

Оценка влияния сроков использования антидота Лигногумат при химической прополке посевов озимой пшеницы на аминокислотный состав зерна

Л. А. Алакаева¹, А. Х. Занилов^{✉2}, М. Р. Азнаева²,
А. М. Лешкенов³, Т. Б. Шалов⁴

¹Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

²Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

³Институт сельского хозяйства –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224

⁴Абхазский государственный университет
384904, Республика Абхазия, г. Сухум, ул. Университетская, 1

Аннотация. В условиях интенсивного земледелия актуальной задачей остается поиск способов снижения фитотоксического действия гербицидов при сохранении и повышении качества растениеводческой продукции. Особый интерес представляет использование антидотов гуминовой природы, способных оказывать антистрессовое действие и влиять на биохимический состав зерна. При этом данные о влиянии последовательности применения антидотов при гербицидных обработках на качество зерна в условиях степной зоны КБР отсутствуют.

Цель исследования – оценка влияния сроков применения антидота Лигногумат АМ (150 г/га) при химической прополке посевов озимой пшеницы на аминокислотный состав зерна и урожайность культуры.

Новизна работы заключается в определении влияния антидотов наряду с урожайностью на нутритивную плотность зерна (концентрация незаменимых аминокислот) в зависимости от последовательности их применения с гербицидами.

Материалы и методы исследования. Полевые опыты проводились на посевах озимой пшеницы сорта Памяти Шатилова в условиях опытного поля ИСХ КБНЦ РАН. Обработка посевов озимой пшеницы проводилась в фазу весеннего кушения по схеме: 1) за 2 дня до химической прополки; 2) в баковой смеси с гербицидом; 3) через 2 дня после химической прополки. В качестве средств защиты растений использовался гербицид «Балерина». Содержание незаменимых аминокислот определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Статистическую обработку результатов проводили с использованием ANOVA и теста Тьюки при $p < 0,05$.

Результаты. В работе установлено, что максимальная урожайность зерна (5,27 т/га) достигнута при использовании антидота в баковой смеси, что на 10,9 % выше, чем в контроле (4,75 т/га). Сумма незаменимых аминокислот среди опытных вариантов также достигнута в варианте с баковой смесью (3,641 %), но по отношению к контрольному варианту (3,949 %) она ниже на 7,8 %. Наименьшая эффективность отмечена при предварительном внесении антидота (2,642 %). Урожайность при этом меняется в сторону снижения в пределах статистической погрешности (2,7 %).

Закключение. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения Лигногумата в баковой смеси с гербицидом как наиболее эффективного способа реализации его антистрессового и биофортификационного потенциала.

Ключевые слова: озимая пшеница, Лигногумат, антидот, гербицид, химическая прополка, аминокислотный состав, незаменимые аминокислоты, биофортификация, фитотоксичность

Поступила 04.05.2026, одобрена после рецензирования 28.05.2026, принята к публикации 11.06.2026

Для цитирования. Алакаева Л. А., Занилов А. Х., Азнаева М. Р., Лешкенов А. М., Шалов Т. Б. Оценка влияния сроков использования антидота Лигногумат при химической прополке посевов озимой пшеницы на аминокислотный состав зерна // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 3. С. 143–152. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-3-143-152

Research article

Impact of Lignohumate antidote application timing on the amino acid composition of winter wheat grain during chemical weeding

L.A. Alakaeva¹, A.Kh. Zanirov², M.R. Aznaeva²,
A.M. Leshkenov³, T.B. Shalov⁴

¹Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia

²Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov
173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia

³Institute of Agriculture –
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
224, Kirov street, Nalchik, 360004, Russia

⁴Abkhazian State University
1, Universitetskaya street, Sukhum, 384904, Republic of Abkhazia

Abstract. In the context of intensive farming, mitigating the phytotoxic effect of herbicides while maintaining and improving the quality of crop products remains an urgent task. Of particular interest is the use of humic-nature antidotes, which are capable of exerting an anti-stress effect and influencing the biochemical composition of grain. At the same time, no data are available regarding how the timing and sequence of antidote application during herbicide treatments affect grain quality under the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic steppe zone.

Aim. The goal of the study is to assess how the timing of Lignohumate AM antidote application (150 g/ha) during herbicide treatments affects the amino acid profile of winter wheat grain and overall crop yield.

Thus, the novelty of this study is that it evaluates the effects of antidotes on both crop yield and grain nutritional density (essential amino acid concentration) as a function of their application sequencing relative to herbicides.

Materials and methods. Field trials were conducted on winter wheat crops of the 'Pamyati Shatilova' variety on the experimental field of the Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (IA KBSC RAS). The treatment of winter wheat crops was carried out during the spring tillering phase according to the following scheme: 1) 2 days before chemical weeding; 2) in a tank mix with the herbicide; 3) 2 days after chemical weeding. The herbicide "Ballerina" served as the plant protection product. High-performance liquid chromatography was then used to determine the content of essential amino acids. Statistical analysis of the results involved ANOVA and Tukey's test at $p < 0.05$.



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Results. The study found that the maximum grain yield (5.27 t/ha) was achieved by applying the antidote in a tank mixture, which exceeded the control (4.75 t/ha) by 10.9 %. The highest total concentration of essential amino acids among the treatments was also observed in the tank mix option (3.641 %), which was 7.8 % lower than that in the control (3.949%). The lowest efficacy was observed with the preliminary antidote application (2.642 %). Meanwhile, the crop yield trended downward within the margin of statistical error (2.7 %).

Conclusion. The obtained results indicate the feasibility of applying Lignohumate in a tank mixture with the herbicide as the most effective way to realize its anti-stress and biofortification potential.

Keywords: winter wheat, Lignohumate, antidote, herbicide, chemical weed control, amino acid composition, essential amino acids, biofortification, phytotoxicity

Submitted 04.05.2026,

approved after reviewing 28.05.2026,

accepted for publication 11.06.2026

For citation. Alakaeva L.A., Zanirov A.Kh., Aznaeva M.R., Leshkenov A.M., Shalov T.B. Impact of Lignohumate antidote application timing on the amino acid composition of winter wheat grain during chemical weeding. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2026. Vol. 28. No. 3. Pp. 143–152. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-3-143-152

ВВЕДЕНИЕ

Регуляторы роста и антистрессовые средства на основе биологических препаратов [1, 2] и гуминовых соединений находят широкое применение в растениеводстве, в том числе при внесении в баковых смесях с гербицидами [3, 4]. Использование антидотов призвано снизить негативное действие синтетических пестицидов, нарушающих физиолого-биохимическое состояние защищаемых культурных растений [5]. Результатом их применения является ограничение снижения фитотоксичности [6] и повышение урожайности.

Несмотря на то, что в регуляторах роста заложен резерв повышения продукционного процесса растений, задача повышения качества продукции при их использовании, в том числе в баковых смесях с гербицидами, остается нерешенной. Так, при использовании некоторых регуляторов роста растений при повышении урожайности могут страдать отдельные качественные характеристики продукции [7], в том числе содержание микроэлементов [8] и аминокислот [9], определяющих нутритивную плотность продукции. Важность подбора антидотов и способов их применения остается актуальной задачей для интенсивной формы земледелия. Так, установлено ингибирующее действие повышенных концентраций регуляторов роста как при foliarных обработках [10], так и при обработке семян [11]. Проблематика недостатка исследований касается и темы применения антидотов в системе защиты культурных растений от сорной растительности. Это в свою очередь требует перехода от эпизодических исследований к получению и систематизации данных о способах повышения биофортификационного потенциала антидотов за счет подбора средств и сроков их внесения в условиях интенсивного земледелия.

Целью работы является оценка влияния сроков применения антидота гуминовой природы (Лигногумат) на аминокислотный статус зерна озимой пшеницы при химической прополке посевов.

Новизна работы. В условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики ранее не изучалось влияние пестицидов и антидотов на концентрацию незаменимых аминокислот в зерне. Полученные данные вносят вклад в разработку систем защиты растений, минимизирующих ущерб не только по показателям урожайности, но и по показателям нутритивной плотности, что важно для создания технологий здоровьесбережения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительная оценка действия антидота Лигногумат при обработке посевов озимой пшеницы Памяти Шатилова проводилась в условиях опытного поля Института сельского хозяйства – филиала Кабардино-Балкарского научного центра РАН. Для защиты посевов от сорной растительности использовался системный гербицид «Балерина» с нормой расхода 0,4 л/га в объеме рабочей жидкости 200 л/га. Защитные мероприятия проводились в фазу весеннего кущения, которая пришлась на третью декаду апреля 2025 г. Лигногумат вносился в три срока: 1) за 2 дня до химической прополки; 2) во время гербицидной обработки в баковой смеси; 3) через два дня после применения гербицида.

В качестве антидота использовался гуматно-фульватный комплекс в форме коммерческого препарата Лигногумат АМ, обладающего ростостимулирующими и антистрессовыми свойствами [12]. Норма внесения при листовой обработке 150 г/га.

Определение содержания незаменимых аминокислот в зерне проводилось в отделе мониторинга агроэкосистем Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова на высокоэффективном жидкостном хроматографе “HELIKON 1800” (“HELIKON”, Китай) со спектрофотометрическим детектором по методике Руденко и др. [13].

Статистический анализ проводили с использованием программной среды Python. Для каждой аминокислоты оценивали нормальность распределения количественных признаков с помощью критерия Шапиро–Уилка. Проверку однородности дисперсий осуществляли с использованием теста Левена. Сравнения проводили однофакторным анализом ANOVA с тестом Тьюки. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$. Результаты представлены в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ полученных данных (рис. 1) позволяет рассматривать период внесения антидота Лигногумат при проведении химических прополок посевов озимой пшеницы как в качестве элемента технологии биофортификации, целью которой является ограничение негативного влияния пестицидов на нутритивную плотность продукции или ее повышение на этапе первичного производства сырья, так и в качестве средства повышения урожайности.

Рассматривая влияние сроков внесения Лигногумата в пределах технологической операции по химической прополке посевов озимой пшеницы, следует выделить, что по сумме незаменимых аминокислот в сравниваемых сроках внесения максимальная эффективность (3,641 %) достигнута при одновременном использовании антидота и гербицида. Снижение по отношению к контрольному варианту (3,949 %) составило 7,8 %. Минимальная сумма незаменимых аминокислот в зерне (2,642 %) сформирована при внесении Лигногумата за 2 дня до проведения химической прополки. Это значение ниже, чем в контрольном варианте, на 33,1 % и в варианте с применением Лигногумата в баковой смеси на 27,5 %.

Обработка посевов Лигногуматом после проведения химической прополки аналогично варианту с заблаговременной обработкой формирует пониженную концентрацию незаменимых аминокислот в зерне. Снижение по отношению к контрольному варианту и варианту с применением в баковой смеси составляет 26,1 % и 19,8 % соответственно.

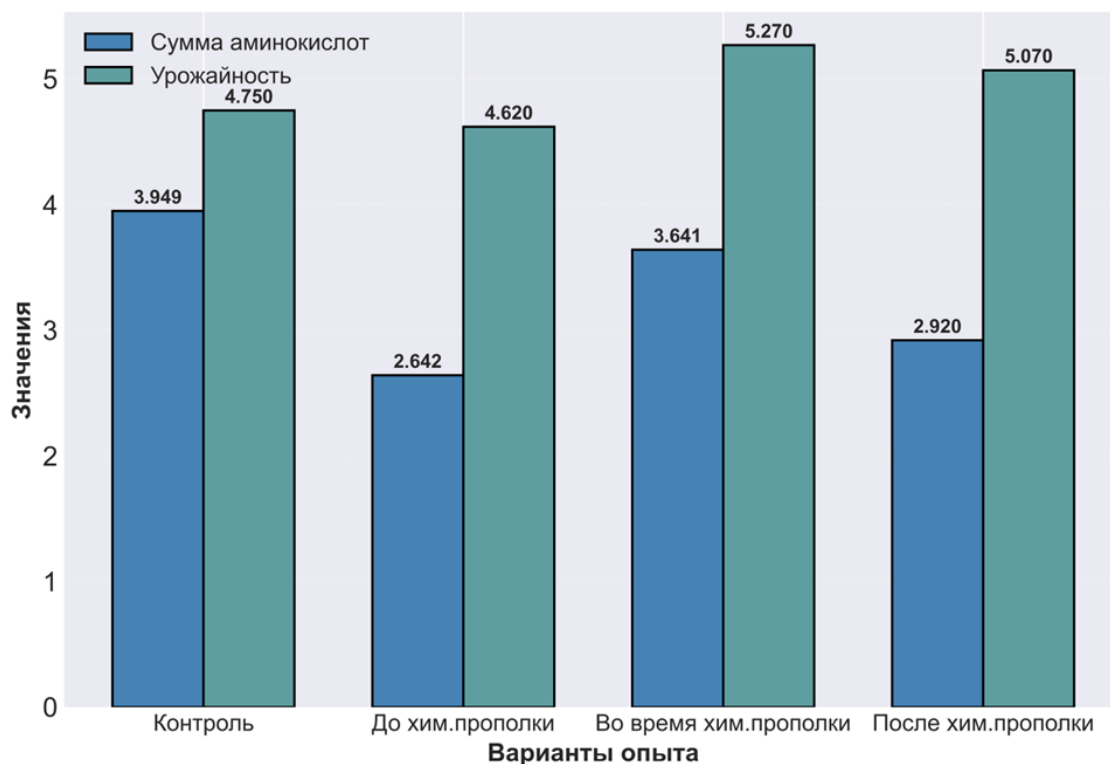


Рис. 1. Влияние сроков внесения антидота Лигногумат на сумму незаменимых аминокислот (%) в зерне озимой пшеницы и ее урожайность (т/га)

Fig. 1. Influence of Lignohumate antidote application timing on the total content of essential amino acids (%) in winter wheat grain and its yield (t/ha)

Судя по влиянию Лигногумата на урожайность зерна озимой пшеницы, можно предположить, что антистрессовые свойства изучаемого антидота связаны с восстановлением преимущественно ростовых процессов, что отражается на увеличении выхода валовой продукции при его использовании в баковой смеси с гербицидом и в качестве средства снятия стресса после его применения. Так, максимальная урожайность озимой пшеницы (5,27 т/га) установлена в варианте, сочетающем одновременное применение гербицидов с Лигногуматом, что на 10,9 % выше, чем в контрольном варианте (4,75 т/га). Антистрессовый эффект Лигногумата, внесенного после проведения химической прополки, выражается в повышении урожайности на 6,7 % – до 5,07 т/га. Заблаговременная обработка посевов Лигногуматом существенно не влияет на изменение урожайности (4,62 т/га), которая сопоставима со значением контрольного варианта.

Несмотря на статистически значимое изменение общей суммы аминокислот, при рассмотрении их в отдельности обнаруживаются индивидуальные особенности (рис. 2).

Заблаговременная обработка посевов Лигногуматом положительно сказывается на содержании аргинина, концентрация которого возрастает на 26,1 % ($p < 0,05$) и фенилаланина – на 31,7 % ($p < 0,001$). В остальных случаях концентрация понижается на 13,4–48,1 %.

При использовании Лигногумата в баковой смеси возрастает концентрация отдельных аминокислот: фенилаланина – на 31,6 % ($p < 0,01$); триптофана – на 4,9 % ($p > 0,05$). В пределах значения контрольного варианта остается лизин (1,3 %). Концентрация остальных аминокислот снижается на 5,2–47,1 %.

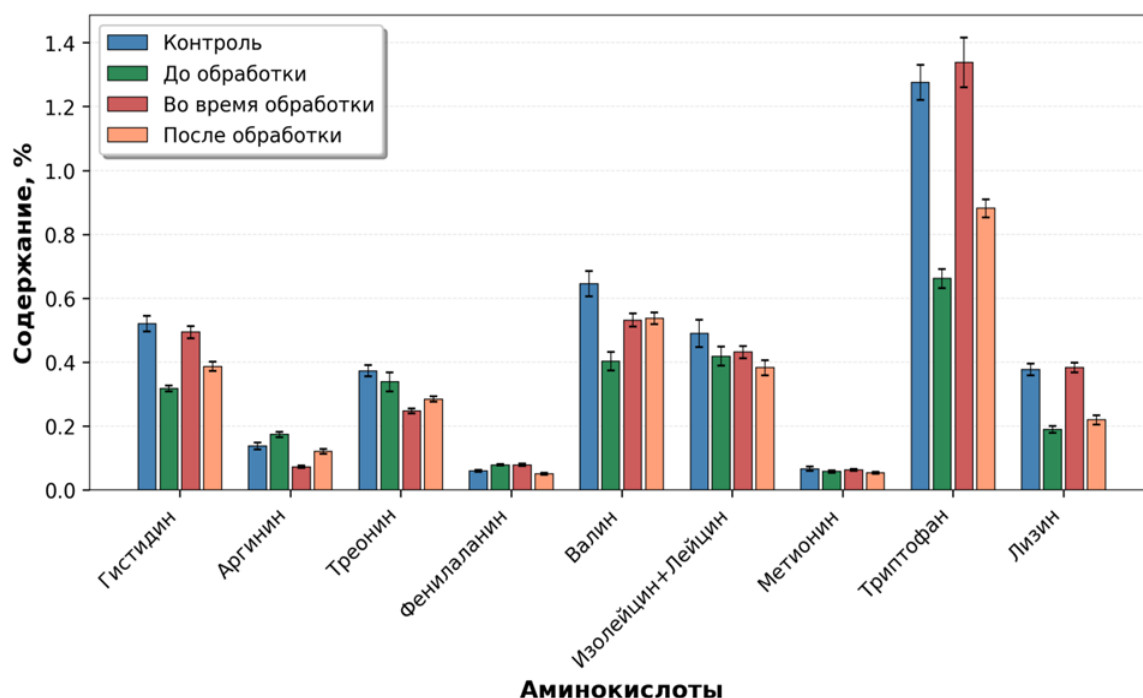


Рис. 2. Концентрация незаменимых аминокислот в зерне

Fig. 2. Concentration of essential amino acids in the grain

Использование Лигногумата после внесения гербицида, несмотря на повышение урожайности зерна, не способствует восстановлению концентрации ни одной из рассматриваемых аминокислот до значения контрольного варианта. Снижение концентрации в зависимости от аминокислоты находится в пределах 12,3–41,8 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования установлено, что в пределах технологической операции по защите посевов озимой пшеницы от сорной растительности оптимальным способом использования Лигногумата является его применение в баковой смеси с гербицидами, что выражается ростом урожайности озимой пшеницы на 10,9 %. Биофортификационный потенциал антистрессового препарата Лигногумат, выраженный в накоплении незаменимых аминокислот, также в большей степени проявляется при его применении в баковой смеси, чем при внесении до или после проведения химической прополки гербицидом «Балерина», но незначительно уступает контрольному варианту – на 7,8 %. Минимальный комплексный эффект получен в варианте при использовании Лигногумата до проведения химической прополки. При сопоставимой с контрольным вариантом урожайности пшеницы сумма незаменимых аминокислот в зерне снизилась на 33,1 %.

С учетом новизны работы и впервые полученных данных планируется продолжение исследований на стыке агрохимии и нутрициологии, что открывает перспективы создания технологий здоровьесбережения. В условиях малоземелья республики, которое ограничивает возможность повышения конкуренции полеводства за счет валовых сборов, новое направление открывает возможности для получения биофортифицированной продукции с большей добавленной стоимостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костин Я. В., Ушаков Р. Н., Крючков М. М. и др. Агроэкологическая эффективность биопрепарата Экстрасол при выращивании ячменя // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 3(35). С. 34–38. EDN: ZHMYAB
2. Накаряков А. М., Завалин А. А. Влияние биопрепаратов и удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на светло-серой лесной почве // Плодородие. 2021. № 4(121). С. 26–30. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.08
3. Кишев А. Ю., Ханиева И. М., Бербекоев К. З. Применение лигногумата и альбита в сочетании с подкормкой азотом на сахарной свекле // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 3(29). С. 7–10. EDN: ZGUXAJ
4. Поздняков Л. А., Степанов А. Л., Гасанов М. Э. и др. Влияние лигногумата на биологическую активность почвы о. Бали, Индонезия // Почвоведение. 2020. № 5. С. 601–609. DOI: 10.31857/S0032180X20050111. EDN XWVBQT
5. Бычкова В. В., Сазонова И. А., Пиденко П. С. и др. Негативные эффекты применения гербицидов группы имидазолинонов: проблемы и решения // Агрохимия. 2023. № 2. С. 87–96. DOI: 10.31857/S0002188123020060. EDN: MSAXSU
6. Дворянкин Е. А. Потери урожая от фитотоксичности гербицидов. Методика исследования токсичности гербицидов // Сахар. 2018. № 7. С. 25–29. EDN: UWRPMC
7. Кравченко Р. В., Радчевский П. П., Прах А. В. Качество винограда и виноматериалов сорта Саперави на фоне применения лигногуматов марки "А" // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 99. С. 749–759. EDN: SGTOMP
8. Пашкевич Е. Б., Ларина Г. Е., Парахина М. В. Влияние разных способов внесения лигногумата на качество продукции зеленных культур и лекарственных растений // Агрохимия. 2024. № 4. С. 60–68. DOI: 10.31857/S0002188124040079
9. Кондратенко Е. П., Константинова О. Б., Соболева О. М. и др. Содержание белка и аминокислот в зерне озимых культур, произрастающих на территории лесостепи Юго-Востока Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2015. № 3. С. 143–150. EDN: VEJQMH
10. Коришунов А. В., Митюшкин А. В., Гаитова Н. А. и др. Эффективность лигногуматов и комплексного удобрения акварин-12 на культуре картофеля // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 11. С. 17–19. EDN: MEGJFD
11. 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. EDN: RVMNEQ
12. Бойко В. А., Левченко С. В., Белаш Д. Ю., Романов А. В. Оценка влияния применения препарата «Лигногумат» на показатели продуктивности и качества винограда в условиях Республики Крым // Русский виноград. 2021. Т. 15. С. 43–51. DOI: 10.32904/2712-8245-2021-15-43-51. EDN: GFOKXI
13. Руденко А. О., Карцова Л. А., Снарский С. И. Определение важнейших аминокислот в сложных объектах биологического происхождения методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с получением фенилтиогидантоинов аминокислот // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. № 2. С. 223–230. EDN: MUEQTX

REFERENCES

1. Kostin Ya.V., Ushakov R.N., Kryuchkov M.M. et al. Agroecological efficiency of Extrasol biopreparate for barley growing. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2017. No. 3(35). Pp. 34–38. EDN: ZHMYAB. (Russian)
2. Nakaryakov A.M., Zavalin A.A. Influence of biorperarates and fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain on light gray forest soil. *Plodorodie*. 2021. No. 4(121). Pp. 26–30. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.08. (Russian)
3. Kishev A.Yu., Khanieva I.M., Berbekov K.Z. Application of lignohumate and albite in combination with nitrogen fertilization on sugar beet. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020. No. 3(29). Pp. 7–10. EDN: ZGUXAJ. (in Russian)
4. Pozdnyakov L.A., Stepanov A.L., Gasanov M.E. et al. Effect of lignohumate on soil biological activity on the Bali Island, Indonesia. *Pochvovedenie*. 2020. No. 5. Pp. 601–609. DOI: 10.31857/S0032180X20050111. EDN XWVBTQ. (Russian)
5. Bychkova V.V., Sazonova I.A., Pidenko P.S. et al. Negative effects of imidazolinone herbicides usage: problems and decisions. *Agrohimia*. 2023. No. 2. Pp. 87–96. DOI: 10.31857/S0002188123020060. EDN: MSAXSU. (in Russian)
6. Dvoryankin E.A. Crop losses due to herbicide phytotoxicity. Methods for studying herbicide toxicity. *Sakhar*. 2018. No. 7. Pp. 25–29. EDN: UWRPMC. (In Russian)
7. Kravchenko R.V., Radchevskiy P.P., Prakh A.V. Quality of Saperavi grapes and wine when applying the lignohumates of "A" grade. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014. No. 99. Pp. 749–759. EDN: SGTOMP. (In Russian)
8. Pashkevich E.B., Larina G.E., Parakhina M.V. Influence of different methods of application of ugnogumate on the product quality of green crops and medicinal plants. *Agrohimia*. 2024. No. 4. Pp. 60–68. DOI: 10.31857/S0002188124040079. (In Russian)
9. Kondratenko E.P., Konstantinova O.B., Soboleva O.M. et al. The content of protein and amino acids in the grain of winter crops growing in the forest-steppe of the south-east of Western Siberia. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2015. No. 3. Pp. 143–150. EDN: VEJQMH. (In Russian)
10. Korshunov A.V., Mityshkin A.V., Gaitova N.A. et al. Effectiveness of lignin-humates and complex fertilizer akvarin-12 on potato. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2009. No. 11. Pp. 17–19. EDN: MEGJFD. (In Russian)
11. Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Lutsenko I.M. Agrochemical estimation of lignogumate on winter wheat crops in the conditions of the NorthWestern Precaucasia. *Agrohimia*. 2022. No. 3. Pp. 31–40. DOI: 10.31857/S0002188122030103. EDN: RVMNEQ. (In Russian)
12. Boyko V.A., Levchenko S.V., Belash D.Yu., Romanov A.V. Impact of "Lignohumate" fertilizer on productivity indicators and grapes quality in the conditions of the Republic of Crimea. *Russkiy vinograd [Russian Grapes]*. 2021. Vol. 15. Pp. 43–51. DOI: 10.32904/2712-8245-2021-15-43-51. EDN: GFOKXI. (In Russian)
13. Rudenko A.O., Kartsova L.A., Snarsky S.I. High performance liquid chromatography determination of the major amino acids in complex biological objects using phenylisothiocyanate derivatization. *Sorption and Chromatography Processes*. 2010. Vol. 10. No. 2. Pp. 223–230. EDN: MUEQTX. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов:

Алакаева Л. А., Лешкенов А. М. – закладка эксперимента, сбор образцов, первичная обработка данных;
Азнаева М. Р. – анализ растительных образцов на содержание незаменимых аминокислот;
Занилов А. Х., Шалов Т. Б. – актуализация тематики и представление перспектив междисциплинарного исследования. Анализ результатов полевых исследований, оформление рукописи статьи.

Contribution of the authors:

Alakaeva L.A., Leshkenov A.M. – experimental setup, sample collection, initial data processing;
Aznaeva M.R. – analysis of plant samples for essential amino acid content;
Zanilov A.Kh., Shalov T.B. – updating the topic and presenting the prospects for the interdisciplinary research. Analysis of field research results, manuscript preparation.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Алакаева Лейла Арсеновна, аспирант Научно-образовательного центра, заведующая отделом программного развития и договорной работы, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;
7677779@mail.ru

Занилов Амиран Хабинович, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. Центра декарбонизации АПК и региональной экономики, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173;
amiran78@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8635-6501>

Азнаева Милана Радиевна, начальник отдела мониторинга агроэкосистем Центра декарбонизации АПК и региональной экономики, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173;
miazna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9327-4526>

Лешкенов Аслан Мухамедович, зав. лабораторией агрохимии и почвенных исследований, Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;
aslan.leshchenov@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9516-3213>

Шалов Тимур Борисович, д-р с.-х. наук, профессор, начальник отдела науки и аспирантуры, Абхазский государственный университет;

384904, Республика Абхазия, г. Сухум, ул. Университетская, 1;
timur.shalov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7015-9266>

Information about the authors

Leila A. Alakaeva, Postgraduate Student, Scientific and Educational Center, Head of the Department of Program Development and Contractual Activities, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

2, Balkarov street, Nalchik, 360010, Russia;
7677779@mail.ru

Amiran Kh. Zanirov, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Center for Decarbonization of the Agro-Industrial Complex and Regional Economy, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov;

173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia;

amiran78@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8635-6501>

Milana R. Aznaeva, Head of the Department for Monitoring Agroecosystems, Center for Decarbonization of the Agro-Industrial Complex and Regional Economy, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov;

173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia;

miazna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9327-4526>

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

224, Kirov street, Nalchik, 360004, Russia;

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

Timur B. Shalov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Science and Postgraduate Studies, Abkhazian State University;

1, Universitetskaya street, Sukhum, 384904, Republic of Abkhazia;

timur.shalov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7015-9266>