

АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ОБРОБКИ БІОНЕОСТИМОМ ТА ВЕРМИСТИМОМ Д

В. П. КАРПЕНКО, доктор сільськогосподарських наук
Р. М. ПРИТУЛЯК, кандидат сільськогосподарських наук
А. П. БЕРЕЗОВСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук
Уманський національний університет

Наведено результати досліджень з вивчення дії біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т), використаного за різних способів застосування регулятора росту рослин Вермистим Д (обробка насіння перед сівбою – 7,0 л/т, обприскування посівів – 8,0 л/га), на активність окремих ферментів чини посівної.

Ключові слова: чина посівна, біопрепарат, регулятор росту рослин, ферменти.

Постановка проблеми. Окисно-відновні перетворення – невід’ємна складова метаболізму рослин, спрямованість якого визначається дією низки чинників, зокрема, препаратів біологічного й хімічного походження. Метаболічні та фізіолого-біохімічні показники, такі як активність ферментів, вміст хлорофілу, інтенсивність нагромадження органічної речовини, дихання напряду залежать від активності ферментів класу оксидоредуктаз: каталази (КФ. 1.11.1.6), пероксидази (КФ. 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ. 1.14.18.1) [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження [3] свідчать, що застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин є важливим елементом екологічних ресурсощадливих технологій вирощування бобових культур, які активують біохімічні процеси в рослинах та сприяють їх інтенсивному росту. Серед каталізаторів біохімічних реакцій головними є ферменти, до складу яких входять молекули білка. Тому, наповнюючи рослинну клітину складовими біопрепаратів – амінокислотами, створюється будівельний матеріал для ферментів, внаслідок чого біохімічні реакції, в тому числі окисно-відновні, у клітині пришвидшуються у багато разів, рослина активніше росте й розвивається [4, 5]. Нині відомо, що стресові чинники викликають зміни ферментативної активності та порушують перебіг фізіолого-біохімічних і анатомо-морфологічних процесів у рослинному організмі [6, 7]. Водночас дослідження показують [8], що використання мікробних препаратів і регуляторів росту рослин сприяє зростанню активності антиоксидантних ферментів у рослинах гречки: найвищою вона була за обробки насіння сумішшю препаратів Діазобактерин (200 мл/т) і Радостим (250 мл/т) та обприскування посівів Радостимом (50 мл/га), що перевищувало контроль по каталазі на 101 %, пероксидазі – 28 %, поліфенолоксидазі – 65 %.

Загальновідомо, що ферментні системи стримують утворення активних форм кисню. Їх функціонування за відсутніх змін в окиснювальних процесах

свідчить про розвиток окиснювального стресу в клітинах і про порушення прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу. Для ліквідації активних форм кисню у рослинах інтенсифікується діяльність ферментів, зокрема – каталази, пероксидази, поліфенолоксидази та ін. [9, 10]. Доведено, що біопрепарати і регулятори росту рослин позитивно впливають на активність ферментів окисно-відновного характеру дії в рослинах гороху озимого та ярого, сої, нуту, сочевиці, соризу [11–13], проте функціонування антиоксидантних ферментів у рослинах чини посівної за комплексної і розрізненої дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин практично не досліджувалося.

Мета роботи. Встановити дію біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т), використаного за різних способів застосування регулятора росту рослин Вермистим Д (обробка насіння перед сівбою – 7,0 л/т, обприскування посівів – 8,0 л/га), на активність окремих ферментів чини посівної.

Методика досліджень. Дослідження виконували в польових умовах кафедри біології Уманського національного університету впродовж 2024–2025 років. Дію біопрепарату (БП) Біонеостим (N, P₂O₅, K₂O, Mg, Mn, CaO, S, B, Mo, Fe, Cu, Zn, водорозчинні гумінові речовини – 0,25–20 г/л, *Pseudomonas* sp. D-1, *Paenibacillus polymyxa* 5, *Trichoderma* sp. D-1 – $1,0 \times 10^5$ – $1,0 \times 10^6$ КУО/см³, виробник – Перфект Агро,ТОВ, Україна) і регулятора росту рослин (РРР) Вермистим Д (амінові, гумінові, специфічні білкові і фульвокислоти, вітаміни, фітогормони, бактерії: *Lactobacillus plantarum* (>100 тис), *Lactobacillus casei* (>10 тис), *Rhodopseudomonas palustris* (>10 тис), *Saccharomyces cerevisiae* (>10 тис), виробник – Біоконверсія, ПП, Україна) вивчали в посівах чини посівної сорту Іволга. Польові досліди закладали систематичним методом у триразовій повторності. Посіви у фазу стеблуння обприскували регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га. Деталізовану схему дослідження приведено у таблицях. Активність ферментів класу оксидоредуктаз: каталази (КФ. 1.11.1.6), пероксидази (КФ. 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ. 1.14.18.1) визначали згідно методики Х. М. Починка [14] у фазу цвітіння–утворення бобів культури.

Результати досліджень. Встановлено, що у 2024 році за використання для передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепарату Біонеостим як окремо, так і в сумішах із Вермистимом Д, у листках чини посівної активність ферментів значно зростала (табл. 1). Так, за передпосівної обробки насіння чини БП Біонеостим у нормі 1,0 л/т у фазу цвітіння–утворення бобів активність каталази зростала на 9 мкМоль розкладеного H₂O₂/г сирової речовини за 1 хв. проти контролю, активність пероксидази – на 18 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., а поліфенолоксидази – на 6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.

За сумісної дії біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/т з регулятором росту рослин Вермистим Д 7,0 л/т, застосованих для обробки насіння чини посівної перед сівбою, активність каталази у варіантах дослідження в порівнянні з контролем зростала на 12 мкМоль розкладеного H₂O₂/г сирової речовини за 1 хв., пероксидази – на 21 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., поліфенолоксидази – на 10 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. відповідно.

Табл. 1. Активність ферментів чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, 2024 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	71	137	31
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	80	155	37
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	78	148	35
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	83	158	41
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	75	145	33
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	87	177	44
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	84	168	43
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	90	185	46
<i>НІР₀₅</i>	2	4	2

Використання Біонеостиму (1,0 л/т) для обробки насіння перед сівбою та внесення на фоні даного препарату по сходах культури Вермистиму Д (8,0 л/га) забезпечило зростання активності каталази, пероксидази і поліфенолоксидази проти варіантів із самостійним внесенням Біонеостиму (0,8 л/га) на 12 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв.; 32 мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.; 11 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв. відповідно.

Разом з тим найвища активність ферментів чини посівної була відмічена за використання для передпосівної обробки насіння суміші Біонеостиму (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д (8,0 л/га), де в порівнянні з варіантами Біонеостим + Вермистим Д (обробка насіння перед сівбою) було відмічено зростання активності каталази на 7 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирії речовини за 1 хв., пероксидази – 27 мкМоль окисненого гваяколу/г сирії маси за 1 хв., поліфенолоксидази – 15 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв. Ці ж варіанти досліджу у порівнянні до контролю забезпечили зростання активності каталази на 27 %, пероксидази – 35%, поліфенолоксидази – 48% відповідно.

Аналіз активності ферментів у листках чини посівної у 2025 році у фазу цвітіння–утворення бобів рослин показав (табл. 2), що у варіантах з передпосівною обробкою насіння Біонеостимом у нормі 1,0 л/т активність каталази у порівнянні до контролю зростала на 14 %; пероксидази – 12 %; поліфенолоксидази – 26 %; у варіанті Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 7,0 л/т – на 17 % – для каталази; 15 % – пероксидази і 35 % – поліфенолоксидази; у варіанті Біонеостим 1,0 л/т + Вермистим Д 8,0 л/га – 23 % – для каталази; 26 % – пероксидази та 52 % – поліфенолоксидази.

Табл. 2. Активність ферментів чини посівної за використання БП Біонеостим та РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, 2025 р.)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	65	116	23
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон І	74	130	29
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	71	123	27
БП Біонеостим Фон І + РРР Вермистим Д Фон ІІ (Фон ІІІ)	76	133	31
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	70	119	26
Фон І + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	80	146	35
Фон ІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	78	140	33
Фон ІІІ + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	85	151	39
<i>НІР₀₅</i>	3	5	2

Суттєве зростання активності ферментів виявлено у варіанті з комплексним застосуванням Біонеостиму 1,0 л/т з Вермистимом Д 7,0 л/т і Вермистимом Д 8,0 л/га, де перевищення контролю для каталази складало 20 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв., пероксидази – 35 мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв., поліфенолоксидази – 16 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. за НІР₀₅ 3; 5 і 2 відповідно.

Висновки. Біопрепарат Біонеостим і регулятор росту рослин Вермистим Д позитивно впливали на активізацію окремих ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази) в рослинах чини посівної, що є

наслідком інтенсифікації проходження обмінних процесів, активними та безпосередніми учасниками яких є ферменти. Найвищу активність ферментів у рослинах чини посівної відзначено за комплексного застосування для обробки насіння перед сівбою біопрепарату Біонеостим у нормі 1,0 л/га з регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням по даному фону посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, що перевищувало контроль у середньому до років на 27–69%. Вочевидь, це є наслідком інтенсифікації рослинно-мікробних взаємодій, покращення мінерального живлення посівів, від яких напряду залежить спрямованість метаболічних процесів у рослинах.

Література:

1. Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Коробко О. О., Притуляк Р. М. Біологізована технологія вирощування нуту : монографія / За редакцією І. І. Мостов'яка. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. 125 с.
2. Мусатенко Л. І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Ф 50 у 2 т. НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики. Українське товариство фізіологів рослин. К.: Логос, 2009. С. 508–536.
3. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Оратівська С. А. Біологізована технологія вирощування бобових культур (соя, горох) / за ред. В. П. Карпенка. Умань. 2016. 19 с.
4. Куриленко І. М., Паладіна Т. О. Вплив сольового стресу і синтетичних регуляторів росту на активність каталази та пероксидази у проростках кукурудзи. *Укр. біохім. журн.* 2005. Т. 77. № 6. С. 86–93.
5. Karpenko V., Pavlyshyn S., Prytuliak R., Naherniuk D. Content of malondialdehyde and activity of enzyme glutathione-S-transferase in the leaves of emmer wheat under the action of herbicide and plant growth regulator. *Agronomy Research*. 2019. № 17 (1). P. 144–154.
6. Campanoni P., Nick P. Auxin dependent cell division and cell elongation 1-Naphthaleneacetic acid and 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid activate different pathways. *Plant Physiol.* 2005. № 137. P. 939–48.
7. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Активність основних ґрунтових ферментів за інтегрованого застосування препаратів різної фізіологічної дії. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (22–23 листопада). Дніпро: ДДАЕУ. 2016. С. 66–68.
8. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах гречки за дії біологічних препаратів. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2014. Вип. 84. С. 38–43.
9. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 2002. № 7 (9). P. 405–410.
10. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 2004. P. 373–399.
11. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Ліпопероксидаційні й ферментативні процеси у рослинах гороху озимого за дії біологічно активних речовин. *Наукові горизонти*. 2020. № 4 (89). С. 94–100.

12. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Причуляк Р. М. Основи біологізації в технологіях вирощування сої : монографія (рекомендації виробництву) / за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 146 с.

13. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ліпопероксидаційні та ферментативні процеси в рослинах соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 6 (76). Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11755>

14. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава. 2003. 320 с.

References:

1. Karpenko, V. P., Mostoviak, I. I., Korobko, O. O., Prytuliak, R. M. (2021). Biologized technology of chickpea cultivation: monograph / Edited by I. I. Mostoviak. Uman: VPC "Vizavi." 125 p. [in Ukrainian].

2. Musatenko, L. I. (2009). Phytohormones and physiologically active substances in the regulation of plant growth and development. In Plant physiology: problems and prospects of development (Vol. F50, 2 vols., pp. 508–536). Kyiv: Logos. [in Ukrainian].

3. Karpenko, V. P., Ivasiuk, Yu. I., Orativska, S. A. (2016). Biologized technology of legume cultivation (soybean, pea) / Edited by V. P. Karpenko. Uman. 19 p. [in Ukrainian].

4. Kurilenko, I. M., Paladina, T. O. (2005). Effect of salt stress and synthetic growth regulators on catalase and peroxidase activity in maize seedlings. *Ukrainian Biochemical Journal*, 77(6), 86–93. [in Ukrainian].

5. Karpenko, V., Pavlyshyn, S., Prytuliak, R., Naherniuk, D. (2019). Content of malondialdehyde and activity of enzyme glutathione-S-transferase in the leaves of emmer wheat under the action of herbicide and plant growth regulator. *Agronomy Research*, 17(1), 144–154.

6. Campanoni, P., Nick, P. (2005). Auxin dependent cell division and cell elongation: 1-Naphthaleneacetic acid and 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid activate different pathways. *Plant Physiology*, 137, 939–948.

7. Ivasiuk, Yu. I., Karpenko, V. P., Prytuliak, R. M. (2016). Activity of major soil enzymes under integrated application of preparations with different physiological effects. In Materials of the International Scientific and Practical Conference "State and prospects of development and implementation of resource-saving and energy-saving technologies for crop production" (pp. 66–68). Dnipro: DDAEU. [in Ukrainian].

8. Hrytsaienko, Z. M., Datsenko, A. A. (2014). Activity of antioxidant enzymes in buckwheat plants under the influence of biological preparations. *Collection of Scientific Works of Uman NUS*, 84, 38–43. [in Ukrainian].

9. Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405–410.

10. Apel, K., Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373–399.

11. Karpenko, V. P., Boiko, Ya. O. (2020). Lipid peroxidation and enzymatic processes in winter pea plants under the influence of biologically active substances. *Scientific Horizons*, 4(89), 94–100. [in Ukrainian].

12. Karpenko, V. P., Ivasiuk, Yu. I., Prytuliak, R. M. (2017). Foundations of biologization in soybean cultivation technologies: monograph (recommendations for production) / Edited by V. P. Karpenko. Uman: Sochinsky M. M. Publisher. 146 p. [in Ukrainian].

13. Karpenko, V. P., Shutko, S. S. (2018). Lipid peroxidation and enzymatic processes in sorghum plants under herbicide and plant growth regulator use. Scientific Reports of NULeS of Ukraine, 6(76). Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11755> [in Ukrainian].

14. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., Karpenko, V. P. (2003). Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. Kyiv: Nichlava. 320 p. [in Ukrainian].

Annotation

Karpenko V. P., Prytuliak R. M., Berezovsrii A. P.

Enzyme activity of sowing pea during treatment with Bioneostim and Vermistim D

The results of studies on effect of the biological product Bioneostim (1.0 l/t) used in various ways with the plant growth regulator Vermistim D (seed treatment before sowing – 7.0 l/t, crop spraying – 8.0 l/ha) on the activity of individual enzymes in the seedbed. Oxidative-reductive transformations are an integral part of plant metabolism, the direction of which is determined by a number of factors, including biological and chemical preparations. Metabolic, physiological-biochemical indicators, such as enzyme activity, chlorophyll content, intensity of organic matter accumulation and respiration, directly depend on the activity of enzymes of the oxidoreductase class: catalase (EC 1.11.1.6), peroxidase (EC 1.11.1.7); polyphenoloxidase (EC 1.14.18.1).

The research was conducted in the field conditions of the Department of Biology of Uman National University during 2024–2025. The effect of the biological product Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D was studied on the Ivolga variety. Field experiments were conducted using a systematic method with three repetitions. Crops in the stem elongation phase were sprayed with the plant growth regulator Vermistim D at a rate of 8.0 l/ha based on a working mixture consumption rate of 200 l/ha. The activity of oxidoreductase enzymes: catalase was determined in the flowering-pod formation phase of the crop.

The biological product Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D had a positive effect on the activation of certain enzymes of the oxidoreductase class (catalase, peroxidase, polyphenol oxidase) in plants of the sowing pea, which is a consequence of the intensification of metabolic processes, in which enzymes are active and direct participants. The highest enzyme activity in plants of the sowing chaff was observed with the combined use of the biological product Bioneostim at a rate of 1.0 l/ha with the plant growth regulator Vermistim D at a rate of 7.0 l/t, followed by spraying Vermistim D at a rate of 8.0 l/ha on this crop background, which exceeded the control by an average of 27–69%. This is obviously a result of the intensification of plant-microbial interactions and improved mineral nutrition of crops, on which the direction of metabolic processes in plants directly depends.

Key words: sowing pea, biological product, plant growth regulator, enzymes.