

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Т. Ф. Персикова, М. В. Царева

**СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ
ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
КУРИНОГО ПОМЕТА**

*Рекомендации для руководителей и специалистов
сельскохозяйственных организаций, фермерских хозяйств,
слушателей ФПК и научных сотрудников*

Горки
БГСХА
2019

УДК 631.86(083.13)

ББК 40.40я73

П27

Одобрено Научно-техническим советом БГСХА.

Протокол № 8 от 3 декабря 2018 г.

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Т. Ф. Персикова*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. В. Царева*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, руководитель
лаборатории органического вещества почвы
«Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси *Т. М. Серая*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии
УО БГСХА *О. И. Мишура*

Персикова, Т. Ф.

П27

Система мероприятий по рациональному использованию куриного помета : рекомендации / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева. – Горки : БГСХА, 2019. – 44 с.

Приведена система мероприятий по рациональному использованию куриного помета, полученного на ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика», которая предусматривает строгий химический анализ куриного помета перед его внесением, контроль за агрофизическими, водными и агрохимическими свойствами дерново-подзолистой почвы, введение в севооборот ярового рапса, горчицы белой, многолетних трав, и приготовления пометно-торфяных компостов, что позволит снизить антропогенную нагрузку куриного помета на плодородие почвы.

Для руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций, фермерских хозяйств, слушателей ФПК и научных сотрудников.

УДК 631.86(083.13)

ББК 40.40я73

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Птицеводческая отрасль является одной из важнейших в сельскохозяйственном производстве Беларуси. В структуре производства мяса в республике свыше 36 % приходится на мясо птицы; из них 93 % составляет производство мяса бройлеров. Нарастание мощностей в птицеводстве и увеличение объемов производства неизбежно влекут за собой и увеличение объемов образования птичьего помета.

Куриный помет является ценным органическим удобрением с высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора, калия, кальция, магния) и микроэлементов, причем питательные вещества находятся в легкодоступных для питания растений соединениях. По содержанию питательных веществ он превосходит любое органическое удобрение, а по доступности – не уступает минеральным удобрениям. Ценность 1 т бройлерного помета приравнивается к 180 кг полного минерального удобрения.

Азота и фосфора в птичьем помете намного больше, чем в навозе КРС и свиней. Значительная часть элементов питания в помете (азота около 50 %, фосфора 4 % и калия 60 %) находится в водорастворимой форме. Основная часть азота в птичьем помете представлена мочевой кислотой, которая при хранении превращается вначале в мочевины, затем – в углекислый аммоний. Последний при неблагоприятных условиях хранения быстро разлагается на аммиак, углекислый газ и воду, что приводит к значительным потерям азота. Птичий помет – один из источников CO₂, который усиливает синтез органических веществ растений.

Большая часть фосфора в помете представлена органическими соединениями, слабо закрепляющимися в почве в виде фосфатов Fe, Al и Ca, и по мере минерализации органического вещества усваивается растениями. Поэтому фосфор помета усваивается лучше по сравнению с фосфором минеральных удобрений. Помет в основном является азотно-фосфорным удобрением, поэтому его применение обуславливает необходимость дополнительного внесения калийных удобрений.

Органическое вещество помета (основная часть сухого вещества этого удобрения) улучшает структуру почвы, ее водный и воздушный режим, физико-химические и химические свойства (например, увеличивает емкость поглощения и степень насыщенности почвы основаниями). Степень влияния пометных удобрений на агрохимические свой-

ства почвы зависит от дозы внесения, культуры, под которую они вносятся и длительности применения.

Птичий помет является нейтральным удобрением. Куриный помет содержит до 3 % CaO и до 1 % MgO. Кальций и магний, находящиеся в помете, снижают кислотность почвы, а полезные микроорганизмы повышают ее биологическую активность.

Так как помет содержит большое количество органических веществ, он является благоприятной средой для развития различных видов микробов. В условиях естественной аэрации и при соответствующей влажности и температуре внешней среды содержание микроорганизмов в помете может достигать до колоссальных размеров. Например, в 1 г помета содержится иногда более 1 млрд аммонифицирующих бактерий. Птичий помет обеспечивает положительный баланс азота, фосфора и гумуса в почве, повышает ферментативную активность, дыхание и потенциальную азотфиксирующую способность почвы.

Как было уже отмечено ранее, куриный помет имеет pH 6,5, а доля содержания органического вещества в нем составляет 70 %. Если данное удобрение применять правильно, то оно обогатит почву, обеспечит необходимый запас питательных веществ, поспособствует развитию нужной микрофлоры в почве, снабдит полезными элементами корневую систему растений. Используя куриный помет, можно минимизировать процессы образования корневой гнили и появления некоторых видов вредителей сельскохозяйственных растений, к числу которых относятся морковная и луковая мухи и колорадский жук.

Норму внесения птичьего помета устанавливают в зависимости от содержания в нем элементов питания с учетом потребностей культуры и обеспеченности почвы усвояемыми формами питательных веществ.

При использовании пометных удобрений особенно важно следить за равномерным их разбрасыванием и немедленной заделкой в почву. Равномерность необходима, чтобы избежать очагов с высокой концентрацией питательных элементов, приводящих к гибели растений. Немедленная заделка обусловлена тем, что в помете содержится большое количество азота в аммиачной форме, теряющегося при поверхностном внесении.

Несанкционированные свалки и места хранения птичьего помета – реальные источники образования зон экологического неблагополучия для ближайших населенных пунктов, почвенного покрова и водных

объектов. Птичий помет может отрицательно влиять на окружающую среду, что проявляется следующим образом:

- через миграцию веществ по почвенному профилю до грунтовых вод; выделением азота и других веществ в газообразной форме в атмосферу; через ухудшение агрохимических свойств и баланса питательных веществ почвы вследствие длительного применения высоких доз на постоянных участках;

- накоплением в растительной продукции концентраций нитратов и других элементов, негативно влияющих на здоровье человека или животных.

При неправильном хранении и использовании птичий помет значительно загрязняет воздух газообразными выделениями в виде аммиака, сероуглерода, молекулярного азота, пыли, а также ядовитыми газами. Длительное применение помета снижает обменную и гидролитическую кислотность, увеличивает сумму поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями, заметно снижает содержание подвижных форм алюминия, марганца и железа.

Значительный вред экологической обстановке наносят содержащиеся в помете остаточные количества дезинфицирующих веществ, различных медикаментозных препаратов (антибиотиков, транквилизаторов). Установлены негативные последствия воздействия их на биологическую активность почвы, процессы гумусообразования. При насыщении почвы антибиотиками ослабляется ее способность к самообеззараживанию.

При высоких дозах внесения органических веществ в почву и ее корнеобитаемом слое может возникнуть дефицит кислорода, что отрицательно скажется на развитии растений и самоочищающей способности почв. Следовательно, избыточное насыщение агроэкосистемы биогенными элементами ведет к нарушению сложившегося равновесия и развитию ряда негативных процессов.

Таким образом, птичий помет, с одной стороны, является ценным органическим удобрением, а с другой – компонентом загрязнения окружающей среды. Основным направлением утилизации отходов птицефабрик остается использование их для удобрения сельскохозяйственных угодий. В этой связи на первый план выдвигается проблема удаления, переработки и рационального использования отходов.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЗЯЙСТВА

Исследования по изучению закономерностей изменения свойств дерново-подзолистых почв при использовании куриного помета проводились в 2016–2018 гг. в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» и на кафедре почвоведения УО БГСХА.

ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» – одно из крупнейших в Республике Беларусь и единственное в Витебской области предприятие по производству мяса птицы на промышленной основе с общим замкнутым производственным циклом: от получения инкубационных яиц и выращивания молодняка до полной переработки мяса птицы в готовые натуральные полуфабрикаты и их реализации в сети фирменной торговли.

Общая земельная площадь хозяйства на 01.01.2018 г. – 25641 га, в том числе пашни – 17037 га, сенокосы – 5073 га, пастбища – 3490 га. Осушенных – 9247 га, в том числе пашни – 6955 га, лугов – 2282 га (в том числе улучшенных – 2244 га, естественных – 38 га). Балл сельхозугодий 22,7, пашни 22,6. На перспективу планируется увеличить площадь пахотных земель до 30 тыс. га и обратить внимание на продуктивность пашни.

Средневзвешенные агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы хозяйства по результатам 13 тура агрохимического обследования: гумус – 2,31 %, P_2O_5 – 245 мг/кг, K_2O – 203 мг/кг, CaO – 1603 мг/кг, MgO – 356 мг/кг, Cu – 2,39 мг/кг, Zn – 3,16 мг/кг.

Поголовье птицы – 2 млн. 889 голов, в том числе бройлеров – 2 млн. 784 тыс., взрослых кур – 105 тыс., несушек – 94 тыс. Выход птичьего помета в месяц колеблется от 10 до 11 тыс. тонн, в год составляет более 120000 т. Поголовье КРС – 4440 голов, выход подстильного навоза – 47000 тонн. На перспективу планируется увеличить поголовье птицы до 6 млн. В хозяйстве возделывают следующие культуры: озимая пшеница – 1739, озимая рожь – 105, озимая тритикале – 1321, яровая пшеница – 1641, ячмень – 481, овес – 133, рапс – 606, кукуруза – 860 га. В среднем по хозяйству под кормовые культуры вносят 80–100 т/га, под зерновые – 40–60 т/га органических удобрений в виде куриного помета и навоза КРС.

2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КУРИНОГО ПОМЕТА ОАО «ВИТЕБСКАЯ БРОЙЛЕРНАЯ ПТИЦЕФАБРИКА»

Для повышения и сохранения плодородия почвы главным является рациональное использование куриного помета. Необходимо контролировать его химический состав и проводить агрохимический анализ почвы на содержание тех элементов, которые определяют ее плодородие. Выход птичьего помета и его удобрительная ценность сильно колеблется в зависимости от состава, количества и качества корма, вида и возраста птицы, способа ее содержания.

Как показали исследования, химический состав подстилочного куриного помета ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» резко изменяется и содержание элементов питания колеблется от низкого до избыточного; общего азота от 6,2 до 18,6; P_2O_5 от 7 до 14,3; K_2O от 5,8 до 19,6; CaO от 5,79 до 10,7; MgO от 5,2 до 12,60 кг/т; Zn от 129,4 до 569,4; Cu от 43,3 до 99,1; Mn от 109,7 до 434,6; Pb от 4,2 до 19,7; Cd от 0,0 до 0,14 г/т.

3. ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КУЛЬТУР, БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

3.1. Озимая пшеница. Из зерновых культур озимая пшеница является одной из наиболее требовательных к условиям минерального питания, и в первую очередь к азотному питанию. В Беларуси в зависимости от планируемой урожайности, гранулометрического состава почв, предшественников рекомендуются дозы азота от 70 до 150 кг/га. Большое значение имеет применение органических удобрений под озимую пшеницу – окупаемость 1 тонны – 23 кг зерна. Важно с учетом почвенно-климатических условий, направления развития хозяйства подобрать дозу внесения органического удобрения, так как оно оказывает большое влияние на агрофизические свойства и агрохимические показатели почвы.

В ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» для озимой пшеницы принята органоминеральная система удобрения – подстилочный куриный помет 40т/га + $N_{90}P_{40}K_{120}$.

При регулировании плодородия почвы большое значение имеют ее агрофизические свойства, которые в значительной степени зависят от гранулометрического состава.

Физико-химические свойства почвы – это свойства почвы, связанные с ее поглощающим комплексом. Физико-химические свойства почвы непосредственно действуют на ее агрохимические показатели. К ним относятся емкость катионного обмена, состав и сумма поглощенных катионов, степень насыщенности почвы основаниями, кислотность. К физическим свойствам почвы относятся плотность твердой фазы почвы (d), плотность сложения (dv), пористость. Почвы с большим содержанием органического вещества всегда отличаются меньшей плотностью твердой фазы. В среднем плотность твердой фазы у большинства минеральных почв равна 2,50–2,65 г/см³. В силу своих биологических особенностей каждая сельскохозяйственная культура требует оптимальной для своего развития плотности корнеобитаемого слоя: для зерновых и пропашных культур оптимальная плотность сложения составляет 1,20–1,35 г/см³. Наибольшую агрономическую значимость имеют поры активные, занятые капиллярной водой, и поры аэрации, общая пористость обычно составляет в верхних горизонтах почвы 55–70 %.

К уборке озимой пшеницы, как показали результаты трехлетних исследований (2016–2018 гг.), на дерново-подзолистой связносупесчаной почве при органоминеральной системе удобрения увеличилась обменная кислотность на 0,21 (рН с 6,03 до 5,82), степень насыщенности основаниями – на 1,15 % (с 95,4 до 96,5 %), плотность твердой фазы – на 0,33 г/см³ (с 2,19 до 2,52); снизилась гидролитическая кислотность на 0,34 мэкв/100 г почвы (с 0,81 до 0,47), сумма обменных оснований – на 1,85 мэкв/100 г почвы (с 14,94 до 13,09), емкость катионного обмена (ЕКО) на 2,19 мэкв/100 г почвы (с 15,75 до 13,56), общая пористость – на 8,66 % (с 43,4 до 34,7), плотность почвы – на 0,31 г/см³ (с 1,98 до 1,67) (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические и физические свойства дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой озимой пшеницы в зависимости от условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	рН _{KCl}	Мэкв/100 г почвы			V, %	г/см ³		P _{общ.} %	P _{аэр.} %
		Hg	S	ЕКО		dv	d		
Перед посевом (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)									
Без удобрений	6,03	0,81	14,94	15,75	95,35	1,98	2,19	43,40	19,48
Перед уборкой (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)									
Куриный помет 40 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	5,82	0,47	13,09	13,56	96,50	1,67	2,52	34,74	19,42
	0,21	-0,34	-1,85	-2,19	+1,15	-0,31	+0,33	-8,66	-0,06
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Без удобрений	6,29	1,19	13,27	14,46	91,59	2,12	2,22	42,08	17,28
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Куриный помет + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	6,14	0,50	11,79	12,29	95,90	1,82	2,59	30,73	16,52
	0,15	-0,69	-1,48	-2,17	+4,31	-0,30	+0,37	-11,35	-0,76

На среднесуглинистой почве обменная кислотность увеличилась на 0,15 (рН с 6,29 до 6,14), снизилась гидролитическая кислотность на 0,69 мэкв/100 г почвы (с 1,19 до 0,50), сумма обменных оснований – на 1,48 мэкв/100 г почвы (с 13,27 до 11,79), ЕКО – на 2,17 мэкв/100 г почвы (с 14,46 до 12,29), общая пористость – на 11,35 % (с 42,08 до 30,73), плотность почвы – на 0,30 г/см³ (с 2,12 до 1,82), увеличилась степень насыщенности основаниями на 4,31 % (с 91,59 до 95,90) (табл. 1).

Запасы влаги в почве, учитываемые в течение вегетационного периода, позволяют судить об обеспеченности влагой сельскохозяйственных растений, о растворении и доступности элементов питания. Оптимальными условиями для жизни растений и микроорганизмов считают влажность, соответствующую 60 % от полной влагоемкости. В агрономической практике важно учитывать общий (ОЗВ) и продуктивный (полезный) запас влаги в почве. Органические удобрения и гранулометрический состав почвы оказали влияние на водно-физические свойства почв.

Перед закладкой опытов и уборкой водные свойства почвы в годы исследований зависели от гранулометрического состава и погодно-

климатических условий. На связносупесчаной почве запас труднодоступной влаги составлял 237,52 т/га, полезный запас воды – 945,14 т/га, перед уборкой – 146,3 и 645,6 т/га соответственно: на среднесуглинистой почве перед посевом ЗТВ – 213,98 и ПЗВ – 951,8 т/га, перед уборкой – 167, и 1015,5 т/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2. **Водные свойства дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой озимой пшеницы в зависимости от гранулометрического состава и условий питания (среднее 2016–2018 гг.)**

Варианты опыта	ГВ, %	МГВ, %	ВЗ, %	КВ, %	ПВ, %	ОВ, %	ОЗВ, т/га	ЗТВ, т/га	ПЗВ, т/га
Перед посевом(дерново-подзолистая связносупесчаная почва)									
Без удобрений	1,31	3,82	5,74	47,68	51,96	31,17	1355,2	237,52	945,14
Перед уборкой (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)									
Куриный помет + N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,42	2,92	4,38	37,15	39,52	23,71	791,90	146,30	645,60
	-0,89	-0,90	-1,36	-10,53	-12,44	-7,46	-563,3	-91,22	-299,5
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Без удобрений	1,21	3,23	4,84	48,83	54,70	32,82	1392,8	213,98	951,8
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Куриный помет + N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,94	3,07	4,61	50,74	54,18	32,51	1183,3	167,80	1015,5
	-0,27	-0,16	-0,23	+1,91	-0,52	-0,31	-209,5	-46,18	+63,71

Перед уборкой отмечается избыточное количество влаги на среднесуглинистой почве.

Агрохимические показатели почвы в значительной мере определяют состояние ее окультуренности. Анализ трехлетних исследований по изучению агрохимических показателей свидетельствует о том, что во все годы перед уборкой озимой пшеницы, где применялась органоминеральная система удобрения, произошли изменения: в связносупесчаной почве снизилось содержание подвижного фосфора на 1,33 мг/кг, свинца – на 0,26 мг/кг, увеличилось содержание подвижного калия на 15, меди – на 0,65, цинка – на 1,24, марганца на 43 мг/кг почвы. На среднесуглинистой почве увеличилось содержание подвижного фосфора на 53,7, калия – на 34,7, меди – на 0,7, цинка – на 2,64, марганца – на 8,0 мг/кг, железа на 200,8 мг/кг, снизилось содержание свинца на 0,11 мг/кг почвы (табл. 3).

Таблица 3. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой озимой пшеницы в зависимости от гранулометрического состава и условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	N, %	pH _{KCl}	мг/кг почвы							
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe	Pb	Cd
Перед посевом (дерново-подзолистая связноупесчаная почва)										
Без удобрений	0,11	6,03	262,33	175,67	1,03	3,35	184	2093,8	3,86	0,10
Перед уборкой (дерново-подзолистая связноупесчаная почва)										
Куриный помет + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	0,09	5,82	261,00	190,67	1,68	4,59	227	1352,6	3,60	0,04
	-0,02	+0,21	-1,33	+15,00	+0,65	+1,24	+43,00	741,17	-0,26	-0,06
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)										
Без удобрений	0,17	6,29	236	234,33	2,67	5,08	295	1570,48	3,96	0,06
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)										
Куриный помет + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	0,17	6,14	289,67	269	3,37	7,72	303	1771,33	3,85	0,05
	0,00	-0,15	+53,67	+34,67	+0,70	+2,64	+8,00	+200,8	-0,11	-0,01

Дерново-подзолистая связноупесчаная и среднесуглинистая почва перед уборкой озимой пшеницы имеет повышенное, высокое и избыточное содержание подвижного фосфора, цинка, марганца.

Плодородие почвы, система удобрения оказывают влияние на урожайность культур. При внесении куриного помета на среднесуглинистой почве при органоминеральной системе удобрения урожайность озимой пшеницы получена 52,5 ц/га, на связноупесчаной – 49,1 ц/га, прибавка к контролю составила 21,3 и 20,8 ц/га соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения и гранулометрического состава почвы (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	± контроль, ц/га	Качество зерна				
			протеин, %	клейковина, %	стекловидность, %	натура зерна, г/л	масса 1000 зерен, г
1	2	3	4	5	6	7	8
Дерново-подзолистая связноупесчаная почва							
Без удобрений	28,3	–	13,59	25,09	67,53	676,87	42,57
40 т/га куриный помет на соломенной подстилке + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	49,1	+20,8	14,52	29,82	71,57	692,27	46,77
НСР ₀₅	1,76						

1	2	3	4	5	6	7	8
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва							
Без удобрений	31,3	–	13,66	26,00	65,27	648,97	42,04
40 т/га куриный помет на соломенной подстилке + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	52,5	+21,33	14,60	29,72	70,67	684,93	48,67
НСР ₀₅	1,94						

Качество продукции имеет большое значение, так как оно определяет здоровье животных и человека. Понятие «качество зерна» включает в себя до 30 показателей, которые можно объединить в следующие основные группы: химические, технологические и посевные. Все эти показатели могут изменяться в зависимости от почвенно-климатических условий и агротехнических мероприятий, проведенных в период вегетации. Основными показателями технологических свойств зерна озимой пшеницы являются: содержание протеина, масса 1000 зерен, стекловидность, клейковина и натура. Зерно озимой пшеницы при органоминеральной системе удобрения, независимо от гранулометрического состава почвы, имеет высокие хлебопекарные свойства, так как содержание протеина составляет 14,6 %, клейковины 29,8 %, стекловидность 71 %, натура 692 г. Масса 1000 зерен связана со степенью спелости зерна, плотностью его тканей, содержанием в зерне эндосперма, она составила на связносупесчаной почве 46,8 г, среднесуглинистой – 48,7 г.

Аминокислотный состав озимой пшеницы очень важен при определении его качества. Содержание в зерне озимой пшеницы аргенина на связносупесчаной почве составило 2,95, среднесуглинистой – 2,78 г/100 г зерна; валина 2,10 и 1,95; аланина 2,75 и 2,33 г/100 г зерна соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы в зависимости от гранулометрического состава почвы и условий питания (г на 100 г зерна)

Аминокислоты	Без удобрений	Куриный помет, 40 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва		
Аргинин	2,80	2,95
Лизин	0,35	0,40
Метионин	0,47	0,48
Валин	1,95	2,10
Аланин	2,42	2,75
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва		
Аргинин	2,60	2,78
Лизин	0,38	0,42
Метионин	0,49	0,53
Валин	1,78	1,95
Аланин	1,99	2,33

Химический состав зерна озимой пшеницы свидетельствует, с одной стороны, о способности усваивать элементы питания из окружающей среды и использовать их в синтезе собственных клеточных структур, а с другой – о качестве продукции, и может быть использован в практике птицеводства для балансирования минерального питания птицы, так как недостаток или избыток содержания отдельных минеральных веществ в рационах может вызывать заболевания, снижение их продуктивности, ухудшение функции размножения. Химический состав основной и побочной продукции озимой пшеницы позволил рассчитать вынос этих элементов с урожаем. На среднесуглинистой почве при внесении куриного помета удельный вынос составляет: N – 25,98; P₂O₅ – 13,01; K₂O – 11,99; CaO – 5,98; MgO – 3,41 кг/т; Cu – 77,47; Zn – 384,75; Mn – 343,36; Pb – 20,21; Cd – 0,146 г/т; на связносупесчаной N – 24,8; P₂O₅ – 11,0; K₂O – 12,9; CaO – 3,3; MgO – 3,2 кг/т; Cu – 68,0; Zn – 430,0; Mn – 290,0; Pb – 16,2; Cd – 0,17 г/т (табл. 6).

Таблица 6. Удельный вынос элементов питания озимой пшеницей в зависимости от условий питания

Варианты опыта	С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг					С 1 т основной и соответствующем количеством побочной продукции, г				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связноупесчаная почва										
Без удобрений	16,89	7,29	7,87	1,87	1,84	47,8	261,5	207,6	13,92	0,016
40 т/га КП + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	24,84	10,98	12,93	3,27	3,24	68,0	429,9	289,6	16,15	0,17
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва										
Без удобрений	20,32	9,29	9,30	4,07	3,34	49,33	257,06	216,91	17,44	0,094
40 т/га КП + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	25,98	13,01	11,99	5,98	3,41	77,47	384,75	343,36	20,21	0,146

Оценка состояния баланса элементов питания в системе почва-растение-удобрение является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений. С учетом приходной и расходной статей, не зависимо от гранулометрического состава почвы, баланс по всем элементам питания положительный (табл. 7). Следовательно при органоминеральной системе удобрения, принятой в хозяйстве с использованием куриного помета для озимой пшеницы, после ее уборки в почве остается высокое содержание макро- и микроэлементов. При таком балансе под озимую пшеницу нет необходимости вносить минеральные удобрения в основное внесение, достаточно азотной подкормки по вегетации.

Таблица 7. Баланс элементов питания при внесении куриного помета под озимую пшеницу

Статьи баланса	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дерново-подзолистая связноупесчаная почва										
Приход (кг/га) всего	357,40	190,2	494,8	190,30	183,00	1,503	3,19	29,3,	0,87	0,010

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Расход (кг/га) всего	216,3	56,0	86,7	86,1	31,9	0,333	2,11	1,42	0,079	
Баланс	+141,1	+134,2	+408,1	+104,2	+151,1	+1,47	+1,08	+27,9	+0,79	–
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва										
Приход (кг/га) всего	357,4	185	529,2	190,3	183	1,67	3,36	40,4	0,88	0,006
Расход (кг/га) всего	251,3	70,4	85,9	101,4	33,9	0,404	2,016	1,80	0,105	–
Баланс	+140,0	+114,6	+443,3	+88,9	+149,1	+1,273	+1,34	+38,6	–0,77	–

Рентабельность для озимой пшеницы при внесении куриного помета при органоминеральной системе удобрения на связносупесчаной почве составила 16 %, на среднесуглинистой 20 % (табл. 8).

Таблица 8. Экономическая эффективность применения куриного помета при выращивании озимой пшеницы в зависимости от гранулометрического состава почвы

Показатели	Куриный помет 40 т/га + N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва	
Стоимость прибавки урожая, \$	370
Сумма затрат связанных с прим. Уд., \$/га	318
Прибыль от прим. удобрений, \$	52
Прибыль на ед. затр., \$	0,16
Рентабельность, %	16
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва	
Стоимость прибавки урожая, \$	380
Сумма затрат связанных с прим. Уд., \$/га	317
Прибыль от прим. удобрений, \$	+63
Прибыль на ед. затр., \$	0,20
Рентабельность, %	20

Следовательно для озимой пшеницы внесение куриного помета при органоминеральной системе удобрения, при получении высокого и качественного урожая (45–55 ц/га) экономически обосновано, но следует учитывать что высокий положительный баланс основных макро-и микроэлементов, требует строгого контроля за сбалансированным питанием культуры.

3.2. Кукуруза. Кукуруза весьма требовательна к концентрации почвенного раствора. Азот является основным элементом, лимитирующим урожайность кукурузы. Прирост урожая кукурузы на силос при создании оптимального уровня азотного питания достигает 60–80 %. Потребность растений кукурузы в фосфоре особенно велика в начале роста. Кукуруза поглощает фосфор в меньших количествах, медленнее и равномернее, чем азот и калий, вплоть до созревания. Больше всего фосфор нужен растениям на ранних этапах развития, от появления 3–4 листьев до 10 листа. Для кукурузы значительное повышение содержания фосфатов в почве нежелательно вследствие обострения цинкового голодания, она является одной из наиболее чувствительных полевых культур к цинку.

Калий начинает поступать в растения с первых дней появления всходов и наиболее интенсивно поглощается кукурузой в первый период ее вегетации. Потребление калия усиливается за две-три недели до выметывания метелки и достигает максимума в период выметывания. За это время они потребляют до 90 % калия.

Перед посевом кукурузы почва была слабокислая (pH_{KCl} 5,88–5,95), насыщенность основаниями колебалась от 82 до 83,3 %, плотность твердой фазы – от 2,25 до 2,61 г/см³, общая пористость – от 42,3 до 53,3 % (табл. 9).

Таблица 9. **Агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой кукурузы в зависимости от условий питания (среднее 2016–2018 гг.)**

Варианты опыта	pH_{KCl}	Мэкв/100 г почвы			V, %	г/см ³		$P_{общ.}$, %	$P_{аэр.}$, %
		Hg	S	ЕКО		d_v	d		
Перед посевом кукурузы дерново-подзолистая связносупесчаная почва									
Без удобрений	5,88	1,94	11,09	13,03	82,14	1,15	2,25	53,29	25,83
Перед уборкой кукурузы дерново-подзолистая связносупесчаная почва									
Куриный помет + $N_{100}P_{70}K_{120}$	6,65	0,96	23,77	24,73	95,52	1,35	2,47	45,51	19,98
	-0,77	-0,98	+12,68	+11,70	+13,38	+0,20	+0,22	-7,78	-5,85
Перед посевом кукурузы дерново-подзолистая среднесуглинистая почва									
Без удобрений	5,95	1,57	17,35	20,74	83,30	1,42	2,61	42,25	19,81
Перед уборкой кукурузы дерново-подзолистая среднесуглинистая почва									
Куриный помет + $N_{100}P_{70}K_{120}$	6,41	1,02	18,91	20,43	92,45	1,46	2,59	50,00	16,32
	-0,46	-0,55	+1,56	-0,31	+9,15	+0,04	+0,02	-7,75	-3,49

Органоминеральная система удобрения оказала влияние на агрофизические свойства почвы, так как перед уборкой кукурузы обменная кислотность, в зависимости от гранулометрического состава почвы, снизилась до рН 6,41 и рН 6,65, увеличилась степень насыщенности основаниями до 92,45 и 95,52 %, плотность почвы – до 1,35 и 1,46 г/см³, снизилась пористость аэрации до 16,32 и 19,98 % (табл. 9). В меньшей степени эти изменения коснулись среднесуглинистой почвы.

Кукуруза экономно использует влагу: на создание 1 т сухого вещества ее расходуется в два раза меньше, чем у большинства зерновых культур. Это, однако, не дает основания считать кукурузу культурой, толерантной к водному режиму. Потребление воды кукурузой – процесс неравномерный. Максимальное использование влаги начинается за 10 дней до выметывания и заканчивается через 20 дней после него. Этим завершается критический период водопотребления. Применение удобрений снижает коэффициент водопотребления кукурузы на 20–25 %. Недостаток влаги в фазе молочной спелости зерна является причиной преждевременного прекращения его налива, формирования мелких зерен в верхней части початка, то есть снижения урожая.

Таблица 10. Водные свойства дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой кукурузы в зависимости от гранулометрического состава и условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	ГВ, %	МГВ, %	ВЗ, %	КВ, %	ПВ, %	ОВ, %	ОЗВ, т/га	ЗТВ, т/га	ПЗВ, т/га
Перед посевом (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)									
Без удобрений	1,29	3,01	4,52	40,05	49,13	29,88	860,36	127,77	732,53
Перед уборкой (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)									
Куриный помет + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,10	2,89	4,34	44,85	47,30	28,38	759,04	117,04	642,00
	-0,19	-0,12	-0,18	+4,80	-1,83	-1,50	-101,3	-10,73	-90,53
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Без удобрений	1,34	3,48	5,22	45,87	50,12	30,07	762,37	109,11	653,25
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Куриный помет + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,41	3,01	4,52	43,69	51,93	31,16	867,47	125,95	741,51
	+0,07	-0,47	-0,70	-2,18	+1,81	+1,09	+105,1	+16,84	+88,26

Полезный запас влаги перед уборкой кукурузы при внесении куриного помета и минеральных удобрений был достаточным на связносупесчаной почве и составил 642, среднесуглинистой – 741 т/га, запас труднодоступной влаги 117 и 126 т/га, влажность завядания 4,34 и 4,52 % соответственно (табл. 10).

При органоминеральной системе удобрения перед уборкой кукурузы в связносупесчаной почве снизилась обменная кислотность с рН 6,24 до рН 6,65, содержание подвижного фосфора на 13,7 мг/кг почвы, свинца на 0,17 мг/кг, увеличилось содержание подвижного калия на 18,34, меди на 0,48, цинка на 0,8, марганца на 10,2, железа на 402,4 мг/кг; в среднесуглинистой почве увеличилось содержание подвижного калия на 19,0, меди на 1,10, цинка на 3,45, марганца на 46,5, железа на 3,26, свинца на 0,11 мг/кг, снизилась обменная кислотность с рН 5,9 до рН 6,41, содержание подвижного фосфора на 23,7 мг/кг почвы (табл. 11). Отмечается увеличение свинца на среднесуглинистой почве.

Урожайность силосной массы кукурузы на связносупесчаной почве колебалась от 185,3 ц/га на контроле до 323,0 ц/га при внесении куриного помета + N₁₀₀P₇₀K₁₂₀; прибавка к контролю составила 137,7 ц/га.

Таблица 11. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой кукурузы в зависимости от гранулометрического состава и условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	N, %	рН _{KCl}	мг/кг почвы							
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe	Pb	Cd
Перед посевом (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)										
Без удобрений	0,18	6,24	323,33	277,33	2,58	8,71	326,50	924,60	4,74	0,09
Перед уборкой (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)										
Куриный помет + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,08	6,65	309,67	295,67	3,06	9,53	336,67	1327	4,57	–
	-0,10	-0,41	-13,66	+18,34	+0,48	+0,82	+10,17	+402,4	-0,17	нет
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)										
Без удобрений	0,22	5,90	295	295,67	5,07	5,84	489,50	1380,8	4,61	0,25
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)										
Куриный помет + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,10	6,41	271,33	314,67	6,17	9,29	536	1377,5	4,72	–
	-0,12	-0,51	-23,67	+19,00	+1,10	+3,45	+46,50	-3,26	+0,11	нет

На среднесуглинистой почве урожайность колебалась от 175,7 ц/га на контроле до 312,33 ц/га при органоминеральной системе удобрения, прибавка к контролю составила 136,7 ц/га (табл. 12).

Таблица 12. Урожайность кукурузы в зависимости от условий питания и гранулометрического состава почвы (2016–2018 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	+/- к контролю
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва		
Без удобрений	185,33	–
Куриный помет, 80 т/га + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	323,00	137,67
НСР ₀₅	17,546	
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва		
Без удобрений	175,67	–
Куриный помет, 80 т/га + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	312,33	136,66
НСР ₀₅	16,781	

Одним из наиболее важных показателей, характеризующих биологические особенности культуры и ее кормовую ценность является ее химический состав, который дает возможность рассчитать удельный вынос элементов питания.

Таблица 13. Удельный вынос силосной массой кукурузы элементов питания в зависимости от условий питания на дерново-подзолистой почве (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг					С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, г					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва											
Без удобрений	21,23	8,67	16,93	4,73	2,90	37,37	216,9	826,6	345,9	2,56	–
Куриный помет, 80 т/га + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀	24,20	11,67	19,83	6,71	3,93	55,53	483,7	781,5	389,3	5,68	0,39

С 1 тонной силосной массы кукуруза выносит N – 24,20; P₂O₅ – 1,67; K₂O – 19,83; CaO – 6,71; MgO – 3,93, кг; Cu – 55,53; Zn – 483,70; Fe – 781,50; Mn – 389,35; Pb – 5,68; Cd – 0,39 г (табл. 13).

Расчет баланса основных элементов питания показал, что независимо от гранулометрического состава почвы, при органоминеральной системе удобрения для кукурузы он положителен по всем элементам питания, за исключением цинка, потребность в котором очень высокая у кукурузы (табл. 14). Следовательно, при внесении удобрений под кукурузу в почве после ее уборки остается значительный запас основных элементов питания, что следует учитывать при планировании применения удобрений под следующие культуры севооборота.

Таблица 14. Баланс элементов питания при внесении куриного помета под кукурузу

Статьи баланса	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва										
Приход (кг/га) всего	620,4	321,4	787,8	355,3	361,0	4,72	8,49	38,0	2,28	–
Расход (кг/га) всего	171,3	13,8	42,8	76,7	19,9	1,75	15,1	12,1	0,18	
Баланс	449,1	307,6	745,	278,6	341,1	2,97	–6,61	25,9	2,10	
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва										
Приход (кг/га) всего	620	337,7	737,8	355,3	361	4,63	8,49	38,0	2,38	
Расход (кг/га) всего	171,2	13,8	42,8	76,7	19,9	1,81	15,6	17,56	0,18	0,0039
Баланс	+448,8	+323,9	+695,0	+278,6	+341,1	2,82	–6,93	20,44	2,20	

При выращивании кукурузы на связносупесчаной почве прибыль при органоминеральной системе удобрения составила 623 \$/га, на среднесуглинистой – 679 \$/га, на единицу затрат прибыль составила 1,35 \$/га и 1,57 \$/га, рентабельность 135 и 157 % соответственно (табл. 15).

Таблица 15. Экономическая эффективность применения куриного помета при выращивании кукурузы в зависимости от гранулометрического состава почвы

Показатели	Куриный помет 80 т/га + N ₁₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва	
Стоимость прибавки урожая, \$	1083
Сумма затрат, связанных с прим. уд., \$/га	460
Прибыль от прим. удобрений, \$	623
Прибыль на ед. затр., \$	1,35
Рентабельность, %	135
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва	
Стоимость прибавки урожая, \$	1112
Сумма затрат, связанных с прим. уд., \$/га	433
Прибыль от прим. удобрений, \$	679
Прибыль на ед. затр., \$	1,57
Рентабельность, %	157

3.3. Яровой рапс является замечательным предшественником для других сельскохозяйственных культур. Благодаря мощной корневой системе, которая довольно глубоко проникает в почву (до 2,5 м), улучшаются водно-физические свойства и улучшается фитосанитарное состояние почвы. Эта культура нуждается в почвах с нейтральной или слабокислой реакцией солевого раствора (рН 5,5–6,8). Почвы, тяжелые по гранулометрическому составу, с водонепроницаемым подпахотным слоем, и легкие с недостаточной теплопроводностью являются непригодными для выращивания этой культуры. Предшественниками рапса ярового могут быть озимая пшеница, ячмень, зернобобовые. Как и все крестоцветные культуры, рапс испытывает довольно высокую потребность в минеральных удобрениях, особенно в азотных. При урожайности семян 10 ц/га он выносит с 1 га 5–6 кг азота, 2–3 кг фосфора, 6–9 кг калия. Поэтому вносить удобрения необходимо даже на плодородных почвах.

Предшественник рапса – озимая пшеница. Куриный помет на соломённой подстилке в дозе 40 т/га был внесен под предшественник. В основное внесение под рапс внесены минеральные удобрения N₈₀P₇₀K₁₂₀, а также азот N₇₀ в подкормку. Обменная кислотность почвы перед посевом рапса была слабокислой, степень насыщенности основаниями колебалась от 84,5 до 87 %, общая пористость от 46,2 до 48,4 %, плотность почвы от 1,62 до 1,69 г/см³ (табл. 16). После уборки рапса на связносупесчаной почве возросла степень насыщенности основаниями на 5,5 %, снизилась обменная кислотность (рН 6,30), пористость аэрации на 7,2 %, увеличилась на 0,23 % плотность сложения; на среднесуглинистой почве возросла степень насыщенности основаниями на 8,5 %, снизилась обменная кислотность (рН 6,50), снизилась

пористость аэрации на 3,4 %, увеличилась на 0,41 % плотность сложения (табл. 16). Не только действие минеральных удобрений и последствия органических, но и биологические особенности культуры, погодно-климатические условия оказали влияние на физические и физико-химические свойства почвы.

Таблица 16. Агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой ярового рапса в зависимости от условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	рН _{KCl}	Мэкв/100 г почвы			V, %	г/см ³		P _{общ} , %	P _{аэр} , %
		Hg	S	EKO		dv	d		
Перед посевом (дерново-подзолистая связноусупесчаная почва)									
Без удобрений	5,97	1,59	12,01	13,59	87,05	1,62	2,10	48,35	23,81
Перед уборкой (дерново-подзолистая связноусупесчаная почва)									
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	6,30	1,07	14,65	15,90	92,58	1,85	1,96	41,00	16,60
	-0,33	-0,52	+2,64	+2,31	+5,53	+0,23	-0,14	+7,35	-7,21
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Без удобрений	5,99	1,59	10,75	12,34	84,52	1,69	1,98	46,19	21,90
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	6,50	0,97	19,48	20,46	93,03	2,10	2,38	44,33	18,46
	-0,51	-0,62	+8,73	+8,12	+8,51	+0,41	+0,40	-1,86	-3,44

Перед посевом рапса, в зависимости от погодно-климатических условий, в почве был достаточный запас полезной влаги. В связноусупесчаной почве он составил 817,3 среднесуглинистой – 948,7 т/га (табл. 17).

Таблица 17. Водные свойства дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой ярового рапса в зависимости от условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	ГВ, %	МГВ, %	ВЗ, %	КВ, %	ПВ, %	ОВ, %	ОЗВ, т/га	ЗТВ, т/га	ПЗВ, т/га
Перед посевом дерново-подзолистая связноусупесчаная почва									
Без удобрений	1,14	2,23	3,34	38,25	46,82	28,09	943,61	111,29	817,32
Перед уборкой (дерново-подзолистая связноусупесчаная почва)									
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,31	2,99	4,42	37,91	43,77	26,02	1191,7	163,78	1027,9
	-0,17	+0,76	+1,08	-0,34	-3,05	-2,07	+248,0	+52,49	+210,5
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
Без удобрений	1,38	2,80	4,20	44,83	54,02	32,41	1103,1	154,41	948,72
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)									
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,19	2,88	4,32	55,06	58,45	30,57	1399,8	236,55	1140,3
	-0,19	+0,08	+0,12	+10,23	+4,43	+1,84	+296,6	+82,14	+191,5

Перед уборкой культуры общий запас влаги в связносупесчаной почве составил 1191,7, среднесуглинистой – 1399,8 т/га (табл. 17). Следовательно на запас воды в почве оказывает большое влияние ее гранулометрический состав и внесение удобрений.

Агрохимические показатели почвы связаны с агрофизическими и водными ее свойствами так как перед уборкой рапса в дерново-подзолистой связносупесчаной почве снизилось содержание подвижного калия на 150,2; цинка – на 3,37; марганца – на 90; железа – на 137,2; свинца – на 0,55; кадмия – на 0,06 мг/кг; увеличилось содержание подвижного фосфора на 14,7; меди на 0,53 мг/кг; на среднесуглинистой почве снизилось содержание подвижного калия на 42,8; меди – на 1,12; цинка – на 6,38; марганца – на 126,3; свинца – на 1,38 мг/кг; подвижного фосфора – на 22,8; увеличилось содержание железа – на 392,5 мг/кг (табл. 18).

Таблица 18. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы перед посевом и уборкой ярового рапса в зависимости от условий питания (среднее 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	N	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe	Pb	Cd
Перед посевом (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)										
Без удобрений	0,10	5,94	318,67	372,33	2,11	8,82	340	1399,5	4,39	0,18
Перед уборкой (дерново-подзолистая связносупесчаная почва)										
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,12	6,30	333,40	222,13	2,64	5,45	249,97	1262,2	3,84	0,12
	+0,02	-0,36	+14,73	-150,2	+0,53	-3,37	-90,03	-137,2	-0,55	-0,06
Перед посевом (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)										
Без удобрений	0,14	5,88	321,67	341,33	3,85	11,11	385	1302,0	4,38	0,20
Перед уборкой (дерново-подзолистая среднесуглинистая почва)										
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	0,09	6,50	298,83	298,53	2,73	4,73	258,70	1694,5	3,0	–
	-0,05	-0,62	-22,84	-42,80	-1,12	-6,38	-126,3	+92,5	-1,38	нет

Следовательно, рапс, с учетом последействия органических удобрений (40 т/га под предшественник) и минеральной системе удобрения под культуру, к уборке хорошо очищает почву, так как в почве с высоким и избыточным содержанием макро- и микроэлементов (перед посевом) к уборке культуры значительно снижается содержание их в почве.

В среднем за три года исследований урожайность маслосемян ярового рапса колебалась на связносупесчаной почве от 20,13 ц/га в контроле до 23,36 ц/га при внесении $N_{150}P_{70}K_{120}$. Прибавка к контролю составила 3,23 ц/га. На среднесуглинистой почве урожайность рапса в указанных выше вариантах составила соответственно 22,06 и 25,83 ц/га, а прибавка к контролю 3,77 ц/га (табл. 19). Урожайность с учетом последействия удобрения предшественника (контроль без удобрений) составила 22,06 ц/га на среднесуглинистой почве и 20,13 ц/га на связносупесчаной почве.

Таблица 19. Урожайность и качество семян ярового рапса (сред. 2016–2018 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	+/- к контролю	Качество зерна		
			сырой протеин, %	содержание масла, %	масса 1000 семян, г
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва					
Без удобрений	20,13	–	31,49	38,40	4,20
$N_{150}P_{70}K_{120}$	23,36	+3,23	33,49	40,89	4,44
НСР ₀₅	1,61				
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва					
Без удобрений	22,06	–	32,67	39,34	4,36
$N_{150}P_{70}K_{120}$	25,83	+3,77	33,70	40,98	4,57
НСР ₀₅	2,03				

Содержание сырого протеина в зависимости от гранулометрического состава (связносупесчаная или среднесуглинистая почва) составила 33,5 и 33,7 %, содержания масла 40,9 и 41,0 %, масса 1000 семян 4,4 и 4,6 г соответственно, т. е. гранулометрический состав не оказал влияния на качество семян.

Химический состав элементов питания определяет в дальнейшем вынос их с урожаем. Содержание азота, фосфора, магния, меди, цинка, марганца, железа больше в семенах рапса, в соломе больше калия, кальция, свинца не зависимо от гранулометрического состава. Таким образом, в семенах и соломе рапса ярового содержится значительное количество основных элементов питания и тяжелых металлов, что следует учитывать при использовании данной культуры в качестве фитосанитара (табл. 20).

Таблица 20. Содержание элементов питания в семенах и соломе ярового рапса в зависимости от условий питания

Варианты опыта	Урожайность	Урожайность	%					мг/кг				
			N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Pd	Cd
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва												
Семена												
Без удобрений	17,5	15,4	3,22	1,84	0,62	0,34	0,27	2,84	34,62	31,07	0,87	–
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	20,4	17,9	3,89	1,97	0,77	0,59	0,42	3,77	37,06	34,62	0,92	–
Солома												
Без удобрений	19,25	16,6	0,64	0,51	1,15	0,62	0,28	2,12	5,17	16,29	1,05	0,03
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	22,44	19,3	0,82	0,67	1,39	0,79	0,34	2,73	6,25	20,37	1,19	0,03
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва												
Семена												
Без удобрений	22,8	20,1	3,07	1,54	0,72	0,47	0,38	3,27	31,42	29,47	0,64	–
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	26,5	23,3	3,42	1,78	0,89	0,62	0,48	3,68	33,09	30,18	0,72	–
Солома												
Без удобрений	25,1	21,6	0,41	0,45	1,39	0,51	0,30	2,29	5,62	18,19	1,03	0,04
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	29,2	25,1	0,76	0,69	1,79	0,77	0,42	2,63	6,29	22,12	1,28	0,04

Отмечается высокий вынос основных макро- и микроэлементов семенами и соломой рапса при минеральной системе удобрения на связносупесчаной и среднесуглинистой почве: N – 48,9 и 50,1; P₂O₅ – 27,5 и 25,4; K₂O – 26,9 и 22,9; CaO – 17,09 и 15,02; MgO – 9,68 и 10,37 кг/т; Cu – 82,6 и 80,63; Zn – 447,4 и 469,4; Mn – 597,8 и 580,3; Pb – 12,75 и 12,07; Cd – 0,024 и 0,027 г/т (табл. 21).

Таблица 21. Удельный вынос элементов питания яровым рапсом в зависимости от гранулометрического состава почвы

Варианты опыта	С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг					С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, г					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва											
Без удобрений	41,24	24,44	22,58	12,93	6,60	71,1	415,4	753	545,0	11,70	0,024
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	48,86	27,5	26,87	17,09	9,68	82,6	447,4	784	597,8	12,75	0,024
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва											
Без удобрений	40,06	16,82	17,63	11,48	7,65	72,53	499,7	964,5	543,5	27,28	0,023
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀	50,05	25,39	22,9	15,02	10,37	80,63	469,4	923,7	580,03	12,07	0,027

Высокий вынос меди, цинка, марганца, свинца с урожаем рапса важен для снижения нагрузки куриного помета на плодородие почвы.

Расчеты показали, что на связносупесчаной почве баланс по азоту, кальцию и магнию отрицательный, на среднесуглинистой – отрицательный по азоту, фосфору, кальцию и магнию, но остается положительным по содержанию микроэлементов (табл. 22).

Таблица 22. Баланс элементов питания при внесении куриного помета под яровой рапс

Статьи баланса	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва										
Приход (кг/га) всего	154,4	95,8	183,7	25,3	5,0	0,79	1,64	75,0	1,15	0,036
Расход (кг/га) всего	168,3	66,45	85,95	110,01	38,7	0,19	1,05	1,40	0,029	
Баланс	-13,9	29,3	97,8	-84,71	-33,7	0,60	1,59	73,6	1,12	
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва										
Приход (кг/га) всего	154,4	69,6	173,4	25,3	5,0	0,82	1,42	77,6	0,90	
Расход (кг/га) всего	180,1	73,1	92,4	114,11	41,0	0,21	1,15	1,54	0,33	
Баланс	-25,7	-3,5	81,0	-88,81	-36,0	0,61	0,27	76,1	0,57	

При выращивании ярового рапса на связносупесчаной почве прибыль от применения удобрений получена 94,9 \$/га, рентабельность составила 47 %; среднесуглинистой 60,8 \$/га и 31 % соответственно (табл. 23).

Таблица 23. Экономическая эффективность применения куриного помета при выращивании ярового рапса в зависимости от гранулометрического состава почвы

Показатели	N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₂₀
1	2
Дерново-подзолистая связносупесчаная	
Стоимость прибавки урожая, \$	284,2
Сумма затрат, связанных с прим. Уд., \$/га	180,28
Прибыль от прим. удобрений, \$	94,9
Прибыль на ед. затр., \$	0,47
Рентабельность, %	47

1	2
Дерново-подзолистая среднесуглинистая	
Стоимость прибавки урожая, \$	245,0
Сумма затрат, связанных с прим. Уд., \$/га	184,23
Прибыль от прим. удобрений, \$	60,8
Прибыль на ед. затр., \$	0,31
Рентабельность, %	31

3.4. Горчица белая (*Sinapis alba*) – это однолетнее растение из семейства крестоцветных. Ее выращивают в качестве кормовой культуры или как сидерат. Причем, использование горчицы популярно в сельском хозяйстве множества стран мира. Растение достигает в высоту около 70 см. Растение подходит для легких (песчаных), средних (суглинистых) почв, предпочитает хорошо дренированные участки, ей требуется более рыхлая структура. Горчица может расти в полутени или на полном солнце, но быстро только в условиях длинного светового дня. Горчица требует много влаги для оптимального роста – у нее поверхностная корневая система, поэтому не так хорошо растет в засушливые периоды без поливов (почва не должна сильно пересыхать). Посевы горчицы белой, при минеральной системе удобрения, исследовали на пригодность в качестве фитосанитара. Сорт Елена, предшественник – яровая пшеница, где был внесен куриный помет – 40т/га.

Перед посевом горчицы (предшественник озимая пшеница) почва была высоко обеспечена подвижным фосфором (262 мг/кг), имела повышенное содержание обменного калия (282 мг/кг), избыточное – подвижной меди (6,78 мг/кг) и цинка (13,86 мг/кг), фоновое – подвижного свинца (3,31 мг/кг) и кадмия (0,05 мг/кг). Урожайность семян горчицы белой составила на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве – 18,1 ц/га, на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – 19,0 ц/га (табл. 24).

Урожайность горчицы белой с учетом последствия удобрения предшественника (контроль) колебалась от 15 ц/га на среднесуглинистой почве до 14 ц/га на связносупесчаной почве.

Применение минеральных удобрений увеличило урожайность на 3,0 ц/га на среднесуглинистой почве, на 5,0 ц/га на связносупесчаной. Масса 1000 семян на связносупесчаной почве составила на контроле 7,02 г, при внесении удобрения 7,18 г, среднесуглинистой 7,13 и 7,25 г соответственно; содержание масла 42,1 и 43,3 % на связносупесчаной, 41,2 и 43,18 % на среднесуглинистой почве; содержание сырого проте-

ина 31,3 и 31,2 % связносупесчаной и 31,3 и 31,8 % среднесуглинистой (табл. 24).

Таблица 24. Урожайность и качество семян горчицы белой

Варианты опыта	Влажность, %	Урожайность семян, ц/га		Масса 1000 зерен, г	Содержание масла, %	Энергия прорастания, %	Сырой прот., %
			+/- к контр				
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва							
Без удобрений	6,89	14,0		7,02	42,06	85,00	31,25
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	7,02	19,0	+5,0	7,18	43,25	86,00	32,08
НСР ₀₅			1,97				
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва							
Без удобрений	6,98	15,0		7,13	41,24	81,00	31,27
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	7,12	18,1	+3,0	7,25	43,18	88,00	31,75
НСР ₀₅			1,72				

Анализ химического состава показал, что содержание азота, фосфора, калия, кальция, магния, меди, цинка, марганца, железа, свинца больше в семенах горчицы белой чем в соломе не зависимо от гранулометрического состава почвы (табл. 25).

Таблица 25. Содержание элементов питания в семенах и соломе горчицы белой

№ п/п	Варианты опыта	%					мг/кг					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Pb	Cd	Mn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва												
Семена												
1	Без удобрений	4,33	2,24	0,75	0,54	0,43	6,14	66,45	48,38	1,28	0,014	23,47
2	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	4,78	2,96	1,06	0,67	0,59	6,54	67,78	49,76	1,45	0,018	28,75
3	НСР ₀₅	0,268	0,276	0,215	0,107	0,102	0,183	0,612	0,832	0,053	0,0012	2,067
Солома												
4	Без удобрений	0,29	0,29	0,74	0,46	0,19	4,49	49,51	15,10	0,93	-	9,49
5	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	0,47	0,39	0,96	0,64	0,42	5,12	53,25	16,58	1,14	-	10,79
6	НСР ₀₅	0,135	0,008	0,130	0,101	0,152	0,324	1,254	0,623	0,103	-	0,124
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва												
Семена												
1	Без удобрений	3,78	2,04	0,57	0,47	0,42	5,64	62,85	42,68	1,02	0,004	21,67
2	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	4,35	2,52	0,76	0,64	0,51	6,03	65,18	44,96	1,12	0,007	25,36
3	НСР ₀₅	0,104	0,106	0,113	0,071	0,026	0,034	0,114	0,735	0,131	0,0007	1,217

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Солома												
4	Без удоб- рений	0,19	0,32	0,62	0,38	0,15	4,69	42,91	17,40	0,73	–	10,37
5	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	0,37	0,59	0,86	0,54	0,38	5,42	48,27	19,78	0,89	–	11,74
6	НСП ₀₅	0,135	0,068	0,161	0,091	0,072	0,024	2,254	0,102	0,031	–	0,044

Таким образом, в семенах и соломе горчицы белой содержится значительное количество основных элементов питания и тяжелых металлов, что следует учитывать при использовании данной культуры в качестве фитосанитара.

Удельный вынос горчицей основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции при минеральной системе удобрения на дерново-подзолистой связносупесчаной почве составляет: азота – 57,20; фосфора – 37,40; калия – 29,80; кальция – 19,50; магния – 14,30 кг; меди – 16,6; цинка – 174,3; железа – 829; марганца – 61; свинца – 4,7; кадмия – 0,18 г/т. На среднесуглинистой почве вынос составляет: азота – 50,90; фосфора – 37,00; калия – 24,80; кальция – 17,20; магния – 12,70 кг/т; меди – 16,9; цинка – 161,7; железа – 845; марганца – 49; свинца – 2,9; кадмия – 0,07 г/т (табл. 26).

Таблица 26. Удельный вынос горчицей белой основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции

Вариан- ты опыта	С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг					С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, г					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва											
Без удобре- ний	49,1	28,2	22,3	14,6	8,1	14,9	165,5	786	42,5	4,4	0,14
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀	57,2	37,4	29,8	19,5	14,3	16,6	174,3	829	60,9	4,7	0,18
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва											
Без удобре- ний	41,6	26,18	18,3	12,3	7,2	15,0	154,7	755	42,4	2,5	0,04
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	50,9	37	24,8	17,2	12,7	16,9	151,7	845	48,8	2,9	0,07

С урожаем горчицы белой выносятся значительное количество основных элементов питания причем, значительной разницы с рапсом яровым не прослеживается. Обе культуры являются хорошими фитосанитарами и хорошо используют последствие куриного помета.

Баланс элементов питания при выращивании горчицы белой отрицательный по азоту, фосфору, кальцию и магнию (как и при выращивании ярового рапса) и положительный по содержанию микроэлементов (табл. 27).

Таблица 27. Баланс элементов питания при выращивании горчицы белой

Статьи баланса	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва										
Приход (кг/га) всего	94,4	72,7	180,7	25,3	5,0	2,03	4,16	67,0	0,99	
Расход (кг/га) всего	150,6	73,2	79,6	107,1	41,2	0,032	0,33	0,12	0,089	
Баланс	-56,2	-0,5	101,1	-81,8	-36,8	2,0	3,83	66,9	0,90	

3.5. Многолетние травы. С целью оценки возможностей интенсификации растениеводства и залужения земель при реабилитации антропогенно трансформированных почв исследовали развитие на пастбище бобово-злаковых многолетних трав. Установлено что развитие многолетних трав, их урожайность находятся в зависимости от свойств почвы. Предшественник многолетних трав – яровая пшеница, под которую было внесено 40т/га куриного помета. Почва связносупесчаная с близкой к нейтральной реакцией среды рН_{KCl} 6,24, повышенным содержанием подвижного фосфора (235 мг/кг), средним – калия (183 мг/кг), меди (1,80 мг/кг), высоким – цинка (5,47 мг/кг), избыточным – марганца (508 мг/кг), фоновым – свинца (6,37 мг/кг), повышенным – кадмия (0,243 мг/кг).

Между сравнениями увеличилась обменная кислотность (с рН 6,24 до 6,03), снизилось содержание подвижного фосфора на 15, калия на 32, меди на 2,0, цинка на 1,17, марганца на 21, свинца на 1,71, кадмия на 0,083 мг/кг почвы (табл. 28).

Таблица 28. Агрохимические показатели почвы при выращивании многолетних бобово-злаковых трав

Показатели	До посева	После 1-го стравливания	После 2-го стравливания	Среднее	Разница
pH _{KCl}	6,24	6,04	6,02		
P ₂ O ₅ , мг/кг	235	221	219	220	-15
K ₂ O, мг/кг	183	158	144	151	-32
Cu, мг/кг	1,80	1,67	1,52	1,60	-20
Zn, мг/кг	5,47	4,32	4,27	4,30	-1,17
Mn, мг/кг	508	494	479	487	-21
Pb, мг/кг	6,37	5,12	4,19	4,66	1,71
Cd, мг/кг	0,243	0,192	0,127	0,160	-0,083

Анализ показал, что между стравливаниями происходят изменения физических и физико-химических свойств дерново-подзолистой связносупесчаной почвы: снизилась обменная кислотность с 6,38 до 6,17, увеличилась гидролитическая кислотность с 0,29 до 1,01 мэкв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями снизилась с 98,5 до 95,3 %, увеличилась плотность сложения с 1,41 до 1,81, плотность твердой фазы с 2,41 до 2,79 г/см³, снизилась пористость аэрации с 24,85 до 19,20 % (табл. 29).

Таблица 29. Физико-химические и физические свойства почвы после стравливания многолетних бобово-злаковых трав 2018 г.

№ п/п	Гранулометрический состав почвы	pH _{KCl}	Мэкв/100 г почвы			V, %	г/см ³		P _{общ} , %	P _{аэр} , %
			Hg	S	EKO		d _v	d		
После первого стравливания										
1	Дерново-подзолистая связносупесчаная	6,38	0,29	18,43	18,72	98,5	1,41	2,41	42,5	24,9
После второго стравливания										
1	Дерново-подзолистая связносупесчаная	6,17	1,01	20,29	21,30	95,28	1,81	2,79	36,2	19,2

Урожайность зеленой массы за 2 стравливания составила 653 ц/га, в том числе 376 перед первым стравливанием, 277 ц/га перед вторым (табл. 30).

Таблица 30. Урожайность и химический состав зеленой массы многолетних бобово-злаковых трав

Урожайность, ц/га	%					мг/кг				
	N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Pd	Cd
1-е сравнение (13.06.2018)										
376	4,40	1,05	3,32	0,73	0,47	7,14	61,99	28,92	1,338	0,424
2-е сравнение (22.08.2018)										
277	2,97	0,60	1,40	1,21	0,48	7,69	21,99	54,51	1,757	0,060

По химическому составу выше содержание некоторых элементов в зеленой массе перед первым стравливанием, чем перед вторым: азота 4,40 и 2,97, фосфора 1,05 и 0,60, калия 3,32 и 1,40 %, цинка 61,99 и 21,99 мг/кг соответственно. Но содержание кальция (0,73 и 1,21 %), меди (7,12 и 7,69 мг/кг), марганца (28,9 и 54,51 мг/кг), свинца (1,34 и 1,76 мг/кг) выше в зеленой массе перед вторым стравливанием (табл. 30).

Расчеты удельного выноса элементов питания многолетними бобово-злаковыми травами при пастбищном содержании свидетельствуют о высоком выносе макро- и микроэлементов с 1 т зеленой массы: N – 3,8; P₂O₅ – 0,9; K₂O – 2,5; CaO – 9,3; MgO – 4,7 кг/т; Cu – 73,7; Zn – 450,2; Mn – 397,8; Pb – 15,2; Cd – 0,2 г/т (табл. 31).

Таблица 31. Удельный вынос (нормативный) элементов питания зеленой массой многолетних бобово-злаковых трав

Урожайность, ц/га	кг/т					г/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pd	Cd
1-е сравнение										
376	4,40	1,05	3,32	7,28	4,69	71,37	619,93	289,24	13,38	0,24
2-е сравнение										
277	2,97	0,60	1,41	12,1	4,81	76,9	219,9	545,1	17,57	0,06
За 2 стравливания										
653 ц/га	3,8	0,9	2,5	9,3	4,7	73,7	450,2	397,8	15,2	0,2

4. МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПОМЕТНО-ТОРФЯНЫХ КОМПОСТОВ ОАО «ВИТЕБСКАЯ БРОЙЛЕРНАЯ ПТИЦЕФАБРИКА»

Обоснование соотношения куриного помета и торфа для приготовления пометно-торфяных компостов

Выход птичьего помета и его химический состав на современных птицефабриках в значительной степени зависят от вида и возраста птицы, типа кормления и технологии содержания птицы, устройства поилок и способа удаления экскрементов. Как следует из литературных источников, обычно куриный помет получают в чистом виде, в смеси с соломой, опилками и разбавленным водой (при гидросмыве). Это органическое удобрение (табл. 32) по удобрительным качествам превосходит навоз, а по скорости и эффективности действия не уступает минеральным удобрениям. 50 % азота, содержащегося в помете, 4 % фосфора и 60 % калия находятся в водорастворимых соединениях.

Таблица 32. Химический состав куриного помета в зависимости от влажности

Влажность, %	рН _{KCl}	Валовое содержание в сыром удобрении, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
58,0	8,4	1,5	1,5	1,0
65,0	8,0	1,3	1,1	0,4
75,0	8,0	1,1	0,7	0,3
85,0	8,0	0,8	0,6	0,3
95,0	8,0	0,4	0,25	0,2

В курином помете при влажности до 75 % половина азота находится в аммиачной форме. Сырой помет обладает неблагоприятными свойствами: имеет сильный неприятный запах, содержит большое количество семян сорняков, яиц и личинок гельминтов и насекомых, множество микроорганизмов, среди которых нередко возбудители опасных заболеваний.

Хранить подстилочный помет в кучах нельзя, так как он сильно разогревается, что сопровождается потерями азота, достигающими за 1,5–2 мес хранения 30–60 % от общего содержания. Как следует из рекомендаций для повышения эффективности, уничтожения семян сорняков и обеззараживания птичий помет лучше компостировать с торфом (кроме карбонатного): чистый помет – в соотношении 1:3; разбавленный водой – 1:1 или 1,5:1. При приготовлении компостов в ре-

зультате биотермических процессов погибают патогенные микроорганизмы и теряют жизнеспособность семена сорных растений, а само удобрение становится более концентрированным и биологически активным.

Торф – это растительная масса, разложившаяся в разной степени в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха, которая состоит из негумифицированных растительных остатков, перегноя и минеральных соединений. Низинный торф представляет для сельского хозяйства наибольшую ценность, так как он высокозольный и нередко содержит в своем составе известь, вивионит, закись железа. Низинные торфа богаче верховых по количеству гумусовых веществ. Количество извести и фосфора в таких торфах может колебаться от 2 до 20 % (на аб. сух. в-во).

Верховой торф	Низкий торф
зольность 1,5–3,5 %	зольность 6–12
pH_{KCl} – 2,8–3,6	pH_{KCl} – 4,8–5,8
P_2O_5 – 0,03–0,2 %	P_2O_5 – 0,05–0,4 %
K_2O – 0,03–0,8 %	K_2O – 0,03–0,2 %
Fe_2O_3 – 0,03–0,2 %	Fe_2O_3 – 0,2–3 %
N – 0,8–1,5 %	N – 1,6–2,6 %
CaO – 0,1–0,5 %	CaO – 1,5–3,0 %

Для получения компостов пригодны все типы торфа, однако компосты низкого качества получаются как из избыточно влажного, так и пересушенных (влажность менее 40 %) торфов, так как они плохо впитывают влагу.

При использовании торфа для приготовления компоста пропадает присущий птичьему помету неприятный острый запах, торф задерживает жидкие выделения, не давая им растекаться. Снижаются потери азота. При хранении торфяного компоста в течение 3–5 месяцев теряется 7,4 % общего и 4,7 % аммиачного азота. Считается, что при внесении 30 т/га торфяного компоста почва обогащается азотом на 135 кг/га. Высокая удобрительная эффективность торфокомпоста обуславливается также более интенсивным воздействием его на процесс нитрификации в почве, в засушливые годы он не вызывает денитрификации, равномерно заделывается в почву.

Правильно заложенный на хранение, приготовленный компост должен представлять собой однородную, темную, рассыпчатую массу

влажностью не более 75 % с реакцией среды, близкой к нейтральной. В зависимости от качества торфа химический состав компостов различен. Опыт приготовления компостов в Беларуси показывает, что, определяя норму внесения компостов в почву, необходимо знать его влажность, кислотность и содержание основных элементов питания, обращая особое внимание на количество аммиачного азота в компосте, так как от его содержания нередко зависит эффективность удобрения в год внесения.

Согласно литературным данным, торфо-пометный компост при влажности 54–70 % содержит (на сырое вещество) 0,5 % азота, 0,4 % фосфора (P_2O_5) и 0,25 % калия (K_2O). Этот компост рекомендуется применять в первую очередь под наиболее ценные культуры: овощные, технические и пропашные – по 20–25 т/га; под зерновые озимые хлеба – 12–15 т/га.

С целью улучшения качества куриного помета, полученного на ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика», были заложены экспериментальные пометно-торфяные компосты при соотношении помета и торфа 1:0,5 и 1:0,3. Для компостирования был взят свежий куриный помет (влажность 75 %) и после 1 месяца хранения (влажность 62 %). Химический состав торфа взятого для компостирования указан в табл. 33.

Таблица 33. Химический состав торфа для компостирования с пометом (2018 г.)

	Кг/т			%			pH	Кг/т		Мг/кг					
	N	P_2O_5	K_2O	Сухое в-во	Зольность	Органическое в-во		Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb	
Торф	20,8	4,9	4,5	25,37	8,89	91,11	6,42	18,5	4,9	2,24	29,6	92,2	0,03	12,2	

Торф, взятый для компостирования, слабо кислый, содержание сухого вещества составляло 25,37, зольность – 8,89, органического вещества – 91,11 %. Содержание общего азота – 20,8; кальция – 18,5; магния и фосфора – 4,9; калия – 4,5кг/т; меди – 2,24; цинка – 29,6; марганца – 95,2; кадмия – 0,03; свинца – 12 мг/кг (табл. 33).

Куриный помет, полученный на ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» в 2018 г., свежий (влажность 75 %) и после месячного хранения (62 % влажности) имел следующее содержание элементов питания соответственно: общего азота 13,1 и 27,8; P_2O_5 4,2 и 5,6; K_2O

4,8 и 9,1; Ca 6,72 и 12,60; Mg 21,80 и 4,24 кг/г; Zn 76,79 и 148,24; Cu 40,32 и 67,52; Mn 97,14 и 172,53; Pb 0,84 и 1,48 мг/кг (табл. 34).

Таблица 34. Химический состав куриного помета ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» перед закладкой компоста (2018 г.)

Вла- жность	Мг/кг					Кг/т					pH	%		
	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb	Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		Су- хое в-во	Золь- ность	Ор- га- нич. в-во
75	40,32	76,79	97,14	–	0,84	6,72	21,80	13,1	4,2	4,8	5,45	28,14	3,08	96,92
62	67,52	148,3	172,6	–	1,48	12,60	4,24	27,8	5,6	9,1	5,52	39,13	6,27	93,73

Компостирование проводили послойно при соотношении помета к торфу 1:0,5 и 1:0,3 на торфяную подушку толщиной 0,3 м. Толщина слоев компостирования зависит от соотношения их компонентов. Чем больше используется навоза, тем большими должны быть его слои по сравнению с торфом и наоборот. Компост в течение 3 и 6 месяцев хранился в небольших штабелях на специально отведенной площадке с твердым покрытием. Чтобы уменьшить потери аммиачного азота, штабель укрыт был слоем 25 см резаной соломы. Для получения однородной массы штабель перемешивали один раз в период хранения.

Созревание компоста продолжалось 3 месяца (апрель, май, июнь). В табл. 35 приведен химический состав содержания основных элементов питания в пометно-торфяном компосте в зависимости от соотношения компонентов и влажности куриного помета после трех месяцев хранения.

Таблица 35. Химический состав пометно-торфяного компоста после 3 месяцев хранения (2018 г.)

Влаж- ность	Соотн. поме- та и торфа	Кг/т			%			pH	Кг/т			Мг/кг			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Су- хое в-во	Золь- ность	Ор- га- нич. в-во		Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
75	1	26,9	5,4	4,2	22,01	8,01	94,71	7,18	7,3	7,6	30,4	65,8	147	–	0,72
	2	27,8	5,7	4,0	20,61	5,12	94,18	7,82	7,7	7,7	33,2	67,1	159	–	0,71
62	1	39,3	5,8	9,0	34,48	9,23	90,77	8,67	14,6	16,1	77,8	198	222	0,003	–
	2	38,7	5,4	8,5	37,14	9,52	90,25	8,74	17,1	17,7	72,2	195	220	0,003	–

Примечание. 1 – соотношение помета к торфу 1:0,5; 2 – соотношение помета к торфу 1:0,3

Наличие торфа позволило улучшить химический состав куриного помета. При соотношении свежего (75 % влажность) помета и торфа 1:0,5 отмечается слабощелочная реакция среды, увеличение содержания общего азота на 13,8; подвижного фосфора на 1,2; кальция на 0,58 кг/т; зольность увеличилась на 4,93 %; содержание марганца на 49,86 мг/кг. Снизилось содержание калия на 0,6; магния на 14,2 кг/т; меди на 9,98; цинка на 10,99; свинца на 0,12 мг/кг.

Используя для компостирования помет влажностью 62 %, при соотношении помета и торфа 1:0,5 отмечается слабощелочная реакция среды, увеличение содержания общего азота на 11,5; подвижного фосфора на 0,2; кальция на 2,0; магния на 11,86 кг/т; меди на 10,28; цинка на 49,7; марганца на 49,4 мг/кг (табл. 35).

При влажности помета 75 % и соотношении свежего помета и торфа 1:0,3 отмечается слабощелочная реакция среды, увеличилось содержание общего азота на 14,7; подвижного фосфора на 1,5; кальция на 0,98 кг/т; марганца на 61,86 мг/кг; зольность на 2,04 %, снизилось содержание подвижного калия на 0,8 кг/т; содержание меди на 7,12; цинка на 9,69; свинца на 0,13 мг/кг (табл. 35).

Используя для компостирования помет 62 % влажности, при соотношении помета и торфа 1:0,3, компост имеет слабощелочную реакцию, отмечается увеличение общего азота на 10,9; кальция на 4,5; магния на 13,46 кг/т; зольности на 3,25 %; меди на 4,66; цинка на 46,7; марганца на 47,4 мг/кг; снизилось содержание подвижного фосфора на 0,2; калия на 0,6 кг/т отмечаются следы кадмия (табл. 35).

При сроке созревания компоста 3 месяца и влажности куриного помета 75 %, с учетом его химического состава, лучшим был компост при соотношении компонентов 1:0,5, при влажности 62 % – 1:0,3.

По истечении 6 месяцев созревания (апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь) отобраны образцы пометно-торфяного компоста повторно и сделан его химический анализ (табл. 36).

Таблица 36. Химический состав пометно-торфяного компоста после 6 месяцев (апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь) компостирования (2018 г.)

Влажность	Соотношение помета и торфа	Кг/т			%			pH	Кг/т		Мг/кг				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сухое в-во	Зольность	Органическое в-во		Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb
75	1	19,7	4,8	4,1	42,37	9,75	90,25	7,49	6,1	1,6	21,3	127	142,4	0,053	–
	2	24,7	4,6	4,4	42,29	9,69	90,19	7,38	8,7	1,9	22,1	131	157,2	0,032	–
62	1	8,3	5,2	1,7	22,21	3,98	96,02	6,72	15,8	4,3	11,3	30,2	32,5	0,001	–
	2	7,9	7,8	3,8	21,19	3,89	96,00	6,09	15,9	4,7	11,2	30,0	33,1	–	–

Примечание. 1 – соотношение куриного помета к торфу 1:0,5; 2 – соотношение помета к торфу 1:0,3.

При влажности помета 75 % и соотношении помета и торфа 1:0,5 компост имеет слабощелочную реакцию среды, за время компостирования увеличилась зольность на 6,67 %, содержание сухого вещества на 14,23 %; цинка на 50,21; марганца на 45,26 мг/кг; общего азота на 6,6; подвижного фосфора на 0,6 кг/т; снизилось содержание меди на 19,02 мг/кг; магния на 20,2 кг/т. Отмечается фоновое содержание кадмия (табл. 36).

При использовании помета 62 % влажности и соотношении помета к торфу 1:0,5 компост имеет нейтральную реакцию среды, за время компостирования снизилось содержание общего азота на 19,5; подвижного фосфора на 0,4; калия на 7,4 кг/т; зольность на 2,29 %; содержание сухого вещества на 16,92 %; меди на 56,22; марганца на 140,1; цинка на 118,1 мг/кг; увеличилось содержание кальция на 3,2 кг/т. Отсутствует кадмий и свинец (табл. 36).

При влажности помета 75 % и соотношении помета и торфа 1:0,3 компост имеет нейтральную реакцию среды, за время компостирования увеличилось содержание сухого вещества на 14,15 %; зольность на 6,61 %; содержание азота на 11,7; фосфора на 0,4; кальция на 1,98 кг/т; цинка на 54,21; марганца на 60,1 мг/кг; снижается содержание меди на 18,22 мг/кг; магния на 19,9 кг/т; органического вещества на 6,73 %; (табл. 36).

При влажности помета 62 % и соотношении помета к торфу 1:0,3 компост имеет близкую к нейтральной реакцию среды, увеличилось содержание подвижного фосфора на 2,2; кальция на 3,3; магния на

0,46 кг/т; органического вещества на 2,27 %; снизилось содержание общего азота на 19,9; подвижного калия на 5,3кг/т; меди на 56,32; цинка на 118,3; марганца на 139,51 мг/кг; сухого вещества на 17,94 % зольность на 2,38%; отсутствуют кадмий и свинец.

Таким образом, при компостировании куриного помета и торфа изменяется химический состав пометно-торфяного компоста, причем значение имеет влажность торфа и соотношение компонентов.

При 6-месячном хранении и 75 % влажности лучшее соотношение куриного помета к торфу – 1:0,3, так как снижается содержание в компосте меди, свинца, кадмия, реакция среды нейтральная, увеличивается зольность.

При 62 % влажности, если рассматривать снижение содержания микроэлементов, то нет различий при соотношении – 1:0,3 и 1:0,5. Так как на территории хозяйства нет торфа, и его следует закупать, то при данном сроке хранения предпочтение следует отдать соотношению 1:0,3.

При использовании компостов из торфа и куриного помета следует повышать нормы калийных удобрений, так как компосты содержат небольшое количество калия. Для предохранения компоста от промерзания в зимнее время целесообразно в верхний слой торфа, который используется для завершения штабеля, добавлять калийную соль или хлористый калий из расчета 1 % общей массы.

5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Перед внесением куриного помета в хозяйстве следует контролировать его химический состав, так как он меняется в зависимости от условий хранения, корма, содержание элементов питания колеблется от низкого до высокого и избыточного.

2. Бесконтрольное применение куриного помета отражается на плодородии почвы, так как отмечается повышенное и очень высокое содержание фосфора, среднее и очень высокое содержание калия, низкое и избыточное содержание меди и цинка, высокое и избыточное содержание марганца, фоновое содержание Pb, от фонового до повышенного содержание Cd.

3. Применение органического удобрения, гранулометрический состав почвы и биологические особенности культур оказывают влияние на физико-химические и физические свойств почвы, ее водный режим. При низкой плотности сложения, высоком общем (ОЗВ) и полез-

ном запасе влаги (ПЗВ) установлена высокая возможность растворения и миграции элементов питания до почвообразующей породы и далее до грунтовых вод. Существует высокая вероятность загрязнения подземных грунтовых вод Pb и Cd и низкая вероятность загрязнения Fe, Mn, Cu, Zn, Mo и Co.

4. Для расчетов баланса элементов питания при применении куриного помета рассчитан удельный вынос их с урожаем культур в зависимости от гранулометрического состава почвы:

– на среднесуглинистой почве озимая пшеница при органоминеральной системе удобрения выносит: N – 24,05; P₂O₅ – 11,48; K₂O – 10,8; CaO – 5,43; MgO – 3,07 кг/т; Cu – 73,07; Zn – 332,65; Mn – 278,9; Pb – 18,24; Cd – 0,017 г/т.; на связносупесчаной: N – 24,8; P₂O₅ – 11,0; K₂O – 12,9; CaO – 3,3; MgO – 3,2 кг/т; Cu – 68,0; Zn – 430,0; Mn – 290,0; Pb – 16,2; Cd – 0,17 г/т;

– яровой рапс на связносупесчаной и среднесуглинистой почве при минеральной системе удобрения выносит соответственно: N – 48,9 и 50,1; P₂O₅ – 27,5 и 25,4; K₂O – 26,9 и 22,9; CaO – 17,09 и 15,02; MgO – 9,68 и 10,37 кг/т; Cu – 82,6 и 80,63; Zn – 447,4 и 469,4; Mn – 597,8 и 580,3; Pb – 12,75 и 12,07; Cd – 0,024 и 0,027 г/т;

– горчица белая при минеральной системе удобрения на связносупесчаной почве выносит; N – 57,20; P₂O₅ – 37,40; K₂O – 29,80; CaO – 19,50; MgO – 14,30 кг/т; Cu – 16,6; Zn – 174,3; Fe – 29; Mn – 60,9; Pb – 4,7; Cd – 0,18 г/т; среднесуглинистой N – 50,90; P₂O₅ – 37,00; K₂O – 24,80; CaO – 17,20; MgO – 12,70 кг/т; Cu – 16,9; Zn – 161,7; Fe – 845; Mn – 48,8; Pb – 2,9; Cd – 0,07 г/т;

– силосная масса кукурузы, убранная при восковой спелости початков, выносит: N – 24,4 и 22,97; P₂O₅ – 11,85 и 11,10; K₂O 18,45 и 18,40; CaO – 5,19 и 6,03; MgO – 3,13 и 3,43 кг/т соответственно; Cu – 50 и 51,8 г/т, Mn – 380 и 373 г/т, Pb – 3,04 и 2,87 г/т;

– многолетние бобово-злаковые травы, при пастбищном содержании, с 1 т зеленой массы за два скармливания выносят: N – 3,8; P₂O₅ – 0,9; K₂O – 2,5; CaO – 9,3; MgO – 4,7 кг/т; Cu – 73,7; Zn – 450,2; Mn – 397,8; Pb – 15,2; Cd – 0,2 г/т.

5. С целью реабилитации почв, выведенных из состояния экологического равновесия вследствие длительного внесения высоких доз птичьего помета с учетом выноса макро- и микроэлементов яровым рапсом и горчицей белой, эти культуры в севообороте следует высевать на семена и как промежуточные-фитосанитары.

6. Для залужения земель при реабилитации антропогенно трансформированных почв практиковать подсев многолетних бобово-злаковых трав под зерновые культуры, где применяется куриный помет, с целью использования последствий куриного помета травами.

7. При компостировании куриного помета и торфа изменяется химический состав пометно-торфяного компоста, причем значение имеет влажность торфа и соотношение компонентов.

При 6-месячном хранении и 75 % влажности лучшее соотношение куриного помета к торфу – 1:0,3 так как снижается содержание в компосте меди, свинца, кадмия, реакция среды нейтральная, увеличивается зольность.

При 62 % влажности, если рассматривать снижение содержания микроэлементов, то нет различий при соотношении – 1:0,3 и 1:0,5. Так как на территории хозяйства нет торфа, и его следует закупать, то при данном сроке хранения предпочтение следует отдать соотношению 1:0,3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багринцева, В. Н. Кукуруза – прошлое и настоящее / В. Н. Багринцева // Кукуруза и сорго. – 2014. – № 3. – С. 28–32.
2. Базилинская, М. В. Использование птичьего помета / М. В. Базилинская // Агрохимия. – 1998. – № 8. – С. 27.
3. Бачило, Н. Г. Научные принципы использования пометных удобрений в условиях интенсивного земледелия: дис. ... д-ра с.-х. наук / Н. Г. Бачило. – Жодино, 1990. – 452 с.
4. Босак, В. Н. Органические удобрения: монография / В. Н. Босак. – ПинскГУ, 2009. – 256 с.
5. Головатый, С. Е. Эколого-геохимическая оценка земель в зоне воздействия птицеводческих комплексов / С. Е. Головатый, В. С. Барановский, С. В. Савченко // Экологический вестник. – 2015. – № 4(34). – С. 90–95.
6. Еськов, А. И. Техническое обеспечение использования органических удобрений / А. И. Еськов, В. В. Рябов // Агрохимический вестник. – 2013. – № 4. – С. 13–15.
7. Использование птичьего помета в земледелии (научно-методическое руководство) / под общ. ред. академиков РАСХН В. И. Фисинина и В. Г. Сычева. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – 272 с.
8. Каменев, Р. А. Проблемы использования птичьего помета в земледелии Ростовской области и пути их решения / Р. А. Каменев // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 6 (30). – С. 44–47.
9. Лукин, С. М. К 100-летию научных исследований по плодородию почв и применению удобрений: от Судогодского опытного поля до Всеросс. НИИ органического удобрения и торфа / С. М. Лукин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 4. – С. 2–7.
10. Русакова, И. В. Воспроизводство плодородия почв на основе использования возобновляемых биоресурсов / И. В. Русакова // Агрохимический вестник. – 2013. – № 4. – С. 7–12.
11. Седых, В. А. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помета (обзор) / В. А. Седых, П. Ю. Карнауш // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 14–15.
12. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2007. – С. 387.
13. Справочник агрохимика / В. В. Лапа, Н. И. Смяян, И. Р. Вильдфлуш, Т. Ф. Персикова [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 386 с.
14. Торф в сельском хозяйстве Нечерноземной зоны: справочник / В. И. Ефимов, И. Н. Донских, Л. М. Кузнецов [и др.]; сост. В. Е. Ефимов. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отделение, 1987. – 308 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- $pH_{КС1}$** – обменная кислотность;
 Hg – гидролитическая кислотность;
 S – сумма обменных оснований;
ЕКО – емкость катионного обмена;
 V – степень насыщенности основаниями;
 dv – плотность почвы;
 d – плотность твердой фазы почвы;
 $P_{общ}$ – пористость почвы общая;
 $P_{аэр}$ – пористость аэрации;
ГВ – гигроскопическая влажность;
МГВ – максимальная гигроскопическая влажность;
ВЗ – влажность завядания;
КВ – капиллярная влагоемкость;
ПВ – полная влагоемкость;
ОВ – оптимальная влажность;
ОЗВ – общий запас влаги;
ЗТВ – запас труднодоступной влаги;
ПЗВ – полезный запас влаги.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Характеристика хозяйства.....	6
2. Химический состав куриного помета ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика».....	7
3. Влияние куриного помета на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество урожая культур, баланс элементов питания.....	7
3.1. Озимая пшеница.....	7
3.2. Кукуруза.....	16
3.3. Яровой рапс.....	21
3.4. Горчица белая.....	27
3.5. Многолетние травы.....	30
4. Методика приготовления пометно-торфяных компостов ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика».....	33
5. Предложения производству.....	39
Библиографический список.....	42
Список сокращений.....	43