

УДК:581.1:633.16:632.954:631.811.98

**АКТИВНІСТЬ ОКРЕМИХ АНТИОКСИДАНТНИХ ФЕРМЕНТІВ
КЛАСУ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ КАЛІБР 75 І
РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН БІОЛАН**

**В.П. КАРПЕНКО, доктор сільськогосподарських наук
Р. М. ПРИТУЛЯК, А. О. ЧЕРНЕГА кандидати
сільськогосподарських наук**

Наводяться результати досліджень з вивчення дії різних норм гербіциду Калібр 75 (40; 50 і 60 г/га) та способів застосування регулятора росту рослин Біолан (обприскування перед сівбою насіння – 20 мл/т, обприскування рослин – 10 мл/т) на активність антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази).

Відомо, що період використання хімічних засобів захисту сільськогосподарських культур від бур'янів складає більше п'ятдесяти років, внаслідок чого відбувалися та продовжують проходити значні зміни не тільки у бур'янах, які виробляють захисні реакції до дії гербіцидів та стають резистентними до низки хімічних класів препаратів, а й в культурних рослинах. Разом з тим, на відміну від бур'янів, сільськогосподарські культури упродовж онтогенезу не можуть швидко виробити захисні механізми на дію гербіцидів, які є для них новим чинником. Тому гербіциди, що застосовуються при вирощуванні кожної окремої культури, є для неї ксенобіотиками і при неправильному застосуванні здатні зумовлювати стрес. Культурні рослини пристосовуються до впливу ксенобіотиків, у першу чергу, за рахунок чисельних адаптаційних механізмів, які сформувалися в процесі їх еволюційного розвитку. Чим більше механізмів адаптації використовується рослиною одночасно на самих різних рівнях, тим організм стає більш стійким до дії як окремо взятого чинника, так і їх комплексу [1].

Біодеградація ксенобіотиків у рослинній клітині відбувається у ендоплазматичному ретикулюмі, в результаті чого можлива підвищена генерація супероксидного аніону $O_2^{\cdot -}$. Даний радикал має слабкі окисно-

відновні властивості і сам по собі рідко викликає пошкодження біологічних молекул. Водночас $O^{\cdot -}$ слугує джерелом утворення в клітині пероксиду водню, який є високотоксичною сполукою.

Рослинні організми мають достатню стійкість до окиснювальних пошкоджень завдяки наявності в клітині антиоксидантних систем до складу яких входять окремі антиоксидантні ферменти класу оксидоредуктаз. Серед них важливу роль в детоксикації пероксиду водню відіграє каталаза, яка перетворює пероксид водню у воду і кисень, та різноманітні пероксидази, які присутні в багатьох компартаментах рослинної клітини і відновлюють H_2O_2 до H_2O [2].

Відомо, що ксенобіотики, до яких також відносяться гербіциди, здатні впливати на перебіг фізіолого-біохімічних процесів у рослинах сільськогосподарських культур. Одним із негативних проявів дії гербіцидів є розвиток у культурних рослин стресу, під час якого у фотосинтезувальних тканинах підвищуються концентрації активних форм кисню (АФК) [3]. АФК мають здатність реагувати з білками, ліпідами, нуклеїновими кислотами, що призводить у рослин до низки деструктивних процесів: фотоокиснення хлорофілу, перекисного окиснення ліпідів та сульфгідрильних груп білків хлоропластних мембран, порушення структури хлоропластної ДНК й ін. [4, 5].

Рівень АФК у клітині контролюється антиоксидантними системами, які включають низькомолекулярні антиоксиданти й антиоксидантні ферменти [6, 7]. Зокрема в інактивації АФК беруть участь ферменти каталаза, аскорбатоксидаза і пероксидаза [8, 9] та низькомолекулярні антиоксиданти – аскорбат і глутатіон [10–13].

Реакцію антиоксидантних ферментних систем на застосування різних видів гербіцидів досліджували в багатьох сільськогосподарських культурах: ячмені ярому, пшениці та тритикале озимому й ін. [14, 15]. Разом з тим за масового використання гербіцидів особливий інтерес являє вивчення заходів, які підвищують фізіолого-біохімічний статус рослин та здатні впливати на їх

захисні і пристосувальні реакції до ксенобіотиків. Одним з таких заходів є використання регуляторів росту рослин з гербіцидами. Це сприяє збільшенню стійкості культурних рослин до стресових чинників, що, очевидно, забезпечується зростанням під впливом PPP активності окисно-відновних ферментів.

Доведено, що бакові суміші гербіцидів і PPP позитивно впливають на активність ферментів в рослинах сільськогосподарських культур [16]. Водночас у працях В. Ладоніна та ін. [17] відмічається, що в чутливих рослин гороху під впливом 2,4-Д різко змінювалась активність пероксидази, але у рослинах ячменю гербіцид на розподіл пероксидазної і каталазної активності не впливав.

Виходячи з вищевикладеного матеріалу, завданням наших досліджень було встановити, як впливають різні норми гербіциду Калібр 75 та способи застосування PPP Біолан на активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, аскорбатоксидази) у рослинах ячменю озимого, вирощуваних у вегетаційних умовах.

Методика досліджень. Дослідження дії гербіциду і PPP виконували з використанням рослин ячменю озимого (*Hordeum sativum* Jessen) сорту Достойний, які вирощували в пластикових посудинах з чорноземом опідзоленим важкосуглинковим з дотриманням вимог вегетаційного методу [18]. Схема досліду включала 16 варіантів, представлених у таблицях. Гербіцид Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га застосовували як окремо, так і в сумішах з PPP Біолан у фазі куціння рослин; у п'ятому варіанті застосовували Біолан самостійно – шляхом обприскування рослин; у 9–16 варіантах – застосовували обробку насіння Біоланом перед сівбою з розрахунку 20 мл/т (фон); у варіантах 10–12 вносили гербіцид Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га по фоні; в 13 варіанті вносили по фоні лише Біолан, а у варіантах 14–16 – вносили Калібр 75 40; 50 і 60 г/га з Біоланом у нормі 10 мл/га по фоні.

Активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази (КФ 1.11.1.6), пероксидази (КФ 1.11.1.7) у листках ячменю озимого визначали в зразках

листоків відібраних на третю та десятю добу після внесення препаратів за методиками, описаними Х. М. Починком [19].

Результати досліджень. Вивчення окремих ферментів класу оксидоредуктаз у рослинах ячменю озимого, виконані в суворо контрольованих умовах, показали залежність їх активності від норм гербіциду, внесених роздільно і в сумішах із РРР Біолан. Так, аналіз одержаних даних вегетаційного дослідження у 2010 році показав, що на третю добу після внесення гербіциду Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га активність каталази зростала зі збільшенням норми препарату на 20,9; 36,9 та 52,5 мкМоль розкладеного H_2O_2 відповідно у порівнянні з контролем (табл. 1).

1. Активність каталази у листках ячменю озимого за дії гербіциду Калібр 75 і РРР Біолан, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової маси за 1 хв.

Варіант дослідження	2010 р.		2011 р.		2012 р.	
	на третю добу	на десятю добу	на третю добу	на десятю добу	на третю добу	на десятю добу
Обробка водою (контроль)	84,7	115,4	45,3	123,7	52,1	74,5
Калібр 75 40 г/га	105,6	136,1	65,4	145,2	74,1	96,5
Калібр 75 50 г/га	121,6	142,3	78,1	162,3	86,2	123,1
Калібр 75 60 г/га	137,2	156,1	84,1	175,3	95,3	132,8
Біолан 10 мл/га	110,4	126,7	52,4	136,7	64,7	81,6
Калібр 75 40 г/га + Біолан	121,4	142,1	75,1	159,6	89,7	112,4
Калібр 75 50 г/га + Біолан	145,7	154,1	88,9	178,1	98,1	132,7
Калібр 75 60 г/га + Біолан	157,1	164,9	95,4	179,2	112,4	136,2
Біолан 20 мл/т – обробка насіння (фон)	118,3	130,4	56,7	139,7	68,9	86,7
Фон + Калібр 75 40 г/га	132,4	145,7	79,1	168,7	91,2	123,4
Фон + Калібр 75 50 г/га	150,3	162,1	96,4	184,2	113,4	149,3
Фон + Калібр 75 60 г/га	167,2	170,8	104,2	195,1	123,7	156,7
Фон + Біолан 10 мл/га	129,4	135,2	63,4	145,7	74,2	96,3
Фон + Калібр 75 40 г/га + Біолан	145,2	152,3	89,7	184,1	96,5	142,3
Фон + Калібр 75 50 г/га + Біолан	162,1	172,6	112,4	196,2	123,1	156,7
Фон + Калібр 75 60 г/га + Біолан	178,4	186,6	123,6	201,5	132,5	185,9
<i>НІР₀₁</i>	4,2	5,1	2,4	3,7	2,3	2,9

За використання гербіциду Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га у сумішах з Біоланом 10 мл/га активність каталази зростала відносно варіантів із внесенням лише гербіциду на 15,8; 24,1 і 19,9 мкМоль розкладеного H_2O_2 відповідно. При застосуванні цих же норм гербіциду, але на фоні обробки насіння перед сівбою РРР Біолан у нормі 20 мл/т активність каталази у порівнянні з контролем збільшувалась на 47,7; 65,6 і 82,5 мкМоль розкладеного H_2O_2 відповідно.

Найвищу активність каталази у листках ячменю озимого було відмічено за використання гербіциду Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га на фоні обробки насіння РРР Біолан та внесення його по сходах. За комплексного застосування препаратів активність каталази у порівнянні з контролем збільшувалась на 71; 91 та 111 %.

На десяту добу після внесення гербіциду та РРР рівень активності каталази в листках ячменю озимого, в порівнянні до третьої доби, зростав, але виявлена закономірність дії різних норм Калібру 75, внесених роздільно і в комплексі з Біоланом, при цьому зберігалась. Так, за норм Калібру 75 40; 50 і 60 г/га, внесених без Біолану, активність каталази становила 136,1; 142,3 і 156,1 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирої маси за хв., а за поєднаного застосування цих же норм гербіциду з РРР на фоні обробки Біоланом насіння – 152,3; 172,6 і 186,6 мкМоль за 115,4 мкМоль розкладеного H_2O_2 у контролі та $\text{HP}_{01} = 5,1$.

Подібна залежність активності каталази спостерігалась у 2011 та 2012 рр., однак найвищою вона була у варіантах, де Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га вносили сумісно з Біоланом по сходах на фоні обробки РРР насіння. З одержаних даних видно, що поєднання застосування гербіциду і РРР на фоні обробки рістрегулятором насіння забезпечує більш суттєве підвищення активності каталази в листках ячменю озимого, що може свідчити про зростання рівня детоксикаційних процесів у рослинах, направлених на ліквідацію негативної дії одного з продуктів метаболізму гербіцида – H_2O_2 . Вочевидь, що на фоні обробки насіння РРР у рослинах створюється більший

енергетичний потенціал, спрямованість якого за використання гербіциду і РРР під час вегетації ячменю, забезпечує більш виражені темпи детоксикації ксенобіотика.

Активність пероксидази (табл. 2) в досліджуваних варіантах також перевищувала контрольні показники як на третю, так і на десяту добу після внесення гербіциду. Зокрема, у 2010 році за внесення Калібру 75 у нормах від 40 до 60 г/га на третю добу активність пероксидази зростала відповідно від 96,3 до 126,3 мкМоль, а при сумісному застосуванні Калібру 75 у досліджуваних нормах у бакових сумішах із Біоланом активність пероксидази зростала від 123,4 до 147,6 мкМоль окисненого гваяколу відповідно.

**2. Активність пероксидази у листках ячменю озимого за дії
гербіциду Калібр 75 і РРР Біолан,
мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.**

Варіант досліджу	2010 р.		2011 р.		2012 р.	
	на третю добу	на десяту добу	на третю добу	на десяту добу	на третю добу	на десяту добу
Обробка водою (контроль)	75,2	97,1	62,3	77,4	73,2	103,1
Калібр 75 40 г/га	96,3	123,4	89,4	89,1	115,3	137,6
Калібр 75 50 г/га	112,8	137,9	96,5	112,3	119,1	154,8
Калібр 75 60 г/га	126,3	145,2	103,7	118,7	129,4	159,1
Біолан 10 мл/га	86,4	112,3	71,6	85,1	88,6	124,8
Калібр 75 40 г/га + Біолан	123,4	132,2	98,7	96,3	121,9	146,3
Калібр 75 50 г/га + Біолан	138,1	148,7	115,9	117,3	145,7	165,3
Калібр 75 60 г/га + Біолан	147,6	154,4	126,8	126,9	152,4	171,6
Біолан 20 мл/т – обробка насіння (фон)	89,3	116,6	78,0	87,1	96,3	129,6
Фон + Калібр 75 40 г/га	126,5	133,4	106,3	102,3	131,2	152,3
Фон + Калібр 75 50 г/га	140,1	152,1	118,2	116,3	147,2	169,5
Фон + Калібр 75 60 г/га	152,3	158,7	135,8	131,7	167,3	176,4
Фон + Біолан 10 мл/га	96,1	119,2	79,2	92,3	97,8	132,9
Фон + Калібр 75 40 г/га + Біолан	132,2	145,3	112,3	109,6	138,9	161,5
Фон + Калібр 75 50 г/га + Біолан	153,4	164,8	124,6	121,4	151,4	183,4
Фон + Калібр 75 60 г/га + Біолан	168,9	174,9	143,1	138,4	178,8	190,2
<i>НІР₀₁</i>	<i>13,2</i>	<i>9,8</i>	<i>11,7</i>	<i>11,2</i>	<i>12,3</i>	<i>6,8</i>

Застосування гербіциду Калібр 75 у нормах 40; 50 і 60 г/га на фоні обробки насіння РРР Біолан підвищувало активність пероксидази у порівнянні з контролем на 51,3; 64,9 і 77,1 мкМоль окисненого гваяколу відповідно.

Значне підвищення активності ферменту спостерігалось за сумісного застосування Калібру 75 з Біоланом у період вегетації культури на фоні обробки насіння РРР перед сівбою. Так, суміші гербіциду Калібр 75 з Біоланом зумовлювали підвищення активності пероксидази у порівнянні з контролем у межах від 76 до 125 %.

На 10 добу обліку активність пероксидази також значно перевищувала показники контрольного варіанту, але найвищою вона була за сумісного використання Калібру 75 (40; 50 і 60 г/га) з РРР Біолан, внесених на фоні обробки насіння регулятором росту рослин. Так, за даного поєднання препаратів перевищення до контролю становило 50–80%. Подібні залежності пероксидази проявлялись за дії препаратів і в 2011 та 2012 рр.

Висновки. Гербіцид Калібр 75 у нормах 40, 50 і 60 г/га позитивно впливає на проходження реакцій обміну речовин, що виявляється в активації окремих ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази) та може свідчити про підвищення рівня детоксикаційних процесів у рослинному організмі. Поєднання застосування різних норм гербіциду Калібр 75 з РРР Біолан зумовлює зростання активності в рослинах ячменю озимого ферментів каталази та пероксидази, але їх активність залежить від норми використання Калібру 75 та поєднання даних норм застосування препарату з різними способами внесення РРР Біолан: з наростанням норм внесення Калібру 75 до 60 г/га активність ферментів в рослинах значно зростає. Підвищення активності ферментів простежується й за сумісного застосування Калібру 75 з РРР Біолан, зокрема на фоні обробки Біоланом насіння, що свідчить про зростання антиоксидантного статусу рослин за активної участі даних ферментів в адаптації рослин до гербіцидного стресу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпенко В. П. Інтенсивність процесів ліпопероксидації та стан антиоксидантних систем захисту ячменю ярого за дії гербіциду Гранстар 75 і регулятора росту рослин Емістим С / В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2009. – Вип. 72. – Ч.1. – С. 30–39.
2. Каротиноїди та гліколіпіди в адаптивній відповіді рослин озимої пшениці на дію оксидного стресу / Н. Б. Светлова, О. В. Ситар, Л. М. Бацманова [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2007. – Т. 39. – №2. – С. 168–173.
3. Стороженко В. О. Ключові антиоксидантні ферменти фотосинтетичного апарату вищих рослин за дії стресових чинників / В. О. Стороженко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. - №1. – С. 36–42.
4. Moller I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: Electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species / I. M. Moller // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2001. – 52. – P. 561–591.
5. Sairam R. K. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants / R. K. Sairam, A. Tyagi // Curr. Sci. – 2004. – 86. – P. 407–421.
6. Suzuki N. Reactive oxygen species and temperature stress: A delicate balance between signaling and destruction / N. Suzuki, R. Mittler // Physiol. Plant. – 2006. – 126. – №1. – P. 45–51.
7. Таран Н. Ю. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів довкілля / Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М., Мусієнко М. М. // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 1. – С. 3–14.
8. Scandalios J. G. Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses / J. G. Scandalios // Braz. J. Med. And Biol. Res. – 2005. – 38. – P. 995–1014.

9. Apel K. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress and Signal Transduction / K. Apel, H. Hirt // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2004. – V. 55. – P. 373–399.
10. Asada K. Production and Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Function / K. Asada // *Plant Physiol.* – 2006. – V. 141. – P. 391–396.
11. Shigeoka S. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes / S. Shigeoka, T. Ishikawa, M. Tomoi // *J. Exp. Bot.* – 2002. – V. 53. – P. 1305–1319.
12. Владимиров Ю. А. Свободные радикалы в биологических системах / Ю. А. Владимиров // *Соросовский образовательный журн.* – 2000. – Т.6. – № 12. – С. 13–19.
13. Гришко В. М. Динаміка вмісту аскорбінової кислоти в проростках кукурудзи за сумісної дії кадмію і нікелю / В. М. Гришко, Т. А. Демура // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2009. – Т. 41. – № 1. – С. 75–82.
14. Грицаєнко З. М. Активність окисно-відновних ферментів у рослинах озимого тритикале при застосуванні двокомпонентних гербіцидів без і сумісно з біостимулятором Біоланом / З. М. Грицаєнко, Р. М. Притуляк // *Зб. наук. пр. УДАУ.* – Умань, 2008. – С. 30–35.
15. Грицаєнко З. М. Активність окисно-відновних ферментів в рослинах озимої пшениці після різних попередників при застосуванні хімічних та біологічних препаратів / З. М. Грицаєнко, І. Б. Леонтюк // *Вісник УДАУ.* – Умань. – 2006. – № 1–2. – С. 9–13.
16. Грицаєнко З. М. Активність окисно-відновних ферментів у рослинах озимого тритикале при застосуванні двокомпонентних гербіцидів без і сумісно з біостимулятором росту Біоланом / З. М. Грицаєнко, Р. М. Притуляк // *Зб. наук. праць Уманського ДАУ.* – Умань, 2007. – С. 30 – 35.
17. Ладонин В. Влияние 2,4 – Д на оксидазную и пероксидазную активность в листьях ячменя и гороха / В. Ладонин, Н. Пронина // *Физиология и*

биохимия культурных растений. – 1977. – Т. 9. – № 3. – С. 249–253.

18. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода / З. И. Журбицкий. – М. : Наука, 1986. – 268 с.

19. Починок Х. М. Методы биохимического анализа растений / Х. М. Починок. – К. : Наук. думка, 1976. – С. 5–77.

1. Karpenko V. P. Intensyvniŭ procesiv lipoperoksydaciji ta stan antyoksydantnyh system zahystu jachmenju jarogo za dii' gerbicydu Granstar 75 i reguljatora rostu roslyn Emistym S / V. P. Karpenko // Zb. nauk. prac' Umans'kogo DAU. – Uman', 2009. – Vyp. 72. – Ch.1. – S. 30–39.

2. Karotynoi'dy ta glikolipidy v adaptyvniŭ vidpovidi roslyn ozymoi' pshenyци na diju oksydnogo stresu / N. B. Svjetlova, O. V. Sytar, L. M. Vasmanova [ta in.] // Fyzyologyja y byohymyja kul'turnyh rastenyj. – 2007. – Т. 39. – №2. – S. 168–173.

3. Storozhenko V. O. Ključovi antyoksydantni fermenty fotosyntetychnogo aparatu vyshhyh roslyn za dii' stresovyh chynnykiv / V. O. Storozhenko // Fyzyologyja y byohymyja kul'turnyh rastenyj. – 2004. – Т. 36. – №1. – S. 36–42.

4. Moller I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: Electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species / I. M. Moller // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2001. – 52. – P. 561–591.

5. Sairam R. K. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants / R. K. Sairam, A. Tyagi // Curr. Sci. – 2004. – 86. – P. 407–421.

6. Suzuki N. Reactive oxygen species and temperature stress: A delicate balance between signaling and destruction / N. Suzuki, R. Mittler // Physiol. Plant. – 2006. – 126. – №1. – P. 45–51.

7. Taran N. Ju. Vtorynnyj oksydnij stres jak element zagal'noi' adaptyvnoi' vidpovidi roslyn na diju nespryjatlyvyh faktoriv dovkillja / Taran

N. Ju., Okanenکو O. A., Bacmanova L. M., Musijenko M. M. // Fyzyologija y byohymyja kul'turnyh rastenyj. – 2004. – T. 36. – № 1. – S. 3–14.

8. Scandalios J. G. Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses / J. G. Scandalios // Braz. J. Med. And Biol. Res. – 2005. – 38. – P. 995–1014.

9. Apel K. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress and Signal Transduction / K. Apel, H. Hirt // Annu. Rev. Plant Biol. – 2004. – V. 55. – P. 373–399.

10. Asada K. Production and Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Function / K. Asada // Plant Physiol. – 2006. – V. 141. – P. 391–396.

11. Shigeoka S. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes / S. Shigeoka, T. Ishikawa, M. Tomoi // J. Exp. Bot. – 2002. – V. 53. – P. 1305–1319.

12. Vladymyrov Ju. A. Svobodnye radykaly v byologicheskyh systemah / Ju. A. Vladymyrov // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurn. – 2000. – T.6. – № 12. – S. 13–19.

13. Gryshko V. M. Dynamika vmistu askorbinovoi' kysloty v prorostkah kukurudzy za sumisnoi' dii' kadmiju i nikelju / V. M. Gryshko, T. A. Demura // Fyzyologija y byohymyja kul'turnyh rastenyj. – 2009. – T. 41. – № 1. – S. 75–82.

14. Grycajenko Z. M. Aktyvnist' okysno-vidnovnyh fermentiv u roslynah ozymogo trytykale pry zastosuvanni dvokomponentnyh gerbicydiv bez i sumisno z biostymuljatorom Biolanom / Z. M. Grycajenko, R. M. Prytuljak // Zb. nauk. pr. UDAU. – Uman', 2008. – S. 30–35.

15. Grycajenko Z. M. Aktyvnist' okysno-vidnovnyh fermentiv v roslynah ozymoi' pshenyci pislja riznyh poperednykiv pry zastosuvanni himichnyh ta biologichnyh preparativ / Z. M. Grycajenko, I. B. Leontjuk // Visnyk UDAU. – Uman'. – 2006. – № 1–2. – S. 9–13.

16. Grycajenko Z. M. Aktyvnist' okysno-vidnovnyh fermentiv u roslynah ozymogo trytykale pry zastosuvanni dvokomponentnyh gerbicydiv bez i sumisno z biostymuljatorom rostu Biolanom / Z. M. Grycajenko, R. M. Prytuljak // Zb. nauk. prac' Umans'kogo DAU. – Uman', 2007. – S. 30–35.
17. Ladonyn V. Vlyjanye 2,4 – D na oksydaznuju y peroksydaznuju aktyvnost' v lyst'jah jachmenja y goroha / V. Ladonyn, N. Pronyna // Fyzyologyja y byohymyja kul'turnyh rastenyj. – 1977. – T. 9. – № 3. – S. 249–253.
18. Zhurbyckyj Z. Y. Teoryja y praktyka vegetacyonnogo metoda / Z. Y. Zhurbyckyj. – M. : Nauka, 1986. – 268 s.
19. Pochynok H. M. Metody byohymycheskogo analiza rastenyj / H. M. Pochynok. – K. : Nauk. dumka, 1976. – S. 5–77.

Приводятся результаты исследований влияния различных норм гербицида Калибр 75 (40, 50 и 60 г/га) и разных способов применения регулятора роста растений Биолан (10 мл/га и 20 мл/т) на активность антиоксидантных ферментов класса оксидоредуктаз (каталазы, пероксидазы). Сочетание применения различных норм гербицида Калибр 75 с РРР Биолан вызывает повышение активности в растениях ячменя озимого ферментов в частности на фоне обработки Биоланом семян, что свидетельствует о росте антиоксидантного статуса растений при активном участии данных ферментов в адаптации растений к гербицидному стрессу.

Ключевые слова: *ячмень озимой, гербицид, регулятор роста растений, ферменты.*