

## Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы

Р. В. Бижоев, М. В. Бижоев

Институт сельского хозяйства –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224

**Аннотация.** На орошаемых землях при интенсификации сельскохозяйственного производства и значительном применении минеральных удобрений, влияющих на органическое вещество почвы, а также в связи с резким уменьшением применения органических удобрений и различных приемов биологизации наблюдается повсеместное снижение уровня почвенного плодородия и вследствие этого уменьшение урожайности сельскохозяйственных культур. Такое ухудшение плодородия почв по причине интенсивного использования их в производстве требует постоянной компенсации органического вещества за счет внесения большого количества органических удобрений (навоза). В связи с уменьшением в последние годы поголовья сельскохозяйственных животных его образование существенно уменьшилось. Для восполнения потерь органического вещества почвы возникает необходимость разработки различных альтернативных биологических приемов. Актуальное значение приобретает совместное применение на землях биологических ресурсов, являющихся менее энергоемкими и малозатратными приемами, и средств химизации для восполнения органического вещества почвы, обеспечения растений элементами питания и улучшения ее агрохимических, агрофизических, водных и других свойств. На черноземе обыкновенном карбонатном длительного стационарного опыта лаборатории агрохимии и почвенных исследований ИСХ КБНЦ РАН с 1979 г. на трех полях орошаемого зернопропашного севооборота было изучено влияние различных приемов биологизации на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. В статье представлены материалы исследований, проводившихся в течение 3 лет (2016–2018 гг.). Данными исследованиями было доказано, что для увеличения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур целесообразно использование таких агротехнических приемов, как внесение органики один раз в пять лет, заплата сидератов и пожнивных остатков, а также совместное, комплексное использование всех приемов биологизации. Также было определено, что использование сидератов и пожнивных остатков снижает, а в сочетании с применением минеральных удобрений повышает урожайность сельскохозяйственных культур и решает актуальную проблему выноса питательных веществ из почвы.

**Ключевые слова:** приемы биологизации, биологические ресурсы, сидераты, солома, плодородие, урожайность, продуктивность, органическое вещество почвы

Поступила 31.07.2023, одобрена после рецензирования 19.09.2023, принята к публикации 03.11.2023

**Для цитирования.** Бижоев Р. В., Бижоев М. В. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 6(116). С. 270–281. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-270-281

## The influence of biologization techniques on crop yields and soil fertility

R.V. Bizhoyev, M.V. Bizhoyev

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

**Abstract.** On irrigated lands with the intensification of agricultural production and significant use of mineral fertilizers influencing the soil organic matter, as well as due to a sharp decrease in the use of organic fertilizers and various methods of biologization, there is a widespread decrease in the level of soil fertility and, consequently, a decrease in crop yields. Such deterioration of soil fertility, for reasons of their intensive use in production requires constant compensation of organic matter due to the introduction of a large amount of organic fertilizers (manure). Its formation has significantly decreased in recent years due to the decrease in the number of farm animals. To replenish the loss of soil organic matter there is a need to develop various alternative biological techniques. It is becoming urgently important to use biological resources, which are less energy-intensive and expensive, together with chemicalization means to replenish soil organic matter, provide plants with nutrients and improve its agrochemical, agrophysical, water and other properties. On ordinary carbonate chernozem of stationary experience of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Research of the Institute of Agriculture of the Russian Academy of Sciences the influence of various methods of biologization on increasing crop yields has been studied since 1979 on in three fields of irrigated grain crop rotation. The article presents the materials of research conducted over 3 years (from 2016 to 2018). These studies have proved that in order to increase soil fertility and crop yields, it is advisable to use such agrotechnical techniques as the application of organic matter once every five years, green manuring and crop residues, as well as the joint, integrated use of all methods of biologization. It was also found out that the use of green manuring and crop residues reduces, and in combination with the use of mineral fertilizers, allows solving topical issues of removal of nutrients from the soil and increases crop yields.

**Keywords:** biologization techniques, biological resources, green manure crops, straw, fertility, crop yields, productivity, soil organic matter

Submitted 31.07.2023,

approved after reviewing 19.09.2023,

accepted for publication 03.11.2023

**For citation.** Bizhoyev R.V., Bizhoyev M.V. The influence of biologization techniques on crop yields and soil fertility. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2023. No. 6(116). Pp. 270–281. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-270-281

### ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях хозяйствования и ограничения материально-технических ресурсов повсеместно в России отмечается снижение урожайности сельскохозяйственных культур за счет выноса питательных веществ из почвы с урожаями. Особенно эти негативные изменения заметны в условиях орошаемого земледелия. Для того чтобы минимизировать эти изменения, необходимо рациональное использование приемов биологизации, что будет способствовать повышению уровня почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур.

Так, менее энергоемкими и малозатратными способами повышения урожайности сельскохозяйственных культур совместно с запашкой пожнивных остатков зерновых колосовых культур и листостебельной массы кукурузы является применение сидератов [1]. Эти биологические технологии позволяют решать не только вопросы снижения воздействия негативных факторов на агробиоценозы, но и предусматривают взаимодействие органических удобрений и растительных остатков с агрохимическими средствами [2].

Д. Н. Прянишников, академик АН ВАСХНИЛ, считал, что «резко выраженный дефицитный характер баланса между выносом питательных веществ с урожаями и возвращением их с удобрениями, когда большая часть выноса возмещается не за счет удобрения, а за счет уменьшения запаса питательных веществ в почве, – несовместим с задачей регулярного поднятия наших урожаев» [3]. Главная роль в обеспечении растений азотом отводилась не техническому азоту, а максимальному использованию биологического азота за счет лучшей организации и накопления навоза, а также широкого использования зеленого удобрения и мобилизации других местных ресурсов [1, 3].

Систематическая запашка соломы, листостебельной массы кукурузы и сидератов на полях севооборота не только обеспечивает почву необходимыми для функционирования агроценоза биофильными элементами, но и способствует обогащению пахотного слоя органическим веществом [2]. Использование пожнивно-корневых остатков, сидератов и соломы зерновых в качестве органических удобрений позволило повысить плодородие почвы в среднем за звено севооборота по всем вариантам опыта [4].

Многолетними исследованиями установлено, что для создания бездефицитного баланса плодородного слоя в полевых зерновых севооборотах Центрального Предкавказья в среднем за 1 год, в зависимости от условий влагообеспеченности почвы, необходимо вносить не менее 8–15 т/га навоза [4], в то время как реально вносится 0,5–0,6 т/га. Показатели минерализации плодородного слоя в среднем составляют под зерновыми культурами – 0,7, под пропашными – 2,4, под парами – 2,8 т/га. Потери органического вещества под многолетними травами были близки к нулю. В условиях орошения эти показатели возрастают в 1,4–1,5 раза [1].

Объем восполнения потерь органического вещества за счет запашки корневых и пожнивных остатков при существующей урожайности на землях Кабардино-Балкарии составляет: под зерновыми культурами – 0,3–0,5, под многолетними травами – 0,8 т/га. Дефицит гумуса, не возмещенный растительными остатками, необходимо компенсировать внесением органики, используя для этого все возможные источники органического вещества [1, 5].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по определению эффективности рациональных приемов биологизации, повышающих плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, проведены в длительном стационарном опыте, заложенном в 1979 г., опыт № 082 в Реестре Гео-сети опытов с удобрениями на основе 9-польного зернопропашного севооборота со следующим чередованием культур: 1 – горох, 2 – озимая пшеница, 3–4 – кукуруза на зерно, 5 – озимая пшеница, 6 – подсолнечник, 7 – озимая пшеница, 8 – кукуруза на зерно, 9 – озимая пшеница. Опыт заложен в пространстве тремя полями, чередование культур в полях севооборота происходило во времени [1]. Всего вариантов в опыте – 60, делянок – 240, площадь делянки – 189 м<sup>2</sup> при ширине делянки 6,3 м и длине 30,0 м, учетная площадь варьировала от 60,0 до 98,6 м<sup>2</sup> [1, 6].

В условиях орошения изучали два фактора.

Первый фактор – насыщение почвы органическим веществом:

- 1) без использования органических удобрений;
- 2) внесение навоза 50 т/га 1 раз в 5 лет;
- 3) возделывание сидератов после уборки озимой пшеницы;
- 4) запашка листостебельной массы кукурузы и соломы зерновых культур, возделываемых в опыте, на месте их произрастания;
- 5) применение всех изучаемых биоресурсов (внесение навоза + возделывание сидератов + запашка листостебельной массы кукурузы и соломы зерновых культур) [1, 6, 12].

Второй фактор – применение агрохимических средств повышения урожайности – минеральных удобрений.

В условиях современной экономики производители сельскохозяйственной продукции вынуждены применять гораздо меньшее количество минеральных удобрений по сравнению с рекомендованными для возделывания нормами, что продиктовано в первую очередь финансовыми затратами на закупку и применение, а также неукомплектованностью рынка необходимыми удобрениями.

Исходя из этого в каждом варианте органических удобрений испытывали следующие нормы минеральных удобрений:

- 1 – контроль, без минеральных удобрений;
- 2 – рекомендуемые нормы минеральных удобрений – NPK;
- 3 – 1/2 часть от рекомендуемой нормы NPK;
- 4 – 1/3 часть от рекомендуемой нормы NPK.

В качестве рекомендуемых норм применяли: под озимую пшеницу и кукурузу –  $N_{90}P_{120}K_{60}$ , под горох –  $N_{30}P_{60}K_{40}$ . Удобрения вносили осенью вручную согласно схеме опыта под основную обработку почвы.

На опытных полях в связи с отсутствием калийной соли и суперфосфата применяли следующие удобрения: аммиачную селитру, аммофос, нитроаммофоску и полуперепревший навоз. Листостебельную массу кукурузы и измельченную солому озимой пшеницы перед заделкой в почву для лучшего перемешивания дважды дисковали тяжелыми дисками [6]. В качестве зеленого удобрения высевали рапс или горчицу белую, так как ко времени уборки – в конце октября – они образовывали высокий урожай биологической массы, в среднем 32,2–33,6 т/га вместе с корневыми остатками, что соответствовало 7,6–8,1 т/га сухого вещества. Основным способом заделки сидератов и навоза являлась дисковаторная заделка в два следа на глубину 8–10 см с последующей запашкой. При запашке биомассы зеленого удобрения в почву в среднем поступало 130–140 кг д.в. азота, 50–53 кг фосфора и 170–180 кг калия. С измельченной и запаханной соломы озимой пшеницы (4–4,5 т) в почву в среднем поступало: азота – 35–40 кг, фосфора – 15–18 кг и калия – 45–50 кг, с измельченной листостебельной массой кукурузы: 48–56 кг азота, 22–25 кг фосфора и 96–108 кг калия [1, 7–9].

Почва на опытных участках представляет собой чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый среднемощный со следующими агрохимическими показателями для пахотного слоя: кислотно-щелочной баланс (рН) – 7,1, исходное содержание подвижного фосфора – 1,9–2,4 (по Мачигину), обменного калия – 30,0–35,0 (в 1%-ной углеаммонийной вытяжке) [10], содержание легкогидролизуемого азота – 4,2–5,0 мг/100 г почвы, содержание гумуса в почве – 3,2–3,3 % (по Тюрину), сумма поглощенных оснований – 28 мг – экв/100 г почвы,  $N_f$  – 0,8 мг – экв/100 г почвы, НВ – 25,4 и 25,7 %, плотность сложения – 1,23 г/см<sup>3</sup> [6]. Уровень почвенной влажности в опытах поддерживался с помощью вегетационных поливов и составлял не ниже 75–80 % НВ. Поливная норма изменялась от 400 до 600 м<sup>3</sup>/га [1, 4].

Урожайные данные приводили к 14 % (зерно кукурузы, озимой пшеницы, гороха) стандартной влажности и обрабатывали математически методом дисперсионного анализа [11, 12]. Отбор и анализ растительных и почвенных проб проводился в соответствии с методическими разработками Всероссийского НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова [13–15].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научными исследованиями доказано преимущество совместного внесения органических и минеральных удобрений по сравнению с их отдельным применением. Органические удобрения в этом случае не только оказывали положительное влияние на агрегатное состояние и увеличивали водопроходимость структуры чернозема, но также являлись источником элементов питания для растений и резервом энергии в протекающих биологических процессах [16]. Уровень применения органических удобрений в настоящее время в России составляет примерно около 1,0 т/га. По мнению академика Д. Н. Прянишникова, в

той ситуации, когда ресурсное обеспечение хозяйств низкое, а применение навоза небезопасно экологически и энергозатратно, изменение в этом вопросе следует искать в приемах биологизации и экологизации земледелия [3].

Менее энергоемким и наиболее малозатратным способом пополнения органического вещества и естественным источником поступления питательных веществ в почву, позволяющим повысить урожайность сельскохозяйственных культур, является не только применение сидератов, но и заплата листостебельной массы кукурузы и измельченной соломы зерновых колосовых культур [1, 4, 9]. Солома озимой пшеницы измельчалась измельчителем самоходного комбайна «Сампо», а листостебельная масса кукурузы – комбайном «Херсонек 200». Для лучшего перемешивания с почвой измельченную массу перед заделкой дважды дисковали. Данные приемы биологизации не требуют отказа от применения минеральных удобрений, а предусматривают сочетание биологических ресурсов, в частности, органических удобрений, растительных остатков и сидератов с агрохимическими средствами [1, 9]. Более высокое поступление органических веществ и минерального питания в почву оказывало положительное влияние на агрегатное состояние почвы, что определяло ее плодородие [17].

Исследованиями установлено, что урожайность возделываемых культур на полях орошаемого севооборота в вариантах опыта в основном зависела от применяемых систем удобрения и незначительно от климатических условий вегетационного периода, о чем свидетельствуют собственные длительные исследования и работы других ученых.

Климатические условия вегетационного периода трех исследуемых лет (2016–2018 гг.) были не вполне благоприятными для роста и развития всех полевых культур и формирования ими урожая. Так, в среднем за осенний период исследований, с сентября по декабрь включительно, выпало 114,2 мм осадков при норме 110,7 мм, что обеспечило хорошее укоренение и развитие до конца осенней вегетации озимой пшеницы, посеянной в оптимальные сроки. С января по март в среднем осадков выпало 101,3 мм, что почти в 2 раза больше обычного, при температурных показателях, превышающих многолетние. С апреля по август выпало 304,0 мм осадков при норме 291,7 мм. Температурные показатели в летние месяцы были на 1,4 – 2,7° выше средних многолетних, что способствовало созданию дефицита влаги для возделываемых культур. Показатели относительной влажности воздуха во все месяцы вегетации были меньше среднемноголетних величин (табл. 1).

**Таблица 1.** Характеристика метеорологических условий вегетационного периода культур за 2016–2018 гг.

**Table 1.** Characteristics of meteorological conditions during the growing season of crops for 2016–2018

Месяц	Температура воздуха, °С		Сумма осадков за месяц, мм		Относительная влажность, %	
	Средняя за 2016–2018 гг.	Средняя многол.	Средняя за 2016–2018 гг.	Средняя многол.	Средняя за 2016–2018 гг.	Средняя многол.
Сентябрь	20,5	17,3	19,5	36,1	63	74
Октябрь	10,3	10,5	48,6	30,1	76	82
Ноябрь	5,1	3,9	15,6	23,5	78	88
Декабрь	0,9	- 0,9	30,5	21,0	81	90
Январь	-1,9	- 3,1	33,4	17,9	86	89
Февраль	1,8	- 2,4	20,0	17,4	83	86
Март	5,9	2,5	47,9	28,0	79	84
Апрель	12,4	10,7	40,6	43,5	69	74
Май	17,9	16,3	82,6	63,5	72	72
Июнь	22,0	20,6	88,1	77,9	65	69
Июль	25,7	23,1	68,2	59,9	63	67
Август	25,2	22,5	24,6	46,9	61	69
Сентябрь	19,9	17,3	22,3	36,1	64	74

Урожайность озимой пшеницы Южанка и Чегет в контрольном варианте без удобрений в орошаемом севообороте в среднем за 3 изучаемых года (2016–2018) составила 37,3, изменяясь в разные годы от 33,8 до 42,3 ц/га. Урожайность кукурузы без внесения удобрений изменялась в опыте от 21,4 до 26,6 ц/га при средней урожайности 23,8; средняя урожайность гороха составила 26,9 ц/га (25,1–28,8 ц/га за три года). При применении рекомендуемой минеральной системы удобрения в орошаемом севообороте определена средняя за 3 года урожайность культур: озимой пшеницы – 39,0, кукурузы – 42,6, гороха – 31,9 ц/га [1, 9].

По эффективности применение органо-минеральных систем удобрения превосходило эффективность органических и минеральных удобрений по отдельности [1]. Так, средняя урожайность озимой пшеницы, кукурузы и гороха за 3 года в полях севооборота при применении навоза и минеральных удобрений (по рекомендуемой норме) составила 57,9, 41,9, 33,1, ц/га; при возделывании сидератов после зерновых колосовых и внесении минеральных удобрений: 57,0, 40,5, 31,2 ц/га; при запашке соломы и минеральных удобрений – 57,7, 42,2, 34,8 ц/га; при применении всех изучаемых биоресурсов и минеральных удобрений средняя урожайность озимой пшеницы составила 61,2, кукурузы – 49,6, гороха – 36,4, ц/га (табл. 2).

**Таблица 2.** Изменение урожайности орошаемого севооборота при применении биологизированных систем земледелия, ц/га, среднее за 2016–2018 гг.

**Table 2.** The change in the yield of irrigated crop rotation with the use of biologized farming systems, c/ha, average for 2016–2018

№ варианта	Удобрения		Урожайность культур в среднем за 2016–2018 годы, ц/га		
	органические	минеральные	Горох	Озимая пшеница	Кукуруза
1	0	О	25,1	33,8	21,4
2		NPK	31,9	51,1	39,0
3		1/2 NPK	30,2	46,4	34,6
4		1/3 NPK	28,1	41,6	30,8
5	Навоз 50 т/га 1 раз в 5 лет	О	26,7	36,0	23,5
6		NPK	33,1	57,9	41,9
7		1/2 NPK	31,3	53,0	37,2
8		1/3 NPK	29,4	46,1	32,4
9	Сидераты (рапс)	О	26,8	34,9	23,7
10		NPK	33,0	57,0	40,5
11		1/2 NPK	31,2	52,5	36,6
12		1/3 NPK	29,1	47,0	32,5
13	Солома	О	27,1	39,5	23,6
14		NPK	34,8	57,5	42,2
15		1/2 NPK	32,5	53,1	38,3
16		1/3 NPK	30,5	48,4	32,6
17	Навоз + солома + сидераты	О	28,8	42,3	26,6
18		NPK	36,4	61,2	49,6
19		1/2 NPK	33,9	55,4	44,0
20		1/3 NPK	32,0	50,7	37,5
Средний показатель урожайности культур за 3 года		О	26,9	37,3	23,8
		NPK	33,8	56,9	42,6
		1/2 NPK	31,8	52,1	38,1
		1/3 NPK	29,8	46,8	33,2
НСР <sub>05</sub> для частных различий			1,34	1,23	1,13
НСР <sub>05</sub> для органических удобрений			0,66	0,61	0,57
НСР <sub>05</sub> для минеральных удобрений и взаимодействия			0,58	0,54	0,51
Точность опыта, Sx%			2,67	1,63	2,11

Без применения минеральных удобрений действие и последствие навоза обеспечивало в среднем увеличение продуктивности 1 га севооборота на 10,6–11,0 %, заплата сидератов – на 10,3–11,1 % и соломы – на 10,8–11,7 %; действие и последствие всех изучаемых органических удобрений в комплексе увеличивало продуктивность 1 га на 12,5 % по сравнению с контрольным вариантом без удобрений. Самая большая урожайность культур орошаемого севооборота и его продуктивность были отмечены в вариантах с изучением действия и последствия внесения органических удобрений совместно с рекомендуемой нормой минеральных удобрений – на 13,2–23,2 % больше, чем в контроле без удобрений [1, 18].

При комплексном внесении всех видов органики и применении их с рекомендуемой нормой NPK урожайность культур севооборота возрастала на 23,2 %. Уменьшение вдвое нормы минеральных удобрений (1/2 NPK) в сочетании с органическими удобрениями вело к уменьшению урожайности культур озимой пшеницы, кукурузы, гороха и продуктивности 1 га севооборота на 12,4–20,6 %; при внесении 1/3 от рекомендуемой нормы показатели продуктивности 1 га севооборота и урожайности уменьшались на 11,7–17,5 % по сравнению с показателями при внесении всей рекомендуемой нормы [1, 17].

Урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур была тесно связана с применяемыми системами удобрения. Результаты исследований позволили установить, что использование всех видов органических удобрений без внесения минеральных уменьшало потери урожайности сельскохозяйственных культур. Применение рекомендуемых норм минеральных удобрений совместно с использованием приемов биологизации, таких как измельчение и глубокая заплата сидератов, листостебельной массы кукурузы, пожнивных остатков соломы и навоза, обеспечивало повышение урожайности возделываемых культур, а также оказывало положительное влияние на агрегатное состояние почвы. На полях с длительным применением листостебельной массы кукурузы, соломы и сидератов сложился стабильно более высокий уровень биологической активности почвы [1, 18].

Так, применение азотных удобрений на фоне внесения измельченных растительных остатков обеспечивало увеличение суммарной продуктивности зернового и зернопропашного звеньев севооборота на 12,0–17,9 % [9, 10].

В зернопропашном звене заплата растительных остатков с азотным удобрением увеличивала урожайность сельскохозяйственных культур по отношению к контролю. Повышенная продуктивность зернового и зернопропашного звеньев севооборотов в опыте отмечена при внесении растительных остатков и азота. В этих звеньях севооборотов выявлено положительное воздействие азотных удобрений на массу семян и химический состав продукции [1, 19].

Изменение баланса гумуса представлено на основе наблюдений за 3-летний период – с 2016-го по 2018 год. Так, в контрольном варианте без внесения удобрений содержание гумуса уменьшилось с исходных 3,33 % до 2,69–2,73 % на период исследований, т. е. на 19,2 %. При использовании рекомендованной нормы NPK потери гумуса составили 11,7 %, а при внесении 1/2 и 1/3 NPK – 13,2 и 14,9 % соответственно. Использование органических удобрений без внесения минеральных уменьшает потери и способствует сохранению содержания гумуса почвы на уровне незначительно ниже исходной величины: при внесении навоза – на 1,6 %, использовании сидератов – на 3,8 %, соломы – на 3,9 %. При использовании рекомендуемых норм минеральных удобрений совместно с сидератами, соломой и навозом был обеспечен положительный баланс гумуса и увеличилось его содержание на 4,7–8,9 %. При применении всех изучаемых биоресурсов совместно с рекомендуемой нормой NPK отмечено наибольшее увеличение содержания гумуса в почве – на 13,6 % (табл. 3) [4, 7].

**Таблица 3.** Влияние удобрений и орошения на динамику содержания гумуса в слое почвы 0–20 см, % (опыт заложен в 1979 г.)**Table 3.** The influence of fertilizers and irrigation on the dynamics of humus content in the soil layer 0–20 cm, % (experiment started in 1979)

Варианты	Годы	1979	2016	2017	2018
Без удобрений (контроль)		<u>3,33</u>	<u>2,73</u>	<u>2,75</u>	<u>2,69</u>
		100	81,9	82,6	80,8
Рекомендуемые минеральные удобрения (NPK)		<u>3,33</u>	<u>3,00</u>	<u>2,91</u>	<u>2,94</u>
		100	90,1	87,3	88,3
1/2 NPK		<u>3,33</u>	<u>2,97</u>	<u>2,86</u>	<u>2,89</u>
		100	89,1	86,0	86,8
1/3NPK		<u>3,33</u>	<u>2,94</u>	<u>2,82</u>	<u>2,83</u>
		100	88,4	84,6	85,1
Навоз (10 т/га в год)		<u>3,33</u>	<u>3,29</u>	<u>3,23</u>	<u>3,28</u>
		100	98,7	96,9	98,4
Навоз + NPK		<u>3,33</u>	<u>3,60</u>	<u>3,53</u>	<u>3,59</u>
		100	108,2	106,1	108,9
Сидераты		<u>3,33</u>	<u>3,23</u>	<u>3,22</u>	<u>3,20</u>
		100	97,1	96,6	96,2
Сидераты +NPK		<u>3,33</u>	<u>3,51</u>	<u>3,48</u>	<u>3,50</u>
		100	105,3	104,4	105,2
Солома		<u>3,33</u>	<u>3,22</u>	<u>3,19</u>	<u>3,20</u>
		100	96,6	95,7	96,1
Солома + NPK		<u>3,33</u>	<u>3,47</u>	<u>3,44</u>	<u>3,49</u>
		100	104,2	103,3	104,7
Навоз + сидераты + солома		<u>3,33</u>	<u>3,41</u>	<u>3,39</u>	<u>3,49</u>
		100	102,3	101,9	104,8
Навоз + сидераты + солома + NPK		<u>3,33</u>	<u>3,73</u>	<u>3,75</u>	<u>3,78</u>
		100	111,9	112,7	113,6

Наблюдения позволили установить незначительные изменения динамики содержания гумуса в почве в зависимости от применяемой системы удобрений и климатических условий. Установлено, что применение органических удобрений в севообороте – внесение навоза, возделывание и запашка сидератов, заделка в почву соломы озимой пшеницы и листостебельной массы кукурузы на месте их произрастания – способствовало сохранению гумуса в почве практически на уровне исходной величины.

Водный режим почвы на полях опыта также является одним из основных факторов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур. В орошаемых условиях КБР, на черноземе обыкновенном карбонатном уровень почвенной влажности, способствующий получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур, составляет не ниже 75–80% НВ. Такой режим почвенной влажности поддерживался с помощью влагозарядковых и вегетационных поливов. Поливные нормы изменялись в зависимости от биологических особенностей возделываемой культуры и климатических условий года. Так, за исследуемые три года средние значения поливных норм в зависимости от климатических условий колебались для: озимой пшеницы – от 780 до 1950 м<sup>3</sup>/га, гороха – от 440 до 580 м<sup>3</sup>/га, кукурузы – от 470 до 600 м<sup>3</sup>/га, что положительно влияло на развитие и повышение урожайности сельскохозяйственных культур [6, 9, 18].

Исследования показали, что производство сельскохозяйственной продукции при применении высокоэффективных приемов биологизации, таких как запашка соломы и листостебельной массы кукурузы с рекомендуемой нормой минеральных удобрений и комплексным вне-

сением всех изучаемых видов органических удобрений совместно с NPK, более рентабельно, чем применение одних только минеральных удобрений. Их положительное воздействие возрастает в связи с тем, что совместное применение биоресурсов с минеральными удобрениями способствует получению более высоких урожаев полевых культур хорошего качества, а также влияет на сохранение и воспроизводство плодородия почвы [1, 4, 20].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нашими исследованиями определено, что с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий в условиях орошаемого земледелия, а также для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия производители сельскохозяйственной продукции должны использовать все возможные источники поступления органического вещества в почву, а именно: внесение навоза под пропашные культуры севооборотов нормой не менее 30 т/га, заашку измельченной соломы колосовых культур и листостебельной массы кукурузы на месте их произрастания, возделывание и заделку сидеральных культур после уборки колосовых и других раноубираемых предшественников совместно с рекомендуемой нормой минеральных удобрений. Данные биологические приемы способствуют получению урожая зерна озимой пшеницы – 57–61,2 ц/га, кукурузы – 40,5–49,6 ц/га, гороха – 31,2–36,4 ц/га.

Исследования, проведенные за трехлетний период (2016–2018 гг.), показали, что эффективность приемов биологизации при совместном внесении рекомендуемых норм минеральных удобрений под возделываемые культуры существенно возросла, что положительно сказалось на продуктивности и улучшении комплексных свойств почвы, определяющих ее плодородие, а также на урожайности возделываемых в опыте культур.

В результате наблюдений были установлены незначительные изменения динамики содержания гумуса в почве в зависимости от применяемой системы удобрений и климатических условий. Из наблюдений видно, что применение органических удобрений в севообороте способствовало сохранению гумуса в почве практически на уровне исходной величины. Использование рекомендуемых норм минеральных удобрений совместно с сидератами, соломой и навозом обеспечило положительный баланс гумуса и увеличило его содержание в почве.

Также было выявлено, что на черноземе обыкновенном карбонатном в орошаемых условиях КБР поддержание почвенной влажности с помощью влагозарядковых и вегетационных поливов не ниже уровня 75–80 % НВ является одним из основных факторов, определяющих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В.* Роль биологических ресурсов в воспроизводстве плодородия чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье // *Земледелие*. 2019. № 2. С. 20–23.
2. *Котьяк П. А., Чебыкина Е. В., Воронин А. Н.* Формирование показателей плодородия почвы в зависимости от различных систем удобрения вико-овсяной смеси // *Международная научно-практическая конференция «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур»*, 20–21 декабря 2019 г., Горки, Беларусь.
3. *Прянишников Д. Н.* Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Юбилейный выпуск. Москва: Тип. В.И.П. Арт, 2015.
4. *Лифаненкова Т. П.* Использование биологических ресурсов и средств химизации при воспроизводстве плодородия орошаемого чернозема обыкновенного карбонатного // *Международные научные исследования*. 2015. № 3(24). С. 159–162.
5. *Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В.* Влияние систематического применения удобрений на продуктивность пашни и плодородие чернозема обыкновенного // *Материалы международ-*

ной научно-практической конференции «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений». 18–20 декабря 2018 года. Горки. Респ. Беларусь. 2019. Часть 1. С. 79–82.

6. *Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В., Бижоев М. В.* Мониторинг плодородия чернозема обыкновенного при длительном орошении и применении систем удобрения в агроландшафтном земледелии Кабардино-Балкарии / Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации (к 70-летию Геосети). Москва, 2011. С. 352–368.

7. *Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В.* Свойства орошаемого чернозема обыкновенного при биологизации приемов воспроизводства плодородия // Земледелие. 2012. № 6. С. 24–26.

8. *Русакова И. В., Кулинский Н. А., Мосалева А. А.* Солома как важный фактор биологизации // Земледелие. 2003. № 1. С. 9.

9. *Бижоева Т. П., Бижоев Р. В., Сарбашева А. И., Кушхабиев А. З.* Формирование урожая сельскохозяйственных культур зернотравянопропашного и зернопропашного севооборотов в различных условиях водного и минерального питания в степной зоне Центрального Предкавказья // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6(98). С. 133–144.

10. *Лифаненкова Т. П.* Изменение водно-физических свойств обыкновенного карбонатного чернозема и продуктивности орошаемого севооборота под действием удобрений и обработки почвы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Агрохимия. 1989. № 8. С. 35–42.

11. *Бижоева Т. П.* Комплексное использование средств химизации и биологических ресурсов при воспроизводстве плодородия орошаемого чернозема обыкновенного карбонатного в степной зоне Центрального Предкавказья // Сборник научных докладов Всероссийской научно-практической конференции «Состояние почв Центрального Черноземья России и проблема воспроизводства их плодородия» 23–24 июня 2015 г. Каменная степь. С. 92–96.

12. *Доспехов Б. А.* Планирование полевого опыта и статистическая обработка данных. Москва: Колос, 1972. 207 с.

13. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.

14. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 1. Методика проведения опытов и анализ почв. Москва: ВАСХНИЛ, ВИУА, 1975. 168 с.

15. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 2. Программа и методы исследования почв. М.: ВАСХНИЛ, ВИУА, 1983. 172 с.

16. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 3. Анализ растений. Москва: ВАСХНИЛ, ВИУА, 1985. С. 132.

17. *Харитонов В. В., Шахов С. С.* Оценка влияния сидератов на агрохимические показатели почвы // Агрохимический вестник. 2016. № 3. С. 39–43.

18. *Бижоев В. М.* Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы, баланс питательных веществ и продуктивность севооборота в степной зоне Кабардино-Балкарской АССР // Агрохимия. 1988. № 5. С. 37–44.

19. *Науметов Р. В.* Влияние различных систем удобрений на динамику изменения баланса питательных веществ в звене севооборота // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние почвенного покрова, сохранение и воспроизводство плодородия почв», 14–15 августа 2018 г., Махачкала. С. 75–78.

20. *Бижоева Т. П., Бижоев Р. В.* Особенности системы применения удобрения озимой пшеницы в неорошаемых и орошаемых условиях степной зоны Центрального Предкавказья в связи с изменением климата // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2017. № 4(78). С. 118–124.

## REFERENCES

1. Lifanenkova T.P., Bizhiov R.V. The role of biological resources in the reproduction of the fertility of ordinary chernozem in the Central Ciscaucasia. *Zemledelie* [Agriculture]. 2019. No. 2. Pp. 20–23. (In Russian)
2. Kotyak P.A., Chebykina E.V., Voronin A.N. Formation of soil fertility indicators depending on various fertilizer systems of vetch-oat mixture. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Tekhnologicheskiye aspekty vozdeyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur"*. 20–21 dekabrya 2019. Gorki, Belarus. (In Russian)
3. Pryanishnikov D.N. Nitrogen in the life of plants and in agriculture of the USSR. Anniversary issue. Moscow: V.I.P. Art, 2015. (In Russian)
4. Lifanenkova T. P. The use of biological resources and chemicalization means in reproducing the fertility of irrigated ordinary carbonate chernozem. *Mezhdunarodnyye nauchnyye issledovaniya*. [International scientific research]. 2015. No. 3(24). Pp. 159–162. (In Russian)
5. Lifanenkova T.P., Bizhiov R.V. The influence of the systematic use of fertilizers on the productivity of arable land and the fertility of ordinary chernozem. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Priyemy povysheniya plodorodiya pochv i effektivnosti udobreniy"*. 18–20.12. 2018. Gorki, Belarus. 2019. Part 1. Pp. 79–82. (In Russian)
6. Lifanenkova T.P., Bizhiov R.V., Bizhiov M.V. Monitoring the fertility of ordinary chernozem with long-term irrigation and the use of fertilizer systems in agrolandscape farming in Kabardino-Balkaria. *Rezultaty dlitel'nykh issledovaniy v sisteme Geograficheskoy seti opytov s udobreniyami Rossiyskiy Federatsiy (k 70-letiyu Geoseti)*. [Results of long-term studies in the system of the Geographical Network of Experiments with Fertilizers Russian Federation (to the 70th anniversary of the Geonet network)]. Moscow, 2011. Pp. 352–368. (In Russian)
7. Lifanenkova T.P., Bizhiov R.V. Properties of irrigated ordinary chernozem during biologization of fertility reproduction methods]. *Zemledelie* [Agriculture]. 2012. No. 6. Pp. 24–26. (In Russian)
8. Rusakova I.V., Kulinsky N.A., Mosaleva A.A. Straw as an important factor of biologization. *Zemledelie* [Agriculture]. 2003. No. 1. P. 9. (In Russian)
9. Bizhiova T.P., Bizhiov R.V., Sarbasheva A.I., Kushkhabiev A.Z. Formation of the yield of agricultural crops in grain-grass-row-crop and grain-row crop rotations under various conditions of water and mineral nutrition in the steppe zone of the Central Ciscaucasia. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2020. No. 6(98). Pp. 133–144. (In Russian)
10. Lifanenkova T.P. Changes in the water-physical properties of ordinary carbonate chernozem and the productivity of irrigated crop rotation under the influence of fertilizers and soil cultivation in the conditions of the steppe zone of Kabardino-Balkaria. *Agrokimiya*. 1989. No. 8. Pp. 35–42. (In Russian)
11. Bizhiova T.P. Integrated use of chemicalization means and biological resources in reproducing the fertility of irrigated ordinary carbonate chernozem in the steppe zone of the Central Ciscaucasia. *Sbornik nauchnykh dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sostoyaniye pochv Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii i problema vosproizvodstva ikh plodorodiya"*. 23–24.06.2015. Kamennaya step, 2015. Pp. 92–96. (In Russian)
12. Dospheov B.A. *Planirovaniye polevogo opyta i statisticheskaya obrabotka dannykh* [Planning of field experience and statistical data processing]. Moscow: Kolos, 1972. 207 p.
13. Dospheov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 p.
14. *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami* [Guidelines for conducting research in long-term experiments with fertilizers]. Part 1. *Metodika provedeniya opytov i analiz pochv* [Experimental methodology and soil analysis]. Moscow: VASKHNIL, VIUA, 1975. 168 p.

15. *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami* [Guidelines for conducting research in long-term experiments with fertilizers]. Part 2. *Programma i metody issledovaniya pochv* [Soil research program and methods]. Moscow: VASKHNIL, VIUA, 1983. 172 p.

16. *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami* [Guidelines for conducting research in long-term experiments with fertilizers]. Part 3. *Analiz rasteniy* [Plant analysis]. Moscow: VASKHNIL, VIUA, 1985. P. 132.

17. Kharitonov V.V., Shakhov S.S. Assessment of the influence of green manure on the agro-chemical indicators of the soil. *Agrokhimicheskiiy vestnik* [Agrochemical Bulletin]. 2016. No. 3. Pp. 39–43.

18. Bizhoyev V.M. The influence of long-term use of fertilizers on soil fertility, nutrient balance and crop rotation productivity in the steppe zone of the Kabardino-Balkarian Autonomous Soviet Socialist Republic. *Agrokhimiya*. 1988. No. 5. Pp. 37–44.

19. Naumetov R.V. The influence of various fertilizer systems on the dynamics of changes in the balance of nutrients in the crop rotation. *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennoye sostoyaniye pochvennogo pokrova, sokhraneniye i vosпроизводство plodorodiya pochv". 14–15.08.2018*. Makhachkala, Dagestan. Pp. 75–78.

20. Bizhoyeva T.P., Bizhoyev R.V. Features of the system for applying winter wheat fertilizer in rain-fed and irrigated conditions of the steppe zone of the Central Ciscaucasia in connection with climate change. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. No. 4(78). 2017. Pp. 118–124.

#### Информация об авторах

**Бижоев Руслан Валерьевич**, науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

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

bizhoyeva49@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5408-3006>

**Бижоев Мурат Валерьевич**, науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7665-3719>

#### Information about the authors

**Bizhoyev Ruslan Valerievich**, Researcher, Institute of Agriculture – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

bizhoyeva49@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5408-3006>

**Bizhoyev Murat Valerievich**, Researcher, Institute of Agriculture – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7665-3719>