

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



На правах рукописи

Шмидт Александр Генрихович

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРИНОГО ПОМЁТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

06.01.04 – агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук
И.А. Бобренко

Омск – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРИНОГО ПОМЕТА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	9
1.1 Куриный помет как удобрение: выход, агрохимические свойства, особенности получения.....	9
1.2 Влияние птичьего помета на плодородие почвы.....	16
1.3 Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения пометных удобрений.....	19
2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	29
2.1 Объекты исследований.....	29
2.2 Климат и метеорологические условия в годы проведения исследований.....	38
2.3 Методика полевых и лабораторных исследований.....	43
3 ВЛИЯНИЕ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВЫХ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ.....	48
3.1 Влияние подстилочного куриного помета на урожайность зерновых культур.....	52
3.2 Химический состав лугово-черноземной почвы при применении пометных удобрений.....	58
3.3 Влияние подстилочного куриного помета на качество зерна.....	64
3.4 Влияние подстилочного куриного помета на структуру урожая зерновых культур.....	71
4 ВЛИЯНИЕ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА НА УРОЖАЙНОСТЬ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ И КАРТОФЕЛЯ.....	76
4.1 Влияние подстилочного куриного помета на урожайность капусты	76

белокочанной и картофеля.....	
4.2 Химический состав лугово-черноземной почвы при применении пометных удобрений	80
4.3 Влияние подстилочного куриного помета на качество и структуру урожая капусты белокочанной и картофеля.....	86
5 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ	93
5.1 Управление питанием культур на основе данных полевых опытов.....	93
5.2 Содержание доступных форм элементов питания в почве и оптимизация обеспеченности ими растений	95
5.3 Нормативные агрохимические показатели при возделывании сельскохозяйственных культур и применении удобрений	106
6 ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОМЕТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ	114
6.1 Эффективность применения различных доз органических удобрений на основе куриного помета в производственном опыте.....	114
6.2 Управление питанием растений сельскохозяйственных культур в практике применения органических удобрений на основе куриного помета..	119
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	124
7.1 Биоэнергетическая эффективность применения удобрений.....	124
7.2 Экономическая эффективность применения удобрений	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	135
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	137
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	138
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	160

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В соответствии с «Концепцией развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации», потребность земледелия страны в органических удобрениях составляет 800 млн. т, однако их применение в последние годы не превышает 10-15% [90].

Использование птичьего помета как удобрения имеет важное значение в земледелии Омской области. В настоящее время в регионе насчитывается 15 птицеводческих хозяйств. [190]. В тоже время, развитие птицеводства на промышленной основе определило высокое сосредоточение поголовья птицы на отдельных ограниченных территориях, в связи с чем, возникла проблема утилизации значительного количества птичьего помета, который по ряду причин относят к разряду опасных отходов [108, 111, 116]. Вместе с тем птичий помет – ценное органическое удобрение с высоким содержанием питательных веществ и удовлетворительным для большинства сельскохозяйственных культур соотношением азота, фосфора и калия.

Сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия почв сельскохозяйственного назначения – основное условие стабильного развития агропромышленного комплекса. Сельскохозяйственное использование приводит к существенным, преимущественно негативным изменениям почв, обуславливает деградацию и снижение их плодородия. Для предотвращения дальнейшего развития негативных тенденций в условиях снижения объемов применения органических и минеральных удобрений, особую актуальность приобретают исследования по вопросам научного обоснования и разработки практических мероприятий, обеспечивающих воспроизводство плодородия почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур за счет применения куриного помета в качестве органических удобрений, с одной стороны, и создание экологически благополучной обстановки с другой (утилизация отходов птицеводства) [6, 76, 79, 168, 171].

Сельскохозяйственные культуры отзывчивы на применение органических удобрений в условиях южной лесостепи Западной Сибири [37, 63, 153, 156, 157, 182]. Управление питанием культурных растений и плодородием почв с помощью применения органических удобрений на основе куриного подстилочного помёта с учетом обоснованных в исследованиях доз и нормативных агрохимических параметров даст возможность оптимизировать питание с целью получения высокого и качественного урожая.

Цель исследований – разработать агрохимические нормативные параметры применения органических удобрений на основе куриного подстилочного помёта под сельскохозяйственные культуры на лугово-черноземных почвах лесостепи Западной Сибири.

Для достижения цели были поставлены задачи:

- изучить действие и последствие подстилочного куриного помета на урожайность, ее структуру и качество зерна яровой пшеницы;
- изучить действие подстилочного куриного помета на урожайность, ее структуру и качество ячменя, капусты белокочанной и картофеля;
- исследовать влияние изучаемых органических удобрений на плодородие лугово-черноземной почвы;
- определить наиболее эффективные дозы подстилочного куриного помета под яровую пшеницу, ячмень, капусту белокочанную и картофель в условиях лугово-черноземных почв;
- установить нормативы по окупаемости вносимых органических удобрений дополнительным урожаем изучаемых культур, коэффициенты действия удобрения на химический состав почвы, использования элементов питания из почвы и удобрений, количественные показатели выноса элементов урожаем и химического состава подстилочного помета для расчета доз удобрений;
- провести экономическую и биоэнергетическую оценку применения органического удобрения на основе куриного подстилочного помёта.

Научная новизна исследований. В условиях южной лесостепи Западной

Сибири впервые определены агрохимические нормативные параметры использования органического удобрения на основе перепревшего подстилочного куриного помёта в условиях лугово-черноземных почв. Установлено влияние пометного удобрения на содержание нитратного азота, подвижных фосфора и калия в почве. Доказана высокая эффективность оптимальных доз органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта с учетом действия и последствий на урожайность и качество яровой пшеницы, ячменя, капусты белокочанной и картофеля. Установлены коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений, интенсивности действия единицы удобрений на химический состав почвы, нормативы затрат элементов питания на создание единицы урожая, количество элементов питания в 1 тонне органических удобрений на основе подстилочного куриного помета.

Практическое значение. Установленные наиболее эффективные дозы перепревшего подстилочного куриного помёта при возделывании сельскохозяйственных культур позволяют на основе установленных зависимостей в системе «удобрение-почва-растение» оптимизировать минеральное питание сельскохозяйственных культур, обеспечить получение экономически обоснованных, высоких и качественных урожаев при повышении почвенного плодородия. Разработанные агрохимические нормативные параметры могут быть использованы для управления питанием сельскохозяйственных культур внесением органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта, что позволяет повысить агрономическую и экономическую эффективность применения удобрений.

Основные положения, выносимые на защиту:

– внесение органического удобрения на основе перепревшего подстилочного куриного помёта обеспечивает увеличение урожайности яровой пшеницы и ячменя, капусты белокочанной и картофеля на 25-45 %; 1 т удобрения повышает содержание нитратного азота на 1,05-1,69 мг/кг, подвижного фосфора на 1,40-1,96 мг/кг и подвижного калия в почве на 0,79-4,11 мг/кг в год действия;

– расчет доз удобрений на основе нормативных агрохимических параметров (затраты элементов питания на создание 1 тонны урожая, коэффициенты использования и интенсивности действия удобрений на химический состав почвы, азот текущей нитрификации) обеспечивает внесение органических удобрений в оптимальных дозах.

Личный вклад. В основу данной работы положены собственные исследования автора, который принимал непосредственное участие в составлении методики исследований, проведении опытов, наблюдениях в полевых и лабораторных условиях, обобщении и анализе экспериментальных данных.

Апробация исследований. Основные результаты исследований были представлены докладами и обсуждены на Международных научно-практических конференциях «Эффективное животноводство – залог успешного развития АПК региона» (Омский ГАУ, Омск, 2017); «Биологизация земледелия: перспективы и реальные возможности» (Воронеж, 2019), региональной научной конференции «Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов» (Омский ГАУ, Омск, 2018), доложены на районных и региональных совещаниях сельскохозяйственных товаропроизводителей, опубликованы в 10 печатных работах общим объемом 5,24 п. л., в том числе 4 работы – в ведущих рецензируемых научных журналах.

Результаты исследований прошли производственную проверку в ООО «РУСКОМ-Агро», ООО «ВОСХОД», фермерском хозяйстве «Кабденов Т.Е.» на площади 154 га, используются в учебном процессе (приложения П, Р, С, Т, У).

Автор выражает искреннюю благодарность за научное руководство доктору сельскохозяйственных наук, академику Международной академии аграрного образования И.А. Бобренко, а также за всестороннюю помощь доктору сельскохозяйственных наук, профессору, Заслуженному агроному России В.М. Красницкому. В проведении исследований большую помощь оказали кандидаты сельскохозяйственных наук, доценты кафедры агрохимии и почвоведения

ния Н.В. Гоман, Н.К. Трубина, В.П. Кормин, за что автор выражает им глубокую благодарность. Автор благодарит преподавателей, лаборантов, студентов ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» и сотрудников ФГБУ «Центр агрохимической службы Омский», принимавших непосредственное участие в проведении исследований.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРИНОГО ПОМЕТА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Куриный помет как удобрение: выход, агрохимические свойства, особенности получения

В России идет активное развитие отраслей сельскохозяйственного производства, в том числе и птицеводства. В тоже время наряду с ростом поголовья птицы происходит увеличение выхода птичьего помета [175]. Так, С.М. Лукин [102], отмечал, что в 2008 году выход помета от имеющегося в сельскохозяйственных организациях страны поголовья птицы составил более 14 млн. тонн помета, а в 2010 году по данным Н. Никулина [127] производство птичьего помета составило более 23 млн. тонн. В настоящее время в России функционируют более 400 птицефабрик, а выход помета превышает 30 млн. тонн [27, 104].

Помёт – экскременты птиц с подстилкой или без неё. В зависимости от технологии содержания птицы получают в основном два вида помета: подстилочный и бесподстилочный. Куриный помет как удобрение превосходит навоз, а помет гусей, индюков и уток близок к нему [4, 12, 35, 63, 190].

Выход птичьего помета. Количество помета, выделяемое различными птицами, неодинаково и зависит от возраста, вида, живого веса птицы, качества корма и условий содержания (таблица 1.1). Выход помета от одной головы птицы составляет: у кур 6-7 кг, уток – 7-9 кг, гусей – 10-12 кг в год.

Химический состав помета. Птичий помет, особенно куриный, является ценным органическим удобрением с высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора, калия), причем питательные вещества находятся в легкодоступных для растений соединениях. Количество питательных веществ в помете в значительной степени изменяется в зависимости от условий кормления, содержания птицы и вида помета.

Таблица 1.1 – Поступление помета за сутки от 1000 голов птицы по возрастным периодам содержания, кг (данные ВНИТИП) [35, 190]

Вид птицы	Естественная влажность помета, %	Возраст птицы (недель) и выход помета										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	22	23 и старше
Яичные куры и цыплята	75	4	14	24	39	61	82	97	114	128	175	189
Мясные куры и цыплята	75	11	46	92	130	140	170	200	230	250	280	300
Бройлеры	76	10	45	90	125	144	182	240	250	-	-	-
Индейки (легкий кросс)	76	30	98	124	182	224	260	280	310	320	350	378
Индейки (средний и тяжелый кросс)	75	28	82	125	175	200	225	280	310	361	390	420
Гуси и гусята	83	50	140	280	330	360	390	440	450	480	490	490
Утки и утята	83	30	60	90	120	170	200	210	220	230	250	250

Куриный помет по содержанию элементов питания значительно превосходит навоз, а по скорости и эффективности действия не уступает минеральным удобрениям (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Содержание питательных веществ в помете различных птиц и других органических удобрений в % на сырое вещество [35, 190]

Органическое удобрение	Влажность	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Помет куриный	56	2,2	1,8	1,1	2,4
Помет утиный	60	0,8	1,5	0,5	1,7
Помет гусиный	80	0,6	0,5	0,9	0,6
Навоз КРС полупрепревший	75	0,5	0,25	0,6	0,7
Торф верховой	60	0,35	0,03	0,03	0,04
Торф низинный	60	1,05	0,14	0,07	0,14

Помет гусей и уток более высокой влажности, а по содержанию питательных веществ близок к навозу КРС. Как выход птичьего помета, так и его химический состав в значительной степени зависит от технологии содержания птицы и способа удаления экскрементов.

Исследования состава свежего помета с Азовской птицефабрики Омской области (таблица 1.3) показали, что при влажности куриного помета 67,2% (в пересчете на сухое вещество) в нем содержалось 2,09% азота, 3,89% фосфора (P_2O_5) и 1,6% калия (K_2O). Влажность такого помета может составлять 60–80% и зависит от способа содержания птицы и температуры окружающей среды: чем выше температура, тем больше птица потребляет воды, а следовательно, влажность будет выше. Куриный помет в чистом виде представляет собой липкую мажущуюся массу с неприятным запахом.

Таблица 1.3 – Химический состав куриного помета [77, 153, 157]

Помет	Влажность, %	рН	Азот		P_2O_5	K_2O
			Общий	В т.ч. аммиачный		
			% на абс. сухое вещество			
Свежий (экскременты)	67,2	–	2,09	–	3,69	1,60
Подстилочный	68,4	5,8	0,59	0,59	4,21	1,06
Бесподстилочный	93,0	6,8	2,68	2,68	3,81	1,23

Азота и фосфора в птичьем помете намного больше, чем в навозе крупного рогатого скота и свиней. Азот в свежем помете представлен в виде мочевиной кислоты, которая быстро разлагается до мочевины, а затем до углекислого аммония. Минеральные формы азота (аммиачный и нитратный) в бесподстилочном помете отсутствуют. Образующиеся углекислый аммоний (соединение непрочное) легко распадается с выделением аммиака и угольной кислоты. В большом количестве в помете содержатся и такие азотные соединения – белки, пептиды, аминокислоты.

Из-за узкого соотношения углерода к азоту в помёте минерализация органического вещества почвенной биотой проходит относительно быстро. В том числе по этой причине птичий помёт можно использовать в земледелии в качестве удобрения под все сельскохозяйственные культуры [76].

Фосфор птичьего помета представлен неорганическим веществом и сложными органическими соединениями (минеральных соединений – 46,3 % и в органической форме – 53,7 %). Помет также богат микроэлементами: в 100 г сухого вещества содержится железа 360-900 мг, цинка 12-35, марганца 15-38, кобальта 1,0-1,3. Значительная часть элементов питания в помете (азота около 50, фосфора – 4 и калия – 60 %) находится в водорастворимой форме [77, 190]. Микроэлементы высвобождаются постепенно в процессе минерализации органического вещества, поэтому более продолжительное время доступны растениям, чем микроэlementы минеральных удобрений, которые действуют, пока не перейдут в труднодоступные формы в результате химического поглощения почвы [12, 79, 126, 189].

В подстилочном курином помёте по информации Е.В. Агафонова с соавторами [7, 9] содержание общего азота составило 3,40 %, фосфора – 3,55 % и калия 1,70 %, в бесподстилочном помёте – 4,50 % азота, 4,08 % фосфора и 1,77% калия. В исследованиях Ф.А. Понятовского [142] в курином подстилочном помёте концентрация общего азота составила 2,40 %, фосфора – 4,20 и калия – 3,00 %.

По данным Р.А. Каменева [79] химический состав птичьего помёта существенно изменяется в зависимости от вида птицы (индюшиный, куриный, утиный) и вида подстилки (подсолнечная лузга или солома). Наиболее концентрированным по содержанию основных элементов питания для растений на абсолютно сухое вещество является индюшиный помёт на подстилке из подсолнечной лузги, далее по мере убывания содержания NPK куриный помёт на соломе, куриный помёт на подсолнечной лузге и утиный помёт на соломе.

По информации В.М. Красницкого с соавторами [190] в Омской области в настоящее время помет применяется в подготовленном для внесения виде и с более высоким качеством. Если птичий помет при влажности 58,2 % содержит азота 3,47 %, фосфора – 4,01 % и калия 2,36 %, то после биоферментации при влажности 56,2 %: азота – 5,07 %, фосфора – 7,14 % и калия – 3,22 %. Применение подстилки и компостирования также влияет на химический состав [103, 107-110].

Получение органического удобрения из помета. Помёт подстилочный – помёт на основе подстилки и остатков корма. Он получается при напольном содержании птицы. Наиболее надежным приемом для сохранения азота в помете является глубокая подстилка в птичниках. В настоящее время на подстилке содержится в основном маточное поголовье и молодняк, ее наличие улучшает физические свойства помета, снижает затраты труда и повышает продуктивность кур. Материалом для подстилки может служить сухой измельченный сфагновый торф (получается торфяной помёт) с примесью измельченной соломы, а также измельченная солома 8-10 см длиной (соломистый помет), мякина, древесные опилки. Выход подстилочного помета определяют по массе экскрементов и затратам подстилки [63, 77]. В зависимости от влажности, помет подразделяют на сыпучий – влажностью до 40 %, вязко-сыпучий – 55% и вязкий – 75%.

Хранение подстилочного помёта можно осуществлять тремя способами: рыхлый или горячий способ хранения, когда помёт не уплотняется; горячепрессованный, когда помёт рыхлой укладки после разогревания до 50-60 °С уплотняется; холодный (или плотный) способ хранения.

Наилучший способ хранения подстилочного помёта – холодный. При этом способе подстилочный помёт после удаления из птичника необходимо укладывать в штабеля в 4 м шириной 2-3 м высотой с произвольной длиной в уплотненном состоянии. Оптимальный вес штабеля при хранении в поле в зимнее время 100-200 тонн. При весе менее 100 тонн штабель сильно промерзает, а бо-

лее 200 тонн – существенно снижается производительность разбрасывателей органических удобрений.

В хозяйствах возможно применять две технологические схемы внесения подстилочного помёта [35, 63, 68, 140]:

1. Прямоточная или бесперевалочная (ферма – поле). При этой технологии удобрения от животноводческих ферм вывозят в поле и сразу разбрасывают. Вывозка и внесение осуществляется разбрасывателями органических удобрений.

Прямоточная технология может быть рекомендована для удобрения близлежащих к фермам полей при достаточном количестве разбрасывателей органических удобрений.

2. Перевалочная схема внесения. По этой технологии органические удобрения заблаговременно вывозят в поле, укладывают и хранят в штабелях до внесения в почву. Более 50 % органических удобрений вывозится на поля зимой. В это время весь свободный транспорт следует включать в состав механизированных отрядов по вывозке органических удобрений на поля. Разбрасыватели органических удобрений используют только для внесения удобрений. Оптимальная масса штабеля в зимнее время 100-200 тонн. Штабели располагают рядами, расстояние между которыми зависит от марки разбрасывателя органических удобрений и нормы удобрения.

Для предотвращения потерь азота штабеля следует покрывать небольшим слоем торфа или почвы (5-10 см). Количество почвы или торфа при этом не должно превышать 20 % от веса помёта. При хранении даже в сухую погоду в нем почти полностью сохраняется аммиачный азот, так как он находится в поглощенном состоянии. Если штабель укладывается в поле зимой, площадка, предназначенная для хранения подстилочного помёта, должна быть тщательно очищена от снега. На площадку укладывается торф, а при его отсутствии – соломенная резка слоем 20-30 см. Необходимо следить, чтобы штабели не зарастали сорняками, а помёт не превратился в рассадник сорняков на полях. Со-

вершено недопустимо хранить помёт мелкими кучками. При таком хранении почти полностью теряется аммиачный азот, а другие питательные вещества легко вымываются талыми водами и дождями. Помёт в мелких кучках зимой промерзает, не разлагается, а при наличии в нем семян сорняков, последние сохраняют всхожесть. Кроме того, почва под кучами плохо оттаивает, что задерживает своевременную обработку ее весной. Удобрительное действие такого помёта снижается более чем вдвое [12, 35].

По степени разложения в результате хранения подстилочный птичий помёт подразделяют на:

- свежий – помёт, не подвергшийся микробиологическому разложению;
- слаборазложившийся – помёт подстилочный, в котором в результате микробиологических процессов подстилка и остатки корма имеют незначительно изменившиеся цвет и прочность;
- полуперепревший – помёт подстилочный, в котором в результате микробиологических процессов подстилка и остатки корма имеют тёмно-коричневый цвет, теряют прочность и легко разрываются;
- перепревший – помёт, в котором визуально нельзя обнаружить неразложившиеся остатки растений и корма.

Содержание питательных веществ в органическом удобрении на основе птичьего помета высокого качества при строгом соблюдении технологии хранения изменяется в соответствии с его влажностью. В абсолютно сухом веществе птичьего помета хорошего качества зарегистрированы следующие концентрации элементов питания: азота – 5,4-6,0 %, фосфора – 3,6-7,7 и калия – 2,0-2,5 %. По содержанию азота он превосходит навоз крупного рогатого скота в 3-4, а фосфора – в 4-8 раз. Многолетние анализы качества помета показали, что его влажность изменяется в очень широких пределах – от 32 до 97 %. В проведенном эксперименте концентрация питательных веществ подстилочного помета при близкой влажности (32-35 %) различалась в 6,0-7,7 раз. Крайние величины у помета плотной консистенции при 52-75 % влажности разнились по азоту и

фосфору в 2,5-2,6, а по калию – в 16 раз, что свидетельствует о грубых нарушениях в технологии хранения. В абсолютно сухом веществе найдено следующее количество питательных веществ: азота 0,68-3,91 %; фосфора 1,00-7,70 и калия 0,05-1,26 %. Среднее содержание азота было равно 2,35 %, фосфора – 3,08 и калия – 0,50 %. По сравнению с высококачественным пометом было безвозвратно утрачено 59 % азота, 38 фосфора и 78 % калия [166].

1.2 Влияние птичьего помета на плодородие почвы

Достоинство органических удобрений состоит в разностороннем влиянии на растения и почву. Они являются существенным источником питательных веществ для сельскохозяйственных культур и средством пополнения в почве гумуса – главного составляющего ее плодородия [193, 198, 202]. 25 % сухого вещества органических удобрений, поступающего в почву, гумуфицируется, а 75 % – минерализуется [9, 63, 76].

Применение помета в качестве удобрения положительно сказывается на плодородии почвы. Так, птичий помет при внесении повышал содержание гумуса в пахотном слое темно-каштановой почвы Саратовской области. Превышение этого показателя на обильно удобренных полях составило 0,7-1,3 %. Средняя величина прибавки гумуса составила 1 %, или одну треть в сравнении с зональной почвой. Нитрификационная способность почв во многом коррелирует с их обеспеченностью гумусом. Высокие дозы птичьего помета привели к резкому увеличению содержания подвижных фосфатов в почве. Средний уровень содержания данного элемента в хозяйстве составил 41 мг/кг, что почти в 3 раза выше районного показателя [166].

В экспериментах при внесении бесподстилочного куриного помёта под предпосевную культивацию к середине вегетации кукурузы содержание P_2O_5 в слое почвы 20-40 см увеличивалось на 1,2-2,0 мг/кг почвы (9-15% к контролю), на второй год после внесения количество подвижного фосфора увеличилось на 12-17 % [69].

В Ростовской области установлено, что применение перепревшего бесподстилочного куриного помёта весной под первую культуру в звене севооборота кукуруза – яровой ячмень – просо повышало запасы минерального азота в слое 0-60 см чернозема обыкновенного в первой половине вегетации на 40-73 кг/га, содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см – на 2,5-5,3 мг/кг почвы, под второй и третьей культурами – гумуса на 0,01-0,08 % [3]. Использование куриного помёта в дозе 7,5 т/га под сахарную свёклу к фазе всходов увеличивало запасы N-NO₃ в почве в слое 0-60 см на 29 кг/га, подвижного фосфора в слое 0-20 см – на 8,0 и калия – на 6 мг/кг [142].

На чернозёмных почвах степной зоны Северного Кавказа применение птичьего помёта оказывало более существенное влияние на увеличение запасов в почве нитратного азота по сравнению с аммонийной формой. При внесении помёта в дозах 5-25 т/га количество N-NO₃ в слое почвы 0-40 см увеличивалось по сравнению с контролем на 11,8-136,4%, N-NH₄ – на 5,3-27,6 %. В первый год последствия помёта в дозах 10-25 т/га в среднем за вегетацию полевых культур обеспеченность почвы минеральным азотом увеличивалась на 4,3-50,4 %, во второй – на 11,6-56,3 % [79].

При низкой обеспеченности подвижным фосфором (10-15 мг/кг почвы) использование птичьего помёта в дозах 5-25 т/га способствовало повышению его уровня в слое почвы 0-40 см на 11,9-51,5 %, в первый год последствия помёта в дозах 10-25 т/га в среднем за вегетацию полевых культур обеспеченность почвы увеличивалась на 7,7-22,4 %, во второй – на 7,7-27,2 %. При пограничной между средней и высокой обеспеченностью фосфором (30 мг/кг) эффект получен лишь от минимальной дозы 5 т/га. При заделке помёта в слой 0-20 см почвы дискованием или культивацией в отдельные годы при достаточном увлажнении проявилась миграция фосфора помёта в подпахотный слой [79].

Применение куриного подстилочного помёта в дозе 10 т/га обеспечивает положительный баланс фосфора в звеньях полевых севооборотов – 98-168 кг/га,

калия – 74-171 кг/га, индюшиного помёта в дозе 10 т/га – 188-214 кг/га фосфора и 124-142 кг/га калия.

На фоне высокой и повышенной обеспеченности почвы обменным калием максимальное увеличение в слое почвы 0-40 см его содержания обеспечивало применение птичьего помёта в наибольших дозах – до 6,9-23,8%, в первый год последствия в целом за вегетацию полевых культур обеспеченность почвы улучшалась на 4,7-22,4%, во второй год – на 2,8-24,1% [79].

Внесение птичьего помета в дозах по азоту от 60 до 210 кг/га оказало положительное влияние на агрохимические свойства темно-каштановой почвы Казахстана. На удобренных делянках повышалось содержание нитратного азота в период интенсивного роста растений практически вдвое. Применение птичьего помета положительно сказалось на содержании подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое почвы. Внесение птичьего помета и минеральных удобрений повышало общую численность микрофлоры пахотного слоя. При этом птичий помет способствовал увеличению числа бактерий, определяемых на МПА [1].

Темно-каштановая почва в исследованиях в Заволжье имела очень низкую обеспеченность гумусом, нитратным азотом, подвижным фосфором и микроэлементами, среднюю и высокую – калием. Сухой гранулированный птичий помет в дозе 5,4 т/га оказывал положительное действие на содержание гумуса, повышал содержание подвижных соединений азота и фосфора до средней и повышенной обеспеченности [144].

Длительное применение птичьего помета влияло на гумусовое состояние светло-серой лесной почвы Нижегородской области: увеличивалось обогащенность гумуса азотом (с низкой на фоновом участке до средней на систематически удобрявшемся); тип гумуса изменялся с фульватного до гуматно-фульватного; значение показателя Сгк/Собщ составляло 27 %, что существенно выше, чем на фоновой территории (13 %) и соответствовало средней степени гумификации органического вещества [134].

В черноземе выщелоченном Южной лесостепи Республики Башкортостан содержание общего гумуса через год после внесения 60 т/га птичьего помета повысилось на 14.6%, подвижного гумуса – на 17%; урожайность ячменя увеличилась при этом на 0,93 т/га [78].

Последствие органоминеральных удобрений на основе птичьего помета в дозах 0,25 и 0,5 т/га в зернопаровом севообороте на выщелоченном черноземе северной лесостепи Зауралья изменило соотношение отдельных групп микроорганизмов, участвующих в почвообразовательных процессах: общая численность микроорганизмов в вариантах с органоминеральными удобрениями достоверно превысила контрольный вариант в 1,5-2 раза, доля бактерии увеличивается на 15 %. Удобрения вызвали увеличение доли бактерий, особенно спорообразующих, в остальных вариантах увеличение кислотности привело к повышению доли микромицетов и актиномицетов. Они улучшают условия жизнедеятельности микроорганизмов, тем самым повышают их общую численность и биологическую активность почвы, за счет чего урожайность яровой пшеницы возрастает на 0,5-0,6 т/га [162].

1.3 Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения пометных удобрений

По действию на урожайность сельскохозяйственных культур все виды пометных удобрений не уступают минеральным в эквивалентных дозах. Подстилочный помёт – удобрение малотранспортабельное. Более целесообразно его использовать в прифермских кормовых севооборотах, преимущественно под пропашные и кормовые однолетние травы, а также в паровые поля под озимые и яровые [35, 87, 132, 160, 173, 179].

Имеются многочисленные данные ученых по влиянию помета на урожайность и качество культур в различных почвенно-климатических зонах. Так, по результатам исследований оптимальная доза подстилочного перепревшего помёта различных видов для внесения под полевые культуры на чернозёмных

почвах степной зоны Северного Кавказа – 10 т/га. Увеличение дозы не оказывало достоверного влияния на урожайность полевых культур с учётом прямого действия и последействия. При внесении весной куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги в дозе 10 т/га продуктивность звена полевого севооборота увеличивалась на 25,7 %, куриного помёта на подстилке из соломы – на 19,1 %, осенью куриного помёта на подстилке из подсолнечной лузги – на 20,3-20,5 %, утиного помёта на соломе – на 14,4 %, весной индюшиного помёта на подстилке из подсолнечной лузги – на 26,8 % и осенью с заделкой вспашкой – на 36,5 % [79].

Наибольшая прибавка урожая озимого ячменя на черноземе южном карбонатном слабогумусном Крыма получена от последействия применения куриного помёта (10 и 5 т/га) – 1,16 и 0,90 т/га соответственно при урожайности в контроле 2,91 т/га [151].

В условиях Астраханской области установлено, что внесение различных видов и доз органических удобрений существенно увеличивало высоту, количество стеблей и листьев, сырую массу ботвы картофеля. В вариантах с внесением птичьего помёта в дозе 15 т/га отмечены наибольшие показатели, превышающие по высоте в 1,3 раза; по количеству стеблей и листьев – в 1,7 раза; по сырой массе ботвы – в 1,6 раза аналогичные показатели контрольного варианта. Наибольшая биологическая урожайность картофеля (44,2 т/га) получена в вариантах с внесением птичьего помёта в дозе 10 т/га [29].

На черноземе выщелоченном Курганской области прибавки урожайности яровой пшеницы от использования птичьего помёта в дозах 5 и 10 т/га составили 0,26 и 0,33 т/га (в контроле 1,54 т/га) [161].

На темно-серых лесных почвах Тамбовской области была оценена эффективность применения гранулированного органического удобрения из птичьего помёта при возделывании картофеля. Максимальная рентабельность наблюдается при внесении удобрения в дозе 8 т/га, урожайность составила 21,4 т/га (в контроле – 15,5), на 2 % повысилось содержание крахмала [115].

Внесение высоких доз бесподстилочного куриного помета (10-50 т/га) на светло-серой лесной легкосуглинистой почве Нижегородской области, с учетом их последствий (викоовсяная смесь и яровой рапс на зеленую массу, овес на зерно), увеличили выход товарной продукции на 43-105 % по отношению к контролю, превосходя по эффективности минеральные удобрения, которые были внесены в эквивалентном по содержанию элементов питания, количестве [33].

Максимальная продуктивность культур на светло-серой лесной почве Нижегородской области при применении жидкого помета в звене севооборота «кукуруза – ячмень» была получена при внесении 50 т/га помета – прибавка по отношению к контролю составила 27 %. Дальнейшее увеличение дозы вело к снижению прибавки урожайности опытных культур, а на фоне максимальной дозы (100 т/га) отмечено фитотоксическое действие удобрения (снижение урожайности на 17 % по отношению к контролю) [46].

В Ростовской области внесение 10 т/га куриного бесподстилочного помёта на чернозёме обыкновенном повышало сбор зерновых единиц в звене севооборота зерновая кукуруза – ячмень – просо на 2,37 т/га или на 22,0 %, а сбор протеина – на 32,3 % [69]. Применение 10 т/га перепревшего бесподстилочного куриного помёта под предпосевную культивацию кукурузы на зерно увеличивало урожайность на 1,27 т/га, а внесение 7,5 т/га подстилочного куриного помёта под сахарную свёклу весной – на 16 %, а сбор сахара – на 20 % [9, 142].

На агрочерноземе Республики Башкортостан изучили влияние высоких доз куриного помета на агрохимические свойства почвы, урожайность и качество картофеля. Использование куриного помета способствовало улучшению гумусового состояния и питательного режима почвы. Для повышения урожайности картофеля оптимальными являлись дозы куриного помета 60-80 т/га в 1-й год применения и 80-100 т/га – во 2-й. Более высокая доза (120 т/га) не способствовала дальнейшему повышению урожайности, но и не приводила к ухудшению экологического состояния почвы и качества картофеля [39].

Птичий помет можно использовать как основное удобрение и в подкормку. Применять подстилочный помет можно также в дозах, рассчитанных по азоту. Так, на темно-каштановых почвах Западного Казахстана отмечена высокая отзывчивость картофеля на применение пометного удобрения. От увеличения нормы птичьего помета (по азоту от 60 до 210 кг/га) прибавка урожая клубней картофеля сорта Невский возрастала от 4,6 до 11,9 т/га, а сорта Каратоп – от 3,9 до 12,4 т/га (в контроле урожайность 25,2 и 26,9 т/га соответственно). Максимальная урожайность клубней по сортам составила соответственно 37,1 и 39,3 т/га при внесении птичьего помета по N₁₅₀ [1].

Основой для использования пометного удобрения в земледелии является установление доз его внесения. По данным М.Н. Новикова с соавторами [130] на черноземных почвах доза внесения подстилочного птичьего помета под зерновые культуры – 6-8 т/га, под картофель, кукурузу на зерно, сахарную свёклу, кормовые корнеплоды, овощные – 10-15 т/га, технические – 12-15 т/га. На черноземе выщелоченном Пензенской области, установлено, что прибавка урожайности зерна пшеницы озимой при применении куриного помета в дозе 20 т/га составляет 0,92 т/га (урожайность в контроле – 2,63 т/га) [187]. При возделывании зерновой кукурузы на светло-серой почве внесение куриного помета 25 т/га повышало урожайность на 2,40 т/га (в контроле 6,75 т/га) [45].

Помёт можно использовать после термической сушки [99]. Эффективность от применения сухого помета в 3-5 раз выше, чем от навоза крупно-рогатого скота. Увеличение урожайности зерновых культур составило 16 %, кормовых – 60-70 %, овощных – 16-18 %, плодовых – 30-55 %, ягодных культур и картофеля – 40-50 % [88]. В Уральской области применение куриного помета под картофель увеличивало его урожайность на 7,8 т/га (в контроле – 28,3 т/га) [117].

Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья повышалась. Прибавка урожая зерна от дозы 1,8 т/га составляла 0,3 т с 1 га по сравнению с орошаемым контролем. Удвоенная

доза удобрения повышала урожайность озимой пшеницы на 0,93, а утроенная – на 1,68 т с 1 га; лесные полосы способствовали дополнительному сбору зерна до 0,33-0,38 т с 1 га. Относительные прибавки урожая зерна при внесении 1,8 т/га удобрения составляли 9,4-9,8; 3,6 т/га – 29,1-34,2 и 5,4 т/га – 52,5-55,0 %. Эквивалентные дозы сухого гранулированного, бесподстилочного птичьего помета и полного минерального удобрения по своему влиянию на урожайность зерна озимой пшеницы оказались равноценными. Сухой гранулированный птичий помет в дозах 3,6 и 5,4 т/га способствовал существенному улучшению качества зерна озимой пшеницы. Под его влиянием в среднем на 32-52 г/л повышалась натура зерна, на 0,8-1,2 % – содержание сырого белка, на 1,5-2,6 % – содержание клейковины [143].

Урожайность озимой пшеницы на темно-каштановых почвах Заволжья от внесения сухого гранулированного птичьего помета в дозе 1,2 т/га составила 0,47 т/га без применения системы лесных полос и 0,55 т/га – с их участием (2,47 т/га – урожайность в контроле) [138].

Максимальная урожайность яровой пшеницы в условиях чернозема оподзоленного лесостепи Алтайского Приобья была получена при внесении 10 т/га птичьего помета (29,2 т/га, +58,8 % к контрольному варианту), минимальная – при внесении 20 т/га птичьего помета (22,4 т/га, +22,1 %) [113].

На черноземах выщелоченных среднемоощных, среднегумусных, среднесуглинистых Алтайского края установлено действие органоминеральных удобрений из пометных биокомпостов (ОМУ П с Санвит-К и ОМУ П с Тамир) при локальном припосевном внесении под озимую и яровую пшеницу на черноземных почвах лесостепной зоны. Внесение ОМУ П с Санвитом-К в дозе 0,5 ц/га обеспечило повышение урожайности озимой пшеницы на 46% и содержание клейковины на уровне 26,8% против 25,2% в контроле. ОМУ с Санвит-К в дозах 0,5; 1 и 1,5 ц/га повысили урожайность зерна яровой пшеницы на 9-26,2%, содержание белка – до 14,5-16,6% против 14,2% и клейковины – до 28,8-30,0% против 21,2%. ОМУ с Тамир обеспечили прирост урожайности на 18-23,8%, со-

держание белка – 14,9-17,6, а клейковины – 24-26%. При этом внесение азофоски в дозе 0,5 ц/га увеличило урожайность на 19,7%, содержание белка – 17,3 и клейковины – 27,2%. Органоминеральные удобрения в большинстве случаев не уступали азофоске. Важной особенностью действия ОМУ было повышение биогенности почвы, превосходящее действие азофоски [15].

О высокой эффективности куриного помета свидетельствуют исследования на выщелоченном среднесуглинистом черноземе Западной Сибири [153]. В опытах наблюдалась высокая эффективность применения подстилочного помета, особенно велико его влияние на урожайность зерна (таблицы 1.4, 1.5).

Таблица 1.4 – Влияние подстилочного куриного помета на урожайность зерновых культур на выщелоченном среднесуглинистом черноземе Омской области (среднее 1979-1981 гг.) [153]

Вариант	Яровая пшеница			Ячмень			Овес		
	Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Без удобрений	2,67	–	–	2,01	–	–	2,24	–	–
N ₇₂ P ₈₂ K ₂₇	3,18	0,51	19	2,50	0,49	24	2,40	0,16	7,0
5 т/га	3,18	0,51	19	2,40	0,39	19	2,46	0,22	10
10 т/га	3,19	0,52	19	2,48	0,47	24	2,49	0,25	11
15 т/га	3,27	0,60	22	2,64	0,63	31	2,59	0,35	16
НСР ₀₅		0,35			0,26			0,25	

На черноземных почвах под зерновые культуры следует вносить 5-10 т/га подстилочного помёта. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах 10-15 т/га.

Внесение подстилочного помёта под зерновые культуры увеличивает содержание белка на 0,3-1,3%, что соответствует 0,5-1,0 ц белка с 1 га. Кроме того, в зерне пшеницы повышается содержание сырой клейковины на 1-4%.

Таблица 1.5 – Действие подстилочного куриного помета на урожайность зеленой массы однолетних трав на выщелоченном среднесуглинистом черноземе Омской области (среднее 1979-1981 гг.) [153]

Вариант	Ячмень			Горох + овес			Овес		
	Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Без удобрений	15,2	–	–	20,1	–	–	18,9	–	–
N ₇₂ P ₈₂ K ₂₇	18,5	3,5	21	25,1	5,0	25	23,6	4,8	25
5 т/га	18,0	2,8	19	24,2	4,1	20	22,7	7,8	20
10 т/га	18,6	3,4	22	25,2	5,1	25	24,4	6,3	33
15 т/га	19,1	3,3	25	27,0	6,9	34	25,0	6,1	32
НСП ₀₅		1,9			3,0			2,9	

Под кормовые культуры во всех зонах лучшая доза бесподстилочного помета 10-15 т/га. В кормовых севооборотах под пропашные культуры дозу подстилочного помета следует увеличить до 20 т/га, а на почвах солонцового комплекса до 40-60 т/га.

Подстилочный помёт оказывает положительное влияние на качество однолетних трав: повышается содержание переваримого протеина в зеленой массе ячменя на 8,59-15,78 г, или 8-16 %; в горохо-овсяной смеси на 3,11-9,48 г (3-9 %) и на 0,94-2,19 г, или на 1-2 %, в зеленой массе овса. При этом значительно увеличивается содержание каротина – одного из основных элементов, характеризующих питательную ценность кормов. В зеленой массе овса его содержание увеличивается на 14-26%, горохо-овсяной смеси на 49-53%, т. е. в 1,5 раза, а в зеленой массе ячменя на 71-82% в сравнении с контролем. Коэффициент использования элементов питания из птичьего помета в первый год составляет 30-40 % N, 35-45 % P₂O₅ и 60-80 % K₂O.

Эффективно использовать подстилочный помёт в звеньях полевых и кормовых севооборотов. Действие птичьего помета не ограничивается одним годом, а продолжается в последствии (таблицы 1.6 и 1.7).

Таблица 1.6 – Влияние подстилочного помёта на урожайность сельскохозяйственных культур в звеньях севооборотов, т/га зерновых единиц [153]

Звено севооборота	1979 г.	1980 г.	1981 г.	Сумма за 3 года	
	Действие 15 т/га	1-е последействие	2-е последействие	Урожайность	Прибавка к контролю
Пшеница – овес, з/м – ячмень	2,62	2,78	2,49	7,89	1,49
Ячмень – овес, з/м – ячмень	2,63	2,74	2,12	7,79	2,14
Овес – овес, з/м – ячмень	2,36	2,93	2,40	7,69	1,36

Таблица 1.7 – Влияние подстилочного помёта на урожайность сельскохозяйственных культур в звеньях кормового севооборота, т/га кормовых единиц [153, 190]

Звено севооборота	1979 г.	1980 г.	1981 г.	За 3 года	
	Действие 15 т/га	1-е последействие	2-е последействие	Урожайность	Прибавка к контролю
Ячмень, з/м – овес, з/м – ячмень	4,85	3,51	2,53	10,89	3,36
Горохо – овес, з/м – овес, з/м – ячмень	5,19	4,38	2,51	12,08	3,69

Подстилочный помёт в количестве 15 т/га в звеньях полевого севооборота в сумме за 3 года (год действия и 2 года последействия) дает возможность дополнительно получить от 1,3 до 2,2 т/га зерновых единиц; в звеньях кормового севооборота выход кормовых единиц с 1 га увеличивается на 3,7-3,9 тонн.

О высокой эффективности куриного помета свидетельствуют исследования на выщелоченном среднесуглинистом черноземе Западной Сибири [190]. Применение птичьего помета по указанной выше технологии с использованием биоферментации в дозе, рассчитанной по результатам агрохимического обследования

дования, обеспечивает полученные прибавки урожая зерна яровой пшеницы в год действия на уровне 1,16 т/га, в последствии – до 0,72 т/га (таблица 1.8).

Исследованиями на кафедре агрохимии и почвоведения Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина на лугово-черноземной почве в условиях Западной Сибири установлена эффективность применения куриного помета после биоферментации под капусту белокочанную.

Прибавки урожая кочанов капусты в зависимости от доз птичьего помета составили 6,8-14,7 т/га. Наибольшая прибавка урожая кочанов была получена при внесении 16 т/га птичьего помета и составила 14,7 т/га при урожайности в контрольном варианте 30,6 т/га. По эффективности птичий помет не уступает минеральным удобрениям, внесенным в эквивалентных дозах.

Таблица 1.8 – Влияние органического удобрения на основе бесподстилочного куриного помета на урожайность яровой пшеницы на лугово-черноземной почве Омской области (2010-2011 гг.) [20]

Вариант	Урожайность, т/га			Прибавка	
	2010 г.	2011 г.	Средняя	т/га	%
<i>Ежегодное внесение</i>					
Контроль	1,91	1,90	1,91	-	
30 т/га	2,81	3,40	3,11	1,20	63,0
31 т/га*	2,73	3,41	3,07	1,16	61,2
НСР ₀₅	0,56	0,37			
<i>Однократное внесение</i>					
Контроль	1,94	1,88	1,91	-	
30 т/га	2,65	2,60	2,63	0,72	37,4
31 т/га*	2,70	2,60	2,65	0,74	38,7
НСР ₀₅	0,52	0,39			

*Расчетная доза.

Возрастающие дозы птичьего помета существенного влияния на содержание сухого вещества не оказали. В зависимости от доз удобрений оно находи-

лась в пределах 9,0-9,8 %. Внесение птичьего помета привело к закономерному увеличению витамина С от 21,6 мг% до 24,5 мг%, а сумма сахаров существенно увеличилась при внесении 16 т/га и составила 5,71 %. Что касается нитратов, то содержание их в кочанах капусты несколько увеличилось по сравнению с контролем, однако оно не превышало допустимой концентрации, которая составляет 500 мг/кг.

Таким образом, можно сделать вывод, что органические удобрения на основе помета эффективны на различных почвах при выращивании сельскохозяйственных культур. Но применение куриного перепревшего подстилочного помета под яровые пшеницу и ячмень, капусту белокочанную, картофель в условиях лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири не изучалось, и данная тема исследований является актуальной.

2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

Объектами исследований являлись: лугово-черноземные почвы, пшеница яровая, ячмень яровой, капуста белокочанная, картофель, перепревший подстилочный куриный помет.

Пшеница яровая (*Triticum L.*) относится к семейству Poaceae Barnhart (мятликовые). В отличие от других злаковых культур яровая пшеница имеет слабо развитую корневую систему. Основная масса корней находится в поверхностном пахотном слое. В связи с этим пшеница плохо использует питательные вещества глубоких слоев почвы. Кроме того, корни пшеницы не могут использовать питательные вещества из трудно растворимых соединений. Корневая система пшеницы к моменту цветения завершает свое формирование и развитие и достигает 120-150 см в длину. Стебель – соломина округлой формы полая внутри, состоящая из 5-6 междоузлий, высота от 50 до 200 см. Общая кустистость равная 3-4 и продуктивная 1,5-2 – считаются для яровой пшеницы хорошими. При хорошем водоснабжении растений в этот период они лучше ускоряются и закладывают мощный колос, обеспечивая высокую продуктивность растений [141].

Требования к температуре у пшеницы в начальный период невысокие. Семена распространенных в Сибири сортов начинают прорастать при 1-2 °С тепла. Однако для получения всходов минимальная температура должна быть 4-6 °С тепла. Всходы сравнительно хорошо переносят заморозки до – 6 °С. Начальный рост и кущение идут лучше при умеренных температурах.

Высокие температуры в период цветения пшеница может переносить лишь при хорошем запасе влаги в почве. Требования к влаге у пшеницы в целом меньше, чем у овса, но более высокие, чем у ячменя и проса. Наибольшие требования к влаге пшеница предъявляет в период кущения-выхода в трубку.

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

Разновидность эритроспермум. Колос цилиндрический. Колосковая чешуя ланцетная, нервация слабо выражена. Зубец колосковой чешуи длинный, слегка изогнутый. Плечо закругленное, узкое. Киль выражен сильно. Зерно средней крупности, яйцевидное, светло-красное, бороздка неглубокая. Масса 1000 зерен 35-38 г.

Дуэт – сорт среднеспелого типа созревания. Средняя продолжительность вегетационного периода (всходы - восковая спелость) – 93 суток с колебаниями по годам в зависимости от условий вегетации от 80 до 101 суток.

В конкурсном сортоиспытании ЧНИИСХ (2011-2015 гг.) средняя урожайность Дуэта составила 2,83 т/га. Посев по чистому пару в оптимальные для зоны сроки (10-20 мая) с нормой высева 5 млн. всхожих зерен на гектар показал, что в благоприятные по увлажнению годы Дуэт позволяет собирать свыше 4,5 т/га. Максимальная урожайность в КСИ – 6,35 т/га.

Устойчивость к полеганию средняя и варьирует в зависимости от условий выращивания – в благоприятные годы, когда формируется урожайность около 5 т/га, она оценивается в 4 балла. Дуэт устойчив к осыпанию зерна. Засухоустойчивость высокая.

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

Включен в Госреестр селекционных достижений по Уральскому и Западно-Сибирскому регионам с 2003 г., рекомендован для возделывания в лесостепных и степной зонах Челябинской области, а также в Омской области и Алтайском крае.

Сорт мягкой яровой пшеницы Омская 36 создан в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства совместно с фирмой «Кургансемена».

Сорт среднеранний, вегетационный период 87 суток. Устойчивость к засухе высокая. Сорт на инфекционном фоне практически устойчив к пыльной головне, несколько ниже стандарта поражается мучнистой росой, Твёрдой головней сорт поражается на уровне стандарта. Сорт задерживает развитие бурой ржавчины. Устойчивость к полеганию на уровне стандарта Памяти Азиева.

Сочетание высокой урожайности с хорошими хлебопекарными качествами зерна и устойчивостью к листовым патогенам позволяет этому сорту успешно конкурировать с сортами аналогичной группы спелости.

Сорт обладает высокой потенциальной урожайностью по фонам и срокам посева, которая обеспечивается сочетанием засухоустойчивости, устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе, лучшей выживаемости, высокой густоте продуктивного стеблестоя и тяжеловесному зерну. Сорт рекомендуется испытать на госсортоучастках лесостепной и степной зон Западной Сибири и Урала.

Ячмень яровой (*Hordeum sativa* L) относится к семейству Poaceae Barnhart (мятликовые). Однолетнее растение высотой от 35-до 90 см. Стебель прямой, полый. Листовые пластинки достигают длины 30 см и ширины 2-3 см, гладкие, плоские.

Вегетационный период в зависимости от сорта достигает 60-110 дней. При возделывании ячмень предъявляет меньше требований к условиям выращивания нежели другие зерновые культуры. Прорастание семян начинается при температуре +1- +3 °С, вызревание идет при +18 °С.

В зависимости от вида образует 4-х или 6-ти гранные колосья с остью. Колосья с гибкой остью, не распадающейся на членики. Колоски собраны в группы по три штуки, каждый колосок одноцветковый. В отличии от других злаковых культур ячмень более устойчив к засушливым условиям, часто проявляющимся в лесостепи Западной Сибири [141].

Сорт ячменя ярового Подарок Сибири (Медикум 4712) выведен в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства. Авторы сорта:

Н.И. Аниськов, П.Н. Николаев, Е.И. Ананченко, Л.И. Братцева, Л.В. Спиридонова, П.В. Поползухин, Г.Я. Козлова, Л.В. Мешкова, А.А. Гайдар.

Разновидность – медуком. Сорт среднерослый. Высота растений 63-71 см. Соломина прочная. Колос двурядный, остистый, соломенно-желтый, цилиндрической формы, средней длины, рыхлый. Переход цветочной чешуи в ость постепенный. Нервация цветочной чешуи слабо выражена. Ости длинные, гладкие, расположены вдоль колоса (параллельно колосу), соломенно-желтые, средней толщины, в отдельные годы могут быть слабо зазубрены в начале или в конце ости, иногда – и по всей длине ости. Щетинка волосистая. Зерно желтое, пленчатое, полуудлиненное, крупное. Масса 1000 зерен в среднем за три года составила 47,3 г, что на 4,6 г больше, чем у стандартного сорта Омский 91. Сыпучесть зерна при посеве хорошая.

Сорт Подарок Сибири относится к степной экологической группе, засухоустойчив; среднеспелый, вегетационный период 73-86 суток. Сорт характеризуется также высокой устойчивостью к полеганию. За годы изучения сорта на искусственном инфекционном фоне его поражение пыльной головней варьировало от практически устойчивого (поражение 4,2 %) до средневосприимчивого (26,7 %). По максимальному поражению за годы испытания он характеризуется средней восприимчивостью к черной и пыльной головне и слабой – к каменной (на уровне сорта Омский 91). Биохимический анализ свидетельствует о том, что сорт Подарок Сибири имеет в зерне в среднем 13,5 % белка. Это выше, чем у стандарта Омский 91 на 0,3 %. Сорт с учетом высокой продуктивности дает возможность получать наибольший выход питательных веществ с единицы площади. Сорт рекомендуется для возделывания на кормовые и крупяные цели.

По продуктивности сорт Подарок Сибири относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири. Максимальная урожайность была получена в КСИ СибНИИСХ – 6,61 т/га, прибавка к стандартному сорту Омский 91 составила 0,77 т/га. В среднем за 12 лет испытаний (2003-2014 гг.) при урожае 4,35 т/га

прибавка к стандартному сорту Омский 91 составила 0,91 т/га. Включен с 2001 г. в Государственный реестр [146, 165].

Капуста белокочанная или огородная (*Brassica oleracea* var. *capitata*), относится к семейству капустные (крестоцветные). Растение двулетнее. В первый год жизни капуста формирует хорошо развитый кочан, являющийся разросшейся верхушечной почкой. На второй год формируются высокие стебли (до 1,5 м), на которых формируются после цветения плоды в виде стручка длиной до 10 см. В зависимости от способа выращивания корневая система может быть мочковатой (рассада) либо стержневая (при возделывании из семян). Корни мощные, хорошо разветвленные.

Листья очередные, нижние образуют розетку. Нижние листья черешковые, раскидистые, а верхние — сидячие. Пластинка листа крупная, с толстыми жилками, слабо лировидная и лировидная.

Сорт капусты белокочанной Подарок среднепозднего срока созревания. Выведен сотрудниками ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. Включен в госреестр РФ в 1961 году. Допущен к использованию во всех регионах России. Эта капуста подходит для товарного производства.

От появления массовых всходов до наступления технической спелости проходит 115-135 суток. Сбор урожая проводят с 20 августа по 15 сентября. Листовая розетка полуприподнятая, имеет среднюю величину. Листья морщинистые, от овальной до округлой формы, среднего размера, серо-зеленой окраски с восковым налетом средней или сильной интенсивности; край листа слабо-волнистый. Кочан очень плотный, округлый или плоскоокруглый, среднего размера, на разрезе зеленовато-белый, массой 2,5-4,5 кг. Кочерыга имеет среднюю длину (16-20 см). Урожайность товарных кочанов — 58,0-91,0 т/га, максимальная — 100,0 т/га. Товарность достигает 99%.

Сорт универсальный — его рекомендуется использовать и в свежем виде, и для квашения. Химический состав следующий: сухого вещества 8,2-10,5%, общего сахара — 4,7-6,2%, аскорбиновой кислоты 26-41 мг/100 г сырого веще-

ства. При поддержании оптимальных условий содержания, хранится эта капуста в течение 6-7 месяцев (до февраля – марта).

Достоинства сорта: устойчивость рассады к заморозкам и неприхотливость к различным видам почв, высокая транспортабельность, отличные вкусовые качества свежей и квашеной продукции, устойчивость кочанов к растрескиванию, высокая урожайность.

Картофель (*Solanum tuberosum*) относится к семейству пасленовых. У картофеля мочковая корневая система, проникающая в почву на небольшую глубину. Большая часть корней находится в пахотном слое почвы, и только отдельные корни проникают на глубину до 1,5 м.

Стебель картофеля прямостоячий, достигающий в зависимости от сорта высоты 30-150 см. Иногда стебель отклоняется в сторону. В его подземной части имеются пазушные почки, из которых развиваются столоны (подземные побеги). На верхушках столонов находятся утолщения, из которых вырастают клубни, которые представляют собой видоизмененные и укороченные стебли.

Листья картофеля простые, непарноперисто-рассеченные.

Клубни начинают прорасти при температуре 7-10 °С, наиболее благоприятная температура для клубнеобразования 16-18 °С. Отрицательных температур картофель не переносит, даже при небольших заморозках (-1 °С) ботва его погибает. Это культура умеренного климата, и самые высокие урожаи она даёт при 17-20 °С тепла. Понижение температур картофель переносит легче, чем их повышение [141, 145].

Сорт картофеля Хозяюшка создан в Государственном научном учреждении Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства. Авторы сорта: Б.Н. Дорожкин, Н.В. Дергачева, С.В. Согуляк, А.И. Черемисин, О.В. Петрякова, С.Г. Кузьмина [145].

В связи с распространением в Сибири опасного карантинного вредителя – золотистой картофельной нематоды – при создании сорта была поставлена

цель: совместить необходимый уровень основных хозяйственно-ценных признаков с устойчивостью к данному вредителю.

Куст полупрямостоячий, высокий, малостебельный. Стебли сильноветвистые, на поперечном разрезе угловатые; антоциановое окрашивание только в пазухах листьев; облиственность средняя. Лист средней величины и рассеченности, темно-зеленый, опушенный, глянецовость поверхности средняя, края долей волнистые. Окраска венчика красно-фиолетовая с белыми кончиками. Интенсивность цветения низкая, ягодообразование наблюдается в отдельные годы, пыльца фертильна. Клубни овально-округлые, с тупой вершиной и плоским столонным следом. Окраска зрелых клубней красная, однородная; тип кожуры – слабо сетчатый; глазки многочисленные, мелкие, красные; мякоть белая.

Сорт среднеспелый (вегетационный период 90-110 суток), имеет стабильно высокую продуктивность, повышенное содержание крахмала (17-19 %). Содержание витамина С составляет 13-18 мг%, редуцирующих сахаров – 0,05-0,1 %. Гнездо выровненное, компактное; вкус хороший, мякоть рассыпчатая, слабо темнеющая после варки. Сорт пригоден для изготовления чипсов, фри. Устойчив к далемскому патотипу рака и золотистой картофельной нематоды (патотипу Ro1), обладает полевой устойчивостью к комплексу наиболее распространенных вирусных болезней, средней устойчивостью к фитофторозу ботвы и клубней, ризоктониозу и парше обыкновенной, средне устойчив к ранней сухой пятнистости.

Благодаря устойчивости к картофельной нематоды и комплексной устойчивости к наиболее распространенным болезням, а также стабильной продуктивности, повышенному содержанию крахмала, высоким товарным и столовым качествам, сорт конкурентноспособен в регионе Западной Сибири. Основные достоинства – нематодоустойчивость, высокие вкусовые и товарные качества.

Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ по двум регионам: Западносибирскому (10) и Восточносибирскому (11) с 2009 г. [145].

Характеристика почвы опытного участка. Полевые эксперименты проводились на опытном поле Омского ГАУ, расположенном в южной лесостепной зоне. Это слабоволнистая равнина, представленная второй надпойменной террасой реки Иртыш. Почвообразующими породами являются аллювиальные отложения террасы, представленные суглинками и супесями. Ведущим почвообразовательным процессом считается чернозёмный. Почвенный покров опытного поля представлен лугово-черноземной почвой.

Формирование лугово-черноземных почв идет под влиянием смешанного периодического поверхностного и более постоянного грунтового увлажнения при уровне грунтовых вод около 3,5 м. В отличие от чернозёмных почв в органическом веществе лугово-чернозёмных почв содержится меньше азота. По составу поглощённых катионов лугово-чернозёмные почвы близки к чернозёмам, но отличаются от них повышенным содержанием натрия и магния. В целом состав ППК благоприятен, основная доля приходится на кальций – 77-88%; магний – 13-21%. Содержание поглощённого натрия незначительное – 0,8-1,7%. Лугово-черноземные почвы имеют среднюю поглощательную способность. Поглощательная способность коррелирует с гранулометрическим составом и содержанием гумуса [28, 48, 120, 121, 201]. Ниже представлено морфологическое описание профиля лугово-черноземной маломощной малогумусной тяжелосуглинистой почвы по разрезу, заложенному на пашне на территории опытного поля Омского ГАУ.

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

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

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

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

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

$\frac{AB}{29 - 45 \text{ см}}$	Серый, неоднородный, с бурым оттенком, свежий, уплотненный, комковато-пылеватый, среднесуглинистый, корни растений. Переход в гор. В ₁ ясный по цвету.
$\frac{B_1}{45 - 60 \text{ см}}$	Бурый, неоднородный, с частыми потеками гумуса, свежий, уплотненный, комковато-пылеватый, среднесуглинистый, корни растений. Переход в гор. В _{2к} ясный по цвету и плотности.
$\frac{B_{2к}}{60 - 76 \text{ см}}$	Светло-бурый, неоднородный, с потеками гумуса, свежий, более плотный, чем гор. В ₁ , комковато-пылеватый, среднесуглинистый, с белыми пятнами карбонатов, встречаются корни растений. Переход в гор. В _{3к} ясный по цвету.
$\frac{B_{3к}}{76 - 120 \text{ см}}$	Бурый, однородный, свежий, уплотненный, пылевато-комковатый, легкосуглинистый, с белыми пятнами карбонатов. Переход в гор. С _{кг} постепенный по цвету.
$\frac{C_{кг}}{120 - 196 \text{ см}}$	Почвообразующая порода, темно-бурый, однородный, влажный, уплотненный, комковато-творожистый, среднесуглинистый, карбонатный, с сизо-голубыми вкраплениями пятен оглеения в виде закисного железа.

Грунтовые воды залегают на глубине 3,0-3,5 м. Содержание гумуса по опытным участкам в пахотном слое варьирует от 4,04 до 4,19%, плотность почвы – 1,26-1,30 г/см³, плотность твердой фазы – 2,65 г/см³. Сумма обменных катионов не высокая – от 21,1-24,0 ммоль/100 г почвы, среди катионов преобладает кальций (17,1-20,0 ммоль/100 г почвы), количество натрия не превышает 0,91 ммоль/100 г почвы. Реакция среды находится в нейтральном диапазоне (рН водной суспензии 6,5-7,1).

Обеспеченность почвы опытных участков нитратным азотом очень низкая, подвижным фосфором – повышенная, калием – очень высокая (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Содержание доступных элементов питания в почве опытных участков (слой 0-20 см), мг/кг

Год	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая			
2015	3,12	112	347
2016	6,73	125	248
2017	4,85	113	232
Ячмень яровой			
2015	2,64	101	346
2016	5,38	128	289
2017	4,38	118	244
Капуста белокочанная			
2015	4,25	122	344
2016	8,20	128	218
2017	6,80	145	237
Картофель			
2015	2,28	112	325
2016	6,40	122	248
2017	7,20	144	247

2.2 Климат и метеорологические условия в годы проведения исследований

Омская область расположена на юге Западно-Сибирской равнины по среднему течению реки Иртыш. Климат Омской области типично континентальный, континентальность климата увеличивается по мере продвижения с севера на юг.

Тепловые ресурсы подзоны южной лесостепи, где был заложен опыт, удовлетворительные, увлажнение недостаточное [11]. Температурный режим отличается резкими колебаниями по месяцам и даже в течение суток. Неблагоприятной чертой климата являются поздние весенние и ранние осенние заморозки. Сумма положительных температур воздуха выше 10 °С составляет 2000-2100 °С.

Среднегодовая сумма осадков составляет 300-350 мм, большая часть из которых (75-80 %), выпадает летом. 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 сельскохозяйственных 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 с колебаниями от 16 марта до 29 апреля [11].

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 в среднем 155-160 дней. 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. Атмосферные засухи (суховеи) в этом районе – довольно частое явление. Слабые и средней интенсивности засухи наблюдаются ежегодно; продолжительность их за теплый период бывает в среднем до 7 дней средней интенсивности и до 21 дня слабой. Устойчивый снежный покров образуется в среднем в ноябре. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом в среднем составляет 150-160 дней. Помимо резких колебаний температуры в течение года, климат области отличается сухостью, недостатком осадков, малой облачностью.

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

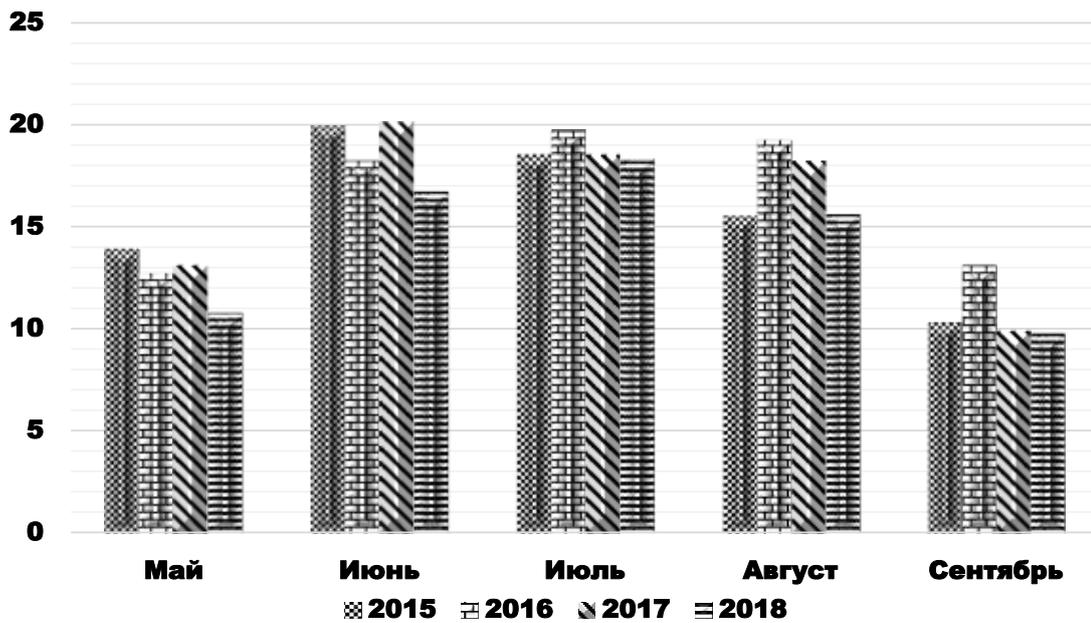


Рисунок 2.1 – Среднемесячная температура воздуха за вегетационные периоды 2015-2018 гг. (данные ГМС г. Омска)

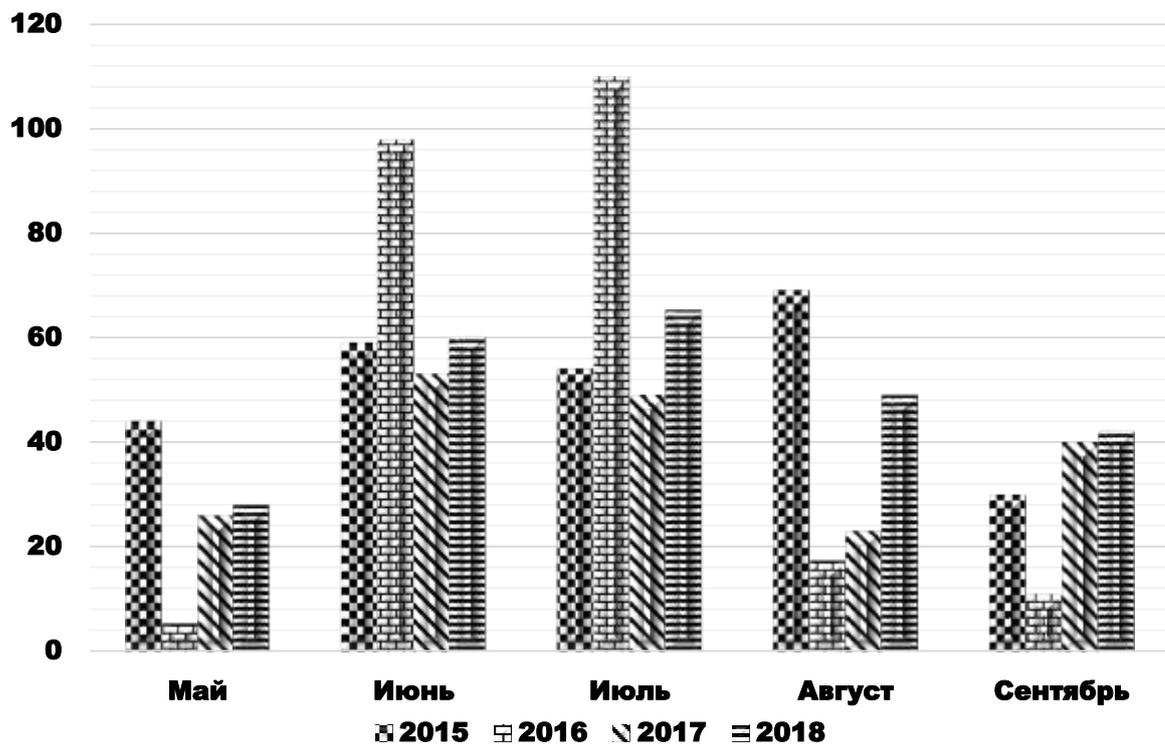


Рисунок 2.2 – Среднемесячные осадки за вегетационные периоды 2015-2018 гг. (данные ГМС г. Омска)

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

В первой и второй декадах мая 2015 года погода была наиболее теплой. Среднемесячная температура воздуха составила 13,9 °С и была выше на 2-3 °С климатической нормы. Во второй и третьей декадах осадки увеличивались соответственно. Среднемесячная сумма осадков составила 40 мм. Средняя относительная влажность воздуха за месяц составила 55-67 %, что 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 первой и второй декадах. В июле преобладала прохладная, дождливая погода. Среднемесячная температура воздуха 17-19 °С оказалась ниже климатической нормы на 1-2 °С. Минимальная температура наблюдалась 6 числа до 5-7 °С. Интенсивные осадки выпадали в первой и третьей декадах, во второй декаде преобладала сухая погода. Сумма осадков составила 49 мм. Средняя относительная влажность воздуха за месяц составила 66-75 % в южной части области и 68-82 % – в северной.

В августе была прохладная и очень дождливая погода. Во второй 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 второй декаде выпало самое большое количество осадков. Сумма осадков составила 69 мм.

Вегетационный период 2016 года, 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 составила 18,5 °С, что на 2-3 °С выше нормы. Обильные осадки выпадали в первой и второй декадах. В июле преобладала прохладная, дождливая погода. Среднемесячная температура воздуха 17-19 °С оказалась ниже климатической нормы на 1-2 °С. Минимальная температура наблюдалась 6 числа до 5-7 °С. Интенсивные осадки выпадали в первой и третьей декадах, во второй декаде преобладала сухая погода. Сумма осадков составила 49 мм. Средняя относительная влажность воздуха за месяц составила 66-75 % в южной части области и 68-82 % – в северной. В августе была прохладная и очень дождливая погода. Во второй 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 второй декаде выпало самое большое количество осадков. Сумма осадков составила 69 мм.

Погодные условия 2017 года были типичными для зоны. Средняя температура воздуха за май месяц составила +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 составила 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.

Погодные условия 2018 года были удовлетворительны для роста и развития сельскохозяйственных культур. Средняя температура воздуха за май месяц была +10,8 °С. Сумма осадков за месяц составила 27,9 мм.

В июне средняя температура воздуха составила +16,7 °С, а сумма осадков за месяц – 60 мм. Июль был самым теплым месяцем, и средняя температура

воздуха за месяц составила +18,3 °С, средние многолетние осадки были в максимальном количестве за вегетацию 65,1 мм. В августе средняя температура воздуха за месяц составила +15,6 °С, а количество осадков за месяц 48,9 мм. Сентябрь был холодным, среднемесячная температура равна +9,8 °С, осадков выпало 42 мм.

Таким образом, погодные условия годов исследований характеризуются непостоянством. Так вегетационные периоды 2015 и 2018 годов были прохладными и влажными, а 2016 и 2017 года были более теплыми и влажными.

2.3 Методика полевых и лабораторных исследований

Для решения поставленных задач по оптимизации применения куриного помета при возделывании сельскохозяйственных культур в работе использованы методы полевых, лабораторных исследований, а также математический анализ с использованием информационных технологий. Были проведены следующие полевые опыты (2015-2018 гг.):

Опыт № 1. Эффективность действия и последствий подстилочного куриного помета при возделывании пшеницы яровой (2015-2018 гг.);

Опыт № 2. Эффективность подстилочного куриного помета при возделывании ячменя ярового (2015-2017 гг.);

Опыт № 3. Эффективность подстилочного куриного помета при возделывании капусты белокочанной(2015-2017 гг.);

Опыт № 4. Эффективность подстилочного куриного помета при возделывании картофеля (2015-2017 гг.).

Схемы в вышеперечисленных опытах одинаковы:

1. Контроль

2. 4 т/га

3. 8 т/га

4. 12 т/га

5. 16 т/га

6. 20 т/га.

Проводимые опыты однофакторные. Расположение делянок на опытном участке систематическое. Площадь делянок – 16 м²; учётная площадь – 15 м². Повторность вариантов в опыте трёхкратная, расположение повторностей в один ярус.

Опыт № 5, производственный. Эффективность применения повышенных доз органических удобрений на основе куриного помета в лесостепи Омской области при возделывании пшеницы яровой (2016 г.). Схема опыта:

1. Контроль
2. 20 т/га
3. 40 т/га
4. 60 т/га.

Расположение делянок на опытном участке систематическое. Площадь делянок – 2 га. Повторность вариантов в опыте трёхкратная, расположение повторностей в один ярус.

Агротехника всех культур – общепринятая для региона [36, 74, 125, 133, 141, 192].

Пшеница яровая. В полевом опыте №1 предшественник – пшеница яровая по пару. Осенью основная обработка – 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, норма высева 5,5 млн. всхожих семян, сеялкой СН-16. Затем почву прикатывали кольчатыми катками ЗКК-3А. Уборку яровой пшеницы проводили в третьей декаде августа-первой декаде сентября прямым комбайнированием «Сампо-130».

Агротехнологические мероприятия в производственном опыте № 5 проводились аналогично общепринятым в хозяйстве. Удобрения вносились под предпосевную обработку почв, равномерно распределяли по полю с помощью

прицепов-распределителей органических удобрений ПРТ-11. Неравномерность по длине и ширине прохода – не более 25 %, отклонение от заданной дозы внесения – не более 10 %.

Заделка органических удобрений на основе птичьего помета осуществлялась трактором John Deere 9400 с культиватором Lemken Gigant 800, осуществляя сразу несколько технологических операций – культивацию, боронование и прикатывание. Разрыв во времени между распределением и заделкой их в почву не превышал двух часов. Посев проводился 27 мая 2016 года посевным комплексом John Deere. Уборка урожая проводилась первая декада сентября прямым комбайнированием John Deere.

Ячмень яровой. Предшественник – вторая пшеница яровая по пару. Осенью основная обработка – 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, норма высева 5,5 млн. всхожих семян, сеялкой СН-16. Затем почву прикатывали кольчатыми катками ЗКК-3А. Уборку проводили в третьей декаде августа комбайном «Сампо-130».

Капуста белокочанная. Предшественник – картофель. Осенью вспашка ПЛН-3-35 на глубину 20-25 см, весной боронование БЗСС-1. Внесение удобрений проводили вручную (вразброс) до посадки под вспашку. Посадку капусты белокочанной проводили рассадным методом в первой декаде июня. Схема посадки 40 x 70 см. Густота стояния – 35,7 тыс. кустов на 1 га. Нормы полива соответствуют региональной технологии возделывания. Полив производился вручную 300 м³/га. Орошение осуществляли по графику на основе определения водно-физических свойств почв и контроля за влажностью почвы под растениями. Производилась борьба с сорняками, крестоцветной блошкой. Уборку проводили в первой декаде октября.

Картофель. Предшественник – пшеница яровая по пару, осенью проводилась основная обработка – зяблевая вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20-25 см. Посадку картофеля проводили в третьей декаде мая. Схема посадки 40 x 70 см. Густота стояния – 35,7 тыс. кустов на 1 га. Удобрения вносили вручную вразброс перед основной вспашкой. Предпосевная обработка почвы заключалась в ранневесеннем бороновании зубowymi боронами при достижении почвой состояния физической спелости. Посадка картофеля в гребни вручную. Нормы полива соответствуют региональной технологии возделывания. Полив производился вручную 300 м³/га. Орошение осуществляли по графику на основе определения водно-физических свойств почв и контроля за влажностью почвы под растениями. Уход за посадками картофеля заключался в одном довсходовом бороновании, междурядных обработках и окучивании растений. В период вегетации проводили обработку инсектицидом «Престиж» 1 л/100 кг от колорадского жука. Уборку картофеля проводили в первой декаде сентября вручную.

В полевых опытах проводились наблюдения:

1. определение содержания подвижных форм элементов питания в слое почвы 0-20 см;
2. фенологические наблюдения за развитием растений;
3. определение химического состава растений по фазам развития;
4. учёт урожая;
5. определение структуры урожая;
6. определение показателей качества.

Закладку опытов, все учеты, наблюдения производили по общепринятым методикам [49, 139, 150, 183]. Отбор растительных и почвенных проб был приурочен к основным фазам роста и развития культур. Химические анализы почв и растений проводили на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ, в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский» общепринятыми в агрохимии и почвоведении методами [100, 150].

В почвенных пробах определяли: гумус по Тюрину в модификации ЦИ-НАО, рН почвы потенциометрическим методом; ЕКО по Бобко и Аскинази в модификации Грабарова и Уваровой; плотность твердой фазы пикнометрическим методом; нитратный азот по Грандваль-Ляжу; подвижный фосфор и калий по Чирикову (ГОСТ 26204-84).

Сжигание растительных навесок проводили методом мокрого озоления по Пиневич; общий азот в полученном растворе определяли по Кьельдалю; фосфор по Дениже; калий – на пламенном фотометре.

Гигроскопическую влагу определяли методом высушивания в сушильном шкафу при температуре $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ в растениях (ГОСТ 27548-97) и в почве (ГОСТ 28268-89). По общепринятым методикам проводили определение: содержания белка (ГОСТ 10846-74), стекловидности зерна (ГОСТ 10987-79), клейковины (ГОСТ 27839-88).

В пробах органических удобрений определяли: массовую долю влаги – по ГОСТ 26713, массовую долю органического вещества (ГОСТ 27980.7.5), массовую долю золы (ГОСТ 26714.7.6), рН (ГОСТ 27979.7.7), общего азота (ГОСТ 26715.7.8), общего фосфора (ГОСТ 26717.7.9), общего калия (ГОСТ 26718.7.10), тяжелых металлов (ГОСТ 30178).

Результаты полевых и лабораторных исследований подвергнуты математической обработке [49, 139]. Биоэнергетическую и экономическую эффективность применения удобрений рассчитывали согласно рекомендациям Ю.И. Ермохина и А.Ф. Неклюдова [67].

3 ВЛИЯНИЕ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВЫХ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ

Экспериментами многих ученых, проведенными в южной лесостепи Западной Сибири, и в частности в Омской области, доказана высокая эффективность различных органических удобрений (подстилочного и бесподстилочного навоза и птичьего помета, компостов, сидератов и других) при использовании их под сельскохозяйственные культуры. Установлено, что, повышая урожайность на 25-30 % в год внесения, органические удобрения оказывают последствие на последующие культуры, значительно увеличивая продуктивность севооборота в целом [26, 37, 40, 89, 156, 159, 153, 182, 191 и др.].

С развитием промышленного птицеводства в Омской области и образованием значительного количества пометных масс Н.А. Пунда [153] были проведены исследования по влиянию жидкого и твердого птичьего помета на урожайность сельскохозяйственных культур на выщелоченном черноземе и установлена высокая эффективность удобрения.

Исследования применения подстилочного помета при возделывании культур на лугово-черноземной почве южной лесостепи Омского Прииртышья не проводились.

Химический состав органических удобрений. Птичий помет, особенно куриный, является ценным органическим удобрением с высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора, калия), причем питательные вещества находятся в легкодоступных для растений соединениях. Количество питательных веществ в помете в значительной степени изменяется в зависимости от условий кормления, содержания птицы и вида помета [76].

Нашими исследованиями различных видов органических удобрений в хозяйствах Омской области установлено, что куриный помет по содержанию элементов питания значительно превосходит навоз крупно-рогатого скота и свиней по содержанию основных элементов питания и несколько уступает индюшино-

му подстилочному помету (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Химический состав органических удобрений
в Омской области (2015-2018 гг.)

Вид помета	Влажность, %	рН	Массовая доля питательных веществ в удобрении с исходной влажностью, %			Органическое вещество, %	n
			азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Помет куриный бесподстилочный полупрепевший	72,5	87,2	3,2	2,2	1,2	59,2	68
Помет куриный после биоферментации полупрепевший	56,2	7,9	5,1	7,1	3,2	71,0	35
Помет куриный подстилочный полупрепевший	67,1	8,4	3,41	2,56	1,17	74,0	91
Помет индюшинный подстилочный	64,4	7,4	3,66	3,30	1,33	79,3	8
Жидкая фракция бесподстилочного свиного навоза	98,3	8,2	0,23	0,07	0,14	0,2	25
Твердая фракция бесподстилочного свиного навоза	74,5	8,5	0,53	0,93	0,21	83,6	24
Навоз свиной бесподстилочный жидкий	93,3	8,4	0,21	0,03	0,16	0,1	16
Навоз КРС бесподстилочный	67,0	8,7	0,44	0,24	0,67	77,8	12
Навоз КРС подстилочный	73,3	8,4	0,61	0,35	0,33	66,5	60

Агроэкологическое состояние начального звена – почвы в большей мере определяет степень чистоты конечного сельскохозяйственного продукта. Все факторы, влияющие на окружающую среду, прежде всего, оказывают воздействие на почву, а посредством ее – на все звенья цепи: от агроценозов до готовых продуктов питания человека.

Несмотря на органическое происхождение птичьего помета, его действие на экологическую ситуацию очень значительное. Не случайно в соответствии с Федеральным классификационным каталогом куриный помет (свежий) считается отходом производства и отнесен к третьему классу опасности (умеренно опасные отходы). А помет куриный перепревший к четвертому – малоопасные отходы. В связи с этим для того чтобы использовать птичий помет как органическое удобрение он должен пройти процедуру хранения, в течение которого он перепревает.

Для того чтобы использоваться в качестве органического удобрения полученный перепревший помет должен соответствовать требованиям ГОСТ 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия». Куриный подстилочный помет, используемый в качестве удобрения в наших экспериментах, соответствовал вышеуказанным условиям [43, 44, 155, 180].

В Омской области в настоящее время помет применяется в подготовленном для внесения виде. В органическом удобрении на основе перепревшего подстилочного куриного помета при влажности 65,7-67,8 % содержание азота составляет 3,03-3,88 %, фосфора 2,33-2,80 % и калия 1,09-1,30 % (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Химический состав перепревшего подстилочного куриного помета в Омской области (среднее по области 2015-2017 гг.)

Год	Влажность, %	рН	Массовая доля питательных веществ в удобрении с исходной влажностью, %			Органическое вещество, %	n
			Азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O		
2015	67,8	8,3	3,03	2,33	1,11	74,4	31
2016	65,7	8,5	3,88	2,57	1,30	71,4	33
2017	67,7	8,5	3,33	2,80	1,09	76,2	27
Среднее	67,1	8,4	3,41	2,56	1,17	74,0	91

Информация по определению качественного состава органического удобрения на основе куриного помета – после анализа помета, взятого из буртов с площадки для буртования в ООО «РУСКОМ-Агро» Кормиловского муниципального района Омской области – представлена в таблице 3.3. Эти удобрения использовались нами при проведении полевых экспериментов.

Таблица 3.3 – Химический состав органического удобрения на основе перепревшего подстилочного куриного помета (2015-2017 гг.)

Год	Сухое вещество, %	рН	Органическое вещество, %	Содержание элементов питания, %			Концентрация примесей токсичных элементов (валовое содержание), мг/кг			
				Азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	Pb	Cd	Hg	As
2015	68,3	5,7	82,2	3,52	2,50	1,23	3,48	0,35	0,003	0,7
2016	65,2	6,3	82,4	3,87	2,14	1,12	3,27	0,30	0,005	0,6
2017	64,0	6,8	84,6	3,93	2,42	1,34	3,29	0,33	0,003	0,7
Среднее	65,5	6,2	83,1	3,84	2,34	1,23	3,35	0,33	0,004	0,7

Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод, что с 1 тонной подстилочного помета вносится в почву 35,2-39,3 кг азота (в среднем 38,4 кг), 21,4-25,0 кг фосфора (23,4 кг) и 11,2-13,4 кг калия (12,3 кг). Концентрация токсичных элементов не превышала предельно-допустимой.

3.1 Влияние подстилочного куриного помета на урожайность зерновых культур

Учитывая, что в системе почва – растение – удобрение имеются тесные взаимосвязи это, дает нам возможность управлять продуктивностью сельскохозяйственных культур, за счет создания оптимальных условий минерального питания. Информацию об этих показателях можно получить, только проведя полевые опыты с удобрениями. Для определения потребности растений в питательных веществах в конкретной почвенно-климатической зоне полевой опыт с удобрениями остается основным, хотя и довольно дорогим методом диагностики [17]. Он позволяет получить «ответ» от растения на изучаемые вопросы в виде прибавки урожая и изменения его качества.

В полевых опытах 2015-2017 гг. на лугово-черноземной почве Омского Прииртышья изучали отзывчивость яровой пшеницы (опыт №1), ярового ячменя (опыт №2), капусты белокочанной (опыт №3) и картофеля (опыт №4) на применение подстилочного помета, который оказал существенное влияние на формирование урожая. В экспериментах предусматривалось выявить закономерности действия различных доз внесения подстилочного помета на вышеуказанные сельскохозяйственные культуры. Кроме того, в 2016-2018 гг. изучалось последствие помета при возделывании яровой пшеницы (опыт №1).

Учеными региона ранее установлено, что систематическое применение минеральных и органических удобрений на черноземных почвах Западной Сибири в севообороте приводит к значительному росту урожайности зерновых культур (яровая пшеница и ячмень) и продуктивности севооборота в целом. Внесение минеральных удобрений в нормах не превышающих в сумме 60 кг д.в. на 1 га способствует повышению продуктивности севооборота на 0,48 т/га зерновых единиц. Совместное внесение минеральных и органических удобрений в зернопаропропашном севообороте на черноземах не эффективно. Продуктивность севооборота при сочетании навоза с минеральными удобрениями остается на уровне их отдельного применения [74, 182].

В проведенных полевых исследованиях установлено, что, применение птичьего помета положительно повлияло на продуктивность пшеницы яровой (опыт №1). За годы экспериментов пшеница яровая в контрольном варианте в среднем сформировала урожайность 1,86 т/га, а при внесении подстилочного помета – 2,04-2,68 т/га. Все изучаемые дозы позволили получить достоверные прибавки урожайности зерна (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Действие куриного подстилочного помета на урожайность зерна пшеницы яровой при возделывании на лугово-черноземной почве (2015-2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	т/га	%	
Контроль	1,50	2,25	1,82	1,86	–	–	–
4 т/га	1,62	2,30	2,21	2,04	0,19	10,0	46,7
8 т/га	1,82	2,62	2,46	2,30	0,44	21,7	55,4
12 т/га	2,16	2,73	2,56	2,48	0,63	27,3	52,2
16 т/га	2,40	2,77	2,63	2,60	0,74	29,9	46,5
20 т/га	2,41	3,06	2,56	2,68	0,82	31,5	41,0
НСР ₀₅	0,10	0,09	0,12				

Следует отметить, что с увеличением вносимых доз возрастала и урожайность зерна пшеницы. Более существенное повышение этого показателя происходило при переходе от низких к средним, чем от средних к высоким дозам. Урожаи близкие к максимальным достигались уже при среднем уровне доз – 12 т/га помёта. Наиболее эффективными дозами были 16 и 20 т/га – увеличение урожайности составило соответственно 0,74 и 0,82 т/га или 29,9 и 31,5 % к контролю (рисунок 3.1), при большей агрономической эффективности первой из них.

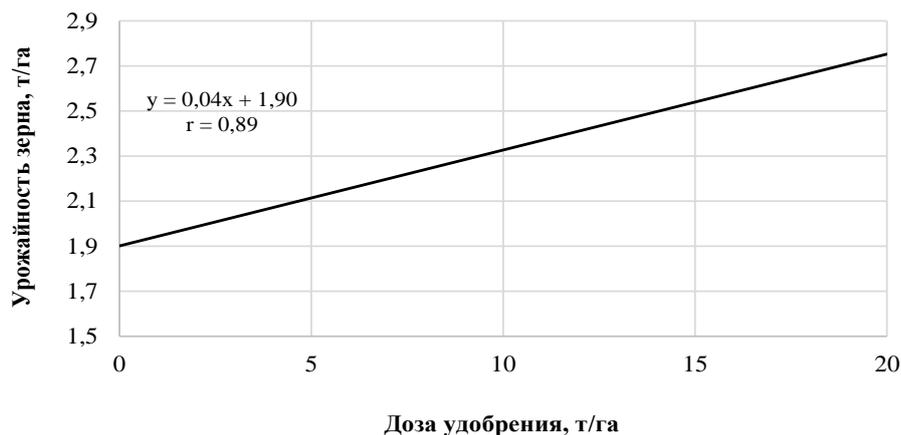


Рисунок 3.1 – Зависимость между дозами подстилочного помета и урожайностью зерна пшеницы яровой (среднее 2015-2017 гг.).

Одним из важных эквивалентов результативности использования различных доз является окупаемость единицы пометного удобрения. Так, по информации С.М. Лукина [102], нормативная окупаемость 1 т подстилочного помета 160 кг з.е., бесподстилочного полужидкого – 80 кг з.е., жидкого – 30 кг з.е. По данным Н. Маругиной [114], применение 1 т подстилочного навоза окупалось 68 кг з. ед. на естественном фоне и 60 кг з. ед. на фоне минеральных удобрений. Использование подстилочного птичьего помёта в 2 раза эффективнее подстилочного навоза, окупаемость 1 т подстилочного помёта без NPK – 143 кг з. ед., на фоне NPK – 115,7 кг з. ед.

В наших исследованиях, каждая тонна помета позволила дополнительно получить с гектара в год действия максимально 55,4 кг зерна пшеницы – при внесении 8 т/га, минимально – 41,0 кг – при 20 т/га. С учётом этого показателя, изучаемые дозы птичьего помёта располагаются в убывающем ряду от 8 до 20 т/га. Более высокие показатели окупаемости отмечены при внесении низких и средних доз. Направленность действия изучаемых доз на показатели урожайности зерна и окупаемость носили противоположный характер.

Действие птичьего помета не ограничивается одним годом, а продолжается в последствии [12]. При изучении первого года последствия подстилочного помета установлено, что во всех вариантах получены достоверные прибавки урожая пшеницы (таблица 3.5). Последствие доз 12-20 т/га было практически одинаковым, увеличение урожайности составило 0,63-0,66 т/га зерна (27,15 и 28,44 % к контролю).

Таблица 3.5 – Последствие куриного помета (первый год по пшенице яровой) на урожайность зерна пшеницы яровой при возделывании на лугово-черноземной почве (2016-2018 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя	т/га	%	
Контроль	2,09	2,70	2,18	2,32	–	–	–
4 т/га	2,32	3,00	2,30	2,54	0,22	9,48	55,0
8 т/га	2,44	3,44	2,32	2,73	0,41	17,67	51,3
12 т/га	2,48	3,57	2,81	2,95	0,63	27,15	52,5
16 т/га	2,50	3,59	2,84	2,98	0,66	28,44	41,3
20 т/га	2,53	3,66	2,70	2,96	0,64	27,58	32,0
НСР ₀₅	0,11	0,12	0,11				

Таким образом, последствие несколько ниже действия, но высокий эффект от применения удобрений сохраняется. Наибольшая окупаемость каждой тонны в последствии была в варианте 4 и 12 т/га и составила 55,0 и 52,5 кг зерна соответственно, минимальная – при внесении 20 т/га – 32,0 кг. В лучших вариантах она была такой же, как и при действии, что подтверждается и другими научными данными, полученными в регионе при применении помета [77, 190].

Действие и последствие помета в первый и второй года на урожайность зерна пшеницы яровой в севообороте при возделывании на лугово-черноземной

почве обеспечили суммарную прибавку за два года 1,35 т/га, за три года 2,15 тонны (таблицы 3.6 и 3.7).

Таблица 3.6 – Действие и последствие помета на урожайность зерна пшеницы яровой в севообороте при возделывании на лугово-черноземной почве (2015-2016 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га			Прибавка		Окупаемость, кг/т
	Действие, 2015 г.	Последствие 1-го года, 2016 г.	Сумма за 2 года	т/га	%	
4 т/га	1,62	2,32	3,94	0,35	9,75	87,5
8 т/га	1,82	2,44	4,26	0,67	18,66	83,8
12 т/га	2,16	2,48	4,64	1,05	29,25	87,5
16 т/га	2,40	2,50	4,90	1,31	36,49	81,9
20 т/га	2,41	2,53	4,94	1,35	37,60	67,5
НСР ₀₅	0,10	0,12				

Таблица 3.7 – Действие и последствие помета на урожайность зерна пшеницы яровой в севообороте при возделывании на лугово-черноземной почве (2016-2018 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	Действие, 2016 г.	Последствие		Сумма за 3 года	т/га	%	
		1-го года, 2017 г.	2-го года, 2018 г.				
Контроль	2,25	2,70	2,54	7,49	–	–	–
4 т/га	2,30	3,00	2,71	8,01	0,52	6,9	130
8 т/га	2,62	3,44	2,63	8,69	1,20	16,0	150
12 т/га	2,73	3,57	2,74	9,04	1,55	20,7	129
16 т/га	2,77	3,59	2,96	9,32	1,83	24,4	114
20 т/га	3,06	3,66	2,92	9,64	2,15	28,7	108
НСР ₀₅	0,09	0,11	0,18				

Таким образом, в исследованиях на лугово-черноземной почве все варианты применения помета позволили получить достоверное увеличение урожайности зерна пшеницы яровой как в действии удобрения, так и при последствии первого года. Наиболее эффективной дозой помета в год действия является 16 т/га – прибавка зерна составила 0,74 или 29,9 % к контролю.

В первый год последствия эффект от доз 12-20 т/га был практически одинаковым, увеличение урожайности составило 0,87-0,96 т/га (32,2-35,6 % к варианту без применения помета). В сумме за три года максимальная прибавка 2,15 тонны сформировалась при дозе 20 тонн органического удобрения. В тоже время наиболее высокой окупаемостью 150 кг зерна на 1 тонну удобрения отличался вариант, где доза помета составила 8 т/га. Поэтому при дефиците куриного помета в хозяйстве большую суммарную отдачу обеспечит именно эта доза.

Ячмень в среднем за годы исследований сформировал урожайность в контрольном варианте 2,41 т/га (опыт №2, таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Действие куриного подстилочного помета на урожайность зерна ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (2015-2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, кг/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	т/га	%	
Контроль	2,03	2,68	2,51	2,41	–	–	–
4 т/га	2,18	2,82	2,67	2,56	0,15	6,18	37,2
8 т/га	2,32	3,06	2,81	2,73	0,32	12,6	40,4
12 т/га	2,64	3,27	3,02	2,98	0,57	20,9	47,4
16 т/га	2,79	3,33	3,32	3,15	0,74	24,8	46,2
20 т/га	2,83	3,54	3,35	3,24	0,84	26,6	41,8
НСР ₀₅	0,11	0,16	0,14				

Внесение пометного удобрения позволило сформировать достоверные прибавки урожая. Наиболее эффективным было использование помета в дозах 16 и 20 т/га – увеличение урожайности, по сравнению с контролем, составило соответственно 0,74 и 0,84 т/га, или 24,8 и 26,6 % (рисунок 3.2).

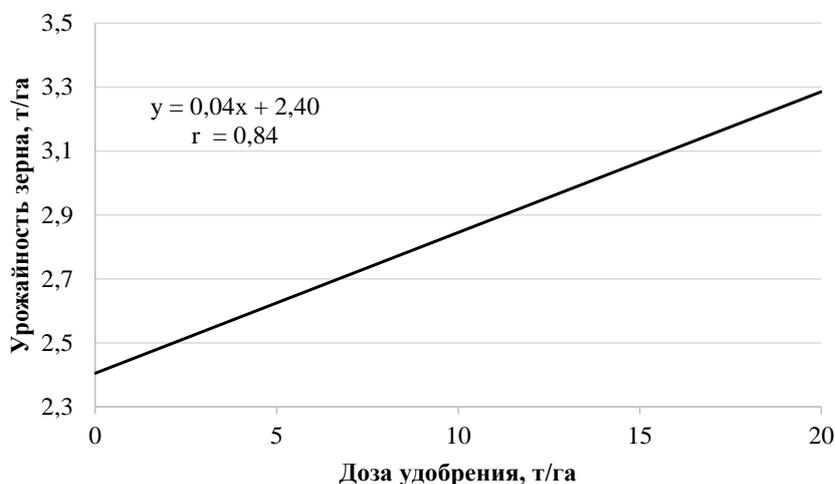


Рисунок 3.2 – Зависимость между дозами подстилочного помета и урожайностью зерна ячменя (среднее 2015-2017 гг.)

Каждая тонна помета позволила дополнительно получить с гектара максимально 47,4 кг – в варианте 12 т/га, минимально – в варианте 4 т/га – 37,2 кг зерна ячменя.

Таким образом, в целом в эксперименте при возделывании ячменя, наиболее эффективным оказалось внесение птичьего подстилочного помета в дозе 16 т/га, так как урожайность по сравнению с 20 т/га достоверно не отличается, а затраты удобрения меньше.

3.2 Химический состав лугово-черноземной почвы при применении пометных удобрений

Химический состав черноземных почв исследован многими учеными [25, 37, 41, 52, 66, 74, 93, 94, 96-98, 120, 194, 197 и др.]. На доступность для растений элементов питания почв оказывают действие подстилающие породы, гра-

нулометрический состав, содержание гумуса, рН и другие факторы. Зависит она и от применяемых удобрений.

Для диагностирования питания культур надлежит иметь количественными характеристиками содержания доступных форм элементов в почве. Анализ данных подвижных форм основных элементов питания под яровой пшеницей при внесении пометных удобрений показал наличие положительного эффекта для плодородия.

Как уже указывалось выше, птичий помет в своем составе имеет большое количество макро- и микроэлементов, причем содержание азота, фосфора и калия в нем практически в три раза выше, чем в полуперепревшем навозе КРС. Поэтому, внесение птичьего помета в почву должно привести к повышению почвенного плодородия [12, 76, 116, 124, 132].

Согласно проведенных нами исследований внесение куриного помета приводило к стабильному увеличению содержания элементов питания в почве под яровой пшеницей с очень низкого (5,26 мг/ кг почвы) в контроле до очень высокого в варианте (42,1 мг/кг почвы) с высокими дозами (приложение Б, таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Действие подстилочного куриного помета на содержание подвижных форм элементов питания в лугово-черноземной почве (слой 0-20 см) при возделывании пшеницы яровой, мг/кг (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Кущение			Восковая спелость			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	5,26	127	272	4,46	129	272	5,70	119	282
4 т/га	20,7	139	291	8,93	139	281	7,87	124	301
8 т/га	27,9	146	313	11,8	180	281	8,8	131	330
12 т/га	33,7	152	316	14,9	150	288	10,6	134	324
16 т/га	36,3	157	327	16,1	153	296	11,3	139	338
20 т/га	43,1	161	350	19,1	157	305	12,2	146	320

Так, к фазе кущения содержание нитратного азота возрастало в зависимости от варианта внесения на 18,44-36,84 мг/кг почвы или в 4,5-8 раз по сравнению с контролем. Аналогичная динамика отмечалась и по содержанию подвижного фосфора, по всем вариантам выявлено стабильное увеличение содержания этого элемента.

Следует отметить, что применение возрастающих доз куриного помета не смотря на очень высокое содержание калия в почве, с ростом дозы удобрения приводило к увеличению его содержания в почве с 272 мг/кг почвы в контроле до 350 мг/кг почвы в варианте с применением 20 т/га помета.

К моменту уборки содержание нитратного азота в почве снизилось по всем вариантам до 1,7 мг/кг почвы в контроле и 3,70-5,65 по вариантам применения удобрений в зависимости от дозы.

При внесении под пшеницу 1 т подстилочного помета содержание N-NO₃ в почве увеличивалось в среднем на 1,65 мг/кг (рисунок 3.3). Каждая тонна подстилочного помета повышала содержание подвижного фосфора на 1,63 мг/кг (рисунок 3.4), калия – на 3,56 мг/кг (рисунок 3.5).

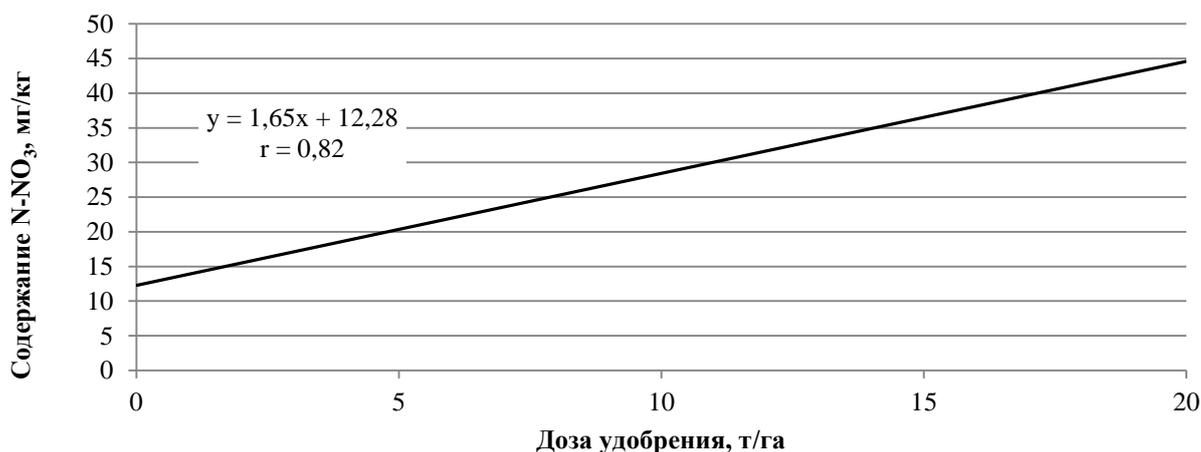


Рисунок 3.3 – Зависимость содержания нитратного азота в лугово-черноземной почве в фазе кущения пшеницы от доз подстилочного помета (среднее за 2015-2017 гг.)

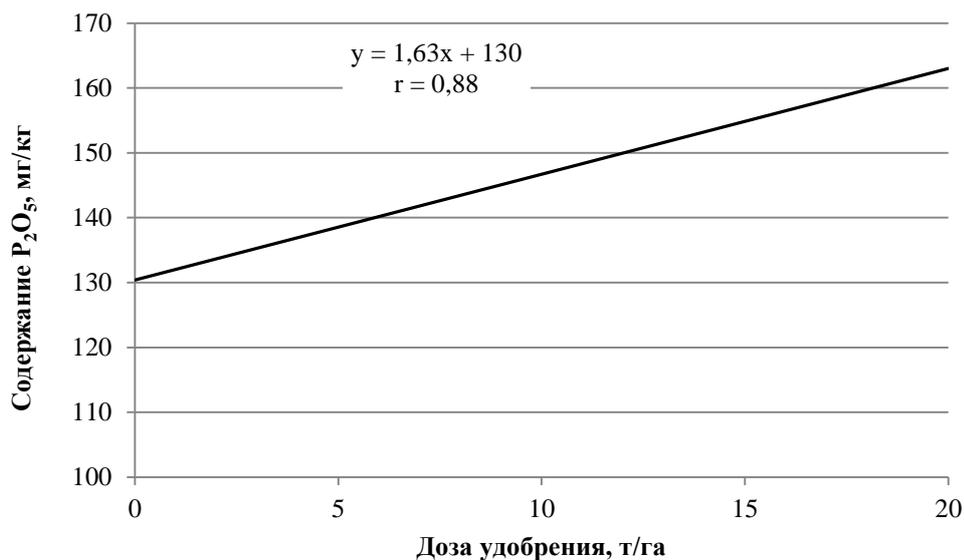


Рисунок 3.4 – Зависимость содержания подвижного фосфора в лугово-черноземной почве в фазе кущения пшеницы от доз подстилочного помета (среднее 2015-2017 гг.)

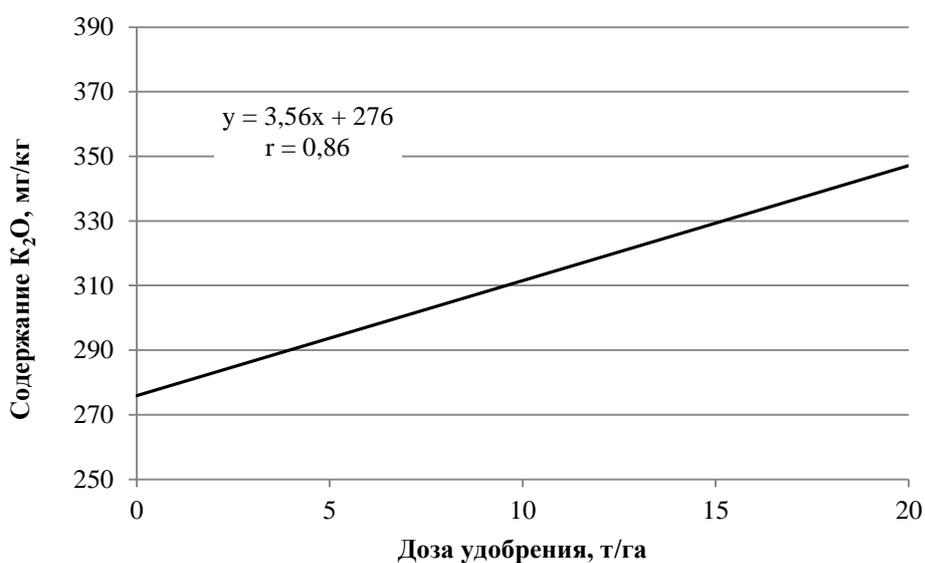


Рисунок 3.5 – Зависимость содержания подвижного калия в лугово-черноземной почве в фазе кущения пшеницы от доз подстилочного помета (среднее 2015-2017 гг.)

От применения птичьего помета в почве под ячменем в различной степени увеличивалось содержание нитратного азота, подвижного фосфора и калия (приложение В, таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Действие подстилочного куриного помета на содержание подвижных форм элементов питания в лугово-черноземной почве (слой 0-20 см) при возделывании ячменя, мг/кг (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Кущение			Восковая спелость			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	5,21	130	301	4,32	131	271	2,38	116	268
4 т/га	22,3	138	329	17,9	138	282	7,50	121	289
8 т/га	28,1	145	333	20,6	146	283	8,50	130	285
12 т/га	32,6	157	350	21,3	151	276	9,97	136	285
16 т/га	36,5	164	369	22,6	155	273	11,3	146	274
20 т/га	43,0	167	388	27,7	159	298	13,2	149	303

Концентрация нитратного азота увеличивалась при отборе проб в фазе кущения ячменя с очень низкого уровня в варианте без удобрений (5,21 мг/кг) до очень высокого при внесении больших доз помета: при внесении 4 т/га она составила 22,3 мг/кг почвы, при внесении 16 и 20 т помета на 1 га – соответственно 36,5 и 43,0 мг/кг; подвижного фосфора – с повышенного уровня обеспеченности растений (130 мг/кг) до высокого – соответственно 164 и 167 мг/кг. Содержание подвижного калия в почве опытного участка находилось на очень высоком уровне во всех вариантах, но при этом по мере увеличения доз помета возрастало с 301 мг/кг в контроле до 329-388 мг/кг. Содержание перечисленных минеральных элементов в почве повышалось прямо пропорционально дозам удобрения.

При внесении 1 т подстилочного помета содержание N-NO₃ в почве увеличивалось в среднем на 1,69 мг/кг (рисунок 3.6). Каждая тонна подстилочного

помета повышала содержание подвижного фосфора в почве на 1,96 мг/кг (рисунок 3.7), калия – на 4,11 мг/кг (рисунок 3.8).

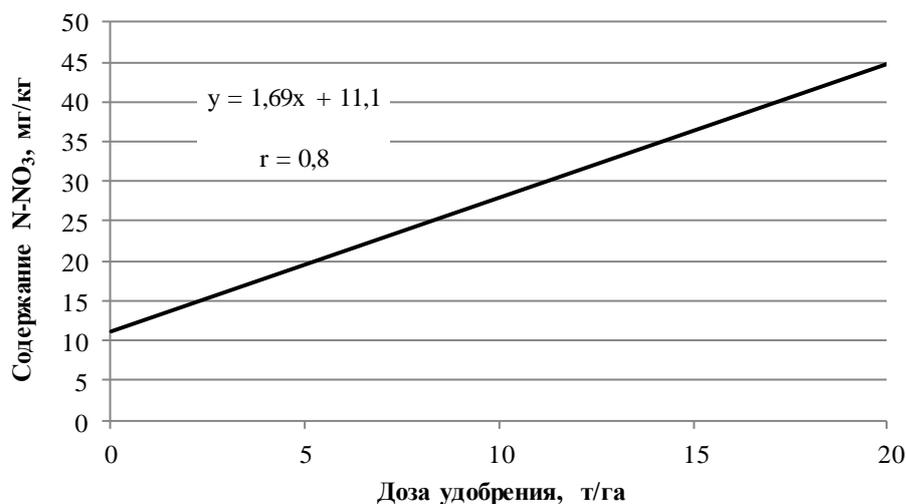


Рисунок 3.6 – Зависимость содержания нитратного азота в лугово-черноземной почве в фазе кущения ячменя от доз подстилочного помета (среднее 2015-2017 гг.)

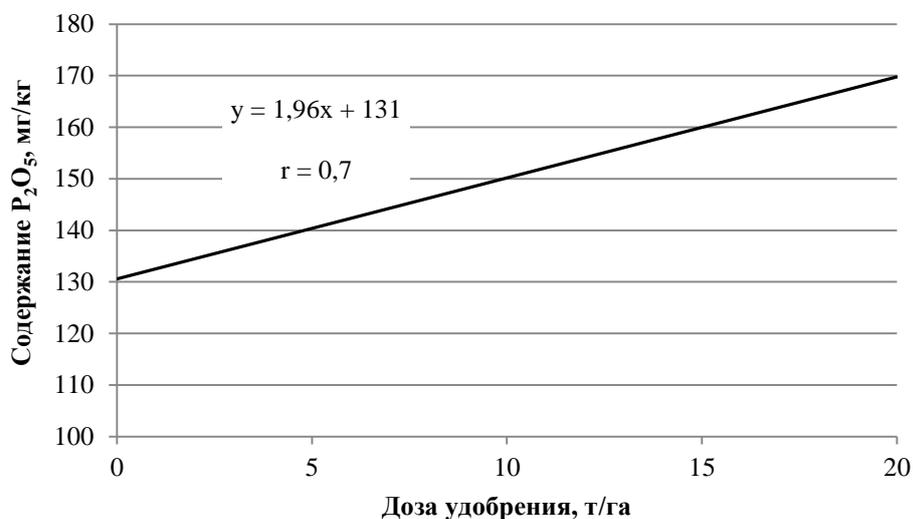


Рисунок 3.7 – Зависимость содержания подвижного фосфора в лугово-черноземной почве в фазе кущения ячменя от доз подстилочного помета (среднее 2015-2017 гг.)

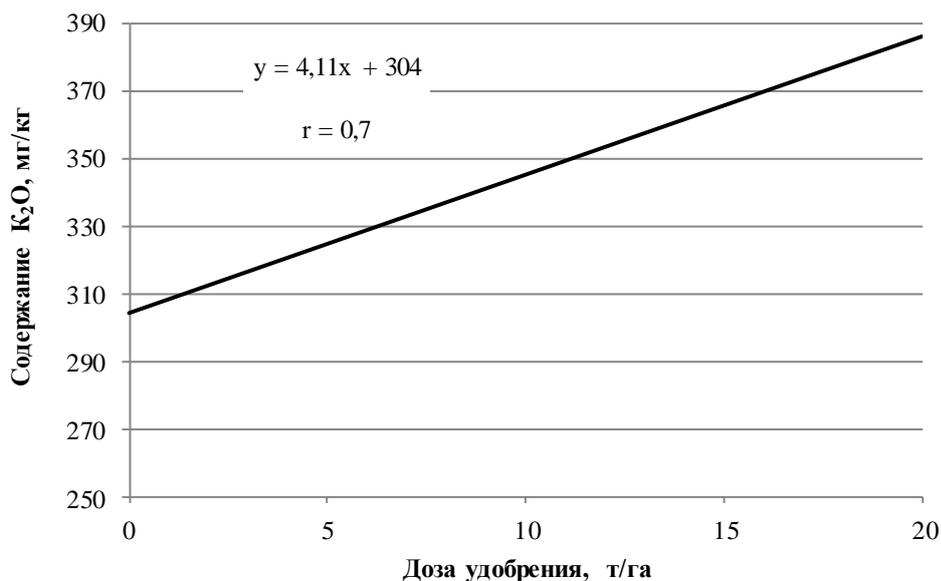


Рисунок 3.8 – Зависимость содержания подвижного калия в лугово-черноземной почве в фазе кущения ячменя от доз подстилочного помета (среднее 2015-2017 гг.)

В целом по опыту можно сделать вывод, что применение подстилочного помета под зерновые культуры значительно повышает содержание азота нитратов в лугово-черноземной почве с очень низкого до высокого уровня и подвижного фосфора с повышенного до высокого.

3.3 Влияние подстилочного куриного помета на качество зерна

Выявленные закономерности в системе «почва-растение-удобрение» важны для прогнозирования качества растениеводческой продукции, что позволяет в том числе целенаправленно его изменять [42, 73, 82, 122, 184].

Действие удобрений на качество продукции исследовали многие ученые, которые пришли к заключению, что оно зависит в большой степени от количества и сочетания удобрений [84-86, 122]. Так, применение удобрений в оптимальных нормах и соотношениях элементов питания в условиях черноземных почв Омского Прииртышья улучшало качество урожая возделываемых культур. Под влиянием азотных удобрений повышается белковость пшеницы на 0,3-

0,9 %, ячменя на 1,0-1,9 %. Некорневое опрыскивание посевов пшеницы, размещаемой по непаровым предшественникам, в фазу молочной спелости растворами мочевины или плава (смесь мочевины и аммиачной селитры в соотношении 2:1) в дозе 30 кг повышает содержание белка в зерне на 1,1-1,3 %. Влияние фосфорных и калийных удобрений на качество продукции не установлено [182].

Исследования на лугово-черноземной почве Омской области показали, что на увеличение содержания белка в зерне яровой пшеницы в значительной мере оказало влияние жидкого навоза, максимальное содержание отмечено в варианте 250 т/га (в контрольном варианте 18,8%). Содержание клейковины увеличивается во всех вариантах применения органических удобрений 50-300 т/га и составило 36-36,7%, при содержании в контрольном варианте 34,5% [191].

Применение оптимальных доз удобрений, обеспечивающих высокую урожайность является важной проблемой агрохимии. Оно должно положительно сказываться на повышении качества продукции. Понятие биологического качества включает в себя не только калорийность, белковость, витаминизированность, но также содержание всех необходимых для жизнедеятельности человека и сельскохозяйственных животных химических элементов, удовлетворяющий в них потребность и не наносящих вред здоровью.

Стекловидность зерна является важным его технологическим свойством. Стекловидное зерно оказывает большее сопротивление раздавливанию и скалыванию и дает больший выход муки, которая ценится в хлебопечении. Стекловидность в экспериментах изменялась от 63 до 70 % (таблица 3.11), а сорт яровой пшеницы Дуэт, изучаемый в данных опытах, относится к среднестекловидным сортам и его зерно обладает довольно высоким содержанием белка, клейковины и хорошими хлебопекарными качествами.

Содержание белка в зерне составляет 9-26 % и определяет его пищевую ценность. Оно зависит во многом от климатических условий выращивания и увеличивается с запада на восток. Основная роль в биосинтезе белка принадле-

жит влажности и температуре почвы. Зерно пшеницы, выращенной в засушливых условиях, отличается повышенным содержанием белка по сравнению с зерном пшеницы, выращенной во влажных условиях. В сухие годы урожайность может уменьшаться, а содержание белка – повышаться, во влажные – наоборот [74].

При хлебопечении главным показателем качества зерна является количество и качество клейковины, которая представляет собой комплекс белковых веществ, в воде набухающих и образующих связную эластичную массу. Она включает в себя белки (70-80 % на сухое вещество), крахмал (около 20 %), жиры, клетчатку и др.

Применение куриного помета положительно повлияло на качество зерна (таблица 3.11). У пшеницы при внесении всех доз подстилочного помета наблюдалось увеличение белка в зерне: в контрольном варианте содержалось 17,5 %, при внесении удобрений – 18,0-18,5 %. При этом, чем больше доза, тем выше содержание белка. Также увеличилось содержание клейковины – с 34,1 до 35,3-35,6 % и стекловидность зерна – с 53 до 55-60 %.

Таблица 3.11 – Действие подстилочного куриного помета на качество зерна пшеницы яровой при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Белок, %	Клейковина, %	Стекловидность, %
Контроль	17,5	34,1	53
4 т/га	18,0	35,6	55
8 т/га	18,2	35,5	60
12 т/га	18,3	35,4	55
16 т/га	18,4	35,3	56
20 т/га	18,5	35,6	58
НСР ₀₅	0,75	1,45	5,8

Внесение подстилочного помета положительно повлияло на качество зерна ячменя (таблица 3.12). Больше всего сырого протеина накапливалось в зерне при дозе 16 т/га – 14,00 % при величине этого показателя в контроле 13,67 %, содержание жира было равно соответственно 1,43 и 1,53 %, и клетчатки – 4,0 и 4,4 %.

Таблица 3.12 – Действие подстилочного куриного помета на качество зерна ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Массовая доля, %			
	влаги	сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки
Контроль	13,0	13,67	1,43	4,0
4 т/га	13,3	13,80	1,44	4,1
8 т/га	13,6	13,82	1,46	4,2
12 т/га	14,3	13,93	1,48	4,3
16 т/га	15,0	14,00	1,53	4,4
20 т/га	13,9	13,38	1,47	4,2
НСР ₀₅	1,32	1,22	13,3	0,41

Сумма изучаемых аминокислот в белке зерна ячменя изменялась разнонаправлено, при этом все дозы удобрений способствовали повышению суммы аминокислот с 5,51 г/100 г в контрольном варианте до 5,86-6,27 г/100 г. Максимальное в опыте значение (6,27 г/100 г) отмечали при внесении 16 т/га помета (таблица 3.13).

Повышение содержания белка от внесения птичьего помета с 17,5% в контроле начинается с дозы 4 т/га (18,0 %) и достигает максимума при применении дозы 20 т/га (18,5%) (рисунок 3.9).

Увеличение содержания сырого протеина в зерне ярового ячменя от внесения птичьего помета с 13,67% в контроле (рисунок 3.10) также начинается с дозы 4 т/га (13,80 %), но в отличие от динамики белка в зерне яровой пшеницы,

достигает максимума при применении дозы 16 т/га (14,00%). Дальнейшее увеличение дозы птичьего помета до 20 т/га привело к снижению содержания сырого протеина в зерне ячменя до 13,38 %.

Таблица 3.13 – Действие подстилочного куриного помета на содержание аминокислот в белке зерна ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.), г / 100 г белка

Аминокислота	Вариант					
	0	4 т/га	8 т/га	12 т/га	16 т/га	20 т/га
Аргинин	0,26	0,30	0,29	0,30	0,28	0,31
Лизин	0,26	0,29	0,28	0,27	0,30	0,21
Тирозин	0,21	0,23	0,22	0,21	0,24	0,23
Фенилаланин	0,45	0,49	0,49	0,50	0,52	0,52
Гистидин	0,17	0,18	0,13	0,15	0,17	0,15
Лейцин + изолейцин	1,02	1,12	1,12	1,15	1,17	1,21
Метионин	0,18	0,21	0,20	0,18	0,19	0,19
Валин	0,39	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42
Пролин	1,09	1,13	1,12	1,18	1,20	1,24
Треонин	0,30	0,34	0,33	0,34	0,34	0,36
Серин	0,44	0,46	0,48	0,55	0,60	0,56
Аланин	0,37	0,37	0,39	0,38	0,41	0,40
Глицин	0,37	0,40	0,39	0,39	0,41	0,40
Сумма аминокислот	5,51	5,94	5,86	6,01	6,27	6,20
Сумма незаменимых аминокислот	2,60	2,87	2,84	2,85	2,96	2,91
Сумма критических аминокислот	0,74	0,84	0,81	0,79	0,83	0,76

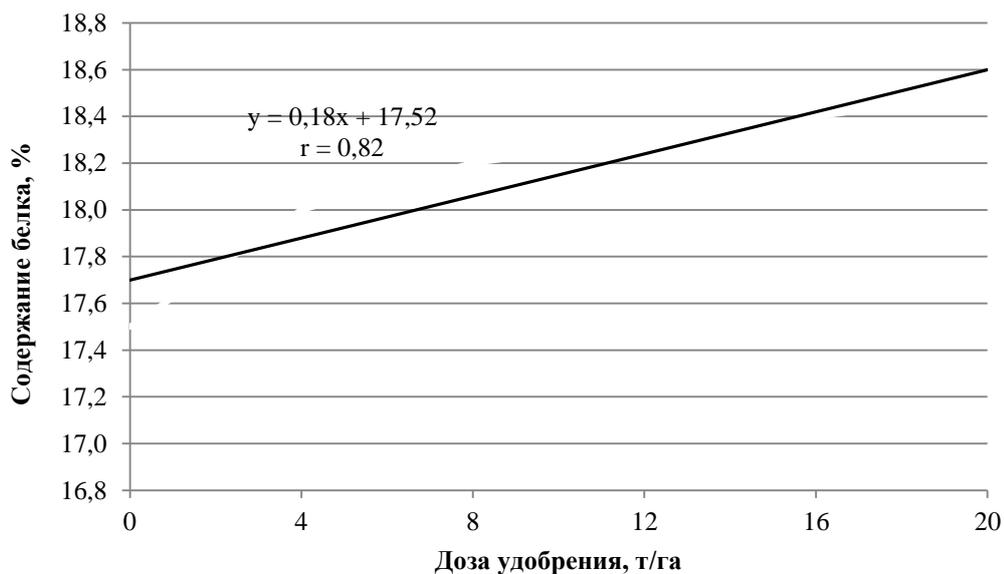


Рисунок 3.9 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2015-2017 гг.)

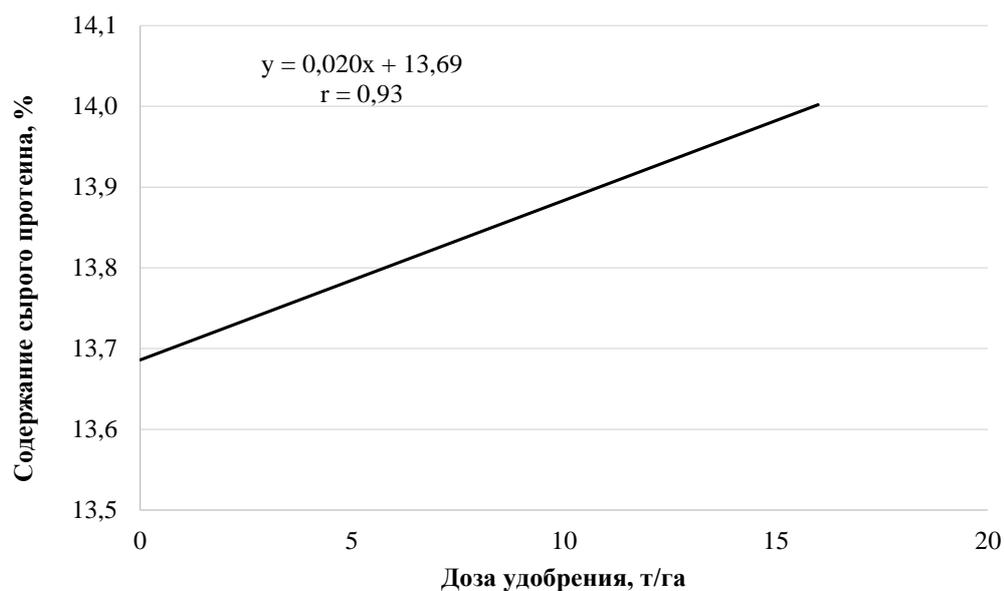


Рисунок 3.10 – Содержание сырого протеина в зерне ячменя в зависимости от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2015-2017 гг.)

После анализа связи между нормой органического удобрения (X , т/га) и концентрацией белка в зерне (Y_1 – пшеница, %) и сырого протеина (Y_2 – яч-

мень, %) выявлена тесная корреляционная зависимость, при использовании куриного помета в дозах до 20 и 16 т/га соответственно (уравнения 1, 2):

$$Y_1 = 0,18x + 17,52; \quad r = 0,82 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,020x + 13,69. \quad r = 0,93 \quad (2)$$

Позитивное действие органического удобрения на концентрацию белка объясняется тем, что в помете содержатся все необходимые элементы питания в существенном количестве, их воздействие на растение через почву влияет на белковый синтез [12, 80, 83, 84].

3.4 Влияние постилочного куриного помета на структуру урожая зерновых культур

На направленность биохимических процессов внутри организма и органогенез оказывают влияние не только условия внешней среды, но и достаточное минеральное питание, в конечном итоге это оказывает существенное влияние и на структуру урожая. З.И. Журбицкий [71, 72] 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». В связи с этим, оптимальные дозы удобрений являются фактором, обеспечивающим формирование такой структуры урожая, при которой отмечается самое эффективное расходование элементов питания на создание единицы основной продукции.

Эффективное управление питанием сельскохозяйственных культур обеспечивается за счет воздействия на растения, для получения более высоких показателей всех элементов структуры урожая. Достаточно хорошо известно, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит от числа растений на единице площади и продуктивности каждого растения. Для зерновых она складывается из продуктивной кустистости, числа зерен в колосе, массы 1000 зерен [154].

На массу 1000 зерен оказывают влияние условия развития растений. Полное удовлетворение потребности растений в период налива в минеральном питании, влаге, температуре, снижение негативных воздействий в этот период позволяет получить полновесное зерно. При возделывании той или иной культуры следует учитывать, что растения находятся в многосторонней и тесной связи с окружающей внешней средой. И только оптимальное сочетание всех факторов жизни растения позволит получить максимальную его продуктивность при наилучшем качестве урожая [73, 112, 122].

Изменение урожайности сопровождается изменением элементов структуры урожая, одним из основных является соотношение зерна к соломе (таблица 3.14) оптимальным оно было 1:1,47, при этом соотношении получена максимальная урожайность зерна яровой пшеницы исследуемого сорта. Этот же показатель при выращивании ячменя составил 1:1,18-1,16.

Оценка количественных характеристик структуры урожая яровой пшеницы при изучении применения органических удобрений на основе куриного помета (опыт №1) показала, что применение органических удобрений оказывает положительное влияние на массу 1000 зерен.

Работа над увеличением количества зерен в колосе является хорошим резервом повышения урожайности зерновых культур. В наших исследованиях наибольшее количество зерен в главном колосе – 27-26 шт. (контроль – 24) отмечалось в вариантах 8 и 20 т/га, в тоже время этот показатель почти на всех вариантах вошёл в диапазон от 24 до 27 шт. Масса зерна главного колоса изменялась значительно – от 0,84 г в контроле до 1,01 г при применении 16 т/га.

Как свидетельствуют исследования ряда авторов, помет комплексом элементов питания, находящемся в нем, в существенной величине оказывает влияние на развитие репродуктивных органов, в том числе и на массу 1000 зерен. [21, 53, 185].

Таблица 3.14 – Действие подстилочного куриного помета на высоту растений и структуру урожая яровых пшеницы и ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Кустистость		Количество зерен в главном колосе, шт.	Вес зерен в главном колосе, гр.	Соотношение зерно : солома	Масса 1000 зерен, гр.
		Общая	Продуктивная				
Пшеница яровая							
Контроль	94	3,0	2,5	24	0,84	1:1,56	35,3
4 т/га	95	3,3	2,6	25	0,88	1:1,50	35,2
8 т/га	100	3,4	2,6	27	0,98	1:1,55	36,4
12 т/га	100	3,7	2,7	24	0,89	1:1,55	36,7
16 т/га	99	3,6	2,8	25	1,01	1:1,37	40,3
20 т/га	99	3,8	2,9	26	1,01	1:1,47	38,7
Ячмень яровой							
Контроль	63	3,0	2,7	17	0,62	1:1,22	36,2
4 т/га	65	3,4	2,9	19	0,73	1:1,16	38,3
8 т/га	65	3,6	3,1	20	0,82	1:1,23	41,1
12 т/га	75	3,6	3,2	19	0,77	1:1,29	40,4
16 т/га	72	3,8	3,3	20	0,80	1:1,18	40,2
20 т/га	67	3,8	3,3	21	0,85	1:1,16	40,5

В наших исследованиях при внесении помета наблюдалось увеличение массы 1000 зерен с 35,3 г в контроле до 36,4-40,3 г в зависимости от дозы.

В опыте на количество продуктивных стеблей наибольшее влияние оказали дозы 12-20 т/га, оно составило у пшеницы 2,7-2,9 и ячменя 3,2-3,3 при 2,5 и 2,7 продуктивных стеблей в контроле соответственно.

В целом, за период исследований стабильное положительное действие на показатели структуры урожая наблюдалось при внесении 8-20 т/га пометных удобрений.

Проведенные исследования по влиянию органических удобрений на основе куриного помета на структуру урожая ячменя (опыт №2) показали, что условия для роста и развития растений лучше складывались в вариантах 8 и 20 т/га: озерненность главного колоса – 20 и 21 зерен, масса 1000 зерен – 41,1 и 40,5 г.

Соответственно наивысшие показатели структуры показывают устойчивую связь с наибольшей урожайностью в этих вариантах. При этом в варианте без применения куриного помета озерненность главного колоса и масса 1000 зерен были соответственно 17 и 36,2.

Высота растений яровой пшеницы была в диапазоне 94-100 см в зависимости от дозы, при этом в лучших вариантах по урожайности они выше, чем без использования пометных удобрений. Например, при дозах помета 8-20 т/га она составила 99-100 см, а в контроле – 94 см. Также и при возделывании ячменя: при применении помета 12-20 т/га высота растений – 67-75 см, а в контроле – 63 см.

В целом, рассмотрение структуры урожая свидетельствует о положительном действии органических удобрений на основе куриного помета на основные параметры, от которых зависит продуктивность яровых пшеницы и ячменя.

4 ВЛИЯНИЕ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА НА УРОЖАЙНОСТЬ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ И КАРТОФЕЛЯ

Значение овощей и картофеля в жизни человека трудно переоценить. Нет ни одного другого продукта, который мог бы заменить их во всех отношениях на длительный период. Важнейшим свойством белокочанной капусты и картофеля является способность сохранять содержащиеся в них витамины почти без изменения в течение 6-8 месяцев, что приобретает особую значимость в районах Сибири, где весенне-зимний период, сопровождающийся некоторым витаминным голоданием, довольно продолжителен. Широкое распространение белокочанной капусты и картофеля обусловлено их высокими вкусовыми качествами и разнообразием использования в пищу [16, 130].

Для получения высокого урожая капусты необходим постоянно высокий уровень содержания элементов питания в почве, так как эта культура очень отзывчива на удобрения и нуждается в их применении. Капуста белокочанная наиболее интенсивно потребляет азот и калий (до 70% от максимального накопления в первые пятьдесят суток вегетации) и более равномерным потреблением в течении вегетации фосфора. Исследованиями на юге Западной Сибири установлено, что на черноземе выщелоченном наиболее эффективно применение удобрений в парных комбинациях азота и фосфора, а также азота и калия, обеспечивающие прибавку урожая от 42,0 до 92,6%. Действие полного минерального удобрения на капусте было немного выше чем от парных комбинаций. В тоже время действие повышенных доз полного минерального удобрения зависело от сорта.

Эффективность применения органических удобрений под капусту была невысокой, зачастую даже ниже, чем полного минерального удобрения. Совместное внесение минеральных и органических удобрений улучшало минеральное питание капусты, но эффективность этой системы определялась сортовыми особенностями. Возделываемая на этом фоне капуста сорта Сибирячка 60

обеспечивала получение максимальной урожайности – 106,1 т/га, в то время как у других сортов прибавки хоть и были существенными, но значительно ниже, чем от минеральной системы в одинарных и полуполторных дозах [163].

Как и все культуры высокой продуктивности картофель требователен к плодородию почвы и очень отзывчив на органические и минеральные удобрения. Так, в условиях Алтайского края урожайность картофеля на черноземе выщелоченном определялась как применяемыми системами удобрений, так и сортовыми особенностями этой культуры. Урожайность по сортам с естественным уровнем плодородия была близкой 25-27 т/га. В тоже время отзывчивость на применяемые удобрения различалась, особенно с органической системой. Использование парных комбинаций РК и NP обеспечивало на обоих сортах практически одинаковый прирост продуктивности 3,5-3,4 и 4,6-4,9 т/га соответственно на сорте Берлихинген и Невский. Более существенная прибавка урожая характерна для азотно-калийной системы, где она достигала 18,2-28% в сравнении с неудобренным фоном. Полное минеральное удобрение в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ увеличивало продуктивность картофеля на 7,0-9,4 т/га или на 26-37 % к контролю. Дальнейшее увеличение доз не приводило к повышению урожайности у обоих сортов в сравнении с одинарной дозой NPK. Ежегодное внесение торфопометного компоста в дозе 40 т/га под картофель обеспечивало рост урожайности у сорта Берлихинген на 3,4 т/га, у сорта Невский на 9,6 т/га или в 2,8 раза больше. Это характерно и для вариантов с органо-минеральной системой как в прямом действии, так и в последствии [163].

Ермохин Ю.И. [56] считает, что в период от прорастания семян до появления ассимиляционной поверхности в клубнях картофеля ничтожно мало нитратного азота, в то время как в ростках и корнях его содержится от 100 до 200 мг/кг сока, фосфора – 205-240 мг, калия – 2690-4050 мг. Следовательно, азота, фосфора и других элементов в материнском клубне недостаточно, чтобы в первый период, когда образуются корневая система и вегетативная масса, полностью обеспечить растение необходимым количеством минеральной пищи. По-

сле появления корней, но еще до наступления всходов, картофель уже интенсивно потребляет питательные вещества из почвы.

Ермохиным Ю.И. [62, 66] установлено, что капуста и картофель в период роста и развития нуждаются в «нормальном» химическом составе почвы, особенно это относится к азоту. Капуста наибольшее количество азота потребляет в фазу завязывания кочана. Оптимальное развитие растений в течение вегетации обеспечивается только при гармоничном сочетании питательных веществ в почве. Оптимальный баланс элементов питания в почве (мг/кг почвы) для картофеля в фазу четырех-пяти листьев, для капусты – в фазу розетки выражается равенством $P_2O_5 \approx 10 \cdot N-NO_3 \approx K_2O$.

В условиях черноземных почв Омской области наибольшая прибавка кочанов получена при применении $N_{45}P_{90}$: средняя урожайность сформировалась в размере 81,0 т/га (в контроле – 43,6 т/га). Наибольшая прибавка клубней картофеля – 3,2 т/га – получена в варианте $N_{45}P_{90}$. Калийные удобрения при этом неэффективны [25, 58, 64].

4.1 Влияние подстилочного куриного помета на урожайность капусты белокочанной и картофеля

Возрастающие дозы птичьего помета в наших опытах повлияли на продуктивность капусты белокочанной (опыт №3, таблица 4.1). Во всех вариантах получены достоверные прибавки урожая кочанов. Наиболее эффективной дозой внесения была 12 т/га птичьего помета – урожайность кочанов составила в среднем за 2015-2017 гг. 80,2 т/га при урожайности в контрольном варианте 57,1 т/га, прибавка составила 23,1 т/га или 40,5 %. Внесение повышенных доз (16 и 20 т/га) не привело к дальнейшему достоверному повышению урожая кочанов. Наименьшая урожайность была получена в варианте внесения 4 т/га куриного помета – 68,7 т/га, прибавка 11,6 т/га или 20,4 %.

Таблица 4.1 – Действие куриного помета на урожайность капусты белокочанной при возделывании на лугово-черноземной почве (2015-2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, т/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	т/га	%	
Контроль	55,4	56,2	59,8	57,1	–	–	–
4 т/га	78,0	64,8	63,4	68,7	11,6	20,4	2,90
8 т/га	88,8	72,4	67,4	76,2	19,1	33,5	2,39
12 т/га	92,1	76,8	71,7	80,2	23,1	40,5	1,93
16 т/га	87,1	81,2	74,9	81,1	23,9	41,9	1,49
20 т/га	–	82,9	77,6	80,2	23,1	40,5	1,16
НСР ₀₅	4,1	4,6	4,3				

С увеличением дозы птичьего помета от 4 до 12 т/га наблюдается повышение урожайности от 68,7 до 80,2 т/га (рисунок 4.1). Окупаемость единицы внесенного удобрения (1 тонны) при этом максимальной была в варианте 4 т/га и составила 2,9 т кочанов капусты, минимальной – при внесении 20 т/га и составила 1,2 т кочанов.

До 12 т/га наблюдается прямолинейная зависимость урожайности капусты белокочанной от доз органического удобрения (рисунок 4.2).

В наших исследованиях куриный помет положительно повлиял на продуктивность картофеля (опыт №4, таблица 4.2). Во всех вариантах получены достоверные прибавки урожая клубней. Наиболее эффективным было внесение 12 т/га птичьего помета, которое позволило сформировать урожайность клубней 32,1 т/га (прибавка составила 9,9 т/га или 44,9 %). Наименьшая урожайность получена в варианте внесения 4 т/га – 26,9 т/га (прибавка 4,7 т/га, или 21,2 %). Увеличение доз помета до 16 и 20 т/га не обеспечивало дальнейшего достоверного повышения урожайности клубней (рисунок 4.3).

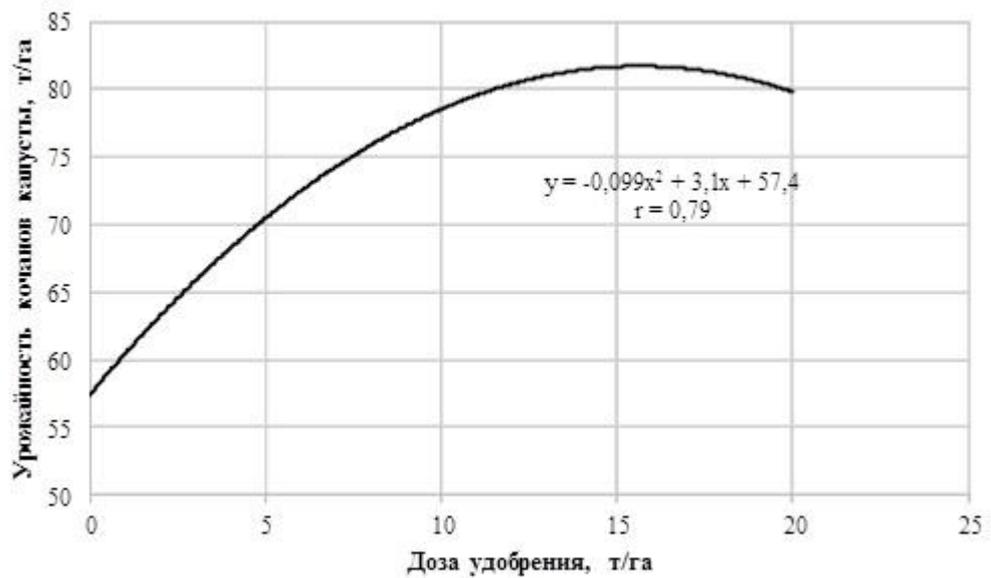


Рисунок 4.1 – Зависимость урожайности капусты белокочанной от доз органических удобрений на основе куриного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

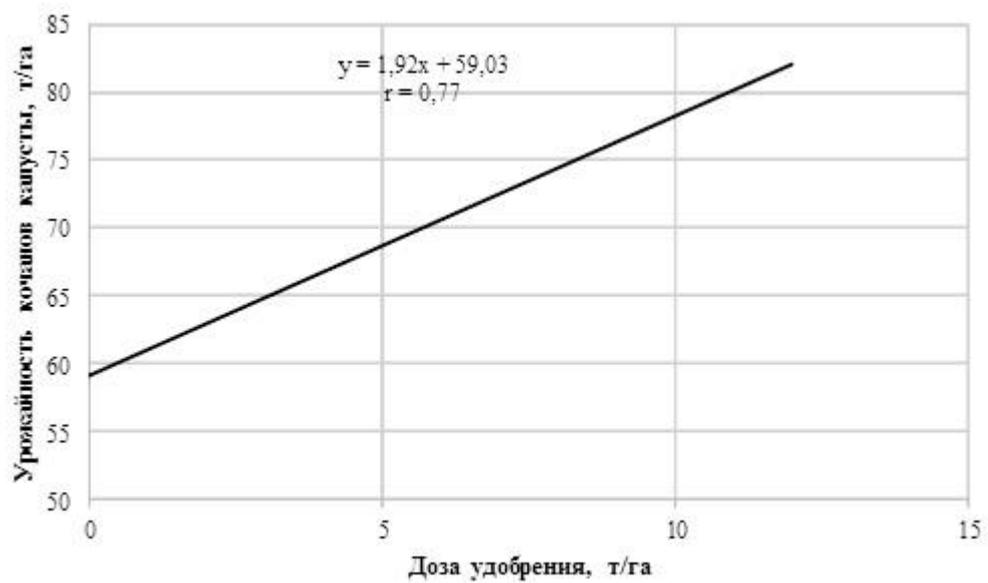


Рисунок 4.2 – Зависимость урожайности капусты белокочанной от доз органических удобрений на основе куриного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Таблица 4.2 – Действие органических удобрений на основе куриного помета на урожайность картофеля при возделывании на лугово-черноземной почве (2015-2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка		Окупаемость, т/т
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя	т/га	%	
Контроль	24,4	24,2	18,7	22,2	–	–	–
4 т/га	29,6	29,4	22,2	26,9	4,7	21,2	1,18
8 т/га	31,8	32,6	24,4	29,6	7,4	33,4	0,93
12 т/га	33,0	36,4	26,8	32,1	9,9	44,9	0,83
16 т/га	32,0	36,8	28,4	32,4	10,2	46,0	0,64
20 т/га	–	36,2	30,2	33,2	11,0	48,9	0,55
НСР ₀₅	2,5	2,8	2,7				

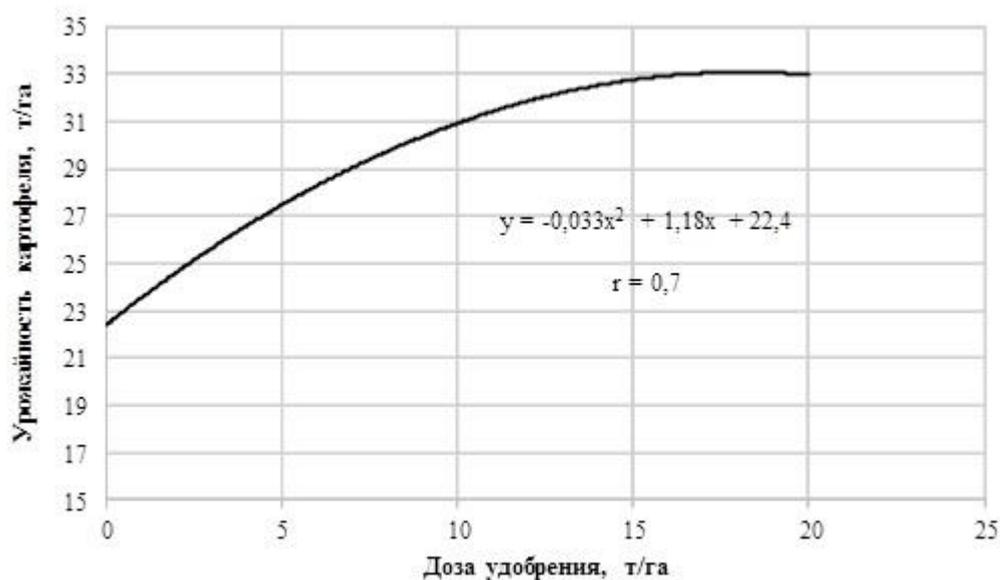


Рисунок 4.3 – Зависимость урожайности клубней картофеля от доз органических удобрений на основе куриного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

До 12 т/га наблюдается прямолинейная зависимость урожайности картофеля от доз органического удобрения (рисунок 4.4).

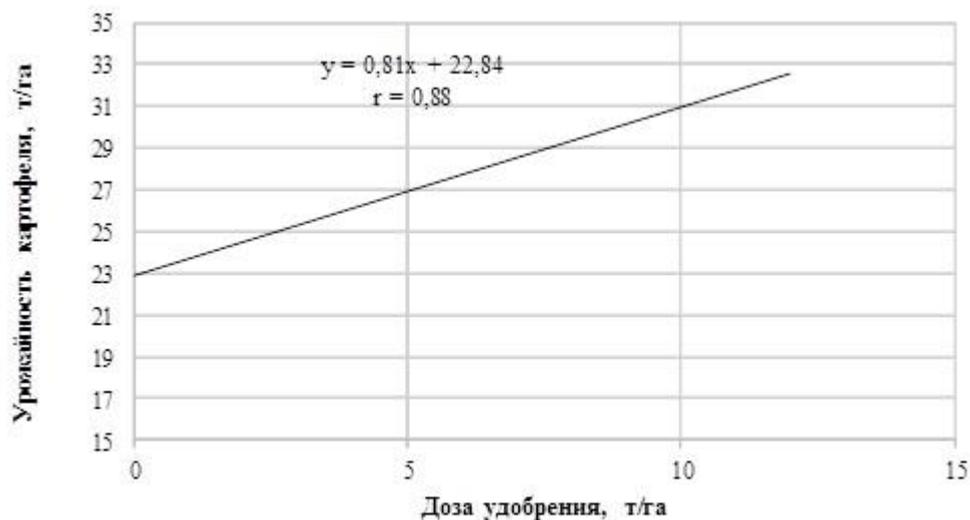


Рисунок 4.4 – Зависимость урожайности клубней картофеля от доз органических удобрений на основе куриного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Коэффициент регрессии показывает, на сколько в среднем увеличивается урожайность картофеля от каждой внесённой тонны помета (0,81 т/га). Окупаемость 1 тонны помета в опыте была максимальной в варианте с его внесением в дозе 4 т/га (1,18 т клубней картофеля), минимальной – при внесении в дозе 20 т/га (0,55 т клубней картофеля).

Таким образом, по результатам действия удобрения на лугово-черноземной почве южной лесостепи оптимальной дозой птичьего помета оказалось внесение 12 т/га как при выращивании капусты белокочанной, так и картофеля.

4.2 Химический состав лугово-черноземной почвы при применении пометных удобрений

Для получения высокого урожая капусты необходим постоянно высокий уровень содержания элементов питания в почве, так как эта культура очень отзывчива на удобрения. Куриный помет включает в себя все макро- и микроэле-

менты, необходимые растениям, а содержание основных элементов питания в нем значительно выше, чем в других органических удобрениях. Поэтому, внесение птичьего помета в почву приводит к повышению эффективного плодородия почвы [5, 8, 10, 13, 18, 19, 106, 184].

Исследования показали, что внесение птичьего помета увеличивало содержание нитратного азота под капустой в фазу образования кочанов с очень низкого уровня в варианте без удобрений до очень высокого. Содержание подвижного фосфора в почве также увеличивалось значительно, но в меньшей степени, чем нитратного азота. На содержание калия в почве птичий помет оказал меньшее влияние (приложение Г, таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Действие органических удобрений на основе куриного помета на содержание подвижных форм элементов питания (мг/кг) в лугово-черноземной почве (0-20 см) под капустой белокочанной (среднее 2016-2017 гг.)

Вариант	Образование кочана			Формирование кочана			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	9,6	148	232	6,8	146	233	4,5	142	236
4 т/га	14,1	153	237	9,6	150	238	7,0	144	239
8 т/га	19,0	158	243	12,6	153	241	8,3	146	245
12 т/га	23,6	165	248	15,6	157	244	10,4	148	244
16 т/га	26,3	171	251	18,4	159	246	11,8	150	243
20 т/га	30,9	178	256	22,1	165	250	13,9	155	250

При математической обработке данных установлено, что каждая тонна подстилочного помета увеличивает содержание нитратного азота в почве на 1,05 мг/кг (рисунок 4.5).

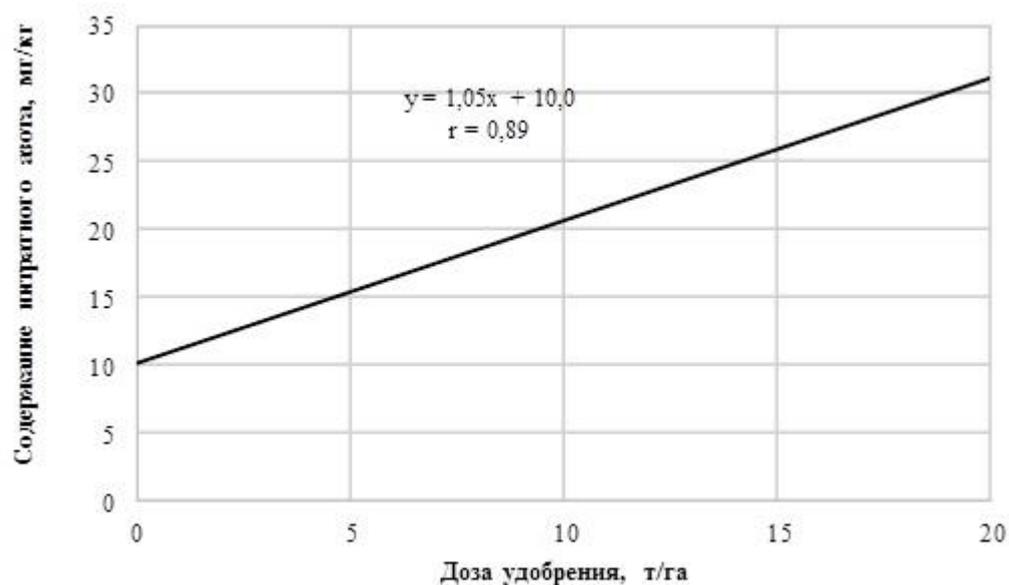


Рисунок 4.5 – Зависимость содержания нитратного азота в лугово-черноземной почве в фазу образования кочанов капусты от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2016-2017 гг.)

К уборке содержание нитратного азота значительно уменьшилось, но находилось еще на достаточно высоком уровне, особенно в вариантах с высокими дозами помета.

Содержание подвижного фосфора в почве при внесении помета также увеличивалось, при этом уровень обеспеченности культуры этим элементом с повышенного переходил на высокий уровень при внесении 12 т/га и выше – т.е. содержание доступного фосфора в пахотном горизонте превышало 150 мг/кг почвы. Каждая тонна подстилочного помета увеличивала содержание подвижного фосфора в почве под капустой на 1,50 мг/кг (рисунок 4.6).

Концентрация подвижного калия в почве опытного участка находилась на очень высоком уровне и составляла 232-256 мг/кг почвы. Каждая тонна подстилочного помета увеличивала его содержание в почве под капустой на 1,16 мг/кг (рисунок 4.7).

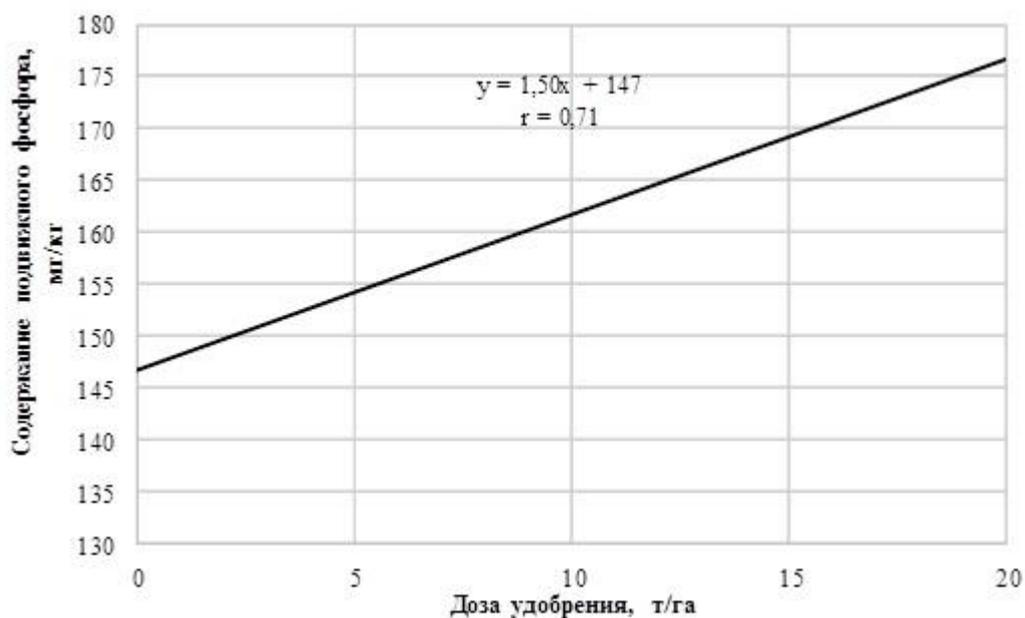


Рисунок 4.6 – Зависимость содержания подвижного фосфора в лугово-черноземной почве в фазу образования кочана капусты от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2016-2017 гг.)

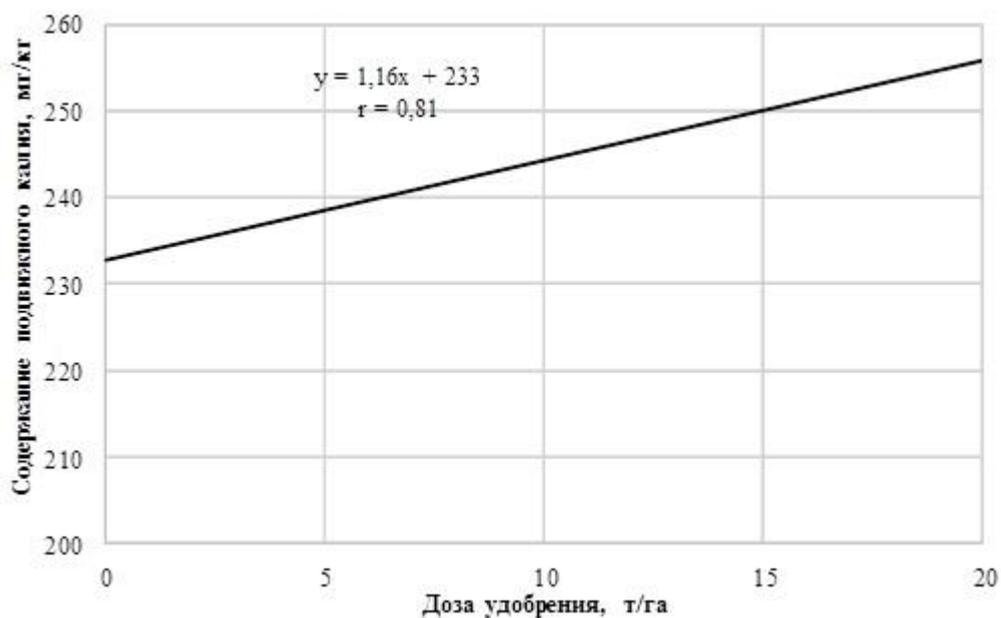


Рисунок 4.7 – Зависимость содержания подвижного калия в лугово-черноземной почве в фазу образования кочана капусты от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2016-2017 гг.)

Таким образом, внесение куриного помета существенно повышает содержание нитратного азота под капустой – с очень низкого до очень высокого уровня, и подвижного фосфора – с повышенного уровня до высокого.

Установлено, что применение куриного помета увеличивало содержание под картофелем нитратного азота и подвижного фосфора в фазе цветения с очень низкого уровня в варианте без удобрений до очень высокого (приложение Д, таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Действие органических удобрений на основе куриного помета на содержание подвижных форм элементов питания (мг/кг) в лугово-черноземной почве (0-20 см) под картофелем (среднее 2016-2017 гг.)

Вариант	Цветение			Формирование и рост клубней			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	6,5	148	251	5,2	147	247	3,9	148	243
4 т/га	12,5	152	254	9,3	151	250	5,0	147	245
8 т/га	17,7	158	257	14,5	151	252	6,8	150	243
12 т/га	23,7	164	259	17,5	157	252	8,1	154	247
16 т/га	28,3	170	262	21,5	161	255	9,7	155	250
20 т/га	32,2	175	267	24,3	165	256	11,8	160	251

Каждая тонна помета при внесении обеспечивала увеличение в слое почвы 0-20 см содержания N-NO₃ на 1,30 мг/кг (рисунок 4.8). Зная данный норматив можно рассчитывать дозу помета на плановый урожай или методом расчета доз на основе учета оптимальных уровней содержания N-NO₃ в почве [53, 60, 61]. К уборке картофеля содержание N-NO₃ уменьшилось, но находилось еще на достаточном высоком уровне, особенно в вариантах с высокими дозами помета.

Содержание подвижного фосфора в почве при внесении помета также увеличивалось, при этом обеспеченность культуры элементом с повышенного пе-

реходила на высокий уровень при дозах 12 т/га и выше, то есть его содержание в пахотном слое превышало 150 мг/кг. 1 т помета обеспечивала увеличение содержания подвижного фосфора на 1,40 мг/кг (рисунок 4.9).

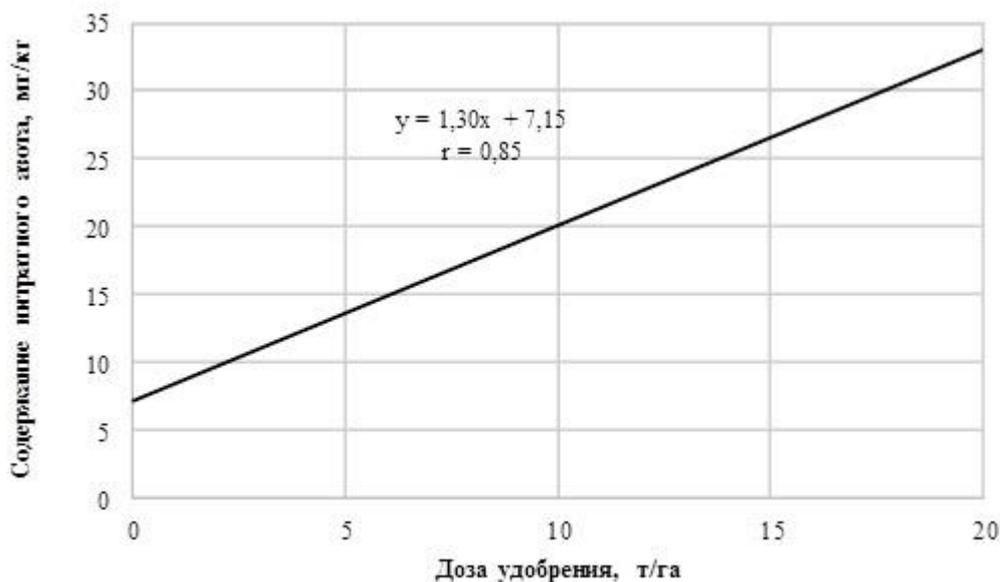


Рисунок 4.8 – Зависимость содержания нитратного азота в лугово-черноземной почве в фазе цветения картофеля от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2016-2017 гг.)

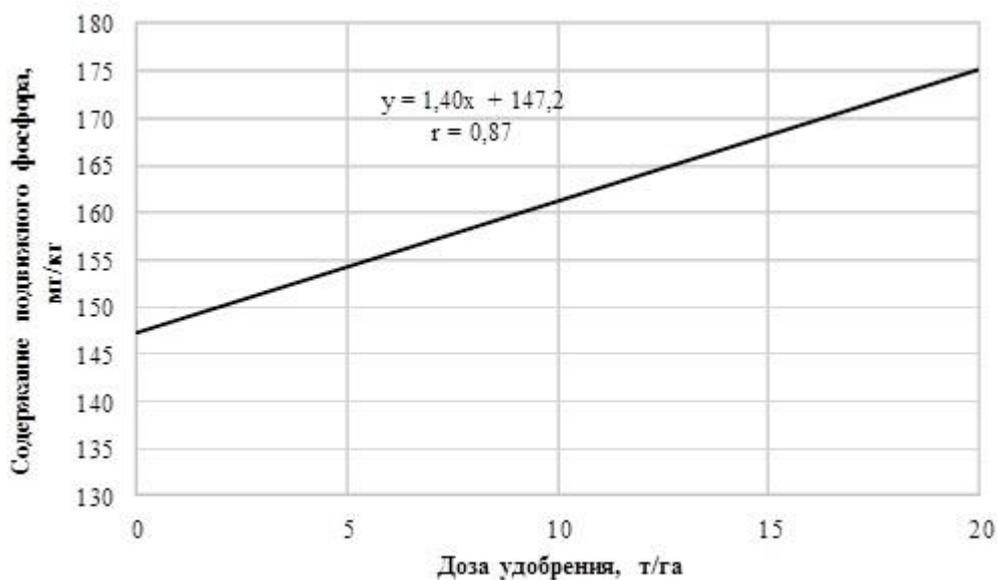


Рисунок 4.9 – Зависимость содержания подвижного фосфора в лугово-черноземной почве в фазе цветения картофеля от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2016-2017 гг.)

Содержание подвижного калия в почве находилось на очень высоком уровне, при внесении помета изменялось незначительно. 1 т помета увеличивала его в почве на 0,79 мг/кг (рисунок 4.10).

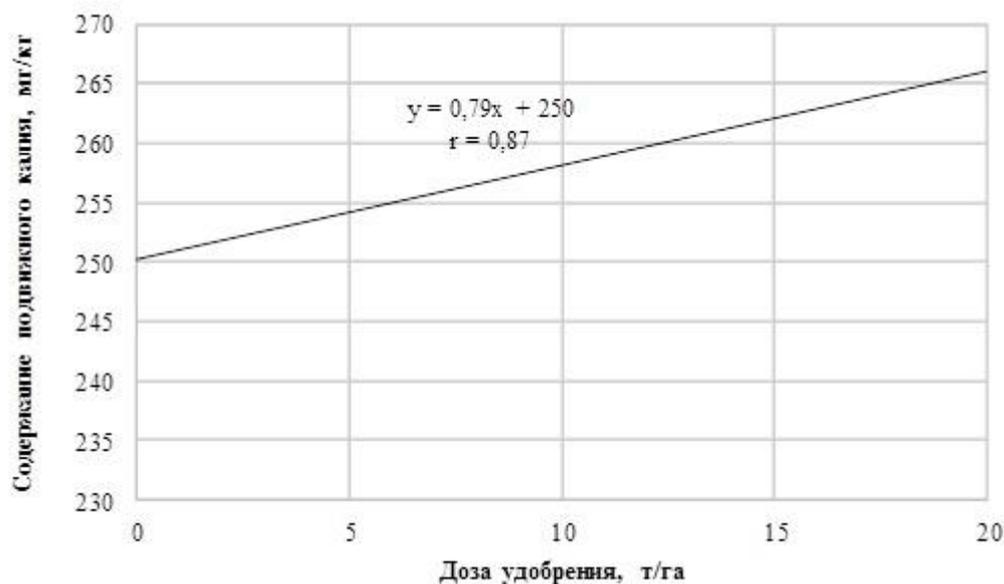


Рисунок 4.10 – Зависимость содержания подвижного калия в лугово-черноземной почве в фазе цветения картофеля от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2016-2017 гг.)

Таким образом, внесение подстильного куриного помета существенно повышает под картофелем содержание нитратного азота – с очень низкого до очень высокого уровня и подвижного фосфора – с повышенного уровня до высокого.

4.3 Влияние подстильного куриного помета на качество и структуру урожая капусты белокочанной и картофеля

Под качеством овощей следует понимать определенное биологическое и физическое состояние, характеризующееся совокупностью физических, химических, технологических и питательных свойств. Качественный состав овощей должен удовлетворять потребности человека в белках, витаминах, минераль-

ных элементах и в то же время не вредить здоровью. В связи с интенсивным применением удобрений качественная сторона продукции, связана с тем, что овощные культуры часто накапливают нитратные соединения в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации. Поэтому в последнее время большое внимание агрохимиков и медиков уделяется содержанию этих элементов в продукции, так как их избыток отрицательно сказывается на здоровье человека. По данным НИИОХ содержание NO_3 в капусте изменяется от 120 до 1200 мг/кг сырой массы. Нитраты накапливаются в тех случаях, когда их поглощение больше, чем расходуется на формирование урожая сухого вещества. Для избегания накопления избыточного нитратного азота в продукции важно оптимальное содержание азота, фосфора и калия в птичьем помете. Наряду с увеличением урожайности изучаемых культур при внесении птичьего помета большое значение имеет их качество. К качественным показателям капусты белокочанной капусты относятся сухое вещество, сахара, витамин С и нитраты. Максимальной дозой нитратов, безвредной для человека, при ежедневном поступлении считается 4,2 мг/кг его массы [25].

Пищевое достоинство капусты белокочанной определяется высоким содержанием в ней витаминов. В условиях Западной Сибири, в зависимости от сорта капуста белокочанная содержит: 8,0-12,8 % сухого вещества, 3,2-5,8 % общего сахара, 32,1-49,0 мг % аскорбиновой кислоты, а в условиях Забайкальского края – 8,0-12,0 % сухого вещества, 3,0-7,0 % общего сахара, 30,0-50,0 мг% аскорбиновой кислоты [50, 51].

Условия трансформации органического вещества помета в почве в течение вегетации определяют не только величину, но и качество урожая. Полученные материалы об изменении условий питания в корнеобитаемой среде показывают, что это не может не сказаться на качестве урожая. Поэтому не менее актуальным является изучение влияния птичьего помета на качество продукции. Именно качество свидетельствует о технологической пригодности продукции

для использования в разных отраслях сельскохозяйственного производства, а также определяет ее стоимость.

Качественный состав овощей должен удовлетворять потребности человека в белках, витаминах, минеральных элементах и в то же время не вредить здоровью. Наряду с влиянием внесения птичьего помета на урожайность культуры большое значение имеет изменение качества продукции под воздействием удобрения. В полеводстве особо актуальными являются при этом проблемы перекорма растений, нарушения соотношения питательных веществ в почве, влияния условий питания на биологическое качество урожая [56].

К важным качественным показателям капусты белокочанной относятся содержание сухого вещества, сахаров, витамина С и нитратов. Исследования показали, что с увеличением дозы птичьего помета от 0 до 20 т/га наблюдалось увеличение суммы сахаров с 5,02 до 5,29 %, содержания витамина С – с 21,6 до 23,7 мг% (приложение Е, таблица 4.5). В связи с интенсивным применением удобрений качественная сторона продукции связана с тем, что овощные культуры могут накапливать нитратные соединения в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации. Поэтому в последнее время большое внимание агрохимиков уделяется содержанию этих элементов в продукции, так как их избыток отрицательно сказывается на здоровье человека. Нитраты накапливаются в тех случаях, когда их поглощение больше, чем расходуется на формирование урожая сухого вещества. Концентрация нитратов при внесении возрастающих доз птичьего помета так же несколько увеличилась (с 137 до 168 мг/кг), но не превышала предельно-допустимой (500 мг/кг). Применение возрастающих доз птичьего помета не оказало существенного влияния на содержание сухого вещества в кочанах капусты, которое составило 9,9-10,2 %.

Таблица 4.5 – Структура и качество капусты белокочанной в зависимости от доз органических удобрений на основе куриного помета (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Соотношение массы кочанов к нетоварной части	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Контроль	1:0,4	9,9	5,02	21,6	137
4 т/ га	1:0,5	9,9	5,10	22,0	155
8 т/ га	1:0,5	10,0	5,19	22,3	160
12 т/ га	1:0,6	10,1	5,21	22,9	166
16 т/ га	1:0,6	10,0	5,27	23,3	132
20 т/га	1:0,6	10,2	5,29	23,7	168
НСР ₀₅	-	1,0	0,22	1,63	15,2

Важными показателями качества картофеля является содержание в нем крахмала и сухого вещества. Большое значение картофеля в питании человека обусловлено ценным его химическим составом. Крахмал это – основной компонент картофеля, его содержание в условиях Омского Прииртышья составляет 18,0-22,6 % в свежих клубнях или 75-80 % в сухом веществе [95]. Картофель считается важным элементом для микрофлоры кишечника и является превентивным средством против болезней толстой кишки, в том числе рака [181].

Качество урожая зависит от многих факторов: сорта, агротехнических, агроклиматических условий [172, 200], в том числе от условий минерального питания. Следует отметить, что применение азотных удобрений выше оптимального уровня приводит к снижению качественных показателей клубней [92]. В тоже время оптимальное фосфорное питание наоборот приводит к повышению накопления крахмала, улучшению вкусовых качеств, товарности и лежкости клубней [178, 198]. Аналогичное влияние на уровень содержания крахмала оказывает и калийное питание. Чем оно выше, тем выше крахмалистость и устой-

чивость мякоти клубней к потемнению из-за неблагоприятных условий хранения, а также при варке и резке [34, 174].

Как считают В.Д. Панников, В.Г. Минеев [137], один из важных факторов увеличения крахмалистости картофеля – оптимальное фосфорное питание. При недостаточном содержании фосфора в почве растения хуже используют нитратный азот, в результате отмечается резкое снижение содержания крахмала в клубнях [75, 128]. В тоже время по данным других исследователей высокие дозы фосфора ($N_{60}P_{180}K_{60}$) на фоне внесения 30 т/га навоза приводят к ухудшению вкусовых качеств картофеля [70]. Исследования Б.П. Лободы, Н.А. Лучника [101] показывают, что по сравнению с участками с низкой обеспеченностью фосфором на почвах с высокой обеспеченностью этим элементом содержание сухого вещества в клубнях возрастает на 2,4 %, а крахмала – на 1,8 %. По мнению А.В. Назарова [123], для получения высокого урожая и хорошего качества клубней необходимо выдерживать умеренный фон минеральных удобрений при усиленном соотношении в пользу фосфора и калия ($N_{90}P_{120}K_{120}$).

Влияет на качество картофеля и применение органических удобрений. Так, по данным П.А. Чекмарева [188] навоз неоднозначно влиял на содержание крахмала в картофеле: внесение 20 тонн навоза на 1 га приводило к снижению содержания крахмала у сорта Ярла на 0,06 % , у сорта Белоярский ранний на 0,17 %, и, наоборот, у сорта Романо было отмечено увеличение количества крахмала на 0,12 %. В тоже время автор отмечает, что при использовании более высоких норм 30 и 40 т/га навоза снижение содержания крахмала было отмечено у всех сортов и более значительное 0,16-1,06 % в зависимости от сорта.

Нашими исследованиями установлено, что применение птичьего помета в возрастающих дозах в среднем способствовало увеличению в клубнях картофеля содержания сухого вещества с 23,7 % в контроле до 26,1 % при дозе помета 16 т/га, а крахмала – с 16,6 до 18,5%. Концентрация нитратов также увеличилась, но на незначительную величину и не превышала ПДК, которая составляет 250 мг/кг (приложение Ж, таблица 4.6). Соотношение клубней к ботве увеличи-

валось с 1:1,06 в контроле до 1:0,90 при применении помета 12 т/га, а товарность – с 88 до 92 % соответственно.

Таблица 4.6 – Влияние от доз органических удобрений на основе куриного помета на структуру урожая и качество клубней картофеля (среднее 2015–2017 гг.)

Вариант	Соотношение клубней к ботве	Товарность, %	Содержание		
			сухое вещество, %	крахмал, %	нитраты, мг/кг
Контроль	1:1,06	88	23,7	16,6	62
4т/га	1:1,05	89	25,2	17,8	73
8 т/га	1:0,99	90	25,9	18,5	73
12 т/га	1:0,90	92	25,6	18,2	67
16 т/га	1:0,89	93	26,1	18,5	72
20 т/га	1:0,92	90	24,7	17,2	69
НСП ₀₅	-	7,8	2,31	1,82	11

Таким образом, исследования 2015-2017 гг. в условиях лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири показали высокую отзывчивость капусты белокочанной и картофеля на внесение куриного подстилочного помета. Наибольшая отдача наблюдалась при внесении 12 т/га – увеличение урожайности составило 23,1 т/га или 40,5 % к контролю. Установлено положительное влияние изучаемых удобрений на качество капусты белокочанной: повышалось содержание витамина С и сумма сахаров.

Оптимальным под картофель было внесение 12 т/га, которое обеспечило формирование урожайности клубней 32,1 т/га, что на 9,9 т/га, или на 44,9 %, превышало величину этого показателя в контрольном варианте. Внесение птичьего помета в возрастающих дозах способствовало увеличению в клубнях кар-

тофеля содержания сухого вещества с 23,7 до 26,1 %, а крахмала – с 16,6 до 18,5 %.

Используемые органические удобрения в экспериментах существенно воздействовали на урожайность изучаемых сельскохозяйственных культур. В вариантах с органическими удобрениями на основе куриного подстилочного помета урожайность достоверно больше, чем в контроле. Поэтому, на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири при типичном уровне содержания элементов питания в пахотном слое (недостаток доступных азота и фосфора) внесение куриного подстилочного помета эффективно.

5 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

5.1 Управление питанием культур на основе данных полевых опытов

Определение оптимальных доз удобрений под культурные растения с учётом их биологических особенностей и севооборота, почвенно-климатических условий является центральным звеном агрохимической науки и практики. Большое количество методов расчета доз удобрений объединяет то, что они основываются на результатах полевых экспериментов, а их многочисленность объясняется различной степенью точности выявления в опытах закономерностей в системе «растение-почва-удобрение» [30, 31, 47, 62, 119].

Согласно результатам полевых опытов № 1-4, изучаемые сельскохозяйственные культуры хорошо отзываются на органические удобрения на основе куриного подстилочного помета на лугово-черноземной почве. Это подтверждает и высокая функциональная зависимость их урожайности (Y , т/га) от доз органических удобрений (X , т/га) (уравнения 3-6) в диапазоне до оптимальных доз (рисунки 3.1, 3.2, 4.2, 4.4):

$$\text{пшеница яровая} \quad y = 0,04x + 1,90, \quad r = 0,89, \quad t_{\text{факт}}(3,38) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (3)$$

$$\text{ячмень} \quad y = 0,04x + 2,40, \quad r = 0,84, \quad t_{\text{факт}}(5,88) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (4)$$

$$\text{капуста белокочанная} \quad y = 1,92x + 59,03, \quad r = 0,77, \quad t_{\text{факт}}(8,32) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (5)$$

$$\text{картофель} \quad y = 0,81x + 22,84, \quad r = 0,88, \quad t_{\text{факт}}(9,18) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (6)$$

Из уравнений (3-6) следует, что коэффициент интенсивности действия (b_1) 1 т/га органического удобрения на формирование величины урожая зерна яровых пшеницы и ячменя составляет 0,04 т/га, кочанов капусты – 1,92, клубней картофеля – 0,81 т/га.

Данный норматив эффективности органических удобрений на основе куриного подстилочного помета делает возможным в условиях производства осуществлять планирование прибавок урожайности сельскохозяйственных культур. Например, зная, что для получения дополнительно 1 т/га зерна яровой

пшеницы и ячменя необходимо внести 25 т помета (1 т/га : 0,04 т/га = 25), расчёт прибавки урожая можно провести по формуле (7):

$$П = Д / 25, \quad (7)$$

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

Д – доза подстилочного помета, т/га;

25 – затраты подстилочного помета для создания 1 тонны зерна, т/га.

Информация о плановой прибавке урожайности (П, т/га) и коэффициентах интенсивности действия изучаемых органических удобрений ($b_1 = 0,04$ т/га зерна пшеницы яровой и ячменя, 1,92 т/га кочанов капусты и 0,81 т/га клубней картофеля) делает возможным рассчитать дозы подстилочного помета (т/га, формула 8):

$$Д = П / b_1. \quad (8)$$

Пример 1. При планировании прибавки урожая зерна яровой пшеницы 0,5 т/га доза подстилочного помета составит:

$$Д = 0,5 / 0,04 = 12,0 \text{ т/га.}$$

Пример 2. При планировании прибавки урожая зерна ячменя 0,8 т/га доза подстилочного помета составит:

$$Д = 0,8 / 0,04 = 20,0 \text{ т/га.}$$

Пример 3. При планировании прибавки урожая кочанов капусты 10 т/га доза подстилочного помета составит:

$$Д = 10 / 1,92 = 5,2 \text{ т/га.}$$

Пример 4. При планировании прибавки урожая клубней картофеля 6 т/га доза подстилочного помета составит:

$$Д = 6 / 0,81 = 7,4 \text{ т/га.}$$

Таким образом, на основе анализа данных полевых экспериментов можно расчетным методом определить величину дозы органического удобрения для получения плановой прибавки урожая сельскохозяйственных культур.

Полевой опыт связывает научные эксперименты с сельскохозяйственной практикой. Важнейшей его особенностью является исследование растения вме-

сте с комплексом почвенных, метеорологических, агрохимических и агротехнических факторов. Исключительно этот метод может установить связь между урожайностью сельскохозяйственной культуры и средствами воздействия на нее [17, 49, 139, 150]. Вместе с тем, основным путем повышения эффективности растениеводства является регулирование питания с целью оптимизации содержания в почве доступных форм элементов. Для этого применяют почвенную диагностику минерального питания растений [41, 112, 182]. Ю.И. Ермохиным с сотрудниками [25, 32, 54-62, 146] предложена и разработана система комплексной диагностики минерального питания более чем 40 сельскохозяйственных культур «ИСПРОД» в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана, частью которой является почвенная диагностика, в том числе для культур, изучаемых в данных исследованиях. В данной работе разрабатывается ряд нормативных параметров с учетом изучаемого удобрения и для современных сортов.

Для того чтобы управлять питанием растений, нужно иметь информацию о концентрации доступных элементов в почве и потребности растений в них по фазам развития, в каком количестве и какие питательные вещества сельскохозяйственные культуры поглощают по периодам вегетации, достаточно ли их в почве для растений.

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

Основной задачей почвенной диагностики является прогнозирование отзывчивости культур на удобрения в конкретных почвенных условиях. Известно, что урожайность культур на той или иной почве возрастает не беспредельно, а только в зависимости от биологии культуры и определенного уровня содержания питательных веществ в почве и растениях. Часто наблюдается, что при повышении концентрации химических элементов в почвенном растворе происходит прекращение роста урожая или даже его снижение.

В связи с вышесказанным нужно решить главную проблему – проблему нормирования содержания химических элементов в почве и растениях с учетом конкретных величин формирования урожая в конкретных природных условиях, что позволит управлять процессом развития растений, качеством формирующейся продукции и эффективным плодородием. Для этого с помощью математических методов устанавливалась взаимосвязь между содержанием доступных элементов питания в почве и урожайностью различных культур и сортов. Это позволяет объективно оценивать экспериментальные данные и определять в конкретном случае условия питания растений [25].

Одной из задач представленных исследований является прогнозирование отзывчивости сельскохозяйственных культур на использование пометных удобрений в конкретной агрохимической ситуации [12, 167, 169, 170]. На систему «почва-удобрение» действуют различные факторы, при этом наблюдается отчетливая зависимость между концентрацией подвижных элементов в почве и уровнем применения удобрений, изменяя который можно регулировать накопление питательных веществ в почве. После чего растения развиваются по-другому, изменяется величина и качество урожая [42, 93, 122, 152, 158, 163].

Отсюда нужно решить проблему оптимизации концентрации питательных веществ в почве в конкретной почвенно-климатической зоне и при определенной продуктивности растений, что позволит управлять их питанием, формированием плановой урожайности, почвенным плодородием [25, 56, 66, 94, 146]. С этой целью были найдены количественные взаимосвязи между содержанием доступных элементов в почве и урожайностью сельскохозяйственных культур.

В нашем эксперименте нужно было установить закономерности действия подстилочного помета на химический состав лугово-черноземной почвы. В таблице 5.1 приведено содержание доступных форм элементов питания в слое 0-20 см под яровой пшеницей при внесении органических удобрений.

Таблица 5.1 – Содержание доступных форм элементов питания в слое лугово-черноземной почвы 0-20 см под яровой пшеницей в фазу кушения при внесении органических удобрений на основе куриного подстилочного помета

Доза куриного помета, т/га (x_1)	Внесено элемента, кг/га (x_2)	Содержание элемента в почве, мг/кг (y)	Уравнение регрессии	
азот				
0	0	5,26	$y = 1,65x_1 + 12,28$ $r = 0,82$ (9) $t_{\text{факт}}(16,11) >$ $t_{\text{теор}}(2,21)$	$y = 0,043 x_2 + 12,28$ $r = 0,82$ (10) $t_{\text{факт}}(10,22) >$ $t_{\text{теор}}(2,21)$
4	152	20,7		
8	304	27,9		
12	456	33,7		
16	608	36,3		
20	760	43,1		
фосфор				
0	0	113	$y = 1,63 x_1 + 130,4$ $r = 0,88$ (11) $t_{\text{факт}}(4,18) >$ $t_{\text{теор}}(2,21)$	$y = 0,071 x_2 + 130,4$ $r = 0,88$ (12) $t_{\text{факт}}(5,14) >$ $t_{\text{теор}}(2,21)$
4	92	131		
8	184	145		
12	276	161		
16	368	167		
20	460	176		
калий				
0	0	301	$y = 3,56 x_1 + 276,0$ $r = 0,86$ (13) $t_{\text{факт}}(7,78) >$ $t_{\text{теор}}(2,21)$	$y = 0,30 x_2 + 276,0$ $r = 0,86$ (14) $t_{\text{факт}}(15,48) >$ $t_{\text{теор}}(2,21)$
4	48	329		
8	96	333		
12	144	350		
16	192	369		
20	240	388		

Применение органических удобрений на основе куриного подстилочного помета от 4 до 20 т/га, с которыми поступило от 148 до 740 кг/га азота, способствовало повышению концентрации нитратного азота в почве с 5,21 до 43,0

мг/кг; 92-460 кг/га фосфора помета увеличило содержание P_2O_5 в почве с 113 до 131-176 мг/кг; 48-240 кг/га калия – K_2O – с 301 до 329-388 мг/кг.

Полученные нормативы действия пометных удобрений (коэффициенты регрессии уравнений 9-14) на концентрацию доступных форм элементов питания в почве b_2 (мг/кг, таблица 5.2) позволяют не только прогнозировать содержание их в почве, но и рассчитывать дозы удобрений под сельскохозяйственные растения.

Таблица 5.2 – Коэффициенты интенсивности действия органических удобрений на основе куриного подстилочного помета (b_2) на содержание доступных элементов питания в слое почвы 0-20 см, мг/кг

Культура	Помет (1 т/га) – элемент в почве			Элемент в помете (1 кг/га) – элемент в почве		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Пшеница яровая, кущение	1,65	1,63	3,56	0,043	0,071	0,30
Ячмень, кущение	1,69	1,96	4,11	0,044	0,086	0,34
Капуста белокочанная, образование кочана	1,05	1,50	1,16	0,028	0,065	0,097
Картофель, цветение	1,30	1,40	0,79	0,034	0,061	0,066

Для практического расчета можно применить формулу (15) прогноза концентрации доступных элементов в почве (C , мг/кг) при применении органических удобрений на основе куриного подстилочного помета:

$$C = C_1 + D \cdot b_2, \quad (15)$$

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

D – доза органических удобрений, т/га;

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

Например, прогнозное содержание нитратного азота в почве (С) по яровой пшеницей от внесения органических удобрений на основе куриного подстилочного помета (коэффициент $b_2 = 1,65$) по формуле (15) будет следующим:

$$\text{доза помета} - 4 \text{ т/га: } C = 5,21 \text{ мг/кг} + 4 \text{ т} \cdot 1,65 = 18,9 \text{ мг/кг,}$$

$$\text{фактически в почве N-NO}_3 = 20,7 \text{ мг/кг (ошибка 9,5\%);}$$

$$\text{доза помета} - 8 \text{ т/га: } C = 5,21 \text{ мг/кг} + 8 \text{ т} \cdot 1,65 = 25,5 \text{ мг/кг,}$$

$$\text{фактически в почве N-NO}_3 = 27,9 \text{ мг/кг (9,4 \%);}$$

$$\text{доза помета} - 12 \text{ т/га: } C = 5,21 \text{ мг/кг} + 12 \text{ т} \cdot 1,65 = 32,1 \text{ мг/кг,}$$

$$\text{фактически в почве N-NO}_3 = 33,7 \text{ мг/кг (4,9 \%);}$$

$$\text{доза помета} - 16 \text{ т/га: } C = 5,21 \text{ мг/кг} + 16 \text{ т} \cdot 1,65 = 38,6 \text{ мг/кг,}$$

$$\text{фактически в почве N-NO}_3 = 36,3 \text{ мг/кг (-5,9 \%);}$$

$$\text{доза помета} - 20 \text{ т/га: } C = 5,21 \text{ мг/кг} + 20 \text{ т} \cdot 1,65 = 45,2 \text{ мг/кг,}$$

$$\text{фактически в почве N-NO}_3 = 43,1 \text{ мг/кг (-4,6 \%)}.$$

Эксперименты показали, что между изменяющимся в результате применения возрастающих доз пометных удобрений химическим составом почвы (нитратным азотом – x и подвижным фосфором – z , содержание подвижного калия в лугово-черноземной почве региона и опытных участков очень высокое и калий удобрений не оказывает существенного влияния на урожайность культур [56, 58, 94, 96, 182]) и величиной урожая исследуемых культур (y) имеется тесная корреляционная зависимость $r = 0,68-0,75$ (уравнения 16-19, рисунки 5.1-5.4):

$$\text{пшеница яровая } y = 1,87 + 0,011x + 0,002z, r = 0,75, t_{\text{факт}}(2,99) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (16)$$

$$\text{ячмень } y = 2,39 + 0,012x + 0,002z, r = 0,71, t_{\text{факт}}(3,55) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (17)$$

капуста

$$\text{белокочанная } y = 56,2 + 0,451x + 0,071z, r = 0,72, t_{\text{факт}}(8,81) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (18)$$

$$\text{картофель } y = 23,61 + 0,141x + 0,025z, r = 0,68, t_{\text{факт}}(4,54) > t_{\text{теор}}(2,21) \quad (19)$$

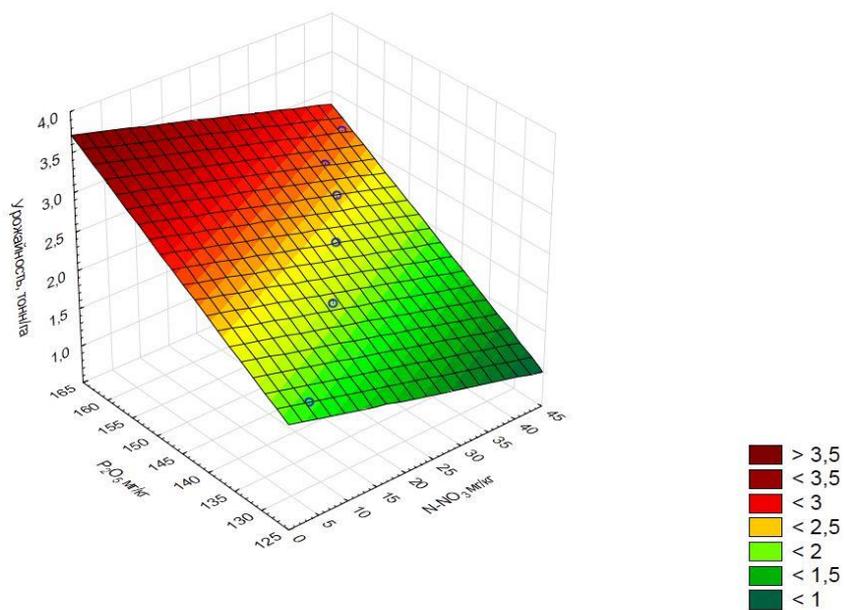


Рисунок 5.1 – Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от содержания нитратного азота и подвижного фосфора (мг/кг) в лугово-черноземной почве (слой 0-20 см)

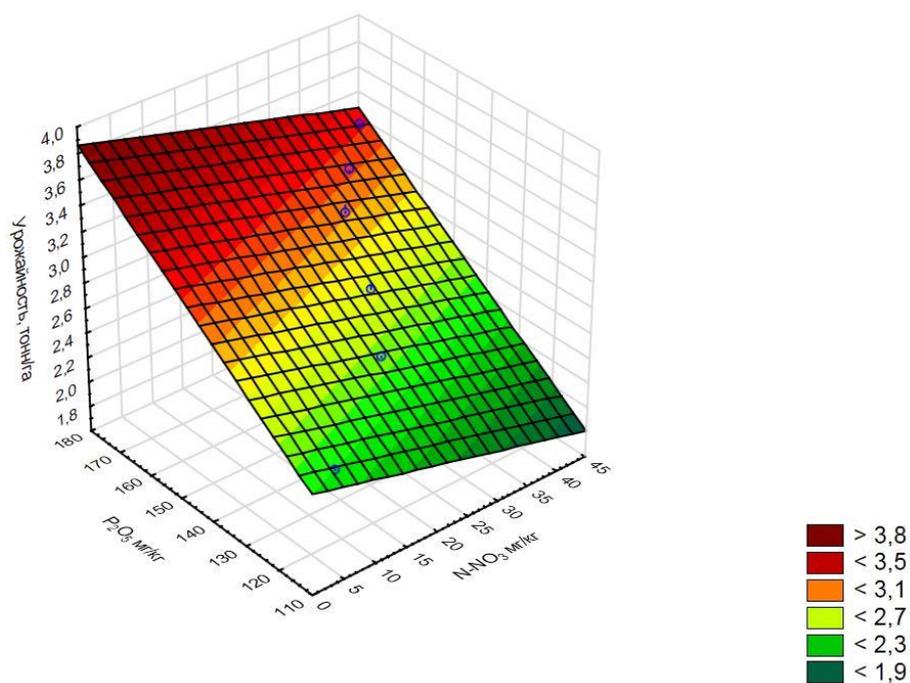


Рисунок 5.2 – Урожайность зерна ячменя в зависимости от содержания нитратного азота и подвижного фосфора (мг/кг) в лугово-черноземной почве (слой 0-20 см)

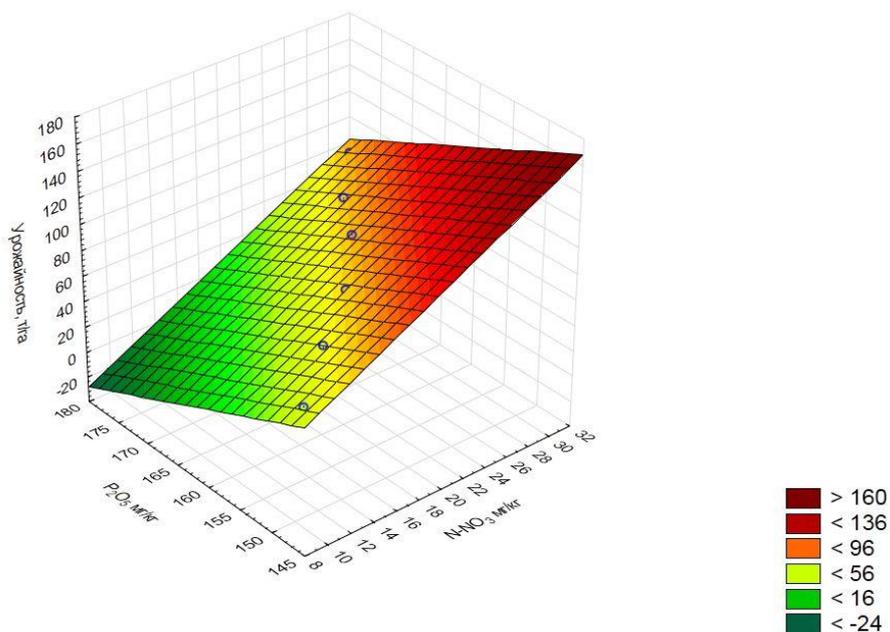


Рисунок 5.3 – Урожайность кочанов капусты белокочанной в зависимости от содержания нитратного азота и подвижного фосфора (мг/кг) в лугово-черноземной почве (слой 0-20 см)

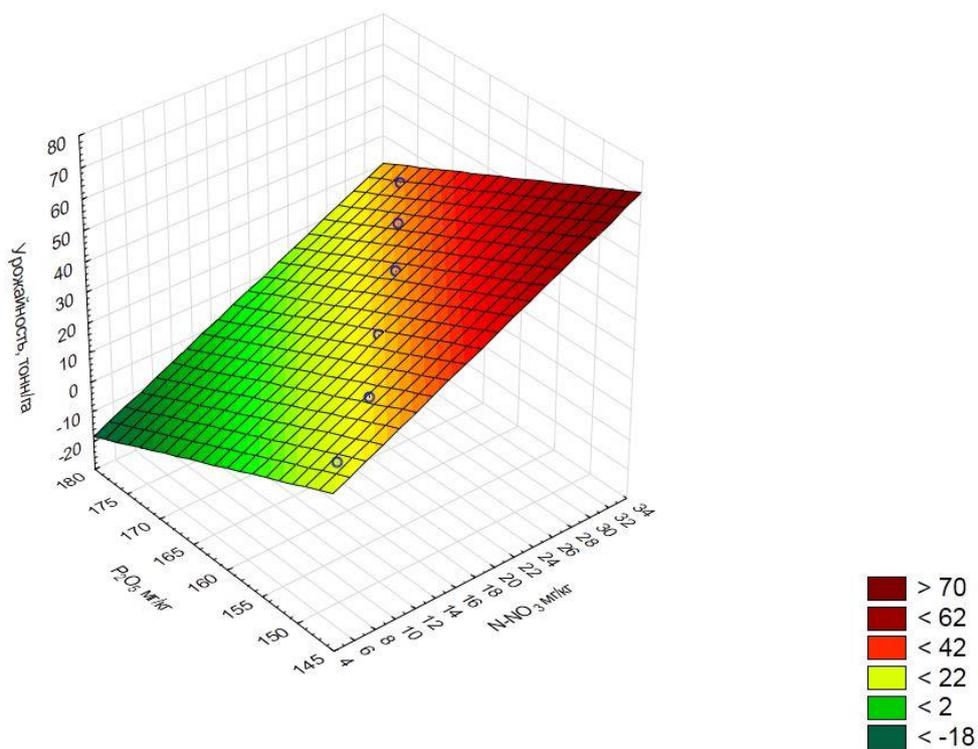


Рисунок 5.4 – Урожайность картофеля в зависимости от содержания нитратного азота и подвижного фосфора (мг/кг) в лугово-черноземной почве (слой 0-20 см)

Для каждой культуры существует свой оптимальный уровень содержания в пахотном слое подвижных форм элементов питания. Исследованиями различных ученых [25, 41, 60-62 и др.] установлены оптимальные уровни элементов питания для черноземных почв региона при возделывании различных сельскохозяйственных культур, в том числе объектов данных исследований (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Оптимальное содержание доступных элементов питания в черноземных почвах лесостепи Западной Сибири для сельскохозяйственных культур, мг/кг

Культура	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Источник
Пшеница яровая*	13,5-34	167-278	260	[60, 94, 118]
Ячмень*	13-39	100-167	260	[54, 60, 66]
Капуста белокочанная	26	260	260	[16, 56, 62]
Картофель	22	260	260	[14, 25, 56]

* Диапазон оптимальных значений указан для урожайностей 3-5 т/га

В наших исследованиях установлено, что наибольшие урожайности сельскохозяйственных культур получены при следующих концентрациях элементов питания (таблица 5.4). В целом можно отметить, что показатели обеспеченности элементами питания, отраженные в таблицах 5.3 и 5.4, одного уровня. То есть, с помощью внесения пометных удобрений мы создали близкие к оптимальным условия для развития растений на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири.

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

Культура	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Уровень урожайности, т/га
Пшеница яровая	28-33	150-160	310-350	2,5-2,7
Ячмень	28-33	145-165	330-380	3,0-3,2
Капуста белокочанная	19-24	165-170	250-260	76-80
Картофель	18-24	165-175	250-260	30-32

Математическими методами установлены взаимосвязи между дозами пометных удобрений и урожайностью сельскохозяйственных культур, содержанием доступных элементов в почве, установлены уровни их содержания в лугово-черноземной почве в определенные фазы развития, характерные для наибольших урожаев в эксперименте. Эти показатели позволяют не только диагностировать, но и управлять питанием растений при помощи внесения расчетных доз органических удобрений на основе подстилочного куриного помета [31, 62, 66].

Для увеличения содержания нитратного азота на 1 мг/кг в почве под пшеницей нужно внести 0,61 т/га помета ($1 \text{ мг/кг} : 1,65 \text{ мг/кг} = 0,61$). Отсюда определение доз помета (т/га) может осуществляться по формуле (20) на основе информации об оптимальном уровне нитратного азота в почве для яровой пшеницы:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 0,61, \quad (20)$$

где N_o – содержание нитратного азота в почве оптимальное, мг/кг;

N_{ϕ} – содержание нитратного азота в почве фактическое, мг/кг;

0,61 – доза органических удобрений на основе помета для повышения содержания элемента на 1 мг/кг в слое почвы 0-20 см, т/га.

Данные коэффициенты представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Дозы органических удобрений на основе помета для повышения содержания элемента на 1 мг/кг в слое почвы 0-20 см, т/га

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая, кущение	0,61	0,61	0,28
Ячмень, кущение	0,59	0,51	0,24
Капуста белокочанная, образование кочана	0,95	0,67	0,86
Картофель, цветение	0,77	0,71	1,26

Выявленные зависимости в системе «растение-почва-удобрение» делают возможным управлять питанием сельскохозяйственных культур с помощью определения доз органических удобрений расчетными методами на основе почвенной диагностики.

Оптимальные уровни содержания элементов в почве можно использовать при расчете доз удобрений по формуле (21):

$$D = (Э_0 - Э_ф) : b_2, \text{ кг/га.} \quad (21)$$

где Э₀ и Э_ф – оптимальное и фактическое содержание элемента в почве, мг/кг;

b₂ – коэффициент интенсивности действия единицы внесенного удобрения на химический состав почвы, мг/кг.

Данный метод расчета доз удобрений был широко апробирован ранее в работах различных ученых [14, 25, 32, 61, 146]. При использовании помета целесообразно рассчитывать дозу по азоту, так как на содержание подвижных фосфора и калия удобрение оказывает значительно меньшее относительное влияние, что показано в разделах 3.2 и 4.2.

Пример 5. При возделывании яровой пшеницы при содержании в почве 4,0 мг/кг нитратного азота доза подстилочного помета составит (по формуле 20):

$$D = (N_0 - N_ф) \cdot 0,61 = (16 \text{ мг/кг} - 4 \text{ мг/кг}) \cdot 0,61 = 7,32 \text{ т/га.}$$

Пример 6. При возделывании ячменя при содержании в почве 6,0 мг/кг нитратного азота доза подстилочного помета составит:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 0,59 = (16 \text{ мг/кг} - 6 \text{ мг/кг}) \cdot 0,59 = 5,9 \text{ т/га.}$$

Пример 7. При возделывании капусты при содержании в почве 8,0 мг/кг нитратного азота доза подстилочного помета составит:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 0,67 = (26 \text{ мг/кг} - 8 \text{ мг/кг}) \cdot 0,95 = 17,1 \text{ т/га.}$$

Пример 8. При возделывании картофеля при содержании в почве 10,0 мг/кг нитратного азота доза подстилочного помета составит:

$$D = (N_o - N_{\phi}) \cdot 0,77 = (22 \text{ мг/кг} - 10 \text{ мг/кг}) \cdot 0,77 = 9,4 \text{ т/га.}$$

Можно рассчитать дозу исходя из другого химического состава помета, при этом нужно использовать коэффициенты действия 1 кг азота помета на содержание нитратного азота в почве (таблица 5.2).

Пример 9. При возделывании яровой пшеницы при содержании в почве 6,0 мг/кг нитратного азота доза азота подстилочного помета составит (по формуле 21):

$$D_N = (N_o - N_{\phi}) : 0,043 = (16 \text{ мг/кг} - 6 \text{ мг/кг}) : 0,043 = 233 \text{ кг/га.}$$

При содержании в 1 т помета 25 кг азота доза подстилочного помета составит:

$$D = 233 \text{ кг/га} : 25 \text{ кг/т} = 9,3 \text{ т/га.}$$

При содержании в 1 т помета 38 кг азота доза подстилочного помета составит:

$$D = 233 \text{ кг/га} : 38 \text{ кг/т} = 6,1 \text{ т/га.}$$

Таким образом, с помощью установленных зависимостей можно создавать оптимальное питание доступных элементов в почве, определять дозы помета с учетом фактического уровня элемента в почве.

5.3 Нормативные агрохимические показатели при возделывании сельскохозяйственных культур и применении удобрений

Сельскохозяйственные культуры в процессе развития потребляют различное количество питательных веществ, зависящее от ряда факторов: биологические особенности культуры, почвенно-климатические условия, содержание питательных веществ в почве, агротехнологии и др. Для определения потребности растений в удобрениях необходимо иметь следующие нормативные показатели: затраты элементов питания на создание 1 т урожая, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений, величину азота текущей нитрификации [14, 32, 38, 42, 72, 146].

По информации Д. А. Сабина [158] химический состав растений и величина выноса ими питательных веществ зависят от метеорологических условий, в прохладный вегетационный период вынос питательных веществ существенно меньше, чем в теплый. Вынос азота увеличивается с улучшением влагообеспеченности сельскохозяйственных культур [91].

Вынос элементов питания зависит от доз удобрений [66]. Ю.И. Ермохиным, И.А. Бобренко [25, 64, 65] установлено, что затраты на создание единицы урожая зависят от сорта культуры. Ряд ученых [17, 25, 59, 119, 182] считает, что удобрения являются ключевым фактором, влияющим на вынос питательных веществ. При их внесении затраты элементов на единицу продукции, как правило, увеличиваются.

Информация по выносу основных элементов питания сельскохозяйственными культурами в наших исследованиях приведена в таблицах 5.6-5.8, приложениях Л, М, Н, О. Использование органических удобрений оказало существенное воздействие на вынос элементов питания растениями яровой пшеницы и ячменя (таблица 5.6). Вынос азота и фосфора зерном выше, чем соломой; вынос же калия в большей степени приходится на солому.

Таблица 5.6 – Вынос элементов питания урожаем зерновых культур в зависимости от доз органических удобрений на основе куриного подстилочного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Вынос, кг/га									Вынос единицей продукции, кг/т		
	зерно			солома			общий			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Пшеница яровая												
Контроль	43,6	10,9	8,0	18,0	3,9	32,0	61,6	14,8	40,0	33,1	7,9	21,5
4 т/га	49,4	12,7	8,8	20,2	5,0	35,2	69,6	17,7	44,0	34,1	8,7	21,6
8 т/га	55,6	14,8	10,4	23,9	6,4	42,4	79,4	21,2	52,8	34,5	9,2	23,0
12 т/га	66,6	16,9	11,7	28,5	7,2	49,8	95,1	24,1	61,5	38,4	9,7	24,8
16 т/га	71,0	18,1	12,7	27,6	7,5	48,8	98,6	25,6	61,5	37,9	9,8	23,7
20 т/га	74,1	20,0	13,9	29,6	8,1	56,7	103,8	28,1	70,7	38,7	10,5	26,4
Ячмень												
Контроль	49,0	17,8	16,2	15,8	5,7	29,7	64,8	23,5	45,9	26,9	9,8	19,1
4 т/га	55,5	20,0	17,5	21,5	9,5	39,4	77,0	29,4	56,9	30,1	11,5	22,2
8 т/га	58,9	22,1	19,0	18,9	9,6	35,4	77,8	31,7	54,4	28,5	11,6	19,9
12 т/га	66,4	24,6	21,2	21,0	11,3	40,8	87,3	35,9	62,0	29,3	12,0	20,8
16 т/га	71,7	28,5	22,9	20,2	11,4	39,9	91,9	39,8	62,8	29,2	12,6	19,9
20 т/га	74,3	29,6	23,9	21,4	11,9	40,7	95,7	41,5	64,6	29,5	12,8	19,9

Таблица 5.7 – Вынос элементов питания урожаем капусты белокочанной в зависимости от доз органических удобрений на основе куриного подстилочного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Общий вынос, кг/га			Вынос единицей продукции, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	226	53,2	263	3,96	0,93	4,60
4 т/га	304	73,6	354	4,45	1,08	5,19
8 т/га	365	84,6	413	4,83	1,12	5,46
12 т/га	396	95,6	441	4,98	1,20	5,54
16 т/га	420	103	455	5,16	1,26	5,60
20 т/га	422	104	450	5,26	1,30	5,60

Таблица 5.8 – Вынос элементов питания урожаем картофеля в зависимости от доз органических удобрений на основе куриного подстилочного помета при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Вынос, кг/га									Вынос единиц продукции, кг/т		
	Клубни			Ботва			Общий					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	67,1	23,1	123	27,3	20,8	109	94,4	43,9	232	4,2	1,9	10,4
4 т/га	82,8	29,5	151	33,9	27,7	131	117	57,2	281	4,4	2,1	10,5
8 т/га	96,5	36,8	173	35,4	28,7	132	132	54,8	272	4,5	2,0	10,3
12 т/га	107	42,4	193	38,4	30,7	138	145	63,2	331	4,6	2,1	10,3
16 т/га	115	41,4	186	36,8	28,3	139	151	61,0	325	4,7	2,0	10,0
20 т/га	122	44,4	211	36,4	29,4	141	159	73,8	352	4,8	2,2	10,6

При рассмотрении размеров потребления питательных веществ растениями картофеля можно отметить, что азот, фосфор и калий в основном выносятся клубнями, а не ботвой (таблица 5.7), особенно это характерно для азота, вынос которого клубнями превышает вынос ботвой в 3-3,5 раза.

Затраты элементов питания на создание единицы продукции с учетом побочной – важнейший показатель для планирования выноса урожаем. В условиях лесостепи Западной Сибири в исследованиях И.Ф. Храмцова [182] расход элементов питания на производство 1 тонны зерна с соответствующим количеством соломы при уровне урожайности пшеницы 2,5-3,0 т/га составляет 25-30 кг азота, 10-12 кг фосфора и 30-35 кг калия, для ячменя соответственно 30-35, 10-12, и 35-40 кг. Ю.И. Ермохиным [58, 60] установлено, что 1 тонна капусты белокочанной выносит 4,0-4,1 кг азота, 1,0-1,2 кг фосфора и 4,8-5,1 кг калия, картофеля 4,3-4,7 кг азота, 1,7-2,0 кг фосфора и 9-11 кг калия.

В наших исследованиях в контроле вынос 1 т яровой пшеницы составил: N – 33,1 кг, P₂O₅ – 7,9 кг, K₂O – 21,5 кг; ячменя N – 26,9 кг, P₂O₅ – 9,8 кг; K₂O – 19,1 кг; капусты N – 3,96 кг, P₂O₅ – 0,93 кг, K₂O – 4,6 кг; картофеля N – 4,2 кг,

P_2O_5 – 1,9 кг, K_2O – 10,4 кг. Внесение пометных удобрений привело к увеличению затрат элементов питания на создание единицы продукции с учетом побочной. Для формирования 1 т урожая в лучшем варианте 20 т/га яровой пшенице потребовалось: N – 38,7 кг, P_2O_5 – 10,5 кг, K_2O – 26,4 кг; ячменю N – 29,5 кг, P_2O_5 – 12,8 кг, K_2O – 19,9 кг; при 12 т/га – капусте белокочанной N – 4,98 кг, P_2O_5 – 1,2 кг, K_2O – 5,54 кг; картофелю N – 4,6 кг, P_2O_5 – 2,1 кг, K_2O – 10,3 кг.

В процессе развития растения поглощают доступные формы элементов из почвы и удобрений. Поэтому важным является более точное установление коэффициентов использования элементов питания из удобрений (КИУ). Внесенные в почву удобрения не полностью поглощаются растениями. Повышение КИУ – одна из важнейших задач агрохимии [71, 72, 163]. Этот показатель нужен для расчета доз удобрений при планировании урожаев, разработке систем удобрения и определении баланса питательных веществ в земледелии. Результаты исследований различных ученых свидетельствуют о варьировании этих показателей в зависимости от урожайности, запасов подвижных форм питательных веществ, величины применения удобрений и т.д. [94, 152 и др.].

Растения в течение вегетации потребляют определенное количество подвижных форм макроэлементов, как из внесенных удобрений, так и из почвы. Экспериментальные данные свидетельствуют о значительном варьировании коэффициентов использования элементов из естественных запасов почвы и удобрений в зависимости от климатических особенностей местности, вида возделываемых культур, уровня их урожая, типа почв, гранулометрического состава, запасов подвижных форм основных питательных веществ, кислотности, количества и вида применяемых удобрений, способов их внесения и других условий.

Коэффициент использования растением того или иного элемента питания из почвы (КИП) показывает долю его потребления по отношению к общему содержанию подвижной формы этого элемента в пахотном слое. Чем выше со-

держание элемента в доступной форме в почве, тем ниже коэффициент его использования растением.

В Сибирском НИИСХ установлено что, при систематическом применении удобрений в лесостепи Омской области в севообороте в оптимальных нормах ($N_{25-30}P_{25-30}K_{7-10}$ на 1 га пашни) растениями используется 85-100% вносимого азота, 15-25% фосфора [182]. По данным кафедры агрохимии и почвоведения Омского ГАУ коэффициенты использования питательных веществ из почвы по азоту может изменяться от 6,9 до 136, по фосфору от 2,6 до 52,6 и по калию – от 12,1 до 89,0 %. Коэффициент использования питательных веществ из удобрений варьирует от 16,2 до 80,0 по азоту, от 4,1 до 45,0 – фосфору и от 11,7 до 60,0 % – калию. Коэффициенты использования элементов питания из слоя почвы 0-20 см рассчитывают разностным методом [14, 25, 32, 56, 146].

Для определения интенсивности поглощения питательных веществ нами произведены расчеты коэффициентов использования элементов из почвы и пометных удобрений.

При определении КИП по азоту необходимо учитывать азот текущей нитрификации, то есть количество нитратов, образующихся в период вегетации растений. Азот текущей нитрификации (N_t , кг/га) определяется по формуле (22):

$$N_t = N_2 + B - N_1, \quad (22)$$

где N_1 и N_2 – содержание N- NO_3 в слое почвы 0-20 см до посева (посадки) растений и в уборку, кг/га;

B – вынос азота биомассой урожая, кг/га.

Следует признать, что N_t формируется не только за счет микробиологической деятельности почвы. Эта величина нитратного азота в почве характеризует уровень содержания доступного азота корнеобитаемого слоя, в которую входит часть азота, находящегося за корнеобитаемым слоем, поступающим с массовым потоком воды в верхний горизонт почвы. Однако, полученная таким образом расчетная величина N_t – это фактически сложившийся баланс доступного азота

почвы, находящийся в распоряжении произрастающей культуры в данном месте. Зная это, КИП по азоту находим по формуле (23):

$$КИП = \frac{B}{N_1 + N_T}. \quad (23)$$

КИП по фосфору и калия рассчитывали по формуле (24):

$$КИП = B/C, \quad (24)$$

где В – вынос урожаем, кг/га;

С – содержание фосфора и калия в слое почвы 0-20 см, кг/га.

Нормативные показатели минерального питания изучаемых культур при внесении органических удобрений представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Нормативные показатели минерального питания культур на лугово-черноземной почве при применении куриного подстилочного помета

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая			
Коэффициент использования элементов из почвы	0,80	0,06	0,06
Коэффициент использования элементов из куриного помета	0,08	0,05	0,17
Затраты элементов питания на создание единицы продукции с учетом побочной, кг/т	38	10,5	26
Азот текущей нитрификации, кг/га	63	–	–
Оптимальное соотношение основной и побочной продукции	1 : 1,47		
Ячмень			
Коэффициент использования элементов из почвы	0,88	0,09	0,06
Коэффициент использования элементов из куриного подстилочного помета	0,06	0,06	0,11
Затраты элементов питания на создание единицы продукции с учетом побочной, кг/т	29	12,5	20
Азот текущей нитрификации, кг/га	60	–	–
Оптимальное соотношение основной и побочной продукции	1 : 1,16		

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста белокочанная			
Коэффициент использования элементов из почвы	0,94	0,18	0,41
Коэффициент использования элементов из куриного подстилочного помета	0,35	0,16	0,88
Затраты элементов питания на создание единицы продукции с учетом побочной, кг/т	5,0	1,2	5,50
Азот текущей нитрификации, кг/га	225	–	–
Оптимальное соотношение основной и побочной продукции	1 : 0,6		
Картофель			
Коэффициент использования элементов из почвы	0,89	0,14	0,35
Коэффициент использования элементов из куриного подстилочного помета	0,09	0,11	0,83
Затраты элементов питания на создание единицы продукции с учетом побочной, кг/т	4,6	2,1	10,3
Азот текущей нитрификации, кг/га	91	–	–
Оптимальное соотношение основной и побочной продукции	1 : 0,9		

При расчете использовались данные по химическому составу и выносу элементов с урожаем (приложения З, И, К, Л, М, Н, О), долевого участию элементов в формировании прибавки [58, 60, 182]. Коэффициенты использования питательных элементов из почвы определены в контрольных вариантах.

Дозы удобрений с целью оптимизации питания растений могут устанавливаться на основании результатов почвенной диагностики различными расчетными методами [41, 61, 62, 93], для использования которых в исследованиях определены нормативные показатели минерального питания ячменя при внесении подстилочного помета: окупаемость помета урожаем, коэффициенты действия помета на химический состав почвы, азот текущей нитрификации, затраты элементов питания на создание единицы основной продукции с учетом побочной, количество элементов питания, вносимых в почву с одной тонной

удобрения, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений. Установленные агрохимические показатели можно использовать при расчете баланса элементов питания в севообороте и доз удобрений. Например, могут применяться для расчета доз удобрений на плановую прибавку урожая (П, формула 25):

$$D = K_d \cdot H \cdot P / K_u, \quad (25)$$

где D – доза удобрений, кг д.в./га;

K_d – коэффициент действия удобрений, указывающий на отклонение фактического содержания элемента (Эф) питания в почве от оптимального (Эо);

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

K_u – коэффициент использования элемента питания из удобрений.

При этом, расчет ведется по элементу, находящемуся в почве в первом минимуме, то есть с наибольшим K_d , который рассчитываем по формуле (26).

$$K_d = \text{Эо} / \text{Эф}. \quad (26)$$

И по нему определяется доза помета с учетом химического состава и разработанных коэффициентов.

Расчет доз удобрений на плановую урожайность (ПУ) возможен по формуле (27):

$$D = \frac{\text{ПУ} \cdot H - C \cdot K_p}{K_u}, \quad (27)$$

где C – содержание элемента питания в слое почвы 0-20, кг/га;

K_p – коэффициент использования элементов питания из почвы.

При определении дозы по азоту используется формула (28):

$$D = \frac{\text{ПУ} \cdot H - (C + N_t) \cdot K_p}{K_u}, \quad (28)$$

где N_t – азот текущей нитрификации, кг/га.

Затем рассчитывается доза помета с учетом содержания элемента в нем.

Приведенные формулы многократно испытаны при удобрении более 40 сельскохозяйственных культур в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана [14, 25, 32, 55-58, 60, 146, 149].

6 ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОМЕТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

6.1 Эффективность применения различных доз органических удобрений на основе куриного помета в производственном опыте

Для проверки результатов исследований и выявления максимально возможных доз помета нами был проведен опыт в условиях производства по применению органических удобрений при возделывании яровой пшеницы. Производственный опыт был проведен в 2016 г. на полях ООО «РУСКОМ-Агро», расположенных (опыт № 5) в юго-восточной части Омского района Омской области по правобережью реки Иртыш на лугово-черноземной почве.

Уровень нитратного азота перед внесением органических удобрений на основе птичьего помета было очень низким (2,56 мг/кг почвы, слой почвы 0-40 см), обеспеченность подвижным фосфором была повышенная (113 мг/кг почвы, слой почвы 0-20 см), калием – очень высокая (225 мг/кг почвы, слой почвы 0-20 см).

Содержание питательных элементов в органическом удобрении на основе подстилочного куриного помета, взятого из буртов с площадки для буртования, соответствовало их уровню в перепревшем помете в регионе (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Химический состав органического удобрения на основе подстилочного куриного помета (ООО «РУСКОМ-Агро», 2016 г.)

Сухое вещество, %	рН	Органическое вещество, %	Содержание элементов питания, %		
			общий азот (N)	P ₂ O ₅	K ₂ O
62,6	6,0	73,9	3,82	2,05	1,08

Наибольшая урожайность была при применении 20 и 40 т/га и составила 3,21 и 3,27 т/га, что соответственно на 35,4 и 38,0 % больше контроля (таблица 6.2). Применение дозы 40 т/га по сравнению с 20 т/га не оправдало себя, так как достоверной разницы в урожайности между этими вариантами нет. Прибавка от дозы 60 т/га имеет существенно меньшее значение 0,43 т/га, что на 18,1 % больше чем в контроле. Это свидетельствует об отрицательном действии завышенной дозы удобрения на урожайность яровой пшеницы по сравнению с оптимальной дозой.

Таблица 6.2 – Действие куриного подстилочного помета на урожайность зерна пшеницы яровой при возделывании на лугово-черноземной почве (опыт №5)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль	2,37	–	–
20 т/га	3,21	0,84	35,4
40 т/га	3,27	0,90	30,0
60 т/га	2,80	0,43	18,1
НСР ₀₅	–	0,22	7,59

Определение подвижных форм основных элементов питания в пахотном слое почвы показало, что применение подстилочного куриного помета под яровую пшеницу значительно повысило обеспеченность элементами питания (таблица 6.3).

В фазу выхода в трубку в контроле нитратный азот в почве находился на уровне средней обеспеченности (8,9 мг/кг), при внесении помета – высокой (23,5-53,0 мг/кг почвы). Содержание подвижного фосфора в контроле 118, а при применении 20-60 т/га достигло высокой и очень высокой обеспеченности (146-211 мг/кг почвы). Содержание подвижного калия также существенно увеличилось, но во всех вариантах находилась на очень высоком уровне (197-276

мг/кг почвы). К уборке зависимость содержания доступных элементов в почве от доз пометного удобрения сохранилась.

Таблица 6.3 – Действие подстилочного куриного помета на содержание подвижных форм элементов питания в лугово-черноземной почве (N-NO₃ в слое 0-40 см, P₂O₅ и K₂O в слое 0-20 см), мг/кг

Вариант	Выход в трубку			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	8,9	118	197	12,3	99	159
20 т/га	23,5	146	244	16,8	106	188
40 т/га	32,0	163	247	41,8	123	202
60 т/га	53,0	211	276	45,7	140	247

Химический состав и питательность кормов зависит от почвенных и климатических условий, вида и сорта растений, фаз вегетации при уборке, сроков и способов уборки, условий хранения и технологии подготовки к скармливанию. Пометные удобрения часто применяют под зерновые культуры на кормовые цели (с целью приготовления кормосмесей для птицы). Хорошо окультуренные, богатые гумусом почвы формируют более высокий урожай с большим содержанием в растениях протеина, минеральных веществ, витаминов, по сравнению с бедными, бесструктурными почвами, имеющими дефицит тех или иных питательных веществ [88, 176].

Важными показателями качества зерна является содержание азота, фосфора и калия в зерне яровой пшеницы. Белок в зерне яровой пшеницы находится в непосредственной зависимости от содержания азота. Были проведены исследования на содержание основных питательных элементов в растениеводческой продукции (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Действие подстилочного куриного помета на химический состав яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве (опыт №5)

Вариант	N, %		P ₂ O ₅ , %		K ₂ O, %		Белок, %	Нитраты, мг/кг
	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	
Контроль	1,80	0,79	0,41	0,16	0,71	1,27	10,53	28
20 т/га	1,85	1,22	0,40	0,17	0,58	1,27	10,82	38
40 т/га	2,08	1,13	0,36	0,16	0,48	1,22	12,16	68
60 т/га	1,85	1,77	0,36	0,16	0,50	1,26	10,82	198

В целом содержание азота в зерне (1,80-2,08 %) и соломе (0,79-1,77 %) яровой пшеницы находилось в зависимости от количества его в почве, оно увеличилось на удобренных вариантах по сравнению с контролем. На концентрацию белка в зерне оказало влияние в целом неблагоприятные погодные условия (недостаток тепла), но на удобренных вариантах он находился на более высоком уровне (10,82-12,16 %), чем в контроле (10,53). На концентрацию фосфора и калия обеспеченность почвы элементами питания повлияло в меньшей степени. Обращает на себя внимание большее содержание калия в контроле в зерне (0,71 %), что существенно выше остальных вариантов (0,48-0,58 %). Вероятно, это можно объяснить дисбалансом в почве между элементами питания в сторону калия без внесения удобрений, в результате повышенное его содержание в зерне.

Содержание нитратов в зерне увеличилось при внесении помета, но и не превышало предельно допустимой концентрации для зернофуража (300 мг/кг).

Основными составляющими урожайности являются продуктивная кустистость, количество зерен в колосе, масса зерна колоса и масса 1000 зерен (таблица 6.5). Наибольшая высота была у растений яровой пшеницы при внесении дозы 20 т/га – 121 см (в контроле 111 см) – лучшим варианте с точки зрения

эффективности удобрения. В вариантах 20 и 40 т/га также на высоком уровне находились показатели структуры урожая, соответственно: продуктивная кустистость – 1,24 и 1,13, количество зерен в колосе (31 и 33 шт.) и вес зерен колоса (1,08 и 1,20 г), масса 1000 зерен (34,48 и 36,63 г). Эти показатели, которые в целом превышали контрольные и при внесении дозы 60 т/га и обеспечили повышенную урожайность.

Таблица 6.5 – Действие подстилочного куриного помета на высоту растений и структуру урожая пшеницы яровой при возделывании на лугово-черноземной почве (опыт №5)

Вариант	Высота растения, см	Общая кустистость	Продуктивная кустистость	Главный колос		Масса 1000 зерен, г.
				Количество зерен	Вес зерен, гр.	
Контроль	111	2,02	1,13	31	1,03	33,02
20 т/га	121	2,17	1,24	31	1,08	34,48
40 т/га	115	2,12	1,13	33	1,20	36,63
60 т/га	116	2,18	1,16	31	1,05	33,50

Таким образом, при высокой обеспеченности сельскохозяйственных культур питательными веществами наиболее полно реализуются потенциальные возможности сорта. Полноценное питание повышает урожайность, улучшает его качество. Но как показали результаты производственного опыта, избыточное питание может негативно сказываться как на урожайности, так и на его качестве. Поэтому в практике применения на лугово-черноземной почве пометных удобрений дозы 40 и особенно 60 т/га избыточны.

6.2 Управление питанием растений сельскохозяйственных культур в практике применения органических удобрений на основе куриного помета

Установленные агрохимические нормативные параметры могут быть использованы для управления питанием сельскохозяйственных культур внесением органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта в условиях производства.

Приведем пример расчета доз органического удобрения на основе куриного помета на плановую урожайность сельскохозяйственных культур с использованием разработанных нормативных показателей и предложенных формул (приведены в главе 5) и результат действия удобрений в производственных условиях.

Основываясь на установленных в данных исследованиях агрохимических нормативных показателях (окупаемость вносимых органических удобрений дополнительным урожаем, коэффициенты действия удобрений на химический состав почвы, азот текущей нитрификации, затраты элементов питания на создание единицы продукции, количество элементов питания вносимых с одной тонной органического удобрения, коэффициенты использования элементов из почвы), был произведен расчет доз органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта на запланированных к удобрению полях в нескольких хозяйствах лесостепной зоны Омской области (производственные испытания 1-4).

Производственное испытание 1. В ООО «РУСКОМ-Агро» Омской области на лугово-черноземной почве при возделывании яровой пшеницы расчет осуществлялся по формуле 21 (метод расчета на основе оптимальных уровней). В почве фактически (Эф) содержалось $N-NO_3 - 2,5$, $P_2O_5 - 177$, $K_2O - 388$ мг/кг. Оптимальное содержание (Эо) для получения 3,0 тонн зерна (таблица 5.3): $N-NO_3 - 16$, $P_2O_5 - 170$, $K_2O - 260$ мг/кг. Таким образом, расчет ведем по нитратному азоту, так как содержание подвижных форм фосфора и калия выше оптимального, и регулировать нужно только азотное питание. Коэффициент b_2 (таб-

лица 5.2) по азоту (элемент в помете, 1 кг/га – элемент в почве) – 0,043 мг/кг, в 1 т органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта содержится 25 кг азота. Отсюда:

$$Д = (\text{Э}_0 - \text{Э}_ф) / b_2 = (16 \text{ мг/кг} - 2,5 \text{ мг/кг}) / 0,043 = 314 \text{ кг/га}.$$

При содержании в 1 т помета 25 кг азота доза (Д) органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта составит:

$$Д = 314 \text{ кг/га} : 25 \text{ кг/т} = 12,5 \text{ т/га}.$$

Использование рекомендуемой дозы подстилочного помета 12,5 т/га позволило получить урожайность зерна яровой пшеницы 2,95 т/га (приложение П).

Производственное испытание 2. В ООО «РУСКОМ-Агро» Омской области при возделывании ячменя на лугово-черноземной почве ячменя расчет дозы органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта осуществлялся по формуле 8 на плановую прибавку 0,55 т /га:

$$Д = П / b_1 = 0,55 / 0,04 = 14,0 \text{ т/га}.$$

Использование рекомендуемой дозы подстилочного помета 14 т/га позволило получить урожайность зерна ячменя 3,01 т/га (приложение Р).

Производственное испытание 3. В ООО «ВОСХОД» Омской области при возделывании на лугово-черноземной почве капусты белокочанной расчет дозы органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта осуществлялся по формуле 25 на плановую прибавку 12 т/га. В почве при посадке капусты содержалось фактически (Эф) N-NO₃ – 10, P₂O₅ – 168, K₂O – 401 мг/кг. Оп-

тимальное содержание (Эо) для капусты (таблица 5.3): N-NO₃ – 26, P₂O₅ – 260, K₂O – 260 мг/кг.

Расчет ведется по элементу, находящемуся в почве в первом минимуме, то есть с наибольшим Кд, который рассчитываем по формуле (26):

$$Кд (\text{азота}) = Эо / Эф = 26 / 10 = 2,6;$$

$$Кд (\text{фосфора}) = Эо / Эф = 260 / 168 = 1,5;$$

$$Кд (\text{калия}) = Эо / Эф = 260 / 401 = 0,6.$$

Расчет ведем по азоту, который находится в первом минимуме. По формуле 25 рассчитываем дозу подстилочного помета:

$$Д = Кд \cdot Н \cdot П / Ку = 2,6 \cdot 5 \cdot 12 / 0,35 = 446 \text{ кг/га.}$$

При содержании в 1 т помета 38 кг азота доза (Д) подстилочного помета составит:

$$Д = 446 \text{ кг/га} : 38 \text{ кг/т} = 11,7 \text{ т/га.}$$

Использование рекомендуемой дозы органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта 11,5 т/га позволило получить урожайность кочанов капусты белокочанной 51,2 т/га, что на 11 т/га больше, чем без применения удобрений или 92 % от плановой (приложение С).

Производственное испытание 4. В хозяйстве ИП «Кабденов Т.Е.» Омской области при возделывании на лугово-черноземной почве картофеля расчет дозы органического удобрения на основе подстилочного куриного помёта осуществлялся по формулам 27 и 28 на плановую урожайность (ПУ) 35 т/га. При посадке картофеля в почве содержалось N-NO₃ – 6, P₂O₅ – 265, K₂O – 401 мг/кг. Оп-

тимальное содержание для картофеля (таблица 5.3): N-NO₃ – 22, P₂O₅ – 260, K₂O – 260 мг/кг. Таким образом, расчет ведем по азоту, так как содержание подвижных фосфора и калия выше оптимального, и регулировать нужно только азотное питание.

Расчет доз удобрений на плановую урожайность ведется по формуле (27):

$$Д = \frac{ПУ \cdot Н - С \cdot Кп}{Ку}$$

При определении дозы по азоту используется формула (28):

$$Д = \frac{ПУ \cdot Н - (С + Nт) \cdot Кп}{Ку}$$

По данным таблицы 5.9: коэффициент использования элементов из почвы (Кп) 0,89, из помета 0,09 (Ку); азот текущей нитрификации – 91 кг/га. Отсюда доза азота (Д):

$$Д = (ПУ \cdot Н - (С + Nт) \cdot Кп) / Ку = (35 \cdot 4,6 - (12 \cdot 3,6 + 91) \cdot 0,89) / 0,09 = 455 \text{ кг/га.}$$

При содержании в 1 т помета 38 кг азота доза (Д) подстилочного помета составит:

$$Д = 455 \text{ кг/га} : 38 \text{ кг/т} = 12 \text{ т/га.}$$

Использование дозы подстилочного помета 12 т/га позволило получить урожайность клубней картофеля 34,4 т/га или 98 % от плановой (приложение Т).

Результаты производственных испытаний свидетельствуют об эффективности данных методов определения доз пометных удобрений. Следует отметить, что максимальные эффективные расчетные дозы находятся в диапазоне до 12 т/га помета при возделывании картофеля и капусты и до 16 т/га при возделывании зерновых культур.

Разработанные в наших исследованиях агрохимические нормативы и предложенные формулы для расчета доз органического удобрения на основе куриного помета являются основой оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур при возделывании на лугово-черноземной почве лесостепи Западной Сибири в производственных условиях.

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Перед тем, как рекомендовать методы определения доз органических удобрений к использованию в сельскохозяйственной практике нужно обосновать их с помощью биоэнергетической и экономической оценки [2, 12, 22-24, 81, 135, 136, 145, 177 и др.].

7.1 Биоэнергетическая эффективность применения удобрений

Для оценки энергетических затрат, связанных с применением пометных удобрений, необходимо учитывать затраты на уборку и доработку дополнительного урожая, полученного за счет их использования [2, 12, 19-21, 32].

Энергетическую эффективность пометных удобрений определяли по биоэнергетическому КПД их применения. Для расчета использовали показатели [67]:

– приходная часть – количество энергии в прибавке урожая от применения удобрений;

– расходная часть – энергетические затраты на применение удобрений, на уборку прибавки урожая, уход за посевами и т.д.

Количество энергии (V_{f_0} , МДж/га) в прибавке урожая от удобрений определяли по формуле (29):

$$V_{f_0} = Un \times Ri l \cdot 1000, \quad (29)$$

где Un – прибавка урожая от удобрений, т/га;

Ri – коэффициент перевода продукции в сухое вещество;

l – содержание общей энергии в 1 кг сухого вещества урожая, Мдж;

1000 – коэффициент перевода т в кг.

Энергозатраты (A_0 , МДж/га) на применение органических удобрений рассчитывали по формуле (30):

$$A_0 = N_y \cdot a_y + Y_{II} \cdot a_{yб} + N_y \cdot a_{вн}, \quad (30)$$

где N_y – доза внесения органических удобрений, т/га;

Y_{II} – прибавка урожая от применения органических удобрений, т/га;

$a_{yб}, a_{вн}$ – затраты энергии на уборку прибавки урожая и внесение органических удобрений, МДж;

a_y – энергозатраты в расчете на 1 т органических удобрений.

Расчет биоэнергетического КПД удобрения (η) делали по формуле (31):

$$\eta = \frac{V_{f0}}{A_0}, \quad (31)$$

где V_{f0} – количество энергии, полученной в прибавке урожая от органических удобрений, МДж/га;

A_0 – энергетические затраты на применение органических удобрений, МДж.

При рассмотрении энергетической эффективности использования органических удобрений на основе подстилочного куриного помета определено, что в эксперименте при возделывании сельскохозяйственных культур биоКПД применения пометных удобрений изменялся от 1,39 до 9,03 (таблица 7.1).

Органические удобрения на основе подстилочного куриного помета наиболее энергетически эффективны при использовании их малыми дозами, потому что энергозатраты в этом случае сравнительно незначительны, а дополнительная энергия в прибавке – существенна.

При этом наибольшей биоэффективности пометного удобрения под пшеницу яровую при действии способствовало внесение 8 т/га (биоКПД 1,78), действие и последствие удобрения в сумме за три года обеспечивало закономерно еще больший выход энергии в этом же варианте (биоКПД 3,71), при действии при внесении удобрения под ячмень – 12 т/га (1,56), под капусту – 4 т/га (7,47), картофель – 4 т/га (9,03).

Таблица 7.1 – Биоэнергетическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под сельскохозяйственные культуры при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015-2017 гг.)

Вариант	Количество энергии, накопленной в основной продукции (V_{f0} , МДж/га)	Энергетические затраты на применение удобрений (A_0), МДж/га	Энергетические затраты на получение дополнительной продукции за счет удобрений, МДж/т	Биоэнергетический КПД
Яровая пшеница (действие)				
4 т/га	3160	2000	10 527	1,58
8 т/га	7317	4101	9 321	1,78
12 т/га	10477	6102	9 685	1,72
16 т/га	12306	7967	10 766	1,54
20 т/га	13637	9782	11 929	1,39
Яровая пшеница (действие + 2 года последействия)				
4 т/га	8648	2556	4 916	3,38
8 т/га	19956	5382	4 485	3,71
12 т/га	25777	7652	4 937	3,37
16 т/га	30433	9804	5 357	3,10
20 т/га	35755	12023	5 592	2,97
Ячмень				
4 т/га	2468	1933	12 885	1,28
8 т/га	5264	3899	12 185	1,35
12 т/га	9377	6000	10 527	1,56
16 т/га	12173	7967	10 766	1,53
20 т/га	13818	9815	11 685	1,41
Капуста белокочанная				
4 т/га	16704	2237	193	7,47
8 т/га	27504	4277	224	6,43
12 т/га	33264	6149	266	5,41
16 т/га	34416	7867	329	4,37
20 т/га	33264	9509	412	3,50
Картофель				
4 т/га	17202	1906	405	9,03
8 т/га	27084	3715	502	7,29
12 т/га	36234	5515	557	6,57
16 т/га	37332	7210	707	5,18
20 т/га	40260	8928	812	4,51

В первый год действия эффективность значительно выше при удобрении капусты (биоКПД 3,50-7,47) и картофеля (4,51-9,03), чем зерновых культур (1,28-1,78). Причина в том, что в прибавке кочанов и клубней накапливается больше энергии, чем в зерне.

Учет результата применения органики с учетом последствия содействовал росту энергетической эффективности по сравнению с только действием: биоКПД составил за три года при внесении, например, 20 т/га – 2,97, а при учете только действия – 1,39.

Энергозатраты на создание 1 т прибавки урожая в результате применения пометных удобрений снижаются в более эффективных дозах с точки зрения энергетической оценки. Так, при внесении возрастающих доз органики затраты энергии на создание 1 т зерна пшеницы увеличились при действии с 9321 до 10 766 МДж (дозы 8 и 20 т/га, рисунок 7.1) при уменьшении биоКПД с 1,78 до 1,39.

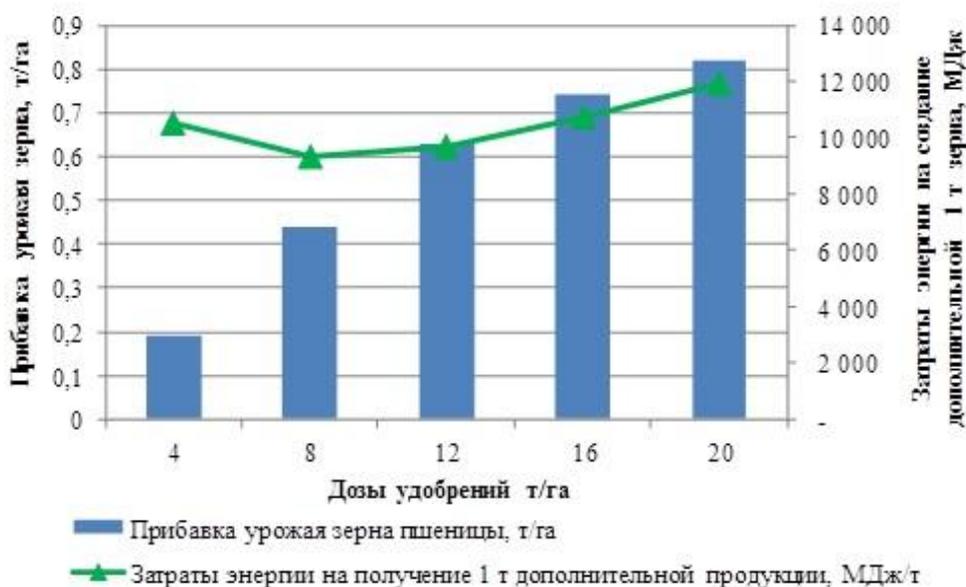


Рисунок 7.1 – Энергетическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под яровую пшеницу (действие)

Похожие закономерности наблюдались от пометных удобрений при возделывании ячменя, капусты, картофеля (рисунки 7.2-7.4).

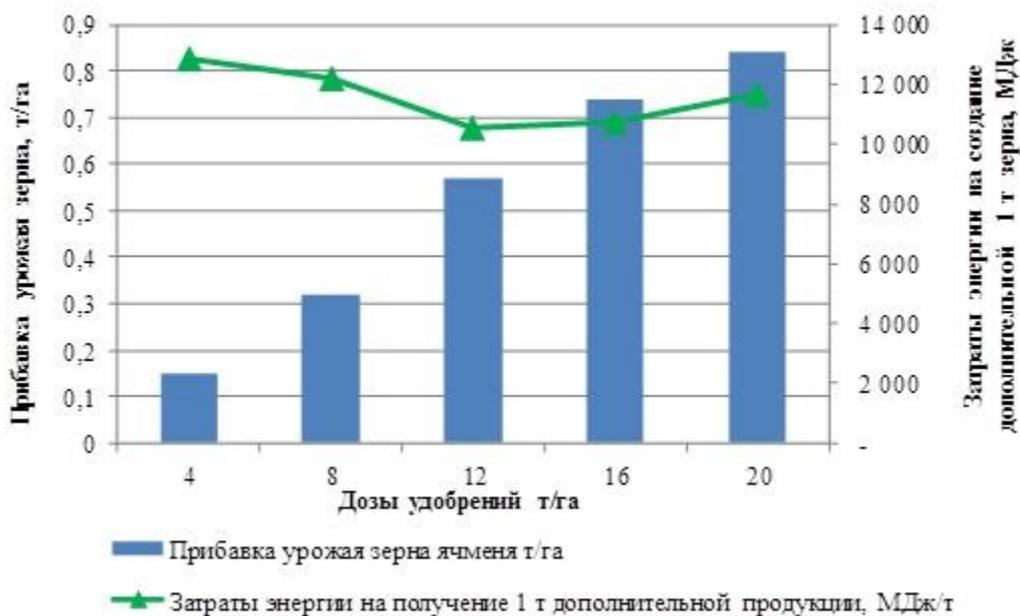


Рисунок 7.2 – Энергетическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под ячмень

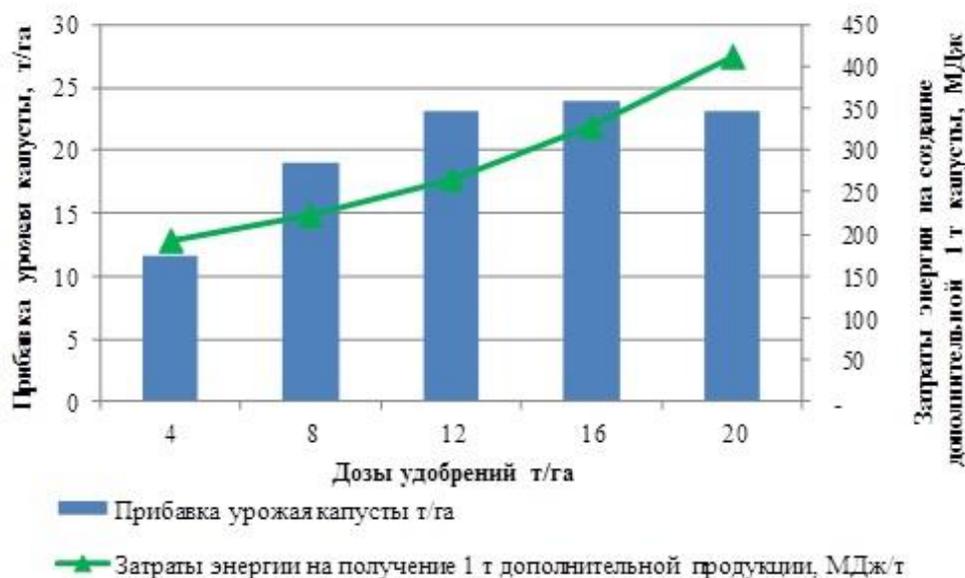


Рисунок 7.3 – Энергетическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под капусту белокочанную



Рисунок 7.4 – Энергетическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под картофель

Так, энергозатраты на создание дополнительной тонны зерна увеличивались с 10527 (в варианте 12 т/га) до 12885 мДж (4 т/га, рисунок 7.2), кочанов с 193 (4 т/га) до 412 мДж (20 т/га, рисунок 7.3) и клубней с 405 (4 т/га) до 812 мДж (20 т/га, рисунок 7.4).

Существенно уменьшаются энергозатраты на создание 1 т зерна пшеницы при расчете эффективности органических удобрений с учетом последействия – с 5592 до 4485 мДж (соответственно дозы 20 и 8 т/га, рисунок 7.5).

В целом применение органических удобрений на основе подстилочного куриного помета при возделывании изучаемых сельскохозяйственных культур энергетически эффективно. Учет последействия удобрения имеет важное значение для оценки эффективности, так как энергетические затраты реализуются в течение продолжительного времени.

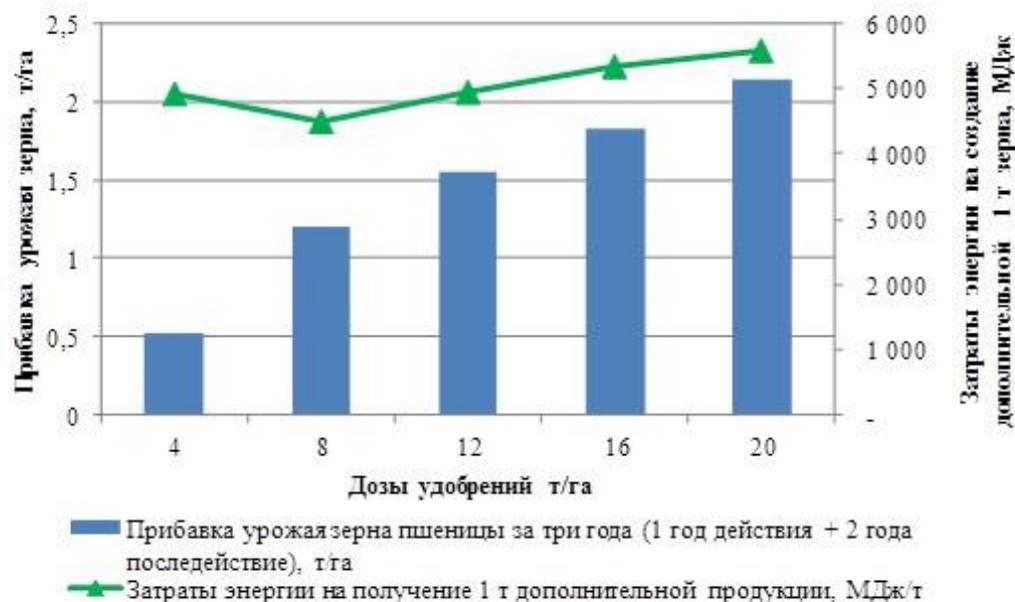


Рисунок 7.5 – Энергетическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под яровую пшеницу (действие и последствие)

Такие расчеты позволяют оценить энергетическую эффективность органического удобрения на основе куриного подстилочного помета при возделывании яровой пшеницы, ячменя, капусты белокочанной и картофеля.

7.2 Экономическая эффективность применения удобрений

Экономическая оценка эффективности применения удобрений является важнейшей и заключительной частью в изучении всякого вида удобрений. От правильного экономического анализа зависит конечный вывод о целесообразности их применения [12, 67, 105, 189, 195, 196].

Экономическая эффективность удобрений зависит от размера и стоимости дополнительной продукции, а также от затрат связанных с применением удобрений, в зависимости от этого она может быть различной. При высоком уровне агротехники и правильном использовании удобрений стоимость прибавки урожая всегда превышает расходы, связанные с применением удобрений.

При расчете экономической эффективности использования пометных удобрений под сельскохозяйственные культуры оценивали прибавку продукции по текущим ценам (в данном случае 2018 г.). Затраты, связанные с возделыванием сельскохозяйственных культур, уборкой дополнительной продукции от применения органических удобрений, транспортировкой, погрузкой, разгрузкой рассчитывали по нормативам затрат, применяемых в сельскохозяйственных организациях Омской области (таблицы 7.2-7.4).

В наших исследованиях чистый доход от использования органических удобрений под яровую пшеницу, составил 503-2012 руб./га при разных дозах (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Экономическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под яровую пшеницу (среднее 2015-2017 гг.)

Показатель	4 т/га	8 т/га	12 т/га	16 т/га	20 т/га
действие					
Прибавка урожая, т/га	0,19	0,44	0,63	0,74	0,82
Затраты, связанные с применением удобрений, руб./га	1196	2427	3623	4775	5909
Цена реализации, руб./т	8945	8945	8945	8945	8945
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	1700	3936	5635	6619	7335
Условный чистый доход, руб./га	503	1509	2012	1845	1426
Рентабельность, %	42,0	62,2	55,5	38,6	24,1
действие + 2 года последствий					
Прибавка урожая, т/га	0,52	1,2	1,55	1,83	2,15
Затраты, связанные с применением удобрений, руб./га	1382	2854	4140	5387	6657
Цена реализации, руб./т	8945	8945	8945	8945	8945
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	4651	10734	13865	16369	19232
Условный чистый доход, руб./га	3270	7880	9725	10982	12575
Рентабельность, %	236,6	276,1	234,9	203,9	188,9

Оценка рентабельности показала, что удобрение птичьим пометом пшеницы яровой выгодно. Уровень рентабельности лучших вариантов по урожайности составил 24,1-62,2 %. Внесение помета в дозе 20 т/га менее рентабельно, чем в дозе 8 т/га – этот показатель составил соответственно 24,1 и 62,2 %.

Последствие пометных удобрений продолжается в течение нескольких лет и показатели экономической эффективности повышаются по причине увеличения суммарной урожайности, а затраты на внесение удобрений только в первый год. Так, при внесении 8 т/га удобрения (таблица 7.2) рентабельность составила максимальные 276,1 %, а при 20 т/га – минимальные 188,9 %. Но экономическая эффективность всегда положительная и очень высокая.

Использование органических удобрений под яровой ячмень, позволило получить условный чистый доход на уровне 7-1052 руб./га в зависимости от дозы (таблица 7.3). Установленная рентабельность показала, что внесение куриного помета под яровой ячмень также экономически эффективно. Рентабельность оптимальных доз по урожайности составила 12,4-26,6%. При этом следует отметить, что внесение помета в дозе 12 т/га было более рентабельным, чем в дозе 20 т/га – этот показатель составил соответственно 26,6 и 12,4 %. Наиболее низкий уровень рентабельности от применения птичьего помета был в вариантах с низкими дозами удобрения 4 и 8 т/га – соответственно 0,6 и 7,2 %, по причине относительно низкой прибавки урожая.

Применение органических удобрений под капусту белокочанную и картофель, также позволило получить достаточно высокие показатели по условному чистому доходу (таблица 7.3). Так, в зависимости от дозы внесения куриного помета условный чистый доход при возделывании капусты белокочанной составил 66445-134787 руб./га, картофеля – 29051-65094 руб./га. При этом следует отметить, что наиболее высокий условный доход при возделывании капусты белокочанной был получен при применении 16 т/га птичьего помета, при возделывании картофеля наибольший уровень условного чистого дохода получен при дозе 20 т/га. Рассчитанная рентабельность показала, что применение пти-

чьего помета под капусту белокочанную и картофель экономически более выгодно, чем под яровые ячмень и пшеницу.

Таблица 7.3 – Экономическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под сельскохозяйственные культуры (среднее 2015-2017 гг.)

Показатель	4 т/га	8 т/га	12 т/га	16 т/га	20 т/га
Ячмень яровой					
Прибавка урожая, т/га	0,15	0,32	0,57	0,74	0,84
Затраты, связанные с применением удобрений, руб./ га	1118	2240	3376	4498	5606
Цена реализации, руб./т	7500	7500	7500	7500	7500
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	1125	2400	4275	5550	6300
Условный чистый доход, руб./га	7	160	899	1052	694
Рентабельность, %	0,6	7,2	26,6	23,4	12,4
Капуста белокочанная					
Прибавка урожая, т/га	11,6	19,1	23,1	23,9	23,1
Затраты, связанные с применением удобрений, руб./га	8955	15129	18931	20563	21110
Цена реализации, руб./т	6500	6500	6500	6500	6500
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	75400	124150	150150	155350	150150
Условный чистый доход, руб./га	66445	109021	131219	134787	129040
Рентабельность, %	742,0	720,6	693,1	655,5	611,3
Картофель					
Прибавка урожая, т/га	4,7	7,4	9,9	10,2	11,0
Затраты, связанные с применением удобрений, руб./га	3849	6523	9080	10346	11906
Цена реализации, руб./т	7000	7000	7000	7000	7000
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	32900	51800	69300	71400	77000
Условный чистый доход, руб./га	29051	45277	60220	61054	65094
Рентабельность, %	754,9	694,1	663,2	590,1	546,8

Наиболее экономически выгодным вариантом под яровую пшеницу в производственном опыте является внесение органических удобрений на основе помета в дозе 20 т/га, так как он имеет самую большую рентабельность – 27 % (таблица 7.4), как и наибольший чистый доход – 1594 руб./га. Применение завышенной дозы 60 т/га нерентабельно. Но данный анализ не учитывает последствие помета в севообороте.

Таблица 7.4 – Экономическая эффективность применения органических удобрений на основе подстилочного куриного помета под яровую пшеницу (опыт № 5)

Показатель	20 т/га	40 т/га	60 т/га
Прибавка урожая, т/га	0,84	0,90	0,43
Затраты, связанные с применением удобрений, руб./га	5920	7755	9649
Цена реализации, руб./т	8945	8945	8945
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	7514	8051	3846
Условный чистый доход, руб./га	1594	296	–
Рентабельность, %	27	2	–

Анализируя экономические показатели, можно сделать вывод, что применение органических удобрений на основе куриного подстилочного помета при возделывании яровой пшеницы, ячменя, капусты белокочанной и картофеля на лугово-черноземных почвах южной лесостепи Омского Прииртышья экономически выгодно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследования 2015-2018 годов в условиях лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири показали высокую отзывчивость сельскохозяйственных культур на применение органических удобрений на основе куриного подстилочного помета. Наибольшая отдача в год действия при возделывании яровой пшеницы и ячменя наблюдалась при внесении дозы 16 т/га: прибавки урожая составили 0,74 т/га или 29,9 % и 24,8 % к контролю соответственно. При выращивании капусты и картофеля оптимальной дозой было внесение 12 т/га – прибавка урожайности кочанов капусты составила 23,1 т/га или 40,5 % к контролю, клубней картофеля – 9,9 т/га (44,9 %). С учетом последействия за три года максимальная прибавка яровой пшеницы 2,15 т/га (28,7 %) сформировалась при дозе 20 т/га.

2. Установлены количественные характеристики интенсивности действия 1 т помета (коэффициент b_1) на урожайность яровой пшеницы и ячменя (0,04 т/га), капусты белокочанной (1,92) и картофеля (0,81) и на основе этого предложена формула для расчета доз на плановую прибавку урожая ($D = \Pi / b_1$).

3. Определено оптимальное содержание элементов питания в почве при возделывании изучаемых культур. Выявлен нормативный показатель (коэффициент b_2) интенсивности действия 1 т/га удобрений 1 кг элемента помета на содержание нитратного азота (1,05-1,69 и 0,028-0,044 мг/кг соответственно), подвижных фосфора (1,40-1,96 и 0,061-0,086) и калия (0,79-4,11 и 0,066-0,34), что позволяет сделать прогноз накопления их в почве (мг/кг) по формуле $C = C_1 + D \cdot b_2$ и определить дозу удобрений с учетом оптимального и фактического содержания элемента питания в почве: $D = (\mathcal{E}_o - \mathcal{E}_\phi) : b_2$.

4. Установлено положительное влияние изучаемых удобрений на качество культур: повышалось содержание белка в зерне яровой пшеницы с 17,5 до 18,5 %, клейковины с 34,1 до 35,6 %; в яровом ячмене содержание сырого протеина возрастало с 13,67 до 14,00 %, суммы сахаров с 5,02 до 5,29 %, витамина С с

21,6 до 23,7 мг%; в клубнях картофеля содержание крахмала на оптимальных дозах увеличивалось с 16,6 до 18,5 %. Выявленные зависимости между дозами пометных удобрений и содержанием белка в зерне позволяют прогнозировать качество урожая.

5. Определены агрохимические нормативные показатели: затраты элементов питания на создание единицы продукции, количество элементов питания вносимых с одной тонной органического удобрения, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений, оптимальное соотношение основной и побочной продукции, величина азота текущей нитрификации.

6. В производственном опыте установлено, что избыточные дозы негативно влияют на урожайность яровой пшеницы: наибольшая сформировалась при применении помета 20 и 40 т/га и составила 3,21 и 3,27 т/га, что соответственно на 35,44 и 37,98 % больше контроля. Прибавка от 60 т/га существенно меньше – 0,43 т/га (18,14 %). Расчет доз с использованием разработанных агрохимических нормативных показателей эффективен: урожайность культур в производственных испытаниях составила 92-98 % от плановой.

7. Применение удобрений энергетически эффективно, биоКПД при внесении подстилочного помета составил 1,54 и 2,97; 1,53; 5,41 и 4,51 ед. соответственно при оптимальных дозах при возделывании яровой пшеницы (действие и с учетом последствия), ячменя, капусты белокочанной и картофеля.

8. Использование подстилочного помета является экономически эффективным. Условный чистый доход и рентабельность составили на лучших вариантах по урожайности, соответственно, при возделывании яровой пшеницы 1845 руб./га и 38,6 % (действие) и 12575 руб./га и 188,9 % (с учетом 2-х лет последствия), ячменя 1052 руб./га и 23,4 %, капусты белокочанной 129040 руб./га и 611,3 % и картофеля 65094 руб./га и 546,8 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения максимального урожая высокого качества яровой пшеницы, ячменя, капусты белокочанной и картофеля органические удобрения на основе подстилочного куриного помета следует применять согласно агрохимическим нормативам:

– коэффициенты использования элементов питания из почвы (КИП, %):

яровой пшеницей N – 80; P₂O₅ – 6; K₂O – 6;

ячменем N – 88; P₂O₅ – 9; K₂O – 6;

капустой белокочанной N – 94; P₂O₅ – 18; K₂O – 41;

картофелем N – 89; P₂O₅ – 14; K₂O – 35;

– коэффициенты использования элементов питания из помета (КИУ, %):

яровой пшеницей N – 6; P₂O₅ – 3; K₂O – 13;

ячменем N – 4; P₂O₅ – 4; K₂O – 8;

капустой белокочанной N – 35; P₂O₅ – 16; K₂O – 88;

картофелем N – 9; P₂O₅ – 11; K₂O – 83;

– затраты элементов питания на создание единицы продукции, кг/т:

яровой пшеницей N – 38; P₂O₅ – 10,5; K₂O – 26;

ячменем N – 29; P₂O₅ – 12,5; K₂O – 20;

капустой белокочанной N – 5,0; P₂O₅ – 1,2; K₂O – 5,5;

картофелем N – 4,6; P₂O₅ – 2,1; K₂O – 10,3;

– дозы применения подстилочного помета (т/га) под: яровую пшеницу и ячмень – 16, капусту белокочанную и картофель – 12;

– формулы расчета доз подстилочного помета:

$$1. D = П / b_1; 2. D = (Э_0 - Э_ф) : b_2; 3. D = K_d \cdot H \cdot П / K_y; 4. D = \frac{ПУ \cdot H - C \cdot K_п}{K_y}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абитова Б.К. Продуктивность картофеля при использовании птичьего помета и минеральных удобрений на темно-каштановых почвах Западного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Б.К. Абитова. – Саратов, 2013. – 22 с.
2. Абрамов Н.В. Производительность агроэкосистем: методические рекомендации по биоэнергетической оценке севооборотов / Н.В. Абрамов, Г.П. Селюкова. – Тюмень, 2000. – 48 с.
3. Агафонов Е.В. Влияние биогумуса и куриного помёта на свойства чернозема обыкновенного и продуктивность полевых культур / Е.В. Агафонов, В.А. Ефремов, Л.Н. Агафонова // Почвоведение. – 2001. – № 8. – С. 970-974.
4. Агафонов Е.В. Влияние индюшиного помёта на урожайность кукурузы на зерно на черноземе обыкновенном / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 3. – С. 11-13.
5. Агафонов Е.В. Влияние подстилочного куриного помёта на азотный режим чернозема обыкновенного и урожайность кукурузы / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, А.А. Бельгин // Агрохимия. – 2016. – №9. – С. 16-23.
6. Агафонов Е.В. Подстилочный куриный помёт в звене полевого севооборота / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, А.А. Бельгин: монография. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – 289 с.
7. Агафонов Е.В. Применение куриного помёта и минеральных удобрений на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, Ф.А. Понятовский // Сахарная свёкла. – 2006. – № 8. – С. 31-32.
8. Агафонов Е.В. Птичий помёт – важный ресурс повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв Ростовской области: учебное пособие / Е. В. Агафонов, Р. А. Каменев. – пос. Персиановский: изд-во Донского государственного аграрного университета, 2013. – 70 с.

9. Агафонов Е.В. Свойства и применение куриного помёта и биогумуса в полевом севообороте / Е.В. Агафонов, В.А. Ефремов, Л.Н. Агафонова. – Новочеркасск, 2002. – 127 с.

10. Агафонов Е.В. Калийный режим чернозема южного и урожайность культур в звене севооборота при внесении куриного помёта / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2017. – № 1. – С. 3-10.

11. Агроклиматические ресурсы Омской области. – Л: Гидрометеиздат, 1971. – 187 с.

12. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев [и др.]. – М.: изд-во ВНИИА ИМ. Прянишникова, 2017. – 854 с.

13. Алексеев Ф.Ф. Промышленное птицеводство / Ф.Ф. Алексеев, М.А. Арсиян, Н.Б. Бельченко. – М.: Агропромиздат, 1991. – 544 с.

14. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в Западной Сибири: монография / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко [и др.]; Под общей редакцией Ю.И. Ермохина, И.А. Бобренко. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 407 с.

15. Антонова О.И. Действие органоминеральных удобрений из помета на урожайность и качество зерна озимой и яровой пшеницы, содержание питательных веществ и биогенность почвы / О.И. Антонова, Е.М. Комякова, В.В. Калпокас // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – №9. – С. 5-11.

16. Арефьева Н.Н. Диагностика условий питания поздней капусты в южной лесостепи Омской области: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Н.Н. Арефьева. – Омск, 1970. – 27 с.

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

18. Бачило Н.Г. Научные принципы использования помётных удобрений в условиях интенсивного земледелия: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.Г. Бачило. – Минск, 1990. – 36 с.

19. Бачило Н.Г. Эффективность куриного помёта в чистом виде и в сочетании с минеральными удобрениями // Тезисы докладов Всесоюз. семинара. – М., 1981. – Т. 1. – С. 91- 92.
20. Беззубцев А.В. Использование птичьего помета в земледелии Омской области / А.В. Беззубцев, А.Г. Шмидт // Достижение науки и техники АПК. – 2013. – №10. – С. 17-19.
21. Бесподстилочный помет в качестве удобрения / М.А. Цуркан, Е.П. Серженчу, А.А. Ципко, А.Г. Мартин // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – № 1. – С. 52-54.
22. Бобренко И.А. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу в Западной Сибири / И.А. Бобренко, В.И. Попова, Н.В. Гоман // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – №1(13). – С.3-9.
23. Бобренко И.А. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимое тритикале на лугово-черноземной почве Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Е.Ю. Павлова // Омский научный вестник. – 2013. – №1 (118). – С.166-170.
24. Бобренко И.А. Диагностика минерального питания, величины и качества урожая сорговых культур на чернозёмах Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.А. Бобренко. – Омск, 1997. – 17 с.
25. 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.
26. Бобренко И.А. Эффективность применения органического удобрения на основе куриного помета под капусту белокочанную / И.А. Бобренко, В.П. Кормин, Н.В. Гоман // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2017. – №4 (28). – С. 13-19.

27. Бобылева Г.А. Крупный мясной взнос крупных птицефабрик / Г.А. Бобылева // Информационный бюллетень Минсельхоза. – 2013. – №2. – С. 35-37.
28. Богданов Н.Н. Некоторые принципиальные особенности чернозёмов Западной Сибири / Н.Н. Богданов // Науч. тр. Омского СХИ. – Омск, 1969. – Т. 73. – С. 11-22.
29. Боева Т.В. Влияние органических удобрений на урожайность и качество картофеля в условиях Астраханской области // Т.В. Боева, Ш.Б. Байрамбеков, А.С. Соколов // АгроЭкоИнфо. – 2019. – № 1 (35). – С. 3.
30. 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.
31. Болдырев Н.К. Планирование урожая по данным полевых опытов / Н.К. Болдырев, Г.С. Липкина, Л.С. Могиндовид. – М, 1979. – 52 с.
32. 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.
33. Варламова Л.Д. Эколого-агрохимическая оценка и оптимизация применения в качестве удобрений органосодержащих отходов производства: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Л.Д. Варламова. – Саранск, 2008. – 26 с.
34. Васильев А.А. Оптимизация технологии возделывания картофеля на Южном Урале: дис. ... д-ра с.-х. наук / А.А. Васильев. – Челябинск, 2015. – 363 с.
35. Васильев В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 255 с.
36. 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.

37. 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.

38. 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.

39. Влияние внесения органических удобрений на свойства чернозема выщелоченного южной лесостепи Республики Башкортостан / И. Г. Асылбаев [и др.] // Вестник ИРГСХА. – 2018. – №88. – С. 7-13.

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

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

42. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука, 1981. – 267 с.

43. ГОСТ Р 53765 – 2009. Помет птицы. Сырьё для производства органических удобрений. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 8 с.

44. ГОСТ Р53117 – 2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 15 с.

45. Дабахова Е.В. Влияние высоких доз птичьего помёта на урожайность и качество кукурузы / Е.В. Дабахова, В.И. Титова, Г.Д. Гогмачадзе // Главный агроном. – 2005. – №7. – С. 39-41.

46. Дабахова Е.В. Научное обоснование использования органических удобрений промышленного птицеводства в агроэкосистеме: автореф. дис... д-ра с.-х. наук / Е.В. Дабахова. – М.: ВНИИА, 2005. – 44 с.

47. Державин Л.М. Современные методы определения доз минеральных удобрений / Л.М. Державин, Ш.И. Литвак, Е.В. Седова. – М., 1988. – 44 с.
48. Диагностика и классификация почв Омской области и их сельскохозяйственное использование / Я.Р. Рейнгард [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 67 с.
49. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
50. Езепчук Л.Н. Совершенствование технологии возделывания капусты белокочанной и моркови столовой в лесостепи и сухой степи Забайкалья: дис. ... д-ра с.-х. наук / Л.Н. Езепчук. – Улан Уде, 2012. – 276 с.
51. Еременко Л.Л. Морфологическая изменчивость овощных культур (в связи с условиями выращивания) / Л.Л. Еременко, Е.Г. Гринберг. – Новосибирск: Наука. – 1977. – 298 с.
52. 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.
53. 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.
54. 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.
55. Ермохин Ю.И. Исторические аспекты развития метода комплексной диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко, Е.Г. Бобренко // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – №2 (9). – С. 6.
56. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания и качества урожая картофеля и овощных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук / Ю.И. Ермохин. – Омск, 1983. – 437 с.

57. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на основе системы «ПРОД» / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко // Вестник ОмГАУ. – 2004. – №3. – С. 43-55.

58. 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.

59. Ермохин Ю.И. Особенности химического состава кормовых и овощных культур в условиях Западной Сибири / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко // Омский научный вестник. – 2003. – №3. – С. 180-182.

60. Ермохин Ю.И. Плодородие почвы и факторы внешней среды – основа программирования урожая: учеб. пособие / Ю.И. Ермохин, Н.К. Трубина. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2012. – 136 с.

61. 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.

62. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: монография / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмГАУ. – 1995. – 208 с.

63. 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.

64. Ермохин Ю.И. Применение минеральных удобрений под картофель и овощные культуры в Омской области: рекомендации / Ю.И. Ермохин. – Омск: Омское книжное издание, 1981. – 67 с.

65. Ермохин Ю.И. Сортвые особенности продуктивности и качества редиса при использовании удобрений / Ю.И. Ермохин, Е.Г. Бобренко, И.А. Бобренко // Доклады РАСХН. – 2004. – № 5. – С. 12-14.

66. Ермохин Ю.И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений: монография / Ю. И. Ермохин. – Омск: Литера, 2014. – Т. 2: Моделирование и оптимизация режима минерального питания и качества зерновых и овощных культур в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана. – 340 с.
67. Ермохин Ю.И. Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений: методические рекомендации / Ю.И. Ермохин, А.Ф. Неклюдов. – Омск, 1994. – 44 с.
68. Еськов А.И. Технологическое обеспечение производства и использования органических удобрений / А.И. Еськов // Техника и оборудование для села. – 2005. – №6. – С. 12-15.
69. Ефремов В.А. Эффективность куриного помёта и биогумуса в звене полевого севооборота кукуруза-ячмень-просо на карбонатном черноземе Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук / В.А. Ефремов. – пос. Персиановский, 1998. – 194 с.
70. Жук Л.И. Влияние минеральных удобрений на пищевые качества клубней картофеля / Л.И. Жук, П.И. Гупало // Агрохимия. – 1970. – № 9. – С. 81-86.
71. Журбицкий З.И. Потребность растений в питании как основа применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 60 с.
72. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: АН СССР, 1963. – 294 с.
73. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинев, 1990. – 432 с.
74. Земледелие на равнинных ландшафтах и агротехнологии зерновых в Западной Сибири (на примере Омской области): монография / Л.В. Березин [и др.]; под ред. И.Ф. Храмцова, В.Г. Холмова. – Новосибирск: ООО «Ревик-К», 2003. – 412 с.

75. Ильин В.Ф. Удобрение картофеля / В.Ф. Ильин, Б.А. Писарев, В.А. Сухоиванов. М.: Колос, 1974. – 144 с.

76. Использование птичьего помёта в земледелии (научно-методическое руководство) / Под общей редакцией академиков РАСХН В.И. Фисинина и В.Г. Сычева. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – 272 с.

77. Использование птичьего помета в земледелии Западной Сибири: учеб. пособие / В. М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, Н.В. Гоман, В.И. Попова. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – 60 с.

78. Использование куриного помета как удобрения на агрочерноземе южного Предуралья / И.М. Габбасова [и др.] // *Агрохимия*. – 2016. – №8. – С. 30-35.

79. Каменев Р.А. Использование птичьего помёта для оптимизации питания полевых культур на чернозёмных почвах в степной зоне Северного Кавказа : дис. ... доктора сельскохозяйственных наук / Р.А. Каменев. – пос. Персиановский, 2017. – 526 с.

80. Каменев Р.А. Повышение качества зерна и сбора белка с 1 га в звене полевого севооборота при внесении подстилочного куриного помёта / Р.А. Каменев, Е.Г. Баленко, В.В. Турчин // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. – 2016. – №3. – С. 38-44.

81. Каменев Р.А. Экономическая оценка применения компоста из куриного помёта под кукурузу на черноземе южном Ростовской области /О.А. Сопельченко, Р.А. Каменев, В.В. Турчин // *Вестник Мичуринского ГАУ*. – №2. – 2018. – С. 98-104.

82. 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.

83. Кидин В.В. *Агрохимия: учеб. пособие* / В.В. Кидин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 351 с.

84. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. Тимирязева, 2009. – 412 с.
85. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2008. – Ч. 1. – 415 с.
86. Кидин В.В. Система удобрения: учебник / В.В. Кидин. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с.
87. Кисилев Н.Н. Влияние навоза, птичьего помёта и минеральных удобрений на урожай и качество подсолнечника / Н. Н. Кисилев, А. С. Соколов // Мат. межд. научн.-практ. конф. «Состояние и перспективы развития агрономической науки». – пос. Персиановский, 2007. – С. 51-53.
88. Кисиль Н. Способы переработки помёта / Н. Кисиль, Э. Тер-Саркисян // Птицеводство. – 2007. – № 8. – С. 48-50.
89. Кольцов А.Х. Эффективность органических удобрений в условиях Сибири / А.Х. Кольцов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1972. – №4. – С. 11-20.
90. Концепция развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации на период до 2010 года. – М.: ВНИИА, 2005. – 80 с.
91. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры / А.И. Коровин. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 272 с.
92. Коршунов А.В. Управление урожаем и качеством картофеля / А.В. Коршунов. М., 2001. – 367 с.
93. Кочергин А.Е. Диагностика потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях на чернозёмах Западной Сибири // Химия в сельском хозяйстве. – 1974. – № 2. – С. 9-11.

94. 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.
95. Красников С.Н. Селекция картофеля на адаптивность в условиях таёжной зоны Западной Сибири: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук / С.Н. Красников. – Омск, 2008. – 16 с.
96. Красницкий В.М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири: монография / В.М. Красницкий. – Омск: ОмГАУ, 2002. – 144 с.
97. Красницкий В.М. Влияние гидротермических факторов на подвижность фосфора в черноземных почвах / В.М. Красницкий, О.Т. Ермолаев // Плодородие. – 2012. – №3. – С. 19-22.
98. 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.
99. Куфтов А.Ф. Переработка отходов птицеводства, животноводства и осадков городских сточных вод / А.Ф. Куфтов, В.А. Девисилов, Ю.В. Котельников // Экология и промышленность. – 1998. – № 1. – С. 16-23.
100. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие / М.В. Новицкий [и др.]. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.
101. Лобода Б.П. Дифференцировать дозы удобрений / Б.П. Лобода, Н.А. Лучник // Картофель и овощи. – 1987. – № 2. – С. 15-16.
102. Лукин С.М. Перспективные технологии использования помётных удобрений / С. Лукин // Птицеводство. – 2008. – № 7. – С. 55-57.
103. Лысенко В.П. Биопрепараты для компостирования птичьего помёта / В.П. Лысенко, Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьева // Птицеводство. – 2014. – №3. – С. 39-44.
104. Лысенко В.П. Органическое удобрение / В.П. Лысенко // Агротехника и агротехнологии. – 2012. – № 3. – С. 50-54.

105. Лысенко В.П. Переработка отходов – залог повышения экономики / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2013. – № 5. – С. 52-56.
106. Лысенко В.П. Переработка отходов птицеводческих хозяйств: учеб. пособие / В.П. Лысенко, В.Г. Тюрин. – Москва: ВНИИГеосистем, 2016. – 428 с.
107. Лысенко В.П. Переработка помёта в фермерских птицеводческих хозяйствах / В.П. Лысенко, А.П. Агеичкин, О.Н. Титов // Птицеводство. – 2014. – № 7. – С. 48-52.
108. Лысенко В.П. Птицефабрика – курс на безотходность / В.П. Лысенко // АПК Эксперт. – 2013. – № 1-2. – С. 24.
109. Лысенко В.П. Птицефабрики – союзники земледельцев / В.П. Лысенко // Земледелие. – 2014. – №5. – С. 20-21.
110. Лысенко В.П. Птицефабрики России – поставщики эффективных экологически чистых удобрений / В.П. Лысенко, А.Ю. Семенцов // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 5. – С.19-20.
111. Лысенко В.П. Птичий помёт – отход или побочная продукция? / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С.55-56.
112. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях / К.П. Магницкий. – М.: Московский рабочий, 1972. – 271 с.
113. Малютина Л.А. Почвенная утилизация отходов птицеводства в лесостепной зоне Алтайского Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Л.А. Малютина. – Барнаул, 2017. –19 с.
114. Маругина Н. Об эффективности органики в севообороте по природным зонам / Н. Маругина // Экономист. – 2012. – № 4. – С. 79-82.
115. Мацнев И.Н. Влияние внесения гранулированного удобрения из обеззараженного куриного помета на продуктивность картофеля и плодородие почвы в условиях Тамбовской области / И.Н. Мацнев, С.И. Данилин, Л.В. Степанцова // Почвы и их эффективное использование: Материалы Международной научно-практической конференции. – Киров. – 2018. – С. 182-188.

116. Мерзлая Г.Е. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений / Г.Е. Мерзлая, В.П. Лысенко // Агрехимический вестник. – 2005. – №3. – С.12-13.

117. Мингалев С.К. Эффективность куриного помёта при удобрении сельскохозяйственных культур / С.К. Мингалев, В.Р. Лаптев, А.В. Абрамчук, О.В. Овсяникова // Аграрная наука. – 2000. – № 8. – С.17-18.

118. 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.

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

120. Мищенко Л.Н. Классификация, диагностика и агроэкологические особенности почв Западной Сибири: учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, В.В. Леонова, В.Е. Кушнарченко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. – 104с.

121. Мищенко Л.Н. Почвы Западной Сибири: учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, А.Л. Мельников – Омск: Изд-во: ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 248 с.

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

123. Назаров А.В. Удобрения, нитраты, урожай и сохранность клубней / А.В. Назаров // Картофель и овощи. – 1992. – № 1. – С. 5-7.

124. 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.

125. 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.

126. Ненайденко Г.Н. Органические удобрения в современном земледелии: учебное пособие / Г.Н. Ненайденко, Л.И. Ильин. – Иваново: ПресСто, 2015. – 187 с.

127. Никулин Н. Современные биогазовые технологии – перспективный метод решения экологических проблем агропромышленного комплекса / Н. Никулин // Главный агроном. – № 9. – 2012. – С. 67-69.

128. 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.

129. Новиков М.Н. Агроэкономическая оценка органических удобрений / М.Н. Новиков, С.М. Лукин, Н.В. Новикова // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 10. – С. 24-25.

130. Новиков М.Н. Птичий помёт – ценное органическое удобрение / М.Н. Новиков, В.И. Хохлов, В.В. Рябков. – Москва: Росагропромиздат, 1989. – 80 с.

131. Овощеводство: учебник для студентов высших учебных заведений / Г.И. Тараканов [и др.]. – М.: КолосС, 2003. – 472 с.

132. Овцов Л.П. Опыт безопасного использования органических отходов животноводства и птицеводства / Л.П. Овцов, В.А. Михеев, В.П. Лысенко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 60 с.

133. 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.

134. Орлов П.В. Эколого-агрохимическая оценка влияния птичьего помета на продуктивность сельскохозяйственных культур и азотный режим почвы: дис. ... канд. с.-х. наук / П.В. Орлов. – Нижний Новгород, 2008. – 153 с.

135. Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства: учебное пособие / А.В. Удалов [и др.]. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2008. – 103 с.

136. Оценка энергетической эффективности технологий возделывания озимой пшеницы в шести ротациях севооборота многолетнего стационара / Н.И. Цимбалист [и др.] // Агрохимия. – 2007. – №7. – С.49-63.

137. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. М.: Агропромиздат, 1987. – 416 с.

138. Патрин М.А. Продуктивность озимой пшеницы на темно-каштановых почвах Заволжья в зависимости от применения удобрений и системы лесных полос: дис. ... канд. с.-х. наук / М.А. Патрин. – Оренбург, 2009. – 142 с.

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

140. Подготовка и переработка помета на птицефабриках: научно – практические рекомендации. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2006. – 107 с.

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

142. Понятовский Ф.А. Применение подстилочного куриного помёта и минеральных удобрений под сахарную свёклу на черноземе обыкновенном: дис. ... канд. с.-х. наук / Ф.А. Понятовский. – пос. Персиановский, 2006. – 152 с.

143. Попов А.В. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Попов. – Оренбург, 2011. – 21 с.

144. Попов Г.Н. Влияние сухого гранулированного птичьего помета на микробиологическую и ферментативную активность темно-каштановой почвы / Г.Н. Попов, В.Г. Попов, А.В. Панфилов // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2008. – № 6. – С. 31-33.

145. Попова В.И. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимые зерновые культуры в Западной Сибири / В.И. Попова, Е.П. Болдышева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – т. 84. – №10. – С. 10-15.

146. 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.

147. 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). – 12-17 с.

148. Порохонько Т.В. Эффективность применения птичьего помета под капусту белокочанную в условиях лесостепи Западной Сибири / Т.В. Порохонько // Материалы II международной конференции «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса»: сборник научных трудов, Ставрополь, 2013. – том 3. – вып. 6. – С. 222-224.

149. Почвенная диагностика минерального питания растений овощных культур и картофеля / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко, Л.М. Лихоманова, Н.К. Трубина, Е.Г. Бобренко // Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири: материалы II Национальной науч.-практич. конф. посвящ. 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А.Д. Кизюрина (7-9 декабря 2016 г.), 2016. – С. 39-47.

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

151. Приходько А.В. Влияние последействия применения органических удобрений в короткоротационном севообороте на продуктивность озимого ячменя / А.В. Приходько // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2019. – № 17 (180). – С. 58-64.

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

153. Пунда Н.А. Эффективность птичьего помета на черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.А. Пунда. – Омск, 1989. – 16 с.

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

155. 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.

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

157. Рекомендации по использованию птичьего помета в Омской области / В.М. Красницкий, Л.Н. Орлова, Н.А. Пунда. – Омск: Омское кн. изд-во, 1989. – 33 с.

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

159. 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.

160. Седых В.А. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помёта (обзор) / В.А. Седых, П.Ю. Карнауш // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 14-15.

161. Синявский И.В. Влияние птичьего помета на урожайность пшеницы в условиях центральной части Курганской области / И.В. Синявский, С.А. Сухих // Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года (Курган, 18-19 апреля 2019 г.) / Сборник статей по материала международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева. – 2019. – С. 738-742

162. Синявский И.В. Последствие минеральных и органоминеральных удобрений на микрофлору почвы и урожайность яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Зауралья / И.В. Синявский, Ю.З. Чиняева, А.А. Калганов // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. – 2017. – № 1. – С. 110-117.

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

164. Сирота С.М. Оптимизация минерального питания в системах удобрений овощных культур и картофеля на юге Западной Сибири: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / С.М. Сирота. – Москва, 2008. – 41 с.

165. Сорты сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ СибНИИСХ / Отв. ред. И.Ф. Храмцов. – Омск: ЛИТЕРА, 2017. – 171 с.

166. Состав, свойства и специфика воздействия птичьего помета на плодородие темно-каштановой почвы / Г.Н. Попов, А.Н. Данилов, В.П. Белоголовцев, А.В. Летучий // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 43-47.

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

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

169. 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.

170. Сычев В.Г. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. / В.Г. Сычев, С.А. Шафран, Т.М. Духанина // Плодородие. – 2016. – №2 (89). – С. 5-7.

171. 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.

172. Теория и практика создания высокопродуктивных посадок картофеля в Центральном Нечерноземье / З.И. Усанова [и др.]. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2013. – 528 с.

173. Титова В.И. Индустриальное птицеводство и экология: опыт сосуществования / В.И. Титова, Л.К. Седов, Е.В. Дабахова. – Н. Новгород, 2004. – 250 с.

174. Тихонов Н.И. Действие калийных и магниевых удобрений на урожай и качество картофеля на легкой дерново-подзолистой почве / Н.И. Тихонов, Ю.С. Авдеев // Агрохимия. – 1972. – № 10. – С. 71-75.

175. Тремасов М.Я. К проблеме утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий / М.Я. Тремасов, А.И. Сергеичев, Л.Е. Матросов // Птицефабрика. – 2006. – № 3. – С. 50-52.

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

177. Трифонов А.Ю. Сравнительная эффективность применения птичьего помета и минеральных удобрений при возделывании кормовых культур на серых-лесных и дерново-подзолистых почвах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.Ю. Трифонов. – Н. Новгород, 2001. – 24 с.

178. Трифонова Н.Е. Совокупное влияние удобрений, густоты и способа посадки на рост и урожайность раннего картофеля / Н.Е. Трифонова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – № 1. – С. 106-109.

179. Фастюков Л.С. Влияние длительного применения птичьего помёта на урожайность сельскохозяйственных культур севооборота / Л.С. Фастюков // Агротехника полевых культур в Нечернозёмной зоне РСФСР. – Москва, 1986. – С.75-83.

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

181. Федотова Л.С. Роль адаптивно-биологизированного земледелия в формировании урожая и повышения пищевой диетической ценности картофеля / Л.С. Федотова, Б.В. Анисимов // Картофелеводство в регионах России: Актуальные проблемы науки и практики ВНИИКХ. – М., 2006. – С. 67-82.

182. 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.

183. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

184. Церлинг В.В. Обмен веществ, формирование урожая и диагностика потребности растений в удобрениях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Церлинг. – М., 1962. – 36 с.

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

186. 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.

187. Чекаев Н.П. Агроэкологическая оценка применения куриного помёта в качестве удобрения / Н.П. Чекаев // Плодородие. – 2009. – № 3. – С.13-14.

188. 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.

189. 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.

190. Экологические основы применения птичьего помета: рекомендации / В.М. Красницкий [и др.]. – Омск: ЛИТЕРА, 2014. – 44 с.

191. 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.

192. Эффективность применения куриного помета под капусту белокочанную на лугово-черноземной почве / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.П. Кормин, А.Г. Шмидт // Плодородие. – 2019. – №1 (106). – С. 37-40.

193. Anaerobic co-digestion of poultry manure and sewage sludge under solid-phase configuration / J. Fierro, J.E. Martínez, J.G. Rosas, D. Blanco, X. Gómez // Environmental Progress and Sustainable Energy. – 2014. – Т. 33. – № 3. – P. 866-872.

194. 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.

195. 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.

196. 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.

197. 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.

198. Muller K. Luz Bedeutung der Dungung im ert rags – und gualitats betonden kartoffelenbau / K. Muller. – 1977. – Vol. 28. – P. 4-6.

199. Performance evaluation of a novel anaerobic digestion operation process for treating high-solids content chicken manure: effect of reduction of the hydraulic retention time at a constant organic loading rate / W. Zhang, Q. Lang, Z. Pan, Y. Jiang, J. Liebetrau, M. Nelles, H. Dong, R. Dong // Waste Manage. – 2017. – Т. 64. – P. 340-347.

200. Saric M.R. Theoretical approaches to the genetic specificity of mineral of

plants / M.R. Saric // Plant and soil, 1983. – Vol.72. – № 2/3. – P.137-138.

201. 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.

202. Ways to intensify the process of anaerobic digestion of poultry manure in a bioreactor / V.I. Marchenko, D.A. Sidelnikov, D.I. Gritsai, E.V. Gerasimov, I.I. Shvetsov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – T. 7. – № 3. – P. 1913-1918.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Метеорологические условия в годы проведения исследований (2015-2018 гг.)

Месяц	Температура, °С				Осадки, мм			
	I	II	III	сред. за ме- сяц	I	II	III	∑ за месяц
2015 г.								
Май	14,5	14,1	13,2	13,9	10	15	19	44
Июнь	20,3	19,4	20,2	19,9	18	41	0	59
Июль	16,5	20,7	18,4	18,5	29	1	24	54
Август	16,7	17,7	12,1	15,5	8	33	28	69
Сентябрь	11,8	10,4	8,8	10,3	0	20,0	10,0	30
2016 г.								
Май	8,8	11,9	17,2	12,7	2,0	2,3	1,1	5,4
Июнь	17,3	18,6	18,7	18,2	0,6	40,4	56,7	97,7
Июль	19,6	20,9	18,8	19,7	16,5	19,2	74,1	109,8
Август	19,7	20,9	17,2	19,2	0,0	9,0	8,4	17,4
Сентябрь	16,8	13,1	9,4	13,1	5,0	6,0	0,0	11,0
2017 г.								
Май	10,0	12,5	15,6	13,1	14	6	6	26
Июнь	16,7	21,4	20,9	20,1	39	9	5	53
Июль	17,9	16,9	20,2	18,5	7	34	8	49
Август	20,2	14,2	20,1	18,2	12	3	8	23
Сентябрь	13,1	11,1	3,0	9,9	17	23	0	40
2018 г.								
Май	8,7	10,4	13,3	10,8	7,6	8,4	11,9	27,9
Июнь	14,6	18,2	17,3	16,7	14,3	23,2	22,5	60,0
Июль	15,2	20,9	18,8	18,3	19,4	23,5	22,2	65,1
Август	16,6	15,8	14,4	15,6	14,7	17,3	16,9	48,9
Сентябрь	10,7	9,2	9,5	9,8	15,8	13,4	12,8	42,0

Приложение Б – Действие органических удобрений на основе куриного подстилочного помета на содержание подвижных форм элементов питания (мг/кг) в лугово-черноземной почве (0-20 см) при возделывании пшеницы яровой (2015-2017 гг.)

Вариант	Кущение			Восковая спелость			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.									
Контроль	2,84	128	360	1,78	118	358	1,7	107	354
4 т/га	24,6	135	375	11,6	122	362	3,7	112	360
8 т/га	33,8	141	384	13,8	238	370	4,3	128	372
12 т/га	40,1	144	368	18,7	142	368	5,7	130	350
16 т/га	43,4	148	345	20,4	144	365	5,5	130	350
20 т/га	54,5	152	369	20,8	152	370	5,6	145	352
2016 г.									
Контроль	6,7	138	217	7,4	150	219	11,6	126	249
4 т/га	26,9	143	227	7,9	171	237	13,5	135	299
8 т/га	29,4	146	257	10,3	175	219	14,7	140	374
12 т/га	31,8	149	257	12,3	180	237	15,8	144	374
16 т/га	31,8	152	296	11,3	182	257	15,9	156	416
20 т/га	34,3	152	316	15,2	183	274	17,1	160	358
2017 г.									
Контроль	6,25	115	240	4,20	118	238	3,80	124	244
4 т/га	19,6	138	270	7,28	124	245	6,40	126	245
8 т/га	25,4	150	298	11,2	127	254	7,28	126	245
12 т/га	29,2	162	324	13,8	129	259	10,2	129	247
16 т/га	33,8	170	340	16,6	133	266	12,4	131	248
20 т/га	37,4	178	364	21,2	136	271	14,0	133	250

Приложение В – Действие органических удобрений на основе куриного подстилочного помета на содержание подвижных форм элементов питания (мг/кг) в лугово-черноземной почве (0-20 см) при возделывании ячменя (2015-2017 гг.)

Вариант	Кущение			Восковая спелость			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.									
Контроль	2,34	120	360	1,45	97	352	1,3	96,8	355
4 т/га	24,6	125	368	18,8	108	354	5,7	103	358
8 т/га	33,8	128	370	19,6	124	362	6,3	120	360
12 т/га	40,1	144	372	24,7	135	360	7,3	130	358
16 т/га	43,4	150	380	26,6	148	354	8,1	142	345
20 т/га	54,5	154	380	33,6	150	362	10,2	144	360
2016 г.									
Контроль	6,1	132	290	7,4	175	210	2,3	123	205
4 т/га	21,8	136	330	28,2	177	238	10,9	132	260
8 т/га	24,4	147	310	32,1	180	228	12,2	137	250
12 т/га	26,4	158	340	26,3	179	210	13,2	141	240
16 т/га	29,4	163	370	27,2	177	201	14,7	153	220
20 т/га	34,3	166	400	30,1	182	265	17,1	157	290
2017 г.									
Контроль	7,20	138	252	4,10	122	251	3,54	128	245
4 т/га	20,4	152	289	6,81	129	255	5,89	128	249
8 т/га	26,0	161	319	10,2	133	258	7,01	132	244
12 т/га	31,4	170	338	12,9	138	259	9,40	138	256
16 т/га	36,8	179	357	14,1	141	264	11,2	142	258
20 т/га	40,2	180	385	19,4	145	267	12,4	145	258

Приложение Г – Действие органических удобрений на основе куриного подстилочного помета на содержание подвижных форм элементов питания (мг/кг) в лугово-черноземной почве (0-20 см) при возделывании капусты белокочанной (2015-2017 гг.)

Вариант	Образование кочана			Формирование кочана			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.									
Контроль	3,34	115	354	3,20	116	352	3,12	110	350
4 т/га	25,6	128	360	20,4	124	354	5,68	118	352
8 т/га	32,8	142	365	28,2	136	348	6,12	124	356
12 т/га	36,1	160	368	32,2	152	350	6,54	130	354
16 т/га	42,4	168	374	38,4	154	348	7,55	135	360
2016 г.									
Контроль	6,80	132	224	5,40	130	226	3,28	126	230
4 т/га	12,4	138	230	8,80	134	228	6,82	128	232
8 т/га	16,4	145	238	11,6	138	232	8,44	132	236
12 т/га	21,8	154	246	15,4	142	236	11,6	136	238
16 т/га	26,4	162	250	18,9	144	240	13,4	138	242
20 т/га	31,0	172	258	24,8	150	248	16,2	142	250
2017 г.									
Контроль	12,4	163	240	8,22	161	239	5,67	158	241
4 т/га	15,8	167	244	10,4	165	247	7,12	159	245
8 т/га	21,6	171	248	13,6	167	250	8,24	160	253
12 т/га	25,4	175	249	15,7	171	251	9,13	160	249
16 т/га	26,2	179	251	17,8	173	252	10,2	162	243
20 т/га	30,7	183	253	19,3	180	251	11,6	168	250

Приложение Д – Действие органических удобрений на основе куриного подстилочного помета на содержание подвижных форм элементов питания (мг/кг) в лугово-черноземной почве (0-20 см) при возделывании картофеля (2015-2017 гг.)

Вариант	Цветение			Формирование и рост клубней			Уборка		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.									
Контроль	2,3	109	348	2,0	108	342	1,1	106	340
4 т/га	21,6	125	352	15,2	120	344	4,6	115	342
8 т/га	30,8	138	350	22,1	124	350	5,3	128	345
12 т/га	37,1	154	361	27,8	148	342	6,2	140	348
16 т/га	40,2	158	365	29,4	152	346	6,8	144	345
2016 г.									
Контроль	4,6	118	246	3,8	122	244	2,9	128	238
4 т/га	11,4	121	248	8,1	124	246	4,7	124	240
8 т/га	17,2	127	250	15,2	123	248	6,9	128	238
12 т/га	23,6	134	252	18,4	132	246	9,1	130	242
16 т/га	29,2	141	253	22,6	138	250	11,2	134	246
20 т/га	31,8	145	256	24,8	142	252	14,2	138	246
2017 г.									
Контроль	8,4	178	255	6,5	172	250	4,8	168	248
4 т/га	13,6	183	259	10,4	177	253	5,3	170	249
8 т/га	18,1	189	263	13,8	179	255	6,7	172	248
12 т/га	23,8	194	266	16,6	181	257	7,0	177	252
16 т/га	27,4	199	271	20,4	184	259	8,2	175	253
20 т/га	32,6	205	278	23,8	187	259	9,3	181	255
НСР ₀₅	3,52	21,0	24,5	2,54	19,1	24,3	1,02	20,5	23,4

Приложение Е – Влияние органических удобрений на основе куриного подстилочного помета на качество капусты белокочанной (2015-2017 гг.)

Вариант	Соотношение массы кочанов к нетоварной части	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
2015 г.					
Контроль	1 : 0,4	9,8	4,98	21,8	154
4 т/ га	1 : 0,5	9,6	5,08	22,0	168
8 т/ га	1 : 0,5	9,7	5,20	22,1	172
12 т/ га	1 : 0,6	9,5	5,18	23,0	180
16 т/ га	1 : 0,6	9,8	5,28	23,4	190
2016 г.					
Контроль	1 : 0,4	9,6	4,94	21,8	144
4 т/ га	1 : 0,5	9,4	5,12	22,0	178
8 т/ га	1 : 0,5	9,6	5,18	22,2	182
12 т/ га	1 : 0,6	9,7	5,22	22,8	189
16 т/ га	1 : 0,6	9,4	5,28	23,2	194
20 т/га	1 : 0,6	9,5	5,30	23,8	198
2017 г.					
Контроль	1 : 0,4	10,2	5,13	22,0	112
4 т/ га	1 : 0,4	10,8	5,10	22,1	118
8 т/ га	1 : 0,6	10,8	5,18	22,6	125
12 т/ га	1 : 0,5	11,0	5,22	22,9	129
16 т/ га	1 : 0,6	10,9	5,24	23,4	135
20 т/га	1 : 0,6	11,0	5,28	23,6	138

Приложение Ж – Влияние органических удобрений на основе куриного подстилочного помета на качество клубней картофеля (2015-2017 гг.)

Вариант	Соотношение клубней к ботве	Товарность, %	Содержание		
			Сухое вещество, %	Крахмал, %	Нитраты, мг/кг
2015 г.					
Контроль	1 : 1,11	89	23,8	17,6	71
4 т/га	1 : 1,06	90	27,7	20,7	73
8 т/га	1 : 1,04	90	28,9	21,6	75
12 т/га	1 : 0,89	92	27,2	20,3	75
16 т/га	1 : 0,86	94	28,2	21,1	77
2016 г.					
Контроль	1 : 1,22	87	22,8	16,0	48
4 т/га	1 : 1,18	87	23,7	16,5	73
8 т/га	1 : 1,06	88	24,1	17,2	74
12 т/га	1 : 0,96	92	24,4	17,5	50
16 т/га	1 : 0,97	90	24,4	17,1	60
20 т/га	1 : 0,98	89	24,6	17,5	66
2017 г.					
Контроль	1 : 0,84	90	24,4	16,3	68
4 т/га	1 : 0,90	93	24,3	16,3	72
8 т/га	1 : 0,88	93	24,8	16,6	71
12 т/га	1 : 0,84	92	25,2	16,9	77
16 т/га	1 : 0,83	94	25,6	17,2	79
20 т/га	1 : 0,86	92	24,8	17,0	80

Приложение 3 – Содержание основных элементов питания в растениях зерновых культур в фазу уборки в зависимости от применяемых органических удобрений на основе куриного подстилочного помета, % на абсолютно сухую массу (опыты № 1 и 2)

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
Пшеница яровая 2015 г.						
Контроль	2,33	0,52	0,45	0,61	0,12	1,11
4 т/ га	2,44	0,61	0,45	0,67	0,15	1,20
8 т/ га	2,42	0,63	0,46	0,66	0,18	1,21
12 т/ га	2,73	0,71	0,49	0,74	0,19	1,38
16 т/ га	2,80	0,72	0,51	0,81	0,21	1,40
20 т/га	2,82	0,73	0,50	0,80	0,21	1,41
2016 г.						
Контроль	2,34	0,62	0,44	0,63	0,13	1,11
4 т/ га	2,43	0,64	0,42	0,65	0,18	1,15
8 т/ га	2,44	0,65	0,44	0,66	0,17	1,15
12 т/ га	2,68	0,69	0,48	0,76	0,20	1,18
16 т/ га	2,69	0,72	0,48	0,80	0,22	1,31
20 т/га	2,72	0,74	0,56	0,76	0,21	1,40
2017 г.						
Контроль	2,36	0,62	0,40	0,62	0,15	1,09
4 т/ га	2,39	0,62	0,42	0,66	0,16	1,10
8 т/ га	2,39	0,65	0,46	0,69	0,19	1,21
12 т/ га	2,65	0,64	0,45	0,72	0,17	1,32
16 т/ га	2,70	0,65	0,48	0,72	0,20	1,40
20 т/га	2,76	0,77	0,50	0,70	0,20	1,52

окончание приложения 3

1	2	3	4	5	6	7
ячмень 2015 г.						
Контроль	2,00	0,86	0,65	0,50	0,22	1,00
4 т/ га	2,10	0,88	0,67	0,51	0,23	1,02
8 т/ га	2,13	0,90	0,68	0,52	0,25	1,04
12 т/ га	2,18	0,92	0,69	0,54	0,27	1,05
16 т/ га	2,25	0,95	0,71	0,55	0,29	1,07
20 т/га	2,30	0,96	0,73	0,56	0,30	1,09
2016 г.						
Контроль	2,02	0,66	0,67	0,55	0,16	1,02
4 т/ га	2,15	0,71	0,69	0,58	0,25	1,04
8 т/ га	2,16	0,76	0,69	0,58	0,31	1,03
12 т/ га	2,22	0,79	0,71	0,54	0,32	1,06
16 т/ га	2,28	0,87	0,72	0,54	0,33	1,07
20 т/га	2,30	0,90	0,74	0,56	0,35	1,07
2017 г.						
Контроль	2,08	0,70	0,70	0,56	0,20	1,01
4 т/ га	2,25	0,75	0,69	0,59	0,26	1,02
8 т/ га	2,18	0,77	0,72	0,59	0,30	1,09
12 т/ га	2,28	0,77	0,73	0,56	0,29	1,08
16 т/ га	2,30	0,89	0,75	0,54	0,30	1,09
20 т/га	2,28	0,88	0,74	0,59	0,30	1,09

Приложение И – Содержание основных элементов питания в кочанах капусты в фазу уборки в зависимости от органических удобрений на основе куриного подстилочного помета, % на абсолютно сухую массу (опыт № 3)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.			
Контроль	3,12	110	350
4 т/ га	5,68	118	352
8 т/ га	6,12	124	356
12 т/ га	6,54	130	354
16 т/ га	7,55	135	360
2016 г.			
Контроль	3,92	0,90	4,41
4 т/ га	4,84	1,12	5,53
8 т/ га	5,10	1,13	5,66
12 т/ га	5,30	1,26	5,87
16 т/ га	5,38	1,29	5,80
20 т/га	5,39	1,32	5,82
2017 г.			
Контроль	4,02	0,98	4,95
4 т/ га	4,14	1,08	5,04
8 т/ га	4,40	1,12	5,16
12 т/ га	4,65	1,15	5,22
16 т/ га	4,84	1,22	5,30
20 т/га	5,12	1,28	5,38

Приложение К – Содержание основных элементов питания в растениях картофеля в фазу уборки в зависимости от органических удобрений на основе куриного подстилочного помета, % на абсолютно сухую массу (опыт № 4)

Вариант	Клубни			Ботва		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.						
Контроль	1,28	0,42	2,02	0,48	0,36	1,86
4 т/ га	1,32	0,44	2,04	0,50	0,48	1,89
8 т/ га	1,39	0,54	2,10	0,52	0,50	1,83
12 т/ га	1,40	0,55	2,12	0,54	0,50	1,86
16 т/ га	1,56	0,57	2,14	0,54	0,48	1,90
2016 г.						
Контроль	1,30	0,48	2,67	0,40	0,34	1,86
4 т/ га	1,35	0,50	2,72	0,46	0,34	1,89
8 т/ га	1,40	0,54	2,78	0,48	0,32	1,83
12 т/ га	1,40	0,59	2,84	0,50	0,36	1,86
16 т/ га	1,64	0,60	2,88	0,48	0,34	1,90
20 т/га	1,68	0,62	2,90	0,50	0,36	1,96
2017 г.						
Контроль	1,24	0,42	2,34	0,52	0,36	1,82
4 т/ га	1,26	0,46	2,38	0,50	0,36	1,84
8 т/ га	1,28	0,47	2,40	0,48	0,37	1,86
12 т/ га	1,32	0,48	2,40	0,52	0,38	1,88
16 т/ га	1,36	0,48	2,38	0,50	0,35	1,86
20 т/га	1,40	0,50	2,42	0,54	0,34	1,90

Приложение Л – Вынос элементов урожая яровой пшеницы в зависимости от органических удобрений на основе куриного подстилочного помета (опыт №1)

Вариант	Зерном			Соломой			Общий вынос			Вынос единиц продукции, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2015 г.												
Контроль	35,0	7,8	6,8	14,3	2,8	26,0	49,2	10,6	32,7	32,8	7,1	21,8
4 т/ га	39,5	9,9	7,3	16,3	3,6	29,2	55,8	13,5	36,5	34,5	8,4	22,5
8 т/ га	44,0	11,5	8,4	18,5	5,1	34,0	62,6	16,5	42,4	34,4	9,1	23,3
12 т/ га	59,0	15,3	10,6	24,8	6,4	46,2	83,8	21,7	56,8	38,8	10,0	26,3
16 т/ га	67,2	17,3	12,2	26,6	6,9	46,1	93,8	24,2	58,3	39,1	10,1	24,3
20 т/га	68,0	17,6	12,1	28,3	7,4	49,9	96,3	25,0	62,0	40,0	10,4	25,7
2016 г.												
Контроль	52,7	14,0	9,9	22,1	4,6	39,0	74,8	18,5	48,9	33,2	8,2	21,7
4 т/ га	55,9	14,7	9,7	22,4	6,2	39,7	78,3	20,9	49,3	34,1	9,1	21,5
8 т/ га	63,9	17,0	11,5	26,8	6,9	46,7	90,7	23,9	58,2	34,6	9,1	22,2
12 т/ га	73,2	18,8	13,1	32,1	8,5	49,9	105,3	27,3	63,0	38,6	10,0	23,1
16 т/ га	74,5	19,9	13,3	30,3	8,3	49,6	104,8	28,3	62,9	37,8	10,2	22,7
20 т/га	83,2	22,6	17,1	34,1	9,4	62,9	117,4	32,1	80,0	38,4	10,5	26,1

окончание приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2017 г.												
Контроль	43,0	11,3	7,3	17,6	4,3	31,0	60,6	15,5	38,2	33,3	8,5	21,0
4 т/ га	52,8	13,7	9,3	21,8	5,3	36,4	74,7	19,0	45,7	33,8	8,6	20,7
8 т/ га	58,8	16,0	11,3	26,3	7,2	46,1	85,1	23,2	57,4	34,6	9,4	23,3
12 т/ га	67,8	16,4	11,5	28,6	6,7	52,4	96,4	23,1	63,9	37,7	9,0	25,0
16 т/ га	71,0	17,1	12,6	25,9	7,2	50,4	96,9	24,3	63,0	36,9	9,2	24,0
20 т/га	70,7	19,7	12,8	26,3	7,5	57,2	97,0	27,2	70,0	37,9	10,6	27,3

Приложение М – Вынос элементов урожая ячменя в зависимости от органических удобрений на основе куриного подстилочного помета (опыт №2)

Вариант	Вынос, кг/га									Вынос единицей продукции, кг/т		
	зерно			солома			общий			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2015 г.												
Контроль	40,6	17,5	13,2	12,4	5,5	24,8	53,0	22,9	38,0	26,1	11,3	18,7
4 т/ га	45,8	19,2	14,6	12,9	5,8	25,8	58,7	25,0	40,4	26,9	11,5	18,5
8 т/ га	49,4	20,9	15,8	14,8	7,1	29,6	64,2	28,0	45,4	27,7	12,1	19,6
12 т/ га	57,6	24,3	18,2	18,4	9,2	35,8	76,0	33,5	54,0	28,8	12,7	20,5
16 т/ га	62,8	26,5	19,8	18,1	9,5	35,2	80,9	36,0	55,0	29,0	12,9	19,7
20 т/га	65,1	27,2	20,7	18,4	9,8	35,8	83,5	37,0	56,4	29,5	13,1	19,9
2016 г.												
Контроль	54,1	17,7	18,0	18,0	5,2	33,4	72,1	22,9	51,3	26,9	8,6	19,1
4 т/ га	60,6	20,0	19,5	19,0	8,2	34,0	79,6	28,2	53,5	28,2	10,0	19,0
8 т/ га	66,1	23,3	21,1	21,8	11,7	38,7	87,9	34,9	59,8	28,7	11,4	19,6
12 т/ га	72,6	25,8	23,2	22,8	13,5	44,7	95,4	39,3	67,9	29,2	12,0	20,8
16 т/ га	75,9	29,0	24,0	21,2	13,0	42,1	97,1	41,9	66,0	29,2	12,6	19,8
20 т/га	81,4	31,9	26,2	23,0	14,4	44,0	104,4	46,2	70,2	29,5	13,1	19,8

окончание приложения М

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2017 г.												
Контроль	52,2	17,6	17,6	17,1	6,1	30,9	69,3	23,7	48,5	27,6	9,4	19,3
4 т/ га	60,1	20,0	18,4	18,3	8,1	31,6	78,4	28,1	50,0	29,4	10,5	18,7
8 т/ га	61,3	21,6	20,2	20,4	10,4	37,7	81,7	32,0	57,9	29,1	11,4	20,6
12 т/ га	68,9	23,3	22,0	21,8	11,3	42,1	90,7	34,6	64,2	30,0	11,4	21,2
16 т/ га	76,4	29,5	24,9	21,2	11,8	42,7	97,5	41,3	67,6	29,4	12,4	20,4
20 т/га	76,4	29,5	24,8	23,0	11,7	42,4	99,3	41,2	67,2	29,7	12,3	20,1

Приложение Н – Вынос элементов урожая капусты в зависимости от органических удобрений на основе куриного подстилочного помета (опыт №3)

Вариант	Общий вынос, кг/га			Вынос единиц продукции, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.						
Контроль	217	49,9	244	3,92	0,90	4,40
4 т/ га	314	73,4	359	4,03	0,94	4,60
8 т/ га	388	86,1	431	4,37	0,97	4,85
12 т/ га	411	98,0	455	4,46	1,06	4,94
16 т/ га	432	104	466	4,90	1,18	5,29
2016 г.						
Контроль	217	49,9	244	3,86	0,89	4,34
4 т/ га	314	73,4	359	4,85	1,13	5,54
8 т/ га	388	86,1	431	5,36	1,19	5,95
12 т/ га	411	98,0	455	5,35	1,28	5,92
16 т/ га	432	104	466	5,32	1,28	5,74
20 т/га	438	107	473	5,28	1,29	5,71
2017 г.						
Контроль	245	59,8	302	4,10	1,00	5,05
4 т/ га	284	74,0	345	4,48	1,17	5,44
8 т/ га	320	81,5	376	4,75	1,21	5,58
12 т/ га	367	90,8	412	5,12	1,27	5,75
16 т/ га	395	99,6	432	5,27	1,33	5,77
20 т/га	406	101	426	5,23	1,30	5,49

Приложение О – Вынос элементов урожая картофеля в зависимости от органических удобрений на основе куриного подстилочного помета (опыт №4)

Вариант	Клубни			Ботва			Общий вынос			Вынос единицей продукции, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015 г.												
Контроль	73,2	23,7	114	28,8	21,6	112	102	45,3	226	4,20	1,80	9,30
4 т/ га	85,4	28,5	132	38,0	36,5	144	123	65,0	276	4,20	2,20	9,30
8 т/ га	98,6	38,3	149	40,1	38,6	141	139	44,7	290	4,40	1,70	9,10
12 т/ га	106	41,8	161	42,1	39,0	145	148	51,3	306	4,50	1,90	9,30
16 т/ га	111	40,6	152	39,7	35,3	140	151	49,6	292	4,70	1,90	9,10
2016 г.												
Контроль	73,1	26,9	150	26,4	22,4	122,8	99,5	49,3	273	4,10	2,00	11,3
4 т/ га	92,7	34,4	187	33,0	24,4	136	126	58,8	322	4,30	1,80	11,0
8 т/ га	110	42,4	218	35,5	23,7	135	145	66,1	254	4,50	2,00	10,8
12 т/ га	125	52,5	253	38,5	27,7	143	163	80,2	396	4,50	2,20	10,9
16 т/ га	132	48,1	231	36,5	25,8	149	168	73,9	380	4,60	2,00	10,3
20 т/га	133	49,0	229	34,7	34,7	148	167	83,7	377	4,60	2,30	10,4
2017 г.												
Контроль	54,9	18,6	104	26,7	18,5	93,5	81,6	37,1	198	4,36	1,98	10,6
4 т/ га	70,4	25,7	133	30,8	22,2	113	101	47,9	246	4,56	2,16	11,1
8 т/ га	80,9	29,7	152	30,7	23,7	119	112	53,7	271	4,59	2,19	11,1
12 т/ га	90,6	32,9	165	34,5	25,3	125	125	58,2	290	4,66	2,17	10,8
16 т/ га	101	35,6	176	34,2	23,9	127	135	59,5	303	4,76	2,09	10,7
20 т/га	112	39,8	193	38,1	24,0	134	150	63,8	327	4,97	2,11	10,8

Приложение Р

Утверждаю:



Генеральный директор
ООО «РУСКОМ-Агро»
В.И. Гоман
2019 г.

Акт

о внедрении результатов научной деятельности

Внедрение результатов исследований Шмидта А.Г. по теме: «Использование куриного помёта для оптимизации питания сельскохозяйственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО «РУСКОМ-Агро» на лугово-черноземной почве на площади 54 га при посеве ячменя. Использование рекомендуемой дозы 14 т/га позволило получить урожайность зерна ячменя 3,01 т/га при использовании куриного помета в условиях южной лесостепной зоны Омской области. Условный чистый доход при этом составил 988 рублей, а рентабельность применения органического удобрения составила 24 %.

Заместитель генерального директора
ООО «РУСКОМ-Агро»

В.В. Заздравных

Приложение С

Утверждаю:

Директор ООО «ВОСХОД»
В.В. Киселев
14.11.2019 г.



Акт
о внедрении результатов научной деятельности

Внедрение результатов исследований Шмидта А.Г. по теме: «Использование куриного помёта для оптимизации питания сельскохозяйственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО «ВОСХОД» на лугово-черноземной почве на площади 30 га при посадке капусты. Это позволило получить урожайность капусты белокочанной 51,2 т/га при использовании куриного помета в рекомендуемой расчетной дозе 11,5 т/га в условиях южной лесостепи Омской области. Условный чистый доход составил 128211 рублей, при этом рентабельность применения органического удобрения составила 704 %.

Приложение Т



Утверждаю:

Индивидуальный предприниматель
«Кабденов Т.Е.»Т.Е. Кабденов
2019 г.

Акт

о внедрении результатов научной деятельности

Внедрение результатов исследований Шмидта А.Г. по теме: «Использование куриного помёта для оптимизации питания сельскохозяйственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в хозяйстве ИП «Кабденов Т.Е.» на лугово-черноземной почве на площади 30 га при посадке картофеля. Это позволило получить урожайность клубней картофеля 34,4 т/га при использовании куриного помета в рекомендуемой расчетной дозе 12 т/га в условиях южной лесостепной зоны Омской области. Условный чистый доход составил 56437 рублей, при этом рентабельность применения органического удобрения составила 671 %.

