УДК 631.8: 631.416 DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.16

ФОРМИРОВАНИЕ АГРОЦЕНОЗОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., Л.В. Осипова, д.б.н., А.Н. Новикова,
Е.А. Федорова, к.с.-х.н., И.А. Быковская,
ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»,
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31 а
e-mail: lab.organic2025@mail.ru; legos4yandex.ru

Приведены результаты исследований в полевом опыте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в Московской области по влиянию систем удобрения с использованием переработанных побочных продуктов животноводства при оптимизации их доз и сочетаний с минеральными удобрениями на формирование продуктивности зерновых культур. Установлена высокая эффективность удобрений, произведенных на основе побочных продуктов животноводства: навоза крупного рогатого скота, навоза свиного и птичьего помета, в действии на посеве яровой пшеницы сорта Эстер и в последействии на посеве ячменя сорта Яровит. Урожайность зерна при этом составляла, соответственно, 3,72-4,73т/га у пшеницы и 2,41-3,45 т/га у ячменя, что на 42,0-80,5 и 51,8-83,5% превышало контроль без удобрений. При совместном внесении органических и минеральных удобрений наибольший эффект достигался в варианте с пометом, в последействии – с навозом крупного рогатого скота, где было получено, соответственно, 4,8 и 2,74 т/га зерна, что на 83,2 и 45,7% выше контроля. При использовании биологизированных систем удобрения на основе побочных продуктов животноводства отмечена корреляционная связь продуктивности с длиной колоса (r=0,53), числом стеблей на растении (r=0,39) и колосков в колосе (r=0,33) у пшеницы, а также продуктивности с высотой растений (r=0,48) и числом зерен в колосе (r=0,60) у ячменя.

Ключевые слова: системы удобрения, побочные продукты животноводства, пролонгированное действие, эффективность, яровая пшеница, яровой ячмень, формирование урожайности, качество зерна.

Для цитирования: *Мерзлая Г.Е., Осипова Л.В., Новикова А.Н., Федорова Е.А., Быковская И.А.* Формирование агроценозов зерновых культур при использовании биологизированных систем удобрения на основе побочных продуктов животноводства// Плодородие. – 2026. – №3. – С. 91-96. DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.16.

Решение задачи продовольственной безопасности страны во многом зависит от роста производства высококачественного зерна. Немаловажная роль при этом принадлежит сбалансированному и экологически безопасному применению удобрений под зерновые культуры, благодаря чему создаются оптимальные условия минерального питания растений. Согласно трудам основоположника агрохимической науки академика Д.Н. Прянишникова и других ученых [1-3], наиболее эффективным агроприемом является совместное применение органических и минеральных удобрений. При этом улучшаются физические свойства почв, поглотительная способность, буферность и одновременно создается лучший фон для минеральных удобрений, достигается эффект пролонгированного воздействия на агроценозы. Однако до настоящего времени эти вопросы недостаточно разработаны и требуют уточнения, включая исследование эффективности действия и последействия доз и сочетаний минеральных и органических удобрений при возделывании интенсивных сортов зерновых культур [4-6].

Цель исследования – установить в полевом опыте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при возделывании яровой пшеницы и ячменя, с учетом их сортовых особенностей, эффективные и экологически безопасные биологизированные системы удобрения при оптимизации доз навоза крупного рогатого скота, свиного и птичьего помета и их сочетаний с минеральными удобрениями.

Научная новизна исследований заключается в применении органических удобрений на основе побочных продуктов животноводства, оптимизации их доз и сочетаний с минеральными удобрениями при возделывании современных сортов яровых зерновых культур.

Методика. Полевой опыт проведен в 2024-2025 г. на агрополигоне ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (п. Барыбино Московской обл.) на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при возделывании яровой пшеницы сорта Эстер и ярового ячменя сорта Яровит в звене севооборота. В опыте предусмотрено исследование действия и последействия систем органических и минеральных удобрений разной интенсивности.

Схема опыта: 1 – контроль (без удобрений); 2- навоз КРС, N_{100}; 3 – навоз КРС, N_{200}; 4 – навоз КРС, N_{300}; 5 – навоз свиной, N_{100}; 6 – навоз свиной, N_{200}; 7 – навоз свиной, N_{300}; 8 – помет, N_{100}; 9 – помет, N_{200}; 10 – помет, N_{300}; 11 – $N_{100}P_{60}K_{60}$; 12 – $N_{200}P_{60}K_{60}$; 13 – $N_{300}P_{60}K_{60}$; 14 – навоз КРС, N_{100}+$N_{100}P_{60}K_{60}$; 15 – навоз свиной, N_{100}+$N_{100}P_{60}K_{60}$; 16 – помет, N_{100}+$N_{100}P_{60}K_{60}$.

Изучали эффективность трех видов органических удобрений – навоза КРС и свиного и куриного помета в возрастающих дозах по содержанию азота 100, 200, 300 кг/га и минеральных удобрений NPK также при возрастании доз азота. Наряду с этим, испытывали варианты органоминеральных систем с тремя видами органических удобрений на основе побочных продуктов животноводства в дозе по N_{100} на фоне минеральных удобрений $N_{100}P_{60}K_{60}$.

Размер опытной делянки 10 м^2 (2,5 м х 4 м). Расположение вариантов последовательное со смещением. Повторность вариантов трехкратная.

Исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками, разработанными во ВНИИ агрохимии и другими НИУ [7, 8].

Почва перед закладкой опыта в пахотном и подпахотном слоях имела, соответственно, pH_{KCl} 4,5 и 4,36, Нг 2,4 и

5,5 ммоль/100 г, содержание органического вещества 1,6 и 0,6%, подвижного фосфора (P_2O_5) 81,0 и 63,7 мг/кг, калия (K_2O) 178 и 118, N-NO_3 3,1 и 2,8, N-NH_4 7,6 и 8,3 мг/кг.

Химический состав используемых органических удобрений: навоза крупного рогатого скота, навоза свиного и птичьего помета – в основном соответствовал нормативным значениям (табл.1).

1. Химический состав органических удобрений на основе побочных продуктов животноводства

Показатель	Навоз крупного рогатого скота	Навоз свиной	Птичий помет	ГОСТ 33830-2016
pH_{KCl}	7,3	6,3	8,6	6,0-8,5
Влажность, %	35,6	59,7	64,9	
Органическое вещество, %	21	55	78	50
Азот общий, % на сухое вещество	0,5	2,0	1,8	
Нитраты (NO_3), мг/кг	142	66	88	
Азот аммонийный (N-NH_4), %	0,01	0,09	0,21	
P_2O_5, % на сухое вещество	0,6	3,5	2,3	
K_2O, % на сухое вещество	1,2	0,5	2,8	
Валовое содержание, мг/кг сухого вещества:				
Pb	7,9	8,1	<5,0	Не более 130
Cd	<0,5	<0,5	<0,5	Не более 2,0
Hg	0,02	0,01	<0,005	Не более 2,1
As	5,1	1,7	7,3	Не более 10,0
Cu	20,8	175	703	-
Zn	59	501	158	-

Все виды органических удобрений внесены весной 2024 г. с заделкой в почву под культивацию.

В годы исследований в отдельные периоды вегетации складывались неблагоприятные условия для развития зерновых культур. В мае и июне 2024 г. отмечалось резкое снижение температуры воздуха, вплоть до образования изморози на органах вегетирующих растений. В июле и августе долго держалась жаркая погода, вызывая засуху, что не могло не сказаться отрицательно на формировании урожая зерновых культур. В 2025 г. очень холодным был май, а в третьей декаде июня наблюдалась засуха. В то же время гидротермический коэффициент за вегетационный период 2025 г. составлял 1,8, что в 1,3 раза превышало среднемноголетний показатель. В целом, несмотря на отдельные неблагоприятные метеоусловия, в опыте при внесении удобрений получены достоверные прибавки урожая зерна.

Предшественником первой культуры звена – яровой пшеницы – была горчица белая.

Результаты и их обсуждение. В полевом опыте первой культурой звена севооборота была яровая пшеница сорта Эстер, разновидность лютесценс. Сорт включен в Госреестр в том числе по Средневолжскому (7) региону. Возделывание яровой пшеницы Эстер позволило выявить ее высокий биологический потенциал при оптимизации минерального питания растений даже в экстремальных погодных условиях, сложившихся в отдельные периоды вегетации 2024 г.

Биологические особенности сорта Эстер. Куст относится к промежуточному типу. Высота растений от 80 до 125 см. Соломина имеет сильный восковой налет на верхнем междоузлии. Флаговый лист с сильным восковым налетом на листовой пластинке и влагалище. Колос пирамидальный, средней плотности, белый. Зерно удлиненное, окрашенное.

Сорт относится к среднеспелому, вегетационный период 84-96 дней. В 2024 г. вегетация сорта яровой пшеницы Эстер в условиях опыта продолжалась в течение 70-75 дней.

По данным оригинатора, сорт засухоустойчив, легко переносит жесткий климатический стресс, устойчив к полеганию. Имеет хорошие хлебопекарные качества, характеризуется повышенным содержанием клейковины.

Создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции F4 от скрещивания сорта Эта с линией 52/4, в которую входят сорта Нададорес 63, Минская, Зорба (озимая) и образец Но 15080.

В рассматриваемом полевом опыте использован посевной материал из ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка».

В исследованиях установлен высокий эффект всех видов органических удобрений при оптимизации доз, а также их сочетаний с минеральными удобрениями, за исключением вариантов со свиным навозом и птичьим пометом в низкой дозе – 100 кг/га N, где получены несущественные прибавки урожая зерна по отношению к контролю без удобрений (рис. 1).

Повышение урожайности зерновой культуры наблюдалось с ростом доз навоза крупного рогатого скота (вар. 2-4) и птичьего помета (вар. 8, 9). При использовании свиного навоза урожайность зерна повышалась только до дозы N_{200}. При внесении минеральных удобрений с ростом дозы азота со 100 до 200 и 300 кг/га эффект не получен.

При анализе доз внесения органических удобрений важно учитывать их агроэкологическую эффективность. По методическим рекомендациям [9], экологически безопасная годовая доза органических удобрений не должна превышать 200 кг/га азота. В этом отношении целесообразна сравнительная оценка продуктивности зерновой культуры при внесении разных видов органических удобрений. В соответствии с результатами проводимого полевого опыта все исследуемые виды органических удобрений в дозе 200 кг/га азота обеспечивали достоверный рост урожайности зерна, составивший по отношению к контролю в варианте птичьего помета 61,4%, навоза крупного рогатого скота 57,2 и навоза свиного 47,7%.

Высокая эффективность, исходя из урожайных данных и агроэкологических показателей, достигнута в вариантах органоминеральных систем удобрения с внесением общей дозы азота 200 кг/га, где сбор зерна с 1 га составил 4,3-4,8 т, или на 63,3-83,2% был выше контроля, а окупаемость 1 кг азота удобрений достигала 10-11 кг з. е. Таким образом, из трех исследуемых видов органических удобрений более высокие прибавки урожая зерна обеспечивали навоз крупного рогатого скота и

птичий помет. Свиной навоз уступал этим видам удобрений, но лишь на уровне тенденции.

В варианте минеральных удобрений в дозах $N_{200}P_{60}K_{60}$ урожайность яровой пшеницы составляла 4,05 т/га, т.е. превышала контроль без удобрений, но не отличалась существенно от вариантов с использованием побочных продуктов животноводства в аналогичных по содержанию азота дозах (200 кг/га).

В итоге наибольшие прибавки урожая зерна яровой пшеницы сорта Эстер 80-83% к контролю достигнуты при одностороннем внесении навоза крупного рогатого скота и птичьего помета в максимальной дозе (N_{300}), а также в органоминеральном варианте с птичьим пометом.

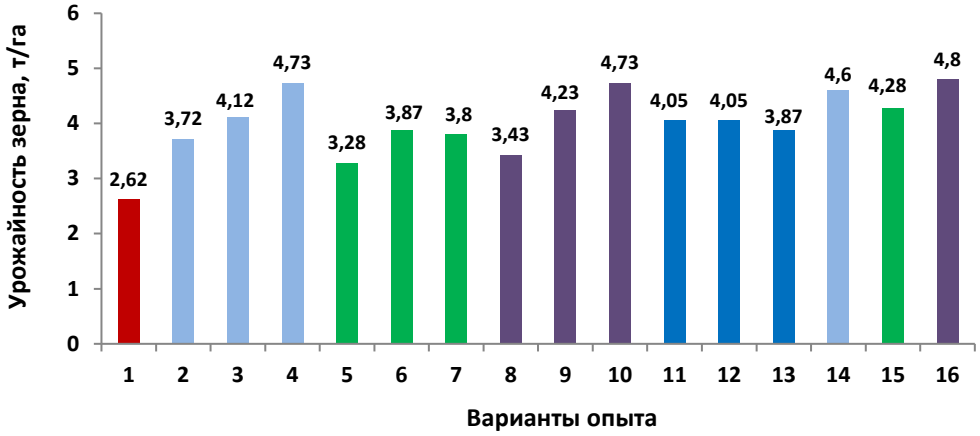

Рис. 1. Влияние возрастающих доз органических и минеральных удобрений и их сочетаний на урожайность зерна яровой пшеницы Эстер ($НСР_{05}$=1,0 т/га)

Исследование биометрических показателей роста и развития растений яровой пшеницы показало, что применение удобрений, особенно в повышенных и высоких дозах, позволяло увеличить высоту растений, длину колоса и число колосков в колосе (табл. 2). В частности, в вариантах высокой дозы навоза крупного рогатого скота и птичьего помета (N_{300}) при урожайности зерна более 4,7 т/га высота растений составляла 90-101 см, на одном растении формировалось 3-4 продуктивных стебля, в колосе длиной 10-11 см насчитывалось 18-19 колосков.

2. Биометрические показатели роста и развития яровой пшеницы в зависимости от удобрений

№ варианта	Вариант опыта	Высота растений, см	Число стеблей на 1 растении		Длина колоса, см	Число колосков в колосе
			всего	продуктивных		
1	Контроль (б/у)	87,1	3	3	9,2	17,8
2	Навоз КРС, N_{100}	83,3	3	2	9,5	18,3
3	Навоз КРС, N_{200}	90,4	3	3	10,0	18,3
4	Навоз КРС, N_{300}	89,5	3	3	10,0	18,0
5	Навоз свиной, N_{100}	75,5	3	3	8,5	16,6
6	Навоз свиной, N_{200}	83,3	3	3	8,7	17,3
7	Навоз свиной, N_{300}	92,3	2	2	10,4	19,2
8	Птичий помет, N_{100}	88,6	3	3	10,4	18,4
9	Птичий помет, N_{200}	84,6	3	3	13,8	18,4
10	Птичий помет, N_{300}	100,7	4	3	11,5	19,5
11	$N_{100}P_{60}K_{60}$	83,1	3	2	11,4	18,3
12	$N_{200}P_{60}K_{60}$	88,8	3	3	10,3	18,3
13	$N_{300}P_{60}K_{60}$	82,1	3	2	10,8	18,7
14	Навоз КРС, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	85,4	4	3	13,3	18,7
15	Навоз свиной, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	79,7	3	3	10,6	18,3
16	Птичий помет, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	80,5	3	2	10,7	17,5
Коэффициент корреляции (r)		0,23	0,39	-0,04	0,53	0,33

3. Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от удобрений разной интенсивности

Варианты опыта	Белок, %	Клейковина, %	ИДК, ед.	Масса 1000 зерен, г	Натура зер-на, г/л
Контроль (б/у)	11,2	19	91	29,9	770
Навоз крупного рогатого скота, N_{100}	10,7	19	88	29,1	780
Навоз крупного рогатого скота, N_{200}	10,3	19	88	30,5	770
Навоз крупного рогатого скота, N_{300}	10,5	19	87	31,8	740
Навоз свиной, N_{100}	10,3	18	82	30,0	760
Навоз свиной, N_{200}	9,8	16	82	32,1	730
Навоз свиной, N_{300}	9,9	17	83	30,6	750
Птичий помет, N_{100}	11,7	20	87	28,8	740
Птичий помет, N_{200}	13,4	25	84	26,8	750
Птичий помет. N_{300}	15,4	29	89	25,8	710
Минеральные удобрения, $N_{100}P_{60}K_{60}$	15,4	29	86	29,0	730
Минеральные удобрения, $N_{200}P_{60}K_{60}$	15,4	30	90	27,9	740
Минеральные удобрения, $N_{300}P_{60}K_{60}$	16,5	30	85	27,8	740
Навоз КРС, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	13,7	25	87	29,0	740
Навоз свиной, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	14,8	28	87	26,1	750
Птичий помет, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	15,4	28	86	29,0	720

Применение органических удобрений под яровую пшеницу позволило получить зерно хорошего качества (табл. 3). Исходя из массы 1000 семян ценное зерно формировалось в вариантах свиного навоза и навоза крупного рогатого скота, где этот показатель составлял, соответственно, 30-32,1 и 29,1-31,8 г. В то же время более низкая масса 1000 зерен была у пшеницы при внесении птичьего помета и минеральных удобрений. Лучшее содержание белка и клейковины в зерне в сравнении с контролем, особенно при повышении доз, получено от применения птичьего помета и минеральных удобрений, а высокие значения натуры зерна отмечены в варианте навоза крупного рогатого скота и на контроле. При этом, исходя из натуры, зерно соответствовало 1-му классу (ГОСТ 9353-2016).

В вариантах с удобрениями у яровой пшеницы формировалось экологически безопасное зерно, в котором не выявлено по сравнению с контролем накопление тяжелых металлов и мышьяка (табл. 4). В зерне не отмечено также существенного превышения нормативных значений по этим показателям (СанПиН 2.3.2.1078-01).

4. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в зерне яровой пшеницы, мг/кг

Вариант опыта	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	As
Контроль (б/у)	<0,5	0,17	<0,025	6,5	24	<0,1
Навоз крупного рогатого скота, N_{100}	<0,5	0,17	<0,025	6,8	25	<0,1
Навоз крупного рогатого скота, N_{200}	<0,5	0,15	<0,025	6,8	28	<0,1
Навоз крупного рогатого скота, N_{300}	<0,5	0,18	<0,025	6,1	27	<0,1
Навоз свиной, N_{100}	<0,5	0,17	<0,025	7,1	26	<0,1
Навоз свиной, N_{200}	<0,5	0,15	<0,025	6,8	29	<0,1
Навоз свиной, N_{300}	<0,5	0,18	<0,025	7,2	26	<0,1
Птичий помет, N_{100}	<0,5		<0,025	6,2	29	<0,1
Птичий помет, N_{200}	<0,5	0,17	<0,025	6,4	30	<0,1
Птичий помет. N_{300}	<0,5	0,21	<0,025	7,1	28	<0,1
Минеральные удобрения, $N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	0,24	<0,025	7,1	28	<0,1
Минеральные удобрения, $N_{200}P_{60}K_{60}$	<0,5	0,16	<0,025	7,0	30	<0,1
Минеральные удобрения, $N_{300}P_{60}K_{60}$	<0,5	0,16	<0,025	7,2	29	<0,1
Навоз КРС, $N_{100}+N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	0,21	<0,025	7,4	28	<0,1
Навоз свиной, $N_{100}+N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	0,16	<0,025	6,7	31	<0,1
Птичий помет, $N_{100}+N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	0,18	<0,025	6,4	30	<0,1
Допустимые уровни, мг/кг, не более (СанПиН 2.3.2.1078-01)	0,5	0,10	0,030			0,2

Как было указано ранее, второй культурой звена севооборота в полевом опыте был яровой ячмень сорта Яровит, оригинатором которого является ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Сорт включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону РФ. Районирован с 2024 г. Потенциальная урожайность более 6,0 т/га. Кустистость и плотность агроценоза высокие. Растение среднерослое. Сорт среднеспелый. Устойчив к полеганию. Засухоустойчив. В полевых испытаниях показал устойчивость к пыльной головне. Слабо восприимчив к бурой ржавчине, средневосприимчив к гельминтоспориозу.

В условиях проведенного в 2025 г. полевого эксперимента наиболее высокая урожайность ярового ячменя сорта Яровит, составившая 3-3,4 т/га, была достигнута при последействии птичьего помета в дозах, внесенных по содержанию азота 100-300 кг/га, а также минеральных удобрений $N_{300}P_{60}K_{60}$.

Посев ячменя проведен 7 мая, уборка урожая – 20 августа 2025 г. Начало всходов относится к 22 мая, молочно-восковая спелость зерна – к 15 августа. Вегетационный период ярового ячменя Яровит продолжался 88 дней.

В 2025 г. в отдельные периоды вегетации сложились малоблагоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур, включая зерновые. Тем не менее в полевом опыте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве на посеве ячменя сорта Яровит при оптимизации условий минерального питания за счет удобрений были получены, как правило, достоверные прибавки урожая зерна (рис. 2).

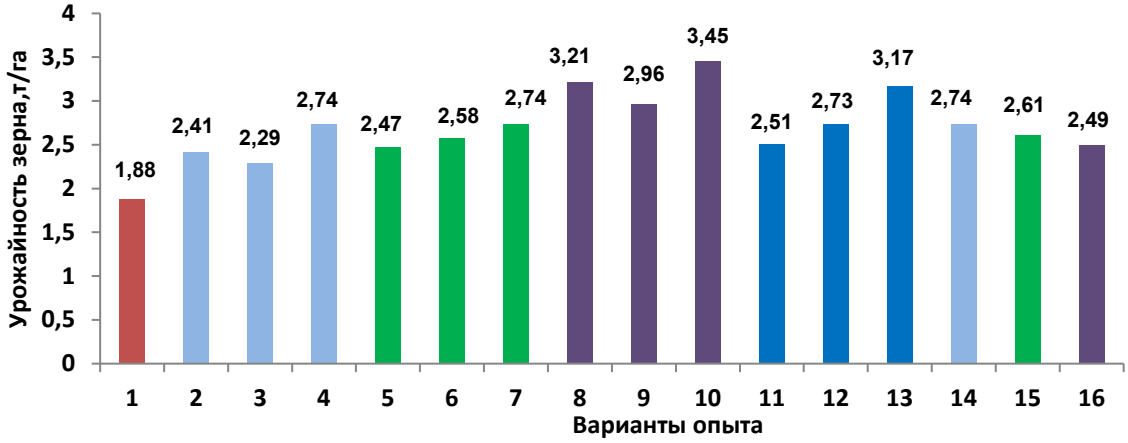

Рис.2. Влияние возрастающих доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на урожайность зерна ярового ячменя Яровит ($НСР_{05}$=0,62 т/га)

На контроле без внесения удобрений урожайность ячменя составила 1,88 т/га, а при использовании различных систем удобрения в последействии она колебалась от 2,29 до 3,45 т/га с прибавками к контролю от 21,8 до 83,5%.

Из трех исследуемых видов органических удобрений более высокие прибавки урожая зерна обеспечивал в последействии птичий помет (от 57,4 до 83,5% в зависимости от дозы внесения).

Более высокие урожаи зерна ячменя отмечали, как правило, при последействии максимальных доз навоза, помета и минеральных удобрений при одностороннем внесении. Органоминеральные системы с использованием птичьего помета, навоза свиного и навоза КРС при общей дозе азота 200 кг/га в последействии обеспечивали урожайность зерна ячменя, соответственно, 2,49; 2,61 и 2,74 т/га, т.е. во всех случаях достоверно отличающуюся от контроля, но не зависящую от вида органического удобрения.

В условиях проводимого полевого эксперимента максимальные урожаи зерна ячменя на уровне 3,2 т/га, или на 70% выше контроля, получены в вариантах птичьего помета в низкой дозе (N_{100}), а также минеральных удобрений, внесенных в дозах $N_{300}P_{60}K_{60}$.

Следует отметить определенную зависимость структуры урожая зерна от условий питания растений при последействии удобрений (табл. 5). Так, при отсутствии влияния удобрений в последействии на кустистость и число колосков в колосе в удобренных вариантах у ячменя в то же время наблюдалось повышение высоты растений и числа зерен в колосе, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции данных показателей с урожайностью – 0,48 и 0,60. Наибольшее увеличение озерненности ячменя при определении структуры урожая отмечалось от последействия птичьего помета, повысившего количество зерен в колосе на 26,6-31,6%.

5. Биометрические показатели роста и развития яровой пшеницы в зависимости от последействия удобрений

№ варианта	Вариант опыта	Высота растений, см	Число стеблей на 1 растении		Число колосков в колосе	Число зерен в колосе
			всего	продуктивных		
1	Контроль (б/у)	62,6	1,7	1,7	18,7	13,6
2	Навоз КРС, N_{100}	56,5	1,4	1,4	14,7	13,2
3	Навоз КРС, N_{200}	63,1	1,4	1,4	17,4	15,4
4	Навоз КРС, N_{300}	62,6	1,6	1,5	18,6	15,8
5	Навоз свиной, N_{100}	59,1	1,6	1,5	18,1	15,2
6	Навоз свиной, N_{200}	62,0	1,1	1,1	18,1	15,7
7	Навоз свиной, N_{300}	60,9	1,3	1,3	17,4	15,4
8	Птичий помет, N_{100}	68,3	1,4	1,3	19,9	17,9
9	Птичий помет, N_{200}	67,3	1,8	1,7	18,5	16,4
10	Птичий помет, N_{300}	65,4	1,3	1,3	18,1	16,4
11	$N_{100}P_{60}K_{60}$	62,7	1,3	1,2	18,4	15,3
12	$N_{200}P_{60}K_{60}$	64,5	1,3	1,3	18,2	16,4
13	$N_{300}P_{60}K_{60}$	62,6	2,0	1,9	18,1	14,5
14	Навоз КРС, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	60,5	1,1	1,1	18,7	15,0
15	Навоз свиной, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	54,5	1,2	1,1	16,9	13,9
16	Птичий помет, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	61,6	1,6	1,6	17,0	14,1
Коэффициент корреляции (r)		0,48	-0,06	0,10	0,20	0,60

Качество зерна ячменя мало изменялось в зависимости от последействия как минеральных, так и органических удобрений (табл. 6). При этом содержание азота в зерне составляло на контроле 1,7%, в вариантах удобрений 1,7-2,2%, фосфора, соответственно, 0,30 и 0,27-0,32%, калия 0,53 и 0,52-0,73%. Содержание белка в зерне было минимальным на контроле и более высоким в вариантах повышенных доз органических удобрений. В изменении массы 1000 зерен четкой закономерности по вариантам опыта не отмечено.

6. Качество зерна ячменя сорта Яровит в зависимости от последействия удобрений разной интенсивности

Вариант опыта	Азот	Фосфор	Калий	Белок	Масса 1000 зерен, г
	%				
Контроль (б/у)	1,7	0,30	0,53	9,7	42,0
Навоз крупного рогатого скота, N_{100}	1,7	0,28	0,63	10,3	37,2
Навоз крупного рогатого скота, N_{200}	1,8	0,27	0,67	10,8	38,9
Навоз крупного рогатого скота, N_{300}	1,9	0,30	0,64	10,3	39,1
Навоз свиной, N_{100}	1,8	0,31	0,69	10,3	42,3
Навоз свиной, N_{200}	1,9	0,32	0,72	10,3	45,2
Навоз свиной, N_{300}	2,0	0,30	0,73	10,8	35,5
Птичий помет, N_{100}	1,9	0,28	0,54	10,8	41,7
Птичий помет, N_{200}	2,0	0,27	0,65	10,8	39,8
Птичий помет. N_{300}	2,0	0,30	0,55	10,8	40,4
Минеральные удобрения, $N_{100}P_{60}K_{60}$	1,9	0,28	0,69	10,8	39,9
Минеральные удобрения, $N_{200}P_{60}K_{60}$	1,9	0,30	0,52	10,3	40,0
Минеральные удобрения, $N_{300}P_{60}K_{60}$	2,2	0,30	0,67	10,4	39,0
Навоз КРС, $N_{100}+N_{100}P_{60}K_{60}$	1,6	0,27	0,66	10,3	38,5
Навоз свиной, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	1,9	0,27	0,69	10,8	37,4
Птичий помет, $N_{100} + N_{100}P_{60}K_{60}$	1,9	0,30	0,62	10,8	38,4

При последействии всех исследуемых удобрений на посеве ярового ячменя получена экологически безопасная зерновая продукция (табл. 7).

Зерно по содержанию тяжелых металлов и мышьяка как на контроле, так и в вариантах с удобрениями соответствовало отечественным санитарно-гигиеническим нормам по СанПиН 2.3.2.1078-01.

7. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в зерне ячменя сорта Яровит, мг/кг сухого вещества

Вариант опыта	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	As
Контроль (б/у)	<0,5	<0,03	<0,025	6,8	18	<0,1
Навоз крупного рогатого скота, N_{100}	<0,5	<0,03	<0,025	6,2	22	<0,1
Навоз крупного рогатого скота, N_{200}	<0,5	<0,03	<0,025	6,9	23	<0,1
Навоз крупного рогатого скота, N_{300}	<0,5	<0,03	<0,025	7,6	23	<0,1
Навоз свиной, N_{100}	<0,5	<0,03	<0,025	8,0	22	<0,1
Навоз свиной, N_{200}	<0,5	<0,03	<0,025	7,9	21	<0,1
Навоз свиной, N_{300}	<0,5	<0,03	<0,025	6,5	26	<0,1
Птичий помет, N_{100}	<0,5	<0,03	<0,025	6,0	26	<0,1
Птичий помет, N_{200}	<0,5	<0,03	<0,025	6,1	17	<0,1
Птичий помет. N_{300}	<0,5	<0,03	<0,025	7,6	24	<0,1
Минеральные удобрения, $N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	<0,03	<0,025	6,7	27	<0,1
Минеральные удобрения, $N_{200}P_{60}K_{60}$	<0,5	<0,03	<0,025	7,6	18	<0,1
Минеральные удобрения, $N_{300}P_{60}K_{60}$	<0,5	<0,03	<0,025	7,1	21	<0,1
Навоз КРС, N_{100} + $N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	<0,03	<0,025	8,2	18	<0,1
Навоз свиной, N_{100} + $N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	<0,03	<0,025	6,8	24	<0,1
Птичий помет, N_{100} + $N_{100}P_{60}K_{60}$	<0,5	<0,03	<0,025	8,5	18	<0,1
Допустимые уровни, мг/кг, не более (СанПиН 2.3.2.1078-01)	0,5	0,10	0,030			0,2

Заключение. На основании исследований в полевом опыте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в Московской области установлена высокая эффективность удобрений, произведенных на основе побочных продуктов животноводства: навоза крупного рогатого скота, навоза свиного и птичьего помета, в действии на посеве яровой пшеницы сорта Эстер и в последействии на посеве ячменя сорта Яровит. Урожайность зерна при этом составляла, соответственно, 3,72-4,73 т/га у пшеницы и 2,41-3,45 т/га у ячменя, что на 42,0-80,5 и 51,8-83,5% превышало контроль без удобрений. При совместном внесении органических и минеральных удобрений наибольший эффект их действия достигался в варианте с пометом, в последействии – с навозом крупного рогатого скота, где было получено, соответственно, 4,8 и 2,74 т/га зерна, или на 83,2 и 45,7% выше контроля. При использовании в биологизированных системах удобрения побочных продуктов животноводства отмечена корреляционная связь между продуктивностью яровой пшеницы сорта Эстер и длиной колоса (r=0,53), а также числом стеблей на растении (r=0,39) и числом колосков в колосе (r=0,33). В формировании урожая ячменя Яровит улучшение условий питания растений в вариантах с удобрениями способствовало повышению высоты растений и количества зерен в колосе при r, равном, соответственно, 0,48 и 0,60. Наибольшая озерненность ячменя отмечена в вариантах последействия птичьего помета, где количество зерен в колосе по отношению к контролю повышалось на 26,6-31,6%.

Выявлено положительное влияние пролонгированного действия органических удобрений при оптимизации их доз и сочетаний с минеральными удобрениями на качество зерна яровых культур по таким показателям как содержание белка, фосфора, калия, меди, цинка, а также на их агроэкологическое состояние – содержание в зерне тяжелых металлов и мышьяка.

Установлена эффективная, экологически безопасная доза внесения органических удобрений на основе побочных продуктов животноводства, соответствующая 200 кг/га азота, применение которой обеспечивает сбор высокоценного зерна с 1 га у яровой пшеницы (в действии удобрений) 4,3-4,8 т, у ярового ячменя (в последействии) 2,49-2,74 т, что, соответственно, на 63,3-83,2 и 32,4-45,7% выше контрольных значений.

Литература

1. *Прянишников Д.Н.* Избранные сочинения. Т. 1. – М.: Колос, 1965. – 767 с.
2. *Биоконверсия* побочных продуктов животноводства и отходов АПК. – Иваново-Владимир: ПресСто, 2023. – 333 с.
3. *Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др.* /Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА, 2017. – 854 с.
4. *Сычев В.Г.* Эволюция проблем и решений в агрохимии. – М.: ВНИИА, 2024. – 452 с. DOI 10/25680/VNIIA.2019/70/ 20/094
5. *Державин Л.М., Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е.* Роль агрохимической службы в модернизации сельскохозяйственного производства и обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации. – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – 116 с.
6. *Державин Л.М., Мерзлая Г.Е., Козлова А.В.* Интегрированное применение средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях производства зерна. – М.: ВНИИА, 2016. – 456 с.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
8. *Методические* и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе Географической сети опытов) / Под ред. Н.З. Милащенко, Ш.И. Литвака. – М.: ВИУА, 1991. – 354 с.
9. *Методические* рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. РД-АПК 1.10.15.02-17. – М.: Система рекомендательных документов АПК МСХ РФ, 2024. – 164 с.

FORMATION OF AGROCENOSES OF GRAIN CROPS USING BIOLOGIZED FERTILIZER SYSTEMS BASED ON BY-PRODUCTS OF ANIMAL HUSBANDRY

G.E. Merzlaya, Doctor of Agricultural Sciences, L.V. Osipova, Doctor of Biological Sciences, A.N. Novikova, E.A. Fedorova, Candidate of Agricultural Sciences, I.A. Bykovskaya D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, Moscow, str. Pryanishnikova, 31, 127434, Russia,, e-mail: lab.organic2025@mail.ru ; legos4yandex.ru

The results of field research on sod-podzolic heavy loamy soil in the Moscow region on the effect of fertilizer systems using processed by-products of animal husbandry while optimizing their doses and combinations with mineral fertilizers on the formation of productivity of grain crops are presented. The high efficiency of fertilizers produced on the basis of by-products of animal husbandry has been established: cattle manure, pig manure and bird manure, in action on the sowing of spring wheat Ester and in the aftereffect on the sowing of barley Yarovit. Grain yields were 3.72-4.73 t/ha for wheat and 2.41-3.45 t/ha for barley, respectively, which was 42.0-80.5% and 51.8-83.5% higher than the control without fertilizers. With the combined application of organic and mineral fertilizers, the greatest effect was achieved in the variant with manure, and in the aftereffect with cattle manure, where 4.8 and 2.74 tons/ha of grain were obtained, respectively, or 83.2 and 45.7% higher than the control. When using biologized fertilizer systems based on animal by-products, a correlation was noted between productivity with the length of the ear (r=0.53), the number of stems per plant (r=0.39) and the number of spikelets per ear (r=0.33) in wheat, as well as productivity with plant height (r=0.48) and the number of grains per grain. the ear (r=0.60) of barley. Keywords: fertilizer systems using by-products of animal husbandry, prolonged action, efficiency, spring wheat, spring barley, yield formation, grain quality.