

УДК 631.81:631.582

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ

© 2025 г. В. Н. Баринов¹, А. А. Корчагин^{1,2,*}, И. В. Русакова¹

¹Филиал аграрного научного центра «Верхневолжский ФАНЦ» – Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений

601390 Владимирская обл., пос. Вяткино, ул. Прянишникова, 2, Россия

²Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

600000 Владимир, ул. Горького, 87, Россия

*E-mail: alehaxeycorchagin@mail.ru

В исследовании на дерново-подзолистой супесчаной почве опытного поля ВНИИОУ установлена возможность широкого использования в севооборотах биологизированной системы удобрения через расширение посевов многолетних и однолетних трав, посевов бобовых культур, сидератов, с использованием на удобрения соломы зерновых и зернобобовых культур, которая не уступала по влиянию на плодородие почвы и продуктивность культур традиционной системе удобрения, но экономически была менее затратна. На 1 кг NPK при органоминеральной системе удобрения получено продукции 10.5 кг з.е./га, при биологизированной – 13.5 кг е.д./га, на 1 руб. затрат на удобрения соответственно – 1.56 и 1.65 руб. дохода. В результате получены новые знания о комплексной оценке различных систем удобрения во взаимосвязи почва–удобрения–растения–качество продукции–экономическая эффективность в Нечерноземной зоне.

Ключевые слова: системы удобрения, плодородие почвы, продуктивность севооборота, качество продукции, экономическая эффективность.

DOI: 10.31857/S0002188125030043, EDN: UQRZHG

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с нехваткой органических и минеральных удобрений большой интерес для производства представляет более дешевая, легко доступная биологизированная система удобрения, включающая оптимизацию физико-химических свойств почвы, насыщение севооборотов высокопродуктивными средоулучшающими культурами, широкое использование на удобрение соломы, пожнивных сидератов, биологического азота и необходимое количество минеральных удобрений для получения плановых урожаев целевой высококачественной продукции [1, 2].

Цель работы – сравнительная агрохимическая, экологическая, экономическая оценка эффективности органоминеральной и биологизированной систем удобрения.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительную оценку эффективности традиционной органоминеральной и биологизированной

систем удобрения в плодосменном севообороте проводили в течение 2001–2015 гг. на опытном поле ВНИИОУ на дерново-подзолистой супесчаной почве, характеризующейся слабой гумусированностью, среднекислой реакцией почвенной среды, средней обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием.

Полевой севооборот включал: люпин однолетний–ячмень с подсевом многолетних трав (клевер + тимофеевка)–многолетние травы 1-го года пользования–многолетние травы 2-го года пользования–озимая пшеница–картофель–яровое тритикале.

В органоминеральной системе удобрения подстильный навоз в дозе 60 т/га вносили под картофель. В биологизированной системе в качестве органических удобрений использовали солому зерновых, зернобобовых трав, сидерат многолетних трав 2-го года пользования (2-й укос). В органоминеральной системе и в контрольном варианте солому отчуждали.

В обеих системах удобрения недостаток элементов питания для получения планового урожая возделываемых культур (люпина на зерно – 20, ячменя – 25, озимой пшеницы и тритикале – 30, картофеля – 250,

сена многолетних трав – 40 ц /га) компенсировали за счет внесения минеральных удобрений.

В среднем за 2 ротации севооборота с органическими и минеральными удобрениями на 1 га пашни было внесено NPK за год: при органоминеральной системе – 155, биологизированной – 111 кг/га, из них NPK с минеральными удобрениями – 70 и 42 кг/га соответственно.

Оценочными критериями в опыте были плодородие почвы, экологическое состояние посевов, продуктивность полевого севооборота, качество растениеводческой продукции и экономическая эффективность систем удобрения.

Научные исследования проводили в соответствии с методическими рекомендациями по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями и по ГОСТам, с использованием приборов (пламенного фотометра, ионометра, спектрофотометра и др.) [3, 4].

Биологические свойства почвы оценивали по численности физиологических групп микроорганизмов и целлюлозолитической активности почвы [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ агрохимических свойств почвы за 2 ротации севооборота свидетельствовал о росте гумусированности при органоминеральной системе на 0.22, при биологизированной – на 0.20%. При применении органоминеральной системы увеличилось содержание подвижного фосфора на 54, обменного калия на 53 мг/кг, при биологизированной – на 23 и 33 мг/кг соответственно. Необходимо отметить, что к концу 2-й ротации севооборота в большей мере при применении биологизированной системы удобрения выявлено подкисление почвы (табл. 1).

Внесение в достаточном количестве органического вещества с удобрениями, особенно свежего органического вещества, способствовало увеличению биологической активности почвы под всеми культурами севооборота. Максимальную целлюлозолитическую активность почвы наблюдали в посевах тритикале и картофеля при биологизированной системе удобрения. В конце ротации севооборота содержание в почве микроорганизмов, использующих органические формы азота, под влиянием органоминеральной системы удобрения увеличилось на 43, биологизированной – на 75%, содержание микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, увеличилось на 23 и 31%. При обеих системах удобрения отмечено существенное увеличение численности актиномицетов (табл. 2).

Оказывая положительное влияние на агрохимические и биологические свойства почвы, изученные системы удобрения обусловили запланированную урожайность культур севооборота (табл. 3).

Под влиянием органоминеральной и биологизированной систем удобрения по сравнению с контрольным вариантом урожайность зерна ячменя возросла на 182 и 162%, сена многолетних трав 1-го года пользования – на 120 и 118%, многолетних трав 2-го года пользования – на 21 и 24%, клубней картофеля – на 90 и 64%, зерна тритикале – на 82 и 95% соответственно. В целом продуктивность севооборота без учета побочной продукции при органоминеральной системе возросла на 67, биологизированной – на 62%.

Прирост урожайности зерновых культур при применении органоминеральной и биологизированной систем удобрения произошел в основном за счет увеличения продуктивной кустистости на 56–39, длины колоса на 25–16, числа зерен в колосе на 2–10, массы зерна в колосе на 32–51% соответственно (табл. 4).

Таблица 1. Динамика агрохимических свойств почвы (А пах.)

Система удобрения	Перед закладкой опыта						После окончания опыта					
	Гумус, %	рН _{KCl}	H _r	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	рН _{KCl}	H _r	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1.09	5.44	1.94	4.04	113	122	1.10	5.55	1.16	4.27	87	100
Органоминеральная	1.01	5.02	2.34	3.03	108	89	1.23	5.48	2.47	4.18	162	143
Биологизированная	1.01	5.20	2.05	2.92	112	96	1.21	5.15	2.28	4.16	160	129

Таблица 2. Численность микроорганизмов почвы в конце 2-й ротации севооборота (под посевами тритикале), 10^3 КОЕ / г абсолютно сухой почвы

Система удобрения	Использующие органические формы азота на МПА	Использующие минеральные формы азота на КАА			Грибы на среде Чапека	Нитрофицирующие
		общие	в том числе			
			бактерии	актиномицеты		
Без удобрений	3670	5200	3130	2070	23.3	4.6
ОМСУ	5230	6730	3730	3000	75.1	9.3
БСУ	6430	6820	4270	2550	70.4	7.0

Примечание. ОМСУ – органоминеральная система удобрения, БСУ – биологизированная система удобрения. То же в табл. 3–6.

Таблица 3. Влияние систем удобрения на урожайность культур севооборота (среднее за 2 ротации), ц/га

Культура севооборота	Без удобрений	ОМСУ		БСУ	
	1	1	2	1	2
Люпин (зерно)	14.2	14.4	0.2	14.1	0.1
Ячмень + многолетние травы	11.5	32.7	21.2	30.1	18.6
Травы 1-го года пользования	120(34)	268(75)	148	263(74)	143
Травы 2-го года пользования	304(85)	368(103)	64	376(105)	72
Озимая пшеница	17.8	31.3	13.5	31.0	13.2
Картофель	137	260	123	224	87
Тритикале	17.5	31.8	14.3	34.2	16.7
Продуктивность севооборота, ц з.е. /га	168.7	282.8	273.4		
Среднегодовая продуктивность, ц з.е./га	24.1	40.4	16.3	39.1	15.0

Примечания. 1. В графе 1 – урожайность, 2 – прибавка урожайности. 2. В скобках – урожайность сена, перед скобками – зеленой массы.

Таблица 4. Структура урожая зерновых культур в севообороте

Система удобрения	Высота растений, см	Продуктивная кустистость	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Вес зерен 1-го колоса, г
Ячмень					
Без удобрений	48.2	1.32	4.25	12.1	0.47
ОМСУ	51.1	2.07	5.30	12.3	0.62
БСУ	52.3	1.84	4.93	13.3	0.71
Озимая пшеница					
Без удобрений	72.0	0.78	6.7	26.9	0.45
ОМСУ	98.4	0.91	8.5	28.0	0.71
БСУ	91.0	0.92	8.4	28.6	0.66
Тритикале					
Без удобрений	73.8	1.38	6.4	20.8	0.80
ОМСУ	95.6	0.93	10.1	34.4	1.19
БСУ	93.1	0.94	8.6	33.7	1.13

Существенное влияние изученные системы удобрения оказали на структуру и качество урожая картофеля. При равной густоте стояния растений возросло количество клубней на кусте, масса фракции крупных клубней, несколько увеличилась крахмалистость клубней, снижалось их поражение болезнями в процессе хранения. В то же время обе системы удобрения способствовали накоплению в клубнях нитратов, но не больше ПДК (табл. 5).

В среднем за 2 ротации севооборота биологизированная система удобрения характеризовалась более высокими показателями экономической эффективности по сравнению с органоминеральной системой удобрения (табл. 6).

При биологизированной системе удобрения по сравнению с органоминеральной на 37% были меньше затраты на удобрения, на 10% – общие затраты. Выручка от реализации продукции на 1 руб. затрат при внесении удобрений составила при органоминеральной системе удобрения 1.56 руб. и при биологизированной – 1.65 руб. Уровень рентабельности был больше на 5.9 и 15.1%, соответственно.

Окупаемость 1 кг NPK при использовании органоминеральной системы удобрения составила 10.5 кг з.е. основной продукции, биологизированной – 13.5 кг з.е.

ВЫВОДЫ

1. Анализ агрохимических свойств почвы за 2 ротации севооборота показал, что содержание гумуса при применении органоминеральной системы удобрения увеличилось на 0.22, биологизированной – на 0.20%. Содержание подвижного фосфора при органоминеральной системе возросло на 54, обменного калия – на 53 мг/кг, при биологизированной – на 23 и 33 мг/кг соответственно. При биологизированной системе удобрений отмечено подкисление почвы.

2. Содержание в почве микроорганизмов, использующих органические формы азота, под влиянием органоминеральной системы удобрения увеличилось на 43, биологизированной – на 75%, содержание микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, увеличилось на 23 и 31% соответственно.

3. Продуктивность севооборота при органоминеральной системе возросла на 67, биологизированной – на 62%.

4. Прирост урожайности зерновых культур при применении органоминеральной и биологизированной систем удобрения произошел за счет увеличения продуктивной кустистости на 56–39, длины колоса на 25–16, числа зерен в колосе на 2–10, массы зерна на колосе на 32–51% соответственно.

5. При биологизированной системе удобрения по сравнению с органоминеральной системой на 37% были меньше затраты на удобрения, на 10% – общие затраты. Выручка от реализации продукции на 1

Таблица 5. Влияние систем удобрения на структуру и качество урожая клубней картофеля

Система удобрения	Количество клубней на кусте, шт.	Масса клубней с 1-го куста, %			Содержание крахмала, %	Содержание в клубнях нитратов, мг/кг	Количество больших клубней, %
		крупных ≥120 г	средних 120–60 г	мелких ≤60 г			
Без удобрений	10	50	31	19	12.5	18.3	13.4
ОМСУ	16	59	24	17	13.7	31.9	8.9
БСУ	14	59	23	18	13.4	40.9	9.1

Таблица 6. Экономическая эффективность различных систем удобрения в севообороте (среднее за 2 ротации)

Система удобрения	Среднегодовая продуктивность за 2 ротации, ц з.е./га	Затраты, тыс. руб. на			Выручка от реализации, тыс. руб.	Условно чистый доход, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %	Окупаемость 1 кг NPK, кг з.е.
		удобрения	возделывание культур	итого				
Без удобрений	24.1	–	90	90.0	135	45.0	50.0	–
ОМСУ	40.4	33.0	112	145	226	81.0	55.9	10.5
БСУ	39.0	24.0	108	132	218	86.0	65.1	13.5

руб. затрат при органоминеральной системе удобрения составила 1.56 руб., при биологизированной – 1.65 руб., рентабельность была больше на 5.9 и 15.1% соответственно.

Окупаемость 1 кг NPK при использовании органоминеральной системы удобрения составила 10.5 кг з.е./га, биологизированной – 13.5 кг з.е./га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков М.Н., Тамонов А.М., Фролова Л.Д., Ермакова Л.И. Сидераты в земледелии Нечерноземной зоны // *Агрехим. вестн.* 2013. № 4. С. 20–26.
2. Новиков М.Н., Тужилин В.М., Тамонов А.М. Использование сидератов в земледелии Нечерноземной зоны. Владимир, 2000. 88 с.
3. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / Под ред. В.Д. Панникова. М.: ВИУА, 1983. 171 с.
4. Спирина В.З., Соловьева Т.П. Агрехимические методы исследования почв, растений и удобрений: учеб. пособ. Томск: Изд. дом ТомскГУ, 2014. 336 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 301 с.

Comparative Effectiveness of Different Fertilizer Systems in Field Crop Rotation

V. N. Barinov^a, A. A. Korchagin^{a,b,#}, I. V. Rusakova^a

^a*Branch of the Federal Agrarian Research Center “Verkhnevolzhsky FARC” – All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers,*

ul. Pryanishnikova 2, Vladimir region, pos. Vyatkino 601390, Russia

^b*A.G. and N.G. Stoletov Vladimir State University,*

ul. Gorkogo 87, Vladimir 600000, Russia

[#]*E-mail: alehaxeykorchagin@mail.ru*

In a study on the sod-podzolic sandy loamy soil of the All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers experimental field, the possibility of widespread use of a biologized fertilizer system in crop rotations through the expansion of crops of perennial and annual grasses, legume crops, siderates, using straw of cereals and legumes for fertilizers, which was comparable in its effect on soil fertility and crop productivity to the traditional fertilizer system, but it was economically less expensive. For 1 kg of NPK, with an organomineral fertilizer system, 10.5 kg of grain/ha was produced, with a biologized one – 13.5 kg of grain/ha, for 1 ruble of fertilizer costs, respectively, 1.56 and 1.65 rubles of income. As a result, new knowledge has been gained about the comprehensive assessment of various fertilizer systems in the relationship soil–fertilizers–plants–product quality–economic efficiency in the Non-Chernozem zone.

Keywords: fertilizer systems, soil fertility, crop rotation productivity, product quality, economic efficiency.