

**АКТИВНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНИХ ФЕРМЕНТІВ У РОСЛИНАХ
ВІВСА ГОЛОЗЕРНОГО ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І
РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН**

В. П. КАРПЕНКО, доктор сільськогосподарських наук

К. Ю. МАРЧЕНКО, аспірант

Уманський національний університет садівництва

Приводяться результати вегетаційного дослідження з вивчення дії різних норм мікробного препарату Меланоріз (1,0, 1,25, 1,5 л/т), використаного за різних способів внесення регулятора росту рослин Агролайт (обробка насіння перед сівбою – 0,26 л/т, обприскування посівів – 1,0 л/га), на активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз – каталази, пероксидази і поліфенолоксидази.

Ключові слова: *овес голозерний, регулятор росту рослин, мікробний препарат, каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза.*

Постановка проблеми. Упродовж вегетаційного періоду рослини піддаються дії низки несприятливих чинників – низька чи висока температури, застосування пестицидів, синтетичних добрив й ін., які значно впливають на їх ростові процеси, урожайність та якість одержаної продукції [1]. Як засвідчують дослідження науковців [2–4], культурні рослини мають комплекс захисних механізмів, що забезпечують їм пристосування до стресових умов. При цьому рівень і характер захисних механізмів значною мірою визначається видом рослин, їх фізіологічним станом, умовами росту й розвитку, а також – інтенсивністю і тривалістю дії стресора.

Однією із реакцій рослини на стрес є генерація активних форм кисню (АФК), що інактивуються, як правило, антиоксидантною системою (АОС), представленою ферментами і низькомолекулярними з'єднаннями [5–8]. АОС регулює процеси вільнорадикального окиснення, створюючи умови для оптимального метаболізму. У цій системі першочергове значення відводиться ферментам, зокрема класу оксидоредуктаз – пероксидазі, каталазі і поліфенолоксидазі [9].

Активність антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз досліджувалась на різних сільськогосподарських культурах за дії гербіцидів, регуляторів росту рослин, фунгіцидів [10–12], проте функціонування антиоксидантних ферментів у рослинах вівса голозерного за комплексної і розрізної дії мікробних препаратів і регуляторів росту рослин практично не досліджувалась.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Культурні рослини мають низку механізмів, що забезпечують їм пристосування до впливу несприятливих чинників зовнішнього середовища і, в першу чергу, це відбувається за рахунок адаптаційних процесів, що сформувалися у процесі еволюційного розвитку і підтримуються на рівні ферментативних реакцій [10].

Однією з причин, що зумовлює зміну активності ферментів під дією стресових чинників, вчені називають продукування АФК, що утворюються у результаті діяльності P_{450} монооксигеназної системи [13]. Комплекс Cyt P_{450} інтегрований у мембрани ендоплазматичного ретикулуму, де за його участі здійснюється первинна модифікація ксенобіотика. В результаті багатогранних реакцій частина електронів може перехоплюватись киснем, що спонукає до утворення супероксидрадикалів.

Така особливість дії ферментного комплексу сприяє накопиченню в клітині АФК, внаслідок чого порушується рівновага в системі прооксиданти-антиоксиданти, що супроводжується розвитком оксидативного стресу – неспецифічної реакції адаптації до цих процесів [14]. Оксидативний стрес активує системи захисту рослинного організму, наприклад, антиоксидантні

системи захисту, що представлені ферментами класу оксидоредуктаз: каталазою, пероксидазою, поліфенолоксидазою [15, 16].

В останній час увагу вчених все більше привертає питання вивчення механізмів підвищення антиоксидантного статусу рослин. З цією метою пропонується застосовувати регулятори росту, мікробні препарати та засоби, представлені як синтетичними, так і природними сполуками, що мають рістстимулювальні властивості. Встановлено, що екзогенні антиоксиданти підвищують стійкість рослин до стресів біотичної і абіотичної природи. Так, за використання екзогенних регуляторів росту у рослинах знижується активність реакцій пероксидного окиснення ліпідів, збільшується вміст антиоксидантів та підвищується активність основних антиоксидантних ферментів [5, 17, 18].

Зважаючи на вищенаведені дані, слід відмітити, що антиоксидантні процеси в рослинах за дії регуляторів росту рослин і мікробних препаратів лише вивчаються, у той же час питання комплексної дії препаратів на активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази і поліфенолоксидаза) у рослинах вівса голозерного практично не досліджувалося.

Методика досліджень. Вивчення дії мікробного препарату (МБП) Меланоріз (*Glomus* sp., *Aspergillus terreus*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, *Bacillus macerans*, *Arthrobacter* sp., *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus polymyxa*, загальне число життєздатних клітин $2,5 \times 10^7$ КУО/мл) і регулятора росту рослин (РРР) Агролайт (поліетіленгліколь-400 + поліетіленгліколь-1500, загальний вміст 770 г/л, солі гумінових кислот, 30 г/л) виконували в 2019 р. з використанням рослин вівса голозерного (*Avena sativa* subsp. *nudisativa* (Husnot) Rod. et Sold., виду *Avena sativa* L.) сорту Мирсем, що вирощувалися в пластикових посудинах з чорноземом опідзоленим важкосуглинковим з дотриманням вимог вегетаційного методу [19].

Схема досліду включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою МБП Меланоріз у нормах 1,0, 1,25 і 1,5 л/т окремо та сумісно з регулятором росту рослин Агролайт у нормі 0,26 л/т. На фоні обробки перед сівбою насіння вівса

рослини у фазі трьох листків обприскували РРР Агролайт у нормі 1,0 л/га. Норми РРР розраховували на відповідну площу з врахуванням норми витрати води 300 л/га. Повторність досліду – чотириразова. Активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази (КФ 1.11.1.6), пероксидази (КФ 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ 1.14.18.1) у листках вівса голозерного визначали в зразках листків, відібраних на п'яту та десяту добу після обприскування рослин РРР за методиками, описаними Х. М. Починком [20]. Статистичну обробку результатів досліджень виконували за Б. А. Доспєховим [21]

Результати досліджень. У результаті проведення досліду встановлено, що за передпосівної обробки насіння вівса МБП Меланоріз як окремо, так і в сумішах з Агролайтом, ферментативна активність у рослинах на п'яту та десяту добу після застосування препаратів підвищувалась (табл. 1, 2). Так, за передпосівної обробки насіння вівса МБП Меланоріз у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т активність каталази зі збільшенням норми препарату на п'яту добу (табл. 1) зростала проти контролю на 0,9; 2,0 і 3,6 мкМоль розкладеного H_2O_2 , активність пероксидази – на 2,7; 5,8; 10,3 мкМоль окисненого гваяколу, а поліфенолоксидази – на 0,8; 1,5; 2,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно. За сумісної дії МБП Меланоріз у нормах 1,0; 1,25 і 1,5 л/т з регулятором росту рослин Агролайт – 0,26 л/т, застосованих для обробки насіння вівса перед сівбою, активність каталази в порівнянні з контролем зростала на 4,6; 5,2 і 6,0 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – на 12,5; 14,3 і 16,3 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – на 3,4; 4,0; 4,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно.

Використання Меланорізу в нормах 1,0–1,5 л/т для обробки насіння перед сівбою та внесення на фоні даного препарату по сходах культури регулятора росту рослин Агролайт 1,0 л/га забезпечило зростання активності антиоксидантних ферментів проти варіантів із самостійним внесенням Меланорізу на 2,1; 1,9; 2,1 мкМоль розкладеного H_2O_2 для каталази; 5,2; 5,0; 4,6 мкМоль окисненого гваяколу для пероксидази; 1,5; 1,4; 1,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти для поліфенолоксидази відповідно.

Табл. 1. Активність антиоксидантних ферментів у листках вівса голозерного за дії МБП Меланоріз і РРР Агролайт (п'ята доба)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	10,1	54,3	18,4
Меланоріз 1,0 л/т	11,0	57,0	19,2
Меланоріз 1,25 л/т	12,1	60,1	19,9
Меланоріз 1,5 л/т	13,7	64,6	21,0
Агролайт 0,26 л/т	11,5	58,2	19,3
Меланоріз 1,0 л/т + Агролайт 0,26 л/т	14,7	66,8	21,8
Меланоріз 1,25 л/т + Агролайт 0,26 л/т	15,3	68,6	22,4
Меланоріз 1,5 л/т + Агролайт 0,26 л/т	16,1	70,6	23,2
Агролайт 1,0 л/га	10,7	55,9	19,0
Меланоріз 1,0 л/т + Агролайт 1,0 л/га	13,1	62,2	20,7
Меланоріз 1,25 л/т + Агролайт 1,0 л/га	14,0	65,1	21,3
Меланоріз 1,5 л/т + Агролайт 1,0 л/га	15,8	69,2	22,6
Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	12,5	61,8	20,3
Меланоріз 1,0 л/т + Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	16,3	71,8	23,5
Меланоріз 1,25 л/т + Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	16,8	74,0	24,1
Меланоріз 1,5 л/т + Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	17,9	79,4	26,0
<i>НІР₀₁</i>	<i>1,1</i>	<i>3,1</i>	<i>1,4</i>

За комбінованого застосування Агролайту (обробка насіння перед сівбою у нормі 0,26 л/т і внесення по вегетуючих рослинах – 1,0 л/га) простежувалось зростання активності каталази на 2,4 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – на 7,5 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – на 1,9 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно. Разом з тим найвища активність досліджуваних ферментів у листках вівса голозерного була відмічена за використання для передпосівної обробки насіння суміші Меланорізу (1,0, 1,25, 1,5 л/т) з Агролайтом (0,26 л/т) та обприскування посівів Агролайтом (1,0 л/т), де в порівнянні з варіантами Меланоріз + Агролайт (обробка насіння перед сівбою) було відмічено зростання активності каталази на 1,6; 1,5; 1,8 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – 5,0; 5,4 і 8,8 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази на – 1,7; 1,7 і 2,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно.

Ці ж варіанти досліду у порівнянні до контролю забезпечили зростання активності каталази на 6,2–7,8 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – 17,5–25,1 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази на – 5,1–7,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти. Очевидно, зростання активності каталази, пероксидази й поліфенолоксидази за комплексного застосування біологічних препаратів (обробка насіння перед сівбою МБП і регулятором росту рослин + внесення регулятора росту рослин по сходах) є наслідком покращення умов росту й розвитку вівса голозерного, за яких підвищується активність обмінних процесів у рослинах, невід'ємною складовою яких є ферменти.

У той же час, зростання активності ферментів може свідчити про прямий вплив регулятора росту рослин на стан антиоксидантної системи вівса, яка активізується у відповідь на дію екзогенних рістстимулювальних складових МБП та РРР.

За дослідження активності антиоксидантних ферментів на десяту добу було встановлено, що у варіантах досліду простежувалась подібна залежність як і на п'яту добу визначення (табл. 2).

Табл. 2. Активність антиоксидантних ферментів у листках вівса голозерного за дії МБП Меланоріз і РРР Агролайт (десята доба)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	14,7	67,1	21,7
Меланоріз 1,0 л/т	16,0	70,6	22,4
Меланоріз 1,25 л/т	16,7	73,6	23,2
Меланоріз 1,5 л/т	17,8	76,8	24,2
Агролайт 0,26 л/т	16,2	71,4	22,7
Меланоріз 1,0 л/т + Агролайт 0,26 л/т	18,8	78,9	25,6
Меланоріз 1,25 л/т + Агролайт 0,26 л/т	19,1	80,9	26,0
Меланоріз 1,5 л/т + Агролайт 0,26 л/т	20,2	83,2	27,5
Агролайт 1,0 л/га	15,3	69,8	22,2
Меланоріз 1,0 л/т + Агролайт 1,0 л/га	17,5	76,0	24,1
Меланоріз 1,25 л/т + Агролайт 1,0 л/га	18,4	77,6	25,0
Меланоріз 1,5 л/т + Агролайт 1,0 л/га	19,8	81,4	26,8
Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	17,0	75,4	23,5
Меланоріз 1,0 л/т + Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	20,9	84,9	28,3
Меланоріз 1,25 л/т + Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	21,7	87,9	29,5
Меланоріз 1,5 л/т + Агролайт 0,26 л/т + Агролайт 1,0 л/га	22,6	93,2	31,4
<i>НІР₀₁</i>	<i>1,3</i>	<i>4,0</i>	<i>1,7</i>

Так, за використання РРР Агролайт рівень активності каталази в листках вівса голозерного, в порівнянні до п'ятої доби зростає, але виявлена закономірність в активності даного ферменту при цьому зберігалась.

Так, за норм Меланорізу 1,0; 1,25 і 1,5 л/т активність каталази становила 16,0; 16,7 і 17,8 мкМоль, а за поєднаного застосування цих же норм МБП з РРР на фоні обробки Агролайтом насіння – 20,9; 21,7 і 22,6 мкМоль за 14,7 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв. у контролі. Активність пероксидази в досліджуваних варіантах також перевищувала контрольні показники на десяту добу після застосування РРР. Зокрема, за використання Меланорізу у нормах 1,0–1,5 л/т на десяту добу активність пероксидази зростала відповідно від 70,6 до 76,8 мкМоль, а при застосуванні МБП у досліджуваних нормах із РРР Агролайт (0,26 л/т) вона складала від 78,9 до 83,2 мкМоль окисненого гваяколу. Застосування РРР Агролайт у нормі 1,0 л/га на фоні обробки насіння МБП Меланоріз (1,0; 1,25; 1,5 л/т) підвищувало активність пероксидази у порівнянні з контролем на 76,0; 77,6 і 81,4 мкМоль окисненого гваяколу.

Підвищена активність на десяту добу досліджень була характерною і для ферменту поліфенолоксидази. Так, за використання біопрепарату Меланоріз у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т та регулятора росту рослин Агролайт у нормі 0,26 л/т, як окремо так і сумісно, активність поліфенолоксидази у всіх варіантах досліджу зростала, водночас найвищою вона була у варіанті за обробки насіння сумішшю препаратів Меланоріз (1,5 л/т) і Агролайт (0,26 л/т) за наступного обприскування посівів Агролайтом (1,0 л/га), де перевищення до контролю складало 9,7 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти.

Висновки. За сумісного використання різних норм МБП Меланоріз з регулятором росту рослин Агролайт активність антиоксидантних ферментів у рослинах вівса голозерного зростає, разом з тим активність каталази, пероксидази і поліфенолоксидази залежить від норм та способів внесення даних біологічних препаратів. Найвищий рівень активності ферментів у рослинах вівса голозерного простежується за сумісного застосування для обробки насіння перед сівбою МБП Меланоріз у нормі 1,5 л/т з регулятором

росту рослин Агролайт у нормі 0,26 л/т та обприскування по даному фону посівів Агролайтом у нормі 1,0 л/га, де активність каталази на п'яту та десяту добу досліджень зростає до контролю на 7,8–7,9 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – 25,1–26,1 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – 7,6–9,7 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти, що свідчить про зростання антиоксидантного статусу рослин, підвищення їх енергетичного потенціалу на фоні активізації фізіолого-біохімічних процесів, пов'язаних з ферментативною діяльністю.

Література

1. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Розробка елементів біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту рослин і гербіцидів; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець „Сочінський”, 2016. 357 с.
2. Gusta, L. V., Wisniewski M. Understanding plant cold hardiness: an opinion. *Physiol. Plant.* 2013. Vol. 147. P. 4–14.
3. Theocharis, A., Clement Ch., Barka E. A. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperature. *Planta.* 2012. Vol. 235. P. 1091–1105.
4. Титов, А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 196 с.
5. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. [та ін.]. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський». 2012. 357 с.
6. Креславский В. Д., Лось Д. А., Аллахвердиев С. И., Кузнецов В. В. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений. *Физиология растений.* 2012. Т. 59 (2). С. 163–178.
7. Foyer, C. H., Noctor G. Oxidant and antioxidant signaling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant Cell Environ.* 2005. Vol. 29. P 1056–1071.

8. Noctor, G., Lelarge-Trouverie C., Mhamdi A. The metabolomics of oxidative stress. *Phytochem.* 2015. Vol. 112. P. 33–53.
9. Рогожин В. В. Peroксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб: ГИОРД, 2004. 201 с.
10. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Полторецький С. П. [та ін.]. Елементи біологізації в рослинництві: монографія.; за ред. В. П. Карпенка. Умань: «Сочінський М. М.». 2017. 112 с.
11. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ліпопероксидаційні та ферментативні процеси в рослинах соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. Наукові доповіді НУБіП України, [S.l.], n. 6 (76), гру. 2018. ISSN 2223-1609. Режим доступу: <<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11755>>.
12. Грицаєнко З. М., Макаринський О. Ю. Реакція антиоксидантних ферментних систем рослин гороху на застосування гербіцидів і біостимуляторів росту. *Зб. наук. пр. УДАУ “Біологічні науки і проблеми рослинництва.* 2003. С. 36–39.
13. Колупаєв Ю. Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции. *Вісник Харківського національного аграрного університету.* 2007. Вип. 3 (12). С. 6–26.
14. Foyer C. H., Theodoulou F. L., Delrot S. The function of inter and intracellular glutathione transport systems in plants. *Trends in plant Science.* 2001. V. 6. № 10. P. 486–492.
15. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: КДУ, 2007. 140 с.
16. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин (молекулярно-клітинний рівень) Харків, 2001. 173 с.
17. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ферментативна активність рослин соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* Умань. 2018. № 2. С. 68–73.

18. Ponomarenko S. P., Hrytsaenko Z. M., Tsygankova V. A. Increase of Plant Resistance to Diseases, Pests and Stresses with New Biostimulants. Proceedings of the I st world congress on the USE of Biostimulants in Agriculture. Eds.: S. Saa Silva [et al.], (Strasbourg, November 26–29, 2012), Acta Horticulturae 1009. Strasbourg, 2012. P. 225–234.
19. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1986. 268 с.
20. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. К.: Наукова думка, 1976. 334 с.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 350 с.

References

1. Karpenko, V. P., Prytulyak, R. M., Chernega, A. A. (2016). Development of elements of biologized technologies for growing crops using plant growth regulators and herbicides; for order. V. P. Karpenko. Uman: Sochinsky Publisher, 357 p. (In Ukrainian)
2. Gusta, L. V., Wisniewski, M. (2013). Understanding plant cold hardiness: an opinion. *Physiol. Plant*, vol. 147, pp. 4–14 (In English).
3. Theocharis, A., Clement, Ch., Barka, E. A. (2012). Physiological and molecular changes in plants grown at low temperature. *Planta*, vol. 235, pp. 1091–1105 (In English).
4. Titov, A. F., Kaznina, N. M., Talanova, V. V. (2014). Heavy metals and plants. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 196 p. (In Russian).
5. Karpenko, V. P., Hrytsaenko, Z. M., Prytulyak, R. M. (2012). Biological bases of integrated action of herbicides and plant growth regulators. Uman: Sochinsky Publisher, 357 p. (In Ukrainian).

6. Kreslavsky, V. D., Los, D. A., Allahverdiev, S. I., Kuznetsov, V. V. (2012). Signal role of reactive oxygen species in plants under stress. *Plant physiology*, vol. 59 (2), pp. 163–178 (In English).
7. Foyer, C. H., Noctor, G. (2005). Oxidant and antioxidant signaling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant Cell Environ*, vol. 29, pp. 1056–1071 (In English).
8. Noctor, G., Lelarge-Trouverie, C., Mhamdi, A. (2015). The metabolomics of oxidative stress. *Phytochem*, vol. 112, pp. 33–53 (In English).
9. Rogozhin, V. V. (2004). Peroxidase as a component of the antioxidant system of living organisms. St. Petersburg: GIORD, 201 p. (In Russian).
10. Karpenko, V. P., Prytulyak, R. M., Poltoretsky, S. P. (2017). Elements of biologization in crop production: monograph. Uman: "Sochinsky M. M.", 112 p. (In Ukrainian)
11. Karpenko, V. P., Shutko, S. S. (2018). Lipoperoxidation and enzymatic processes in soriz plants using a herbicide and plant growth regulator. *Scientific reports of NUBaS of Ukraine*, no. 6 (76), Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11755> (In Ukrainian).
12. Hrytsaenko, Z. M., Makarinsky, O. Y. (2003). Reaction of antioxidant enzyme systems of pea plants to the use of herbicides and biostimulators of growth. *Coll. of scientific works of UDAU "Biological sciences and problems of crop production."*, pp. 36–39 (In Ukrainian).
13. Kolupaev, Y. E. (2007). Active forms of oxygen in plants under the action of stressors: formation and possible functions. *Bulletin of Kharkiv National Agricultural University*, vol. 3 (12), pp. 6–26 (In Ukrainian).
14. Foyer, C. H., Theodoulou, F. L., Delrot, S. (2001). The function of inter and intracellular glutathione transport systems in plants. *Trends in plant Science*, vol. 6, no. 10, pp. 486–492 (In English).
15. Poleskaya, O. G. (2007). Plant cell and reactive oxygen species. M.: KDU, 140 p. (In Russian).

16. Kolupaev, Y. E. (2001). Stress reactions of plants (molecular cell level) Kharkiv, 173 p. (In Ukrainian).
17. Karpenko, V. P., Shutko, S. S. (2018). Enzymatic activity of sorice plants using a herbicide and plant growth regulator. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, no. 2, pp. 68–73 (In Ukrainian).
18. Ponomarenko, S. P., Hrytsaenko, Z. M., Tsygankova, V. A. (2013). Increase of Plant Resistance to Diseases, Pests and Stresses with New Biostimulants. Proceedings of the I st world congress on the USE of Biostimulants in Agriculture. Eds.: S. Saa Silva [et al.]. Pp. 225–234 (In English).
19. Zhurbitsky, Z. I. (1986). Theory and practice of the vegetative method. M.: Nauka, 268 p. (In Russian).
20. Pochinok, H. N. (1976). Methods of biochemical analysis of plants. K.: Naukova Dumka, 334 p. (In Ukrainian).
21. Dospheov, B. A. (1985). Methodology of field experience. M.: Agropromizdat, 350 p. (In Russian).

Аннотация

Карпенко В. П., Марченко Е. Ю.

Активность антиоксидантных ферментов в растениях овса голозерного при действии микробного препарата и регулятора роста растений

Приведены результаты лабораторных исследований вегетационного опыта по изучению действия разных норм микробного препарата Меланориз (1,0, 1,25, 1,5 л/т) при разных способах применения регулятора роста растений Агролайт (обработка семян перед посевом – 0,26 л/т, опрыскивание посевов – 1,0 л/га), на активность антиоксидантных ферментов – каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы.

Установлено, что при совместном применении разных норм микробного препарата Меланориз с регулятором роста растений Агролайт активность антиоксидантных ферментов в растениях овса голозерного возрастает,

вместе с тем активность каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы зависит от норм и способов внесения данных биологических препаратов.

Наивысший уровень активности ферментов в растениях овса прослеживается при совместном применении для обработки семян перед посевом микробного препарата Меланориз в норме 1,5 л/т с регулятором роста растений Агролайт в норме 0,26 л/т с последующим опрыскиванием по данному фону посевов Агролайтом в норме 1,0 л/га, где активность каталазы на пятые и десятые сутки исследований возросла к контролю на 7,8–7,9 мкМоль разложенного H_2O_2 , пероксидазы – 25,1–26,1 мкМоль окисленного гваякола, полифенолоксидазы – 7,6–9,7 мкМоль окисленной аскорбиновой кислоты.

Ключевые слова: овес голозерный, регулятор роста растений, микробный препарат, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза.

Annotation

Karpenko V. P., Marchenko E. Yu.

The activity of antioxidant enzymes in the plants of hulless oat under the use of a microbial preparation and plant growth regulator

The results of laboratory studies of the vegetation experience on the study of the action of different norms of the microbial preparation Melanoriz (1,0, 1,25, 1,5 l/t) with different methods of application of the plant growth regulator Agrolight (seed treatment before sowing – 0,26 l/t , spraying of crops – 1,0 l/ha), on the activity of antioxidant enzymes – catalase, peroxidase and polyphenol oxidase.

It has been established that when the different norms of the microbial preparation Melanoriz are used together with the plant growth regulator Agrolight, the activity of antioxidant enzymes in the plants of hulless oat increases, while the activity of catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase depends on the norms and methods of introducing these biological preparations. The highest level of enzyme activity in oat plants is observed when combined for the treatment of seeds before

sowing the microbial preparation Melanoriz at a rate of 1,5 l/t with a plant growth regulator Agrolight at a rate of 0,26 l/t followed by spraying of crops with Agrolight at a given background under normal conditions 1,0 l/ha, where the activity of catalase on the fifth and tenth days of studies increased to control by 7,8–7,9 μmol of decomposed H_2O_2 , peroxidase – 25,1–26,1 μmol of oxidized guaiacol, polyphenol oxidase – 7,6–9,7 μmol of oxidized ascorbic acid.

Key words: hulled oat, plant growth regulator, microbial preparation, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase.

УДК: 633.11:631.53

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-23-52

THE INFLUENCE OF THE DURATION, THE METHOD OF SOWING AND THE REDUCTION RATES ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

S. POLTORETSKYI, *Doctor of Agricultural Sciences*

S. TRETIAKOVA, *PhD of Agricultural Sciences*

I. MOSTOVIAK, *PhD of Agricultural Sciences*

A. YATSENKO, *Doctor of Agricultural Sciences*

N. POLTORETSKA, *PhD of Agricultural Sciences*

A. BEREZOVSKYI, *PhD of Agricultural Sciences*

Uman National University of Horticulture

*Наведено аналітичний огляд вітчизняних і зарубіжних літературних джерел, щодо впливу строку і способу сівби на ріст, продуктивність, забур'яненість, ураження посівів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) хворобами і шкідниками в різних ґрунтово-кліматичних умовах. В результаті проведеного аналізу встановлено, що науковці й до нині не мають єдиної думки*