

**ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ, АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ТА
МІКРОБІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЇ
ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ
ГЕРБІЦИДІВ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ І РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ
ПРЕПАРАТІВ**

З. М. ГРИЦАЄНКО, доктор с.-г. наук, професор

В. П. КАРПЕНКО, кандидат с.-г. наук, доцент

Уманський національний університет садівництва

В статті наведено узагальнені результати багаторічних досліджень з вивчення дії гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилічних кислот і комбінованих препаратів, внесених роздільно і в комплексі із рістрегуляторами, на проходження фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних процесів в рослинах та мікробіологічних процесів у ґрунті, що лежать в основі формування високої продуктивності посівів і якості врожаю ячменю ярого.

В сучасних економічних умовах одним із найважливіших напрямків розвитку сільського господарства є нарощування виробництва зерна і підвищення ефективності всього зернового комплексу країни.

Україна була і залишається одним із головних постачальників зерна на Європейський ринок. Природно-кліматичні умови, історичний тисячолітній досвід, хліборобська майстерність українських селян забезпечили їй одне з провідних місць серед найбільш надійних європейських житниць з виробництва високоякісного зерна різного призначення. Вжиті заходи з інтенсифікації зернового господарства в 1986–1990 рр. забезпечили найвищий за всю історію середньорічний збір зерна в заліковій вазі 49348 тис. т., або майже по 1000 кг на душу населення, що свідчило про досягнуту стабільність його виробництва. Однак, у період реформування аграрного сектору України зерновий комплекс, поряд з іншими галузями сільського господарства, зазнав суттєвих перетворень. Як наслідок – обсяги виробництва зерна в 1991–1995 рр. становили в середньому лише 38,5 млн. т., у 1996 р., через складні погодні умови – 28 млн. т. У подальшому виробництво зерна зменшувалось і за 2000–2005 рр. було одержано в середньому тільки 33,8 млн. т., у 2006 та 2007 рр. – відповідно 24,3 і 29,3 млн. т. [1–3].

Зважаючи на таку негативну тенденцію, що склалася з виробництвом зерна, уряд держави розробляє програми, направлені на стабілізацію розвитку рослинництва, серед яких одним із пріоритетних напрямків в найближчі роки є збільшення обсягів виробництва високоякісного зерна [4].

Серед зернових культур важливе місце як у світі, так і в Україні, відводиться вирощуванню ячменю ярого. У світовому рослинництві посівні площі під цією культурою складають близько 72 млн. га. Валовий збір

досягає 158 млн. т., а середня врожайність – 22 ц/га. Частка України в світовому виробництві ячменю складає 8%, проте за врожайністю (2,5 т/га) Україна значно поступається країнам Західної Європи, де цей показник наближається або перевищує 6 т/га.

Науковцями доведено, що на величину врожаю ячменю ярого та його якісні показники значний вплив мають ґрунтово-кліматичні умови, вирощувані сорти, норма висіву та рівень мінерального живлення, а також система захисту культури від хвороб, шкідників і бур'янів [5]. З усіх перерахованих факторів, саме операції догляду, зокрема, хімічного захисту рослин, є найважливішими в усьому технологічному процесі. Так, якщо завчасно не застосовувати відповідних засобів боротьби з шкідливими організмами можна втратити 30 – 50% врожаю [6, 7].

Потенційні втрати врожаю від шкідників, хвороб і бур'янів за останні 10 років (1991 – 2000 рр.) в середньому щорічно складають 100 млн. т рослинницької продукції в перерахунку на зерно (1986 – 1990 рр. – 76 млн. т.), або 25 – 30% від валової продукції рослинництва [7, 8].

Найбільш відчутної шкоди посівам ячменю ярого завдають бур'яни. Зниження врожаю ячменю ярого від бур'янів може складати 16,8 до 81,2%, а недобір зерна – 7,2–43,0 ц/га [9–10].

Зважаючи на високу шкодочинність бур'янів можна констатувати, що невпинна боротьба з ними в технологіях вирощування сільськогосподарських культур є невід'ємною складовою формування високої продуктивності посівів та економічною необхідністю [11]. Однак, через нерегульованість ринкових відносин на етапі реформування АПК України (1992–2002 рр.), забезпечення вітчизняного землеробства ресурсами значно погіршилось, внаслідок чого порушилися строки та якість виконання польових робіт, істотно зросла потенційна засміченість ґрунту насінням бур'янів, а посівів зернових культур (пшениці, ячменю, кукурудзи) – найбільш пристосованими до біологічних циклів розвитку культури видами бур'янів.

Проблема забур'яненості посівів сільськогосподарських культур в більшості випадків може бути вирішена шляхом розробки та впровадження науково-обґрунтованих сівозмін, розробки раціональних системи обробітку ґрунту та створення нових високоефективних ґрунтообробних знарядь. Однак, за допомогою традиційних підходів розв'язати проблему захисту посівів від бур'янів вдається не завжди. Тому, як свідчить світова практика і розробки вітчизняних вчених, першочергову ставку в боротьбі з бур'янами необхідно робити на удосконалення хімічного методу [12, 13].

Застосування гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур дає можливість знищити бур'яни своєчасно, за відносно короткий проміжок часу. Особливо актуальним є їх застосування в посівах культур, що вирощуються вузькорядним способом, і де за допомогою агротехнічних заходів знищити бур'яни не вдається. Це дає можливість значно підвищити урожайність сільськогосподарських культур та зменшити матеріально-грошові витрати.

Останнім часом для зменшення екологічної небезпечності гербіцидів ведеться поліпшення їх асортименту, вдосконалюються технології використання, розробляються і вводяться в склад препаратів антидоти (сполуки, що знешкоджують гербіциди, які потрапили на культурні рослини, і не діють на їх гербіцидні властивості по відношенню до бур'янів), ведеться селекція рослин на стійкість до гербіцидів [14]. Але, як зазначають Н. Кудск і Д. Стрейбіг [15], без гербіцидів сучасному сільськогосподарському виробництву не обійтися, водночас, потрібна термінова оптимізація їх застосування не лише для зниження можливого негативного побічного ефекту, а й для того, щоб продовжити їх використання, як найбільш ефективного засобу контролю бур'янів.

Одним із таких шляхів оптимізації використання гербіцидів може бути розробка технологій сумісного їх застосування із рістрегуляторами та мікробіологічними препаратами із рістрегулюючими властивостями.

Вперше регулятори росту рослин були виявлені в точках росту рослин на початку XX століття українським академіком М. Холодним. Перші синтетичні їх аналоги, були синтезовані за подібністю ростових речовин у рослинах, а тому вони виявились дуже дорогими та малоефективними. Посправжньому високоефективні рістрегулюючі препарати вдалося створити на основі найновітніших досягнень науки лише через 50 років [16]. Певною мірою це завдання вдалось реалізувати за рахунок створення та використання синтетичних і природних регуляторів росту. Найбільших масштабів і економічних результатів досягли роботи з ретардантами та синтетичними сполуками з цитокініновою активністю. Проте синтетичне походження цих регуляторів росту викликає певну обережність щодо їх широкого використання у сільському господарстві. Тому увагу науковців все більше привертає питання створення рістрегуляторів на основі продуктів природного походження, діючими інгредієнтами яких є фітогормони, вітаміни, амінокислоти, гумінові кислоти та інші фізіологічно активні сполуки [17].

Як доведено дослідженнями, сучасні регулятори росту рослин є індукторами стійкості рослин з регуляторними і біозахисними властивостями. По відношенню до культурних рослин вони проявляють антистресову, імуностимулюючу та антимутагенну дії [18]. Тому, є всі підстави вважати за доцільне поєднання в одному технологічному процесі використання рістрегулюючих препаратів і гербіцидів [19]. Дослідження в цьому напрямку розпочато вченими багатьох наукових установ. Однак, в більшості випадків такі дослідження мають фрагментарний характер.

У зв'язку з цим, проблема комплексного застосування гербіцидів із біологічними препаратами потребує всебічного вивчення. Зокрема, необхідно підвищити рівень теоретичних знань про вплив даних сумішей на рослинний організм, глибше дослідити природу і механізм їх дії на фізіолого-біохімічні, морфологічні й анатомічні зміни в культурних рослинах і бур'янах та мікробіологічні – в ґрунті. Значну увагу слід зосередити на питаннях локалізації та регуляції метаболічних процесів у рослинах за використання

препаратів, дослідженні шляхів сприйняття рослиною екзогенних та ендогенних сигналів і їх трансформації у відповідні фізіологічні реакції, які лежать в основі життєдіяльності рослин, формуванні високої продуктивності посівів і якості врожаю.

Методика досліджень. Зважаючи на велике значення проблеми комплексного застосування рістрегуляторів і гербіцидів, впродовж 1999 – 2009рр. у польових та лабораторних умовах кафедри біології Уманського НУС виконувалися дослідження, метою яких було розкриття основних біологічних механізмів дії сумісного застосування гербіцидів різних хімічних класів і рістрегулюючих препаратів на формування продуктивності посівів і якості врожаю ячменю ярого.

У дослідах вивчали гербіциди, які згідно сучасної класифікації відносять до наступних хімічних класів: сульфонілсечовини (інгібітори ALS) – Гранстар 75, в.г. (10–25г/га); Калібр 75, в.г. (30–70г/га); Хармоні 75, в.г. (5–20г/га); феноксикарбоксилові кислоти (синтетичні ауксини) – 2,4-ДА 500, в.р. (1,0 л/га); Дікопур Ф 600, в.р. (0,5–1,5л/га); комбіновані препарати – Лінтур 70 WG, в.г. (90–100г/га). Досліджувані гербіциди вносили в різних нормах окремо і в поєднанні із рістрегулюючими препаратами Емістимом С (5–10мл/га), Агрозимуліном (10мл/га) і Агатом-25К(20мл/га). Польові досліди закладали у відповідності із загальноприйнятими вимогами [20] на сортах ячменю ярого Рось, Звершення, Соборний.

У процесі досліджень вивчали:

- фізіолого-біохімічні зміни в рослинах: інтенсивність проходження реакцій пероксидного окиснення ліпідів [21]; активність ферментів супероксиддисмутази і глутатіон-S-трансферази [22, 23]; вміст у рослинах антиоксидантів – глутатіону і аскорбату [24, 25]; активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази, пероксидази, поліфенолоксидази, аскорбатоксидази [26]; фотохімічну активність хлоропластів [27]; вміст у листках хлорофілів а і b, суми хлорофілів (a+b), каротиноїдів [27, 28]; фотосинтетичну продуктивність хлорофілу [29] та фотосинтетичну продуктивність посівів [30];

- анатомо-морфологічні зміни: анатомічну будову епідермісу листового апарату та анатомо-морфологічну будову стебла [28]; мезоструктурну організацію листових пластинок [31];

- мікробіологічні зміни в ґрунті та філосфері рослин: загальна чисельність бактерій, мікроміцетів та чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів [32]; активність основних ґрунтових ферментів [28]; ураження рослин фітопатогенною біотою [20];

- фітоценотичні зміни в агроценозі: загальна та видова чисельність бур'янів [20], формування продуктивності посівів і якості врожаю [33];

- економічну й енергетичну ефективність використання препаратів [34, 35].

Результати досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів, внесені як

окремо так і в поєднанні з рістрегулюючими речовинами, в значній мірі впливають на направленість проходження обмінних процесів у рослинах ячменю ярого, які визначаються метаболічними перетвореннями ксенобіотика та активністю проходження детоксикаційних процесів у рослинах. Так, на прикладі гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75, внесеного у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га в поєднанні з 2,4-ДА 500 в нормі 1,0 л/га, встановлено, що вміст продукту пероксидного окиснення ліпідів малонового діальдегіду в листках ячменю ярого на третій день складав 25,5; 31,2; 38,3; 44,2 мкМоль/г сирової маси при 19,2 мкМоль/г сирової маси в контролі (НІР₀₁ 1,01), тобто, із збільшенням норми внесення Гранстару 75 у суміші з 2,4-ДА 500 вміст малонового діальдегіду в листках ячменю ярого значно збільшувався. Така ж тенденція була характерною і для десятого дня після обробки рослин препаратами. Водночас, за використання цих же сумішей препаратів сумісно з Емістимом С рівень пероксидного окиснення ліпідів у рослинах ячменю ярого знижувався, однак, найбільш суттєвим це зниження було у варіантах Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га + Емістим С. Зниження рівня пероксидного окиснення ліпідів у варіантах Гранстар 75 у нормах 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га + Емістим С, по відношенню до відповідних варіантів без Емістиму С, було менш вираженим. Ці дані можуть вказувати на те, що при застосуванні підвищених норм ксенобіотика, захисна дія рістрегуляторів на рослини нівелюється.

Для з'ясування причин зниження рівня пероксидного окиснення ліпідів за сумісного використання гербіцидів із рістрегулюючими препаратами нами було проведено визначення активності ферментів глутатіон-S-трансферази і супероксиддисмутази. Відомо, що глутатіон-S-трансферази каталізують один із шляхів біодеградації токсикантів у рослинах, а супероксиддисмутаза – реакцію дисмутації супероксиданіона з утворенням менш реакційного пероксиду водню. Як показали результати досліджень (табл. 1), у всіх варіантах досліді із використанням Гранстару 75 і Емістиму С активність глутатіон-S-трансферази і супероксиддисмутази як на третій, так і на десятий день визначення значно перевищувала контрольні показники (обробка водою). Однак, при цьому були відмічені такі особливості: активність глутатіон-S-трансферази у варіантах Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га на десятий день перевищувала відповідні показники у цих же варіантах на третій день визначення, тоді як активність глутатіон-S-трансферази у варіантах Гранстар 75 10–25 г/га сумісно з рістрегулятором на десятий день дещо знижувалась проти показників на третій день визначення; активність же супероксиддисмутази як на третій, так і на десятий день у всіх варіантах досліді була високою.

Підвищена активність у рослинах ячменю ярого глутатіон-S-трансферази і супероксиддисмутази може свідчити про інтенсифікацію реакцій детоксикації та дисмутації, особливо у випадку сумісного застосування гербіциду й рістрегулятора, що, в свою чергу, забезпечує більш активне знешкодження токсиканта і активних форм кисню

(супероксиданіона) та в цілому знижує рівень пероксидного окиснення ліпідів у рослинах. Очевидно, що відчутне зниження рівня пероксидного окиснення ліпідів у варіантах дослід з комплексним застосуванням гербіциду й рістрегулятора та більш швидкі темпи детоксикації токсиканта обумовлюють в подальшому стабілізацію та незначне зниження активності глутатіон-S-трансферази.

1. Активність глутатіон-S-трансферази і супероксиддисмутази у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених роздільно і в комплексі з рістрегулятором Емістим С (вегетаційний дослід, 2006 р.)

Варіант дослід	Глутатіон-S-трансфераза, мкМоль/г сирі маси за 1 хв.		Супероксиддисмутаза, ум.од./г сирі маси	
	на третій день	на десятий день	на третій день	на десятий день
Обробка водою (контроль)	4,60	5,13	1,13	1,93
Емістим С	5,04	5,77	1,86	2,35
Гранстар 75 10 г/га	4,91	5,43	1,42	2,14
Гранстар 75 15 г/га	5,16	5,81	1,83	2,78
Гранстар 75 20 г/га	5,43	6,13	2,13	3,01
Гранстар 75 25 г/га	4,88	5,97	2,56	3,12
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	5,33	5,31	1,87	2,68
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	5,78	5,62	2,34	3,12
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	6,41	6,0	2,68	3,43
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	5,92	5,17	3,01	3,78
НІР ₀₁	0,12	0,19	0,25	0,23

З даних літератури [36] відомо, що відповідною реакцією рослинного організму на окиснювальний стрес є посилений синтез глутатіону, аскорбінової кислоти та інших антиоксидантів. Зокрема, глутатіон приймає безпосередню участь в реакціях кон'югації з органічними ксенобіотиками, що каталізуються глутатіон-S-трансферазою. Тому, вміст глутатіону в рослинах може свідчити про спрямованість детоксикаційних процесів. Як показали результати експериментів, вміст глутатіону у листках ячменю ярого в варіантах дослід з сумісним застосуванням гербіцидів і біологічно активних препаратів значно зростає, що може бути пов'язано зі стимулюючим впливом рістрегуляторів на синтез даного антиоксиданту та з меншою його витратою на ліквідацію активних форм кисню у результаті послаблення в рослинах реакцій пероксидного окиснення ліпідів. Дещо меншим вміст глутатіону був у варіантах дослід, де гербіцид застосовували

без рістрегулятора, що, очевидно, може свідчити про більш активну витрату антиоксиданту в реакціях, направлених як на детоксикацію ксенобіотика, так і в реакціях ліквідації активних форм кисню, які зумовлюють підвищений рівень пероксидного окиснення ліпідів у рослинах в цих варіантах досліду.

Неоднаковою була дія досліджуваних препаратів на вміст у рослинах ячменю ярого аскорбінової кислоти. Так, при визначенні вмісту аскорбінової кислоти за дії гербіциду Гранстар 75 встановлено, що із збільшенням норм використання препарату від 10 г/га до 25 г/га її кількість в листках ячменю знижувалась і складала відповідно 130,2; 119,3; 114,1 і 108,8 мкг/г сирової маси при 122,4 мкг/г сирової маси в контролі. У варіантах досліду, де Гранстар 75 вносили в тих же нормах, але сумісно з Емістимом С вміст аскорбінової кислоти був вищим, однак, із наростанням норм препарату також знижувався і складав відповідно 141,2; 130,8; 128,8 і 115,3 мкг/г сирової маси при НІР₀₁ 2,75. Ймовірно, це є наслідком інтенсивного використання антиоксиданту в реакціях знешкодження вільних радикалів, на що вказують й інші науковці [37].

Підвищення загального антиоксидантного статусу рослин забезпечує зростання активності в них основних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази та аскорбатоксидази). Підвищення активності ферментів класу оксидоредуктаз є наслідком зростання рівня детоксикаційних процесів, пов'язаних з метаболізмом продуктів розпаду гербіцидів у рослинах ячменю ярого та свідчить про безпосередню участь цих ферментів у процесах адаптації рослин до гербіцидного стресу. Так, за дії гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20; 25 г/га активність каталази на початку виходу рослин у трубку відповідно на 18,9; 23,3; 25,1 і 17,9 мкМоль розкладеного H_2O_2 перевищувала контроль І, а активність пероксидази перевищувала контроль І відповідно на 15,2; 17,0; 18,9 і 5,2 мкМоль окисленого гваяколу (табл.2).

За використання Гранстару 75 у тих же нормах, але сумісно з Емістимом С активність каталази перевищувала контроль І відповідно до норм препарату на 28,1; 39,2; 41,1 і 26,2 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – на 20,8; 25,5; 23,0 і 9,8 мкМоль окисленого гваяколу, що було значно вищим за відповідні показники у варіантах досліду, де гербіцид Гранстар 75 застосовували без рістрегулятора.

З одержаних даних видно, що поєднання застосування гербіциду з регулятором росту зумовлює суттєве підвищення активності каталази і пероксидази, що може свідчити про зростання рівня детоксикаційних процесів у рослинному організмі, направлених на ліквідацію шкідливих для рослини продуктів метаболізму, індукованих впливом гербіциду (зокрема H_2O_2). Адже, як було встановлено результатами лабораторних досліджень, за сумісної дії Гранстару 75 із Емістимом С значно зростає активність супероксиддисмутази, результатом діяльності якої є активне продукування H_2O_2 . Тому, підвищення активності каталази і пероксидази є свідченням безпосередньої участі цих ферментів у ліквідації отруйного для організму рослин пероксиду водню.

**2. Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого
за дії різних норм гербіциду Гранстар 75 і його сумішей із Емістимом С
(початок виходу рослин у трубку, 2000 р.)**

Варіант досліду	Каталаза, мкМоль розкладеного H ₂ O ₂ /г сирії маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисленого гваяколу/г сирії маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисленої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисленої аскорбінової кислоти/г сирії маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	52,2	70,3	10,2	14,1
Ручне прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	61,3	75,5	12,8	15,0
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	73,3	80,4	13,0	15,3
Емістим С	70,2	78,8	11,7	16,0
Гранстар 75 10 г/га	71,1	85,5	13,0	16,5
Гранстар 75 15 г/га	75,5	87,3	13,8	17,8
Гранстар 75 20 г/га	77,3	89,2	14,0	19,5
Гранстар 75 25 г/га	70,1	75,5	13,7	18,9
Гранстар 10 г/га + Емістим С	80,3	91,1	14,0	17,2
Гранстар 15 г/га + Емістим С	91,4	95,8	14,7	19,0
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	93,3	93,3	15,3	21,3
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	78,4	80,1	15,0	21,0
НІР ₀₅	2,7	2,6	0,4	0,8

Важливу роль в житті рослин відіграє фермент аскорбатоксидаза, який приймає активну участь в диханні хлоропластів [38]. Крім того, аскорбатоксидаза каталізує окислення аскорбінової кислоти і синтезується у відповідь на високий її вміст. Ріст і розвиток рослин неможливий без активної аскорбатоксидази і високого вмісту відновленої аскорбінової кислоти [39]. В наших дослідженнях аскорбатоксидаза мала високу активність, яка в порівнянні до контролю I у варіантах Гранстар 75 10–25 г/га підвищувалась в середньому відповідно у 1,3–1,4 рази, а в варіантах Гранстар 75 10–25 г/га сумісно з Емістимом С – у 1,4–1,5 рази. Очевидно, це

є наслідком адаптації рослин до дії досліджуваних препаратів, в основі якої лежить синтез і перетворення аскорбату [40].

Висока активність була характерною і для ферменту поліфенолоксидази. Так, відповідно до норм гербіциду Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га активність поліфенолоксидази в порівнянні з контролем I зростала в 1,2; 1,3; 1,4 і 1,3 рази, а при тих же нормах внесення препарату, але сумісно з Емістимом С – у 1,2; 1,4; 1,5 і 1,5 рази. Підвищена активність поліфенолоксидази може вказувати на зростання процесів розкладання фенольних сполук, які утворюються в рослинах під впливом сульфонілсечовинних препаратів [41].

Гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот та комбінованих препаратів зумовлюють значні зміни у фотосинтетичній системі рослин. Так, на прикладі гербіциду Гранстар 75 встановлений опосередкований вплив сульфонілсечовинних препаратів на транспорт електронів в електрон-транспортному ланцюзі хлоропластів ячменю ярого, який виражається схемою: гербіцид → генерування активних форм кисню → нейтралізація активних форм кисню → фотоокислення води → зміна активності хлоропластів. Бакові суміші гербіцидів класу сульфонілсечовин (Гранстар 75) і феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА) обумовлюють більш виражене зниження активності транспорту електронів в електрон-транспортному ланцюзі хлоропластів ячменю ярого, що може бути наслідком акумуляції 2,4-ДА в хлоропластах. За внесення гербіцидів класу сульфонілсечовин та феноксикарбоксилових кислот у сумішах із рістрегуляторами активність транспорту електронів в електрон-транспортному ланцюзі хлоропластів ячменю ярого зростає, що може свідчити про послаблення негативної дії ксенобіотиків на перебіг метаболічних процесів у хлоропластах, внаслідок яких знижується рівень активних форм кисню та гальмується проходження реакцій пероксидного окиснення ліпідів.

Оптимальні норми гербіцидів різних хімічних класів, внесені в комплексі з регуляторами росту рослин, обумовлюють формування відносно високого рівня хлорофілів *a* і *b* у рослинах ячменю ярого та більшого за розмірами світловбирного комплексу. Із наростанням норм внесення гербіцидів, особливо, за використання їх без регуляторів росту рослин, вміст хлорофілу в листках ячменю ярого знижується, що може бути результатом безпосереднього негативного впливу препаратів на процеси його синтезу в рослинах, або ж наслідком активування гідролітичної функції ферменту хлорофілази.

Найвищу фотосинтетичну активність посіви ячменю ярого проявляють за дії сульфонілсечовинних (Гранстар 75, Хармоні 75, Калібр 75) та комбінованих препаратів (Лінтур 70WG), внесених у сумішах з біологічно активними речовинами (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К), що обумовлюється позитивним впливом оптимальних норм цих препаратів на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, внаслідок яких зростає фотосинтетична продуктивність хлорофілу і фотосинтетична продуктивність посівів. Водночас, за використання сульфонілсечовин

(Гранстар 75) у бакових сумішах із феноксикарбоксилowymi кислотами (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) фотосинтетична активність посівів із наростанням у сумішах норм внесення гербіцидів знижується, що може бути наслідком порушення високими концентраціями ксенобіотика фізіолого-біохімічної рівноваги, на відновлення якої потрібен більш тривалий період часу. Так, за використання сульфонілсечовинного препарату Калібр 75 встановлено, що формування фотосинтетичних показників активності посівів відбувалось залежно від норм застосування гербіциду Калібр 75, поєднання його використання із біологічними препаратами, фази розвитку рослин та погодних умов. Зокрема, за обробки ячменю ярого гербіцидом Калібр 75 найвищі показники фотосинтетичної продуктивності хлорофілу були відмічені у варіантах, де препарат у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га вносили у бакових сумішах із Агатом–25 К і Агростимуліном, де перевищення по відношенню до відповідних варіантів з тими ж нормами застосування гербіциду, але без біологічних препаратів складало відповідно 3,5; 7,1; 1,5; 1,2; 1,1 мг сухої речовини/мг хлорофілу за добу (табл.3).

Одержані дані узгоджуються з показниками найвищої фізіолого-біохімічної активності рослин в цих варіантах дослідів. Зокрема, саме за обробки рослин ячменю ярого Калібром 75 у бакових сумішах із Агатом–25К і Агростимуліном нами була відмічена найвища активізація нагромадження хлорофілу та суми цукрів, що в цілому позитивно вплинуло на формування такого важливого показника як вміст сухої речовини в рослинах. Ці дані також свідчать про те, що за дії екзогенних фітогормонів у рослинах підвищується інтенсивність фотосинтезу і асиміляція CO_2 , оскільки саме за їх безпосередньої участі відбувається активація основних фотосинтетичних ферментів (рибулози-1,5-біфосфаткарбоксилази) та індукується синтез білків і хлорофілу в хлоропластах.

Аналізуючи дані фотосинтетичної продуктивності посівів ячменю ярого можна констатувати, що в усі досліджувані роки найвищі показники фотосинтетичної продуктивності посівів формувались у варіантах, де Калібр 75 вносили сумісно з біологічними препаратами. Так, якщо у 2007р. за внесення Калібру 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70г/га фотосинтетична продуктивність посівів складала відповідно 2,1; 2,8; 3,1; 2,3 і 2,0 г/м² за добу, то за внесення цих же норм препарату в сумішах із Агатом–25 К і Агростимуліном – 3,3; 4,2; 4,0; 3,1 і 2,5 г/м² за добу при 1,8 г/м² за добу в контролі І. Така ж залежність була характерною і для 2008 і 2009рр. досліджень.

В середньому за три роки досліджень найвища фотосинтетична продуктивність посівів формувалась у варіанті Калібр 75 40 г/га + Агат–25К + Агростимулін, що складало 5,0 г/м² за добу при 3,2 г/м² за добу в контролі І.

Проведені дослідження з вивчення анатомо-морфологічної будови ячменю ярого показали, що за оптимальної дії на рослини гербіцидів класу сульфонілсечовин, феноксикарбоксилowych кислот і комбінованих препаратів у сумішах із рістрегулюючими речовинами простежується зростання об'єму

клітин в одиниці поверхні листка, збільшується в них число хлоропластів, що забезпечує формування мезоморфного типу листового апарату з коефіцієнтом морфоструктури ячменю ярого $K_m = 0,7-0,9$. За використання підвищених норм гербіцидів, особливо без регуляторів росту рослин, формується листовий апарат ксероморфного типу (зростає кількість клітин в одиниці поверхні листка, але при цьому зменшується їх об'єм та число в них хлоропластів) з $K_m=1$ і вище.

3. Фотосинтетична активність посівів ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовин Калібр 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом – 25 К і Агростимуліном (вихід у трубку – виколошування).

Варіант досліджу	Фотосинтетична продуктивність хлорофілу, мг сухої речовини/мг хлорофілу за добу*	Фотосинтетична продуктивність посівів, г/м ² за добу			
		2007 р.	2008 р.	2009 р.	Середнє
Без застосування препаратів (контроль I)	23,3	1,8	4,3	3,4	3,2
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	30,1	4,3	6,1	5,0	5,1
Агат – 25 К	28,2	2,3	4,7	3,8	3,6
Агростимулін	29,1	2,4	4,5	3,7	3,5
Калібр 75 30 г/га	27,7	2,1	4,4	3,4	3,3
Калібр 75 40 г/га	31,1	2,8	5,0	4,2	4,0
Калібр 75 50 г/га	34,8	3,1	5,6	4,4	4,4
Калібр 75 60 г/га	33,3	2,3	4,8	3,6	3,6
Калібр 75 70 г/га	28,1	2,0	4,5	3,3	3,3
Калібр 75 30 г/га + Агат – 25 К + Агростимулін	31,2	3,3	4,8	4,0	4,0
Калібр 75 40 г/га + Агат – 25 К + Агростимулін	38,2	4,2	5,8	4,9	5,0
Калібр 75 50 г/га + Агат – 25 К + Агростимулін	36,3	4,0	5,7	4,6	4,8
Калібр 75 60 г/га + Агат – 25 К + Агростимулін	34,5	3,1	5,0	4,1	4,1
Калібр 75 70 г/га + Агат – 25 К + Агростимулін	29,2	2,5	4,8	3,5	3,6
<i>НІР₀₅</i>		0,31	0,47	0,25	

*Примітка. * – середнє за роки досліджень*

Залежно від потужності зформованого листового апарату у рослин

ячменю ярого простежувалась різна активність проходження ростових процесів. Так, за використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовин Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 розміри довжини міжвузль і стебла змінювались залежно від норм використання у бакових сумішах гербіциду Гранстар 75 та поєднання внесення цих сумішей із Емістимом С (табл. 4).

Зокрема, за використання у 2002 р. Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га з 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га приріст довжини стебла до контролю I складав відповідно 2,0; 4,4; 2,1 і 0,3 см, водночас, внесення тих же сумішей сумісно з Емістимом С забезпечувало приріст довжини стебла – 8,3; 6,2; 3,1 і 0,9 см відповідно. З одержаних даних видно, що найменший приріст висоти стебла формувався у варіанті Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500, що, очевидно, пов'язано з високою нормою ксенобіотика, яка пригнічувала обмінні процеси в рослинах.

Найбільш оптимальний вплив на формування міжвузль ячменю ярого простежувався за використання бакової суміші Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, де перевищення до контролю I складало відповідно для 1-го міжвузля – 0,5; 2-го – 0,4; 3-го – 1,4; 4-го – 3,0 і 5-го – 3,0 см. Ці дані демонструють більш активну дію препаратів на ріст рослин на рівні останніх міжвузль. Однак, слід зауважити, що за дії у бакових сумішах двох хімічних речовин гербіцидів у менш сприятливому за погодними умовами 2002 р., рослини формували менші прирости довжини міжвузль. Так, якщо у 2002 р. середня довжина стебла ячменю в досліді складала 38,1 см, то в більш сприятливому 2003 р. – 47,7 см.

Досліджувані суміші Гранстару 75 з 2,4-ДА 500 накладали істотний відбиток на формування анатомічної структури стебла ячменю ярого. Так, якщо у 2002 р. кількість судинно-волокнистих пучків на поперечному зрізі стебла у контролі I складала 23, у контролі II – 26, у контролі III – 31 шт., то в варіантах досліді Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га – 25; 28; 26 і 24 шт. відповідно, а в тих же варіантах досліді, але з сумісним внесенням гербіцидів із Емістимом С – 30; 29; 27 і 25 шт. відповідно. Найбільша середня площа одного пучка була зафіксована у варіантах Гранстар 75 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що перевищувало контроль I відповідно на 39,1 і 36,2%. Збільшення числа судинно-волокнистих пучків та їх розмірів у цих варіантах досліді може свідчити про найбільший оптимальний вплив даних сумішей на фізіолого-біохімічний стан рослин [42].

Гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів зумовлюють значні зміни в розвитку ґрунтової і філосферної мікробіоти. У початковий період дії гербіцидів загальна чисельність бактерій і мікроміцетів ризосфери ячменю ярого знижується, особливо це простежується за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовин (Гранстар 75) і феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) на бактерії, що засвоюють азот і вуглець органічних сполук та азот мінеральних сполук (табл.5).

4. Анатомо-морфологічна структура стебла ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовин Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза колосіння, 2002 р.)

Варіант досліджу	Довжина, см						Число судинно-волокнистих пучків, шт.	Середня площа одного пучка, 10^{-3} мм^2
	стебла	міжвузль						
		1-го	2-го	3-го	4-го	5-го		
Без застосування препаратів (контроль I)	38,1	2,0	4,8	7,5	10,6	13,2	23	4,73
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	43,2	2,3	5,1	7,8	13,8	14,2	26	5,84
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	48,7	2,6	5,3	8,7	14,3	17,8	31	6,72
Емістим С	40,1	2,1	5,0	7,6	11,1	14,3	25	4,92
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	40,1	2,3	4,9	7,7	10,8	14,4	25	4,81
Гранстар 75 15 г/га+ 2,4-ДА 500 1,0 л/га	42,5	2,4	5,1	7,9	12,0	15,1	28	6,13
Гранстар 75 20 г/га+ 2,4-ДА 500 1,0 л/га	40,2	2,2	5,0	7,7	11,3	14,0	26	5,43
Гранстар 75 25 г/га+ 2,4-ДА 500 1,0 л/га	38,4	2,0	4,8	7,6	10,8	13,2	24	4,78
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	46,4	2,5	5,2	8,9	13,6	16,2	30	6,58
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	44,3	2,5	5,2	8,3	12,4	15,9	29	6,44
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	41,2	2,3	5,1	8,0	11,1	14,7	27	5,83
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	39,0	2,1	4,9	7,8	11,0	13,2	25	5,01
НІР ₀₅	1,6						0,8	0,27

5. Чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовин Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (2002 р.).

Варіант досліджу	Бактерії, тис. КУО/г ґрунту					
	на МПА			на КАА		
	днів після внесення препаратів					
	5	10	20	5	10	20
Без застосування препаратів (контроль I)	2840	3689	4280	3348	4660	5339
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	3433	4155	4890	4279	4979	6036
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	3778	4230	5933	5632	5245	7357
Емістим С	3120	3890	4701	3593	4784	5741
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	2232	3834	4772	2947	5088	5838
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1965	3743	5155	2626	5196	6188
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1852	3504	4580	2551	5068	5718
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1460	3232	4260	2036	4995	5383
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	2583	4212	5830	3193	5546	7232
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	2330	3950	5505	2878	5311	6660
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	2073	3718	4933	2771	5190	6123
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1718	3461	4167	2384	5098	5723
НІР ₀₅	245	194	326	239	103	398

Так на 5-й день після внесення Гранстарту 75 в нормах від 10 до 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 в нормі 1,0 л/га чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого, які здатні рости на МПА (м'ясо-пептонному агарі) та КАА (крохмаль-аміачному агарі) зменшувалась, зокрема, найменша чисельність

бактерій була відмічена у варіантах досліду із застосуванням Гранстару 75 в нормі 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 в нормі 1,0 л/га, що складало у відсотках до варіанту без внесення препаратів відповідно 51 і 61. Зменшення чисельності ризосферних бактерій у варіантах досліду із застосуванням сумішей гербіцидів Гранстар 75 й 2,4-ДА 500 може свідчити про початковий негативний вплив препаратів на життєдіяльність цих ризосферних груп мікроорганізмів.

Менш активно зменшення загальної чисельності бактерій, що здатні рости на МПА та КАА відбувалось за внесення бакових сумішей Гранстару 75 з 2,4-ДА 500 у поєднанні з Емістимом С. Так, у варіантах досліду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С чисельність бактерій, що здатні рости на МПА, перевищувала чисельність бактерій у відповідних варіантах без Емістиму С на 351; 365; 221 і 258 тис. КУО/г ґрунту, а на КАА – відповідно на 246; 252; 220 і 348 тис. КУО/г ґрунту.

При підрахунках на десятий день після внесення препаратів чисельність ризосферних бактерій ячменю ярого на МПА збільшувалась, однак, спостерігалась залежність цього показника від норми внесення Гранстару 75 в сумішах з 2,4-ДА 500. Так, за норм внесення Гранстару 75 10 і 15 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га загальна чисельність бактерій на МПА перевищувала чисельність бактерій у варіанті без застосування препаратів відповідно на 145 і 54 тис. шт. в 1 г, однак, при НР₀₅ 194 тис. шт. в 1 г ґрунту це збільшення було не суттєвим.

У варіантах досліду Гранстар 75 у нормах 20 і 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га спостерігалась тенденція до подальшого пригнічення розвитку ризосферних бактерій, які засвоюють азот і вуглець органічних сполук.

Водночас, у варіантах досліду, де Гранстар 75 з 2,4-ДА 500 вносили в сумішах з Емістимом С загальна чисельність бактерій ризосфери ячменю ярого, що здатні рости на МПА, перевищувала як відповідні варіанти без застосування Емістиму С, так і контроль І. Виключення складав лише варіант Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, де в порівнянні з контролем І чисельність бактерій була меншою на 228 тис. КУО/г ґрунту.

Чисельність ризосферних бактерій на КАА на десятий день після внесення сумішей препаратів у всіх варіантах досліду перевищувала контроль І, що було достовірним при НР₀₅ 103, однак, із збільшенням у суміші норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га їх чисельність, порівняно з іншими варіантами дещо зменшувалась.

На двадцятий день після внесення сумішей препаратів чисельність ризосферних бактерій ячменю ярого на МПА та КАА, у порівнянні з попередніми підрахунками, значно зростала. Однак, найбільшим число мікроорганізмів було у варіантах із застосування Гранстару 75 в нормах 10 і 15 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 в нормі 1,0 л/га, зокрема, на МПА число бактерій, у порівнянні з контролем І збільшилось відповідно на 492 і 875 тис. КУО/г ґрунту, на КАА – на 499 і 849 тис. КУО/г ґрунту; при застосуванні тих же норм препаратів у сумішах з Емістимом С, збільшення до контролю І

становило відповідно 1550 і 1225 тис. КУО/грунту – для МПА і 1893 та 1321 тис. КУО/грунту – для КАА при НІР₀₅ 326 і 398 тис. КУО/грунту.

Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого за дії гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75), феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500) та комбінованих препаратів (Лінтур 70WG) залежить від норм внесення гербіцидів, поєднання їх використання із рістрегулюючими препаратами (Емістим С, Агат-25К, Агростимулін) та визначається видовою чутливістю досліджуваних груп бактерій до ксенобіотиків. Найбільшу чутливість до дії гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500, Лінтур 70WG і Калібр 75 проявляють нітрифікуючі та азотфіксувальні бактерії роду *Azotobacter*, однак, за поєднання внесення даних гербіцидів із рістрегуляторами спостерігається зменшення негативного впливу хімічних препаратів на розвиток цих груп бактерій. Стійкими до дії гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500, Лінтур 70WG і Калібр 75 є амоніфікуючі та целюлозоруйнівні бактерії, які володіють захисними механізмами проти дії ксенобіотиків. Застосування гербіцидів сумісно з рістрегулюючими препаратами забезпечує зростання чисельності основних груп мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого, що свідчить про залежність їх розвитку від спрямованості проходження фізіолого-біохімічних та ростових процесів у рослинах, якими обумовлюється формування розмірів кореневої системи та виділення в ризосферу поживних речовин.

Активізація розвитку ризосферної мікробіоти супроводжувалась підвищеною біологічною (виділення CO₂) та ферментативною активністю ґрунту. За використання в посівах ячменю ярого сумішей гербіцидів 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 70WG 100 г/га + Агат-25К, Калібр 75 40 г/га + Агат-25К+Агростимулін спостерігались найвищі показники інтенсивності дихання та ферментативної активності ґрунту, що узгоджується з даними високої чисельності загальної мікробіоти в ризосфері рослин та окремих її фізіологічних груп, водночас, це може свідчити про активізацію трансформаційних процесів у ґрунті, наслідком яких є підвищена ферментативна діяльність мікроорганізмів, яка супроводжується інтенсивним продукуванням CO₂.

Дослідження розвитку філосферних мікроорганізмів ячменю ярого за дії препаратів показало зменшення їх чисельності. Так, за внесення Калібру 75 у нормах від 30 до 70 г/га чисельність мікроміцетів по відношенню до контролю І зменшувалась, а за використання гербіциду в поєднанні з біологічними препаратами їх чисельність зменшувалась не тільки по відношенню до контролю І, а й до відповідних варіантів, де біологічні препарати в сумішах з гербіцидами не застосовували. Зменшення числа мікроміцетів у варіантах досліду Калібр 75 + Агат-25К + Агростимулін може свідчити про підсилення захисних сил рослинного організму, які обумовлюються функціонуванням антиоксидантних систем на фоні фунгіцидної дії біопрепарату Агат-25К.

Гербіциди Лінтур 70WG (90–100 г/га) і Калібр 75 (30-50 г/га) сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном забезпечували зниження на 38–58% ураження посівів ячменю ярого *Bipolaris sorocaniana*, *Drechslera teres*, *Drechslera graminea* і *Septoria tritici*.

Гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів, внесені як окремо, так і в поєднанні з рістрегулюючими речовинами, в значній мірі впливали на проходження фізіолого-біохімічних процесів у бур'янах. Так, гербіцид класу сульфонілсечовин (Гранстар 75), внесений в комплексі з гербіцидом класу феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500) як окремо, так і в поєднанні з Емістимом С, викликав суттєві порушення в проходженні фотосинтетичних процесів у *Raphanus raphanistrum* L. і *Sonchus arvensis* (L.) Scop. Із наростанням норм внесення в сумішах Гранстарту 75 до 25 г/га знижувався вміст хлорофілу в листках бур'янів та порушувалась фотохімічна активність хлоропластів. Це простежувалось на однаково високому рівні, як за внесення Гранстарту 75 з 2,4-ДА 500 без рістрегулятора, так і з Емістимом С. За дії Хармоні 75 (5–15 г/га) і Лінтуру 70WG (90–100 г/га) у *Sonchus arvensis* (L.) Scop. спостерігалось формування ксероморфного листового апарату, що може свідчити про початкову пристосувальну реакцію рослин на дію препаратів.

Сульфонілсечовинні гербіциди (Гранстар 75, Хармоні 75 і Калібр 75) забезпечують високу ефективність у боротьбі з бур'янами, якщо на час обробки дводольні бур'яни, у тому числі і коренепаросткові, перебувають у початкових фазах росту і розвитку. Бакові суміші гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500, Дікопур Ф600 + Гранстар 75 та комбінований препарат Лінтур 70WG проявляють високу ефективність у боротьбі з бур'янами незалежно від фази із розвитку. За використання гербіцидів у сумішах із рістрегулюючими препаратами відсоток знищення бур'янів за масою зростає, що є наслідком підвищення конкурентної спроможності культури.

Залежно від впливу досліджуваних гербіцидів та їх сумішей із рістрегулюючими препаратами на фізіолого-біохімічні, анатомо-морфологічні та мікробіологічні процеси в рослинах і ґрунті встановлені оптимальні за дією на формування урожайності, якості врожаю та економічної ефективності вирощування ячменю ярого композиції препаратів: 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 70WG 100 г/га + Агат-25К; Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К і Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, які забезпечують формування середнього додаткового врожаю на рівні 6,9–9,0 ц/га, додаткового прибутку – 287,7–733 грн/га за рівня рентабельності виробництва – 32,7–72,5%, окупності додаткових витрат – 5,1–11,0 рази та коефіцієнта енергетичної ефективності – 5,22–5,78. Дані композиції є екологічно безпечними до використання в сільськогосподарському виробництві та забезпечують формування якості зерна ячменю ярого високої класності.

Висновки:

1. За використання гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот та комбінованих препаратів у сумішах із рістрегуляторами рівень пероксидного окиснення ліпідів у рослинах значно знижується за одночасного підвищення активності глутатіон-S-трансферази і супероксиддисмутази та зростання вмісту в листках аскорбату і глутатіону. Підвищення загального антиоксидантного статусу забезпечує зростання активності в рослинах основних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази та аскорбатоксидази).
2. Оптимальні норми гербіцидів, внесені в комплексі з рістрегуляторами, обумовлюють формування відносно високого рівня хлорофілів *a* і *b* у рослинах ячменю ярого та більшого за розмірами світловбирного комплексу, що в цілому забезпечує зростання фотосинтетичної продуктивності хлорофілу та загальної фотосинтетичної продуктивності посівів.
3. За оптимальної дії на рослини ячменю ярого гербіцидів із рістрегулюючими речовинами простежується формування мезоморфного типу листкового апарату, в той час, як за використання підвищених норм гербіцидів, особливо без рістрегуляторів, формується листковий апарат ксероморфного типу (зростає кількість клітин в одиниці поверхні листка, але при цьому зменшується їх об'єм та число в них хлоропластів). Позитивна дія гербіцидів і рістрегуляторів на рослини ячменю виражається в зростанні розмірів міжвузль стебла, кількості в них судинно-волокнистих пучків, що може бути свідченням активізації проходження в рослинах процесів водообміну, які є важливою умовою формування високої продуктивності посівів.
4. У початковий період дії гербіцидів загальна чисельність бактерій і мікроміцетів ризосфери ячменю ярого знижується, особливо це простежується за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовин (Гранстар 75) і феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500) по відношенню до бактерій, що засвоюють азот і вуглець органічних сполук та азот мінеральних сполук. Значну чутливість до дії досліджуваних препаратів у початковий період після їх застосування проявляють також азотфіксувальні та нітрифікуючі бактерії. Сумісне застосування гербіцидів із рістрегулюючими препаратами послаблює негативну дію ксенобіотиків на мікробіоту ґрунту, що в наступні періоди визначення (10-й, 20-й день) демонструє значне зростання як загальної чисельності мікроорганізмів ризосфери, так і окремих їх еколого-трофічних груп.
5. Оптимальними за дією на формування урожайності, якості врожаю та економічної ефективності вирощування ячменю ярого є композиції препаратів: Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С; Дікопур Ф600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К; Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К; Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайко В. Ф. Землеробство на шляху до ринку / Сайко В. Ф. – К.: Інститут землеробства. – 1997. – 48 с.
2. Бистрова О. І. Аналіз конкурентного середовища зернового ринку / О. І. Бистрова // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 1. – С. 61–64.
3. Першочергові завдання аграрної науки із вступом України до СОТ / [доповідь С. М. Кваші та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 4. – С. 17–22.
4. Савченко Ю. І. Сучасний стан регіонального ринку зерна / Ю. І. Савченко, Т. Ю. Приймачук, О. В. Проценко // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 3. – С. 65–69.
5. Зубко П. Захист ярого ячменю від шкідників, хвороб і бур'янів / П. Зубко // Пропозиція – 2006. – № 6. – С. 86–88.
6. Лисенко С. В. Де втрачаємо зерно / С. В. Лисенко // Захист рослин. – 1997. – № 4. – С. 24–25.
7. Марченко В. Нові підходи до хімічного захисту рослин / В. Марченко // Пропозиція. – 2004. – № 12. – С. 104–105.
8. Захаренко В. А. Экономическая оценка состояния агросистем в земледелии России / В. А. Захаренко // Агрохимия. – 1997. – № 3. – С. 29–40.
9. Нейперт Ю. Н. Особо опасные и карантинные сорняки: пора принимать меры / Ю. Н. Нейперт // Защита и карантин растений. – 2004. – № 10. – С. 33–35.
10. Жеребко В. М. Оптимізація використання гербіцидів / В. М. Жеребко // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 11. – С. 12–13.
11. Матюха Л. П. Засміченість зернових у Степу / Л. П. Матюха, В. Л. Матюха // Захист рослин. – 2002. – № 4. – С. 2–4.
12. Іващенко О. О. Енергетичні аспекти агрофітоценозів / О.О. Іващенко, О. О. Іващенко // Карантин і захист рослин. – 2005. – № 3. – С. 21–23.
13. Захаренко В. А. Снижение засоренности полей – наша первостепенная задача / В. А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2005. – № 3. – С. 4–8.
14. Орел Л. В. Гербіциди – не панацея / Л. В. Орел, І. Л. Орел // Захист рослин. – 2000. – № 6. – С. 2–3.
15. Борона В. П. Гербологія: проблеми розвитку // В. П. Борона, В. С. Задорожний // Захист рослин. – 2003. – № 11. – С. 21–22.
16. Анішин Л. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України / Л. Анішин // Пропозиція. – 2004. – № 10. – С. 48–50.
17. Яворська В. К. Регулятори росту природного походження як засоби підвищення продуктивності сільськогосподарських культур / В. К. Яворська, І. В. Драгозов, А. В. Богданович [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. – № 4. – С. 202–298.
18. 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.
19. Бородавченко А. А. Как снизить гербицидную нагрузку на ячмень / А. А. Бородавченко, Л. А. Дорожкина // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 30.
 20. Методики випробування і застосування пестицидів / [Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О.]. – К. : Світ, 2001. – 448 с
 21. Рогожин В. В. Практикум по биологической химии / В. В. Рогожин. – СПб. : Издательство «Лань». – С. 132 – 134.
 22. Чевари С. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах / С. Чевари, И. Чаба, Й. Секей // Лабораторное дело. – 1985. – № 11. – С. 678 – 681.
 23. Habig W. H. Glutathione-S-transferases. The first enzymes step mercapturic acid formation / W. H. Habig, M. J. Pabst, W. B. Jacoby // J. Biol. Chem, 1974. – Vol. 249. – Issue 22. – P. 7130 – 7139.
 24. 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.
 25. Чупахина Г. Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений / Чупахина Г. Н. – Калининград, 2000. – С. 7 – 9.
 26. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Починок Х. Н. – К. : Наукова думка, 1976. – 334 с.
 27. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова; под. ред. И. П. Ермакова. – М. : «Академия», 2003. – 256 с.
 28. 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.
 29. Дорохов Л. М. Минеральное питание как фактор повышения фотосинтеза и урожая сельскохозяйственных растений / Л. М. Дорохов // Труды Кишиневского СХИ. – Кишинев, 1957. – С. 70 – 100.
 30. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М. : Наука, 1963. – С. 5 – 36.
 31. Мокроносов А. Е. Методика количественной оценки фотосинтезирующих тканей активности фотосинтезирующих тканей и органов / А. Е. Мокроносов, Р. А. Борзенкова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1978. – Т. 61. – Вып. 3. – С. 119 – 133.
 32. Методы почвенной микробиологии и биохимии / [Алиева И. В., Бабьева И. П., Бызов Б. А. и др.]; под. ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во Московского университета, 1991. – 304 с.
 33. ДСТУ 3769 – 98. Ячмінь: Технічні умови. – Введ. 1998. 07.01. – Офіц. вид. – К : Держстандарт України, 1998 – III, 13 с.

34. Медведовский О. К. Энергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.
35. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень / Н. Т. Білуха. – К. : АБУ, 2002. – 480 с.
36. Swanson C. R. Recent research on the fate of herbicides in crop plants (SM – 69/1) / C. R. Swanson // Isotopes in weed Research. – Vienna, 1966. – P. 135–144.
37. Гришко В. М. Вплив регуляторів росту на стійкість проростків кукурудзи, розвиток процесів пероксидного окиснення ліпідів і вміст аскорбінової кислоти за сумісної дії кадмію і нікелю // В. М. Гришко, Т. А. Демура // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41. – № 4. – С. 335–343.
38. Рубин Б. А. Физиология и биохимия дыхания растений / Б. А. Рубин, М. Е. Ладыгина. – М. : Изд-во Моск. ун-та., 1974. – 512 с.
39. Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений / Чупахина Г. Н. – Калининград, 1997. – 120 с.
40. Карпенко В. П. Вміст аскорбінової кислоти й активність аскорбатоксидази в листках ячменю ярого за дії суміші гербіцидів / В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2007. – Вип. 64. – Ч.1. – С. 14–20.
41. Макеева-Гурьянова Л. Т. Сульфонилмочевины – новые перспективные гербициды / Макеева – Гурьянова Л. Т., Спиридонов Ю. Я., Шестаков В. Г. – М., 1989. – 49 с.
42. Грицаенко З. М. Биологические процессы в растениях и почве при разных условиях применения гербицидов и разработка оптимальных приемов их использования в посевах сельскохозяйственных культур в зоне Центральной Лесостепи УССР: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. с.-х. наук: спец. 06.01.01 «Общее земледелие» / З. М. Грицаенко. – Кишинев, 1990. – 34 с.

Приведены результаты исследований по изучению физиолого-биохимических, анатомо-морфологических и микробиологических механизмов действия гербицидов классов сульфонилмочевины (Гранстар 75, в.г. (10–25г/га); Калибр 75, в.г. (30–70г/га); Хармони 75, в.г. (5–20г/га)), фенксикарбоксиловых кислот (2,4-ДА 500, в.р. (1,0 л/га); Дикопур Ф 600, в.р. (0,5–1,5л/га)) и комбинированных препаратов (Линтур 70 WG, в.г. (90–100г/га)), внесенных раздельно и совместно с регуляторами роста растений (Эмистим С, Агростимулин, Агат-25К) на формирование продуктивности посевов ярового ячменя.