

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Биотехнологические исследования.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.5.4. Биохимия; 1.5.6. Биотехнология
Дополнительная научная специальность ВАК: 1.5.21. Физиология и биохимия растений;
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Идентификатор ссылки на объект ROI: jbc-01/25-83-9-66
Цифровой идентификатор объекта DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66
УДК: 577.15:661.162.66. Поступила в редакцию 25 июля 2025 г.

Влияние условий азотного питания и биопрепаратов на активность различных изоформ фермента пероксидазы и показатели качества зерна яровой пшеницы

Серегина^{1*} Инга Ивановна, Белопухов² Сергей Леонидович, Анка³ Майя

¹ Кафедра агрономической, биологической химии и радиологии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.
ул, Тимирязевская, 49. г. Москва, 127434. Россия. E-mail: seregina.i@inbox.ru

² Кафедра химии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. ул, Тимирязевская, 49. г. Москва, 127434.
Россия. E-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru

³ Кафедра агрономической, биологической химии и радиологии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.
ул, Тимирязевская, 49. г. Москва, 127434. Россия. E-mail: mayaanka12@gmail.com

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: яровая пшеница, изоформы фермента пероксидазы, биопрепараты, условия азотного питания, показатели качества зерна.

Аннотация

В статье представлены исследования влияния различных биопрепаратов, применяемых при выращивании яровой пшеницы сорта Злата на активность изоформ пероксидазы полученного зерна и показатели его качества в зависимости от условий азотного питания. Исследования проводили на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В полевых экспериментах изучали биопрепараты, которые отличались химическим составом и сельскохозяйственным назначением: Биодукс, Эпин-Экстра, Эпин Плюс, Эмистим, Феровит и Харди, которые применяли путем внекорневого опрыскивания растений в течение вегетации. Растения выращивали в условиях естественного плодородия почвы без применения азотных удобрений (N0) и при внесении азотных удобрений (N90). После уборки урожая, были определены показатели качества зерна и активность изоформ фермента пероксидазы сухого и пророщенного зерна пшеницы. Было выявлено, что применяемые агрохимические средства оказывали положительное действие на активность изоформ пероксидазы. Результаты показали, что щелочная форма пероксидазы более активна по сравнению с кислыми и нейтральными изоформами фермента. Это заметно по всем контрольным и экспериментальным показателям как при N0, так и при N90. Активность фермента в трех его изоформах в условиях азотного питания (N90) была выше активности этих ферментов в естественных почвенных условиях (N0). Наиболее эффективными препаратами, активизирующими щелочные изоформы пероксидазы в большей степени оказались препараты Эмистим и Феровит. Ферментативная активность зерна возрастала до максимума для всех изоформ фермента при N90, так и при N0. Установлено существенное влияние биопрепаратов, используемых путем опрыскивания вегетирующих растений способствовало получению наибольших величин сбора сырого белка от 26.1 г/м² до 48.3 г/м² и стекловидности от 46% до 58%. При этом, максимальная величина сбора сырого белка получена при использовании препарата Биодукс на фоне N90 (48.3 г/м²), в то время как наиболее высокая стекловидность зерна обнаружена при применении препарата Харди на фоне N90 (58%). Возможно, что эффективность препаратов зависит от их химического состава и их влияния на направление синтетических процессов в зерне в период его налива и созревания, что также обуславливает векторы продукционного процесса.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Серегина И.И., Белопухов С.Л., Анка Майя. Влияние условий азотного питания и биопрепаратов на активность различных изоформ фермента пероксидазы и показатели качества зерна яровой пшеницы. *Бутлеровские сообщения*. 2025. Т.83. №9. С.66-75. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Серегина И.И., Белопухов С.Л., Анка Майя. Влияние условий азотного питания и биопрепаратов на активность различных изоформ фермента пероксидазы и показатели качества зерна яровой пшеницы. *Бутлеровские сообщения* С. 2025. Т.11. №3. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66/ROI-jbc-RC/25-11-3-17

The output for citing the English online version of the article:

Inga I. Seregina, Sergey L. Belopukhov, Maya Anka. Effect of nitrogen nutrition conditions and biopreparations on the activity of various isoforms of the peroxidase enzyme and grain quality indicators of spring wheat. *Butlerov Communications* C. 2025. Vol.11. No.3. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66/ROI-jbc-C/25-11-3-17

Литература

- [1] Базильжанов Е.К., Кантарбаева А.Д. Влияние регуляторов роста растений на продуктивность и качество яровой пшеницы на южных черноземах Акмолинской области. *Молодой ученый*. **2016**. №11. С.579-582. EDN:WGGQAJ [E.K. Bazilzhonov, A.D. Kantarbaeva. Effect of plant growth regulators on the productivity and quality of spring wheat on the southern chernozems of the Akmola region. *Young Scientist*. **2016**. No.11. P.579-582. EDN: WGGQAJ (Russian)]
- [2] Ткачук О.А., Павликова Е.В., Орлов А.Н. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Молодой ученый*. **2013**. №4. С.677-679. EDN:PYHZXP [O.A. Tkachuk, E.V. Pavlikova, A.N. Orlov. Efficiency of growth regulators application in spring wheat cultivation in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Young Scientist*. **2013**. No.4. P.677-679. EDN:PYHZXP (Russian)]
- [3] Абашев В.Д., Попов Ф.А., Носкова Е.Н., Жук С.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы. *Пермский аграрный вестник*. **2017**. №1 (17). С.7-11. EDN: YGSVXR [V.D. Abashev, F.A. Popov, E.N. Noskova, S.N. Zhuk. Effect of mineral fertilizers on the yield of spring wheat grain. *Perm Agrarian Bulletin*. **2017**. No.1 (17). P.7-11. EDN: YGSVXR (Russian)]
- [4] Дёмина Е.А., Кинчаров А.И. Взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков яровой пшеницы на фоне применения современных удобрений и стимуляторов роста. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. **2017**. №11 С.69-73. EDN: ZWJJIL [E.A. Demina, A.I. Kincharov. Interrelations of economically valuable traits of spring wheat against the background of the use of modern fertilizers and growth stimulants. *International Journal of Humanitarian and Natural Sciences*. **2017**. No.11. P.69-73. EDN: ZWJJIL (Russian)]
- [5] Карпова Г.А., Карпова Л.В., Фролова Е.Ю. Активация ранних ростовых процессов семян под действием регуляторов роста как фактор повышения полевой всхожести и урожайности яровой пшеницы. *Нива Поволжья*. **2016**. №1 (38). С.29-35. EDN: YRDLEZ [G.A. Karpova, L.V. Karpova, E.Yu. Frolova. Activation of early growth processes of seeds under the influence of growth regulators as a factor in increasing field germination and yield of spring wheat. *Niva Povolzhya*. **2016**. No.1 (38). P.29-35. EDN: YRDLEZ (Russian)]
- [6] Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Муллаянова О.С., Таранова Т.Ю. Влияние минеральных азотсодержащих удобрений на продуктивность яровой мягкой пшеницы. Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. **2018**. №11-2. С.22-27. DOI:10.24411/2500-1000-2018-10185 [A.I. Kincharov, E.A. Demina, O.S. Mullayanova, T.Yu. Taranova. Effect of mineral nitrogen-containing fertilizers on the productivity of spring soft wheat. Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P.N. Konstantinov. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. **2018**. No.11-2. P.22-27. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10185 (Russian)]
- [7] Евдокимова М.А., Соловьева Н.И., Данилов А.В., Михайлова А.Г. Стимуляторы роста на посевах ярового ячменя. Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. *Мосоловские чтения: материалы междунар. научно-практич. конф. Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2015. Вып. XV*. [M.A. Evdokimova, N.I. Solovieva, A.V. Danilov, A.G. Mikhailova. Growth stimulants in spring barley crops. Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. *Mosolov Readings: Materials of the International Scientific and Practical Conf. Maritime State University. Yoshkar-Ola*. **2015**. Iss.XV. (Russian)]
- [8] Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения, урожай. *Москва: Издательство ВНИИА*. **2005**. 302с. [A.A. Zavalin. Biopreparations, fertilizers, harvest. *Moscow: VNIIA Publishing House*. **2005**. 302p.]
- [9] Сусидко П.И. Биостимуляторы перспективные препараты. *Агро XXI*. **1998**. №5. С.20-21. [P.I. Susidko. Biostimulants promising preparations. *Agro XXI*. **1998**. No.5. P.20-21. (Russian)]
- [10] Яхин И.А., Яхин О.И., Лубянов А.А. Разработка и механизмы действия препаративных форм антистрессовых биорегуляторов на основе биологически активных веществ растительного происхождения. *Сборник трудов V Съезда Общества физиологов растений России. Пенза*. **2003**. С.364-365. [I.A. Yakhin, O.I. Yakhin, A.A. Lubyaynov. Development and mechanisms of action of preparative forms of anti-stress bioregulators based on biologically active substances of plant origin. *Collection of works of the V Congress of the Society of Plant Physiologists of Russia. Penza*. **2003**. P.364-365. (Russian)]
- [11] Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Современные представления о биостимуляторах. *Агрохимия*. **2014**. №7. С.85-90. EDN:SIPPSF [O.I. Yakhin, A.A. Lubyaynov, I.A. Yakhin. Modern concepts of biostimulants. *Agrochemistry*. **2014**. No.7. P.85-90. EDN:SIPPSF (Russian)]
- [12] Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Биостимуляторы в агротехнологиях: проблемы, решения, перспективы. *Агрохимический вестник*. **2016**. №1. С.15-21. [O.I. Yakhin, A.A. Lubyaynov, I.A. Yakhin. Biostimulants in agricultural technologies: problems, solutions, prospects. *Agrochemical Bulletin*. **2016**. No.1. P.15-21. (Russian)]
- [13] A. Basak Biostimulators definitions, classification and legislation. Biostimulators in modern agriculture. General aspects. *Warsaw, Poland: Wieś Jutra*. **2008**. P.7-17. 88p.]

- [14] J.S. Craigie. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J. Appl. Phycol.* **2011**. Vol.23(3). P.371-393. DOI:10.1007/s10811-010-9560-4
- [15] Васин А.В., Васина Н.В., Трофимова Е.О. Эффективность применения стимуляторов роста при возделывании зернофуражных кормосмесей. *Вклад молодых ученых в аграрную науку: Мат. Междунар. научно-практич. конф. Кинель: РИЦ СГСХА. 2015. С.96-103.* [A.V. Vasin, N.V. Vasina, E.O. Trofimova. Efficiency of using growth stimulants in the cultivation of grain forage mixtures. *Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proc. Int. Scientific and Practical. Conf. Kinel: RIC SGSKhA. 2015. P.96-103. (Russian)*]
- [16] Данилов А.В. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество продукции зерновых культур. *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки».* **2017**. Т.3. №1 (9) С.28-32. EDN: YFZVJF [A.V. Danilov. Effect of growth stimulants on the yield and quality of grain crops. *Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural Sciences. Economic Sciences".* **2017**. Vol.3. No.1 (9). P.28-32. EDN: YFZVJF (Russian)]
- [17] Новиков Н.Н., Жарихина А.А. Состав белков и качество зерна яровой мягкой пшеницы (T. aestivum) в зависимости от уровня азотного питания и применения фиторегуляторов при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* **2012**. №5. С.73-82. EDN:PEVNVF [N.N. Novikov, A.A. Zharikhina. Protein composition and grain quality of spring soft wheat (T. aestivum) depending on the level of nitrogen nutrition and the use of phyto regulators when growing on sod-podzolic medium loamy soil. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy.* **2012**. No.5. P.73-82. (Russian)]
- [18] Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Ромодина Л.В. Агрохимические методы исследований. *Москва: Изд-во РГАУ-МСХА. 2015. 309с.* [V.I. Kobzarenko, V.F. Volobueva, I.I. Seregina, L.V. Romodina. Agrochemical research methods. *Moscow: Publishing house of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy. 2015. 309p. (Russian)*]
- [19] Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. Практикум по агрохимии. Учебник. *Москва: Колосс. 2008. 599с.* [V.V. Kidin, I.P. Deryugin, V.I. Kobzarenko, et al. Practical training in agrochemistry. Textbook. *Moscow: Koloss. 2008. 599p. (Russian)*]
- [20] Новиков, Н.Н. Новый метод определения активности пероксидаз в растениях. *Известия ТСХА. 2016. Вып.3. С.36-46.* EDN:WLZTAR [N.N. Novikov. New method for determining peroxidase activity in plants. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy.* **2016**. Vol.3. P.36-46. EDN:WLZTAR (Russian)]
- [21] Вигилянский Ю.М., Серегина И.И., Кручина С.Н., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Хрунов А.А. Совместное применение селенита натрия и химических средств защиты растений при выращивании яровой пшеницы сорта юбилейная 80. *Проблемы агрохимии и экологии.* **2020**. №3. С.8-14. DOI: 10.26178/AE.2020.87.21.007 [Yu.M. Vigilyansky, I.I. Seregina, S.N. Kruchina, S.L. Belopukhov, I.I. Dmitrevskaya, A.A. Khrunov. Combined use of sodium selenite and chemical plant protection products in growing spring wheat of the Yubileinaya 80 variety. *Problems of Agrochemistry and Ecology.* **2020**. No.3. P.8-14. DOI: 10.26178/AE.2020.87.21.007 (Russian)]
- [22] Колмаков Ю.В. Качество зерна пшеницы и пути его улучшения. *Автореф... д.с.-х.н. Тюмень. 2004. 52с.* [Yu.V. Kolmakov Quality of wheat grain and ways to improve it. *Abstract of PhD Thesis of Agricultural Sciences. Tyumen. 2004. 52p. (Russian)*]
- [23] Поснова Л.П., Беркутова Н.С. Современные методы оценки технологических свойств пшеницы по твердозерности. Обзор. *Москва: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. 1990. С.47-49.* [L.P. Posnova, N.S. Berkutova. Modern methods for assessing the technological properties of wheat by grain hardness. Review. *Moscow: TsNIITEI of Bread Products. 1990. P.47-49. (Russian)*]
- [24] Чернышев Д.А., Вигилянский Ю.М., Серегина И.И., Хрунов А.А., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И. Хлебопекарные и мукомольные показатели качества зерна различных сортов яровой пшеницы при применении селенита натрия. *Проблемы агрохимии и экологии.* **2017**. №4. С.16-20. EDN:YLFTOD [D.A. Chernyshev, Yu.M. Vigilyansky, I.I. Seregina, A.A. Khrunov, S.L. Belopukhov, I.I. Dmitrevskaya. Baking and flour-milling indicators of grain quality of different varieties of spring wheat using sodium selenite. *Problems of Agrochemistry and Ecology.* **2017**. No.4. P.16-20. EDN:YLFTOD (Russian)]
- [25] Исаев Р.Ф., Шакирова Ф.М., Безрукова М.В., Сахабутдинова А.Р., Фатхутдинова Р.А., Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Гилязетдинов Ш.Я., Масленникова Д.Р. Использование композиций фунгицидов с регуляторами роста для повышения роста и продуктивности пшеницы. *Аграрная наука.* **2005**. №4. С.26-27. [R.F. Isaev, F.M. Shakirova, M.V. Bezrukova, A.R. Sakhabutdinova, R.A. Fatkhutdinova, A.M. Avalbaev, C.R. Allagulova, Sh.Ya. Gilyazetdinov, D.R. Maslennikova. Use of fungicide compositions with growth regulators to increase the growth and productivity of wheat. *Agrarian Science.* **2005**. No.4. P.26-27. (Russian)]
- [26] V.N. Yaichkin, S.P. Zhivodyorova. Effect of presowing treatment of seeds with biopreparations on yielding capacity and technological quality parameters of soft and hard wheat varieties. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* **2009**. №2(22). P.30-33. [V.N. Yaichkin, S.P. Zhivodyorova. Effect of presowing treatment of seeds with biopreparations on yielding capacity and technological quality parameters of soft and hard wheat varieties. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University.* **2009**. No.2(22). P.30-33. (Russian)]

- [27] ГОСТ 9353-2026 (актуализация 01.07.2023 г). Пшеница. Технические условия. Москва: Стандартинформ. 2019. 15с. [GOST 9353-2026 (updated on July 1, 2023). Wheat. Specifications. Moscow: Standartinform. 2019. 15p. (Russian)]
- [28] Inga I. Seregina, Sergey L. Belopukhov, Maya Anka. Effect of nitrogen nutrition conditions and biopreparations on the activity of various isoforms of the peroxidase enzyme and grain quality indicators of spring wheat. *Butlerov Communications C*. 2025. Vol.11. No.3. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66/ROI-jbc-C/25-11-3-17
- [29] Серегина И.И., Белопухов С.Л., Анка Майя. Влияние условий азотного питания и биопрепаратов на активность различных изоформ фермента пероксидазы и показатели качества зерна яровой пшеницы. *Бутлеровские сообщения С*. 2025. Т.11. №3. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66/ROI-jbc-RC/25-11-3-17

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier ROI: jbc-C/25-11-3-17

The Digital Object Identifier DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-66/ROI-jbc-C/25-11-3-17

**Effect of nitrogen nutrition conditions and biopreparations
on the activity of various isoforms of the peroxidase
enzyme and grain quality indicators of spring wheat**

Inga I. Seregina,^{1*} Sergey L. Belopukhov,² Maya Anka¹

¹ Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology; ² Department of Chemistry. Russian State Agrarian University Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev. Timiryazevskaya St., 49. Moscow, 127434. Russia. E-mail: ¹⁾ seregina.i@inbox.ru ; mayaanka12@gmail.com ; ²⁾ sbelopuhov@rgau-msha.ru

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: peroxidase enzyme isoforms, spring wheat, biopreparations, nitrogen nutrition conditions, grain quality indicators.

Abstract

The article presents the studies of the influence of various biopreparations used in the cultivation of spring wheat of the Zlata variety on the activity of peroxidase isoforms of the obtained grain and its quality indicators depending on the conditions of nitrogen nutrition. The studies were carried out at the field experimental station of the Russian State Agrarian University Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. In field experiments, biopreparations were studied that differed in chemical composition and agricultural purpose: Biodukx, Epin-Extra, Epin Plus, Emistim, Ferovit and Hardy, which were applied by foliar spraying of plants during the growing season. The plants were grown in conditions of natural soil fertility without the use of nitrogen fertilizers (N0) and with the application of nitrogen fertilizers (N90). After harvesting, the grain quality indicators and the activity of peroxidase enzyme isoforms of dry and sprouted wheat grain were determined. It was found that the applied agrochemicals had a positive effect on the activity of peroxidase isoforms. The results showed that the alkaline form of peroxidase is more active than the acidic and neutral isoforms of the enzyme. This is noticeable in all control and experimental parameters both at N0 and at N90. The enzyme activity in its three isoforms under nitrogen nutrition conditions (N90) was higher than the activity of these enzymes under natural soil conditions (N0). The most effective preparations activating the alkaline isoforms of peroxidase to a greater extent were Emistim and Ferovit. The enzymatic activity of grain increased to a maximum for all isoforms of the enzyme at N90 and at N0. It was established that the biopreparations used by spraying vegetative plants contributed to obtaining the highest values of crude protein collection from 26.1 g/m² to 48.3 g/m² and vitreousness from 46% to 58%. In this case, the maximum value of crude protein collection was obtained when using the Biodukx preparation against the background of N90 (48.3 g/m²), while the highest grain vitreousness was found when using the Hardy preparation against the background of N90 (58%). It is possible that the effectiveness of the preparations depends on their chemical composition and their influence on the direction of synthetic processes in the grain during its filling and ripening, which also determines the vectors of the production process.