

соответственно, в 2,4 и 2,7 раза в сравнении с почвой контрольного варианта опыта.

Литература

1. Андреев Н.Г. Кострец безостый / Н.Г. Андреев, В.А. Савицкая. – М.: Агропромиздат, 1988. – 184 с.
2. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Водопроницаемость [Электронный ресурс]. – режим доступа <http://www.eurolab-portal.com/encyclopedia/3863/34241/> http
4. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXEL. – 2-е изд./ Э.А. Вуколов. – М.: Форум, 2008. – 464 с.
5. ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений – введ.1990-06-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 7 с.
6. Капинос В.А. Изменение физических свойств дерново-подзолистой почвы под влиянием органических удобрений и способов обработки // В.А. Капинос, А.М. Зейлигер, Г.В. Смирнов, О.В. Карева // Агрохимия. – 1990. – № 5. – С. 139-152.
7. Качинский Н.А. Физика почв. Ч.1 // Н.А. Качинский.- М.: Высшая школа, 1965. – 324 с.
8. Качинский Н.А. Физика почв. Ч.2. Водно-физические свойства и режимы почв //Н.А. Качинский.- М.: Высшая школа, 1970. – 363 с.
9. Марчик Т.П. Почвоведение с основами растениеводства / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 249 с.
10. Мерзлая Г.Е. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстильного навоза // Г.Е. Мерзлая [и др.]. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2006. – 463 с.
11. ОСТ 10 296-2002 Земли сельскохозяйственного назначения лесотундрово-северотайской, среднетаежной и южнотайской зон Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв- введ.2003-01-15.- М.: МСХ РФ, 2002. – 46 с.
12. Пористость почвы [Электронный ресурс].-режим доступа <http://www.direct.farm/post/poristost-pochvy-1119> http
13. Русанов А.М. Изменения основных свойств степных черноземов как результат их постагрогенной трансформации// А.М. Русанов, А.В. Тесля //Вестник ОГУ. – 2012.-№6. – С. 98-102.
14. Тарасов С.И. Эффективность длительного применения бесподстильного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого. Сообщение 1. Влияние длительного применения бесподстильного навоза на ботанический состав и урожай костреца безостого // С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина // Плодородие. – 2015. – № 6. – С. 27-30.
15. Тарасов С.И. Эффективность длительного применения бесподстильного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав// С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина, И.Р. Макарихина, Б. М. Когут // Плодородие. – 2017. – № 1. – С. 51-53.
16. Тарасов С.И. Эффективность длительного применения бесподстильного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого. Сообщение 5. Влияние регулярного применения бесподстильного навоза на структурное состояние дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав/С.И. Тарасов, М.Е. Кравченко, Т.А. Бужина, Б.М. Когут, М.А. Яшин// Плодородие. – 2019. – № 6. – С. 52-55.
17. Шеин Е.В. Курс физики почв.: Учебник // Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

THE EFFECTIVENESS OF LONG-TERM USE OF LIQUID MANURE IN AGROCEANOSES WITH PERMANENT CULTIVATION OF BONELESS STALK

Message 7. The effect of regular use of liquid manure on the agrophysical and water-physical properties of sod-podzolic soil in agroceanoeses with permanent cultivation of perennial grasses

S.I. Tarasov, M.E. Kravchenko, Bushina T.A.

*All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, (FGBNU VNIIOU)
Vyatkinsk, Sudogda raion, Vladimir oblast, 601390 Russia, E-mail: tarasov.s.i@mail.ru*

Regular, 40-year-old use of various doses of liquid manure in agroceanoeses with permanent cultivation of the boneless stalk caused a decrease in density, an increase in total porosity, moisture capacity, water permeability of sod-podzolic soil. An increase in the dose of liquid manure from N300 to N700 was accompanied by more significant changes in these indicators of agrophysical, water-physical properties of the soil. The systematic use of mineral fertilizers has had similar changes in soil properties, but in smaller values compared to the introduction of liquid manure, manure effluents.

Keywords: liquid manure, permanent crops of boneless stalk, sod-podzolic soil, density, total porosity, moisture capacity, water permeability.

УДК 631.862.2

DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.09

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО СВИНОГО НАВОЗА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А.М. Комелин¹, С.И. Новоселов¹, д.с.-х.н., Г.Е. Мерзлая², д.с.-х.н.,

¹ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»

424002, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, ул. Красноармейская, 71, Россия,

E-mail: serg.novoselov2011@yandex.ru

²ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

127434, Москва, ул. Прянишникова, 31 а, Россия, E-mail: lab.organic@mail.ru

В полевом эксперименте проведено сравнительное изучение влияния способов внесения бесподстильного жидкого свиного навоза: внутрипочвенного и поверхностного – на динамику содержания минерального азота в почве, урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Установлен высокий агроэкологический эффект внутрипочвен-

ного способа, обеспечивающего при внесении жидкого удобрения в дозе 90 т/га (N_{180}) и весенней подкормке 20 т/га (N_{40}) в среднем за годы исследований наибольшую урожайность зерна 4,54 т/га, что на 77,3% выше контроля, при окупаемости 1 т удобрения 16 кг зерна. Зерно при этом содержало 13,7% белка и имело массу 1000 семян 46,9 г. Рост дозы жидкого органического удобрения со 180 до 240 кг/га азота при внутрипочвенном внесении и весенней подкормке повышал содержание минерального азота в почве, но не оказывал значимого действия на урожайность и качество зерна.

Ключевые слова: бесподстильный жидкий свиной навоз, дозы и способы внесения в почву, минеральный азот почвы, озимая пшеница, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Комелин А.М., Новоселов С.И., Мерзлая Г.Е. Агроэкологическая эффективность способов внесения жидкого свиного навоза при возделывании озимой пшеницы// Плодородие. – 2023. – №3. – С. 37-40. DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.09.

В производстве животноводческой продукции, особенно в свиноводстве, одной из острых проблем является утилизация экскрементов животных, концентрация которых в больших объемах представляет серьезную санитарную и экологическую угрозу [1-3]. Использование бесподстильного жидкого свиного навоза связано с большими производственными затратами, обусловленными его гомогенизацией, обеззараживанием, хранением, транспортированием и внесением на сельскохозяйственные угодья. Традиционной технологией применения жидких органических удобрений является их разлив по поверхности поля. К основным недостаткам такой технологии относится ее низкая экономическая эффективность из-за больших потерь азота и высоких производственных затрат. Поэтому поиск путей повышения эффективности экологически безопасного использования бесподстильного жидкого навоза, включая свиной, важная задача [4-6].

Цель данной работы – изучить влияние доз и способов внесения бесподстильного жидкого удобрения на основе свиного навоза на урожайность и качество зерна озимой пшеницы и содержание минерального азота в почве.

Методика. Исследования проводили в 2018-2022 г. на опытном поле Марийского государственного университета в условиях стационарного полевого опыта. Жидкое удобрение на основе свиного навоза влажностью 94% содержало 0,2% общего азота. Жидкое органическое удобрение вносили до посева озимой пшеницы в дозах 60, 90 и 120 т/га, что по содержанию азота соответствовало N_{120} , N_{180} и N_{240} . Подкормку жидким удобрением проводили в весеннее кушение озимой пшеницы в

дозе 20 т/га (N_{40}). Как для поверхностного, так и для внутрипочвенного внесения использовали машину МЖУ-20-1.

Объектом исследований была озимая пшеница сорта Московская 56, выращиваемая по викоовсяной смеси на зеленый корм. Полевой опыт заложен в трехкратной повторности методом расщепленных делянок. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая малогумусная, с нейтральной реакцией среды, высоким содержанием подвижного фосфора и средним – калия. Агротехника озимой пшеницы рекомендуемая для зоны. Агрохимические анализы почвы и растений проводили общепринятыми методами.

Результаты и их обсуждение. На дерново-подзолистой почве основным лимитирующим элементом питания является азот. От обеспеченности растений минеральным азотом зависит формирование величины и качества урожая. Как показали исследования, внесение жидкого органического удобрения во всех вариантах повышало в почве по отношению к контролю содержание аммонийного, нитратного и, как следствие, минерального азота. С увеличением дозы удобрения возрастало содержание азота в почве (табл. 1). К концу вегетации отмечено, что основной формой азота в почве была аммонийная. В начале опыта в 2019 г. содержание азота в почве было более высоким по сравнению с 2021 г. В экологическом отношении важную роль играет содержание нитратного азота в почве. Наибольшее его значение (20,2 мг/кг) в условиях опыта отмечено в варианте жидкого свиного навоза при внесении дозы 120 т/га (N_{240}) внутрипочвенно. Важно отметить, что это значение, согласно Гигиеническим нормативам (ГН) 2.1.7.2041-06, ниже ПДК нитратов в почве, составляющей 130 мг/кг NO_3 (или 29,4 мг/кг N).

1. Влияние доз и способов внесения жидкого органического удобрения на содержание минерального азота в почве, мг/кг (озимая пшеница, кушение)

Вариант опыта	N- NH_4			N- NO_3			N _{мин.}		
	2019 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2021 г.	среднее
Контроль (без удобрений)	10,1	5,2	7,6	3,7	3,0	3,4	13,8	8,2	11,0
Внутрипочвенное внесение, 60 т/га	15,6	8,4	12,0	6,3	4,6	5,4	21,9	16,0	18,9
Поверхностное внесение, 60 т/га	12,0	7,3	9,6	3,5	4,2	3,9	15,5	14,6	15,1
Внутрипочвенное внесение, 90 т/га	15,6	9,4	12,5	11,8	7,8	9,8	27,4	17,3	22,3
Поверхностное внесение, 90 т/га	14,0	9,4	11,7	9,8	7,1	8,5	23,8	17,1	20,4
Внутрипочвенное внесение, 120 т/га	24,0	12,5	18,2	20,2	10,7	11,5	44,2	22,9	33,5
Поверхностное внесение, 120 т/га	19,6	10,5	15,1	10,0	7,8	8,9	29,6	19,7	24,3

Из данных таблицы 1 видно, что в среднем за годы исследований наименьшее в опыте содержание минерального азота в почве отмечено на контроле без внесения органического удобрения. Поверхностное внесение жидкого удобрения в дозе 60 т/га (N_{120}) сопровождалось ростом содержания минерального азота до 15,1 мг/кг, а внутрипочвенное внесение – повышением этого пока-

зателя до 18,9 мг/кг. Аналогичная зависимость в изменении содержания минерального азота в почве наблюдалась и при возрастании доз жидкого навоза до 90-120 т/га ($N_{180-240}$).

Применение жидкого органического удобрения изменяло содержание питательных элементов в надземной массе озимой пшеницы (табл. 2).

По усредненным данным, надземная масса озимой пшеницы в фазе кущения, выращенная на контроле без применения удобрений, содержала азота 3,20%, фосфора 0,99 и калия 2,56%. Внутрипочвенное внесение низкой дозы жидкого удобрения (60 т/га) увеличило содержание азота, фосфора и калия в вегетативной массе, соответственно, до 3,61, 1,09 и 3,11 %. При поверхностном внесении

этой дозы навоза содержание элементов питания в растениях также повышалось и составляло соответственно 3,47, 1,18 и 2,92 %. С ростом дозы жидкого органического удобрения до 90-120 т/га увеличилось содержание всех основных питательных элементов в растениях по сравнению с контролем при поверхностном внесении и в еще большей мере при внутрипочвенном способе.

2. Влияние доз и способов внесения жидкого органического удобрения на химический состав надземной массы озимой пшеницы, %

Вариант опыта	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	2019 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2021 г.	среднее
Контроль (без удобрений)	3,00	3,39	3,20	1,42	0,56	0,99	2,64	2,48	2,56
Внутрипочвенное внесение, 60 т/га	3,41	3,80	3,61	1,40	0,78	1,09	2,46	3,76	3,11
Поверхностное внесение, 60 т/га	3,22	3,72	3,47	1,45	0,90	1,18	2,05	3,78	2,92
Внутрипочвенное внесение, 90 т/га	4,80	4,06	4,43	1,40	1,02	1,21	2,71	3,90	3,31
Поверхностное внесение, 90 т/га	4,22	3,91	4,07	1,52	0,59	1,06	2,43	3,51	2,97
Внутрипочвенное внесение, 120 т/га	4,49	4,31	4,40	1,68	0,75	1,22	2,65	3,92	3,28
Поверхностное внесение, 120 т/га	4,12	4,09	4,10	1,31	1,00	1,15	2,36	3,59	2,98

Урожайность зерна озимой пшеницы, как правило, была выше в более благоприятные по метеоусловиям годы (2019, 2022). С улучшением условий питания растений урожайность зерна заметно возрастала. При этом эффективность применения жидкого органического удобрения зависела от дозы и способа его внесения в почву (табл. 3).

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность зерна в опыте (4,54 т/га) достигалась в вариантах внутрипочвенного внесения жидкого навоза в дозе 90 т/га (N₁₈₀) и весенней подкормки навозом в дозе 20 т/га (N₄₀). Прибавка урожая зерна при этом по отношению к контролю достигала 1,98 т/га, или 77,3%. Окупаемость 1 т жидкого органического удобрения составляла 16 кг зерна.

Подкормка навозом (N₄₀) в варианте основного внесения с дозой 90 т/га (N₁₈₀) внутрипочвенно обеспечивала дополнительный сбор зерна 0,46 т/га, или 11,3%.

Важно отметить, что возрастание дозы жидкого органического удобрения при внутрипочвенном внесении с 90 до 120 т/га (или по содержанию азота со 180 до 240 кг/га) не давало

значимого эффекта. Окупаемость 1 т органического удобрения в этом случае снижалась с 16 до 12,8 кг зерна.

Внутрипочвенный способ внесения жидкого удобрения в почву обеспечивал достоверные прибавки урожая зерна озимой пшеницы в вариантах с дозами N₁₂₀₋₁₈₀ при весенней подкормке посева и в вариантах с дозами N₁₂₀₋₂₄₀ без проведения подкормки.

Подкормка озимой пшеницы жидким органическим удобрением в дозе 20 т/га (N₄₀) повысила урожайность зерна с 2,56 до 3,1 т/га. При внесении этой дозы получена самая высокая окупаемость жидкого органического удобрения – 27 кг/т. Весенняя подкормка жидким органическим удобрением в целом по вариантам опыта увеличивала урожайность зерна озимой пшеницы с 0,46 до 0,71 т/га.

Таким образом, при возделывании озимой пшеницы с учетом величины урожайности зерна и окупаемости зерновой продукцией 1 т жидкого органического удобрения наиболее эффективно применение внутрипочвенного способа его внесения в дозе N₁₈₀ с использованием весенней подкормки.

3. Влияние доз и способов внесения жидкого органического удобрения на урожайность зерна озимой пшеницы

Подкормка (Фактор А)	Способы и дозы внесения жидкого органического удобрения (Фактор В)	Урожайность, т/га				Окупаемость, кг/т
		2019 г.	2020 г.	2022 г.	В среднем	
Без подкормки	Контроль (без удобрений)	3,19	2,27	2,21	2,56	-
	Внутрипочвенное внесение, 60 т/га	4,10	2,93	3,46	3,50	15,7
	Поверхностное внесение, 60 т/га	3,72	2,73	3,22	3,22	11,0
	Внутрипочвенное внесение, 90 т/га	4,83	3,61	3,81	4,08	16,9
	Поверхностное внесение, 90 т/га	4,58	3,42	3,46	3,82	14,0
	Внутрипочвенное внесение, 120 т/га	4,56	3,80	3,98	4,11	12,9
	Поверхностное внесение, 120 т/га	4,19	3,32	3,86	3,79	10,2
Подкормка жидким органическим удобрением, 20 т/га	Контроль (без удобрений)	3,51	2,58	2,91	3,10	27,0
	Внутрипочвенное внесение, 60 т/га	5,00	3,30	4,12	4,14	17,3
	Поверхностное внесение, 60 т/га	4,61	2,99	3,92	3,84	12,3
	Внутрипочвенное внесение, 90 т/га	5,25	4,01	4,38	4,54	16,0
	Поверхностное внесение, 90 т/га	5,08	3,62	4,20	4,30	13,3
	Внутрипочвенное внесение, 120 т/га	5,21	4,25	4,44	4,63	12,8
	Поверхностное внесение, 120 т/га	4,98	3,63	4,91	4,50	11,7
НСР ₀₅ для фактора А		0,27	0,24	0,23	0,22	
НСР ₀₅ для фактора В		0,15	0,14	0,12	0,11	

Определенные закономерности выявлены в действии жидкого удобрения на качество зерна озимой пшеницы. С возрастанием доз навоза в зерне повышалось содержание сырого белка на 1,4-2,4 %. При этом масса 1000 зерен снижалась на 0,3-1,5 г. Натурная

масса зерна с внесением доз жидкого органического удобрения изменялась незначительно. Проведение весенней подкормки повышало содержание сырого белка в зерне по вариантам опыта на 0,4-2,3 %, а массу 1000 зерен – на 0,9-3,1 г (табл. 4).

4. Влияние доз и способов внесения жидкого органического удобрения на качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 3 года)

Способы и дозы внесения жидкого органического удобрения	Сырой белок, %		Натура, г/л		Масса 1000 зерен, г	
	без подкормки	с подкормкой	без подкормки	с подкормкой	без подкормки	с подкормкой
Контроль (без удобрений)	9,7	11,6	794,9	795,4	46,0	48,0
Внутрипочвенное внесение, 60 т/га	11,1	13,1	794,5	795,2	44,5	47,6
Поверхностное внесение, 60 т/га	11,1	12,8	792,0	791,5	45,4	46,5
Внутрипочвенное внесение, 90 т/га	11,4	13,7	792,8	794,2	45,7	46,9
Поверхностное внесение, 90 т/га	11,1	12,4	791,3	788,4	45,0	46,5
Внутрипочвенное внесение, 120 т/га	11,9	12,3	792,2	789,6	44,5	45,8
Поверхностное внесение, 120 т/га	11,7	13,2	792,4	791,0	45,1	46,0

Выводы. 1. Использование жидкого органического удобрения на основе свиного навоза при оптимизации доз и способов внесения является важным технологическим приемом возделывания озимой пшеницы сорта Московская 56 на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, обеспечивающим улучшение азотного питания растений и, как следствие, повышение продуктивности возделываемой культуры.

2. Согласно данным химического анализа почвы, установлено, что с увеличением дозы бесподстилочного жидкого навоза содержание минерального азота в почве возрастало, а более высоким – 22,3-33,5 мг/кг оно было при внесении удобрения внутрипочвенно в дозах 90-120 т/га (N₁₈₀₋₂₄₀).

3. В среднем за 3 года исследований высокая урожайность зерна озимой пшеницы 4,54 т/га получена при внутрипочвенном внесении жидкого навоза в дозе 90 т/га (N₁₈₀) и подкормке 20 т/га (N₄₀). Прибавка урожая по отношению к контролю при этом достигала 1,98 т/га, или 77,3%, окупаемость 1 т жидкого органического удобрения составляла 16 кг зерна. Зерно формировалось высокого качества с содержанием белка 13,7% и массой 1000 семян 46,9 г.

4. Рост дозы жидкого органического удобрения со 180 до 240 кг/га азота при внутрипочвенном внесении и весенней подкормке повышал содержание минерального азота в поч-

ве, но не оказывал значимого действия на урожайность и качество зерна.

5. Проведение весенней подкормки увеличивало урожайность зерна озимой пшеницы в среднем на 0,55 т/га, или на 14,8%, повышало содержание сырого белка в зерне на 1,35% и массу 1000 зерен на 2 г.

Литература

1. Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза (Методические рекомендации) / Г.Е. Мерзлая С.Ф. Полуниин, В.А. Васильев. – М.: ВИУА, 1990. – 23 с.
2. Мерзлая Г.Е., Новиков М.Н., Еськов А.И., Тарасов С.И. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза. – М.: Россельхозакадемия, ВНИИОУ, 2006. – 463 с.
3. Минеев В.Г., Ремне Е.Х. Агрохимия, биология и экология почв. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
4. Новоселов С.И. Эффективность внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений на основе свиного навоза. Отходы, причины их образования и перспективы использования // Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. – Краснодар, 2019. – С. 550-552.
5. Тарасов С.И., Мерзлая Г.Е. Использование бесподстилочного навоза. Приоритетные направления исследований // Плодородие. – 2018. – №6. – С. 53-56.
6. Титова В.И., Рыбин Р.Н. Агроэкология промышленного свиноводства. – Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2020. – 172 с.

AGROECOLOGICAL EFFICIENCY OF WINTER WHEAT MANURE APPLICATION METHODS

A.M. Komelin¹, S.I. Novoselov¹, G.E. Merzlaya²

¹*Mari State University, 424002 Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, st. Krasnoarmeyskaya, 71, Russia, e-mail: serg.novoselov2011@yandex.ru*

²*D.N. Pryanishnikov, 127434, Moscow, st. Pryanishnikova, 31 a, Russia, e-mail: lab.organic@mail.ru*

In a field experiment, a comparative study of the influence of the methods of applying bedless liquid pig manure: intrasoil and surface – on the dynamics of the content of mineral nitrogen in the soil, the yield and quality of winter wheat grains was carried out. A high agroecological effect of the intrasoil method was established, which, when applying liquid fertilizer at a dose of 90 t/ha (N180) and spring top dressing 20 t/ha (N40), on average over the years of research, provides the highest grain yield of 4.54 t/ha, which is 77, 3% higher than the control, with a payback of 1 ton of fertilizer 16 kg of grain. At the same time, the grain contained 13.7% protein and had a weight of 1000 seeds of 46.9 g. An increase in the dose of liquid organic fertilizer from 180 to 240 kg/ha of nitrogen with intrasoil application and spring top dressing increased the content of mineral nitrogen in the soil, but had no significant effect on grain yield and quality.

Key words: bedless liquid pig manure, doses and methods of application to the soil, mineral soil nitrogen, winter wheat, yield, grain quality.