

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
П.А. СТОЛЫПИНА»

*На правах рукописи*

**Шалак Ирина Олеговна**

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

**4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор И.А. Бобренко

Омск – 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА КАК УДОБРЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	9
1.1 Агрохимические свойства, особенности получения и применения свиного бесподстилочного навоза.....	9
1.2 Действие свиного бесподстилочного навоза на почвенное плодородие.....	11
1.3 Продуктивность культурных растений при удобрении свиным бесподстилочным навозом.....	17
2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	24
2.1 Объекты исследований.....	24
2.2 Климат и метеорологические условия в годы проведения исследований.....	32
2.3 Методика полевых и лабораторных исследований.....	37
3 ДЕЙСТВИЕ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР .....	40
3.1 Урожайность зерновых культур при удобрении жидкой фракцией.....	41
3.2 Содержание элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом при удобрении жидкой фракцией.....	45
3.3 Качество и структура урожая .....	51
4 ДЕЙСТВИЕ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	58

4.1 Урожайность зерновых культур при удобрении твердой фракцией	59
4.2 Содержание элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом при удобрении твердой фракцией.....	63
4.3 Качество и структура урожая .....	69
<b>5 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ.....</b>	<b>74</b>
5.1 Определение доз удобрений на основе агрономической эффективности удобрения.....	74
5.2 Содержание подвижных соединений элементов питания в почве и оптимизация обеспеченности ими растений .....	76
5.3 Агрохимические нормативные показатели зерновых культур.....	87
5.4 Управление питанием растений зерновых культур в практике применения свиного бесподстилочного навоза.....	94
<b>6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР БЕСПОДСТИЛОЧНЫМ НАВОЗОМ .....</b>	<b>98</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>103</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....</b>	<b>105</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>107</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>128</b>

## ВВЕДЕНИЕ

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 удобрения является природоохранным и ресурсосберегающим мероприятием, обеспечивающим повышение продуктивности земель, повышение урожайности 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; Храмцов 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 «РУСКОМ-Агро» на площади 2550 га, используются в учебном процессе (приложения О, П, Р, С, Т).

**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.

**Благодарности.** 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 ПРИМЕНЕНИЕ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА КАК УДОБРЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Агрохимические свойства, особенности получения и применения свиного бесподстилочного навоза

С учетом наметившейся тенденции роста поголовья скота к 2030 г. выход навоза в сельскохозяйственных организациях РФ в физической массе может достигнуть 314 млн. т, а в пересчете на подстилочный навоз – 169 млн. т. При этом основной прирост выхода органических удобрений будет происходить за счет бесподстилочного навоза и помета, доля которых в структуре выхода органических удобрений возрастет с 64 до 70% (Тарасов С.И., 2012, 2013; Тарасов С.И., Кравченко М.Е., Бужина Т.А., 2020).

Навоз – один из важнейших видов органических удобрений. Оказывает комплексное воздействие на почву, пополняет запас подвижных соединений питательных веществ в почве, улучшает круговорот макро- и микроэлементов в системе почва-растение (Лесто Н.К., 1976; Красницкий В.М., 2002; Еськов А.И. и др., 2010; Кидин В.В., 2015; Завалин А.А., , Соколов О.А., 2016).

Бесподстилочный навоз – навоз без подстилки с добавлением технологической воды или без неё. Он подразделяется на: жидкий – навоз, содержащий от 3 до 8% сухого вещества, полужидкий – от 8 до 14%, и навозные стоки, в которых меньше 3% сухого вещества. Получают бесподстилочный навоз в крупных свинокомплексах, где осуществляется бесподстилочное содержание свиней. Такой навоз обладает текучестью и легко подвергается уборке техническими средствами (Цуркан М.А., 1985; Мерзлая Г.Е. и др., 2012; Тарасов С.И. и др., 2020).

Количество и качество бесподстилочного навоза изменяется в зависимости от возраста свиней, способа их содержания, состава корма, технологии удаления и хранения навоза. В бесподстилочном навозе до 70% азота находится в рас-

творенной форме, в которой он хорошо усваивается растениями в первый год. Остальное количество азотных соединений в последующие годы также становится доступным сельскохозяйственным культурам после минерализации органики. Фосфор органических соединений навоза усваивается растениями лучше, чем из минеральных удобрений. Калий представлен только в растворимой форме, и поэтому легко усваивается растениями (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Содержание питательных веществ в бесподстилочном свином навозе

Элемент	Бесподстилочный навоз		
	полужидкий	жидкий	Навозные стоки
	влажность, %		
	86-92	93-96	97-98
N	0,50-0,42	0,33-0,25	0,17-0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25-0,21	0,16-0,12	0,03-0,09
K <sub>2</sub> O	0,21-0,18	0,18-0,13	0,07-0,03

Коэффициенты использования элементов питания из бесподстилочного навоза свиней и его действие на урожайность культур в первый год выше, чем у подстилочного, а последствие – слабее. Жидкий навоз преимущественно азотно-калийное удобрение (Семенова П.Д., 1978; Поздняков И.П. и др., 2015; Мерзлая Г.Е. и др., 2016; Комякова Е.М., Антонова О.И., 2020; Бобренко И.А., 2021).

Конструкция свиноводческих комплексов, технология содержания свиней, технологический уровень оборудования, применяемых для уборки, обеззараживания, хранения, транспортировки и внесения навоза в почву, оказывают существенное действие на физико-химические свойства бесподстилочного навоза и как следствие на качество свиного навоза. Поэтому на комплексах, построенных по разным проектам, где применяются различные технологии и технические средства, состав навозных стоков и его фракций

различаются (Васильев В.А., 1983; Дозы и сроки..., 1990; Попов П. Д., 1997; Еськов А.И., Свинцов И.П., 2000; Тарасов С.И., 2006).

Технология получения свиного навоза состоит из следующих этапов: накопление навоза при содержании животного, его удаление, разделение, обеззараживание, хранение.

Внедрение технологии внесения бесподстилочного навоза посредством шланговых систем в хозяйствах РФ проведено без научного сопровождения. В этой связи актуальны разработка научно обоснованной технологии применения бесподстилочного навоза посредством шланговых систем (Гриднев П.И., Гриднева Т.Т., Романюк В., 2002; Базылев М.В., 2016; Тарасов С.И., Мёрзлая Г.Е., 2018; Успенский И.А. и др., 2019; Борычев С.Н. и др., 2021).

## **1.2 Действие свиного бесподстилочного навоза на почвенное плодородие**

Многолетний опыт свидетельствует, что достичь стабильного повышения плодородия почвы и урожайности культур можно только при регулярном применении органических и минеральных удобрений в необходимых количествах. Главной целью применения удобрений является регулирование круговорота питательных веществ в земледелии и улучшение питания растений (Березин Л.В. и др., 2003; Ермохин Ю.И., Бобренко И.А., 2008; Чекмарев П.А. и др., 2011; Сычев В.Г. и др., 2012; Воронкова Н.А., 2014; Сычев В.Г. и др., 2015; Титова В. И. и др., 2019; Бобренко И.А., 2022).

«Почвоутомление связано, прежде всего, с развитием депрессивных процессов в микробиоте почвы, приводящих к нарушениям в трансформации органического вещества почвы, накоплению в ней токсичных соединений. В ряде работ установлено положительное действие умеренных доз (менее  $N_{300}$ ) бесподстилочного навоза и минеральных удобрений на численность и биологическую активность микроорганизмов, в целом на плодородие почвы.

Однако действие длительного применения повышенных доз (более  $N_{300}$ ) навоза на биогенность почвы, увеличение устойчивости агроценозов с бессменным возделыванием монокультуры до сих пор не изучено» (Тарасов С.И. и др., 2019).

На основании данных биохимических исследований, высокая биологическая активность почвенных микроорганизмов при использовании бесподстилочного навоза является следствием резкого увеличения в ней содержания легко доступного для микроорганизмов легкогидролизуемого азота, подвижных гумусовых веществ, а также большим содержанием азота в собственно микроорганизмах. В почве при внесении органических удобрений снижалось соотношение C:N и повышалась биомасса почвенных микроорганизмов (Plaza C. и др., 2004; Воронкова Н.А., 2014; Gondek K., 2016).

Каждое изменение биоценоза оказывает воздействие на биологическую активность почвы, которая проявляется выделением  $CO_2$ . От биологической активности почвы зависят процессы разложения органического вещества и обеспеченность растений элементами питания. Исследования показали, что в результате удобрения бесподстилочным навозом активность биологических процессов в почве активно повышается. При больших дозах навоза в следствии высокого содержания в нем легко разлагающихся веществ и узкого отношения C:N возможна временная высокая активность биологических процессов. Внесение чрезмерно высоких доз бесподстилочного навоза может привести к увеличению почвенного гумуса и потерям углерода (Muller K., 1977; Ladd J., 1983; Цуркан М.А., 1985; Мерзлая Г.Е., 2006; Bobrenko I.A. и др., 2021).

Согласно итогам исследований С.И. Тарасова с соавторами (Тарасов С.И. и др., 2019), «длительное 36-летнее регулярное применение бесподстилочного навоза способствовало формированию более мелкокомковатой, зернистой структуры дерново-подзолистой супесчаной почвы в результате увеличения в ней доли агрегатов размером 10-0,25 мм и особенно доли наиболее ценных в формировании структуры почвы агрегатов 3-1 мм с наибольшим содержанием органического вещества. В агроценозе с бессменным возделыванием кострца

безостого почва характеризовалась высокой степенью агрегированности. Применение бесподстилочного навоза улучшило количественные и качественные характеристики структуры дерново-подзолистой супесчаной почвы. Почва в вариантах опыта с применением бесподстилочного навоза характеризовалась наибольшими значениями коэффициентов структурности, потенциальной способностью к оструктуриванию, водопрочностью агрегатов и самой структуры, устойчивостью сложения. Положительное влияние бесподстилочного навоза на структуру почвы обусловлено, вероятно, повышением содержания органического вещества в составе почвенных агрегатов. Наибольшему поступлению органического вещества в почву соответствовало максимальное его содержание в почвенных агрегатах. Использование навоза способствовало формированию наиболее ценных агрегатов размером 3-1 мм, увеличив их долю в структуре почвы до 30%. Систематическое ежегодное применение бесподстилочного навоза в дозах N<sub>300</sub>, N<sub>700</sub> увеличило содержание органического вещества в агрегатах 3-1 мм в 2 и 3 раза соответственно в сравнении с его содержанием в контроле опыта». Применение бесподстилочного навоза значительно повышало численность и биологическую активность почвенных микроорганизмов. С увеличением дозы бесподстилочного навоза биогенность почвы возрастала (Тарасов С.И., Мёрзлая Г.Е., 2018; Тарасов С.И. и др., 2019).

По информации А.С. Давыдова и Р.П. Воробьевой (2008), «при орошении свинными навозными стоками произошло существенное снижение плотности сложения чернозема выщелоченного Алтайского края. По сравнению с контролем плотность в слое почвы 0-20 см уменьшилась на 0,03 г/см<sup>3</sup> (2,6%) при норме внесения стоков 100 м<sup>3</sup>/га, на 0,08 (7,0%) – при норме 300 м<sup>3</sup>/га. Снижение плотности сложения почвы после полива животноводческими стоками, по видимому, происходит за счет набухания коллоидов, разложения органики, а также благодаря активизации жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. В результате трехлетнего внесения стоков наблюдалось увеличение пористости

почвы. В слое 0-20 см по сравнению с контролем она возросла с 54,7 до 55,9-59,8% в зависимости от норм внесения. С увеличением нормы стоков пористость увеличилась. Наименьшая влагоемкость возросла с 26,0 до 27,9-30,1% от массы, или на 7-15% при внесении стоков от 100 до 300 м<sup>3</sup>/га. При этом существенно повысилась водопроницаемость почвы. Скорость впитывания возросла в среднем за 6 ч с 0,55-0,57 мм/мин до 0,65-0,68 мм/мин при норме стоков 300 м<sup>3</sup>/га».

Регулярное применение бесподстилочного навоза в агроценозе с бессменным 32-летним возделыванием коостреца безостого обусловило ежегодное увеличение содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве при дозах N<sub>300</sub>, N<sub>700</sub>, соответственно, на 0,06 и 0,08%, что свидетельствует о повышении потенциального плодородия почв (Тарасов С.И. и др., 2019).

От применения свиного навоза в пахотном слое обыкновенного чернозема повышалось содержание подвижного фосфора: от навоза из лагуны с 13,3 до 24,5, от навоза с соломой – с 13,6 до 20,6 мг/кг. В то же время навоз КРС мало изменял содержание фосфора в почве. Внесение свиного навоза из лагуны способствовало накоплению минеральных соединений азота (N-NO<sub>3</sub> + N-NH<sub>4</sub>) как в верхнем слое почвы, так и в более глубоких ее слоях (Мерзлая Г.Е., 2012).

А.В. Тиньгаев и А.С. Давыдов (2013) установили, что «свиные стоки оказали положительное воздействие на основные агрохимические свойства чернозема выщелоченного Алтайского края. Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см при норме стоков 200 м<sup>3</sup>/га увеличилось с 6,33 до 6,51%, а в слое 0-60 см – с 4,54 до 4,71%; при норме 300 м<sup>3</sup>/га соответственно с 6,33 до 6,52% и с 4,54 до 4,74%; при норме 100 м<sup>3</sup>/га возросло до 6,48 и 4,67 % соответственно. Содержание валового азота при норме стоков 300 м<sup>3</sup>/га возросло с 0,439 до 0,482 % в слое почвы 0-20 см и 0,267 до 0,299 % в слое 0-60 см. Аналогичная картина наблюдалась и по изменению валового содержания фосфора и калия. При внесении стоков особенно четко прослеживалось увеличение подвижных соединений питательных элементов. В слое почвы 0-20 см содержание азота

легкогидролизуемого при нормах 100 и 300 м<sup>3</sup>/га стоков увеличилось от 58,5 до 69,3 и 75,9 мг/кг соответственно. Прогноз на 10 лет показал накопление валового азота в почве, при норме стоков 300 м<sup>3</sup>/га его содержание возросло до 0,61% в слое почвы 0-20 см и до 0,38 % в слое 0-60 см, но занитрачивания почв не произойдет».

Экологический контроль качества почв при утилизации высоких доз свиного навоза проводится по ряду показателей, которые определяют при агроэкологическом мониторинге и в лабораторных условиях (Тарасов С.И., 2015; Тарасов С.И. и др., 2018; Тарасов С.И., 2019; Тарасов С.И. и др., 2020). Например, по данным А.Г. Самоделкина, В.И. Титовой и Е.В. Дабаховой (2013) «анализ содержания тяжелых металлов в светло-серых лесных почвах Нижегородской области, в течение двух лет удобряемых свиным навозом (жидкая фракция 60 и 90, твердая – 30 т/га), показал, что превышения их концентрации в почвах ни по общему запасу, ни по подвижным формам металлов, не выявлено. Однако на почвах с внесением твердого свиного навоза отмечено более высокое содержание тяжелых металлов, чем в почвах с внесением жидкого свиного навоза, а доля валовых запасов тяжелых металлов в сравнении с ОДК на почвах супесчаных выше, чем на почвах суглинистых. Почвы обследованных участков являются незагрязненными и пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур, а вклад навоза в загрязнение почв тяжелыми металлами оценивался как несущественный. Твердая фракция свиного навоза, отличающаяся большим количеством сухого, в том числе и органического вещества, поступающим в почву, при разложении его обуславливает и большее продуцирование диоксида углерода, выделяемого в приземный слой воздуха, чем жидкая фракция свиного навоза. По способности почвы к разложению безазотистых веществ четких закономерностей не выявлено».

По мнению А.С. Давыдова и Р.П. Воробьевой (2008), «индикаторами здоровья почвы могут служить микробные сообщества, так как они обладают высокой чувствительностью к антропогенному вмешательству. Так, на

черноземе выщелоченном Алтайского края в контроле величина целлюлозоразрушающей активности почвы в среднем за три года составила: 26,81% – первый месяц; 28,28% – второй и 42,4% – третий. При внесении нормы стоков 100 м<sup>3</sup>/га соответственно увеличилась до 29,50; 36,42 и 63,34%. Наиболее высокие показатели биологической активности отмечены в варианте, где норма внесения стоков находилась на уровне 300 м<sup>3</sup>/га. Процент разложения льняного полотна (в среднем за 3 года) при этом составил: первый месяц – 45,56, второй – 68,53 и третий – 83,63%».

По данным О.И. Антоновой и М.С. Горшковой (2014) «под действием натуральных и кавитированных навозных стоков на черноземе обыкновенном умеренно-засушливой колючной степи повышалось содержание элементов питания в почве, ферментативная активность и нитрификационная способность почвы. При использовании кавитированных стоков в малых дозах нитрификационная способность почвы повышается до уровня «хорошая», против «высокой» по натуральным стокам и «средней» в варианте без удобрений. Активность почвы под влиянием кавитированных стоков по каталазе мало уступает действию натуральных стоков и заметно превышает их по активности инвертазы, что показывает их влияние на повышение биологической активности почвы. Действие кавитированных стоков мало уступало натуральным, а в ряде случаев в большей степени усиливало активность ферментов. В результате статистической обработки установлена умеренная и высокая теснота связи между активностью ферментов и содержанием гумуса, нитрификационной способностью почвы, нитратным азотом».

### **1.3 Продуктивность культурных растений при удобрении свиным бесподстилочным навозом**

По данным ряда ученых при применении органических удобрений в различных почвенно-климатических условиях продуктивность сельскохозяйственных культур увеличивается (Мерзлая Г.Е., 1991; Burton С. Н., Turner С., 2003; Варламова Л.Д., 2006; Walle F.B, 2019; Бобренко И.А. и др., 2019).

Так, результаты исследований на южном чернозёме на опытном поле Оренбургского ГАУ показали, что использование различных норм свиного бесподстилочного жидкого навоза оказало влияние на урожайность яровой пшеницы. Лучшим было применение 7 и 14 т/га, прибавка в этих вариантах составила 0,10-0,11 т/га. Произошло повышение содержания белка и клейковины в зерне при внесении удобрений: в варианте без удобрений содержание составило соответственно 12,2 и 24,4%, при использовании удобрений содержание белка повысилось на 1,0-1,8%, клейковины – на 2,0-3,6%, при этом качество зерна улучшилось с ростом норм навоза (Кравченко В.Н. и др., 2013).

На южном чернозёме Оренбургской области от свиного бесподстилочного жидкого навоза прибавка урожайности сена суданской травы составила 1,18-1,97 т/га, или 32,1-53,5%. Максимальная прибавка урожая 1,97 и 1,95 т/га получена при использовании 28 и 42 т/га (Кравченко В.Н. и др., 2011).

Согласно результатам исследований С.И. Тарасова с соавторами (2020) «на дерново-подзолистой почве, урожайность зеленой массы травостоев различалась по годам, определялась дозой бесподстилочного навоза. Применение удобрения в дозах  $N_{300-700}$  повышало урожайность в среднем на 300-500%. Использование бесподстилочного навоза и минеральных удобрений в дозах, эквивалентных по содержанию основных биогенных элементов питания, обеспечивало одинаковое увеличение урожая зеленой массы костреца. На протяжении 32 лет исследований качество трав варианта без удобрений не

соответствовало нормативным требованиям: содержание сырого протеина в сухом веществе не превышало 15%, обменной энергии – 10,3 МДж/кг, количество кормовых единиц в кг сухого вещества – 0,86. Регулярное применение навоза положительно влияло на качество костреца безостого. С увеличением дозы навоза в зеленой массе повышалось содержание сырого протеина, каротина, жира, количество обменной энергии, кормовых единиц. Основным ограничением систематического применения бесподстилочного навоза КРС в дозах, превышающих  $N_{500}$ , было негативное влияние его на качество зеленой массы вследствие опасного накопления в ней нитратов, снижения содержания БЭВ, водорастворимых углеводов, переваримого белка, нарушения сахаропротеинового отношения. Систематическое применение навоза не оказало заметного влияния на содержание в зеленой массе трав токсичных элементов».

По данным А.С. Давыдова и Р.П. Воробьевой (2020) «на черноземе, выщелоченном Алтайского края за три года при оптимальной норме свиных стоков  $300 \text{ м}^3/\text{га}$  средняя урожайность зерна пшеницы составила 1,51, овса – 0,75 и гороха – 1,98 т/га. Прирост урожайности соответственно 65,9; 59,6 и 62,3%. Качество продукции стоки не ухудшили, а по таким показателям, как содержание сырого протеина, обменной энергии даже повысили. Достоверного увеличения содержания тяжелых металлов в растительных пробах от применения свиных стоков не обнаружено, прослеживается только некоторая тенденция к увеличению содержания свинца в зерне пшеницы».

По информации В. И. Титовой с соавторами (2019) ими «проведены исследования в производственных условиях Нижегородской области на светло-серых лесных почвах легкого гранулометрического состава, где в качестве органического удобрения ежегодно в дозах 60 и 90 т/га соответственно использовался жидкий свиной навоз крупного свиноводческого комплекса. Его усреднённая характеристика: содержание сухого вещества 9,5%, рН 7,7 ед., азота – 0,22, фосфора – 0,11 и калия – 0,12%. Культуры – озимая и яровая пшеницы.

Установлено, что доза 60 т/га в среднем за два года исследований обеспечила среднюю урожайность пшеницы на уровне 3,00-3,75 т/га, в дозе 90 т/га – до 4,75 т/га. Окупаемость удобрений в звене севооборота «озимая пшеница - яровая пшеница» при 60 т/га составила 5,41 кг зерна в расчете на 1 кг действующего вещества навоза, 90 т/га – 4,57 кг/кг. Во всех полях сложился положительный баланс элементов питания, но более уравновешенным он был при внесении 60 т/га и урожайности 3,0 т/га зерна ежегодно, или при дозе 90 т/га и урожайности пшеницы 4,75 т/га. При этом расчётное поступление калия в почву происходит более низкими темпами, чем азота и фосфора. Внесение 120 т в сумме за два года на супесчаной и 180 т/га – на легкосуглинистой почве обеспечило повышение содержания подвижных соединений фосфора на 5-22 мг/кг, калия – на 11-30 мг/кг при коэффициенте вариации 28-57 и 21-49% соответственно».

Г.Е. Мерзлая, И.В. Щеголева, М.В. Леонов (2012) считают, что «как удобрение по эффективности свиной навоз превосходит навоз КРС. Сравнительное изучение действия разных видов навоза: свиного и крупного рогатого скота - в системе почва-растение было проведено ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова в условиях обыкновенного чернозема Краснодарского края. При этом навоз испытывали при различных способах подготовки: жидкий свиной навоз при хранении в лагуне, в бурте, компост из свиного навоза с навозом КРС в соотношении 1:1 и компост из свиного навоза с соломой в соотношении 5:1. Для сравнения в схему опыта были введены варианты с навозом КРС, а также с минеральными удобрениями. Исследования вели в звене полевого севооборота при выращивании кукурузы на зерно и озимой пшеницы. Более высокая продуктивность звена севооборота отмечена в варианте жидкого свиного навоза, поступающего из лагуны. Несколько уступал по этому показателю вариант с навозом крупного рогатого скота (рисунок 1.1)».

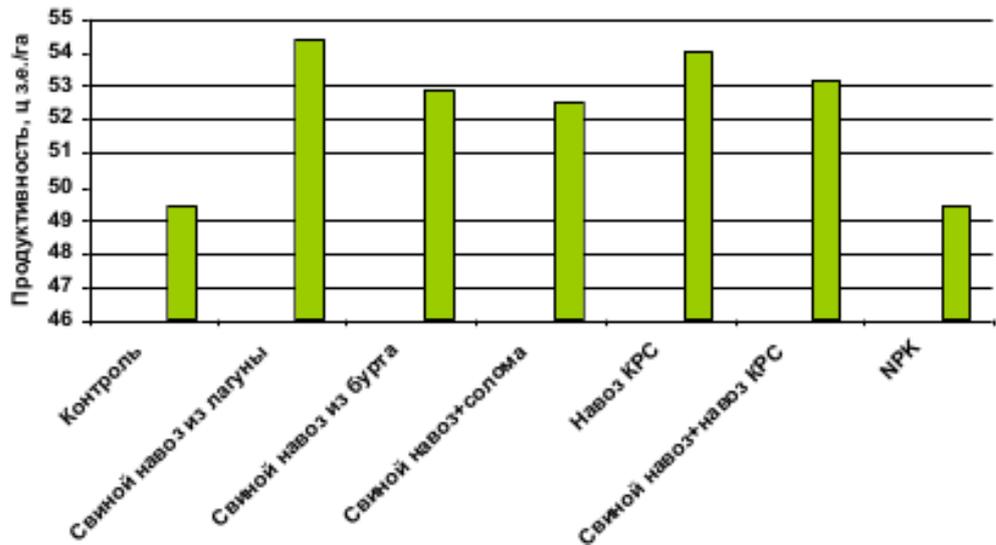


Рисунок 1.1 – Продуктивность звена севооборота (кукуруза, озимая пшеница) при использовании навоза

Исследованиями в Западной Сибири установлена эффективность применения различных органических удобрений под яровые пшеницу и ячмень (Кольцов А.Х. 1972; Храмцов И.Ф., 1997; Воронкова Н.А., 2014; Шмидт А. Г., 2020;).

По обобщенным данным, прибавка урожая яровой пшеницы от внесения 20 т/га подстилочного навоза на дерново-подзолистых почвах в таежной и подтаежной зонах Сибири составляет 0,79-0,90 т/га, на темно-серых почвах и выщелоченных черноземах лесостепной зоны уменьшается до 0,40-0,60 т/га, на обыкновенных и южных черноземах в южной лесостепи и степи снижается еще до 0,16-0,27 т/га (Синягин И.И., Кузнецов Н.Я., 1979)

В черноземной зоне Омской области при использовании подстилочного навоза 30-40 т/га прибавка урожая яровой пшеницы составила 32-43% при урожае без удобрений 1,39-1,78 т/га; ячменя – соответственно 56 % и 1,8 т/га (Кочергин А.Е. и др., 1980)

В технологии возделывания яровой пшеницы на лугово-черноземной почве Омской области в действии наиболее эффективным являлось применение подстилочного навоза крупного рогатого скота в дозе 60 т/га (при длительности

хранения навоза 8 месяцев). Прибавка урожайности зерна при этом составила 1,51 т/га при урожайности в контроле 2,04 т/га. Наилучшая доза в последствии – 60 т/га (при длительности хранения 10 месяцев). Прибавка составила 1,24 т/га (2,09 т/га) (Бобренко И.А. и др., 2019)

На лугово-черноземной почве Омской области внесенный подстилочный куриный помет эффективен под яровую пшеницу, как в действии, так и при последствии первого года. Оптимальные дозы помета в первый год действия – 16 и 20 т/га – прибавки зерна составили соответственно 0,74 и 0,82 т/га или 29,9 и 31,5% к контролю. В первый год последствия от удобрения 12-20 т/га увеличение урожайности составило 0,63-0,66 т/га (27,15-28,44% к контролю). Максимальное количество сырого протеина содержалось в зерне при действии дозы 20 т/га – 18,5% (в контроле 17,5%) (Шмидт А.Г. и др., 2019; Шмидт А.Г., 2020).

Все варианты применения подстилочного помета на лугово-черноземной почве обеспечили достоверные прибавки урожая зерна ячменя. Наиболее эффективными дозами оказались 16 и 20 т/га – прибавки составили соответственно 0,74 и 0,84 т/га, или 24,83 и 26,55% к контролю (Бобренко И.А. и др., 2018; Шмидт А.Г., 2020).

О значительной эффективности помета птиц свидетельствуют эксперименты на выщелоченном черноземе Омской области (Красницкий В.М. и др., 2020). Наблюдалась высокая эффективность применения бесподстилочного и подстилочного куриного помета. Наивысшая урожайность яровой пшеницы и ячменя получена от применения 75 м<sup>3</sup>/га бесподстилочного помета – 3,44 т/га (прибавка 0,74 т/га) и 2,63 (0,62) соответственно; от применения 15 т/га подстилочного помета, соответственно, 3,27 (0,60) и 2,64 (0,63).

По данным полевых опытов на черноземных почвах Западной Сибири наиболее эффективными и хозяйственно-целесообразными являются дозы полужидкого навоза 50 и 100 т/га; доза в 25 т/га дает неустойчивые и невысокие

прибавки в урожае. Так, в опыте на выщелоченном суглинистом черноземе в сумме за четыре года (пшеница, пшеница, ячмень, овес) получена прибавка урожайности при внесении навоза в дозе 25 т/га в 0,33 т/га; 50 т/га – 0,92; 100 т/га – 1,41 т/га при урожайности без удобрений в 1,39 т/га (Гавар С.П., 1976).

От применения бесподстилочного навоза на серых лесных почвах в подтаежной зоне Омской области получена прибавка урожая озимой ржи 0,73 и кукурузы 0,94 т/га. Бесподстилочный навоз при норме 210 т/га за ротацию обеспечил прирост урожая 3,74 т/га, что несколько ниже, чем от подстилочного навоза. Максимальная урожайность сухой массы кормовых культур была получена при совместном применении органических и минеральных удобрений: озимой ржи – 4,68-4,93, кукурузы – 7,22-7,48 т/га (Система адаптивного..., 2020).

Под зерновые культуры рекомендуют применять 30-50 т/га жидкого навоза; под пропашные – 100-150 т/га. Нельзя ежегодно применять чрезмерно высокие дозы жидкого навоза на одних и тех же земельных участках, так как при этом не обеспечивается дальнейший рост урожая, возникает опасность повышения содержания нитратов в грунтовых водах и урожае, что является опасным для здоровья животных и человека. В сравнении с подстилочным навозом бесподстилочный оказывает более сильное действие на урожайность культур, однако последствие его ниже.

В производственных условиях иногда может возникнуть аварийная обстановка, требующая внесения очень высоких доз навоза на отдельных участках. Например, переполнение хранилищ и невозможность быстро вывезти его на более удаленные участки. В таких особых случаях можно вносить сверхвысокие дозы навоза, пренебрегая рациональным использованием содержащихся в нем питательных веществ, но, не превышая при этом максимальных величин, и обеспечивая глубину заделки его и тщательное перемешивание с почвой. Максимальные дозы жидкого свиного навоза – от 70 до 120 т/га. Дозы более разбавленного навоза могут быть соответственно выше (Доспехов Б.А., 1985; Дозы и сроки..., 1990).

Зимнее внесение бесподстилочного навоза имеет ряд преимуществ. Весной период внесения навоза на поля очень короткий. Летом его можно внести только в паровое поле, которое менее всего нуждается в удобрении бесподстилочным навозом, являющимся преимущественно азотным удобрением. Осенью возможности внесения навоза на поля ограничены занятостью полей необработанными сельскохозяйственными культурами. Зимой все поля доступны для внесения бесподстилочного навоза, и поэтому его можно использовать с наибольшей эффективностью на полях, сильно нуждающихся в удобрениях. Малоснежная зима и равнинность рельефа в степи и лесостепи Западной Сибири благоприятствуют зимнему внесению на поля бесподстилочного навоза. По эффективности зимнее внесение не уступает осеннему и весеннему.

Высокоэффективным является внесение на поля зимой навозных стоков. Об этом свидетельствует опыт свинокомплекса «Лузинский» Омской области, где от внесения 400 м<sup>3</sup>/га свиных навозных стоков по снегу урожайность ячменя повысилась на 1,45 т/га при урожайности на контроле 1,65 т/га. Увеличение дозы стоков до 600 м<sup>3</sup>/га не имело преимуществ перед дозой в 400 м<sup>3</sup>/га. В засушливые годы увеличение дозы навозных стоков до 1000 м<sup>3</sup>/га способствовало повышению урожайности ячменя на 2,21 т/га при урожайности на контроле 0,4 т/га. В условиях засухи высокая доза навозных стоков действовала как мелиоративное и удобрительное средство (Савосьев П.Д., 1982).

Таким образом, бесподстилочный свиной навоз эффективен в земледелии. Но использование жидкой и твердой фракций свиного навоза, полученных при современных технологиях переработки, под яровые пшеницу и ячмень на агрочерноземе квазиглеевом лесостепи Западной Сибири не исследовалось и актуально.

## 2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Объекты исследований

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

Все сорта зерновых культур включены в Госреестр РФ и допущены к использованию по Западно-Сибирскому региону (Полевые культуры..., 2002; Система ... , 2020;).

*Сорт мягкой яровой пшеница Памяти Азиева.* Оригинатор ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», создан академиком В.А. Зыкиным с соавторами.

Разновидность лютесценс. Масса тысячи зерен 35-36 г. Сорт среднеранний, вегетационный период 74-79 суток. Устойчивость к полеганию на уровне стандарта (4,6-4,9 балла). Устойчивость к засухе средняя. Среднеустойчив к пыльной головне.

В Омской и Новосибирской областях урожайность колеблется от 1,8 до 4,0 т/га, превышая стандарт Алтайская 92 на 0,18-0,70 т/га. Максимальная урожайность 5,2 т/га получена в Омской области. Сорт обладает высокой потенциальной урожайностью, которая обеспечивается сочетанием высокой засухоустойчивости, устойчивости к мучнистой росе, большего количества зерен в колосе и продуктивности колоса.

*Сорт яровой мягкой пшеницы Дуэт* создан совместно ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» и Омским ГАУ.

Разновидность эритроспермум. Масса тысячи зерен 35-38 г. Сорт среднеспелого типа созревания. Средняя продолжительность вегетационного периода (всходы - восковая спелость) – от 80 до 101 суток.

В конкурсном сортоиспытании (2011-2015 гг.) средняя урожайность составила 2,83 т/га. Посев по чистому пару в оптимальные сроки показал, что в благоприятные по увлажнению годы позволяет собирать свыше 4,5 т/га. Максимальная урожайность в КСИ – 6,35 т/га.

Устойчивость к полеганию средняя. Устойчив к осыпанию зерна. Засухоустойчивость высокая.

По технологическим и хлебопекарным качествам включен в список ценных пшениц. Содержание белка в зерне 13,0-16,2 %, клейковины – 23,0-34,1%.

*Сорт ячменя ярового Саша.* Оригинатор ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», создан Н.И. Аниськовым с соавторами.

Разновидность медикум. Сорт среднерослый. Масса тысячи зерен 51,2 - 54,0 г. Сыпучесть зерна при посеве хорошая. Среднеспелый (период от всходов до восковой спелости 75-88 суток); характеризуется высокой устойчивостью к полеганию. Сорт засухоустойчив; слабо восприимчив к черной и каменной головне, поражение соответственно 5,3 и 5,9%. В отдельные годы сорт может не поражаться этими болезнями или проявить практическую устойчивость. К поражению пыльной головней сорт средневосприимчив (25,7%).

Максимальная урожайность была получена в 2003 г. в КСИ ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» – 6,55 т/га. На опорном пункте «Степной» в среднем за 6 лет (2013-2018 гг.) формировал урожайность 3,21 т/га, превысив стандарт Омский 91 на 0,65 т/га. В «ОТК» отдела семеноводства в среднем за 3 года (2006-2008 гг.) при посеве по пару превысил районированный сорт Омский 91 и Сибирский авангард, соответственно, на 1,01 и 0,71 т/га; по зерновым – на 0,90 и 0,53 т/га.

В среднем масса тысячи зерен составила 44,3 г, содержание белка в зерне – 14,3%, жира – 2,25%, крахмала – 56,17%. Имеет широкие перспективы использования в крупяной и комбикормовой промышленности (Полевые культуры..., 2002).

*Сорт ячменя ярового Подарок Сибири.* Оригинатор ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», создан Н.И. Аниськовым с соавторами.

Разновидность – медикум. Сорт среднерослый, засухоустойчив; среднеспелый, вегетационный период 73-86 суток. Высоко устойчив к полеганию. По максимальному поражению характеризуется средней восприимчивостью к черной и пыльной головне и слабой – к каменной. Имеет в зерне в среднем 13,5 % белка. Рекомендуется для возделывания на кормовые и крупяные цели.

Максимальная урожайность в КСИ 6,61 т/га, прибавка к стандарту 0,77 т/га. За 12 лет испытаний (2003-2014 гг.) при урожайности 4,35 т/га прибавка к стандарту 0,91 т/га (Полевые культуры..., 2002; Поползухин П.В., Аниськов Н. И., 2015; Система адаптивного..., 2020).

*Характеристика почвы опытных участков* на опытном поле Омского ГАУ и ООО «РУСКОМ-Агро» Кормиловского района Омской области в южной лесостепной зоне на агрочерноземах квазиглееватых.

Гранулометрический состав почв преимущественно тяжёлый, среднесуглинистые встречаются редко. Профиль почв отличается слоистостью грунтов и наличием иллювиированного переходного горизонт В. По общим запасам гумуса и его содержанию в метровом слое эти почвы характеризуются низкими и средними его запасами (Рейнгард Я. Р., 2009; Walle F.B., 2012; Shpedt A.A., Aksenova Y.V., 2018; Мищенко Л.Н. и др., 2018; Bobrenko I.A. и др., 2021).

Климатические условия способствуют ещё большему накоплению в данных почвах слаборазложившихся органических веществ. Это и высокое содержание гидрофильных коллоидов повышают в целом гидрофильность почв. Высокая их гидрофильность способствует сезонному (периодическому) переувлажнению гумусовых горизонтов, вызывает в них очаговое развитие восстановительных процессов и определяет присущие этим почвам следы гидроморфизма (Богданов Н.Н., 1969; Рейнгард Я.Р., 2000; Бобренко И.А. и др., 2016; Бобренко И.А., Аксенова Ю. В., 2021).

Почвенный профиль агрочернозема квазиглееватого среднепахотного среднесуглинистого (лугово-черноземной среднемошной малогумусной среднесуглинистой почвы) представлен описанием следующего разреза (опытное поле Омского ГАУ):

Вскипание от НС1 с 60 см, оглеение со 120 см.

$\frac{A_{\text{пах}}'}{0 - 12 \text{ см}}$

PU' Серый, однородный, свежий, рыхлый, комковато-пылеватый, среднесуглинистый, корни растений. Переход в горизонт  $A_{\text{пах}}''$  резкий по плотности.

$\frac{A_{\text{пах}}''}{12 - 29 \text{ см}}$

PU'' Серый, однородный, сухой, плотный, пылевато-глыбистый, среднесуглинистый, корни растений. Переход в горизонт АВ постепенный по цвету, резкий по структуре.

$\frac{AB}{29 - 45 \text{ см}}$

AU Серый, неоднородный, с бурым оттенком, свежий, уплотненный, комковато-пылеватый, среднесуглинистый, корни растений. Переход в горизонт  $B_1$  ясный по цвету.

$\frac{B_1}{45 - 60 \text{ см}}$

$B_1$  Бурый, неоднородный, с частыми потеками гумуса, свежий, уплотненный, комковато-пылеватый, среднесуглинистый, корни растений. Переход в горизонт  $B_{2к}$  ясный по цвету и плотности.

$\frac{B_{2к}}{60 - 76 \text{ см}}$

$B_{2сa}$  Светло-бурый, неоднородный, с потеками гумуса, свежий, более плотный, чем горизонт  $B_1$ , комковато-пылеватый, среднесуглинистый, с белыми пятнами карбонатов, встречаются корни растений. Переход в горизонт  $B_{3к}$  ясный по цвету.

$\frac{B_{3к}}{76 - 120 \text{ см}}$

$B_{3сa}$  Бурый, однородный, свежий, уплотненный, пылевато-комковатый, легкосуглинистый, с белыми пятнами карбонатов. Переход в горизонт  $S_{kg}$  постепенный по цвету.

$\frac{S_{kg}}{120 - 196 \text{ см}}$

$S_{сa}$  Почвообразующая порода, темно-бурый, однородный, влажный, уплотненный, комковато-творожистый, среднесуглинистый, карбонатный, с сизо-голубыми вкраплениями пятен оглеения в виде закисного Fe.

Грунтовые воды залегают на глубине 3,0-3,5 м. Содержание гумуса 4,04-4,19%, плотность почвы – 1,26-1,30 г/см<sup>3</sup>. Сумма обменных катионов не высокая – 211-240 ммоль/кг почвы, среди катионов преобладает Са (171-200 ммоль/кг почвы), количество Na не превышает 9,1 ммоль/кг почвы. Реакция среды нейтральная (рН водн. 6,5-7,1).

Земли сельскохозяйственного назначения ООО «РУСКОМ-Агро» Кормиловского района Омской области расположены в южной лесостепной зоне, Приомской неогеновой озёрно-аллювиальной равнине. Главными почвообразующими породами являются четвертичные отложения, представленные тяжёлыми лёссовидными суглинками, а также лёгкими глинами, сильно карбонатными, засоленными. Почвенный покров тесно связан с рельефом. На слабоволнистой равнине расположены лугово-чернозёмные почвы, в западинах – солоды, в приколочных и плоских понижениях – солонцы.

Территория опытного участка представлена лугово-чернозёмной почвой. Почвенный профиль представлен описанием следующего разреза:

Оглеение со 170 см

Вскипание HCl с 35 см

$\frac{A_{пах}}$ 0 – 25	RU Свежий, темно-серый, однородный, пылевато-комковатый, тяжелосуглинистый, переход в горизонт АВ <sub>к</sub> постепенный.
$\frac{AB_K}$ 25 – 33	AUcaСвежий, темно-серый, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый, карбонатный, переход в горизонт В <sub>1</sub> заметен.
$\frac{B_{1K}}$ 33 – 44	В1саУвлажненный, темно бурый, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый, карбонатный, переход в горизонт В <sub>2</sub> постепенный.
$\frac{B_{2K}}$ 44 – 60	В2са Увлажненный, бурый, тяжелосуглинистый, комковатый, карбонатный. переход в горизонт В <sub>3</sub> постепенный.
$\frac{B_{3K}}$ 60 – 102	В3са Увлажненный, бурый, тяжелосуглинистый, комковатый, карбонатный, к низу горизонта кристаллы гипса, переход в

горизонт С постепенный.

$\frac{C_k}{102-196}$

С<sub>с</sub> Влажный, буровато-желтый, однородный, бесструктурный, тяжелосуглинистый, с конкрециями карбонатов.

Исправьте глубины горизонтов как в нижних таблицах.

Название почвы: агрочернозем квазиглеевый среднепахотный тяжелосуглинистый (лугово-черноземная среднеспонгиозная среднегумусная тяжелосуглинистая почва). Структура почвы является хорошо агрегированной во всех горизонтах (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Показатели агрегатного состава агрочернозема квазиглеевого (Кормиловский район, ООО «РУСКОМ-Агро»)

Горизонт, глубина, см	Содержание агрегатов размером (мм), г/%							
	> 10	7-10	5-7	3-5	2-3	1-2	0,25-1	< 0,25
Апах 0-25	201/43,13	53/11,37	45/9,66	48/10,3	28/6,01	30/6,44	28/6,01	25/5,36
АВ <sub>к</sub> 25-45	283/40,9	62/8,96	48/6,94	63/9,1	55/7,95	77/11,13	58/8,38	41/5,92
В <sub>1к</sub> 45-71	155/26,68	73/12,56	56/9,64	73/12,56	57/9,81	92/15,83	38/6,54	31/5,34
В <sub>2к</sub> 71-130	278/47,9	59/10,2	48/8,2	60/10,3	43/7,4	48/8,2	48/8,2	24/4,1
С <sub>кг</sub> 130-180	165/25,27	80/12,25	65/9,95	82/12,56	57/8,73	87/13,32	57/8,73	45/6,89

Структурные агрегаты горизонта А обладают средней водопрочностью, в АВ и В<sub>1</sub> – слабой, в горизонтах В<sub>2</sub> и С они неводопрочны. Пробы являются уплотнёнными во всех горизонтах, что негативно влияет на аэрацию и проникновение влаги в почву.

В горизонте С<sub>кг</sub> установлена положительная реакция на  $CO_3^{2-}$  (содовый тип засоления). Реакция среды в верхнем горизонте нейтральная, в последующих

– имеет более выраженную щелочную реакцию среды, постепенно возрастающая до сильнощелочного интервала (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Характеристика свойств агрочернозема квазиглеевого (ООО «РУСКОМ-Агро»)

Горизонт, глубина	Количество сохранившихся агрегатов, %	Оценка водопрочности	Плотность, г/см <sup>3</sup>	pH	Реакция среды
<u>Апах</u> 3–25 22	52	Средневодопрочная	1,2	7,0	Нейтральная
	58	Средневодопрочная		7,1	
<u>АВк</u> 25–45 20	36	Слабоводопрочная	1,5	7,35	Слабощелочная
	46	Слабоводопрочная		7,3	
<u>В<sub>1к</sub></u> 45–71 26	40	Слабоводопрочная	1,6	8,3	Щелочная
	36	Слабоводопрочная		8,25	
<u>В<sub>2к</sub></u> 71–130 59	28	Неводопрочная	1,7	8,5	Щелочная
	26	Неводопрочная			
<u>С<sub>кг</sub></u> 130–170 40	4	Неводопрочная	1,8	8,6	Сильнощелочная
	2	Неводопрочная		8,7	

Обеспеченность почвы опытных участков перед посевом N-NO<sub>3</sub> очень низкая, подвижным P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – повышенная, K<sub>2</sub>O – очень высокая; в целом типичная для зоны (таблица 2.3). Химический состав жидкой фракции был получен после отбора из лагун, твердой фракции – с буртов при хранении на свинокомплексе ООО «РУСКОМ-Агро» (таблица 2.4).

Таблица 2.3 – Содержание доступных элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом опытных участков (слой 0-20 см), мг/кг

Год	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Жидкая фракция свиного бесподстилочного навоза			
Яровая пшеница			
2015	5,2	115	241
2016	5,5	113	254
2017	12,1	120	436
Среднее	7,6	116	310
Яровой ячмень			
2015	8,24	118	385
2016	7,42	112	284
2017	19,0	113	313
Среднее	11,6	114	327
Твердая фракция свиного бесподстилочного навоза			
Яровая пшеница			
2015	2,26	99,2	345
2016	4,48	109	311
2017	4,48	109	311
Среднее	3,74	105	322
Яровой ячмень			
2015	4,44	98,4	338
2016	4,85	113	232
2017	4,75	109	222
Среднее	4,68	106	264

Таблица 2.4 – Химический состав свиного бесподстилочного навоза, %

Год	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Жидкая фракция			
2015	0,24	0,03	0,10
2016	0,23	0,01	0,17
2017	0,22	0,02	0,09
Среднее	0,23	0,02	0,12
Твердая фракция			
2015	0,58	0,10	0,20
2016	0,59	0,11	0,14
2017	0,57	0,11	0,21
Среднее	0,58	0,11	0,18

## 2.2 Климат и метеорологические условия в годы проведения исследований

Омская область расположена на юге Западно-Сибирской равнины по среднему течению реки Иртыш. Ее климат типично континентальный. Тепловые ресурсы подзоны южной лесостепи, где был заложен опыт, удовлетворительные, увлажнение недостаточное (Агроклиматические ресурсы..., 1971; Aksenova Y. и др., 2019). Температурный режим отличается резкими колебаниями по месяцам и в течение суток. Неблагоприятной чертой климата являются поздние весенние и ранние осенние заморозки. Сумма положительных температур воздуха выше 10°C составляет 2000-2100 °C.

Среднегодовая сумма осадков составляет 300-350 мм, большая часть из которых (75-80%), выпадает летом. ГТК 1,05-0,95 – район недостаточного увлажнения. Осадки в период вегетации выпадают крайне неравномерно, в первую половину лета их сравнительно мало, а максимум наблюдается в июле.

Вегетация культур прекращается 5-6 октября, а с 25-26 октября температура воздуха переходит через 0 °С. Устойчивый снежный покров образуется 8-9 ноября и сходит 13-16 апреля.

Климат зоны теплый, умеренно увлажненный. Сумма средних суточных температур воздуха за период с температурой выше 10 °С здесь составляет 1850-2050 °С. Наступление периода с устойчивой среднесуточной температурой выше 5 °С (условное начало вегетационного периода) приходится на последнюю пятидневку апреля. Продолжительность вегетационного периода составляет 155-160 суток. Средняя многолетняя годовая сумма осадков составляет 300-350 мм, за теплый период – от 260 до 300 мм, а за период с устойчивой среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С осадков выпадает 190-220 мм. Засухи часты.

В годы проведения исследований метеорологические условия отличались непостоянством типичным для зоны, как по количеству осадков, так и по температурному режиму (рисунки 2.1 и 2.2, приложение А).

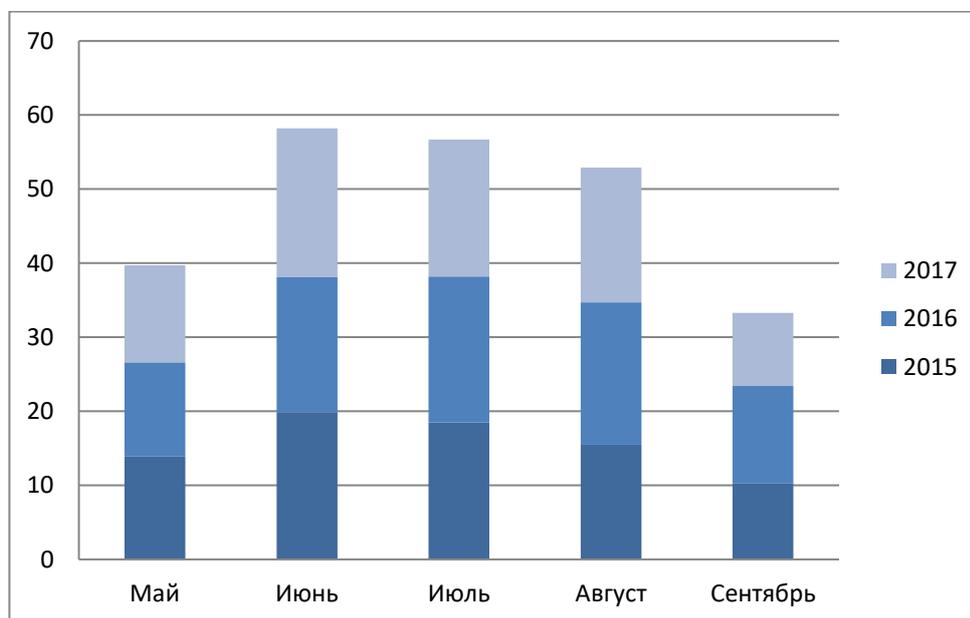


Рисунок 2.1 – Среднемесячная температура воздуха за вегетационные периоды в 2015-2017 гг. (данные ГМС г. Омска)

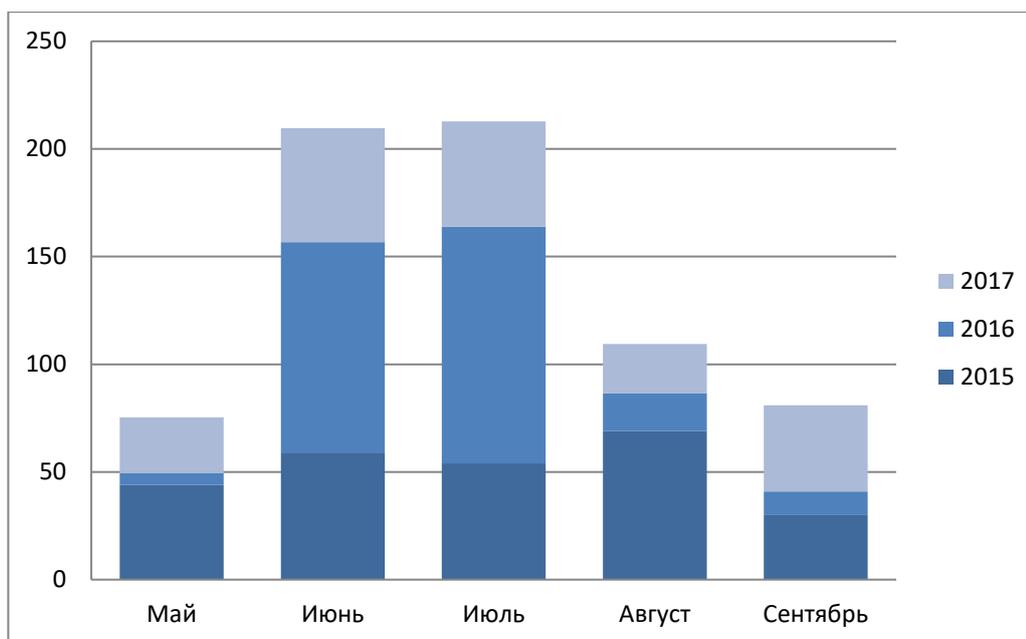


Рисунок 2.2 – Среднемесячные осадки за вегетационные периоды в 2015-2017 гг. (данные ГМС г. Омска)

В I и II декадах мая 2015 г. погода была наиболее теплой. Среднемесячная температура воздуха – 13,9 °С и была выше на 2-3 °С климатической нормы. Во II и III декадах осадки увеличивались соответственно. Среднемесячная сумма осадков 40 мм. Средняя относительная влажность воздуха за месяц 55-67%, превышает многолетнюю на 2-7%.

В июне была очень теплая и дождливая погода. Среднемесячная температура воздуха в июне 18,5 °С, что на 2-3 °С выше нормы. Обильные осадки выпадали в I и II декадах. В июле преобладала прохладная, дождливая погода. Среднемесячная температура воздуха 17-19 °С оказалась ниже нормы на 1-2 °С. Минимальная температура наблюдалась 6 числа до 5-7 °С.

Интенсивные осадки выпадали в I и III декадах, во II декаде преобладала сухая погода. Сумма осадков 49 мм. Средняя относительная влажность воздуха за месяц 66-75% в южной части области.

В августе была прохладная и очень дождливая погода. Во II декаде месяца самая высокая температура составляла 17,7 °С. Среднемесячная температура

15,6 °С, что отклоняется от нормы на -0,9 °С. Так же во II декаде выпало самое большое количество осадков. Сумма осадков 69 мм.

Вегетационный период 2016 г., в целом, характеризуется как тёплый и влажный, при этом наблюдались довольно резкие смены засухи и выпадение обильных дождей. За данный период выпало 230 мм осадков, что составило 112 % от среднемноголетнего значения. Средняя температура близка к среднемноголетним показателям.

В июне была очень теплая и дождливая погода. Среднемесячная температура воздуха в июне 18,5 °С, что на 2-3 °С выше нормы. Обильные осадки выпадали в I и II декадах. В июле преобладала прохладная, дождливая погода. Среднемесячная температура воздуха 17-19 °С оказалась ниже нормы на 1-2 °С. Минимальная температура наблюдалась 6 числа до 5-7 °С.

Интенсивные осадки выпадали в I и III декадах, во II декаде преобладала сухая погода. Сумма осадков 49 мм. Средняя относительная влажность воздуха за месяц 66-75% в южной части области и 68-82% – в северной. В августе была прохладная и очень дождливая погода. Во II декаде месяца самая высокая температура составляла 17,7 °С. Среднемесячная температура 15,6 °С, что отклоняется от нормы на - 0,9 °С. Так же во II декаде выпало самое большое количество осадков. Сумма осадков 69 мм.

Погодные условия 2017 г. были типичными для зоны. Средняя температура воздуха мая +13,5 °С, сумма осадков – 12,9 мм. Июнь был самым теплым месяцем, и средняя температура воздуха за месяц составляла +20 °С, а сумма осадков за месяц 31,5 мм. В июле средняя температура воздуха за месяц составляла +19 °С, средние многолетние осадки были в максимальном количестве за вегетацию 71,4 мм. Август характеризуется умеренно теплой погодой со среднемесячной температурой +18,8 °С и количеством осадков за месяц 13,8 мм. Сентябрь был холодным, среднемесячная температура равна +9,2 °С осадков выпало 13,4 мм.

Таким образом, 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**

Для решения поставленных задач были проведены следующие полевые опыты в 2015-2017 гг. согласно общепринятых методик (Доспехов Б.А., 1985; Пискунов А.С., 2004; Кидин В.В. и др., 2008; Погуляй И.О., Николаева Д.А., 2018; Николаева Д.А., Погуляй И.О., 2018; Гоман Н.В. и др., 2018; Бобренко И.А. и др., 2020, 2021).

Опыт № 1. Эффективность действия жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании яровой пшеницы (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 последействия твердой фракции свиного бесподстилочного навоза при возделывании яровой пшеницы (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
2. Жидкая фракция, 50 т/га
3. Жидкая фракция, 100 т/га
4. Жидкая фракция, 150 т/га
5. Жидкая фракция, 200 т/га
6. Жидкая фракция, 250 т/га
7. Жидкая фракция, 300 т/га

## Схема опытов № 3 и № 4:

1. Контроль
2. Твердая фракция, 20 т/га
3. Твердая фракция, 30 т/га
4. Твердая фракция, 40 т/га
5. Твердая фракция, 50 т/га
6. Твердая фракция, 60 т/га

Опыты заложены в 3-х кратной повторности, расположение делянок – систематическое. Факторами, определяющими величину урожаев в опыте, являются различные дозы свиного бесподстилочного навоза.

В полевых экспериментах проводились анализы и наблюдения:

- отбор почвенных проб для определения содержания подвижных элементов минерального питания в диагностическом слое почвы, перед посевом и в течение вегетации;
- фенологические наблюдения;
- отбор растительных проб с целью определения в них валового содержания азота, фосфора и калия;
- учёт урожая и определение его структуры;
- определение качества зерна.

Перед посевом был проведен воздушно-тепловой обогрев и протравливание семян зерновых культур. Агротехника – общепринятая для зоны (Некрасова Е.В., Полевые культуры..., 2002; Новиков А.В. и др., 2012; Горбачёва Т.В., 2013; Система адаптивного..., 2020).

Яровая пшеница - предшественник – яровая пшеница по пару; ячмень яровой – вторая яровая пшеница по пару. Осенью – зяблевая вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20-22 см. Предпосевная обработка почвы заключалась в ранневесеннем бороновании зубowymi боронами в два следа при достижении почвой состояния физической спелости и предпосевной культивации КПС-4 на

глубину заделки семян. Посев производили во второй декаде мая, сеялкой СН-16, норма 5,5 млн. семян. Затем почву прикатывали кольчатыми катками ЗКК-3А. Уборку культур проводили в третьей декаде августа комбайном «Сампо-130».

Химические анализы почв и растений проводили на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ, навоза – в ФГБУ ЦАС «Омский» общепринятыми методами (Пискунов А.С., 2004; Кидин В.В. и др., 2008; Новицкий М.В. и др., 2009). При проведении 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 (реакция водной среды), 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, в пересчете на  $P_2O_5$ , ГОСТ 26717-85 «Удобрения органические. Метод определения общего фосфора»; калия общего, в пересчете на  $K_2O$ , ГОСТ 26718-85 «Удобрения органические. Метод определения общего калия»;
- 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».

В почвенных пробах определяли: рН почвы потенциометрическим методом; плотность твердой фазы пикнометрическим методом; нитратный азот по Грандваль-Ляжу; подвижный фосфор и калий по Чирикову (ГОСТ 26204-84).

Сжигание растительных проб проводили методом мокрого озоления по Пиневич; общий азот в полученном растворе определяли по методу

«Индофенольной зелени»; фосфор по Дениже; калий – на пламенном фотометре.

Гигроскопическую влагу определяли методом высушивания в сушильном шкафу при температуре  $105 \pm 2$  °С в растениях (ГОСТ 27548-97) и в почве (ГОСТ 28268-89), содержание белка (ГОСТ 10846-74), стекловидность зерна (ГОСТ 10987-79), содержание клейковины (ГОСТ 27839-88).

Статическую обработку опытных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа (Доспехов Б.А., 1985). Экономическую эффективность удобрения рассчитывали согласно общепринятой методики (Минеев В.Г. и др., 2017; Бобренко И.А., 2020).

### **3 ДЕЙСТВИЕ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Для снижения капитальных вложений на строительство навозохранилищ и уменьшения эксплуатационных затрат на хранение используется система переработки жидкого свиного навоза, получаемого на животноводческих комплексах, которая предусматривает разделение на фракции. Целью этой операции является выделение взвешенных и органических частиц в твердую фракцию, для которой можно применить процесс ускоренного компостирования в целях обеззараживания, дегельминтизации и удаления запаха (Справочная книга..., 2001; Методические рекомендации..., 2008; Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И., 2015; Шифрин В.Г. и др., 2020).

Разделение бесподстилочного навоза на фракции происходит механическим способом. Технологическая схема механического способа разделения включает: приемный резервуар с механическим перемешивающим устройством, разделение свиного навоза на фракции, карантинное секционное навозохранилище, площадку для хранения твердой фракции, насосную станцию, систему трубопроводов. Ее преимущества (Еськов А.И., 2005; Звеков А.В. и др., 2014; Звеков А.В., 2018):

- получение жидкой и твердой фракции, легко поддающихся погрузке, транспортировке, внесению в почву техническими средствами;
- сохранение значительного количества питательных веществ;
- твердая фракция пригодна для естественного биотермического обеззараживания.

Жидкая фракция после хранения используется как удобрение без опасности для экологической ситуации. Дегельминтизация выделенной жидкой фракции, в соответствии с действующими нормативами, также осуществляется ускоренно, естественным биологическим методом – путем выдерживания в лагунах в

течение 6 месяцев (Мерзлая Г.Е. и др., 2012; Тарасов С.И., 2013; Минеев В.Г. и др., 2017).

Жидкая фракция навоза, используемая для обогащения почвы элементами питания, должна подвергаться предварительному обезвреживанию, соответствовать требованиям действующих нормативных документов, не содержать патогенной микрофлоры. Дегельминтизация жидкой фракции навоза проводится биологическим методом. Биологическая дегельминтизация жидкой фракции свиного навоза осуществляется выдерживанием в лагунах в течение не менее 6 месяцев.

Жидкие навозные стоки выкачиваются из лагуны насосной станцией и подаются до поля по основной магистрали, собранной из мягких шлангов. На поле, к магистральным шлангам, подсоединен буксируемый шланг, прикрепленный вторым концом к аппликатору или инжектору. Распределяющее устройство навешено или прицеплено (в зависимости от его типа) к буксирующему трактору, который перемещаясь по полю, осуществляет или поверхностное распределение стоков (аппликатор), или заделку их в почву (инжектор).

### **3.1 Урожайность зерновых культур при применении жидкой фракции**

Регулярное использование органических удобрений на черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири приводит к существенному увеличению урожайности зерновых культур (Кольцов А.Х., 1972; Синягин И.И., Кузнецов Н.Я., 1979; Трисвятский Л.А., 1991; Воронкова Н.А., 2014; Красницкий В.М. и др., 2017; Тарасов С.И., 2019, 2020; Voronkova N.A. и др., 2020).

Управление питанием растений с помощью органических удобрений является важным элементом агротехнологий. Применение жидкой фракции бесподстилочного навоза для этого имеет ряд преимуществ, в том числе, такие

как технологичность и содержание в своей структуре питательных веществ в хорошо доступных для растений формах.

Из исследований химического состава удобрения следует, что со 1 т жидкой фракции вносилось в среднем 2,3 кг N, 0,2 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 1,2 кг K<sub>2</sub>O (таблица 2.2). Жидкая фракция преимущественно является азотно-калийным удобрением.

При изучении влияния жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза на урожайность зерна яровой пшеницы установлен очень хороший эффект (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза на урожайность яровой пшеницы (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность в контроле и прибавки от удобрения, т/га					Окупаемость удобрения прибавкой урожая, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	%	
Контроль	2,80	2,95	2,36	2,70	–	–
50	0,66	0,21	0,19	0,35	13,1	7,1
100	1,00	0,34	0,55	0,63	23,3	6,3
150	1,18	0,50	0,91	0,86	31,9	5,8
200	1,16	1,32	1,82	1,43	53,0	7,2
250	0,95	1,29	1,46	1,23	45,6	4,9
300	0,35	0,78	1,09	0,74	27,4	2,5
НСП <sub>05</sub>	0,15	0,17	0,12			

Яровая пшеница за вегетацию сформировала урожайность в среднем без внесения удобрений 2,70 т/га, при удобрении жидкой фракцией в дозах 50-300 т/га – 3,06-4,14 т/га. Оптимальным с точки зрения увеличения урожайности была доза 200 т/га – прибавка урожая зерна составила 1,43 т (53,0% к контролю).

Увеличение дозы до 250 т/га жидкой фракции было менее эффективно, а при 300 т/га отмечалось существенное снижение урожайности (рисунок 3.1).

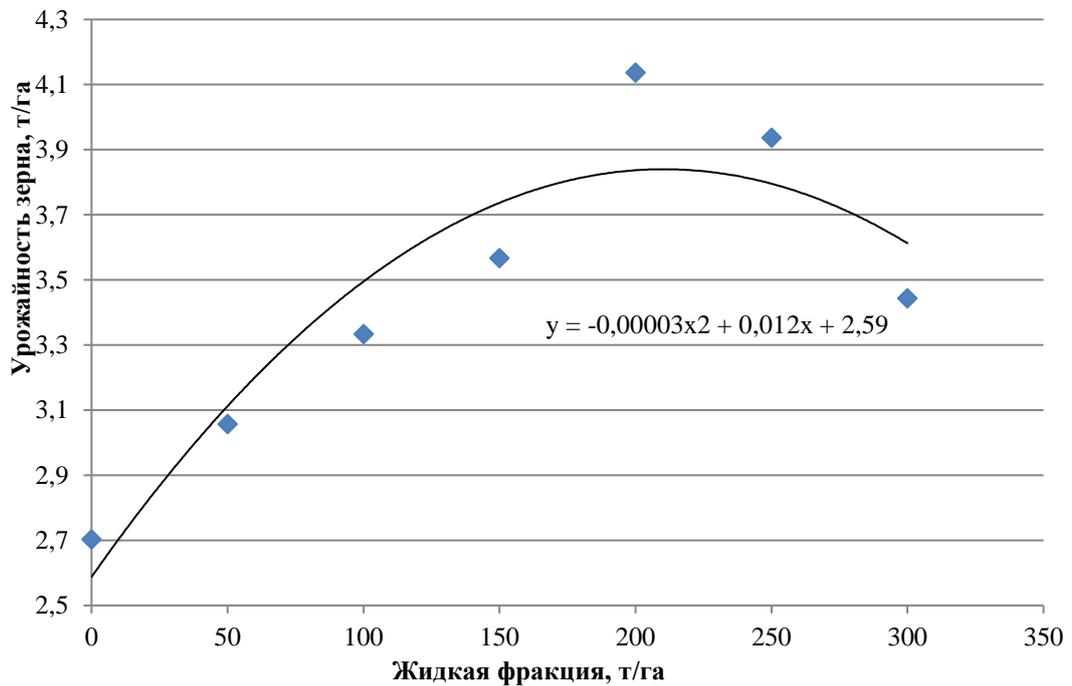


Рисунок 3.1 – Зависимость между дозами жидкой фракции бесподстилочного навоза и урожайностью яровой пшеницы

Окупаемость 1 т жидкой фракции бесподстилочного навоза прибавкой урожая при этом максимальной была при 200 т/га и составила 7,2 кг зерна, минимальной – в варианте 300 т/га и составила 2,5 кг.

Таким образом, наивысшая урожайность при исследовании действия удобрения сформировалась в варианте 200 т/га жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза.

При исследовании действия жидкой фракции на урожайность ячменя установлено, что все дозы также обеспечили достоверные прибавки (таблица 3.2, рисунок 3.2). Ячмень сформировал урожайность при удобрении – 3,15-3,72 т/га (без внесения навоза 2,88 т/га).

Таблица 3.2 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на урожайность ячменя (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность в контроле и прибавки от удобрения, т/га					Окупаемость удобрения прибавкой урожая, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	%	
Контроль	2,23	3,47	2,93	2,88	–	–
50	0,25	0,31	0,27	0,28	9,62	5,5
100	0,44	0,36	0,80	0,56	19,4	5,6
150	0,72	0,38	0,67	0,59	20,5	3,9
200	0,69	1,31	0,54	0,85	29,4	4,2
250	0,61	1,03	0,67	0,77	26,8	3,1
300	0,47	0,82	0,67	0,65	22,7	2,2
НСР <sub>05</sub>	0,18	0,24	0,20			

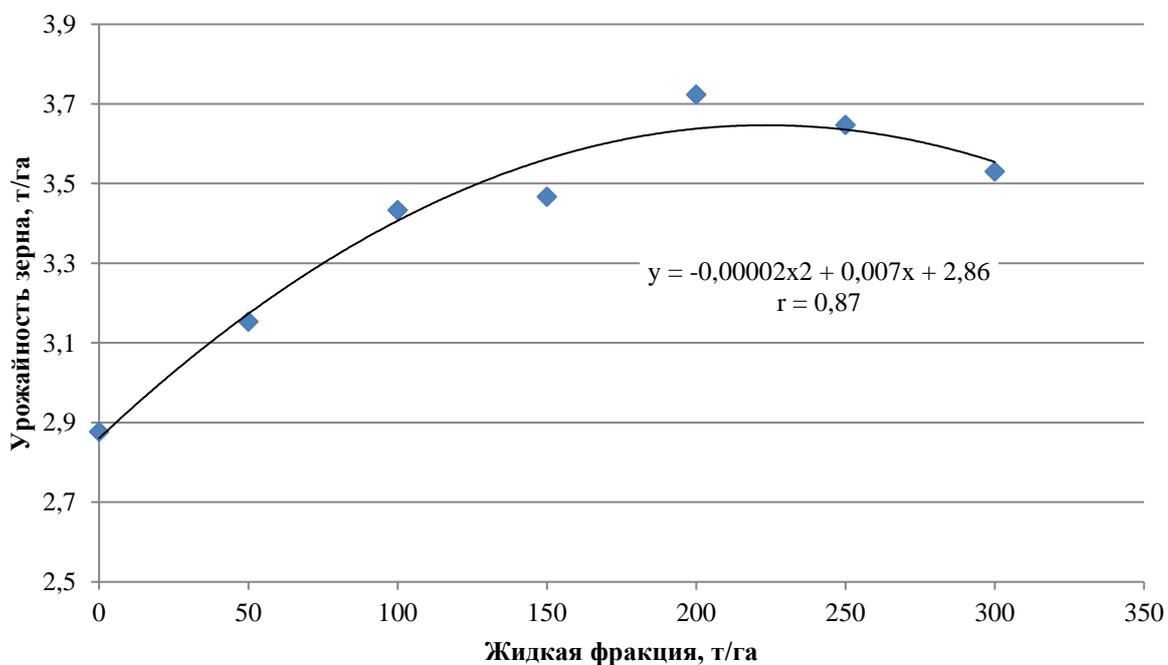


Рисунок 3.2 – Зависимость между дозами жидкой фракции бесподстилочного навоза и урожайностью ячменя

Оптимальным было внесение 200 т/га – прибавка урожая составила 0,85 т или 29,4%. Увеличение дозы до 250 и 300 т/га было менее результативно – наблюдалось некоторое снижение урожайности.

Окупаемость 1 тонны навоза прибавкой урожая при этом наибольшей была в варианте 100 т/га и составила 5,6 кг зерна ячменя, наименьшей – при использовании 300 т/га и составила 2,2 кг зерна. При употреблении наиболее эффективной по урожайности дозы 200 т/га – 4,2 кг.

Таким образом, при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза максимальная урожайность зерна ячменя сформировалась в варианте 200 т/га – 3,72 т/га, ее увеличение при этом составило 0,85 т или 29,4 % к контролю.

### **3.2 Содержание элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом при удобрении жидкой фракцией**

Для определения уровня питания растений следует иметь количественные характеристики содержания питательных веществ в почве. Показатели содержания подвижных соединений NPK при использовании жидкой фракции свидетельствуют о положительном эффекте для плодородия от этого удобрения (таблица 3.3, приложение Б).

Эксперименты показали, что внесение жидкой фракции навоза увеличивало содержание N-NO<sub>3</sub> под пшеницей к фазе кущения с очень низкого уровня в варианте без удобрений до среднего – при 50 т/га и очень высокого – в варианте 100 т/га и выше.

Таблица 3.3 – Содержание NPK в агрочерноземе квазиглеевом (слой 0-20 см) под яровой пшеницей при использовании жидкой фракции бесподстилочного навоза (средние данные за годы исследований), мг/кг

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	6,93	125	286	5,08	123	280	3,07	121	284
50	12,8	128	290	9,33	129	279	9,37	125	287
100	16,7	131	293	11,3	134	282	11,0	132	284
150	26,1	136	299	16,0	137	293	15,3	134	294
200	30,0	145	306	18,2	150	301	16,7	146	301
250	39,0	151	311	21,2	153	302	18,9	147	307
300	43,4	150	324	23,7	155	311	20,5	156	311
НСП <sub>05</sub>	3,8	10,2	25,1	2,6	8,8	24,3	2,3	8,9	25,3

Установлено, что 1 т жидкой фракции навоза увеличивает содержание N-NO<sub>3</sub> на 0,12 мг/кг (рисунок 3.3) и на 0,10 мг/кг подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (рисунок 3.4).

К фазам восковой и полной спелости зерна содержание N-NO<sub>3</sub> значительно уменьшилось, но находилось на высоком уровне, особенно при удобрении высокими дозами.

Содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в агрочерноземе квазиглеевом при использовании жидкой фракции также увеличивалось в меньшей степени, чем N-NO<sub>3</sub>. В целом оно находилось на повышенном уровне и в течение вегетации также изменялось в меньшей степени.

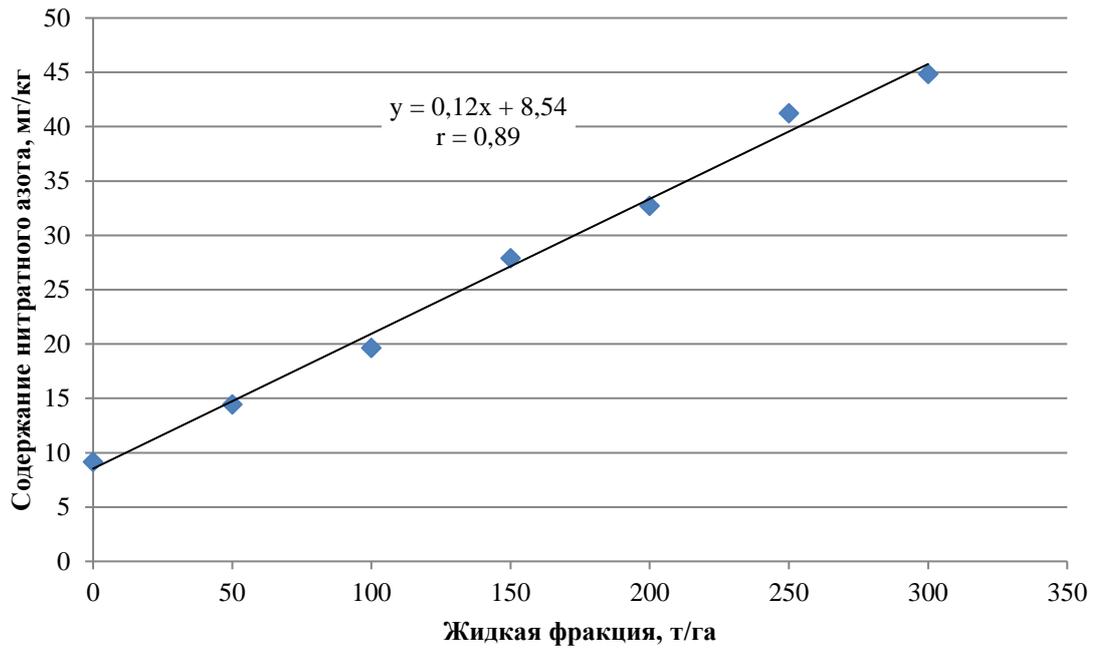


Рисунок 3.3 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

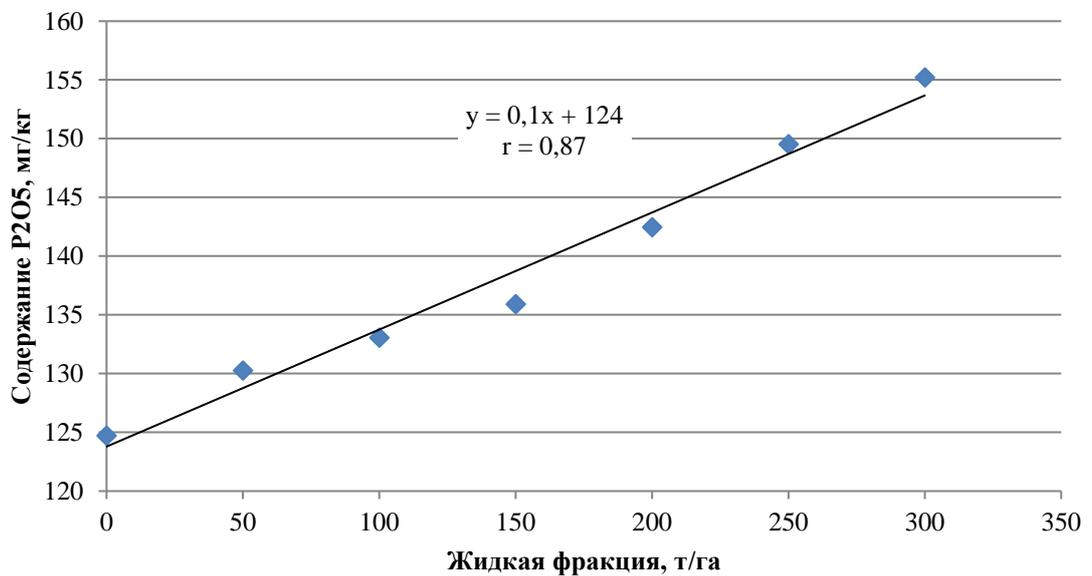


Рисунок 3.4 – Содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

Концентрация подвижного  $K_2O$  в почве находилась на очень высоком уровне более 212 мг/кг. Жидкая фракция навоза оказала существенное действие на этот показатель (рисунок 3.5).

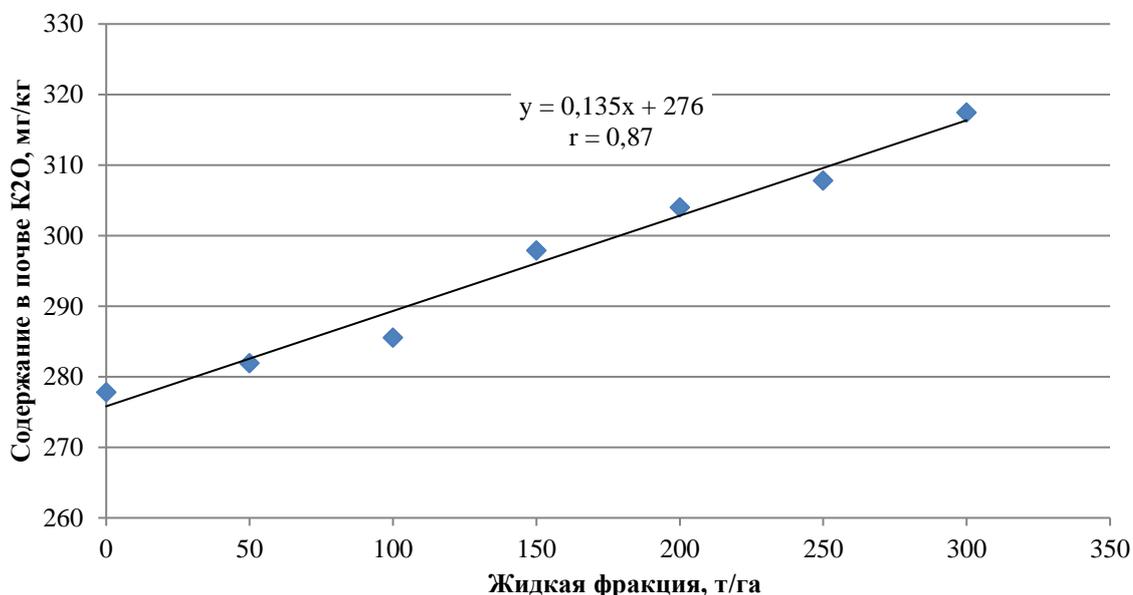


Рисунок 3.5 – Содержание подвижного  $K_2O$  в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

1 т жидкой фракции увеличивает содержание подвижного  $K_2O$  на 0,14 мг/кг. В течение вегетации уровень его находился на очень высоком уровне.

Таким образом, внесение жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза существенно повышает содержание  $N-NO_3$  (с очень низкого до очень высокого уровня) и подвижного  $K_2O$ .

В технологии возделывания ячменя применение жидкой фракции также повышало содержание  $N-NO_3$  в почве к фазе кущения с очень низкого уровня в контроле до очень высокого – при 100 т/га и выше. К фазам восковой и полной спелости зерна оно значительно снизилось, но находилось на достаточно высоком уровне, особенно при внесении 200-300 т/га (таблица 3.4, приложение В).

Таблица 3.4 – Содержание NPK в агрочерноземе квазиглеевом (слой 0-20 см) под ячменем при использовании жидкой фракции бесподстилочного навоза (средние данные за годы исследований), мг/кг

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	11,4	125	269	5,20	124	269	4,03	121	274
50	16,1	133	274	9,03	130	272	10,4	118	273
100	22,6	135	279	12,1	136	275	12,6	123	277
150	29,8	136	297	16,1	139	285	14,7	117	291
200	35,4	140	302	19,2	149	294	16,6	118	296
250	43,5	149	305	21,7	162	298	19,6	144	303
300	46,3	160	311	24,2	167	361	22,2	164	310
НСР <sub>05</sub>	4,6	10,6	26,8	3,5	9,1	25,3	2,6	9,3	24,9

Содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве при использовании жидкой фракции увеличивалось в меньшей степени, чем N-NO<sub>3</sub>; а подвижного K<sub>2</sub>O находилось на очень высоком уровне в опыте и составляло более 269 мг/кг почвы, при этом удобрение повысило его до 274-311 мг/кг в кущение.

Установлено, что 1 т жидкой фракции увеличивает содержание N-NO<sub>3</sub> в агрочерноземе квазиглеевом на 0,12 мг/кг (рисунок 3.6), 0,10 мг/кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (рисунок 3.7) и на 0,15 K<sub>2</sub>O (рисунок 3.8).

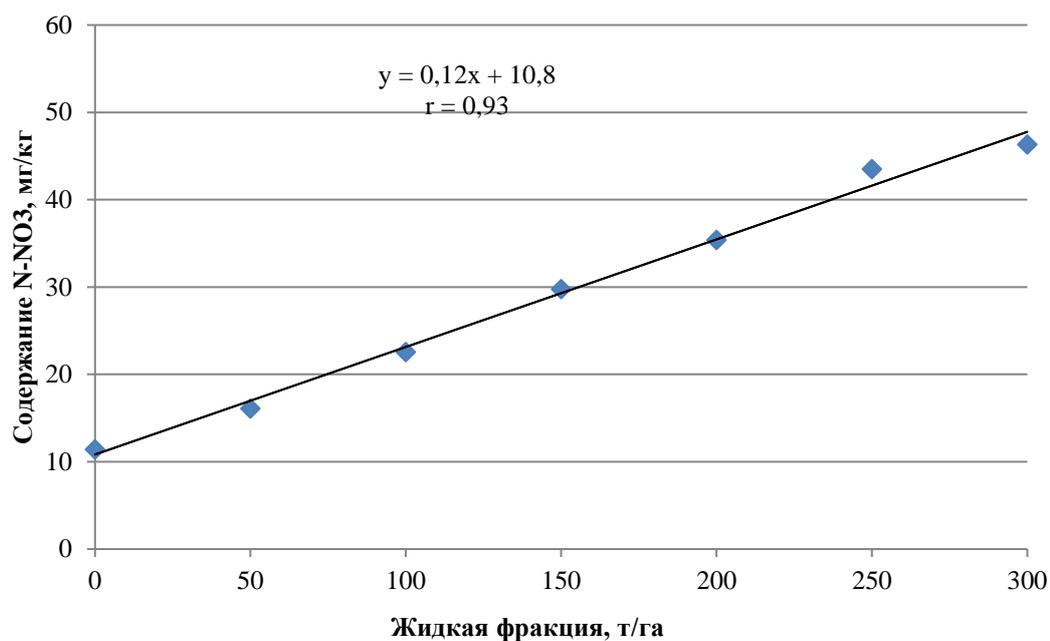


Рисунок 3.6 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в агрочерноземе квазиглеевом под ячменем в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

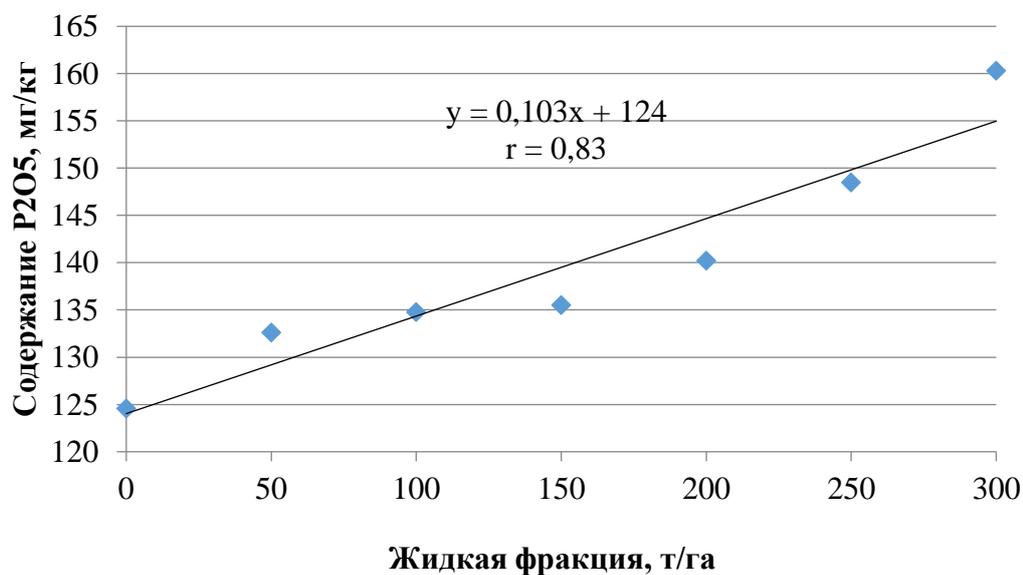


Рисунок 3.7 – Содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в агрочерноземе квазиглеевом под ячменем в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

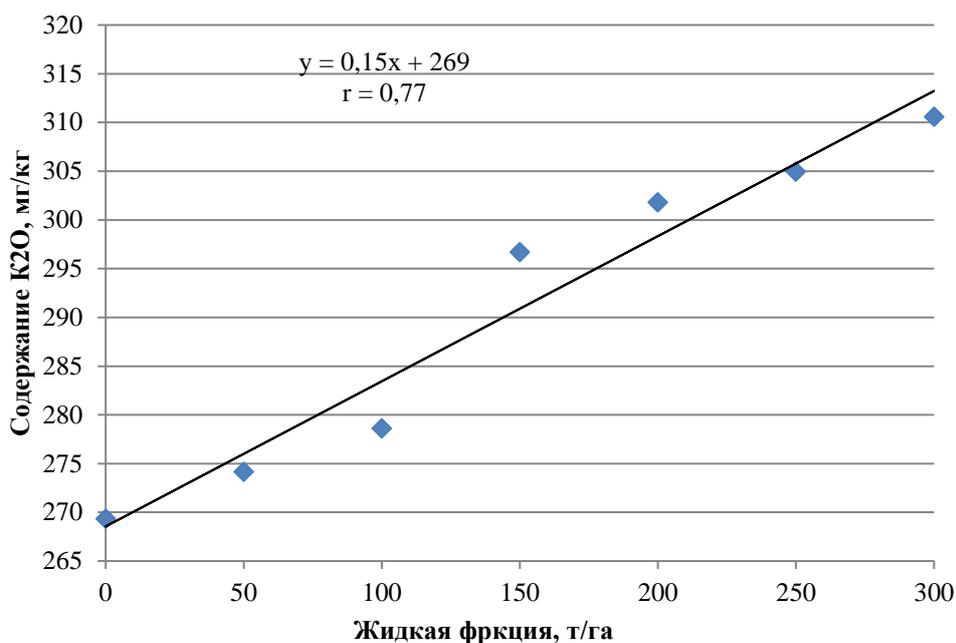


Рисунок 3.8 – Содержание подвижного K<sub>2</sub>O в агрочерноземе квазиглеевом под ячменем в фазу кущения при удобрении жидкой фракцией бесподстилочного навоза

Таким образом, внесение жидкой фракции бесподстилочного навоза существенно повышало содержание N-NO<sub>3</sub> (с очень низкого до очень высокого уровня) и подвижного K<sub>2</sub>O.

### 3.3 Качество и структура урожая

Зависимости в системе «почва-растение-удобрение» необходимы для прогноза качественных показателей зерна, при этом возможно целенаправленное его изменение применением удобрений (Волков Е.Д., 1969; Кольцов А.Х., 1972; Мосолов И.Ф., 1979; Кочергин А.Е. и др., 1980; Панников В.Д., Минеев В.Г., 1987; Кулаковская Т. Н., 1990; Ермохин Ю.И., Хайхан В.В., 1992; Сычев В.Г., Шафран С.А., 2013). Так, в условиях лесостепи Западной Сибири применение азотных удобрений увеличивало белковость зерна яровой пшеницы на 0,3-0,9%, ячменя – на 1,0-1,9%. Некорневая подкормка яровой пшеницы в фазу молочной

спелости растворами карбамида или КАС в дозе 30 кг д.в./га повышало данный показатель на 1,1-1,3% (Храмцов И.Ф., 1997).

В лесостепи Омского Прииртышья установлено положительное действие помета на содержание белка в зерне яровой пшеницы (увеличение с 17,5 до 18,5%), клейковины (с 34,1 до 35,6%); в зерне ячменя содержание сырого протеина увеличивалось с 13,7 до 14,0% (Шмидт А.Г., 2020).

На содержания белка в зерне жидкая фракция оказала положительное влияние, наибольшее зафиксировано при дозе 300 т/га – 21,3 (контроль – 18,8%) (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Качество зерна яровой пшеницы при использовании жидкой фракции бесподстилочного навоза, %  
(средние данные за годы исследований)

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

Содержание клейковины в зерне также повысилось от использования жидкой фракции и составило 36,0-36,7% (контроль 34,5%). Стекловидность зерна варьировала от 61 до 73 %, сорт Памяти Азиева относится к средне стекловидным сортам и его зерно обладает хорошими хлебопекарными качествами.

Полноценность белков определяется аминокислотным составом. Сумма аминокислот в белке зерна яровой пшеницы изменялась разнонаправлено,

максимальная (9,06 мг/г) наблюдалось при удобрении 150 т/га. Рост применяемых доз жидкой фракции до 250-300 т/га уменьшил сумму – она уменьшилась до 8,22-7,26 мг/г. Таким образом, существенное повышение доз негативно сказалось на аминокислотном составе белка (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на аминокислотный состав белка яровой пшеницы, мг/г  
(средние данные за годы исследований)

Аминокислота	Доза, т/га						
	Контроль	50	100	150	200	250	300
Аргинин	0,67	0,67	0,62	0,68	0,66	0,63	0,60
Лизин	0,39	0,36	0,37	0,38	0,35	0,34	0,30
Тирозин	0,37	0,38	0,44	0,43	0,40	0,38	0,34
Фенилаланин	0,72	0,69	0,70	0,74	0,67	0,66	0,54
Гистидин	0,23	0,26	0,25	0,26	0,26	0,26	0,24
Лейцин+изолейцин	1,56	1,51	1,52	1,57	1,47	1,38	1,24
Метионин	0,23	0,33	0,23	0,22	0,24	0,23	0,23
Валин	0,55	0,54	0,54	0,56	0,52	0,50	0,43
Пролин	1,82	1,81	1,82	1,88	1,69	1,72	1,46
Треонин	0,45	0,41	0,41	0,40	0,39	0,40	0,35
Серин	0,76	0,79	0,75	0,79	0,76	0,71	0,64
Аланин	0,56	0,55	0,55	0,56	0,53	0,50	0,44
Глицин	0,58	0,57	0,55	0,59	0,54	0,51	0,45
∑ аминокислот	8,89	8,87	8,75	9,06	8,48	8,22	7,26

Применяемые удобрения положительно воздействовали на качество зерна ячменя (таблица 3.7). Наибольшее содержание белка отмечено в варианте 150 т/га – 18,5% (в варианте без удобрений – 18,0%), клетчатки – 100 и 300 т/га.

Таблица 3.7 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на качество зерна ячменя, % (средние данные за годы исследований)

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

Сумма аминокислот в белке зерна ячменя увеличивалась с 8,15 мг/г в контроле до 8,23-8,50 мг/г при дозах жидкой фракции 50-200 т/га. Существенное увеличение доз удобрений до 250-300 т/га негативно повлияло на сумму аминокислот – она уменьшилась до 7,74-6,93 мг/г (таблица 3.8).

Дозы жидкой фракции ( $X$ , т/га) и содержание белка ( $Y_1$  – пшеница, %) и сырого протеина ( $Y_2$  – ячмень, %) в зерне имеют тесную прямолинейную зависимость при использовании навоза в дозах до 300 и 150 т/га соответственно (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 3.8 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на аминокислотный состав белка зерна ячменя, мг/г (средние данные за годы исследований)

Аминокислота	Доза, т/га						
	Контроль	50	100	150	200	250	300
Аргинин	0,60	0,60	0,66	0,74	0,61	0,60	0,53
Лизин	0,37	0,40	0,36	0,37	0,37	0,37	0,33
Тирозин	0,31	0,32	0,33	0,32	0,38	0,31	0,29
Фенилаланин	0,72	0,77	0,70	0,73	0,72	0,69	0,59
Гистидин	0,22	0,25	0,20	0,19	0,26	0,25	0,15
Лейцин+изолейцин	1,33	1,39	1,31	1,32	1,34	1,27	1,21
Метионин	0,22	0,21	0,26	0,19	0,26	0,19	0,16
Валин	0,50	0,55	0,51	0,52	0,52	0,49	0,44
Пролин	1,94	1,97	1,97	1,92	1,87	1,77	1,60
Треонин	0,45	0,43	0,40	0,40	0,42	0,38	0,36
Серин	0,58	0,63	0,62	0,63	0,63	0,56	0,49
Аланин	0,48	0,51	0,48	0,49	0,49	0,43	0,39
Глицин	0,43	0,47	0,43	0,44	0,44	0,43	0,39
∑ аминокислот	8,15	8,50	8,23	8,26	8,31	7,74	6,93

Позитивное действие жидкой фракции свиного навоза на концентрацию белка в зерне объясняется тем, что в ней содержатся комплекс необходимых веществ, их действие на растение через почву влияет на синтез белка (Жученко А.А. 1990; Кидин В.В., 2012; Научные основы производства ..., 2018).

З.И. Журбицкий (1958, 1963) отмечал, что «удобрения, внесенные в соотношении, рассчитанном на получение наилучшей структуры урожая, будут направлять соответствующим образом развитие растений, и содействовать получению соответствующей структуры урожая даже при неблагоприятных внешних условиях». Результативное управление питанием растений

обеспечивается за счет влияния на растения для получения соответствующих показателей структурных элементов урожая (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Влияние жидкой фракции бесподстилочного навоза на структуру урожая и высоту растений зерновых культур (средние данные за годы исследований)

Доза, т/га	Высота растений, см.	Кустистость		Количество зерен в главном колосе, шт.	Масса зерен в главном колосе, г.	Масса 1000 зерен, г.	Отношение зерно : солома
		общая	продуктивная				
<b>Яровая пшеница</b>							
Контроль	96	2,7	2,4	23	0,82	35,1	1,51
50	97	3,0	2,7	24	0,85	35,8	1,49
100	98	3,1	2,8	25	0,94	35,8	1,43
150	98	3,0	2,6	26	0,90	36,9	1,41
200	101	3,3	2,9	25	1,05	40,0	1,41
250	99	3,5	2,9	24	1,02	37,2	1,47
300	100	3,4	2,9	24	0,98	35,7	1,51
<b>Ячмень</b>							
Контроль	56	2,9	2,7	17	0,72	36,0	1,20
50	58	3,2	2,9	18	0,77	36,5	1,19
100	61	3,4	3,0	21	0,81	38,2	1,22
150	65	3,5	3,3	22	0,82	39,0	1,21
200	62	3,7	3,3	22	0,83	39,2	1,20
250	61	3,6	3,2	23	0,81	38,0	1,18
300	62	3,5	3,2	22	0,82	38,2	1,20

Наибольшее количество зерен в главном колосе – 25-26 шт. отмечалось от удобрения 100-200 т/га, в контроле 23 шт. Продуктивная кустистость существенно увеличилась с 2,4 до 2,7-2,9. Масса зерна главного колоса увеличивалась от 0,82 г в контроле до 1,05, масса тысячи зерен - с 35,16 в контроле до 40,01 г при применении 200 т/га жидкой фракции. Оптимальное соотношение зерна к соломе в урожае сорта Памяти Азиева 1:1,41-1:1,47.

Проведенные эксперименты по применению жидкой фракции навоза при выращивании ячменя показали, что в вариантах 100-300 т/га озерненность главного колоса составила 21-23, масса тысячи зерен – 38,0-39,2 г; в варианте без внесения навоза соответственно 17 и 36,0. Продуктивная кустистость увеличилась с 2,7 до 3,0-3,3. Оптимальное соотношение в урожае зерна к соломе для исследуемого сорта Саша составило 1:1,18-1:1,22.

В целом, устойчивое позитивное действие на структурные элементы урожая наблюдалось от доз 100-300 т/га жидкой фракции, что объясняет большую урожайность в этих вариантах.

Таким образом, рассмотрение структуры урожая подтверждает положительное влияние жидкой фракции навоза на показатели, от которых зависит продуктивность зерновых культур.

#### **4 ДЕЙСТВИЕ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Полученная после сепарирования бесподстилочного навоза и хранения перепревшая твердая фракция после стадии обеззараживания биотермическим способом относят к отходам производства IV класса опасности для окружающей среды. Навоз при получении из него органических удобрений, размещается для временного хранения и обеззараживается на специально оборудованных площадках. Обеззараживание от возбудителей инфекционных заболеваний, дегельминтизация и ликвидация всхожести семян сорных трав осуществляется в естественных условиях пассивным способом в буртах на специализированных площадках.

В подготовленном к использованию навозе в качестве органического удобрения должны отсутствовать возбудители инвазионных и инфекционных болезней, свободны от личинок гельминтов жизнеспособных яиц и патогенных микроорганизмов и жизнеспособных семян сорных растений.

Органическим удобрением, твердая фракция навоза, считается при условии, что их качество оценено по показателям удобрительной ценности и безопасности специализированными организациями и подтверждено заключениями соответствующих органов государственного надзора, позволяющими использовать их в сельскохозяйственном производстве в качестве органического удобрения (Тарасов С.И., 2019).

#### 4.1 Урожайность зерновых культур при удобрении твердой фракцией

Анализом химического состава навоза установлено, что с 1 т твердой фракции свиного бесподстилочного навоза вносилось в среднем 5,8 кг N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,1 кг и K<sub>2</sub>O 1,8 кг (таблица 2.2). Преимущественно это азотно-калийное удобрение.

При изучении действия твердой фракции на урожайность зерна яровой пшеницы установлено, от всех изучаемых доз получено существенное увеличение урожая (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Влияние твердой фракции бесподстилочного свиного навоза на урожайность яровой пшеницы (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность в контроле и прибавки от удобрения, т/га					Окупаемость удобрения прибавкой урожая, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя	%	
Контроль	1,45	2,08	1,93	1,82	–	–
20	0,32	0,07	0,20	0,20	10,8	9,8
30	0,49	0,14	0,21	0,28	15,4	9,3
40	0,71	0,27	0,27	0,42	22,9	10,4
50	0,83	0,61	0,66	0,70	38,5	14,0
60	0,81	0,30	0,57	0,56	30,8	9,3
НСР <sub>05</sub>	0,19	0,10	0,15			

Яровая пшеница на агрочерноземе квазиглеевом создала среднюю урожайность в варианте без удобрений 1,82 т/га, а при использовании твердой фракции бесподстилочного навоза – 2,02-2,52 т/га. Оптимальным было удобрение дозой 50 т/га – прибавка урожая составила 0,70 т или 38,5 %. При увеличении дозы навоза до 60 т/га отмечалось некоторое снижение урожайности

зерна (рисунок 4.1).

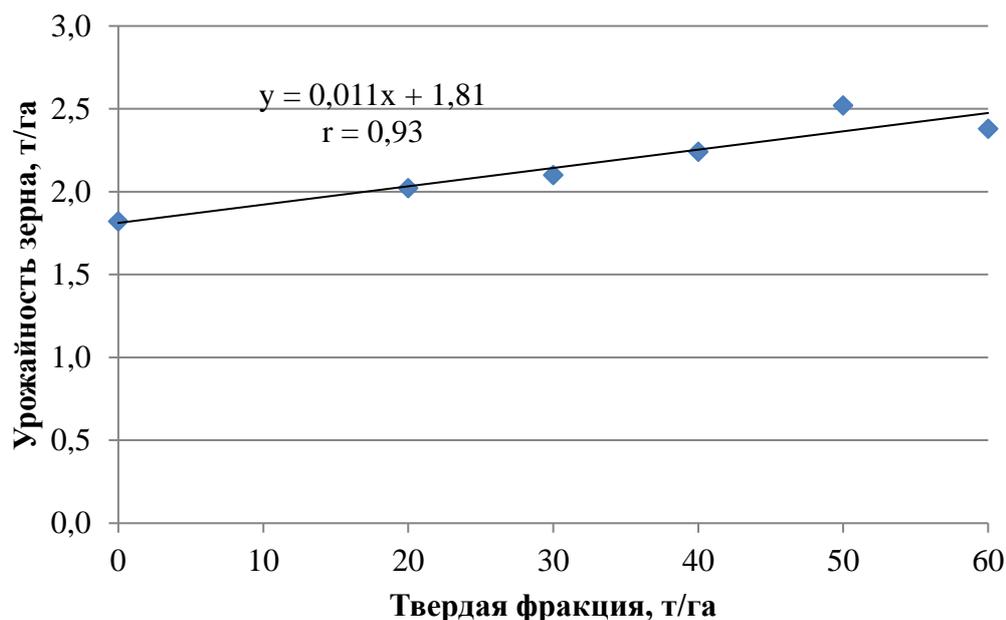


Рисунок 4.1 – Зависимость между дозами твердой фракции бесподстилочного навоза и урожайностью яровой пшеницы

Наибольшая окупаемость 1 т твердой фракции прибавкой урожая составила 14,0 кг зерна яровой пшеницы при 50 т/га, наименьшая – при дозах 30 и 60 т/га – 9,3 кг зерна. Таким образом, наивысшая урожайность при исследовании действия удобрения получена от 50 т/га твердой фракции.

Навоз обладает не только хорошим действием, но и последствием при удобрении различных культурных растений (Постников П.А., 1981; Желязко В.И. и др., 2006; Кидин В.В., 2008; Маругина Н., 2012). При исследовании последствия твердой фракции установлено, что от всех изучаемых доз получены достоверные прибавки урожая яровой пшеницы (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Действие и последствие влияния твердой фракции бесподстилочного навоза на урожайность яровой пшеницы в севообороте (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Урожайность в контроле и прибавки от удобрения, т/га					Окупаемость удобрения прибавкой урожая, кг/т
	Действие , 2015 г.	Последствие		$\Sigma$ за 3 года	%	
		1-го года, 2016 г.	2-го года, 2017 г.			
Контроль	1,45	2,19	2,36	2,00	–	–
20	0,32	0,13	0,02	0,47	7,83	23,5
30	0,49	0,29	0,10	0,88	14,7	29,3
40	0,71	0,31	0,28	1,30	21,7	32,5
50	0,83	0,25	0,35	1,43	23,8	28,6
60	0,81	0,34	0,45	1,60	26,7	26,7
НСР <sub>05</sub>	0,15	0,11	0,14			

Яровая пшеница в условиях лесостепи за три года создала суммарную урожайность 6,00 т/га в контроле и наибольшую 7,60 т/га при удобрении 60 т/га. Окупаемость твердой фракции зерном пшеницы составила от 23,5 до 32,5 кг/т, что существенно выше, чем при действии.

При изучении влияния твердой фракции бесподстилочного навоза на урожайность зерна ячменя установлено, что все дозы существенно повлияли на ее величину (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Влияние твердой фракции бесподстилочного свиного навоза на урожайность ячменя (2015-2017 г.)

Доза, т/га	Урожайность в контроле и прибавки от удобрения, т/га					Окупаемость удобрения прибавкой урожая, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	%	
Контроль	2,07	2,38	1,89	2,11	–	–
20	0,13	0,13	0,65	0,30	14,3	15,1
30	0,30	0,37	0,94	0,54	25,5	17,9
40	0,45	0,38	1,01	0,61	29,0	15,3
50	0,59	0,51	1,35	0,82	38,6	16,3
60	0,61	0,53	1,39	0,84	39,8	14,0
НСР <sub>05</sub>	0,11	0,18	0,20			

Ячмень в среднем сформировал урожайность в контроле 2,11 т/га, все дозы твердой фракции создали существенные прибавки урожая. Наиболее результативной была доза 50 т/га – прибавка составила 0,82 т (38,6 %). Доза 60 т/га достоверно не увеличила урожайность – до 2,96 т/га (рисунок 4.2).

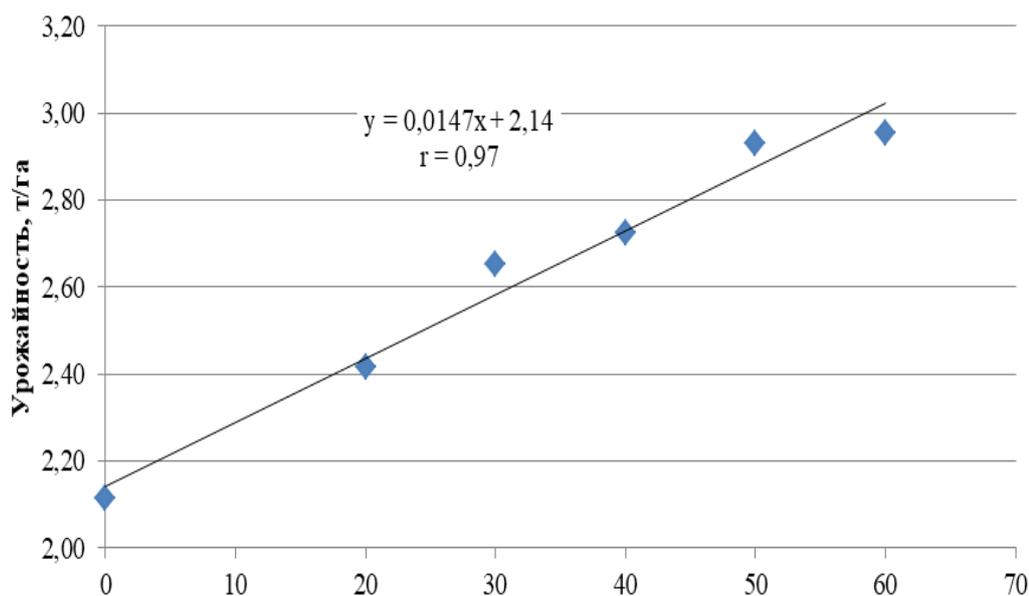


Рисунок 4.2 – Зависимость между дозами твердой фракции бесподстилочного навоза и урожайностью ячменя

Окупаемость 1 т твердой фракции прибавкой урожая наибольшей была в варианте 30 т/га – 17,9 кг зерна, наименьшей – при 60 т/га– 14,0 кг, что в целом существенно выше, чем у пшеницы.

Таким образом, наивысшая урожайность ячменя при исследовании действия твердой фракции сформировалась в варианте 50 т/га.

#### 4.2 Содержание элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом при удобрении твердой фракцией

Увеличить уровень доступных соединений элементов питания в почве можно с помощью удобрений, повышая, таким образом, уровень плодородия (Campbel С.А. и др., 1989; Красницкий В.М. и др., 2020). Применение твердой фракции увеличивало концентрацию N-NO<sub>3</sub> под пшеницей в кущение с очень низкого (4,4 мг/кг) в контроле до очень высокого уровня обеспеченности (25,5-44,9 мг/кг) (таблица 4.4, приложение Г).

Таблица 4.4 – Содержание NPK в агрочерноземе квазиглеевом (слой 0-20 см) под яровой пшеницей при использовании твердой фракции бесподстилочного навоза (средние данные за годы исследований), мг/кг

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	4,40	105	291	3,20	100	336	2,70	99	339
20	25,9	150	323	22,9	143	343	13,3	140	345
30	25,5	153	332	26,3	146	343	15,5	143	348
40	31,0	159	336	27,2	151	352	16,4	147	352
50	32,1	169	339	30,7	163	365	18,9	159	366
60	44,9	175	346	42,1	169	370	23,8	166	374
НСР <sub>05</sub>	3,0	9,1	24,4	2,1	9,2	25,1	2,0	8,7	23,2

К фазам восковой и полной спелости зерна концентрация  $N-NO_3$  значительно уменьшилась, но была еще на значительном уровне, особенно при высоких дозах твердой фракции. Выявлено, что 1 тонна твердой фракции повышает это содержание на 0,59 мг/кг (рисунок 4.3).

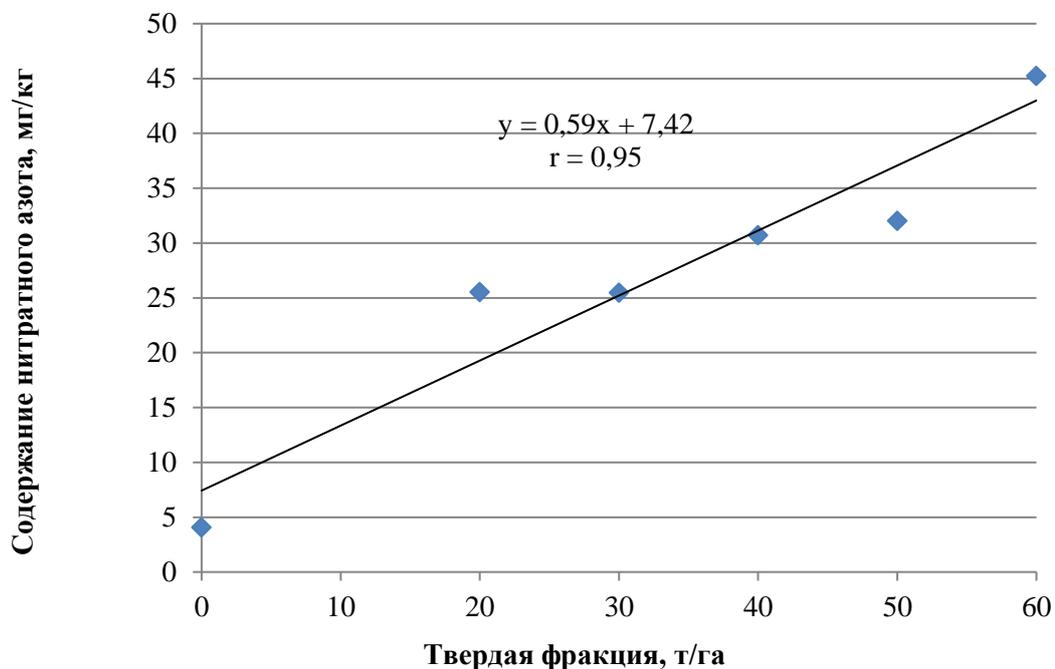


Рисунок 4.3 – Содержание  $N-NO_3$  в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении твердой фракцией бесподстилочного навоза

Содержание подвижного  $P_2O_5$  в почве также увеличивалось от удобрения, при этом уровень обеспеченности культур этим элементом с повышенного переходил на высокий уровень согласно градации, при внесении 20-40 т/га, т.е. содержание в пахотном горизонте превышало 150 мг/кг почвы. 1 тонна твердой фракции увеличивала содержание подвижного  $P_2O_5$  на 1,07 мг/кг (рисунок 4.4).

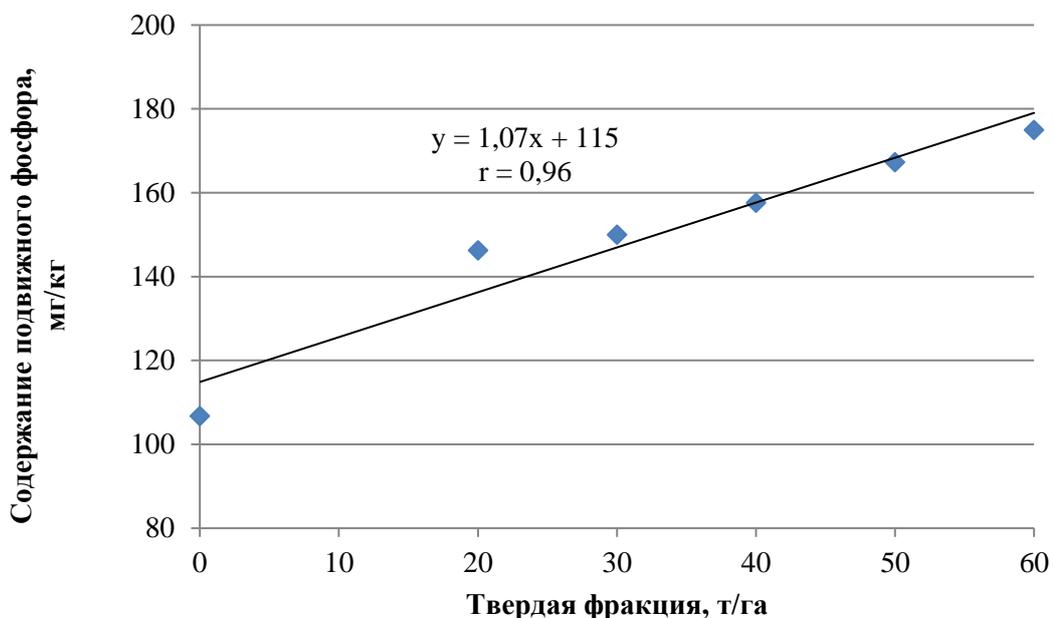


Рисунок 4.4 – Содержание подвижного  $P_2O_5$  в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении твердой фракцией бесподстилочного навоза

Концентрация подвижного  $K_2O$  в почве находилось на очень высоком уровне, и составляла 280-378 мг/кг почвы. На содержание калия в почве навоз оказал незначительное положительное действие. В течение вегетации его уровень содержания изменяется несущественно и находится на очень высоком уровне. 1 тонна твердой фракции увеличивает содержание подвижного  $K_2O$  на 0,86 мг/кг (рисунок 4.5).

Использование твердой фракции увеличивало содержание  $N-NO_3$  в агрочерноземе квазиглеевом с очень низкого (5,08 мг/кг в контроле) до очень высокого уровня (28,36-46,21 мг/кг) (таблица 4.5, приложение Д). К фазам восковой и полной спелости зерна это содержание существенно снизилось, но все равно находилось на высоком уровне, особенно от удобрения твердой фракцией 50-60 т/га.

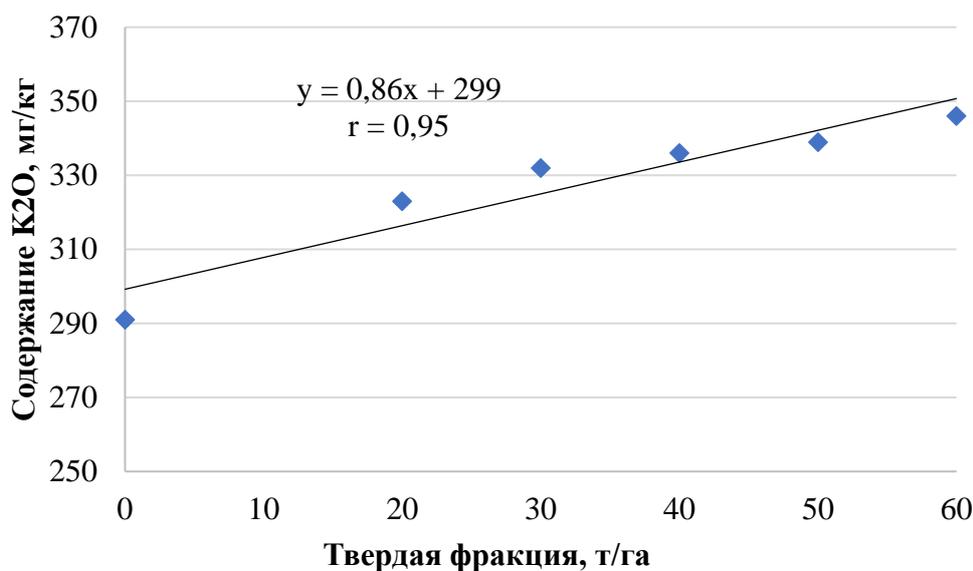


Рисунок 4.5 – Содержание подвижного K<sub>2</sub>O в агрочерноземе квазиглеевом под яровой пшеницей в фазу кущения при удобрении твердой фракцией бесподстилочного навоза

Таблица 4.5 – Содержание NPK в агрочерноземе квазиглеевом (слой 0-20 см) под ячменем при использовании твердой фракции бесподстилочного навоза (средние данные за годы исследований), мг/кг

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	5,08	108	311	4,10	107	327	3,39	104	329
20	28,4	138	330	19,8	140	337	12,1	129	328
30	29,2	157	332	21,7	154	346	13,7	143	343
40	33,6	151	338	23,7	149	344	16,3	142	349
50	38,8	161	343	26,7	161	351	17,8	158	350
60	46,2	174	353	31,7	161	352	21,1	166	362
НСР <sub>05</sub>	3,2	9,5	22,1	2,3	9,1	23,0	2,9	8,8	21,0

Концентрация подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве при удобрении также возрастала, уровень обеспеченности ячменя с повышенного переходил на высокий уровень

– от доз 30-60 т/га его содержание превысило 150 мг/кг почвы. Содержание подвижного  $K_2O$  от навоза повышалось, при этом в течение вегетации постоянно находилось на очень высоком уровне – 311-362 мг/кг почвы.

Регрессионный анализ показывает, что 1 т твердой фракции бесподстилочного навоза повышает содержание  $N-NO_3$  под ячменем в почве на 0,62 мг/кг (рисунок 4.6), подвижных  $P_2O_5$  (рисунок 4.7) и  $K_2O$  (рисунок 4.8) – на 1,01 и 0,65 мг/кг соответственно.

Таким образом, внесение твердой фракции существенно повышает концентрацию  $N-NO_3$  в почве – с очень низкого уровня до очень высокого, подвижного  $P_2O_5$  – с повышенного до высокого.

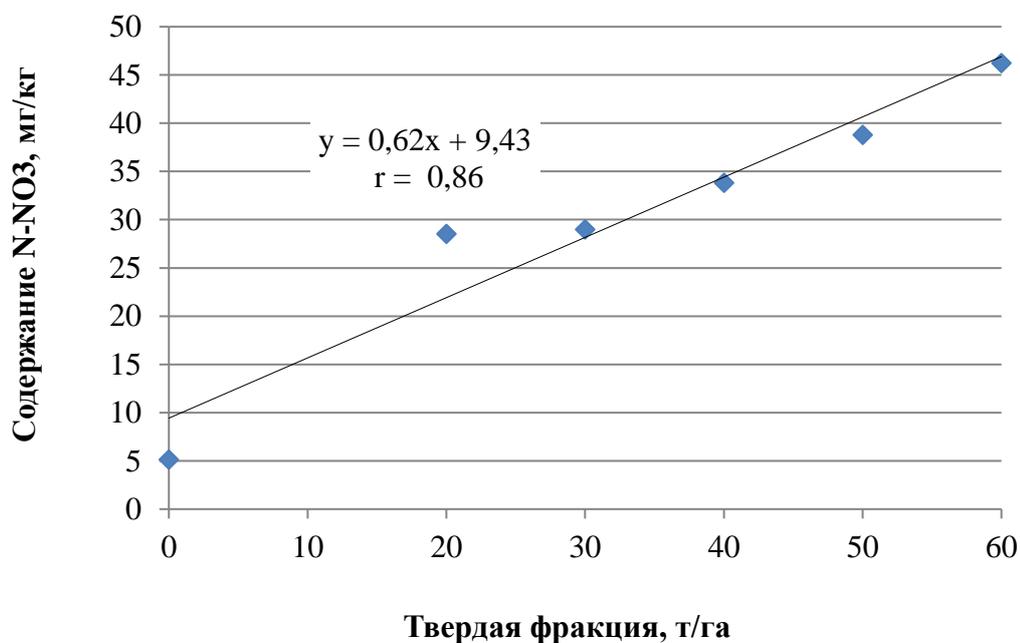


Рисунок 4.6 – Содержание  $N-NO_3$  в агрочерноземе квазиглеевом под ячменем в фазу кущения при удобрении твердой фракцией бесподстилочного навоза

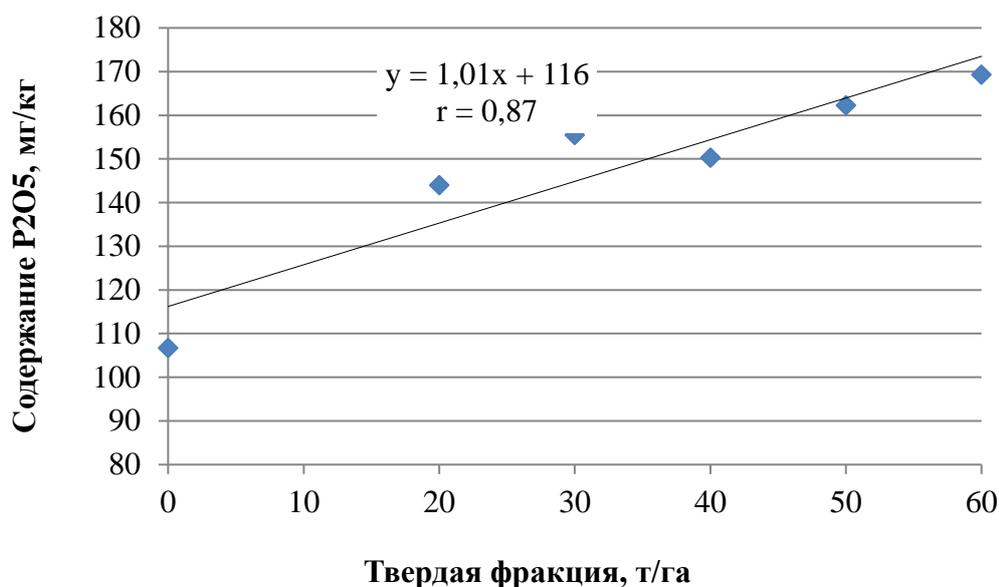


Рисунок 4.7 – Содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в агрочерноземе квазиглеевом под ячменем в фазу кущения при удобрении твердой фракцией бесподстилочного навоза

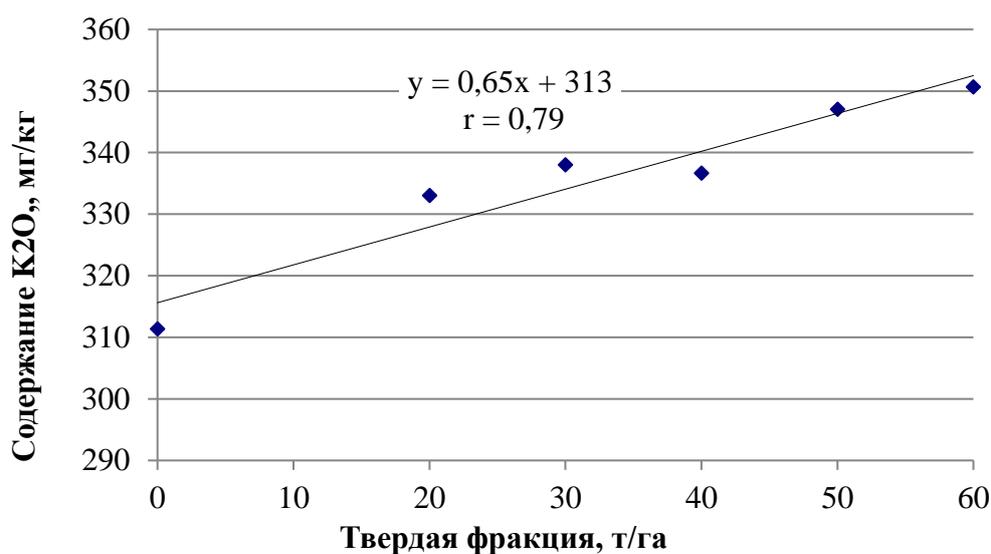


Рисунок 4.8 – Содержание подвижного K<sub>2</sub>O в агрочерноземе квазиглеевом под ячменем в фазу кущения при удобрении твердой фракцией бесподстилочного навоза

В целом, внесение твердой фракции бесподстилочного навоза существенно повышает содержание N-NO<sub>3</sub> – с очень низкого до очень высокого уровня и подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – с повышенного уровня до высокого.

### 4.3 Качество и структура урожая

Действие твердой фракции навоза было положительным при исследовании качественных показателей зерна пшеницы (таблица 4.6). Увеличение содержания белка наблюдалось до 19,0-20,05 %, в контроле 18,5%.

Содержание клейковины в зерне увеличивалось от всех доз и составило 35,1-35,7% (в контроле 34,5%). Стекловидность зерна сорта Дуэт по вариантам изменялась от 62 в контроле до 67-71% при удобрении.

Таблица 4.6 – Влияние твердой фракции бесподстилочного навоза на качество зерна яровой пшеницы (средние данные за годы исследований)

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

Сумма аминокислот в белке зерна изменялась разнонаправлено, наибольшая (4,97 мг/г) наблюдалась в варианте 30 т/га. Увеличение нормы навоза до 40-60 т/га привело к уменьшению суммы до 4,4-4,73 (в контроле 4,59 мг/г) (таблица 4.7).

Улучшение структуры урожая яровой пшеницы напрямую зависит от почвы, условий произрастания и вносимых под нее удобрений, что способствует мобилизации физиологических ресурсов растения и повышению урожайности.

Таблица 4.7 – Влияние твердой фракции бесподстилочного навоза на аминокислотный состав белка зерна яровой пшеницы, мг/г  
(средние данные за годы исследований)

Аминокислота	Доза, т/га					
	Контроль	20	30	40	50	60
Аргинин	0,28	0,29	0,28	0,32	0,30	0,29
Лизин	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22
Тирозин	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Фенилаланин	0,35	0,36	0,35	0,34	0,35	0,36
Гистидин	0,15	0,16	0,6	0,15	0,16	0,16
Лейцин+изолейцин	0,79	0,80	0,79	0,76	0,80	0,81
Метионин	0,16	0,17	0,15	0,13	0,16	0,16
Валин	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31
Пролин	0,83	0,84	0,81	0,77	0,83	0,85
Треонин	0,28	0,27	0,28	0,25	0,25	0,27
Серин	0,44	0,45	0,40	0,40	0,46	0,5
Аланин	0,31	0,32	0,30	0,30	0,31	0,32
Глицин	0,32	0,31	0,32	0,30	0,31	0,32
∑ аминокислот	4,59	4,67	4,97	4,40	4,61	4,73

Установлением взаимосвязи в системе удобрение-почва-растение важно для прогноза качества продукции. Изучив действие удобрений на химизм растений, можно целенаправленно изменять их качество в нужном направлении, а значит влиять на биологическую полноценность получаемой продукции.

Ячмень реагирует на внесения твердой фракции с точки зрения увеличения сырого протеина (таблица 4.8): в варианте без удобрений содержалось 13,52 %, при удобрении – 14,01-14,50 %. Максимальное содержание сырого протеина в зерне наблюдалось в варианте 50 т/га (рисунок 4.8).

Таблица 4.8 – Качество зерна ячменя при внесении твердой фракции навоза (средние данные за годы исследований), %

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 <sub>05</sub>	0,72	0,12	0,38

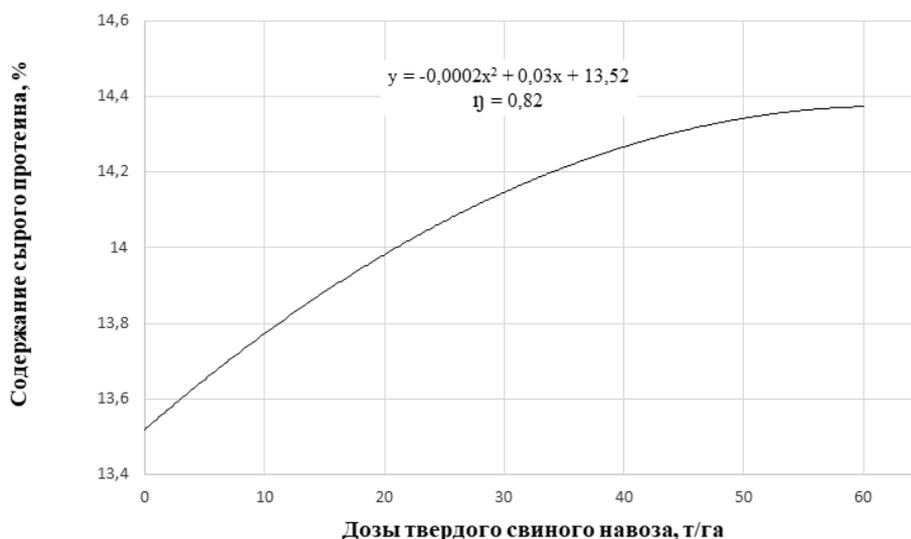


Рисунок 4.9 – Содержание протеина в зерне ячменя при использовании твердой фракции навоза

Между дозами твердой фракции ( $X$ , т/га) и белковостью зерна ( $Y_1$  – пшеница, %), а также концентрацией сырого протеина ( $Y_2$  – ячмень, %) установлена прямолинейная зависимость до 60 и 50 т/га соответственно (уравнения 3, 4):

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

$$Y_2 = 0,02x + 13,5.$$

$$r = 0,73$$

(4)

Изменение урожайности определяется массой 1000 зерен, соотношением основной продукции и побочной (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Влияние твердой фракции бесподстилочного навоза на структуру урожая и высоту растений зерновых культур (средние данные за годы исследований)

Доза, т/га	Высота растений, см	Кустистость		Количество зерен в главном колосе, шт.	Масса зерен в главном колосе	Масса 1000 зерен	Отношение зерно : солома
		Общая	Продуктивная				
<b>Яровая пшеница</b>							
Контроль	81	3,1	2,5	27	0,85	35,6	1,14
20	91	3,3	2,7	26	0,89	35,9	1,42
30	85	3,3	2,7	27	0,94	35,9	1,54
40	94	3,6	2,7	28	0,96	36,8	1,49
50	87	3,6	2,8	29	1,02	40,1	1,44
60	93	3,7	2,9	29	1,02	37,7	1,45
<b>Ячмень</b>							
Контроль	69	2,9	2,7	18	0,68	41,4	1,22
20	73	3,3	2,9	18	0,74	42,4	1,20
30	75	3,5	3,2	21	0,81	42,6	1,24
40	72	3,6	3,2	19	0,79	43,2	1,28
50	73	3,7	3,3	22	0,82	44,2	1,26
60	72	3,8	3,3	21	0,84	44,6	1,10

Масса тысячи зерен увеличивалась с 35,16 в контроле до 36,8-40,01 г при удобрении дозами 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). Оптимальное соотношение зерна к соломе у сорта Дуэт 1:1,44-1:1,49, именно при таком соотношении наиболее продуктивны растения.

От 20-60 т/га свиного навоза у ячменя увеличивалась масса тысячи 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.

Таким образом, органические удобрения в опытах существенно влияли на урожайность зерновых культур: при внесении твердой фракции свиного навоза. Поэтому, в южной лесостепи Западной Сибири при типичном уровне содержания элементов питания в агрочерноземе квазиглеевом использование данного удобрения эффективно.

## 5 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

### 5.1 Определение доз удобрений на основе агрономической эффективности удобрения

Разнообразие и количество методов расчета доз удобрений объясняется различной степенью точности выявления в экспериментах нормативных параметров в системе «растение-почва-удобрение» (Болдырев Н.К., Липкина Г.С., Могиндовид Л.С., 1979; Магницкий К.П., 1972; Афендулов К.П., Лантухова Л.И., 1973; Державин Л.М., Литвак Ш.И., Седова Е.В., 1988; Сычев В.Г. и др., 2008, 2017; Кидин В.В., 2009; Гамзиков Г.П., 2018; Красницкий В.М. и др., 2020).

Агрономическая эффективность удобрения – окупаемость единицы удобрений полученной прибавкой хозяйственного урожая культуры в конкретных почвенно-климатических условиях. Данный показатель непосредственно можно использовать для определения норм удобрений.

Так, согласно результатам полевых опытов № 1-4, яровые пшеница и ячмень хорошо отзываются на использование свиного бесподстилочного навоза в лесостепи Западной Сибири. Это подтверждает и большая зависимость их урожайности ( $Y$ , т/га) от количества бесподстилочного свиного навоза ( $X$ , т/га) (уравнения 5-8) в диапазоне до оптимальных доз (рисунки 3.1, 3.2, 4.1, 4.2) на основе:

жидкой фракции

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

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

твердой фракции

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

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

Из уравнений (3-6) следует, что коэффициент интенсивности действия ( $b_1$ ) 1 т/га жидкой фракции бесподстилочного навоза на формирование величины урожая зерна яровых пшеницы и ячменя составляет 0,007 и 0,005 т/га, твердой фракции 0,011 и 0,015 т/га, соответственно. Эти показатели характеризуют агрономическую эффективность удобрения: окупаемость 1 т жидкой фракции навоза прибавкой урожая составляет 0,007 т или 7 кг зерна яровой пшеницы и т.д.

К примеру, из уравнения 6 следует, что коэффициент интенсивности действия ( $b_1$ ) 1 т/га органики на создание урожая зерна ячменя составляет 0,005 т/га. Данный норматив эффективности жидкой фракции свиного навоза делает возможным в производстве планировать прибавки урожайности. Зная, что для получения дополнительно 1 т/га зерна ячменя необходимо внести 200 т навоза (1 т/га : 0,005 т/га = 200 т), расчёт прибавки урожая можно провести по формуле (9):

$$П = Д : 200, \quad (9)$$

где П – плановая прибавка урожайности зерна, т/га;

Д – доза жидкой фракции, т/га;

200 – затраты жидкой фракции для создания 1 тонны зерна, т/га.

Уровень плановой прибавки урожайности (П, т/га) и коэффициентах интенсивности действия ( $b_1 = 0,007$  и  $0,005$  т/га зерна яровой пшеницы и ячменя соответственно при удобрении жидкой фракцией,  $0,011$  т/га и  $0,015$  т/га при удобрении твердой фракцией) делает возможным рассчитать дозы (т/га, формула 10):

$$Д = П : b_1. \quad (10)$$

*Расчёт дозы 1.* При плановой прибавке урожайности яровой пшеницы 0,75 т/га доза жидкой фракции составит:

$$Д = 0,75:0,007 = 107 \text{ т/га.}$$

*Расчёт дозы 2.* При плановой прибавке урожайности ячменя 0,8 т/га доза жидкой фракции составит:

$$Д = 0,8: 0,005 = 160 \text{ т/га.}$$

*Расчёт дозы 3.* При плановой прибавке урожайности яровой пшеницы 0,5 т/га доза твердой фракции составит:

$$Д = 0,5:0,011 = 45,5 \text{ т/га.}$$

*Расчёт дозы 4.* При плановой прибавке урожайности ячменя 0,6 т/га доза твердой фракции составит:

$$Д = 0,6: 0,015 = 40,0 \text{ т/га.}$$

Так на основе регрессионного анализа экспериментальных данных можно рассчитать дозы жидкой и твердой фракции навоза на плановую прибавку урожая зерна.

## **5.2 Содержание подвижных соединений элементов питания в почве и оптимизация обеспеченности ими растений**

Продуктивность культурных растений повышается до определенного уровня в зависимости от их биологии и содержания NPK в почве. С этой целью

применяют удобрения и изменяют почвенное плодородие в нужном направлении. В результате растения развиваются в оптимизированных условиях, изменяется уровень и качество урожая (Журбицкий З.И., 1963; Кочергин А.Е., 1965; Афендулов К.П., Лантухова Л.И., 1973; Ермохин Ю.И. и др., 2004; Сычев В.Г., 2017).

Нам необходимо было установить закономерности влияния навоза на почвенное плодородие. Зафиксировано повышение концентрации подвижных элементов в почве при действии жидкой фракции (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Влияние жидкой фракции на содержание доступных соединений НРК в слое почвы 0-20 см под яровой пшеницей в фазу кушения

Доза жидкой фракции, т/га ( $x_1$ )	Внесено, кг/га ( $x_2$ )	Содержание почве, мг/кг ( $y$ )	Уравнение регрессии	
N				
0	0	6,93	$y = 0,12x_1 + 8,54$ $r = 0,83 (11)$	$y = 0,052 x_2 + 8,54$ $r = 0,82 (12)$
50	115	12,8		
100	230	16,7		
150	345	26,1		
200	460	30,0		
250	575	39,0		
300	690	43,4		
$P_2O_5$				
0	0	125	$y = 0,10 x_1 + 123,8$ $r = 0,85 (13)$	$y = 0,50 x_2 + 123,8$ $r = 0,84 (14)$
50	10	128		
100	20	131		
150	30	136		
200	40	145		
250	50	151		
300	60	150		

окончание таблицы 5.1

Доза жидкой фракции, т/га ( $x_1$ )	Внесено, кг/га ( $x_2$ )	Содержание почвы, мг/кг ( $y$ )	Уравнение регрессии	
$K_2O$				
0	0	286	$y = 0,14 x_1 + 275,8$ $r = 0,87$ (15)	$y = 0,12 x_2 + 275,8$ $r = 0,86$ (16)
50	60	290		
100	120	293		
150	180	299		
200	240	306		
250	300	311		
300	360	324		

Использование жидкой фракции от 50 до 300 т/га, с которыми поступило от 115 до 690 кг/га азота, повысило концентрацию N-NO<sub>3</sub> в почве в среднем с 6,93 до 43,4 мг/кг; 10-60 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> жидкой фракции повысило содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> с 125 до 150 мг/кг; 60-360 кг/га K<sub>2</sub>O– K<sub>2</sub>O в почве – с 286 до 324 мг/кг почвы.

Установленные количественные параметры влияния бесподстилочного навоза (коэффициенты регрессии из уравнений 11-16) на содержание подвижных элементов  $b_2$  (мг/кг почвы, таблица 5.2) делают возможным прогноз этого содержания и определение норм удобрений под зерновые культуры.

Полученные нормативы действия удобрений на концентрацию NPK в почве  $b_2$  (мг/кг) позволяют рассчитывать дозы под культурные растения. Прогнозировать содержание подвижных элементов в почве ( $C_{п}$ , мг/кг) можно с помощью формулы (17):

$$C_{п} = C_1 + Д \cdot b_2, \quad (17)$$

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

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

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

Таблица 5.2 – Коэффициенты интенсивности действия бесподстилочного свиного навоза ( $b_2$ ) на содержание подвижных NPK в слое почвы 0-20 см в кущение, мг/кг

Культура	Свиной навоз (1 т/га) – содержание элемента в почве			Элемент в навозе (1 кг/га) – содержание элемента в почве		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Жидкая фракция						
Яровая пшеница	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						
Яровая пшеница	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

Так, прогнозное содержание N-NO<sub>3</sub> в почве ( $C_n$ ) от жидкой фракции (коэффициент  $b_2 = 0,12$ ) по формуле (17) следующее:

$$\text{при } 50 \text{ т/га: } C_n = 6,93 \text{ мг/кг} + 50 \text{ т/га} \cdot 0,12 \text{ мг/кг} = 12,93 \text{ мг/кг},$$

$$\text{фактически} = 12,8 \text{ мг/кг (ошибка } 1,1\%);$$

$$\text{при } 100 \text{ т/га: } C_n = 6,93 \text{ мг/кг} + 100 \text{ т/га} \cdot 0,12 \text{ мг/кг} = 18,93 \text{ мг/кг},$$

$$\text{фактически} = 16,7 \text{ мг/кг (} 10,8\%);$$

$$\text{при } 200 \text{ т/га: } C_n = 6,93 \text{ мг/кг} + 200 \text{ т/га} \cdot 0,12 \text{ мг/кг} = 30,93 \text{ мг/кг},$$

$$\text{фактически} = 30,0 \text{ мг/кг (} 3,0\%);$$

$$\text{при } 300 \text{ т/га: } C_n = 6,93 \text{ мг/кг} + 300 \text{ т/га} \cdot 0,12 \text{ мг/кг} = 42,93 \text{ мг/кг},$$

$$\text{фактически} = 43,4 \text{ мг/кг (} 1,1\%).$$

Между изменяющимися при удобрении бесподстилочным свиным навозом содержанием элементов почвы (N-NO<sub>3</sub> – x и подвижным P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – z) и

урожаем зерна в наших экспериментах (y) наблюдается тесная корреляционная зависимость (уравнения 18-21,  $r = 0,69-0,77$ , рисунки 5.1-5.4):

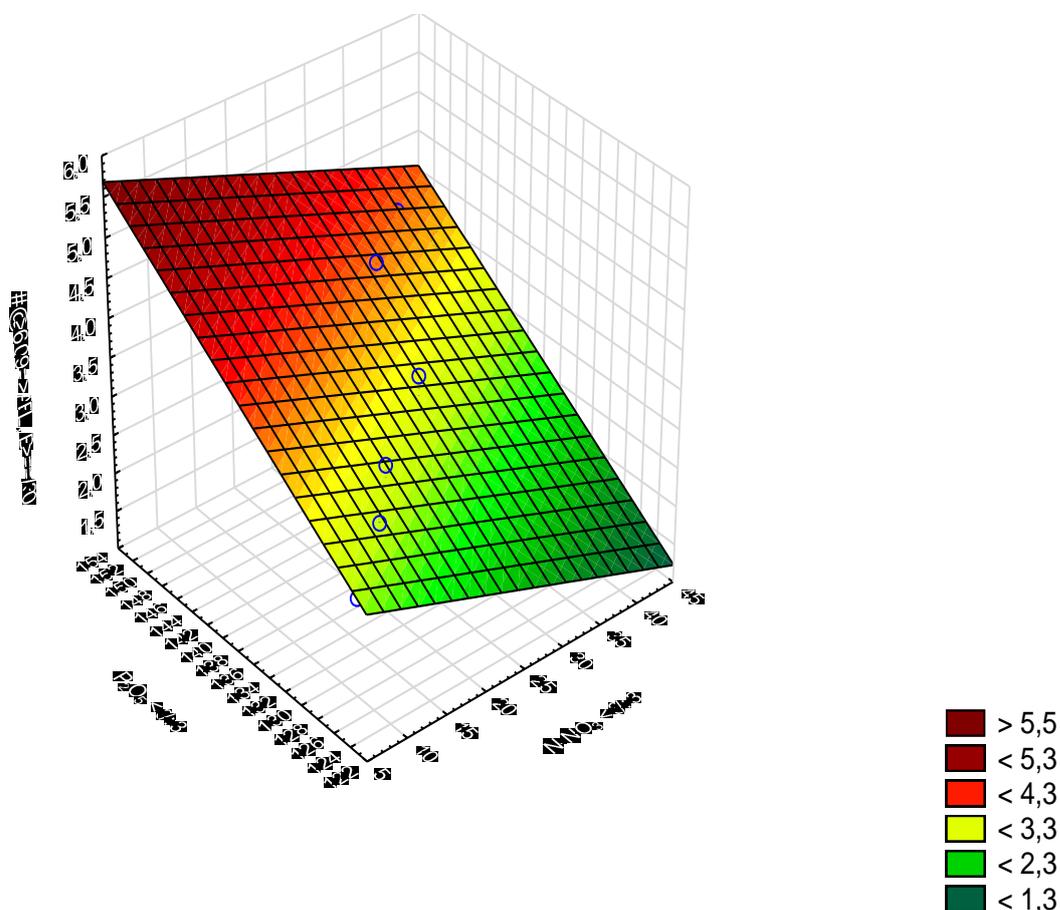


Рисунок 5.1 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от содержания  $N-NO_3$  и подвижного  $P_2O_5$  (мг/кг) в почве при действии твердой фракции свиного навоза

при использовании жидкой фракции свиного навоза

$$\text{яровая пшеница} \quad y = 2,71 + 0,0135x + 0,0011z, \quad r = 0,71, \quad (18)$$

$$\text{ячмень} \quad y = 2,89 + 0,0121x + 0,0009z, \quad r = 0,72, \quad (19)$$

при использовании твердой фракции свиного навоза

$$\text{яровая пшеница} \quad y = 1,80 + 0,0091x + 0,0008z, \quad r = 0,73, \quad (20)$$

$$\text{ячмень} \quad y = 2,09 + 0,009x + 0,0021z, \quad r = 0,69. \quad (21)$$

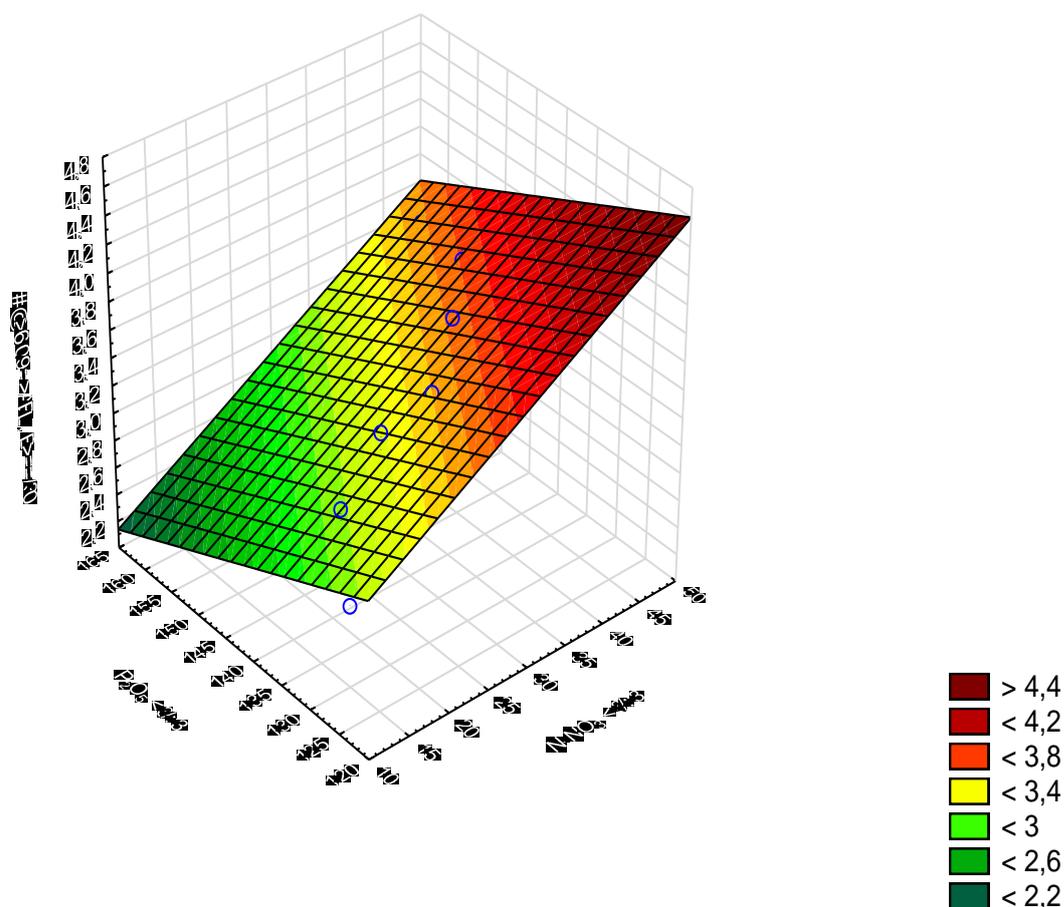


Рисунок 5.2 – Урожайность ячменя в зависимости от содержания  $N-NO_3$  и подвижного  $P_2O_5$  (мг/кг) в почве при действии твердой фракции свиного навоза

Содержание доступного  $K_2O$  в почве очень высокое и калий удобрений не оказывает значительного воздействия на продуктивность растений в регионе по многочисленным научным данным (Кочергин А.Е., 1974; Ермолаев О.Т., 1990; Красницкий В.М., 2002; Ермохин Ю.И. и др., 2002; Березин Л.В. и др., 2003; Бобренко И.А., 2004, 2020; Красницкий В.М., Ермолаев О.Т., 2012; Красницкий В.М., Бобренко И.А., 2020).

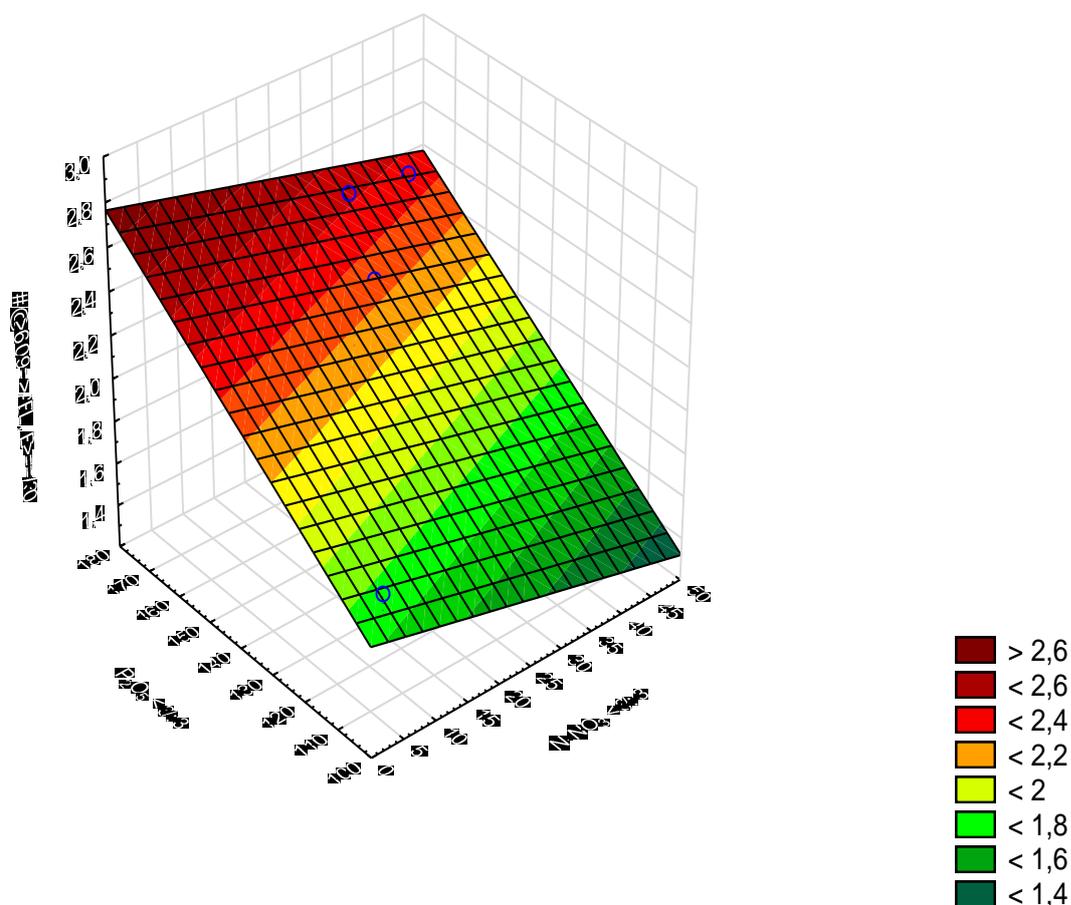


Рисунок 5.3 – Зависимость урожайность яровой пшеницы от содержания в почве  $N-NO_3$  и подвижного  $P_2O_5$  (мг/кг) при действии твердой фракции свиного навоза

Для каждого вида культурного растения существует характерный для него оптимальный уровень содержания в пахотном слое подвижных соединений NPK. Ранее в регионе установлены оптимальные уровни элементов питания для черноземных почв при возделывании яровой пшеницы и ячменя (Кочергин А.Е., 1965; Миссаль А.Р., 1986; Болдырев Н.К, 1972; Ермохин Ю.И., Хайхан В.В., 1992; Система адаптивного..., 2020). В данных исследованиях установлены взаимосвязи между дозами фракций свиного навоза, урожайностью, содержанием доступных элементов в почве (таблица 5.3).

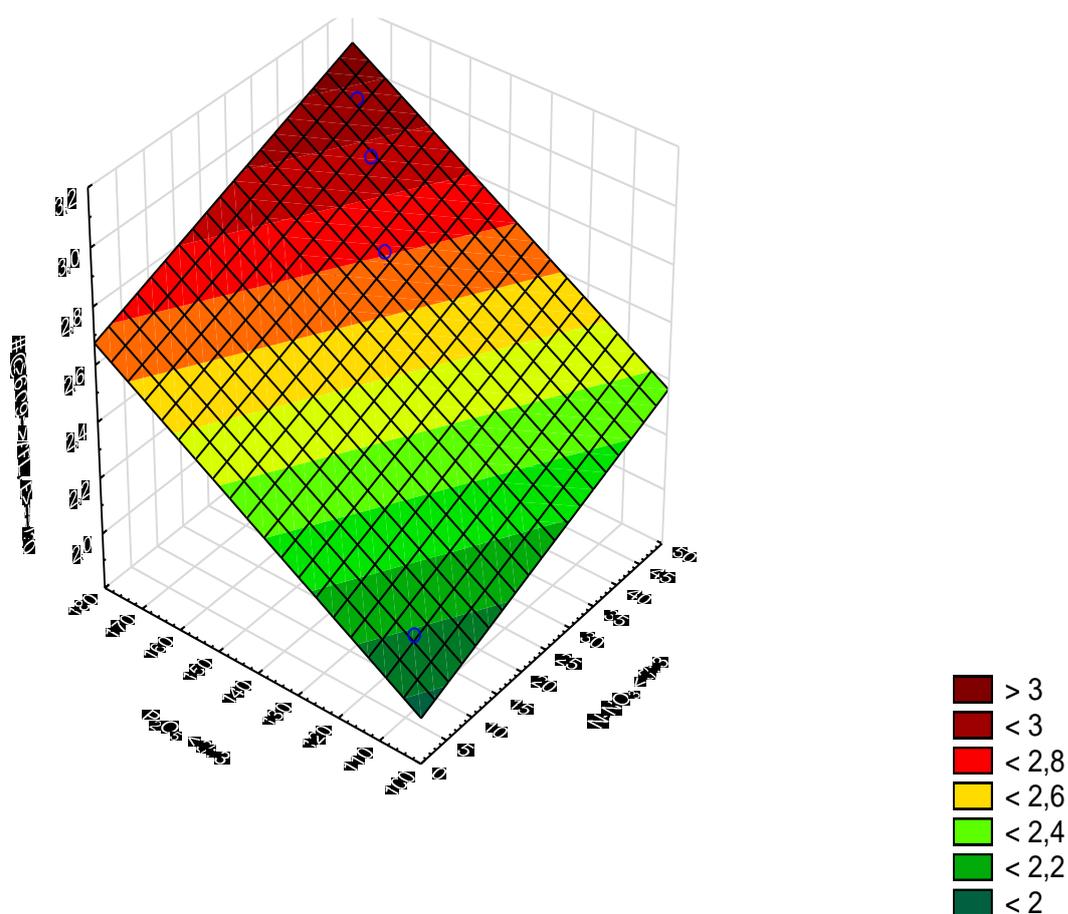


Рисунок 5.4 – Зависимость урожайность ячменя от содержания в почве  $N-NO_3$  и подвижного  $P_2O_5$  (мг/кг) при действии твердой фракции свиного навоза

Таблица 5.3 – Оптимальное содержание доступных элементов питания в черноземных почвах для зерновых культур, мг/кг

Культура	$N-NO_3$	$P_2O_5$	$K_2O$
Яровая пшеница	16-34	167-278	210-260
Ячмень	16-39	100-167	210-260

Нами в эксперименте выявлено, что максимальные урожайности получены при определённых концентрациях элементов питания (таблица 5.4), при этом эти данные обеспеченности элементами питания одного уровня или выше показателей таблицы 5.3.

Таблица 5.4 – Содержание доступных элементов питания в почве (мг/кг, слой 0-20 см) при котором получены наибольшие урожайности зерновых культур

Культура	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Урожайность, т/га
Яровая пшеница	30-32	145-169	306-339	2,52-4,14
Ячмень	35-39	140-161	302-343	2,93-3,72

Использованием бесподстилочного навоза были созданы оптимальные условия для растений яровой пшеницы и ячменя на агрочерноземе квазиглеевом.

Нами установлены математические взаимосвязи между нормами навозных удобрений и урожайностью зерновых культур, содержанием подвижных элементов, определены уровни их содержания в почве для наибольших урожаев. что делает возможным диагностирование и управление питанием растений внесением расчетных доз свиного навоза.

Для увеличения содержания N-NO<sub>3</sub> на 1 мг/кг в почве под яровой пшеницей и ячменем нужно внести 8,2 т/га жидкой фракции навоза ( $1 \text{ мг/кг} : 0,12 \text{ мг/кг} = 8,2 \text{ т/га}$ ). Отсюда определение доз навоза (т/га) можно проводить по формуле (22) с учетом оптимального уровня N-NO<sub>3</sub> в почве для зерновых культур:

$$Д = (N_o - N_{\phi}) \cdot 8,2, \quad (22)$$

где  $N_o$  – содержание N-NO<sub>3</sub> в почве оптимальное, мг/кг;

$N_{\phi}$  – содержание N-NO<sub>3</sub> в почве фактическое, мг/кг;

8,2 – доза жидкой фракции 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 (23):

$$D = (C_o - C_\phi) : b_2, \text{ т /га}, \quad (23)$$

где  $C_o$  и  $C_\phi$  – оптимальное и фактическое содержание элемента в почве, мг/кг;

$b_2$  – коэффициент интенсивности действия единицы внесенного удобрения на содержание элемента в почве, мг/кг.

Данные коэффициенты представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Дозы бесподстилочного свиного навоза для повышения содержания элемента на 1 мг/кг в слое почвы 0-20 см в кущение, т/га

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Жидкая фракция			
Яровая пшеница	8,2	10	7,1
Ячмень	8,2	10	6,7
Твердая фракция			
Яровая пшеница	1,7	0,9	1,2
Ячмень	1,6	1,0	1,5

При применении бесподстилочного навоза целесообразно рассчитывать дозу по азоту, так как на содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> он оказывает существенно меньшее воздействие, а K<sub>2</sub>O в почве достаточно для высокого урожая.

*Расчёт дозы 5.* При содержании в почве 5,5 мг/кг N-NO<sub>3</sub> рассчитываем дозу жидкой фракции под яровую пшеницу (по формуле 22):

$$D = (N_o - N_\phi) \cdot 8,2 \text{ т} = (16 \text{ мг/кг} - 5,5 \text{ мг/кг}) \cdot 0,82 \text{ т} = 86 \text{ т/га}.$$

*Расчёт дозы 6.* При содержании в почве 4,0 мг/кг N-NO<sub>3</sub> рассчитываем дозу жидкой фракции под ячмень:

$$D = (N_o - N_\phi) \cdot 8,2 \text{ т} = (16 \text{ мг/кг} - 4,0 \text{ мг/кг}) \cdot 0,82 \text{ т} = 98 \text{ т/га}.$$

*Расчёт дозы 7.* При содержании в почве 2,5 мг/кг N-NO<sub>3</sub> рассчитываем дозу твердой фракции под яровую пшеницу:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 1,7 \text{ т} = (16 \text{ мг/кг} - 2,5 \text{ мг/кг}) \cdot 1,7 \text{ т} = 23 \text{ т/га.}$$

*Расчёт дозы 8.* При содержании в почве 3,0 мг/кг N-NO<sub>3</sub> рассчитываем дозу твердой фракции под ячмень:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 1,6 \text{ т} = (16 \text{ мг/кг} - 3 \text{ мг/кг}) \cdot 1,6 = 21 \text{ т/га.}$$

*Расчёт дозы 9.* В почве фактически содержалось N-NO<sub>3</sub> – 2,7, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 180, K<sub>2</sub>O – 390 мг/кг (C<sub>ф</sub>). Оптимальное содержание (C<sub>о</sub>) для получения 3,0 тонн зерна: N-NO<sub>3</sub> – 16, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 160, K<sub>2</sub>O – 260 мг/кг. Таким образом, расчет осуществляем по нитратному азоту, так как содержание подвижных соединений фосфора и калия выше оптимального, и регулировать нужно только азотное питание. Отсюда:

$$D = (C_o - C_{\phi}) : b_2 = (16 \text{ мг/кг} - 2,7 \text{ мг/кг}) : 0,12 = 110 \text{ т/га.}$$

При различном химическом составе бесподстилочного свиного навоза – например, различном содержании азота, для определения доз применяют коэффициенты действия 1 кг азота бесподстилочного навоза на содержание N-NO<sub>3</sub> в почве (таблица 5.2).

*Расчёт дозы 10.* При удобрении яровой пшеницы содержание в почве содержалось N-NO<sub>3</sub> 5,8 мг/кг, доза азота жидкой фракции составит (по формуле 23):

$$D_N = (N_o - N_{\phi}) : 0,052 = (16 \text{ мг/кг} - 5,8 \text{ мг/кг}) : 0,052 = 196 \text{ кг/га.}$$

При содержании в 1 т жидкой фракции 2,0 кг азота доза составит:

$$Д = 196 \text{ кг/га} : 2,0 \text{ кг/т} = 98 \text{ т/га.}$$

Показанные выше зависимости в системе «растение-почва-удобрение» делают реальным оптимизацию питания яровых пшеницы и ячменя расчетом доз бесподстилочного навоза на основе почвенной диагностики.

### **5.3 Агрохимические нормативные показатели зерновых культур**

Для установления потребности культур в удобрениях необходимо определить нормативные параметры: затраты NPK для создания 1 т зерна, КИП и КИУ, количество азота нитрификации (Болдырев Н.К. и др., 1979; Лихоманова Л.М., 1986; Кормин В.П., 1988; Бобренко И.А. и др., 2002; Михальская Н.В., 2003; Болдышева Е.П., 2018; Гоман Н.В. и др., 2021). В данных экспериментах разрабатываются нормативы для изучаемых удобрений, культур, сортов.

Химический состав растений зависит во многом от условий питания. Так, внесение различных норм свиного бесподстилочного жидкого навоза на южном чернозёме Оренбургской области оказало действие на содержание макроэлементов в зерне яровой пшеницы и на её качестве. Содержание азота увеличивалось с 2,14 в контроле до 2,46 % при использовании бесподстилочного жидкого навоза, фосфора – с 0,39 до 0,42%, калия – с 0,53 до 0,57 %. Вынос NPK так же повышался (Кравченко В.Н. и др., 2011).

Вынос элементов питания зависит количества удобрений, сорта культуры, погоды (Прянишников Д.Н., 1963; Найдин П.Г., Гулидова Н.В., 1969; Сабинин Д.А., 1971; Гавар С.П., 1976; Бобренко И.А., 2004). При удобрении затраты NPK на 1 т продукции в основном повышаются. Так, в лесостепи Западной Сибири потребление элементов питания на производство 1 тонны зерна яровой пшеницы

с учетом соломы составляет 25-30 кг N, 10-12 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 30-35 кг K<sub>2</sub>O, для ячменя 30-35, 10-12, и 35-40 кг соответственно (Храмцов И.Ф., 1997). Внесение пометных удобрений в Омском Прииртышье привело к повышению затрат. Для создания 1 т урожая яровой пшенице потребовалось: N – 38,7 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10,5 кг, K<sub>2</sub>O – 26,4 кг; ячменю N – 29,5 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 12,8 кг, K<sub>2</sub>O – 19,9 кг (Тарасов И.С. и др., 2020).

Затраты NPK на создание 1 т зерна с учетом побочной продукции необходим для планирования потребления элементов будущим урожаем. Удобрение свиным бесподстилочным навозом повлияло на химический состав и размер выноса NPK яровой пшеницей и ячменем (таблицы 5.6, 5.7, приложения Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н).

Использование навоза привело к росту общего выноса урожаем. Вынос N и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> зерном выше, чем соломой; а вынос K<sub>2</sub>O больше соломой, чем зерном.

В данных экспериментах при применении жидкой фракции вынос 1 т яровой пшеницы сорта Памяти Азиева составил в контроле: N – 36,5 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 14,3 кг, K<sub>2</sub>O – 21,9 кг; ячменя сорта Саша N – 36,9 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 12,5 кг; K<sub>2</sub>O – 21,0 кг; при дозе 200 т/га растениям яровой пшеницы потребовалось: N – 38,6 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 14,0 кг, K<sub>2</sub>O – 20,8 кг; ячменя N – 37,3 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 12,8 кг, K<sub>2</sub>O – 21,4 кг (таблица 5.6).

При удобрении твердой фракцией в контроле вынос 1 т яровой пшеницы сорта Дуэт составил N – 35,5, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 13,6, K<sub>2</sub>O – 16,6 кг и ячменя сорта Подарок Сибири соответственно 29,4; 12,6 и 18,8 кг; в лучшем варианте 50 т/га яровой пшенице потребовалось: N – 39,3 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 15,1 кг, K<sub>2</sub>O – 19,2 кг; ячменю N – 32,0 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 13,6 кг, K<sub>2</sub>O – 20,5 кг (таблиц 5.7).

Таблица 5.6 – Вынос NPK урожаем зерновых культур при использовании жидкой фракции свиного бесподстилочного навоза (средние данные за годы исследований)

Доза, т/га	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Яровая пшеница</b>												
Контроль	89,2	18,3	18,3	9,5	20,1	40,8	98,7	38,4	59,1	36,5	14,3	21,9
50	103	20,7	20,3	10,9	21,5	45,9	114	42,2	66,2	37,3	13,9	21,6
100	119	23,1	22,3	12,1	22,1	47,6	131	45,3	70,0	39,2	13,6	20,9
150	126	24,4	23,8	12,1	23,4	51,3	138	47,8	75,1	38,7	13,5	21,1
200	147	29,7	28,5	13,2	28,0	57,4	160	57,7	85,9	38,6	14,0	20,8
250	142	28,6	27,3	14,1	30,2	57,3	156	58,7	84,6	39,6	14,9	21,5
300	128	24,8	23,7	12,5	27,1	51,9	141	51,8	75,6	40,9	15,0	22,0
<b>Ячмень</b>												
Контроль	91,2	17,2	17,0	15,2	19,0	43,2	106	36,1	60,3	36,9	12,5	21,0
50	101	18,0	20,4	17,1	21,5	45,9	118	39,5	66,3	37,6	12,4	21,0
100	111	18,3	22,2	20,0	22,7	52,1	131	41,1	74,3	38,1	12,0	21,6
150	113	18,5	23,0	19,6	27,0	51,5	133	45,4	74,5	38,3	13,1	21,5
200	118	19,6	24,5	21,5	28,4	55,1	139	48,0	79,5	37,3	12,8	21,4
250	113	18,9	24,1	19,9	27,1	53,2	133	46,0	77,3	36,4	12,6	21,2
300	112	18,0	24,4	19,7	25,4	51,5	132	43,4	75,8	37,2	12,2	21,5

Опытные данные свидетельствуют о существенном изменении КИУ и КИП в зависимости от факторов окружающей среды (Ермохин Ю.И. и др., 2002; Стищенко О.В., 2002; Бобренко И.А., 2004; Ермохин Ю.И., Бобренко И.А., 2005).

Таблица 5.7 – Вынос NPK урожаем зерновых культур при использовании твердой фракции свиного бесподстилочного навоза (средние данные за годы исследований)

Доза, т/га	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Яровая пшеница												
Контроль	59,1	13,5	21,5	5,3	11,2	20,7	64,4	24,7	32,3	35,5	13,6	16,6
20	67,2	14,5	24,2	7,8	14,2	29,1	75,0	28,7	42,2	37,2	14,3	19,2
30	74,3	15,8	26,2	8,2	15,8	32,0	82,5	31,6	45,7	39,3	15,1	20,1
40	79,6	17,2	28,3	8,0	17,0	33,1	87,6	34,3	48,0	39,2	15,3	19,9
50	90,2	20,0	31,9	8,9	17,9	35,4	99,1	37,9	51,8	39,3	15,1	19,2
60	85,7	17,6	30,1	8,0	16,8	33,8	93,7	34,5	49,6	39,4	14,5	19,2
Ячмень												
Контроль	50,2	14,6	11,8	18,8	11,9	32,2	62,3	28,1	44,1	29,4	12,6	18,8
20	59,4	16,9	14,0	22,4	14,2	38,5	74,0	33,3	52,5	30,6	12,9	19,5
30	65,5	18,6	15,6	24,9	16,1	43,6	82,2	37,1	59,3	31,0	13,1	20,0
40	67,9	19,2	16,5	26,3	17,3	45,6	86,0	38,8	62,1	31,5	13,4	20,4
50	74,4	20,8	18,4	28,5	18,9	48,4	93,6	42,2	66,8	32,0	13,6	20,5
60	74,3	20,5	18,8	27,7	15,4	43,1	91,9	39,9	61,9	31,1	12,2	18,7

При определении КИП N необходимо учитывать N текущей нитрификации (N<sub>T</sub>, кг/га), то есть N-NO<sub>3</sub>, образующийся в течение вегетации. Показатель определяется по формуле (24):

$$N_T = N_2 + B - N_1, \quad (24)$$

где N<sub>1</sub> и N<sub>2</sub> – запас N-NO<sub>3</sub> в слое почвы 0-20 см до посева растений и в фазу полной спелости зерна, кг/га;

B – вынос азота урожаем, кг/га.

Используя этот параметр, КИП азот находим по формуле (25):

$$\text{КИП} = B : (N_1 + N_t). \quad (25)$$

КИП по фосфору и калию рассчитываются по формуле (26):

$$\text{КИП} = B : Z, \quad (26)$$

где  $B$  – вынос урожаем, кг/га;

$Z$  – запас подвижных соединений фосфора и калия в слое почвы 0-20 см, кг/га.

КИП растениями определяются в контрольных вариантах, КИУ – разностным методом (Мерзлая Г.Е., 2006). При этом на КИУ конкретного элемента влияет весь комплекс содержащихся в навозе химических веществ.

В исследованиях разработаны нормативные показатели минерального питания зерновых культур при внесении жидкой и твердой фракций навоза для расчета норм удобрений и баланса элементов питания в агроценозе (таблица 5.8).

При расчете агрохимических параметров использовались данные по выносу NPK с урожаем зерна, долевого участия элементов в формировании дополнительного урожая.

Дозы удобрений устанавливаются на основе почвенной диагностики разными расчетными методами, для этого определены агрохимические нормативные параметры яровых пшеницы и ячменя при применении жидкой и твердой фракций бесподстилочного навоза: окупаемость их дополнительным урожаем зерна, коэффициенты действия навоза на химический состав почвы, азот текущей нитрификации, затраты NPK на создание 1 т зерна с учетом соломы, количество NPK в 1 т органики, КИУ и КИП NPK.

Таблица 5.8 – Агрехимические параметры минерального питания зерновых культур при внесении бесподстилочного свиного навоза на агрочерноземе квазиглеевом

Показатель	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Яровая пшеница</b>			
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	–	–
<b>Ячмень</b>			
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 NPK в севообороте и доз органических удобрений. Для расчета доз на плановую прибавку урожая (П) применяется формула (27):

$$Д = П \cdot Н \cdot Кп : Киу, \quad (27)$$

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

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

Кп – коэффициент потребности в удобрениях, указывающий на отклонение фактического содержания элемента (Сф) питания в почве от оптимального (Со);

Киу – коэффициент использования элемента питания из удобрений.

При этом расчет ведется по элементу с наибольшим Кп, который рассчитывается по формуле (28).

$$Кп = Со : Сф. \quad (28)$$

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

При расчете дозы по фосфору и калию на плановую урожайность (ПУ) применяется формула (29):

$$Д_{(P, K)} = (ПУ \cdot Н - З \cdot Кип) : Киу, \quad (29)$$

где З – запас подвижных соединений элемента питания в слое почвы 0-20, кг/га;

Кип – коэффициент использования элементов питания из почвы.

При расчете дозы по N применяется формула (30):

$$Д_N = (ПУ \cdot Н - (З + N_T) \cdot Кип) : Киу, \quad (30)$$

где  $N_t$  – азот текущей нитрификации, кг/га.

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

Данные формулы испытаны при удобрении более 40 видов культурных растений (Лихоманова Л.М., 1986; Михальская Н.В., 2003; Ермохин Ю.И. и др., 2002; Бобренко И.А., 2004; Склярова М.А., 2008; Попова В.И., 2018; Шмидт А.Г., 2020).

#### **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. Приведем примеры расчета доз изучаемых удобрений на основе нормативных параметров и предложенных формул (приведены в разделах 5.1-5.3) и результат удобрения в производственных условиях.

Используя нормативные агрохимические параметры (окупаемость жидкой и твердой фракций прибавкой урожая, коэффициенты действия удобрений на содержание элементов в почве, азот нитрификации, затраты НРК на создание 1 т зерна с учетом соломы, количество НРК вносимых с 1 т органического удобрения, КИУ, КИП), был произведен расчет доз свиного бесподстилочного навоза в лесостепи Омской области в ООО «РУСКОМ-Агро» на агрочерноземе квазиглеевом (производственные испытания 1-4).

1. Перед посевом яровой пшеницы расчет дозы жидкой фракции проводился по формуле 23 (на основе оптимальных уровней). В почве содержание  $N-NO_3$  – 3,4,  $P_2O_5$  – 172,  $K_2O$  – 294 мг/кг (Сф). Оптимальное содержание (таблица 5.3): N-

$\text{NO}_3 - 16$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 160$ ,  $\text{K}_2\text{O} - 260$  мг/кг (Со). Расчет осуществляем по  $\text{N-NO}_3$ , так как уровень  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$  выше оптимума, и оптимизировать необходимо азотное питание.  $b_2$  (таблица 5.2) по N (элемент в навозе, 1 кг/га – элемент в почве) – 0,052 мг/кг, в 1 т жидкой фракции содержится 2,3 кг N. Отсюда:

$$Д = (\text{Со} - \text{Сф}) : b_2 = (16 \text{ мг/кг} - 3,4 \text{ мг/кг}) : 0,052 \text{ мг/кг} = 242 \text{ кг/га}.$$

Доза составит:

$$Д = 242 \text{ кг/га} : 2,3 \text{ кг/т} = 105 \text{ т/га}.$$

Удобрение расчётной дозой жидкой фракции навоза 105 т/га обеспечило получение урожайности зерна яровой пшеницы 2,72 т/га (приложение О).

2. Перед посевом ячменя расчет дозы жидкой фракции проводился по формуле 10 на плановую прибавку 1,0 т /га:

$$Д = П : b_1 = 1,0 \text{ т /га} : 0,005 = 200 \text{ т/га}.$$

Удобрение расчётной дозой жидкой фракции навоза 200 т/га обеспечило получение прибавки урожайности зерна ячменя 1,1 т/га (приложение П).

3. Перед посевом яровой пшеницы расчет дозы твердой фракции проводился на плановую прибавку 0,6 т/га. В почве перед посевом содержание  $\text{N-NO}_3 - 13,7$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 171$ ,  $\text{K}_2\text{O} - 395$  мг/кг (Сф). Оптимальное содержание (таблица 5.3):  $\text{N-NO}_3 - 16$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 160$ ,  $\text{K}_2\text{O} - 260$  мг/кг (Со).

Расчет осуществляем по элементу, находящемуся в почве в первом минимуме (с наибольшим  $\text{Кп}$ ), формула (28):

$$K_{\text{п}}(\text{N}) = C_{\text{о}} : C_{\text{ф}} = 16 \text{ мг/кг} : 13,7 \text{ мг/кг} = 1,17;$$

$$K_{\text{п}}(\text{P}_2\text{O}_5) = C_{\text{о}} : C_{\text{ф}} = 160 \text{ мг/кг} : 171 \text{ мг/кг} = 0,94;$$

$$K_{\text{п}}(\text{K}_2\text{O}) = C_{\text{о}} : C_{\text{ф}} = 260 \text{ мг/кг} : 395 \text{ мг/кг} = 0,66.$$

N находится в первом минимуме. Рассчитываем дозу твердой фракции с учетом содержания в нем азота по формуле 27:

$$Д = K_{\text{п}} \cdot Н \cdot П : K_{\text{иу}} = 2,46 \cdot 39 \text{ кг/т} \cdot 0,6 \text{ т/га} : 0,12 = 288 \text{ кг/га}.$$

При содержании в 1 т навоза 5,5 кг N доза твердой фракции составит:

$$Д = 288 \text{ кг/га} : 5,5 \text{ кг/т} = 44 \text{ т/га}.$$

Удобрение расчётной дозой твердой фракции навоза 44 т/га обеспечило получение урожайности яровой пшеницы 2,85 т/га, что на 0,60 т/га больше, чем в контроле или 95 % от расчётной (приложение Р).

4. Перед посевом ячменя расчет дозы твердой фракции проводился на плановую урожайность 3,0 т/га (ПУ). При посеве в почве содержалось N-NO<sub>3</sub> – 8,6, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 164, K<sub>2</sub>O – 368 мг/кг. Оптимальное содержание (таблица 5.3): N-NO<sub>3</sub> – 16, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 160, K<sub>2</sub>O – 260 мг/кг. Расчёт осуществляем по N-NO<sub>3</sub>, так как содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> оптимальное, K<sub>2</sub>O – выше оптимального, и регулировать нужно только содержание N-NO<sub>3</sub>.

При определении дозы N (Д) используется формула (30):

$$Д = (ПУ \cdot Н - (З + N_{\text{т}}) \cdot K_{\text{ип}}) : K_{\text{иу}}.$$

По таблице 5.8: коэффициент использования N из почвы 0,90 (Кп), из твердой фракции 0,11 (Ку); N текущей нитрификации – 58 кг/га (Nт). Отсюда доза N:

$$Д = (ПУ \cdot Н - (З + Nт) \cdot Кип) : Киу = (3,0 \text{ т/га} \cdot 35 \text{ кг/т} - (8,6 \text{ мг/кг} \cdot 2,4 + 73 \text{ кг/га}) \cdot 0,90) : 0,11 = 188 \text{ кг/га}.$$

При содержании в 1 т твердой фракции 6 кг N доза составит:

$$Д = 188 \text{ кг/га} : 6 \text{ кг/т} = 31 \text{ т/га}.$$

Удобрение расчётной дозой 31 т/га обеспечило получение урожайности ячменя 3,11 т/га или 104 % от плановой (приложение С).

Эффективность применения свиного бесподстилочного навоза в производственных условиях свидетельствуют о результативности рекомендуемых формул расчёта доз. Нужно учитывать, что максимальные эффективные дозы находятся – до 200 т/га свиного бесподстилочного навоза при внесении жидкой фракции и до 50 т/га – твердой, при химическом составе удобрений, применяемых в экспериментах. Определенные агрохимические нормативные параметры и предложенные формулы для определения доз свиного бесподстилочного навоза являются частью системы управления минерального питания зерновых культур.

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СВИНЫМ БЕСПОДСТИЛОЧНЫМ НАВОЗОМ

Перед тем, как рекомендовать методы определения доз бесподстилочного свиного навоза к использованию в сельскохозяйственной практике нужно обосновать их с помощью экономической оценки (Burton С.Н., Turner С., 2003; Новиков М.Н., 2012; Шеуджен А.Х., 2012; Болдышева Е.П., 2016; Минеев В.Г. и др., 2017; Научные основы производства ..., 2018; Шмидт А.Г., 2020; Goman N.V. и др., 2021).

Расчет экономической эффективности использования бесподстилочного свиного навоза проводили по ценам и нормативам затрат 2021 г. в ООО «РУСКОМ-Агро» Омской области. Затраты на получение прибавки урожая от применения удобрений ( $Z_0$ ) рассчитываются по формуле (31):

$$Z_0 = Z_{уд} + Z_{вн} + Z_{уб} + Z_p + Z_n, \quad (31)$$

где  $Z_{уд}$  – затраты на приобретение удобрений;

$Z_{вн}$  – затраты на разгрузку, хранение, подготовку, перевозку в поле и внесение удобрений;

$Z_{уб}$  – затраты на уборку, перевозку прибавки урожая от удобрений с поля, ее доработку;

$Z_p$  – затраты на реализацию прибавки урожая или закладку ее на хранение;

$Z_n$  – общепроизводственные, общехозяйственные и другие затраты, относимые по действующей системе бухгалтерского учета на себестоимость прибавки урожая.

Чистый доход от использования жидкой фракции под яровую пшеницу при дозах 50-300 т/га составил 1600-14507 руб./га (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Экономическая эффективность удобрения жидкой фракцией зерновых культур на агрочерноземе квазиглеевом (средние данные за годы исследований)

Доза т/га	Прибавка урожая зерна, т/га	Затраты на применение удобрений, руб./га	Цена реализации 1 т зерна, руб.	Стоимость прибавки урожая зерна, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Яровая пшеница						
50	0,35	2050	15000	5250	3200	156,1
100	0,63	4030	15000	9450	5420	134,5
150	0,86	5960	15000	12900	7800	152,9
200	1,43	6943	15000	21450	14507	208,9
250	1,23	7623	15000	18450	9827	114,0
300	0,74	10940	15000	11100	1600	1,46
Ячмень яровой						
50	0,28	1980	12500	3500	1520	76,8
100	0,56	3960	12500	7000	3040	76,8
150	0,59	5690	12500	7375	1685	29,6
200	0,85	7650	12500	10625	2975	38,9
250	0,77	9270	12500	9625	355	3,83
300	0,65	10850	12500	8125	-2725	-25,1

Расчет рентабельности показал, что удобрение жидкой фракцией яровой пшеницы эффективно: при дозах 50-250 т/га она составила 114,0-208,9%. Использование жидкой фракции 300 т/га наименее эффективно (рентабельность 1,46%), а 200 т/га – наиболее (208,9%).

Использование жидкой фракции бесподстилочного навоза в дозах 50-250 т/га под яровой ячмень, позволило получить чистый доход 355-

3040 руб./га. Рентабельность эффективных доз по урожайности (50-200 т/га) составила 29,6-76,8%. При этом следует отметить, что применение жидкой фракции 200 т/га было существенно более рентабельным, чем 250 и 300 т/га – этот показатель составил соответственно 38,9; 3,83 и - 25,1%. Самый небольшой уровень рентабельности от применения жидкой фракции от сверхвысокой дозы 300 т/га, где сформировалась отрицательное её значение (-25,1).

Удобрение дозами твердой фракции бесподстилочного навоза (действие в год внесения) под яровую пшеницу и ячмень, также позволило получить высокий уровень чистого дохода (таблица 6.2).

В зависимости от дозы чистый доход удобрения яровой пшеницы составил 400-3800 руб./га, ячменя – 1050-3430 руб./га. При этом следует отметить, что наиболее высокий доход при удобрении и пшеницы и ячменя был получен от 50 т/га твердой фракции. Рассчитанная рентабельность показала, что применение жидкой фракции в изучаемых дозах экономически более выгодно, чем твердой, где она составила 8,25 - 63,0% в зависимости от дозы и культуры.

Последствие удобрений продолжается в течение ряда лет и рентабельность увеличивается, так как суммарная урожайность зерна растет, а затраты на использование удобрений были только в первый год. Так, при дозе 40 т/га твердой фракции (действие + 2 года последствия) рентабельность составила наибольшие в опыте 219,7 %, а при дозе 20 т/га – только 145,6 % (таблица 6.3). Но экономическая эффективность всегда очень высокая.

Таблица 6.2 – Экономическая эффективность удобрения (действие) твердой фракцией зерновых культур на агрочерноземе квазиглеевом (средние данные за годы исследований)

Доза т/га	Прибавка урожа зерна, т/га	Затраты на применение удобрений, руб./га	Цена реализации 1 т зерна, руб.	Стоимость прибавки урожа зерна, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рента бельн ость, %
<b>Яровая пшеница</b>						
20	0,20	2600	15000	3000	400	15,4
30	0,28	3880	15000	4200	320	8,25
40	0,42	5220	15000	6300	1080	20,7
50	0,70	6700	15000	10500	3800	56,7
60	0,56	7760	15000	8400	640	8,25
<b>Ячмень яровой</b>						
20	0,30	2700	12500	3750	1050	38,9
30	0,54	4140	12500	6750	2610	63,0
40	0,61	5410	12500	7500	2090	38,6
50	0,72	6820	12500	10250	3430	50,3
60	0,84	8040	12500	10500	2460	30,6

Таблица 6.3 – Экономическая эффективность действия и двух лет  
последствия удобрения твердой фракцией яровой пшеницы  
на агрочерноземе квазиглеевом (сумма 2015-2017 гг.)

Дозы т/га	Прибавка урожаю зерна, т/га	Затраты на применение удобрений, руб./га	Цена реализации 1 т зерна, руб.	Стоимость прибавки урожаю зерна, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рента бельность, %
20	0,47	2870	15000	7050	4180	145,6
30	0,88	4480	15000	13200	8720	194,6
40	1,30	6100	15000	19500	13400	219,7
50	1,43	7430	15000	21450	14020	188,7
60	1,60	8800	15000	24000	15200	172,7

Экономическая оценка эффективности удобрения – важный этап в изучении любого вида удобрений, от нее зависит заключение о целесообразности их использования. В целом можно сделать заключение, что внесение бесподстилочного свиного навоза под яровые пшеницу и ячмень на агрочерноземе квазиглеевом экономически эффективно.

## 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  $C_n = C_1 + D \cdot b_2$  и определить дозу

удобрений с учетом оптимального и фактического содержания элемента питания в почве:  $D = (C_o - C_\phi) : b_2$ .

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; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,10-0,12; K<sub>2</sub>O – 0,05-0,09;

ячменем N – 0,90; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,11-0,12; K<sub>2</sub>O – 0,06-0,09;

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

жидкой фракции:

яровой пшеницей N – 0,13; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,48; K<sub>2</sub>O – 0,11;

ячменем N – 0,07; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,30; K<sub>2</sub>O – 0,08;

твердой фракции:

яровой пшеницей N – 0,12; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,25; K<sub>2</sub>O – 0,22;

ячменем N – 0,11; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,25; K<sub>2</sub>O – 0,25;

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

яровой пшеницей N – 39; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 14; K<sub>2</sub>O – 21;

ячменем N – 35; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 13; K<sub>2</sub>O – 21;

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

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

– формулы расчета доз:

$$1. Д = П : b_1;$$

$$2. Д = (C_o - C_\phi) : b_2;$$

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

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

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

В дальнейшем актуально изучение эффективности последствия 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 ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Агроклиматические ресурсы Омской области. – Л: Гидрометеоиздат, 1971. – 187 с.
2. Агротехническая диагностика потребности полевых культур в азотных удобрениях / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, О.А. Матвейчик // Плодородие. – 2020. – №6 (117). – С. 40-44.
3. Агротехнологические перспективы повышения эффективности утилизации свиного навоза / М.В. Базылев [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2016. – № 1. – С. 137-145.
4. Агрохимические нормативные показатели минерального питания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // Известия ТСХА. – 2021. – №1. – С. 5-17.
5. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев [и др.]. – М.: изд-во ВНИИА им. Прянишникова, 2017. – 854 с.
6. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза / Г.Е. Мерзлая, М.Н. Новиков, А.И. Еськов, С.И. Тарасов. – М.: РАСХН, ВНИПТИОУ, 2006. – 463 с.
7. Анализ методов переработки и направлений утилизации навоза/ В.Г. Шифрин [и др.] // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: Юбилейный сборник научных трудов XIII международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Донского государственного технического университета (Ростовского-на-Дону института сельхозмашиностроения), в рамках XXIII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». – В 2-х томах. – 2020. – С. 275-279.
8. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в Западной Сибири: монография / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 407 с.

9. Антонова О.И. Ферментативная активность черноземов умеренно-засушливой колочной степи в связи с внесением навозных стоков в условиях агроценозов / О.И. Антонова, М.С. Горшкова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – №3. – С. 28-34.

10. Антонова О.И. Экологическая и агрохимическая эффективность утилизации отходов животноводства в условиях Алтайского края / О.И. Антонова, В.А. Рассыпнов // Отходы, причины их образования и перспективы использования: сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. – 2019. – С. 473-476.

11. Афендулов К.П. Удобрения под планируемый урожай / К.П. Афендулов, Л.И. Лантухова. – М.: Колос, 1973. – 253 с.

12. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. Перевод с немецкого П.Д. Семенова. – М., Колос, 1978. – 271 с.

13. Бобренко И.А. Агрономическая, экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений: методические рекомендации / И.А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2022. – 24 с.

14. Бобренко И.А. Изменение содержания подвижного калия в почвах лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, О.А. Матвейчик, А.Г. Шмидт // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – №3 (39). – С. 14-19.

15. Бобренко И.А. Модели плодородия пахотных почв Омской области / И.А. Бобренко, Ю.В. Аксенова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – №5. – С. 9-14.

16. Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземах Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук / И.А. Бобренко. – Омск, 2004. – 446 с.

17. Богданов Н.Н. Некоторые принципиальные особенности чернозёмов Западной Сибири / Н.Н. Богданов // Науч. тр. Омского СХИ. – Омск, 1969. – Т. 73. – С. 11-22.

18. Болдырев Н.К. Комплексный метод листовой диагностики, условий питания, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.К. Болдырев. – М., 1972. – 48 с.

19. Болдырев Н.К. Листовая диагностика условий питания и качества зерна яровой пшеницы в связи с применением удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.К. Болдырев. – Омск, 1961. – 26 с.

20. Болдырев Н.К. Планирование урожая по данным полевых опытов / Н.К. Болдырев, Г.С. Липкина, Л.С. Могиндовид. – М., 1979. – 52 с.

21. Болдышева Е.П. Биоэнергетическая и экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений при возделывании озимой ржи в условиях лесостепи Западной Сибири / Е.П. Болдышева, И.А. Бобренко, Н.В. Гоман // Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы: сборник материалов Национальной (Всероссийской) науч.-практич. конференции, посвящ. 100-летию юбилею со дня образования учебной лаборатории Агрометеорологии ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – С. 157-161.

22. Болдышева Е.П. Диагностика и оптимизация микроэлементного питания озимой ржи на лугово-чернозёмной почве Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / Е.П. Болдышева. – Омск, 2018. – 167 с.

23. Варламова Л.Д. Влияние возрастающих доз жидкого свиного навоза на урожайность и качество кукурузы / Л.Д. Варламова // Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф./ Россельхозакадемия, ГНУ ВНИПТИОУ. – М., 2006. – С. 163-165.

24. Васильев В.А. Применение бесподстильного навоза для удобрения / В.А. Васильев, М.М. Швецов – М.: Колос, 1983. – 174 с.

25. Васильев В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 255 с.

26. Влияние жидкого свиного навоза на урожайность пшеницы, содержание и баланс элементов питания в светло-серой лесной почве лёгкого гранулометрического состава / В. И. Титова, Л. Д. Варламова, Р. Н. Рыбин, Т. В. Андропова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – №20(5). – С. 456-466.

27. Влияние длительного регулярного применения бесподстилочного навоза в интенсивном режиме на урожайность и качество костреца безостого / С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина, И.А. Архипченко // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 3 (39). – С. 79-88.

28. Влияние птичьего помета на продуктивность картофеля на лугово-черноземной почве южной лесостепи Омской области / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.П. Кормин, А.Г. Шмидт // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 3. – С. 23-25.

29. Волков Е.Д. Листовая диагностика условий минерального питания и качества урожая яровой пшеницы и кукурузы в условиях Северо-Казахстанской и Омской областей: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Е.Д. Волков. – Пермь, 1969. – 24 с.

30. Воронкова Н.А. Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного плодородия и повышении продуктивности агроценозов Западной Сибири: монография / Н.А. Воронкова. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 188 с.

31. Вынос элементов питания урожаем в условиях черноземов Омского Прииртышья / И.А. Бобренко, Л.М. Лихоманова, Н.К. Трубина, Е.Г. Бобренко // Вестник ОмГАУ. – 2004. – №3. – С. 29-36.

32. Гавар С.П. Действие жидкого бесподстилочного навоза на урожай сельскохозяйственных культур на выщелоченных черноземах Омской области: дис. ... канд. с.-х. наук / С.П. Гавар. – Омск, 1976. – 153 с.

33. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах: монография / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. – 790 с.

34. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии: производственно-практ. изд. / Г.П. Гамзиков. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 48 с.

35. ГОСТ Р 53117 – 2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 15 с.

36. Гриднев П.И. Направления развития технологий и технических средств уборки и подготовки навоза к использованию / П.И. Гриднев, Т.Т. Гриднева, В. Романюк // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 1. – С. 37- 40.

37. Давыдов А.С. Использование бесподстилочного навоза для удобренных поливов / А.С. Давыдов, Р.П. Воробьева // Природообустройство. – 2008. – Вып. 4. – С. 25-28.

38. Державин Л.М. Современные методы определения доз минеральных удобрений / Л.М. Державин, Ш.И. Литвак, Е.В. Седова. – М., 1988. – 44 с.

39. Диагностика и классификация почв Омской области, и их сельскохозяйственное использование / Я.Р. Рейнгард [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 67 с.

40. Динамика подвижного фосфора в почвах лесостепи Западной Сибири / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, О.А. Матвейчик // Плодородие. – 2020. – № 2 (113). – С. 57-60.

41. Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза: Методические рекомендации. – М.: ВИУА, 1990. – 23 с.

42. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

43. Ермолаев О.Т. Оптимизация фосфатного режима при возделывании зерновых в засушливых условиях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О.Т. Ермолаев. – Минск, 1990. – 38 с.

44. Ермохин Ю.И. Влияние расчетных доз удобрений на продуктивность кормовых культур в условиях Западной Сибири / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко, В.М. Красницкий // Плодородие. – 2004. – №3. – С.7-11.
45. Ермохин Ю.И. Диагностика потребности ярового ячменя в удобрениях на основе химического анализа почвы в условиях лесостепи Западной Сибири / Ю.И. Ермохин, В.В. Хайхан // Агрохимия. – 1992. – № 9. – С. 72-78.
46. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе «ПРОД»): монография / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 284 с.
47. Ермохин Ю.И. Почвенная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко, В.М. Красницкий // Плодородие. – 2004. – №1. – С. 4-7.
48. Ермохин Ю.И. Применение органических удобрений в Западной Сибири: учеб. пособие / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – 124 с.
49. Еськов А.И. Научно-технологические решения эффективного, экологически безопасного использования бесподстилочного навоза, помета / А.И. Еськов, С.И. Тарасов // Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. научн. тр. ГНУ ВНИПТИОУ. – Владимир, 2006. – С. 17-33.
50. Еськов А.И. Результаты многолетних исследований эффективности последствий использования бесподстилочного навоза / А.И. Еськов, С.И. Тарасов, Н.А. Тамонова // Плодородие. – № 1. – 2010. – С. 10-11.
51. Еськов А.И. Технологическое обеспечение производства и использования органических удобрений / А.И. Еськов // Техника и оборудование для села. – 2005. – №6. – С. 12-15.
52. Желязко В.И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорированных агроландшафтах Нечерноземья / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво, Ю.А. Мажайский. – Рязань: Мещерский филиал ВНИИГиМ, 2006. – 304 с.

53. Журбицкий З.И. Потребность растений в питании как основа применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 60 с.
54. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: АН СССР, 1963. – 294 с.
55. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинев, 1990. – 432 с.
56. Завалин А.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней / А.А. Завалин, О.А. Соколов. – М.: ВНИИА, 2016. – 596 с.
57. Звекон А.В. Совершенствование способа подготовки к использованию жидкого навоза/ А.В. Звекон, А.И. Бабенков, И.А. Ершов/ Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1 (1). – С. 159-164.
58. Звекон А.В. Устройство для подготовки к использованию жидкого навоза / А.В. Звекон // Агротехника и энергообеспечение. – 2018. – № 4 (21). – С. 51-56.
59. Земледелие на равнинных ландшафтах и агротехнологии зерновых в Западной Сибири (на примере Омской области): монография / Л.В. Березин [и др.]; под ред. И.Ф. Храмова, В.Г. Холмова. – Новосибирск: ООО «Ревик-К», 2003. – 412 с.
60. Качество кормовых культур региона (на примере Омской области): учебно-справочное издание / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, Е.Г. Пыхтарева, В.И. Попова. – Омск: ЛИТЕРА, 2017. – 72 с.
61. Кидин В.В. Агрохимия: учеб. пособие / В.В. Кидин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 351 с.
62. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. Тимирязева, 2009. – 412 с.

63. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2008. – Ч. 1. – 415 с.
64. Кидин В.В. Система удобрения: учебник / В.В. Кидин. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с.
65. Комякова Е.М. Состав навоза КРС и свиней, особенности использования и перспективы переработки / Е.М. Комякова, О.И. Антонова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (188). – С. 63-68.
66. Кольцов А.Х. Эффективность органических удобрений в условиях Сибири / А.Х. Кольцов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1972. – №4. – С. 11-20.
67. Кормин В.П. Диагностика минерального питания рапса и сурепицы на выщелоченных черноземах лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.П. Кормин. – Омск, 1988. – 16 с.
68. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры / А.И. Коровин. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 272 с.
69. Кочергин А.Е. Бесподстилочный жидкий навоз – ценное органическое удобрение / А.Е. Кочергин, С.П. Гавар, В.А. Пиварчук. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1981. – 23 с.
70. Кочергин А.Е. Диагностика потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях на чернозёмах Западной Сибири // Химия в сельском хозяйстве. – 1974. – № 2. – С. 9-11.
71. Кочергин А.Е. Условия питания зерновых культур азотом, фосфором и калием и применение удобрений на черноземах Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А.Е. Кочергин. – Омск: ОмСХИ, 1965. – 37 с.
72. Кравченко В.И. Эффективность жидкого навоза при возделывании суданской травы на южном черноземе Оренбургской области / В.И. Кравченко, Д.И. Воронков, Д.В. Овсянникова // Производство и корма, 2013. – С. 119-121.

73. Кравченко В.Н. Эффективность жидкого навоза свиней при возделывании яровой пшеницы на южном чернозёме Оренбургской области / В.Н. Кравченко, О.С. Гречишкина, Д.В. Овсянникова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – №4. – С. 59-61.

74. Красницкий В.М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири: монография / В.М. Красницкий. – Омск: ОмГАУ, 2002. – 144 с.

75. Красницкий В.М. Влияние гидротермических факторов на подвижность фосфора в черноземных почвах / В.М. Красницкий, О.Т. Ермолаев // Плодородие. – 2012. – №3. – С. 19-22.

76. Красницкий В.М. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв и эффективности применения удобрений в Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук / В.М. Красницкий. – Омск, 2002. – 52 с.

77. Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

78. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие / М.В. Новицкий [и др.]. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.

79. Лесто Н.К. Удобрительные достоинства жидкого навоза и действие его на урожай и качество картофеля в лесостепи Приобья Новосибирской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.К. Лесто. – Новосибирск, 1976. – 24 с.

80. Лихоманова Л.М. Диагностика минерального питания, эффективности применения удобрений и качества корнеплодов столовой свеклы: дис. ... канд. с.-х. наук / Л. М. Лихоманова. – Омск, 1986. – 214 с.

81. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях / К.П. Магницкий. – М.: Московский рабочий, 1972. – 271 с.

82. Маругина Н. Об эффективности органики в севообороте по природным зонам / Н. Маругина // Экономист. – 2012. – № 4. – С. 79-82.

83. Мерзлая Г.Е. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур / Г.Е. Мерзлая, И.В. Щеголева, М.В. Леонов /

Перспективное свиноводство: Теория и практика. – 2012. – №5. – С. 1-7.

84. Минеев В.Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В.Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. – № 5 – С. 5-13.

85. Миссаль А.Р. Почвенная диагностика минерального питания яровой пшеницы в условиях Омского Прииртышья / А.Р. Миссаль // Комплексная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях: Сб. науч. тр. – Омск, 1989. – С. 65.

86. Михальская Н.В. Диагностика минерального питания, величины и качества урожая сена костреца безостого на лугово-черноземной почве Западной Сибири: дис. .... канд. с.-х. наук / Н.В. Михальская. – Омск, 2003. – 156 с.

87. Михайлов Н.Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер. – М.: Колос, 1971. – 256 с.

88. Мищенко Л.Н. Почвы Западной Сибири: учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, А.Л. Мельников, Ю.В. Аксенова. – 2-е изд., доп. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – 284 с.

89. Мосолов И.Ф. Физиологические основы применения удобрений / И.Ф. Мосолов. – М.: Наука, 1979. – 225 с.

90. Найдин П.Г. Географические особенности биологического выноса из почвы азота, фосфора и калия / П.Г. Найдин, Н.В. Гулидова // Агрохимия. – 1969. – № 10. – С. 130-140.

91. Научные основы и рекомендации по эффективному применению органических удобрений: (по зонам страны) / ВАСХНИЛ, ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова; Г.Е. Мерзлая [и др.], 1991. – 216 с.

92. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. Научное издание. – М.: Росинформагротех, 2018. – 396 с.

93. Некрасова Е.В. Технология растениеводства: учеб. пособие / Е.В. Некрасова, Т.В. Горбачёва. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2013. – 156 с.

94. Ненайденко Г.Н. Органические удобрения в современном земледелии: учебное пособие / Г.Н. Ненайденко, Л.И. Ильин. – Иваново: ПресСто, 2015. – 187 с.
95. Николаева Д.А. 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.
96. Новиков А.В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: учебник / А.В. Новиков, И.Н. Шило, Т.А. Непарко. – М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Новое знание, 2012. – 512 с.
97. Новиков М.Н. Агрэкономическая оценка органических удобрений / М.Н. Новиков, С.М. Лукин, Н.В. Новикова // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 10. – С. 24-25.
98. Оптимизация применения птичьего помета под пшеницу яровую на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири / А.Г. Шмидт, И.А. Бобренко, Н.К. Трубина, Н.В. Гоман // Плодородие. – 2019. – №6 (111). – С. 50-52.
99. Оптимизация применения птичьего помета под ячмень на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, А.Г. Шмидт // Земледелие. – 2018. – №7. – С. 23-25.
100. Оценка действия бесподстилочного навоза на бессменные агроценозы многолетних трав и свойства дерново-подзолистых супесчаных почв классическими и электрофизическими методами / И.П. Поздняков, А.П. Шваров, С.И. Тарасов, И.В. Русакова // Проблемы агрохимии и экологии, 2015. – № 1. – С. 22-29.
101. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. М.: Агропромиздат, 1987. – 416 с.

102. Параметры плодородия пахотных почв земель сельскохозяйственного назначения Омской области: монография / И.А. Бобренко, Я.Р. Рейнгард, Ю.В. Аксенова, О.В. Нежевляк. – Омск: ЛИТЕРА, 2016. – 108 с.

103. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований: учеб. пособие / А.С. Пискунов. – М.: Изд-во КолосС, 2004. – 312 с.

104. 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.

105. Полевые культуры Западной Сибири: учеб. пособие. – Омск, 2002. – 459 с.

106. Попов П. Д. Воспроизводство гумуса и хозяйственно-биологический круговорот органического вещества в земледелии на основе перспективных технологий производства и применения органических удобрений: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / П. Д. Попов. – М., 1997. – 64 с.

107. Попова В.И. Оптимизация применения микроудобрений при возделывании озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / В.И. Попова. – Омск, 2018. – 173 с.

108. Поползухин П.В. Новый среднеспелый сорт ярового кормового ячменя Подарок Сибири / П.В. Поползухин, Н.И. Аниськов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10 (132). – С. 12-17

109. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин [и др.]. – М.: Изд-во Колос С, 2008. – 599 с.

110. Постников П.А. Эффективность различных доз бесподстилочного навоза в звене кормового севооборота / П.А. Постников// Труды Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – Свердловск, 1981. – С. 94-97.

111. Применение жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза при возделывании ячменя / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, И.О. Шалак // Международная научно-практическая конференция «Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021)» (27 июля 2021 г., г. Омск). – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2021. – С. 18-21.

112. 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.

113. Применение птичьего помета в земледелии Западной Сибири: учеб. пособие / В. М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, Н.В. Гоман, В.И. Попова. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – 59 с.

114. 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.

115. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения в трех томах / Д.Н. Прянишников. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 735 с.

116. Растениеводство / Г.С. Посыпанов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 612 с.

117. РД-АПК 1.10.15.02-08 Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. – М.: Минсельхоз РФ, 2008.

118. Рейнгард Я. Р. Деградация почв экосистем юга Западной Сибири: монография / Я. Р. Рейнгард. – Лодзь, 2009. – 636 с.

119. Рекомендации по использованию органических удобрений в Омской области / А.Е. Кочергин [и др.]. – Омск: ОмСХИ, 1980. – 76 с.

120. Сабинин Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д.А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – 512 с.

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

122. Савосьев П.Д. Влияние животноводческих стоков Лузинского свиноводческого комплекса на условия минерального питания и урожай ячменя на обыкновенном черноземе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / П.Д. Савосьев. – Омск, 1982. – 24 с.

123. Свинцов И.П. Научно-техническое совещание по применению органических удобрений / И.П. Свинцов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2000. – № 6. – С. 82.

124. Синягин И.И. Применение удобрений в Сибири / И.И. Синягин, Н.Я. Кузнецов. – М.: Колос, 1979. – 373 с.

125. Система адаптивного земледелия Омской области. ФГБУ «Омский АНЦ». – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – 522 с.

126. Склярова М.А. Диагностика и оптимизация цинкового питания кукурузы на зерно на лугово-черноземной почве Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / М.А. Склярова. – Омск, 2008. – 175 с.

127. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Омский АНЦ»: каталог / Под общ. ред. М.С. Чекусова. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – 148 с.

128. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. Владимир: РАСХН, ВНИПТИОУ, 2001. – 495 с.

129. Стищенко О.В. Оптимизация минерального питания пивоваренного ячменя на черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / О.В. Стищенко. – Омск, 2002. – 16 с.

130. Структурно-информационная модель повышения биотрансформационной интенсивности жидкой фракции свиного

бесподстилочного навоза/ Борычев С.Н. [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 4 (286). – С. 28-32.

131. Сычев В.Г. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России / В.Г. Сычев, М.И. Лунёв, А.В. Павлихина // Плодородие. – 2012. – №4. – С. 5-7.

132. Сычев В.Г. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений / В.Г. Сычев, С.А. Шафран. – Москва: ВНИИА, 2013. – 296 с.

133. Сычев В.Г. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребности в удобрениях / В.Г. Сычев, С.А. Шафран, Т.М. Духанина.– М.: ВНИИА, 2017.– 220 с.

134. Сычев В.Г. Приемы управления продукционным процессом для достижения потенциальной продуктивности пшеницы / В.Г. Сычев, Н.Т. Ниловская, Л.В. Осипова. – М., 2008. – 192 с.

135. Сычев В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. – №1(94). – С. 1-4.

136. Тарасов С.И. Актуальные вопросы загрязнения окружающей среды при использовании органических удобрений / С.И. Тарасов // Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии. – Владимир, 2015. – С. 284-294.

137. Тарасов С.И. Актуальные направления исследований по экологически безопасному использованию бесподстилочного навоза. Сообщение 1. Актуальные вопросы нормативного регулирования обращения с бесподстилочным навозом / С.И. Тарасов, Г.Е. Мерзлая, А.С. Максимова// Плодородие. – 2018. – № 5 (104). – С. 39-41.

138. Тарасов С.И. Безопасность длительного регулярного применения бесподстилочного навоза в интенсивном режиме / С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. Материалы

Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных, посвященные 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». – Белгород, 2020. – С. 441-446.

139. Тарасов С.И. Влияние длительного регулярного применения бесподстилочного навоза на плодородие, экологическую безопасность дерново-подзолистой супесчаной почв / С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 2 (38). – С. 90-99.

140. Тарасов С.И. Влияние интенсивного применения органических удобрений на плодородие почв в хозяйствах индустриального животноводства / С.И. Тарасов, И.А. Архипченко // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2017. – № 3 (27). – С. 169-176.

141. Тарасов С.И. Зарубежный опыт экологически безопасного использования бесподстилочного навоза / С.И. Тарасов // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 2. – С. 69-79.

142. Тарасов С.И. Использование бесподстилочного навоза. Приоритетные направления исследований сообщение 2. Производство бесподстилочного навоза. Актуальные направления исследований / С.И. Тарасов, Г.Е. Мёрзлая // Плодородие. – 2018. – № 6. – С. 53-55.

143. Тарасов С.И. Нормативно-правовое регулирование оборота органических удобрений / С.И. Тарасов // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – № 2(34). – С. 182-192.

144. Тарасов С.И. Особенности применения бесподстилочного навоза / С.И. Тарасов // Агрехимический вестник. – 2013. – № 4. – С. 32-34.

145. Тарасов С.И. Проблемные аспекты использования побочной продукции животноводства / С.И. Тарасов // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 3. – С. 89-97.

146. Тарасов С.И. Проблемы производства и хранения бесподстилочного навоза / С.И. Тарасов //Агрехимический вестник. – 2012. – № 6. – С. 37-39.

147. Титова В. И. Агрэкология промышленного свинопроизводства / В. И. Титова, Р. Н. Рыбин // М.: Изд-во «Сельскохозяйственные технологии», 2020. – 172 с.

148. Тиньгаев А.В. Моделирование накопления, миграции и трансации азота в почве при использовании стоков животноводческих комплексов / А.В. Тиньгаев, А.С. Давыдов //Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013. – №11. – С. 9-12.

149. Трисвятский Л.А. Хранение и технология переработки сельскохозяйственной продукции / Л.А. Трисвятский. – Колос, 1991. – 536 с.

150. 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.

151. Успенский И.А. Анализ способов разделение бесподстилочного навоза на твёрдую и жидкую фракцию/ И.А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Лимаренко// Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса: материалы Национальной научно-практической конференции. Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», 2019. – С. 203-208.

152. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июня 1998 года N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

153. Формирование урожая зерна яровой пшеницы в зависимости от доз навоза КРС различных сроков хранения / Бобренко И.А. [и др.] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2019. – № 3 (18) – С. 2.

154. Храмцов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводства плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / И.Ф. Храмцов. – Омск, 1997. – 32 с.

155. Цуркан М.А. Агрохимические основы применения органических удобрений / М.А. Цуркан. – Кишинев, 1985. – 287 с.

156. 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.

157. 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.

158. 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.

159. 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 государственного аграрного университета, 2012. – 331 с.

160. Шмидт А. Г. Использование куриного помёта для оптимизации питания сельскохозяйственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / А. Г. Шмидт. – Омск, 2020. – 182 с.

161. Эффективность длительного применения бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого. Сообщение 3. Влияние регулярного применения бесподстилочного навоза на структурное состояние дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав / Тарасов С.И. [и др.] // Плодородие. – 2019. – № 5 (110). – С. 52-55.

162. Эффективность длительного применения бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого. Сообщение 6.

Влияние регулярного применения бесподстилочного навоза на микробиологические характеристики дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав/ С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина, И.А. Архипченко// Плодородие. – 2019. – № 6 (111). – С. 35-39.

163. Эффективность длительного применения бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого. Сообщение 4. Влияние регулярного применения бесподстилочного навоза на органическое вещество дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав / С.И. Тарасов [и др.]// Плодородие. – 2017. – № 1 (94). – С. 51-54.

164. 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.

165. 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.

166. Aksenova Y. Assessment of the agroecological state of long-term irrigated meadow-chernozem soil/Y. Aksenova, N.Nevenchannaya, V.Boiko// The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector. – 2019. – Vol. 393. – P.50-54.

167. Burton C. H. Manure Management. I- reatment Strategies for Sustainable Agriculture / С.Н. Burton, С. Turner. – Silsoe research institute 2003. WrestPark. Silsoe. Bedford. UK – 217 p.

168. Campbel C.A. Soil organic, nitrogen and fertility / C.A. Campbel, M Shnitzer, S.U. Khan // Soil organic matter. – Elsevier Nort-Holland Inc., 1989. – №4. – P. 97-106.

169. Changes in humus content in forest-steppe soils of Western Siberia / I.A. Bobrenko, O.A. Matveychik, E.G. Bobrenko, V.I. Popova // Earth and environmental science. – 2021. – № 624. – 012219.

170. Economic efficiency of the use of microelement chelates in cultivation of spring wheat on quasigleyicblac soil / N.V. Goman, I.A. Bobrenko, V.V. Popova, A.A. Gaidar, E.P. Boldysheva // IOP: Materials Science and Engineering. – 2021. – № 659. – 012066.

171. Efficiency of biologization of agriculture in Western Siberia (on the example of the Omsk region) / N.A. Voronkova, I.A. Bobrenko, N.M. Nevenchannaya, V. I. Popova // III International Scientific Conference, 2020. – № 659. – 022071.

172. Gondek K., Mierzwa-Hersztek M. Effect of low-temperature biochar derived from pig manure and poultry litter on mobile and organic matter-bound forms of Cu, Cd, Pb and Zn in sandy soil // Soil Use and Management. – 2016. – Vol. 32. – Is. 3. – P. 357-367.

173. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko, O.V. Shumakova, N.V. Goman, Y.I. Novikov, V.I. Popova, O.A. Blinov // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2017. – V. VIII, Is. 2(24). – P. 426-436.

174. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D.S. Nardin, I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.A. Vakalova, S.A. Nardina // International Review of Management and Marketing. – 2016. – 6(4). – P. 772-778.

175. Influence of organic fertilizers on the water and food regime of meadow-chnozem soil / I.A. Bobrenko, N.V. Goman, V. P. Kormin, N. K. Trubina, M. A. Sklyarova // E3S Web of Conferences. – 2021. – № 273. – 05015.

176. Ladd J. Utilization by wheat crops of nitrogen from legume from residues decomposing in soil in the field / J. Ladd // Soil Biochem., 1983. – Vol. 15. – № 3. – P. 231-238.

177. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions / C. Plaza [et al.] // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2004. – Vol. 36. – Is. 10. – P. 1577-1585.

178. Muller K. LuzBedeutung der Dungungimert rags – und gualitatsbetondenkartoffelenbau / K. Muller. – 1977. – Vol. 28. – P. 4-6.

179. Shpedt A.A., Aksenova Y.V. Soil Exhaustion Criteria for Central Siberia // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2018. – V. 10(4). – P. 870-873.

180. Soil and ecological evaluation of agrochernozems of Siberia // *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies* / A.A. Shpedt, Yu.V. Aksenova, M.R. Shayakhmetov, V.N. Zhulanova, V.A. Rassypnov, M.V. Butyrin. – 2019. – Vol. 10. – №3. – P. 309-318.

181. Walle F.B. *Agriculture and the Environment: Minerals, Manure and Measures*. Berlin, 2012.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение А – Метеорологические условия в годы проведения исследований (2015-2017 гг.)

Месяц	Температура по декадам, °С				Осадки по декадам, мм			
	I	II	III	сред. за месяц	I	II	III	∑ за месяц
2015 г.								
V	14,5	14,1	13,2	13,9	10	15	19	44
VI	20,3	19,4	20,2	19,9	18	41	0	59
VII	16,5	20,7	18,4	18,5	29	1	24	54
VIII	16,7	17,7	12,1	15,5	8	33	28	69
IX	11,8	10,4	8,8	10,3	0	20,0	10,0	30
2016 г.								
V	8,8	11,9	17,2	12,7	2,0	2,3	1,1	5,4
VI	17,3	18,6	18,7	18,2	0,6	40,4	56,7	97,7
VII	19,6	20,9	18,8	19,7	16,5	19,2	74,1	109,8
VIII	19,7	20,9	17,2	19,2	0,0	9,0	8,4	17,4
IX	16,8	13,1	9,4	13,1	5,0	6,0	0,0	11,0
2017 г.								
V	10,0	12,5	15,6	13,1	14	6	6	26
VI	16,7	21,4	20,9	20,1	39	9	5	53
VII	17,9	16,9	20,2	18,5	7	34	8	49
VIII	20,2	14,2	20,1	18,2	12	3	8	23
IX	13,1	11,1	3,0	9,9	17	23	0	40

Приложение Б – Влияние жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза на содержание подвижных соединений NPK (мг/кг) в агрочерноземе квазиглеевом (0-20 см) под пшеницей яровой (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.									
Контроль	4,20	115	218	1,84	118	216	1,60	118	212
50	13,3	122	216	8,60	120	213	8,40	124	213
100	21,4	112	218	12,8	124	215	12,3	118	213
150	32,6	118	235	20,1	128	226	19,4	126	224
200	39,4	115	249	21,6	130	239	21,6	125	237
250	45,0	125	250	26,0	132	242	25,8	123	239
300	50,3	115	264	27,2	128	254	27,4	118	252
2016 г.									
Контроль	5,80	141	221	6,70	126	211	3,80	121	219
50	10,8	143	229	11,0	140	211	13,3	127	228
100	11,0	161	237	11,0	150	221	13,5	152	218
150	24,4	169	237	16,0	158	240	15,7	150	238
200	26,1	197	242	19,0	191	250	16,6	186	244
250	43,6	203	250	22,6	199	250	17,4	189	256
300	48,1	210	275	26,2	205	260	18,8	219	256
2017 г.									
Контроль	10,8	118	420	6,70	126	411	3,80	122	419
50	14,4	119	424	8,40	126	412	6,40	124	421
100	17,8	121	422	10,2	127	411	7,20	126	420
150	21,2	122	425	12,0	126	413	10,8	126	418
200	24,6	122	428	13,9	128	414	12,0	125	422
250	28,4	123	432	15,0	128	415	13,4	128	425
300	31,8	125	434	17,8	132	420	15,2	130	426

Приложение В – Влияние жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза на содержание подвижных соединений NPK (мг/кг) в агрочерноземе квазиглеевом (0-20 см) под ячменем (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.									
Контроль	6,84	132	264	4,00	110	262	3,50	135	262
50	14,6	134	261	11,2	115	260	10,6	125	260
100	26,4	135	262	16,4	124	261	15,3	130	260
150	34,8	128	276	22,8	125	274	20,6	110	276
200	41,4	118	280	25,0	128	276	22,4	105	276
250	47,2	110	277	27,1	130	275	27,0	135	273
300	52,4	122	279	32,4	132	276	31,3	138	274
2016 г.									
Контроль	11,7	121	236	5,80	131	222	4,30	114	244
50	14,3	142	254	8,30	143	231	13,8	114	247
100	19,1	145	264	9,80	151	241	15,0	118	253
150	29,1	154	302	13,1	158	256	15,5	124	275
200	37,0	176	313	18,5	185	278	17,1	126	291
250	52,0	209	323	22,0	220	291	18,7	173	309
300	52,6	230	337	22,2	235	478	18,9	230	325
2017 г.									
Контроль	15,7	121	308	5,80	131	322	4,30	113	315
50	19,4	122	308	7,60	131	324	6,80	114	312
100	22,2	124	310	10,2	132	323	7,50	120	318
150	25,4	125	312	12,4	133	325	8,10	118	322
200	27,8	127	313	14,0	133	327	10,4	122	322
250	31,3	127	315	15,9	135	328	13,0	123	328
300	34,0	130	316	18,0	134	330	16,4	125	331

Приложение Г – Влияние твердой фракции бесподстилочного свиного навоза  
на содержание подвижных соединений NPK (мг/кг) в агрочерноземе  
квазиглеевом (0-20 см) под пшеницей яровой  
(опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.									
Контроль	2,24	96,4	360	1,30	96	355	1,30	96,8	350
20	23,8	115	364	23,2	108	362	17,0	106	354
30	32,4	124	358	29,4	119	358	21,6	114	358
40	39,2	128	358	33,9	122	356	25,4	118	345
50	42,4	134	365	35,6	134	361	28,2	130	355
60	51,5	142	370	44,8	138	368	30,6	138	365
2016 г.									
Контроль	5,51	110	305	4,10	102	327	3,40	100	333
20	26,9	168	316	22,8	160	334	11,4	157	341
30	22,0	168	257	24,7	160	336	12,4	157	343
40	26,9	174	316	23,8	165	350	11,9	162	355
50	26,9	186	336	28,3	178	367	14,2	174	372
60	41,6	192	324	40,7	184	371	20,4	180	378
2017 г.									
Контроль	4,52	114	315	3,20	111	327	3,30	105	338
20	25,9	156	319	21,8	158	344	11,3	145	342
30	22,0	158	337	24,1	162	346	13,4	156	353
40	26,0	171	326	25,4	165	344	13,9	161	356
50	26,8	182	331	27,3	176	364	14,2	174	376
60	42,6	191	328	39,1	189	374	20,3	184	387

Приложение Д – Влияние твердой фракции бесподстилочного свиного навоза на содержание подвижных соединений NPK (мг/кг) в агрочерноземе квазиглеевом (0-20 см) под ячменем (опыты 2015-2017 гг.)

Доза, т/га	Кущение			Восковая спелость			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.									
Контроль	3,98	100	338	3,60	98	325	2,26	93,6	328
20	24,9	125	342	12,6	118	340	12,6	105	335
30	33,8	131	356	16,6	125	348	16,6	110	344
40	41,4	138	350	22,6	128	350	22,6	125	345
50	43,5	154	345	24,4	148	354	24,4	145	340
60	49,5	168	364	27,5	134	352	27,5	160	350
2016 г.									
Контроль	6,73	112	280	5,30	111	330	4,60	109	331
20	34,3	144	330	25,3	142	330	12,7	140	326
30	31,8	171	310	24,2	169	333	12,1	166	340
40	34,3	144	340	22,5	143	333	11,3	140	341
50	46,5	157	350	28,4	156	333	14,2	153	340
60	46,5	161	361	29,1	160	339	14,6	157	356
2017 г.									
Контроль	4,52	112	314	3,40	112	325	3,30	108	329
20	25,9	146	318	21,5	159	342	11,1	141	322
30	22,0	168	330	24,2	169	357	12,4	153	344
40	25,0	170	324	25,9	175	349	14,9	162	360
50	26,2	172	333	27,4	180	365	14,9	175	371
60	42,6	192	334	38,6	188	364	21,3	181	381

Приложение Е – Содержание NPK в растениях яровой пшеницы в фазу  
 полной спелости зерна при использовании жидкой фракции  
 бесподстилочного свиного навоза,  
 % на абсолютно сухую массу (опыт № 1)

Доза, т/га	Зерно			Солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.						
Контроль	3,28	0,66	0,67	0,23	0,48	0,98
50	3,39	0,66	0,67	0,22	0,46	1,02
100	3,58	0,69	0,67	0,25	0,46	1,02
150	3,56	0,66	0,65	0,26	0,46	1,03
200	3,48	0,66	0,70	0,22	0,53	0,96
250	3,58	0,69	0,70	0,25	0,50	1,01
300	3,71	0,69	0,71	0,25	0,50	1,01
2016 г.						
Контроль	3,30	0,66	0,68	0,23	0,46	1,02
50	3,36	0,66	0,65	0,25	0,48	1,03
100	3,54	0,69	0,67	0,26	0,46	1,03
150	3,50	0,69	0,68	0,22	0,48	1,00
200	3,58	0,76	0,68	0,23	0,46	0,96
250	3,60	0,76	0,71	0,24	0,57	0,96
300	3,71	0,76	0,68	0,24	0,57	0,96
2017 г.						
Контроль	3,32	0,71	0,67	0,24	0,55	1,00
50	3,36	0,71	0,67	0,25	0,48	0,96
100	3,56	0,71	0,66	0,25	0,48	0,94
150	3,53	0,71	0,67	0,24	0,46	1,03
200	3,58	0,73	0,68	0,23	0,46	1,03
250	3,62	0,73	0,67	0,24	0,48	1,01
300	3,76	0,71	0,67	0,23	0,48	1,03

Приложение Ж – Содержание NPK в растениях ячменя в фазу полной  
спелости зерна при использовании жидкой фракции бесподстилочного  
свиного навоза, % на абсолютно сухую массу (опыт № 2)

Доза, т/га	Зерно			Солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.						
Контроль	3,16	0,50	0,62	0,42	0,50	1,28
50	3,23	0,46	0,62	0,45	0,57	1,22
100	3,23	0,55	0,66	0,43	0,53	1,25
150	3,29	0,57	0,64	0,42	0,57	1,22
200	3,16	0,46	0,64	0,47	0,62	1,26
250	3,08	0,50	0,65	0,44	0,60	1,24
300	3,18	0,48	0,68	0,45	0,57	1,22
2016 г.						
Контроль	3,20	0,62	0,58	0,43	0,50	1,21
50	3,20	0,66	0,65	0,45	0,57	1,22
100	3,23	0,57	0,66	0,51	0,50	1,25
150	3,24	0,55	0,70	0,51	0,57	1,22
200	3,17	0,55	0,66	0,50	0,64	1,21
250	3,10	0,50	0,66	0,49	0,64	1,24
300	3,18	0,55	0,71	0,49	0,64	1,21
2017 г.						
Контроль	3,14	0,64	0,59	0,47	0,64	1,27
50	3,20	0,55	0,66	0,47	0,57	1,22
100	3,23	0,48	0,62	0,48	0,60	1,24
150	3,27	0,48	0,65	0,46	0,78	1,24
200	3,16	0,55	0,67	0,46	0,64	1,24
250	3,10	0,55	0,67	0,45	0,64	1,24
300	3,14	0,48	0,67	0,45	0,57	1,21

Приложение 3– Содержание NPK в растениях яровой пшеницы в фазу  
 полной спелости зерна при использовании твердой фракции  
 бесподстилочного свиного навоза, % на абсолютно сухую массу (опыт № 3)

Доза, т/га	Зерно			Солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.						
Контроль	3,28	0,80	0,60	0,25	0,48	0,98
20	3,33	0,82	0,64	0,27	0,50	1,02
30	3,58	0,80	0,61	0,25	0,50	1,06
40	3,56	0,80	0,62	0,22	0,50	1,03
50	3,58	0,82	0,60	0,23	0,53	1,02
60	3,58	0,73	0,60	0,25	0,50	0,98
2016 г.						
Контроль	3,25	0,73	0,70	0,27	0,55	1,02
20	3,30	0,66	0,65	0,25	0,48	1,07
30	3,50	0,78	0,67	0,25	0,48	0,98
40	3,50	0,80	0,70	0,26	0,48	1,00
50	3,58	0,78	0,67	0,25	0,48	0,96
60	3,60	0,76	0,71	0,24	0,48	0,95
2017 г.						
Контроль	3,22	0,71	0,60	0,25	0,57	0,98
20	3,36	0,69	0,66	0,30	0,50	0,96
30	3,54	0,69	0,66	0,26	0,48	0,94
40	3,62	0,71	0,68	0,24	0,55	0,95
50	3,58	0,78	0,67	0,25	0,48	0,95
60	3,62	0,73	0,67	0,21	0,48	1,01

Приложение И – Содержание NPK в растениях ячменя в фазу полной  
спелости зерна при использовании твердой фракции бесподстилочного  
свиного навоза, % на абсолютно сухую массу (опыт № 4)

Доза, т/га	Зерно			Солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.						
Контроль	2,37	0,71	0,50	0,46	0,48	1,30
20	2,46	0,73	0,52	0,51	0,50	1,33
30	2,47	0,71	0,55	0,51	0,46	1,33
40	2,49	0,66	0,58	0,51	0,48	1,26
50	2,54	0,69	0,61	0,52	0,53	1,30
60	2,52	0,69	0,64	0,54	0,48	1,30
2016 г.						
Контроль	2,42	0,69	0,59	0,46	0,44	1,22
20	2,52	0,69	0,62	0,52	0,46	1,31
30	2,52	0,71	0,64	0,53	0,50	1,31
40	2,52	0,73	0,64	0,55	0,50	1,31
50	2,54	0,71	0,65	0,52	0,48	1,33
60	2,51	0,73	0,65	0,56	0,46	1,33
2017 г.						
Контроль	2,32	0,66	0,59	0,49	0,48	1,24
20	2,39	0,69	0,59	0,49	0,50	1,34
30	2,43	0,69	0,58	0,48	0,50	1,34
40	2,46	0,71	0,60	0,5	0,50	1,34
50	2,54	0,73	0,62	0,52	0,53	1,31
60	2,51	0,66	0,62	0,52	0,48	1,34

Приложение К – Вынос элементов урожаям яровой пшеницы  
при использовании бесподстилочного свиного навоза (опыт №1)

Доза, т/га	Зерно			Солома			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.												
Контроль	91,8	18,6	18,8	9,7	20,3	41,6	101,6	38,9	60,4	36,3	13,9	21,6
50	117,3	23,0	23,3	11,3	23,6	52,6	128,6	46,6	75,8	37,2	13,5	21,9
100	136,0	26,1	25,5	13,6	24,9	55,4	149,6	51,0	81,0	39,4	13,4	21,3
150	141,7	26,4	25,8	14,6	25,7	57,9	156,3	52,1	83,7	39,3	13,1	21,0
200	137,8	26,3	27,6	12,3	29,4	53,6	150,1	55,7	81,2	37,9	14,1	20,5
250	134,3	25,8	26,1	13,8	27,8	55,6	148,0	53,5	81,7	39,5	14,3	21,8
300	116,9	21,6	22,3	11,9	24,0	47,9	128,8	45,6	70,2	40,9	14,5	22,3
2016 г.												
Контроль	97,4	19,6	20,2	10,2	20,4	45,4	107,6	40,0	65,6	36,5	13,6	22,2
50	106,2	21,0	20,5	11,8	22,6	48,6	117,9	43,6	69,1	37,3	13,8	21,9
100	116,5	22,6	22,1	12,2	21,5	48,6	128,7	44,1	70,7	39,1	13,4	21,5
150	120,8	23,7	23,6	10,7	23,4	48,5	131,5	47,1	72,0	38,1	13,7	20,9
200	152,9	32,3	29,2	13,8	27,6	57,8	166,7	59,8	87,0	39,0	14,0	20,4
250	152,6	32,0	30,0	15,0	35,7	59,8	167,6	67,7	89,9	39,5	16,0	21,2
300	138,5	28,2	25,5	13,5	32,2	54,1	152,0	60,4	79,6	40,8	16,2	21,3
2017 г.												
Контроль	78,4	16,8	15,9	8,6	19,6	35,5	86,9	36,3	51,4	36,8	15,4	21,8
50	85,7	18,1	17,1	9,5	18,3	36,5	95,2	36,4	53,6	37,3	14,3	21,0
100	103,6	20,7	19,2	10,4	20,0	38,9	114,0	40,7	58,2	39,2	14,0	20,0
150	115,4	23,2	22,0	11,1	21,1	47,6	126,5	44,3	69,6	38,7	13,6	21,3
200	149,6	30,6	28,6	13,6	27,0	60,8	163,2	57,6	89,4	39,0	13,8	21,4
250	138,3	28,0	25,7	13,5	27,0	56,6	151,8	55,0	82,3	39,7	14,4	21,5
300	129,9	24,5	23,2	12,0	25,1	53,8	141,8	49,5	76,9	41,1	14,4	22,3

Приложение Л – Вынос элементов урожаям ячменя при использовании  
бесподстилочного свиного навоза (опыт №2)

Доза, т/га	Зерно			Солома			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.												
Контроль	70,5	11,2	13,9	11,2	13,5	34,4	81,7	24,7	48,3	36,6	11,1	21,6
50	80,1	11,4	15,5	13,3	16,9	36,1	93,4	28,3	51,6	37,7	11,4	20,8
100	88,5	15,1	18,1	14,4	17,6	41,7	102,9	32,7	59,8	37,5	11,9	21,8
150	97,1	16,9	18,8	15,0	20,4	43,7	112,0	37,3	62,5	38,0	12,7	21,2
200	92,3	13,4	18,6	16,5	21,7	44,2	108,7	35,0	62,7	37,2	12,0	21,5
250	87,5	14,3	18,4	14,7	20,0	41,4	102,2	34,3	59,8	36,0	12,1	21,1
300	85,9	13,0	18,5	14,6	18,5	39,7	100,4	31,5	58,1	37,2	11,7	21,5
2016 г.												
Контроль	111,0	21,5	20,0	17,9	21,0	50,5	128,9	42,4	70,5	37,2	12,2	20,3
50	121,0	25,1	24,5	20,2	25,8	55,1	141,2	50,9	79,6	37,4	13,5	21,0
100	123,7	21,9	25,3	23,8	23,5	58,3	147,5	45,5	83,6	38,5	11,9	21,8
150	124,7	21,2	26,8	23,8	26,7	57,0	148,5	47,8	83,8	38,6	12,4	21,8
200	151,5	26,3	31,5	28,7	36,8	69,5	180,2	63,1	101,1	37,7	13,2	21,1
250	139,5	22,7	29,7	26,0	34,0	65,6	165,5	56,7	95,3	36,8	12,6	21,2
300	136,4	23,6	30,4	25,2	33,0	62,4	161,6	56,6	92,8	37,7	13,2	21,6
2017 г.												
Контроль	92,0	18,8	17,2	16,5	22,5	44,7	108,5	41,3	62,0	37,0	14,1	21,1
50	102,4	17,6	21,1	17,9	21,8	46,6	120,3	39,4	67,7	37,6	12,3	21,2
100	120,5	17,9	23,3	21,8	27,1	56,2	142,3	45,0	79,5	38,2	12,1	21,3
150	117,7	17,3	23,3	20,0	33,9	53,8	137,8	51,2	77,2	38,3	14,2	21,4
200	109,7	19,1	23,3	19,2	26,7	51,5	128,8	45,8	74,8	37,1	13,2	21,6
250	111,6	19,8	24,2	19,1	27,2	52,5	130,7	47,0	76,7	36,3	13,1	21,3
300	113,0	17,3	24,2	19,4	24,7	52,4	132,5	42,0	76,6	36,8	11,7	21,3

Приложение М – Вынос элементов урожаем яровой пшеницы  
при использовании свиного бесподстилочного навоза (опыт №3)

Доза, т/га	Зерно			Солома			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.												
Контроль	47,6	11,6	8,7	4,1	7,9	16,3	51,7	19,6	25,0	35,7	13,5	17,2
20	58,9	14,6	11,3	6,8	12,7	25,6	65,7	27,3	36,9	37,1	15,4	20,8
30	69,5	15,5	11,9	7,5	15,1	31,5	76,9	30,6	43,4	39,7	15,8	22,4
40	76,9	17,3	13,5	7,1	16,2	33,2	84,0	33,5	46,7	38,9	15,5	21,6
50	81,6	18,8	13,7	7,6	17,3	33,5	89,2	36,1	47,2	39,1	15,8	20,7
60	80,9	16,6	13,6	8,2	16,5	32,2	89,1	33,1	45,8	39,4	14,6	20,3
2016 г.												
Контроль	67,6	15,2	14,5	6,4	13,0	24,2	74,0	28,3	38,7	35,6	13,6	18,6
20	71,0	14,3	13,9	7,6	14,7	32,6	78,6	29,0	46,5	36,6	13,5	21,6
30	77,7	17,3	14,9	8,5	16,4	33,6	86,2	33,7	48,6	38,9	15,2	21,9
40	82,3	18,8	16,4	9,1	16,8	34,9	91,4	35,7	51,2	38,9	15,2	21,8
50	96,3	20,9	18,1	9,7	18,6	37,2	106	39,6	55,3	39,4	14,7	20,5
60	85,7	18,0	16,9	8,3	16,6	32,7	94,0	34,6	49,6	39,5	14,5	20,8
2017 г.												
Контроль	62,1	13,7	11,6	5,5	12,6	21,6	67,6	26,3	33,2	35,1	13,6	17,2
20	71,6	14,6	14,1	9,1	15,2	29,0	80,6	29,9	43,1	37,9	14,0	20,2
30	75,8	14,7	14,1	8,6	15,8	30,8	84,3	30,6	45,0	39,4	14,3	21,0
40	79,6	15,6	15,0	7,9	18,0	31,1	87,5	33,6	46,1	39,8	15,3	21,0
50	92,7	20,2	17,4	9,3	17,9	35,4	102	38,1	52,8	39,4	14,7	20,4
60	90,5	18,3	16,8	7,6	17,4	36,5	98,1	35,8	53,3	39,2	14,3	21,3

Приложение Н – Вынос элементов урожая ячменя в зависимости  
от доз свиного бесподстилочного навоза (опыт №4)

Доза, т/га	Зерно			Солома			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2015 г.												
Контроль	49,1	14,7	10,4	11,6	12,1	32,7	60,7	26,8	43,2	29,3	13,0	20,9
20	54,1	16,1	11,4	13,5	13,3	35,2	67,6	29,4	46,5	30,7	13,4	21,1
30	58,5	16,8	13,1	15,0	13,5	39,1	73,5	30,3	52,2	31,0	12,8	22,0
40	62,7	16,7	14,5	16,5	15,5	40,6	79,2	32,2	55,2	31,4	12,8	21,9
50	67,6	18,3	16,3	17,4	17,7	43,4	85,0	35,9	59,7	32,0	13,5	22,4
60	67,5	18,4	17,0	15,9	14,2	38,2	83,5	32,6	55,3	31,1	12,2	20,6
2016 г.												
Контроль	57,6	16,4	14,0	13,4	12,6	35,5	71,0	29,0	49,5	29,8	12,2	20,8
20	63,3	17,2	15,7	15,7	13,8	39,4	78,9	31,0	55,1	31,4	12,4	21,9
30	69,3	19,5	17,5	18,1	17,2	44,6	87,4	36,7	62,1	31,8	13,3	22,6
40	69,6	20,2	17,6	19,4	17,8	46,2	89,0	38,0	63,8	32,2	13,8	23,1
50	73,4	20,5	18,7	18,9	17,5	48,5	92,3	38,0	67,2	32,0	13,2	23,3
60	73,0	21,3	18,9	17,9	14,7	42,6	91,0	36,0	61,5	31,3	12,4	21,1
2017 г.												
Контроль	43,8	12,6	11,1	11,3	11,1	28,5	55,1	23,6	39,6	29,2	12,5	21,0
20	60,7	17,4	14,9	14,9	15,4	41,0	75,6	32,8	55,9	29,8	12,9	22,0
30	68,8	19,4	16,3	16,8	17,7	47,2	85,6	37,1	63,5	30,3	13,1	22,4
40	71,3	20,6	17,4	18,6	18,7	49,9	89,9	39,3	67,3	31,0	13,5	23,2
50	82,3	23,7	20,2	21,2	21,5	53,4	103,5	45,2	73,6	32,0	14,0	22,7
60	82,3	21,8	20,5	18,8	17,4	48,5	101,1	39,1	69,0	30,8	11,9	21,0

## Приложение О

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
**«РУСКОМ-Агро»**  
(ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормиловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,  
тел: (3812) 551-452, 373-600, (38170) 35-435, e-mail: info@sibkolbasy.ru  
ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673  
Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 СБЕРБАНКА РОССИИ, К/счет 30101810900000000673

## Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов  
научно-исследовательской работы Шалак Ирины Олеговны  
по теме: «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации  
питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири»

Внедрение результаты исследований Шалак И.О. по теме  
«Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания  
зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО  
«Руском-Агро» на площади 1000 га на посевах яровой пшеницы при  
применении жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза.

Применение расчётной дозы жидкой фракции бесподстилочного свиного  
навоза 105 т/га обеспечило получение средней урожайности зерна яровой  
пшеницы 2,72 т/га на лугово-черноземной почве в условиях южной  
лесостепи Омской области.

Условный чистый доход составил 2860 руб./га. Рентабельность  
применения органического удобрения составила 29,5 %.

16 сентября 2021 г.

Зам. генерального директора  
ООО «РУСКОМ-АГРО»



В.В. Заздравных

## Приложение П

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

**«РУСКОМ-Агро»**

(ООО «РУСКОМ-Агро»)

---

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормиловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,  
тел: (3812) 551-452, 373-600, (38170) 35-435, e-mail: info@sibkolbasy.ru  
ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673  
Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 СБЕРБАНКА РОССИИ, К/счет 30101810900000000673

---

## Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы Шалак Ирины Олеговны по теме: «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири»

Внедрение результаты исследований Шалак И.О. по теме «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО «Руском-Агро» на площади 800 га на посевах ячменя при применении жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза.

Применение расчётной дозы жидкой фракции бесподстилочного свиного навоза 200 т/га обеспечило получение урожайности зерна ячменя 3,2 т/га на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Омской области. Урожайность с применения удобрений составила 2,1 т/га.

Условный чистый доход составил 2660 руб./га. Рентабельность применения органического удобрения составила 26 %.

16 сентября 2021 г.

Зам. генерального директора  
ООО «РУСКОМ-АГРО»



В.В. Заздравных

## Приложение Р

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

**«РУСКОМ-Агро»**

(ООО «РУСКОМ-Агро»)

---

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормиловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,  
тел: (3812) 551-452, 373-600, (38170) 35-435, e-mail: info@sibkolbasy.ru  
ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673  
Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 СБЕРБАНКА РОССИИ, К/счет 30101810900000000673

---

## Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы Шалак Ирины Олеговны по теме: «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири»

Внедрение результаты исследований Шалак И.О. по теме «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО «Руском-Агро» на площади 400 га на посевах яровой пшеницы при применении твердой фракции бесподстилочного свиного навоза.

Применение расчётной дозы органического удобрения на основе твердой фракции бесподстилочного свиного навоза 44 т/га обеспечило получение урожайности яровой пшеницы 2,85 т/га, что на 0,60 т/га больше, чем без применения удобрений на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Омской области.

Условный чистый доход составил 2997 руб./га. Рентабельность применения органического удобрения составила 28 %.

16 сентября 2021 г.

Зам. генерального директора  
ООО «РУСКОМ-АГРО»



В.В. Заздравных

## Приложение С

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

**«РУСКОМ-Агро»**

(ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормиловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,  
 тел: (3812) 551-452, 373-600, (38170) 35-435, e-mail: info@sibkolbasy.ru

ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673

Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 СБЕРБАНКА РОССИИ, К/счет 30101810900000000673

## Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы Шалак Ирины Олеговны по теме: «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири»

Внедрение результаты исследований Шалак И.О. по теме «Использование свиного бесподстилочного навоза для оптимизации питания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО «Руском-Агро» на площади 350 га на посевах ячменя при применении твердой фракции бесподстилочного свиного навоза.

Применение расчётной дозы твердой фракции бесподстилочного свиного навоза 31 т/га обеспечило получение урожайности зерна ячменя 3,11 т/га на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Омской области.

Условный чистый доход составил 3210 руб./га. Рентабельность применения органического удобрения составила 31 %.

16 сентября 2021 г.

Зам. генерального директора  
 ООО «РУСКОМ-АГРО»



В.В. Заздравных

