

УДК 631.811.98:632.954:633.16

© 2012

*Білоножко В. Я., Карпенко В. П., доктори сільськогосподарських наук,
Полторецький С. П., Притуляк Р. М., кандидати сільськогосподарських наук
Уманський національний університет садівництва*

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РОЗДІЛЬНОГО ТА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор Г. П. Жемела

Наведено узагальнені результати багаторічних досліджень із вивчення дії гербіцидів класів сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75, Хармоні 75), феноксикарбоксилічних кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) і комбінованих препаратів (Лінтур 70 WG), внесених роздільно та в поєднанні з рістрегуляторами (Емістим С, Агат-25К і Агростимулін), на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах ячменю ярого, що визначають формування продуктивності посівів.

Ключові слова: фізіолого-біохімічні процеси, гербіциди, регулятори росту рослин, ячмінь ярий.

Постановка проблеми. Гербіциди, як фізіологічно активні речовини, в переважній більшості випадків здатні значно впливати на проходження життєво важливих процесів у рослинному організмі. При цьому не виключена можливість їх акумулювання в товарній продукції та об'єктах навколишнього природного середовища [9]. Тому в усьому світі, а в останні роки і в Україні, ведеться розробка технологій переходу від традиційного до органічного землеробства. Проте, як показує практика більшості країн – світових лідерів із виробництва сільськогосподарської продукції, перехід до органічного землеробства призводить до різкого зростання забур'яненості посівів та зниження врожайності ячменю й кукурудзи на 58 %, пшениці – на 54, а сої – на 62 % [1, 7]. Тому нині, коли в багатьох країнах світу простежується дефіцит продуктів харчування, повністю відмовитися від використання гербіцидів неможливо. Водночас необхідно вести пошук шляхів зниження негативного впливу хімічних сполук гербіцидної дії на агроценози. Однозначно такі технології повинні включати елементи біологізації, що у випадку з гербіцидами може бути досягнуто за рахунок інтегрованого їх застосування з регуляторами росту рослин природного походження, що характеризуються антистресовими й імуностимулюючими властивостями [13]. Однак чимало питань стосовно сумісної дії гербіцидів і рістрегуляторів у

сумішах вивчені недостатньо. Вибір і оцінка оптимального поєднання препаратів у сумішах, передусім багатокомпонентних, проводиться без урахування особливостей їхньої дії на ключові фізіологічні реакції в рослинному організмі. Тому не з'ясованими залишаються питання спрямованості дії сумішей гербіцидів і рістрегуляторів на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, які лежать в основі формування продуктивності посівів.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Широкомасштабне використання у сільськогосподарському виробництві біологічно активних речовин розпочалося після 1941 р., коли І. Покорним було відкрито сполуку надзвичайно високої фітотоксичності – 2,4-дихлорфеноксоцтову, а пізніше – 2-метил-4-хлорфеноксоцтову і 2,4,5-трихлорфеноксоцтову кислоти. Фактично з того часу хімічний метод боротьби з бур'янами отримав загальне визнання [17].

Одночасно із впровадженням у виробництво речовин гербіцидної дії вченими розпочинаються всебічні дослідження механізму дії цих сполук на рослинні організми – діяльність ферментів, фотосинтез, транспірацію, дихання, вуглеводний, азотний і фосфорний обміни, морфологічну й анатомічну будову рослин.

У результаті виконаних експериментів учені дійшли висновку, що гербіциди здатні суттєво порушувати обмін речовин не тільки в бур'янів, які є причиною їх загибелі, але й значно впливають на проходження обмінних процесів у культурних рослинах.

У цей же час встановлюються факти негативної дії препаратів на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, мікробіологічні – в ґрунті, формування рослинами врожаю та його якісних показників (наявність залишків препаратів).

Весь цей комплекс питань спонукав учених до розробки концепції зменшення негативної дії гербіцидів на культурні рослини, ґрунт і навко-

лишне природне середовище, першим напрямом реалізації якої стало запровадження інтегрованих систем захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів. Другий напрям зумовив пошук шляхів синтезу малотоксичних препаративних форм гербіцидів, із-поміж яких нині виділяють сполуки класу сульфонілсечовини. Вони мають низькі норми витрати, відзначаються високою селективністю, швидко розкладаються в ґрунті, малотоксичні для людини, комах і тварин [16].

Реалізація третього напрямку передбачала створення комплексів препаратів із кількох діючих речовин або комбінованих препаративних форм. Такі комплекси із кількох діючих речовин забезпечують підвищення активності й селективності препаратів за одночасного зниження рівня надходження їх в екосистеми [11].

Четвертий напрям розпочав свою реалізацію в середині 90-х років минулого століття і триває донині. Він передбачає поєднане використання гербіцидів у комплексі з біологічними рістрегулюючими речовинами (регуляторами росту рослин, мікробіологічними препаратами із рістстимулювальними властивостями тощо), які вперше з'явилися на ринку України й почали активно впроваджуватись у виробництво. Однак, незважаючи на виняткове значення проблеми сумісного застосування гербіцидів із регуляторами росту рослин, у науковій літературі зустрічаються лише поодинокі роботи, метою яких було з'ясування біологічних механізмів їх дії [14].

Зважаючи на це, питання інтегрованого застосування гербіцидів із біологічними препаратами потребує наразі активного вивчення. Зокрема, необхідно підвищити рівень теоретичних знань про вплив даних сумішей на проходження фізіолого-біохімічних та інших життєво важливих процесів у рослинних організмах, що дасть можливість цілеспрямовано керувати їх життєдіяльністю в агроценозах.

Мета і завдання. Метою роботи було розкриття особливостей дії гербіцидів різних хімічних класів за роздільного та інтегрованого їх застосування із рістрегуляторами на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах ячменю ярого, які лежать в основі формування продуктивності посівів.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження виконували впродовж 1999–2009 рр. у польових та лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету садівництва (УНУС).

У дослідях вивчали гербіциди, які, згідно з

прийнятою класифікацією, відносять до наступних хімічних класів: сульфонілсечовини (інгібітори ALS) – Гранстар 75, в. г. (10–25 г/га); Калібр 75, в. г. (30–70 г/га); Хармоні 75, в. г. (5–20 г/га); феноксикарбоксилів кислоти (синтетичні ауксини) – 2,4-ДА 500, в. р. (1,0 л/га); Дікопур Ф 600, в. р. (0,5–1,5 л/га) та комбіновані препарати – Лінтур 70 WG, в. г. (90–140 г/га). Досліджувані гербіциди вносили в різних нормах окремо і в поєднанні з регуляторами росту рослин Емістим С (5–10 мл/га), Агростимулін (10 мл/га) і мікробіологічним препаратом із рістстимулювальними властивостями Агат-25К (20 г/га). Польові досліди закладали у відповідності із загальноприйнятими вимогами [10] на сортах ячменю ярого Рось, Звершення, Соборний, вегетаційні – з дотриманням вимог вегетаційного методу [8].

У процесі досліджень у рослинах вивчали: інтенсивність проходження реакцій пероксидного окиснення ліпідів [15]; вміст у листках рослин антиоксидантів – глутатіону та аскорбату [4, 18], а також хлорофілів *a* і *b*, суми хлорофілів (*a+b*), каротиноїдів та активність хлорофілази [2]; вміст водорозчинних цукрів [3]; фотосинтетичну продуктивність хлорофілу [5] та фотосинтетичну продуктивність посівів [12]. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методами дисперсійного та кореляційного аналізів [6].

Результати досліджень. У результаті узагальнення проведених лабораторних, вегетаційних і польових досліджень встановлено, що гербіциди різних хімічних класів, внесені окремо та в поєднанні з регуляторами росту рослин, значно впливають на спрямованість проходження обмінних процесів у рослинах ячменю ярого. Зокрема встановлено, що із наростанням норм внесення досліджуваних гербіцидів без регуляторів росту (наприклад, Калібру 75 до 70 г/га) у листках ячменю ярого на третю добу простежується інтенсифікація генерування активних форм кисню, що зумовлюють розвиток у рослин оксидативного стресу, наслідком якого є підвищений рівень пероксидного окиснення ліпідів (рис. 1).

На десяту добу внесення препаратів рівень пероксидного окиснення ліпідів у рослинах ячменю ярого продовжував зростати, що пов'язано з активізацією ростових та обмінних процесів (перехід рослин до фази кушіння), невід'ємним продуктом яких є активні форми кисню. Однак у варіантах досліду, де гербіциди застосовували сумісно з регуляторами росту, рівень пероксидного окиснення ліпідів по відношенню до відповідних варіантів без рістрегуляторів знижувався у середньому на 10–25 %.

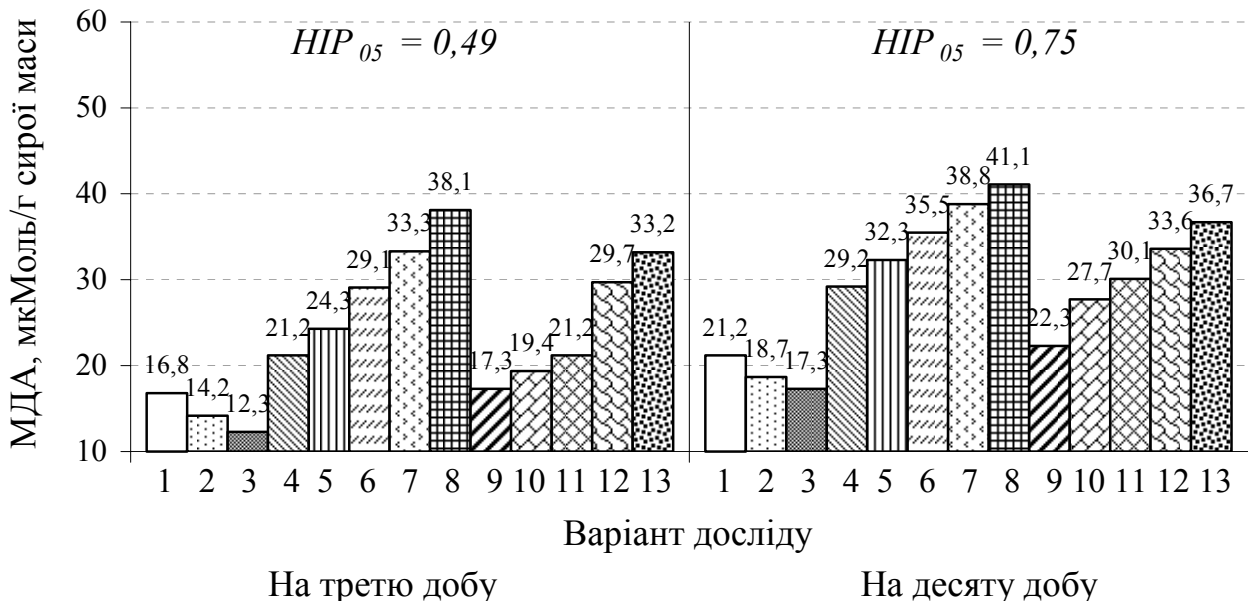


Рис. 1. Вплив різних норм гербіциду Калібр 75, внесених окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, на пероксидне окиснення ліпідів у листках ячменю ярого (вегетаційний дослід, 2007 р.):

1. Обробка водою (контроль); 2. Агат-25К; 3. Агростимулін; 4. Калібр 75 – 30 г/га; 5. Калібр 75 – 40 г/га; 6. Калібр 75 – 50 г/га; 7. Калібр 75 – 60 г/га; 8. Калібр 75 – 70 г/га; 9. Калібр 75 – 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 10. Калібр 75 – 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 11. Калібр 75 – 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 12. Калібр 75 – 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 13. Калібр 75 – 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін.

Відповідною реакцією рослинного організму на окиснювальний стрес є посилений синтез антиоксидантів – глутатіону, аскорбату та ін. Як показали результати досліджень, вміст глутатіону в листках ячменю ярого у варіантах досліду з сумісним застосуванням гербіцидів (Гранстар 75; Гранстар 75 + 2,4-ДА 500; Калібр 75) і рістрегуляторів (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К) збільшувався на 56–114 %, що може бути пов’язано з безпосереднім стимулюючим впливом регуляторів росту рослин на синтез даного антиоксиданту та з меншою його витратою на ліквідацію активних форм кисню у результаті послаблення реакцій пероксидного окиснення ліпідів. Дещо нижчим вміст глутатіону був у варіантах досліду, де гербіциди застосовували без регуляторів росту, що свідчить про більш активну його витрату в реакціях, спрямованих як на детоксикацію ксенобіотика, так і в реакціях ліквідації активних форм кисню.

Щодо вмісту в рослинах ячменю ярого аскорбінової кислоти, то зі збільшенням норм використання досліджуваних гербіцидів її вміст у листках на третю добу після внесення препаратів знижувався. Однак на десятю добу вміст аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого значно

зростав як у варіантах із внесенням гербіцидів без регуляторів росту, так і в варіантах, де гербіциди вносили сумісно з рістрегуляторами, що може вказувати на стабілізацію детоксикаційних процесів у рослинах та підвищення їх антиокиснювальної активності (рис. 2).

Так, на прикладі гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного в нормах 10; 15; 20 і 25 г/га, встановлено, що антиокиснювальна активність ячменю ярого на третю добу в порівнянні з контролем зростала на 10; 15; 13 і 1 % відповідно, однак за сумісного внесення цих же норм препарату з Емістимом С вона збільшувалася на 17; 20; 15 і 6 % відповідно.

На десятю добу внесення препаратів антиокиснювальна активність тканин листка ячменю ярого значно перевищувала контрольні показники у всіх варіантах досліду, але при цьому зберігалася закономірність: із наростанням норм внесення Гранстара 75 показник антиокиснювальної активності знижувався, хоча у порівнянні з контролем залишався високим; разом із тим у варіантах досліду, де Гранстар 75 вносили сумісно з Емістимом С, він перевищував аналогічні варіанти з внесенням гербіциду без рістрегуляторів.

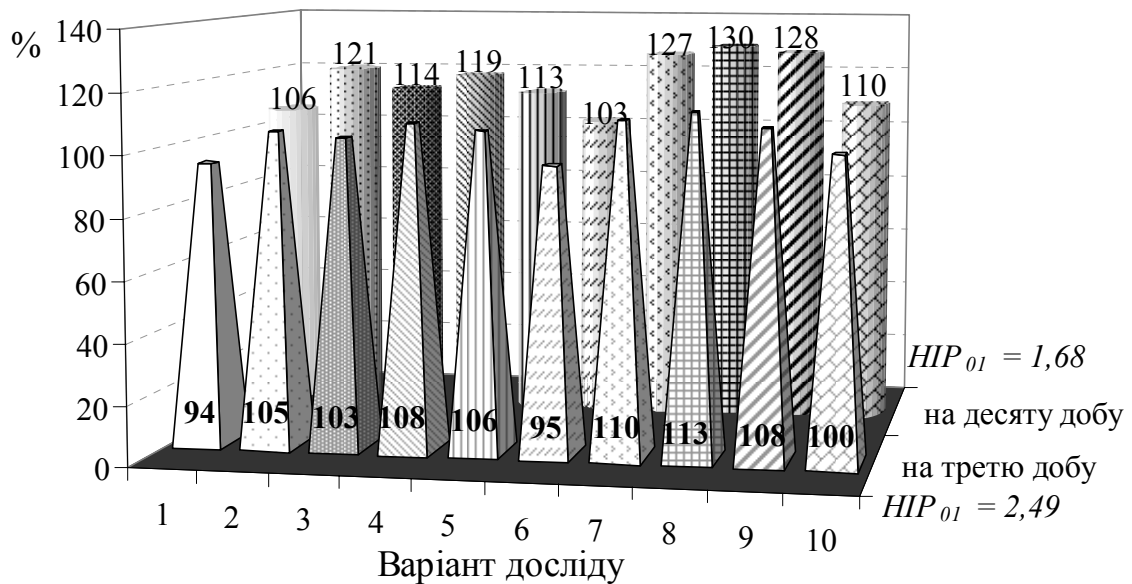


Рис. 2. Антиокиснювальна активність тканин листка ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (вегетаційний дослід, 2006 р.):

1. Обробка водою (контроль); 2. Емістим С; 3. Гранстар 75 – 10 г/га; 4. Гранстар 75 – 15 г/га; 5. Гранстар 75 – 20 г/га; 6. Гранстар 75 – 25 г/га; 7. Гранстар 75 – 10 г/га + Емістим С; 8. Гранстар 75 – 15 г/га + Емістим С; 9. Гранстар 75 – 20 г/га + Емістим С; 10. Гранстар 75 – 25 г/га + Емістим С.

Високий рівень антиокиснювальної активності тканин листка було відмічено також у варіантах із використанням бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 + Емістим С і Калібр 75 + Агат-25К + Агростимулін, які забезпечували зниження рівня пероксидного окиснення ліпідів у рослинах за одночасного зростання вмісту в листках антиоксидантних сполук. Між антиокиснювальною активністю тканин листка та вмістом у рослинах антиоксидантів встановлено пряму й сильну за тіснотою кореляційну залежність: $r = 0,73$.

Під час вивчення впливу досліджуваних композицій на формування пігментного комплексу ячменю ярого встановлено, що оптимальні норми гербіцидів класів сульфонілсечовини (Гранстар 75 – 10–15 г/га, Калібр 75 – 40 г/га, Хармоні 75 – 15 г/га), феноксикарбоксилічних кислот (2,4-ДА 500 – 1,0 л/га, Дікопур Ф 600 – 0,5 л/га), комбінованих препаратів (Лінтур 70WG – 100 г/га), внесені з регуляторами росту рослин (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К), забезпечували формування відносно високого рівня суми хлорофілів *a* і *b* у листках ячменю ярого (в порівнянні з контролем у середньому на 15–62 %) та більшого за розмірами світлозбирального комплексу (СЗК) (на 13–17 %). У той же час підвищені норми застосування гербіцидів, особливо сульфонілсечовин у сумішах із фенокси-

оксикарбоксилічними кислотами (Гранстар 75 – 20–25 г/га + 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га), негативно впливали на формування пігментного комплексу рослин, що може бути обумовлено безпосередньо дією цих препаратів як на процеси синтезу хлорофілу, так і його руйнування (див. табл.). Адже відомо, що гербіциди можуть стимулювати гідролітичну активність ферменту хлорофілази, яка зазвичай перебуває у зв'язаному стані з білками та іншими речовинами мембран у найбільш асоційованій формі з невеликою активністю. Однак у процесі детоксикації гербіцидів у хлоропластах може порушуватися стабільність хлорофіл-білково-ліпоїдного комплексу, що призводить до активізації ферменту. Так, встановлено, що за використання Гранстара 75 20–25 г/га окремо і в сумішах із регулятором росту Емістим С активність хлорофілази в листках ячменю зростала в середньому по відношенню до контролю на 17–42 %.

Залежно від дії досліджуваних препаратів на пігментний комплекс рослин ячменю ярого, відповідні зміни простежувались у проходженні фотосинтетичних процесів, які нерозривно пов'язані з асиміляцією вуглецевих сполук. Встановлено, що нагромадження водорозчинних цукрів у листках ячменю ярого у фазу виходу рослин у трубку зростало за інтегрованого застосування гербіцидів і регуляторів росту, що є

проявом безпосереднього позитивного впливу рістрегуляторів на обмінні процеси в рослинному організмі, які тісно пов'язані з генним та гормональним рівнем регуляції. Так, на прикладі гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га окремо і в поєднанні з Агатом-25К, встановлено, що нагромадження цукрів найбільш активно відбувалось у варіантах з інтегрованим застосуванням препаратів, що у фазу виходу рослин у трубку в 2005 р. перевищувало контроль I на 24; 39; 25 і 7 % відповідно, а в фазу виколювання – на 28; 48; 32 і 17 % (рис. 3). Найбільш інтенсивне нагромадження рослинами ячменю ярого цукрів забезпечувала бакова суміш Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, що підтверджується найвищою активністю проходження фізіолого-біохімічних процесів у даному варіанті досліджу.

Водночас, слід зауважити, що у фазу виколювання ячменю ярого вміст цукрів у листках рослин у всіх варіантах досліджу, де гербіцид вносили окремо і в поєднанні з регулятором росту,

значно перевищував контроль I, але в порівнянні до показників у фазу виходу рослин у трубку був нижчим. Це свідчить про залежність нагромадження цукрів листками ячменю ярого від фази розвитку рослин, максимум за вмістом яких приходить на IV етап органогенезу (вихід у трубку), тобто, на періоди мікро- і макроспорогенезу. Крім того, у фазу виколювання асимільований листками ячменю ярого вуглець активно транспортується в стебло, а звідти – у колос, де й відмічається його максимальна кількість.

Нагромадження рослинами ячменю ярого вуглецевих сполук проходило в тісній кореляційній залежності ($r = 0,79-0,87$) із фотосинтетичною продуктивністю посівів (ФПП), найвищі значення якої формувались за використання в посівах композицій: Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С; Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К та Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К.

Вміст і співвідношення пігментів у листках ячменю ярого за обробки баковими сумішами гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і гербіциду класу феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза трьох листків, шоста доба після застосування препаратів, вегетаційний дослід, 2008 р.), мг/г сирової маси

Варіант досліджу	Х _{Ла}	Х _{Лб}	Х _{Л (a+b)}	Х _{Л a/b}	Сума каротиноїдів	СЗК, %
Обробка водою (контроль)	0,540	0,180	0,720	3,0	0,140	55
Емістим С	0,551	0,196	0,747	2,8	0,158	58
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,596	0,213	0,809	2,8	0,161	58
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,559	0,193	0,752	2,9	0,183	56
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,523	0,154	0,677	3,4	0,134	50
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	0,514	0,143	0,657	3,6	0,128	48
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	0,686	0,264	0,950	2,6	0,193	62
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	0,630	0,210	0,840	3,0	0,190	55
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	0,535	0,160	0,695	3,3	0,136	50
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	0,526	0,145	0,671	3,6	0,130	48
<i>НІР₀₁</i>	<i>0,036</i>	<i>0,013</i>	<i>0,051</i>	–	<i>0,015</i>	–

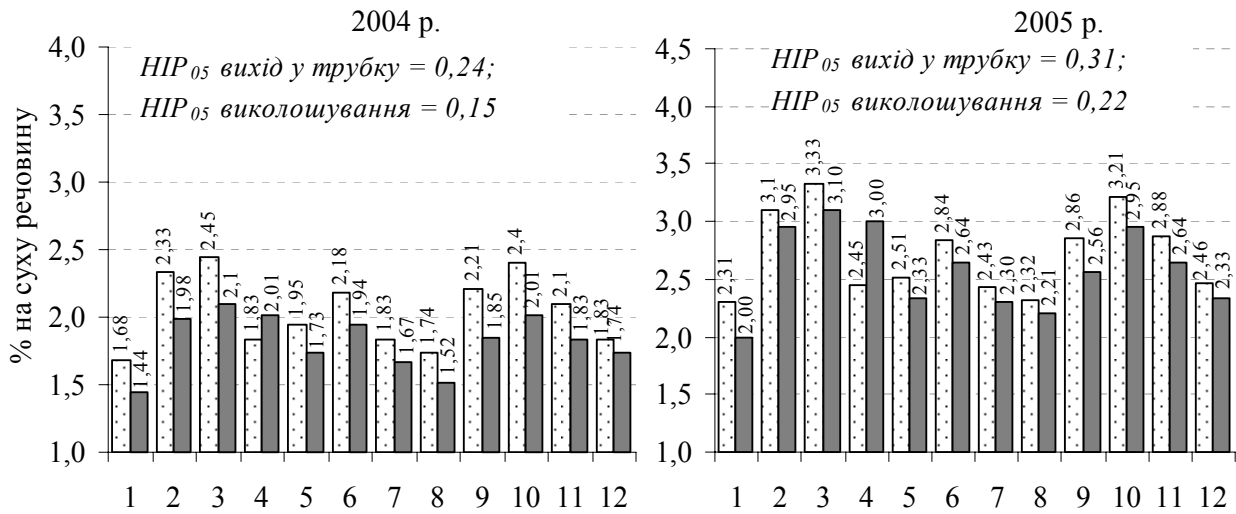


Рис. 3. Вміст суми водорозчинних цукрів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених роздільно і в сумішах із Агатом-25К:

□ – вихід у трубку; ■ – виколошування

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II); 3. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III); 4. Агат-25К; 5. Лінтур 70WG 90 г/га; 6. Лінтур 70WG 100 г/га; 7. Лінтур 70WG 120 г/га; 8. Лінтур 70WG 140 г/га; 9. Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К; 10. Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К; 11. Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К; 12. Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К.

Так, упродовж 1999–2009 рр. вищезазначені суміші забезпечили зростання ФПП у середньому на 40–80 %, фотосинтетичної продуктивності хлорофілу – 30–132 %, що обумовлювалося загальним позитивним впливом даних композицій на проходження у рослинах фізіолого-біохімічних процесів на фоні мінімального конкурентного впливу на культуру бур'янів.

Висновки:

1. Гербіциди класу сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75) і феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600), внесені окремо та в поєднанні з рістрегуляторами (Емістим С, Агат-25К і Агростимулін), визначають спрямованість перебігу реакцій пероксидного окиснення ліпідів у рослинах ячменю ярого, проходження яких значно гальмується за інтегрованого їх застосування із регуляторами росту рослин. Це супроводжується зростанням на третю добу у рослинах вмісту низькомолекулярних антиоксидантів – глутатіону (56–114 %) і аскорбату (7–26 %) та загальним підвищенням антиокиснювальної активності тканин (6–22 %).

2. За підвищених норм застосування гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75) та їх бакових сумішей із гербіцидами класу феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) у лис-

тках ячменю ярого простежується зниження вмісту хлорофілів *a* і *b* та їх суми (2–21 %), що є наслідком гальмування під дією гербіцидів синтезу хлорофілів або ж їх руйнування ферментом хлорофілазою, активність якої при цьому зростає в середньому на 4–42 %.

3. Найвища фотосинтетична активність ячменю ярого простежується за використання в посівах бакових сумішей Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С; Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К та Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К, які забезпечують зростання рівня ФПП близько 80 %.

4. Виконані фізіолого-біохімічні дослідження інтегрованої дії препаратів у посівах ячменю ярого дають підставу стверджувати, що регулятори росту рослин за сумісного їхнього внесення з гербіцидами сприяють активізації роботи антиоксидантних систем захисту рослинного організму, завдяки яким негативний вплив на клітини продуктів метаболізму ксенобіотиків значно знижується, а фотосинтетична й загальна продуктивність рослин при цьому підвищуються.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Борона В. П.* Гербологія: проблеми розвитку // В. П. Борона, В. С. Задорожний // *Захист рослин.* – 2003. – № 11. – С. 21–22.
2. *Гавриленко В. Ф.* Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова; под. ред. И. П. Ермакова. – М. : Академия, 2003. – 256 с.
3. *Грицаєнко З. М.* Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. – К. : ЗАТ «Нічлава», 2003. – 320 с.
4. *Гришко В. Н.* Метод определения восстановленной формы глутатиона в вегетативных органах растений / В. Н. Гришко, Д. В. Сыщиков // *Укр. біохім. журнал.* – 2002. – Т. 74. – № 415. – С. 123–124.
5. *Дорохов Л. М.* Минеральное питание как фактор повышения фотосинтеза и урожая сельскохозяйственных растений / Л. М. Дорохов // *Труды Кишиневского СХИ.* – Кишинев, 1957. – С. 70–100.
6. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Доспехов Б. А. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. *Жеребко В. М.* Гербіциди в інтегрованому захисті / В. М. Жеребко // *Карантин і захист рослин.* – 2007. – № 7. – С. 12–13.
8. *Журбицкий З. И.* Теория и практика вегетационного метода / Журбицкий З. И. – М. : Наука, 1986. – 268 с.
9. *Мережинський Ю. Г.* Сучасні досягнення та перспективи розвитку досліджень по проблемі фізіології дії гербіцидів / Ю. Г. Мережинський, Є. Ю. Мордерер // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть.* – К., 2001. – Т. 1. – С. 345–361.
10. Методики випробування і застосування пестицидів / [Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П. та ін.]. – К. : Світ, 2001. – 448 с.
11. *Мордерер Є. Ю.* Гербіциди. Механізми дії та практика застосування / Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський. – К. : Логос, 2009. – 379 с.
12. *Ничипорович А. А.* Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М. : Наука, 1963. – С. 5–36.
13. *Пономаренко С. П.* Новые индукторы устойчивости растений с регуляторными и биозащитными свойствами / С. П. Пономаренко, Г. С. Боровикова, Ю. Я. Боровиков // *Материалы V Межд. науч. конф. [«Регуляция роста, развития и продуктивности растений»]*, (Минск, 28–30 ноября 2007) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2007. – С. 161.
14. *Райов А. А.* Формирование урожая и качество зерна пивоваренного ячменя при применении стимуляторов роста и средств защиты растений в Оренбургском Предуралье: автореферат дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.09 «Растениеводство» / А. А. Райов. – Оренбург, 2004. – 18 с.
15. *Рогожин В. В.* Практикум по биологической химии / В. В. Рогожин. – СПб. : Лань, 2006. – С. 132–134.
16. Сульфонилмочевини в Росії // *Защита и карантин растений.* – 2004. – № 2. – С. 42.
17. *Терек О. І.* Ріст рослин / О. І. Терек. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 248 с.
18. *Чупахина Г. Н.* Физиологические и биохимические методы анализа растений / Чупахина Г. Н. – Калининград, 2000. – С. 7–9.