

**СТАН ФЕРМЕНТНОЇ СИСТЕМИ РОСЛИН СОНЯШНИКА ЗА
ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБІЦИДУ ФЮЗИЛАД ФОРТЕ 150 І РЕГУЛЯТОРА
РОСТУ РОСЛИН РАДОСТИМ**

З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, доктори сільськогосподарських наук

Л. Ф. Підан, аспірант

Уманський національний університет садівництва

Наведено результати досліджень з вивчення впливу препаратів хімічного та природнього походження на стан ферментної системи рослин соняшника. Встановлено, що поєднане застосування гербіциду і регулятора росту рослин зумовлює опосередковане підвищення рівня детоксикаційних процесів у рослинах соняшника за спрямованого зростання активності основних антиоксидантних ферментів (каталази, пероксидази і поліфенолоксидази).

Ключові слова: *ферментна система, гербіцид, регулятор росту рослин, соняшник.*

Значних економічних збитків сільськогосподарському виробництву України завдає рудеральна рослинність. Саме вона позбавляє агроценози культурних рослин поживних речовин, вологи, світла, зумовлює пригнічення їх ростових процесів та знижує урожайність [1]. Тому, нині у боротьбі з бур'янами вирішальну роль відіграють гербіциди, які представлені доволі складними хімічними сполуками високої фізіологічної активності [2].

Доведено, що гербіциди є сильними і, водночас, специфічними інгібіторами метаболізму рослин, які внаслідок використання у широких масштабах є потенційними забруднювачами агрофітоценозів [3].

Із літературних джерел відомо, що вплив гербіцидів на рослини проявляється насамперед у гальмуванні їх росту і розвитку, що є наслідком порушення багатьох фізіологічних та біохімічних реакцій у клітинах, (фотосинтезу, транспірації, біосинтезу тощо) [4].

У комплексі такі порушення зумовлюють стресову реакцію, що супроводжується посиленням вільнорадикальних процесів. Важливу роль в детоксикації хімічних агентів та адаптації рослинного організму до оксидативних стресів відіграють ферменти класу оксидоредуктаз, такі як поліфенолоксидаза, каталаза, пероксидаза й ін. [5–7]. Їх активність спрямовується на гальмування вільнорадикального окиснення та підтримання функціональної активності рослинних клітин [1].

Дослідження багатьох вчених засвідчують, що препарати природного походження можуть викликати системну індуковану стійкість рослин до стресів, тобто – стимулювати захисні реакції рослинного організму [8, 9]. Водночас у працях окремих дослідників зазначається підвищення активності в рослинах ферментів класу оксидоредуктаз за обробки їх сумішами гербіцидів і регуляторів росту рослин [8–10].

Зважаючи на вищенаведений літературний матеріал, можна стверджувати, що біологічні препарати відіграють важливе значення в зменшенні негативної дії на рослини хімічних агентів, проте стан антиоксидантної системи соняшника за поєднаної дії гербіцидів і регуляторів росту рослин є вивченим недостатньо.

Метою роботи було вивчення активності ключових ферментів класу оксидоредуктаз (поліфенолоксидази, каталази і пероксидази) у листках рослин соняшника за обробки їх різними нормами гербіциду Фюзилад Форте 150, які застосовували за різних способів внесення регулятора росту рослин природного походження Радостим (обробка насіння перед сівбою та обприскування посівів окремо і в сумішах з гербіцидом).

Методика досліджень. Досліди виконували у 2012 р. у суворо контрольованих лабораторних умовах кафедри біології Уманського

національного університету садівництва з дотриманням методики вегетаційного дослідження [11]. З цією метою використовували пластикові посудини (об'ємом 2 л), наповнені чорноземом опідзоленим важкосуглинковим. Ріст і розвиток рослин відбувався з підсвічуванням люмінесцентними лампами (14-16 годин). Обробку насіння гібриду соняшника Каньйон регулятором росту рослин проводили в день висіву, а внесення препаратів – у фазу першої пари справжніх листків. Препарати вносили ручним лабораторним обприскувачем, нормами розрахованими на площу за концентрацією у відношенні до норм внесення у польових умовах та з врахуванням норми витрати води.

У досліджах вивчали регулятор росту рослин Радостим (Емістиму С – 0,3 г/л, калійна сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1 мг/л та мікроелементи) у нормах 20 мл/га (обробка рослин) і 250 мл/т (обробка насіння) та гербіцид Фюзилад Форте 150 (інгібітор ацетил-Коа-карбоксилази групи похідних арилоксифеноксипропіонової кислоти, діючою речовиною якого є флуазифоп-П-бутил 150 г/л) у нормах 0,5; 0,75; 1,0 л/га. Детальну схему дослідження наведено в таблиці.

Активність ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази і поліфенолоксидази) у листках соняшника визначали у зразках, відібраних у вегетаційних умовах на третю та десятю добу після внесення останніх композицій препаратів за методикою, описаною Х. М. Починком [12].

Математичну обробку експериментальних даних проводили за Б. А. Доспеховим [13].

Результати досліджень. Одержані експериментальні результати засвідчили, що за використання в суворо контрольованих умовах гербіциду Фюзилад Форте 150 як роздільно, так і в сумішах із Радостимом, у тому числі й на фоні обробки Радостимом перед сівбою насіння, активність антиоксидантних ферментів у листках соняшника значно зростала (табл. 1).

**1. Активність антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз у
листочках соняшнику за дії гербіциду Фюзилад форте 150 і
регулятора росту рослин Радостим**

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H ₂ O ₂ /г сирової маси за 1 хв.		Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.		Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	
	на 3 добу	на 10 добу	на 3 добу	на 10 добу	на 3 добу	на 10 добу
Обробка водою (контроль)	71,5	104,9	63,5	87,4	47,3	31,2
Радостим 20 мл/га	114,3	132,1	75,6	93,2	57,0	34,8
Фюзилад форте 0,5 л/га	110,2	136,4	78,2	99,1	62,3	40,5
Фюзилад форте 0,75 л/га	125,4	148,3	101,4	118,5	70,1	49,7
Фюзилад форте 1,0 л/га	144,6	163,4	123,8	142,3	79,0	56,2
Фюзилад форте 0,5 л/га + Радостим 20 мл/га	129,4	145,2	106,3	124,3	68,7	44,5
Фюзилад форте 0,75 л/га + Радостим 20 мл/га	153,7	164,3	128,5	146,7	78,4	57,1
Фюзилад форте 1,0 л/га + Радостим 20 мл/га	165,1	173,2	139,7	159,1	86,5	62,4
Радостим 250 мл/т – обробка насіння (фон)	119,7	134,2	89,7	108,2	61,2	38,3
Фон+Радостим (20 мл/га)	136,4	143,8	101,2	124,1	65,0	40,5
Фон + Фюзилад форте 0,5 л/га	140,5	148,2	116,2	134,2	72,5	51,8
Фон + Фюзилад форте 0,75 л/га	159,3	172,3	137,2	152,3	76,3	65,0
Фон + Фюзилад форте 1,0 л/га	178,5	183,4	150,0	164,3	88,1	71,3
Фон + Фюзилад форте 0,5 л/га + Радостим 20 мл/га	156,2	165,4	124,5	140,8	79,4	55,2
Фон + Фюзилад форте 0,75 л/га + Радостим 20 мл/га	170,3	182,4	145,1	164,2	88,2	73,1
Фон + Фюзилад форте 1,0 л/га + Радостим 20 мл/га	188,2	196,3	157,2	176,8	97,4	81,9
<i>НІР₀₁</i>	<i>4,1</i>	<i>4,3</i>	<i>7,9</i>	<i>12,5</i>	<i>3,6</i>	<i>2,1</i>

Так, на третю добу після обробки рослин гербіцидом Фюзилад форте 150 у нормах 0,5; 0,75; 1,0 л/га активність каталази зі зростанням норми препарату збільшувалась відносно контролю на 38,7; 53,9 та 73,1 мкМоль розкладеного H_2O_2 .

За використання Фюзиладу Форте 150 цими ж нормами, але сумісно із Радостимом, активність каталази перевищувала контроль відповідно до норм препарату на 57,9; 82,2 і 93,6 мкМоль розкладеного H_2O_2 . За внесення Фюзиладу Форте 150 у тих же нормах сумісно із Радостимом, але на фоні обробленого перед сівбою насіння регулятором росту рослин Радостим у нормі 250 мл/т, активність каталази збільшувалась на 84,7; 98,8 і 116,7 мкМоль розкладеного H_2O_2 відповідно.

Одержані дані дають підставу стверджувати, що активність фермента каталази в листках соняшника найбільше зростає за внесення гербіциду по фону (обробка насіння Радостимом у сумішах із регулятором росту рослин). Це може вказувати на підвищення антиоксидантного та детоксикаційного статусу рослин, обумовленого стимулюванням з боку регулятора росту рослин обмінних процесів, внаслідок яких рослина нагромаджує більше енергетичного матеріалу, необхідного для знешкодження, утворених в процесі детоксикації активних форм кисню, в тому числі й пероксиду водню, розклад якого забезпечує каталаза [6, 7].

При дослідженні активності каталази на десяту добу після застосування препаратів нами встановлено, що як і на третю добу визначення, активність каталази в листках соняшника була високою і цілком відображала залежність від норм та способів застосовуваних препаратів. Так, за норм Фюзиладу форте 150 0,5; 0,75; 1,0 л/га, внесених самостійно, активність каталази порівняно із третьою добою зростала на 26,2; 22,9 і 18,8 мкМоль та перевищувала контроль на 31,5; 43,4; 58,5 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирої маси, а за поєднаного застосування цих же норм гербіциду з регулятором росту рослин Радостим на фоні обробки перед сівбою цим же регулятором росту насіння – на 60,5; 77,5 і 91,4 мкМоль розкладеного H_2O_2 / г сирої маси і $\text{HIP}_{01} = 4,3$.

З одержаних даних видно, що поєднане застосування гербіциду з регулятором росту рослин, особливо на фоні обробки регулятором росту рослин насіння, зумовлює суттєве підвищення активності каталази і в наступні етапи розвитку рослинного організму, що, очевидно, є наслідком інтенсифікації ростових процесів, одним із продуктів обміну яких є пероксид водню [1].

Результати експериментів з дослідження в листках соняшника активності ферментів пероксидази та поліфенолоксидази (табл. 1) засвідчили подібну залежність, яка особливо чітко простежувалась у варіантах досліду із сумісним застосуванням гербіциду і регулятора росту рослин, внесених по фоні. Так, за внесення Фюзилладу форте 150 у нормах 0,5; 0,75; 1,0 л/га активність пероксидази в листках соняшника на третю добу зростала проти контролю на 14,7; 37,9 та 60,3 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – на 15,0; 22,8 і 31,7 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти. В разі сумісного застосування Фюзилладу форте 150 у тих же нормах із Радостимом активність пероксидази збільшувалась проти контролю на 42,8; 65,0 і 76,2 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – на 21,4; 31,1 та 39,2 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти.

Застосування даних композицій по фоні обробленого регулятором росту рослин перед сівбою насіння забезпечило зростання активності пероксидази і поліфенолоксидази відповідно на 61,0; 81,6 та 93,7 мкМоль окисненого гваяколу та – 32,1; 40,9 і 50,1 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти. Проте, необхідно відмітити, що найвища активність даних ферментів простежувалась на 10 добу експерименту. Так, за дії гербіциду Фюзиллад форте 150 0,5; 0,75 та 1,0 л/га активність пероксидази в листках соняшника зростала в порівнянні до третьої доби визначення на 20,9; 17,1 та 18,5 мкМоль окисненого гваяколу, а проти контролю – на 11,7; 31,1 та 54,9 мкМоль окисненого гваяколу.

У варіантах із застосуванням Фюзилладу форте 150 в нормах 0,5; 0,75 і 1,0 л/га у сумішах із Радостимом, внесених по фоні, активність пероксидази

зростала в порівнянні до третьої доби визначення в середньому на 16,3; 19,1 і 19,6 мкМоль окисненого гваяколу, а в порівнянні до контролю – на 53,4; 76,8 і 89,4 мкМоль окисненого гваяколу за $HP_{01} = 12,5$.

Щодо фермента поліфенолоксидази, то на 10-ту добу експерименту, нами було відмічено зменшення його активності у порівнянні до третьої доби визначення. Так, за використання Фюзиладу форте 150 у нормах 0,5; 0,75 і 1,0 л/га активність поліфенолоксидази в листках соняшника на 10 добу у порівнянні до третьої знижувалась на 29–35%, а у варіантах сумісного застосування цих же норм гербіциду з Радостимом, внесених по фоні – на 16–30%. Очевидно, зниження активності даного фермента можна пов'язати зі стабілізацією детоксикаційних процесів у рослинах, зокрема тих, що відповідають за синтез і метаболізм фенольних сполук.

Висновки. Таким чином, гербіцид Фюзилад Форте 150, внесений у нормах 0,5; 0,75; 1,0 л/га і регулятор росту рослин Радостим, використаний за різних способів, значно впливають на проходження ферментативних процесів у рослинах соняшника. Проте найвища активність ферментної системи соняшника простежується за сумісної дії гербіциду Фюзилад форте 150 з регулятором росту рослин Радостим, внесених по фоні обробки насіння перед посівом Радостимом, що свідчить про підсилення проходження в рослинах за дії даних композицій обмінних процесів, направлених на детоксикацію продуктів метаболізму, індукованих впливом ксенобіотика.

Література

1. Карпенко В. П. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / В. П. Карпенко, З. М. Грицаєнко, Р. М. Притуляк, С. П. Полторецький, І. І. Мостов'як, О. О. Фоменко; за ред. В. П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочінський», 2012. – 357 с.
2. Карпенко В.П. Фізіологічні зміни в рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2014. – № 1. – С. 60– 65.

3. Василюк Е. М. Исследование влияния гербицидов на активность каталазы некоторых самоопыленных линий кукурузы в условиях вегетационного эксперимента / Е. М. Василюк // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. біол., екол. – 1997. – Вип. 3. – С. 179–187.
4. Вінниченко О. М. Метаболічна адаптація сільськогосподарських культур до дії гербіцидів / О. М. Вінниченко // Укр. біохім. журн. – 2002. – Т. 74. – № 4б (додаток 2). – С. 118–119.
5. Колупаєв Ю. Є. Роль основних сигнальних інтермедіатів у формуванні адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів / Ю. Є. Колупаєв // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т. Т. 1 / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин. К.: Логос, – 2009. – С. 166–195.
6. Карпенко В. П. Активність окремих ферментів класу оксидоредуктаз у рослинах ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів і регулятора росту рослин / В. П. Карпенко // Збірник. наук. праць Уманського НУС. – 2010. – Вип. 74. – С. 64–71.
7. Карпенко В. П. Вміст деяких антиоксидантів у листках ячменю ярого за дії гербіцидів і регулятора росту рослин / В. П. Карпенко // Збірник наук праць Уманського НУС. – 2011. – Вип. 78. – Ч. 1. – С. 7–12.
8. Макаринський О. Ю. Вплив гербіцидів базаграну, агрітоксу і пантери внесених окремо та сумісно з емістимом С, на активність окисно-відновних ферментів у рослинах гороху / О. Ю. Макаринський // Наук. записки Терноп. пед. ун-ту. – Сер. біол. 2002. – № 3 (18). – С. 112–115.
9. Карпенко В. П. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75 і регулятора росту рослин Біолан / Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О // Збірник наукових праць Уманського НУС. – 2013. – Вип. 83. – С. 19–25.
10. Матюха Л. П. Гербіциди: агроекологічна прийнятність / Л.П. Матюха, С. Й. Хейлик // Захист рослин. – 1999. – № 1. – С. 8–10.

11. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода / Журбицкий З. И. – М.: Наука, 1968. – 268 с.
12. Починок Х.М. Методы биохимического анализа растений. – К.: Наук. думка, 1976. – С. 5–77.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

References

1. Karpenko, V., Hrytsaienko, Z., Prytulyak, R. et al. (2012). *Biological basis of integrated action herbicides and plant growth regulators*. Uman: Publisher "Sochinski", 2012. 357 p. (in Ukrainian).
2. Karpenko, V. P. Physiological changes in plants of spring barley by the action of biologically active substances. *Bulletin Uman National University of Horticulture*, 2014, no. 1, pp. 60–65 (in Ukrainian).
3. Vasylyuk, E. M. Investigation of the effect of herbicides on the activity of catalase some inbred lines of corn growing in the conditions of the experiment. *Bulle. Dnipropetr the yn-ty. Ser. biol., ecol*, 1997, no. 3, pp. 179–187 (in Ukrainian).
4. Vinnichenko, O. M. Metabolic adaptation of crops to the action of herbicides. *Ukr Biochem Journal*, 2002, t. 74, no. 4b (Annex 2), pp. 118–119 (in Ukrainian).
5. Kolupaev, Y. E. The main role in the formation of signaling intermediates adaptive responses of plants to abiotic stressors action. *Plant physiology: problems and persianterm, development*, 2009, t. 1, pp. 166–195 (in Ukrainian).
6. Karpenko, V. P. Activity of certain enzymes in the oxidoreductase class plants of spring barley for actions tank mixtures of herbicides and plant growth regulators. *Collection. scientific work Uman NUG*, 2010, no. 74, pp. 64–71 (in Ukrainian).
7. Karpenko, V. P. Content of some antioxidants in leaves of spring barley for the actions of herbicides and plant growth regulators. *Collection of scientific works Uman NUG*, 2011. no. 78, pp. 7–12 (in Ukrainian).

8. Makarynskyy, O. Y. Effect of herbicides bazahranu, and ahritoksu Panthers made separately and together with emistim C, the activity of redox enzymes in pea plants. *Science. notes Ternopol. ped. un-t*, 2002, no. 3, pp. 112–115 (in Ukrainian).
9. Karpenko, V. P. Activity of certain antioxidant enzymes oxidoreductases by class of herbicide Calibre 75 and plant growth regulator Biolan. *Collection of scientific works Uman NUG*, 2013, no. 83, pp. 19–25 (in Ukrainian).
10. Matyukha, L. P. Herbicides: Agroecological eligibility. *Protection of plants*, 1999, no. 1, pp. 8–10 (in Ukrainian).
11. Zhurbytskyy, S., (1968). *Theory and practice vehetatsyonnoho method*. Moskov: Science, 1968. 268 p. (in Ukrainian).
12. Pochinok, H., (1976). *Methods of analysis biochemically plants*. Kyiv: Science opinion, 1976. 77 p. (in Ukrainian).
13. Dospheov, B., (1985). *Methods of field experience*. Moskov: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Ukrainian).

Аннотация

З. М. Грицаенко, В. П. Карпенко, Л. Ф. Пидан

Состояние ферментной системы растений подсолнуха при использовании гербицида Фюзилад форте 150 и регулятора роста растений Радостим

В статье приведены результаты исследований, проведенных в вегетационных условиях в 2012 г, с изучением гербицида Фюзилад форте 150, внесенного при нормах 0,5; 0,75 и 1,0 л/га как отдельно, так и совместно с регулятором роста растений Радостим (20 мл/га), на активность ключевых антиоксидантных ферментов – каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы.

Доказано, что гербицид Фюзилад форте 150 способствует увеличению активности ферментов в листьях подсолнуха. Применение Фюзиладу форте 150 вместе с регулятором роста растений Радостим усиливает активность ферментной системы, которая положительно влияет на прохождение физиолого-биохимических процессов. Таким образом,

применение препаратов химического и природного происхождения способствует активизации антиоксидантных ферментов, направленных на детоксикацию продуктов метаболизма, индуцируемых влиянием гербицида. Также установлено, что адаптивная способность растений подсолнуха относительно норм гербицида реализуется благодаря повышению активности ферментов класса оксидоредуктаз. В результате применения данных препаратов наивысшая активность ферментов в листьях подсолнуха прослеживается при совместном действии Фюзилада форте 150 в нормах 0,5; 0,75 и 1,0 л/га из Радостимом 20 мл/га на фоне обработки семян перед посевом Радостимом в норме 250 мл/т.

Двойное действие регулятора роста растений способствует повышению детоксикационного статуса растений, обусловленного стимулированием обменных процессов в растениях подсолнуха.

На десятые сутки после применения препаратов активность ферментов каталазы и пероксидазы была выше, в сравнении с третьими сутками, а активность полифенолоксидазы была сниженной в результате стабилизации детоксикационных процессов, особенно тех, которые отвечают за метаболизм фенольных соединений.

***Ключевые слова:** ферментная система, гербицид, регулятор роста растений, подсолнух.*

Annotation

Z.M. Hrytsaienko, V.P. Karpenko, L.F. Pidan

State of sunflower enzyme system by using herbicide Fusilad Forte 150 and plant growth regulator Radostim

The article presents the study's results of the activity of key antioxidant enzymes (catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase) which were conducted in vegetation conditions in 2012 while studying herbicide Fusilad Forte 150 applied at the rate of 0.5; 0.75 and 1.0 l/ha both separately and in the combination with plant growth regulator Radostim (20 ml/ ha).

It is proved that herbicide Fusilad Forte 150 promotes activity increasing of enzymes in sunflower leaves. Application of Fusilad Forte 150 together with plant growth regulator Radostim enhances the activity of the enzyme system which has a positive effect on physiological-and-biochemical processes. Thus, the use of preparations of chemical and natural origin helps to activate antioxidant enzymes aimed at detoxication of metabolic products induced by herbicide influence.

It is also found that the adaptive capacity of sunflower plants concerning herbicide norms is implemented by activity increasing of the enzymes of oxidoreductase class. In the result of these preparations use, the highest enzyme activity in sunflower leaves is observed under combined application of Fusilad Forte 150 at the rate of 0.5; 0.75; 1.0 l/ha and Radostim of 20 ml/h when the seeds were treated with Radostim (at the rate of 250 ml/t) before sowing.

Double effect of plant growth regulator promotes increase of plant detoxification status, due to the stimulation of metabolic processes in sunflower plants.

On the tenth day after the preparations application the activity of catalase and peroxidase enzymes was higher compared to the third day, and the activity of polyphenol oxidase was reduced by stabilizing of detoxification processes, especially those responsible for the metabolism of phenolic compounds.

Keywords: *enzyme system, herbicide, plant growth regulator, sunflower.*