

УДК 631.5(470.621)

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-268-279

EDN: TSHHWG

Изучение влияния биопрепарата «Лигногумат» в сочетании с минеральными удобрениями на продуктивность ячменя озимого в условиях южно-предгорной зоны Адыгеи

Н. И. Девтерова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
«Майкопский государственный технологический университет»
385064, Россия, г. Майкоп, п. Подгорный, ул. Ленина, 48

Аннотация. Приведены результаты полевых экспериментов, проведенных на лугово-черноземной выщелоченной слитой сверхмощной глинистой почве, с целью изучения влияния гуминового биопрепарата «Лигногумат» в сочетании с минеральными удобрениями на продуктивность ячменя озимого. В опыте использовали: дискование почвы на глубину 12–16 см; сульфоаммофос $N_{20}P_{20}S_8$, (200 кг/га физического веса, N_{40} действующего вещества на 1 га), аммиачную селитру $NH_4 NO_3$, (106 кг/га физического веса, N_{36}) и биопрепарат в фазу колошения и налива зерна. Расчет доз удобрений проводили по лимитирующему элементу азоту, обработку биопрепаратом по вариантам: 1) 0,0 контроль; 2) 0,6; 3) 0,8; 4) 1,0 л/га. Комплексное применение биопрепарата, минеральных удобрений и средств защиты растений способствовало оптимизации содержания фосфора (0,32–0,41%), взаимодействия макроэлементов калия и кальция и их содержания в листьях растений, положительно повлияло на общее число растений и продуктивных стеблей, число и массу 1000 зерен. Наиболее эффективен прием с внесением: $N_{40}P_{40}S_{16}$ (сульфоаммофос) + N_{36} (аммиачная селитра) + «Лигногумат» (0,8 л/га). В этом варианте урожайность выше на 39,5 % в сравнении с контролем. Стоимость валовой продукции поднялась за счет роста урожайности с 49,4 до 74,1 тыс. руб. Выросли также показатели условно чистого дохода и уровня рентабельности – 60,4 %. Применение на практике разработанного приема возделывания способствовало стабилизации почвенного плодородия – содержание гумуса на начало 4,2 % и окончание исследований 4,03 % в одной группе обеспеченности; повышению продуктивности ячменя озимого на 25,6–39,5 %, увеличению содержания протеина в зерне на 10,38–11,34 %.

Ключевые слова: ячмень озимый, обработка почвы, биопрепарат «Лигногумат», удобрения, средства защиты растений, влияние использования, листовая диагностика, элементы плодородия, урожайность, прибавки урожайности, структура урожая, качество зерна

Поступила 07.11.2024, одобрена после рецензирования 04.12.2024, принята к публикации 10.12.2024

Для цитирования. Девтерова Н. И. Изучение влияния биопрепарата «Лигногумат» в сочетании с минеральными удобрениями на продуктивность ячменя озимого в условиях южно-предгорной зоны Адыгеи // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 6. С. 268–279. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-268-279

Study of the influence of the biopreparation Lignohumate in combination with mineral fertilizers on the productivity of winter barley in the conditions of the southern foothill zone of Adygea

N.I. Devterova

Research Institute of Agriculture
Maikop State Technological University
385064, Russia, Maikop, Podgorny, 48 Lenin street

Abstract. The article presents the results of field experiments conducted on meadow-chernozem leached drained super-deep clay soil in order to study the effect of the humic biopreparation Lignohumate in combination with mineral fertilizers on the productivity of winter barley. The experiment included the following: disking of the soil to a depth of 12-16 cm; fertilizers: sulfoammophos N20P20S8 (200 kg/ha of physical weight, N40 active substance per 1 ha), ammonium nitrate: NH₄NO₃ (106 kg/ha of physical weight, N36) and the biopreparation during the heading and grain filling phases. Fertilizer doses were calculated based on the limiting element nitrogen. Treatment with the biopreparation according to the following variants: 1. 0.0 control; 2. 0.6; 3. 0.8; 4. 1.0 l/ha. The combined use of the biopreparation, mineral fertilizers and plant protection products helped to optimize the phosphorus content (0.32 – 0.41%), the interaction of the macronutrients potassium and calcium and their content in plant leaves, and had a positive effect on the total number of plants and productive stems, the number and weight of 1000 grains. The most effective method was the introduction of: N40P40S16 (sulfoammophos) + N36 (ammonium nitrate) + Lignohumate (0.8 l/ha). In this variant, the yield was 39.5% higher than in the control. The cost of gross output increased due to the yield growth from 49.4 to 74.1 thousand rubles. The conditional net income and profitability levels also increased to 60.4 %. The practical application of the developed cultivation method contributed to the stabilization of soil fertility – the humus content at the beginning of 4.2% and the end of the studies 4.03 % in one provision group; an increase in the productivity of winter barley by 25.6–39.5 %, an increase in the protein content in grain by 10.38–11.34 %.

Keywords: winter barley, soil cultivation, biopreparation Lignohumate, fertilizers, plant protection products, the effect of use, leaf diagnostics, fertility elements, yield, yield increases, crop structure, grain quality

Submitted 07.11.2024,

approved after reviewing 04.12.2024,

accepted for publication 10.12.2024

For citation. Devterova N.I. Study of the influence of the biopreparation Lignohumate in combination with mineral fertilizers on the productivity of winter barley in the conditions of the southern foothill zone of Adygea. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 6. Pp. 268–279. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-268-279

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследований. Разработать высокоэффективный природоохранный прием производства зерна ячменя озимого с использованием гуминового удобрения «Лигногумат» в сочетании с минеральными удобрениями и средствами защиты растений в рамках ресурсосберегающей технологии при сохранении почвенного плодородия в условиях южно-предгорной зоны Адыгеи.

Задачи исследований. Изучение влияния действия гуминового удобрения «Лигногумат» в сочетании со средствами химизации на повышение:

- содержания элементов питания в почве и листьях (по результатам почвенной и листовой диагностики);

- эффективности применения минеральных удобрений и средств защиты растений;
- продуктивности ячменя озимого;
- качества сельскохозяйственной продукции (содержание протеина);
- экономической эффективности возделывания.

Научная новизна темы исследований. В условиях южно-предгорной зоны Адыгеи на лугово-черноземной выщелоченной слитой сверхмощной глинистой почве проводили исследования по разработке высокоэффективных природоохранных приемов применения биопрепарата «Лигногумат» в сочетании с минеральными удобрениями и средствами защиты растений, в рамках ресурсосберегающей почвенной обработки для увеличения производства зерна ячменя озимого, улучшения качества сельскохозяйственной продукции и сохранения плодородия почвы.

Актуальность темы исследования. Препараты на основе гуминовых веществ занимают важное место в разработке современных инновационных технологий в области растениеводства. Во многих опытах отмечено повышение урожайности, качества продукции (увеличение содержания белка в зерне), а также улучшение структурных показателей урожайности: числа продуктивных стеблей, числа и массы зерен в колосе.

Однако отмечается также, что эффективность воздействия гуминовых препаратов нестабильна и прибавки урожая на зерновых варьируют в широком диапазоне (несущественные 2–13 %, в отдельных случаях до 20–30 %).

Реакция растений на применение гуминовых продуктов в опытах зависит от многих факторов: свойств гуминового удобрения, способов его внесения, условий закладки и проведения опыта, используемых сортов растений, а также почвенно-климатических условий места возделывания, что и определило актуальность исследований в условиях южно-предгорной зоны РА.

Выбор гуминового удобрения для проведения исследований был сделан в пользу биопрепарата «Лигногумат[®]» с захватывающим (хелатным) агентом, способным удерживать ионы микроэлементов, а затем высвобождать и переводить их в биологически доступную для растений форму. В исследованиях Н. С. Томашевича и А. Я. Барчуковой, проведенных на лугово-черноземных почвах, показано: обработка семян риса препаратом «Лигногумат» существенно повышает его урожайность в сравнении с контролем на 8,5–10,8 ц/га и на 7,6–9,5 ц/га, в зависимости от сорта. Прибавки урожая (12,3 и 12,7 %) отмечены в вариантах с обработкой как семян, так и растений [1].

Использование «Лигногумата» на черноземных карбонатных почвах в условиях Северо-Западного Предкавказья для возделывания озимой пшеницы способствовало повышению содержания элементов питания и их усвоению в течение всего периода вегетации. Для обработки растений в фазе весеннего кущения применяли «Лигногумат» в дозе 0,35 л/га, для обработки семян – 10 л/т, что обеспечило увеличение потребления NPK растениями соответственно на 16,8, 23,4 и 13,9% при обработке семян и на 17,4, 25,5 и 13,2% – при обработке растений. Применение в этих исследованиях оптимальных доз «Лигногумата» способствовало росту прибавок урожайности озимой пшеницы соответственно на 5,7 и 4,0 ц/га [2].

Таким образом, применение биопрепарата «Лигногумат» на озимых зерновых способствует:

- увеличению общей урожайности на 10–25 %;
- увеличению содержания протеина;
- повышению засухоустойчивости растений в основном за счет увеличения корневой системы растений;

- повышению коэффициента использования удобрений растениями [3].

Отмечают два вида влияния гуминовых удобрений на растения: прямое и косвенное. Косвенный эффект связан с улучшением водно-физических свойств почвы, активизацией микрофлоры, влиянием на миграцию питательных элементов, повышением коэффициента использования минеральных удобрений [4].

Результаты опытов по применению биопрепарата «Лигногумат» в производственных условиях на посевах озимых зерновых с одной, двумя внекорневыми подкормками показали, что использование этих приемов способствовало увеличению энергии прорастания, полевой всхожести и в конечном итоге росту урожайности и повышению качества зерна.

Исследования по применению биопрепаратов в условиях южно-предгорной зоны РА проводили в стационарных полевых опытах на полях ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ». На яровом овсе и яровом ячмене изучали 7 вариантов, один из которых Ризоагрин + «Лигногумат» (обработка посевного материала 0,6 л/т + обработка посевов в период вегетации в дозе 0,75 л/га.)

По яровому ячменю высокие показатели урожайности отмечены на фоне вспашки (20–22 см) на варианте с применением Ризоагрин + Лигногумат 2,24 т/га + 0,45 т/га к контролю.

По поверхностной обработке на этом же варианте применения биопрепаратов отмечены показатели урожайности на уровне 1,79 т/га + 0,32 т/га к контролю.

Проведенные исследования показали, что применение биопрепаратов не оказало существенного влияния на урожайность и качество зерна ярового овса. Наибольшая прибавка урожайности отмечена по поверхностной обработке (+ 0,21 т/га) в сравнении с контролем (3,23 т/га), Лучшие физиологические показатели натуры зерна + 7,0 г/л к контролю (390,3 г/л) достигнуты на вариантах по поверхностной обработке [5, 6].

Методика проведения исследований. Исследования в 2021–2023 гг. проводили на научных полях НИИСХ ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в соответствии с рекомендуемой методикой полевого опыта [7]. Почва опытного участка – чернозем слитой выщелоченный слабогумусный сверхмощный. Изучали влияние использования биопрепарата «Лигногумат» и совместного его применения с расчетными нормами внесения минеральных удобрений на фоне минимальной обработки почвы на посевах ячменя озимого сорта Каррера.

В опыте использовали двукратное дискование почвы на глубину 12–16 см и четыре варианта применения удобрений в сочетании с различными дозами биопрепарата «Лигногумат».

Варианты внесения удобрений и биопрепарата «Лигногумат» при использовании марки Б:

Вариант 1: $N_{20}P_{20}S_8 + NH_4NO_3$ (контроль)

Вариант 2: $N_{20}P_{20}S_8 + NH_4NO_3 +$ «Лигногумат» (0,3 + 0,3 л/га)

Вариант 3: $N_{20}P_{20}S_8 + NH_4NO_3 +$ «Лигногумат» (0,4 + 0,4 л/га)

Вариант 4: $N_{20}P_{20}S_8 + NH_4NO_3 +$ «Лигногумат» (0,5 + 0,5 л/га)

Вносили:

- сульфоаммофос $N_{20}P_{20}S_8$ перед севом, 200 кг/га в физическом весе (N_{40} действующего вещества на 1 га);

- аммиачную селитру NH_4NO_3 , в дозе 36 кг действующего вещества на 1 га (106 кг/га) – в период активной весенней вегетации;

- гербицид Гран-Стар – 15 г/га и Примадонна 0,7 л/га – во время активной вегетации однолетних и многолетних двудольных сорных растений.

Проводили две внекорневые подкормки 20% водным раствором биопрепарата «Лигногумат» – марки Б. Первая – в фазу колошения, вторая – в фазу налива зерна.

Опытные делянки площадью 50 м² размещали рендомизированно, при четырехкратном повторении.

Характеристика сорта. Сорт Каррера рекомендован для возделывания в Краснодарском и Ставропольском краях, республиках Северного Кавказа, относится к группе среднеранних-среднеспелых сортов. Сроки сева оптимальны для зоны возделывания. Вегетационный период в среднем 240 дней. Зернофуражный. Средние показатели: урожайность в регионе – 63,8 ц/га, содержание белка в зерне 8,5–12,79 %, пленчатость 8,7–9,2 %, натура зерна – 650–690 г/л, масса 1000 зерен 38–47 г. Сорт Каррера толерантен к повышенной кислотности почвы. Обладает высокой полевой устойчивостью к мучнистой росе и карликовой ржавчине. В средней степени устойчив к сетчатой и темно-бурой пятнистостям. В полевых условиях слабо поражается бурой ржавчиной; очень сильно гельминтоспориозом и пыльной головней¹.

Растения ячменя предъявляют к почвам повышенные требования, что связано со слабым развитием корневой системы. Потребление питательных веществ растениями ячменя по большей части происходит в период кущения – выхода растений в трубку. Отзывчивость на удобрения хорошая. Внесение высоких доз азотных удобрений приводит к перерастанию вегетативной массы и вызывает раннее полегание растений, ограничивает возможность роста урожая, снижает зимостойкость. Фосфорно-калийные удобрения в оптимальных дозах и небольшие дозы азотных повышают зимостойкость культуры. При возделывании ячменя озимого на черноземах выщелоченных слитых под основную обработку почвы вносят N₆₀P₆₀K₆₀ + 20 кг/га гранулированного суперфосфата при посеве, в ранневесеннюю подкормку N₄₀ по результатам почвенной диагностики [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые эксперименты проводили на черноземной слитой выщелоченной слабогумусной сверхмощной почве.

Результаты агрохимического анализа почвенных образцов опытного участка (табл. 1) свидетельствуют о стабильности содержания определяемых элементов плодородия на начало и окончание исследований, содержание гумуса: 4,20; 4,03 % – очень низкая группа обеспеченности (<5%, по методу Тюрина). Степень кислотности рН_{сол} – 4,99; 4,79 (4,6–5,0 мг/экв. на 100 г почвы, среднекислая), подвижного фосфора – 29,7; 27,6 мг/кг почвы (16–30 мг/кг почвы, средняя группа обеспеченности по методу Мачиги-на). Отмечено увеличение содержания аммиачной формы минерального азота весной; содержание азота – нитратов в период окончания исследований 17,0 мг/кг (высокая), на начало исследований 3,69 мг/кг (очень низкая), (>15 мг/кг почвы, высокая группа обеспеченности по Кравкову). Однако следует отметить, что параметры содержания азота в почве в условиях южно-предгорной зоны РА нестабильны. Нитратной форме минерального азота свойственно легко перемещаться по почвенному профилю, нитраты подвержены вымыванию с осадками, и, поступив в растения, они проходят сложный цикл химических преобразований. Повышение содержания легко усвояемых форм азота зависит прежде всего от оптимального количества влаги в период вегетации, от видов и норм азотных удобрений, способов их заделки, сроков внесения.

¹agrostd.com. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1 «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. С. 20.

Таблица 1. Результаты агрохимического анализа образцов почвы (начало – окончание исследований)**Table 1.** Results of agrochemical analysis of soil samples (beginning – end of the research)

Показатели почвенного плодородия								
	Гумус (%)	Кислотность, мг экв./100 г		Азот, мг/кг почвы N-NH ₄		Фосфор подвижный, мг/кг почвы	Сумма поглощенных оснований, мг экв./100 г	
		солевая	водная	нитратный	аммиачный		Ca ⁺	Mg ⁺
Начало исследований	4,20	4,99	6,50	3,69	9,50	29,7	23,27	7,31
							30,58	
Окончание исследований	4,03	4,79	5,99	17,0	6,40	27,6	25,25	8,0
							33,25	

Условия увлажнения. При оптимально складывающихся условиях тепла и влаги посев ячменя озимого в южно-предгорной зоне РА проводится в первой декаде октября. Однако в этот период переувлажнение наблюдалось во все годы исследований. В 2021 г.: количество осадков превысило норму в январе – марте в 2,1, в апреле – июне в 1,7, в июле – октябре в 1,5 раза.

В 2022 г. в период оптимального срока сева при норме 58 мм осадков в месяц выпало 93,5 мм, что составило 161,0 % от нормы, в 2023 г. 79,0 мм – 136,2 %.

Переувлажнение в период вегетации культуры составило: октябрь 2021 – июнь 2022 г. – от 104,0 до 244,0 %, октябрь 2022–2023 гг. – соответственно от 102,6 до 216,6².

В период необходимого начала полевых работ наблюдались избыточное увлажнение и низкая испаряемость, данные обстоятельства послужили причиной более поздних сроков сева ячменя озимого, минимум на 2–3 недели, во все годы исследований.

Листовая диагностика растений ячменя озимого. Применение удобрений, средств защиты растений и возрастающих доз Лигногумата способствовало оптимизации взаимодействия макроэлементов калия (К) и кальция (Са) и их содержания в листьях растений ячменя озимого. В исследованиях Т. А. Кирдей отмечено, что под влиянием гуминовых препаратов изменяется содержание калия, кальция, магния, железа в клетках растений, в результате активизируются многие ферментные системы [9].

Исследования на содержание макроэлементов в верхних зеленых листьях ячменя озимого в фазу колошения – созревания показали малый уровень содержания общего азота, оптимальный уровень содержания фосфора (табл. 2).

Избыток кальция (Са) сопряжен с одновременным относительным недостатком калия (К) на вариантах 1 и 2, а на остальных вариантах эти макроэлементы находились в равновесии, что согласуется с научными данными [10].

²admin@pogoda360.ru

Таблица 2. Содержание макроэлементов в верхних зеленых листьях ячменя озимого в фазу колошения-созревания (средние значения)

Table 2. Content of macrolelements in the upper green leaves of winter barley in the heading-ripening phase (average values)

Элемент/Гост	Вариант	Уровень содержания, %		
		фактический		оптимальный
Азот (N) Общий/13494 – 4 – 2019	1	2,50	малый	3,2–3,5
	2	2,07	малый	3,2–3,5
	3	2,38	малый	3,2–3,5
	4	2,81	малый	3,2–3,5
Фосфор (P) Общий/26665 7 – 97	1	0,41	оптимальный	0,3–0,44
	2	0,32	оптимальный	0,3–0,44
	3	0,32	оптимальный	0,3–0,44
	4	0,36	оптимальный	0,3–0,44
Калий (K) Общий/30504 – 97	1	0,87	малый	0,9–1,2
	2	0,85	малый	0,9–1,2
	3	1,30	повышенный	0,9–1,2
	4	1,44	повышенный	0,9–1,2
Кальций (Ca) Общий/26570 - 95	1	1,16	избыточный	0,36
	2	1,17	избыточный	0,36
	3	1,15	избыточный	0,36
	4	1,16	избыточный	0,36
Зола/26226 – 95	1	16,25	–	–
	2	14,82	–	–
	3	14,78	–	–
	4	13,86	–	–

Урожайность зерна ячменя озимого в опыте. Средняя урожайность ячменя озимого в зависимости от применяемых норм Лигногумата в сочетании с минеральными удобрениями и средствами защиты растений составила 5,2 т/га (табл. 3).

Наибольшая урожайность 6,0 т/га получена на варианте: Фон + N₃₆ + Лигногумат, с нормой внесения 0,8 л/га прибавка составила + 1,7 т/га – 39,5 % Прибавка урожайности достоверна на 5%-ном уровне значимости (+ 1,1 т/га).

Применение возрастающих доз Лигногумата совместно с удобрениями способствовало повышению урожайности в сравнении с контролем в среднем в вариантах: 2 – на 14,0 %; 3 – на 39,5 %; 4 – на 25,6 %.

Положительная тенденция эффективности применения нормы внесения: N₂₀P₂₀S₈ + N₃₆ + Лигногумат (0,4 + 0,4 л/га) прослеживалась на протяжении всего периода исследований. Прибавки урожайности, полученные на лучших вариантах, достоверны, за исключением варианта с применением N₂₀P₂₀S₈ + NH₄NO₃ + «Лигногумат» (0,3 + 0,3 л/га). На лучших вариантах показатели урожайности повысились в сравнении с контролем (4,3 т/га) на +1,7 и + 1,1 т/га (6,0; 5,4 т/га).

Таблица 3. Влияние совместного применения «Лигногумата» и минеральных удобрений на урожайность ячменя озимого (2021–2023 гг.)

Table 3. Effect of combined use of Lignohumate and mineral fertilizers on winter barley yield (2021–2023)

Вариант опыта		Урожайность (по годам), т/га			средняя	Прибавки, ±
Обработка почвы (фактор А)	Удобрение (фактор Б)	2021	2022	2023		
Поверхностная обработка (двукратное дискование на 12–16 см)	*N ₂₀ P ₂₀ S ₈ (фон)+N ₃₆ контроль	4,7	3,8	4,5	4,3	
	Фон+N ₃₆ + Лигногумат*(0,6 л/га)	5,1	4,3	5,4	4,9	+0,6
	Фон+N ₃₆ + Лигногумат(0,8 л/га)	5,9	5,7	6,3	6,0	+1,7
	Фон+N ₃₆ + Лигногумат*(1,0 л/га)	5,3	4,9	6,0	5,4	+1,1
НСР ₀₅ т/га		+0,71	+1,1	+ 0,67	-	+1,1

Примечание: * Фон – N₂₀P₂₀S₈ (сульфоаммофос), 200 кг/га + подкормка аммиачной селитрой в дозе N₃₆; Лигногумат* – внесение в фазу колошения и в фазу налива зерна.

Формирование более высоких показателей биологической урожайности зависело от числа продуктивных стеблей на единице площади и зерен в колосе, массы зерна с одного колоса, массы 1000 зерен (табл. 4).

Таблица 4. Биологическая урожайность ячменя озимого

Table 4. Biological yield of winter barley

Варианты опыта	Урожайность (по повторениям), т/га				Средняя	Прибавки ±
	I	II	III	IV		
*N ₂₀ P ₂₀ S ₈ (фон)+N ₃₆	4,2	5,7	3,7	4,2	4,4	-
*N ₂₀ P ₂₀ S ₈ (фон)+N ₃₆ + Лигногумат	5,6	3,8	2,9	5,4	4,4	0,0
Фон+N ₃₆ + Лигногумат*	7,2	7,1	6,8	4,4	6,4	+2,0
Фон+N ₃₆ + Лигногумат*	4,6	5,5	7,4	5,8	5,8	+1,4
Средняя	5,4	5,5	5,2	5,0	5,3	+0,9

В среднем на 1 м² сформировано 373 шт. продуктивных стеблей, 43,5 шт. зерен в колосе.

Масса зерна с одного колоса – 1,63 г, масса 1000 зерен – 38,6 г (39,0; 37,4; 38,4; 39,7; опт. 38,0 – 47,0). Средняя биологическая урожайность – 5,3 (+0,9 в сравнении с контролем) т/га. Уборочный индекс – 50,4 %. Показатели доли массы зерна в фазу уборочной спелости (уборочный индекс) находятся в оптимальных пределах по вариантам: (45,4; 44,6; 59,7; 52,2) и в среднем 50,4 (опт. 30,8 – 55,0 – 60,0 %) (табл. 5). Применение возрастающих доз «Лигногумата» способствовало повышению эффективности удобрений.

Данное обстоятельство оказало положительное влияние на формирование:

- общего количества растений – 386 (контроль); 432; 421; 452, (11,9; 9,1; 17,1 %);
- продуктивных стеблей – 353 (контроль); 392; 361; 351 (11,0; 2,3 %);

- величину озерненности колоса – 43,5 (контроль); 40,6; 41,4; 46,3 (1,3 %);
- и в конечном итоге на величину биологической урожайности – 4,4 (контроль); 4,4; 6,4; 5,8 (45,4; 31,8 %) (табл. 5).

Таблица 5. Структурный анализ урожайности ячменя озимого сорта Каррера (средние данные)

Table 5. Structural analysis of the yield of winter barley variety Carrera (average data)

Варианты	Общее количество стеблей/продуктивных шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости/число зерен в колосе, шт./м ²	Масса 1000 зерен/масса зерна с одного колоса, г опт. 38,0-47,0	Биологическая урожайность		Уборочный индекс: вес зерна/вес снопа без корней, % опт. 30,8-55,0-60,0	
				т/га	прибавки ±		
Поверхностная обработка	*N ₂₀ P ₂₀ S ₈ (фон)+N ₃₆₊	386/328	0,84/43,9	39,0/1,68	4,5	-	45,4
	*N ₂₀ P ₂₀ S ₈ (фон)+N ₃₆₊ Лигногумат	432/390	0,90/40,6	37,4/1,47	4,4	-0,1	44,6
	Фон+N ₃₆ +Лигногумат*	421/384	0,90/41,2	38,4/1,67	6,4	+1,9	59,7
	Фон+N ₃₆ +Лигногумат*	452/388	0,82/46,3	39,7/1,71	5,8	+1,3	52,2
	Среднее	423/373	0,86/43,5	38,6/1,63	5,3	+1,8	50,4

Содержание протеина в зерне ячменя озимого. Согласно протоколу испытаний среднее содержание протеина в зерне ячменя озимого сорта Каррера (табл. 6) составило 10,24 %, что входит в параметры оптимальных показателей для этого сорта (8,5–12,79 %).

Последовательное увеличение норм внесения «Лигногумата»: 0,6 → 0,8 → 1,0 л/га способствовало увеличению содержания протеина по вариантам (B2 – 9,72; B3 – 10,38; B4 – 11,34) в сравнении с контролем (B1 – 9,5). Прибавки составили + 0,22; + 0,88; + 1,84 или 2,3; 9,3; 19,4 % соответственно.

Комплексное применение удобрений, средств защиты растений и биопрепарата «Лигногумат» способствовало повышению урожайности в сравнении с контролем в среднем на 13,1 % (B2); 50 % (B3); 28,9 % (B4).

Таблица 6. Содержание протеина в зерне ячменя озимого сорта Каррера

Table 6. Protein content in winter barley grain of the Carrera variety

Вариант/Гост 10846 - 91	Содержание протеина в зерне ячменя по повторениям, %.			Прибавки, ±
	I,III	II,IV	среднее	
1	9,60	9,41	9,50	-
2	10,21	9,24	9,72	+0,22 (2,3%)
3	11,50	9,25	10,38	+0,88 (9,3%)
4	10,98	11,69	11,34	+1,84 (19,4%)
среднее	10,57	9,90	10,24	

За счет увеличения средней урожайности стоимость продукции с 1 га поднялась с 49,4 тыс. руб. до 74,1 тыс. руб. Самый высокий уровень рентабельности 60,4 % отмечен на варианте: фон + аммиачная селитра N_{36} + Лигногумат с нормой внесения 0,8 л/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованиях получены экспериментальные данные по влиянию биопрепарата «Лигногумат» калийный марки Б в сочетании с минеральными удобрениями и средствами химизации на продуктивность ячменя озимого на фоне минимальной обработки почвы с использованием двукратного дискования со следующими нормами применения удобрений:

Вариант 1. $N_{20}P_{20}S_8 + N_{36}$ (фон – 200 кг/га сульфоаммофос);

Вариант 2. $N_{20}P_{20}S_8 + N_{36}$ + Лигногумат (0,3+0,3 л/га);

Вариант 3. $N_{20}P_{20}S_8 + N_{36}$ + Лигногумат (0,4+0,4 л/га);

Вариант 4. $N_{20}P_{20}S_8 + N_{36}$ + Лигногумат (0,5+0,5 л/га).

Комплексное применение удобрений, средств защиты растений и биопрепарата «Лигногумат» способствовало:

- повышению урожайности в сравнении с контролем в среднем по вариантам: В2 на 13,1 %; В3 на 39,5 %; В4 на 25,6 %. Прибавки урожайности (+ 1,7 и + 1,1 т/га), полученные на вариантах с внесением биопрепарата в дозах 0,8–1,0 л/га достоверны ($HCР_{05} + 1,1$ т/га);

- оптимизации взаимодействия макроэлементов калия (К) и (Са) и их содержания в листьях растений ячменя озимого согласно результатам листовой диагностики;

- улучшению качества полученной продукции: показатели массы 1000 зерен 37,4–39,7 (опт. 38–47,0);

- увеличению содержания протеина по вариантам (9,72; 10,38; 11,34 %) в сравнении с контролем (9,5 %);

- положительному влиянию на формирование общего количества растений: 386 (контроль); 432; 421; 452, (11,9; 9,1; 17,1 %), продуктивных стеблей: 328 (контроль); 390; 384; 388 (18,9; 17,1; 18,3 %), на величину озерненности колоса: 43,9 (контроль); 40,6; 41,2; 46,3 (5,5 %) и в конечном итоге на величину биологической урожайности: 4,4 (контроль); 4,4; 6,4; 5,8; (45,4; 31,8 %);

- получению лучших показателей на вариантах с внесением «Лигногумата» в дозах 0,8 – 1,0 л/га.

Средняя урожайность зерна ячменя озимого в исследованиях составила 5,2 т/га. Максимум урожайности 6,0 т/га получен на варианте с применением двукратного дискования почвы дисковой бороной (БДМ-4) на глубину 12–16 см; удобрений: сульфоаммофоса перед севом $N_{20}P_{20}S_8$ (200 кг/га физического веса, N_{40} действующего вещества на 1 га), аммиачной селитры NH_4NO_3 (106 кг/га в физическом весе N_{36} , в подкормку весной) + «Лигногумат» с нормой внесения 0,4 + 0,4 л/га. Этот эффективный прием возделывания обеспечил наиболее высокий уровень рентабельности 60,4 %.

В результате исследований выявлен наиболее эффективный прием возделывания ячменя озимого с применением биопрепарата «Лигногумат» в дозе 0,8 л/га + сульфоаммофос $N_{40}P_{40}S_{16}$ + аммиачная селитра, N_{36} . Применение разработанных параметров возделывания способствовало повышению продуктивности ячменя озимого на 25,4–39,5 %, увеличению содержания протеина (10,38–11,34 %) и стабилизации почвенного плодородия (содержание гумуса 4,2 – 4,03 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томашевич Н. С. Барчукова А. Я. Кубанский ГАУ. Влияние обработки семян растений различными формами препарата Лигногумат Супер на урожайность и качество риса // Плодородие. 2013. № 6. С. 21–22.
2. Шеуджен А. Х., Гуторова О. А., Луценко И. М. Агрохимическая оценка применения лигногумата в посевах озимой пшеницы в условиях Северо-Западного Предкавказья // Агрохимия. 2022. № 3. С. 31–40. DOI: 10.31857/S0002188122030103
3. Лигногумат: общая информация, методика и результаты применения. Рекомендации для агрономов. Санкт-Петербург. 48 с.
4. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н. Рекомендации по применению гуминовых удобрений на посевах ярового ячменя: брошюра. Курск: Курский федеральный аграрный научный центр, 2023. 39 с.
5. Благополучная О. А. Урожайность и качество зерна ярового овса при использовании биопрепаратов // Инновационные технологии для АПК юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию образования Адыгейского НИИСХ (с международным участием). 21–23 сентября 2016 года. Майкоп: Магарин О.Г., 2016. С. 112–115.
6. Благополучная О. А., Мамсиоров Н. И., Дагужиева З. Ш. Приемы комплексного использования биопрепаратов нового поколения на яровых зерновых культурах при ресурсосберегающих приемах обработки слитых черноземов Республики Адыгея // Вопросы современной науки: коллективная научная монография. М.: Интернаука, 2017. Т. 20(12). С. 37–56.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
8. Шеуджен А. Х. Питание и удобрение зерновых культур. Ячмень. Майкоп: Аякс, 2010. 20 с.
9. Кирдей Т. А. Гуминовые препараты в агротехнологиях // Земледелие. 2013. № 5. С. 12–14. EDN: RENOON
10. Церлинг В. В. Агрохимические основы минерального питания сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1978. 214 с.

REFERENCES

1. Tomashevich N.S., Barchukova A.Ya. Kuban State Agrarian University. Effect of treating plant seeds with various forms of Lignohumate Super on rice yield and quality. *Plodorodie*. [Fertility]. 2013. No. 6. Pp. 21–22. (In Russian)
2. Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Lutsenko I.M. Agrochemical assessment of lignohumate application in winter wheat crops under conditions of the North-West Ciscaucasia *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. 2022. No. 3. Pp. 31–40. DOI: 10.31857/S0002188122030103. (In Russian)
3. *Lignogumat: obshchaya informatsiya, metodika i rezul'taty primeneniya. Rekomendatsii dlya agronomov* [Lignohumate: General information, methods and results of application. Recommendations for agronomists]. St. Petersburg. 48 p. (In Russian)
4. Lazarev V.I., Minchenko Zh.N. *Rekomendatsii po primeneniyu guminovykh udobreniy na posevakh yarovogo yachmenya: broshyura* [Recommendations for the application of humic fertilizers in spring barley crops]: brochure]. Kursk: Kurskiy federal'nyy agrarnyy nauchnyy tsentr, 2023. 39 p. (In Russian)
5. Blagopoluchnaya O.A. Yield and grain quality of spring oats using biopreparations. *Innovatsionnyye tekhnologii dlya APK yuga Rossii* [Innovative technologies for the agro-industrial

complex of the south of Russia]: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 55-letiyu obrazovaniya Adygeyskogo NIISKH (s mezhdunarodnym uchastiyem). 21–23 sentyabrya 2016 goda. Maykop: Magarin O.G., 2016. Pp. 112–115. (In Russian)

6. Blagopoluchnaya O.A., Mamsirov N.I., Daguzhieva Z.Sh. Methods of integrated use of new generation biopreparations on spring grain crops with resource-saving methods of processing drained chernozems of the Republic of Adygea. *Voprosy sovremennoy nauki: kollektivnaya nauchnaya monografiya* [Issues of modern science: collective scientific monograph]. Moscow: Internauka, 2017. Vol. 20(12). Pp. 37–56. (In Russian)

7. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment methodology]. Moscow: Kolos, 1979. 416 p. (In Russian)

8. Sheudzhen A.Kh. *Pitaniye i udobreniye zernovykh kul'tur. Yachmen'* [Nutrition and fertilization of grain crops. Barley]. Maykop: Ayaks, 2010. 20 p. (In Russian)

9. Kirdey T.A. Humic preparations in agricultural technologies. *Zemledeliye* [Agriculture]. 2013. No. 5. Pp. 12–14. EDN: RENOOH. (In Russian)

10. Tserling V.V. *Agrokhimicheskiye osnovy mineral'nogo pitaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Agrochemical foundations of mineral nutrition of agricultural crops]. Moscow: Nauka, 1978. 214 p. (In Russian)

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Девтерова Наталья Ильинична, ст. науч. сотр., отдел земледелия, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Майкопский государственный технологический университет»; 385064, Россия, г. Майкоп, п. Подгорный, ул. Ленина, 48; devterova55@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5859-2630>, SPIN-код: 6786-5636

Information about the author

Natalia I. Devterova, Senior Researcher, Department of Agriculture, Research Institute of Agriculture, Maikop State Technological University; 385064, Russia, Maikop, Podgorny, 48 Lenin street; devterova55@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5859-2630>, SPIN-code: 6786-5636