячменя Подарок Сибири составляет 1:1,24-1:1,28.

5 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

5.1 Определение доз удобрений на основе агрономической эффективности удобрения

Согласно результатам полевых опытов № 1-4, исследуемые яровые пшеница и ячмень хорошо отзываются на органические удобрения на основе свиного бесподстилочного навоза в условиях лесостепи Западной Сибири. Это подтверждает и высокая функциональная зависимость их урожайности (Y , т/га) от доз органических удобрений на основе бесподстилочного свиного навоза (X , т/га) (уравнения 5-8) в диапазоне до оптимальных доз на основе:

жидкой фракции

пшеница яровая $y = 0,007 x + 2,70, r = 0,79, \quad (5)$

ячмень $y = 0,005x + 2,87, r = 0,74, \quad (6)$

твердой фракции

пшеница яровая $y = 0,011x + 1,81, r = 0,72, \quad (7)$

ячмень $y = 0,015x + 2,14, r = 0,79. \quad (8)$

Информация о плановой прибавке урожайности (Π , т/га) и коэффициентах интенсивности действия изучаемых органических удобрений ($b_1 = 0,007$ и $0,005$ т/га зерна пшеницы яровой и ячменя соответственно при применении жидкой

фракции, 0,011 т/га и 0,015 т/га при применении твердой фракции) делает возможным рассчитать дозы (т/га, формула 9):

$$Д = П : b_1. \quad (9)$$

5.2 Содержание подвижных форм элементов питания в почве и оптимизация обеспеченности ими растений

Продуктивность культурных растений повышается до определенного уровня зависимости от их биологии и содержания элементов питания в почве. При превышении оптимальной концентрации доступных элементов в почве может прекращаться или даже снижаться рост урожая.

Установленные количественные параметры влияния бесподстилочного свиного навоза на содержание подвижных элементов b_2 (мг/кг почвы, таблица 10) делают возможным прогноз этого содержания и определение норм удобрений под зерновые культуры.

Таблица 10 – Коэффициенты интенсивности действия бесподстилочного свиного навоза (b_2) на содержание подвижных элементов питания в слое почвы 0-20 см в кушение, мг/кг

Культура	Бесподстилочный свиной навоз (1 т/га) – содержание элемента в почве			Элемент в навозе (1 кг/га) – содержание элемента в почве		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Жидкая фракция						
Пшеница яровая	0,12	0,10	0,14	0,052	0,50	0,12
Ячмень	0,12	0,10	0,15	0,052	0,50	0,12
Твердая фракция						
Пшеница яровая	0,59	1,07	0,86	0,10	0,97	0,71
Ячмень	0,62	1,01	0,65	0,11	0,92	0,54

Полученные нормативы действия навозных удобрений на концентрацию доступных форм элементов питания в почве b_2 (мг/кг) позволяют рассчитывать дозы удобрений под сельскохозяйственные растения. Для прогноза концентрации доступных элементов в почве (C_n , мг/кг) при применении органических удобрений можно применить формулу (10):

$$C_n = C_1 + Д \cdot b_2, \quad (10)$$

где C_1 – содержание элемента в почве до посева, мг/кг;

$Д$ – доза жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза, т/га;

b_2 – коэффициент интенсивности действия 1 т органических удобрений на содержание подвижного элемента в почве, мг/кг.

Ранее в исследованиях установлены оптимальные уровни элементов питания для черноземных почв региона при возделывании яровой пшеницы и ячменя (таблица 11).

Таблица 11 – Оптимальное содержание доступных элементов питания в черноземных почвах лесостепи Западной Сибири для зерновых культур, мг/кг

Культура	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая	16-34	167-278	210-260
Ячмень	16-39	100-167	210-260

Для увеличения содержания нитратного азота на 1 мг/кг в почве под яровой пшеницей и ячменем нужно внести 8,2 т/га жидкой фракции навоза (1 мг/кг : 0,12 мг/кг = 8,2 т/га). Отсюда определение доз навоза (т/га) может осуществляться по формуле (11) на основе информации об оптимальном уровне нитратного азота в почве для зерновых культур:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 8,2, \quad (11)$$

где N_o – содержание N-NO₃ в почве оптимальное, мг/кг;

N_{ϕ} – содержание N-NO₃ в почве фактическое, мг/кг;

8,2 – доза жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза для повышения содержания элемента на 1 мг/кг в слое почвы 0-20 см, т/га.

Оптимальные уровни содержания элементов в почве можно использовать при расчете доз удобрений по формуле (12):

$$D = (C_o - C_{\phi}) : b_2, \text{ т /га}, \quad (12)$$

где C_o и C_{ϕ} – оптимальное и фактическое содержание элемента в почве, мг/кг;

b_2 – коэффициент интенсивности действия единицы внесенного удобрения на химический состав почвы, мг/кг (таблица 12).

При применении бесподстилочного навоза целесообразно рассчитывать дозу по азоту, так как на содержание подвижного P₂O₅ он оказывает существенно меньшее относительное воздействие, а K₂O в почве достаточно для высокого урожая.

Таблица 12 – Дозы органических удобрений на основе бесподстилочного свиного навоза для повышения содержания элемента на 1 мг/кг в слое почвы 0-20 см в кушение, т/га

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Жидкая фракция			
Пшеница яровая	8,2	10	7,1
Ячмень	8,2	10	6,7
Твердая фракция			
Пшеница яровая	1,7	0,9	1,2
Ячмень	1,6	1,0	1,5

5.3 Агрохимические нормативные показатели зерновых культур

В исследованиях разработаны нормативные показатели минерального питания зерновых культур при внесении жидкой и твердой фракций бесподстилочного свиного навоза (таблица 13).

Таблица 13 – Агрохимические параметры минерального питания зерновых культур при внесении бесподстилочного свиного навоза

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая			
КИП	0,90	0,10- 0,12	0,05- 0,09
КИУ: -жидкая фракция	0,13	0,48	0,11
- твердая фракция	0,12	0,25	0,22
Коэффициент интенсивности действия 1 т на содержание элементов питания в почве, мг/кг:			
- жидкая фракция	0,12	0,10	0,14
-твердая фракция	0,59	1,07	0,86
Затраты элементов питания на создание продукции с учетом побочной, кг/т	39	14	21
Азот текущей нитрификации, кг/га	60-90	–	–
Ячмень			
КИП	0,90	0,11- 0,12	0,06- 0,09
КИУ: - жидкая фракция	0,07	0,30	0,08
- твердая фракция	0,11	0,25	0,25
Коэффициент интенсивности действия 1 т на содержание элементов питания в почве, мг/кг:			
- жидкая фракция	0,12	0,10	0,15
- твердая фракция	0,62	1,01	0,65
Затраты элементов питания на создание продукции с учетом побочной, кг/т	35	13	21
Азот текущей нитрификации, кг/га	58-88	–	–

Определенные нормативные показатели используются при расчете баланса элементов питания в севообороте и доз органических удобрений. Для расчета доз удобрений на плановую прибавку урожая (П) применяется формула (13):

$$D = K_{п} \cdot N \cdot П : K_{иу}, \quad (13)$$

где D – доза удобрений, кг д.в./га минеральных или т/га органических;

K_п – коэффициент потребности в удобрениях, указывающий на отклонение фактического содержания элемента (С_ф) питания в почве от оптимального (С_о);

N – норма расхода элемента питания на создание 1 т основной продукции;

K_{иу} – коэффициент использования элемента питания из удобрений.

При этом расчет ведется по элементу с наибольшим K_п, который рассчитывается по формуле (14).

$$K_{п} = C_{о} : C_{ф}. \quad (14)$$

И по этому элементу, находящемуся в почве в первом минимуме, определяется доза навоза с учетом его химического состава.

При расчете дозы по фосфору и калию на плановую урожайность (ПУ) применяется формула (15):

$$D_{(P, K)} = (ПУ \cdot Н - З \cdot Кип) : Киу, \quad (15)$$

где З – запас подвижной формы элемента питания в слое почвы 0-20, кг/га;
Кип – коэффициент использования элементов питания из почвы.

При расчете дозы по N применяется формула (16):

$$D_N = (ПУ \cdot Н - (З + N_T) \cdot Кип) : Киу, \quad (16)$$

где N_T – азот текущей нитрификации, кг/га.

Доза бесподстилочного свиного навоза рассчитывается с учетом содержания конкретного элемента в жидкой или твердой фракции.

5.4 Управление питанием растений зерновых культур в практике применения свиного бесподстилочного навоза

Установленные агрохимические нормативные показатели могут быть использованы для управления минеральным питанием зерновых культур с помощью применения бесподстилочного свиного навоза (таблица 14).

Таблица 14 – Производственные испытания результатов исследований на агрочерноземе квазиглеевом (2021 г.)

№	Метод определения дозы	Удобрение	Культура	Расчетная доза, т/га	Урожайность, т/га
1	На основе оптимальных уровней	жидкая фракции	пшеница яровая	105	2,72
2	На плановую прибавку	жидкая фракции	ячмень яровой	200	3,20
3	На плановую прибавку	твердая фракции	пшеница яровая	44	2,85
4	На плановую урожайность	твердая фракции	ячмень яровой	31	3,11

Расчет доз на их основе эффективен: урожайность составила 95-104 % от плановой.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР БЕСПОДСТИЛОЧНЫМ НАВОЗОМ

Применение бесподстилочного свиного навоза при возделывании яровой пшеницы и ячменя на агрочерноземе квазиглеевом южной лесостепи Омского Прииртышья экономически эффективно. Чистый доход удобрений под яровую пшеницу при разных дозах жидкой фракции составил 3200-14507 руб./га. Уровень рентабельности при дозах 50-250 т/га - 114,0-208,9 %. Использование жидкой фракции в дозах

50-250 т/га под яровой ячмень, позволило получить условный чистый доход на уровне 355-3040 руб./га. Рентабельность оптимальных доз по урожайности (50-200 т/га) составила 29,6-76,8%. Применение твердой фракции навоза (действие в год внесения) позволило получить в зависимости от дозы внесения условный чистый доход при возделывании яровой пшеницы 400-3800 руб./га, ячменя – 1050-3430 руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования 2015-2017 гг. на агрочерноземе квазиглеевом южной лесостепи Западной Сибири показали высокую отзывчивость зерновых культур на удобрение свиным бесподстилочным навозом:

1. При использовании жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза получена урожайность зерна яровой пшеницы 3,06-4,14 т/га (без удобрений 2,70 т/га). Наиболее эффективна доза 200 т/га – прибавка урожая составила 1,43 т или 53,02%. Ячмень сформировал урожайность без удобрений 2,88 т/га, при их применении – 3,15-3,72 т/га. Оптимальным было внесение 200 т/га – прибавка урожая составила 0,85 т или 29,43 %.

2. При использовании твердой фракции свиного бесподстилочного навоза получена урожайность яровой пшеницы 2,02-2,52 т/га (в контроле 1,82 т/га). Оптимальным было внесение дозы 50 т/га – прибавка урожая составила 0,70 т или 38,46 %. С учетом последействия суммарная урожайность яровой пшеницы за 3 года получена 6,00 т/га без внесения навоза и 7,60 т/га – при внесении 60 т/га. Ячмень сформировал урожайность в контроле 2,11 т/га, оптимальной была доза 50 т/га – прибавка урожая 0,82 т или 38,6 %.

3. Установлены количественные показатели интенсивности действия 1 т жидкой и твердой фракции свиного бесподстилочного навоза (коэффициент b_1) на урожайность яровой пшеницы (0,007 и 0,005 т/га соответственно) и ячменя (0,011 и 0,015 т/га), и предложена формула для расчета доз на плановую прибавку урожая ($D = П : b_1$).

4. Установлен коэффициент b_2 интенсивности действия 1 т/га удобрений жидкой и твердой фракций бесподстилочного свиного навоза на содержание нитратного азота (0,12 и 0,59-0,62 мг/кг соответственно), подвижных фосфора (0,10 и 1,01-1,07) и калия (0,14-0,15 и 0,65-0,86), что позволяет сделать прогноз содержания их в почве (мг/кг) по формуле $C_{п} = C_1 + D \cdot b_2$ и определить дозу удобрений с учетом оптимального и фактического содержания элемента питания в почве: $D = (C_o - C_{ф}) : b_2$.

5. При внесении жидкой фракции навоза повышалось содержание белка в зерне яровой пшеницы с 18,8 до 21,3 %, клейковины с 34,5 до 36,7 %, в яровом ячмене содержание сырого протеина увеличивалось с 18,0 до 18,5 %. При внесении твердой фракции навоза: повышалось содержание белка в зерне яровой пшеницы с 18,5 до 20,5 %, клейковины с 34,5 до 35,7 %, в ячмене – с 13,5 до 14,5 %. Выявленные зависимости между дозами навоза и содержанием белка в зерне позволяют прогнозировать качество урожая.

6. Сумма аминокислот в белке зерна ячменя увеличивалась при внесении жидкой фракции бесподстилочного навоза 50-200 т/га до 8,23-8,50 мг/г (в контроле

8,15 мг/г). В белке зерна яровой пшеницы максимальное значение (4,97 мг/г) наблюдалось при внесении 30 т/га твердой фракции (4,59 мг/г).

7. Определены нормативные параметры: затраты элементов питания на создание 1 т зерна, норма элементов питания в 1 т навозного удобрения, коэффициенты использования элементов из почвы и навоза, количество азота текущей нитрификации.

8. Чистый доход и рентабельность составили при оптимальных дозах жидкой фракции бесподстилочного навоза, соответственно, при удобрении яровой пшеницы 14507 руб./га и 208,9 %, ячменя 10625 руб./га и 38,9 %. При действии твердой фракции чистый доход и рентабельность составили у яровой пшеницы 3800 руб./га и 56,7 %, у ячменя 3430 руб./га и 50,3 %. С учетом двух лет последействия чистый доход составил при удобрении яровой пшеницы 15200 руб./га, рентабельность – 172,7 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения планового урожая высокого качества яровой пшеницы и ячменя бесподстилочный свиной навоз нужно применять согласно агрохимическим нормативам:

– коэффициенты использования элементов питания из почвы:

яровой пшеницей N – 0,90; P₂O₅ – 0,10-0,12; K₂O – 0,05-0,09;

ячменем N – 0,90; P₂O₅ – 0,11-0,12; K₂O – 0,06-0,09;

– коэффициенты использования элементов питания из бесподстилочного свиного навоза (%):

жидкой фракции:

яровой пшеницей N – 0,13; P₂O₅ – 0,48; K₂O – 0,11;

ячменем N – 0,07; P₂O₅ – 0,30; K₂O – 0,08;

твердой фракции:

яровой пшеницей N – 0,12; P₂O₅ – 0,25; K₂O – 0,22;

ячменем N – 0,11; P₂O₅ – 0,25; K₂O – 0,25;

– затраты элементов питания на создание 1 т зерна с учетом соломы, кг/т:

яровой пшеницей N – 39; P₂O₅ – 14; K₂O – 21;

ячменем N – 35; P₂O₅ – 13; K₂O – 21;

– N_т : под яровой пшеницей – 60-90, ячменем – 58-88 кг/га;

– дозы (т/га): жидкой фракции – 200, твердой фракции – 50;

– формулы расчета доз:

1. $D = П : b_1$;

2. $D = (C_o - C_ф) : b_2$;

3. $D_{(P, K)} = (ПУ \cdot Н - 3 \cdot Кип) : Киу$;

4. $D_N = (ПУ \cdot Н - (3 + N_t) \cdot Кип) : Киу$.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшем актуально изучение эффективности последствий жидкой и твердой фракции бесподстилочного свиного навоза в севообороте, влияния на урожайность кормовых культур, исследование данных аспектов не только в условиях лесостепной, но и степной и таежной природно-климатических зон Западной Сибири.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях

1. Шалак, И.О. Эффективность применения жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза под яровую пшеницу на лугово-черноземной почве / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, Н.К. Трубина, И.О. Шалак // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5 (140). – С. 51-59.

2. Шалак, И.О. Эффективность применения твердой фракции свиного бесподстилочного навоза под ячмень на агрочерноземе квазиглеевом Западной Сибири / И.О. Шалак, И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, В.П. Кормин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (40). – С. 68-75.

3. Шалак, И.О. Применение органических удобрений на основе твердой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании яровой пшеницы / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, В.П. Кормин, И.О. Шалак // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (41). – С. 5-12.

4. Шалак, И.О. Эффективность применения органических удобрений при возделывании зерновых культур / И.А. Бобренко, И.О. Шалак, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, В.П. Кормин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (45). – С. 13-19.

5.

Публикации в других научных изданиях

6. Шалак, И.О. Влияние твердой фракции свиного бесподстилочного навоза на урожайность и качество зерна ярового ячменя на лугово-черноземной почве / Д.А. Николаева, И.О. Погуляй // I региональная (заочная) научно-практическая конференция молодых ученых и обучающихся посвященная 100-летию Омского государственного аграрного университета. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – С. 266-270.

7. Погуляй И.О. Влияние жидкого свиного навоза на урожайность зерна яровой пшеницы в условиях Омской области / И.О. Погуляй, Д.А. Николаева // I региональная (заочная) научно-практическая конференция молодых ученых и обучающихся посвященная 100-летию Омского государственного аграрного университета – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – С. 323-327.

8. Шалак И.О. Управление питанием ячменя на основе использования жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза / И.О. Шалак // Основы и перспективы органических биотехнологий. – 2020. – №2. – С. 46-51.

9. Шалак, И.О. Управление питанием ячменя на основе использования бесподстилочного свиного навоза / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, И.О. Шалак // Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири» (к 100-летию образования кафедры почвоведения). – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – С. 185-190.

10. Шалак, И.О. Управление питанием ячменя на основе использования бесподстилочного свиного навоза / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, И.О. Шалак // Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири» (к 100-летию образования кафедры почвоведения). – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – С. 185-190.

11. Шалак, И.О. Применение твёрдой фракции бесподстилочного свиного навоза при возделывании ячменя / И.А. Бобренко, И.О. Шалак, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, В.П. Кормин // Национальная научно-практическая конференция «Современные достижения селекции растений – производству» (21 июля 2021 г., г. Ижевск). – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 21-25.

Подписано в печать 18.08.2023. Формат 60\84\16.

Бумага офсетная. Печать оперативная.

Печ.л 1,5. Гарнитура «Times New Roman».

Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ИП Макшеевой Е.А.

г. Омск, ул. Долгирева, 126, тел.: 89083194462

