

doi:10.18286/1816-4501-2024-3-96-104
УДК 631.59:55

Влияние биомодификации системы удобрения на динамику (2019–2021 гг.) урожайности озимой пшеницы в условиях степной зоны КБР

А. М. Лешкенов ✉, научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии и почвенных исследований

А. Х. Занилов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвенных исследований, руководитель центра декарбонизации АПК и региональной экономики КБГУ

Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук (ИСХ КБНЦ РАН)

360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Кирова, 224

✉ ishkbncran@yandex.ru

Резюме. В результате многолетних исследований (2019–2021 гг.) выявлено положительное влияние приема биологической модификации систем питания растений на продуктивность озимой пшеницы. Повышение биологической активности почвы проводилось путем внесения комплекса ценных групп микроорганизмов (бактерии: *Pseudomonas fluorescens*, штамм AP-33, *Azotobacter vinelandii* ИБ-4 и грибы: *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma viridae*) штанговым опрыскивателем в почву перед посевом основной культуры. В условиях многофакторного опыта на протяжении трех лет непрерывного наблюдения средняя прибавка урожая составила 12,1...27,2. Внесение микроорганизмов так же увеличивало отзывчивость растений на внесение повышенных дозы минеральных удобрений, что позволяет говорить о возможности дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства на основе агробιοтехнологий. При нулевой дозе NPK исследуемый прием биологизации оказался максимально эффективным в вариантах с органическими удобрениями. Рост урожая был в пределах 32...34 %. Отзывчивость озимой пшеницы на различном фоне органических удобрений во многом определяется уровнем обогащения почвы минеральными элементами питания. Так, в варианте без органических удобрений микроорганизмы способствуют повышению урожайности на 37,3 % при внесении ½ дозы минеральных удобрений. На фоне навоза и сидератов также максимальная прибавка отмечается на уровне ½ дозы М.У. – 31,1 % и 16,8 % соответственно. Можно предположить, что биологические факторы в земледелии существенно ограничивают продуктивность озимой пшеницы, что должно учитываться при создании интенсивных, экономически эффективных систем питания растений.

Ключевые слова: минеральные, органические и микробиологические удобрения, биомодификация, урожайность, озимая пшеница.

Для цитирования: Лешкенов А. М., Занилов А. Х. Влияние биомодификации системы удобрения на динамику (2019-2021 гг.) урожайности озимой пшеницы в условиях степной зоны КБР // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №3 (67). С. 96-104. doi:10.18286/1816-4501-2024-3-96-104

The impact of biomodification of the fertilizer system on dynamics (2019-2021) of winter wheat yield in the steppe zone of the KBR

A. M. Leshkenov, A. Kh. Zanilov

Institute of Agriculture - Branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences

360004, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Kirov St., 224

✉ ishkbncran@yandex.ru

Abstract. As a result of long-term research (2019-2021), a positive effect of biological modification of plant nutrition systems on winter wheat productivity was revealed. The biological activity of the soil was increased by introducing a complex of valuable groups of microorganisms (bacteria: *Pseudomonas fluorescens*, AP-33 strain, *Azotobacter vinelandii* IB-4 and fungi: *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viridae*) into the soil with a boom sprayer before sowing the main crop. The average yield increase was 12.1...27.2 in a multifactorial experiment over three years of continuous observation. The introduction of microorganisms also increased the responsiveness of plants to application of higher doses of mineral fertilizers, which suggests the possibility of further intensification of agricultural production based on agrobiotechnology. With a zero dose of NPK, the studied biologization technique was most effective in variants with organic fertilizers. The yield increase was in the range of 32...34%. The responsiveness of winter wheat to various backgrounds of organic fertilizers is largely determined by the level of soil enrichment with mineral nutrients. Thus, in the

variant without organic fertilizers, microorganisms contribute to an increase in yield by 37.3% with the application of ½ dose of mineral fertilizers. Against the background of manure and green manure, the maximum increase is also noted at the level of ½ dose of mineral fertilizers - 31.1% and 16.8%, respectively. It can be assumed that biological factors in agriculture significantly limit the productivity of winter wheat, which should be taken into account when creating intensive, cost-effective plant nutrition systems.

Keywords: mineral, organic and microbiological fertilizers, biomodification, yield, winter wheat.

For citation: Leshkenov A. M., Zanirov A. Kh. The impact of biomodification of the fertilizer system on dynamics (2019-2021) of winter wheat yield in the steppe zone of the KBR // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;3(67): 96-104 doi:10.18286/1816-4501-2024-3-96-104

Введение

Существующий тренд на биологизацию земледелия последнее десятилетие отмечается во всех аграрно-развитых регионах России. Особенно высокая отзывчивость отмечается в локациях с высоким уровнем интенсификации агропроизводства, предусматривающее использование повышенных доз удобрений. Было справедливо отмечено, что разнообразие представленных на рынке минеральных удобрений (МУ) при научно обоснованном их использовании способно обеспечить значительное повышение урожайности растений и рентабельности производства [1-3] даже в жестких условиях рынка [4]. Одним из таких научных обоснований может являться использование удобрений на фоне средств повышения биологической активности почвы (органических и микробиологических удобрений) [5, 6, 7], что способствует ограничению избыточной минерализации почвенного органического вещества, имеющее место при нерациональном использовании минеральных удобрений [8-10]. К нерациональному использованию может быть в частности отнесено их избыточное использование, сопровождающееся снижением продуктивности сельскохозяйственных культур [11].

Обогащение пахотного слоя почвы агрономически ценными штаммами микроорганизмов с целью улучшения состава почвенной микрофлоры – одна из ключевых задач современного земледелия [12], так как рост уровня биологической активности почвы сопряжен с увеличением ее производственного потенциала [13, 14].

Одним из наиболее распространенных приемов обогащения почвы эффективной микрофлорой – обработка посевного материала и опрыскивание пожнивных остатков [15]. Перспективным приемом считают внесение в почву биомодифицированных агрономически ценными штаммами микроорганизмов минеральных удобрений [16]. Прием внесения микроорганизмов в почву путем опрыскивания ее поверхности непосредственно перед посевом используется реже всего, при том, что благодаря такому способу обеспечивается более высокая концентрация клеток микроорганизмов (бактерий и грибов) и продуктов их жизнедеятельности, чем внесение их в почву с посевным материалом. Разница в концентрации в зависимости от культуры может составить 10...100 раз. Высокая эффективность этого способа биомодификации систем удобрения

продемонстрирована в разные годы на разных культурах [17, 18,19, 20].

Цель исследований – оценка влияния возрастающих доз минеральных удобрений (МУ) в сочетании с предпосевным обогащением почвы консорциумом эффективных штаммов микроорганизмов на рост урожайности зерна озимой пшеницы.

Материалы и методы

Исследования проводились в период с 2019 г. по 2021 г. включительно на базе института сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра, на участке многофакторных опытов, где устанавливается агроэкологическая оценка минеральных и органо-минеральных систем удобрения. С учетом существенного смещения лимитирующих урожайность факторов в сторону биологических почвенных параметров был введен дополнительный фактор – биологическая активность почвы.

В схеме опыта использованы возрастающие дозы минеральных удобрений (0; 1/3; ½ и 1 NPK от полной расчетной дозы под запланированную урожайность на различном фоне органических удобрений: без органических удобрений; последствие 50 т/га навоза и последствие сидератов (оз. рапс), используемых за 2 года до высева озимой пшеницы.

Прием биомодификации систем удобрения соответствует ранее использованной авторами методике [9]. Опыт проведен в 4-х-кратной повторности. Площадь делянок по 189 м². Для оценки влияния средств биомодификации делянки расщеплялись на две части, в одну из которых интродуцировались микроорганизмы. Контрольный участок обозначен как «Эталон», обработанный – как «Био», с дополнением к номеру варианта литера «а». В качестве средства биомодификации использовалась смесь 2 видов бактерий (*Pseudomonas fluorescense*, штамм AP-33 и *Azotobacter vinelandii* ИБ-4) и 2 видов грибов (*Trichoderma harzianum* и *Trichoderma viridae*). Концентрация каждого компонента консорциума равна 2х10⁹ КОЕ. Норма внесения по 1 л/га каждого компонента – всего 4 л/га.

Интродуцирование почвенных микроорганизмов осуществлялось в пасмурную погоду и темное время суток стандартным опрыскивателем. Объем рабочей жидкости – 250 л/га.

В качестве посевного материала использовали семена озимой пшеницы сорта Южанка (элита). Норма высева составила 270 кг/га.

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

Результаты

Биологическая модификация систем питания озимой пшеницы демонстрирует стабильную закономерность влияния микробиологических удобрений на фоне исследуемых факторов на повышение урожайности зерна озимой пшеницы. На

протяжение трех лет, исследуемый прием повышения эффективности питания растений позволил получить дополнительную прибавку урожая озимой пшеницы в зависимости от сравниваемых факторов в пределах 12,1...27,2 % (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность озимой пшеницы при возрастающих дозах минеральных удобрений, 2019 г.

Варианты	На фоне без органических удобрений							
	Фактор М.У.		Повторности				Среднее	Разница, %
			1	2	3	4		
1	0	Контроль	17,30	17,50	18,0	17,60	17,60	+10,8%
1а		Био	18,90	19,50	19,70	19,90	19,50	
2	1/3	Контроль	19,74	19,28	20,41	20,15	19,90	+18,6
2а		Био	23,10	24,02	23,95	23,31	23,60	
3	½	Контроль	22,95	22,70	23,29	23,04	23,00	+20,9
3а		Био	27,30	27,63	28,26	28,00	27,80	
4а	1	Контроль	27,40	27,60	28,00	27,80	27,70	+11,6
		Био	30,40	30,70	31,00	31,50	30,90	
НСР=0,5		Контроль	0,521					
		Био	0,687					
	На фоне органического удобрения (Навоз, 50 т/га).							
	Фактор М.У.		Повторности				Среднее	Разница, %
			1	2	3	4		
5	0	Контроль	17,95	18,33	17,52	17,80	17,90	+19,0
5а		Био	22,17	21,51	20,54	20,96	21,30	
6	1/3	Контроль	20,70	21,05	20,40	20,24	20,60	+16,5
6а		Био	24,27	23,60	24,00	24,12	24,00	
7	½	Контроль	23,84	24,05	24,15	24,36	24,10	+22,4
7а		Био	28,91	29,30	29,65	30,12	29,50	
8	1	Контроль	29,75	30,23	30,40	29,60	30,00	+31,0
8а		Био	39,20	38,87	39,50	39,64	39,30	
НСР=0,5		Контроль	0,507					
		Био	0,756					
	На фоне без органического удобрения (Сидераты)							
	Фактор М.У.		Повторности				Среднее	Разница, %
			1	2	3	4		
9	0	Контроль	17,93	18,30	18,14	18,44	18,20	+29,1%
9а		Био	23,79	23,45	22,90	23,84	23,50	
10	1/3	Контроль	19,89	20,20	20,32	20,00	20,10	+13,4
10а		Био	22,57	23,00	22,90	22,71	22,80	
11	½	Контроль	24,78	25,35	24,90	25,36	25,10	+14,6
11а		Био	28,70	28,60	29,30	28,45	28,76	
12	1	Контроль	28,84	30,80	29,51	29,80	29,74	+28,8
12а		Био	38,60	37,85	38,30	38,44	38,30	
НСР=0,5		Контроль	0,706					
		Био	0,527					

Данные таблицы 1 демонстрируют различную отзывчивость озимой пшеницы на испытываемые дозы МУ и зависит от фона: вида органических удобрений и биоактивации почвы микроорганизмами.

Так, прибавка урожайности озимой пшеницы на эталонном участке в 2019 г. на фоне без органических удобрений по мере увеличения доз МУ возрастала на 2,3 ц/га (1/3 доза), 5,4 ц/га (1/2 доза) и 10,1 ц/га (полная доза) по отношению к варианту без внесения удобрений.

В биологизированных вариантах отзывчивость растений на рост доз МУ заметен выше – более, чем на 4 ц/га, 8 ц/га и 11 ц/га, соответственно.

При этом важно отметить, что разница рассчитывалась от данных в варианте с нулевым фоном минеральных удобрений. Разница урожая, вызванная

биоактивацией почвы в варианте, изначально составляла 10,8 %.

Положительное влияние биоактивации почвы на урожайность при различном уровне удобрённости проявилось и на фоне органических удобрений. Рост урожайности в контрольном варианте составил 2,7; 6,2 и 12,1 ц/га. В то же время внесение биопрепаратов способствовало получению дополнительных 2,7; 8,2 и 18,0 ц/га зерна. Так же, как и в варианте без органических удобрений, расчет велся от цифр, приведенных в варианте без минеральных удобрений, где разница изначально составляла уже 19 %. Это демонстрирует высокую эффективность биопрепаратов на почвах, удобренных навозом, и подтверждает, что органическое вещество почвы, находящееся в лабильной форме, положительно влияет на почвенную биоту, для которой оно является энергетическим материалом.

Показательно влияние приема биоактивации унавоженной почвы на отзывчивость растений (варианты 5...8). Изменение урожайности в не активированной почве (варианты 1...4) составило: 0,3; 0,7; 1,1 и 2,3 ц/га по вариантам, (в среднем 1,1 ц/га).

Увеличение урожайности озимой пшеницы при биоактивации удобренной навозом почвы (варианты 5а...8а) составило: 1,8; 0,4; 1,7 и 8,4 ц/га (в среднем 3,1 ц/га).

Следует отметить, что оценку отзывчивости озимой пшеницы на исследуемые факторы корректнее проводить по отношению к базовому варианту (вариант 1), который следует рассматривать в качестве абсолютного контроля с урожайностью 17,6 ц/га. В таком случае прибавка зерна от возрастающих доз минеральных удобрений на фоне навоза при биоактивации составляет 3,7; 6,4; 11,9 и 21,7 ц/га, равное в среднем 10,9 ц/га. Внесение навоза в почву без микробиологического

обогащения (варианты 5...8) демонстрирует среднюю прибавку 5,6 ц/га.

Использование сидеральных культур в земледелии в качестве средства обогащения почвы органическим веществом является общепризнанным приемом, что положительно влияет на эффективность систем питания растений. Таблица 1 (варианты 9...12) демонстрирует эффективность зеленого удобрения, сопоставимую с внесением 50 т/га навоза за ротацию. Прибавка урожая при возрастающих дозах минеральных удобрений по сравнению с вариантом без удобрений (17,6 ц/га) составляет 0,6; 2,5; 7,5 и 12,1 ц/га, в среднем 5,7 ц/га.

Биологическая активация (варианты 9а...12а) так же, как и в случае с навозом и на фоне без органических удобрений значительно повышает отзывчивость растений озимой пшеницы на возрастающие дозы МУ на фоне озимого рапса. Прибавка по вариантам составила: 5,9; 5,2; 11,2 и 20,7 ц/га, в среднем 10,8 %.

Таблица 2. Урожайность озимой пшеницы при возрастающих дозах минеральных удобрений, 2020 г.

Варианты	На фоне без органических удобрений							Разница, %
	Фактор М.У.		Повторности				Среднее	
			1	2	3	4		
1	0	Эталон	23,70	24,00	23,90	23,60	23,80	+63,4
1а		Био	39,80	38,80	38,60	38,40		
2	1/3	Эталон	25,50	25,65	25,84	25,81	25,70	+10,5
2а		Био	28,41	28,30	28,35	28,54		
3	½	Эталон	33,92	33,85	33,94	33,89	33,90	+51,3
3а		Био	51,23	51,40	51,35	51,22		
4	1	Эталон	32,30	32,70	33,00	32,40	32,60	+32,8
4а		Био	43,02	43,20	43,50	43,48		
НСР=0,5		Эталон	0,308					
		Био	0,522					
	На фоне органического удобрения (Навоз, 50 т/га)							Разница, %
	Фактор М.У.		Повторности				Среднее	
			1	2	3	4		
5	0	Эталон	30,50	30,40	30,80	30,70	30,60	+19,8
5а		Био	35,60	35,64	35,64	35,70		
6	1/3	Эталон	29,00	28,80	28,35	28,25	28,60	+26,2
6а		Био	35,84	36,04	36,20	36,32		
7	½	Эталон	42,35	42,10	42,30	42,05	42,20	+2,6
7а		Био	43,52	42,95	43,33	43,40		
8	1	Эталон	45,79	45,70	45,83	45,88	45,80	+2,2
8а		Био	47,0	47,15	46,85	46,20		
НСР=0,5		Эталон	0,335					
		Био	0,455					
	На фоне органического удобрения (Сидераты)							Разница, %
	Фактор М.У.		Повторности				Среднее	
			1	2	3	4		
9	0	Эталон	16,43	16,49	16,56	16,52	16,50	+58,8
9а		Био	26,20	25,85	26,30	26,45		
10	1/3	Эталон	25,57	25,81	26,00	25,42	25,70	+27,6
10а		Био	32,90	33,10	32,96	32,24		
11	½	Эталон	40,91	40,79	40,50	40,60	40,70	+17,8
11а		Био	47,85	48,12	47,99	47,86		
12	1	Эталон	45,14	45,37	45,40	45,29	45,30	+6,8
12а		Био	48,70	48,62	48,24	48,04		
НСР=0,5		Эталон	0,263					
		Био	0,439					

Данные таблицы 2 подтверждают, что биологическая активность почвы в условиях проведения исследования является фактором, существенно лимитирующим урожайность озимой пшеницы. Учитывая доступность приема внесения микроорганизмов в

почву, его можно оценивать как один из наиболее экономически эффективных приемов. Экономическая оценка приведена в ранее опубликованной работе авторов [20]. В зависимости от вариантов опыта 1 рубль затрат на прием повышения биологической

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

активности почвы посредством внесения биопрепаратов окупался 10,7 рублями.

Важным условием для подтверждения результативности того или иного агротехнического приема является его оценка на протяжении нескольких лет. В связи с этим приведены данные влияния биоактивации почвы на урожайность озимой пшеницы при тех же факторах за 2020 и 2021 гг.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о сохранении тенденции роста урожайности 2019 года от интенсивности минеральной системы питания на разных фонах органических удобрений. Урожайность растет как на эталонных, так и биоактивированных участках.

Урожайность в варианте без органических удобрений (эталон) в 2020 г. в среднем более, чем на 24 % выше, чем в 2019 г. Несмотря на более высокие показатели урожая 2020 г., отзывчивость растений озимой пшеницы на увеличение дозы минеральных удобрений было ограниченным. Так повышение дозы минеральных удобрений с ½ (вариант 3) до полной дозы (вариант 4) повлекло за собой

снижение урожая на 1,3 ц/га Аналогичный случай отмечается и на участке с биоактивацией. Полная доза минеральных удобрений (вариант 3а) демонстрирует прибавку урожая по отношению к контролю 4,4 ц/га, в то время, как внесение ½ дозы повышает урожайность на 12,4 ц/га. Следовательно, причиной ограничения урожайности в данном случае являлись другие факторы. Возможно, это связано с повышенной концентрацией минеральных веществ в корневой.

Фактор органических удобрений в виде навоза влечет за собой увеличение урожайности на эталонном участке (варианты 5...8) в среднем на 27 % (~37 ц/га). На участке с внесением микроорганизмов (варианты 5а...8а) средняя урожайность равна 40,5 %, как и в случае с урожайностью на фоне без органических удобрений. Единственным отличием является то, что отзывчивость озимой пшеницы на рост доз МУ проявляется на всех вариантах опыта. Положительный эффект приема биоактивации почвы проявился в виде повышения урожайности по вариантам на: 5,2; 7,5; 2,5 и 3,0 ц/га.

Таблица 3. Урожайность оз. пшеницы с возрастающими дозами минеральных удобрений, 2021 г.

		На фоне без органических удобрений					
Фактор М.У.		Повторности				Среднее	Разница, %
		1	2	3	4		
0	Эталон	19,75	18,34	19,30	18,65	19,01	+19
	Био	21,93	23,20	22,89	22,77	22,70	
1/3	Эталон	20,05	21,77	20,45	21,83	21,03	+17,9
	Био	25,40	24,42	24,19	25,31	24,8	
½	Эталон	24,09	24,20	23,29	25,96	24,4	+21,7
	Био	30,4	29,47	28,98	29,93	29,7	
1	Эталон	28,19	28,93	28,27	29,03	28,6	+14,0
	Био	33,0	33,17	32,50	31,72	32,6	
НСР=0,5	Эталон					1,263	
	Био					0,933	
		На фоне органического удобрения (Навоз, 50 т/га)					
Фактор М.У.		Повторности				Среднее	Разница, %
		1	2	3	4		
0	Эталон	26,17	24,58	24,54	25,80	25,3	+10,8
	Био	27,95	28,04	27,87	28,26	28,03	
1/3	Эталон	26,61	28,05	25,82	26,36	26,7	+11,6
	Био	28,98	30,01	30,37	29,90	29,8	
½	Эталон	30,38	28,01	29,43	30,09	29,5	+15,0
	Био	34,0	34,24	33,48	33,93	33,91	
1	Эталон	31,77	32,96	32,91	32,88	32,6	+13,7
	Био	37,7	36,12	36,96	37,45	37,06	
НСР=0,5	Эталон					1,346	
	Био					0,756	
		На фоне без органического удобрения (Сидераты)					
Фактор М.У.		Повторности				Среднее	Разница, %
		1	2	3	4		
0	Эталон	22,14	21,40	23,77	22,00	22,33	+19,2
	Био	27,12	26,78	25,85	26,72	26,62	
1/3	Эталон	23,85	23,98	22,24	23,44	23,38	+16,1
	Био	27,11	26,93	27,43	27,14	27,15	
½	Эталон	27,09	25,35	26,83	25,00	26,07	+13,6
	Био	29,70	28,97	29,51	30,26	29,61	
1	Эталон	28,84	30,80	29,51	29,80	29,74	+12,3
	Био	33,04	32,82	33,69	34,05	33,40	
НСР=0,5	Эталон					1,423	
	Био					0,748	

Примечательным является действие зеленого удобрения на урожайность при разном уровне МУ (табл. 2). Так, при более низкой урожайности озимой пшеницы при запашке сидератов на нулевом фоне (вар. 9) минеральных удобрений урожайность существенно ниже (16 ц/га), чем на нулевом фоне (вариант 2) без внесения органических удобрений (23,8 ц/га). Но урожайность начинает заметно расти, проявляя высокую отзывчивость на увеличение дозы минеральных удобрений. На фоне 1/3 дозы разница (варианты 10 и 2) сравнивается, а уже на фоне 1/2 (варианты 11 и 3) и полной дозы (варианты 12 и 4) разница составляет 8,1 и 12,7 ц/га.

Биоактивация так же, как и в предыдущих вариантах демонстрирует высокую эффективность на фоне сидератов. Разница средней урожайности по отношению к вариантам без активации (32,0 ц/га) составляет 20 %, при среднем значении 38,4 ц/га.

Данные исследований 2020 г., приведенные в таблице 3, подтверждают справедливость утверждения того, что с увеличением объемов применения минеральных удобрений продуктивность агроценозов повышается неадекватно. При этом возникает противоречие между величиной урожая и его качеством, высокой устойчивостью растений к неблагоприятным условиям произрастания [21].

В 2021 г. закономерности увеличения урожайности озимой пшеницы в зависимости от рассматриваемых факторов оказались аналогичными, что и в предыдущие годы наблюдений (табл. 3).

Как на эталонном участке, так и на участке с биоактивацией почвы во всех вариантах опыта с органическими удобрениями зафиксирован рост урожайности озимой пшеницы от возрастающих доз МУ.

Среди различий по годам исследований можно отметить, что отзывчивость озимой пшеницы на прием биоактивации почвы в 2021 г. оказалась ниже, чем в 2019–2020 гг. Так увеличение урожая на фоне без органических удобрений при возрастающих дозах минеральных (варианты 1...4) варьировало в пределах 14,0...21,7 %. В 2019 и 2020 г. этот показатель демонстрировал цифры в 13,4...29,1 % и 10,5...63,4 % соответственно.

На фоне внесенного навоза (50 т/га) в 2021 г. обогащение почвы микроорганизмами позволило увеличить урожайность на 10,8...15,0 % (варианты 5а...8а) против 16,5...31,0 % и 2,2...26,2 % в предыдущие годы.

В вариантах с заделкой озимого рапса в качестве сидератов наибольшая прибавка от биоактивации почвы была продемонстрирована в 2020 г. – 6,8...58,8 %. В 2019 г. урожайность по вариантам колебалась в пределах 14,6...29,1 %, а в 2021 г. в пределах 12,3...19,2 %.

С целью визуализации изменения урожайности озимой пшеницы в динамике под действием различных факторов приведены диаграммы (рис.1...3).

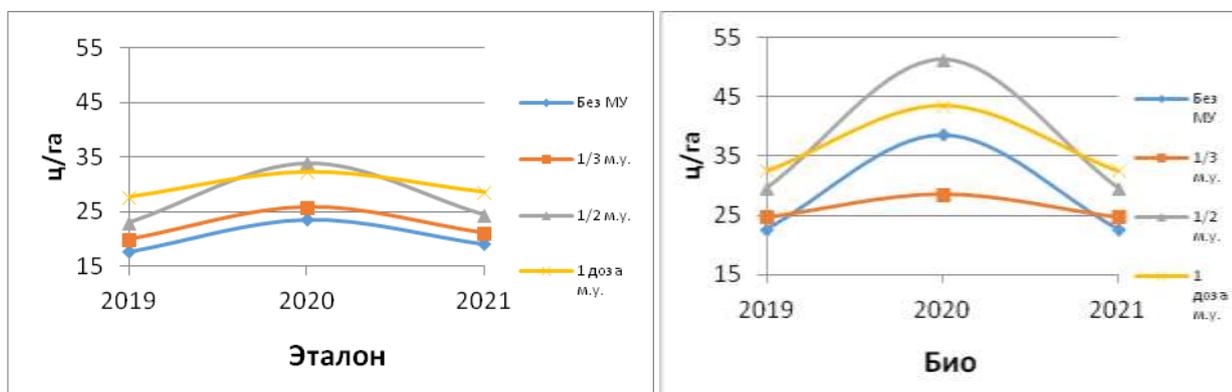


Рис. 1. Динамика урожайности оз. пшеницы на фоне без органических удобрений

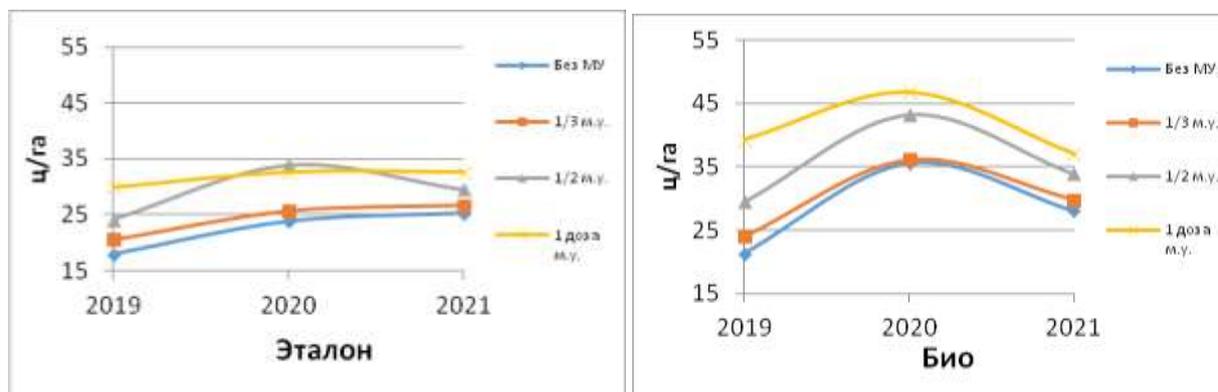


Рис. 2. Динамика урожайности оз. пшеницы на фоне органических удобрений (навоз, 50 т/га)

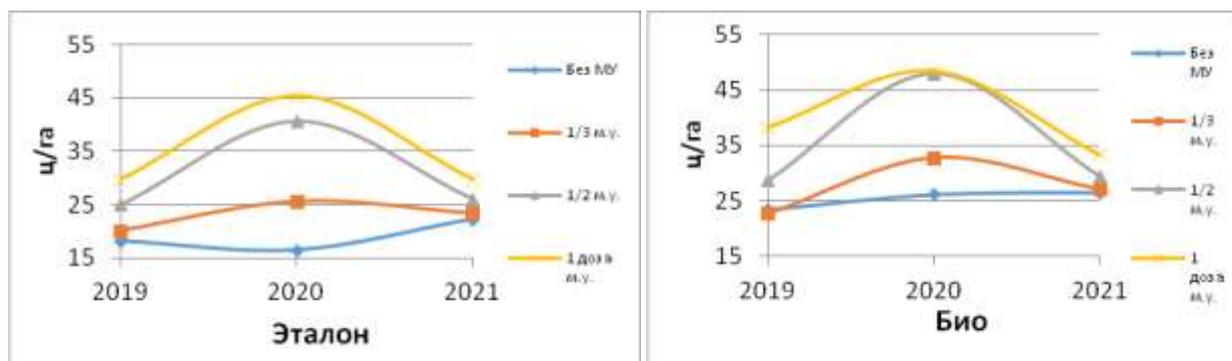


Рис. 3. Динамика урожайности оз. пшеницы на фоне органических удобрений (сидераты /оз. рапс)

Данные таблиц 1-3 и рисунков 1-3 демонстрируют положительное влияние предпосевного внесения в почву микробиологических препаратов на урожайность зерна озимой пшеницы. Об универсальности действия этого приема можно судить по его эффективности при различных условиях производства и многофакторности развития растений озимой пшеницы, в том числе при различиях в климатических особенностях годов проведения эксперимента.

Обсуждение

Представленные результаты исследования подтверждают имеющиеся в научной литературе данные о ключевой роли биологических факторов в формировании повышенных и стабильных урожаев [21, 22]. Как следствие можно утверждать, что дальнейшая интенсификация отрасли растениеводства

тесно связана с повышением биоресурсного потенциала почвы.

Заключение

Выявлен фактор, существенно ограничивающий уровень реализации генетического потенциала озимой пшеницы, которым служит биологическая активность почвы. Включение в систему питания эффективных штаммов агрономически ценных групп микроорганизмов, которые по факту могут быть отнесены к разряду микробиологических удобрений, позволили за 3 года (2019-2021 гг.) в среднем повысить урожай озимой пшеницы в условиях опытного поля института сельского хозяйства КБНЦ РАН на 12,1...27,2 %. В отдельных вариантах опыта средняя прибавка достигала 34,4 %.

Литература

1. Сычев В. Г., Шафран С. А., Ильющенко И. В. Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России // Плодородие. 2022. №3. С. 3-6. doi: 10.25680/S19948603.2022.126.01
2. Эффективность минеральных удобрений при различных способах обработки почвы / В.И. Турусов, В.М. Гармашов // Агрехимия. 2020. №12. С.19-27. doi: 10.31857/S0002188120120121
3. Шафран С. А. Оценка величины прибавки урожая полевых культур по индексу эффективности минеральных удобрений // Агрехимия. 2022. № 9. С. 38-46. doi 10.31857/S0002188122090101
4. Войтович Н. В., Андреева С. С., Шафран С. А. Ассортимент минеральных удобрений и экономическая эффективность их применения: Научн. основы и рекомендации. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2005. 127 с.
5. Влияние органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения на свойства почвы и урожайность озимой пшеницы в Среднем Поволжье / А.Х. Куликова, Е. А. Яшин, А.Е. Яшин и др. // Агрехимия. 2022. № 2. С. 13-21. doi 10.31857/S0002188122020089
6. Фролова Л. Д., Новиков М. Н. Биологизация земледелия как фактор оптимизации кормовых севооборотов с кукурузой в Нечерноземной зоне // Агрехимия. 2020. №4. С. 13-18. doi 10.31857/S0002188120040055
7. Федорова К. В. Сравнительная характеристика микробиологических свойств почв до и после внесения удобрений // Проблемы экологии Южного Урала: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию кафедры биологии и почвоведения, Оренбург, 20 - 21 октября 2021 года. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. С. 223-225.
8. Кузьменко Н. Н. Мониторинг гумуса дерново-подзолистой почвы при применении разных систем удобрений // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 9. С. 181-184.
9. Влияние длительного применения и последствия различных систем удобрения на кислотность, содержание и качественный состав органического вещества почвы / К. П. Хайдуков, Л. К. Шевцова, А.А. Коваленко и др. // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 30-33.
10. Чевердин А. Ю., Чевердин Ю. И., Сауткина М. Ю. Влияние бактериальных удобрений на микробиологическую активность чернозема сегрегационного в посевах ярового ячменя // Агрехимия. 2023. № 11. С. 29-35. doi: 10.31857/S0002188123110042

11. Влияние многолетнего применения минеральных удобрений и навоза на агрохимические свойства серой лесной почвы, продуктивность культур и секвестрацию углерода⁵ / Н. Б. Зинякова, Д. А. Соколов, Т. Н. Лебедева и др. // *Агрохимия*. 2024. № 4. С. 14-34. doi: 10.31857/S0002188124040033
12. Симонович Е. И. Об эффективности биологических активаторов почвенного плодородия («Весна», «Белогор») // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 2009. № 6. С. 66-69.
13. 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.
14. Макарова З. И., Поисеев И. И. Качественная оценка пахотных угодий // *Инновационные подходы в современной науке: сборник статей по материалам XLIII международной научно-практической конференции, Москва, 05 апреля 2019 года. Том 7 (43)*. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2019. С. 53-60.
15. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н., Русакова А. А. Агроэкологическое обоснование использования микробиологических препаратов в качестве деструкторов соломы озимой пшеницы в условиях черноземных почв Курской области // *Агрохимия*. 2021. № 2. С. 71-77. doi:10.31857/S0002188121020083
16. Куликова А. Х., Сайдяшева Г. В. Эффективность биомодифицированных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на черноземах лесостепи Поволжья // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. №4 (52). С. 73-79.
17. 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. 55-65.
18. 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.
19. 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.
20. Изучение влияния эндофитных бактерий рода *Bacillus* на рост и стрессоустойчивость проростков яровой пшеницы и сои / Г. Х. Шаймуллина, Р. И. Сафин, О. А. Егорова и др. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 18, № 4(72). С. 53-59. doi: 10.12737/2073-0462-2023-53-59.
21. Gladstones J. S. Thenarrow-leafed *L. upinin* Western Australia (*L. angustifolius*) // *Bull. West. AustralDep. JfAgr.* 1977. Vol. 3990. P.14.
22. Популяризация биологизированной системы земледелия на аэроландшафтной основе на базе длительных стационарных опытов Кубанского ГАУ: научно-практический проект. / А. И. Трибулин, В. П. Василько, А. В. Загоруйко и др. Краснодар: КубГАУ. 2016. 32 с.

References

1. Sychev V. G., Shafran S. A., Ilyushenko I. V. The application of mineral fertilizers and their effectiveness in various zones of Russia // *Soil Fertility*. 2022. No. 3. P. 3-6. doi: 10.25680/S19948603.2022.126.01
2. Turusov V.I., Garmashov V.M. Efficiency of mineral fertilizers under various methods of soil cultivation // *Agrochemistry*. 2020. No. 12. P. 19-27. doi: 10.31857/S0002188120120121
3. Shafran S. A. Estimation of yield increase of field crops by efficiency index of mineral fertilizers // *Agrochemistry*. 2022. No. 9. P. 38-46. doi 10.31857/S0002188122090101
4. The range of mineral fertilizers and economic efficiency of their usage: Scientific foundations and recommendations / N.V. Voitovich, S.S. Andreeva, S.A. Shafran. M.: Research Institute of Agriculture of the Central Regions of the Non-Black Soil Zone, 2005. 127 p.
5. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilization systems on soil properties and winter wheat yield in the Middle Volga region / A.Kh. Kulikova, E.A. Yashin, A.E. Yashin, et al. // *Agrochemistry*. 2022. No. 2. P. 13-21. doi 10.31857/S0002188122020089
6. Frolova L. D., Novikov M. N. Biologization of agriculture as a factor in improvement of feed crop rotations with corn in the Non-Black soil zone // *Agrochemistry*. 2020. No. 4. P. 13-18. doi 10.31857/S0002188120040055
7. Fedorova K. V. Comparative characteristics of the microbiological properties of soils before and after fertilization // *Problems of ecology of the Southern Urals: collection of materials of the X All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 25th anniversary of the Department of Biology and Soil Science, Orenburg, October 20-21, 2021*. Orenburg: Orenburg State University, 2021. P. 223-225.
8. Kuzmenko N. N.. Monitoring of humus of sod-podzolic soil when using different fertilizer systems // *Successes of modern science*. 2017. Vol. 2. No. 9. P. 181-184.
9. The effect of long-term usage and aftereffect of various fertilizer systems on the acidity, content and qualitative composition of soil organic matter / K. P. Khaidukov, L. K. Shevtsova, A. A. Kovalenko, et al. // *Soil Fertility*. 2014. No. 1 (76). P. 30-33.

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

10. Cheverdin A. Yu., Cheverdin Yu. I., Sautkina M. Yu. The effect of bacterial fertilizers on microbiological activity of segregation black soil in spring barley crops // *Agrochemistry*. 2023. No. 11. P. 29-35. doi: 10.31857/S0002188123110042
11. The effect of long-term usage of mineral fertilizers and manure on agrochemical properties of gray forest soil, crop productivity and carbon sequestration⁵ / N. B. Zinyakova, D. A. Sokolov, T. N. Lebedeva, et al. // *Agrochemistry*. 2024. No. 4. P. 14-34. doi: 10.31857/S0002188124040033
12. Simonovich E. I. On the effectiveness of biological activators of soil fertility ("Vesna", "Belogor") // *Izvestiya of universities. North Caucasian region. Series: Natural sciences*. 2009. No. 6. P. 66-69.
13. Leshkenov A. M., Zanirov A. Kh. Influence of bioactivation of soil on efficiency of mineral and organo-mineral fertilizer systems and productivity of winter wheat // *Vestnik of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2021. No. 2 (100). P. 39-49.
14. Makarova Z. I., Poiseev I. I. Qualitative assessment of arable land // *Innovative approaches in modern science: collection of articles based on the materials of the XLIII international scientific and practical conference, Moscow, April 5, 2019*. Vol. 7 (43). Moscow: Limited Liability Company "Internauka", 2019. P. 53-60.
15. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N., Rusakova A. A. Agroecological justification for usage of microbiological preparations as destructors of winter wheat straw in the conditions of black soils of Kursk region // *Agrochemistry*. 2021. No. 2. P. 71-77. doi: 10.31857 / S0002188121020083
16. Kulikova A. Kh., Saydyasheva G. V. Efficiency of biomodified mineral fertilizers in cultivation of agricultural crops on black soils of the forest-steppe of the Volga region // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020. No. 4 (52). P. 73-79.
17. Leshkenov A. M., Bizhueva T. P. The role of bacterial and fungal preparations in increasing soybean yields in arid climatic conditions of the flat part of the Central Ciscaucasia // *Vestnik of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 2 (94). P. 55-65.
18. Anisimov L. G., Zanirov A. Kh. Efficiency of pre-sowing soil treatment with a bacterial-algal complex // *Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects*. 2017. No. 3 (15). P. 95-101.
19. Leshkenov A. M., Zanirov A. Kh. The effect of soil bioactivation on the efficiency of mineral and organo-mineral fertilizer systems and the productivity of winter wheat // *Vestnik of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2021. No. 2 (100). P. 39-49.
20. Study of the influence of endophytic bacteria of the genus bacillus on the growth and stress resistance of spring wheat and soybean seeds / G. Kh. Shaymullin, R. I. Safin, O. A. Egorova, et al. // *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2023. Vol. 18. No. 4 (72). P. 53-59
21. Gladstones J. S. Thenarrow-leafedL upinin Western Australia (L.angustifolius) // *Bull. West. AustralDep. jfAgr*. 1977. Vol. 3990. P.14.
22. Popularization of biologized farming system on an aerolandscape basis based on long-term stationary experiments of the Kuban State Agrarian University: scientific and practical project. / A.I. Tribulin, V.P. Vasilko, A.V. Zagorulko, et al. Krasnodar: KubSAU. 2016. 32 p.