

УДК 631.87

DOI: 10.35330/1991-6639-2021-2-100-39-49

ВЛИЯНИЕ БИОАКТИВАЦИИ ПОЧВЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОЙ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А.М. ЛЕШКЕНОВ, А.Х. ЗАНИЛОВ

Институт сельского хозяйства –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360004, КБР, г. Нальчик, ул. Кирова, 224
E-mail: kbniish2007@yandex.ru

*В работе представлены сравнительные данные влияния биологической модификации минеральной и органо-минеральной систем удобрения на продуктивность озимой пшеницы в условиях растущих доз минеральных удобрений. В качестве средства повышения биологической активности почвы были использованы бактерии рода *Pseudomonas fluorescense*, *Azotobacter vinelandii* и микроскопические грибы рода *Trichoderma*. Выявлено высокое влияние биологической модификации минеральной и органо-минеральной систем удобрения на экономические показатели производства озимой пшеницы. В некоторых случаях максимальная экономическая эффективность проявляется при бактеризации почвы без внесения минеральных удобрений в сравнении с вариантами с использованием минеральных удобрений, но без внесения микроорганизмов. На всех 12 вариантах опыта биоактивация почвы повлекла за собой повышение урожайности озимой пшеницы, что позволяет говорить об эволюции системы удобрения и появлении инновационной системы – био-органо-минеральной.*

Ключевые слова: органо-минеральная система, удобрения, почва, биологическая активность, экономическая эффективность, прибавка, расчетная норма.

Поступила в редакцию 24.02.2021

Для цитирования. Лешкенов А.М., Занилов А.Х. Влияние биоактивации почвы на эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения и продуктивность озимой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 2 (100). С. 39-49.

ВВЕДЕНИЕ

Смещение производственных факторов, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур в сторону биологических параметров почвы, требует проведения расширенных исследований на стыке наук агрохимии, микробиологии почвы и экономики сельского хозяйства.

Это связано с рядом экономических и агроэкологических причин. С увеличением объемов используемых минеральных удобрений продуктивность агроценозов повышается неадекватно [1, 2].

Обогащение почвы микрофлорой и направленное изменение ее состава является одной из задач повышения почвенного плодородия [3]. В свою очередь рост потенциального плодородия почвы влечет за собой и реализацию ее экономического производственного потенциала.

Одним из распространенных способов обогащения почвы микроорганизмами является бактеризация семенного материала. При внесении соответствующим способом возможности повысить биологическую активность почвы ограничиваются объемом высеваемых се-

мян. Имеются сведения о повышении окупаемости затрат при удвоении норм биопрепаратов [4]. В связи с этим было принято решение о внесении агрономически ценных групп микроорганизмов в максимально возможных экономически обоснованных дозах способом предпосевной обработки почв стандартным опрыскивателем. Высокая эффективность данного способа бактериализации почвы приведена в современных научных работах [5, 6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Оценка экономической эффективности приема повышения биологической активности почвы на различных фонах органических и минеральных удобрений проводилась на участке многолетних исследований (Геосеть многолетних опытов, № 082), заложенном в 1979 году. Участок принадлежит Институту сельского хозяйства КБНЦ РАН (КБР, г. Нальчик).

На протяжении свыше 40 лет на стационаре проводятся агроэкологическая оценка систем удобрения, учет продуктивности сельскохозяйственных культур и определение биохимических свойств конечной продукции.

С 2018 года в стационар включен дополнительный фактор повышения плодородия – микробиологическая активность почвы. К учету продуктивности культурных растений дополнительно подключена экономическая оценка исследуемых систем удобрения.

Таблица 1

СХЕМА ОПЫТА МНОГОЛЕТНЕГО СТАЦИОНАРА

№ варианта	ФОН – органические удобрения	Минеральные удобрения
1	Без органических удобрений	Без минеральных удобрений
2		NPK (расчетная доза)
3		NPK 1/2
4		NPK 1/3
5	Навоз 50 т/га 1 раз/5 лет	Без минеральных удобрений
6		NPK (расчетная доза)
7		NPK 1/2
8		NPK 1/3
9	Сидераты (оз. рапс). Высеваются в 9-польном севообороте после озимой пшеницы – 4 раза за ротацию	Без минеральных удобрений
10		NPK (расчетная доза)
11		NPK 1/2
12		NPK 1/3

Повторность опытов четырехкратная. Площадь каждой делянки составляет 189 м². Обработка почвенными микроорганизмами проводилась на 1/2 каждой делянки, номеру которой присвоен литер «а».

В качестве средства повышения биологической активности почвы использовался комплекс почвенных микроорганизмов – 2 вида бактерий и 2 вида грибов:

– бактерии рода *Pseudomonas fluorescense*, штамм AP-33. Концентрация живых клеток $2-4 \times 10^9$. Норма внесения 2 л/га.

– азотфиксирующие бактерии *Azotobacter vinelandii* ИБ-4. Концентрация живых клеток $2-4 \times 10^9$. Норма внесения 2 л/га.

– смесь грибов-антагонистов рода *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma viridae*. Концентрация $2-4 \times 10^9$. Норма внесения 2 л/га.

Внесение микроорганизмов производилось в вечернее время штанговым опрыскивателем, агрегируемым трактором модели Т-25, за 14 дней до посева озимой пшеницы сорта Южанка. Норма высева – 270 кг/га.

Система удобрения. Расчетная доза минеральных удобрений соответствует NPK 157:72:72 кг действующего вещества. Удобрения внесены 25 сентября 2019 г. в виде аммиачной селитры – 250 кг/га и нитроаммофоски (16:16:16) – 450 кг/га. Внесение осуществлено вручную поделаяночно согласно схеме опыта 1979 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения экономической эффективности изучаемых систем удобрения приведены данные о затратах на минеральные удобрения в каждом варианте опыта. За основу взяты цены 2019 года: аммиачная селитра – 14 тыс. руб./т и нитроаммофоска (16:16:16) – 18,5 тыс. руб./т. Стоимость пшеницы в 2020 году в среднем по СКФО составляла 11500 руб./т.

Таблица 2

СТОИМОСТЬ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В КЛАССИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ПО ВАРИАНТАМ ОПЫТА

Доза NPK	Удобрение, кг	Стоимость удобрений, руб.	Общая сумма, руб.
0	–	–	–
52:24:24 + N51	NH ₄ NO ₃ (133) Нитроаммофоска (150)	1867 2775	4642
79:36:36 + N51	NH ₄ NO ₃ (200) Нитроаммофоска (225)	2800 4163	6963
157:72:72 + N51	NH ₄ NO ₃ (400) Нитроаммофоска (450)	5600 8325	13925

В литературных источниках приводится достаточно данных, свидетельствующих об ограниченности положительного влияния возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур [7]. Рисунок 1 наглядно подтверждает данный тезис.

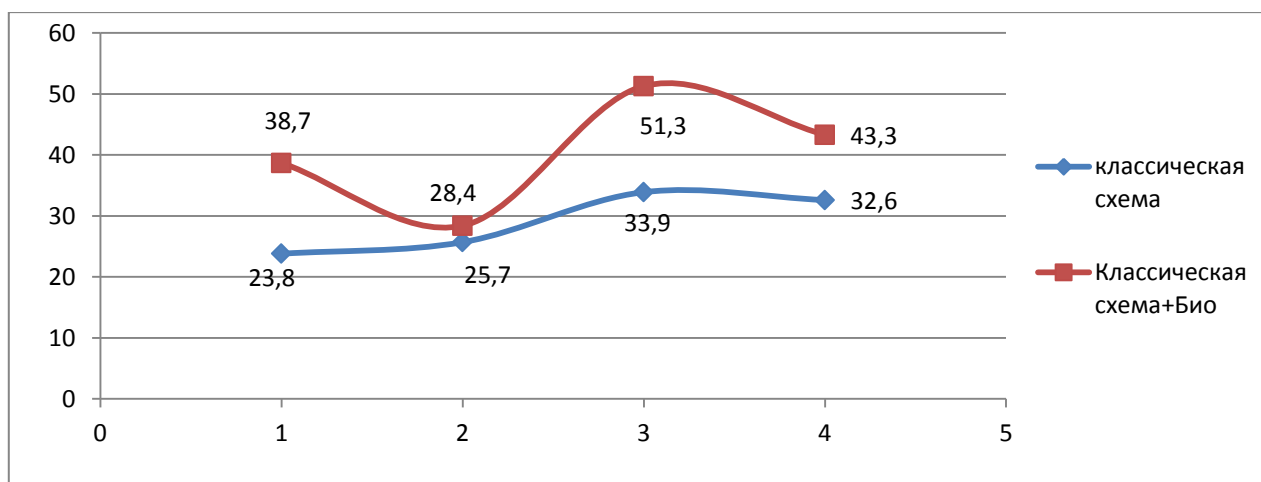


Рис. 1. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от возрастающих доз минеральных удобрений на фоне без органических удобрений

Так, в классической схеме при урожайности в контроле 23,8 ц/га внесение минеральных удобрений на сумму 4642 руб./га позволило повысить урожайность на 1,9 ц/га, что эквивалентно 2185 руб. Увеличение затрат до 6963 руб./га повысило урожайность до 33,9 ц/га, что на 10,1 ц/га выше, чем в контрольном варианте. Дополнительная прибавка в ценовом выражении составила 11615 руб./га. Дальнейшее увеличение затрат до

13925 руб./га (максимальная доза) не позволило окупиться в виде прибавки урожая, которая составила лишь 8,8 ц/га на сумму 10120 руб./га.

Как мы видим из анализа, при классической схеме 1/3 расчетной нормы полная расчетная норма удобрений повлекла за собой убытки на 2457 руб./га в первом случае и на 3805 руб. – во втором. Единственной нормой, при которой окупилась минеральные удобрения, является 1/2 расчетной дозы, 1 рубль затрат на удобрения окупился 1,7 руб. прибавки урожая.

Для расчета экономической эффективности системы удобрения, модифицированной агрономически ценными группами микроорганизмов, необходимо включить их стоимость в расходы. Средняя стоимость коммерческих препаратов в 2019 году составляла: на основе *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma viridae* – 300 руб./л.; на основе *Pseudomonas fluorescense* AP-33 – 250 руб./л.; на основе *Azotobacter vinelandii* ИБ-4 – 250 руб./л. Общая сумма затрат на биопрепараты составила 1600 руб./га.

Таблица 3

СТОИМОСТЬ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ СХЕМЕ ПО ВАРИАНТАМ ОПЫТА

Доза NPK	Удобрение, кг	Стоимость удобрений, руб.	Биопрепараты, руб./га	Общая сумма, руб./га
0	-	-	1600	-
52:24:24 + N51	NH ₄ NO ₃ (133) Нитроаммофоска (150)	1867 2775	1600	6242
79:36:36 + N51	NH ₄ NO ₃ (200) Нитроаммофоска (225)	2800 4163	1600	8563
157:72:72 + N51	NH ₄ NO ₃ (400) Нитроаммофоска (450)	5600 8325	1600	15525

Из рисунка 1 видно, что дополнительные затраты на модификацию системы удобрения микробиологическими средствами отозвались прибавкой урожая по отношению к классической схеме. Разница по вариантам составила: 14,9 ц/га; 2,7 ц/га; 17,4 ц/га и 10,7 ц/га.

Дальнейшая оценка окупаемости затрат на возрастающие дозы минеральных удобрений при внесении биопрепаратов производилась по отношению к урожайности озимой пшеницы, полученной в классической схеме на фоне без минеральных удобрений (23,8 ц/га).

Так, включение на контрольном варианте биопрепаратов на сумму 1600 руб. привело к повышению урожайности на 62,6 %, что окупило затраты в соотношении 1:10,7 руб. Биомодификация почвы в сочетании с 1/3 расчетной дозы минеральных удобрений (6242 руб./га) позволила получить дополнительный приход на сумму 5290 руб./га ((28,4 ц/га – 23,8 ц/га) x 11500 руб./т). Расходы на внесение 1/3 дозы минеральных удобрений не окупилась как в классической, так и в биомодифицированной схеме, несмотря на большую прибавку в последнем случае.

Биоактивация почвы, удобренной 1/2 дозой минеральных удобрений, позволила окупить возросшие затраты (8563 руб./га) в 3,7 раза, так как цена дополнительно полученного урожая составила 31625 руб./га. Отметим, что окупаемость расходов на данную дозу минеральных удобрений без биоактивации почвы составила всего 1:1,7 руб.

Повышенная отзывчивость озимой пшеницы на рост биологической активности почвы проявилась и в варианте с полной расчетной дозой минеральных удобрений. Несмотря на существенную сумму расходов 15525 руб. на 1 га, они окупилась в 1,4 раза. Убытки на данном уровне обеспечения растений минеральным питанием без внесения биопрепаратов составили 3805 руб./га.

Таблица 4

**ОКУПАЕМОСТЬ ЗАТРАТ НА ВОЗРАСТАЮЩИЕ ДОЗЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
ПРИБАВКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ. ФОН БЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

Система удобрения	Нормы удобрений			
	0	1/3 расчетной дозы	1/2 расчетной дозы	Полная расчетная доза
Классическая система удобрения				
Стоимость системы удобрения, руб./га	-	4642	6963	13925
Прибавка, ц/га	-	1,9	10,1	8,8
Стоимость прибавки руб./га	-	2185	11615	10120
Баланс, руб./га	-	-2457	4652	-3805
Окупаемость 1 руб.	-	1: 0,47	1:1,7	1: 0,73
Биомодифицированная система удобрения				
Стоимость системы удобрения, руб./га	1600	6242	8563	15525
Прибавка, ц/га	+14,9	+4,6	+27,5	+19,5
Стоимость прибавки руб./га	17135	5290	31625	22425
Баланс, руб./га	15535	- 952	23062	6900
Окупаемость 1 руб.	1: 10,7	1: 0,85	1: 3,7	1: 1,4

Данные таблицы 4 свидетельствуют о существенном повышении производственного потенциала почвы за счет ее биологической активации и подтверждают выводы, сделанные советскими классиками-микробиологами, что при прочих равных агрохимических характеристиках почвы растения лучше развиваются при большей их обогащенности микробами [8].

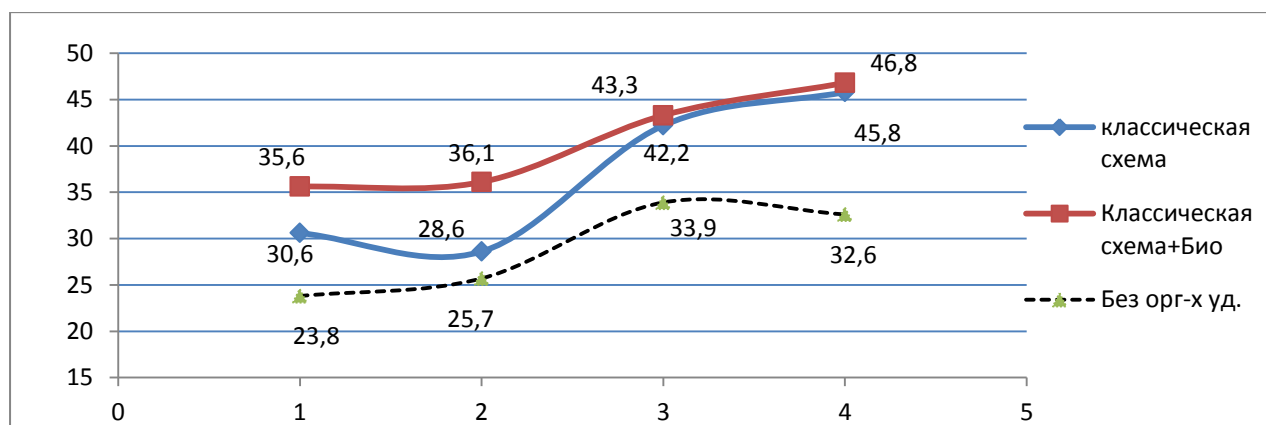


Рис. 2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от возрастающих доз минеральных удобрений на фоне органических удобрений (навоз 50 т/га)

В диаграмму на рис. 2 для наглядности при оценке включен ряд данных из варианта без органических удобрений, который может быть рассмотрен как контрольный вариант.

Диаграмма демонстрирует нам положительное влияние органических удобрений (навоз 50 т/га) на всех вариантах с минеральными удобрениями в сравнении с контрольным вариантом (пунктирная линия на рис. 2). Но максимальная урожайность снова продемонстрирована при включении в систему питания микробиологических удобрений.

Таблица 5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИО-ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Системы удобрения	Прибавка урожая озимой пшеницы							
	0		1/3 расчетной дозы		1/2 расчетной дозы		Полная расчетная доза	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Органо-минеральная относительно минеральной	6,8	28,6	2,9	11,3	8,3	24,5	13,2	40,5
Био-органоминеральная относительно минеральной	11,8	49,6	10,4	40,5	9,4	27,7	14,2	43,6
Био-органоминеральная относительно органоминеральной	5,0	16,3	7,5	26,2	1,1	2,6	1,0	2,2

Из таблицы 5 видно, что максимальная прибавка урожайности от использования органических удобрений колеблется в пределах 11,3–28,6 %. При биоактивации почвы на фоне органических удобрений прибавка находится в пределах 27,7–49,6%.

В зависимости от степени обеспеченности почвы минеральными удобрениями биомодификация органо-минеральной системы питания по отношению к органо-минеральной без внесения биопрепаратов позволяет повысить урожайность в пределах 2,2–26,2%.

При условии, что стандартной рыночной стоимости на органические удобрения в виде сырого навоза не существует, провести экономический анализ эффективности по отношению к контрольному варианту опыта, выраженный в цифровом выражении, очень сложно. Тем не менее можно произвести относительную оценку приема по повышению микробиологической активности почвы за счет внесения биопрепаратов на фоне удобренной навозом почвы.

Таблица 6

ОКУПАЕМОСТЬ ЗАТРАТ НА ВОЗРАСТАЮЩИЕ ДОЗЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИБАВКОЙ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФОНЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ (НАВОЗ, 50 Т/ГА)

Система удобрения	Нормы удобрений			
	0	1/3 расчетной дозы	1/2 расчетной дозы	Полная расчетная доза
Классическая система удобрения				
Стоимость системы удобрения, руб./га	-	4642	6963	13925
Прибавка, ц/га	-	-2,0	11,6	15,2
Стоимость прибавки, руб./га	-	- 2300	13340	17480
Баланс, руб./га	-	- 6942	6377	6900
Окупаемость 1 руб.	-	-	1:1,9	1: 1,3
Биомодифицированная система удобрения				
Стоимость системы удобрения, руб./га	1600	6242	8563	15525
Прибавка, ц/га	5,0	5,5	12,7	16,2
Стоимость прибавки, руб./га	5750	6325	14605	18630
Баланс, руб./га	4150	83	6042	3105
Окупаемость 1 руб.	1: 3,6	1: 1,01	1: 1,7	1: 1,2

Из таблицы 6 видно, что затраты в био-органоминеральной системе питания на всех фонах минеральных удобрений экономически окупаются в различной степени. Так, максимальная окупаемость от расходов на биоактивацию почвы проявляется на нулевом фоне минеральных удобрений. Внесение биопрепаратов демонстрирует увеличение урожайно-

сти не только в соответствующем нулевом варианте органо-минеральной системы питания, но и при внесении 1/3 расчетной дозы минеральных удобрений. Данный вариант оказывается экономически более эффективным и по отношению к варианту с использованием полной расчетной дозы минеральных удобрений на фоне навоза (50 т/га) несмотря на разницу в урожайности в 15,2 ц/га. Стоимость всего урожая (45,8 ц/га) составляет 52670 руб. за вычетом расходов на систему удобрения (13925), чистая прибыль равна 38745 рублей. Биомодификация нулевого варианта на фоне органических удобрений обходится всего в 1600 рублей. При общей стоимости урожая (35,6 ц/га) 40940 руб. чистая прибыль составляет 39340 руб., что оказывается хоть и не существенно, но выше, чем в сравниваемом варианте. Относительно сопоставимая эффективность отмечается и по отношению к варианту 3. За счет меньших расходов на минеральные удобрения (1/2 расчетной дозы) прибавка в ценовом выражении составляет всего 2227 руб./га.

Несмотря на высокую экономическую эффективность модификации микроорганизмами систем удобрения при нулевых и минимальных дозах минеральных удобрений (1/3 дозы) на фоне навоза (50 т/га) расходы на биоактивацию почвы с внесением повышенных доз минеральных удобрений (1/2 и полной) дополнительно не окупаются. Это может свидетельствовать о роли факторов иной природы, ограничивающих урожайность озимой пшеницы в рамках данного исследования. Такими факторами могут служить погодно-климатические условия, физические свойства почвы, генетический потенциал семенного материала и многое другое.

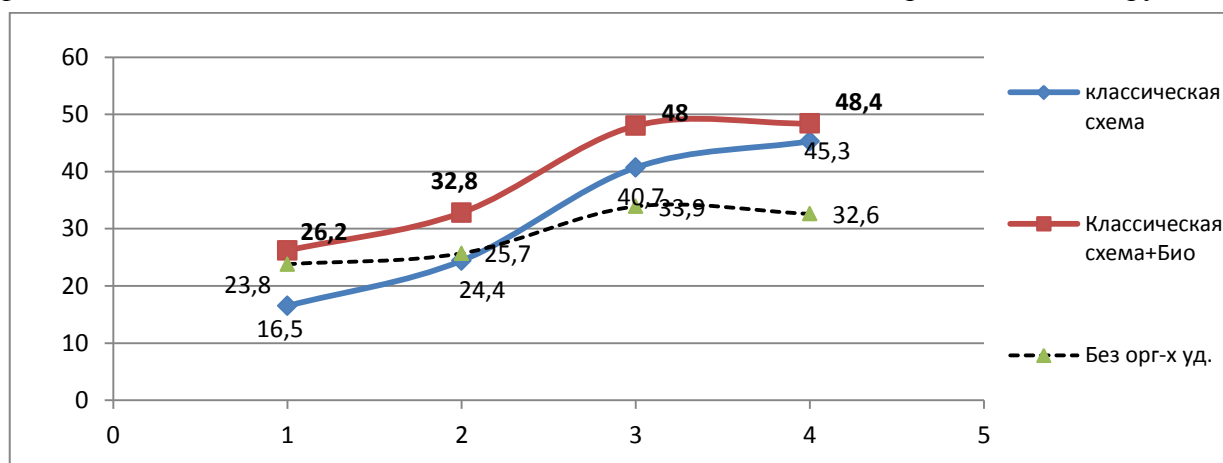


Рис. 3. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от возрастающих доз минеральных удобрений на фоне органических удобрений (сидераты)

Считается, что положительные свойства органических удобрений в системе питания растений в такой же степени распространяются и на сидеральные культуры. Но при этом существует ряд отличий от традиционных органических удобрений в виде отходов животноводства и птицеводства. Это отличие связано с тем, что отходы жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птиц являются дополнительным источником минеральных веществ при внесенных в почву извне.

Судя по графику (рис. 3), в варианте классической схемы без удобрений урожайность озимой пшеницы (16,5 ц/га) существенно отстает от урожайности, продемонстрированной на фоне с внесением навоза (30,6 ц/га) и даже на фоне без органических удобрений (23,8 ц/га). Но при этом отмечается устойчивый рост урожайности на различных уровнях обеспеченности минеральными удобрениями. Возможно, это связано с проявлением сидератами высокой степени аккумулялирующих почвенные минералы свойств. Их высвобождение и обеспечение последующих культур требует минерализации, так как корневая система зерновых культур обладает наименее выраженной целлюлозоразлагающей активностью [9]. И признанными приемами повышения минерализации органического вещества почвы являются как использование повышенных доз минеральных удобрений отдельно, так и их сочетание с микроорганизмами в форме биопрепаратов [10].

Диаграмма (рис. 3) так же, как и в случае с использованием навоза, демонстрирует эффективность сочетания сидератов с биопрепаратами. В варианте без использования минеральных удобрений урожайность озимой пшеницы при внесении микроорганизмов в почву превысила на 58,8%, что в абсолютном выражении составляет 9,7 ц/га, на сумму 11115 рублей. Окупаемость затрат на биопрепараты (1600 руб./га) составила 1:7. Рост урожайности озимая пшеница демонстрирует и в вариантах с минеральными удобрениями при бактериализации почвы. Так, при использовании 1/3 расчетной дозы удобрений рост составляет 8,4 ц/га, при внесении 1/2 дозы – 7,3. Полная доза удобрений при бактериализации также повышает продуктивность, но в меньшей степени – на 3,1 ц/га.

Таблица 7

ОКУПАЕМОСТЬ ЗАТРАТ НА ВОЗРАСТАЮЩИЕ ДОЗЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
ПРИБАВКОЙ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФОНЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ (СИДЕРАТЫ)

Система удобрения	Нормы удобрений			
	0	1/3 расчетной дозы	1/2 расчетной дозы	Полная расчетная доза
Классическая система удобрения				
Стоимость системы удобрения, руб./га	-	4642	6963	13925
Прибавка, ц/га	-	7,9	24,2	28,8
Стоимость прибавки, руб./га	-	9085	27830	33120
Баланс, руб./га	-	4443	20867	19195
Окупаемость 1 руб.	-	1:2,0	1:4,0	1: 2,4
Биомодифицированная система удобрения				
Стоимость системы удобрения, руб./га	1600	6242	8563	15525
Прибавка, ц/га	9,7	16,3	31,5	31,9
Стоимость прибавки, руб./га	11155	18745	36225	33120
Баланс, руб./га	9555	12503	27662	17595
Окупаемость 1 руб.	1: 7,0	1:3,0	1: 4,2	1: 2,1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования позволяют подтвердить ряд известных утверждений об ограниченном влиянии минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур.

Так, в варианте без органических удобрений в классической схеме внесенные минеральные удобрения окупались лишь в варианте с применением 1/2 расчетной дозы. Коэффициент составил всего 1:1,7. При этом выявлено, что предпосевная бактериализация почвы повлекла за собой повышение урожайности озимой пшеницы на 14,9 ц/га в варианте без минеральных удобрений с окупаемостью расходов в соотношении 1:10,7. Дальнейшая окупаемость проявляется и вариантах 3 и 4 с максимальными дозами удобрений и соответствующими коэффициентами 1:3,7 и 1:1,4. Данный факт свидетельствует о значительном смещении факторов, ограничивающих производственный почвенный потенциал в сторону биологических параметров.

В результате исследований подтверждена эффективность сочетания органических удобрений с минеральными. На фоне навоза (50 т/га) расходы на внесение 1/2 расчетной дозы и полной расчетной дозы минеральных удобрений окупаются в соотношении 1:1,9 и 1:1,3. Микробиологическое обогащение почвы во всех вариантах влечет за собой повышение урожайности. При этом исследование демонстрирует, что бактериализация почвы, не удобренной минеральными удобрениями, на фоне навоза может быть экономически целесообразнее, чем использование 1/3 расчетной дозы и полной расчетной дозы без бактериализации почвы.

Выявлено, что относительную максимальную отзывчивость на увеличение доз минеральных удобрений озимая пшеница проявляет на фоне сидератов как без обогащения почвы микроорганизмами: 7,9; 24,2 и 28,8 ц/га, так и с их внесением: 16,3; 31,5; 31,9 ц/га. Несмотря на данную отзывчивость, в классической схеме без биопрепаратов навоз демонстрирует большую урожайность по сравниваемым вариантам, выраженную в абсолютных величинах: 16,5/30,6; 24,4/28,6; 40,7/42,2 и 45,3/45,8 ц/га. Так же, как и в вариантах, в которых фоном выступал навоз, повышение биологической активности почвы повлекло повышение урожая и на фоне сидератов. Урожайность по возрастающим дозам минеральных удобрений составила 26,2; 32,8; 48,0 и 48,4 ц/га соответственно.

Для наглядности преимущества приема биоактивизации почвы вышеприведенные данные графически оформлены (рис. 4).

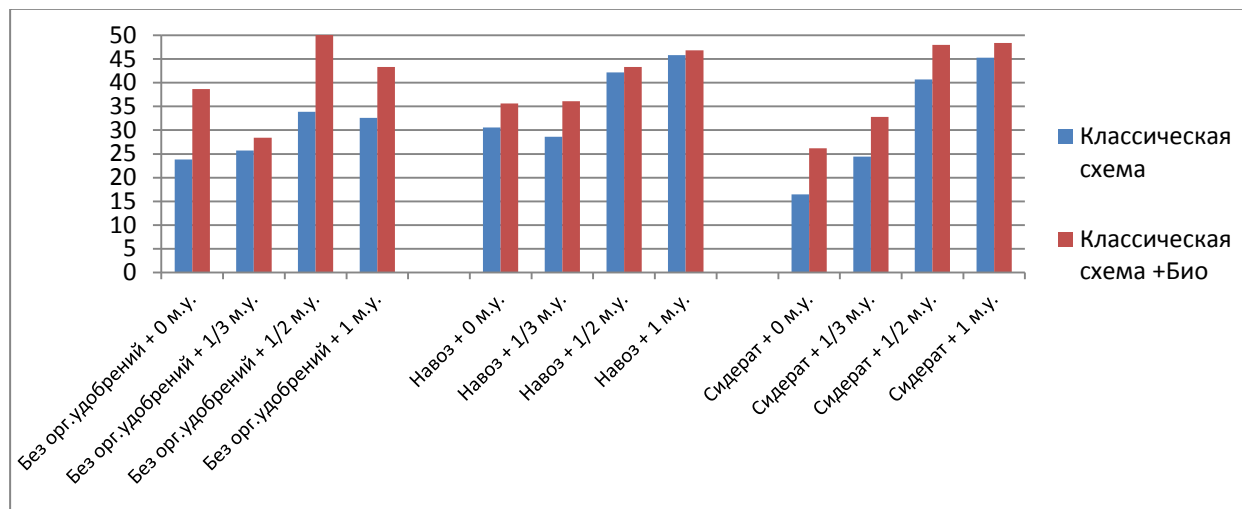


Рис. 4. Влияние различных систем удобрения на урожайность озимой пшеницы

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о существенной роли биологической активности почвы в реализации ее производственного потенциала. Био-органоминеральная система удобрения заслуживает внимания для расширенного исследования по определению механизмов ее действия с целью систематизации данных и разработки способов прогнозирования урожая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Треначев Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. М., 1999. 530 с.
2. Gladstones J.S. The Narrow-leaved Lupin in Western Australia (*L. angustifolius*) // Bull. West. Austral. Dep. of Agr. 1977. V. 3990. P. 14.
3. Симонович Е.И. Влияние биоудобрения «Белогор» на почвенную биоту. Материалы V съезда Всероссийского общества почвоведов им. Докучаева. Ростов-на-Дону, 2008. С. 130.
4. Мухина М.Т. Применение регуляторов роста комплексного действия на урожайность и качество зерна сои Вилана. Материалы 49-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агротехников и экологов «Агрэкологические основы применения удобрений в современном земледелии». М.: ВНИИА, 2015. С. 149–152.
5. Лешкенов А.М., Бижоева Т.П. Роль бактериально-грибных препаратов в повышении урожайности сои в засушливых климатических условиях равнинной части Центрального Предкавказья // Известия КБНЦ РАН. 2020. № 2 (94). С. 55-64.
6. Анисимова Л.Г., Занилов А.Х. Эффективность предпосевной обработки почвы бактериально-водорослевым комплексом. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 3(15). С. 95–101.

7. Лифаненкова Т.П., Бижоев Р.В. Влияние систематического применения удобрений в условиях богары и при длительном орошении на урожайность культур, продуктивность зернотравянопропашного севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в агроландшафтном земледелии Центрального Предкавказья // *Агрохимия*. 2018. № 4. С. 3–17.
8. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. *Микробиология: учебник для вузов*. М.: Дрофа, 2005. 445 с.
9. Накаряков А.М., Занилов А.Х. Биологическая активность органических полей ООО «Савинская Нива» // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2017. № 1(13). С. 98–104.
10. Яхтанигова Ж.М., Занилов А.Х. Влияние минеральных, органических и микробиологических удобрений на агрохимические показатели почвы и на развитие растений // *Научное обозрение*. 2015. № 6. С. 14–18.

REFERENCES

1. Trepachev E.P. *Agrokhimicheskiye aspekty biologicheskogo azota v sovremennom zemledelii* [Agrochemical aspects of biological nitrogen in modern agriculture]. M., 1999. 530 p.
2. Gladstones J.S. The Narrow-leaved Lupine in Western Australia (*L. angustifolius*) // *Bull. West. Austral. Dep. of Agr.* 1977. V. 3990. P. 14.
3. Simonovich E.I. *Vliyaniye bioudobreniya «Belogor» na pochvennyuyu biotu. Materialy V s"yezda Vserossiyskogo obshchestva pochvovedov im. Dokuchayeva* [Influence of biofertilizer "Belogor" on soil biota. Materials of the V Congress of the All-Russian Society of Soil Scientists n.a. Dokuchaev]. Rostov-on-Don. 2008. Pp. 130.
4. Mukhina M.T. *Primeneniye regulyatorov rosta kompleksnogo deystviya na urozhaynost' i kachestvo zerna soi Vilana. Materialy 49-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh, spetsialistov-agrokhimikov i ekologov «Agroekologicheskkiye osnovy primeneniya udobreniy v sovremennom zemledelii»* [The use of growth regulators with a complex effect on the yield and quality of grain of Wilan's soybeans. Materials of the 49th International Scientific Conference of Young Scientists, Agrochemists and Ecologists "Agroecological foundations of the use of fertilizers in modern agriculture"]. M.: VNIIA/All-Russia Scientific Research Institute of Automation/, 2015. Pp. 149–152.
5. Leshkenov A.M., Bizhоеva T.P. *Rol' bakterial'no-gribnykh preparatov v povyshenii urozhaynosti soi v zasushlivykh klimaticheskikh usloviyakh ravninnoy chasti tsentral'nogo Predkavkaz'ya* [The role of bacterial and fungal preparations in increasing the yield of soybeans in arid climatic conditions of the flat part of the central Ciscaucasia] // *Izvestia KBNC RAN* [News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS]. 2020. No. 2 (94). Pp. 55–64.
6. Anisimova L.G., Zaniлов A.Kh. *Effektivnost' predposevnoy obrabotki pochvy bakterial'no-vodoroslevym kompleksom. Innovatsii v APK: problemy i perspektivy* [Efficiency of pre-sowing soil cultivation with a bacterial-algal complex. Innovations in the agro-industrial complex: Problems and prospects]. No. 3 (15). 2017. Pp. 95–101.
7. Lifanenkova T.P., Bizhоеv R.V. *Vliyaniye sistemicheskogo primeneniya udobreniy v usloviyakh bogary i pri dlitel'nom oroshenii na urozhaynost' kul'tur, produktivnost' zernotravyanopropashnogo sevooborota i plodorodiye chernozema obyknovennogo karbonatnogo v agrolandshaftnom zemledelii Tsentral'nogo Predkavkaz'ya* [Influence of the systematic use of fertilizers in rainfed conditions and with prolonged irrigation on crop yields, productivity of grain-grass-tilled crop rotation and fertility of ordinary carbonate chernozem in agrolandscape agriculture of the Central Ciscaucasia] // *Agrochemistry*. 2018. No. 4. Pp. 3–17.
8. Emtsev V.T., Mishustin E.N. *Mikrobiologiya: uchebnik dlya vuzov* [Microbiology: textbook for universities]. M.: Drofa, 2005. 445 p.
9. Nakaryakov A.M., Zaniлов A.Kh. *Biologicheskaya aktivnost' organicheskikh poley ООО «Savinskaya Niva»* [Biological activity of organic fields LLC "Savinskaya Niva"] // *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy* [Innovations in the agro-industrial complex: Problems and prospects]. 2017. No. 1 (13). Pp. 98–104.

10. Yakhtanigova Zh.M., Zanirov A.Kh. *Vliyaniye mineral'nykh, organicheskikh i mikrobiologicheskikh udobreniy na agrokhimicheskiye pokazateli pochvy i na razvitiye rasteniy* [The influence of mineral, organic and microbiological fertilizers on the agrochemical parameters of the soil and on the development of plants] // *Nauchnoye obozreniye* [Scientific review]. 2015. No. 6. Pp. 14–18.

THE EFFECT OF SOIL BIOACTIVATION ON THE EFFICIENCY OF MINERAL AND ORGANO-MINERAL FERTILIZER SYSTEMS AND THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

A.M. LESHKENOV, A.H. ZANILOV

Institute of Agriculture –
branch of FSBSE «Federal scientific center
«Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
360004, KBR, Nalchik, 224 Kirov str.
E-mail: kbniish2007@yandex.ru

The paper presents comparative data on the effect of biological modification of mineral and organomineral fertilization systems on the productivity of winter wheat under conditions of increasing doses of mineral fertilizers. Bacteria of the genus Pseudomonas fluorescense and Azotobacter vinelandii and microscopic fungi of the genus Trichoderma were used as a means of increasing the biological activity of the soil. The high influence of biological modification of mineral and organo-mineral fertilization systems on the economic indicators of winter wheat production was revealed. In some cases, the maximum economic efficiency is manifested in soil bacterization without the introduction of mineral fertilizers in comparison with the options using mineral fertilizers, but without the introduction of microorganisms. In all 12 variants of the experiment, soil bioactivation led to an increase in the yield of winter wheat, which suggests the evolution of the fertilization system and the emergence of an innovative system - bio-organo-mineral.

Keywords: organo-mineral system, fertilizers, soil, biological activity, economic efficiency, gain, calculated rate.

Received by the editors 24.02.2021

For citation. Leshkanov A.M., Zanirov A.H. The effect of soil bioactivation on the efficiency of mineral and organo-mineral fertilizer systems and the productivity of winter wheat // *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 2 (100). Pp. 39-49.

Сведения об авторах:

Лешкенов Аслан Мухамедович, аспирант научно-образовательного центра Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

360000, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2.

E-mail: aslan.leshckenov@yandex.ru

Занилов Амиран Хабидович, доцент кафедры «Интеллектуальные агроэко системы» научно-образовательного центра Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

360000, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2.

E-mail: agro-centr@inbox.ru

Information about authors:

Leshkenov Aslan Mukhamedovich, postgraduate student of the Scientific and Educational Center of KBSC RAS.

360000, KBR, Nalchik, 2, Balkarov street.

E-mail: aslan.leshckenov@yandex.ru

Zanirov Amiran Habidovich, Associate Professor of the Department of Intelligent Agroecosystems of the Scientific and Educational Center of KBSC RAS.

360000, KBR, Nalchik, 2, Balkarova street.

E-mail: agro-centr@inbox.ru