

Агроэкологическая эффективность приема биоактивации почвы при минеральной системе питания озимой пшеницы на фоне последствия сидератов

А. М. Лешкенов¹, А. Х. Занилов^{2,3}, С. Р. Конова¹

¹ Институт сельского хозяйства –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224

² Научно-образовательный центр
Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

³ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Аннотация. В статье проведена агроэкологическая оценка эффективности приема предпосевного внесения консорциума полезных групп почвенных микроорганизмов как средства повышения биологической активности почвы. Исследования проводились на фоне последствия сидерата и возрастающих доз минеральных удобрений. Авторами ставилась цель установить степень влияния приема биоактивации почвы на показатель интенсивности дыхания почвы, содержание органического вещества почвы и урожайность озимой пшеницы. Положительное влияние приема обогащения почвы микроорганизмами на ее биологическую активность проявилось в виде повышения интенсивности дыхания почвы на 19,6–27,3 %. В результате исследования получены достоверные данные о тесной корреляционной связи между биологической активностью почвы и урожайностью озимой пшеницы ($r = 0,994$). Прием обеспечил существенную прибавку к абсолютному контролю в цифрах от 33,7 до 110,5 % в зависимости от уровня обеспеченности почвы минеральными удобрениями. Также достигнут средний прирост органического вещества почвы – 0,13 %. Прием может быть рекомендован как эффективное средство повышения биологической активности и увеличения продуктивности озимой пшеницы.

Ключевые слова: сидераты, микроорганизмы, дыхание почвы, органическое вещество, урожайность

Поступила 29.03.2023,

одобрена после рецензирования 07.04.2023,

принята к публикации 12.04.2023

Для цитирования. Лешкенов А. М., Занилов А. Х., Конова С. Р. Агроэкологическая эффективность приема биоактивации почвы при минеральной системе питания озимой пшеницы на фоне последствия сидератов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 2(112). С. 39–49. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-2-112-39-49

Original article

Agroecological efficiency of soil bioactivation in the mineral nutrition system of winter wheat against the background of green manure aftereffect

A.M. Leshkenov¹, A.Kh. Zanirov^{2,3}, S.R. Konova¹

¹ Institute of Agriculture –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street

² Scientific and Educational Center
Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

³ Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov
360004, Russia, Nalchik, 173 Chernyshevsky street

Abstract. In the article, an agroecological assessment of the effectiveness of the pre-sowing application of a consortium of useful groups of soil microorganisms as a means of increasing the biological activity of the soil was carried out. The studies were carried out against the background of the aftereffect of green manure and increasing doses of mineral fertilizers. The authors set a goal to establish the degree of influence of soil bioactivation on the indicator of soil respiration intensity, the content of soil organic matter and the yield of winter wheat. The positive effect of soil enrichment with microorganisms on the biological activity of the soil manifested itself in the form of an increase in the intensity of soil respiration by 19.6–27.3%. As a result of the study, reliable data were obtained on a close correlation between the biological activity of the soil and the yield of winter wheat ($r=0.994$). The reception provided a significant increase in absolute control in numbers from 33.7 to 110.5%, depending on the level of supply of mineral fertilizers in the soil. Also, an average increase in soil organic matter was achieved – 0.13%. This method can be recommended as an effective means of increasing the biological activity and increasing the productivity of winter wheat.

Keywords: Green manure, microorganisms, soil respiration, organic matter, productivity

Submitted 29.03.2023,

approved after reviewing 07.04.2023,

accepted for publication 12.04.2023

For citation. Leshkenov A.M., Zanirov A.Kh., Konova S.R. Agroecological efficiency of soil bioactivation in the mineral nutrition system of winter wheat against the background of green manure aftereffect. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 2(112). Pp. 39–49. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-2-112-39-49

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность приема внесения зеленых удобрений в земледелии была установлена отечественными исследователями еще в начале XX века, а термин «сидерация» широко использовали такие известные классики-ученые, как академики Д. Н. Прянишников, В. Р. Вильямс и др. [1]. К. А. Тимирязев предпочитал использовать термин «зеленое удобрение» [2], хотя сути это не меняет, и данные термины рассматриваются как синонимы [3].

Актуальность использования сидератов была всегда связана с приемлемым уровнем экономических затрат на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и поддержание почвенного плодородия. Такие факторы, как нехватка органических удобрений в виде навоза и большие затраты на его внесение не позволяют обеспечить бездефицитный баланс органического вещества в почве. Внедрение в структуру посевных площадей сидеральных культур отчасти позволяет удовлетворить потребности возделываемых сельскохозяйственных культур севооборота в элементах питания и получать высокие урожаи [4].

По словам Д. Н. Прянишниковой, зеленое удобрение необходимо для обогащения почвы органическим веществом, в то время как навоза по той или иной причине не хватает. В сочетании с другими органическими и минеральными удобрениями зеленое удобрение в качестве одного из элементов системы удобрения должно стать весьма мощным средством поднятия урожаев и повышения плодородия почв [5]. Сравнительная оценка многолетних данных (2007–2015 гг.) экономической эффективности использования подстилочного навоза и сидерата на базе Владимирского научно-исследовательского института сельского хозяйства выявила, что затраты на внесение в почву сидератов до 3,9 раза ниже, чем на внесение навоза [6].

Органические вещества, получаемые в результате минерализации зеленого удобрения, можно рассматривать как резерв необходимых растениям питательных элементов. При заделке в почву сидератов трансформация в усвояемую форму происходит постепенно^{1,2}, в течение всего вегетационного периода [7].

В силу биологических особенностей особый интерес вызывают крестоцветные культуры для использования в промежуточных посевах. Их ценными свойствами являются холодостойкость, короткий вегетационный период, способность интенсивно наращивать биомассу, высокая концентрация в зеленой массе протеина, сравнительно низкие затраты на их возделывание и универсальность для различных регионов [8]. Яровой рапс, используемый в качестве зеленого удобрения, способствует мобилизации почвенных фосфатов и росту доли гумуса [9].

Важным показателем эффективности сидератов, кроме повышения урожайности, является их влияние на биологическую активность почвы [10]. Последствие проявляется после заделки рапса и на второй год. Численность дождевых червей возрастает на 80%.

Влияние сидератов на биологическую активность почвы связана и с повышением целлюлозоразлагающей активности. Считается, что сидераты создают высокий фон биологической активности в почве, в результате чего происходит ускоренная минерализация органических компонентов. Этому способствует узкое соотношение углерода с азотом 10–12:1. Последствие сидератов заключается в сохранении высокой целлюлозоразлагающей активности через некоторое время после его заделки. Так, интенсивность разложения пожнивных остатков ячменя и овса составляла 55–65 %, в то время как минеральные подкормки демонстрировали 42–47 %. В отсутствие удобрений и без сидератов деструкция остатков достигала 36 % [11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в 2019–2021 гг. на участке многолетних исследований Института сельского хозяйства КБНЦ РАН, заложенном в 1979 г. (Геосеть многолетних опытов, № 82) в девятипольном зернопропашном севообороте. Повторность опыта четырехкратная. Агроэкологическая эффективность последствия сидератов (на второй год внесения) оценивалась по влиянию на биологическую активность почвы (базальное дыхание) и по изменению содержания органического вещества в ней. Биоактивация участка осуществлялась посредством предпосевного внесения эффективных штаммов микроорганизмов в почву штанговым опрыскивателем. Для биоактивации использовались 2 вида бактерий (*Pseudomonas fluorescence* um. FH-33, *Azotobacter vinelandii* um. ИБ-4) с концентрацией $2\text{--}4 \times 10^9$ в норме 2 л/га и 2 вида грибов-антагонистов рода *Trichoderma harzanium* и *Trichoderma viridae* с аналогичной концентрацией живых клеток и объемом [12]. На фон органических удобрений накладывались варианты с растущими дозами минеральных удобрений: 0; 1/3; 1/2 и полная расчетная доза. Расчет дозы удобрений (полная расчетная доза) проводился балансовым методом, учитывающим запас элементов питания в почве и вынос панируемой урожайностью.

¹ Органическое земледелие: дождевые черви – основной индикатор плодородия [Электронный ресурс]. <http://www.wikistroi.ru/story/garden/orghanichieskoie-ziemliedieliie-dozhdiemyie-chiervi-2014-osnovnoi-ind>.

² Лошаков В. Г. Зеленое удобрение – значение и перспективы сидерации [Электронный ресурс]. <https://agbz.ru/articles/sideratsiya/>.

Таблица 1. Расчетная доза минеральных удобрений NPK по годам исследований**Table 1.** Estimated dose of NPK mineral fertilizers by years of research

Год	NPK основное	N подкормка
2018–2019	60:60:60	34
2019–2020	157:72:72	51
2020–2021	90:120:60	34

Дыхание почвы определяли методом титрования уловленного в закрытой колбе углекислого газа слабым раствором щелочи на протяжении 24 часов [13]. Содержание органического вещества определялось по методу Тюрина. Математическая обработка данных проводилась по Б. А. Доспехову с использованием программного комплекса статистической обработки экспериментальных данных Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Биологическая активность почв тесно связана с интенсивностью биохимических реакций в почве, и несмотря на то, что данная характеристика почвы при оценке плодородия широко не используется, учеными отмечаются ее тесная корреляционная зависимость с плодородием [14, 15] и положительное влияние на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Биологическая активность оценивается несколькими основными параметрами: ферментативной активностью, общим микробным числом, целлюлозоразлагающей способностью и др. Но в качестве интегрального показателя биологической активности почвы чаще всего используется показатель интенсивности эмиссии CO_2 – дыхание почвы, который тесно коррелирует с интенсивностью разложения целлюлозы в ней [16]. Вклад микробного дыхания в общую эмиссию диоксида углерода из почвы оценивается в среднем выше 50 % и зависит от типа растительности и зоны их произрастания [17].

Интенсивность дыхания почвы по годам может отличаться в зависимости от ряда условий, включая погодно-климатические характеристики периода наблюдений, биологические особенности основной и предшествующей культуры, агротехнические приемы, виды удобрений и др. В результате проведенной работы было выявлено положительное влияние приема биоактивации почвы на интенсивность ее дыхания.

Из таблицы 2 видно, что влияние приема биоактивации почвы на уровень ее биологической активности (дыхание почвы) во многом зависит от года наблюдений.

Таблица 2. Дыхание почвы на фоне органических удобрений, $\text{mgCO}_2/1 \text{ г почвы/сутки}$ **Table 2.** Soil respiration against the background of organic fertilizers, $\text{mgCO}_2/1 \text{ g soil/day}$

Сидерат	2019 год									
	ЭТАЛОН					БИО				
	повторность				среднее	повторность				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	19,1	18,5	18,7	18,9	18,8	20	20,3	20	20,5	20,2
2	19,6	19,8	19,9	19,5	19,7	20,9	21	21,3	21,2	21,1
3	18,8	18,6	19	18,8	18,8	19,9	20,2	20,4	20,3	20,2
4	18,3	18	18,4	18,5	18,3	19,5	18,7	19,4	19,2	19,2
Среднее	19,0	18,7	19,0	18,9	18,9	20,1	20,1	20,3	20,3	20,2
НСР05	0,32					0,4				

Сидерат	2020 год									
	ЭТАЛОН					БИО				
	повторность				среднее	повторность				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	13,9	14	14,6	14,3	14,2	18,5	18,2	17,9	18,6	18,3
2	16	15,7	15,2	15,5	15,6	21,1	21,4	20,9	21	21,1
3	16,6	17	16,8	17,2	16,9	22,5	23	22	22,1	22,4
4	14,3	14	14,4	14,1	14,2	20,7	21	21,5	21,2	21,1
Среднее	15,2	15,2	15,3	15,3	15,2	20,7	20,9	20,6	20,7	20,7
НСР05	0,43					0,53				
Сидерат	2021 год									
	ЭТАЛОН					БИО				
	повторность				среднее	Повторность				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	15,2	15,4	14,8	15	15,1	22,7	23	23,1	22,8	22,9
2	18,4	19	19,1	18,7	18,8	22,2	22,3	21,6	21,9	22
3	18	17,5	17,8	17,5	17,7	24	24,5	24,6	24,1	24,3
4	20,1	20,5	20,8	21	20,6	23,2	23,8	23,4	23,2	23,4
Среднее	17,9	18,1	18,1	18,1	18,1	23,0	23,4	23,2	23,0	23,2
НСР05	0,47					0,42				

Так, в 2019 году средний показатель интенсивности дыхания почвы на экспериментальном участке (Био) составил 20,2 мкг CO₂/1 г почвы/сутки, что на 7 % выше, чем на контрольном (18,9 мкг CO₂/1 г почвы/сутки).

В 2020 году отмечается увеличение разницы на 36,2 % преимущественно за счет снижения уровня биологической активности почвы на контрольном участке (15,2 мкг CO₂/1 г почвы/сутки) при увеличении на 0,5 мкг CO₂/1 г почвы/сутки по отношению к показателю 2019 года.

В 2021 году отмечено максимальное повышение биологической активности почвы, равное 23,2 мкг CO₂/1 г почвы/сутки, на экспериментальном участке (Био). На эталонном участке дыхание почвы составило 18,1 мкг CO₂/1 г почвы/сутки, разница – 28,2 %.

Тенденция роста дыхания почвы за счет приема ее биоактивации прослеживается на всех уровнях обеспечения почвы минеральными удобрениями (рис. 1).

Данные диаграммы (рис. 1) демонстрируют более значительное влияние приема биоактивации почвы на интенсивность ее дыхания, чем использование различных доз минеральных удобрений. Так, разница между минимальными и максимальными показателями (16,1–17,9 мкг CO₂/1 г почвы/час) в пределах всех исследуемых вариантов на эталонном участке составляет 10,1 %. На экспериментальном участке (Био) аналогичный параметр составил 8,1 %, при значениях 20,5–22,3 мкг CO₂/1 г почвы/сутки.

Рост интенсивности дыхания почвы под влиянием приема биоактивации почвы демонстрировал более значительные показатели – 27,3 %; 19,6 %; 25,3 % и 19,8 % соответственно вариантам с растущими дозами минеральных удобрений.

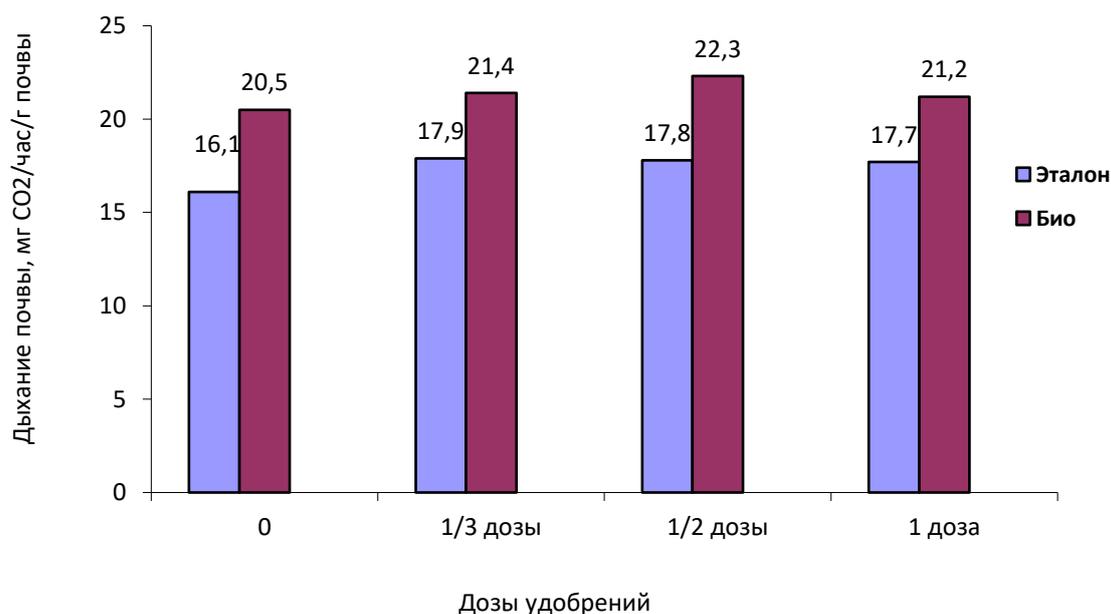


Рис. 1. Средние показатели дыхания почвы, мкг CO₂/1 г почвы/час, 2019-2021 гг.

Fig. 1. Average indicators of soil respiration, $\mu\text{g CO}_2/1 \text{ g soil/hour}$, 2019-2021

Органическое вещество почвы является общепризнанным показателем почвенного плодородия, что может быть использовано в качестве оценки агрономической эффективности как отдельных приемов в земледелии, так и их комплексных технологий.

Из данных таблицы 3 (среднее за 3 года) видно, что биоактивация почвы несущественно влияет на рост доли органического вещества в почве. Средний рост гумуса, учтенный по всем вариантам, составил 0,13 %. При этом общая закономерность изменения на фоне различных доз минеральных удобрений не отмечается (рис. 2).

Таблица 3. Влияние приема биоактивации почвы на содержание органического вещества в ней, %

Table 3. Influence of soil bioactivation meyhod on the content of organic matter in it, %

Сидерат	2019 год									
	ЭТАЛОН					БИО				
	повторность				среднее	повторность				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	3	3,1	2,9	3	3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4
2	2,1	2,2	2,3	2,2	2,2	2,7	2,6	2,5	2,6	2,6
3	2,3	2,2	2,4	2,3	2,3	2	2	1,9	2,1	2
4	2,6	2,7	2,5	2,6	2,6	3,4	3,2	3,5	3,5	3,4
Среднее	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	2,7	2,6	2,6	2,7	2,6
НСР05	0,12					0,15				

Сидерат	2020 год									
	ЭТАЛОН					БИО				
	повторность				среднее	повторность				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	2,4	2	1,8	1,8	2	2,6	2,6	2,2	2,2	2,4
2	3,5	3,6	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1	3,6	3,5	3,7
3	3,7	3,8	3,2	3,3	3,5	3	3,2	3,7	3,3	3,3
4	3,4	3,3	3,8	3,1	3,4	3,6	3,6	3,4	3,4	3,5
Среднее	3,3	3,2	3,1	2,9	3,1	3,4	3,4	3,2	3,1	3,2
НСР05	0,393					0,367				
Сидерат	2021 год									
	ЭТАЛОН					БИО				
	повторность				среднее	Повторность				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	2,4	2,6	3	2,4	2,6	2,5	2,6	3	2,3	2,6
2	2,3	2,5	2,3	2,1	2,3	2,6	3,2	2,8	2,6	2,8
3	2,9	3,4	3	2,7	3	2,9	3	3,3	2,8	3
4	2,5	2,6	2,9	2,4	2,6	2,8	3,1	2,7	2,6	2,8
Среднее	2,5	2,8	2,8	2,4	2,6	2,8	3,0	3,0	2,6	2,8
НСР05	0,377					0,392				

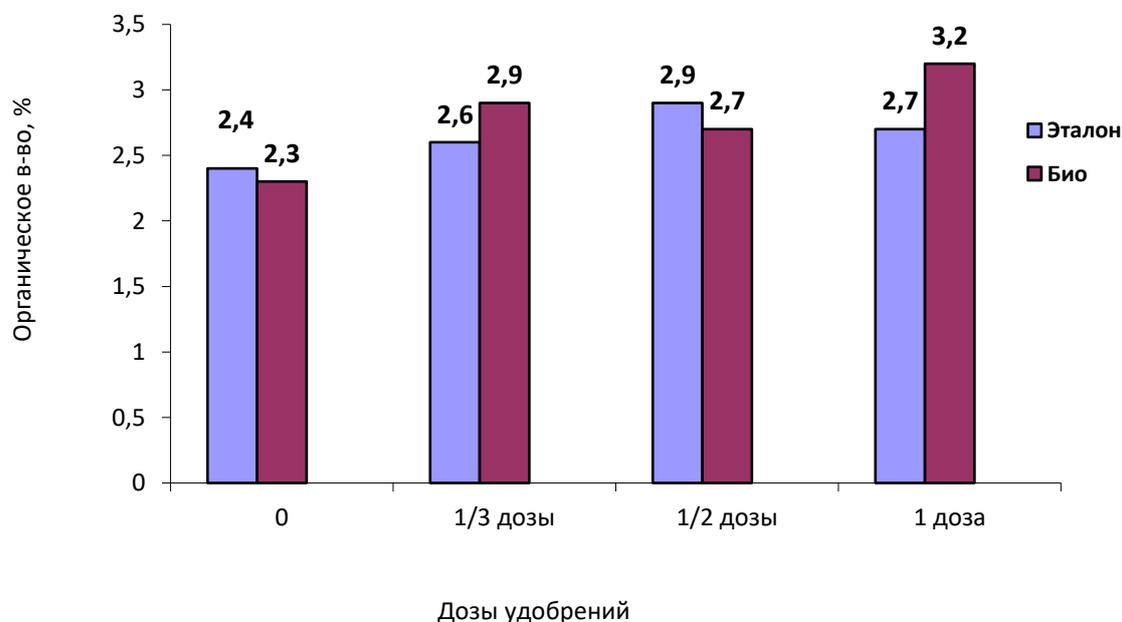


Рис. 2. Среднее содержание органического вещества, %, 2019-2021 гг.

Fig. 2. Average organic matter content, %, 2019-2021

Как видно из диаграммы (рис. 2), на биоактивированном участке без внесения минеральных удобрений и с 1/2 от расчетной дозы среднее за три года содержание органического вещества ниже на 0,1 % и 0,2 % соответственно. На участках с 1/3 от расчетной и полной дозой удобрений отмечается рост доли органического вещества на 0,3 % и 0,5 % соответственно.

Прием биоактивации почвы существенно влияет на увеличение урожайности зерна озимой пшеницы на всех уровнях обеспечения растений минеральными удобрениями (рис. 3) [18]. Коэффициент корреляции составляет $r = 0,994$.

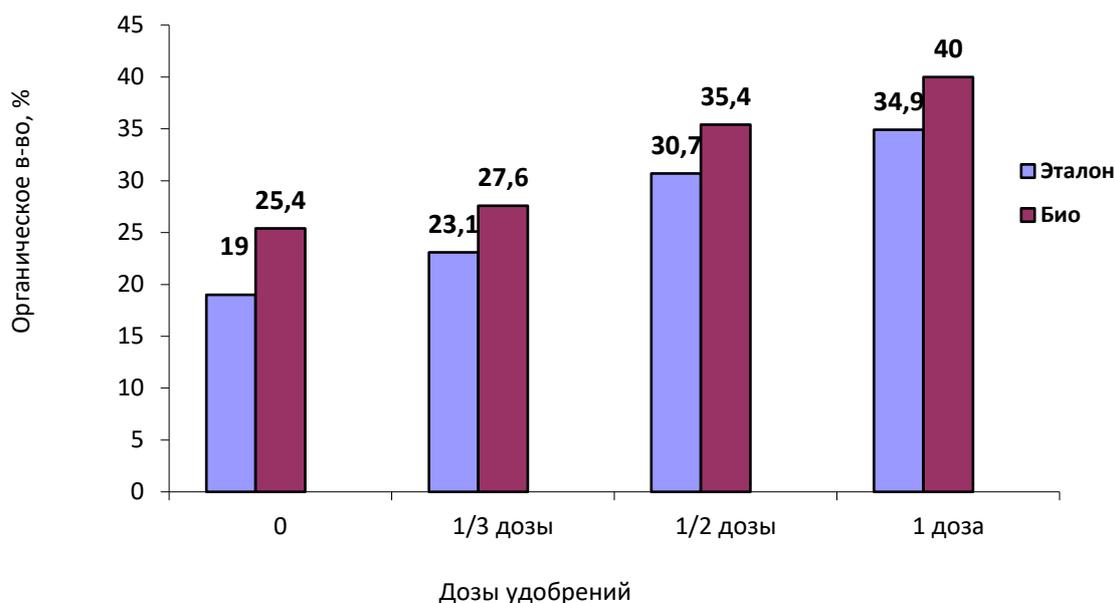


Рис. 3. Средняя урожайность оз. пшеницы, ц/га. 2019-2021 гг.

Fig. 3. Average yield of winter wheat, c/ha. 2019-2021

В зависимости от фона минеральных удобрений прибавка урожайности достигает 33,7 %; 19,5 %; 15,3 % и 14,6 % соответственно вариантам с растущими дозами минеральных удобрений.

По отношению к абсолютному контролю (вариант без минеральных удобрений и без внесения микроорганизмов) на эталонном участке внесение 1/3 расчетной дозы минеральных удобрений повышает урожайность на 21,6 %. Повышение до 1/2 и полной расчетной дозы ведет к росту урожайности до 61,6 % и 83,7 % соответственно. На биоактивированном участке прибавка по отношению к абсолютному контролю составляет 33,7 %; 42,3 %; 86,3 % и 110,5 % соответственно вариантам с количеством внесенных удобрений 0; 1/3; 1/2 и полной расчетной дозой.

ВЫВОДЫ

Прием предпосевного внесения почвенных микроорганизмов в качестве микробиологического удобрения можно рассматривать как прием биологической активации почвы. Положительное влияние выражено в увеличении значений показателя «дыхание почвы» – признанного интегрального параметра биологической активности почвы. Среднее за 3 года повышение по вариантам опыта находилось в пределах 19,6–27,3 %.

Несмотря на способность зеленых удобрений повышать целлюлозоразлагающую активность почвы, по средним данным отмечается рост доли органического вещества в почве на 0,13 % (абсолютные значения).

Максимальное положительное влияние приема биоактивации почвы при выращивании озимой пшеницы выразилось в повышении ее урожайности. В зависимости от дозы минеральных удобрений рост находился в пределах 14,6–33,7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисова Е. Е.* Применение сидератов в мире // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6(49). С. 24–33.
2. *Тимирязев К. А.* Сочинения. Т. 3. Москва: Сельхозгиз, 1936. 451 с.
3. *Довбан К. И.* Коротко о сидератах // Земледелие. № 3. 1996. С. 45–46.
4. *Стрельникова Е. А., Горлова Л. А., Бочкарева Э. Б., Трубина В. С.* Масличные капуста культуры – перспективный высокоэффективный сидерат // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. № 12–1. 2018. С. 125–131.
5. *Мальцев В. Ф., Каюмов М. К.* Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России. Москва: Росинформагротех, 2002. 576 с.
6. *Коновалова Л. К., Окорков В. В., Винокуров И. Ю.* Сравнительная оценка экономической эффективности использования органических удобрений и сидератов // Владимирский земледелец. 2019. № 3. С. 43–47. DOI:10.24411/2225-2584-2019-10081.
7. *Акинчин А. В., Кузнецова Л. Н., Линков С. А.* Формирование урожая и качества силоса кукурузы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений // Кукуруза и сорго. 2012. № 3. С. 18–21.
8. *Шапкина Г. С.* Подбор культур для промежуточных посевов // Земледелие. № 10. 1990. С. 36–37.
9. *Васильев А. А.* Влияние сидератов на фитосанитарное состояние агроэкосистем картофеля // Пермский аграрный вестник. 2014. № 3(7). С. 3–10.
10. *Карпунин М. Ю., Чулкова В. В., Чулков А. В., Батыришина Э. Р.* Биологические свойства чернозема оподзоленного при использовании различных сидеральных культур по системе органического земледелия на Среднем Урале // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3(43). С. 16–25. DOI: 10.52463/22274227_2022_43_16.
11. *Лешкенов А. М., Занилов А. Х., Крылова М. Ф.* Влияние биологической активности почвы на содержание органического вещества на фоне возрастающих доз минеральных удобрений // Земледелие. 2022. № 7. С. 25–29. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-7-11-15.
12. *Ананьева Н. Д., Сусьян Е. А., Гавриленко Е. Г.* Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстратиндуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327–1333.
13. *Мишустин Е. Н., Емцев В. Т.* Микробиология. Москва: Агропромиздат, 1987. 368 с.
14. *Звягинцев Д. Г.* Почва и микроорганизмы. Москва: Издательство Московского университета, 1987. 256 с.
15. *Занилов А. Х., Яхтанигова Ж. М.* Сравнительная оценка действия бактериальных препаратов на дыхательную и целлюлозоразлагающую активность почвы // Белгородский агромир. 2014. № 6(87). С. 13–17.
16. *Subke J. A., Ingima I., Cotrufo M. F.* Trends and methodological impacts in soil CO₂ efflux partitioning: A metaanalytical review // Glob Change Biol. 2006. No. 12. Pp. 921-943. DOI:10.1111/j.1365-2486.2006.01117.x 49.

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

Информация об авторах

Лешкенов Аслан Мухамедович, науч. сотр., зав. лабораторией агрохимии и почвенных исследований, Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

aslan.leshckenov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9516-3213>

Занилов Амиран Хабидович, канд. с.-х. наук, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

amiran78@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1737-5303>

Конова Сарина Руслановна, мл. науч. сотр. лаборатории агрохимии и почвенных исследований, Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

samiya.samina11@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4426-2048>

REFERENCES

1. Borisova E.E. The use of green manure in the world. *Vestnik NGIEI* [Bulletin of NGIEI]. 2015. No. 6(49). Pp. 24–33. (In Russian)
2. Timiryazev K. A. *Sochineniya* [Essays]. Vol. 3. Moscow: Selkhozgiz, 1936. 451 p. (In Russian)
3. Dovban K. I. Briefly about green manure. *Zemledelie* [Agriculture]. 1996. No. 3. Pp. 45–46. (In Russian)
4. Strelnikova E.A., Gorlova L.A., Bochkareva E.B., Trubina V.S. Oilseed cabbage crops – a promising highly effective green manure. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [International Journal of the Humanities and Natural Sciences]. 2018. No. 12–1. Pp. 125–131. (In Russian)
5. Maltsev V.F., Kayumov M.K. *Sistema biologizacii zemledeliya Nechernozemnoj zony Rossii* [The system of biologization of agriculture in the Non-Chernozem zone of Russia]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2002. 576 p. (In Russian)
6. Konovalova L.K., Okorkov V.V., Vinokurov I.Yu. Comparative assessment of the economic efficiency of the use of organic fertilizers and green manure. *Vladimirskij zemledec* [Vladimir farmer]. 2019. No. 3. Pp. 43–47. DOI:10.24411/2225-2584-2019-10081. (In Russian)
7. Akinchin A.V., Kuznetsova L.N., Linkov S.A. Formation of yield and quality of corn silage depending on the methods of basic soil treatment and fertilizers. *Kukuruza i sorgo* [Corn and sorghum]. 2012. No. 3. Pp. 18–21. (In Russian)
8. Shapkina G.S. Selection of crops for intermediate crops. *Zemledelie* [Agriculture]. 1990. No. 10. Pp. 36–37. (In Russian)
9. Vasiliev A.A. The influence of green manure on the phytosanitary state of potato agroecosystems. *Permskij agrarnyj vestnik* [Perm agrarian bulletin]. 2014. No. 3(7). Pp. 3–10. (In Russian)
10. Karpukhin M.Yu., Chulkova V.V., Chulkov A.V., Batyrshina E.R. Biological properties of podzolized chernozem using various green manure crops according to the system of organic farming in the Middle Urals. *Vestnik Kurganskoj GSKHA* [Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy]. 2022. No. 3(43). Pp. 16–25. DOI: 10.52463/22274227_2022_43_16. (In Russian)

11. Leshkenov A.M., Zanirov A.Kh., Krylova M.F. Influence of soil biological activity on organic matter content against the background of increasing doses of mineral fertilizers. *Zemledelie* [Agriculture]. 2022. No. 7. Pp. 25–29. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-7-11-15. (In Russian)
12. Anan'eva N.D., Sus'yan E.A., Gavrilenko E.G. Features of determination of carbon in soil microbial biomass by the method of substrate-induced respiration. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Sci]. 2011. No. 11. Pp. 1327–1333. (In Russian)
13. Mishustin E.N., Emtsev V.T. *Mikrobiologiya* [Microbiology]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 368 p. (In Russian)
14. Zvyagintsev D.G. *Pochva i mikroorganizmy* [Soil and microorganisms]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1987. 256 p. (In Russian)
15. Zanirov A.Kh., Yakhtanigova Zh.M. Comparative evaluation of the effect of bacterial preparations on the respiratory and cellulose-decomposing activity of the soil. *Belgorodskij agromir* [Belgorod agroworld]. 2014. No. 6(87). Pp. 13–17. (In Russian)
16. Subke J.A., Ingima I., Cotrufo M.F. Trends and methodological impacts in soil CO₂ efflux partitioning: A metaanalytical review. *Glob Change Biol.* 2006 No. 12. Pp. 921–943. DOI:10.1111/j.1365-2486.2006.01117.x49.
17. Leshkenov A. M., Zanirov A. Kh. Influence of soil bioactivation on the efficiency of mineral and organo-mineral fertilizer systems and productivity of winter wheat. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2021. No. 2(100). Pp. 39–49. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-2-100-39-49. (In Russian)

Information about the authors

Leshkenov Aslan Mukhamedovich, Researcher, Head of Laboratory of Agrochemistry and Soil Research, Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

aslan.leshckenov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9516-3213>

Zanirov Amiran Khabidovich, Candidate of Agricultural Sciences, Scientific and Educational Center of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

amiran78@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1737-5303>

Konova Sarina Ruslanovna, Junior Researcher of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Research, Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

samiya.samina11@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4426-2048>