

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

**В.Г. Сычев¹, ак. РАН, Г.Е. Мерзлая¹, д.с.-х.н., Р.А. Афанасьев¹, д.с.-х.н.,
С.И. Новоселов², д.с.-х.н., А.М. Комелин²**

¹ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»,
127434, Москва, ул. Прянишникова 31 А, lab.organic@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»,
424001, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, пл. Ленина, д. 1,
serg.novoselov2011@yandex.ru

Приведены результаты исследований и дано агроэкологическое обоснование инновационных технологий внутрипочвенного внесения бесподстилочного навоза с ферм крупного рогатого скота и свиней. Показано, что применение навоза внутрипочвенно при оптимизации его доз улучшает условия питания растений, повышает по сравнению с поверхностным внесением урожайность сельскохозяйственных культур на 10-28%, а по отношению к контролю на 30-78 %, улучшает качество растениеводческой продукции, способствует эффективной охране природной среды, исключает загрязнение пахотного слоя почвы и грунтовых вод.

Ключевые слова: внутрипочвенный способ внесения бесподстилочного навоза, урожайность, качество растительной продукции, охрана окружающей среды.

Для цитирования: Сычев В.Г., Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А., Новоселов С.И., Комелин А.М. Эффективность внутрипочвенного внесения органических удобрений // Плодородие. – 2021. – №4. – С.33-36. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.10.

В обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации важная роль принадлежит оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием органических и минеральных удобрений в целях повышения продуктивности агроценозов, воспроизводства почвенного плодородия при эффективной защите окружающей среды. Немаловажное значение при этом имеет биологизация агротехнологий, в том числе за счет насыщения органическими удобрениями [1-3, 8, 9]. В последние годы обеспеченность земледелия органическими удобрениями крайне низкая на 1 га посевной площади в пересчете на подстилочный навоз вносится не более 1,1-1,3 т, что составляет 15-18% от потребности в органических удобрениях для достижения бездефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистых почвах.

С учетом тенденции к росту поголовья скота к 2030 г. выход навоза в сельскохозяйственных организациях в физической массе может достигать 300 млн т, а в пересчете на подстилочный навоз около – 170 млн т. В связи со строительством новых животноводческих комплексов и крупных ферм основной прирост объемов органических удобрений будет за счет бесподстилочного навоза и птичьего помета, доля которых в структуре выхода органических удобрений достигает 70% и более.

Важно учитывать, что производимые на крупных современных предприятиях жидкие органические удобрения – бесподстилочный навоз и птичий помет, с одной стороны, отличаются наличием комплекса питательных веществ, необходимых для растений, а с другой – характеризуются повышенной влажностью. Всё

это создает определенные трудности в их хранении и может вызвать избыточное поступление биогенных веществ, загрязняя окружающую среду [4-7].

Рядом научных учреждений: ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», ВНИИОУ – филиала ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Марийским государственным университетом разработаны инновационные биологизированные технологии с использованием внутрипочвенного внесения органических удобрений повышенной влажности в виде навоза с ферм крупного рогатого скота и свиней, позволяющие успешно применять эти удобрения на полях без риска загрязнить прилегающие территории. Положительные результаты получены в многолетних исследованиях ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова в Московской области при испытании эффективности бесподстилочного навоза в возрастающих дозах. Единичная доза навоза по содержанию азота соответствовала 120 кг/га.

Полевой опыт закладывали на дерново-подзолистой почве тяжелого гранулометрического состава с содержанием гумуса 1,4-1,5%, слабо обеспеченной подвижными соединениями фосфора и калия. Площадь опытной делянки 96 м², что позволяет механизированно вносить бесподстилочный навоз. В опыте, в кормовом севообороте возделывали: кукурузу (в течение двух первых лет) для получения зеленых кормов, викоовсяную смесь, многолетние злаковые травы двух лет использования.

Бесподстилочный полужидкий навоз крупного рогатого скота имел влажность 86-92%. В 1 т навоза содержалось до 10 кг NPK. В опыте, кроме возрастающих

доз полужидкого навоза, применяли минеральную, органоминеральную и органическую системы удобрения с выравненным количеством основных питательных веществ. Удобрения во всех вариантах опыта вносили ежегодно в течение всех 15 лет исследований.

Согласно полученным результатам в вышеприведенном эксперименте (рис.), с повышением уровня внесения бесподстильного навоза при длительном его применении среднегодовая продуктивность севооборота возрастала с 6,07 т к. е. в варианте с одной дозой до 8,50 т к. е. при 5-кратной дозе. Достоверный рост продуктивности севооборота отмечался при 3-кратной дозе навоза, соответствующей 345 кг/га азота, где было получено 5,03 т к. е. с 1 га, или на 92% выше, чем на кон-

троле. В то же время окупаемость 1 кг внесенного азота навоза прибавкой урожая кормовых единиц с ростом его дозы понижалась с 16 до 7 кг.

В зависимости от количества внесенного навоза изменялось и качество кормов. С возрастанием дозы навоза по содержанию азота с 115 до 575 кг/га в вегетативной массе кукурузы увеличивалось количество нитратов со 140 до 220 мг/кг. Характерно, что даже при максимальной дозе навоза содержание нитратов в биомассе кукурузы не превышало допустимый уровень – 500 мг/кг NO_3 , в то время как при внесении минеральных удобрений нитратов в кукурузе накапливалось в 2 раза выше нормы.

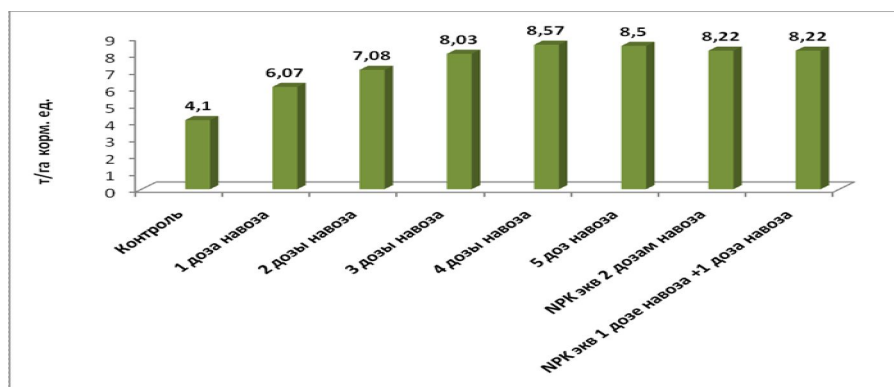


Рис. Среднегодовая продуктивность кормового пятипольного севооборота при ежегодном внесении органических и минеральных удобрений

Бесподстильный навоз при внесении в умеренных дозах положительно влиял на плодородие почвы, улучшая ее гумусовое состояние и обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия. Несмотря на ежегодное внесение навоза в течение трех ротаций 5-польного севооборота, загрязнения грунтовых вод нитратами не отмечено.

Исходя из опытных данных по урожайности кормовых культур и достоверном ее увеличении с повышением доз внесенного навоза, качества получаемых кормов, а также агрохимических свойств почвы и состояния грунтовых вод, эффективные дозы азота находились в пределах от 200 до 230 кг/га. При этом следует принимать во внимание, что среднегодовая доза бесподстильного навоза без опасения ухудшить качество урожая, согласно Методическим рекомендациям [4], не должна превышать 200-300 кг/га азота в зависимости от условий увлажнения.

В исследованиях внутрипочвенного внесения бесподстильного навоза Марийского государственного университета, проводимых совместно с АО ПЗ «Шойбулакский», получен положительный эффект. Бесподстильный свиной навоз до посева вносили в дозе 60 т/га, а в подкормку в весеннее кушение – в дозе 20 т/га. Как для поверхностного, так и для внутрипочвенного внесения бесподстильного навоза использовали машину МЖУ-20-1. Объект исследований – озимая пшеница сорта

Московская 56. Предшественник – викоовсяная смесь, выращиваемая на зеленый корм. Опыт проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, хорошо обеспеченной фосфором и средне – калием.

Как известно, традиционной технологией внесения жидких органических удобрений предусмотрен их разлив по поверхности поля. Основными недостатками такой технологии является низкая экономическая и экологическая эффективность как из-за больших потерь азота, так и из-за угрозы загрязнения окружающей среды [5]. Проведение полевых и лабораторных исследований показало, что использование внутрипочвенного метода внесения бесподстильного свиного навоза в почву положительно влияло на азотный режим, повышая содержание аммонийного, нитратного и, как следствие, минерального азота (табл. 1).

В период всходов основной формой азота в почве являлся аммонийный. В 2018 г. в период всходов озимой пшеницы в удобренной почве содержание минерального азота было минимальным. При поверхностном внесении жидкого органического удобрения содержание его в почве несколько увеличилось. Еще более значительное повышение содержания минерального азота отмечено при внутрипочвенном внесении жидкого удобрения. В 2019 г. его содержание было более высоким по сравнению с предыдущим годом.

1. Влияние способов внесения жидкого свиного навоза на содержание минерального азота в почве в фазе всходов озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	N-NH ₄			N-NO ₃			N _{мин.}		
	2018 г.	2019 г.	в среднем за 2 года	2018 г.	2019 г.	в среднем за 2 года	2018 г.	2019 г.	в среднем за 2 года
Контроль (без удобрений)	10,1	12,4	11,8	3,7	5,4	4,6	13,8	17,8	15,8
Поверхностное внесение	12,0	21,4	16,7	3,5	7,9	5,2	15,5	29,3	22,4
Внутрипочвенное внесение	15,6	24,1	19,9	6,3	8,3	7,3	21,9	32,4	27,2

Улучшение условий минерального питания растений положительно сказалось на урожайности зерна озимой пшеницы. Прибавки урожая зерна зависели от способа применения жидкого органического удобрения. В среднем за 3 года при выращивании озимой пшеницы без удобрений урожайность зерна была самой низкой в опы-

те (табл. 2). При поверхностном внесении жидкого органического удобрения урожайность зерна возросла на 20%, а внутрипочвенном – на 30,2%. Эффект внутрипочвенного способа по сравнению с поверхностным внесением бесподстилочного свиного навоза был достоверным и составил 10,4% (при прибавке зерна 0,28 т/га).

2. Влияние способов внесения жидкого свиного навоза на урожайность зерна озимой пшеницы, т/га

Вариант	Подкормка, 20 т/га	2018 г.	2019 г.	2020 г.	В среднем за 3 года	Прибавка, т/га
Контроль (б/у)	-	2,80	3,19	2,26	2,75	-
	+		3,51	2,58	-	
Поверхностное внесение	-	3,30	3,88	2,73	3,30	0,55
	+		4,41	2,99	-	
Внутрипочвенное внесение	-	3,70	4,10	2,93	3,58	0,83
	+		4,62	3,30	-	
НСР ₀₅				0,20		

Проведение подкормки жидким удобрением обеспечивало существенное повышение урожайности зерна. Как видно из таблицы 2, достоверная прибавка урожая зерна за счет подкормки свиным навозом на неудобренном фоне составила 0,32 т/га, на фоне поверхностного внесения органического удобрения – 0,40 т/га, а внутрипочвенного – 0,45 т/га.

Внесение жидкого органического удобрения положительно влияло на качество зерна озимой пшеницы. Поверхностное его внесение обеспечило повышение содержания в зерне сырого белка на 0,8 %, а внутрипочвенное – на 1,0 % (табл. 3).

3. Влияние способов внесения жидкого свиного навоза на качество зерна озимой пшеницы

Основное внесение	Подкормка, 20 т/га	Сырой белок, %			Масса 1000 зерен, г			Натура, г/л		
		2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	среднее
Контроль (б/у)	-	12,5	9,8	11,2	46,8	42,0	44,4	827	782	804
	+	12,9	10,6	11,8	47,2	42,6	44,9	836	777	806
Поверхностное внесение	-	13,5	12,5	13,0	46,8	42,1	44,5	826	779	803
	+	14,2	12,8	13,5	47,2	42,8	45,0	836	765	801
Внутрипочвенное внесение	-	13,8	12,7	13,2	47,0	42,1	45,1	826	778	802
	+	14,3	13,0	13,6	47,5	42,9	45,2	839	768	803

Применение жидкого органического удобрения в подкормку повышало содержание сырого белка в зерне на 0,4-0,6 % и массу 1000 зерен на 0,1-0,5 %. При этом содержание белка в пшенице в варианте внутрипочвенного внесения навоза соответствовало зерну второго класса (ГОСТ 9353-2016). Натура зерна зависела от погодных условий вегетационного периода и в среднем за годы исследований составляла 801-806 г/л, что превышает показатели по ГОСТу.

Высокий эффект от внутрипочвенного внесения бесподстилочного навоза крупного рогатого скота получен

в научно-производственном опыте в хозяйстве «Корововский» Шатурского района Московской области на пастбищном травостое четвертого года пользования. Навоз вносили после выпаса животных осенью внутрипочвенно агрегатом АВВ-ф-2,8 поверхностно – РЖТ-8. Почва участка торфяно-глеевая супесчаная, содержание P₂O₅ 133 мг/кг, K₂O 481 мг/кг, рН_{сол} 6,3. Использовали бесподстилочный навоз с содержанием влаги 93,1%, общего азота 0,23%, P₂O₅ – 0,2, K₂O – 0,21%. Доза навоза при обоих способах внесения 230 кг/га азота.

4. Урожайность сухой массы и прибавка урожая многолетних трав при пастбищном использовании в зависимости от способа внесения бесподстилочного навоза, т/га

Вариант технологии	Урожайность сухой массы	Прибавка урожая	
		к контролю	к поверхностному внесению
Контроль (б/у)		-	-
Поверхностное внесение	7,03	1,97	-
Внутрипочвенное внесение	9,01	3,95	1,98

Как видно из таблицы 4, на пастбище четко проявился эффект внутрипочвенного способа внесения навоза. Прибавка урожая пастбищной травы составила 78% к контролю и 28,2% по отношению к поверхностному внесению. Преимущество внутрипочвенного способа внесения навоза выразилось не только в повышении продуктивности пастбища, но и в снижении загрязнения окружающей среды. Так, по данным Саратовского НИИ гигиены, полное самоочищение слоя почвы на этом пастбище с внесением навоза на глубину 17 см завершилось через 3 мес. Аналогичные результаты в санитарном отношении получены при проведении гельминтологических исследований.

Выводы. На основании экспериментальных исследований и результатов практического применения установлено, что внутрипочвенное внесение жидких органических удобрений при возделывании зерновых и кормовых культур оптимизирует гумусовое состояние почв и условия минерального питания растений, повышает урожайность по сравнению с контролем на 30-78 %, а по отношению к поверхностному внесению на 10-28%, улучшает качество растениеводческой продукции, способствует эффективному решению вопросов охраны природной среды, снижает потери питательных веществ и исключает загрязнение пахотного слоя почвы и грунтовых вод.

Литература

1. *Плодородие почв России: состояние и возможности* (к 100-летию со дня рождения Тамары Никандровны Кулаковской) / Под ред. ак. РАН В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2019. – 240 с.
2. *Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов*. – Владимир: ВНИИОУ, 2012. – 216 с.
3. *Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза* (Методические рекомендации). – М.: ВИУА, 1990. – 23 с.
4. *Внутрипочвенный способ внесения бесподстилочного навоза* / Г.Е. Мерзлая, Н.В. Володарская, Т.Г. Овчинникова, Н.М. Марченко, В.М. Родин. – М.: ВДНХ, 1990. – 9 с.
5. *Новоселов С.И.* Эффективность внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений на ос-

нове свиного навоза. Отходы, причины их образования и перспективы использования. Сб. научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. – С. 550-552.

6. *Тарасов С.И., Мерзлая Г.Е.* Использование бесподстилочного навоза. Приоритетные направления исследований. // *Плодородие*. – 2018. – № 6. – С. 53-56.
7. *Koriat H.* Verfahren zur Aufbereitung und Ausbringung der Gulle und ihr Einsatz in der Pflanzenproduktion // *Monatshefte für Med. Jena*. 1972. 27, S. 247-252.
8. *Lobl F.* Vynziti procesv kompostovani pri spracovani organickych hnojiv s velkochovn svirat // *Ecologicke aspekty vyziti, upravy a zpracovani kejdy*. Kostelec nad Orlici. 1990. S. 24-26.

AGROECOLOGICAL SUPPORT INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF INTRA-SOIL APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS TO INCREASE SOIL FERTILITY, YIELD AND QUALITY OF AGRICULTURAL CROPS

V. G. Sychev¹, G. E. Merzlaya¹, R. A. Afanasiev¹, S. I. Novoselov², A. M. Komelin²

¹*Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434, Moscow, Russia, lab.organic@mail.ru.*

²*Mari State University, 424001, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russia, serg.novoselov2011@yandex.ru.*

The results of the research are carried out and the agroecological justification of innovative technologies of in-ground application of farm animal manure from cattle and pigs farms with high humidity is given. It is shown that their use of fertilizers when optimizing the application doses improves the conditions of plant nutrition, significantly increases the yield of agricultural crops compared to surface application – by 10-28%, and in relation to the control – by 30-78 %, improves the quality of crop production, contributes to the effective solution of environmental protection issues, reducing the loss of nutrients and contamination of the arable layer of soil and groundwater.

Key words: high-humidity manure of cattle and pigs, technology of in-ground manure application, yield, quality of plant products, environmental protection.

УДК:633.11:631.43

DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.11

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**В.И. Турусов, акад. РАН, Н.В. Дронова, к.с.-х.н., Е.А. Балюнова,
ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»
397463, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, к. 5, д. 81,
Таловский р-н, Воронежская обл., Россия E-mail: niish1c@mail.ru**

Для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия важным фактором являются физические свойства и процессы, протекающие в почве. В связи с этим на базе ФГБНУ «Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева» изучали различные приемы биологизации и их влияние на физические свойства почвы. Показано влияние научно обоснованных севооборотов на плотность, твердость, общую пористость и структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от фаз развития озимой пшеницы. Установлено, что введение в севооборот эспарцета и сидеральных паров повышало коэффициент структурности последующей культуры на 48-69% и увеличивало содержание структурных агрегатов в пахотном слое до 82,9%, снижало твердость почвы на 7-13%, увеличивало общую пористость до 63,0% и степень аэрации до 62,5%.

Ключевые слова: озимая пшеница, предшественники, севооборот, плотность почвы, твердость, структурно-агрегатное состояние почвы.

Для цитирования: Турусов В.И., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. Влияние предшественников на изменение агрофизических свойств почвы в посевах озимой пшеницы// *Плодородие*. – 2021. – №4. – С. 36-39. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.11.

Взаимосвязь агрофизических свойств почвы с почвенным плодородием не подвергается сомнению. В настоящее время из-за ускоренной интенсификации земледелия и увеличения антропогенных нагрузок на почву все острее встает проблема деградации почв, а в связи с этим и задача сохранения и повышения почвенного плодородия [3, 6].

Важнейшими факторами создания условий почвенного плодородия являются физические свойства и процессы, протекающие в почве. Физические свойства обрабатываемых горизонтов почвы, включающие сложение пахотного горизонта и водно-воздушный режим, являются одними из основных определяющих факторов в жизни сельско-