

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ  
ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ**

**Уманський національний університет садівництва**

**В. П. КАРПЕНКО  
З. М. ГРИЦАЄНКО  
Р. М. ПРИТУЛЯК  
С. П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ  
І. І. МОСТОВ'ЯК  
О. О. ФОМЕНКО**

# **БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН**

**За редакцією доктора с.-г. наук Карпенка В. П.**

*Схвалено до друку вченою радою  
Уманського національного університету садівництва  
як наукове та навчально-методичне видання*

**Умань  
Видавець «Сочінський»  
2012**

УДК 57.02:631.151.6:632.954:631.811.98

ББК 44.150

Б 633

**Рецензенти:**

**С. В. Пида** – доктор с.-г. наук, професор кафедри ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка;

**Г. М. Господаренко** – доктор с.-г. наук, професор кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва.

*Друкується за ухвалою вченої ради Уманського НУС  
(протокол № 4 від 16 лютого 2012 року).*

**Карпенко В. П. та ін.**

Б 633 Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М., Полторецький С. П., Мостов'як І. І., Фоменко О. О. ; за ред. В. П. Карпенка. – Умань : Видавець «Сочінський», 2012. – 357 с.

ISBN 978-966-2643-37-4

У виданні узагальнено результати експериментальних і теоретичних досліджень з проблеми інтегрованої дії гербіцидів різних хімічних класів і регуляторів росту рослин. Розглянуто основні фізіолого-біохімічні, анатомо-морфологічні, мікробіологічні та агроценологічні механізми їх дії, що лежать в основі формування високої продуктивності посівів і якості врожаю. На прикладі ячменю ярого обґрунтовано та доведено можливість зниження негативної дії гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів на посіви та навколишнє природне середовище завдяки поєднаному їх застосуванню із рістрегуляторами. На підставі проведених досліджень розроблено біологічну основу інтегрованого застосування гербіцидів і рістрегуляторів, яка послуговувалася науковим підґрунтям для створення енергоресурсоекономних композицій препаратів, що забезпечують підвищення продуктивності посівів і якості врожаю зернових колосових культур.

Для наукових працівників, викладачів, студентів, спеціалістів сільського господарства.

УДК 57.02:631.151.6:632.954:631.811.98  
ББК 44.150

ISBN 978-966-2643-37-4

© Карпенко В. П., Грицаєнко З. М.,  
Притуляк Р. М., Полторецький С. П.,  
Мостов'як І. І., Фоменко О. О., 2012  
© Уманський національний університет  
садівництва, 2012

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АБК – абсцизова кислота  
АЛС (ALS) – ацетолактатсинтаза  
АО – антиоксидант  
АОА – антиокиснювальна активність  
АТФ – аденозинтрифосфат  
АПГ – ауксиноподібний гербіцид  
АФК – активні форми кисню  
БАР – біологічно активна речовина  
в.г. – водорозчинні гранули  
в.р. – водний розчин  
в.с.р. – водно-спиртовий розчин  
д.р. – діюча речовина  
ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота  
ЕТЛ – електронтранспортний ланцюг  
ІОК – індолілоцтова кислота  
КАА – крохмальаміачний агар  
Кар – каротиноїди  
К<sub>е</sub>е – коефіцієнт енергетичної ефективності  
К<sub>м</sub> – коефіцієнт морфоструктури  
КП – комбінований препарат  
КУО – колонієутворюючі одиниці  
МБП – мікробіологічний препарат  
МДА – малоновий диальдегід  
МПА – м'ясопептонний агар  
МПБ – м'ясопептонний бульйон  
мРНК – матрична рибонуклеїнова кислота  
НАДН – нікотинаміддинуклеотид (відновлений)  
НАДФ – нікотинаміддинуклеотидфосфат (відновлений)  
ПАР – поверхнево-активна речовина  
ПОЛ – пероксидне окиснення ліпідів

РНК – рибонуклеїнова кислота  
рРНК – рибосомна рибонуклеїнова кислота  
РРР – регулятор росту рослин  
СЗК – світлозбиральний комплекс  
СОД (SOD) – супероксиддисмутаза  
т.п. – текуча паста  
ТБК – тіобарбітурова кислота  
ФПП – фотосинтетична продуктивність посівів  
ФПХ – фотосинтетична продуктивність хлорофілу  
Хл – хлорофіл  
ЦТК – цитокініни  
2,4-Д – 2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота  
2М-4Х – 2-метил-4-хлорметоксиоцтова кислота  
2М-4ХМ – 2-метил-4-хлорфенокси-*g*-масляна кислота  
Сyt P<sub>450</sub> – цитохром P<sub>450</sub> залежні монооксигенази  
GLs – глюкоза  
GS (GS) – глутатіон  
GSH (GSH) – відновлений глутатіон  
GST (GST) – глутатіон-S-трансфераза

# ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	7
ВСТУП.....	9
1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ І РІСТРЕГУЛЯТОРІВ У ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ЇХ РОЗДІЛЬНОГО ТА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ.....	18
2. АГРОБІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ГЕРБІЦИДІВ І БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР.....	52
3. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ КЛАСІВ СУЛЬФОНІЛСЕЧОВИНИ, ФЕНОКСИКАРБОКСИЛОВИХ КИСЛОТ І КОМБІНОВАНИХ ПРЕПАРАТІВ, ВНЕСЕНИХ РОЗДІЛЬНО І В ПОЄДНАННІ З РІСТРЕГУЛЯТОРАМИ.....	59
3.1. Інтенсивність процесів ліпопероксидації та стан антиоксидантних систем захисту.....	59
3.2. Активність транспорту електронів у електронтранспортному ланцюзі фотосинтезу хлоропластів.....	92
3.3. Стан пігментного комплексу листового апарату.....	97
3.4. Вміст у листках водорозчинних цукрів і азоту.....	111
3.5. Фотосинтетична активність посівів.....	124
3.6. Фізіологічне обґрунтування взаємодії гербіцидів і рістрегуляторів у сумішах за інтегрованого застосування.....	134
4. АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ І ЇХ СУМІШЕЙ ІЗ РІСТРЕГУЛЯТОРАМИ.....	136
4.1. Анатомічна будова і морфоструктура епідермісу листового апарату .....	136
4.2. Структурна організація і функціональна активність листового апарату.....	151
4.3. Анатомо-морфологічна структура стебла та особливості формування біомаси .....	161

5. ФОРМУВАННЯ ТА АКТИВНІСТЬ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ РИЗОСФЕРИ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН .....	175
5.1. Загальна чисельність мікробіоти.....	175
5.2. Чисельність основних еколого-трофічних груп.....	201
5.3. Загальна біологічна та ферментативна активність ґрунту..	210
5.4. Епіфітна мікробіота філосфери та ураженість рослин фітопатогенами.....	220
6. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ТА АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В БУР'ЯНАХ, ЇХ КІЛЬКІСТЬ І ВИДОВИЙ СКЛАД ЗА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ ІЗ РІСТРЕГУЛЯТОРАМИ.....	230
6.1. Фізіолого-біохімічні та анатоמו-морфологічні зміни в бур'янах.....	230
6.2. Ефективність знищення бур'янів.....	240
7. ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ І РІСТРЕГУЛЯТОРІВ.....	258
7.1. Урожайність зерна.....	258
7.2. Показники якості зерна.....	270
7.2.1. Фізичні.....	271
7.2.2. Мікробіологічні.....	281
7.2.3. Фізіолого-біохімічні.....	285
7.2.4. Забрудненість залишками препаратів .....	297
8. ЕКОНОМІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ПОСІВАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО РІЗНИХ ВИДІВ ГЕРБІЦИДІВ І РІСТРЕГУЛЯТОРІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ЗАХОДІВ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯ.....	298
УЗАГАЛЬНЕННЯ .....	308
ЛІТЕРАТУРА.....	313

## ПЕРЕДМОВА

Нині гербіциди настільки активно використовуються в сільському господарстві, що уявити інтенсивну технологію вирощування будь-якої культури без їх застосування практично неможливо. Саме завдяки гербіцидам вдається значно підвищити культуру землеробства, а, отже, і врожайність та якість сільськогосподарських культур. Але, як свідчать дослідження останніх років, широкомасштабне використання гербіцидів, особливо без врахування механізмів їх дії на культурні рослини і бур'яни, зумовило віднесення цих препаратів до категорії найбільш небезпечних пестицидів навколишнього природного середовища. Як ксенобіотичні речовини з високою фізіологічною активністю, гербіциди здатні нагромаджуватись у вигляді залишкових кількостей в рослинах, готовій продукції та об'єктах навколишнього середовища. Тому очевидними, як серед наукової спільноти нашої країни, так і країн близького і далекого зарубіжжя, стали пошуки шляхів зменшення негативного впливу гербіцидів на об'єкти навколишнього природного середовища та організм людини зокрема. Одним із таких шляхів, що розпочав свою реалізацію ще в 90-х рр. минулого століття, стала розробка технологій інтегрованого застосування гербіцидів з регуляторами росту рослин. Але використання таких сумішей виконувалось без врахування механізмів їх дії на ключові фізіологічні реакції в рослинах, мікробіологічні – в ґрунті, фітоценологічні – в посівах і ін. Тому в даному виданні автори, застосувавши комплексний підхід до вирішення проблеми, систематизували, узагальнили та доповнили власними дослідженнями науковий матеріал з питань інтегрованого використання гербіцидів і регуляторів росту рослин, який одержаний на прикладі застосування препаратів у посівах ячменю ярого.

Представлені в книзі експериментальні матеріали згруповано з позицій фізіології рослин, біохімії, анатомії, мікробіології та фітоценології.

Мета даного видання – ознайомити науковців та широке коло читачів з останніми дослідженнями в галузі інтегрованого засто-

сування гербіцидів і регуляторів росту рослин, які будуть сприяти подальшому розвитку науки та забезпечать розробку енергосресурсоекономних і екологічно безпечних технологій використання гербіцидів у сільському господарстві нашої держави.

Доктор с.-г. наук  
В. П. Карпенко



## ВСТУП

*„Гербициди складають невід’ємну частину сучасного сільськогосподарського виробництва і вносять значний вклад в економіку. Водночас, вони є сильними і специфічними інгібіторами метаболізму рослин, а тому можуть слугувати корисним інструментом для фундаментальних досліджень з фізіології рослин. ”*

*Карл Федтке [1, с. 6].*

У 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 масі 49,3 млн 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 зменшувалися і в 2000–2005 рр. було одержано в середньому тільки 33,8 млн т, у 2006 – 2010 рр. – 40,4 млн т [1–4].

Зважаючи на таку негативну тенденцію, уряд держави розробляє програми, направлені на стабілізацію розвитку рослинництва, серед яких одним із пріоритетних напрямків у найближчі роки є збільшення обсягів виробництва високоякісного зерна [5].

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 – 2,2 т/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.

Як свідчать дані ФАО, 42–48% щорічних валових зборів ячменю використовує переробна промисловість, 6–8% – іде на виробництво пива, 15% – на харчові та 16% – на кормові цілі.

За кормовою цінністю ячмінь набагато переважає пшеницю, адже за амінокислотним складом білка, в тому числі за дефіцитним лізином, ячмінь збалансований краще, ніж інші зернові культури. Крім того, білок ячменю містить такі речовини, як тригліцерид і токотриенол, здатні значно знижувати рівень холестерину в крові [6].

Нині в світі та й Україні різко зросло використання ячменю ярого для виробництва пива. Тому площі під цією ярою культурою в Україні збільшились до 5,2 млн га, або в 2,4 рази, а валовий збір зріс до 11,3 млн тонн [7]. З кожним роком внутрішня потреба ринку в солодовому ячмені стрімко зростає, але сільськогосподарське виробництво нині за сучасним станом досконалості технології вирощування пивоварного ячменю відстає і не забезпечує ринку збуту сировиною високої якості [8]. Адже однією з важливих особливостей технологій вирощування пивоварного ячменю є одержання зерна з високим комплексом показників якості (вміст білка не більше 9,0–11,0%, крохмалю – не менше 62–68%, екстрактивність – 79–82% абсолютно сухих речовин та ін.) [7].

Ученими доведено, що на величину врожаю ячменю ярого та його якісні показники значний вплив мають ґрунтово-кліматичні умови [9–10], вирощувані сорти [11], норма висіву та рівень мінерального живлення [12–14], а також система захисту культури від хвороб, шкідників і бур'янів [15]. 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 [16, 17].

Потенційні середньорічні втрати врожаю від шкідників, хвороб і бур'янів складають 100 млн т рослинницької продукції в перерахунку на зерно або 25–30% від валової продукції рослинництва [16, 18].

Найбільш відчутної шкоди посівам ячменю ярого завдають бур'яни. Зниження врожаю ячменю ярого від бур'янів може скласти від 16,8 до 81,2%, а недобір зерна – 0,72–4,3 т/га [19–21].

На нашій планеті нараховується близько 30 тис. видів бур'янів, з них 1800 видів є найбільш шкочинними. На території України росте 700 видів бур'янів, з них близько 100 видів становлять значну загрозу посівам сільськогосподарських культур [22, 23].

Бур'яни належать до рослин-експрелентів, які дуже швидко заселяють в посівах екологічні ніші і формують разом з культурними рослинами оптично щільні синузії, в яких проявляється гостра конкуренція за фактори життя [24].

Бур'яни конкурують з культурними рослинами за поживні речовини, світло, вологу та інші життєво важливі фактори, внаслідок чого врожайність посівів значно знижується, а якість продукції – погіршується [25–28].

Більшість бур'янів мають потужну кореневу систему і велике водоспоживання. Так, на 1кг сирової речовини нетреба звичайна витрачає 415кг води, амброзія полинолиста – 912, осот рожевий – 314, тоді як ячмінь – 518кг [29].

Бур'яни здатні продукувати значну кількість насіння, чим створюють великі потенційні запаси його в ґрунті [30, 31]. У середньому дводольні бур'яни дають більше насіння на одну рослину (100 тис. шт.), ніж однодольні (5–30 тис. шт.).

Насіння бур'янів дозріває досить нерівномірно, що подовжує період його сходів на багато років. Зокрема, насіння гірчиці польової і курячого проса зберігає життєздатність впродовж 13 років, осоту рожевого – 20, мишію сизого, зірочника середнього – 30 років [32–34].

Потенційна засміченість в Україні орного шару ґрунту (0–30см) насінням бур'янів становить: у районах достатнього зволоження – 1,47 млрд, нестійкого зволоження – 1,71, у районах недостатнього зволоження – 1,14 млрд шт. на 1 га [35, 36].

Бур'яни також можуть бути резерваторами шкідників, збудників хвороб, особливо таких небезпечних як вірусні захворювання. Вони знижують посівні і харчові якості врожаю, перешкоджають процесам його збирання, знижують продуктивність роботи техніки та знарядь, викликають передчасне зношування робочих органів та збільшують енергетичні витрати, пов'язані з вирощуванням культури [37, 38].

Зважаючи на вищевикладені біологічні особливості бур'янів та їх шкодочинність, можна констатувати, що невинна боротьба з бур'янами під час вирощування сільськогосподарських культур є невід'ємною технологічною і економічною необхідністю [39]. Однак через нерегульованість ринкових відносин на етапі реформування АПК України, забезпечення вітчизняного землеробства ресурсами значно погіршилось, внаслідок чого порушились 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.

Серед основних причин, що обумовили зниження культури землеробства в нашій країні та сприяли зростанню забур'яненості полів можна відмітити наступні: невчасне та неякісне виконання комплексу польових робіт; вилучення з системи основного обробітку ґрунту різноглибинного лушення стерні; запровадження безполцевого (ґрунтозахисного) обробітку ґрунту; порушення науково-обґрунтованого чергування культур у сівозмінах; спрощення механічних доглядів за посівами; збільшення обсягів весняної оранки, мілкого та поверхневого обробітку ґрунту; відсутність боротьби з бур'янами на необроблюваних землях; сімба неякісно очищеним насінням тощо [40–43].

Проблема забур'яненості посівів сільськогосподарських культур зазвичай може бути вирішена шляхом розробки та впровадження науково обґрунтованих сівозмін, розробки раціональних системи обробітку ґрунту та створення нових вискоєфективних 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 учених, першочергову ставку в боротьбі з бур'янами необхідно робити на удосконалення хімічного методу [44, 45].

Застосування гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур дає можливість знищити бур'яни своєчасно, за відносно коротким проміжком часу. Особливо актуальним є їх застосування в посівах культур, що вирощуються вузькорядним способом, де за допомогою агротехнічних заходів знищити бур'яни не вдається. Це дає можливість значно підвищити врожай сільськогосподарських культур та зменшити матеріально-грошові витрати [46, 47].

Щорічно в Україні гербіцидами обробляється близько 80% всіх площ, засіяних ячменем ярим і пшеницею озимою, при цьому середні норми витрати препаратів складають 0,505 кг(л)/га [48]. Однак гербіциди, як речовини високої фізіологічної активності, особливо при неправильному їх використанні (порушенні регламентів, норм, строків внесення), здатні негативно впливати на культурні рослини, ґрунт, людину і навколишнє природне середовище [49]. Тому одним із основних напрямків ґрунтозахисного землеробства є раціональне застосування гербіцидів.

Нині для зменшення екологічної небезпечності гербіцидів поліпшується їх асортимент, вдосконалюються технології використання, розробляються і вводяться в склад препаратів антидоти, ведеться селекція рослин на стійкість до гербіцидів [50]. Але, як зазначають Н. Кудск і Д. Стрейбіг [51], 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 найефективнішого засобу контролю бур'янів.

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

Вперше РРР були виявлені в точках росту рослин на початку ХХ століття українським академіком М. Холодним. Перші синтетичні РРР були синтезовані за подібністю ростових речовин у рослинах, а тому вони виявились дуже дорогими та малоефективними. По-справжньому високоефективні рістрегулюючі препарати вдалося створити на основі найновітніших досягнень науки лише через 50 років [52]. 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 цитокініноювою активністю. Проте синтетичне їх походження викликає певну обережність щодо їх широкого використання у сільському господарстві. Тому увагу вчених все більше привертає питання створення РРР на основі продуктів природного походження, діючими інградієнтами яких є фітогормони, вітаміни, амінокислоти, гумінові кислоти та інші фізіологічно активні сполуки [53, 54].

В Україні активне створення і впровадження у виробництво таких препаратів ведеться вченими на базі Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України. Нині розроблено і зареєстровано більше десятка препаратів, які згідно з рекомендаціями Міністерства аграрної політики та продовольства України передбачено впровадити на площі 15 млн га [55].

Як доведено багатьма дослідженнями, сучасні РРР є індукторами стійкості рослин з регуляторними і біозахисними властивостями. У відношенні до культурних рослин вони проявляють антистресову, імуностимулюючу та антимуtagenну дії [56–59]. Тому є всі підстави вважати за доцільне поєднання в одному технологічному процесі використання РРР і гербіцидів [60–62]. Дослідження в цьому напрямку розпочато вченими різних наукових установ [63–67]. Однак у більшості випадків вони мали фрагментарний характер. Тому недостатньо вивчено, а в деяких випадках і зовсім не розкрито питання механізму дії на рослини сумішей гербіцидів і РРР, а звідси – й фізіолого-біохімічні процеси, що індукуються препаратами та зумовлюють зміни в ростових процесах і формуванні продуктивності та якості врожаю.

Перспективним напрямком підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, їх стійкості до біотичних і абіотичних стресів, є також застосування мікроорганізмів, здатних конкурувати з патогенною мікробіотою і стимулювати ростові процеси рослин [54, 68]. Практикою доведена можливість поєднання мікробіологічних препаратів, зокрема таких як Бактофіт, Альбіт, Агат-25К у сумішах з гербіцидами [61, 69, 70], але виконані дослідження не є всебічними і систематизованими, що не дає можливості розробити чіткі рекомендації з комплексного застосування МБП і гербіцидів у виробництві.

Іншим важливим напрямком у розробці ефективних заходів застосування гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур є оптимізація шляхів подолання явища резистентності в бур'янів.

Перші випадки виникнення у бур'янів толерантності до гербіцидів триазинової групи зареєстровано в США близько 30 років тому. Наприкінці 1980-х років у світі нараховувалось 40 видів бур'янів з набутою стійкістю до 14 гербіцидів. Нині у світі нараховується близько 200 видів бур'янів стійких до дії гербіцидів різних хімічних класів, з них 156 видів, що мають резистентність як мінімум до одного з трьох найпоширеніших за механізмом дії сучасних гербіцидів, виявлено у Європі [71–74].

Нині основні заходи подолання резистентності у бур'янів зводяться до першочергового застосування на полях різних діючих речовин гербіцидів, синтезу нових діючих речовин (що є досить тривалим і дорогим процесом) або ж в комплексуванні кількох діючих речовин у бакових сумішах.

Загально визнаним методом підвищення ефективності захисту та запобігання розповсюдженню резистентних біотипів бур'янів є комплексне застосування гербіцидів, що різняться за механізмом дії і доповнюють один одного за спектром контрольованих видів бур'янів. Таке комплексне застосування може бути реалізовано шляхом внесення бакових сумішей кількох препаратів [75, 76]. Комплексне застосування гербіцидів підвищує ефективність знищення бур'янів, що дозволяє знизити норми застосування препаратів, але при цьому збільшується вірогідність пошкодження гербіцидами культурних рослин [77]. Очевидним є те, що зменшити негативну дію бакових сумішей таких препаратів на культурні рослини можна додаванням РРР з вираженими антидотними та протекторними властивостями, однак це питання залишається не розкритим.

У цілому, нагромаджений експериментальний матеріал дає можливість розглядати окремі аспекти питання сумісного застосування гербіцидів з РРР і МБП розрізнено, разом з тим стан проблеми як загальнобіологічної, агрономічної та науково-технічної залишається в літературі не висвітленим.

*Обґрунтування актуальності проблеми інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин.* Збільшення обсягів виробництва високоякісного зерна є одним із найактуальніших і пріори-

тетних завдань сьогодення, без успішного розв'язання якого неможливий прогрес рослинництва і всього сільськогосподарського комплексу України. Водночас, як показує практика, внаслідок низки організаційних і економічних причин, рівень ведення землеробства в нашій країні значно знизився. Це призвело до зростання засміченості орного шару ґрунтів насінням бур'янів, а посівів сільськогосподарських культур – бур'янистою рослинністю, яка стала одним із найшкодочинніших чинників, що зумовлює щорічні втрати урожаю на рівні 10–40%, а інколи — 70–80% [26, 78–81]. Тому, зважаючи на економічну, енергетичну та екологічну ситуації, що склалися в нашій державі, важливого значення набуває проблема застосування в посівах сільськогосподарських культур гербіцидів як однієї з головних складових інтегрованої системи захисту рослин. Проте гербіциди, як фізіологічно активні речовини, в переважній більшості випадків здатні значно впливати на життєво важливі процеси в рослинному організмі. При цьому не виключена можливість їх акумулювання в товарній продукції та об'єктах навколишнього природного середовища [82]. Тому в останні роки в Україні ведеться розробка технологій переходу від традиційного до органічного землеробства. Але, як показує практика більшості країн – світових лідерів з 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%, сої – на 62% [51, 83]. Тому нині, коли в усьому світі простежується дефіцит продуктів харчування, повністю відмовитись від використання гербіцидів неможливо. Разом з тим необхідно вести пошук шляхів зниження негативного впливу хімічних сполук гербіцидної дії на агроценози. Однозначно такі технології повинні включати елементи біологізації, що у випадку із гербіцидами може бути досягнуто за рахунок інтегрованого їх застосування із регуляторами росту рослин природного походження, які характеризуються антистресовими та імуностимулюючими властивостями [56]. Але багато питань, які стосуються комплексної дії гербіцидів і рістрегуляторів у сумішах, вивчені недостатньо. Вибір і оцінка оптимального поєднання препаратів у сумішах, особливо багатокomпонентних, проводиться без врахування механізмів їх дії на ключові фізіологічні реакції в рослинному організмі.

Тому нерозкритими залишаються питання спрямованості дії сумішей гербіцидів і рістрегуляторів на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і мікробіологічних процесів у ґрунті, які лежать в основі формування високої продуктивності посівів. У зв'язку з цим, вирішення проблеми інтегрованого застосування гербіцидів і рістрегуляторів, яке ґрунтується на всебічному біологічному обґрунтуванні їх дії в посівах ячменю ярого, дозволить розробити виробництву науково обґрунтовані, енергоресурсоекономні рекомендації, які в нинішніх умовах є вкрай актуальними та необхідними для аграрного сектору України.



# **1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ І РІСТРЕГУЛЯТОРІВ У ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ЇХ РОЗДІЛЬНОГО ТА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

Сучасний стан сільськогосподарського виробництва не можна уявити без широкомасштабного використання біологічно активних речовин, серед яких виділяють сполуки з рістстимулювальною та з летальною дією на рослини.

Широке використання БАР з летальною дією у відношенні до рослин розпочалось після 1941 р., коли І. Покорним було відкрито сполуку надзвичайно високої фітотоксичності – 2,4-дихлорфеноксиоцтову, а пізніше – 2-метил-4-хлорфеноксиоцтову і 2,4,5-трихлорфеноксиоцтову кислоти. Фактично з того часу хімічний метод боротьби з бур'янами отримав загальне визнання [84, 85].

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 [86–89].

У результаті виконаних експериментів учені приходять до висновку, що гербіциди здатні суттєво порушувати обмін речовин не тільки в бур'янів, що є причиною їх загибелі, але й значно впливають на проходження обмінних процесів у культурних рослинах [90–92].

У цей же час встановлено факти негативної дії препаратів на мікробіологічні процеси в ґрунті, формування рослинами врожаю та його якісних показників (наявність залишків препаратів) [78, 86–88, 92].

Весь цей комплекс питань спонукав учених до розробки концепції зменшення негативної дії гербіцидів на культурні рослини, ґрунт і навколишнє природне середовище, першим напрямком реалізації якої стало запровадження інтегрованих систем захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів. Другий напрямок – зумовив пошук шляхів синтезу малотоксичних препаративних форм гербіцидів. Завдяки реалізації концепції другого напрямку у виробництво були впроваджені нові препаративні класи гербіцидів, які відрізняються низькими витратними нормами і є малотоксичними для живих організмів та об'єктів зовнішнього середовища. Так, зокрема, до таких речовин відносяться хімічні сполуки класу сульфонілсечовини, які вперше були відкриті в 1975 р. науковим співробітником компанії Дюпон Джорджем Левітом і запатентовані в 1978 р. в якості гербіцидних препаратів у США. Сульфонілсечовини мають низькі норми витрати препаратів, відзначаються високою селективністю, швидко розкладаються в ґрунті, малотоксичні для людини, комах і тварин [93, 94].

Реалізація третього напрямку триває і нині. Він передбачає створення комплексів препаратів з кількох діючих речовин або комбінованих препаративних форм. Такі комплекси із кількох діючих речовин забезпечують підвищення активності та селективності препаратів за одночасного зниження рівня надходження їх в екосистеми [95–98]. Перспективним також є створення комбінованих препаратів, що містять кілька діючих речовин одного, або різних класів гербіцидів. До переваг таких препаратів необхідно віднести екологічну безпечність, оскільки норма застосування діючої речовини є досить низькою. Це пов'язано з синергічним характером взаємодії діючих речовин препарату, що в цілому підсилює фітотоксичну дію комплексного гербіциду [98, 99].

Четвертий напрямок розпочав свою реалізацію в середині 90-х років минулого століття. Він передбачає поєднане використання гербіцидів у комплексі з біологічними рістрегулюючими препаратами (РРР і МБП), які вперше з'явилися на ринку України та почали активно впроваджуватись у виробництво [100–102]. Однак, незважаючи на велике значення проблеми сумісного застосування гербіцидів із рістрегулюючими препаратами, в науковій літературі зустрічаються лише поодинокі роботи, метою яких було з'ясування біологічних механізмів їх дії [103–106].

Зважаючи на це, проблема комплексного застосування гербіцидів із біологічними препаратами потребує подальшого активного 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 необхідно 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, що дасть можливість розкрити основи життєдіяльності рослин та керувати ними на рівні окремої рослини та цілого агроценозу.

Сучасний асортимент діючих речовин із гербіцидною активністю налічує більше 150 сполук, які відносять до кількох десятків класів хімічних речовин і 27 груп – за механізмом дії. Однак найбільш широко в сільському господарстві застосовуються гербіциди, що мають лише вісім різних механізмів фітотоксичності [107]. Зокрема до таких хімічних сполук відносять ауксиноподібні гербіциди та інгібітори ацетолактатсинтази, а також комбіновані препарати, які складаються з кількох діючих речовин гербіцидів різних за механізмом дії (наприклад, АПГ + інгібітор АЛС, або містять діючі речовини однакові за механізмом дії – інгібітор АЛС + інгібітор АЛС і т. п.). Разом з тим, не дивлячись на все розмаїття гербіцидних сполук, однією з головних їх властивостей є вибірковість дії у відношенні до рослин відповідної систематичної групи. Саме вибірковість дії є основою фундаментальної характеристики препаратів. Вона реалізується на рівні як фізичних (препаративна форма, норма внесення, контакт з поверхнею рослин), так і біологічних (анатомо-морфологічна будова рослин, фізіологічні і метаболічні перетворення в них й ін.) факторів [108]. Серед вищезгаданих факторів суттєву роль у гербіцидній дії препаратів відіграють біологічні, оскільки, щоб вплинути на рослину, гербіциди повинні проникнути в окремі тканини, клітини і досягти сайту своєї дії [109].

Дія гербіцидів на рослини може бути охарактеризована наявністю трьох етапів: 1–фаза надходження – подолання кутикули – клітинної стінки – плазмалемі; 2–фаза взаємодії з сайтом мішені як на рівні сайту – фермента, так і на рівні ключової фізіологічної

реакції; 3–фаза метаболізму – кон’югація і деструкція ксенобіотика клітинними структурами [110].

Реалізація першої фази дії гербіцидів у значній мірі залежить від анатомічної і морфологічної будови рослин [111]. Відмінності в анатомічній будові, зокрема в будові поверхневих тканин (інервація листків, трихомний покрив, восковий наліт, розташування точки росту та ін.), зумовлюють різну проникність препаратів [112].

Найґрунтовніше в науковій літературі розкрито вплив анатомічної і морфологічної будови однодольних і дводольних рослин на проникнення АПГ. Так, стійкість злакових рослин до дії АПГ може бути трактована «закритістю» меристематичних тканин (точки росту), які в злаків вкриті основою листка, водночас, у дводольних рослин точки росту відкриті, що робить їх більш доступними для проникнення гербіцидів [113]. Крім того, надходженню в злакові рослини АПГ може перешкоджати сильна опушеність листків, наявність восків та їх вертикальне розташування, що, в свою чергу, значно зменшує змочуваність листових пластинок препаратами та зумовлює їх швидке стікання [114].

На ефективність контакту листової пластинки з гербіцидним агентом та іншими ксенобіотиками значний вплив мають епікутикулярні воски і кутикула [115]. Кутикула становить своєрідний захисний бар’єр, який, з одного боку, запобігає зайвим витратам води листовою поверхнею рослин, а з іншого – перешкоджає потраплянню в рослини водних розчинів ксенобіотиків.

Поверхня кутикули може бути вкрита особливим шаром воску – епікутикулярним [116, 117]. Зазвичай злакові культури мають більш потужний гідрофобний восковий наліт, ніж дводольні [118, 119]. Тому АПГ (наприклад, 2,4-Д) інтенсивніше проникають у рослини з менш вираженим кутикулярним покривом (соняшник, квасоля), ніж в ті, що мають добре сформовану кутикулу [120, 121].

На товщину кутикули впливає вік листків. Зазвичай молоді листки мають тоншу кутикулу, тому вони інтенсивніше поглинають гербіциди [109].

АПГ (зокрема, 2,4-Д) та інші фізіологічно активні речовини (ІОК) можуть ковалентно зв’язуватися кутикулою листка [122, 123]. Тому, щоб підвищити проникність гербіцидів через кутикулу в препаративні форми вводять спеціальні добавки (ПАР), які підвищують контактність хімічного агента з поверхнею листка, розчиняючи або руйнуючи кутикулярні воски [124, 125].

Добре розвинену кутикулу мають не тільки культурні рослини, але й бур'яни. Це значно погіршує потрапляння в них гербіцидних препаратів [126, 127]. Так, добре розвинений восковий наліт у *Mulgedium tataricum* робить стійким цей бур'ян до дії більшості гербіцидів [128].

Стійкі до дії гербіцидів групи 2,4-Д види бур'янів (подорожник великий, зірочник середній) здатні акумулювати препарати кутикулою, зокрема, 1 мг кутикули подорожника чи зірочника поглинає  $5,8 \cdot 10^{-4}$  і  $3,7 \cdot 10^{-4}$  мкМоль 2,4-Д відповідно проти  $1,3 \cdot 10^{-4}$  мкМоль гербіциду, поглинутого кутикулою чутливої до його дії кульбаби лікарської (тобто – в 3–4 рази менше) [129].

Узагальнення досліджень останніх років показує, що проникнення гербіцидів у листові пластинки залежить не тільки від товщини кутикули, але й від її будови [112]. Експериментально встановлено, що в таких видів рослин як *Poa annua*, *Avena fatua*, *Setaria ssp.*, *Echinochloa crus-galli*, *Agropyron repens*, *Sonchus spp.*, *Polygonum aviculare*, *Papaver rhoes* восковий наліт має кристалічну будову. Це значно погіршує ретенцію гербіциду на поверхні листової пластинки. Разом з тим низка наукових праць засвідчує, що кутикула суттєво не перешкоджає потраплянню в листки низькомолекулярних неполярних сполук, а тому основну роль на початкових етапах проникнення хімічних агентів у листок відіграє клітинна стінка епідермісу та плазмалема [130–132].

Доведено, що потрапивши на поверхню листка, гербіцид (АПГ) упродовж 4–6 годин, долаючи кутикулу й стінки епідермісу, проникає у мезофіл та інші тканини листка [133]. Швидкість руху АПГ (2,4-Д) через покривні тканини листка складає в середньому 25 мк/год. [134]. Подальше проникнення гербіциду в клітину залежить від здатності хімічної сполуки долати клітинну стінку та плазмалему, а для окремих препаратів – ще й мембрани органел. При цьому здатність хімічних сполук долати біомембрани визначається їх ліпофільністю та кислотністю. Надходження хімічних сполук через мембрани до цитоплазми може відбуватися шляхом пасивного транспорту за градієнтом хімічного потенціалу або – за допомогою активного транспорту, що передбачає використання специфічних носіїв та витрат енергії [82, 135]. У переважній більшості випадків проходження гербіцидів через біомембрани відбувається за механізмом пасивного транспорту, шляхом дифузії за градієнтом хімічного потенціалу [1, 136], од-

нак не виключена можливість надходження в клітини гербіциду 2,4-Д шляхом активного транспорту [109]. Зазвичай збільшення концентрації гербіциду призводить до підвищення проникності біомембран [137].

Враховуючи те, що мембрани є перешкодою для надходження хімічних агентів у клітини, вивчення механізмів підвищення їх проникності дає можливість керувати фітотоксичністю препаратів [135, 138].

Після потрапляння гербіциду в клітину відбувається пересування його до сайту дії (транслокалізація). Найдетальніше механізм пересування хімічних агентів у рослинах вивчено на прикладі гербіциду 2,4-Д. Перші дослідження засвідчили, що він вкрай повільно потрапляє і пересувається в злакових рослинах (пшениця, овес) [120]. Так, при інфільтрації надземних частин соняшнику і вівса 0,1%–ним розчином 2,4-Д надходження препарату в кореневу систему було відмічено лише в соняшнику [139]. Водночас за використання 2,4-ДА, міченої за  $C^{14}$ , встановлена здатність препарату більш інтенсивніше проникати в злакові рослини, ніж дводольні. Так, через добу після нанесення препарату на різні органи (листки, пазуху листків, вузол кущіння) гербіцид з місця нанесення активно розподілявся по всіх органах злакової рослини [140]. Відсутність різниці в надходженні 2,4-Д в стійкі й чутливі до даного гербіциду види рослин спостерігали й інші вчені [141]. Так, обробка суспензійних клітин вівса і вівсюга диклофопметилом продемонструвала більш швидке проникнення гербіциду в клітини вівсюга [142]. Згідно інших даних, стійкі рослини здатні інтенсивніше поглинати 2,4-Д, ніж чутливі [143, 144]. Така неоднозначність експериментальних даних пов'язана з різними умовами проведення досліджень та з нівелюванням впливу цілої низки факторів.

Комплексний підхід до вирішення даного питання показав, що 2,4-ДА надходить у рослину, рухається і локалізується в залежності від температури і гранулометричного складу ґрунту, вмісту в ньому гумусу й вологи. Надходження 2,4-ДА в дводольні рослини найінтенсивніше відбувається за температури 18–20°C і підвищеної вологості повітря, з підвищенням температури транспорт послаблюється, а при зниженні до 12°C – припиняється зовсім. За внесення мінеральних добрив пересування 2,4-ДА в дводольних рослинах значно активізується [78, 145, 146].

Основну роль у пересуванні гербіцидів та інших сполук у рослинах відіграє флоема [141]. Швидкість руху гербіцидів по флоемі зазвичай рівняється швидкості пересування асимілятів і складає 1–100 см/год. [133]. У низці експериментальних робіт доведено важливу роль у пересуванні гербіцидів у рослині симпласту і апопласту [141, 147, 148]. Використовуючи радіоактивні мітки, вченим вдалося виявити транслокалізацію 2,4-Д у симпласті традесканції [147]. Висока активність пересування по флоемі відмічена і в рослинах сої, мічених  $C^{14}$  4-хлорфеноксоцтовою кислотою, водночас етилові ефіри й аміді цієї кислоти здатні пасивно рухатися симпластом, але не здатні пересуватися флоемою [149]. Нагромадження гербіцидів, мічених  $C^{14}$ , у певних органах і тканинах рослин може бути пов'язане із імобілізацією і не є ознакою того, що дана тканина це атрагуючий центр у який пересувається токсикант [109]. Тому питання ролі симпласту й апопласту в пересуванні гербіцидів у рослинах залишається відкритим.

Більш чіткі дані одержані вченими при вивченні питання транслокалізації гербіцидів похідних сульфонілсечовини, які узагальнені в праці [150]. Встановлено, що найбільш інтенсивно дані гербіциди проникають у рослини в перші години після внесення, при цьому листки здатні адсорбувати від 75 до 98% препарату. Пересування сульфонілсечовин у рослині відбувається в акропетальному та базипетальному напрямках. Швидкість їх пересування залежить від умов зовнішнього природного середовища, способу обробки та виду рослин. Зазвичай 60–90% сульфонілсечовинного препарату (хлорсульфурон) акумулюється листками, але в окремих випадках до 80% препарату може пересуватись і нагромаджуватись іншими органами рослин. Так, за обробки листків хлорсульфураном, гербіцид активно пересувається апопластом до меристем і необроблених верхніх молодих листків, менш інтенсивно – по симпласту – в кореневу систему. В рослинах ячменю гербіцид є більш мобільним, ніж у рослинах пшениці [151–156].

Після транслокалізації в рослині гербіцид взаємодіє з біологічною системою на рівні ферментних або інших ключових фізіологічних реакцій. Така взаємодія супроводжується метаболізмом ксенобіотика – його кон'югацією або деструкцією клітинними структурами.

Основними шляхами метаболічної детоксикації гербіцидів у рослинах є окиснення або гідроліз, які забезпечують подальшу

кон'югацію токсикантів з GS, GLs або амінокислотами. Утворені кон'югати, можуть бути менш мобільними та неактивними у відношенні до сайту дії гербіциду, але в той же час вони можуть слугувати субстратом для вторинної кон'югації, метаболічного розкладу або компартименталізації [82].

Значну роль у початковій трансформації ксенобіотиків відіграють цитохром P<sub>450</sub> залежні монооксигенази. Цей ферментний комплекс інтегрований у мембрани ендоплазматичного ретикулуму рослин і тварин. Основні його функції пов'язані з деградацією і детоксикацією органічних ксенобіотиків. Монооксигеназна система здійснює первинну модифікацію токсиканта, включаючи в його структуру атом кисню.

Завдяки Cyt P<sub>450</sub> відбувається детоксикація більшості груп гербіцидів, у тому числі й сульфонілсечовин [157, 158]. Трансформовані Cyt P<sub>450</sub> ксенобіотики можуть бути кон'юговані з GLs (глюкозилювання – відбувається за участі глюкозилтрансфераз) або ж з GS (проходить – за участі глутатіон-S-трансфераз) [109].

Одним із шляхів перетворення гербіцидів групи 2,4-Д у рослинах є декарбоксілювання бічного ланцюга молекули 2,4-Д [143, 159, 160]. У рослинах кукурудзи, гороху й квасолі, окрім перетворення бокового ланцюга 2,4-Д, встановлені факти деградації ароматичного кільця [161]. Перетворення 2,4-Д у рослинах супроводжується утворенням 4-гідроксифеноксоцтової кислоти та інших похідних [162], які шляхом глюкозилювання утворюють кон'югати з глюкозою або ж аміді – з амінокислотами [163, 164]. Доведено, що в глюкозилюванні 2,4-Д бере участь β-Д-глюкозилтрансфераза [165]. Тип кон'югатів, утворених у рослинах за дії 2,4-Д, залежить від виду рослин, зокрема в рослинах сої утворюються амінокислотні кон'югати, в пшениці та ячмені – β-Д-глюкозиди з пептидами, що містять від 2–3 до 220 амінокислотних залишків [166, 167].

Дехто із учених одним із етапів детоксикації 2,4-Д у рослинах вважає включення її метаболітів у лігнін [168].

Основним сайтом дії гербіцидів класу сульфонілсечовини є фермент АЛС [169–171], тому швидкість детоксикації сульфонілсечовини у рослинах визначається локалізацією АЛС та її чутливістю, а також природою утворених метаболітів [172]. Як уже зазначалось вище, основним шляхом метаболізму сульфонілсечовинних препаратів у рослинах є їх розкладання за участі Cyt P<sub>450</sub> з

наступною можливою кон'югацією метаболітів з глюкозою або глутатионом [150, 152, 172].

Утворені кон'югати більшості ксенобіотиків транспортуються через тонопласт у вакуолі. Вакуолярна компартментація ксенобіотиків здійснюється через утворення метаболічно неактивних комплексів із ендogenous елімінаторами [173, 174].

Зважаючи на важливість питання інтегрованого застосування гербіцидів із рістрегуляторами, доцільним є з'ясування шляхів надходження, локалізації і трансформації регуляторних речовин у рослинах. У літературі дане питання є більш висвітленим для синтетичних РРР (особливо на прикладі 2,4-Д). Однак надходження РРР природного походження чи комплексних РРР (синтетичний + природний компоненти) переважно відбувається за загальнови-знаною схемою: кутикула → клітинна стінка → плазмалема → сайт біологічної дії.

Більшість сучасних РРР (N-оксиди, похідні піридину, Еміс-тим С, Агростимулін та ін.) досить добре проникають у рослини після обприскування посівів їх водними розчинами, але для підвищення проникності препаратів через кутикулу до розчинів можуть додаватися поліетиленоксиди, які мають низьку молекулярну масу і виконують роль транспортного агента. Для збільшення часу проникнення рістрегуляторів у рослини та попередження їх стікання з поверхні листків до розчинів також додають модифікований крохмаль [175].

У рослинах РРР здатні досить швидко пересуватися від одного органу до іншого [176]. При цьому велику роль відіграє атрагуюча здатність акцептора [177] та функціональна активність транспортних клітин флоєми [178]. В кореневу систему РРР (насамперед ІОК) надходять завдяки полярності транспорту в акропетальному напрямку [179]. Модель полярного транспорту за допомогою іонної помпи характерна для ауксинів [180]. У пересуванні РРР (гіберелінів) значну роль може відігравати міжклітинний транспорт та плазмодесми [181], хоча для ІОК плазмодесми не є необхідною умовою для транспорту [182]. Швидкість руху РРР залежить від виду рослин. Так, «швидкий компонент» ІОК в *Lycopersicon esculentum* рухається зі швидкістю 780 см/год., у *Scrotularia arguta* – 120 см/год. [183].

Експериментальними роботами доведено, що основну роль у надходженні екзогенних РРР у клітини рослин відіграють мем-

брани, від проникнення через які залежить локалізація препарату в цитоплазмі та органелах [84, 184, 185], а також – хімічна природа РРР [186, 187]. Так, на прикладі препаратів N-оксидів похідних піридину (зокрема, Івіну) показано, що за характером теплового руху ці речовини є аномальними газоподібними сполуками, в яких відбувається незагальмоване інерціальне обертання дзиги, на відміну від повільних броунівських зіткнень, властивих більшості хімічних сполук. У поєднанні з оптимальною обтічною дископодібною формою молекул це сприяє їх легкому проходженню крізь напівпроникні мембрани рослинних клітин [188].

У плазматичних мембранах розташована більшість рецепторів фітогормонів [189]. Тому саме плазматичні мембрани є місцем взаємодії систем сигнальної трансдукції і гормональної регуляції, яка може бути виражена схемою: взаємодія з первинним рецептором → активація стартових ферментів сигнальних систем → поява внутрішньоклітинних месенджерів → зміна стану факторів регуляції транскрипції → активація генів ферментів синтезу стресового фітогормону (наприклад, АБК) → нагромадження фітогормону → взаємодія фітогормону зі специфічним рецептором → активація стартових ферментів сигнальних систем → поява внутрішньоклітинних месенджерів → зміна стану факторів регуляції транскрипції → активація генів, що кодують білки, відповідальні за реалізацію захисних реакцій [185, 190].

Первинним рецептором у взаємодії фітогормонів з клітиною можуть виступати білки [191, 192]. Нині ідентифікований і визначений пептид з молекулярною масою 22 кДа, як первинний кандидат на роль рецептора ауксину (АВР-1 – *auxinbinding protein-1*). Це дало можливість конкретизувати дані стосовно ауксинзв'язуючих білків: ауксин розпізнається розчинним білком-рецептором, з яким він пов'язаний високим ступенем афінності [191]. Молекула АВР 1 містить марганцевий сайт, який дозволяє формувати комплекс «гормон-рецептор» [193, 194]. Основна маса АВР 1 знаходиться на ендоплазматичному ретикулумі, але за потреби швидко пересувається на цитоплазматичну мембрану [195]. Подібні рецептори виділені й для ЦТК – СКЕ 1/АНК 4, які здатні зв'язувати ЦТК і виконувати цитокінінзалежну передачу сигнальної фосфорної групи [184]. Білкові молекули рецепторів ЦТК мають молекулярну масу 120–130 кД. Білки закріплюються на мембрані гідрофобними сегментами, між якими розташований

поліпептид із 280 амінокислот, що слугує для розпізнавання та зв'язування ЦТК [193, 196].

Велику роль у гормональній регуляції рослин відіграє фосфатидна кислота, яка є найпростішим фосфоліпідом мембран. Зміна вмісту фосфатидної кислоти впливає на фізичні властивості мембран, чим визначає їх здатність утворювати везикули та везикулярний транспорт, а також впливає на активність низки ферментів (НАДФ, Н-оксидази, кіназ, МАРК – кіназ каскаду, кальцій-залежних – протеїнкіназ), зв'язаних з плазмалемою за участі фосфатидної кислоти [184, 197–200].

З мембранами пов'язана активність фосфоліпаз, які ініціюють кальцієву та інші сигнальні системи [189, 201]. Нині доведена важлива роль  $\text{Ca}^+$  як основного елемента в трансдукції гормональних сигналів [202–204]. Він сприяє формуванню сигнальної сітки рослинної клітини, яка, об'єднуючи різні системи сигналізації, дозволяє найадекватніше включати реакції-відповіді на зміни умов середовища [184, 202].

У гормональній регуляції особливу роль відіграють протонні помпи, які функціонують на базі мембранних  $\text{H}^+$ -АТФ-аз або редоксланціогів, створюючи електрохімічний потенціал іонів [205]. Так, при вивченні дії РРР Івіну на цитоплазматичні мембрани, виділені з коренів проростків, доведена здатність препарату підвищувати активність  $\text{H}^+$ -АТФ-ази, яка регулює роботу  $\text{H}^+$ -помпи [186, 187]. Індуковане збільшення секреції  $\text{H}^+$  у середині клітинних стінок відмічене й за дії ауксиноподібних препаратів [206] та РРР Емістим С на прикладі проростків кукурудзи, що свідчить про стимулюючу дію препарату на  $\text{H}^+$ -насос [207]. Водночас найбільший вплив на  $\text{H}^+$ -АТФ-азу коренів кукурудзи має Агростимулін [186]. Ці дані засвідчують мембранотропність більшості РРР [208]. Зокрема експерименти, виконані на модельних ліпідних мембранах показали, що екзогенні РРР здатні змінювати якісний склад мембран [209, 210]. Наприклад, Івін, у концентрації від  $10^{-9}$  М до  $10^{-5}$  М, зумовлює зміну структури гідрофобної зони бімолекулярних мембран.

Важливим чинником у реалізації дії екзогенних РРР є генетичний рівень [211]. Вченими доведена активізація синтезу РНК і ДНК у рослинах за дії ІОК та інших РРР [186, 187, 212, 213]. Сучасні дослідження, виконані на прикладі Івіну, довели здатність препарату впливати на процеси транскрипції і трансляції, зокрема – підвищувати інтенсивність синтезу РНК і білків.

У досліджах із Біоланом, Івіном і Радостимом доведена опосередкована дія РРР на стимуляцію синтезу мРНК і рРНК, що призводить до збільшення білкового синтезу. В окремих досліджах показано, що підвищення синтезу РНК пов'язане зі стимуляцією транскрипції генів, а не зі збільшенням копій (ампліфікації) генів, тобто РРР сприяють максимальному розкриттю генетичного потенціалу клітини рослини [175, 184, 186–188]. Вочевидь, це відбувається у результаті прискореного формування в промоторах ініціаторних транскрипційних комплексів з елементів регуляторних ділянок генів, РНК-полімерази і транс-факторів білкової природи [214–217].

Експериментальні дані з вивчення механізму дії екзогенних РРР на генетичному рівні дали можливість сформулювати концепцію, суть якої полягає в наступному: РРР активізують трансформаторні білки за принципом алостеричного ефекту (прояву спорідненості структури РРР чи його месенджера до структури чи частини структури активного центру білкової молекули трансфактора) → активізація трансфактора та формування ініціаторного транскрипційного комплексу в регуляторній частині – промотора генів → активізація генів синтезу фітогормонів та синтез балансу фітогормонів у відповідь на дію РРР → активізація комплексом фітогормонів генів синтезу структурних або функціональних білків [184]. Отже, екзогенні РРР опосередковують свою дію в клітинах рослин через регуляторну систему ендогенних фітогормонів – синтез специфічних по відношенню до своєї структури балансів фітогормонів [215, 218–224].

Поняття фітогормональний баланс (рівновага) включає динаміку зміни складу і співвідношення фітогормонів в онтогенезі. Співвідношення ендогенних фітогормонів постійно змінюється і знаходиться в динаміці за рахунок синтезу, розпаду і транспорту [225]. Згідно концепції, викладеній у працях [85, 226–228], у рослинах існує гормональне поле з градієнтом відомих гормонів і потенціалом кожної точки. Величина потенціалу є функція положення цієї точки в просторі. Тому при зміні напруги на полюсах або конфігурації поля відповідні зміщення відбуваються відразу в усіх точках поля. Гормональне поле неоднорідне, воно містить зони з різним ступенем напруги, що зумовлене неоднаковим співвідношенням компонентів та їх рецепторів. Упродовж онтогенезу в рослинному організмі здійснюється поступова зміна полів і градієнтів.

Зважаючи на це, великий науковий інтерес становить питання вивчення взаємодії екзогенних і ендогенних РРР [229].

Так, у низці наукових праць встановлено, що за використання РРР Емістиму С і Агростимуліну відбуваються суттєві зміни в ендогенному фітогормональному статусі рослин кукурудзи. Зокрема зростає вміст ІОК і ЦТК (зеатину і зеатинрибозиду) та знижується вміст АБК, що призводить до зміни балансу ендогенних гормонів, а саме – до переважання гормонів-стимуляторів [230–232]. Використання Зеастимуліну на рослинах кукурудзи, особливо за несприятливих погодних умов, призводить до суперпродукції ЦТК та підвищення їх активності в 2,3 рази, при цьому різко знижується активність ІОК (у 4,7 рази) [233]. За додавання РРР у поживне середовище (Івін  $1 \cdot 10^{-11}$  М, Емістим С  $1 \cdot 10^{-7}$  М, Агростимулін  $1 \cdot 10^{-7}$  М) відбувається суттєвий перерозподіл вмісту фітогормонів у коренях і колеоптилях кукурудзи: Івін сприяв зменшенню вмісту в коренях ІОК на 44%, зеатину – на 26% і збільшенню вмісту ІОК в колеоптилях на 15%; Емістим С зумовлював незначне збільшення ІОК у колеоптилях, тоді як вміст зеатину в коренях зменшувався на 69%; Агростимулін сприяв зростанню вмісту ІОК у коренях на 33% і вмісту ЦТК у колеоптилях – на 265% [225]. У рослинах ячменю ярого відмічено зміни в фітогормональному балансі за дії Епіббрасиноліду, який у 6–12 разів збільшував рівень зеатинрибозиду. При цьому в листках ячменю були визначені дигідрозеатин-рибозид, дигідрозеатин та ізопентил-аденін, яких у контрольних рослинах виявлено не було [234, 235].

Зміни в фітогормональному балансі рослин за дії екзогенних РРР відмічали в своїх дослідженнях й інші вчені, зокрема, за дії на рослини Епіну-екстра [70], Мелангозиду [236], Епіну [237], Фумару [238], Етамону і Гарту [239], Фетілу [240], Епіббрасиноліду та Амбіолу [241].

Нині в науковій літературі з'являються повідомлення про вплив на фітогормональний баланс рослин мікроорганізмів ризосфери та мікробіологічних препаратів. Так, серією дослідів доведена здатність *Pseudomonas aurantiaca* В–162/498 за розвитку в ризосфері синтезувати ІОК і стимулювати ріст і розвиток рослин [242]. Іншими дослідженнями доведена здатність *Bacillus sp.* 739 продукувати фітогормони і суттєво впливати на фітогормональний статус рослин пшениці озимої. Зокрема доведено, що у фазу кушіння вміст фітогормонів у рослин, насіння яких було оброблене даним

мікроорганізмом, значно зростав і складав: АБК –  $5,18 \pm 0,24$ , ІОК –  $60 \pm 2,60$ , ЦТК –  $72 \pm 3,11$  нг/г сирої маси при АБК –  $9,2 \pm 0,70$ , ІОК –  $13 \pm 1,86$  і ЦТК –  $11 \pm 1,35$  нг/г сирої маси в контролі [243]. Обробка насіння пшениці ярої Аверкомом (*Streptomyces avermitilis* УКМ Ас–2179) зумовлювала значні зміни в гормональному статусі верхівкових листків: вміст зеатину та зеатинрибозиду перевищував контроль відповідно в 3 і 2 рази, гіберелової кислоти – в 6 разів, вміст ІОК – залишився майже незмінним. Високий рівень ЦТК, при відносно незмінному пулі ауксинів, учені пов'язують з індукцією морфогенетичних процесів [244].

Фітогормональний баланс рослин є надзвичайно чутливим до дії факторів зовнішнього середовища, зокрема до температури, вологості повітря і ґрунту, важких металів, засолення та елементів мінерального живлення [245–248]. Баланс фітогормонів також залежить від сортових особливостей рослин та етапу онтогенезу, обробки посівів регуляторними речовинами, гербіцидами та іншими хімічними сполуками [109, 226, 249, 250].

Гербіциди, як БАР, здатні вступати у взаємодію з ендогенними регуляторами росту, що зумовлює порушення фітогормонального статусу рослин [251]. Так, на прикладі 2,4-Д, доведена здатність гербіциду змінювати баланс фітогормонів [252]. Зокрема встановлено, що обробка етиольованих проростків сої 2,4-Д і Піклорамом викликає інтенсифікацію синтезу етилену та АБК. При збільшенні норм гербіцидів синтез етилену і АБК прямо пропорційно зростає [253]. Збільшення концентрації АБК за дії 2,4-Д відмічали в рослинах бавовнику [254]. Порушення балансу фітогормонів у рослинах учені спостерігали й за дії інших видів гербіцидів. Так, у листках редису, за використання Атразину, значно зростає вміст ЦТК і вільної АБК [255]. На прикладі Дуалу доведена його здатність пригнічувати синтез гіберелінів у проростках сорго [256]. За дії Етефону ( $3,4 \cdot 10^{-3}$  М) та Диквату ( $2,7 \cdot 10^{-3}$  М) відмічено значне збільшення вмісту етилену та АБК у проростках жита озимого [257].

З поміж причин порушення фітогормонального балансу рослин за дії гербіцидів учені називають здатність їх інактивувати ендогенні РРР. Зазвичай інактивація окремих фітогормонів відбувається шляхом гідроксилювання, глікозилювання, зв'язування з білками, руйнування молекул та ізоляції гормону в окремі цитоплазматичні компартаменти, утворення різного роду кон'югатів, ефірів та ін. [84, 258, 259].

Дія гербіцидів і РРР на рослини не обмежується зміною лише фітогормонального статусу. Зазвичай за цим проходять метаболічні і структурні адаптивні зміни в рослинному організмі, які відображаються на проходженні фізіолого-біохімічних процесів та формуванні анатомо-морфологічної структури окремих тканин і органів [185, 221, 260].

Як було зазначено вище, основну роль у детоксикації ксенобіотиків у рослинах відіграють Сyt P<sub>450</sub> та GST, зокрема остання каталізує реакцію зв'язування токсикантів з GS [261, 262]. GST також є посередником у нуклеофільній атаці відновленого глутатіону на електрофільні зони ксенобіотиків, у результаті якої утворюються нетоксичні гідроксильні кон'югати. Тому вивченню значення глутатіону та ключових ферментів метаболізму, які беруть активну участь у біохімічних процесах захисту рослинної клітини за стресового впливу різноманітних абіотичних чинників, у тому числі й ксенобіотиків, приділяється велика увага [226, 263, 264].

Так, у дослідях із білковими препаратами GST, виділених з листків ячменю і гороху та оброблених 2,4-Д ( $5-10^{-5}$ М), доведена участь GST у процесах кон'югації 2,4-Д з глутатіоном. Ці дані підтверджуються результатами хроматографії, згідно яких у листках ячменю знайдено значну кількість фракції Rf=0,12, що відповідає комплексу 2,4-Д–глутатіон [265]. У серії дослідів, виконаних на прикладі тіокарбонатів та гербіцидів ацетохлору, металахлору та ін., була встановлена залежність між утворенням кон'югатів глутатіону з гербіцидами та активністю GST: висока концентрація кон'югатів відповідала високій активності GST; зі збільшенням норм препаратів збільшувався вміст GS і зростала активність GST; у стійких до гербіцидів рослин вміст GS і активність GST були набагато вищими, ніж у чутливих [266–269].

Відомо, що за стресових умов у рослинному організмі активуються різні сигнальні системи, функціонування яких пов'язане з утворенням вільних радикалів. Найуніверсальнішою реакцією рослин на дію стресів, у тому числі й на ксенобіотики, є продукування активних форм кисню [157, 270–272]. До АФК відносять синглетний кисень ( $^1\text{O}_2$ ), пероксид водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), озон ( $\text{O}_3$ ), супероксидний аніон-радикал ( $\text{O}_2^{\circ-}$ ), гідроксильний радикал ( $\text{OH}^\circ$ ) та інші [273–275]. Нагромадження АФК у рослинному організмі зумовлює розвиток оксидативного стресу, який має двохфазний характер: перша фаза – «окиснювальний вибух» – розвивається в

перші 15–30 хв., друга фаза – «вторинний оксидний стрес» – розпочинається через 2–3 год. [276–278].

За дії гербіцидів утворення АФК пов'язане з активацією  $P_{450}$ –монооксигеназної системи, яка модифікує ксенобіотики. В ході цієї складної реакції частина електронів взаємодіє з киснем, утворюючи супероксидрадикал ( $O_2^{\circ-}$ ).

Одним із негативних наслідків дії АФК на клітини рослин є пероксидне окиснення ліпідів, яке призводить до ушкодження мембран клітини та органоїдів [279]. У результаті пероксидного окиснення ліпідів мембран виникає цілий каскад вільнорадикальних реакцій, що супроводжуються утворенням спиртів, ефірів, альдегідів, серед яких можуть бути сполуки токсичні для клітини – малоновий діальдегід, 4-гідрокси-2-ноненал, 4-гідрокси-2-гексанал та ін. Ці сполуки здатні модифікувати структуру білків і ДНК [280]. У зв'язку з цим, вивченню реакцій ПОЛ у рослинах за дії різних стресорів (посуха, іонізуюче випромінювання, важкі метали, температурні умови, хвороби та ін.) вчені приділяють ретельну увагу [281–284]. Так, у досліджах із гербіцидами доведена негативна дія ПОЛ на рослинні організми [285]. Зокрема, за обробки рослин гороху 2,4-Д і 2,4-5-трихлорфеноксоцтовою кислотою в листках рослин нагромаджується досить значна кількість МДА, що може бути фактором пошкоджуючої дії галоїдфеноксокислот [286].

Аналогічні дані одержані за обробки рослин квасолі Дикватом, гороху – Паракватом, що свідчить про участь супероксидних радикалів у пошкодженні мембран клітин. У деяких груп гербіцидів (грамініциди) реакції ПОЛ є визначальними в розвитку фітотоксичної дії на дводольні рослини [287, 288].

Щодо впливу на процеси нагромадження АФК та проходження реакцій ПОЛ у рослинах екзогенних РРР у літературі зустрічається недостатньо повідомлень, але більшість із них засвідчують, що за використання РРР у рослинах відбувається суттєве зниження інтенсивності процесів ліпопероксидації [289–291]. Вчені припускають, що фітогормони здатні взаємодіяти з біомембранами і впливати на перебіг вільнорадикальних реакцій ПОЛ. Зокрема, деякі синтетичні аналоги фітогормонів, а також АБК і ЦТК, здатні проявляти властивості антиоксидантів [221, 292, 293]. Так, у досліджах, виконаних з різними сортами ячменю, доведена здатність Емістиму С і Квартазину пригнічувати процеси ПОЛ.

Доведено, що ступінь впливу фіторегуляторів на ПОЛ залежить від генотипу: контроль над змінами ПОЛ у сортів ячменю Зазерський і Роланд за дії РРР Квартазину здійснюється геномом ядра; за дії Емістиму у сорту Роланд – геномом цитоплазми, у сорту Зазерський – обома геномами [221, 294]. Пригнічення нагромадження МДА в рослинах пшениці озимої було відмічено за використання РРР Рифтал, що дало підставу зробити висновок про високу ефективність препарату як регулятора активності антиоксидантної системи рослин [295].

Нині доведено, що антиоксидантна система рослин функціонує завдяки наявності специфічних сполук та ферментів-антиоксидантів. До антиоксидантів відносять низькомолекулярні гідрофільні і ліпофільні органічні сполуки з відновлювальними властивостями (глутатіон, аскорбат, жиророзчинні вітаміни А, Е ( $\alpha$ -токоферол), убіхінон, біофлавоноїди та ін.) [157, 296].

Аскорбінова кислота – найрозповсюдженіший метаболіт і ключовий антиоксидант у клітинах рослин. Як відновник, аскорбінова кислота бере участь у функціонуванні антиоксидантних систем, що діють у хлоропластах, мітохондріях, пероксисомах, цитозолі й апопласті. Завдяки їй відбувається регенерація  $\alpha$ -токоферолу [297].

У науковій літературі показано, що за дії стресів різної природи, у тому числі й гербіцидів, вміст аскорбінової кислоти в рослинах значно збільшується [298, 299]. З огляду на це, є підстави вважати, що збільшення вмісту аскорбінової кислоти пов'язане з нейтралізацією АФК та вільних радикалів, що утворюються при контакті АФК з мембранами [300, 301]. Однак це питання потребує подальшого всебічного вивчення.

Серед ферментів-антиоксидантів найбільш важливими є супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза та ферменти аскорбат-глутатіонового циклу [157].

СОД (КФ 1.15.1.1) є одним із ключових ферментів, який обмежує процеси перетворення супероксидного радикалу в інші активні форми кисню (прооксиданти), тобто – каталізує реакцію утворення пероксиду водню із супероксидного аніон-радикала. В клітинах рослин присутні три типи СОД: Fe-СОД (хлоропласти), Mn-СОД (мітохондрії, пероксисоми) і CuZn-СОД (цитозоль, хлоропласти, пероксисоми, гліоксисоми, апопласт) [302–304].

Функціонування СОД у рослинах контролюється генетично детермінованими механізмами. Так, з рослин ячменю вдалося виділити чотири варіанти СОД – Sod S, Sod F, Sod B і Sod D. Залежно від поєднання в генотипі ячменю різних алелей СОД, у рослин формується різна стійкість до несприятливих чинників навколишнього природного середовища [305].

На прикладі трансгенних рослин з надекспресією Fe-СОД виявлено кращу захищеність рослин проти дії гербіциду Паракват, ніж у рослин, що мають надекспресію гену Mn-СОД [306]. Водночас виникнення резистентності у рослин до дії гербіциду Паракват учені пояснюють підвищеною активністю СОД. Так, стійкі до дії Параквату рослини мають на 60–200% вищу активність СОД, ніж чутливі [307].

Не менш важливу роль серед антиоксидантних ферментів відіграють каталаза (КФ 1.11.1.6) і пероксидази: аскорбатпероксидаза (КФ 1.11.1.11), гваяколова пероксидаза (КФ 1.11.1.7) та глутатіон-пероксидаза (КФ 1.11.1.9). Ці ферменти нейтралізують негативну дію на клітини рослин пероксиду водню: каталаза розкладає пероксид до водню й кисню; пероксидази – відновлюють пероксид до води, використовуючи в якості донорів електронів різні субстрати. Саме пероксидазна активність найбільш часто використовується в якості індикатора стресового стану рослин [307–310]. Тому дослідженню активності пероксидаз та стану інших антиоксидантних ферментів у рослинах за дії гербіцидів й інших БАР у літературі присвячено низку робіт [311–314]. У більшості із них вчені констатують підвищення активності основних антиоксидантних ферментів за дії різних видів і норм гербіцидів. Так, підвищений рівень пероксидаз було відмічено у семи сортів ячменю ярого, обробленого Трефланом (1,0 мг/л), що в 1,4 і 2,5 рази перевищувало контрольні варіанти [311]. У рослин винограду за використання Симазину (2–5 кг/га), Карагарду (4–11 кг/га) і Девринолу (4–7 кг/га) активність пероксидази зростала в 3–4 рази [312]. У дослідах з рослинами огірка, які були оброблені Атразином і Хлортолуроном (0,5 мг/л), виявлено стимуляцію каталазної активності, при цьому пероксидазна – дещо пригнічувалась [313]. Одні й ті ж гербіциди (Харнес –  $2,89 \cdot 10^{-2}$ , Фронтьер –  $1,79 \cdot 10^{-2}$ , Мерлін –  $1,21 \cdot 10^{-3}$  моль/л) неоднаково впливають на пероксидазну активність різних гібридів кукурудзи (Кадр 267МВ, Хмельницький 280СВ, Білозерський 295СВ). Найвищою активність

пероксидази за дії гербіцидів була у гібриду Кадр 267МВ, що свідчить про його високу чутливість до дії даних препаратів [314].

Про важливу роль ферментних систем рослин та зміну їх активності за впливу різних видів гербіцидів повідомляють у своїх працях й інші вчені [315–317]. Дехто з учених припускає [318], що зміни балансу ферментних систем за дії гербіцидів, зокрема збільшення гідроксилуючої активності пероксидази в тканинах культурних рослин, можуть свідчити про участь пероксидази в детоксикації гербіцидів.

Значну роль у стимулюванні антиоксидантної системи рослин відіграють екзогенні РРР. Так, в умовах засолення обробка рослин кукурудзи Івіном суттєво підвищувала рівень активності пероксидази [319]. Обробка сої Агростимуліном стимулювала нагромадження рослинами фенольних сполук, при цьому активність поліфенолоксидази знижувалась [320]. За використання на помідорах Агроемістиму-екстра активність пероксидази зростала в три рази [321].

Сумісне використання гербіцидів і РРР у посівах кукурудзи (Базис 15–30 г/га + Зеастимулін), пшениці озимої (Дікопур 0,7–2,0 л/га + Агростимулін), сої (Тарга супер 1,0–2,0 л/га + Емістим С), гороху (Агрітокс (0,5 л/га), Пантера (2,0 л/га), Базагран М (2,5 л/га) + Емістим С), тритикале озимого (Пріма 0,4–1,0 л/га, Пума супер 0,8–1,4 л/га + Біолан), ячменю ярого (Калібр 30–60 г/га + Агат-25К + Агростимулін) забезпечує значне зростання в рослинах активності ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази та поліфенолоксидази), що може свідчити про підвищення антиоксидантного статусу рослин [322–327].

Зміни у фітогормональному балансі та активності антиоксидантних систем зумовлюють відповідні фізіологічні реакції, які супроводжуються якісними і кількісними змінами в пігментному комплексі рослин та відображаються на фізіології регулювання фотосинтезу [328, 329].

Як показують узагальнені результати досліджень [330, 331], вміст пігментів у фотосинтезуючих органах рослин найбільш реально відображає їх фотосинтетичну активність, але за дії стресових чинників може відбуватися руйнування хлорофілу, яке в переважній більшості випадків носить фотоокиснювальний характер.

Біля 50 відсотків гербіцидів своєю дією впливають на фотосинтез. Зокрема вони здатні порушувати процеси синтезу пігмен-

тів, викликають перебудову в їх спектральних характеристиках, що в цілому призводить до формування специфічної структури фотосинтетичного апарату рослинного організму та до змін в його функціонуванні [332].

Більшість гербіцидів, особливо в початковий період їх використання, зумовлюють зниження вмісту хлорофілу в рослинах. Це продемонстровано в дослідях із використанням Діурону (1,0–3,0 мкМ) на рослинах ячменю [333]; 2,4-Д, Параквату, Атразину, Алахлору (0,05–0,15%) – на висічках *Oxalis latifolia* [334]; Касорану (80 кг/га) – на малині [335]; АС-252214 (1,0 мкМ) – на редисі та пшениці озимій [336]. Разом з тим у рослин сорго за використання 2,4-Д (0,5 кг/га) та кукурудзи (0,001–0,5% 2,4-Д сумісно з  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) відмічено зростання вмісту хлорофілу [337, 338].

Серед причин, що зумовлюють за дії гербіцидів зменшення вмісту хлорофілу в рослинах або ж викликають його руйнування, вчені виділяють активне продукування АФК [339]. Внаслідок реакцій, зумовлених утворенням АФК, у рослин відбувається пошкодження мембран хлоропластів та руйнація фотосинтетичного апарату [107, 340, 341]. При цьому не виключеною залишається пряма негативна дія гербіцидів на синтез протохлорофіліду та активність протопорфіриногенаоксидази – одного з ферментів біосинтезу хлорофілу [341]. Іншою ж причиною руйнування хлорофілу в рослинах за дії стресів може бути підвищена гідролітична активність ферменту хлорофілази [342, 343].

Хлорофіл і хлорофілаза, завдяки просторовій організації та молекулярному оточенню, в нативній системі не взаємодіють. Однак порушення нативності структури призводить до швидкого гідролізу хлорофілу ферментом [344].

Ці дані підтверджуються результатами досліджень, виконаними на рослинах помідора за використання гербіцидів Солан і Прометрин. Так, збільшення норм використання гербіцидів (наприклад, Солану з 3,0 до 6,0 кг/га) призводило до підвищення активності хлорофілази та зростання частки розкладеного хлорофілу [345].

Під дією стресів та різноманітних інших чинників у рослинах можуть відбуватися зміни в структурній організації хлоропластів [346]. Такі зміни характерні й для рослин, оброблених гербіцидами. Так, за обробки редису Монуроном і Бентазоном у проростках відмічено утворення значної кількості скупчень гран, водночас гербіцид SAN 6706 індукував руйнування тилакоїдних мембран з утворенням значного числа пластоглобул [347]; у висічках

гарбуза за дії Оксадиазону (1–30 мкМ) відмічено видовження тилакоїдів [348]; у рослин квасолі за обрискування Дипіриділом спостерігалось набубнявіння хлоропластів та тилакоїдів [349].

Зміни в структурній організації хлоропластів тісно пов'язані з порушенням електронного транспорту між фотосистемами I і II, фосфорилуванням, інгібуванням реакції Хілла [350–352]. Зокрема реакція Хілла може корелювати зі ступенем стійкості рослин до дії гербіцидів [353].

Велику роль у захисті реакційних центрів фотосистем I і II від деструктивної дії АФК та інших чинників відіграють каротиноїди [354]. Як свідчать наукові праці [355, 356], гербіциди можуть суттєво пригнічувати синтез каротиноїдів у рослинах, однак характер їх дії на процеси синтезу даних сполук залежить від класу хімічних речовин, норми внесення препаратів, умов використання та виду рослин.

Різною є дія на хлорофіл, фотохімічну активність хлоропластів і їх структуру екзогенних РРР. Однак як свідчать дослідження, у більшості випадків РРР стимулюють нагромадження рослинами хлорофілу та підвищують фотохімічну активність хлоропластів [357, 358]. Це демонструють дані з використання Агростимуліну на пшениці озимій [359]; Емістиму С на сої [360]; Зеастимуліну на кукурудзі [361]; Емістиму С і Бетастимуліну на буряку цукровому [362]. Активізація нагромадження хлорофілу в рослинах спостерігається і за сумісного внесення РРР із гербіцидами, зокрема Трезору сумісно зі Стифуном або Рифталом на посівах ячменю ярого [363]; 2,4-Д з Фуроланом, Пріми з Емістимом С, Гроділу Максі з Біоланом і Поліміксобактерином, Трефлану і Стомпу сумісно з Біовітрексом на посівах пшениці озимої [364–367]. Вчені припускають, що екзогенні РРР у сумішах із гербіцидами проявляють антистресову і протекторну дії, що в цілому забезпечує збереженість хлорофілу та сприяє активізації проходження фотосинтетичних процесів у рослинах. Однак ці дані потребують подальшого узагальнення та експериментального обґрунтування.

Важливу роль в адаптації рослин до дії стресових чинників відіграє нагромадження таких метаболітів як цукри [368]. Узагальнені дані свідчать, гербіциди здатні суттєво порушувати вуглеводний обмін у рослинах, що супроводжується посиленням розкладанням поліцукрів – крохмалю і декстринів. Зокрема, за дії 2,4-Д у листках і стеблах різко зростає вміст редуруючих цукрів, який з часом значно знижується. Ступінь і швидкість порушення

вуглеводного обміну в рослинах залежить від норми внесення препарату, фази розвитку рослин, при якій проходить обприскування, та чутливості окремих видів рослин до гербіциду. При підвищених нормах 2,4-Д, а також у рослин більш чутливих до дії гербіциду, порушення вуглеводного обміну проходить інтенсивніше і в коротші терміни [86, 369]. Так, за дії 2,4-Д у нормі 0,78 кг/га відбувається різке зниження вмісту цукрів у листках і корінні редьки дикої [370]. Обробка рослин ячменю ярого 2,4-ДА зумовлює через добу зниження вмісту в надземній масі глюкози, фруктози і сахарози майже вдвічі, при цьому співвідношення моноцукри: олігоцукри зростає [371].

Вчені у своїх роботах відмічають, що за дії гербіцидів у рослинах порушується фосфорний і азотний обмін [372, 373]. Так, початкова реакція пшениці озимої на дію 2,4-Д виявляється у зниженні рівня мінерального і суми органічних фосфатів. У подальшому простежується активація фосфорного обміну, яка супроводжується підвищенням вмісту в рослинах нуклеїнових кислот і нуклеопротейдів [372]. Водночас у рослин ячменю ярого порушень фосфорного обміну за використання гербіциду Флампропізопропілу не виявлено [374]. Збільшення вмісту загального фосфору відмічали в рослинах кукурудзи за дії Атразину, що, можливо, покращувало в цілому фосфорний обмін та зумовлювало зростання вмісту кислоторозчинних фракцій – нуклеотидів і ефіроцукрів [375].

Процеси фотосинтезу у рослинах є сильно пов'язаними із азотним обміном [376]. Так, на прикладі 2,4-Д показано, що за обробки дводольних рослин у листках помітно зменшується вміст загального азоту, разом з тим у стеблах і кореневій системі – підвищується [373]. За підвищених норм внесення 2,4-Д у рослин квасолі зменшується вміст нітратного азоту, що, вочевидь, пов'язано з підвищенням активності ферменту нітратредуктази [377]. Вчені також вважають, що за дії 2,4-Д у чутливих рослин зменшується надходження в надземну частину азоту з ґрунту та гальмується його пересування з кореневої системи до надземних органів [378]. У зв'язку з цим у рослин простежується порушення амінокислотного та білкового синтезів [379].

Особливості надходження, пересування і транслокалізації гербіцидів, їх вплив на фітогормональний статус та фізіолого-біохімічні процеси в рослинах зумовлюють порушення ростових

процесів окремих клітин, тканин і органів, що в подальшому визначає їх анатомо-морфологічну структуру та впливає на формування продуктивності посівів, урожайності і якості врожаю. Анатомічні та морфологічні зміни в ультраструктурі клітин, тканин і вегетативних органів є проявом ознак фенотипової пластичності рослин до дії певних несприятливих чинників [380], однак видимим зовнішнім змінам передують глибокі внутрішні перебудови, обумовлені дією того чи іншого чинника.

Загальновідомо, що ріст рослин відбувається завдяки діяльності меристем (наприклад, у злаків – апікальної та інтеркалярної), в яких клітини проходять три послідовних стадії розвитку: поділу (ембріональна стадія), розтягування і диференціювання [85].

Нині доведено, що гербіциди (наприклад, 2,4-Д й ін.) здатні активно пересуватися в рослинах до зон із найвищою меристематичною активністю [109], де вони прямо або побічно (через порушення балансу ендогенних фітогормонів та перебігу фізіолого-біохімічних процесів) впливають на стадії розвитку клітини. Найбільш активно клітини сприймають хімічні стимули під час проходження ембріональної стадії. Це доведено на прикладі використання окремих карбонових кислот, тіокарбаматів, хлорацетамідів, динітроанілінів та інших хімічних сполук. За використання гербіцидів мітотична активність клітин, що перебувають в стадії ділення, може порушуватись. Це, в свою чергу, призводить до порушення проходження стадій розтягування і диференціювання клітин та змін в анатомічній та морфологічній будові зародкових тканин і органів [380]. Ці зміни добре простежуються після ініціації в конусі наростання листків, зародкових колосків й ін. органів [381, 382]. Так, за використання в умовах вегетаційного дослідження 2,4-Д (0,52кг/га) у рослин ячменю ярого сорту Кліппер були відмічені суттєві морфологічні зміни в апікальній меристемі головного стебла: в зародковому колосі формувалися ділянки без колосків, а в колосків, що сформувалися – порушувалась анатомічна будова [383]. Будь-які зміни в анатомічній і морфологічній будові зародкових органів зумовлюють формування відповідної будови листового апарату і стебла рослин, що може свідчити про ступінь і глибину впливу гербіцидного агента на рослинний організм та про його стійкість до дії відповідних препаратів [384].

Встановлено, що ступінь і характер дії гербіцидів на рослинний організм залежить від норм, строків, способів їх застосування

та видових особливостей злакових культур. Так, при внесенні в посівах кукурудзи амінної солі 2,4-Д в нормах 1,0–2,0 л/га в стеблах рослин у 1,8–2,5 рази збільшувалась площа провідних тканин, число водопровідних судин в одному пучку зростало в порівнянні з контролем до 299%; за внесення підвищених норм гербіциду (3,0–4,0 л/га), особливо у фазу виходу в стебло, в анатомічній будові стебла кукурудзи простежувались патологічні зміни – різко зменшувалась кількість водопровідних судин і площа флоєми [78, 385]. За обробки рослин соняшнику Дикамбою (0,01–0,5%) було відмічено зменшення товщини клітинних стінок в обкладках пучків і трахей. За концентрації гербіциду 0,5% спостерігалось сильне ушкодження трахей та формувалась не диференційована ксилема [386]. За дії гербіциду 2,4-Д у рослин квасолі відмічені зміни в морфологічній будові клітин епідермісу [387]; за використання Трифлурону (0,5–1,5 кг/га) в рослин кукурудзи зменшувалась довжина продихової щілини та розміри епідермальних клітин [388].

Значно впливати на формування анатомічної і морфологічної будови рослин можуть і екзогенні РРР. Як свідчать дослідження, у більшості випадків вони сприяють підвищенню мітотичної активності в меристемах рослин [389]. Так, за обробки соняшнику РРР Трептолемом було відмічено збільшення об'єму клітин стовпчастої паренхіми та потовщення листкових пластинок (за рахунок розростання основної фотосинтезуючої тканини листка – хлоренхіми). При цьому площа і кількість продихів, кількість клітин епідермісу на одиницю абаксіальної поверхні листка були близькими до контролю [390]. Стимулювання мітотичної активності вчені спостерігали й за використання МБП (зокрема, Агату-25К, Діазофіту, Ризоентерину та Флавобактерину) на рослинах жита і пшениці озимої [391, 392].

Нині менш вивченими залишаються анатоμο-морфологічні зміни в рослинах сільськогосподарських культур за дії в посівах комплексів препаратів: гербіцид + РРР, гербіцид + МБП, гербіцид + РРР + МБП. Однак узагальнення досліджень, виконаних на різних сільськогосподарських культурах [393–399] показує, що оптимальні норми гербіцидів, внесені сумісно з РРР чи МБП, зумовлюють збільшення розмірів клітин епідермісу та довжини продихових щілин, що відповідає формуванню оптимального за площею і найбільш продуктивного листкового апарату, характерного для мезофітів.

Формування за дії гербіцидів і РРР різної кількості продохів на поверхні листка та зміна під впливом препаратів їх розмірів може відповідним чином позначатись на процесах транспірації та газообміну в рослинах, які, в свою чергу, тісно пов'язані з фотосинтезом [400, 401]. Так, доведено, що обробка рослин ячменю ярого гербіцидами зумовлює підвищення інтенсивності транспіраційних процесів, однак за використання гербіцидів на фоні обробки насіння ячменю біологічними препаратами Агат-25К і Гумі, транспіраційні процеси стабілізуються та знижуються, що дозволяє рослинам більш раціонально використовувати воду для продукційного процесу [401].

Анатомічна будова листкового апарату накладає істотний відбиток на формування площі листків, від яких напряму залежить фотосинтетична діяльність посівів [402]. Крім того, добре сформований листковий апарат відіграє важливу роль у пригніченні росту і розвитку бур'янів [403].

Як показують дослідження, виконані з використанням у посівах ячменю ярого РРР Мелафену ( $1 \cdot 10^{-7}\%$ ) і Пірафену ( $1 \cdot 10^{-7}\%$ ), площа листків у фазу виходу рослин у трубку зростала проти контролю відповідно на 27% і 37–46% [404]. За використання гербіцидів Гранстар, Лінтур 70WG, Калібр в оптимальних нормах сумісно з РРР Емістим С, Агростимулін та Агат-25К площа листкового апарату ячменю ярого також значно збільшувалась, про що констатується у працях [405–407].

Залежно від норм та строків використання гербіцидів, поєднання їх у сумішах із РРР, сільськогосподарські культури формують різну висоту та надземну біомасу. Зазвичай використання підвищених норм препаратів зумовлює пригнічення ростових процесів у рослин, що супроводжується формуванням меншої висоти. Так, обробка ячменю ярого 2,4-Д (1,6 кг/га) у значній мірі пригнічувала ріст рослин у висоту [408], водночас обробка насіння ячменю ярого МПБ Агат-25К стимулювала ростові процеси рослин і навіть за сумісного використання з Вітаваксом забезпечувала інтенсивніший ріст рослин [409]. Позитивний вплив сумісного використання гербіцидів і РРР на ріст рослин у висоту тритикале озимого і кукурудзи відмічений у працях [326, 410]. Однак питання сумісної дії гербіцидів із рістрегуляторами на формування анатомічної структури, площі листкового апарату, біомаси та висоти рослин є розкритим у науковій літературі недостатньо, що

вимагає проведення у даному напрямку подальших всебічних досліджень.

Формування високопродуктивних агрофітоценозів потребує створення адаптивно-ландшафтних систем землеробства, які передбачають розробку теоретичних основ і практичних методів управління ґрунтовою родючістю, екологічну безпеку виробництва та зниження витрат енергії і матеріальних ресурсів. Створення таких агрофітоценозів можливе лише за максимального використання природного потенціалу та з мінімальним хімічним пресингом на агроєкосистеми [411].

Мікробний ценоз ґрунту кореневої зони рослин – це складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, що упорядковане на основі трофічних взаємодій і є важливою функціональною ланкою в системі ґрунт – мікроорганізм – рослина. Мікробне угруповання чітко реагує на будь-які чинники навколишнього середовища, але із завершенням їх дії стабілізується в рівновазі відповідно до умов ризосфери певного виду рослин. Тому мікроорганізми можуть слугувати індикатором на дію певного стресового чинника [411, 412].

Увагу вчених давно привертає питання взаємовідносин мікроорганізмів із вищими рослинами, однак, зважаючи на різнобічність зв'язку між ними, це питання є досить складним і мало вивченим.

Взаємодія вищих рослин із мікроорганізмами здійснюється, насамперед, у зоні ризосфери, в якій відбувається нагромадження та трансформація корневих виділень. Саме кореневі виділення є головною умовою, що визначає видовий склад ризосферної мікробіоти [413]. В процесі росту і розвитку рослини виділяють в ризосферу органічні і мінеральні речовини: цукри, кислоти, амінокислоти, фосфатні й азотні сполуки, вітаміни й ін. [414]. Це зумовлює хемотаксис бактерій до корневих ексудатів, їх адгезію до коріння рослин і колонізацію ними кореневої системи [415].

Особливе значення серед корневих виділень рослин відіграють вітаміни, які безпосередньо впливають на стан і функціонування мікробного ценозу [416, 417]. Так, узагальнені фізіолого-біохімічні дослідження виділень проростаючого насіння зернових культур показали, що в них міститься: азоту – 2,6%, фосфору – 1,4%, калію – 2,1% на суху речовину, вітаміни групи В, ферменти окисно-відновного комплексу та інших груп, фітогормони (аук-

сини, цитокініни, гібереліни), нуклеїнові кислоти, амінокислоти та інші сполуки [418].

Однак нині доведеним є той факт, що мікроорганізми здатні й самі продукувати фізіологічно активні речовини, чим стимулюють ріст і розвиток рослин [419]. Так, ризосферні бактерії пшениці озимої здатні продукувати комплекс біологічно активних речовин, серед яких, зокрема, є вітаміни і фітогормони. Вони також здатні переводити важкорозчинні фосфати ґрунту та інші елементи в легко доступні форми для рослин [420, 421]. Деякі бактерії здатні взаємодіяти з кореневою системою рослин на клітинному та субклітинному рівнях. Наприклад, бактерії роду *Agrobacterium* інтегрують T-ДНК бактеріальних плазмід у геном рослинних клітин, що якісно змінює морфо-фізіологічні показники кореневої системи [422].

Отже, ріст і розвиток рослин та мікроорганізмів знаходиться у тісному і багатогранному взаємозв'язку, який може зазнавати істотних змін як за дії біотичних, так і абіотичних чинників, зокрема, за використання добрив, пестицидів, у тому числі гербіцидів, біологічних препаратів та ін. Тому вивчення цих взаємозв'язків дасть можливість цілеспрямовано керувати мікробіологічними процесами в ґрунті з метою підвищення врожайності сільськогосподарських культур та якості продукції [423, 424].

Нині в науковій літературі є значна кількість публікацій щодо впливу гербіцидів на активність мікроорганізмів. Однак у більшості з них учені прийшли до висновку, що в початковий період після внесення препаратів мікроорганізми пристосовуються до дії хімічного агента, тому їх чисельність не змінюється або ж дещо зменшується. В подальшому їх кількість може значно зростати, особливо за умови швидкого розвитку тих груп, що беруть участь в деградації препаратів. При цьому спостерігаються кількісні і якісні зміни в розвитку певних еколого-трофічних груп [425, 426].

Зазвичай більше 60% гербіцидів не впливають на мікробіоту ґрунту [427]. Це доведено в досліджах з гербіцидом Бромоксинілом, внесеним у шар ґрунту 0–40 см [428]; за багаторічного використання в сівозміні 2,4-ДА (0,6–1,0 кг/га), 2М-4Х (1,0–1,8 кг/га), Піраміну (4,0 кг/га) та ін. [429]; при внесенні Триаллату (1,2 кг/га) в посівах пшениці ярої [430]. Водночас більшість учених констатують стимулюючий вплив гербіцидів на розвиток

грунтової мікробіоти. Так, у посівах кукурудзи Ерадикан (7,0 л/га) підвищував чисельність амоніфікаторів на 65%, олігонітрофілів – 12% [431]; за використання Парднера (1,5 л/га), Зенкора (0,5–1,0 кг/га), Тарока (0,7–1,0 л/га) відмічено збільшення чисельності грибів на 0,8 тис./г ґрунту [432].

Крім позитивного впливу, деякі вчені вказують на негативну дію гербіцидів на ґрунтові мікроорганізми. Зокрема, це показано в дослідях із Карбосульфуроном (2,08 кг/га), Карбофураном (1,25 кг/га), 2М-4Х (1,68 кг/га), Симазином (1,68 кг/га) та ін. [433]; Сетоктидимом (1000 мкг/г ґрунту) – у відношенні до грибів [434]; Хлорсульфуроном (5,0–8,0 г/га) – у відношенні до бактерій, що засвоюють мінеральний азот [435]; Тетралом (12,0 кг/га), Девринолом (5,0 кг/га), Депрою (5,0 кг/га) – у відношенні до бактерій і актиноміцетів [436]; Вензаром (0,8–1,0 л/га) і Піраміном (6,0 л/га), Трибунілом (3,0 кг/га), Дікопуром (1,0 л/га), Трезором (1,2 кг/га), Лентипуром (1,5 л/га) – у початковий період після внесення у відношенні до загальної чисельності мікроорганізмів, грибів та актиноміцетів [437–439]. Вочевидь, така неоднозначність експериментальних досліджень у науковій літературі може свідчити про залежність життєдіяльності ґрунтової біоти від виду хімічного агента, ґрунтово-кліматичних та погодних умов проведення досліджень, виду рослин та інших чинників. Але незаперечним залишається той факт, що дія на мікроорганізми гербіцидів може бути безпосередньою – через контакт хімічного агента з клітиною, або опосередкованою – через продукти метаболізму, що виділяються рослиною в кореневу систему. В праці [440] наведено узагальнення механізмів впливу на мікробну клітину ксенобіотиків. Зокрема показано, що хімічні сполуки здатні викликати ушкодження клітинних мембран, порушуючи при цьому їх проникність, знижують активність життєво важливих ферментів, таких як АТФаза, цитохромоксидаза, нітрогеназа та ін. Не виключається також можливість впливу гербіцидів на клітини мікроорганізмів на генетичному рівні.

Не однаковою є реакція на дію гербіцидів різних таксономічних та еколого-трофічних груп мікроорганізмів. Так, експериментально встановлено, що більш стійкими до дії ксенобіотиків є органотрофні, педотрофні та целюлозоруйнівні мікроорганізми, менш стійкими та чутливими – амоніфікуючі, нітрифікуючі, асоціативні та симбіотрофні азотфіксатори. Встановлено також, що

за дії гербіцидів суттєвих змін зазнає і комплекс ґрунтових мікро-скопичних грибів [441–443].

Вирішальну роль у взаємодії мікробної клітини з хімічним агентом відіграє хімічна структура препарату [441]. Так, негативний вплив на загальну біологічну активність ґрунту та нітрифікуючі мікроорганізми зростає в напрямку: карбамат → тіокарбамат → дитіокарбамат. Залежно від структури хімічної речовини гербіцидів, мікроорганізми по-різному активізують процеси життєдіяльності з метою біодеградації препаратів. Нині доведеним є факт, що мікроорганізми здатні використовувати діючі речовини гербіцидів як джерело живлення і енергії. Так, бактерії роду *Pseudomonas* (штами *P. aurantiaca* УКМ В – 83, *P. mendocina* УКМ В-171, *P. fluorescens* УКМ В-36, *P. auerofaciens* УКМ В-109) здатні використовувати гербіцид Дуал, як джерело біогенних елементів (вуглецю, азоту); бактерії родів *Pseudomonas* і *Flavobacterium* – Симазин, *Trichoderma*, *Penicillium* – Далапон; *Flavobacterium*, *Nocardia* – 2,4-Д й ін. [444–446]. Однак у розкладанні гербіцидів зазвичай беруть участь не окремі види мікроорганізмів, а їх сукупність, яка становить консорціуми.

У процесі деструкції ксенобіотиків мікроорганізми здійснюють низку ензиматичних перетворень: гідроліз ефірних зв'язків, відокремлення алкільних груп, гідроксилування ароматичного кільця, відновлення нітрогруп та ін. [440]. Причому на різних етапах деструкції гербіцидів мікроорганізми проявляють різну ензиматичну активність. Так, дослідженнями Всеросійського НДІ захисту рослин встановлено, що в посівах буряку цукрового за використання Ептаму (5,0 л/га), ТХА (8,0 кг/га), Ленацилу (1,0–3,0 кг/га) і Бетаналу (6,0 л/га) активність ферментів (каталази, уреаз, інвертази) значно змінюється як у рік внесення гербіцидів, так і в наступні роки вирощування інших культур. Зокрема відмічено, що суміші гербіцидів помітно стимулювали активність каталази, водночас менш вираженою була їх дія на активність уреаз. Післядії гербіцидів найактивніше вплинула на функціонування інвертази: активність ферменту через 16 місяців зростала в усіх варіантах дослідження, але на фоні високих норм Ленацилу – знижувалась [447]. У посівах пшениці озимої за використання гербіцидів ТОК Е – 25 (2,5 кг/га), Базаліну (1,0 кг/га), Трибунілу (1,5 кг/га), Дозаміксу (1,5 кг/га), 2,4 – Д (1,25 кг/га), Арелону (1,0 кг/га) через 2 доби після обробки відмічено зниження фосфа-

тазної активності на 13; 60; 70; 68; 65 і 74% відповідно, через 10 діб – на 6; 29; 47; 42; 39 і 41%, а в період збирання врожаю – на 1; 5; 13; 12; 11 і 10% [448]. Не відмічено негативної дії гербіциду Симазину в усіх досліджуваних нормах на активність ферментів інвертази та дегідрогенази [449], разом з тим Ептам (1,0–1,2 кг/га) негативно впливав на ферментативну активність ґрунту [450].

Негативна дія гербіцидів на мікроорганізми та їх ферментативну активність може бути значно знижена за сумісного їх використання з РРР та МБП. Так, за присутності РРР підвищується стійкість мікробних асоціацій (фосфатмобілізуючих бактерій, азототрофів) до дії низки пестицидів. При цьому зростає оксидоредуктазна активність мікроорганізмів (каталазна, дегідрогеназна), що підвищує швидкість деструкції хімічних препаратів [451]. При додаванні РРР (Емістим С, Агростимулін) у середовище активізуються параметри росту природних асоціацій мікроорганізмів: підвищується питома швидкість росту, збільшується кількість генерацій, скорочується лаг-фаза та тривалість подвоєння числа мікроорганізмів. Сумісне використання РРР з фунгіцидами нівелює негативну дію останніх на мікробні асоціації, при цьому стимулююча дія РРР зберігається [452].

Стосовно впливу екзогенних РРР на мікробні угруповання ґрунту даних у літературі небагато. Однак їх узагальнення показує, що дія РРР на мікроорганізми знаходиться в прямій залежності від впливу РРР на ростові та фотосинтетичні процеси в рослинах. Підвищення інтенсивності фотосинтезу викликає інтенсивний відтік у кореневу систему фотоасимілятів, органічних кислот, цукрів та інших сполук. Під впливом РРР на 26–43% зростає маса кореневої системи, що значно збільшує площу для розвитку мікроорганізмів [453–455]. Очевидно, що механізми, детерміновані РРР у рослинах, зумовлюють зменшення негативного впливу гербіцидів на мікробіоту, особливо за умови їх сумісного використання із РРР. Так, з низки наукових робіт [326, 410, 443] випливає, що гербіциди в початковий період їх використання зумовлюють незначне пригнічення розвитку бактерій і мікроміцетів ризосфери, при цьому більш сильніше серед бактерій пригнічуються амоніфікатори, нітрифікатори та азотобактер. Водночас за сумісного використання гербіцидів із РРР, негативна дія препаратів на мікроорганізми знижується і в наступні періоди змінюється стимулюючим впливом.

Менш вивченим нині є питання сумісної дії на мікробіоту ґрунту МБП і гербіцидів, але експериментальні дослідження, в яких вивчалась самотійна дія МБП, засвідчують позитивний вплив препаратів на збільшення в ризосфері агрономічно цінних видів мікроорганізмів, під впливом діяльності яких зростає синтез біологічно активних речовин та покращується поживний режим ґрунту. Це дає підставу стверджувати про можливість зменшення негативного впливу гербіцидів як на мікроорганізми, так і в цілому на ґрунт [456, 457].

Відомо, що серед основних елементів живлення одне з чільних місць посідає азот, який входить до складу білків, нуклеїнових кислот та багатьох інших органічних сполук, необхідних для життєдіяльності рослин. Нагромадження рослинами органічної речовини регулюється їх азотним живленням, тому між засвоєнням азоту і продуктивністю рослин існує тісний прямий зв'язок [458]. Зважаючи на це, важливого значення набуває розробка шляхів забезпечення рослин біологічним азотом, що можливо здійснити за рахунок активізації життєдіяльності азотфіксувальних мікроорганізмів, які знаходяться на коренях та в прикореневій зоні [459]. Ризосфера і ризоплана є основними екологічними нішами, де активно здійснюється асоціативна азотфіксація. Саме тут є необхідне для азотфіксації енергетичне забезпечення: продукти екзосмосу, кореневі залишки, різні метаболіти, представлені корневими виділеннями рослин й ін. [459, 460].

Найбільш досліджуваними нині є азотфіксатори роду *Azotobacter*. Так, вивчення дії гербіцидів Монурону, Небуруну, Діуруну, Тіламу, Фалону, Сезону, Аліпуру, Амібену, Солану, Хлоразину, Динабену і Диміду в концентраціях 0,1–0,7% на різні штами *Azotobacter* показало, що всі вони є чутливими до даних гербіцидів. Однак *Azotobacter chroococcum* є менш чутливим, ніж *Azotobacter galophilum* [461]. Гербіциди Арелон (15 і 30 мг/л) та Стомп (60 і 120 мг/л), внесені в середовище, пригнічували розвиток і фіксацію азоту *Azotobacter vinelandii* відповідно на 20 і 50% [462]. Водночас гербіцид Гарлон (2,0–4,0 кг/га), внесений у ґрунт перед сівбою кукурудзи, не впливав на чисельність і розвиток азотобактера в посівах [463].

Позитивний вплив на розвиток азотфіксувальних мікроорганізмів відмічали в своїх дослідженнях вчені за використання РРР та МБП [464, 465]. Так, застосування РРР Триману в посівах яч-

меню ярого стимулювало розвиток і діяльність спонтанних азотфіксувальних бактерій, що забезпечувало надходження в рослини додаткового біологічного азоту [464]. За використання РРР Триману і Тетрану в посівах райграсу і ячменю чисельність вільноіснуючих олігоазотрофних мікроорганізмів у кореневій зоні рослин збільшувалась у 4–8 разів [466]. Передпосівна обробка насіння ячменю ярого Ризоентерином сприяла як стимуляції росту і розвитку рослин, так і азотфіксувальних бактерій [465, 467].

Важливим аспектом дії РРР та МБП є їх здатність підвищувати стійкість рослин до фітопатогенної мікробіоти. Тому індукція захисних механізмів рослин за допомогою біологічних препаратів привертає все більшу увагу вчених, оскільки вона є компонентом екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур [440, 468].

В останні роки фітосанітарна ситуація в посівах зернових культур, особливо пшениці та ячменю ярого, значно погіршилась. Зокрема в посівах ячменю ярого відчутної шкоди почала завдавати борошниста роса, сітчаста та облямовуюча плямистості, ринхоспоріоз, карликова іржа та ін. [469, 470].

Основними джерелами інфекції посівів ячменю ярого можуть виступати: уражене спорами насіння, післяжнивні залишки, бур'яни й ін. [471]. Ступінь впливу вище зазначених чинників на ураження рослин хворобами зазвичай залежить від характеру погодних умов [472].

Під впливом фітопатогенної мікробіоти відбувається порушення проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, що є основною причиною зниження їх урожаю [473]. Проте, як свідчать дані вчених, РРР та МПБ здатні «перемикати» обмін речовин у рослинах в сторону підвищення стійкості до фітопатогенних мікроорганізмів [474, 475]. На прикладі РРР (Емістим С й ін.) доведена їх здатність сприяти розвитку мікробних угруповань, у складі яких присутні активні антагоністи збудників захворювань рослин [452]. Так, за використання МБП Агат-25К й ін. у посівах сільськогосподарських культур розкрито механізм їх впливу на патогенні мікроорганізми: МБП сприяють підвищенню рівня фітоалексинів у рослинах, інтенсифікують лігніфікацію тканин, підвищують їх імунітет і стійкість до біотичних та абіотичних стресів [474, 476, 477].

Нині увагу вчених все більше привертають питання впливу РРР та МБП на аерогенну фітопатогенну мікробіоту. Так, встановлено, що на поверхні рослин присутня значна кількість мікроорганізмів, сукупність яких становить епіфітну мікробіоту. Вона є надзвичайно різноманітною за складом і об'єднує представників різних систематичних груп: дріжджі, гриби, актиноміцети, бактерії й ін. Розвиваючись у філоплані, ці групи мікроорганізмів, у тому числі й фітопатогенні, створюють своєрідні мікробні асоціації, функціонування яких залежить від біотичних та абіотичних чинників [413, 478]. Однак, на жаль, механізми регулювання процесами життєдіяльності мікроорганізмів у таких асоціаціях, зокрема за використання біологічних препаратів, є недостатньо розкритими. Так, більшість учених вважають, що РРР та МБП проявляють у посівах не фунгіцидну, а фунгістатичну дію, тобто вони знижують або обмежують шкодочинність патогенної мікробіоти [479–481]. Це доведено в дослідженнях із використанням на пшениці ярій препарату Бактофіт (2,0 л/га), де було досягнуто пригнічення розвитку борошнистої роси на 70%, бурої іржі – на 50%, летючої сажки – 58% [479]; Агату-25К (30 г/га) у посівах пшениці озимої, де ефективність проти іржі та борошнистої роси становила 63–77% [482].

Майже не вивченими залишаються питання впливу на епіфітну мікробіоту гербіцидів та їх сумішей із біологічними препаратами. В поодиноких роботах показано, що за дії гербіцидів склад та чисельність епіфітної мікробіоти може значно змінюватись. Зокрема, на прикладі Діалену, внесеного в нормах 1,0–1,5 л/га встановлені зміни в комплексі епіфітів ячменю ярого: гербіцид діяв на грибні й бактеріальні асоціації філосфери як стресовий фактор (індекс Шенона склав 0,46 – 0,98) [483].

Застосування гербіцидів сумісно з РРР та МБП суттєво знижує негативний вплив препаратів на епіфітні мікроорганізми без зниження біозахисного ефекту сумішей проти фітопатогенної мікробіоти, особливо чітко це проявляється за використання сумішей гербіцид + МБП. Очевидно, це можна пояснити інтродукцією у філосферу антагоністів збудників захворювань, що містяться у препаратах, та стимуляцією розвитку аборигенних антагоністів збудників захворювань рослин. Так, за сумісного використання гербіциду Ларену з Епіном екстра і Сіліплантом, Пріми із

Сіліплантом, Естерону із Епіном екстра і Цирконом у посівах ячменю ярого різко знижувалась ураженість рослин гельмінтоспориозом [60]; за дії Емістиму С з іншими БАР підвищувалась витривалість озимої пшениці до вірусних, мікоплазмових та грибних захворювань [485–487]; за внесення гербіциду Лінтур 70WG сумісно з Агатом-25К суттєво зменшувалась ураженість рослин ячменю ярого плямистостями [104, 488]. Однак питання сумісної дії гербіцидів і біологічних препаратів на ураженість рослин фітопатогенною мікробіотою потребує подальшого досконалого вивчення.



## **2. АГРОБІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ГЕРБІЦИДІВ І БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР**

Незважаючи на зміну форм власності на землю, намагання товаровиробників підвищити рівень культури землеробства в нашій країні, забур'яненість посівів сільськогосподарських культур залишається все ж таки досить високою, а в деяких регіонах – вона невпинно зростає [489].

Як показує практика, шкодочинність бур'янів з розвитком землеробства не зменшується, а залишається в технологіях вирощування основних сільськогосподарських культур досить відчутною. В основному шкода від бур'янів полягає в конкуренції їх з культурними рослинами за фактори життя: вологу, світло, поживні елементи. Крім того, бур'яни продукують велику кількість насіння та є резерваторами і джерелом патогенних мікроорганізмів [490–492].

За узагальненими даними, на забур'яненних полях продуктивний стеблестій зернових культур може знижуватися до 37%, а урожайність – до 39%. При цьому в ярих зернових (пшениця, ячмінь) зниження врожаю складає 0,3–0,6 т/га, а в окремих випадках (на сильнозабур'яненних полях) – 0,8–1,4 т/га [493–495]. Особливо відчутної шкоди посівам можуть завдавати окремі види бур'янів. Так, за наявності 10–15 шт./м<sup>2</sup> зимуючих бур'янів у посівах пшениці (дескурайнія Софії, сухоребрик Льозеліїв та ін.) зернова продуктивність культури знижується на 0,3–0,5 т/га, вміст білка в зерні – на 0,5–0,9%, сирої клейковини – на 1,5–2,0%; за наявності 15–25 шт./м<sup>2</sup> гірчака або осота рожевого – врожай-

ність знижується на 1,0–1,2 т/га, скловидність зерна – на 20%, вміст білка – на 3,2–3,5%, клейковини – на 13,5–13,6%; за наявності в посівах 100 шт./м<sup>2</sup> вівсюга (граничний поріг 16–29 шт./м<sup>2</sup>) урожайність ярої пшениці знижується на 77% [496–498].

У посівах ячменю ярого бур'яни завдають найбільшої шкоди до фази виходу культури в трубку. Так, за наявності в посівах 5 шт./м<sup>2</sup> лободи білої врожай ячменю знижується на 12%, 100 шт./м<sup>2</sup> – на 36%; за присутності в посівах ячменю щиріці в кількості 20–80 шт./м<sup>2</sup> урожай знижується на 8% [499, 500]. У середньому ж урожайність ячменю на забур'яненних землях знижується на 20–51%, при сильній забур'яненості посівів – на 30–69% [501].

Зважаючи на те, що ячмінь ярий найбільш чутливий до забур'янення посівів у початковій фазі росту й розвитку, включаючи фазу виходу в трубку, саме в цей період необхідно застосувати радикальні заходи з їх знищення, одним із яких є застосування гербіцидів. Застосування гербіцидів у післясходовий період має низку переваг, оскільки з'являється можливість реально оцінити видовий склад бур'янів, максимально використати потенціал агротехнічних заходів і, як доповнення до них, передбачити використання системи гербіцидів. При цьому з'являється можливість оптимізації використання хімічних препаратів. Як показують дослідження, на ранніх фазах росту і розвитку бур'яни сильніше пригнічуються гербіцидами [502]. Тому оптимальними строками обприскування ячменю ярого є 2–3 листки – до повного кушіння. Більш пізні строки призводять до зниження врожаю культури [503, 504].

При дотриманні строків, норм та способів застосування гербіцидів, ці хімічні сполуки проявляють високу ефективність у знищенні бур'янів. Так, за використання у посівах зернових колосових культур (пшениця яра та озима) гербіцидів Гранстар, Хармоні, Ковбой, Лінтур 70WG, Трезор у нормах 5–50 г/га частка знищених бур'янів у посівах складала 79–96% за кількістю і 82–92% за масою [505, 506]; гербіцид Естерон (0,4–1,0 л/га), Елант (0,6–0,7 л/га) Пріма (0,4–0,6 л/га) забезпечували ефективність контролювання бур'янів на рівні до 86% [507–509].

У посівах ячменю ярого відмічена висока ефективність Ковбою (0,125–0,15 л/га), який знищував бур'яни на 42–100% [510]; Естерону (1,0 л/га), Ларену (0,01 кг/га), Діалену супер (0,7 л/га), Пріми (0,6 л/га), Секатора (0,15 кг/га) – ефективність проти мало-

річних бур'янів склала 83,6–89,3% [511]; Гранстару (10–15 г/га) і Хармоні (15 г/га) – максимальна загибель бур'янів складала 97% [512, 513]; Дікамерону (0,19 л/га) частка знищених бур'янів становила 95% [514]; Дифезану (0,12–0,19 л/га) – знищення бур'янів у посівах досягло 79,0–93,6% [515]; Агрітоксу (1,2 л/га), Діалену супер (0,6 л/га), Кросу (0,14 л/га) – середня частка знищених бур'янів коливалась від 50 до 100% [516].

Однак, не дивлячись на високу ефективність гербіцидів, завдяки якій значно знижується рівень забур'янення посівів, нині гостро постає проблема резистентності окремих видів бур'янів до гербіцидів [517].

До основних причин, які зумовили появу значної кількості резистентних до дії гербіцидів видів бур'янів учені відносять: широкомасштабне використання гербіцидів з однією діючою речовиною (2,4-Д, 2М-4Х, а нині – хлорсульфурон, гліфосат й ін.) [518–520]; глобальне потепління, що зумовило появу більш шкочинних зимуючих видів та різку зміну всього видового складу бур'янів взагалі [521, 522]; збільшення засміченості посівів карантинними видами (наприклад, амброзія) та коренепаростковими і злаковими бур'янами (осот жовтий, рожевий, вівсюг звичайний, бромус житній і ін.), які стійкі до неселективних препаратів [523–525].

У зв'язку з цим, великого значення набуває проблема розробки антирезистентних технологій, одним із елементів яких є поєднання використання у бакових сумішах гербіцидів із різними діючими речовинами. Такі суміші забезпечують високу ефективність у боротьбі з різними видами бур'янів одночасно. Це доведено в досліджах, виконаних у посівах пшениці ярої та озимої з використанням бакових сумішей гербіцидів Гроділ максі (100 г/га) + Пума супер (1,0 л/га), де знищення бур'янів, у т.ч. злакових, складало 90,5% [526]; Гранстар (10 г/га) + Крос (80 мл/га) – 80% знищених бур'янів [527]; Діален (1 кг/га) + Діамет (1,1–1,3 кг/га) – 64–79% знищених бур'янів [528]. У посівах ячменю ярого застосування бакових сумішей гербіцидів Гранстару (25 г/га) + Топік (0,5 л/га) забезпечувало знищення 98% бур'янів [529]; Ларен (8,0 г/га) + Дезормон (0,7 л/га) знищували 93% бур'янів за кількістю і 96% – за масою [530]; Логран (8,0 г/га) + Банвел (150 мл/га), Лімазис (10 г/га) + Дикамба (150 мл/га) знижували рівень забур'яненості посівів на 88–99% [531].

Важливим етапом при вивченні дії гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур є встановлення ступеня їх впливу на формування продуктивності посівів і якості одержаного врожаю. Зазвичай більшість учених у своїх працях констатують позитивний вплив гербіцидів і їх сумішей на формування продуктивності посівів сільськогосподарських культур, що виражається в значному підвищенні врожайності. Так, за використання у посівах пшениці ярої гербіцидів Дезормон (1,5 л/га), Крос (120 мл/га), Гранстар (10 г/га), Ларен (10 г/га), Пуми супер (0,8 л/га) окремо та в бакових сумішах середня врожайність зросла на 0,7–0,8 т/га [532]. Також відмічено зростання врожайності пшениці ярої за використання в посівах Кросу (0,12 л/га), Кросу + Гранстар (0,08 л/га + 10 г/га), Ларену (10 г/га), Ларену (10 г/га) + Пума супер (0,8 л/га), яке в порівнянні до контролю складало в середньому 0,3–0,5 т/га [533]; Фенфізу (1,3 л/га), Дифезану (0,18 л/га), Чисталану (0,9 л/га) – прибавка врожаю складала в середньому 0,4 т/га [534]; Гренчу (0,010 г/га), Гренчу Д (0,004 г/га) + Банвел (0,15 л/га) – додатковий врожай зерна пшениці ярої склав 0,4–0,5 т/га [535]; Еланту (0,7 л/га), Дифезану (0,2 л/га) – прибавка зерна складала в середньому 0,5 т/га [536].

За внесення в посівах ячменю ярого гербіцидів Гренч Д (Гренч 3,0 г/га + Банвел 0,15 л/га), Гренч Плюс (Гренч 3,0 г/га + Луварам 0,8 л/га) – прибавка зерна склала 0,5 т/га [537]; при застосуванні 2,4-ДА + Дикамба (по 0,8 кг/га) в беззмінних посівах – 0,3 т/га [538]; при боронуванні посівів із наступним обробітком 2,4-ДА (0,7 кг/га) – 0,2–0,4 т/га [539]; Лінтуру 70WG (100 г/га) – прибавка становила 0,33 т/га [540]; Гранстару (15 г/га) + Пума супер (1,0 л/га), Гроділу (20 г/га) + Пума супер (1,0 л/га), Гроділу ультра (150 г/га) + Пума супер (1,0 л/га) – 0,8–0,9 т/га [541].

Неоднозначним є вплив на врожайність зернових культур РРР та МБП. Як свідчать дані експериментів, висвітлені у праці [240], БАР у післястресових для рослин умовах стимулюють формування врожаю. Так, обробка ячменю ярого Епіббрасинолідом стимулювала збільшення маси зерен з бічних колосків на 127%, за обробки Емістимом С – маса зерна з основного колоса збільшувалась на 115–117%. За використання в посівах зернових колосових культур Агростимуліну, Емістиму С урожайність зростає на 0,4–1,1 т/га, при цьому підвищується коефіцієнт продуктивного кушіння рослин та покращується якість зерна [542, 543]. За об-

робки пшениці озимої сорту Подолянка та Колумбія РРР Біовітрекс відмічено збільшення приросту врожайності відповідно від 0,7 до 1,1 т/га (15 і 19%) [544]. У посівах ячменю ярого використання ГРАР (гумусової рiстактивуючої речовини) забезпечило одержання прибавки зерна в середньому на рівні 0,4 т/га [545]; гумінові препарати Добрин і Стимул підвищують урожайність зернових культур на 0,3–0,7 т/га [546]; препарат Біогумат підвищує врожайність ячменю ярого на 1,1 т/га [547].

Згідно літературних джерел [548–550], МБП Агат-25К сприяє підвищенню врожайності зернових культур, у тому числі ячменю ярого, в середньому на 0,2–0,5 т/га. Це забезпечується завдяки пригніченню розвитку хвороб, покращенню умов мінерального живлення, у результаті чого зростає продуктивна кущистість та озерненість колосу.

Щодо сумісної дії гербіцидів і рістрегуляторів у посівах зернових колосових культур та їх впливу на формування врожайності зерна в науковій літературі міститься недостатньо відомостей. Так, зокрема, за сумісного використання гербіциду Калібр 75 у нормі 40 г/га з біопрепаратом Агат-25К і Агростимуліном одержано прибавку врожаю зерна ячменю ярого в межах 0,8–1,2 т/га [407]; обробка Агатом-25К насіння ячменю ярого та вегетуючих рослин на фоні гербіцидів забезпечила прибавку зерна у відношенні до контролю 0,2 т/га [551]; МБП Альбіт і Бактофіт, внесені в посівах зернових культур із різними видами гербіцидів підвищують урожайність до 40% [61, 69]; Гроділ Максі, внесений в нормі 110 мл/га сумісно з РРР Біоланом, підвищує врожайність пшениці озимої до 5,3 т/га при 4,2 т/га у контролі [552]; використання ґрунтового гербіциду Рейсер з обробкою насіння *Agrobacterium radiobacter* і *Bac. subtilis* + обробка Хетоміком та Еколістом у технології вирощування пшениці ярої дає можливість збільшити врожайність культури на 0,7 т/га або на 19% [553].

Важливу роль в оцінці застосовуваних технологій відіграють дослідження дії препаратів на формування якісних показників зерна. До якості зерна ячменю ярого, зокрема пивоварного, ставляться особливі вимоги. Тому, залежно від того як хімічні препарати та їх суміші із РРР і МБП змінюватимуть фізичні й хімічні показники якості, залежатиме використання зерна ячменю на пивоварні або продовольчі цілі.

Для виробництва пива високої якості важливу роль відіграє маса зернівки, від якої залежить біохімічна якість вирощеного врожаю: екстрактивність, вміст білка, плівчастість, число Кольбаха тощо [554, 555]. Так, за дії гербіциду Гроділ Ультра (150–200 г/га) відмічено покращення таких важливих показників якості зерна ячменю як частка зерен розміром понад 2,5 мм, екстрактивність солоду, водночас на решту показників (відсоток розчинних білків, вміст бета-глютенінів та альфа-амілази) препарат не впливав [556]; Гранстар (15 г/га) сумісно з Кристалом забезпечував формування наступних пивоварних якостей ячменю: вміст білка 11–11,95% (в контролі – 12,85–14,33%), крохмалю – 61–66% (58,2–59,6%), екстрактивність 80–83% (78–79,8%) [512]; за дії Хлорсульфурону (7 г/га) підвищувалась маса 1000 зерен ячменю ярого [557].

Серед мікробіологічних показників якості зерна ячменю важливу роль відіграє обсіменіння його збудниками захворювань, які в процесі солодоращення уражують зерно та знижують якість солоду. На епіфітну мікробіоту зерна впливає низка факторів: сортові особливості, агротехніка вирощування, погодні умови й ін. Встановлено, що найбільш розповсюдженими серед епіфітної мікробіоти зерна ячменю є гриби родів *Aspergillus*, *Gloeosporium*, *Alternarium*, *Penicillium*, *Fusarium* та ін. [558].

Якісні показники зерна ячменю ярого змінюються також за використання рістрегулюючих препаратів та їх сумішей із гербіцидами. Так, за обробки посівів ячменю ярого РРР Агростимулін і Емістим С підвищується озерненість колосу (на 1–2 одиниці), вміст у зерні білка – на 0,9–1,7% [559,560]; за внесення Емістиму С (10 мл – обробка насіння, 5 мл – у період вегетації) на фоні  $N_{60}P_{60}K_{60}$  вміст білка в зерні ячменю склав 11,9% за 11,6% у контролі, екстрактивність – 77,3% (77,6%), маса 1000 зерен 45,3 г (46,5 г), натура – 639 г/л (636 г/л), крупність 53% (57%), вирівняність 83% (83%), плівчастість 9,8% (9,8%) [561]. Позитивний вплив на якість зерна ячменю ярого відмічався за використання в посівах біопрепарату Агат-25К: на 3,5–8,3% або на 1,8–4,2 г зростала маса 1000 зерен, а також вміст у ньому білка [562–564].

Сумісне застосування Гранстару (15 г/га) з Емістимом С забезпечувало зростання маси 1000 зерен і натури зерна ячменю ярого, але збільшення цих показників знаходилось у межах вимог до якості зерна пивоварних ячменів [104]. За використання гербі-

циду Лінтур 70WG у нормі 100 г/га сумісно з Агатом-25К форму-  
валась наступна пивоварна якість ячменю: вміст білка – 10,4%,  
маса 1000 зерен – 48,9 г, натура – 658,1 г/л, що відповідало нор-  
мам державного стандарту для зерна пивоварного ячменю пер-  
шого класу [565, 566].

Із узагальнених даних випливає, що застосування гербіцидів  
окремо і в сумішах із рістрегуляторами забезпечує одержання  
максимально можливих прибавок зерна (до 1,3 т/га), при цьому  
рентабельність використання препаратів може сягати 1180%. То-  
му впровадження в технологіях вирощування зернових культур  
PPP на розрахунковій площі 3 млн га дасть можливість нашій  
країні щорічно отримувати 1,5 млн т високоякісного зерна та за-  
безпечить надходження до бюджету країни додаткових коштів на  
суму 150,3 млн грн [567].



### **3. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ КЛАСІВ СУЛЬФОНІЛСЕЧОВИНИ, ФЕНОКСИКАРБОКСИЛОВИХ КИСЛОТ І КОМБІНОВАНИХ ПРЕПАРАТІВ, ВНЕСЕНИХ РОЗДІЛЬНО І В ПОЄДНАННІ З РІСТРЕГУЛЯТОРАМИ**

#### **3.1. Інтенсивність процесів ліпопероксидації та стан антиоксидантних систем захисту**

Гербіциди, як фізіологічно активні речовини, здатні швидко проникати в рослини, де вони піддаються метаболічній трансформації (детоксикації). Значну роль у цих процесах відіграють ферментативні системи. Так, детоксикація більшості гербіцидів, у тому числі й сульфонілсечовин, відбувається у результаті взаємодії з цитохром P<sub>450</sub> залежними монооксигеназами, які є не тільки конституційними, але й спроможними до індукції з ферментами, активність яких може посилюватись [82].

З поміж причин, що зумовлюють зміну активності ферментів під дією гербіцидів, учені виділяють продукування АФК, які утворюються в результаті діяльності P<sub>450</sub>-монооксигеназної системи [568]. Комплекс Cyt P<sub>450</sub> є інтегрованим у мембрани ендоплазматичного ретикулуму, де за його участі здійснюється первинна модифікація ксенобіотика. В результаті багатогранних реакцій частина електронів може перехоплюватись киснем, що спонукає до утворення супероксидрадикалів. Така особливість дії ферментного комплексу сприяє нагромадженню в клітині АФК [157].

Окрім Cyt P<sub>450</sub> джерелами АФК у клітині можуть бути хлоропласти, в яких у процесі фотосинтезу утворюється синглетний кисень, супероксидрадикал і в подальшому – пероксид водню;

мітохондрії, де в результаті функціонування дихального електрон-транспортного ланцюга продукується супероксидрадикал, а потім – пероксид водню; пероксисоми та гліоксисоми, в яких проходять реакції з утворенням пероксиду водню.

На утворенні АФК у рослинах ґрунтується дія таких гербіцидів як Паракват, Дикват, Норфлуразон, а також грамініцидів [271, 308]. Однак у культурних рослинах продукування АФК за дії гербіцидів може мати негативні наслідки, оскільки при цьому запускаються реакції ПОЛ, які викликають порушення процесів метаболізму і призводять до пошкодження мембран, нуклеїнових кислот і білків [286, 569]. Активні радикали, головним чином  $\text{HO}\cdot$ , взаємодіючи з органічними речовинами, утворюють гідропероксиди ДНК, білків і ліпідів ( $\text{ROOH}$ ). Такі окиснювальні модифікації негативно позначаються на фізіолого-біохімічних процесах у рослинах, функціонуванні окремих їх тканин і органів, що в цілому призводить до порушення продукційного процесу. У зв'язку з цим, у рослинах існують системи антиоксидантного захисту, представлені ферментами антиоксидантами та низькомолекулярними антиоксидантними сполуками [296].

Найбільш важливу роль в антиоксидантному захисті рослин за дії гербіцидів відіграє фермент GST, який є посередником у нуклеофільній атаці відновленого глутатіону на електрофільні зони ксенобіотиків. Результатом такої взаємодії є утворення нетоксичних гідроксильних кон'югатів. Також цей фермент каталізує детоксикацію пероксидів ліпідів, зв'язуючи глутатіон з гідрофобними електрофілами, або ж він може діяти як пероксидаза проти гідропероксидів вільних жирних кислот, захищаючи клітинні мембрани від ушкоджень, пов'язаних з пероксидацією ліпідів [282, 302].

Нині доведено, що за дії гербіцидів активність GST значно зростає, що є наслідком кон'югування токсикантів із глутатіоном та пояснюється участю фермента в нейтралізації АФК [267, 570].

Для ліквідації АФК у рослинах функціонують й інші специфічні ферментні системи (СОД, пероксидаза, каталаза, аскорбатоксидаза, глутатіонпероксидаза й ін.) [282, 305]. Однак щодо зміни активності даних ферментів за дії гербіцидів у літературі зустрічається обмежена кількість публікацій, у переважній більшості з яких учені вказують на підвищення активності ферментів, зокрема СОД, як важливої складової нейтралізації АФК [282, 287, 307].

Важливу роль в антиоксидантному захисті рослин відіграють низькомолекулярні сполуки такі як глутатіон і аскорбінова кислота [157, 571, 572]. Завдяки їм у рослинах функціонує аскорбат-глутатіоновий цикл, у якому відбувається відновлення субстратів антиоксидантів за використання НАДФ·Н як головного донора електронів. Та, загалом, роль і стан низькомолекулярних антиоксидантів у рослинах за дії гербіцидів є мало вивченими. Тому нині увагу вчених все більше привертає питання з'ясування механізмів підвищення антиоксидантного захисту рослин. З цією метою пропонується застосовувати РРР і МБП та інші як синтетичні, так і природні сполуки [573, 574]. Встановлено, що екзогенні антиоксиданти підвищують стійкість рослин до стресів біотичної та абіотичної природи шляхом активізації антиоксидантного захисту рослин до окисного стресу та інших ефектів, пов'язаних із генерацією АФК [291]. Так, встановлено, що за використання екзогенних РРР у рослинах суттєво знижуються реакції ПОЛ, збільшується вміст антиоксидантів (аскорбату, глутатіону, вітаміну Е та ін.) [221, 290, 291, 295], підвищується активність основних антиоксидантних ферментів [289]. Однак, зважаючи на вищевказані дані, необхідно відмітити, що реакція антиоксидантних ферментних систем у рослинах на застосування різних видів гербіцидів і біологічних препаратів є більш вивченою розрізнено, разом з тим питання сумісної дії препаратів на активність і стан антиоксидантних систем у рослинах ячменю ярого є практично не вивченим.

З огляду на це, було проведено вивчення (у вегетаційних і польових дослідах) дії гербіцидів різних хімічних класів, внесених роздільно і в комплексі з біологічно активними речовинами, на проходження процесів ПОЛ і стан антиоксидантних систем захисту в рослинах ячменю ярого (активність основних антиоксидантних ферментів – GST, СОД, каталази, пероксидази, поліфенолоксидази, аскорбатоксидази; вміст у листках низькомолекулярних антиоксидантних сполук – GSH, аскорбату; антиокиснювальна активність тканин листка).

Як показали результати проведених досліджень, гербіциди та їх комплекси з БАР суттєво впливають на перебіг реакцій ПОЛ у рослинах ячменю ярого та стан антиоксидантних систем захисту.

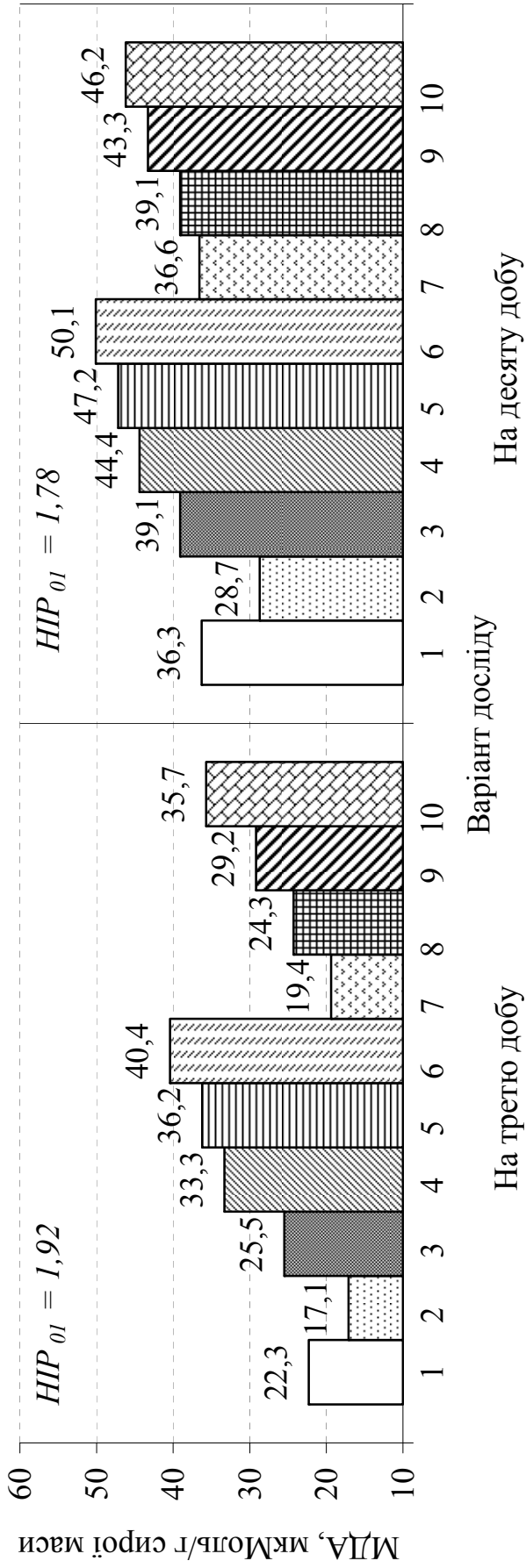
Так, встановлено, що на третю добу після внесення гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 як роздільно, так і в компле-

ксі з РРР Емістим С, вміст ТБК-активних продуктів (МДА) у листках ячменю ярого значно збільшувався, особливо це простежувалось у варіантах із внесенням Гранстару 75 без РРР (рис. 3.1).

Очевидно, активація процесів ПОЛ є наслідком інтенсивного утворення активних форм кисню [308], особливо за участі комплексу Сут Р<sub>450</sub>, який бере безпосередню участь в детоксикації сульфонілсечовинних препаратів [82, 568], до яких належить Гранстар 75. У той же час у варіантах дослідів, де Гранстар 75 застосовували сумісно з РРР Емістим С, вміст МДА знижувався, зокрема за внесення Гранстару 75 у нормах 10 і 15 г/га вміст МДА був нижчим або близьким до контрольного значення (19,4 і 24,3 мкМоль/г сирової маси відповідно проти 22,3 мкМоль/г сирової маси в контролі), а в варіантах із Гранстаром 75 20 і 25 г/га сумісно з Емістимом С ці показники були на 7,0 і 4,7 мкМоль/г сирової маси нижчими проти показників у відповідних варіантах без застосування РРР та НІР<sub>01</sub> 1,92. Ці дані узгоджуються з експериментальними даними інших учених [289, 290, 295], які за використання екзогенних РРР відмічали зниження або стабілізацію процесів ПОЛ у рослинах.

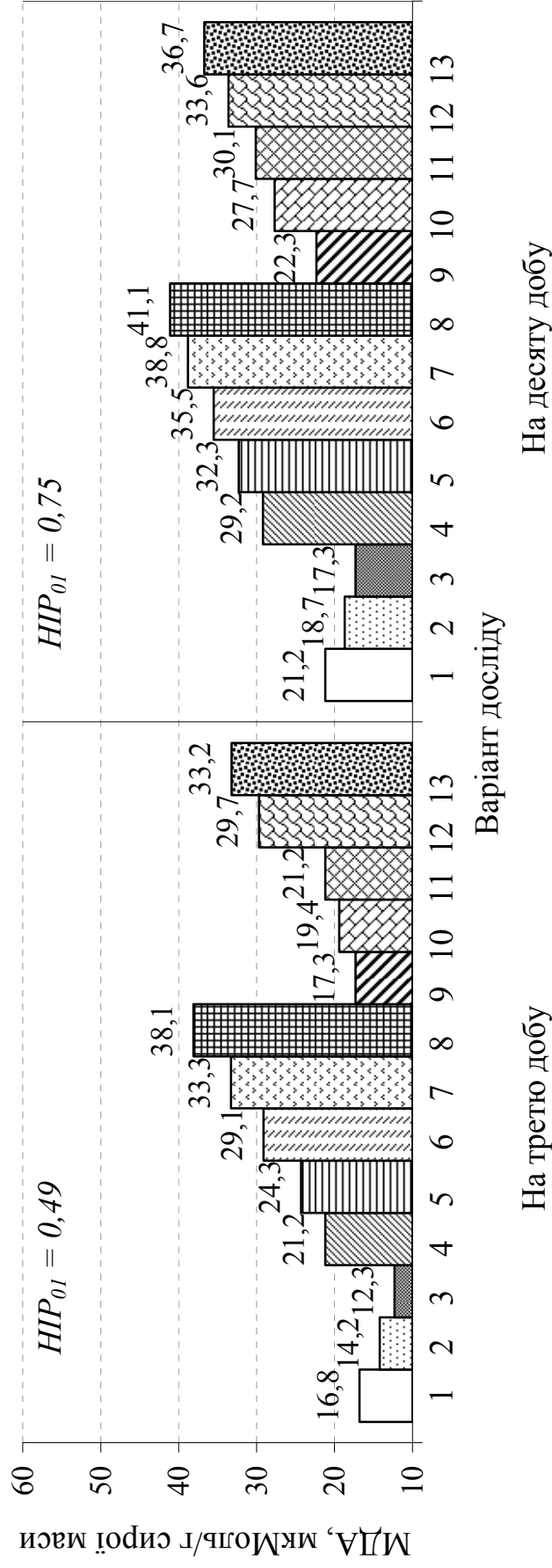
На десяту добу після застосування препаратів спостерігалось загальне підвищення рівня ПОЛ у рослинах ячменю ярого. Так, якщо на третю добу вміст МДА в контролі складав 22,3, то на десяту – 36,3 мкМоль/г сирової маси, що може бути свідченням активації ростових та обмінних процесів у рослинах (перехід до фази кушіння), невід'ємним продуктом яких є генерування АФК. Однак, у цілому, в варіантах дослідів простежувалась така ж закономірність, як і на третю добу визначення. Зокрема, найнижчий рівень ПОЛ спостерігався у варіантах дослідів, де Гранстар 75 застосовували сумісно з РРР Емістим С.

Подібною була дія на процеси ПОЛ у рослинах ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в комплексі з РРР Агростимулін та МБП Агат-25К (рис. 3.2). Так, на третю і на десяту добу після внесення гербіциду Калібр 75 у нормах від 30 до 70 г/га вміст ТБК-активних продуктів у листках ячменю ярого зі збільшенням норм використання препарату значно зростає, водночас за внесення даних норм гербіциду в комплексі з Агростимуліном та Агатом-25К у рослинах ячменю ярого спостерігалось зниження рівня ПОЛ.



**Рис 3.1. Вплив різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених роздільно і в комплексі з PRR Емістим С, на ПОЛ у листках ячменю ярого (вегетативний 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.



**Рис 3.2. Вплив різних норм гербіциду Калібр 75, внесених роздільно і в комплексі з RRR Агростимулін та МБП Агат-25К, на ПОЛ 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.

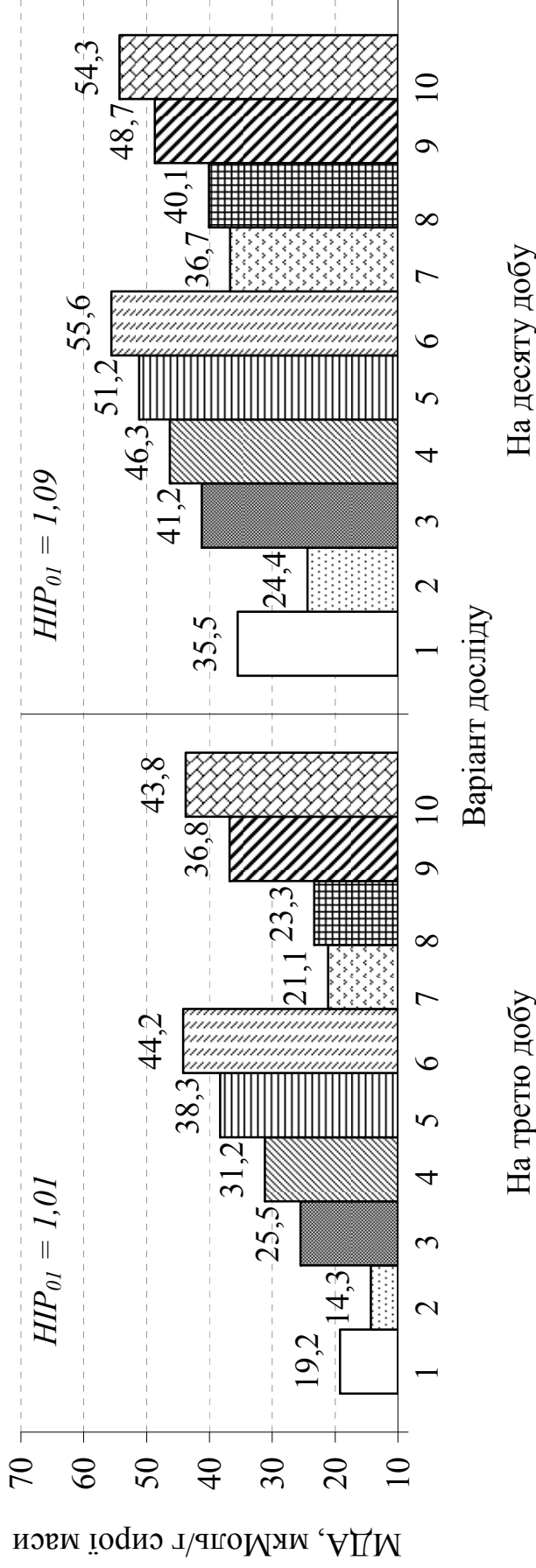
Дещо іншим був рівень ПОЛ у рослинах ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених у бакових сумішах із ауксиноподібним гербіцидом 2,4-ДА 500 окремо і в поєднанні з Емістимом С (рис. 3.3). Так, за внесення гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 в нормі 1,0 л/га вміст МДА в листках ячменю ярого на третю добу складав 25,5; 31,2; 38,3; 44,2 мкМоль/г сирової маси при 19,2 мкМоль/г сирової маси в контролі (НІР<sub>01</sub> 1,01), тобто зі збільшенням норми внесення Гранстара 75 у суміші з 2,4-ДА 500 вміст МДА в листках ячменю ярого значно збільшувався. Така ж тенденція була характерною і для десятої доби після обробки рослин препаратами.

Разом з тим за використання цих же сумішей препаратів сумісно з Емістимом С рівень ПОЛ у рослинах ячменю ярого знижувався, але найсуттєвішим 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 ПОЛ 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 Емістима С було менш вираженим. Ці дані можуть вказувати на те, що при застосуванні підвищених норм ксенобіотика захисна дія РРР на рослини нівелюється.

Для з'ясування причин зниження рівня ПОЛ за сумісного використання гербіцидів із рiстрегуляторами нами було проведено визначення активності GST і СОД.

Відомо, що GST каталізують один із шляхів біодеградації токсикантів у рослинах, а СОД – реакцію дисмутації супероксида-ніона з утворенням менш реакційного пероксиду водню. Як показали результати досліджень (табл. 3.1), у всіх варіантах досліді з використанням Гранстара 75 і Емістиму С активність GST і СОД як на третю, так і на десяту добу визначення значно перевищувала контрольні показники (обробка водою).

Однак при цьому були відмічені такі особливості: активність GST у варіантах Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га на десяту добу перевищувала відповідні показники у цих же варіантах на третю добу визначення, тоді як активність GST у варіантах Гранстар 75 10–25 г/га сумісно з РРР на десяту добу дещо знижувалась проти показників на третю добу визначення; активність же СОД як на третю, так і на десяту добу у всіх варіантах досліді була високою, але активність СОД у варіантах із внесенням гербіциду в комплексі з РРР перевищувала аналогічні показники у варіантах із внесенням гербіциду без РРР. Підвищена активність GST і СОД



**Рис 3.3. Вплив бакових сумішей гербіциду Гранстар 75 із 2,4-ДА 500, внесених окремо і в комплексі з РРР Емістим С, на ПОЛ у листках ячменю ярого (вегетаційний дослід, 2008 р.):**

1. Обробка водою (контроль); 2. Емістим С; 3. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
4. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 5. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
6. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
8. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 9. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
10. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

Таблиця 3.1

**Активність GST і СОД у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених роздільно і в комплексі з РРР Емістим С (вегетаційний дослід, 2006 р.)**

Варіант досліджу	GST, мкМоль/г сирової маси за 1 хв.		СОД, ум.од./г сирової маси	
	на третю добу	на десяту добу	на третю добу	на десяту добу
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
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>0,12</i>	<i>0,19</i>	<i>0,25</i>	<i>0,23</i>

у рослинах ячменю ярого може свідчити про інтенсифікацію реакцій детоксикації та дисмутації, особливо у випадку сумісного застосування гербіциду й РРР, що, в свою чергу, забезпечує більш активне знешкодження токсиканта і АФК (супероксиданіона) та в цілому знижує рівень ПОЛ у рослинах. Вочевидь, що відчутне зниження рівня ПОЛ у варіантах досліджу з комплексним застосуванням гербіциду й РРР та більш швидкі темпи детоксикації токсиканта обумовлюють у подальшому стабілізацію та незначне зниження активності GST.

При визначенні активності GST і СОД за дії гербіциду Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з МБП Агат-25К і РРР Агростимулін, встановлено, що активність цих ферментів як на третю, так і на десяту добу визначення була досить високою (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Активність GST і СОД у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Калібр 75, внесеного роздільно і в комплексі з РРР Агростимулін та МБП Агат-25К (вегетаційний дослід, 2007 р.)**

Варіант досліджу	GST, мкМоль/г сирової маси за 1 хв.		СОД, ум.од./г сирової маси	
	на третю добу	на десяту добу	на третю добу	на десяту добу
Обробка водою (контроль)	3,33	4,99	1,17	2,13
Агат-25К	4,58	5,13	1,48	1,98
Агростимулін	5,01	6,28	1,65	2,43
Калібр 75 30 г/га	4,33	5,78	1,52	2,64
Калібр 75 40 г/га	5,82	6,67	1,98	3,13
Калібр 75 50 г/га	6,48	7,13	2,31	3,61
Калібр 75 60 г/га	5,77	6,43	2,62	4,01
Калібр 75 70 г/га	4,98	5,24	2,13	3,88
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6,01	6,42	1,94	2,98
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6,81	7,54	2,63	3,96
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	7,13	7,33	2,83	4,21
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6,28	6,61	2,98	4,47
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	5,34	5,39	2,47	4,11
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>0,13</i>	<i>0,25</i>	<i>0,16</i>	<i>0,12</i>

Однак, необхідно відмітити, що у варіантах, де гербіцид вносили сумісно з БАР активність ферментів перевищувала відповідні показники в порівнянні з варіантами без БАР. Так, зокрема, у варіантах Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін перевищення у відношенні до відповідних варіантів без біологічно активних речовин складало: 0,64; 0,87; 0,20; 0,18 і 0,15 мкМоль/г сирової маси – на десяту добу по GST та 0,34; 0,83; 0,60; 0,46 і 0,23 ум. од./г сирової маси – на десяту добу по СОД (при НІР<sub>01</sub> відповідно для GST і СОД – 0,25 та 0,12). З одержаних даних випливає, що хоч за використання гербіциду сумісно з біологічно активними речовинами активність GST і СОД зростає, збільшення норми внесення препарату Калібр 75 до

70 г/га зумовлює зниження активності цих ферментів, зокрема у порівнянні з попередніми нормами внесення препарату.

Аналогічна залежність активності GST і СОД була відмічена за використання гербіциду Гранстар 75 (10–25 г/га) сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га як окремо, так і в комплексі з РРР Емістим С (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

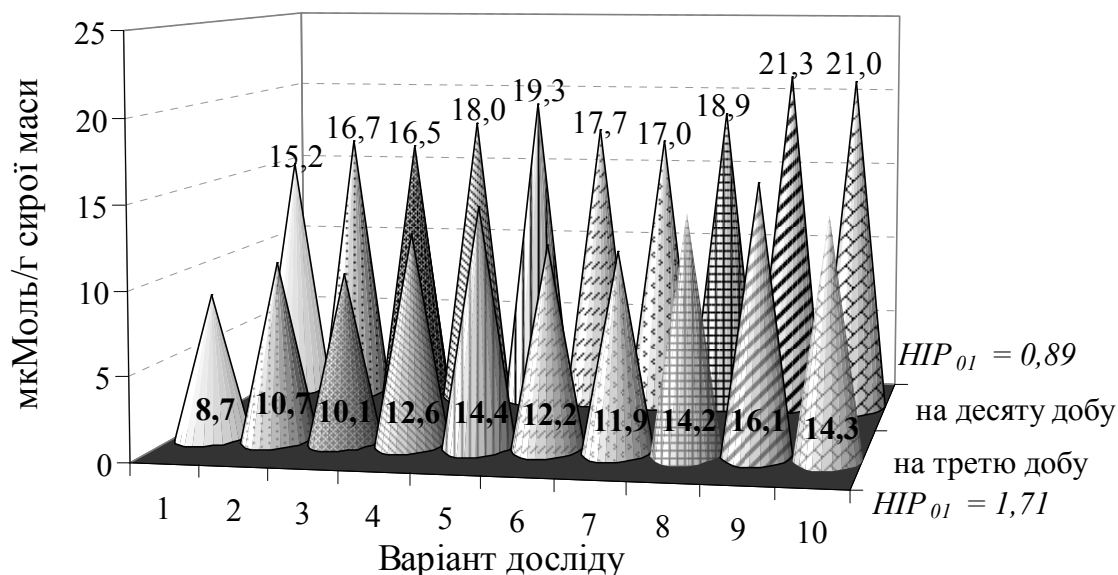
**Активність GST і СОД у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75 у бакових сумішах з 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в комплексі з РРР Емістим С (вегетаційний дослід, 2008 р.)**

Варіант досліджу	GST, мкМоль/г сирової маси за 1 хв.		СОД, ум.од./г сирової маси	
	на третю добу	на десяту добу	на третю добу	на десяту добу
Обробка водою (контроль)	2,11	3,77	1,18	1,97
Емістим С	3,33	4,25	2,33	3,12
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	3,48	5,33	2,67	3,78
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	5,32	6,87	3,45	4,23
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	4,18	5,71	4,28	5,77
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	3,77	4,24	3,11	4,98
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим	5,13	6,92	3,48	4,77
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим	6,12	7,56	4,55	4,98
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим	4,48	6,48	5,13	6,01
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим	4,01	5,33	3,18	5,13
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>0,13</i>	<i>0,12</i>	<i>0,10</i>	<i>0,15</i>

Зокрема найвища активність ферментів відмічалась у варіантах із сумісним внесенням гербіцидів і біологічних препаратів, але з наростанням норми внесення в суміші з 2,4-ДА 500 1,0 л/га Гранстара 75 до норми 25 г/га активність ферментів у порівнянні до попередніх норм знижувалась, хоч у порівнянні до контролю – залишалась високою.

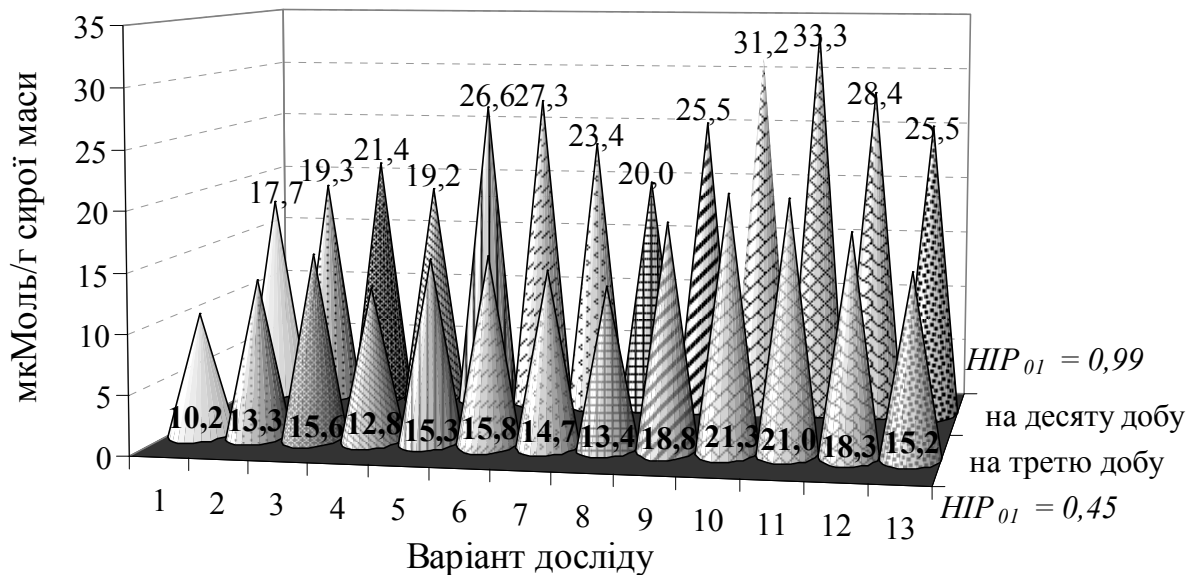
З даних літератури [157] відомо, що відповідною реакцією рослинного організму на окиснювальний стрес є посилений синтез GSH, аскорбінової кислоти та інших антиоксидантів. Зокрема GSH бере безпосередню участь в реакціях кон'югації з органічними ксенобіотиками, що каталізуються GST. Тому вміст GSH у рослинах може свідчити про спрямованість детоксикаційних процесів.

Як показали результати експериментів (рис. 3.4–3.6), вміст GSH у листках ячменю ярого в варіантах досліду з сумісним застосуванням гербіцидів і біологічно активних препаратів значно зростає, що може бути пов'язано зі стимулюючим впливом БАР на синтез даного антиоксиданту та з меншою його витратою на ліквідацію АФК у результаті послаблення в рослинах реакцій ПОЛ. Дещо меншим вміст GSH був у варіантах досліду, де гербіцид застосовували без PPP, що, очевидно, може свідчити про більш активну витрату антиоксиданту в реакціях, направлених як на детоксикацію ксенобіотика, так і в реакціях ліквідації АФК, які зумовлюють підвищений рівень ПОЛ у рослинах в цих варіантах досліду.



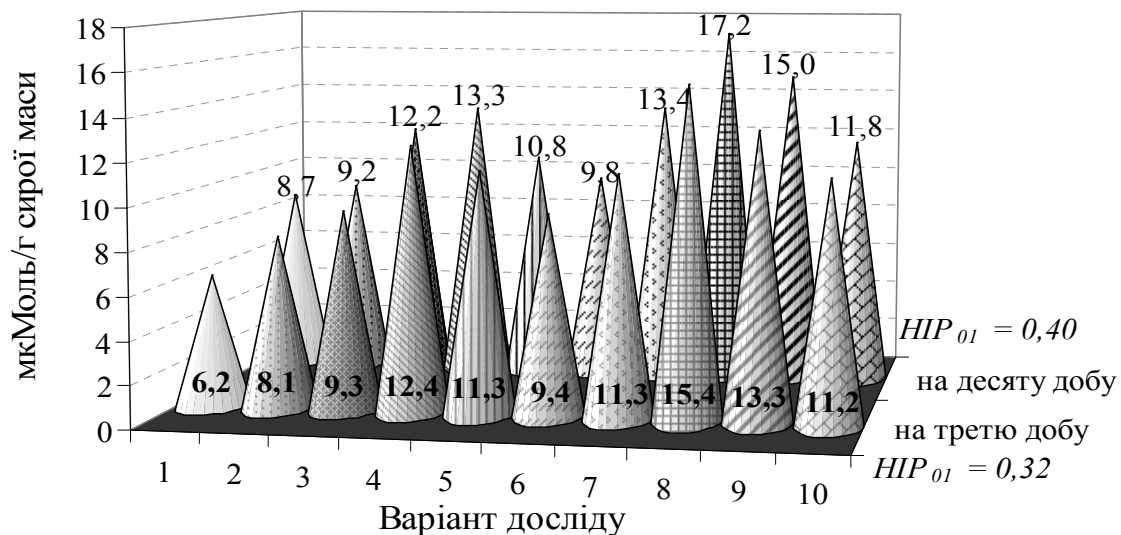
**Рис 3.4. Вплив різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених роздільно і в комплексі з PPP Емістим С, на вміст у листках ячменю ярого глутатіону (вегетаційний дослід, 2006 р.):**

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



**Рис. 3.5. Вплив різних норм гербіциду Калібр 75, внесених роздільно і в комплексі з МБП Агат-25К і РРР Агростимулін, на вміст у листках ячменю ярого глутатіону (вегетаційний дослід, 2007 р.):**

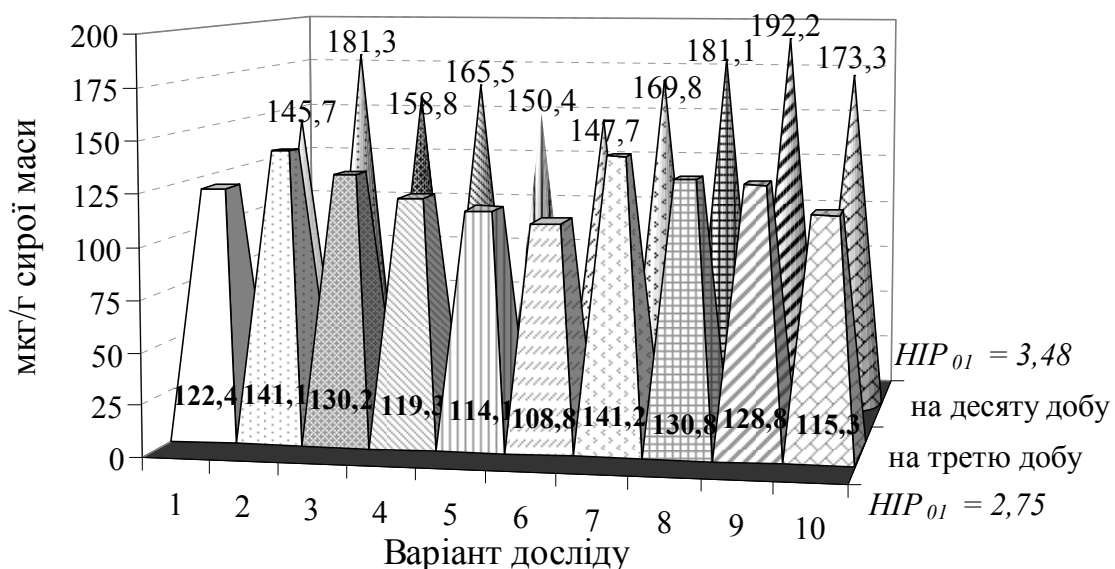
1. Обробка водою (контроль); 2. Агат-25К; 3. Агростимулін; 4. алібр 75 30 г/га; 5. Калібр 75 40 г/га; 6. Калібр 75 50 г/га; 7. Калібр 75 60 г/га; 8. Калібр 75 70 г/га; 9. Калібр 75 30 г/га+Агат-25К+Агростимулін; 10. Калібр 75 40 г/га + Агат-25К+Агростимулін; 11. Калібр 75 50 г/га+Агат-25К + Агростимулін;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



**Рис. 3.6. Вплив різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 роздільно і в комплексі із РРР Емістим С, на вміст у листках ячменю ярого глутатіону (вегетаційний дослід, 2008 р.):**

1. Обробка водою (контроль); 2. Емістим С; 3. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 4. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 5. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 6. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 8. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 9. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

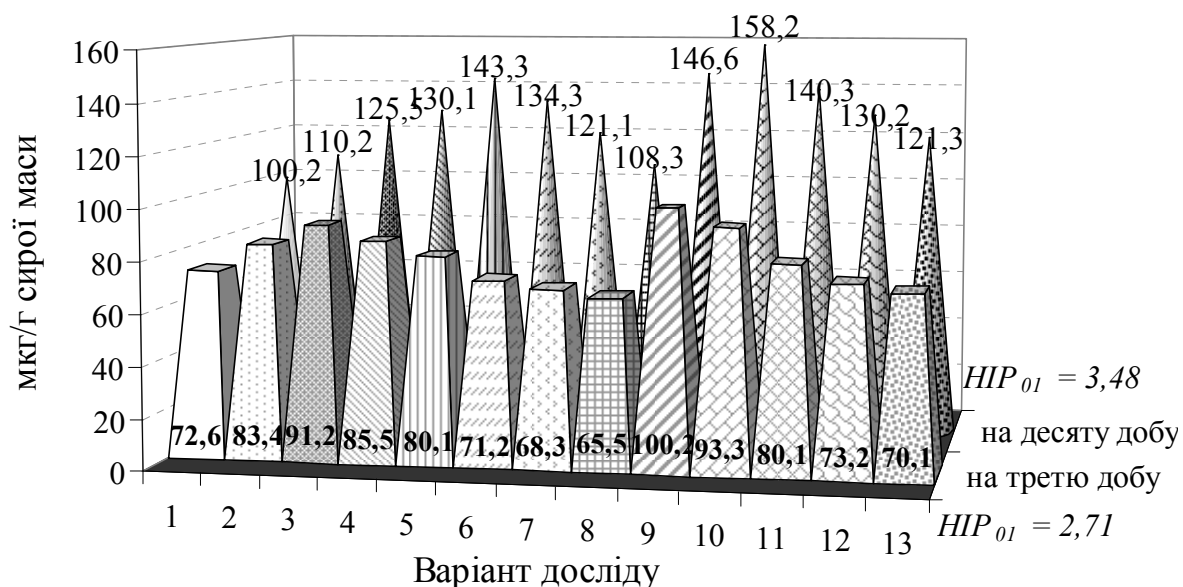
Неоднаковою була дія досліджуваних препаратів на вміст у рослинах ячменю ярого аскорбінової кислоти (рис. 3.7–3.9). Так, при визначенні вмісту аскорбінової кислоти за дії гербіциду Гранстар 75 встановлено, що зі збільшенням норм використання препарату від 10 г/га до 25 г/га її кількість в листках ячменю знижувалась і складала відповідно 130,2; 119,3; 114,1 і 108,8 мкг/г сирої маси при 122,4 мкг/г сирої 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 з наростанням норм препарату також знижувався і складав відповідно 141,2; 130,8; 128,8 і 115,3 мкг/г сирої маси при НІР<sub>01</sub> 2,75. Ймовірно, це є наслідком інтенсивного використання антиоксиданту в реакціях знешкодження вільних радикалів, на що вказують й інші вчені [290].



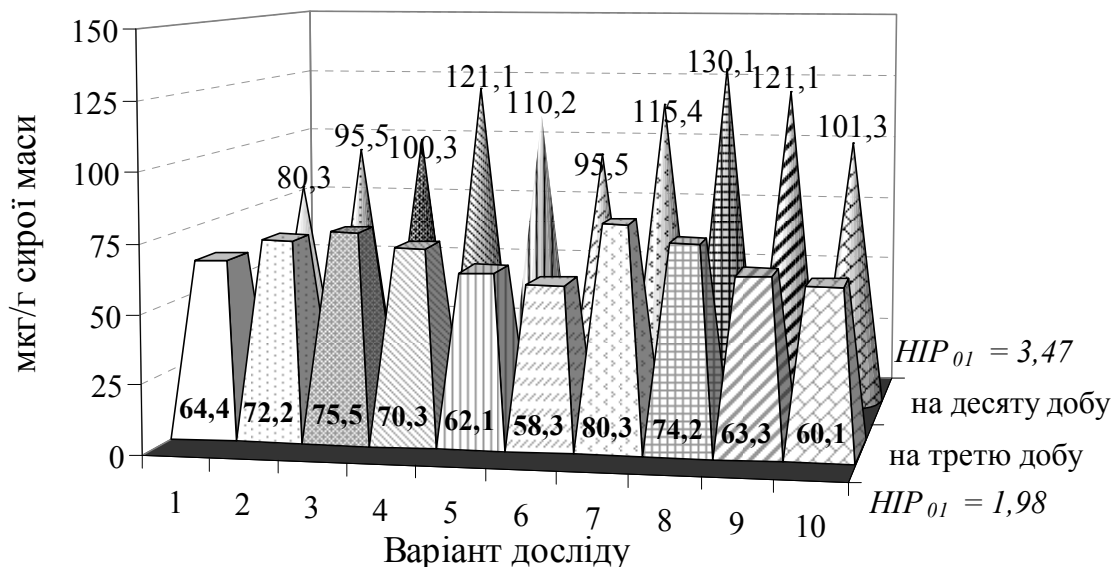
**Рис. 3.7. Вплив різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених роздільно і в комплексі з РРР Емістим С, на вміст у листках ячменю ярого аскорбінової кислоти (вегетаційний дослід, 2006 р.):**

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

На десяту добу вміст аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого значно збільшувався і суттєво перевищував контрольний показник як у варіантах із внесенням Гранстару 75 без РРР, так і в варіантах, де гербіцид вносили в комплексі з Емістимом С.



**Рис 3.8. Вплив різних норм гербициду Калібр 75, внесених роздільно і в комплексі з МБП Агат-25К і РРР Агростимулін, на вміст у листках ячменю ярого аскорбінової кислоти (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.



**Рис. 3.9. Вплив різних норм гербициду Гранстар 75, внесених у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 роздільно і в комплексі з РРР Емістим С, на вміст у листках ячменю ярого аскорбінової кислоти (вегетаційний дослід, 2008 р.):**  
 1. Обробка водою (контроль); 2. Емістим С; 3. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 4. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 5. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 6. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 8. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 9. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

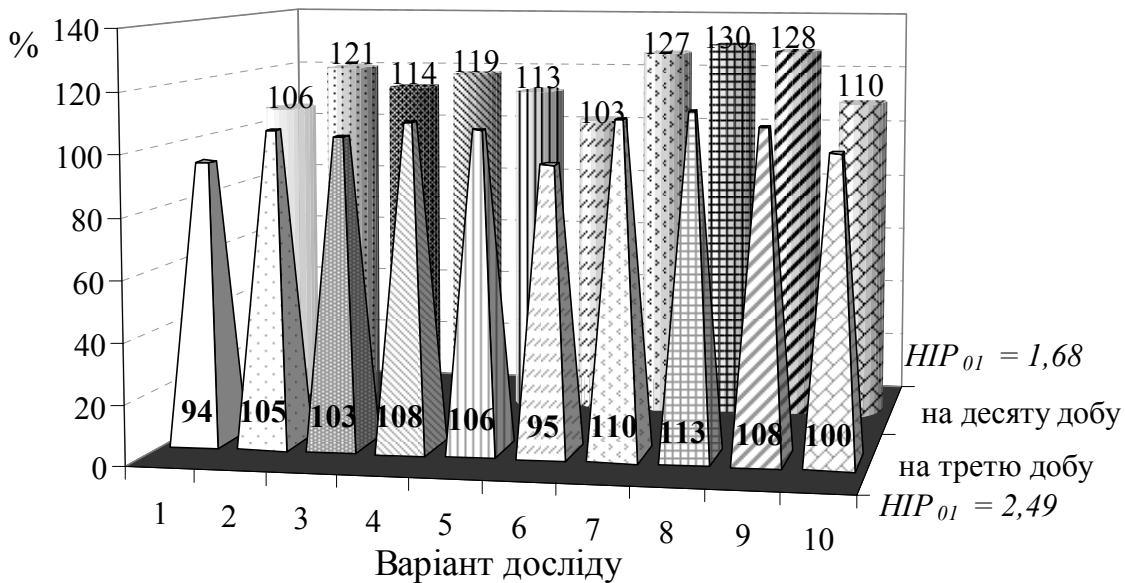
Разом з тим більш високий вміст аскорбінової кислоти в варіантах дослідів із сумісним внесенням Гранстару 75 і Емістиму С вказує на стабілізацію детоксикаційних процесів у рослинах і послаблення реакцій ПОЛ.

Подібний вплив на вміст аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого виявляв і гербіцид Калібр 75 як за самотійного внесення, так і в комплексі з біологічними препаратами (рис. 3.8). Так, на третій день після внесення гербіциду Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га вміст аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого значно знижувався і складав відповідно 85,5; 80,1; 71,2; 68,3 і 65,5 мкг/г сирої маси, в цих же варіантах дослідів, але із сумісним внесенням Калібру 75 з Агатом-25К і Агростимуліном – 100,2; 93,3; 80,1; 73,2 і 70,1 мкг/г сирої маси при 72,6 мкг/г сирої маси в контролі та  $НІР_{01}$  2,71. На десяту добу визначення в усіх варіантах дослідів вміст аскорбінової кислоти перевищував контрольні показники, але спостерігалась така ж закономірність – зі збільшенням норм препарату вміст аскорбату в листках зменшувався.

При визначенні вмісту аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого за дії бакових сумішей різних норм гербіциду Гранстар 75 із 2,4-ДА 500 встановлено, що у варіантах Гранстар 75 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га на третю добу після обробки рослин вміст аскорбінової кислоти знижувався проти контролю на 2,3 і 6,1 мкг/г сирої маси, а в цих же варіантах дослідів сумісно із Емістимом С – на 1,1 і 4,3 мкг/г сирої маси (рис. 3.9). Очевидно, висока концентрація ксенобіотика може пригнічувати синтез даного антиоксиданту та призводить до більших його витрат, пов'язаних із детоксикацією хімічних препаратів. На десяту добу вміст аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого в усіх варіантах дослідів перевищував контрольні показники.

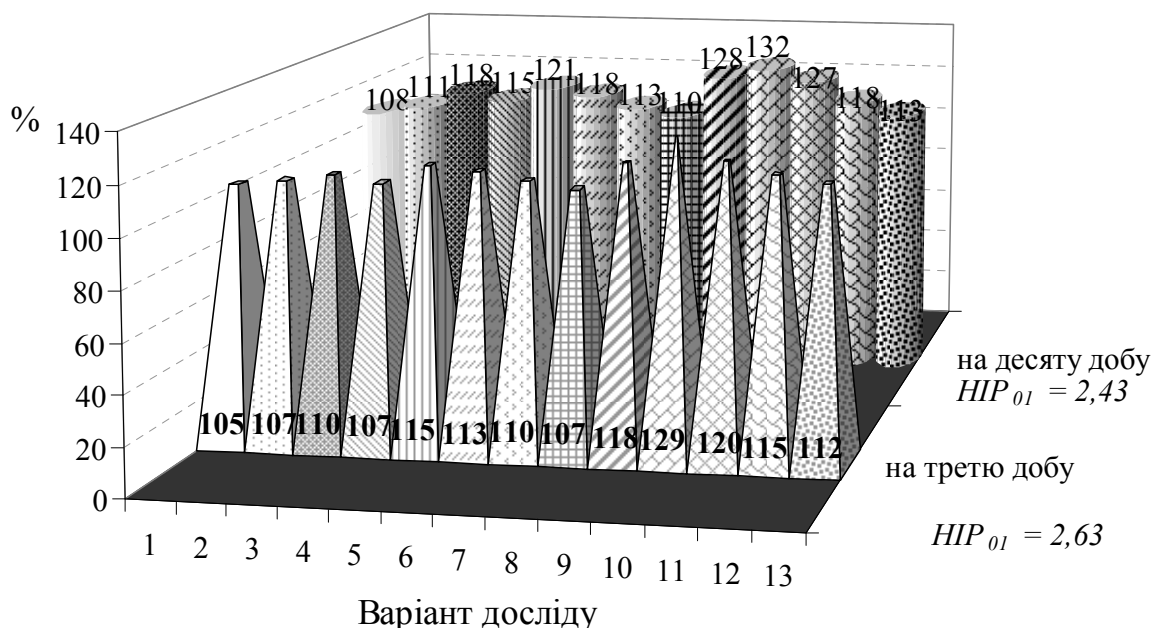
Важливим показником, що в значній мірі характеризує антиоксидантний статус рослин, є антиокиснювальна активність тканин. Як показали результати досліджень з визначення АОА в тканинах листків ячменю ярого, з наростанням норм внесення препаратів показник АОА зменшується (рис. 3.10–3.12).

Так, за використання гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га АОА на третю добу складала відповідно 103; 108; 106 і 95% при 94% у контролі, однак за сумісного внесення цих же норм препарату з Емістимом С АОА становила 110; 113; 108 і 100% відповідно (рис. 3.10). На десяту добу внесення препаратів



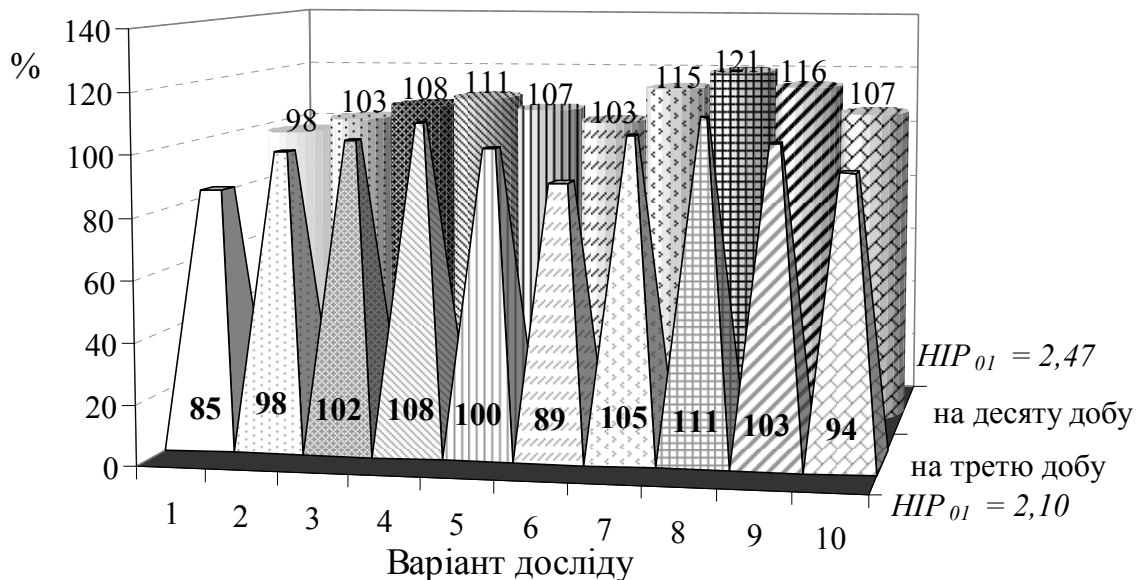
**Рис. 3.10. Антиокиснювальна активність тканин листка ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених окремо і в комплексі з РРР Емістим С (вегетаційний дослід, 2006 р.):**

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.



**Рис. 3.11. Антиокиснювальна активність тканин листка ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Калібр 75, внесеного окремо і в комплексі з МБП Агат-25К і РРР Агростимулін (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.



**Рис. 3.12. Антиокиснювальна активність тканин листка ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 роздільно і в комплексі з РРР Емістим С (вегетаційний дослід, 2008 р):**

1. Обробка водою (контроль);
2. Емістим С;
3. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
4. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
5. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
6. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
7. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
8. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
9. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
10. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

АОА тканин листка зростала, але при цьому зберігалась закономірність: із наростанням норм внесення Гранстара 75 показник АОА зменшувався, хоч у порівнянні з контролем залишався високим; у варіантах дослідження, де Гранстар 75 вносили сумісно з Емістимом С, АОА перевищувала аналогічні варіанти з внесенням гербіциду без РРР. Одержані дані показують, що АОА тканин листків ячменю залежить від рівня ПОЛ у рослинах та вмісту в листках антиоксидантів. Зокрема, як показано вищенаведеними експериментальними даними, з наростанням норм внесення гербіцидів без РРР рівень ПОЛ у рослинах ячменю ярого значно підвищується, водночас за внесення гербіцидів сумісно з РРР спостерігається послаблення процесів ПОЛ у рослинах та відмічається зростання вмісту в листках антиоксидантних сполук (глутатіону й аскорбінової кислоти). Однак рівень нагромадження антиоксидантних сполук знаходиться також у залежності від норм внесення гербіциду: за збільшених норм внесення препаратів (особливо за максимальних) вміст глутатіону й аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого знижується.

Аналогічні дані з АОА тканин листків ячменю ярого були одержані в досліді з вивчення гербіциду Калібр 75, внесеного окремо й сумісно з МБП Агат-25К і РРР Агростимулін, та в досліді з використанням бакових сумішей Гранстару 75 з 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в поєднанні із РРР Емістим С (рис. 3.11, 3.12). Зокрема було відмічено, що з наростанням норм внесення гербіцидів без біологічно активних речовин АОА знижувалась, водночас за використання гербіцидів сумісно з БАР – АОА підвищувалась. Ці дані узгоджуються з рівнем ПОЛ і вмістом антиоксидантів у листках ячменю ярого. Так, як показали результати статистичної обробки даних між АОА та вмістом антиоксидантів у листках ячменю ярого та АОА й активністю антиоксидантних ферментів (GST і СОД) встановлено прямі та сильні за тіснотою кореляційні залежності:  $r = 0,73$  та  $0,67$ .

Серед ферментів, що входять до складу антиоксидантної системи рослин велике значення відводиться каталазі і пероксидазі, які відновлюють токсичний для рослин пероксид водню до води [309, 575]. Крім того, пероксидази беруть безпосередню участь у синтезі суберину і лігніну, а каталаза – у формуванні порфіринвмісних сполук, у тому числі й хлорофілу [576].

Одержані дані свідчать, що за використання в посівах гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 як роздільно, так і в сумішах із Емістимом С, активність антиоксидантних ферментів у рослинах ячменю ярого значно зростає (табл. 3.4). Так, за дії гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 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 окисненого гваяколу. 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 окисненого гваяколу, що значно перевищувало відповідні показники у варіантах досліді, де гербіцид Гранстар 75 застосовували без РРР.

З одержаних даних видно, що поєднання застосування гербіциду з РРР зумовлює суттєве підвищення активності каталази і пероксидази, що може свідчити про підвищення рівня детоксикаційних процесів у рослинному організмі, направлених на

Таблиця 3.4

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

Варіант дослідів	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	52,2	70,3	10,2	14,1
Ручні 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 75 10 г/га + Емістим С	80,3	91,1	14,0	17,2
Гранстар 75 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
<i>НІР<sub>05</sub></i>	2,7	2,6	0,4	0,8

ліквідацію шкідливих для рослини продуктів метаболізму, індукованих впливом гербіциду (зокрема  $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Адже, як було встановлено результатами лабораторних досліджень, за сумісної дії Гранстару 75 із Емістимом С значно зростає активність СОД, результатом діяльності якої є активне продукування  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Тому підвищення активності каталази і пероксидази є свідченням безпосередньої участі цих ферментів у ліквідації отруйного для організму рослин пероксиду водню. Між активністю СОД та активністю каталази і пероксидази встановлено середню за тіснотою кореляційну залежність ( $r = 0,58$ ).

Важливу роль у житті рослин відіграє фермент аскорбатоксидаза, який бере активну участь у диханні хлоропластів [577]. Крім того, аскорбатоксидаза каталізує окиснення аскорбінової кислоти і синтезується у відповідь на високий її вміст. Ріст і розвиток рослин неможливий без активної аскорбатоксидази і високого вмісту відновленої аскорбінової кислоти [578]. В наших дослідженнях аскорбатоксидаза мала високу активність, яка в порівнянні до контролю I у варіантах Гранстар 75 10–25 г/га підвищувалась у середньому відповідно у 1,3–1,4 рази, а в варіантах Гранстар 75 10–25 г/га сумісно з РРР Емістим 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 [579].

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 РРР Емістим 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 у рослинах під впливом сульфонілсечовинних препаратів [150].

Аналіз експериментальних даних за використання в посівах ячменю ярого Калібру 75 у різних нормах як роздільно, так і в бакових сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном також засвідчив зростання активності основних антиоксидантних ферментів – каталази і пероксидази (табл. 3.5). Так, за дії гербіциду Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га активність каталази в листках ячменю ярого на початку виходу в трубку в порівнянні до контролю I підвищувалась відповідно на 24,1; 31,5; 40,3; 48,1 і 28,9 мкМоль

Таблиця 3.5

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Калібр 75 і його сумішей із МБП Агат-25К та РРР Агростимулін (початок виходу рослин у трубку, 2008 р.)**

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	81,2	82,7	10,1	16,7
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	91,3	95,5	11,0	17,0
Агат-25К	95,5	100,4	10,8	17,9
Агростимулін	101,2	105,1	10,2	18,5
Калібр 75 30 г/га	105,3	108,3	11,2	18,9
Калібр 75 40 г/га	112,7	110,2	12,1	20,8
Калібр 75 50 г/га	121,5	130,1	15,4	21,7
Калібр 75 60 г/га	129,3	143,3	17,3	23,3
Калібр 75 70 г/га	110,1	140,2	14,2	23,0
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	110,3	115,2	13,5	19,4
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	121,4	128,3	14,7	22,1
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	133,5	144,1	18,1	23,3
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	140,3	158,2	20,3	25,4
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	120,3	143,3	16,4	25,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>8,4</i>	<i>11,3</i>	<i>2,1</i>	<i>2,8</i>

розкладеного  $\text{H}_2\text{O}_2$ , пероксидази – на 25,6; 27,5; 47,4; 60,6 і 57,5 мкМоль окисненого гваяколу відповідно до норм препарату і контролю I. При застосуванні гербіциду Калібр 75 у тих же нормах, але в бакових сумішах з Агатом-25К і Агростимуліном активність каталази на 5,0; 8,7; 12,0; 11,0 і 10,2 мкМоль розкладеного  $\text{H}_2\text{O}_2$ , пероксидази – на 6,9; 18,1; 14,0; 14,9 і 3,1 мкМоль окисненого гваяколу перевищувала відповідні показники у варіантах, де гербіцид вносився без біологічно активних речовин.

Ці дані також узгоджуються з даними активності СОД у варіантах дослідів з використанням даних препаратів у вегетаційних умовах.

Високу активність також було відмічено у ферментів аскорбатоксидази та поліфенолоксидази. Так, у варіантах дослідів, де Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га застосували сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном активність аскорбатоксидази перевищувала контроль I відповідно в 1,3; 1,5; 1,8; 2,0 і 1,6 рази.

Одержані дані можуть свідчити про опосередковану дію біологічно активних речовин у комплексі з гербіцидом на стан антиоксидантної системи захисту, яка активізується у зв'язку з спрямованістю біохімічних процесів на ліквідацію продуктів метаболізму ксенобіотика.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей сульфонілсечовинного препарату Гранстар 75 із феноксикарбоксіловими кислотами (2,4-ДА 500 і Дікопур Ф 600) відмічено значне зростання активності всіх досліджуваних ферментів, що демонструє загальне підвищення рівня обмінних процесів у рослинах за дії даних груп препаратів (табл. 3.6 і 3.7).

Так, за використання в посівах ячменю ярого бакової суміші гербіциду Гранстар 75 (10–25 г/га) з 2,4-ДА 500 (1,0 л/га) як роздільно, так і в комплексі з Емістимом С, активність каталази, пероксидази і поліфенолоксидази значно перевищувала відповідні показники в контролях I; II і III (табл. 3.6). Особливо відчутним це перевищення було у варіантах дослідів, де бакова суміш вносились сумісно з Емістимом С, що узгоджується з даними активності антиоксидантних ферментів (СОД і GST) у вегетаційному досліді. Однак необхідно відмітити, що за норми внесення Гранстара 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га активність ферментів у порівнянні з попередніми нормами дещо знижувалась. Це може свідчити про надходження в рослини ячменю ярого більш високої концентрації ксенобіотика, за якої активність ферментів гальмується.

Таблиця 3.6

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75 у бакових сумішах із 2,4-ДА 500, внесених окремо і в комплексі з РРР Емістим С (початок виходу рослин у трубку, 2001 р.)**

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	72,1	90,2	15,0	11,1
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	75,3	100,8	15,2	12,0
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	80,2	110,3	14,8	12,8
Емістим С	78,8	105,5	15,3	13,0
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	85,5	108,4	15,7	12,9
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	93,3	115,2	18,8	13,6
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	95,6	123,3	19,3	14,5
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	79,8	117,7	19,7	14,1
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	92,2	110,5	16,1	13,5
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	98,7	121,4	21,1	14,7
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	100,2	128,8	21,8	15,5
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	83,3	118,6	21,0	15,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	4,6	2,8	0,9	0,7

Таблиця 3.7

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Дікопур Ф 600 у бакових сумішах із Гранстаром 75, внесених окремо і в комплексі з РРР Емістим С (початок виходу рослин у трубку, 2001 р.)**

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	71,8	65,8	12,8	13,2
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	77,3	71,1	12,0	14,3
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	80,7	77,7	12,1	15,2
Емістим С	81,1	75,5	13,0	14,8
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	93,3	81,1	15,5	15,0
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	100,1	87,8	16,3	15,5
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	105,4	90,3	18,3	16,3
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	98,8	85,5	20,3	15,8
Дікопур Ф 600 1,50 л/га + Гранстар 75 15 г/га	80,3	80,1	24,2	14,2
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	98,8	85,5	16,0	15,7
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	107,7	91,2	17,5	16,4
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	111,2	93,3	19,3	17,8
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	104,3	88,7	21,2	17,0
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	85,5	83,2	24,8	14,5
<i>НІР<sub>05</sub></i>	2,4	2,3	0,7	0,6

Вивчення дії бакових сумішей гербіциду Дікопур Ф 600 з Гранстаром 75 окремо і в сумішах з Емістимом С показало, що на початку виходу ячменю ярого в трубку активність всіх досліджуваних антиоксидантних ферментів у рослинах зростає, особливо це простежується у варіантах із сумісним внесенням бакових сумішей гербіцидів із Емістимом С (табл. 3.7). Зокрема у варіантах Дікопур Ф 600 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 і 1,50 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С активність каталази, проти відповідних варіантів без РРР, зростала на 5,5; 7,6; 5,8; 5,5; 5,2 мкМоль розкладеного  $H_2O_2$ , пероксидази – на 4,4; 3,4; 3,0; і 3,2; 3,1 мкМоль окисненого гваяколу, аскорбатоксидази – на 0,5; 1,2; 1,0; 0,9 і 0,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти, поліфенолоксидази – на 0,7; 0,9; 1,5; 1,2 і 0,3 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти.

Підвищення активності основних антиоксидантних ферментів, зокрема каталази і пероксидази, було відмічене в усіх польових дослідках у варіантах з ручним прополюванням одночасно з внесенням препаратів (контроль II) та з ручними прополюваннями впродовж вегетаційного періоду (контроль III) (табл. 3.4–3.7). Очевидно, підвищення активності ферментів у цих варіантах досліду є наслідком покращення умов росту й розвитку ячменю ярого, які створюються за часткової або повної відсутності конкуренції з боку бур'янів за світло, вологу й поживні речовини, що в цілому підвищує активність обмінних процесів у рослинах, невід'ємною складовою яких є ферменти.

Водночас підвищення активності каталази і пероксидази у варіантах із самотійним внесенням Агату-25К, Агростимуліну і Емістиму С може свідчити про пряму дію цих біологічно активних речовин на стан антиоксидантних систем, які активізуються у відповідь на АФК, що утворюються в результаті інтенсифікації під впливом цих препаратів обмінних процесів. Подібного припущення дотримуються й інші автори [289, 295].

Дослідження ферментів, виконані в фазу виколошування рослин ячменю показали, що їх активність у порівнянні до показників, одержаних на початку виходу рослин у трубку, знижувалась (табл. 3.8–3.11). Особливо відчутним це зниження було у варіантах досліду, де гербіциди застосовували сумісно з біологічними препаратами. Так, якщо за використання Гранстару 75 у нормах

Таблиця 3.8

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75 і його сумішей із РРР Емістим С (фаза вичолошування, 2000 р.)**

Варіант дослідів	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	63,3	75,5	8,3	10,8
Ручне прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	64,0	76,3	8,7	11,3
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	65,5	78,0	8,0	12,0
Емістим С	65,7	77,7	8,2	12,1
Гранстар 75 10 г/га	69,2	83,2	10,2	13,4
Гранстар 75 15 г/га	71,1	85,1	11,3	15,0
Гранстар 75 20 г/га	73,3	87,3	12,4	17,3
Гранстар 75 25 г/га	78,7	89,6	13,0	18,7
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	65,5	80,6	9,2	12,8
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	68,1	83,3	9,8	13,2
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	70,4	85,2	10,3	14,5
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	75,5	95,5	11,8	16,7
<i>НІР<sub>05</sub></i>	2,7	2,4	0,3	0,3

Таблиця 3.9

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Калібр 75 і його сумішей із МБП Агат-25К та РРР Агростимулін (фаза вичолошування, 2008 р.)**

Варіант дослідів	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	89,5	101,8	7,9	15,1
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	90,6	102,5	8,1	16,6
Агат-25К	94,7	103,4	8,3	16,0
Агростимулін	98,7	104,5	8,8	17,1
Калібр 75 30 г/га	100,3	106,1	9,1	16,2
Калібр 75 40 г/га	108,4	109,3	10,3	18,1
Калібр 75 50 г/га	117,8	115,4	12,1	20,3
Калібр 75 60 г/га	121,5	128,4	14,1	21,4
Калібр 75 70 г/га	123,3	133,4	15,5	22,3
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	95,5	105,2	8,7	15,3
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	101,2	108,1	9,0	16,9
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	109,3	110,3	10,3	18,1
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	114,1	115,1	12,1	19,0
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	118,4	120,7	13,8	19,3
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>6,1</i>	<i>4,5</i>	<i>1,8</i>	<i>2,0</i>

Таблиця 3.10

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75 у бакових сумішах із 2,4-ДА 500, внесених окремо і в комплексі з РРР Емістим С (фаза викалошування, 2001 р.)**

Варіант дослідів	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	80,7	95,5	9,3	10,0
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	82,2	98,8	9,7	10,2
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	81,3	96,3	9,0	10,7
Емістим С	82,0	97,0	9,1	10,8
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	84,2	104,3	11,2	11,3
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	89,3	108,7	13,3	12,8
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	91,2	114,3	15,4	13,3
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	95,5	116,2	17,7	14,0
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	82,1	102,2	10,8	10,7
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	85,5	105,3	11,4	11,4
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	87,1	110,1	13,2	12,2
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	90,7	114,2	14,8	13,5
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>1,9</i>	<i>1,8</i>	<i>0,6</i>	<i>0,8</i>

Таблиця 3.11

**Активність антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм Дікопуру Ф 600 у бакових сумішах із Гранстаром 75, внесених окремо і в комплексі з РРР Емістим С (фаза виколошування, 2001 р.)**

Варіант досліду	Каталаза, мкМоль розкладеного $H_2O_2$ /г сирової маси за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Аскорбатоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль I)	80,1	70,3	9,9	11,8
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	83,3	72,1	10,2	12,3
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	81,2	73,3	9,7	12,5
Емістим С	82,2	75,5	9,5	13,0
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	89,3	78,8	10,0	13,8
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	95,5	81,2	10,0	14,0
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	100,2	89,3	10,5	15,3
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	98,0	85,0	11,3	15,5
Дікопур Ф 600 1,50 л/га + Гранстар 75 15 г/га	95,3	83,3	11,8	15,6
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	85,4	75,5	9,9	12,0
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	91,2	79,3	10,1	12,8
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	95,3	85,5	11,0	14,3
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	97,4	83,1	11,2	14,7
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	95,0	80,1	11,5	15,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>1,7</i>	<i>1,6</i>	<i>0,3</i>	<i>0,4</i>

10; 15; 20; 25 і 25 г/га активність каталази відповідно до норм препарату складала 69,2; 71,1; 73,3 і 78,7 мкМоль розкладеного  $\text{H}_2\text{O}_2$ , пероксидази – 83,2; 85,1; 87,3 і 89,6 мкМоль окисненого гваяколу, то за використання тих же норм препарату сумісно з Емістимом С активність каталази складала 65,5; 68,1; 70,4; і 75,5 мкМоль розкладеного  $\text{H}_2\text{O}_2$ , пероксидази – 80,6; 83,3; 85,2; і 95,5 окисненого гваяколу при активності каталази в контролі І 63,3 мкМоль розкладеного  $\text{H}_2\text{O}_2$  та пероксидази – 75,5 мкМоль окисненого гваяколу і  $\text{HIP}_{05}$  2,7 – для каталази і 2,4 – для пероксидази (табл. 3.8). Зниження активності каталази і пероксидази у варіантах досліду з сумісним застосуванням гербіциду і РРР, вочевидь, пов'язано зі стабілізацією детоксикаційних процесів у рослинах, що направлені на ліквідацію шкідливих продуктів обміну, в тому числі й АФК.

Активність таких ферментів як аскорбатоксидази і поліфенолоксидази також дещо знижувалась у порівнянні до відповідних показників активності ферментів у фазу виходу ячменю ярого в трубку, однак найбільшим це зниження було у варіантах досліду, де Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га вносили сумісно з Емістимом С: відповідно – 1,0; 1,5; 2,1; 1,2 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти (по відношенню до відповідних варіантів з Гранстаром без РРР) – по аскорбатоксидазі ( $\text{HIP}_{05}$  0,3) та 0,6; 1,8; 2,8 і 2,0 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти – по поліфенолоксидазі ( $\text{HIP}_{05}$  0,3). Разом з тим у цих варіантах досліду встановлено закономірність: із наростанням норм внесення гербіциду активність аскорбатоксидази і поліфенолоксидази зростала, що є свідченням подальшої активізації окисних процесів у рослинах ячменю ярого за посиленого синтезу фенольних сполук і аскорбату.

За використання в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75 як роздільно, так і в сумішах із МБП Агат-25К і РРР Агростимулін, активність ферментів у фазу виколювання рослин знижувалась (у порівнянні з показниками, визначеними на початку виходу рослин у трубку), однак із наростанням норм Калібру до 70 г/га – збільшувалась, як у варіантах із самостійним внесенням Калібру 75, так і в варіантах, де гербіцид вносили в сумішах із біологічними препаратами (табл. 3.9). Подібну тенденцію в даному досліді виявлено в усіх досліджуваних ферментів. Ці дані показують, що за підвищених норм внесення препарату активна робота ферментативних систем рослини продовжується, і це є необ-

хідною умовою знешкодження токсиканта та індукованих ним продуктів обміну.

При дослідженні активності антиоксидантних ферментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75 у бакових сумішах з 2,4-ДА 500, внесених окремо й сумісно з Емістимом С, встановлена аналогічна закономірність: із наростанням у баковій суміші норм внесення Гранстарау 75 активність ферментів підвищувалась, однак у варіантах, де гербіциди вносили сумісно Емістимом С, їх активність була нижчою, ніж у відповідних варіантах із внесенням гербіцидів без РРР (табл. 3.10).

Так, у варіантах Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га сумісно з Емістимом С зниження активності ферментів проти відповідних варіантів досліду без РРР складало: для каталази – 2,1; 3,8; 4,1 і 4,8 мкМоль розкладеного  $H_2O_2$  (НІР<sub>05</sub> 1,9), для пероксидази – 2,1; 3,4; 4,2 і 2,0 мкМоль окисненого гваяколу (НІР<sub>05</sub> 1,8), для аскорбатоксидази – 0,4; 1,9; 2,2 і 2,9 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти (НІР<sub>0,5</sub> 0,6), для поліфенолоксидази – 0,6; 1,4; 1,1 і 0,5 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти (НІР<sub>05</sub> 0,8).

У досліді з вивчення дії різних норм гербіциду Дікопур Ф 600, внесеного в бакових сумішах із Гранстаром 75 окремо і в поєднанні з РРР Емістим С, встановлено, що зі збільшенням норм Дікопуру Ф у бакових сумішах з Гранстаром 75 до 1,25 і 1,5 л/га як окремо, так і сумісно з РРР Емістим С активність каталази і пероксидази (в порівнянні з попередніми нормами) знижується, хоч в порівнянні до контролів залишається високою. У той же час активність аскорбатоксидази і поліфенолоксидази за використання всіх бакових сумішей препаратів є високою і з наростанням у сумішах норм використання препаратів підвищується (табл. 3.11).

Таким чином, з вище наведеного експериментального матеріалу можна зробити висновки:

- гербіциди класу сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75) і феноксикарбокислових кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) та їх бакові суміші (комплекси) з РРР і МБП суттєво впливають на перебіг реакцій ПОЛ у рослинах ячменю ярого. Зокрема за використання гербіцидів у сумішах із рістрегуляторами рівень ПОЛ у рослинах знижується в більшій мірі, ніж за внесення гербіцидів без біологічних препаратів. Загалом, це супроводжується підвищенням активності в рослинах ферментів GST і СОД, які, вочевидь, забезпечують більш швидкі темпи детоксикації токсикантів;

- за сумісного використання гербіцидів і біологічних препаратів у листках ячменю ярого зростає вміст низькомолекулярних антиоксидантів – глутатіону і аскорбату. При цьому простежується залежність їх вмісту від внесення в композиціях норм гербіциду: з наростанням норм гербіциду вміст у рослинах антиоксидантів дещо знижується, особливо аскорбінової кислоти. Очевидно, це може свідчити про більш активну витрату даного антиоксиданту як у реакціях, направлених на детоксикацію ксенобіотика, так і в реакціях ліквідації АФК, які зумовлюють підвищений рівень ПОЛ у рослинах;
- антиокиснювальна активність тканин листків ячменю ярого залежить від рівня реакцій ПОЛ у рослинах та вмісту в листках антиоксидантів: підвищення рівня АОА тканин супроводжується послабленням реакцій ПОЛ;
- поєднання застосування гербіцидів різних хімічних класів із біологічними рістрегулюючими препаратами зумовлює суттєве підвищення активності ферментів класу оксидоредуктаз – каталази, пероксидази, поліфенолоксидази та аскорбатоксидази, що може свідчити про підвищення рівня детоксикаційних процесів у рослинному організмі, спрямованих на ліквідацію шкідливих для рослини продуктів метаболізму, індукованих впливом гербіцидів;
- активність ферментів класу оксидоредуктаз знаходиться в тісній залежності від норм внесення гербіцидів у сумішах та фази розвитку рослин: на початку виходу рослин у трубку активність ферментів із наростанням норм внесення гербіцидів до максимальних знижується, водночас у фазу виходу активність каталази і пероксидази (у порівнянні з початком виходу рослин у трубку та варіантами з самотійним внесенням гербіцидів без біологічних препаратів) знижується; активність аскорбатоксидази і поліфенолоксидази у фазу виходу рослин залишається досить високою і з наростанням у сумішах норм гербіцидів – зростає, що може свідчити про активну участь цих ферментів в адаптаційних реакціях рослин на гербіцидний стрес.

### **3.2. Активність транспорту електронів у електронтранспортному ланцюзі фотосинтезу хлоропластів**

Відомо, що основним джерелом пластичних речовин, необхідних для росту і розвитку рослинного організму, є фотосинтез [580]. Тому нині сформувались чіткі уявлення про залежність спрямованості і продуктивності фотосинтезу від дії цілої низки чинників, у тому числі й гербіцидів. Гербіциди можуть суттєво впливати на стан хлорофільного комплексу хлоропластів, на проходження в них фотохімічних реакцій, а звідси – на їх функціональну активність та продуктивність роботи. Зважаючи на це, фотохімічну активність хлоропластів можна розглядати як показник, що чітко корелює з процесами фотосинтезу та визначає ступінь стійкості рослинного організму до дії певного хімічного класу гербіцидів [332].

Як свідчить переважна більшість наукових джерел, гербіциди в перші години після застосування досягають клітинних органелл, серед яких найвища концентрація хімічного агента спостерігається у хлоропластах [150, 581]. За даними Н. Г. Аверіної та М. С. Радюк [349], гербіциди, потрапивши у хлоропласти, можуть зумовлювати значні зміни в їх будові. Ці дані підтверджуються експериментальними дослідженнями й інших учених [347, 348]. Вочевидь, що зміни в структурній організації хлоропластів є наслідком дії цілої низки біохімічних реакцій, у тому числі й фотохімічних [377]. Тому за дії гербіцидів спостерігається не тільки порушення ультраструктури хлоропластів, а й суттєвих змін при цьому зазнає фотохімічний транспорт електронів [350].

На жаль, у літературі практично відсутні дані з вивчення дії на фотохімічну активність хлоропластів бакових сумішей гербіцидів і біологічно активних речовин. Зазвичай їх дія на фотохімічні реакції у рослинах є більш вивченою розрізнено. У той же час експериментальні дані свідчать, що за дії БАР активність фотохімічного транспорту електронів значно зростає [186, 363, 582]. Тому, зважаючи на те, що питання інтегрованої дії гербіцидів і БАР на фотохімічні процеси в рослинах є мало вивченим, доцільним було встановити, як гербіциди різних хімічних класів, внесені роздільно та в сумішах із РРР, впливають на перебіг фотохімічних реакцій у рослинах ячменю ярого. З цією метою в умовах вегетаційних дослідів було проведено вивчення дії бакових сумішей препаратів на фотохімічну активність ізольованих хлоропластів.

Як показали одержані експериментальні дані, фотохімічна реакція хлоропластів за дії бакових сумішей препаратів, що вивчались у дослідях, зазнавала суттєвих змін. Так, за обробки рослин ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га без РРР на другу добу експерименту активність транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів складала 8,13 і 7,92 при 8,42 мкМоль фериціаніду / мг хлорофілу за годину в контролі, тобто відхилення від контролю знаходилось у межах 3–6% (табл. 3.12). За внесення Гранстара 75 у нормах 20 і 25 г/га фотохімічна активність хлоропластів ячменю ярого знижувалась у порівнянні з контролем відповідно на 1,99 і 3,41 мкМоль фериціаніду/мг хлорофілу за годину, або – на 24 і 41%.

Таблиця 3.12

**Активність транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і його бакових сумішей з Емістимом С (вегетаційний дослід, 2006 р.)**

Варіант дослідження	Діб після внесення препаратів			
	дві		п'ять	
	мкМоль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хлорофілу за годину	% до контролю	мкМоль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хлорофілу за годину	% до контролю
Обробка водою (контроль)	8,42	100	8,66	100
Емістим С	10,11	120,1	10,32	119,2
Гранстар 75 10 г/га	8,13	96,6	9,0	103,9
Гранстар 75 15 г/га	7,92	94,1	8,71	100,6
Гранстар 75 20 г/га	6,43	76,4	8,0	92,4
Гранстар 75 25 г/га	5,01	59,5	6,56	75,8
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	8,74	103,8	10,95	126,4
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	8,0	95,0	10,13	117,0
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	6,98	82,9	8,75	101,0
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	5,33	63,3	7,98	92,1
<i>НІР<sub>01</sub></i>	0,33	–	0,57	–

Одержані дані показують, що за мінімальних та рекомендованих норм використання сульфонілсечовинних препаратів, у тому числі й Гранстару 75, суттєвого пригнічення транспорту електронів у хлоропластах не відбувається, оскільки гербіциди класу сульфонілсечовини не є інгібіторами реакції Хілла. Однак за внесення сульфонілсечовин у підвищених нормах фотохімічна активність хлоропластів може значно знижуватись, про що свідчать результати досліджень й інших учених [583].

На п'яту добу після внесення гербіциду Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га без РРР пригнічення транспорту електронів у хлоропластах ячменю ярого не спостерігалось, але за норм Гранстару 75 20 і 25 г/га активність транспорту електронів у хлоропластах була на 8 і 24% відповідно нижчою, ніж у контролі, але на 16% – вищою за активність у порівнянні з попередніми визначеннями. Очевидно, що зниження фотохімічної активності хлоропластів ячменю ярого відбувається не за прямої дії хімічного агента, а є наслідком індукованого впливу препарату на фізіолого-біохімічний стан клітини, в тому числі й окремих органодів. Так, як було показано нами раніше, за дії збільшених норм Гранстару 75 у рослинах ячменю зростає вміст малонового діальдегіду, що є наслідком підвищеного рівня пероксидного окиснення ліпідів у клітинах. Це підтверджується зворотною за напрямом тісною кореляційною залежністю між рівнем ПОЛ та активністю транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу ( $r = -0,93$ ).

Зважаючи на те, що у хлоропластах постійно утворюється синглетний кисень, супероксидрадикал і пероксид водню, які належать до АФК, можна припустити, що за дії підвищених норм гербіциду Гранстар 75 відбувається посилене утворення цих форм АФК. Тому, як свідчать дослідження останніх років [157], для нейтралізації найбільш небезпечної форми кисню – супероксидрадикалу, в хлоропластах використовується частина електронів, які утворюються в результаті фотоокиснення води у циклі «Halliwell – Asada».

Це відбувається через низку проміжних реакцій, зокрема: супероксидрадикал дисмутує за участі супероксиддисмутази до  $H_2O_2$ , який, в свою чергу, відновлюється аскорбатом до води; монодегідроаскорбінова кислота відновлюється ферредоксином знову до аскорбату; частина новоутворених електронів після фотоокиснення води йде на відновлення ферредоксину. Тому, очевидно,

за інтенсивного продукування АФК зростає потреба в електронах для відновлення фередоксину, що в цілому впливає на швидкість і стабільність транспорту електронів.

При визначенні активності транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів ячменю ярого за сумісної дії Гранстару 75 із РРР Емістим С встановлено, що на другу добу після внесення препаратів пригнічення фотохімічної активності спостерігалось у варіантах, де гербіцид вносили в нормах 15; 20 і 25 г/га, однак одержані показники перевищували аналогічні у варіантах, де Гранстар 75 у тих же нормах вносився без РРР. На п'яту добу в варіантах досліду Гранстар 75 10; 15 і 20 г/га активність транспорту електронів на 26; 17 і 1% відповідно перевищувала контрольний показник, а в варіанті Гранстар 75 25 г/га + Емістим С – на 8% була нижчою за відповідне значення у варіанті обробка водою. З одержаних даних випливає, що за внесення сульфонілсечовинного гербіциду з РРР активність транспорту електронів в ЕТЛ хлоропластів значно зростає. Перш за все, це пов'язано із зниженням рівня генерування АФК у рослинах (що відображено в підрозділі 3.1), які можуть впливати як на структуру хлоропластів, так і на перебіг у них основних біохімічних реакцій, та – із безпосереднім позитивним стимулюючим впливом екзогенних РРР на хлоропласти рослин і активність у них транспорту електронів, про що в своїх роботах повідомляють й інші вчені [186, 363, 582].

Дослідження активності транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500 показали, що на другу добу застосування препаратів у всіх варіантах досліду, де препарати вносили окремо і в поєднанні з Емістимом С, спостерігалось пригнічення транспорту електронів (табл. 3.13). Але необхідно відмітити, що у варіантах, де бакові суміші гербіцидів вносили сумісно з РРР, активність транспорту електронів була вищою, ніж у відповідних варіантах без РРР.

Одержані дані дають підставу стверджувати, що суміші сульфонілсечовинних препаратів із феноксикарбоксилічними кислотами справляють більш глибокий вплив на фізіолого-біохімічний стан хлоропластів, що виражається у більш активному генеруванні рослинами АФК та посиленні реакцій ПОЛ, які накладають

свій відбиток на фотохімічну активність хлоропластів. Крім того, феноксикарбоксілові кислоти можуть безпосередньо впливати на механізми електронного транспорту, оскільки вже в перші години після застосування ці хімічні сполуки активно концентруються в хлоропластах [581].

Таблиця 3.13

**Активність транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 з гербіцидом класу феноксикарбоксілових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (вегетаційний дослід, 2008 р.)**

Варіант досліджу	Діб після внесення препаратів			
	дві		п'ять	
	мкМоль K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> /мг хлорофілу за годину	% до контро- лю	мкМоль K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> /мг хлорофілу за годину	% до контро- лю
Обробка водою (контроль)	31,1	100	33,74	100
Емістим С	40,22	129,3	41,23	122,2
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	28,71	92,3	33,81	100,2
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	20,11	64,6	30,70	91,0
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	14,30	46,0	25,44	75,4
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	10,20	32,8	21,13	62,6
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	30,80	99,0	37,41	110,9
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	25,12	80,7	35,73	105,9
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	15,31	49,2	26,13	77,4
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	10,25	33,0	22,31	66,1
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>1,67</i>	—	<i>1,18</i>	—

На п'яту добу досліджень активність транспорту електронів у варіантах досліджу зростала, але найвищою вона була лише у варіантах, де Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га вносили сумісно з Емістимом С. За норм внесення Гранстару 75 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га як окремо, так і в сумішах із Емісти-

мом С, активність транспорту електронів у хлоропластах ячменю ярого була нижчою за контроль. Це узгоджується з даними про те, що за високих норм внесення хімічних агентів позитивна дія РРР на рослини ячменю ярого може нівелюватись. При цьому швидкість фотохімічних реакцій у рослинах залежить від хімічної природи гербіцидів, норми їх внесення та складу бакових сумішей.

Отже, одержаний експериментальний матеріал дає підставу зробити висновки, що гербіцид класу сульфонілсечовини Гранстар 75 має опосередкований вплив на транспорт електронів у хлоропластах ячменю ярого, який можна виразити послідовністю: гербіцид → генерування АФК → нейтралізація АФК (зокрема супероксидрадикалу) → фотоокиснення води → зміна активності транспорту електронів.

Найбільш активно транспорт електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів ячменю ярого змінюється за дії на рослини ячменю ярого бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, під впливом яких простежується активне продукування АФК та глибокі зміни в спрямованості біохімічних реакцій, що можуть бути зумовлені безпосередньою акумуляцією 2,4-ДА 500 у хлоропластах.

Поєднання застосування сульфонілсечовинних препаратів та бакових сумішей сульфонілсечовинних препаратів і феноксикарбоксилічних кислот із РРР підвищує активність транспорту електронів у хлоропластах ячменю ярого, що може свідчити про зниження негативного впливу на рослини АФК за рахунок прямої дії РРР на перебіг метаболічних процесів у хлоропластах у бік їх активізації.

### **3.3. Стан пігментного комплексу листкового апарату**

Фотосинтетична продуктивність рослин у значній мірі визначається рівнем нагромадження в асимілюючих органах пластидних пігментів. Вміст пігментів, а також співвідношення між ними, є важливою фізіологічною характеристикою як листкового апарату, так і рослини в цілому [584]. Водночас кількість пігментів (хлорофілу і каротиноїдів) в онтогенезі рослин значно варіює, що є результатом адаптації їх до дії умов навколишнього природного середовища та стресових чинників, у тому числі й гербіцидів [363, 585].

Як свідчать експериментальні роботи [333, 335, 336, 348, 355], гербіциди, залежно від хімічної природи, норм та умов застосування, зумовлюють зменшення вмісту пігментів у листках основних сільськогосподарських культур, зокрема, в початковий період після застосування. Разом з тим у працях учених, які вивчали сумісну дію в бакових сумішах гербіцидів і регуляторів росту рослин, встановлено позитивний вплив препаратів на вміст хлорофілу в листках та відмічено зниження негативної дії хімічних препаратів на рослинні організми, особливо за використання їх у підвищених нормах [104, 363, 406, 407, 586, 587].

Позитивний вплив РРР у сумішах із гербіцидами на пігментний комплекс рослин розглядається вченими з погляду їх стимулюючої дії на процеси синтезу пігментів та формування світлозбирального комплексу, а також – захисної дії цих сполук щодо передчасного руйнування хлорофілів [357, 359, 362]. Однак, незважаючи на те, що питання механізму дії БАР та їх комплексів із хімічними препаратами на стан і функціонування пігментів різних сільськогосподарських культур активно вивчається та дискутується, окремі аспекти фізіолого-біохімічних змін у пігментах листків залишаються не з'ясованими. З огляду на це, важливим є встановлення і вивчення змін пігментного комплексу ячменю ярого за дії різних груп гербіцидів, внесених роздільно і в сумішах із біологічними рістрегулюючими препаратами, що дало б можливість розкрити основні шляхи та спрямованість фізіолого-біохімічних процесів у пігментному апараті рослин, від яких цілком залежить синтез органічної речовини та формування продуктивності посівів.

Як показали результати проведених досліджень, вміст хлорофілу в листках ячменю ярого в значній мірі залежав від хімічної природи гербіцидів, норм їх використання та поєднання препаратів у бакових сумішах із РРР та МБП. Так, за використання гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 вміст хлорофілу в листках ячменю змінювався в залежності від норм внесення препарату, поєднання його в сумішах з Емістимом С та від погодних умов, що склались у роки проведення досліджень (табл. 3.14).

Так, сумарний вміст хлорофілів  $a$  і  $b$  у листках ячменю ярого в варіанті досліду без застосування препаратів (контроль I) складав: у 1999 р. – 0,731; у 2000 р. – 0,832; у 2001 р. – 1,431% на суху

Таблиця 3.14

**Вміст хлорофілу (*a+b*) в листках ячменю ярого у фазу виколошування за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в сумішах із Емістимом С, % на суху речовину**

Варіант досліджу	1999 р.	2000 р.	2001 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль I)	0,731	0,832	1,431	0,998
Ручне прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	0,780	0,848	1,441	1,023
Ручні прополювання впродовж вегетації (контроль III)	0,981	1,070	1,462	1,171
Емістим С	0,970	1,030	1,159	1,053
Гранстар 75 10 г/га	0,768	0,863	1,432	1,021
Гранстар 75 15 г/га	0,790	0,894	1,445	1,043
Гранстар 75 20 г/га	0,795	0,911	1,456	1,054
Гранстар 75 25 г/га	0,780	0,898	1,445	1,041
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	0,831	0,905	1,456	1,064
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	0,864	0,997	1,622	1,161
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	0,813	0,943	1,463	1,073
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	0,790	0,911	1,455	1,052
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,018</i>	<i>0,013</i>	<i>0,021</i>	–

речовину, що узгоджується з даними погодних умов, які були найсприятливішими для ячменю у 2001 р. та менш сприятливими за кількістю опадів та температурним режимом – у 1999 і 2000 рр.

Аналізуючи сумарний вміст хлорофілу в листках ячменю у 1999 р., необхідно зазначити, що найвищим він був у варіантах досліджу, де Гранстар 75 застосовували сумісно з Емістимом С, зокрема за внесення 10; 15; 20 і 25 г/га препарату із РРР вміст хлорофілу перевищував відповідні показники у варіантах за цих же норм внесення гербіциду, але без РРР, відповідно на 0,063; 0,074; 0,018 і 0,010% на суху речовину при НІР<sub>05</sub> 0,018.

Аналогічна залежність із вмістом зелених пігментів у листках ячменю ярого була відмічена і в 2000 та 2001 рр. досліджень.

У середньому ж за три роки експерименту за використання Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га вміст хлорофілу в листках у відношенні до контролю I збільшувався відповідно на 2; 5; 6 і 4%, в той час як у варіантах із внесенням тих же норм Гранстару 75 у сумішах із Емістимом С – на 7; 16; 8 і 5%.

Аналізуючи дані з вмісту суми хлорофілів *a* і *b* в листках ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 встановлено, що він змінювався залежно від норм внесення у сумішах Гранстару 75 та використання препаратів у комплексі з РРР Емістим С (табл. 3.15).

Так, найвищий вміст хлорофілів *a* і *b* у 2001 р. було виявлено в листках ячменю ярого у варіантах досліду Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 – 1,0л/га, що складало у відсотках до контролю I відповідно 109 та 111%. Із наростанням у бакових сумішах норми внесення Гранстару 75 до 25г/га вміст зелених пігментів у листках ячменю ярого в порівнянні з попередніми нормами використання препарату знижувався.

За поєднання внесення бакових сумішей Гранстару 75 з 2,4-ДА 500 та Емістимом С вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках ячменю ярого значно зростав, але найвищим він був у варіантах Гранстар 75 10; 15 і 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, що перевищувало аналогічні варіанти, де РРР з гербіцидом не застосовували, відповідно на 0,053; 0,015 і 0,012% на суху речовину.

У 2002 і 2003 рр. простежувалась аналогічна закономірність із нагромадженням у листках зелених пігментів, але за роками ці показники були дещо різними, що вказує на залежність формування пігментного комплексу ячменю ярого від погодних умов, які значно різнилися як за кількістю опадів, так і температурним режимом.

У середньому за 2001–2003 рр. досліджень найвищий вміст суми хлорофілів було відмічено у варіанті досліду Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що на 26% перевищувало контроль I та на 17% і 3% відповідно – контроль II і III.

Аналіз одержаних даних показує, що збільшення вмісту хлорофілу в листках ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного в бакових сумішах із гербіцидом класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 окремо і в поєднанні з Емістимом С, очевидно, є результатом сумарної позитивної дії на рослини двох чинників: першого – зниження або відсутність конкуренції з боку бур'янів за вологу, мінеральне жи-

влення, світло й ін.; другого – безпосереднє стимулювання за дії РРР функціонування пігментного комплексу ячменю ярого.

Таблиця 3.15

**Вміст хлорофілу (*a+b*) в листках ячменю ярого у фазу вико-  
лошування за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфоні-  
лсечовини Гранстар 75 з гербіцидом класу феноксикарбок-  
сових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в комплексі з  
Емістимом С, % на суху речовину**

Варіант дослідю	2001 р.	2002 р.	2003 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль I)	1,383	0,983	1,011	1,125
Ручні прополювання одноча- сно з внесенням препаратів (контроль II)	1,411	1,113	1,125	1,216
Ручні прополювання впро- довж вегетаційного періоду (контроль III)	1,548	1,238	1,345	1,377
Емістим С	1,403	1,296	1,301	1,333
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,511	1,205	1,321	1,346
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 г/га	1,533	1,210	1,332	1,358
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,431	1,111	1,100	1,214
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,390	0,970	1,008	1,123
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,564	1,312	1,381	1,419
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,548	1,231	1,344	1,374
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,443	1,123	1,115	1,227
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,392	0,974	1,013	1,126
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,016</i>	<i>0,021</i>	<i>0,033</i>	–

Як свідчить цикл наукових робіт, присвячених вивченню дії гербіцидів і РРР на формування пігментного комплексу різних сільськогосподарських культур [363, 366, 367], реалізація другого фактору відбувається завдяки антистресовій та протекторній дії

PPP, що обумовлена глибокими фізіолого-біохімічними змінами у рослинах. У той же час не виключеною залишається й пряма дія гербіцидного агента на ключові фізіолого-біохімічні реакції в пігментному комплексі ячменю ярого, оскільки гербіциди як фізіологічно активні речовини здатні акумулюватись хлоропластами, що, в свою чергу, зумовлює глибокі порушення як в синтетичних процесах, так і в ключових реакціях фотосинтезу. Можливо цим пояснюється зменшення вмісту хлорофілу за норм внесення Гранстару 75 20 і 25г/га у бакових сумішах з 2,4-ДА 500 1,0 л/га, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С.

З метою з'ясування та розкриття механізмів впливу досліджуваних препаратів на пігментний комплекс ячменю ярого було проведено експериментальні дослідження у суворо контрольованих вегетаційних умовах.

У результаті проведених експериментів встановлено, що за використання Гранстару 75 без PPP вміст хлорофілів  $a$  і  $b$ , а також їх сума, у порівнянні до контролю значно зростають, але із наростанням норм препарату від 10 до 25 г/га спостерігається зменшення зазначених показників, а за норми 25 г/га – вміст хлорофілів  $a$  і  $b$  та їх сума були нижчими за контрольний показник (табл. 3.16). Водночас у варіантах, де Гранстар 75 застосовували разом із Емістимом С, вміст хлорофілів  $a$  і  $b$  та їх сума перевищували відповідні показники у варіантах без PPP, хоча за норми препарату 25 г/га спостерігалась аналогічна закономірність – вміст хлорофілу в листках ячменю був нижчим за контроль. Літературні дані [339, 588] дають підставу вважати, що зниження вмісту хлорофілу в варіантах досліджу, яке простежується із наростанням норм гербіциду, є результатом підвищення рівня ПОЛ у клітинах, у результаті якого може відбуватися гальмування синтезу хлорофілу або його руйнування. Однак більшість учених констатують, що руйнування хлорофілу можливе й через активацію ферменту хлорофілази, на яку АФК мають опосередкований вплив [345].

Аналізуючи співвідношення хлорофілів  $a/b$  необхідно відмітити, що у варіантах Гранстар 75 10; 15 і 20 г/га цей показник складав 3,3; 3,1 і 3,5, а за внесення тих же норм гербіциду сумісно з Емістимом С – відповідно 2,9; 2,9 і 3,2. Збільшення відношення хлорофілу  $a$  до  $b$  вказує на відносне зменшення частки СЗК, зокрема у варіантах 10; 15 і 20 г/га Гранстару 75 показник СЗК становив 51; 53 і 49%. Разом з тим зменшення відношення хлорофі-

лу *a* до *b*, яке спостерігалось у варіантах 10; 15 і 20 г/га Гранстару 75 сумісно з Емістимом С, свідчить про збільшення розмірів СЗК, який відповідно складав 56; 56 і 53% при 48% у контролі.

Таблиця 3.16

**Вміст і співвідношення пігментів у листках ячменю ярого за обробки гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 роздільно і в сумішах із Емістимом С (фаза трьох листків, шоста доба після внесення препаратів, вегетаційний дослід, 2006 р.), мг/г сирової маси**

Варіант досліджу	Х <sub>Ла</sub>	Х <sub>Лб</sub>	Х <sub>Л (a+b)</sub>	Х <sub>Л a/b</sub>	Сума каротиноїдів	СЗК, %
Обробка водою (контроль)	0,611	0,173	0,784	3,5	0,125	48
Емістим С	0,673	0,242	0,915	2,8	0,133	58
Гранстар 75 10 г/га	0,660	0,200	0,860	3,3	0,138	51
Гранстар 75 15 г/га	0,643	0,205	0,848	3,1	0,145	53
Гранстар 75 20 г/га	0,621	0,180	0,801	3,5	0,130	49
Гранстар 75 25 г/га	0,598	0,163	0,761	3,7	0,110	47
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	0,734	0,253	0,987	2,9	0,145	56
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	0,674	0,231	0,905	2,9	0,150	56
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	0,632	0,200	0,832	3,2	0,133	53
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	0,608	0,174	0,782	3,5	0,115	49
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>0,023</i>	<i>0,015</i>	<i>0,033</i>	–	<i>0,013</i>	–

Це дає підставу стверджувати, що за сумісної дії гербіциду і РРР відбувається послаблення негативного впливу хімічного агента на рослини, що зумовлює формування більших розмірів СЗК та більшого числа реакційних центрів [589].

При визначенні в листках ячменю ярого за дії гербіциду Гранстар 75 вмісту каротиноїдів нами встановлено, що за норм препарату 10–20 г/га їх кількість перевищувала контрольний показник, особливо у варіантах, де гербіцид вносили в сумішах із РРР. Збільшення їх кількості можна розглядати як адаптивну реакцію рослин ячменю ярого на дію гербіциду, оскільки каротиноїди належать до антиоксидантів і захищають реакційні центри фотосистем I і II від деструктивної дії АФК [354]. Тому, очевидно, однією з причин зниження рівня хлорофілу в варіантах Гранстар 75 25 г/га та Гранстар 75 25 г/га + Емістим С може бути зниження вмісту в рослинах каротиноїдів [590, 591].

Подібна закономірність із вмісту хлорофілу в листках ячменю ярого була одержана за обробки рослин баковими сумішами гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і гербіциду класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С (табл. 3.17). Однак необхідно відмітити, що пригнічуюча дія бакових сумішей гербіцидів, які вносились без РРР, відображалась на стані пігментного комплексу ячменю ярого більш виражено. Зокрема за дії Гранстару 75 у нормах 20 і 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 вміст хлорофілу *a* в листках ячменю був відповідно на 3 і 5%, вміст хлорофілу *b* – на 14 і 21%, сума хлорофілів *a* і *b* – на 6 і 9% нижче показників у контролі.

Таблиця 3.17

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

Варіант досліді	Хл <sub>а</sub>	Хл <sub>б</sub>	Хл <sub>(а+б)</sub>	Хл <sub>а/б</sub>	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>НІР<sub>01</sub></i>	<i>0,036</i>	<i>0,013</i>	<i>0,051</i>	–	<i>0,015</i>	–

За використання цих же бакових сумішей сумісно з РРР вміст суми хлорофілів  $a$  і  $b$  дещо зростав, але в порівнянні до контролю залишався низьким. Ці дані демонструють негативну дію підвищених норм гербіцидів на стан пігментного комплексу ячменю ярого, що може бути обумовлено не тільки інтенсифікацією утворення АФК, а й прямою дією препаратів як на процеси синтезу хлорофілу, так і його руйнування.

Аналізуючи співвідношення хлорофілів  $a/b$  можна відмітити, що у варіантах Гранстар 75 10; 15 і 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га цей показник складав 2,8; 2,9 і 3,4, а в варіантах з тими ж нормами гербіцидів, але сумісно з Емістимом С – відповідно 2,6; 3,0 і 3,3. Збільшення відношення хлорофілу  $a$  до  $b$  вказує на відносне зменшення частки СЗК, зокрема у варіантах 10; 15 і 20 г/га Гранстару 75 + 2,4-ДА 500 СЗК становило 58; 56 і 50%. Водночас зменшення відношення хлорофілу  $a$  до  $b$ , яке спостерігалось у варіанті 10 г/га Гранстару 75 сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, свідчить про збільшення розмірів СЗК, який відповідно складав 62% при 55% у контролі.

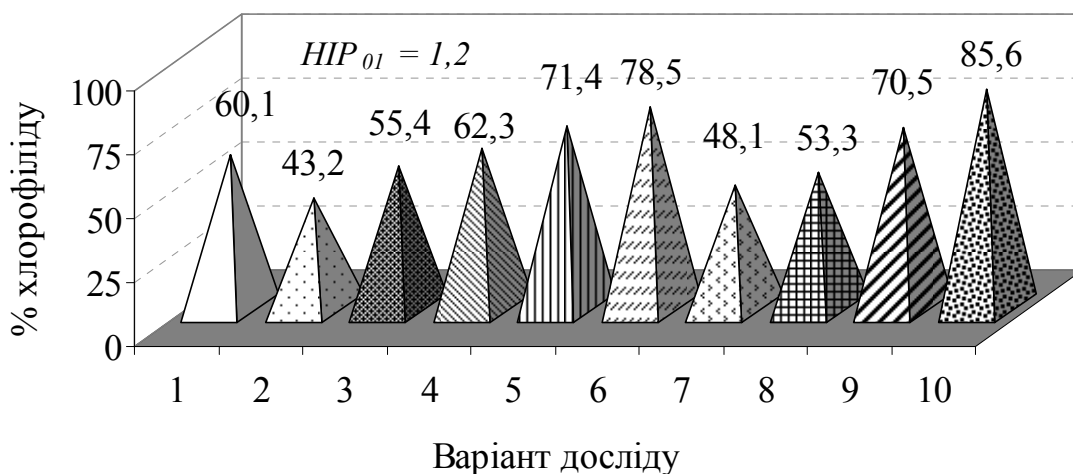
Високі норми внесення Гранстару 75 (20 і 25 г/га) у сумішах із 2,4-ДА 500 1,0 л/га пригнічували синтез у листках ячменю ярого каротиноїдів, що, очевидно, зменшувало їх захисну функцію у відношенні до хлорофілу.

Зважаючи на те, що однією з причин зменшення вмісту хлорофілу в листках може бути підвищена активність ферменту хлорофілази, були виконані відповідні дослідження даного ферменту.

Як видно з рис. 3.13 активність хлорофілази за використання Гранстару 75 як окремо, так і в сумішах з Емістимом С, була досить високою. Лише у варіантах Емістим С, Гранстар 75 10 г/га та Гранстар 10 і 15 г/га + Емістим С активність ферменту була нижчою за показники в контролі. Ці експериментальні дані підтверджують наше припущення про те, що за дії гербіцидів відбувається стимулювання гідролітичної активності хлорофілази. Схожої думки дотримуються й інші вчені [345].

Відомо, що хлорофілаза в клітині перебуває у зв'язаному стані в комплексі з білками та іншими речовинами мембран у найбільш асоційованій формі з невеликою активністю [343, 344], але в процесі детоксикації гербіцидів у хлоропластах відмічається порушення хлорофіл-білково-ліпоїдного комплексу, особливо за

дії продукованих АФК, що призводить до вивільнення та активізації ферменту [157, 343]. Між ПОЛ та активністю хлорофілази встановлена тісна кореляційна залежність  $r = 0,73$ .

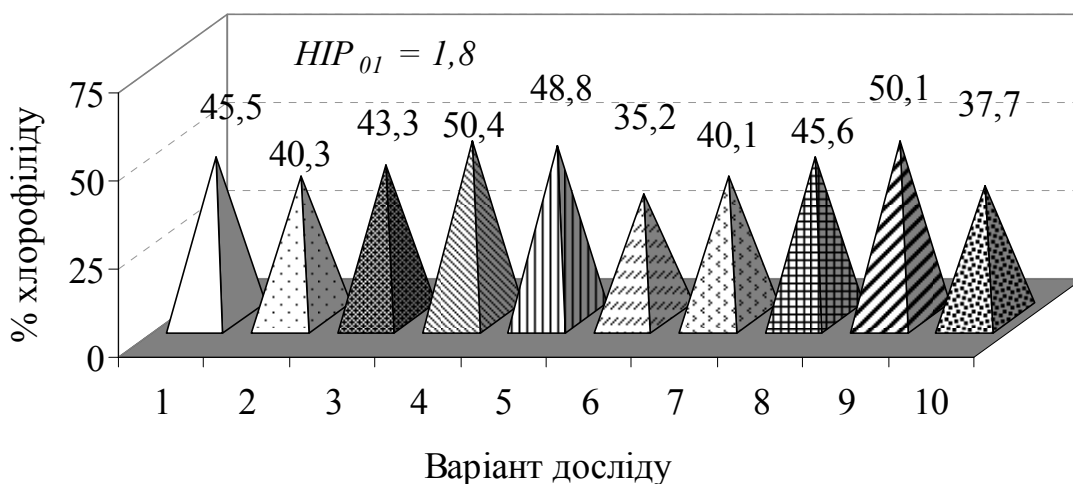


**Рис. 3.13. Активність хлорофілази в листках ячменю ярого за обробки гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 роздільно і в сумішах із Емістимом С (фаза трьох листків, шоста доба після внесення препаратів, вегетаційний дослід, 2006 р.):**

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

Результати досліджень активності хлорофілази за дії бакових сумішей Гранстара 75 і 2,4-ДА 500 демонструють аналогічну закономірність (рис. 3.14). Але необхідно відмітити, що за обробки ячменю ярого баковими сумішами Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га як окремо, так і сумісно з Емістимом С, активність хлорофілази різко знижувалась, що, очевидно, є результатом безпосереднього негативного впливу гербіцидів на фермент. Активність хлорофілази тісно корелювала з вмістом хлорофілу в листках ячменю ярого ( $r = -0,88$ ).

Подальші дослідження, виконані в польових умовах, продемонстрували подібну залежність стану пігментного комплексу ячменю ярого від дії гербіцидів та їх сумішей із біологічними препаратами. Зокрема встановлено, що гербіцид Лінтур 70 WG, внесений як окремо, так і в сумішах із Агатом-25 К, у значній мірі впливав на вміст пігментів і їх співвідношення в листках ячменю ярого (табл. 3.18).



**Рис. 3.14. Активність хлорофілази в листках ячменю ярого за обробки баковими сумішами гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 окремо і в комплексі з Емістимом С (фаза трьох листків, шоста доба після внесення препаратів, вегетаційний дослід, 2008 р.):**

1. Обробка водою (контроль);
2. Емістим С;
3. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
4. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
5. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
6. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
7. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
8. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
9. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
10. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

Так, у 2004 році у фазі виколошування ячменю ярого вміст хлорофілу *a* в листках рослин за дії Лінтуру 70WG у нормах 90–140 г/га складав відповідно 1,37; 1,57; 1,53 і 1,37 мг/г сирової маси, тоді як при цих же нормах гербіциду, внесених у сумішах з Агатом-25 К – 1,52; 1,88; 1,46 і 1,43 мг/г сирової маси при 1,30 мг/г сирової маси в контролі I та при  $HIP_{05} = 0,08$ . Тобто, у варіантах дослід, де Лінтур 70WG вносився сумісно з Агатом-25К, вміст хлорофілу *a* в листках ячменю ярого у порівнянні до варіантів, де застосовувався лише один Лінтур 70WG, значно збільшувався. Аналогічна залежність спостерігалась і в нагромадженні в листках хлорофілу *b*, що в загальному відобразилось на формуванні показника суми хлорофілів *a+b*.

Аналізуючи вміст суми хлорофілів *a+b* у листках Ячменю ярого, встановлено, що найвищим він був у варіантах дослід з внесенням Лінтуру 70WG в нормах 90; 100 і 120 г/га сумісно з

Агатом-25К, що складало до норм гербіциду відповідно 2,27; 2,71 і 2,13 мг/г сирової маси при 1,67 мг/г сирової маси в контролі I. Збільшення вмісту суми пігментів ( $a+b$ ) у цих варіантах дослідів свідчить про найсприятливіші умови для росту і розвитку рослин ячменю ярого, які складаються в посівах за дії сумішей гербіциду Лінтур 70WG у нормах 90–120 г/га сумісно з Агатом-25К.

Таблиця 3.18

**Вміст і співвідношення пігментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного без біопрепарату і в сумішах із біопрепаратом Агат-25К, мг/г сирової маси (фаза викалошування, 2004 р.)**

Варіант дослідів	Хл а	Хл б	Хл (a+b)	Хл a/b	Сума каротиноїдів	$\frac{Хл}{Кар}$
Без застосування препаратів (контроль I)	1,30	0,37	1,67	3,5	0,30	5,6
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,71	0,51	2,22	3,4	0,44	5,0
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	1,88	0,70	2,58	2,7	0,52	5,0
Агат-25К	1,34	0,38	1,72	3,5	0,34	5,1
Лінтур 70WG 90 г/га	1,37	0,48	1,85	2,9	0,34	5,4
Лінтур 70WG 100 г/га	1,57	0,53	2,10	3,0	0,45	4,7
Лінтур 70WG 120 г/га	1,53	0,46	1,99	3,3	0,50	4,0
Лінтур 70WG 140 г/га	1,37	0,34	1,71	4,0	0,55	3,1
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	1,52	0,75	2,27	2,0	0,39	5,8
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	1,88	0,83	2,71	2,3	0,58	4,7
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	1,46	0,67	2,13	2,2	0,52	4,1
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	1,43	0,42	1,85	3,4	0,45	4,1
<i>HIP<sub>05</sub></i>	0,08	0,08	0,11	—	0,06	—

При аналізі співвідношення хлорофілів  $a/b$  виявлено, що у варіантах досліду із застосуванням Лінтуру 70WG у нормах 120 і 140 г/га це співвідношення збільшувалось у порівнянні з іншими варіантами досліду і складало 3,3 і 4,0, що свідчить про зменшення вмісту в комплексі загальної частки хлорофілу  $b$ . Однак за внесення тих же норм гербіциду сумісно з Агатом-25К це співвідношення складало – 2,2 і 3,4.

Збільшення відношення хлорофілу  $a$  до  $b$  вказує на відносне зменшення частки СЗК. Тому незначне зменшення співвідношення хлорофілів  $a/b$  у варіантах із застосуванням Лінтуру 70WG сумісно з Агатом-25К свідчить про збільшення розмірів СЗК.

Під впливом Лінтуру 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га в листках ячменю ярого збільшувався вміст каротиноїдів, який складав відповідно 0,34; 0,45; 0,50 і 0,55 мг/г сирової маси при 0,30 мг/г сирової маси в контролі I.

Особливо відчутним збільшення вмісту каротиноїдів було у варіанті Лінтур 70WG 140 г/га, де співвідношення хлорофіл/каротиноїди дорівнювало 3,1. Збільшення вмісту каротиноїдів було відмічено нами і у варіантах Лінтур 70WG 90; 100; 120 і 140 г/га сумісно з Агат-25К, що складало відповідно 0,39; 0,58; 0,52 і 0,45 мг/г сирової маси при 0,30 мг/г сирової маси в контролі I. Однак співвідношення хлорофіл/каротиноїди при цьому становило – 5,8; 4,7; 4,1 і 4,1.

У 2005 році вміст та співвідношення пігментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Лінтур 70WG і його сумішей з Агатом-25К мали аналогічну залежність (табл. 3.19). Так, найвищим вміст суми хлорофілів  $a + b$  був у варіантах досліду, де Лінтур 70WG вносили сумісно з Агатом-25К.

Співвідношення хлорофілів  $a/b$  при застосуванні Лінтуру 70WG у нормах 90–140 г/га без біопрепарату було в межах 2,7–3,3 та знаходилось на рівні контролю I, тоді як при внесенні даних норм гербіциду сумісно з Агатом-25К це співвідношення зростало до 2,8–3,0. Також, слід відмітити, що у 2005 році в порівнянні з 2004 роком у фазі виголошування вміст каротиноїдів у листках ячменю ярого був вищим, тому співвідношення хлорофіл/каротиноїди у варіантах досліду в 2005 році зменшилось.

Отже, із вищевикладеного експериментального матеріалу можна зробити такі висновки:

Таблиця 3.19

**Вміст і співвідношення пігментів у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених без біопрепарату і в сумішах з біопрепаратом Агат-25К, мг/г сирової маси (фаза викалошування, 2005 р.)**

Варіант досліджу	Хл а	Хл b	Хл (a+b)	Хл a/b	Сума каротиноїдів	$\frac{\text{Хл}}{\text{Кар}}$
Без застосування препаратів (контроль I)	1,48	0,45	1,93	3,3	0,50	3,9
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,86	0,51	2,37	3,6	0,58	4,1
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	2,12	0,60	2,72	3,5	0,63	4,3
Агат-25К	1,62	0,46	2,08	3,5	0,55	3,8
Лінтур 70WG 90 г/га	1,58	0,58	2,16	2,7	0,60	3,6
Лінтур 70WG 100 г/га	1,73	0,65	2,28	2,7	0,72	3,2
Лінтур 70WG 120 г/га	1,67	0,51	2,18	3,3	0,78	2,8
Лінтур 70WG 140 г/га	1,50	0,46	1,96	3,3	0,85	2,3
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	1,81	0,65	2,46	2,8	0,64	3,8
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	2,11	0,78	2,89	2,7	0,80	3,6
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	1,89	0,63	2,52	3,0	0,75	3,4
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	1,59	0,57	2,16	2,8	0,81	2,7
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0,10</i>	<i>0,10</i>	<i>0,09</i>	–	<i>0,05</i>	–

- стан і функціонування пігментного комплексу ячменю ярого визначаються хімічним класом внесених гербіцидних сполук, нормами їх застосування та складом бакових сумішей;
- за підвищених норм застосування гербіцидів класу сульфонілсечовини та їх бакових сумішей з гербіцидом класу феноксикарбоксилів кислот простежується зниження вмісту хлорофілів *a* і *b* та їх суми в листках ячменю ярого, що є наслідком підвищення рівня ПОЛ у рослинах, у результаті

якого можливе гальмування синтезу хлорофілу, його руйнування (фотоокиснення), або ж розкладання ферментом хлорофілазою;

- гербіцид класу сульфонілсечовини Гранстар 75 та його суміші з гербіцидом класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 стимулюють гідролітичну активність хлорофілази, але за дії Гранстара 75 в нормах 20 і 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га активність хлорофілази знижується, що є результатом безпосереднього негативного впливу препаратів на активність ферменту;
- за інтегрованої дії гербіцидів класу сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів із РРР відбувається послаблення негативної дії хімічних агентів на рослини ячменю ярого, що забезпечує формування достатньо високого рівня хлорофілів *a* і *b* та більшого за розмірами СЗК;
- збільшення вмісту каротиноїдів у варіантах досліду з внесенням гербіцидів у комплексі з РРР вказує на підвищення адаптивних захисних реакцій рослин ячменю ярого до дії хімічних препаратів.

### **3.4. Вміст у листках водорозчинних цукрів і азоту**

Проблема фотосинтезу – одна із кардинальних проблем сучасної біології, різні аспекти якої всебічно і глибоко досліджуються у двох головних напрямках: перший – пов’язаний із дослідженням механізмів самого процесу, який складається із світлової та темної фаз і відбувається у хлоропластах, а також включає альтернативний гліколатний шлях фотосинтетичного метаболізму вуглецю, що здійснюється за взаємодії хлоропластів з пероксисомами і мітохондріями та процесами дифузії молекул CO<sub>2</sub> від атмосфери до центрів карбоксилювання; другий напрямок – присвячений вивченню залежності фотосинтезу від чинників зовнішнього природного середовища та умов росту і взаємозв’язку фотосинтезу з іншими фізіологічними процесами на рівні рослинного організму як донорно-акцепторної системи [592, 593].

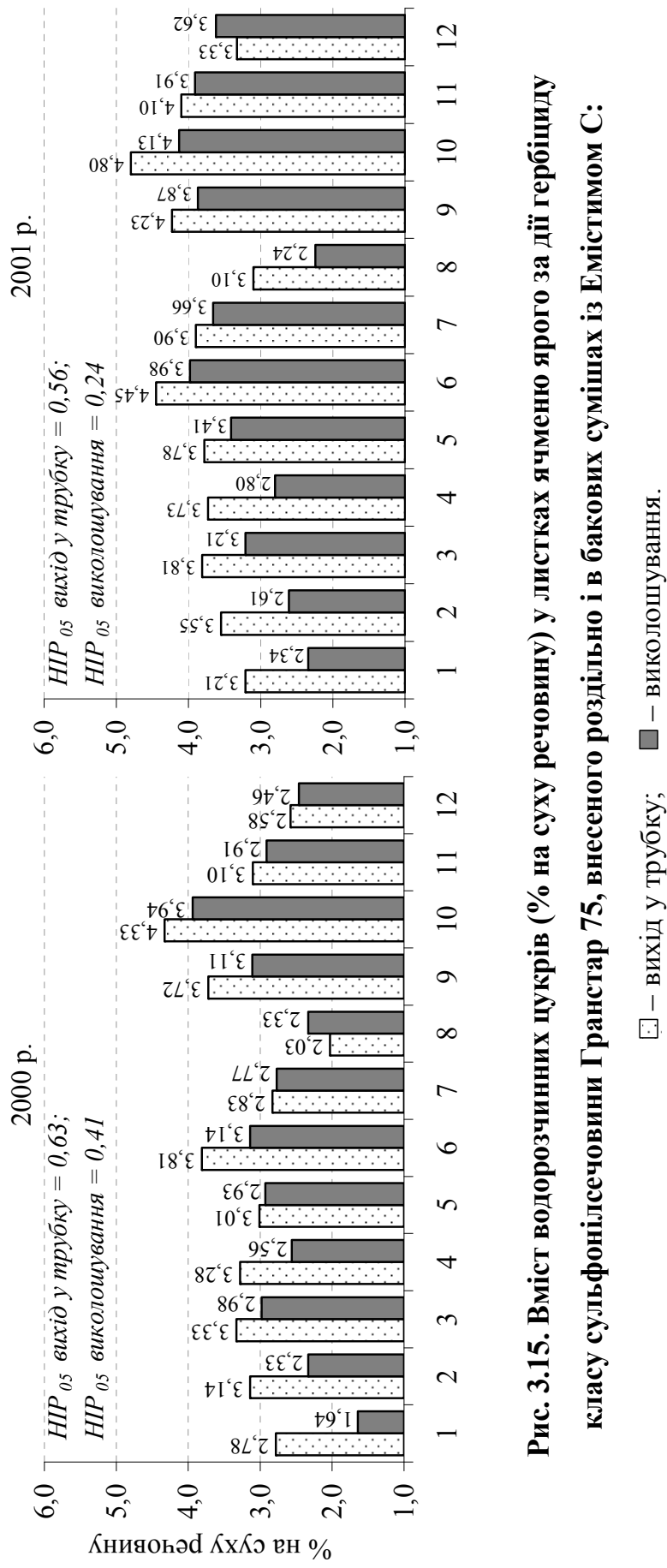
Нині доведено, що фізіологічною основною фотосинтетичної продуктивності рослинного організму є взаємодія між процесами асиміляції вуглецю і азоту, які нерозривно пов’язані між собою.

Так, для того, щоб рослина інтенсивно асимілювала  $\text{CO}_2$ , необхідне збільшення кількості різних складових хлоропластів, зокрема світлозбирального та хлорофілбілкового комплексів, компонентів електронтранспортного ланцюга та головного ферменту асиміляції  $\text{CO}_2$  – рибулозобіфосфаткарбоксілази-оксигенази. Тому азотовмісні асимілянти є основним матеріалом для синтезу біохімічних компонентів клітини, тканин і органів, які в кінцевому результаті обумовлюють ріст, розвиток і структуру цілої рослини [594, 595]. Водночас порушення азотного обміну в рослинах призводить до перебудови структурної організації пігментбілкових комплексів та зумовлює пригнічення синтезу основних складових процесу фотосинтезу – цукрів [368].

Тому між фотосинтезом і азотним обміном у рослинному організмі є складна система зв'язків простежити яку на рівні цілої рослини вдається далеко не завжди, оскільки більшість фізіологічних показників за цих умов є інтегральними, а їх вияв відносно первинних процесів опосередкований багатьма чинниками [376].

Як свідчать дослідження, виконані вченими, одним із чинників, що здатний зумовлювати порушення у вуглеводному й азотному обмінах у рослинах, є гербіциди. Так, у багатьох наукових працях відмічається залежність вуглеводного й азотного обмінів від норм внесення гербіцидів, фази розвитку рослин і чутливості їх до гербіцидів [78, 371, 377]. У той же час обмінні процеси в рослинах за дії рістрегулюючих препаратів та їх сумішей із гербіцидами є практично не вивченими. В поодиноких роботах наводяться експериментальні дані щодо позитивного впливу РРР на вуглеводний обмін у рослинах ячменю ярого, озимої пшениці і кукурудзи [221, 359, 361]. Однак матеріали щодо обмінних процесів у рослинах за дії комплексів, що складаються із гербіцидів і РРР або МБП, відсутні зовсім. Зважаючи на це, у польових умовах було вивчено дію гербіцидів різних хімічних класів, внесених роздільно і в сумішах із біологічними препаратами, на вміст вуглеводів і азоту в рослинах ячменю ярого.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що нагромадження водорозчинних цукрів у листках ячменю залежало від погодних умов, що складались у роки проведення досліджень, фази розвитку рослин, виду і норм внесення гербіцидних препаратів та поєднання їх використання з біологічно активними речовинами (рис. 3.15). Так, якщо у 2000 р. вміст водорозчинних



**Рис. 3.15. Вміст водорозчинних цукрів (% на суху речовину) у листках ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесенного роздільно і в бакових сумішах із Емістимом С:**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га;
6. Гранстар 75 15 г/га; 7. Гранстар 75 20 г/га; 8. Гранстар 75 20 г/га; 9. Гранстар 75 10 г/га + Емістим С;
10. Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га + Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га + Емістим С.

цукрів у листках ячменю ярого у фази виходу в трубку і виколошування в контролі I складав відповідно 2,78 і 1,64% на суху речовину, то у 2001 р. – 3,21 і 2,34% на суху речовину. З цих даних видно, що вищим вміст цукрів у листках ячменю ярого був у 2001 р., що узгоджується зі сприятливішими погодними умовами в період вегетації культури.

Аналізуючи більш детально вміст цукрів у листках ячменю ярого в фази виходу в трубку у 2000 р., необхідно відмітити, що у варіантах досліду, де Гранстар 75 вносився в нормах 10–20 г/га як окремо, так і в сумішах із Емістимом С, він значно збільшувався. Ці дані узгоджуються з припущенням інших учених, які вважають, що зростання вмісту цукрів у листках за дії різного роду стресорів, у тому числі й гербіцидів, є захисною реакцією рослин [368]. Так, зокрема, якщо за використання Гранстару 75 у нормах 10, 15 і 20 г/га вміст водорозчинних цукрів у листках ячменю в фази виходу рослин у трубку перевищував контроль I відповідно на 8; 37 і 2%, то за цих же норм Гранстару 75, але внесених у сумішах із Емістимом С – відповідно на 34; 56 і 12%.

Очевидно, що за сумісної дії гербіцидного агента з РРР більш суттєве зростання вмісту цукру в листках є не стільки захисною реакцією рослин на дію гербіциду, як проявом безпосереднього впливу РРР на обмінні процеси в рослинному організмі, що тісно пов'язані з генним та гормональним рівнем регуляції [221]. Адже, як доведено нашими дослідженнями, за сумісної дії гербіцидів і БАР відбувається послаблення негативної дії хімічного препарату на рослинний організм за рахунок стимулювання роботи ендогенних систем координації і саморегуляції (ферментативних систем, АОА тканин та ін.).

Водночас за використання Гранстару 75 у нормі 25 г/га нами було відмічено зниження вмісту водорозчинних цукрів у листках ячменю в порівнянні до контролю I як у варіанті із самотійним, так – із сумісним внесенням препаратів. Можливо, зменшення вмісту цукрів у листках за дії цієї норми препарату є стресіндукованим проявом пригнічення процесів синтезу або активізації процесів гідролізу цукрів у рослинному організмі [376].

У фази виколошування ячменю ярого вміст цукрів у листках рослин у всіх варіантах досліду, де Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га вносився роздільно і в комплексі з Емістимом С, значно перевищував контроль I, однак у порівнянні до показників у цих же ва-

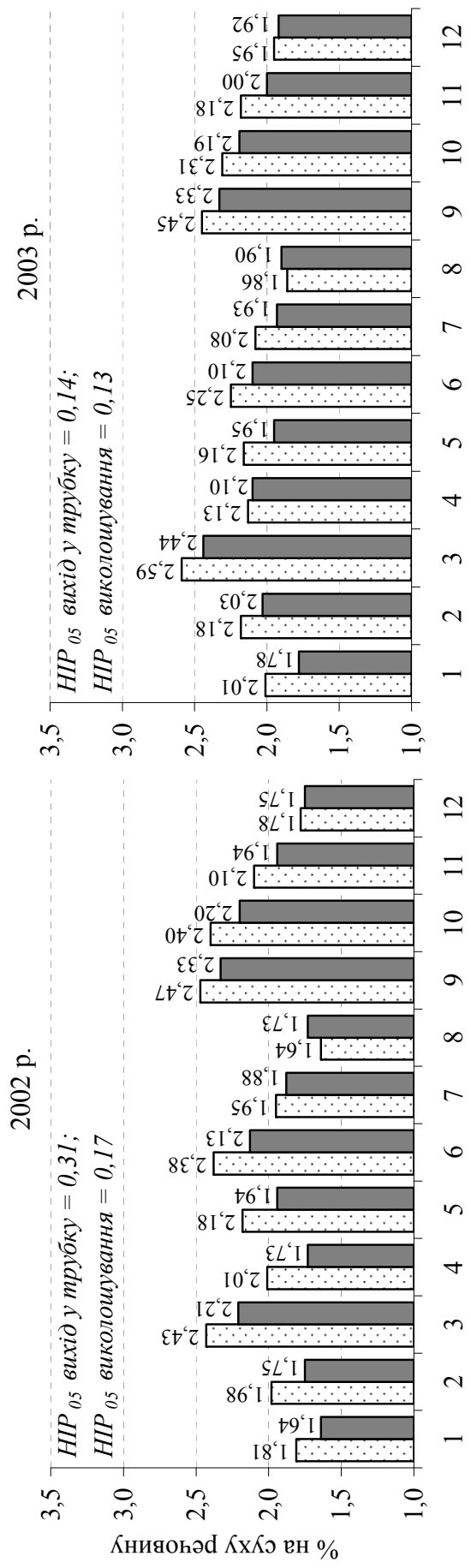
ріантах досліду у фазу виходу в трубку був дещо нижчим. Це свідчить про залежність нагромадження цукрів від фази розвитку рослин ячменю ярого, максимум за вмістом яких приходиться на IV етап органогенезу (вихід у трубку), тобто – на період мікро- і макроспорогенезу [596, 597]. Крім того, як свідчать дослідження інших учених [330], у фазу виколошування асимільований листками ячменю ярого вуглець активно транспортується в стебло, а звідти – у колос, де й відмічається його максимальна кількість.

Аналогічна закономірність із нагромадженням цукрів у листках ячменю ярого була відмічена нами за дії сульфонілсечовинного препарату Гранстар 75, внесеного роздільно і в сумішах із Емістимом С, у 2001 р. Однак, як показують результати досліджень, найвищий вміст цукрів у листках ячменю у фазі виходу в трубку і виколошування був у варіанті досліду Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що відповідно на 50% та 76% перевищувало контроль I та на 26 і 29 – контроль III.

Високий вміст водорозчинних цукрів формувалася й у варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетації (контроль III), що складало у фазу виходу в трубку 3,81%, у фазу виколошування – 3,21%. Очевидно, що позитивний вплив на асиміляцію вуглецю в цьому варіанті досліду обумовлений більш сприятливими умовами для росту і розвитку ячменю ярого, які створювались за рахунок зняття негативної конкуренції з боку бур'янів за основні фактори життя.

При дослідженні вмісту водорозчинних цукрів у листках ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно та в поєднанні із РРР Емістим С, нами було виявлено подібну залежність формування даних показників від погодних умов, фази розвитку рослин та норм внесених препаратів (рис. 3.16). Так, зокрема найвищий вміст цукрів у листках ячменю було виявлено у 2003 р., який за погодними умовами був більш сприятливим для росту і розвитку рослин, ніж 2002 р.

Аналізуючи вміст цукрів у листках ячменю ярого в 2003 р. за варіантами досліду можна відмітити, що у фазу виходу рослин у трубку сумісне внесення бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 з Емістимом С забезпечило формування найвищих показників, але при цьому простежувалась залежність нагромадження цукрів від норми внесення у бакових сумішах Гранстару 75.



**Рис. 3.16. Вміст водорозчинних цукрів (% на суху речовину) у листках ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксиллових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С:**

□ – вихід у трубку; ■ – виголошування.

1. Без застосування препаратів (контроль І);
2. Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ);
4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
6. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 8. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
9. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
11. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

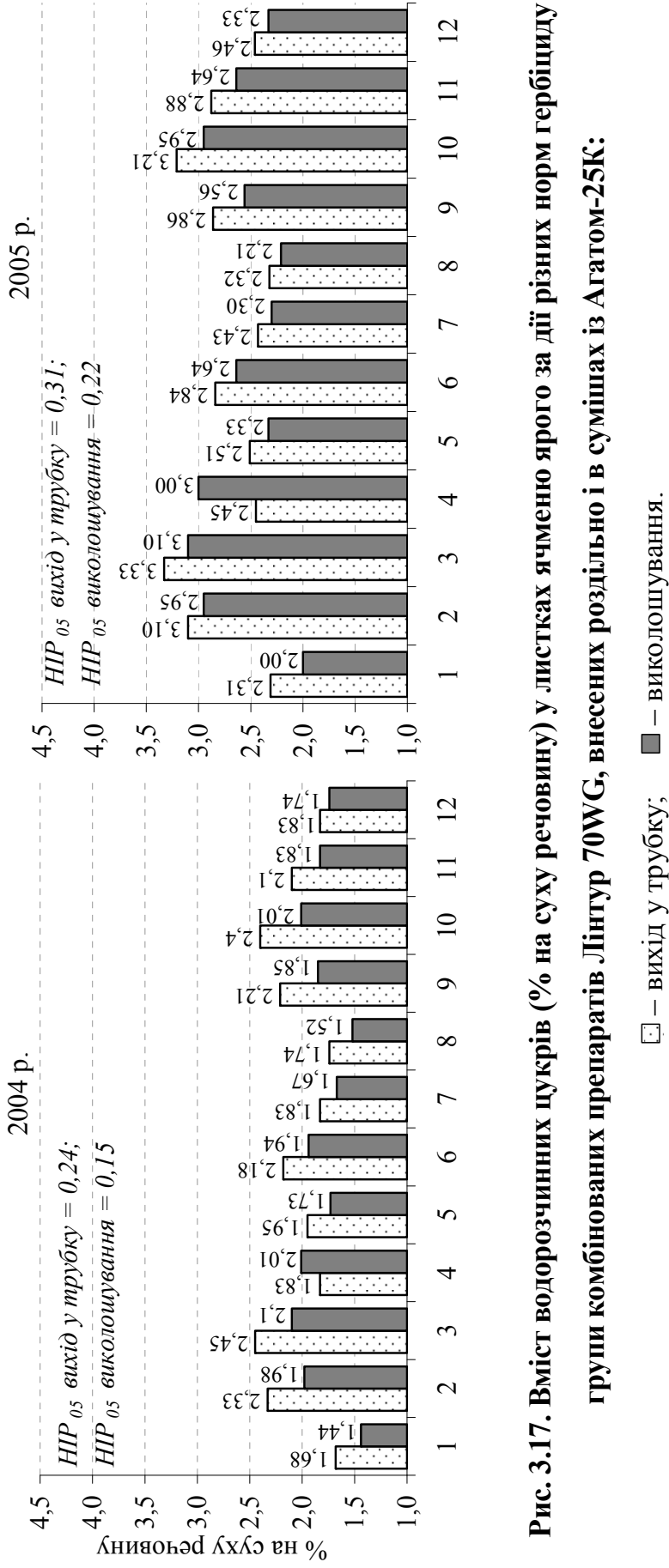
Так, зі збільшенням норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га вміст цукрів у листках у порівнянні з контролями I, II і III значно знижувався, що може бути наслідком пригнічення високими нормами гербіцидів фотосинтетичних процесів. Водночас у варіантах Гранстар 75 10; 15 і 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С перевищення контролю I за вмістом цукрів у фазу виходу в трубку складало відповідно 22; 15 і 8%. Найвищим вміст цукрів у 2003 р. був у варіанті досліді Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що узгоджується з іншими показниками фізіолого-біохімічної активності в даному варіанті досліді та свідчить про мінімальний можливий негативний вплив даної суміші на фотосинтетичні процеси в рослинах ячменю ярого.

Досліджуючи вплив на вміст цукрів у листках ячменю ярого різних норм комбінованого гербіциду Лінтур 70WG, внесеного без і разом із МБП Агат-25К, нами встановлено, що їх нагромадження найбільш активно відбувалось у варіантах із сумісним внесенням препаратів (рис. 3.17).

Разом з тим 2004 р. виявився більш посушливим, що відповідним чином відобразилось на асиміляційних показниках рослин ячменю ярого.

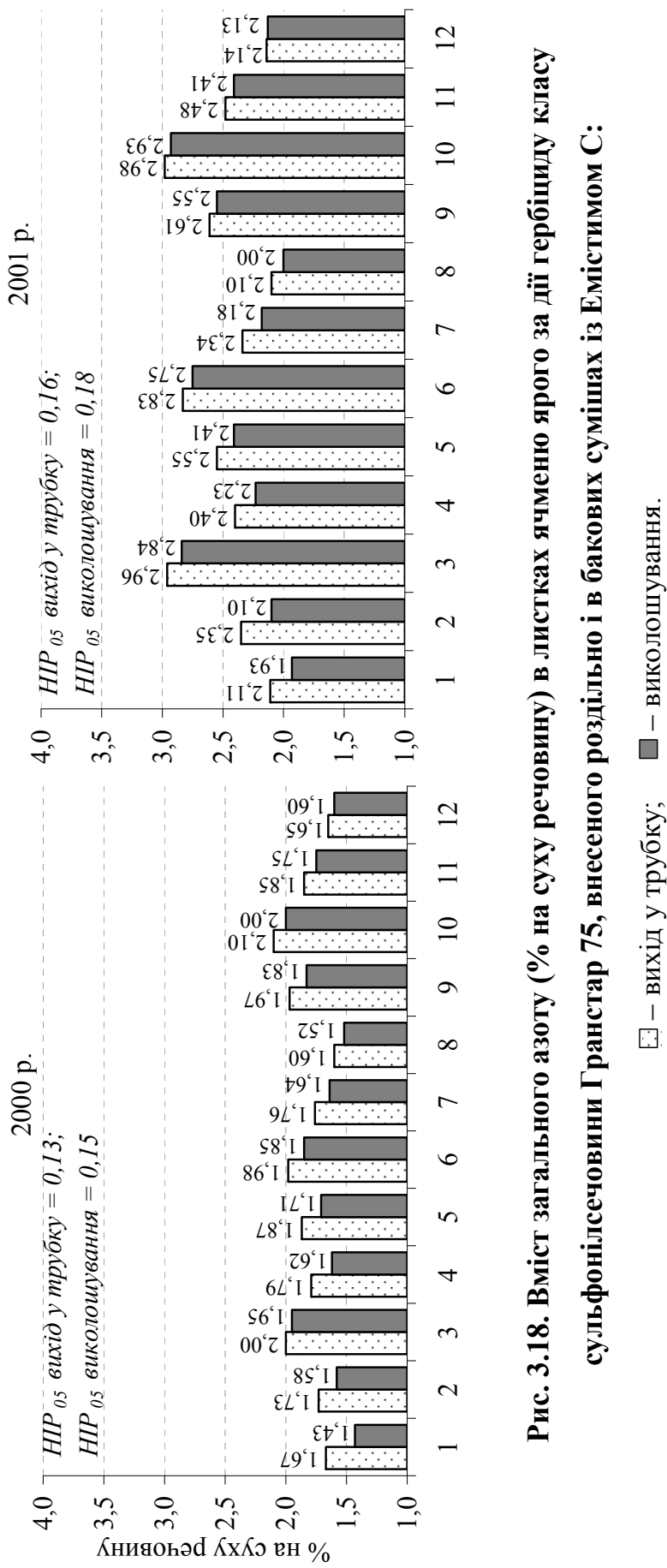
Проаналізувавши показники вмісту цукрів у листках ячменю у 2005 р., можна констатувати, що процеси синтезу вуглецевих сполук найбільш активно відбувались у варіантах досліді Лінтур 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га + Агат-25К, що у фазу виходу рослин у трубку перевищувало контроль I відповідно на 24; 39; 25 і 7%, а в фазу викалошування – відповідно на 28; 48 32 і 17%. Найбільш інтенсивне нагромадження цукрів забезпечувала бакова суміш Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, що підтверджується найвищою активністю фізіолого-біохімічних процесів у даному варіанті досліді.

Оскільки процеси асиміляції вуглецю у рослинах тісно пов'язані з азотним обміном важливим було дослідити вміст загального азоту в листках ячменю ярого. Так, аналізуючи варіанти досліді із застосуванням гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га нами встановлено, що вміст загального азоту в листках ячменю ярого в 2000 р. у фазу виходу рослин у трубку складав 1,87; 1,98; 1,76 і 1,60% на суху речовину відповідно при 1,67% на суху речовину в контролі 1 (рис. 3.18). За використання тих же норм Гранстару 75 разом із Емістимом С – 1,97; 2,10;



**Рис. 3.17. Вміст водорозчинних цукрів (% на суху речовину) у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених роздільно і в сумішах із Агагом-25К:**

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агаг-25К (контроль III); 4. Агаг-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 + Агаг-25К;
10. Лінтур 70WG 100 г/га + Агаг-25К; 11. Лінтур 70WG 120 г/га + Агаг-25К; 12. Лінтур 70WG 140 г/га + Агаг-25К.



**Рис. 3.18. Вміст загального азоту (% на суху речовину) в листках ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Емістимом С:**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га;
6. Гранстар 75 15 г/га; 7. Гранстар 75 20 г/га; 8. Гранстар 75 25 г/га; 9. Гранстар 75 10 г/га + Емістим С;
10. Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га + Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га + Емістим С.

1,85 і 1,65% на суху речовину відповідно і  $NP_{05}$  0,13. У фазу виколошування ячменю ярого вміст загального азоту в порівнянні до показників у тих же варіантах дослідів у фазу виходу в трубку дещо знижувався, однак за використання Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га він був найбільшим, що перевищувало контроль I відповідно на 28; 40; 22 і 12%.

Одержані дані показують залежність вмісту азоту в листках ячменю ярого від норм внесення Гранстару 75, поєднання використання препарату із РРР та фази розвитку рослин.

Так, зі збільшенням норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га вміст загального азоту в листках зменшувався, що, очевидно, є наслідком прямої негативної дії гербіцидного агента на синтетичні процеси в рослинах. Водночас використання гербіциду Гранстар 75 у бакових сумішах із Емістимом С забезпечує активізацію синтетичних процесів у рослинах, наслідком якої є зростання вмісту в листках хлорофілу та вуглеводів. Отже, між вмістом загального азоту в листках та вуглеводним обміном у рослинах існує певний зв'язок, який на думку вчених [376] обумовлений тим, що, з одного боку в процесі фотосинтезу вирішальну роль відіграють азотовмісні сполуки – хлорофіл, структурні та ферментні білки, з іншого – фотосинтез є джерелом енергії та вуглецевих сполук, необхідних для відновлення й асиміляції мінерального азоту в органічні форми.

Зменшення вмісту азоту у фазу виколошування рослин ячменю ярого свідчить про залежність даного показника від інтенсивності ростових процесів. Так, зменшення вмісту цукрів та загального азоту в листках ячменю ярого в період інтенсивного нагромадження біомаси (фаза виколошування) спостерігали в своїх дослідях й інші вчені [597], які пов'язують дане явище з процесами більш швидкої утилізації метаболітів, необхідних для рослин в якості «будівельного матеріалу».

Подібна залежність із вмістом загального азоту в листках ячменю ярого за використання гербіциду Гранстар 75 і РРР Емістим С була відмічена нами і в 2001 р. Однак вміст азоту в листках ячменю, як і вміст цукрів, у 2001 р. був вищим, що ще раз свідчить про тісний взаємозв'язок між цими двома важливими показниками та яскраво демонструє їх залежність від умов навколишнього природного середовища.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і класу фенокси-

карбоксилітових кислот 2,4-ДА 500 найвищий вміст загального азоту в листках ячменю був у варіанті Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що у фази виходу в трубку і виколошування перевищувало контроль I відповідно у 2002 і 2003 рр. на 43; 45 і 25; 46% (рис. 3.19). Ці дані узгоджуються з показниками найвищого вмісту хлорофілу та водорозчинних цукрів у листках ячменю ярого та вказують на створення найсприятливіших умов для проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах за використання в посівах даної суміші препаратів.

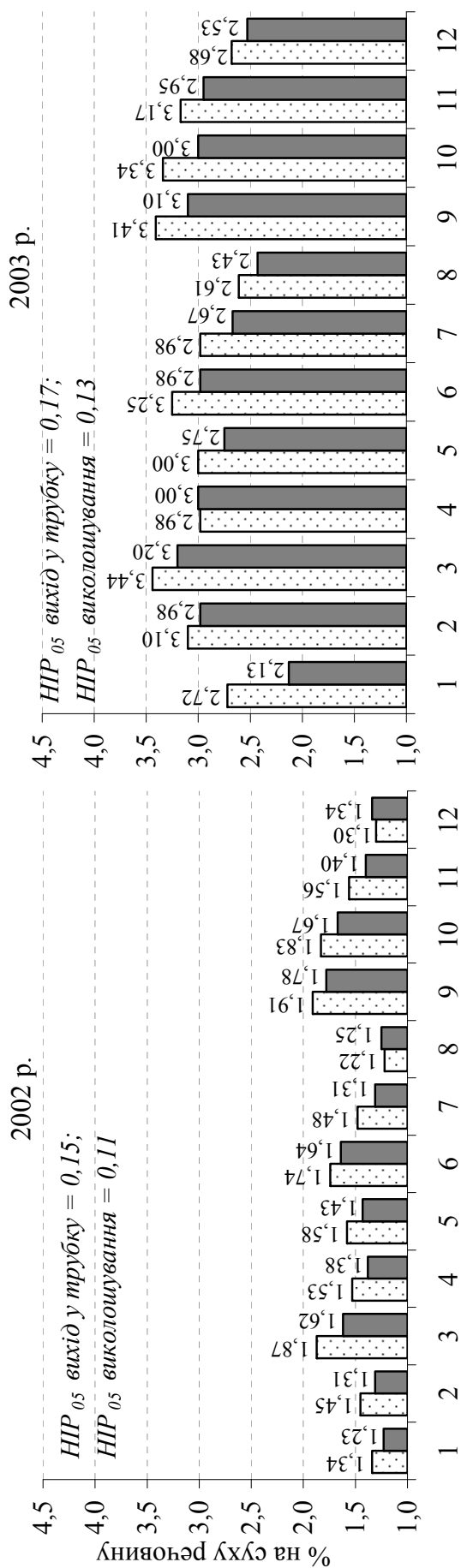
Вивчення дії у посівах ячменю ярого комбінованого гербіциду Лінтур 70WG, внесеного окремо і в поєднанні із Агатом-25К, показало, що найвищий вміст загального азоту в листках рослин був у варіантах досліджу, де найбільш інтенсивніше проходили процеси нагромадження цукрів (рис. 3.20).

Так, якщо в 2004 р. у варіантах Лінтур 70WG у нормах 90–140 г/га вміст загального азоту в листках ячменю у фази виходу в трубку коливався у межах 1,53–2,01% відповідно, то за тих же норм використання гербіциду, але сумісно з Агатом-25К – 1,60–2,18% при 1,68% у контролі I та  $HP_{05}$  0,18.

Така ж закономірність відмічалась і в 2005 р., однак необхідно відмітити, що впродовж усіх фаз досліджень найвищим вміст загального азоту був у листках ячменю, обробленого 100 г/га Лінтуру 70WG + Агат-25К, де перевищення контролю I складало 33% – у фази виходу в трубку та 40% – у фази виколошування.

Отже, підводячи підсумки вищенаведеному експериментальному матеріалу, можна відмітити, що вуглеводний і азотний обміни в рослинах ячменю ярого є взаємопов'язаними та залежать від виду і норм внесення гербіцидів, складу бакових сумішей, фази розвитку рослин та погодних умов, що складались в роки проведення досліджень.

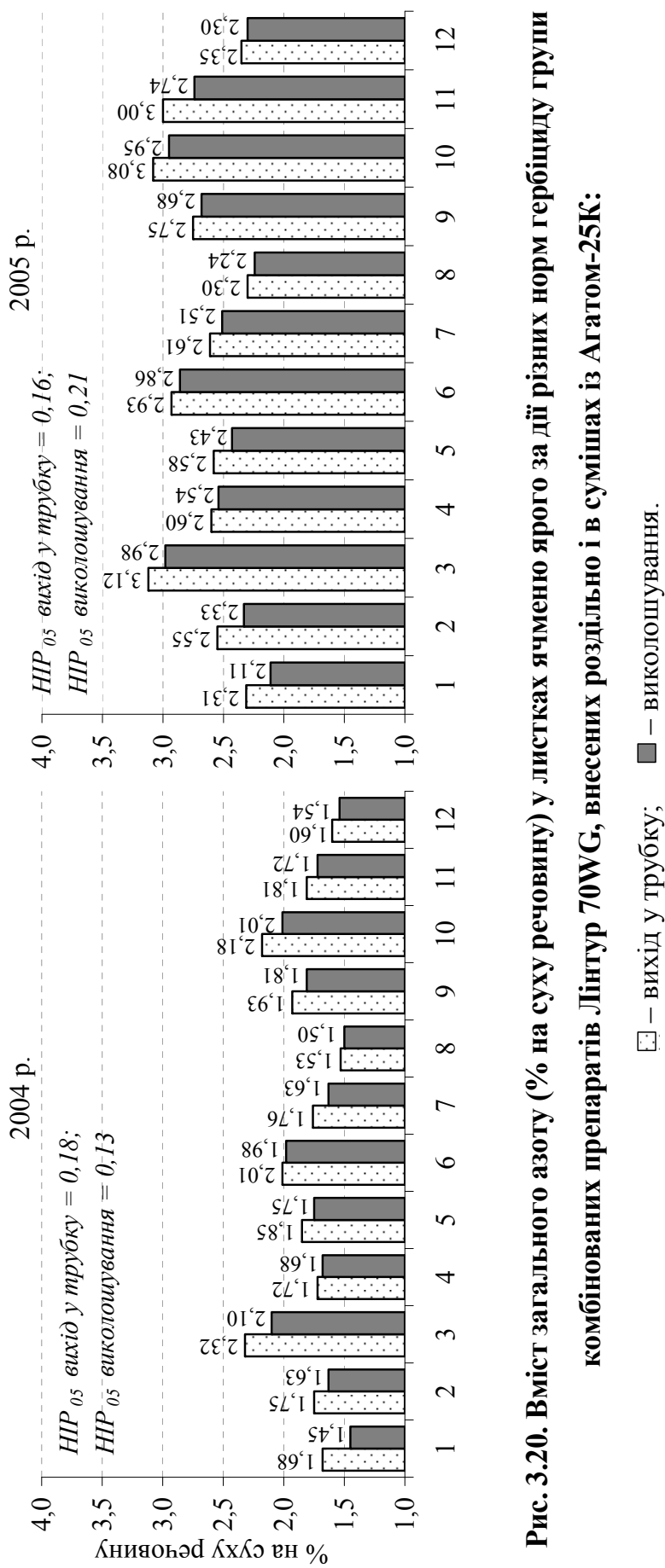
Найвищий вміст водорозчинних цукрів та загального азоту в листках ячменю ярого нагромаджується за використання в посівах гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормі 15 г/га сумісно з Емістимом С; бакової суміші гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормі 10 г/га і феноксикарбоксилітових кислот 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га в поєднанні з Емістимом С та гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG у нормі 100 г/га +МПБ Агат-25К, що свідчить про найвищу фотосинтетичну активність рослин, за якої потреба в азотовмісних сполуках стрімко зростає.



**Рис. 3.19. Вміст загального азоту (% на суху речовину) в листках ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і класу феноксикарбоксилітових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С:**

▨ – вихід у трубку; ■ – виколювання.

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
6. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 8. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га;
9. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С;
11. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.



**Рис. 3.20. Вміст загального азоту (% на суху речовину) у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених роздільно і в сумішах із Агагом-25К:**

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II); 3. Ручні прополовання 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.

### 3.5. Фотосинтетична активність посівів

Формування продуктивності посівів – складна інтегральна функція рослин. Її основу складають генетично детерміновані процеси росту і розвитку, енергетичне і субстратне забезпечення яких визначається фотосинтезом, диханням, транспортом та розподілом асимілятів, рівнем і спрямованістю процесів біосинтезу [331].

Фотосинтезу належить одне з головних місць у продукційному процесі, оскільки первинні продукти фотосинтезу беруть участь у створенні всього спектру органічних речовин рослинної клітини, а такі як АТФ, НАДФН і ін. – слугують регуляторами найбільш важливих метаболічних систем і складають основу інтегрованих механізмів, що забезпечують взаємозв'язок функціональних систем на рівні цілого рослинного організму [592].

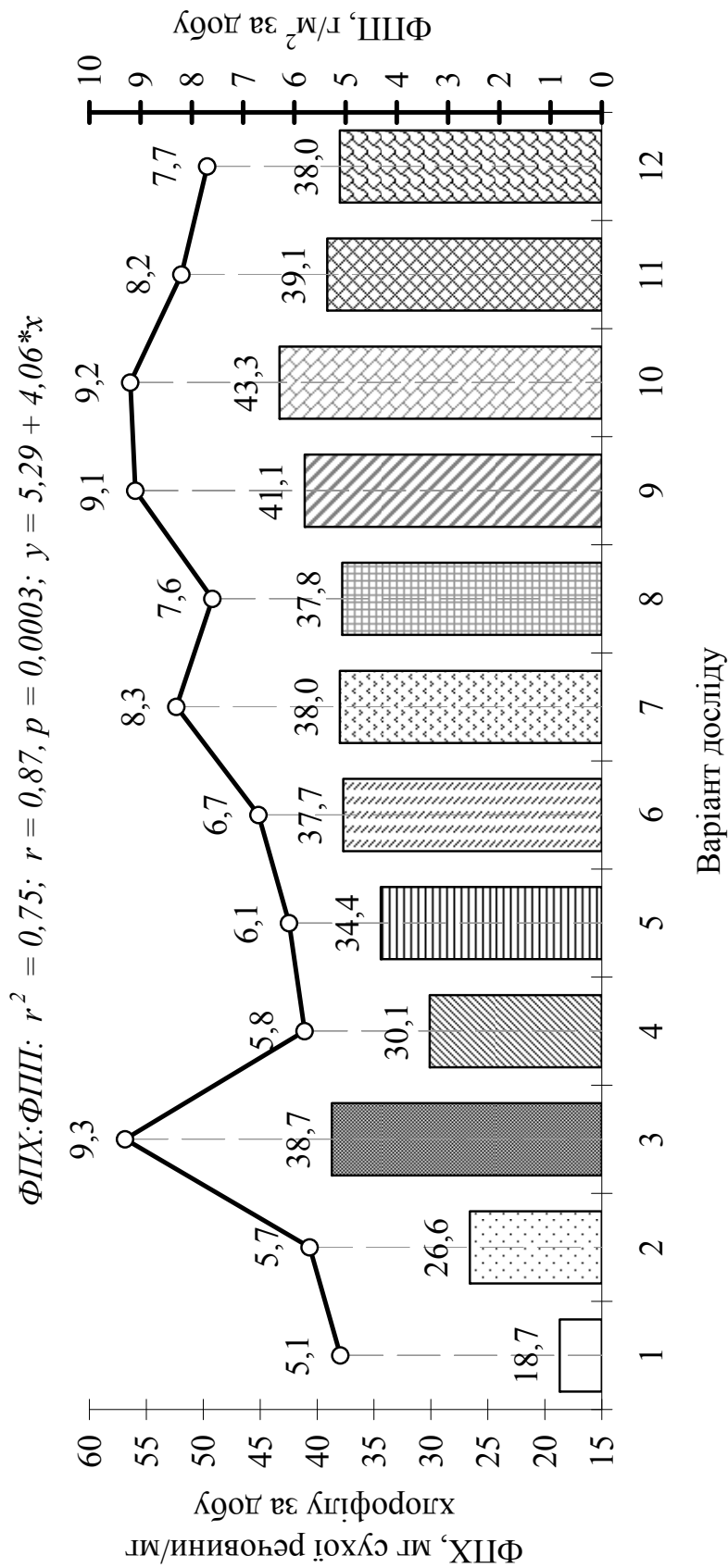
Як показали узагальнені дослідження А. О. Ничипоровича, викладені в теорії фотосинтетичної продуктивності в 1950-х роках минулого століття, в основі високої продуктивності посівів лежить створення ценозів з максимальним за розмірами і архітектонікою асиміляційним потенціалом та оптимальне забезпечення продукційного процесу ресурсами ( $\text{CO}_2$ , N,  $\text{H}_2\text{O}$  й ін.).

Дослідження, виконані рядом вчених, демонструють чітку залежність фотосинтетичної продуктивності посівів зернових культур, у тому числі й ячменю ярого, від низки агротехнічних факторів: попередників, норм удобрення, сортових особливостей культури, використання біологічних препаратів, хімічних засобів боротьби із шкідливими організмами й ін. [331, 598–601], але вплив усіх цих факторів на фотосинтетичну продуктивність рослинного організму та формування врожайності культури визначається спрямованістю проходження комплексу фізіолого-біохімічних процесів [592, 593]. Тому, зважаючи на те, що дія гербіцидів та їх комплексів із біологічними препаратами на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, а звідси і на процес фотосинтезу зокрема, реально відображає направленість адаптивних змін і пов'язана з формуванням таких важливих показників як вміст хлорофілу, інтенсивність нагромадження органічної речовини, нами було виконано дослідження фотосинтетичної активності посівів ячменю ярого, яке здійснювали шляхом визначення узагальнюючих критеріїв – ФПХ і ФПП.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що формування показників фотосинтетичної активності посівів відбувалось залежно від виду і норм застосованого гербіцидного препарату, поєднання його використання із БАР, фази розвитку рослин та погодних умов, які в роки проведення досліджень були досить різними. Так, за обробки ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 найвищі показники ФПХ у середньому за 1999–2001 рр. були відмічені у варіантах, де препарат у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га вносили у бакових сумішах із Емістимом С – відповідно 41,1; 43,3; 39,1 і 38,0 при 18,7 мг сухої речовини /мг хлорофілу за добу в контролі І (рис. 3.21). Одержані дані узгоджуються з показниками найвищої фізіолого-біохімічної активності рослин у цих варіантах досліду. Зокрема, саме за обробки рослин ячменю ярого Гранстаром 75 у бакових сумішах із Емістимом С нами була відмічена найвища активізація нагромадження хлорофілу та цукрів, що в цілому позитивно вплинуло на формування сухої речовини рослин. Ці дані також свідчать про те, що за дії екзогенних фітогормонів підвищується інтенсивність фотосинтезу і асиміляція CO<sub>2</sub> рослинами, оскільки за їх участі відбувається активація основних фотосинтетичних ферментів (рибулози-1,5-біфосфаткарбоксілази) та індукується синтез білків і хлорофілу у хлоропластах [592].

Аналізуючи дані фотосинтетичної продуктивності посівів ячменю ярого в середньому та по роках дослідження можна констатувати, що найвищі показники ФПП формувались у варіантах, де Гранстар 75 вносили сумісно з Емістимом С (рис. 3.21). Так, якщо у 1999 р. за внесення Гранстара 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га ФПП складала відповідно 4,7; 5,2; 5,0 і 3,8 г/м<sup>2</sup> за добу, то за внесення цих же норм препарату в сумішах з Емістимом С – 5,3; 5,7; 5,3 і 4,2 г/м<sup>2</sup> за добу при 3,1 г/м<sup>2</sup> за добу в контролі І. Така ж залежність була характерною і для 2000 і 2001 рр. досліджень, однак з експериментальних даних видно, що найвища ФПП була у 2001 р. Одержані дані демонструють чітку залежність ФПП від агрокліматичних умов, які в 2001 р. виявились найбільш сприятливими для проходження у рослинах ячменю ярого фотосинтетичних процесів.

Так, зокрема, у фази виходу в трубку – виколошування ячменю ярого у 2001 р. спостерігалась оптимальна теплозабезпеченість



**Рис. 3.21. Фотосинтетична активність посівів ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в баккових сумішах із Емістимом С (вихід у трубку – виколошування), 1999–2001 рр.:**

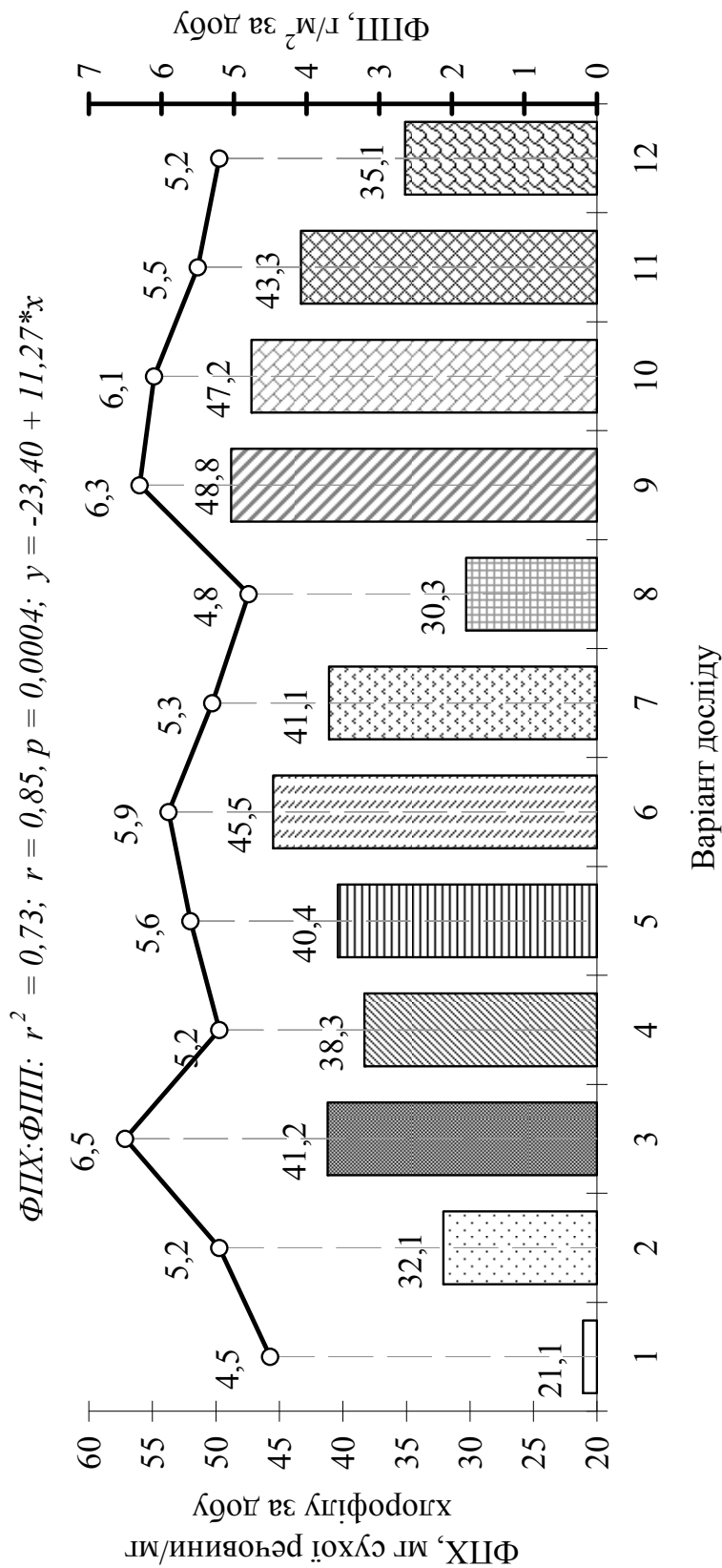
1. Без застосування препаратів (контроль І) ; 2. Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га;
6. Гранстар 75 15 г/га; 7. Гранстар 75 20 г/га; 8. Гранстар 75 25 г/га; 9. Гранстар 75 10 г/га + Емістим С;
10. Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га + Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га + Емістим С.

за підвищеного рівня вологи (кількість опадів перевищила середньобагаторічні показники у два рази). Тому, як свідчать експериментальні дані інших учених, саме у вологі роки рослини ячменю проявляють найвищу фотосинтетичну активність, оскільки при цьому за відносно короткий проміжок часу формується найбільша маса та площа листової поверхні рослин [602]. За використання в посівах Гранстару 75 сумісно з Емістимом С встановлена тісна кореляційна залежність між ФПХ і ФПП ( $r = 0,87$ ), ФПП і вмістом азоту та цукрів ( $r = 0,64$ ;  $0,67$ ).

При дослідженні дії в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75) і феноксикарбоксілових кислот (2,4-ДА 500) встановлено, що із наростанням у сумішах норм внесення препаратів показники фотосинтетичної активності посівів ячменю ярого знижувались. Так, за використання бакових сумішей Гранстару 75 у нормах 10–25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га ФПХ ячменю ярого складала відповідно 30,3–45,5 мг сухої речовини/мг хлорофілу за добу, а за внесення тих же норм гербіцидів у поєднанні з Емістимом С – 35,1–48,8 мг сухої речовини/мг хлорофілу за добу при 21,1 мг сухої речовини/мг хлорофілу за добу в контролі I (рис. 3.22). Однак, хоч показники ФПХ у варіантах досліду перевищували контрольні значення, все ж таки із наростанням у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га вони знижувались.

Подібна залежність була характерною й для ФПП, але якщо в середньому за 2001–2003 рр. найвища ФПП була відмічена у варіанті Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га ( $5,9 \text{ г/м}^2$  за добу), то за сумісного використання цих препаратів із Емістимом С найвищу ФПП забезпечила бакова суміш Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га. Очевидно, що рістстимулюючі та антистресові властивості Емістиму С більш повно проявили себе за меншої норми гербіцидного агента, що підтверджується найвищою активністю роботи хлорофілу та асиміляційними процесами в даному варіанті досліду.

За внесення Гранстару 75 з 2,4-ДА 500 та РРР Емістим С встановлена тісна кореляційна залежність між показниками: ФПП і ФПХ ( $r = 0,85$ ); ФПХ і вмістом хлорофілу ( $r = 0,87$ ); ФПП і вмістом азоту ( $r = 0,93$ ) та ФПП і вмістом цукрів ( $r = 0,96$ ).



**Рис. 3.22. Фотосинтектична активність повітів ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульффонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбокислових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С (вихід у трубку – виколошування), 2001–2003 рр.:**

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль II);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль III); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 6. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 8. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 9. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

Дослідження дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини та феноксикарбоксілових кислот на прикладі гербіциду Дікопур Ф 600 та Гранстару 75 показали аналогічну закономірність у формуванні показників фотосинтетичної активності посівів ячменю ярого. Так, у середньому за три роки найвища ФПП була відмічена у варіанті Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що перевищувало контроль І на 43%. Разом з тим у найсприятливішому за погодними умовами 2001 р. показники ФПП у варіантах досліду за використання бакових сумішей Дікопуру Ф 600 + Гранстар 75 як окремо, так і в поєднанні з Емістимом С були нижчими. Це свідчить не тільки про залежність ФПП від погодних умов, а й про значний вплив на формування фотосинтетичної активності посівів виду хімічного препарату та складу бакових сумішей. Очевидно, що вища концентрація ксенобіотика, яка досягається у цих бакових сумішах, у більшій мірі порушує фізіолого-біохімічний стан рослинного організму для відновлення рівноваги якому потрібний більш тривалий період. Між ФПП і ФПХ була відмічена тісна кореляційна залежність ( $r = 0,78$ ).

За використання в посівах ячменю ярого комбінованого гербіциду Лінтур 70WG окремо і в сумішах із Агатом-25К нами встановлено, що найвищі показники фотосинтетичної активності посівів формувались упродовж усіх дослідних років у варіанті досліду Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, де ФПХ перевищувала в середньому за три роки контроль І на 30%, а ФПП – на 62% (рис. 3.23). З цих даних видно, що застосування даної бакової суміші позитивно впливає як на формування пігментної системи рослин, так і на синтез листовою поверхнею органічних речовин.

Вочевидь, що під впливом бакової суміші Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К у посівах створюються оптимальні умови для росту і розвитку рослин. Так, зокрема під впливом Лінтуру в посівах знищуються бур'яни, які є конкурентами культурним рослинам за воду та основні елементи живлення, з іншої сторони – Агат-25К знижує рівень ураження рослин хворобами та стимулює їх ростові процеси (за рахунок вмісту мікроелементів, продуктів обміну бактерій та рістактивуючих речовин). Позитивний стимулюючий вплив біологічних препаратів (Агат-25К, Новосил, Альбіт та ін.) на фотосинтетичну продуктивність посівів ячменю ярого відмічали в своїх роботах й інші вчені [599, 601].

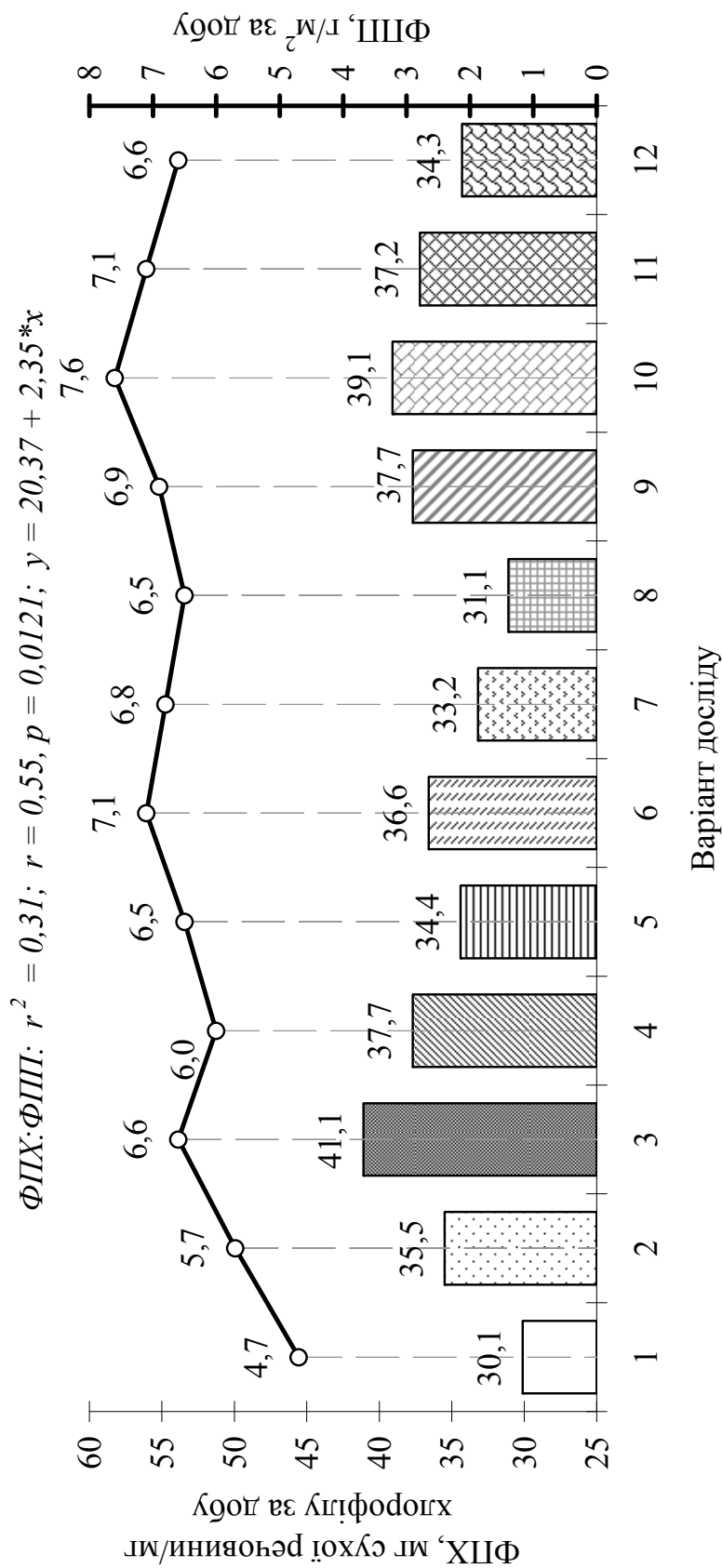
За використання Лінтуру в сумішах з Агатом-25К встановлені наступні кореляційні зв'язки: між ФПП й ФПХ ( $r = 0,55$ ), ФПХ й вмістом хлорофілу ( $r = 0,82$ ), ФПП й вмістом азоту ( $r = 0,70$ ) та ФПП і вмістом цукрів ( $r = 0,41$ ).

При вивченні дії в посівах ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Хармоні 75 та його бакових сумішей із Агатом-25К встановлено, що в середньому за 2003–2005 рр. максимальну фотосинтетичну продуктивність посіви ячменю ярого проявили у варіанті Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К, що може свідчити про найсприятливіший вплив даної суміші препаратів на рослинний організм. При цьому відмічено тісний кореляційний зв'язок між ФПП і ФПХ ( $r = 0,80$ ).

Неоднаковою була дія на фотосинтетичну продуктивність ячменю ярого бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75 з Агатом-25К і Агростимуліном (рис. 3.24).

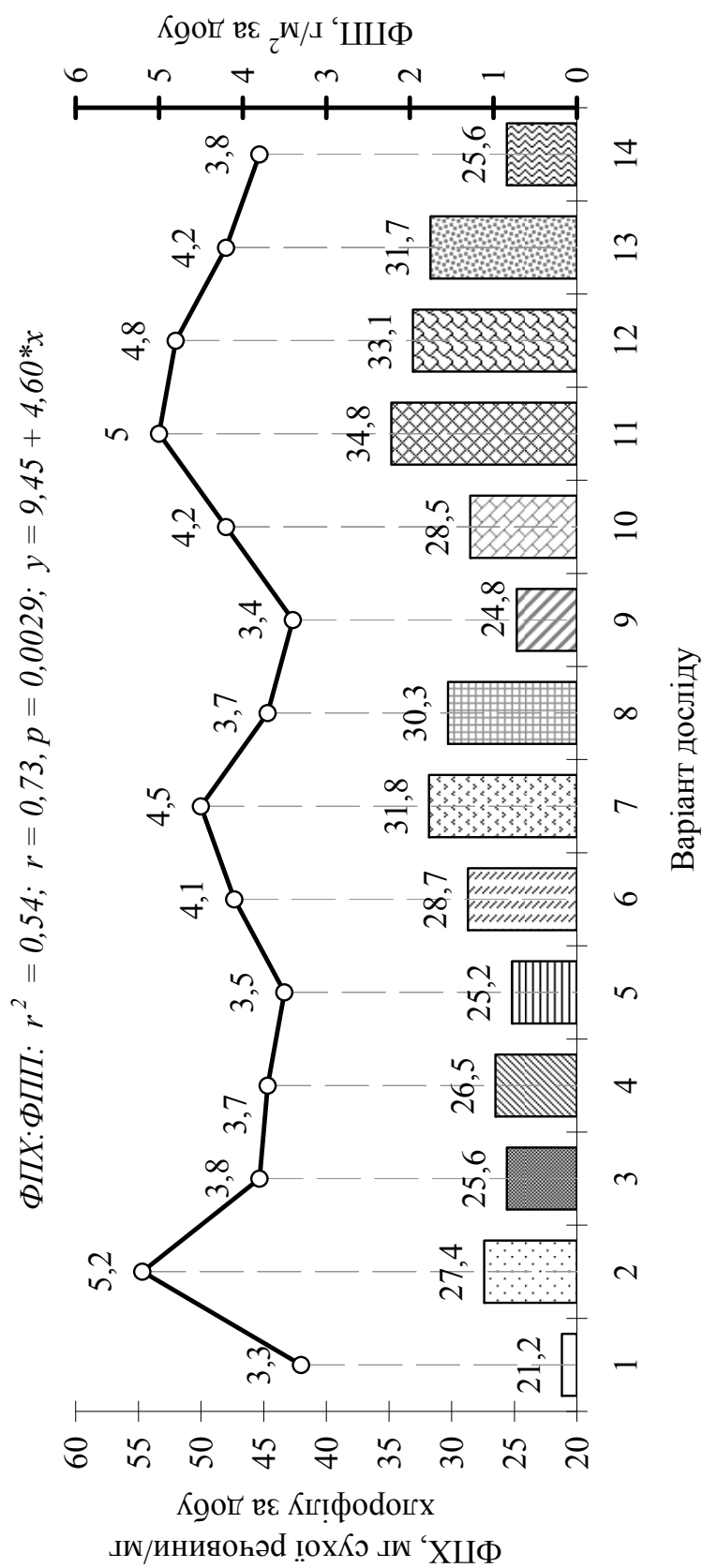
Так, за обробки ячменю ярого гербіцидом Калібр 75 найвищі показники ФПХ були відмічені у варіантах, де препарат у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га вносили у бакових сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном, зокрема перевищення по відношенню до відповідних варіантів з тими ж нормами застосування гербіциду, але без біологічних препаратів складало відповідно 3,3; 6,1; 1,3; 1,4; 0,8 мг сухої речовини/мг хлорофілу за добу. Одержані дані узгоджуються з показниками найвищої фізіолого-біохімічної активності рослин у цих варіантах досліду, оскільки 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 уміст сухої речовини в рослинах. За внесення Калібру 75 у сумішах з Агатом-25К і Агростимуліном була відмічена тісна кореляційна залежність між ФПП і ФПХ ( $r = 0,73$ ).

Аналізуючи дані фотосинтетичної продуктивності посівів ячменю ярого, можна констатувати, що в усі досліджувані роки найвищі показники ФПП формувались у варіантах, де Калібр 75 вносили сумісно з біологічними препаратами. Так, якщо у 2007 р. за внесення Калібру 75 у нормах 30–70 г/га ФПП знаходилась у межах 2,0–3,1 г/м<sup>2</sup> за добу, то за внесення цих же норм препарату в сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном – 2,5–4,2 г/м<sup>2</sup> за добу



**Рис. 3.23. Фотосинтетична активність посівів ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених роздільно і в сумішах із Агагом-25К (вихід у трубку – виколошування), 2003–2005 рр.:**

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.



**Рис. 3.24. Фотосинтетична активність посівів ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесенного роздільно і в бакових сумішах із Агагом-25К і Агростимуліном (вихід у трубку – виколошування)**

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II);

3. Агаг-25К; 4. Агростимулін; 5. Калібр 75 30 г/га; 6. Калібр 75 40 г/га; 7. Калібр 75 50 г/га; 8. Калібр 75 60 г/га;

9. Калібр 75 70 г/га; 10. Калібр 75 30 г/га + Агаг-25К + Агростимулін; 11. Калібр 75 40 г/га + Агаг-25К + Агростимулін;

12. Калібр 75 50 г/га + Агаг-25К + Агростимулін; 13. Калібр 75 60 г/га + Агаг-25К + Агростимулін;

14. Калібр 75 70 г/га + Агаг-25К + Агростимулін.

при  $1,8 \text{ г/м}^2$  за добу в контролі І. Така ж залежність була характерною і для 2008 і 2009 рр. досліджень, однак з експериментальних даних видно, що найвища ФПП була у 2008 р. Одержані дані демонструють чітку залежність ФПП від погодних умов, які в 2008 р. виявилась найбільш сприятливими для проходження у рослинах ячменю ярого фотосинтетичних процесів. Так, зокрема у фази виходу в трубку – виколошування ячменю ярого у 2008 р. спостерігалась оптимальна тепло- і вологозабезпеченість, що сприяло формуванню рослинами за відносно короткий проміжок часу найбільшої біомаси та площі листової поверхні, які в основному й визначають величину ФПП.

У середньому за роки досліджень найвища фотосинтетична продуктивність посівів формувалась у варіанті Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, що складало  $5,0 \text{ г/м}^2$  за добу при  $3,3 \text{ г/м}^2$  за добу в контролі І.

Одержані дані підтверджують висновки вчених про те, що за обробки екзогенними антиоксидантами, якими можуть виступати й біологічні препарати та їх складові, негативна дія на рослини гербіцидного агента послаблюється, що в цілому обумовлює стимулювання фотосинтетичної активності посівів [603].

Отже, підсумовуючи вищенаведений експериментальний матеріал, можна зробити такі узагальнюючі висновки:

- фотосинтетична активність посівів ячменю ярого в значній мірі залежить від хімічного класу і норм застосовуваних препаратів, поєднання їх використання у бакових сумішах із БАР, глибини і ступеня впливу внесених композицій на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі та погодних умов проведення досліджень;
- найвища фотосинтетична активність посівів ячменю ярого простежується за використання досліджуваних гербіцидних препаратів (Гранстар 75, Калібр 75, Хармоні 75 Лінтур 70WG) у сумішах із БАР (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К), що обумовлюється позитивним впливом останніх на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, внаслідок яких негативна дія хімічних сполук на рослини послаблюється;
- за використання в посівах бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75) з феноксикарбосиловими кислотами (2,4-ДА 500 і Дікопур Ф 600) фотосинтетичні

процеси в рослинах ячменю ярого дещо знижуються, що, очевидно, визначається необхідністю проходження більш тривалого детоксикаційного періоду, з яким може бути пов'язане порушення фізіолого-біохімічної рівноваги в рослинному організмі.

### 3.6. Фізіологічне обґрунтування взаємодії гербіцидів і рпс-регуляторів у сумішах за інтегрованого застосування

Переважає більшість сучасних гербіцидів і РРР є водорозчинними сполуками. Тому, вочевидь, не виключеною є взаємодія в сумішах діючих речовин гербіцидів і РРР, яка в подальшому може зумовлювати синергічну, адитивну або антагоністичну дію препаратів у відношенні до рослин.

Гербіциди і РРР активно проникають у рослини впродовж перших годин після потрапляння на листову поверхню. Подолавши складну систему перешкод, діючі речовини надходять до сайту біологічної дії. Однак, маючи різні механізми та спрямованість своєї дії, можна стверджувати, що вони не проявляють конкуренції за спільні сайти (біологічні мішені). Водночас узагальнення вищенаведених експериментальних даних щодо впливу гербіцидів і РРР на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах ячменю ярого дає підставу до розробки концептуальних основ взаємодії препаратів у сумішах на початкових етапах їх застосування, які можна виразити схемою (рис. 3.25).

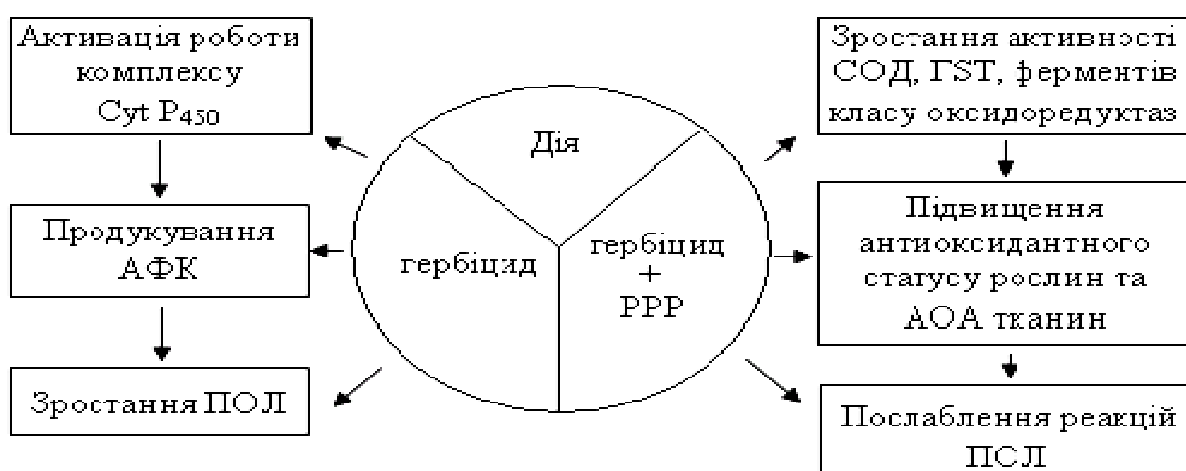


Рис. 3.25. Особливості розрізненої та взаємної дії гербіцидів і РРР на біологічні системи ячменю ярого

Зі схеми видно, що за самастійного використання гербіцидів у рослинах простежується суттєве зростання реакцій ПОЛ, у той час, як за взаємної дії гербіцидів і РРР у рослинному організмі проходить активізація антиоксидантних систем захисту, що в цілому веде до послаблення проходження реакцій ПОЛ. Зважаючи на це, можна стверджувати, що за інтегрованого застосування гербіцидів і РРР проявляється особлива форма антагоністичної взаємодії, яка може бути охарактеризована як антидотна.

Як зазначав К. Федтке [1]: «Рослина буде проявляти стійкість до гербіциду тоді, коли швидкість його потрапляння до сайту дії буде дорівнювати швидкості детоксикації». У даному випадку антидотна дія РРР у сумішах із гербіцидами якраз реалізується через активізацію роботи детоксикаційних та антиоксидантних систем рослин. Не виключеною залишається також антидотна дія РРР у сумішах із гербіцидами по відношенню до реактивування основних ферментів та ключових фізіологічних реакцій, заінгібованих у рослинах гербіцидами.

Таким чином, проведені дослідження дають підставу до фізіологічного обґрунтування основ взаємодії РРР і гербіцидів у сумішах, що в підсумку виражається в антидотному впливові РРР у відношенні до рослин на фоні застосування ксенобіотиків та забезпечує реальне підтвердження припущень про можливість антидотної дії РРР, що висунуті в окремих працях [66, 67, 69].



## **4. АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ І ЇХ СУМІШЕЙ ІЗ РІСТРЕГУЛЯТОРАМИ**

### **4.1. Анатомічна будова і морфоструктура епідермісу листкового апарату**

У зв'язку зі зростаючими обсягами застосування регуляторів росту рослин, гербіцидів та інших біологічно активних сполук у сільськогосподарському виробництві особливого значення набуває питання з'ясування механізму дії цих речовин на рослинні організми, зокрема на клітинні й тканинні структури, від функціонування яких залежить формування врожайності, якості врожаю та нагромадження залишкових кількостей препаратів у продукції і навколишньому природному середовищі [222].

Більшість сучасних гербіцидів мають системну дію, яка у відношенні до рослин проявляється після потрапляння препарату на листки [135]. Тобто першою з ксенобіотиками контактує поверхня листка, а саме: епікутикулярні воски, кутикула, трихоми, клітини епідермісу тощо [82]. З поверхні листка, через кутикулу й епідерміс, гербіцид проникає в листкову пластинку і пересувається до інших органів рослини [133].

Нині доведено, що гербіциди здатні активно нагромаджуватися у зонах із найвищою меристематичною активністю [109], де вони зумовлюють зміни в балансі ендогенних фітогормонів та проходженні найважливіших фізіолого-біохімічних процесів, що, в свою чергу, впливає на стадії розвитку клітини. Зокрема впливу зазнають такі стадії росту клітини як ембріональна, розтягування та диференціації [380]. Особливо чітко це простежується після ініціації в конусі наростання листків, колосків й ін. органів. Так,

за використання в умовах вегетаційного досліду 2,4-ДА (0,52 кг/га) у рослин ячменю ярого сорту Кліппер були відмічені морфологічні зміни в апікальній меристемі точки росту головного стебла: в зародковому колосі формувалися ділянки без колосків, а в колосків, що сформувались – порушувалась будова [383]. У пшениці озимої збільшення норм внесення гербіциду 2,4-ДА до 2,0 кг/га препарату зумовлювало зменшення кількості клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> листка, але при цьому збільшувалась площа листків [604]. Під впливом Симазину й Атразину в листових пластинках ячменю ярого зменшувалась кількість і площа клітин епідермісу, а також – кількість і площа продихів [78].

Будь-які зміни в анатомічній і морфологічній структурі зародкових органів зумовлюють формування відповідної будови листового апарату і стебла рослин, що може свідчити про ступінь і глибину впливу гербіцидного агента на рослинний організм та про його стійкість до дії відповідних препаратів [384]. Тому анатомічна і морфологічна будова рослин, яка з одного боку в певній мірі визначає вибірковість дії гербіцидів у початковий період після їх внесення, з іншого – може виступати важливим показником, який в більш пізні фази росту й розвитку рослини відображає ступінь, глибину та механізм дії препаратів на рослинний організм [396].

Значний вплив на формування анатомічної і морфологічної будови рослин мають екзогенні РРР. Як свідчать дослідження, у більшості випадків вони сприяють підвищенню мітотичної активності в меристемах рослин [389]. Стимулювання мітотичної активності спостерігається й за використання на різних сільськогосподарських культурах мікробіологічних препаратів, зокрема Агату-25К, Діазофіту, Ризоентерину та Флавобактерину [391, 392]. Водночас менш вивченими нині залишаються анатомо-морфологічні зміни в рослинах за дії бакових сумішей гербіцидів і біологічних препаратів, але узагальнені дослідження, виконані на пшениці озимій з використанням гербіцидів Гроділу 15–25г/га і Трезору 1,0–1,4кг/га сумісно з Емістимом С, кукурудзі – Базис 15–30г/га сумісно із Зеастимуліном, ярого ячмені – Гранстар 10–25 г/га сумісно з Емістимом С, Лінтур 70WG 90–140г/га сумісно з Агатом-25К [392, 395–399, 410] дають підставу стверджувати, що оптимальні норми гербіцидів, внесені в поєднанні із РРР та МБП,

зумовлюють збільшення розмірів клітин епідермісу листка та довжини продихових щілин, що відповідає формуванню оптимального за площею і продуктивністю листкового апарату рослин.

Отже, сучасний стан питання засвідчує те, що даних із впливу гербіцидів на формування анатомічної будови сільськогосподарськими культурами нагромаджено недостатньо, водночас експериментальний матеріал стосовно сумісної дії гербіцидів і біопрепаратів на анатомічну структуру листкового апарату ячменю ярого – практично відсутній. У зв'язку з цим, зважаючи на вищевикладене, важливим було встановити, як поєднане застосування гербіцидів різних хімічних класів із рістрегулюючими препаратами діє на формування анатомічної структури епідермісу листкового апарату ячменю ярого як показника, що відображає глибину інтегральних змін у рослинному організмі.

У результаті виконаних анатомічних досліджень встановлено, що формування показників анатомічної структури епідермісу листкового апарату ячменю ярого залежало від норм використання у посівах гербіцидів різних хімічних класів, поєднання їх у бакових сумішах із біологічними препаратами та погодних умов, що складались під час вегетації культури. Так, аналізуючи кількість клітин епідермісу на  $1 \text{ мм}^2$  поверхні листка у 2000 р. за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 можна відмітити, що за норм препарату 10–20 г/га їх кількість зменшувалась і складала 281–292 шт./ $\text{мм}^2$  при 316 шт./ $\text{мм}^2$  в контролі I і  $\text{HP}_{05}$  6,0 (табл. 4.1). При застосуванні цих же норм Гранстарау 75 сумісно з Емістимом С кількість клітин на  $1 \text{ мм}^2$  поверхні листка продовжувала зменшуватись і складала відповідно 267–276 шт./ $\text{мм}^2$ .

Зменшення кількості клітин епідермісу листка ячменю ярого у варіантах досліді із сумісним застосуванням Гранстарау 75 і Емістиму С супроводжувалось збільшенням їх розмірів та площі. Так, якщо при внесенні Гранстарау 75 в нормах 10; 15 і 20 г/га площа однієї клітини епідермісу листка ячменю ярого збільшувалась у порівнянні до контролю I на 94; 446 і  $70 \text{ мкм}^2$  відповідно, то у варіантах досліді із внесенням тих же норм гербіциду в сумішах із Емістимом С площа однієї клітини епідермісу відповідно збільшувалась на 159; 887 і  $434 \text{ мкм}^2$  і  $\text{HP}_{05}$  123. Такі зміни в анатомічній структурі листків, вочевидь, є наслідком боротьби рослин за покращення умов вологозабезпечення і мінерального живлення у результаті дії гербіцидного агента.

Таблиця 4.1

**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесенного роздільно і в сумішах із Емістимом С (фаза виколошування, 2000 р.)**

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	K <sub>М</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	316	105,5	17,0	1794	1,00
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	271	114,1	19,3	2202	0,86
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	248	135,3	21,2	2868	0,78
Емістим С	279	110,7	17,9	1982	0,88
Гранстар 75 10 г/га	287	108,5	17,4	1888	0,91
Гранстар 75 15 г/га	281	117,9	19,0	2240	0,89
Гранстар 75 20 г/га	292	106,5	17,5	1864	0,92
Гранстар 75 25 г/га	318	104,1	16,7	1739	1,00
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	274	109,1	17,9	1953	0,87
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	267	131,4	20,4	2681	0,84
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	276	118,5	18,8	2228	0,87
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	308	115,5	16,9	1952	0,97
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>6,0</i>	<i>2,3</i>	<i>0,5</i>	<i>123</i>	–

Підтвердженням цьому можуть бути дані, одержані у варіантах із ручними прополюваннями (контроль II і III), де за часткової або повної відсутності бур'янів у рослин ячменю ярого формувались більші за розмірами клітини епідермісу, ніж в контролі I, в якому бур'яни не знищувались. Крім того, за обробки Емістимом С у тканинах рослин спостерігається прискорення детоксикаційних процесів (зростає активність антиоксидантних ферментів, вміст антиоксидантів, знижується рівень ПОЛ), що на молекулярному рівні зумовлює зміни в проходженні фізіологічних процесів росту і ділення клітини.

Подальший аналіз одержаних експериментальних даних показав, що за норми внесення Гранстару 75 25 г/га кількість клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> листка ячменю ярого в порівнянні з контролем I збільшувалась (318 при 316 шт./мм<sup>2</sup> у контролі I), але при цьому зменшувались розміри клітини та їх площа (на 3% у порівнянні з контролем I). Це свідчить про формування у рослин ознак ксероморфності. Внесення Гранстару 75 у нормі 25 г/га сумісно з Емістимом С зменшувало негативний вплив гербіциду на рослини ячменю ярого, тому в цьому варіанті дослідів проявив ознак ксероморфності не відмічалось.

Аналогічні дані були одержані нами і в 2001 р. (табл. 4.2). Однак, необхідно відмітити, що в цей рік досліджень кількість клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка була меншою, ніж у 2000 р., що свідчить про залежність формування анатомічної структури листкового апарату ячменю ярого від погодних умов. Так, якщо у 2000 р. кількість клітин епідермісу листка складала 316 шт./мм<sup>2</sup>, то у 2001 р. – 200 шт./мм<sup>2</sup>.

Ці дані узгоджуються з висновками інших учених [605], які зазначають, що за менш сприятливих погодних умов (підвищена температура повітря, недостатня кількість опадів та ін.) рослини формують дрібноклітинний листковий апарат, чим захищають себе як від підвищеної температури та нестачі вологи, так і від надмірного випаровування води листками. Водночас за сприятливих погодних умов рослини формують крупні клітини, що зумовлює зменшення їх числа на поверхні листка. Саме це й було характерно для 2001 р. досліджень.

Аналізуючи експериментальні дані 2001 р. за варіантами дослідів можна відмітити, що як і в 2000 р. із наростанням норм застосування Гранстару 75 до 20 г/га кількість клітин епідермісу на одиниці поверхні листка зменшувалась, особливо у варіантах дослідів, де гербіцид застосовували в сумішах з Емістимом С. Однак найбільша площа однієї клітини епідермісу за меншого їх числа на поверхні формувалась у варіанті Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що на 729 мкм<sup>2</sup> перевищувало контроль I.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 із феноксикарбоксилосилними кислотами 2,4-ДА 500 нами встановлено, що із наростанням у сумішах норм внесення Гранстару 75 до 25 г/га кількість клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка зростала і перевищувала контроль I відповідно у 2002 р. на 11 шт./мм<sup>2</sup> та в 2003 р.

– на 10 шт./мм<sup>2</sup> (табл. 4.3 і 4.4; рис. 4.1). При цьому простежувалось зменшення розмірів клітин епідермісу, яке призводило до зменшення відповідно на 6 і 8% по роках площі однієї клітини. Разом з тим у варіантах досліду Гранстар 75 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С було відмічено значне зменшення числа клітин епідермісу. Так, зокрема у 2002 р. число клітин епідермісу в цих варіантах досліду було на 26 і 32 шт., а в 2003 р. – на 34 і 41 шт. відповідно меншим, ніж у контролі I, але при цьому площа клітин перевищувала показники в контролі I відповідно за роками і варіантами – на 494 і 449 та 670 і 663 мкм<sup>2</sup>.

Таблиця 4.2

**Анатомічна структура епідермісу листового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесенного роздільно і в сумішах із Емістимом С (фаза виколошування, 2001 р.)**

Варіант досліду	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	К <sub>М</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	200	114,4	20,0	2288	1
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	170	127,3	25,1	3195	0,85
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	153	131,4	28,7	3771	0,77
Емістим С	181	117,6	22,3	2622	0,91
Гранстар 75 10 г/га	195	115,4	21,4	2470	0,98
Гранстар 75 15 г/га	189	121,9	23,2	2828	0,95
Гранстар 75 20 г/га	198	116,1	22,1	2566	0,99
Гранстар 75 25 г/га	208	115,2	18,9	2177	1,0
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	182	118,3	22,1	2614	0,91
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	173	125,7	24,0	3017	0,87
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	186	120,0	23,2	2784	0,93
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	192	117,2	19,1	2239	0,96
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>7,0</i>	<i>2,7</i>	<i>0,6</i>	<i>167</i>	–

Таблиця 4.3

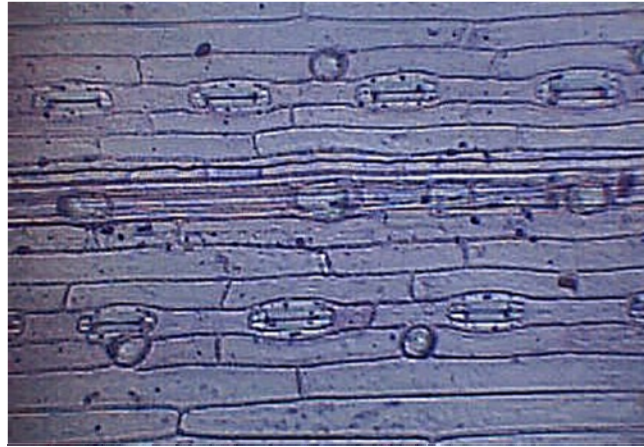
**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза виколошування, 2002 р.)**

Варіант досліду	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	К <sub>М</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	284	98,3	10,1	993	1,00
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	263	100,4	11,2	1125	0,92
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	248	108,1	14,3	1546	0,87
Емістим С	272	102,1	11,3	1154	0,96
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	273	101,1	11,0	1112	0,96
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	261	105,2	13,3	1399	0,92
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	278	101,1	10,8	1092	0,98
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	295	96,4	9,7	935	1,00
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	258	106,2	14,0	1487	0,91
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	252	106,0	13,6	1442	0,89
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	270	103,6	12,1	1254	0,95
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	281	100,3	10,1	1013	0,99
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>5,0</i>	<i>1,1</i>	<i>0,5</i>	<i>133</i>	–

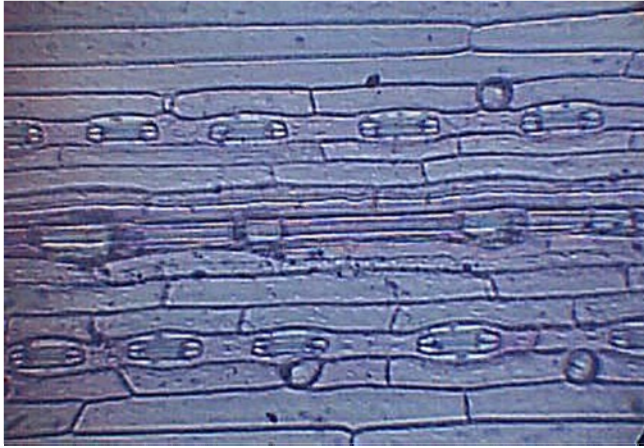
Таблиця 4.4

**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза викалошування, 2003 р.)**

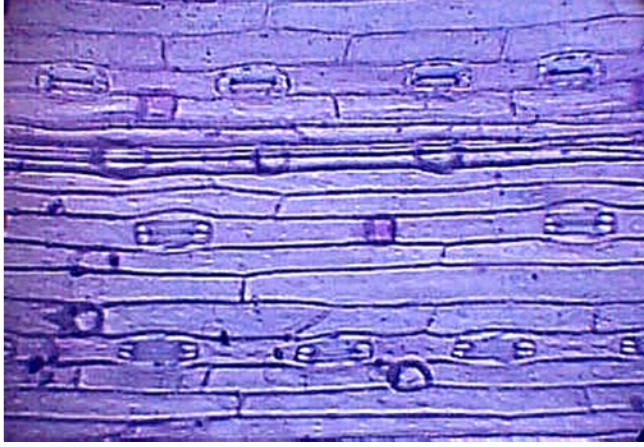
Варіант досліду	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	К <sub>М</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	211	115,5	15,1	1744	1,00
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	171	127,3	18,4	2342	0,81
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	148	144,1	23,3	3358	0,70
Емістим С	200	117,7	16,4	1930	0,95
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	194	118,7	17,3	2054	0,92
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	178	120,4	18,7	2252	0,84
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	193	118,1	17,5	2067	0,91
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	221	113,1	14,2	1606	1,00
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	177	125,1	19,3	2414	0,84
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	170	126,7	19,0	2407	0,81
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	181	119,7	18,1	2167	0,86
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	200	117,3	17,0	1994	0,95
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>7,0</i>	<i>1,3</i>	<i>0,2</i>	<i>143</i>	–



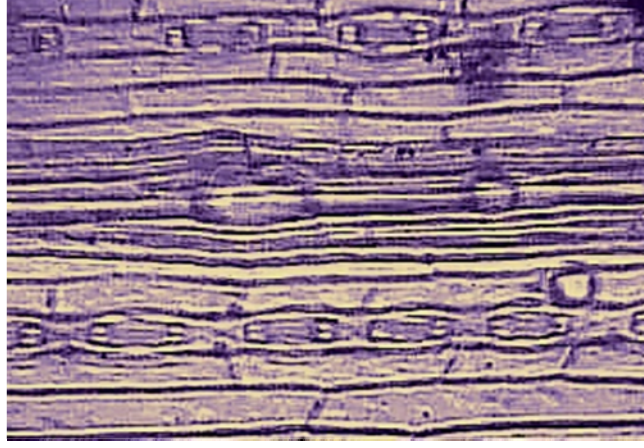
1



2



3



4

**Рис. 4.1. Формування анатомічної структури епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії гербіцидів Гранстару 75 + 2,4-ДА 500 окремо і в сумішах із Емістимом С:**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га;
3. Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С; 4. Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га;

Одержані дані дають підставу стверджувати, що за високої концентрації ксенобіотика, для детоксикації якої потрібен більший проміжок часу, в ростових процесах клітини відбуваються більш відчутні зміни. Вочевидь, що прямим наслідком цього є зниження вмісту та порушення балансу ендогенних фітогормонів у бік зростання стресового гормону АБК. Водночас менша концентрація ксенобіотика (Гранстар 75 10–15г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га), можливо, піддається більш швидкій детоксикації, що в меншій мірі відображається на ростових процесах клітини.

Значною мірою на формування анатомічної структури епідермісу листового апарату ячменю ярого впливав комбінований гербіцид Лінтур 70WG, однак ступінь його дії визначалась нормами використання та поєднанням внесення препарату у бакових сумішах із Агатом-25К (табл. 4.5 і 4.6).

Так, у 2004 році при застосуванні Лінтуру 70 WG в нормах 90–120 г/га кількість клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка у порівнянні до контролю I значно зменшувалась, але більш суттєве зменшення було відмічено у варіантах дослідів, де Лінтур 70 WG застосовували сумісно з Агатом-25 К. Зокрема, якщо у варіанті Лінтур 70 WG 100 г/га кількість клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка складала 202 шт., то в цьому ж варіанті дослідів сумісно з Агатом-25 К – 181 шт. при 280 шт./мм<sup>2</sup> у контролі I.

Зменшення кількості клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> листка супроводжувалось збільшенням їх розмірів (довжини і ширини) та відповідно – площі.

У той же час за використання Лінтуру 70 WG у нормі 140 г/га як окремо, так і сумісно з Агатом-25 К, кількість клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка у порівнянні до попередніх норм гербіциду збільшувалась.

Особливо відчутним це збільшення було у варіанті дослідів, де гербіцид Лінтур 70 WG у нормі 140 г/га вносився без біопрепарату Агат-25К. У цьому ж варіанті дослідів спостерігалось значне зменшення розмірів клітин та їх площі.

Аналогічні дані були одержані нами і в 2005 році досліджень (табл. 4.6). Так, найменша кількість клітин на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка формувалась у варіанті Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К. Водночас найбільша кількість клітин на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка формувалась у варіанті Лінтур 70 WG 140 г/га.

Таблиця 4.5

**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених окремо і в бакових сумішах із біопрепаратом Агат-25К (фаза вичолошування, 2004 р.)**

Варіант дослідження	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	K <sub>M</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	280	111,7	15,0	1676	1,00
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	197	122,5	18,4	2254	0,70
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	178	129,2	19,1	2468	0,64
Агат-25К	231	113,5	16,7	1896	0,83
Лінтур 70WG 90 г/га	243	118,8	17,5	2079	0,87
Лінтур 70WG 100 г/га	202	123,7	18,8	2326	0,72
Лінтур 70WG 120 г/га	238	116,3	17,5	2035	0,85
Лінтур 70WG 140 г/га	288	100,0	16,3	1793	1,03
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	229	121,3	17,5	2123	0,82
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	181	131,3	18,8	2468	0,65
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	224	117,5	18,8	2209	0,80
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	269	113,9	17,5	1993	0,96
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>17</i>	<i>3,9</i>	<i>1,3</i>	<i>112</i>	–

Аналізуючи у 2007 р. кількість клітин епідермісу на одиниці поверхні листка за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в сумішах із Агатом-25К та Агростимуліном, можна відмітити, що із наростанням норм внесення Калібру 75 до 60 г/га їх кількість у порівнянні з контролем зменшувалась, однак найбільше це простежувалось у варіантах дослідження, де

Таблиця 4.6

**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесених окремо і в бакових сумішах із біопрепаратом Агат-25К (фаза вичолошування, 2005 р.)**

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	К <sub>м</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	299	90,0	12,0	1080	1,00
Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	222	110,0	13,8	1518	0,74
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	198	114,0	15,0	1710	0,66
Агат-25К	261	100,0	13,8	1380	0,87
Лінтур 70WG 90 г/га	254	100,1	13,1	1311	0,85
Лінтур 70WG 100 г/га	240	110,0	13,9	1529	0,80
Лінтур 70WG 120 г/га	267	100,5	12,8	1286	0,89
Лінтур 70WG 140 г/га	294	92,0	12,3	1132	0,98
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	250	100,0	13,5	1350	0,84
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	230	110,0	15,0	1650	0,77
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	258	110,2	14,3	1576	0,86
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	285	100,1	13,0	1301	0,95
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>10</i>	<i>4,4</i>	<i>0,9</i>	<i>141</i>	–

Калібр 75 у нормах 30–70 г/га вносили разом із біологічними препаратами Агатом-25К і Агростимуліном, зокрема зниження числа клітин у цих варіантах досліджу в порівнянні до контролю I складало відповідно 46; 70; 76; 37 і 16 шт./мм<sup>2</sup> при НІР<sub>05</sub> 9,0 (табл. 4.7).

Зменшення числа клітин епідермісу супроводжувалось зростанням їх площі. Особливо значним воно було в варіантах досліджу із сумісним внесенням Калібру 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га з Агатом-25К і Агростимуліном, що відповідно на 277;

730; 41; 537 і 37 мкм<sup>2</sup> перевищувало площу однієї клітини проти відповідних варіантів досліду, де біологічні препарати в сумішах із гербіцидом не застосовували.

Таблиця 4.7

**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном (фаза виколювання, 2007 р.)**

Варіант досліду	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	K <sub>M</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	310	90,1	10,1	910	1,00
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	211	140,3	18,5	2596	0,68
Агат-25К	261	92,4	14,4	1331	0,84
Агростимулін	250	95,3	13,8	1315	0,81
Калібр 75 30 г/га	281	100,1	13,0	1301	0,91
Калібр 75 40 г/га	263	120,3	15,3	1841	0,85
Калібр 75 50 г/га	238	138,4	17,8	2464	0,77
Калібр 75 60 г/га	284	98,8	13,1	1294	0,92
Калібр 75 70 г/га	315	90,3	9,8	885	1,02
Калібр 75 30 г/га + Агростимулін + Агат-25К	264	111,1	14,2	1578	0,85
Калібр 75 40 г/га + Агростимулін + Агат-25К	240	137,5	18,7	2571	0,77
Калібр 75 50 г/га + Агростимулін + Агат-25К	234	139,1	18,0	2504	0,75
Калібр 75 60 г/га + Агростимулін + Агат-25К	273	112,3	16,3	1831	0,88
Калібр 75 70 г/га + Агростимулін + Агат-25К	294	92,2	10,0	922	0,95
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>9,0</i>	<i>8,3</i>	<i>1,5</i>	<i>98</i>	<i>–</i>

Вочевидь, що формування більших розмірів площі листкового апарату в варіантах досліду із використанням Калібру 75 у бакових сумішах з Агатом-25К і Агростимуліном, перш за все, обумовлено послабленням негативної дії гербіцидного агента на

рослини, завдяки антиоксидантним та протекторним властивостям біопрепаратів та, по-друге, зняттям негативних конкурентних відносин у посівах з боку бур'янів за основні фактори життя. Про це свідчать дані, одержані у варіанті з ручними прополованнями впродовж вегетаційного періоду, де площа однієї клітини епідермісу ячменю ярого була найбільшою в досліді та складала 2596 мкм<sup>2</sup>.

Аналогічну закономірність із формуванням анатомічної структури епідермісу листкового апарату нами було відмічено і в 2008 р. досліджень (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

**Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном (фаза вичолошування, 2008 р.)**

Варіант досліду	Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Розмір однієї клітини, мкм		Площа клітини, мкм <sup>2</sup>	К <sub>М</sub>
		Довжина	Ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	190	120,1	13,3	1597	1,0
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	121	165,2	20,0	3304	0,64
Агат-25К	173	125,5	14,1	1770	0,91
Агростимулін	166	128,8	14,3	1842	0,87
Калібр 75 30 г/га	178	125,3	15,0	1880	0,94
Калібр 75 40 г/га	161	131,2	17,1	2244	0,85
Калібр 75 50 г/га	142	140,1	18,9	2648	0,75
Калібр 75 60 г/га	173	124,2	14,8	1838	0,91
Калібр 75 70 г/га	188	121,3	13,7	1662	0,99
Калібр 75 30 г/га + Агростимулін + Агат-25К	153	132,1	16,1	2127	0,81
Калібр 75 40 г/га + Агростимулін + Агат-25К	141	150,1	19,3	2897	0,74
Калібр 75 50 г/га + Агростимулін + Агат-25К	138	145,3	19,0	2761	0,73
Калібр 75 60 г/га + Агростимулін + Агат-25К	164	128,1	16,0	2050	0,86
Калібр 75 70 г/га + Агростимулін + Агат-25К	175	123,1	15,0	1847	0,92
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>11</i>	<i>4,3</i>	<i>1,2</i>	<i>112</i>	–

Однак, необхідно зауважити, що експериментальні дані 2008 р. значно відрізнялись від даних, одержаних у 2007 р. Так, якщо у 2008 р. в контролі І кількість клітин епідермісу на одному мм<sup>2</sup> поверхні листка складала 190 шт., а площа однієї клітини 1597 мкм<sup>2</sup>, то у 2007 р. – відповідно 310 шт. і 910 мкм<sup>2</sup>. За посушливих умов 2007 р. рослини ячменю формували дрібноклітинний листковий апарат.

Оскільки, за даними В. Г. Александрова [606], анатомічна структура листка виражає ступінь реагування рослини на дію певного чинника, доцільним, на нашу думку, було б визначення показника, який відображає особливості формування морфоструктури епідермісу листкового апарату ( $K_M$ ). Цей показник дасть можливість більш повно простежити ступінь впливу певного чинника, зокрема в даному випадку різних норм хімічних препаратів та їх сумішей з БАР на рослини та розробити і оптимізувати заходи, направлені на безпечне їх використання.

Коефіцієнт розраховували за відношенням кількості клітин епідермісу на одиниці поверхні листка у варіанті із застосуванням препарату ( $n$ ) до кількості клітин епідермісу у варіанті без застосування препарату ( $n_1$ ) (контроль) за формулою:

$$K_M = n/n_1.$$

Так, виконані розрахунки показують, що чим нижче значення коефіцієнта  $K_M$  (менше за 1), тим менша кількість клітин формується на одиниці поверхні листка, але вони мають більші розміри й площу. Така анатомічна структура відповідає мезоморфному типу листкової поверхні і характерна для мезофітних рослин, які відзначаються високою продуктивністю.

Збільшення показника  $K_M$  (до одиниці і більше) свідчить про збільшення кількості клітин епідермісу на одиниці поверхні листка, однак площа клітин при цьому зменшується, що відповідає ксероморфному типу листкового апарату, який характерний для ксерофітних рослин.

Статистично доведена тісна пряма кореляційна залежність ( $r = 1,0$ ) між  $K_M$  і кількістю клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка та тісна зворотня за напрямом кореляційна залежність ( $r = -0,89$ ) між  $K_M$  та площею однієї клітини епідермісу.

Узагальнюючи результати анатомічної структури епідермісу листкового апарату ячменю ярого можна констатувати (табл. 4.3–4.10), що мезоморфний тип листкового апарату формувалася за використання у посівах таких бакових сумішей: Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що відповідало коефіцієнту морфоструктури – 0,86; Гранстар 75 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га – 0,88 і 0,85 відповідно; Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К – 0,71; Калібр 75 40 і 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін – 0,76 і 0,74 відповідно. За використання підвищених норм гербіцидів, особливо без біологічних препаратів (Гранстар 75 25 г/га, Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, Лінтур 70 WG 140 г/га, Калібр 75 70 г/га), у рослин ячменю ярого формувалася листковий апарат ксероморфного типу, для якого характерним був коефіцієнт морфоструктури 0,98–1,03.

Отже, вищенаведений експериментальний матеріал дає підставу зробити наступні висновки:

- гербіциди, як фізіологічно активні речовини, здатні суттєво впливати на проходження обмінних процесів у рослинах, що відповідним чином відображається на основних стадіях розвитку клітин (ембріональна, розтягування і диферинціації) та анатомічній структурі окремих тканин і органів;
- за сумісного використання гербіцидів із біологічними препаратами відбувається послаблення негативної дії гербіцидного агента на рослинний організм, а за оптимальних – простежується стимулюючий вплив, який виражається у формуванні анатомічної структури листкового апарату мезоморфного типу (коефіцієнт морфоструктури складає 0,7–0,9);
- за використання підвищених норм гербіцидів без біологічних препаратів коефіцієнт морфоструктури ячменю ярого зростає до одиниці і вище, що свідчить про формування листкового апарату ксероморфного типу, характерного для рослин, які ростуть і розвиваються у менш сприятливих для них умовах.

## **4.2. Структурна організація і функціональна активність листкового апарату**

Загальновідомо, що мезофіл листка, зокрема хлоренхіма, є важливою структурною одиницею, що обумовлює стійкість фо-

тосинтетичного апарату і всієї рослини до несприятливих умов навколишнього природного середовища. Тому будь-які зміни анатомічної структури фотосинтетичного апарату на клітинному й тканинному рівнях можна розглядати як прояви регуляції фотосинтезу, що забезпечують адаптацію рослин до дії стресових чинників, у тому числі й гербіцидів [607, 608].

Нині найбільш детально структурна організація і функціональна активність фотосинтетичного апарату можуть бути охарактеризовані на основі аналізу його мезоструктури, основними показниками якого є: площа листків, число клітин хлоренхіми, їх об'єм, кількість у них хлоропластів та ін. [592]. Однак мезоструктура різних видів рослин є більш вивченою за дії екологічних чинників [346, 608], у той же час вплив на мезоструктуру сільськогосподарських культур, у тому числі й ячменю ярого, гербіцидів і РРР розкрито в літературі недостатньо.

Зважаючи на це, вкрай важливим було вивчити мезоструктуру листка ячменю ярого за дії гербіцидів різних хімічних класів та їх комплексів із рістрегуляторами і встановити ступінь їх впливу на формування функціонально активного компоненту рослин – листкового апарату, від якого цілком залежить фотосинтетична активність посівів.

Виконані дослідження показали, що мезоструктурна організація листкового апарату ячменю ярого за дії гербіцидів різних хімічних класів та їх бакових сумішей із РРР та МБП зазнає значних змін (табл. 4.9–4.11).

Так, за обробки рослин ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га кількість клітин хлоренхіми зменшувалась у порівнянні з контролем I відповідно на 4 і 10 тис. шт./см<sup>2</sup>, водночас за дії гербіциду в нормах 10; 15 і 20 г/га у поєднанні з Емістимом С – на 7; 12 і 2 тис. шт./см<sup>2</sup> за НР<sub>01</sub> 1,8 (табл. 4.9). За норми використання Гранстару 75 25 г/га як роздільно, так із Емістимом С, кількість клітин у порівнянні з контролем зростала відповідно на 10 і 7 тис. шт./см<sup>2</sup>.

Одержанні дані з кількості клітин хлоренхіми листка ячменю ярого демонструють обернену залежність щодо об'єму однієї клітини ( $r = -0,91$ ): чим меншою була кількість клітин, тим більшим був об'єм однієї клітини і навпаки, чим більшою була кількість клітин, тим меншим був об'єм однієї клітини. Так, за мінімальної кількості клітин хлоренхіми у варіанті досліді Гранстар 75 15 г/га +

Емістим С (148 тис. шт./см<sup>2</sup>) середній об'єм однієї клітини склав 21,3 тис. мкм<sup>3</sup>, у той же час за максимальної кількості клітин у варіанті Гранстар 75 25 г/га (170 тис. шт./см<sup>2</sup>) – 16,9 тис. мкм<sup>3</sup>.

Таблиця 4.9

**Мезоструктурна організація листового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених роздільно і в комплексі з РРР Емістим С (вегетаційний дослід, 2006 р.)**

Варіант дослідження	Кількість клітин хлоренхіми, тис. шт./см <sup>2</sup>	Середній об'єм однієї клітини, тис./мкм <sup>3</sup>	Число хлоропластів, млн шт./см <sup>2</sup>	Середня площа одного листка, см <sup>2</sup>
Обробка водою (контролю)	160	18,1	4,8	5,4
Емістим С	151	19,2	5,4	6,3
Гранстар 75 10 г/га	156	18,6	5,2	5,8
Гранстар 75 15 г/га	150	19,0	5,8	7,0
Гранстар 75 20 г/га	162	18,0	5,0	6,1
Гранстар 75 25 г/га	170	16,9	4,3	5,0
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	153	19,7	6,0	6,6
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	148	21,3	6,7	8,1
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	158	19,0	5,9	6,8
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	163	18,4	5,1	5,7
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>1,8</i>	<i>0,3</i>	<i>0,5</i>	<i>0,6</i>

Збільшення середнього об'єму однієї клітини, яке особливо наглядно простежувалось у варіантах дослідження, де гербіцид Гранстар 75 застосовували у поєднанні з Емістимом С, супроводжувалось збільшенням числа хлоропластів ( $r = 0,96$ ). Так, за дії гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га із РРР кількість хлоропластів у відношенні до контролю І зростала відповідно на 1,2; 1,9; 1,1 і 0,3 млн шт./см<sup>2</sup>, а у відношенні до варіантів із внесенням Гранстарау 75 без РРР – на 0,8; 0,9; 0,9 і 0,8 млн шт./см<sup>2</sup> (НІР<sub>01</sub> 0,5). Очевидно, що за сумісної дії гербіциду з Емістимом С відбувається активування реплікації пластид, зокрема хлоропластів, що зумовлює зростання їх кількості в хлоренхімі листка ячменю ярого.

Таблиця 4.10

**Мезоструктурна організація листкового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Калібр 75, внесених роздільно і в комплексі з Агатом-25К та Агростимуліном (вегетаційний дослід, 2007 р.)**

Варіант досліджу	Кількість клітин хлоренхіми, тис. шт./см <sup>2</sup>	Середній об'єм однієї клітини, тис./мкм <sup>3</sup>	Число хлоропластів, млн шт./см <sup>2</sup>	Середня площа одного листка, см <sup>2</sup>
Обробка водою (контролю)	181	15,3	4,5	9,1
Агат-25К	173	18,2	5,0	10,3
Агростимулін	168	19,4	5,2	10,8
Калібр 75 30 г/га	176	18,0	5,1	10,4
Калібр 75 40 г/га	165	20,3	5,8	11,0
Калібр 75 50 г/га	171	17,8	5,2	10,6
Калібр 75 60 г/га	178	16,0	4,7	9,8
Калібр 75 70 г/га	187	14,3	4,2	8,7
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	162	21,3	5,7	11,0
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	157	22,4	6,5	12,2
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	164	20,0	5,8	11,3
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	171	18,0	5,1	10,5
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	182	15,7	4,6	9,6
<i>НІР<sub>01</sub></i>	2,3	1,0	0,3	0,5

Зменшення кількості клітин хлоренхіми за одночасного зростання середнього об'єму клітини та числа хлоропластів у ній зумовлювало зростання середньої площі одного листка, яка була найбільшою у варіанті Гранстар 15 г/га + Емістим С. Одержані дані демонструють залежність процесів формування фотосинтетичної поверхні листків ячменю ярого від їх мезоструктурної організації ( $r = 0,86$ ).

Таблиця 4.11

**Мезоструктурна організація листкового апарату ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 роздільно і в комплексі з Емістимом С (вегетаційний дослід, 2008 р.)**

Варіант досліджу	Кількість клітин хлоренхіми, тис. шт./см <sup>2</sup>	Середній об'єм однієї клітини, тис./мкм <sup>3</sup>	Число хлоропластів, млн шт./см <sup>2</sup>	Середня площа одного листка, см <sup>2</sup>
Обробка водою (контролю)	140	20,3	4,9	10,1
Емістим С	130	22,0	5,3	12,3
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	135	21,2	5,1	11,5
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	132	22,3	5,6	12,7
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	138	21,7	5,2	12,0
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	143	19,4	4,6	10,7
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	132	22,5	6,0	13,4
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	130	21,8	5,8	12,9
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	136	21,0	5,4	12,5
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	140	19,8	5,0	11,6
<i>НІР<sub>01</sub></i>	<i>1,3</i>	<i>0,4</i>	<i>0,1</i>	<i>3,4</i>

Аналіз даних за дії на рослини ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75 та біологічних препаратів Агат-25К і Агростимулін показав, що за внесення гербіциду в нормах 30; 40; 50 і 60 г/га кількість клітин хлоренхіми листка зменшувалась у порівнянні з контролем відповідно на 5; 16; 10 і 3 тис. шт./см<sup>2</sup>, а

за використання тих же норм препарату разом із БАР – на 19; 24; 17 і 10 тис. шт./см<sup>2</sup> за НІР<sub>01</sub> 2,3 (табл. 4.10).

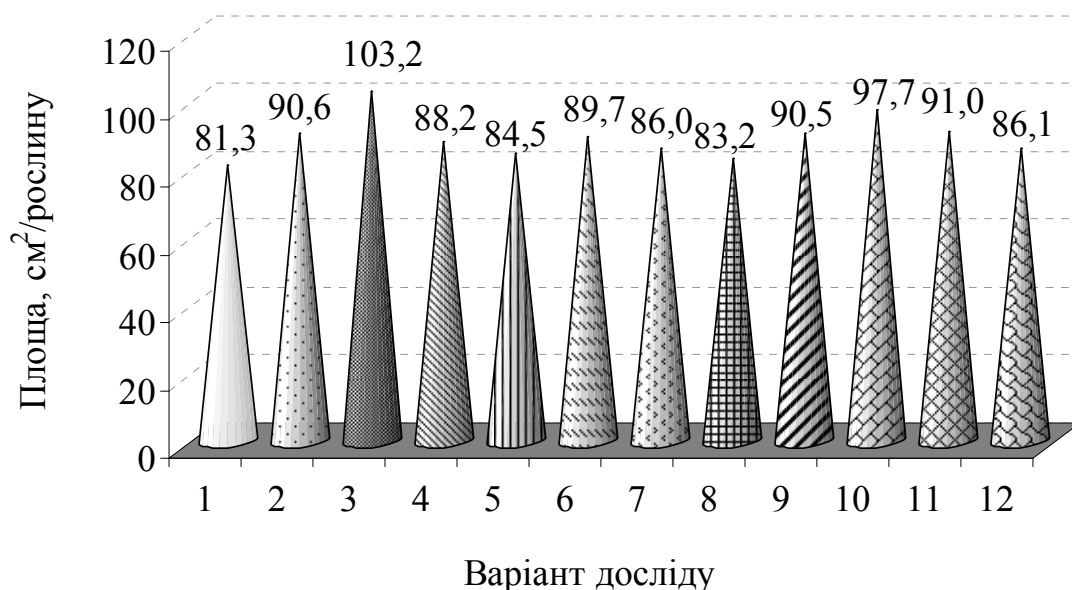
Найбільший середній об'єм клітини було відмічено у варіантах досліду Калібр 75 30; 40 і 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін – 21,3; 22,4 і 20,0 тис. мкм<sup>3</sup>. У цих же варіантах досліду було відмічено зростання числа хлоропластів (5,7; 6,5 і 5,8 млн шт./см<sup>2</sup>) та площі одного листка, яка відповідно складала 11,0; 12,2 і 11,3 см<sup>2</sup>. Ці дані підтверджують залежність функціональної активності листкового апарату ячменю ярого від мезоструктурної організації. Так, збільшення об'єму клітин та числа хлоропластів у них узгоджується з найвищим вмістом хлорофілу в тканинах, високою ФПХ і ФПП ячменю ярого в даних варіантах досліду. Зокрема між об'ємом клітини та числом хлоропластів у ній та між числом хлоропластів у клітині і ФПП встановлені прямі кореляційні залежності ( $r = 0,97$  та  $0,73$ ).

За обробки рослин ячменю ярого баковими сумішами гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500 окремо і в поєднанні з Емістимом С нами встановлено, що найбільш оптимальна мезоструктура листкового апарату ячменю ярого формувалась у варіантах досліду Гранстар 75 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, де в порівнянні з контролем кількість клітин хлоренхіми листка зменшувалась відповідно на 8 і 10 тис. шт./см<sup>2</sup>, їх об'єм зростав – на 2,2 і 1,5 тис. мкм<sup>3</sup>, число хлоропластів – на 1,1 і 0,9 млн шт./см<sup>2</sup>, а площа листків – на 3,3 і 2,8 см<sup>2</sup> (табл. 4.11). Ці варіанти досліду забезпечували найвищу функціональну активність листкового апарату, що підтверджено нашими дослідженнями з вивчення дії даних сумішей препаратів на фотосинтетичну активність посівів (пряма за тісністю кореляційна залежність між площею листя і ФПП становила 0,92).

Результати виконаних нами польових дослідів підтвердили залежність формування листкової поверхні ячменю ярого від мезоструктурної організації листків, але необхідно відмітити, що на формування площі фотосинтетичного апарату значний вплив мали погодні та фітоценотичні умови, що складались у роки вегетації культури.

Так, за обробки посівів ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 найбільша площа листкового апарату формувалась у 2001 р. у варіанті досліду Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що на 14% перевищувало контроль І (рис. 4.2). У

середньому за 1999–2001 рр. досліджень площа листків однієї рослини в даному варіанті дослідження перевищувала контроль I на 20%.



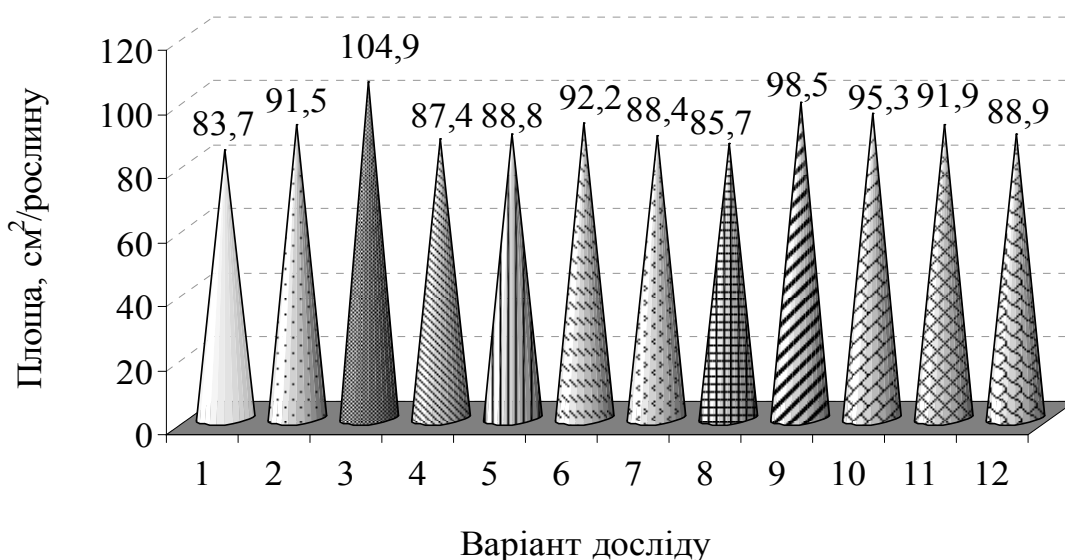
**Рис. 4.2.** Площа листового апарату ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і РРР Емістим С (фаза викалошування), 1999–2001 р.:

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II); 3. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га; 6. Гранстар 75 15 г/га; 7. Гранстар 75 20 г/га; 8. Гранстар 75 25 г/га; 9. Гранстар 75 10 г/га + Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га + Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га + Емістим С.

Формування найбільшої площі листового апарату в цьому варіанті дослідження узгоджується з найвищими показниками мезоструктурної організації листка та його функціональної активності. Це дає підставу стверджувати, що дана бакова суміш оптимально впливає на обмінні процеси в рослинах, які зумовлюють активізацію ростових процесів окремих тканин і органів, у тому числі й листків. Водночас, порівнюючи площу листового апарату в даному варіанті дослідження до контролю III, можна бачити, що вона була меншою, зокрема в середньому за три роки вона складала 97,7 при 103,2 см<sup>2</sup> на рослині в контролі III. Очевидно, що позитивний вплив суміші Гранстар 75 15 г/га + Емістим С на формування листового апарату, обумовлений сумарною дією кількох чинників, у тому числі й фітоценотичного, що в даному випадку визначається взаємовідношеннями культурних рослин і бур'янів.

Так, за відсутності бур'янів у контролі ІІІ, які є конкурентами культурним рослинам за світло, вологу, поживні речовини та ін., ячмінь ярий формував більшу площу листового апарату. Оскільки, відомо, що листовий апарат відіграє важливу роль у пригніченні бур'янів, можна констатувати, що у варіанті Гранстар 75 15 г/га + Емістим С життєздатні види бур'янів зазнавали пригнічення.

Аналіз даних, одержаних за використання в посівах бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С показав, що найбільша площа фотосинтетичного апарату ячменю ярого формувалась у 2001 р. у варіантах досліду Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що перевищувало аналогічні варіанти без РРР відповідно на 3,4; 4,0; 3,0 і 2,9 см<sup>2</sup>, а контроль І – на 13,2; 8,7; 4,8 і 3,2 см<sup>2</sup> (рис. 4.3).



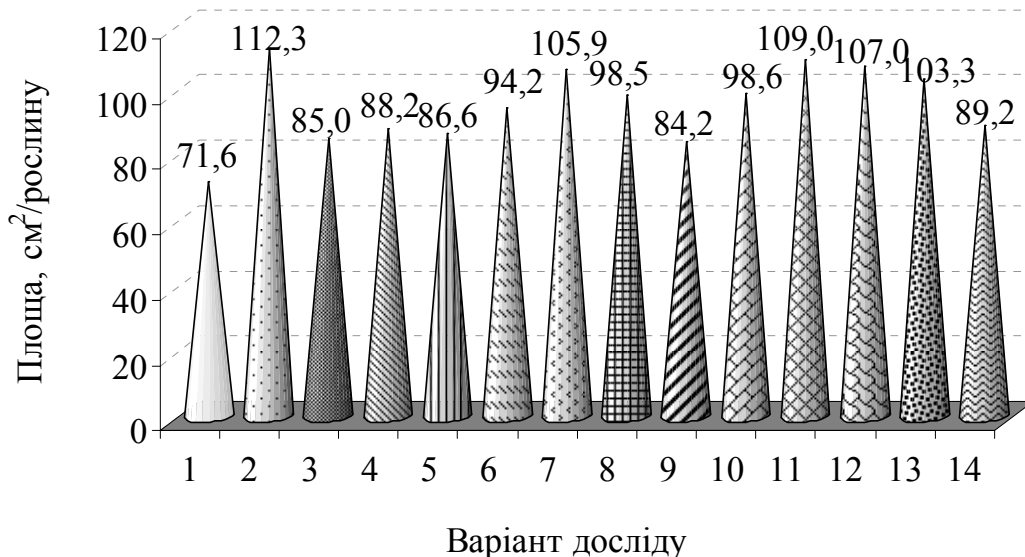
**Рис. 4.3. Площа листового апарату ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С (фаза виколювання), 2001–2003 рр.:**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ); 3. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 6. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 8. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 9. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

У середньому за 2001–2003 рр. досліджень найбільша площа листового апарату формувалась у варіантах досліду Гранстар 75 10 і 15 г/га + 2,4-ДА 500 + Емістим С, що перевищувало контроль I відповідно на 18 і 14%.

Одержаний експериментальний матеріал щодо формування площі фотосинтетичного апарату ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С, демонструє залежність даного показника від норми внесення у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 гербіциду Гранстар 75. Так, за внесення високих норм гербіциду Гранстар 75 (20–25 г/га) у сумішах із 2,4-ДА 500 у варіантах досліду формуються відносно малі прирости листової поверхні, однак не заперечним залишається той факт, що за сумісної дії гербіцидів із РРР негативна дія гербіцидного агента на рослини зменшується, тому процеси наростання листків у варіантах досліду, де гербіциди вносились у сумішах із РРР, були більш активними.

Високу активність ростових процесів ячменю ярого було відмічено за використання в посівах гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (рис. 4.4).



**Рис. 4.4. Площа листового апарату ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К та Агростимуліном (фаза викалошування), 2006–2009 рр.:**

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II); 3. Агат-25К; 4. Агростимулін; 5. Калібр 75 30 г/га; 6. Калібр 75 40 г/га; 7. Калібр 75 50 г/га; 8. Калібр 75 60 г/га; 9. Калібр 75 70 г/га; 10. Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 11. Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 12. Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 13. Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 14. Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін.

Так, найбільша площа листків була відмічена нами у 2008 р. у варіантах досліду, де Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га вносили разом із рістрегулюючими препаратами, що перевищувало контроль I відповідно на 31,8; 49,9; 48,0; 43,4 і 20,7 см<sup>2</sup>/рослину. Найменша площа листків формувалась у варіантах досліду в 2007 р. досліджень, що пов'язано з недостатньою забезпеченістю рослин вологою. Так, якщо площа листків однієї рослини у 2006 р. складала 72,4; у 2008 р. – 100,4; у 2009 р. – 75,5, то у 2007 р. – 38,1 см<sup>2</sup>/рослину.

У середньому за чотири роки досліджень найбільша площа листкового апарату ячменю ярого була відмічена у варіанті досліду Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, що на 52 % перевищувало контроль I.

Очевидно, що крім позитивного впливу досліджуваних композицій на фізіолого-біохімічні та ростові процеси в рослинах, ефективної дії гербіцидного агента на бур'яни, значний вплив на формування листкового апарату ячменю ярого мали складові препарату Агат-25К, які за рахунок бактерій та мікроелементів пригнічували розвиток хвороб у посівах, чим підвищували функціональну активність листків та продуктивний період їх роботи.

Аналогічні закономірності у формуванні листкового апарату ячменю ярого були відмічені нами за використання в посівах бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилічних кислот Дікопур Ф 600 із гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених окремо і в сумішах з Емістимом С; гербіциду класу комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К; гербіциду класу сульфонілсечовини Хармоні 75, внесеного окремо і сумішах із Агатом-25К. Як засвідчили результати досліджень, за використання бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилічних кислот і сульфонілсечовин найбільша площа листкового апарату ячменю ярого в середньому за 2001–2003 рр. формувалась у варіанті досліду Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що на 22% перевищувало контроль I. За обробки рослин ячменю ярого гербіцидом Лінтур 70WG та Хармоні 75 найбільшу площу фотосинтетичного апарату ячменю ярого було відмічено у варіантах досліду, де гербіциди вносили в сумішах із Агатом-25К, зокрема внесення Лінтуру 70 WG у нормі 100 г/га у поєднанні з Агатом-25К забезпечило зростання площі листкового апарату в середньому за 2003–

2005 рр. досліджень по відношенню до контролю I на 35%, а використання Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К – на 25%.

Вищенаведений експериментальний матеріал дає підставу зробити наступні висновки:

- гербіциди класу сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75 та Хармоні 75), комбінованих препаратів (Лінтур 70WG) та бакові суміші гербіцидів класу сульфонілсечовини і фенок-сикарбоксилічних кислот (Гранстар 75 + 2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600 + Гранстар 75), внесені окремо і в поєднанні з БАР (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К), накладають істотний відбиток на формування мезоструктури листкового апарату ячменю ярого та його функціональну активність;
- найбільш позитивна дія на ріст і розвиток рослин ячменю ярого простежується за використання в посівах гербіцидів сумісно з БАР: зростає об'єм клітин хлоренхіми; у тканинах активізується реплікація пластид та збільшується число хлоропластів; формується більша за розмірами площа листкового апарату рослин;
- оптимальний за мезоструктурною організацією і площею листкового апарату ячменю ярого формується за обробки посівів сумішами: 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 та Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін.

#### **4.3. Анато́мо-морфологічна структура стебла та особливості формування біомаси**

При вивченні дії ксенобіотиків на сільськогосподарські культури важливого значення набувають дослідження процесів формування анатомо-морфологічної будови стебла рослин, яка в переважній більшості випадків накладає істотний відбиток на характер і спрямованість продукційного процесу [609].

З літературних джерел відомо, що за дії гербіцидів, особливо АПГ, анатомічна та морфологічна будова стебла різних сільськогосподарських культур може зазнавати суттєвих змін [109]. Так, за обробки пшениці озимої гербіцидом 2,4-Д (0,4%) відмічено достовірне зростання висоти проростків [364], водночас обробка

посівів ячменю ярого 2,4-Д у нормі 1,6 кг/га пригнічувала ріст рослин у висоту [401]. Подібну залежність у формуванні довжини соломини пшениці ярої було відмічено за обробки рослин гербіцидами Дозанекс, Дікуран та Ігран у нормі 8,0 кг/га [610].

Дослідженнями також доведено, що за використання різних норм гербіцидів може змінюватись не тільки морфологічна будова стебла, а й внутрішня його структура. Так, за дії Симазину (4,0–10 кг/га) в стеблах ячменю сорту Носівський відмічено зростання в 1,3–1,6 рази площі судинно-волокнистих пучків, зокрема ксилеми – в 1,3–1,9 рази [78].

На жаль, менш вивченою є дія на анатомо-морфологічну будову стебла сільськогосподарських культур РРР та МБП, але дослідження, виконані на 40 сортах ячменю ярого із використанням екзогенних РРР (Гібереліну і Кампозану М) демонструють переважну залежність формування висоти і біомаси рослин від сортових (генетичних) особливостей культури [249]. Разом з тим в окремих наукових працях зазначається безпосередній позитивний вплив біологічних препаратів на ростові процеси сільськогосподарських культур, зокрема стимулювання ростових процесів відмічено в рослин ячменю ярого за дії РРР Епіббрасиносиду й Емістиму С [221]; пшениці озимої – за дії Гаупсину [611]; пшениці ярої – за обробки МБП *Agrobac. radiod.* + *Rhodococ. eryf.* 40014 та Еколистом на фоні ґрунтового гербіциду Рейсер [612]. Проте в літературі зовсім не розкритими залишаються питання впливу на анатомо-морфологічну будову стебла ячменю ярого рістрегуляторів, внесених у сумішах із гербіцидами різних хімічних класів, що значно звужує уяву про механізм дії фізіологічно активних речовин, як регуляторів окремих адаптаційних реакцій, на формування продуктивності посівів.

Як показали результати виконаних досліджень, формування анатомо-морфологічної структури стебла ячменю ярого залежало від виду і норм внесених у посівах гербіцидів, сумісного їх використання із біологічними препаратами, сортових характеристик рослин та погодних умов, що складались у роки проведення дослідів. Так, дослідження, виконані в 2000 і 2001 рр. на ячмені ярому сорту Рось показали, що у менш сприятливому за погодними умовами 2000 р. рослини формували стебло середньою довжиною 40 см, а в оптимальному 2001 р. – довжиною 53 см (табл. 4.12). За обробки рослин ячменю ярого у 2000 р. гербіци-

дом Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га середня довжина стебла у порівнянні з контролем зроста відповідно на 5; 13; 8 і 3%, а в тих же варіантах дослідів, але з сумісним використанням Емістиму С – відповідно на 13; 20; 13 і 5%.

Таблиця 4.12

**Анатомо-морфологічна структура стебла ячменю ярого сорту Рось за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза колосіння, 2000 р.)**

Варіант дослідів	Довжина, см					Число судинно-волокнистих пучків, шт.	Середня площа одного пучка, $10^{-3} \text{ мм}^2$	
	стебла	міжвузль						
		1-го	2-го	3-го	4-го			5-го
Без застосування препаратів (контроль I)	40	2,3	5,1	7,2	11,4	14,0	21	5,81
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	43	2,4	5,3	7,4	12,1	15,8	23	6,73
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	47	2,8	5,4	8,0	14,3	16,6	31	7,34
Емістим С	43	2,5	5,2	7,3	13,1	15,3	21	6,12
Гранстар 75 10 г/га	42	2,4	5,2	7,2	12,6	14,7	22	6,11
Гранстар 75 15 г/га	45	2,5	5,6	7,3	13,8	16,1	24	6,75
Гранстар 75 20 г/га	43	2,4	5,3	7,3	13,0	15,3	24	6,08
Гранстар 75 25 г/га	41	2,3	5,2	7,2	11,4	14,9	22	5,90
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	45	2,4	5,3	7,4	14,8	14,8	24	6,81
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	48	2,6	5,6	7,5	15,3	17,3	29	7,22
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	45	2,4	5,4	7,4	13,6	16,3	26	6,23
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	42	2,3	5,1	7,3	12,1	15,6	23	6,11
<i>НІР<sub>05</sub></i>	2,0	–					2,0	0,33

Найвищий приріст довжини стебла ячменю ярого забезпечили варіанти Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + Емістим С, який у відношенні до контролю I склав 5; 8; 5 і 2 см відповідно, а в порівнянні до варіантів без Емістиму С – 3; 3; 2 і 1 см відповідно за НІР<sub>05</sub> 2,0.

Одержані дані демонструють залежність формування висоти стебла ячменю ярого від норм використання гербіциду Гранстар 75 та поєднання їх у сумішах із РРР Емістим С. Так, із наростанням норм внесення Гранстарау 75 до 25 г/га приріст довжини стебла зменшувався, однак у меншій мірі це проявлялось у варіантах із сумісним внесенням Гранстарау 75 і Емістиму С. Очевидно, як було доведено нашими дослідженнями, за сумісної дії гербіциду Гранстар 75 із Емістимом С відбувається більш швидка детоксикація ксенобіотика в рослинах, активізуються обмінні процеси, підвищується рівень ендогенних фітогормонів-стимуляторів росту, що в подальшому призводить до формування оптимального за площею і структурою листового апарату, який забезпечує пластичними речовинами ростові тканини стебла.

Аналізуючи вплив Гранстарау 75 й Емістиму С на формування довжини окремих міжвузль стебла ячменю ярого, можна стверджувати, що найбільш активно дія препаратів проявлялась на рівні останніх міжвузлів, особливо у варіантах, де Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га застосовували в бакових сумішах із Емістимом С, що перевищувало контроль I відповідно на 3,4; 3,9; 2,2 і 0,7 см – на рівні четвертого міжвузля та на 0,8; 3,3; 2,3 і 1,6 см – на рівні п'ятого міжвузля.

З цих даних видно, що дія досліджуваних препаратів була активнішою у відношенні розвитку останніх міжвузль, які за даними літератури [609], відіграють найбільш вагомую роль у формуванні продуктивності колосу. Однак, очевидно, що на формування довжини стебла, в тому числі й останніх міжвузль, значний вплив мали фітосанітарні умови посівів. Про це переконливо свідчать дані довжини міжвузль у контролі III, де бур'яни впродовж вегетації були відсутні. Разом з тим стимулювання ростових процесів ячменю ярого напряму пов'язане з формуванням відповідної анатомічної будови стебла. Так, аналізуючи число судинно-волокнистих пучків на поперечному зрізі стебла ячменю ярого нами встановлено, що їх кількість у варіантах дослідів значно зростала, що може свідчити про покращення процесів водообміну в рослинах, від яких залежить проходження ростових та продукційних процесів. Зокрема найбільша кількість судинно-волокнистих пучків на рівні четверто-

го міжвузля формувалось у 2001 р. у варіантах досліду, де Гранстар 75 вносили в поєднанні з Емістимом С. Це зумовило зростання їх кількості в порівнянні з контролем І в 1,1 і 1,4 рази, при цьому середня площа одного пучка була найбільшою у варіантах Гранстар 75 10 і 15 г/га + Емістим С, що на 17 і 24% відповідно перевищувало контроль І. Одержаний експериментальний матеріал засвідчує чіткий взаємозв'язок між формуванням довжини стебла ячменю ярого та його анатомічною структурою ( $r = 0,95$ ), оскільки, з одного боку, спрямованість ростових процесів визначається прямою (вплив на фізіологічні процеси) або опосередкованою (за рахунок зниження забур'яненості посівів) дією препаратів, з іншого – відповідна анатомічна структура стебла впливає на забезпеченість рослин водою та елементами живлення, без яких проходження ростових процесів не можливе.

Подібна закономірність із формуванням довжини міжвузль стебла та його анатомічної структури була відмічена нами і в 2001 р. досліджень. Зокрема найбільшу висоту стебла рослини ячменю мали за обробки їх гербіцидом Гранстар 75 у нормі 15 г/га в суміші з Емістимом С, що перевищувало контроль І на 8,0 см. При цьому на поперечному зрізі стебла простежувалась найбільша кількість судинно-волокнистих пучків (40 проти 33 в контролі І), середня площа яких перевищувала контроль І на 25%.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксілових кислот 2,4-ДА 500 довжина міжвузль і стебла змінювалась залежно від норм використання у бакових сумішах гербіциду Гранстар 75 та поєднання внесення цих сумішей із РРР Емістим С (табл. 4.13). Так, за використання у 2002 р. Гранстарау 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 І складав відповідно 2,0; 5,0; 2,0 і 0 см, водночас внесення тих же сумішей сумісно з РРР Емістим С забезпечувало приріст довжини стебла – 8,0; 6,0; 3,0 і 1,0 см відповідно. З одержаних даних видно, що найменшим приріст висоти стебла був у варіанті Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500, що, очевидно, пов'язано з високою нормою ксенобіотика, який пригнічував обмінні процеси в рослинах.

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 І 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, як і в випадку із застосуванням

Таблиця 4.13

**Анатомо-морфологічна структура стебла ячменю ярого сорту Звершення за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини 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 су- динно- волокнис- тих пуч- ків, шт.	Середня площа одного пучка, 10 <sup>-3</sup> мм <sup>2</sup>	
	стебла	міжвузль						
		1-го	2-го	3-го	4-го			5-го
Без застосування пре- паратів (контроль I)	38	2,0	4,8	7,5	10,6	13,2	23	4,73
Ручні прополювання одночасно з внесен- ням препаратів (конт- роль II)	43	2,3	5,1	7,8	13,8	14,2	26	5,84
Ручні прополювання впродовж вегетацій- ного періоду (конт- роль III)	49	2,6	5,3	8,7	14,3	17,8	31	6,72
Емістим С	40	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	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	43	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	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	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	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	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	2,3	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	2,1	4,9	7,8	11,0	13,2	25	5,01
<i>НІР<sub>05</sub></i>	2,0	—					1,0	0,27

Гранстару 75 сумісно з Емістимом С, демонструють більш активну дію препаратів на ріст рослин на рівні останніх міжвузль. Однак, необхідно зауважити, що за дії у бакових сумішах двох хімічних речовин гербіцидів у менш сприятливому за погодними умовами 2002 р. рослини низькорослого сорту (згідно характеристики оригінатора) формували менші прирости довжини міжвузль. Так, якщо у 2002 р. середня довжина стебла ячменю в дослідях складала 38 см, то в більш сприятливому 2003 р. – 48 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 досліджу Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га відповідно – 25; 28; 26 і 24 шт., а в тих же варіантах досліджу, але з сумісним внесенням гербіцидів із Емістимом С – 30; 29; 27 і 25 шт. Найбільша середня площа одного пучка була виявлена 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 і 36%. Збільшення числа судинно-волокнистих пучків та їх розмірів у цих варіантах досліджу може свідчити про найбільший оптимальний вплив даних сумішей на фізіолого-біохімічний стан рослин, що узгоджується з результатами досліджень інших учених [78]. Між числом пучків, їх площею та довжиною стебла виявлено тісні корелятивні зв'язки ( $r = 0,95$  та  $0,93$ ).

Вивчення дії в посівах ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75 та його сумішей із МБП Агат-25К і РРР Агростимулін показало, що за внесення Калібру 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га приріст довжини стебла ячменю до контролю складав у 2006 р. відповідно 3; 6; 11; 5 і 1 см, а за використання тих же норм гербіциду сумісно з біопрепаратами – 7; 13; 12; 7 і 3 см (табл. 4.14). З одержаних даних видно, що найбільший приріст довжини стебла ячменю у 2006 р. формувався за сумісного використання гербіциду Калібр 75 з БАР. Зокрема за дії Калібру 75 у нормі 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін довжина 1-го, 2-го, 3-го, 4-го і 5-го міжвузль перевищувала відповідні показники в контролі I на 23; 28; 34; 23 і 17%. Очевидно, що стимулювання росту довжини міжвузль стебла ячменю ярого за дії даної бакової суміші препаратів є наслідком впливу комплексу чинників: фізіо-

лого-біохімічних (підвищення антиоксидантного та фітогормонального статусу рослин), фотосинтетичних (зростання ФПХ і ФПП за підвищеної функціональної активності листкового апарату) та фітоценотичних (зниження конкурентних відносин з боку бур'янів за фактори життя).

Таблиця 4.14

**Анатомо-морфологічна структура стебла ячменю ярого сорту Соборний за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і впоєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (фаза колосіння, 2006 р.)**

Варіант досліду	Довжина, см						Число су- динно- волокнис- тих пучків, шт.	Середня площа одного пучка, 10 <sup>-3</sup> мм <sup>2</sup>
	стеб- ла	міжвузль						
		1-го	2-го	3-го	4-го	5-го		
Без застосування препара- тів (контроль I)	55	3,5	7,6	9,2	16,8	18,2	31	5,92
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	69	3,7	8,4	11,2	22,4	23,4	41	8,11
Агат-25К	57	3,6	7,8	9,5	17,0	19,4	33	6,12
Агростимулін	59	3,7	8,1	10,1	17,7	19,8	35	6,34
Калібр 75 30 г/га	58	3,6	7,9	9,8	17,6	19,4	32	6,18
Калібр 75 40 г/га	61	3,8	8,7	10,6	18,3	19,7	35	6,52
Калібр 75 50 г/га	66	4,0	9,1	12,1	19,8	20,5	37	7,11
Калібр 75 60 г/га	60	3,7	8,8	11,3	18,0	18,2	33	6,48
Калібр 75 70 г/га	56	3,5	7,6	10,1	16,9	18,2	32	6,01
Калібр 75 30 г/га + Агат- 25К + Агростимулін	62	2,8	8,9	11,0	18,2	20,2	34	6,73
Калібр 75 40 г/га + Агат- 25К + Агростимулін	68	4,3	9,7	12,3	20,7	21,3	39	8,01
Калібр 75 50 г/га + Агат- 25К + Агростимулін	67	4,2	9,4	12,1	20,0	21,1	38	7,64
Калібр 75 60 г/га + Агат- 25К + Агростимулін	62	3,8	9,0	11,5	18,7	19,1	36	7,13
Калібр 75 70 г/га + Агат- 25К + Агростимулін	58	3,6	8,0	10,7	17,1	18,8	33	6,24
<i>НІР<sub>05</sub></i>	2,0	—					2,0	0,33

Подальший аналіз анатомічної структури стебла ячменю ярого показав, що за використання гербіциду Калібр 75 у нормах 30–70 г/га + Агат-25К + Агростимулін число судинно-волокнистих пучків на поперечному зрізі стебла збільшувалось у 1,1–1,3 рази, при цьому середня площа одного пучка перевищувала контроль I на 5–35%.

Вивчення анатомо-морфологічної будови стебла ячменю ярого за дії гербіциду Калібр 75 та його сумішей з Агатом-25К і Агростимуліном у 2008 р. показало аналогічну закономірність. Так, за обробки рослин ячменю ярого 40 г/га Калібру 75 у суміші з Агатом-25К і Агростимуліном рослини формували найбільшу висоту, яка складала 70 см при 60 см у контролі I. Цей же варіант досліду забезпечував формування найбільшої кількості судинно-волокнистих пучків (41 шт.), середня площа яких перевищувала контроль I на 26,3%. При цьому коефіцієнти кореляції між довжиною стебла та кількістю судинно-волокнистих пучків і їх площею становили відповідно  $r = 0,96$  та  $0,98$ .

З експериментального матеріалу видно, що в порівнянні з іншими препаратами, які вивчались у дослідах, за дії Калібру 75 та його сумішей із БАР рослини ячменю ярого формували більшу висоту стебла, що, вочевидь, обумовлено сприятливими погодними умовами 2006 і 2008 рр. та тим, що сорт Соборний генетично належить до сильнорослих ячменів.

Залежно від впливу досліджуваних композицій на анатомо-морфологічну будову листкового апарату та стебла, формування площі листків та висоти стебла, простежувалась відповідна закономірність у наростанні біомаси ячменю ярого. Однак, як показали проведені дослідження, формування біомаси ячменю ярого залежало від погодних умов, сортових особливостей та норм внесення гербіцидів у композиціях із рістрегуляторами. В середньому за роки проведення досліджень найбільшу біомасу рослини ячменю формували у фазу виголошування за обробки посівів сумішами: Гранстар 75 15 г/га + Емістим С (перевищення до контролю I складало 38%); Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С (27%); Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С (31%); Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К (36%); Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К (34%); Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін (57%) (рис. 4.5–4.8). Одержані дані узгоджуються з



**Рис. 4.5. Формування біомаси рослинами ячменю ярого сорту Рось за обробки посівів гербіцидом Гранстар 75 і рістрегулятором Емістим С (виколошування, 2001 р.):**

1. Без застосування препаратів (контроль I);
2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II);
3. Гранстар 75 15 г/га;
4. Гранстар 75 15 г/га + Емістим С.



**Рис. 4.6. Формування біомаси рослинами ячменю сорту Звершення за обробки посівів гербіцидами Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 і рістрегулятором Емістим С (початок виколошування, 2003 р.):**

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II); 3. Емістим С; 4. Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С.



**Рис. 4.7. Формування біомаси рослинами ячменю сорту Соборний за обробки посівів гербіцидом Лінтур 70 WG і рістрегулюючим препаратом Агаг-25К (виколюшування, 2005 р.):**

1. Без застосування препаратів (контроль I);
2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агаг-25К (контроль III);
4. Лінтур 70WG 100 г/га + Агаг-25К;
5. Агаг-25К;
6. Лінтур 70 WG 100 г/га.



**Рис. 4.8. Формування біомаси рослинами ячменю сорту Соборний за обробки посівів гербіцидом Калібр 75 і рістрегулюючими препаратами Агат-25К і Агростимулін (виколошування, 2006 р.):**  
1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II);  
3. Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 4. Агат-25К; 5. Агростимулін;  
6. Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін

показниками найвищої ФПП та активності ростових процесів ячменю ярого за дії в посівах даних композицій.

Підсумовуючи вищенаведений експериментальний матеріал, можна зробити наступні висновки:

- ростові процеси ячменю ярого знаходяться в тісній залежності від погодних умов, сортових характеристик рослин і визначаються класом хімічних препаратів, нормами їх застосування та складом бакових сумішей;
- за сприятливих погодних умов і оптимального впливу бакових сумішей гербіцидів із рістрегуляторами на посіви ячменю ярого спостерігається активізація ростових процесів, яка проявляється у формуванні більшої довжини міжвузль, загальної довжини стебла та біомаси рослин; при цьому відбувається збільшення кількості судинно-волокнистих пучків у міжвузлях та їх розмірів;
- збільшення кількості судинно-волокнистих пучків на поперечному зрізі стебла та зростання їх площі може свідчити про активізацію в рослинах процесів водообміну, які є важливою умовою формування біомаси рослин та високої фотосинтетичної і господарської продуктивності посівів.



## **5. ФОРМУВАННЯ ТА АКТИВНІСТЬ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ РИЗОСФЕРИ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН**

### **5.1. Загальна чисельність мікробіоти**

У процесі своєї життєдіяльності рослини вступають у тісні, багатогранні взаємовідносини з ґрунтовими мікроорганізмами. Зокрема, коренева система рослин разом із ґрунтом та мікробіотою утворює складне екологічне угруповання, направленість діяльності якого в значній мірі визначає родючість ґрунту, а, отже, і продуктивність вирощуваних сільськогосподарських культур. Однак нині питання взаємодії культурних рослин з ґрунтовими мікроорганізмами, зокрема з ризосферною біотою, вивчене недостатньо. Особливої актуальності воно набуває при застосуванні в посівах сільськогосподарських культур фізіологічно активних речовин, до яких належать гербіциди і регулятори росту.

Загальновідомо, що гербіциди залежно від хімічної природи, норм, строків використання та ґрунтово-кліматичних умов здатні активувати або пригнічувати розвиток ґрунтових мікроорганізмів. Так, в експериментах із використанням у посівах кукурудзи гербіциду Гарлон 3А (2,0–4,0 л/га), у посівах пшениці ярої – Триаллату (1,2 кг/га) [430, 463] відмічено стимулювання розвитку ґрунтової мікробіоти. Разом з тим за обробки ґрунту Карбосульфаном (2,08 кг/га), 2М-4Х (1,68 кг/га), Симазином (1,68 кг/га) і Паракватом (4,48 кг/га); посівів пшениці озимої Дікопуром (1,0 л/га), Трезором (1,2 кг/га), Лентипуром (1,2–2,0 л/га); посівів овочевих культур – Тетралом (12,0 кг/га), Деврінолом (5,0 кг/га) і Депрою (5,0 кг/га) встановлено зниження загальної чисельності мікроорганізмів та окремих їх еколого-трофічних груп [433, 436, 439].

Менш вивченою нині є дія на мікроорганізми РРР та МБП. Але літературні дані свідчать, що за присутності в середовищі РРР підвищується стійкість мікробних асоціацій до пестицидів та прищивається їх деструкція [451]. У роботах [392, 464, 468] відмічено стимулюючу дію РРР на розвиток асоційованої мікробіоти ризосфери і ризоплани різних сільськогосподарських культур.

Узагальнюючи літературні джерела, можна констатувати, що механізм дії гербіцидів та рістрегуляторів на мікробні угруповання ризосфери різних сільськогосподарських культур реалізується:

- через фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, результатом яких є активне виділення кореневою системою в ризосферу ексудатів (цукрів, органічних кислот, вітамінів, азотовмісних та ін. сполук), які для мікроорганізмів відіграють роль живильного середовища [413, 414, 416, 417];
- через продукти метаболізму ксенобіотиків у рослинах, що надходять з кореневими ексудатами в ризосферу та безпосередньо впливають на ріст і розвиток мікроорганізмів [440];
- шляхом стимулювання під впливом БАР проходження у рослинах фотосинтетичних і ростових процесів, завдяки яким формується розгалужена коренева система та створюється додаткова площа для життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів [62].

На жаль, у науковій літературі практично відсутні дані щодо механізмів сумісної дії гербіцидів і рістрегуляторів на мікробіоту ґрунту. Однак окремі праці [456, 457] дають підставу стверджувати, що за сумісного використання таких сумішей негативний вплив гербіцидів на мікроорганізми значно знижується.

Результати проведених досліджень показали, що на п'яту добу після внесення гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормах 10–20 г/га (як окремо, так і в сумішах із Емістимом С) у варіантах дослідження спостерігалось незначне підвищення загальної чисельності мікроорганізмів у порівнянні з контролем І (табл. 5.1). У варіантах із внесенням Гранстару 75 в нормі 25 г/га (окремо і в сумішах з Емістимом С) загальна чисельність бактерій була дещо меншою від контрольних показників, що свідчить про негативний вплив підвищеної норми препарату в початковий період його дії на життєдіяльність ризосферної біоти. Щодо загальної чисельності мікроміцетів, то в усіх варіантах дослідження відзначалося зростання їх кількості. Однак за використання Гранс-

тару 75 в нормах 10; 15; 20 і 25 г/га сумісно з Емістимом С кількість мікроміцетів перевищувала їх чисельність в порівнянні з внесенням лише одного Гранстару 75 в середньому за роки досліджень відповідно до норм препарату на 39; 30; 3 і 8 тис. КУО/г ґрунту.

Таблиця 5.1

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Емістимом С (п'ята доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	Загальна чисельність, 10 <sup>3</sup> КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2000 р.	2001 р.	Середнє за два роки	2000 р.	2001 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	1203	1437	1320	281	405	343
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	1311	1516	1414	311	410	361
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	1425	1741	1583	325	440	383
Емістим С	1283	1459	1371	321	595	458
Гранстар 75 10 г/га	1281	1495	1388	328	556	442
Гранстар 75 15 г/га	1294	1486	1390	362	562	462
Гранстар 75 20 г/га	1280	1406	1343	434	726	580
Гранстар 75 25 г/га	1190	1362	1276	410	610	510
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	1295	1471	1383	343	619	481
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1305	1491	1398	418	566	492
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	1292	1388	1340	492	674	583
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	1244	1378	1311	421	615	518
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>11</i>	<i>8</i>	–	<i>15</i>	<i>18</i>	–

Відмічена залежність росту загальної кількості бактерій і мікроміцетів від норм внесеного препарату узгоджується з результатами наших досліджень з вивчення інших сульфонілсечовинних гербіцидів, які виконані раніше [613, 614].

На 10-ту добу після внесення препаратів загальна кількість бактерій і мікроміцетів у варіантах досліду збільшувалась (табл. 5.2). Особливо значне збільшення мікроорганізмів відмічалось при сумісному застосуванні Гранстару 75 із Емістимом С. Так, якщо у 2000 р. за використання Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га загальна кількість бактерій становила відповідно до норм препарату 111; 120; 117 і 110%, то в цих же варіантах досліду з Емістимом С – відповідно 128; 136; 122 і 111% у 2000 р. та – 114; 122; 107 і 101 – у 2001 р. Подібна закономірність була відмічена і для мікроміцетів.

Очевидно, що зростання чисельності мікробіоти в ризосфері ячменю ярого пов'язане з підвищенням фотосинтетичної активності посівів, особливо у варіантах досліду, де Гранстар 75 застосовували в сумішах з Емістимом С, що зумовлює інтенсивний відтік продуктів фотосинтезу в кореневу систему та ризосферу, яка слугує середовищем для розвитку мікроорганізмів.

Аналізуючи дані чисельності мікроорганізмів на 20-ту добу після застосування препаратів, можна відмітити, що за внесення Гранстару 75 10; 15; 20 і 25 г/га кількість бактерій і мікроміцетів знаходилась на рівні попереднього обліку (табл. 5.3). Водночас за використання Гранстару 75 в сумішах із Емістимом С чисельність бактерій і мікроміцетів у порівнянні з попередніми обліками (на 10-ту добу) значно збільшувалась. Так, у середньому за 2000–2001 рр. досліджень чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого за дії Гранстару 75 10–25 г/га + Емістим С в порівнянні з чисельністю в цих же варіантах досліду на 10-ту добу після внесення препаратів збільшилась відповідно на 61; 85; 150 і 110 тис. КУО в 1 г ґрунту.

Можливо, це пов'язано з різними періодами метаболізму гербіциду, що призводить спочатку до пригнічення, а потім – стимуляції розвитку мікроорганізмів, та з безпосереднім впливом РРР на ростові процеси кореневої системи і рослин у цілому. Аналогічні припущення висловлюють й інші вчені [452, 615].

Зважаючи на важливість питання спрямованості проходження мікробіологічних процесів у ґрунті, нами було виконано дослідження чисельності і співвідношення бактерій ризосфери ячменю ярого за відношенням до різних джерел вуглецю і азоту.

Таблиця 5.2

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Емістимом С (10-та доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	Загальна чисельність, 10 <sup>3</sup> КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2000 р.	2001 р.	Середнє за два роки	2000 р.	2001 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	1314	1550	1432	321	535	428
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	1501	1713	1607	423	611	517
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	1832	1961	1897	712	780	746
Емістим С	1481	1687	1584	492	566	529
Гранстар 75 10 г/га	1460	1596	1528	489	577	533
Гранстар 75 15 г/га	1582	1682	1632	547	635	591
Гранстар 75 20 г/га	1531	1655	1593	531	633	582
Гранстар 75 25 г/га	1447	1543	1495	502	624	563
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	1680	1764	1722	531	717	624
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1781	1889	1835	681	739	710
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	1601	1665	1633	552	650	601
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	1460	1560	1510	531	629	580
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>13</i>	<i>21</i>	–	<i>18</i>	<i>16</i>	–

Як показали результати досліджень, загальна чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого (як тих, що засвоюють вуглець і азот органічних сполук, так і тих, що засвоюють азот мінеральних сполук) значно змінювалась і залежала від норми внесення гербіциду Гранстар 75 у суміші з 2,4-ДА 500 та тривалості періоду, що минув після внесення препаратів (табл. 5.4).

Таблиця 5.3

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Емістимом С (20-та доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	Загальна чисельність, 10 <sup>3</sup> КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2000 р.	2001 р.	Середнє за два роки	2000 р.	2001 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	1300	1502	1401	310	510	410
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	1540	1813	1677	431	653	542
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	1941	2011	1976	813	792	803
Емістим С	1463	1557	1510	473	593	533
Гранстар 75 10 г/га	1447	1469	1458	467	543	505
Гранстар 75 15 г/га	1531	1629	1580	521	559	540
Гранстар 75 20 г/га	1497	1563	1530	518	552	535
Гранстар 75 25 г/га	1381	1459	1420	481	519	500
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	1761	1805	1783	572	794	683
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1893	1947	1920	703	859	781
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	1752	1814	1783	694	846	770
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	1583	1657	1620	673	707	690
<i>НІР<sub>05</sub></i>	78	65	—	13	15	—

Так, у 2002 році на п'яту добу після внесення Гранстару 75 у нормах від 10 до 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого, які здатні рости на МПА та КАА зменшувалась, зокрема, найменша їх кількість була відмічена у варіантах досліджу із застосуванням Гранстару 75 у нормі 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га, що складало до варіанту без внесення препаратів відповідно 51 і 61%. Зменшення чисельності ризосферних бактерій у варіантах досліджу із

застосуваннями сумішей гербіцидів Гранстар 75 й 2,4-ДА 500 може свідчити про початковий негативний вплив препаратів на життєдіяльність цих ризосферних груп мікроорганізмів.

Таблиця 5.4

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

Варіант досліду	Бактерії, тис. КУО/г ґрунту					
	на МПА			на КАА		
	дiб 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
<i>НІР<sub>05</sub></i>	245	194	326	239	103	398

Менш активне зниження загальної кількості 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 г/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, на КАА – відповідно на 246; 252; 220 і 348 тис. КУО/г ґрунту.

При підрахунках на десяту добу після внесення препаратів чисельність ризосферних бактерій ячменю ярого на МПА збільшувалась, однак спостерігалась залежність цього показника від норми внесення Гранстару 75 у 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, але за НІР<sub>05</sub> 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 десяту добу після внесення сумішей препаратів у всіх варіантах досліду перевищувала контроль І, що було достовірним при НІР<sub>05</sub> 103, однак зі збільшенням у суміші норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га їх чисельність порівняно з іншими варіантами дещо зменшувалась.

На двадцяту добу після внесення сумішей препаратів чисельність ризосферних бактерій ячменю ярого на МПА та КАА у порівнянні з попередніми підрахунками значно зростала, але найбільша кількість мікроорганізмів була відмічена 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 кількість бактерій у порів-

нянні з контролем I збільшилась 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 I становило відповідно 1550 і 1225 тис. КУО/г ґрунту – для МПА і 1893 та 1321 тис. КУО/г ґрунту – для КАА при НІР<sub>05</sub> 326 і 398 тис. КУО/г ґрунту.

У 2003 році спостерігалась аналогічна залежність щодо чисельності бактерій ризосфери ячменю ярого за внесення сумішей гербіциду Гранстар 75 і 2,4-ДА 500, але необхідно відмітити, що у порівнянні з 2002 роком чисельність бактерій у варіантах досліду була меншою (табл. 5.5). Це пов'язано з погодними умовами 2003 року, коли за період вегетації ячменю ярого (травень – червень) опадів випало менше середньобагаторічної величини.

Аналізуючи дані табл. 5.5 можна відмітити, що найменша чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого спостерігалась у варіанті досліду Гранстар 75 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га. Особливо суттєвим зменшення чисельності бактерій, які засвоюють органічні форми вуглецю й азоту, було на п'яту і десятю добу після внесення даної суміші, де різниця у порівнянні з варіантом без застосування препаратів, склала відповідно 964 і 385 тис. КУО/г ґрунту при НІР<sub>05</sub> 150 і 173.

Найбільша кількість ризосферних бактерій на МПА була відмічена на 20-ту добу досліду у варіанті Гранстар 75 10 і 15 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га та Емістимом С, що на 1057 і 663 тис. шт. КУО/г ґрунту перевищувало контроль I та на 717 і 323 тис. шт. КУО/г ґрунту – контроль II за НІР<sub>05</sub> 125. Ці дані узгоджуються з показниками найвищого вмісту в листках ячменю ярого хлорофілу та високою активністю фотосинтетичної діяльності посівів, що, очевидно, в цілому створювало сприятливі умови для розвитку мікробіоти.

Щодо росту ризосферних бактерій ячменю ярого на КАА, то на п'яту добу після внесення сумішей гербіцидів їх чисельність зменшувалась зі збільшенням у сумішах норми внесення Гранстарау 75, особливо у варіантах без РРР. На десятю і двадцятю добу в усіх варіантах досліду чисельність бактерій на КАА перевищувала чисельність бактерій у варіанті без застосування препаратів.

Важливим показником, який у певній мірі характеризує ґрунтові умови (мінералізаційні процеси) є коефіцієнт мінералізації органічної частини ґрунту. Як показали наші дослідження,

Таблиця 5.5

**Чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (2003 р.)**

Варіант дослідження	Бактерії, тис. КУО/г ґрунту					
	на МПА			на КАА		
	діб після внесення препаратів					
	5	10	20	5	10	20
Без застосування препаратів (контроль I)	2685	3366	3960	3157	4202	5299
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	2991	3593	4300	3228	4434	5607
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	3113	4237	5331	4213	5254	7037
Емістим С	2841	3567	4091	3283	4433	5498
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	2431	3564	4419	3094	4698	5784
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	2075	3647	4483	2939	4829	5888
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1972	3333	4172	2878	4785	5793
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1721	2981	3942	2795	4492	5484
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	2584	4023	5017	3233	5334	7335
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	2213	3840	4623	3061	5112	7148
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	2058	3543	4308	2931	4890	5984
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1901	3263	4087	2862	4653	5671
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>150</i>	<i>173</i>	<i>125</i>	<i>118</i>	<i>220</i>	<i>183</i>

внаслідок зміни чисельності зазначених груп мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого під дією сумішей гербіцидів спостерігалось коливання коефіцієнта мінералізації (табл. 5.6). Так, внесення гербіциду Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га забезпечувало зростання коефіцієнта мінералізації, який на п'яту і на десяту добу після внесення гербіцидів перевищував контрольні показники. Очевидно, це пов'язано зі стимуляцією розвитку тих груп мікроорганізмів, що беруть активну участь у деградації хімічних агентів і використовують для процесів своєї життєдіяльності азотовмісні сполуки, які входять до складу сульфонілсечовинних препаратів (похідних арилсульфонамідів та гетероциклічних амінів), у тому числі й Гранстару 75 [150].

На 20-ту добу після внесення препаратів мінералізаційні процеси у ризосфері ячменю ярого залишались на високому рівні лише у варіантах Гранстар 75 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га. В інших варіантах дослідів коефіцієнт мінералізації був рівним або дещо меншим за контрольні показники.

За сумісного використання бакових сумішей гербіциду Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 із Емістимом С у варіантах дослідів спостерігалось зниження коефіцієнта мінералізації проти відповідних варіантів, де Емістим С не застосовували. Однак на 20-ту добу після внесення препаратів відмічалось його зростання, особливо у варіанті Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що може свідчити про поступове стимулювання проходження мінералізаційних процесів у ґрунті за дії даної композиції.

Зниження рівня мінералізаційних процесів було відмічено у варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетації (контроль III), що, очевидно, є наслідком активного нагромадження органічних речовин, представлених значною кількістю відмерлих часточок кореневої системи та рослинними виділеннями. Адже саме цей варіант забезпечує формування найбільш продуктивної біомаси рослин, утворення якої нерозривно пов'язане з утворенням потужної кореневої системи. Тому, можна припустити, що на збагаченому органічному фоні мінералізаційна здатність ґрунтової мікробіоти знижується [440].

Подібна закономірність з росту різних груп бактерій у ризосфері ячменю ярого була відмічена нами за використання у посівах бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилових кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (табл. 5.7).

Таблиця 5.6

**Коефіцієнт мінералізації у ризосфері ячменю ярого за використання сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С**

Варіант досліджу	2002 р.			2003 р.		
	днів після внесення препаратів					
	5	10	20	5	10	20
Без застосування препаратів (контроль I)	1,18	1,26	1,25	1,18	1,25	1,34
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	1,25	1,20	1,23	1,28	1,23	1,30
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	1,49	1,24	1,24	1,35	1,24	1,32
Емістим С	1,15	1,23	1,22	1,16	1,24	1,34
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,32	1,33	1,22	1,27	1,32	1,30
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,34	1,39	1,20	1,43	1,32	1,31
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,38	1,45	1,25	1,46	1,44	1,39
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	1,39	1,55	1,26	1,62	1,53	1,39
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,24	1,35	1,24	1,25	1,33	1,46
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,24	1,35	1,21	1,38	1,33	1,55
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,34	1,40	1,24	1,42	1,38	1,39
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1,39	1,47	1,37	1,51	1,43	1,39

Таблиця 5.7

**Чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилових кислот Дікопур Ф 600 і сульфоніл-сечовин Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (2002 р.)**

Варіант досліджу	Бактерії, тис. КУО/г ґрунту					
	на МПА			на КАА		
	діб після внесення препаратів					
	5	10	20	5	10	20
Без застосування препаратів (контроль I)	2630	3425	4111	3051	4213	5180
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	3450	3983	4532	4140	4859	5574
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	4012	4311	5334	5336	5303	6668
Емістим С	3180	3815	4317	3593	4502	5400
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	2111	3635	4600	2554	4762	5566
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1830	2138	4332	2397	2865	5112
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1777	1923	4211	2417	2711	5180
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1530	1711	3050	2111	2447	3843
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1412	1582	2480	2005	2341	3174
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	2432	5417	5830	2870	7205	7346
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1981	4013	5615	2437	5458	7187
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1817	2081	4813	2308	2872	6257
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1611	1865	3650	2127	2611	4855
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1538	1674	3220	2215	2494	4315
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>117</i>	<i>151</i>	<i>243</i>	<i>111</i>	<i>152</i>	<i>313</i>

Так, зокрема, у 2002 р. за використання бакових сумішей гербіциду Дікопур Ф 600 у нормах 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 і 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га чисельність бактерій, що здатні рости на МПА зменшувалась по відношенню до контролю І на п'яту добу після внесення препаратів відповідно на 519; 800; 853; 1100 і 1218 тис. КУО/г ґрунту, а тих, що здатні рости на КАА – на 497, 654, 634; 940 і 1046 тис. КУО/г ґрунту за  $HP_{05}$  відповідно 117 і 111 тис. КУО/г ґрунту.

На 10-ту добу після внесення препаратів кількість ризосферних бактерій у посівах ячменю значно зростала, однак найбільшою була у варіантах досліду Дікопур Ф 600 0,5 і 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що на 58 і 17% перевищувало контроль І по МПА та на 71 і 30% – по КАА.

Водночас в інших варіантах досліду із наростанням норм внесення у бакових сумішах Дікопуру Ф 600 до 1,0; 1,25 і 1,5 л/га кількість бактерій зменшувалась.

Через 20 діб після внесення препаратів найбільшу кількість ризосферних бактерій на МПА та КАА було відмічено у варіантах досліду Дікопур Ф 600 0,5–1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С. Одержані дані демонструють чітку залежність чисельності ризосферних бактерій від норм внесення гербіцидів: із збільшенням у бакових сумішах норми внесення Дікопуру Ф 600 до 1,25 л/га кількість ризосферних бактерій, що засвоюють азот мінеральних та органічних сполук суттєво зменшується; часткове збільшення та відновлення їх чисельності простежується на 20-ту добу після внесення препаратів, що може свідчити про пряму та опосередковану дію ксенобіотиків на досліджувані групи мікроорганізмів.

У 2003 р. нами була відмічена аналогічна закономірність з розвитку ризосферних бактерій ячменю ярого (табл. 5.8). Зокрема, найбільшого пригнічення ріст бактерій зазнавав за дії на п'яту добу гербіциду Дікопур Ф 600 у нормах 0,5–1,25 л/га сумісно з Гранстаром 75 у нормі 15 г/га. Менш пригніченими були мікроорганізми за дії цих же норм гербіцидів у сумішах з Емістимом С.

На 10-ту добу спостерігалось послаблення негативної дії препаратів на ризосферні бактерії, що у варіантах досліду Дікопур Ф 600 0,5–0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га та в цих же варіантах сумісно з Емістимом С супроводжувалось зростанням їх чисельності.

Таблиця 5.8

**Чисельність бактерій у ризосфері ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилових кислот Дікопур Ф 600 і сульфоніл-сечовин Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (2003 р.)**

Варіант досліджу	Бактерії, тис. КУО/г ґрунту					
	на МПА			на КАА		
	діб після внесення препаратів					
	5	10	20	5	10	20
Без застосування препаратів (контроль I)	2511	3213	3862	3013	4180	5313
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	2734	3844	4532	3361	5374	6832
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	3540	4280	5611	4896	5393	7014
Емістим С	2715	3311	4013	3334	5100	5897
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	2201	3670	4634	2707	4844	5932
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1832	3421	4231	2437	4653	5500
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1612	2013	4013	2225	2818	5337
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1432	1831	2872	2045	2618	3906
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1211	1622	2670	1780	2352	3685
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	2474	4021	5083	2969	5147	6760
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	2011	3834	4831	2775	5099	6667
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1792	2632	4512	2330	3632	6317
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1577	2012	3013	2097	2817	4309
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1364	1831	2813	1978	2618	4079
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>176</i>	<i>181</i>	<i>213</i>	<i>179</i>	<i>188</i>	<i>157</i>

На 20-ту добу чисельність ризосферних бактерій, що засвоюють азот мінеральних та органічних сполук значно зростала, особливо за дії 0,5 л/га Дікопуру Ф 600 + Гранстар 75 15 г/га +

Емістим С, що перевищувало контроль І на 32% (для МПА) та на 27% (для КАА) відповідно.

Пригніченим на 20-ту добу дії препаратів залишався ріст мікроорганізмів у варіанті Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га, де гербіциди застосовували як окремо, так і в сумішах із Емістимом С, зокрема кількість бактерій в цих варіантах досліджування знижувалась у порівнянні з контролем І у середньому в 1,4 і 1,3 рази.

Аналізуючи спрямованість мінералізаційних процесів у ґрунті (табл. 5.9), можна відмітити, що найбільш активно вони проходили за підвищених норм використання препаратів. Ці дані можуть свідчити про те, що в меншій мірі на дію досліджуваних препаратів реагують бактерії, що засвоюють азот мінеральних сполук, водночас менша кількість бактерій, що засвоюють азот і вуглець органічних сполук, демонструє чітку залежність їх розвитку від наявності в ризосфері органічних сполук рослинного походження.

За використання в посівах ячменю ярого гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG нами встановлено, що в усіх варіантах досліджування чисельність мікроорганізмів перевищувала контрольні показники, але спостерігалась залежність розвитку мікробіоти від норм внесення препарату та поєднання їх використання у сумішах з МБП Агат-25К (рис. 5.1).

Так, у 2004 р. за внесення гербіциду Лінтур 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га загальна чисельність бактерій у варіантах досліджування на п'яту добу після внесення перевищувала контроль І відповідно на 862; 2019; 1650 і 249 тис. КУО/г ґрунту, а за внесення тих же норм препарату сумісно з Агатом-25К – на 2960; 4302; 2499 і 662 тис. КУО/г ґрунту. Подібна залежність простежувалась і в 2005 р.

У середньому за 2004–2005 р. найбільша чисельність бактерій нараховувалась у ризосфері ячменю ярого за використання гербіциду Лінтур 70WG у нормах 90–140 г/га в сумішах із Агатом-25К, що на 8–44% перевищувало контроль І.

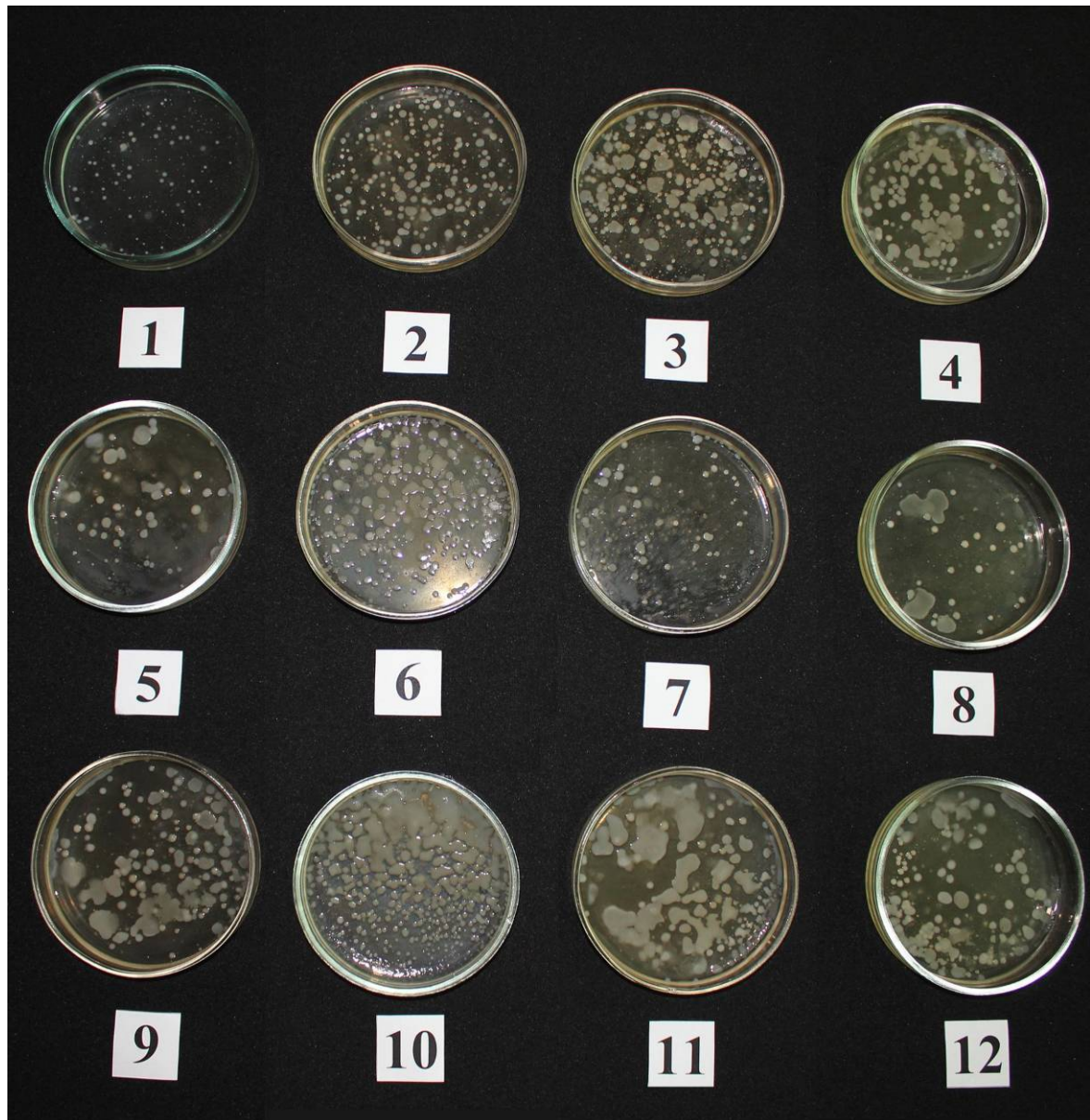
Щодо розвитку мікроміцетів у ризосфері ячменю ярого, то їх кількість із наростанням норм гербіциду Лінтур 70WG зменшувалась, однак була найбільшою у варіантах досліджування, де препарат в нормах 90; 100; 120 і 140 г/га вносили разом із Агатом-25К, що перевищувало відповідні варіанти, де Агат-25К не вносили у 2004 р. відповідно на 8; 9; 5 і 8 тис. КУО/г ґрунту.

На 10-ту і 20-ту добу дії гербіциду Лінтур 70WG і його сумішей із Агатом-25К спостерігалось подальше зростання чисельності бактерій і мікроміцетів у ризосфері ячменю ярого (рис. 5.2).

Таблиця 5.9

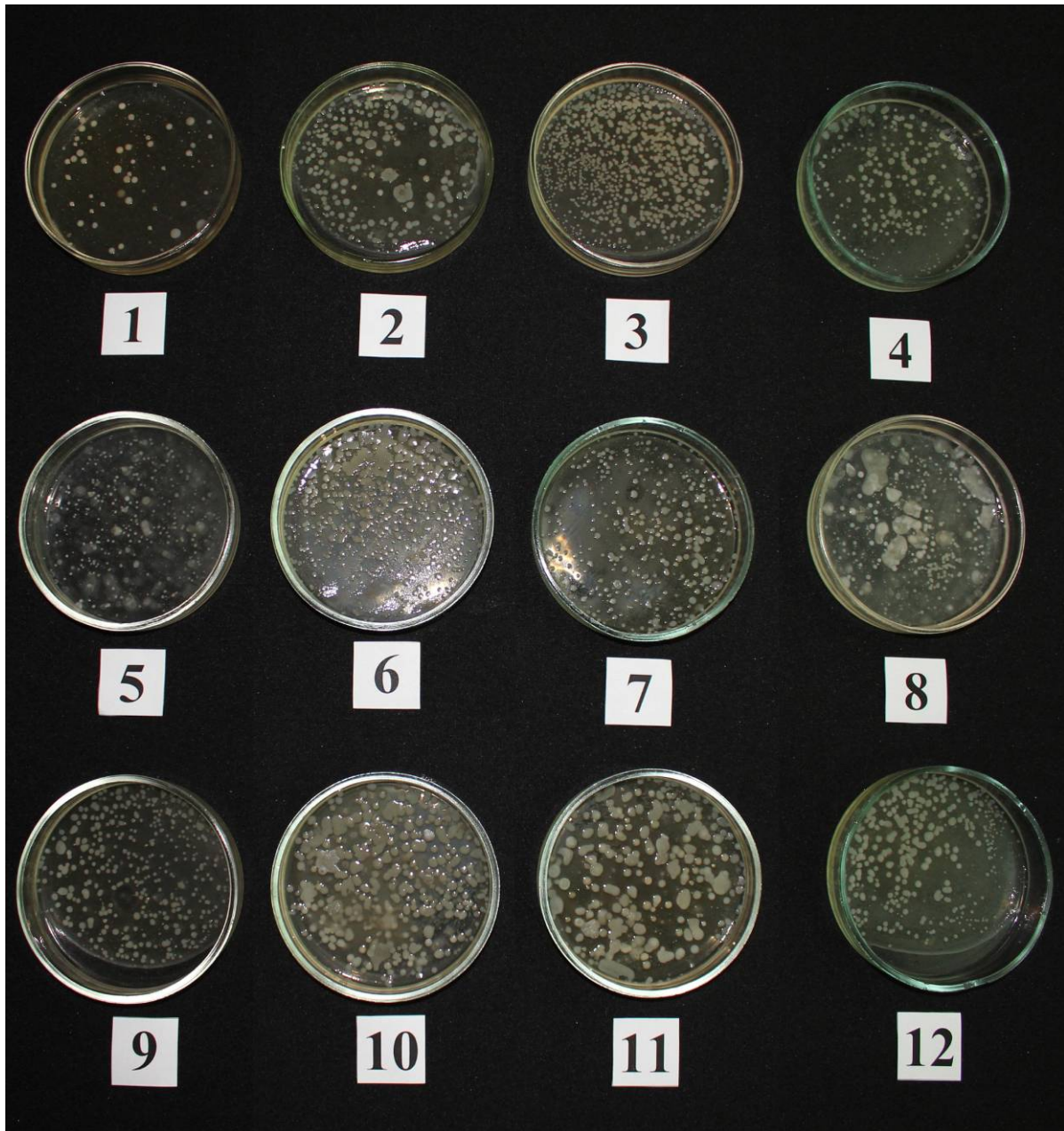
**Коефіцієнт мінералізації у ризосфері ячменю ярого за використання бакових сумішей гербіцидів Дікопур Ф 600 і Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С**

Варіант досліджу	2002 р.			2003 р.		
	дiб після внесення препаратів					
	5	10	20	5	10	20
Без застосування препаратів (контроль I)	1,16	1,23	1,26	1,17	1,25	1,31
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	1,20	1,22	1,23	1,26	1,28	1,30
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	1,33	1,23	1,25	1,31	1,26	1,30
Емістим С	1,13	1,18	1,25	1,15	1,20	1,26
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1,21	1,31	1,21	1,23	1,32	1,28
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1,31	1,34	1,18	1,33	1,36	1,30
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1,36	1,41	1,23	1,38	1,40	1,33
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1,38	1,43	1,26	1,40	1,43	1,36
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	1,42	1,48	1,28	1,47	1,45	1,38
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1,18	1,33	1,26	1,20	1,26	1,33
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1,23	1,36	1,28	1,28	1,33	1,38
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1,27	1,38	1,30	1,30	1,38	1,40
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1,32	1,40	1,33	1,33	1,40	1,43
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	1,44	1,49	1,34	1,45	1,43	1,45



**Рис. 5.1. Загальна чисельність бактерій ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду Лінтур 70 WG, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К (п'ята доба після внесення препаратів, 2004 р.; третя доба культивування посівів):**

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.



**Рис. 5.2. Загальна чисельність бактерій ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду Лінтур 70 WG, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К (10-та доба після внесення препаратів, 2004 р.; третя доба культивування посівів):**

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

Таблиця 5.10

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К (20-та доба після внесення препаратів)**

Варіант досліду	Загальна чисельність, $10^3$ КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	6370	10371	8371	95	98	97
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	7081	11850	9466	103	113	108
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	9681	12932	11307	121	118	120
Агат-25К	8372	12011	10192	101	103	102
Лінтур 70WG 90 г/га	8011	11330	9671	99	107	103
Лінтур 70WG 100 г/га	9370	11860	10615	112	118	115
Лінтур 70WG 120 г/га	8312	11530	9921	108	113	111
Лінтур 70WG 140 г/га	7312	10580	8946	100	105	103
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	9312	11756	10534	106	119	113
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	9990	12312	11151	119	128	124
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	8780	11980	10380	116	117	117
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	7618	11514	9566	105	109	107
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>303</i>	<i>418</i>	–	<i>6</i>	<i>5</i>	–

Так, у середньому за 2004–2005 рр. досліджень чисельність бактерій ризосфери ячменю ярого за використання Лінтуру 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га на 10-ту добу перевищила контроль I на 991; 2588; 1417 і 229 тис. КУО/г ґрунту, в той час, як за використання тих же норм препарату в сумішах із Агатом-25К – на 2257; 3028; 1927 і 1283 тис. КУО/г ґрунту.

При підрахунках на 10-ту добу у ризосфері ячменю ярого мікроміцетів нами встановлено, що їх чисельність у всіх варіантах досліду в порівнянні з контролем I значно зростала, однак простежувалась залежність чисельності мікроміцетів від чисельності ризосферних бактерій: так, якщо у 2004 р. в контролі чисельність бактерій складала 5836 тис. КУО/г ґрунту, а мікроміцетів – 117 тис. КУО/г ґрунту, то в 2005 р. – відповідно 9732 і 102 тис. КУО/г ґрунту. Теж саме можна констатувати і в контролях II і III. Одержані дані узгоджуються з припущенням учених, які вважають, що зменшення числа мікроміцетів за збільшеної кількості бактерій є проявом антагоністичних відносин між ними та конкуренції за субстрати і середовища живлення [440].

На 20-ту добу після внесення в посівах гербіциду Лінтур 70WG та його сумішей із Агатом–25К кількість бактерій у ризосфері ячменю ярого значно зростала, особливо це простежувалось у порівнянні до попередніх періодів визначення (табл. 5.10). Так, чисельність бактерій в контролі I в середньому за 2004–2005 рр. зростала в порівнянні до п'ятої доби визначення на 29%, до 10-ї – на 8%. Найбільша кількість бактерій нараховувалась у варіантах досліду Лінтур 70WG 90 і 100 г/га + Агат-25К, що перевищувало контроль I на 26 і 33%. Водночас на 20-ту добу після внесення препаратів спостерігалось сповільнення розвитку мікроміцетів, зокрема в порівнянні до 10-ї доби визначення їх чисельність в контролі I зменшилась на 13 тис. КУО/г ґрунту. Це дає підставу констатувати, що між бактеріями і грибами в ризосфері ячменю ярого існують складні взаємозв'язки, які більш виражено проявляються за зростання числа бактерій – основних конкурентів за поживні речовини ризосфери.

За використання в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75 нами встановлено, що із наростанням норм препарату від 30 до 70 г/га кількість бактерій у ризосфері ячменю зменшувалась, особливо помітним це було за норми внесення препарату 70 г/га, де зменшення у відношенні до контролю I в середньому за роки досліджень складало 22% (табл. 5.11).

Застосування бакових сумішей Калібру 75 з Агатом-25К і Агростимуліном знижувало негативний вплив гербіциду на розвиток бактерій у ризосфері ячменю ярого, зокрема їх чисельність у варіантах Калібр 75 30–70 г/га + Агат-25К на 5-ту добу після внесення в середньому була більшою за чисельність у тих же варіантах без Агату-25К відповідно на 374–1925 тис. КУО/г ґрунту.

Таблиця 5.11

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (п'ята доба після внесення препаратів)**

Варіант досліду	Загальна чисельність, $10^3$ КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	3831	9380	6606	124	93	109
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	5632	13311	9472	141	125	133
Агат-25К	4213	1002	2608	136	108	122
Агростимулін	4012	9930	6971	133	110	122
Калібр 75 30 г/га	4362	10311	7337	132	115	124
Калібр 75 40 г/га	4981	11320	8151	141	126	134
Калібр 75 50 г/га	5213	12441	8827	152	135	144
Калібр 75 60 г/га	4012	9971	6992	146	129	138
Калібр 75 70 г/га	2940	7400	5170	139	121	130
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	5870	12048	8959	145	127	136
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6311	13840	10076	160	151	156
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	5832	12680	9256	158	142	150
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	4620	10111	7366	151	134	143
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	3225	7880	5553	145	128	137
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>418</i>	<i>475</i>	–	<i>5</i>	<i>6</i>	–

Більш стійкими до дії Калібру 75 виявились мікроміцети, чисельність яких в порівнянні до контролю I, навіть за норми внесення препарату 70 г/га, не знижувалась. Разом з тим більш стимулюючий вплив на розвиток ризосферних мікроміцетів мали варіанти досліду із застосуванням Калібру 75 у сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном.

На 10-ту добу після внесення у посівах гербіциду Калібр 75 чисельність бактерій і мікроміцетів у ризосфері ячменю ярого значно зростала, а в варіантах з нормою внесення Калібру 75 70 г/га ріст бактерій повністю відновлювався і перевищував контроль I (табл. 5.12).

Найбільша чисельність бактерій і грибів на 10-ту добу була відмічена у варіантах досліду Калібр 75 у нормах 30–70 г/га + Агат-25К + Агростимулін, що в середньому перевищувало контроль I відповідно в 1,1–1,4 рази по бактеріях і в 1,1–1,3 рази – по мікроміцетах.

На 20-ту добу після внесення препаратів кількість бактерій у ризосфері ячменю ярого в порівнянні до попередніх обліків значно зростала (табл. 5.13).

Так, у середньому за 2006–2008 рр. у варіантах досліду Калібр 75 30; 40; 50; 60 і 70 г/га кількість бактерій перевищувала контроль I на 876; 1606; 2290; 900 і 454 тис. КУО/г ґрунту, а в тих же варіантах із сумісним внесенням Агату-25К і Агростимуліну – на 1736; 3416; 2543; 1479 і 982 тис. КУО/г ґрунту відповідно. Щодо мікроміцетів, їх кількість у порівнянні до обліку на 10-ту добу зменшувалась, однак у порівнянні з контролем I була високою і знаходилась в середньому за використання Калібру 75 у нормах 30–70 г/га у межах 122–138 тис. КУО/г ґрунту, а за поєднання тих же норм гербіциду із БАР – 128–150 тис. КУО/г ґрунту при 114 тис. КУО/г ґрунту в контролі I.

Отже, із результатів проведених мікробіологічних досліджень можна зробити такі висновки:

- гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксих кислот і комбінованих препаратів у значній мірі впливають на розвиток мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого, однак їх дія на мікробіоту реалізується безпосередньо – через потрапляння ксенобіотика у ризосферу, та опосередковано – через продукування та виділення рослинами в ризосферу ексудатів та продуктів метаболізму гербіцидів;

Таблиця 5.12

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (10-та доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	Загальна чисельність, $10^3$ КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	4612	10711	7662	133	112	123
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	7832	13731	10782	154	132	143
Агат-25К	5830	11312	8571	141	124	133
Агростимулін	5612	10650	8131	140	122	131
Калібр 75 30 г/га	5330	11013	8172	136	121	129
Калібр 75 40 г/га	6211	11780	8996	143	130	137
Калібр 75 50 г/га	7831	12216	10024	158	136	147
Калібр 75 60 г/га	6750	11112	8931	148	128	138
Калібр 75 70 г/га	5620	10983	8302	139	117	128
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6870	12615	9743	141	132	137
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	8612	13110	10861	167	148	158
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	8115	12970	10543	163	143	153
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	7012	11760	9386	154	137	146
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6370	11112	8741	147	122	135
<i>НІР<sub>05</sub></i>	256	342	–	6	8	–

Таблиця 5.13

**Мікробіологічна активність ризосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (20-та доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	Загальна чисельність, $10^3$ КУО/г ґрунту					
	бактерій			мікроміцетів		
	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	5312	11830	8571	126	101	114
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	8983	15612	12298	134	117	126
Агат-25К	6383	12013	9198	131	106	119
Агростимулін	6781	12110	9446	132	108	120
Калібр 75 30 г/га	6580	12313	9447	130	113	122
Калібр 75 40 г/га	7213	13140	10177	138	121	130
Калібр 75 50 г/га	7861	13860	10861	146	130	138
Калібр 75 60 г/га	6312	12630	9471	140	126	133
Калібр 75 70 г/га	5730	12320	9025	133	110	122
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	7212	13401	10307	141	125	133
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	8672	15302	11987	157	143	150
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	8217	14011	11114	151	141	146
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6960	13140	10050	147	132	140
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6213	12893	9553	137	119	128
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>581</i>	<i>308</i>	–	5	8	–

- гербіциди класу сульфонілсечовини Гранстар 75 та Калібр 75 у початковий період дії за підвищених норм препаратів зумовлюють пригнічення розвитку ризосферних бактерій. Сумісне застосування цих гербіцидів із БАР (Емістим С, Агат-25К, Агростимулін) зменшує їх негативну дію на мікроорганізми та в подальшому призводить до стимулювання їх розвитку;
- бакові суміші гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75) із феноксикарбоксіловими кислотами (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) в початковий період після застосування зумовлюють пригнічення розвитку бактерій як тих, що засвоюють вуглець і азот органічних сполук, так і тих, що використовують азот мінеральних сполук. Послаблення негативної дії бакових сумішей гербіцидів на ризосферну мікробіоту спостерігається на 10-ту і 20-ту добу після внесення препаратів, особливо за використання їх у поєднанні з БАР;
- за обробки посівів ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у бакових сумішах із феноксикарбоксіловими кислотами 2,4-ДА 500 і Дікопур Ф 600 відбувається зростання коефіцієнта мінералізації ґрунту, що, очевидно, є наслідком стимуляції розвитку мікроорганізмів, які беруть активну участь в деградації азотовмісних хімічних агентів похідних арилсульфонамідів та гетероциклічних амінів, до яких відноситься Гранстар 75. Послаблення мінералізаційних процесів у ризосфері ячменю ярого простежується за сумісного використання бакових сумішей Гранстарау 75, 2,4-ДА 500 та Дікопуру Ф 600 з РРР Емістимом С, що узгоджується з формуванням у ризосфері підвищеного вмісту органічних речовин, за яких мінералізаційна здатність ґрунтової мікробіоти знижується;
- гербіциди групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG та гербіцид класу сульфонілсечовини Калібр 75 у всіх досліджуваних нормах не впливають негативно на розвиток ризосферних мікроорганізмів ячменю ярого. Водночас найбільша кількість бактерій і мікроміцетів розвивається у ризосфері ячменю на 20-ту добу після внесення Лінтуру 70WG у нормі 100 г/га сумісно з Агатом-25К та Калібру 75 у нормі 40 г/га в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном.

## 5.2. Чисельність основних еколого-трофічних груп

При вивченні дії гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур важливим є дослідження їх впливу на ріст і розвиток окремих таксономічних і еколого-трофічних груп, оскільки більшість хімічних засобів боротьби з бур'янами зумовлюють значні зміни в кількісному і якісному складі ризосферної мікробіоти [440].

Так, у дослідах з пшеницею озимою, яка вирощувалась на фоні застосування Раундапу (4,0 л/га) та обприскування посівів Діаленом (2,5 л/га), було відмічено зменшення числа стрептоміцетів, амоніфікуючих і амілолітичних мікроорганізмів у 3–3,6 рази, а грибів, педотрофних, амінотрофних і гуматруйнівних бактерій – у 1,6–2,2 рази [616].

Хлорсульфурон (5–80 г/га), внесений у ґрунт, зумовлював зменшення числа амоніфікуючих бактерій та тих, що засвоюють мінеральні форми азоту, відповідно на 45 і 25% [435]. За дії гербіцидів Монурону, Небуруну, Діурону, Тиламу, Фалону, Сезону, Аліпуру, Амібену, Солану, Хлоразину, Дінабену, Діміду (концентрація 0,1 до 0,6–0,7%) та Арелону (15 і 30 мг/л) і Стомпу (60 і 120 мг/л) спостерігалось пригнічення розвитку асоціативних бактерій роду *Azotobacter* [461, 462]. Водночас за використання гербіциду Глін та гербіциду 3249, навіть у нормах, що рівнялись 100 виробничим, простежувалось стимулювання розвитку гетеротрофних бактерій і грибів [617].

Узагальнений аналіз наукових праць [326, 441–443] показує, що найбільш стійкими до дії гербіцидів та інших хімічних речовин є органотрофні, педотрофні та целюлозоруйнівні мікроорганізми, а більш чутливими – амоніфікуючі, нітрифікуючі, асоціативні та симбіотичні азотфіксатори.

Негативна дія пестицидів, у тому числі й гербіцидів, на ростові характеристики природних асоціацій мікроорганізмів може бути істотно зменшена за сумісного їх застосування із рістрегуляторами [440]. Так, за сумісної дії Агростимуліну й Емістиму С з фенпіклонілом період лаг-фази та подвоєння числа мікроорганізмів значно скорочувався, при цьому питома швидкість росту бактерій зростала.

Аналіз окремих робіт [326, 410] показує, що за сумісного використання гербіцидів із РРР спостерігається послаблення негативної дії препаратів на розвиток основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, а через певний проміжок часу – відбувається стимулювання їх росту і розвитку.

Менш вивченим є стан основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери різних сільськогосподарських культур за сумісної дії гербіцидів і МБП. Однак покращення під впливом МБП ростових процесів рослин, поживного режиму ґрунту, продуктивності посівів дає підставу стверджувати, що за сумісного використання гербіцидів з МБП негативний вплив хімічних препаратів на мікробіоценоз ґрунту знижується [456, 457].

Зважаючи на це, важливим було дослідити, як під дією гербіцидів різних хімічних класів та їх комплексів із БАР, змінюється чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що дасть можливість встановити спрямованість проходження мікробіологічних процесів у ґрунті та ступінь їх залежності від виду і норм внесених препаратів.

У результаті виконаних досліджень з вивчення чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 з феноксикарбоксилловими кислотами 2,4-ДА 500, внесеними окремо і в поєднанні з Емістимом С, встановлено, що дія досліджуваних препаратів на різні групи бактерій залежала від норми внесення у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 Гранстарау 75, поєднання внесення сумішей із РРР Емістимом С, погодних умов та фізіологічних особливостей досліджуваних груп бактерій (табл. 5.14). Так, аналізуючи у 2002 р. вплив гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га, внесених сумісно з 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га, на розвиток у ризосфері ячменю ярого амоніфікуючих бактерій слід відмітити, що із наростанням у бакових сумішах норм внесення Гранстарау 75 їх чисельність зменшувалась, однак на 67; 44; 25 і 5% відповідно була вищою, ніж у контролі І. Така ж залежність простежувалась за використання даних бакових сумішей гербіцидів сумісно з Емістимом С, але чисельність амоніфікуючих бактерій у цих варіантах досліді була вищою як у відношенні до контролю І, так і в порівнянні до відповідних варіантів, де Емістим С не застосовували, зокрема перевищення їх чисельності у відношенні до варіантів без Емістиму С складало – 18,0; 22,0; 19,6 і 15,3 тис. КУО/г ґрунту.

Подібною була дія досліджуваних препаратів на ріст і розвиток у ризосфері ячменю ярого целюлозоруйнівних бактерій. Так, із наростанням норм внесення Гранстарау 75 до 25 г/га у сумішах із 2,4-ДА 500 їх чисельність зменшувалась, однак при цьому перевищувала контроль І.

Таблиця 5.14

**Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 з феноксикарбоксилловими кислотами 2,4-ДА 500, внесеними окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза виколошування), тис. КУО/г ґрунту**

Варіант досліджу	Мікроорганізми				
	амоніфікуючі	нітрифікуючі	целюлозоруйні	азотфіксувальні	
				<i>Clostridium</i>	<i>Azotobacter</i> , % оброслих грудочок ґрунту
Без застосування препаратів (контроль I)	<u>98,1*</u>	<u>18,2</u>	<u>221,2</u>	<u>6,1</u>	<u>70</u>
	115,7	23,4	323,1	10,1	80
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	<u>131,3</u>	<u>23,3</u>	<u>246,1</u>	<u>9,1</u>	<u>81</u>
	152,2	38,1	354,7	15,5	90
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	<u>184,1</u>	<u>41,7</u>	<u>288,1</u>	<u>15,1</u>	<u>95</u>
	231,7	53,2	425,4	24,4	96
Емістим С	<u>139,2</u>	<u>25,2</u>	<u>243,3</u>	<u>8,7</u>	<u>75</u>
	148,1	41,4	340,2	13,7	87
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га	<u>163,4</u>	<u>33,1</u>	<u>245,5</u>	<u>11,2</u>	<u>85</u>
	194,3	37,9	361,6	18,1	90
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 г/га	<u>141,2</u>	<u>24,8</u>	<u>271,4</u>	<u>8,3</u>	<u>73</u>
	172,1	30,3	393,3	16,2	85
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	<u>122,1</u>	<u>17,2</u>	<u>248,1</u>	<u>7,1</u>	<u>65</u>
	141,7	24,1	372,1	13,1	71
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	<u>103,3</u>	<u>12,4</u>	<u>230,2</u>	<u>6,4</u>	<u>58</u>
	126,6	17,2	351,2	11,4	43
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	<u>181,4</u>	<u>40,3</u>	<u>285,1</u>	<u>14,5</u>	<u>91</u>
	225,3	52,1	422,3	23,3	95
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	<u>163,2</u>	<u>32,6</u>	<u>280,1</u>	<u>10,2</u>	<u>83</u>
	197,1	46,7	407,4	18,1	87
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	<u>141,7</u>	<u>23,1</u>	<u>263,7</u>	<u>8,8</u>	<u>72</u>
	171,8	33,1	386,2	16,1	76
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	<u>118,6</u>	<u>17,3</u>	<u>254,5</u>	<u>7,2</u>	<u>67</u>
	143,2	24,2	367,6	13,0	50
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<u>16,1</u>	<u>6,3</u>	<u>12,4</u>	<u>2,1</u>	<u>6,7</u>
	20,2	8,1	15,1	1,8	4,8

Примітка. \* – над ризкою – 2002 р.; під ризкою – 2003 р.

Найбільше число целюлозоруйнівних бактерій у 2002 р. було відмічено нами у варіантах досліду Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 + Емістим С, де їх кількість перевищувала показники в контролі I відповідно на 29; 27; 19 і 15% відповідно.

Деяко іншою була дія бакових сумішей Гранстару 75 з 2,4-ДА 500 на розвиток нітрифікуючих мікроорганізмів: їх чисельність із наростанням у бакових сумішах Гранстару 75 до 25 г/га зменшувалась проти контролю I на 32%. Менш виражений негативний вплив на розвиток нітрифікуючих бактерій мали бакові суміші гербіцидів Гранстару 75 і 2,4-ДА 500, внесені сумісно з Емістимом С, де за норми Гранстару 25 г/га зниження відносно контролю I складало лише 5%.

Одержані експериментальні дані демонструють різну видову чутливість бактерій до дії гербіцидів, яка визначається фізіолого-біохімічними та анатомо-морфологічними особливостями виду. Очевидно, що здатність целюлозоруйнівних та амоніфікуючих бактерій переходити за несприятливих умов в стан спори відіграє захисну роль у відношенні до дії ксенобіотиків. Крім того, зростання їх чисельності у варіантах із сумісним використанням Емістиму С узгоджується з активним проходженням фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, наслідком яких є формування потужної кореневої системи із збільшеною поглинальною здатністю, через яку зростає надходження в навколишнє середовище ексудатів та відмерлих частин кореневої системи, які слугують для даних бактерій субстратом [440]. Зменшення числа нітрифікуючих бактерій у ризосфері ячменю ярого може вказувати на їх низьку захисну здатність у відношенні до дії ксенобіотиків, що підтверджується дослідженнями інших учених [78].

Аналіз розвитку азотфіксувальних мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого показав, що найбільш чутливими до дії бакових сумішей Гранстару 75 із 2,4-ДА 500 виявились бактерії роду *Azotobacter*. Так, у 2002 р. за дії гербіциду Гранстар 75 у нормах 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га їх чисельність зменшувалась у відношенні до контролю I відповідно на 7 і 17%, разом з тим за внесення Гранстару 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га із Емістимом С – лише на 4%.

Менш чутливими до дії досліджуваних гербіцидів були бактерії роду *Clostridium*, зокрема, якщо їх чисельність із наростанням у сумішах норм Гранстару 75 хоч і зменшувалась, все ж вона була вищою, ніж в контролі I. Зменшення негативної дії бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 на бактерії роду

*Clostridium* відмічалось у варіантах досліду із внесенням гербіцидів сумісно з Емістимом С.

З одержаних даних щодо впливу бакових сумішей гербіциду Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 на розвиток у ризосфері ячменю ярого азотфіксувальних мікроорганізмів випливає, що їх реакція на дію хімічних препаратів залежала від видових особливостей культури та умов, що складались у ризосфері рослин за дії гербіцидів. Очевидно, що зниження негативної дії гербіцидів, яке простежується за сумісного їх використання з РРР, забезпечує кращі умови для розвитку азотфіксувальних бактерій. Про позитивний вплив на розвиток азотфіксувальних мікроорганізмів РРР повідомляють й інші вчені [466].

У 2003 р. спостерігалась аналогічна закономірність з розвитку основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С. Так, зокрема, в незначній мірі на дію досліджуваних препаратів реагували амоніфікуючі, целюлозоруйнівні та азотфіксувальні бактерії роду *Clostridium*, більш чутливими були – нітрифікуючі та бактерії роду *Azotobacter*. Найбільш оптимальною для мікроорганізмів виявилась дія гербіциду Гранстар 75 у нормах 10 і 15 г/га, внесених сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га та Емістимом С. За використання цих бакових сумішей препаратів у ризосфері ячменю ярого спостерігалась максимальна чисельність досліджуваних груп бактерій.

За використання в посівах ячменю ярого гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG окремо і в сумішах з МБП Агат-25К (табл. 5.15) нами встановлено, що менш чутливими до дії гербіциду були амоніфікуючі та целюлозоруйнівні бактерії, особливо у варіантах досліду, де Лінтур 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га застосовували в сумішах із Агатом-25К. Так, перевищення контролю І у цих варіантах досліду складало у 2004 р. 66; 109; 80; і 39% – для амоніфікуючих бактерій і 23; 39; 28 і 16% – для целюлозоруйнівних.

Щодо нітрифікуючих та азотфіксувальних бактерій нами встановлено зменшення їх чисельності із наростанням норм внесення Лінтуру 70WG до 140 г/га. Особливо чутливими до дії 140 г/га Лінтуру 70WG виявились нітрифікуючі бактерії число яких у 2004 і 2005 рр. знижувалось відповідно на 5 і 22%. За використання Лінтуру в нормі 140 г/га сумісно з Агатом-25К негативна дія гербіциду на нітрифікуючі бактерії знижувалась і число мікроорганізмів було близьким до контрольного значення.

Таблиця 5.15

**Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого за дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К (фаза виколосування), тис. КУО/г ґрунту**

Варіант дослідження	Мікроорганізми				
	амоніфікуючі	нітрифікуючі	целюлозо-руйнівні	азотфіксувальні	
				<i>Clostridium</i>	<i>Azotobacter</i> , % оброслих грудочок ґрунту
Без застосування препаратів (контроль I)	<u>72,3</u> *	<u>11,3</u>	<u>180,2</u>	<u>4,2</u>	<u>72</u>
	121,4	25,6	225,3	11,4	81
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	<u>105,5</u>	<u>16,7</u>	<u>200,3</u>	<u>7,7</u>	<u>75</u>
	140,5	35,3	251,6	15,7	90
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	<u>153,4</u>	<u>37,1</u>	<u>260,4</u>	<u>11,3</u>	<u>91</u>
	180,6	51,2	310,2	21,3	95
Агат-25К	<u>100,2</u>	<u>17,7</u>	<u>200,5</u>	<u>6,0</u>	<u>80</u>
	130,1	30,1	240,1	14,0	83
Лінтур 70WG 90г/га	<u>110,3</u>	<u>19,0</u>	<u>210,3</u>	<u>9,1</u>	<u>82</u>
	140,1	33,3	250,4	18,1	87
Лінтур 70WG 100 г/га	<u>130,1</u>	<u>16,1</u>	<u>230,1</u>	<u>7,3</u>	<u>75</u>
	163,3	28,1	283,3	16,2	83
Лінтур 70WG 120 г/га	<u>112,3</u>	<u>13,2</u>	<u>208,2</u>	<u>5,1</u>	<u>70</u>
	147,7	25,8	261,1	13,3	81
Лінтур 70WG 140 г/га	<u>80,4</u>	<u>10,7</u>	<u>193,3</u>	<u>4,3</u>	<u>65</u>
	133,1	20,0	240,2	11,7	70
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	<u>120,2</u>	<u>25,6</u>	<u>221,4</u>	<u>11,3</u>	<u>90</u>
	151,7	40,1	270,4	20,3	92
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	<u>151,4</u>	<u>19,3</u>	<u>250,2</u>	<u>9,4</u>	<u>81</u>
	179,2	32,4	303,5	18,7	87
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	<u>130,3</u>	<u>16,8</u>	<u>230,1</u>	<u>6,7</u>	<u>75</u>
	156,6	30,3	280,7	15,5	84
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	<u>100,1</u>	<u>12,1</u>	<u>208,5</u>	<u>5,1</u>	<u>70</u>
	143,7	25,0	260,5	13,1	75
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<u>18,7</u>	<u>2,9</u>	<u>20,7</u>	<u>2,0</u>	<u>5,3</u>
	14,2	4,1	19,8	2,3	3,8

Примітка. \* – над ризкою – 2004 р.; під ризкою – 2005 р.

Високу чутливість до дії підвищених норм Лінтуру 70WG проявили бактерії роду *Azotobacter*, чисельність яких за дії 140 г/га препарату знижувалась на 10% у 2004 р. та відповідно на 14% – у 2005 р. Оптимальним для розвитку бактерій роду *Azotobacter* виявився вплив мінімальних норм Лінтуру 70WG (90 і 100 г/га), внесених у бакових сумішах із Агатом-25К, де чисельність їх у 2004 р. становила 90 і 81%, а в 2005 р. – 92 і 87% при 72 і 81% оброслих грудочок у контролі I.

Аналізуючи вплив на розвиток у ризосфері ячменю ярого різних норм гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесених окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, встановлено, що оптимальний вплив на розвиток амоніфікуючих та целюлозоруйнівних мікроорганізмів мала бакова суміш 40 г/га Калібру + Агат-25К + Агростимулін, за дії якої чисельність амоніфікуючих бактерій зростала відповідно на 65,9 тис КУО/г ґрунту у 2006 р. та на 67,9 тис. КУО/г ґрунту в 2008 р., целюлозоруйнівних – на 55,2 і 89,8 тис. КУО/г ґрунту відповідно до років (табл. 5.16). Одержані дані демонструють як видову стійкість цих груп бактерій до дії Калібру 75, так і показують залежність їх розвитку від фізіолого-біохімічного статусу рослин, який за дії гербіциду і БАР значно підвищувався.

Розвиток нітрифікуючих і азотфіксувальних бактерій ризосфери ячменю ярого перебував у залежності від норм внесення гербіциду Калібр 75.

Так, із наростанням норм внесення препарату до 70 г/га число нітрифікаторів та бактерій роду *Azotobacter* значно зменшувалось, зокрема для нітрифікаторів це зменшення у 2006 р. складало 10%, для азотобактера – 7%, у 2008 р. – 16 та 17% відповідно. За використання Калібру 75 у нормі 70 г/га сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном негативна дія препарату на ріст і розвиток нітрифікуючих мікроорганізмів та бактерій роду *Azotobacter* знижувалась (рис. 5.3).

Меншу чутливість до дії гербіциду Калібр 75 в усіх досліджуваних нормах проявили бактерії роду *Clostridium*, чисельність яких з наростанням норм Калібру 75 до 70 г/га хоч і зменшувалась, але разом з тим перевищувала контроль I.

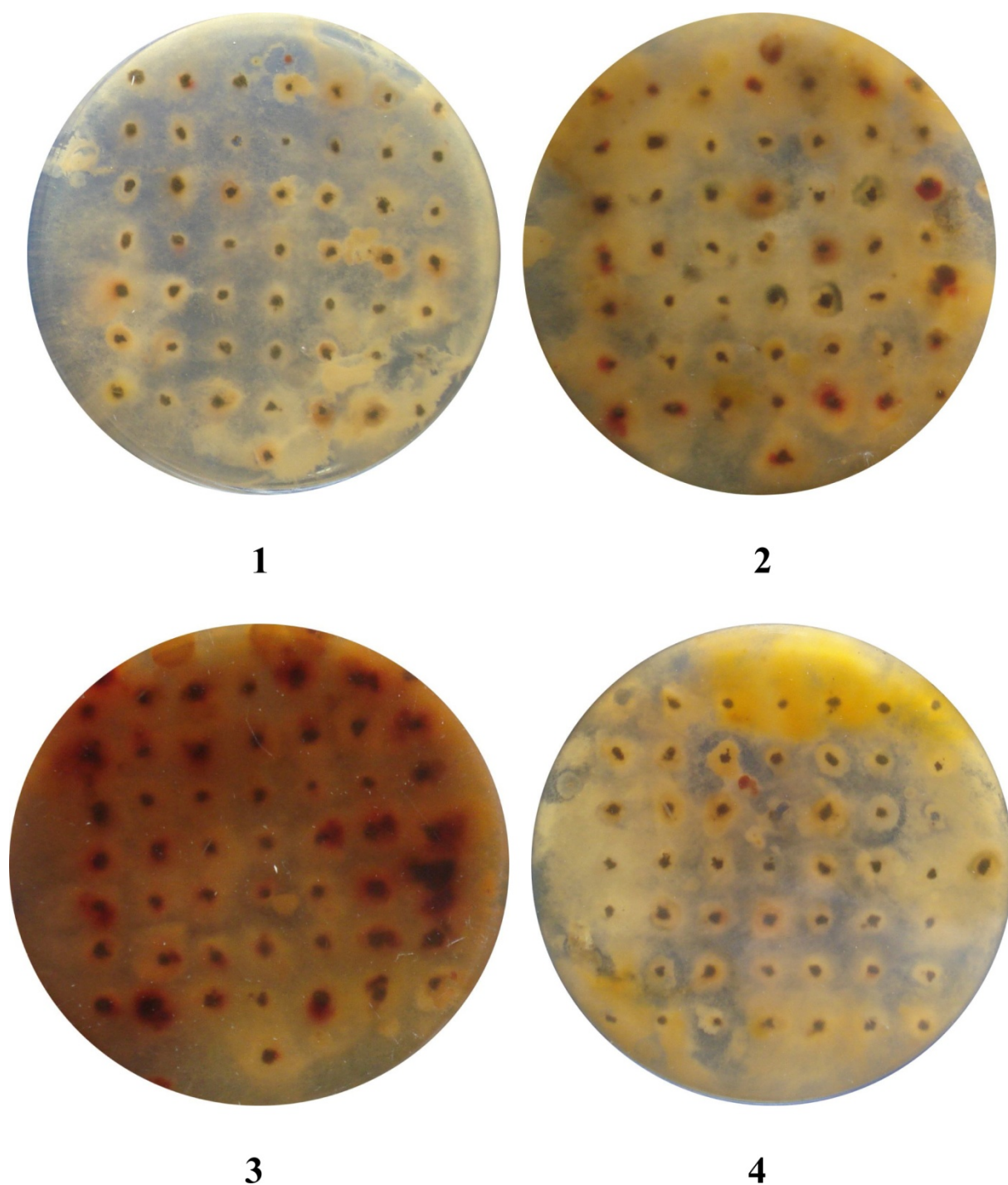
Висока активність мікробіологічних процесів була характерною і для варіанту дослідів ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду, де чисельність основних еколого-трофічних груп бактерій була найвищою. Ці дані узгоджуються з

Таблиця 5.16

**Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (фаза виколошування), тис. КУО/г ґрунту**

Варіант досліджу	Мікроорганізми				
	амоніфікуючі	нітрифікуючі	целюлозоруйнівні	азотфіксувальні	
				<i>Clostridium</i>	<i>Azotobacter</i> , % оброслих грудочок ґрунту
Без застосування препаратів (контроль I)	<u>101,2*</u>	<u>20,1</u>	<u>190,3</u>	<u>5,7</u>	<u>70</u>
	120,3	27,7	310,3	12,2	83
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	<u>165,3</u>	<u>53,3</u>	<u>264,5</u>	<u>14,0</u>	<u>92</u>
	201,4	61,1	410,5	21,3	100
Агат-25К	<u>125,5</u>	<u>25,5</u>	<u>210,2</u>	<u>6,2</u>	<u>75</u>
	143,2	30,2	331,1	13,4	85
Агростимулін	<u>128,8</u>	<u>30,1</u>	<u>221,3</u>	<u>6,1</u>	<u>76</u>
	140,1	28,8	330,2	14,0	87
Калібр 75 30 г/га	<u>125,5</u>	<u>35,5</u>	<u>210,1</u>	<u>7,2</u>	<u>80</u>
	147,7	40,2	323,3	14,5	90
Калібр 75 40 г/га	<u>137,8</u>	<u>30,2</u>	<u>215,3</u>	<u>8,5</u>	<u>77</u>
	161,2	35,1	350,4	16,2	87
Калібр 75 50 г/га	<u>151,7</u>	<u>26,1</u>	<u>231,4</u>	<u>10,0</u>	<u>73</u>
	175,5	30,2	372,2	18,1	80
Калібр 75 60 г/га	<u>130,2</u>	<u>22,2</u>	<u>205,5</u>	<u>8,0</u>	<u>71</u>
	150,3	28,1	358,7	17,0	77
Калібр 75 70 г/га	<u>115,3</u>	<u>18,1</u>	<u>196,3</u>	<u>6,7</u>	<u>65</u>
	132,2	23,3	321,1	14,2	69
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	<u>138,7</u>	<u>43,3</u>	<u>221,1</u>	<u>9,3</u>	<u>85</u>
	158,4	45,4	344,5	17,0	95
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	<u>167,1</u>	<u>35,4</u>	<u>245,5</u>	<u>12,8</u>	<u>80</u>
	188,2	39,1	400,1	20,2	90
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	<u>150,3</u>	<u>30,2</u>	<u>239,2</u>	<u>11,0</u>	<u>75</u>
	18,1	35,2	285,5	19,0	85
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	<u>141,7</u>	<u>25,1</u>	<u>215,3</u>	<u>9,2</u>	<u>73</u>
	170,4	31,1	371,1	18,1	83
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	<u>134,2</u>	<u>22,2</u>	<u>210,7</u>	<u>8,3</u>	<u>70</u>
	147,8	27,8	340,3	16,3	80
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<u>13,8</u>	<u>4,8</u>	<u>10,6</u>	<u>1,8</u>	<u>3,1</u>
	15,4	3,7	13,3	2,3	2,9

Примітка. \* – над рискою – 2006 р.; під рискою – 2008 р.



**Рис. 5.3. Розвиток бактерій роду *Azotobacter* у ризосфері ячменю ярого за дії гербіциду Калібр 75 та його сумішей з Агатом-25К і Агростимуліном (фаза вичолошування, 2006 р.):**

1. Без застосування препаратів (контроль I);
2. Калібр 75 40 г/га;
3. Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін;
4. Калібр 75 70 г/га.

твердженнями вчених [440] про тісний взаємозв'язок мікробіологічних процесів у ґрунті з агротехнікою вирощування культури та впливом агротехнічних заходів на стан проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів.

З вищенаведеного експериментального матеріалу можна зробити такі висновки:

- чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого за дії гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75), феноксикарбоксилічних 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 РРР 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, яким властиві захисні механізми проти дії ксенобіотиків;
- застосування гербіцидів сумісно з рістрегуляторами 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 відповідних розмірів кореневої системи та виділення нею в ризосферу поживних речовин.

### **5.3. Загальна біологічна та ферментативна активність ґрунту**

Нині надзвичайно актуальним є вивчення таких мікробіологічних показників ґрунту як "дихання" та ферментативна активність [449]. Як уже зазначалось, активація біохімічних процесів ґрунту обумовлюється зростанням чисельності мікроорганізмів та

інтенсивністю процесів їх життєдіяльності, тому визначення виділеного ґрунтом вуглекислого газу може слугувати важливим критерієм оцінки загальної біологічної активності мікробіоти.

Дослідженнями встановлено [441], що загальна біологічна активність ґрунту в значній мірі визначається хімічною природою діючої речовини гербіцидів і знижується при переході від карбаматів до тіо- та дитіокарбаматів. Також знижують інтенсивність дихання ґрунту багаторазові обробки посівів гербіцидами (наприклад, Симазином) [449].

Процеси "дихання" ґрунту нерозривно пов'язані з ферментативною активністю. Так, на прикладі Хлорсульфурону (0,009 мг/кг – концентрація відповідала виробничій) досліджена дегідрогеназна активність алювіально-лугового ґрунту, яка за дії препарату знижувалась до 57–69% [618]. Максимальне зниження фосфатазної активності відмічено вченими за обприскування посівів пшениці гербіцидами Трибуніл (1,5 кг/га) і Дозамікс (1,5 кг/га), яке складало через два дні після застосування препаратів 68–70% [448]. Зміни в ферментативній активності ґрунту були також відмічені за використання в посівах буряку цукрового гербіцидів Ептаму (5,0 л/га), ТХА (8,0 кг/га), Ленацилу (1,0–3,0 кг/га), Бетаналу (6,0 л/га), зокрема, дані гербіциди стимулювали каталазну активність та майже не впливали на активність уреаз [447]. Менш вираженою була дія на активність уреаз та інвертази гербіцидів Хлорсульфурону (10–20 г/га), Нортрону (8,0 г/га), Трибунілу (3,0 кг/га), водночас ці препарати пригнічували дегідрогеназну активність ґрунту [438].

Менш розкритою в літературі донині є ферментативна активність ґрунту за сумісної дії гербіцидів і рістрегуляторів, однак окремі дослідження засвідчують, що за присутності РРР підвищується стійкість мікробних асоціацій до дії низки пестицидів, при цьому простежується зростання каталазної і дегідрогеназної активності ґрунту [451].

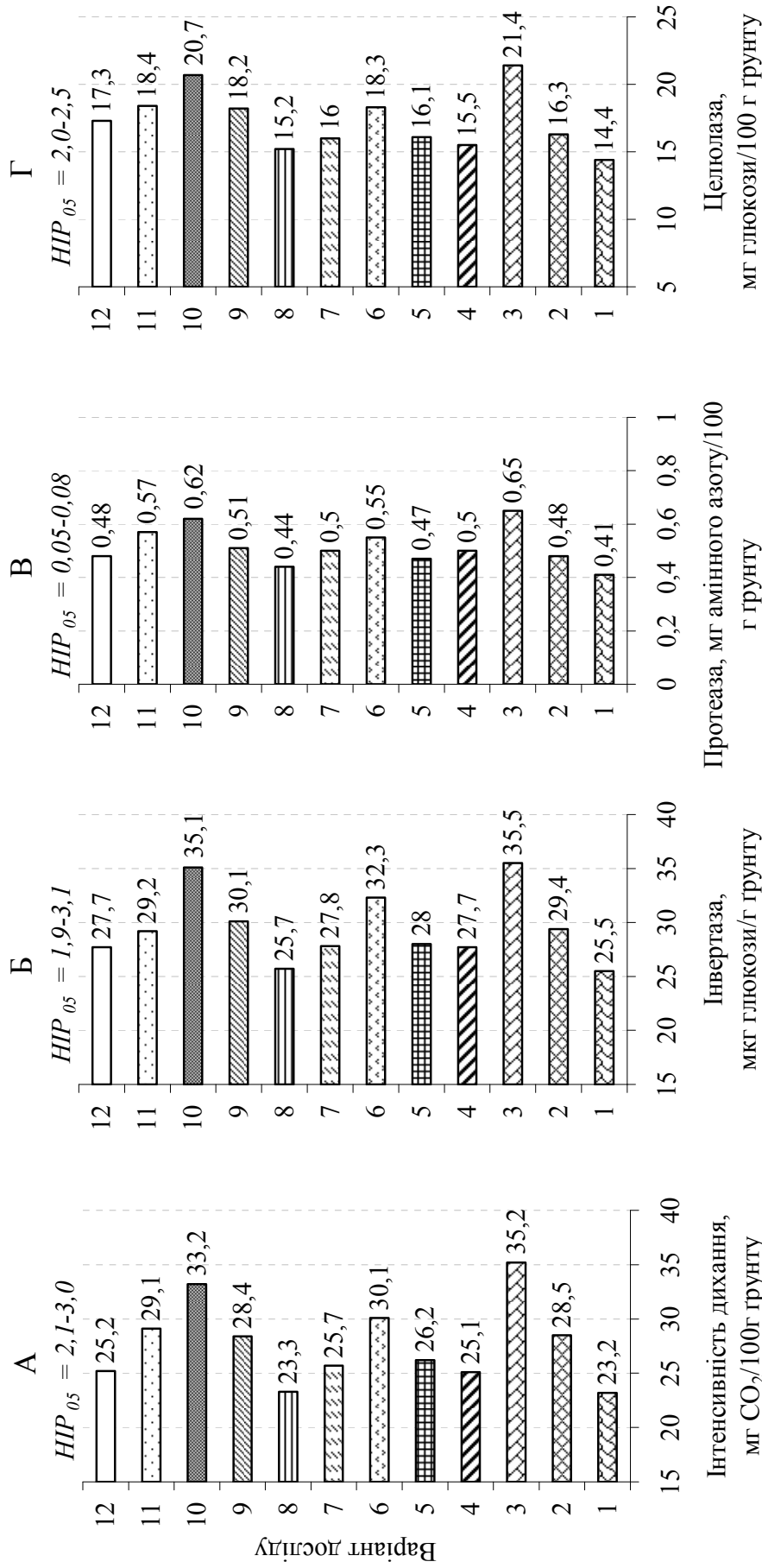
Як показали результати проведених досліджень, біологічна активність ґрунту в посівах ячменю ярого змінювалась залежно від класу хімічної речовини досліджуваних препаратів, норм їх використання та поєднання внесення препаратів у сумішах із РРР. Так, за обробки рослин ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормах 10; 15 і 20 г/га інтенсивність дихання ґрунту в фазу виголошування рослин зростала у порівнянні з контролем I відповідно на 13; 30 і 11% (рис. 5.4).

Водночас за норми внесення Гранстару 75 25 г/га інтенсивність дихання ґрунту залишалась на рівні контролю І.

За внесення Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га сумісно з Емістимом С інтенсивність дихання ґрунту перевищувала відповідні показники у варіантах досліді, де Гранстар 75 вносили без РРР, а у відношенні до контролю І зростала на 22; 43; 25 і 9%. Найвищою інтенсивність дихання ґрунту була у варіанті досліді Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що на 10 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту перевищувало контроль І. Одержані дані щодо інтенсивності дихання ґрунту за використання гербіциду Гранстар 75 окремо і в сумішах із Емістимом С узгоджуються з даними чисельності ризосферних мікроорганізмів ( $r = 0,91$ ), найбільша кількість яких була відмічена саме за використання сумішей гербіциду з БАР. Очевидно, що збільшення числа ризосферних мікроорганізмів призводить до активізації трансформаційних процесів у ґрунті, наслідком яких є активне виділення  $\text{CO}_2$ .

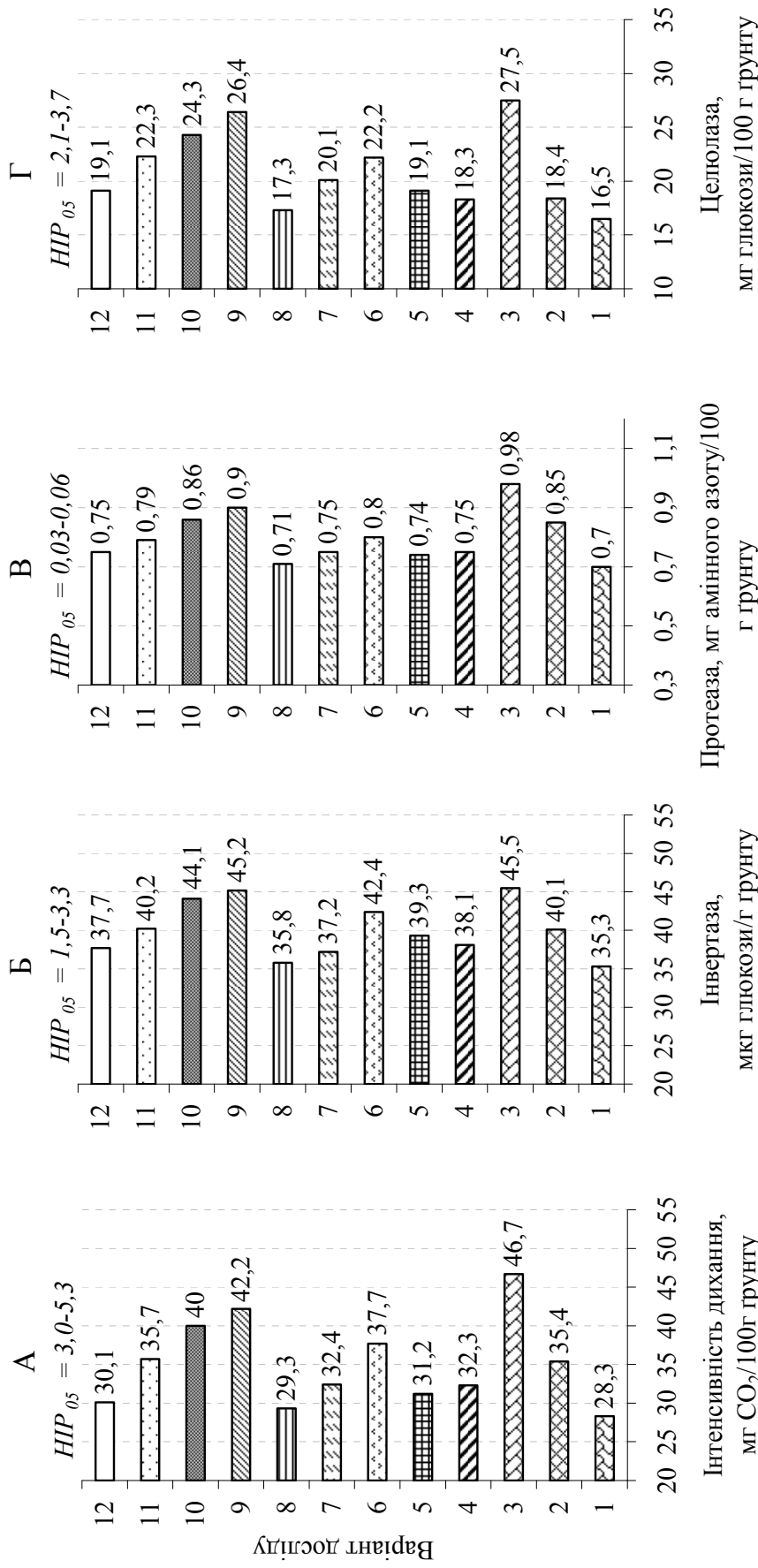
Підтвердженням цьому є висока активність ґрунтових ферментів – інвертази, протеази і целюлази. Так, за використання Гранстару 75 у нормах 10; 15 і 20 г/га активність інвертази проти контролю І зростала відповідно на 10; 27 і 9%; протеази на 15; 34 і 22%, целюлази – на 12; 27 і 11%; за обприскування рослин ячменю ярого тими ж нормах гербіциду сумісно з Емістимом С активність інвертази в порівнянні з контролем І збільшувалась відповідно на 18; 38 і 15%, протеази – на 24; 51 і 39%, целюлази – на 26; 44 і 28%. Очевидно, що зростання активності ферментів, особливо у варіантах, де гербіцид Гранстар 75 вносили сумісно з РРР Емістим С, пов'язане із змінами низки фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі, спричинених РРР, під впливом яких у ризосфері потрапляє більша кількість вуглецевого живлення (моно- й дицукрів, азотовмісних сполук та поліцукрів) [455], що стимулює розвиток мікроорганізмів та одночасно є активним пусковим механізмом їх ферментативної діяльності.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіциду Гранстар 75 з 2,4-ДА 500, внесених окремо та з РРР Емістим С встановлено, що найвищі показники інтенсивності дихання ґрунту відмічались у варіантах досліді Гранстар 75 10; 15 і 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що на 11,0; 2,3 і 3,3 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту перевищувало показники у відповідних варіантах досліді, де Емістим С у бакових сумішах не застосовували, та на 49; 41 і 26% – перевищувало контроль І (рис. 5.5).



**Рис. 5.4. Біологічна (А) та ферментативна (Б, В, Г) активність ґрунту в посівах ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза виколошування, 2000–2001 рр.):**

1. Без застосування препаратів (контроль І) ; 2. Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га; 6. Гранстар 75 15 г/га; 7. Гранстар 75 20 г/га; 8. Гранстар 75 25 г/га; 9. Гранстар 75 10 г/га + Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га + Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га + Емістим С.



**Рис. 5.5. Біологічна (А) та ферментативна (Б, В, Г) активність ґрунту в посівах ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксихлоридів 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза виколосування, 2002–2003 рр.):**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ); 3. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Гранстар 75 10 г/га+ 2,4-ДА 500 1,0 л/га; 6. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 7. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 8. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га; 9. Гранстар 75 10 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 10. Гранстар 75 15 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 11. Гранстар 75 20 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С; 12. Гранстар 75 25 г/га+2,4-ДА 500 1,0 л/га+Емістим С.

Найвищою інтенсивність дихання ґрунту була у варіанті досліді Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що узгоджується з даними високої мікробіологічної активності ґрунту ( $r = 0,97$ ) в цьому варіанті досліді та найвищій активності фотосинтетичних і ростових процесів. Цей же варіант досліді забезпечив найвищу ферментативну активність ґрунту, зокрема активність інвертази перевищувала контроль I відповідно на 28%, протеази – на 29%, целюлази – на 60%.

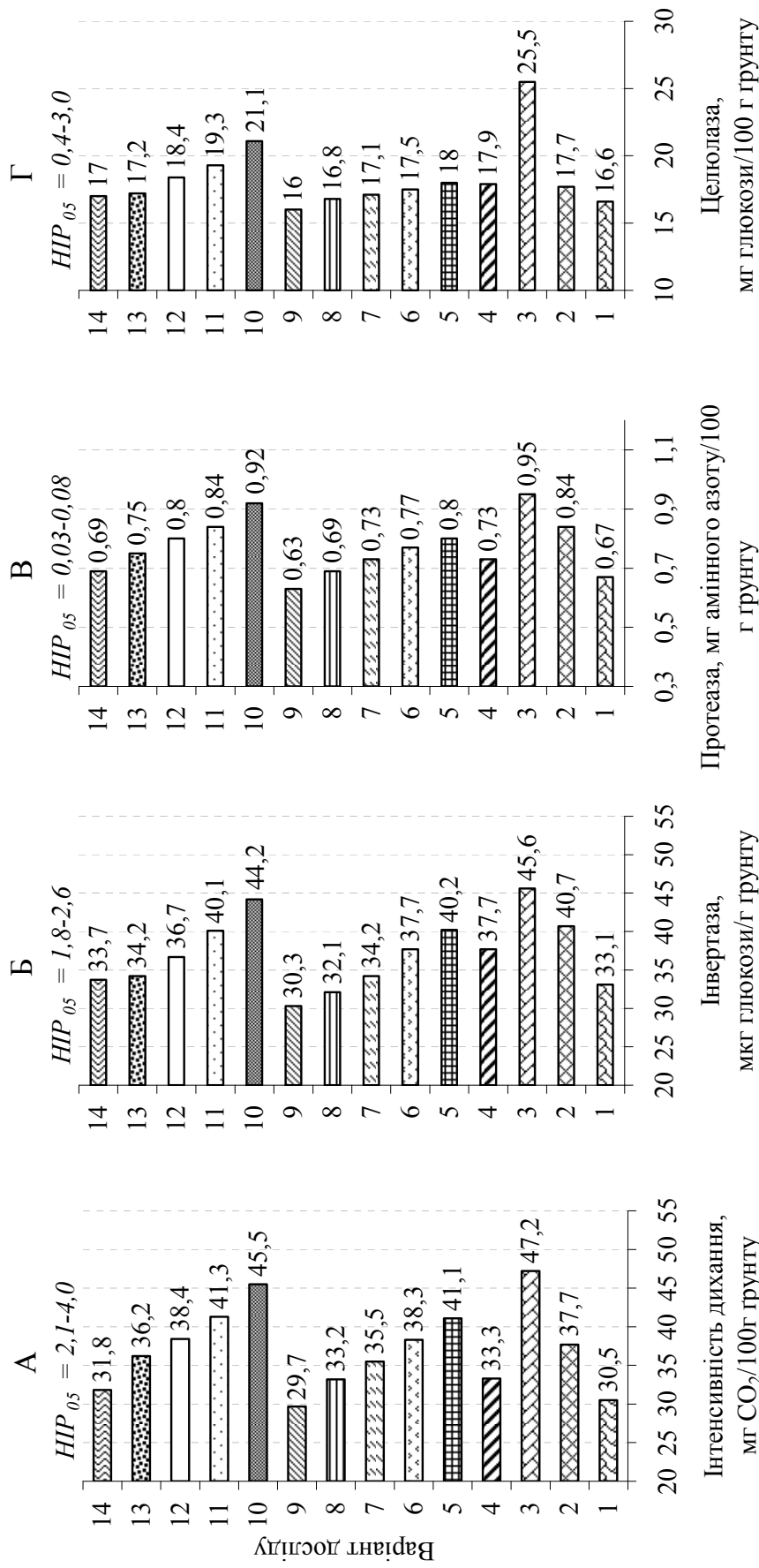
Висока інтенсивність дихання та ферментативна активність ґрунту були відмічені й у варіантах досліді контроль II і III, що вказує на залежність даних показників від ростових процесів рослинного організму.

Аналіз біологічної та ферментативної активності ґрунту за дії бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксілових кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовин Гранстар 75, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С показав, що із наростанням у сумішах норми Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га інтенсивність дихання ґрунту та активність ферментів знижуються. Однак за поєднання внесення препаратів із РРР Емістим С ці показники підвищуються (рис. 5.6). Так, за внесення Дікопуру Ф 600 у нормах 0,5–1,5 л/га з Гранстаром 75 у нормі 15 г/га інтенсивність дихання ґрунту у фазу виколошування ячменю ярого знаходилась у межах 29,7–41,1 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту, а за внесення тих же сумішей разом з Емістимом С – 31,8–45,5 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту при 30,5 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту в контролі I.

Різним був вплив даних сумішей і на активність ферментів. Зокрема, за норм внесення Дікопуру Ф 600 1,25 і 1,5 л/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га пригнічення зазнавала активність інвертази, а за норми 1,5 л/га Дікопуру Ф 600 + 2,4-ДА 500 1,0 л/га – протеази і целюлази. За поєднання внесення цих бакових сумішей з Емістимом С негативний вплив на ферменти ґрунту нівелювався і їх активність знаходилась у межах показників контролю I.

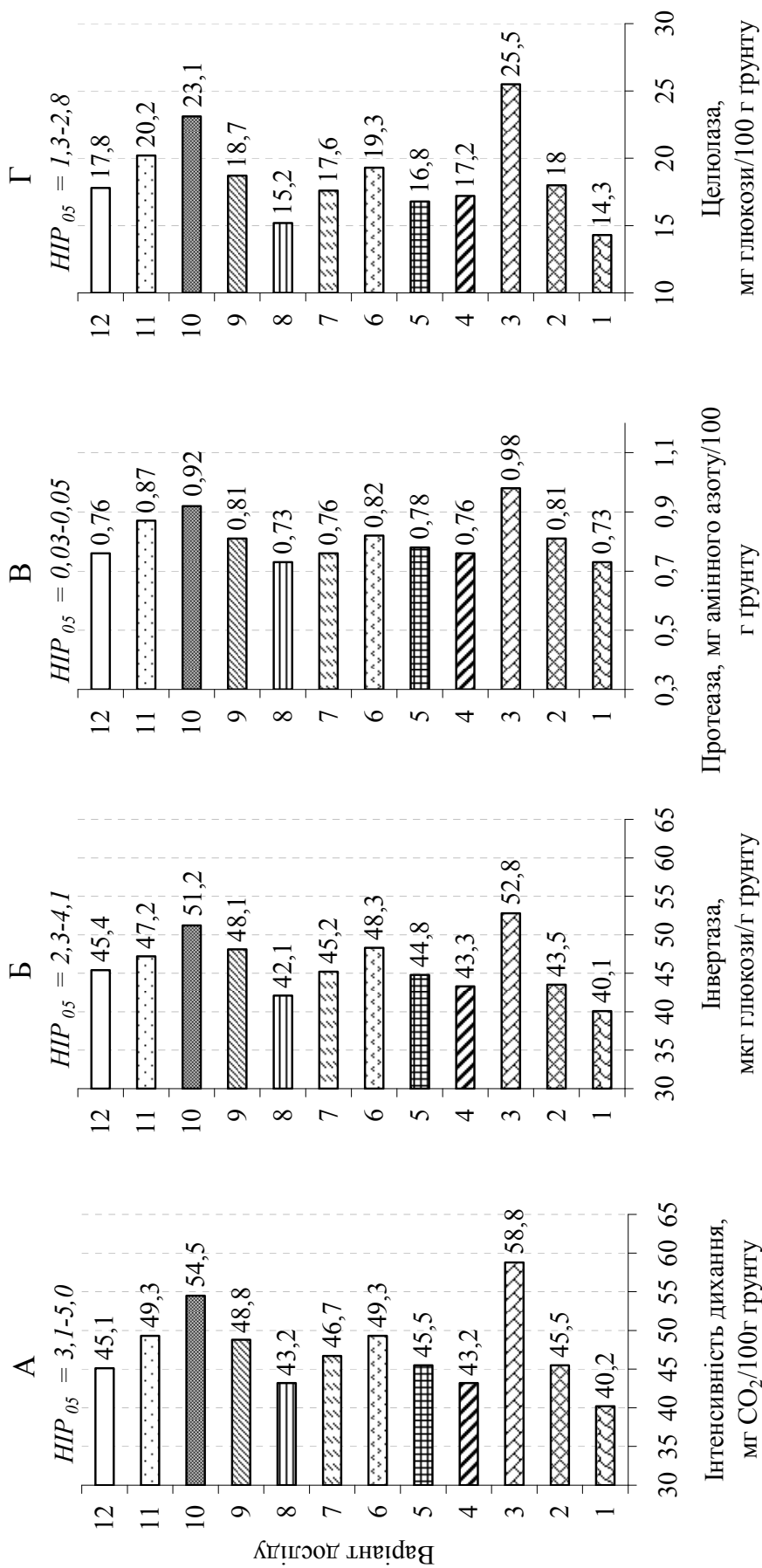
Найвища активність ґрунтових ферментів була відмічена у варіанті Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, зокрема активність інвертази, протеази і целюлази в цьому варіанті досліді перевищила показники в контролі I відповідно на 34; 37 і 27%.

Активною виявилась дія на біологічну і ферментативну діяльність ґрунту гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG (рис. 5.7). Так, із наростанням норм внесення препарату до 140 г/га інтенсивність дихання ґрунту знижувалась, хоча при цьому вона перевищувала значення в контролі I.



**Рис. 5.6. Біологічна (А) та ферментативна (Б, В, Г) активність ґрунту в посівах ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксихлоридів Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (фаза виколосування, 2002–2003 рр.):**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ);
3. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ); 4. Емістим С; 5. Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 15 г/га; 6. Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 15 г/га; 7. Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 15 г/га; 8. Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 15 г/га; 9. Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 15 г/га; 10. Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С; 11. Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 15 г/га+ Емістим С; 12. Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 15 г/га+ Емістим С; 13. Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 15 г/га+ Емістим С; 14. Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 15 г/га+ Емістим С



**Рис. 5.7. Біологічна (А) та ферментативна (Б, В, Г) активність ґрунту в посівах ячменю ярого за дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного окремо і в поєднанні із Агатом-25К (фаза викалошування, 2004–2005 рр.):**

1. Без застосування препаратів (контроль І);
2. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІ);
3. Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль ІІІ);
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.

За використання Лінтуру 70WG сумісно з Агатом-25К інтенсивність дихання ґрунту перевищувала відповідні значення як в контролі I, так і в варіантах без внесення Агату-25К. Найвища інтенсивність дихання була відмічена у варіанті Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, що перевищувало контроль I у 1,4 рази та узгоджується з найвищою мікробіологічною активністю в цьому варіанті досліді (r = 0,90).

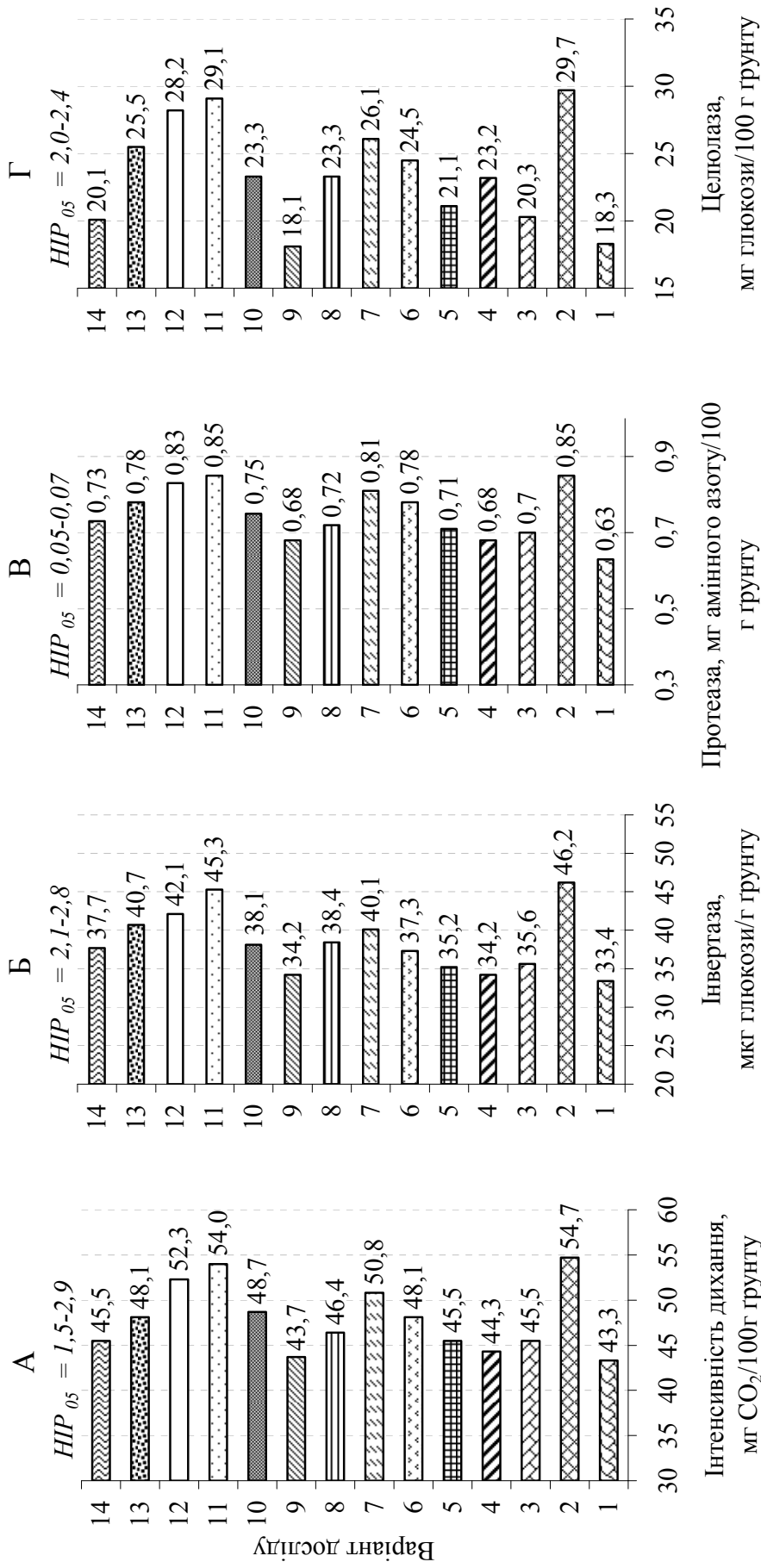
Щодо ферментативної активності ґрунту, то вона значно зростала за внесення гербіциду Лінтур 70WG у сумішах із Агатом-25К. Так, якщо у варіанті 100 г/га Лінтуру 70WG без біологічного препарату активність інвертази, протеази і целюлази у порівнянні до контролю I зростала відповідно на 20; 12 і 35%, то за внесення препарату в цій же нормі сумісно з Агатом-25К – на 28; 26 і 62% відповідно. Ці дані демонструють зв'язок ферментативної активності ґрунту з чисельністю окремих фізіологічних груп мікроорганізмів (r = 0,83), що розвивались за дії 100 г/га Лінтуру 70WG сумісно з Агатом-25К, зокрема з чисельністю амоніфікуючих та целюлозоруйнівних бактерій, які активно продукують досліджувані ферменти.

За внесення в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75 спостерігалась подібна закономірність: зі збільшенням норми гербіциду до 70 г/га інтенсивність дихання ґрунту знижувалась, хоча й перевищувала показник у контролі I (рис. 5.8). Найвищу інтенсивність дихання було відмічено у варіантах досліді із сумісним внесенням Калібру 75 з Агатом-25К і Агростимуліном. Так, за внесення 30–70 г/а Калібру 75 з рістрегулюючими препаратами інтенсивність дихання у варіантах досліді зростала відповідно в 1,1–1,2 рази.

Найвищу ферментативну активність ґрунту було зафіксовано у варіанті досліді 40 г/га Калібру 75 з Агатом-25К і Агростимуліном, де перевищення контролю I по інвертазі складало 36%, по протеазі – 35%, по целюлазі – 59%. Цей же варіант досліді відзначався найвищою чисельністю мікробіоти та окремих її фізіологічних груп, зокрема амоніфікуючих, нітрифікуючих, целюлозоруйнівних і азотфіксувальних мікроорганізмів.

Отже, підсумовуючи наведений експериментальний матеріал, можна зробити такі висновки:

- інтенсивність дихання та ферментативна активність ґрунту знаходяться в тісній залежності від виду і норм внесених гербіцидів та поєднання їх у сумішах із БАР;



**Рис. 5.8. Біологічна (А) та ферментативна (Б, В, Г) активність ґрунту в посівах ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (фаза викалошування, 2006, 2008 рр.):**

1. Без застосування препаратів (контроль І); 2. Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІ); 3. Агат-25К; 4. Агростимулін; 5. Калібр 75 30 г/га; 6. Калібр 75 40 г/га; 7. Калібр 75 50 г/га; 8. Калібр 75 60 г/га; 9. Калібр 75 70 г/га; 10. Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 11. Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 12. Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 13. Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін; 14. Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін.

- із наростанням норм внесення гербіцидів до максимальних простежується зниження інтенсивності дихання ґрунту та його ферментативної активності, але за поєднаного застосування гербіцидів із РРР цей негативний вплив зменшується;
- 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 спостерігаються найвищі показники інтенсивності дихання та ферментативної активності ґрунту, що узгоджується з даними високої чисельності загальної мікробіоти в ризосфері рослин та окремих її фізіологічних груп ( $r = 0,94; 0,92$ ), у той же час це може свідчити про активізацію трансформаційних процесів у ґрунті та підвищену фізіолого-біохімічну активність ячменю ярого, за якої продукування та виділення кореневою системою рослин у ґрунт вуглекислоти зростає.

#### **5.4. Епіфітна мікробіота філосфери та ураженість рослин фітопатогенами**

Нині увагу вчених все більше привертає питання функціонування епіфітної мікробіоти надземних органів рослин, зокрема філосфери листків [413, 478, 483]. Склад епіфітних мікроорганізмів філосфери є надзвичайно різноманітним, але він змінюється залежно від виду рослин, фази їх розвитку, складу органічних речовин, що виділяються через покривні тканини листка назовні та ін. [413, 461].

Мікроорганізми філосфери, у тому числі й фітопатогенні, формують своєрідні асоціації, вплив на які хімічних та біологічних речовин є вивченим недостатньо. Так, у посівах ячменю ярого за обробки рослин гербіцидом Діален (1,5 л/га) виявлено зниження числа філосферних бактерій і грибів [483]. Щодо впливу на епіфітну мікробіоту листків біологічних препаратів, вчені схиляються до думки, що обмеження їх розвитку відбувається за рахунок фунгістатичної дії на мікроорганізми складових препаратів [479–481]. Це доведено дослідями, виконаними в посівах пшениці озимої та ярої, за обробки препаратами Бактофіт і Агат-25К [479, 482]. В цілому, узагальнення літературних джерел дає підставу

стверджувати, що обмеження розвитку епіфітної мікробіоти, зокрема фітопатогенної, у філосфері сільськогосподарських культур за дії БАР відбувається за рахунок:

- стимулювання проходження в рослинах обмінних процесів, результатом яких є підвищення резистентності та підсилення імунітету рослин [474, 475, 611];
- стимулювання розвитку в складі філосферної мікробіоти аборигенних мікроорганізмів – антагоністів збудників захворювань [619];
- безпосереднього впливу складових БАР на розвиток епіфітної, у тому числі й фітопатогенної мікробіоти [480, 483].

Майже не з'ясованим донині залишається питання впливу на мікробіоту філосфери рослин бакових сумішей гербіцидів із БАР, але в окремих роботах відзначається позитивний вплив таких сумішей на зниження рівня ураження рослин фітопатогенами [106, 484, 488], що свідчить про необхідність проведення подальших досліджень у цьому напрямку.

Як показали результати виконаних досліджень, чисельність філосферної мікробіоти ячменю ярого залежала від погодних умов, що склались у роки проведення досліджень, норм внесення у сумішах гербіцидів та поєднання їх застосування із БАР. Так, аналізуючи чисельність бактерій і мікроміцетів у філосфері ячменю у 2004 і 2005 рр., можна стверджувати, що більша їх кількість розвивалась на поверхні листків у 2005 р., який відзначався більшою вологозабезпеченістю. Зокрема, якщо в конторі І у 2005 р. нараховувалось бактерій 4,33, а грибів 0,16 тис. КУО/см<sup>2</sup>, то у 2004 р. – 2,86 і 0,093 тис. КУО/см<sup>2</sup> відповідно.

Аналізуючи більш детально вплив гербіциду Лінтур 70WG на чисельність філосферних бактерій у 2004 р., можна відмітити, що за дії препарату в нормах 90; 100; 120 і 140 г/га їх чисельність перевищувала показники в контролі І відповідно на 9; 27; 14 і 5%, у той же час за внесення цих же норм гербіциду сумісно з Агатом-25К – на 2; 22; 8 і 2%. З цих даних видно, що із наростанням норм внесення гербіциду Лінтур 70WG чисельність бактерій зменшувалась і, особливо, це простежувалось у варіантах, де Лінтур 70WG вносили сумісно з Агатом-25К (табл. 5.17).

Вочевидь, це пов'язано з умовами існування, що склались для мікроорганізмів на поверхні листків ячменю ярого, і які визначаються станом проходження фізіолого-біохімічних процесів

у рослинах. Так, найвища фотосинтетична активність ячменю ярого у варіантах Лінтур 70WG 90 і 100 г/га, ймовірно, забезпечувала більш активне виділення на поверхню листків метаболітів, водночас, за дії 120 і 140 г/га препарату нагромадження органічної речовини в рослинах проходило менш інтенсивно.

Таблиця 5.17

**Чисельність епіфітних мікроорганізмів філосфери ячменю ярого за дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К (фаза викалошування)**

Варіант досліджу	Чисельність, тис. КУО/см <sup>2</sup>					
	бактерій			мікроміцетів		
	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	2,86	4,33	3,60	0,093	0,16	0,13
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	4,12	6,12	5,12	0,076	0,12	0,098
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	3,82	5,92	4,87	0,063	0,10	0,082
Агат-25К	2,76	4,01	3,39	0,083	0,14	0,112
Лінтур 70WG 90 г/га	3,11	4,86	3,99	0,080	0,15	0,115
Лінтур 70WG 100 г/га	3,62	5,32	4,47	0,077	0,13	0,104
Лінтур 70WG 120 г/га	3,27	4,91	4,09	0,070	0,12	0,095
Лінтур 70WG 140 г/га	3,01	4,18	3,60	0,065	0,10	0,083
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	2,91	4,72	3,82	0,070	0,12	0,095
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	3,48	5,01	4,25	0,061	0,09	0,076
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	3,10	4,76	3,93	0,054	0,07	0,062
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	2,91	4,00	3,46	0,048	0,06	0,056
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,17</i>	<i>0,15</i>	–	<i>0,012</i>	<i>0,03</i>	–

Незначне зменшення числа філосферних бактерій у варіантах досліду Лінтур 70WG + Агат-25К засвідчує опосередкований вплив на мікроорганізми біопрепарату, складовими якого є фітоалексини.

У середньому за два роки досліджень збільшення числа бактерій було відмічено і в варіанті контроль II, де виконувались ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду. Так, число бактерій в даному варіанті перевищувало їх кількість в контролі I на 42%. Ці дані переконливо демонструють залежність розвитку філосферних бактерій ячменю ярого від стану фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, адже саме в цьому варіанті досліду простежувалась найвища фотосинтетична активність посівів.

Щодо розвитку мікроміцетів у філосфері ячменю ярого, то з наростанням норм внесення Лінтуру 70WG до 140 г/га їх кількість у варіантах досліду зменшувалась. Так, у середньому за 2004–2005 рр. за внесення Лінтуру 70WG у нормах 90–140 г/га кількість мікроміцетів у варіантах досліду знаходилась у межах 0,083–0,115 тис. КУО/см<sup>2</sup> при 0,13 тис. КУО/см<sup>2</sup> у контролі I. За внесення гербіциду Лінтур 70WG у нормах 90–140 г/га у поєднанні з Агатом-25К спостерігалось зменшення чисельності мікроміцетів (0,056–0,095 тис. КУО/см<sup>2</sup>) як у порівнянні до контролю I, так і до варіантів, де Лінтур 70WG застосовували в тих же нормах, але без Агату-25К. Ці дані свідчать про фунгістатичні властивості біопрепарату Агат-25К, обумовлені складовими продуктів життєдіяльності бактерій *Pseudomonas aureofaciens*.

Подібний вплив на розвиток мікроорганізмів у філосфері ячменю ярого мав гербіцид Калібр 75 (табл. 5.18). Так, у середньому за 2006 і 2008 рр. чисельність бактерій філосфери за внесення 30; 40; 50; 60 і 70 г/га Калібру 75 зростала проти контролю I відповідно на 6; 18; 33; 8 і 3%.

У варіантах досліду, де Калібр 75 вносили сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном, число бактерій у відношенні до відповідних варіантів без рістрегуляторів зменшувалось, але найбільшим було в варіанті Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, що може свідчити про створення за дії в посівах ячменю ярого даної композиції найбільш сприятливих умов для функціонування філосферних бактерій. Розвиток мікроміцетів філосфери ячменю ярого за використання гербіциду Калібр 75 також зазнавав суттєвих змін.

Таблиця 5.18

**Чисельність епіфітних мікроорганізмів філосфери ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (фаза колосіння)**

Варіант досліджу	Чисельність, тис. КУО/см <sup>2</sup>					
	бактерій			мікроміцетів		
	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	3,34	5,26	4,30	0,087	1,19	0,64
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	5,26	7,31	6,29	0,073	1,16	0,62
Агат-25К	3,11	4,92	4,02	0,065	1,13	0,60
Агростимулін	3,22	5,01	4,12	0,076	1,17	0,62
Калібр 75 30 г/га	3,62	5,45	4,54	0,095	1,24	0,67
Калібр 75 40 г/га	3,93	6,24	5,09	0,087	1,20	0,64
Калібр 75 50 г/га	4,34	7,12	5,73	0,081	1,18	0,63
Калібр 75 60 г/га	3,81	5,51	4,66	0,075	1,15	0,61
Калібр 75 70 г/га	3,52	5,32	4,42	0,070	1,13	0,60
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	3,31	4,98	4,15	0,081	1,16	0,62
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	2,92	5,82	4,37	0,070	1,12	0,60
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	3,12	6,71	4,92	0,058	1,10	0,58
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	2,61	5,32	3,97	0,045	0,87	0,46
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	2,33	5,28	3,81	0,040	0,75	0,40
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>1,12</i>	<i>0,33</i>	–	<i>0,013</i>	<i>0,07</i>	–

Так, за внесення Калібру 75 у нормах від 30 до 70 г/га чисельність мікроміцетів у відношенні до контролю I зменшувалась, а за використання гербіциду в поєднанні з біологічними препаратами їх чисельність зменшувалась не тільки у відношенні до контролю I, 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 роботою антиоксидантних систем на фоні фунгістатичної дії біопрепарату Агат-25К.

Аналіз фітопатогенної мікробіоти ячменю ярого показав, що як і в випадку з чисельністю філосферних бактерій і грибів, розвиток цих груп мікроорганізмів відбувався в тісній залежності з погодними умовами і був найбільшим у роки з високою вологозабезпеченістю – у 2005 і 2008 рр. (табл. 5.19, 5.20). Так, звернувши увагу на частку ураження рослин ячменю ярого борошнистою росою (*Erysiphe graminis*), можна констатувати, що в середньому за 2000–2005 рр. у варіантах досліду Лінтур 70 WG 90–140 г/га він коливався у межах 9,0–9,7% при 9,8% у контролі. Незначне зниження в цих варіантах досліду частки уражених рослин борошнистою росою, можливо, пов'язане з покращенням фітосанітарного стану посівів. Так, у результаті знищення гербіцидом бур'янів забезпечується краща «аерація» посівів, завдяки якій створюються несприятливі умови для локалізації і розвитку додаткових джерел інфекції. Водночас у варіанті 140 г/га Лінтуру 70WG рівень ураження рослин хворобою, не дивлячись на високу частку знищення бур'янів, був майже таким, як і в контролі I. Очевидно, що за високих норм внесення гербіцидів толерантність рослин до захворювань знижується.

За обробки рослин ячменю ярого Лінтуром 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га у поєднанні з Агатом-25К ураження рослин *Erysiphe graminis* значно знижувалось, що в порівнянні до контролю I становило відповідно 32; 38; 31 і 24%.

При дослідженні фітопатогенної мікробіоти в посівах ячменю ярого за використання гербіциду Лінтур 70WG та його сумішей із Агатом-25К важливим було встановити дію препаратів на розвиток найбільш шкодочинної групи захворювань – плямистостей: темно-бурої (*Bipolaris sorokiniana*); сітчастої (*Drechslera teres*); смугастої (*Drechslera graminea*) та септоріозу (*Septoria tritici*).

Таблиця 5.19

**Вплив гербіциду Лінтур 70WG, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К, на ураження рослин ячменю ярого фітопатогенами (фаза колосіння), %**

Варіант досліду	Борошниста роса			Плямистості		
	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	8,3	11,2	9,8	18,2	25,6	21,9
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	7,8	10,2	9,0	17,3	24,3	20,8
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	5,2	7,3	6,3	11,1	16,2	13,7
Агат-25К	6,1	7,8	7,0	16,2	18,3	17,3
Лінтур 70WG 90 г/га	7,8	11,0	9,4	17,8	22,3	20,1
Лінтур 70WG 100 г/га	7,6	10,3	9,0	17,0	21,2	19,1
Лінтур 70WG 120 г/га	7,9	10,8	9,4	18,0	24,7	21,4
Лінтур 70WG 140 г/га	8,2	11,1	9,7	18,2	25,8	22,0
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	6,1	7,2	6,7	13,3	17,3	15,3
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	5,2	7,0	6,1	9,2	15,2	12,2
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	6,0	7,6	6,8	10,4	16,8	13,6
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	6,7	8,3	7,5	14,4	17,3	15,9
<i>НІР<sub>05</sub></i>	1,3	2,8	–	3,1	4,9	–

Проведені дослідження показали, що за дії Лінтуру 70WG у нормах 90 і 100 г/га ураження рослин ячменю ярого комплексом плямистостей в порівнянні з контролем I дещо знижувалось, однак за дії норм препарату 120 і 140 г/га – підвищувалось. Ймовірно, це є наслідком послаблення опірності рослинного організму хворобам за дії високих норм препаратів.

Таблиця 5.20

**Вплив гербіциду Калібр 75, внесеного роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном, на ураження рослин ячменю ярого фітопатогенами (фаза колосіння), %**

Варіант досліджу	Борошниста роса			Плямистості		
	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	6,2	13,4	9,8	20,1	28,7	24,4
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	5,1	10,1	7,6	17,3	18,1	17,7
Агат-25К	4,3	7,2	5,8	15,5	17,5	16,5
Агростимулін	5,9	12,8	9,4	18,1	25,2	21,7
Калібр 75 30 г/га	6,0	12,7	9,4	18,7	27,2	23,0
Калібр 75 40 г/га	5,8	11,7	8,8	17,3	25,3	21,3
Калібр 75 50 г/га	5,7	12,8	9,3	19,1	26,1	22,6
Калібр 75 60 г/га	6,0	13,1	9,6	19,8	27,7	23,8
Калібр 75 70 г/га	6,1	13,3	9,7	20,0	28,5	24,3
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	4,3	6,7	5,5	11,1	15,3	13,2
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	3,2	4,5	3,9	9,7	13,2	11,5
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	3,0	5,2	4,1	8,2	11,8	10,0
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	3,8	6,1	5,0	10,1	14,3	12,2
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	4,5	6,8	5,7	12,3	16,2	14,3
<i>НІР<sub>05</sub></i>	1,5	6,3	–	6,5	8,8	–

За використання Лінтуру 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га сумісно з Агатом-25К ураження рослин плямистостями знижувалось відповідно на 30; 44; 38 і 27%. Ці дані демонструють фунгістатичну активність препарату Агат-25К та узгоджуються з експериментальними даними інших учених, які за самостійного використання біологічних препаратів та в сумішах їх з гербіцидами спостерігали зниження ураження рослин плямистостями [480–482, 599].

Подібну закономірність розвитку фітопатогенних мікроорганізмів нами було відмічено й за використання в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном (табл. 5.20). Так, у середньому за 2006 і 2008 рр. найвища частка ураження рослин ячменю ярого борошнистою россою і плямистостями спостерігалася у варіантах досліді із самостійним внесенням Калібру 75. Водночас за внесення Калібру 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га у поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном частка ураження рослин фітопатогенними мікроорганізмами знижувалась і складала в порівнянні до контролю I відповідно 56; 40; 42; 51 і 58% для борошнистої роси і 54; 47; 41; 50 та 59% – відповідно для комплексу плямистостей.

Порівнюючи дію на розвиток фітопатогенних мікроорганізмів у посівах ячменю ярого гербіцидів Лінтур 70WG та Калібр 75, можна констатувати, що суміш Калібру 75 з Агатом-25К і Агростимуліном у боротьбі з хворобами проявляла вищу ефективність. Вочевидь, що в сумішах з гербіцидом рістрегулюючі препарати Агат-25К і Агростимулін підсилюють дію один одного, що в поєднанні з фунгістатичними властивостями складових Агату-25К підвищує стійкість рослин до патогенів.

Підсумовуючи вищевикладений експериментальний матеріал, можна констатувати:

- розвиток мікробіоти філосфери ячменю ярого залежить від агрокліматичних умов та перебігу фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, обумовлених видом, нормами застосування гербіцидів і поєднанням їх внесення з біологічними препаратами;
- найбільш активно розвиток бактерій і мікроміцетів у філосфері ячменю ярого проходить за використання гербіцидів Лінтур 70WG і Калібр 75 у сумішах із біологічними препаратами Агат-25К і Агростимулін, однак при цьому просте-

жується залежність їх чисельності від норм внесення гербіцидів: за мінімальних та оптимальних норм – чисельність бактерій і мікроміцетів зростає або рівняється контрольним показникам; за наростання норм внесення до максимальних – знижується;

- найбільш відчутне зниження мікробіоти філосфери ячменю ярого простежується серед мікроміцетів, особливо за використання гербіцидів у поєднанні з Агатом-25К, що обумовлюється фунгістатичними властивостями препарату;
- гербіцид Лінтур 70WG у нормах 90–100 г/га сумісно з Агатом-25К та гербіцид Калібр 75 – 30–50 г/га сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном забезпечують зниження в межах 30–60% ураження посівів ячменю ярого збудниками хвороб *Erysiphe graminis*, *Bipolaris sorociniana*, *Drechslera teres*, *Drechslera graminea* та *Septoria tritici*.
- з поміж досліджуваних сумішей більш високу ефективність у боротьбі з фітопатогенною мікробіотою ячменю ярого проявляє гербіцид Калібр 75 у поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, що пов'язано із взаємним синергічним підсиленням імуностимулюючих властивостей даних біологічних препаратів у відношенні до рослин та із безпосередньою фунгістатичною дією біопрепарату Агат-25К на збудників захворювань.



## **6. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ТА АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В БУР'ЯНАХ, ЇХ КІЛЬКІСТЬ І ВИДОВИЙ СКЛАД ЗА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ ІЗ РІСТРЕГУЛЯТОРАМИ**

### **6.1. Фізіолого-біохімічні та анатомо-морфологічні зміни в бур'янах**

Загальновідомо, що дія будь-якого гербіциду на бур'яни розпочинається з потрапляння препарату на листову поверхню та активного його надходження через складну систему біологічних перешкод до сайту своєї дії [109, 110].

Ефективність контакту гербіцидного агента з листовою пластинкою визначається низкою чинників: характером інервації листової поверхні; наявністю трихомного покриву та кутукули; розташуванням точки росту на ін. [112, 115]. Саме ці передумови є важливими складовими процесу надходження гербіциду в мезофіл листка та його транслокації.

У мезофілі листка гербіцидний агент, долаючи активно клітинну стінку та плазмалему, шляхом активного або пасивного транспорту надходить до цитоплазми клітини та окремих клітинних органел [82, 135].

Основна маса гербіциду в рослині акумулюється листками, однак шляхом пересування симпластом або апопластом токсикант може потрапляти й в інші органи [141, 147, 148], де після транслокації відбувається його взаємодія із біологічною системою на рівні ключових фізіологічних реакцій.

До основних фізіологічних реакцій, які за дії гербіцидів викликають порушення обмінних процесів, а в подальшому призводять до загибелі бур'янів, відносять:

- порушення балансу ендогенних фітогормонів [251, 524];
- порушення роботи антиоксидантних систем, наслідком чого є активне продукування в клітинах АФК та зростання реакцій ПОЛ [286–288];
- зміни в складі і будові пігментного комплексу, які призводять до порушення фотосинтетичних процесів [332, 348, 349] і вуглеводного обміну [86, 369];
- зміни в анатомо-морфологічній будові окремих тканин і органів [78].

Зважаючи на вищевикладене, можна констатувати, що загибель бур'янів за дії гербіцидів можлива як на рівні порушення однієї фізіологічної реакції, так і їх комплексу. Тому, з метою з'ясування ступеня впливу гербіцидів і РРР на бур'яни, актуальними є дослідження спрямованості їх дії на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів, що дасть можливість розкрити основні механізми формування фітотоксичності препаратів.

Для досягнення поставлених завдань було виконано дослідження проходження фізіолого-біохімічних процесів на прикладі двох видів бур'янів – редьки дикої (*Raphanus raphanistrum* L.) і осоту рожевого (*Cirsium arvense* (L.) Scop.).

Як показали результати проведених досліджень, фізіолого-біохімічні процеси у бур'янів під впливом гербіцидів зазнавали суттєвих змін, але при цьому простежувалась залежність спрямованості цих процесів від норм внесення препаратів та періоду, що минув після обприскування посівів. Так, за обробки *Raphanus raphanistrum* гербіцидом Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га вміст суми хлорофілів у листках рослин на третю добу застосування препарату знижувався і відповідно для 2000 і 2001 рр. досліджень це зниження знаходилось у межах 2–5% і 1–4% (табл. 6.1). Подібна закономірність була відмічена нами і за обробки *Raphanus raphanistrum* сумішами Гранстару 75 із Емістимом С, зокрема вміст хлорофілу в цих варіантах досліджу мало чим відрізнявся від показників у варіантах, де Емістим С не застосовували. Водночас, аналізуючи інтенсивність транспорту електронів у листках рослин можна відмітити, що із наростанням норм внесення Гранстару 75 від 10 до 25 г/га цей показник у 2000 р. в порівнянні з контролем знижувався відповідно на 24–81%, у 2001 р. – на 15–67%.

За використання Гранстару 75 у нормах 10–25 г/га сумісно з Емістимом С інтенсивність транспорту електронів у листках

*Raphanus raphanistrum* знижувалась в порівнянні з контролем відповідно на 24–81% у 2000 р. та на 16–67% – у 2001 р., тобто суттєвої різниці в інтенсивності транспорту електронів між варіантами із самостійним внесенням Гранстару 75 та з використанням його в бакових сумішах із Емістимом С відмічено не було.

Таблиця 6.1

**Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах *Raphanus raphanistrum* за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного окремо і в поєднанні з Емістимом С (третя доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	$X_{л(а+в)}$ , мг/г сирої маси	Інтенсивність транспорту електронів, мк Моль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хлорофілу за годину	Сума цукрів, % на суху речовину	Вміст у листках води, %
Без застосування препаратів (контроль)	<u>0,633*</u>	<u>10,83</u>	<u>1,73</u>	<u>70,3</u>
	0,831	15,63	1,92	81,2
Емістим С	<u>0,758</u>	<u>11,32</u>	<u>1,85</u>	<u>72,1</u>
	0,852	18,01	2,00	80,3
Гранстар 75 10 г/га	<u>0,621</u>	<u>8,22</u>	<u>1,62</u>	<u>65,1</u>
	0,825	13,21	1,78	70,2
Гранстар 75 15 г/га	<u>0,613</u>	<u>7,11</u>	<u>1,43</u>	<u>51,2</u>
	0,820	10,18	1,53	58,1
Гранстар 75 20 г/га	<u>0,607</u>	<u>4,03</u>	<u>1,31</u>	<u>43,3</u>
	0,813	8,17	1,41	41,1
Гранстар 75 25 г/га	<u>0,600</u>	<u>2,08</u>	<u>1,12</u>	<u>38,1</u>
	0,800	5,13	1,22	30,2
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	<u>0,625</u>	<u>8,21</u>	<u>1,63</u>	<u>63,2</u>
	0,823	13,13	1,67	68,8
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	<u>0,612</u>	<u>7,08</u>	<u>1,38</u>	<u>52,1</u>
	0,810	10,0	1,48	57,1
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	<u>0,610</u>	<u>4,05</u>	<u>1,22</u>	<u>44,0</u>
	0,814	7,88	1,48	38,3
Гранстар 25 г/га + Емістим С	<u>0,601</u>	<u>2,11</u>	<u>1,08</u>	<u>37,3</u>
	0,802	5,10	1,11	27,7
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<u>0,012</u>	<u>2,18</u>	<u>0,13</u>	<u>4,8</u>
	0,008	2,41	0,24	8,7

Примітка. \* – над ризикою – 2000 р.; під ризикою – 2001 р.

Одержані дані демонструють, що в початковий період дії Гранстару 75 пігментний комплекс *Raphanus raphanistrum* зазнає менш відчутних змін, у той же час фотохімічна активність хлоропластів у порівнянні з контролем знижується на 16–81% незале-

жно від того як вносили гербіцид – роздільно, чи в сумішах із РРР. Ці дані узгоджуються з дослідженнями інших учених, які відмічали значне зниження фотохімічної активності хлоропластів у чутливих до дії гербіцидів видів бур'янів [351, 353].

Обробка рослин *Raphanus raphanistrum* Гранстаром 75 зумовила зниження вмісту в листках рослин суми цукрів. Зокрема найнижчий вміст цукрів на третю добу після застосування було відмічено за норми внесення Гранстарау 75 25 г/га як окремо, так і в сумішах із Емістимом С, що складало в середньому за 2000–2001 рр. в порівнянні до контролю 61%.

Подібною була залежність із вмістом у листках *Raphanus raphanistrum* води: зі збільшенням норм внесення Гранстарау 75 до 25 г/га як за самостійного внесення препарату, так і в сумішах із РРР, вміст води в листках рослин знижувався. Це може вказувати на інтенсифікацію в рослинах *Raphanus raphanistrum* під впливом гербіциду транспіраційних процесів, які призводять до не продуктивного витрачання води тканинами листка та запускають механізми їх поступового відмирання.

Вивчаючи зміни в фізіолого-біохімічних процесах *Raphanus raphanistrum* на восьму добу після застосування гербіциду Гранстар 75, нами встановлено, що всі досліджувані показники в порівнянні до періоду визначення на третю добу після обробки рослин значно знижувались (табл. 6.2).

Так, якщо на третю добу після внесення гербіциду Гранстар 75 вміст суми хлорофілів у листках *Raphanus raphanistrum* знижувався як проти контролю, так і до показників попереднього періоду визначення. Зокрема, за окремого внесення Гранстарау 75 у нормах 10–25 г/га та в поєднанні з Емістимом С зниження суми хлорофілів у листках *Raphanus raphanistrum* складало в середньому за 2000–2001 рр. 47–94%. Очевидно, що на більш пізніх етапах дії препарату відбувається активна деградація хлорофілу, обумовлена розвитком у рослинах оксидативного стресу та підвищеним нагромадженням продуктів ПОЛ [285, 286].

Значні зміни у *Raphanus raphanistrum* були відмічені і в проходженні фотохімічних реакцій у хлоропластах. Так, з наростанням норм внесення Гранстарау 75 до 25 г/га інтенсивність транспорту електронів у хлоропластах знижувалась у середньому за 2000–2001 рр. у 15 разів, а за використання гербіциду з РРР – у 17 разів. Одержані дані щодо зниження вмісту хлорофілу та пригні-

чення фотохімічної активності хлоропластів у листках *Raphanus raphanistrum* чітко демонструють розлад у проходженні фотосинтетичних процесів, наслідком якого є зниження вмісту вуглеводів. Так, за внесення Гранстару 75 у нормах 10–25 г/га як окремо, так і в поєднанні з РРР Емістим С зниження суми цукрів у листках *Raphanus raphanistrum* на восьму добу після обприскування рослин складало в середньому до контролю 44–96% у 2000 р. та 44–90% – у 2001 р.

Таблиця 6.2

**Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах *Raphanus raphanistrum* за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного окремо і в поєднанні з Емістимом С (восьма доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	$X_{л(a+b)}$ , мг/г сирої маси	Інтенсивність транспорту електронів, мк Моль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хлорофілу за годину	Сума цукрів, % на суху речовину	Вміст у листках води, %
Без застосування препаратів (контроль)	<u>0,853*</u>	<u>12,63</u>	<u>2,01</u>	<u>73,3</u>
	1,112	18,31	2,33	85,5
Емістим С	<u>0,901</u>	<u>13,11</u>	<u>2,13</u>	<u>74,2</u>
	1,230	20,12	2,44	86,6
Гранстар 75 10 г/га	<u>0,422</u>	<u>6,13</u>	<u>1,13</u>	<u>51,3</u>
	0,613	8,12	1,31	48,1
Гранстар 75 15 г/га	<u>0,311</u>	<u>4,11</u>	<u>0,75</u>	<u>40,2</u>
	0,420	5,11	0,75	31,1
Гранстар 75 20 г/га	<u>0,124</u>	<u>3,01</u>	<u>0,31</u>	<u>20,1</u>
	0,213	2,31	0,41	18,5
Гранстар 75 25 г/га	<u>0,013</u>	<u>1,12</u>	<u>0,12</u>	<u>10,2</u>
	0,112	0,93	0,23	9,1
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	<u>0,400</u>	<u>6,00</u>	<u>1,28</u>	<u>50,8</u>
	0,608	8,00	1,28	43,3
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	<u>0,312</u>	<u>3,21</u>	<u>0,80</u>	<u>38,1</u>
	0,412	4,98	0,80	30,1
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	<u>0,126</u>	<u>2,13</u>	<u>0,32</u>	<u>18,3</u>
	0,185	2,28	0,53	17,8
Гранстар 25 г/га + Емістим С	<u>0,009</u>	<u>1,01</u>	<u>0,08</u>	<u>10,4</u>
	0,110	0,81	0,24	8,3
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<u>0,301</u>	<u>5,81</u>	<u>0,31</u>	<u>8,3</u>
	0,184	2,11	0,28	10,2

Примітка. \* – над ризикою – 2000 р.; під ризикою – 2001 р.

Щодо вмісту води в листках *Raphanus raphanistrum*, то на восьму добу після застосування Гранстару 75 він значно знижувався, однак найбільш відчутним це зниження було у варіантах, де препарат вносили в нормах 20–25 г/га як окремо, так і в сумішах із РРР. Активне зневоднення рослин, яке спостерігалось в цих варіантах досліджу, призводило до поступового засихання листкових пластинок та їх відмирання.

Аналізуючи фізіолого-біохімічні процеси в рослинах осоту рожевого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно та в поєднанні з РРР Емістим С (табл. 6.3), нами встановлено, що на третій день після внесення препаратів фотосинтетична активність даного виду бур'яну значно пригнічувалась, особливо це простежувалось за підвищених норм використання Гранстару 75. Так, у 2002 р. за використання Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га зниження вмісту суми хлорофілів *a* і *b* у відношенні до контролю складало відповідно 7; 17; 26 і 45%, зниження фотохімічної активності хлоропластів – 15; 34; 58 і 76%, зниження вмісту цукрів – 20; 35; 61 і 78%. Подібна закономірність спостерігалась у варіантах досліджу, де Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 застосовували у поєднанні з Емістимом С, але суттєвої різниці у порівнянні з варіантами, де бакові суміші гербіцидів застосовували без РРР, відмічено не було. З цих даних випливає, що за дії сумішей гербіцидів і РРР на чутливі рослини протекторні та антиоксидантні властивості РРР у таких сумішах нівелюються. Очевидно, що індуковані гербіцидом реакції руйнування запускаються у чутливих рослинних організмах набагато швидше і в часі вони значно випереджають захисні механізми, що можуть розвиватися у рослинах за дії РРР.

За обробки *Cirsium arvense* гербіцидами та сумішами їх з РРР у листках рослин спостерігалось суттєве зниження вмісту води, однак воно наростало із збільшенням у сумішах з 2,4-ДА 500 норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га. Так, у 2002 р. за внесення Гранстару 75 у нормі 10 г/га разом із 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га зниження вмісту води в листках *Cirsium arvense* проти контролю складало 19%, у той час, як за норми внесення в суміші з 2,4-ДА 500 Гранстару 75 25 г/га – 55%; за використання тих же композицій сумісно з Емістимом С – 21–55% відповідно.

На восьму добу після застосування сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 простежувалось подальше зниження основних фізіолого-біохімічних показників листкового апарату *Cirsium arvense*, що може свідчити про зростання гербіцидної активності препаратів (табл. 6.4).

**Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах *Cirsium arvense* за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (третя доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	$X_{л(а+в)}$ , мг/г си- рої ма- си	Інтенсивність тран- спорту електронів, мк Моль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хло- рофілу за годину	Сума цук- рів, % на суху ре- човину	Вміст у листках води, %
Без застосування препа- ратів (контроль)	<u>1,33*</u>	<u>21,6</u>	<u>1,88</u>	<u>62,2</u>
	1,73	33,3	2,35	70,4
Емістим С	<u>1,41</u>	<u>25,4</u>	<u>2,03</u>	<u>64,5</u>
	1,85	40,1	2,48	72,2
Гранстар 75 10 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>1,24</u>	<u>18,3</u>	<u>1,51</u>	<u>50,3</u>
	1,64	25,4	2,01	60,1
Гранстар 75 15 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>1,11</u>	<u>14,2</u>	<u>1,22</u>	<u>45,2</u>
	1,41	20,1	1,51	52,3
Гранстар 75 20 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>0,98</u>	<u>9,1</u>	<u>0,73</u>	<u>30,1</u>
	1,23	17,7	1,32	43,3
Гранстар 75 25 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>0,73</u>	<u>5,1</u>	<u>0,41</u>	<u>27,8</u>
	1,11	13,2	1,17	31,2
Гранстар 75 10 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>1,21</u>	<u>18,1</u>	<u>1,50</u>	<u>49,3</u>
	1,63	24,4	2,00	58,8
Гранстар 75 15 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>1,10</u>	<u>14,3</u>	<u>1,23</u>	<u>46,0</u>
	1,40	18,3	1,48	53,1
Гранстар 75 20 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>0,92</u>	<u>10,0</u>	<u>0,75</u>	<u>30,0</u>
	1,24	18,1	1,33	45,0
Гранстар 75 25 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>0,72</u>	<u>5,2</u>	<u>0,40</u>	<u>28,3</u>
	1,12	14,4	1,15	30,3
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<u>0,08</u>	<u>2,8</u>	<u>0,20</u>	<u>4,2</u>
	0,11	3,2	0,41	3,1

Примітка. \* – над ризикою – 2002 р.; під ризикою – 2003 р.

Так, зниження вмісту хлорофілу в варіантах досліджу Гранстар 75 10–25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га та у варіантах із використанням тих же сумішей у поєднанні з Емістимом С складало в середньому за 2002–2003 рр. досліджень 26–94% і 28–94% відповідно; зниження інтенсивності транспорту електронів – 60–92% і 60–93%; зни-

ження вмісту води – 50–90% і 53–89%. З одержаних даних видно, що на восьмий день найбільш активно фізіолого-біохімічні процеси в листках *Cirsium arvense* пригнічувались за використання гербіциду Гранстар 75 у нормах 20 і 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га не залежно від того, чи поєднували гербіциди у сумішах із РРР.

Таблиця 6.4

**Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах *Cirsium arvense* за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С (восьма доба після внесення препаратів)**

Варіант досліджу	$X_{л(а+в)}$ , мг/г си- рої ма- си	Інтенсивність тра- нспорту електро- нів, мк Моль $K_3Fe(CN)_6$ /мг хло- рофілу за годину	Сума цук- рів, % на суху ре- човину	Вміст у листках води, %
Без застосування препа- ратів (контроль)	<u>1,45*</u>	<u>30,2</u>	<u>2,10</u>	<u>65,5</u>
	1,81	40,4	2,43	75,5
Емістим С	<u>1,53</u>	<u>38,3</u>	<u>2,43</u>	<u>67,2</u>
	1,92	51,1	2,71	80,1
Гранстар 75 10 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>0,98</u>	<u>10,2</u>	<u>1,22</u>	<u>30,1</u>
	1,42	18,2	1,66	40,3
Гранстар 75 15 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>0,63</u>	<u>8,1</u>	<u>0,93</u>	<u>21,2</u>
	0,93	15,1	1,11	20,1
Гранстар 75 20 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>0,31</u>	<u>6,2</u>	<u>0,51</u>	<u>15,4</u>
	0,58	10,4	0,82	10,4
Гранстар 75 25 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га	<u>0,08</u>	<u>1,8</u>	<u>0,22</u>	<u>8,2</u>
	0,12	4,2	0,31	5,2
Гранстар 75 10 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>0,93</u>	<u>9,3</u>	<u>1,18</u>	<u>28,3</u>
	1,43	19,0	1,73	38,1
Гранстар 75 15 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>0,62</u>	<u>8,0</u>	<u>0,91</u>	<u>22,0</u>
	0,95	15,3	1,14	21,2
Гранстар 75 20 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>0,32</u>	<u>5,7</u>	<u>0,54</u>	<u>15,1</u>
	0,42	9,7	0,78	11,0
Гранстар 75 25 г/га + 2,4- ДА 500 1,0 л/га + Еміс- тим С	<u>0,10</u>	<u>1,2</u>	<u>0,18</u>	<u>9,3</u>
	0,08	3,8	0,25	6,4
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<u>0,31</u>	<u>1,8</u>	<u>0,26</u>	<u>5,3</u>
	0,47	3,2	0,33	8,2

Примітка. \* – над ризикою – 2002 р.; під ризикою – 2003 р.

Оскільки *Cirsium arvense* є одним із найбільш шкочинних видів бур'янів, що проявляє значну резистентність до дії гербіцидів, важливим було дослідити, які анатомо-морфологічні зміни відбуваються в будові його листкового апарату за дії препаратів і як це впливає на формування ним захисних пристосувань.

У результаті проведених досліджень встановлено, що із наростанням норм внесення гербіцидів кількість клітин епідермісу на одиниці поверхні листка *Cirsium arvense* зменшувалась (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

**Анатомічна будова епідермісу листкового апарату *Cirsium arvense* на 10-ту добу після внесення гербіцидів Хармоні 75 і Лінтуру 70WG, 2004 – 2005 рр.**

Варіант досліджу	Кількість клітин епідермісу, шт./мм <sup>2</sup>	Розмір однієї клітини		
		Довжина, мкм	Ширина, мкм	Площа, мкм <sup>2</sup>
Без застосування препаратів (контроль)	51	10,1	18,7	188,9
Хармоні 75 5 г/га	110	5,2	12,1	62,9
Хармоні 75 10 г/га	83	7,3	14,7	107,3
Хармоні 75 15 г/га	61	8,0	17,3	138,4
Хармоні 75 20 г/га	52	10,3	18,2	187,5
Лінтур 70 WG 90 г/га	85	7,8	14,0	109,2
Лінтур 70 WG 100 г/га	62	8,2	17,1	140,2
Лінтур 70WG 120 г/га	50	9,7	19,0	184,3
Лінтур 70 WG 140 г/га	42	11,0	21,1	232,1

Так, за внесення гербіциду Хармоні 75 у нормах 5–20 г/га кількість клітин епідермісу знаходилась у межах 52–110 шт./мм<sup>2</sup>, а за внесення Лінтуру 70WG у нормах 90–140 г/га – 42–85 шт./мм<sup>2</sup> при 51 шт./мм<sup>2</sup> у контролі. Збільшення числа клітин епідермісу, яке простежувалось за внесення Хармоні 75 у нормах 5–15 г/га і Лінтуру 70WG – 90–100 г/га супроводжувалось зменшенням їх розмірів та площі. Так, у варіантах Хармоні 75 5; 10 і 15 г/га площа однієї клітини епідермісу зменшувалась у порівнянні з контролем відповідно на 126,0; 81,6 і 50,5 мкм<sup>2</sup>, а за дії Лінтуру 70WG у нормах 90 і 100 г/га – відповідно на 79,7 і 48,7 мкм<sup>2</sup>. Водночас за внесення Хармоні 75 у нормі 20 г/га площа однієї

клітини епідермісу *Cirsium arvense* складала 187,5 мкм<sup>2</sup>, а за норм Лінтуру 70WG 120 і 140 г/га – 184,3 і 232,1 мкм<sup>2</sup> при 188,9 мкм<sup>2</sup> в контролі. З одержаних даних випливає, що за норм внесення Хармоні 75 5,0–15 г/га і Лінтуру 70WG 90–100 г/га рослини *Cirsium arvense* формують ксероморфний листковий апарат, який характерний для рослин, що ростуть і розвиваються у несприятливих для них умовах. Очевидно, що формування такої пристосувальної ознаки може вказувати на боротьбу за виживання. Разом з тим за дії Хармоні 75 20 г/га і Лінтуру 70WG 120–140 г/га у рослин *Cirsium arvense* відмічаються мезоморфні ознаки, які були характерні і для рослин, що не оброблялись препаратами. Це може свідчити про високу летальність даних норм препаратів у відношенні до бур'янів, за яких ростові процеси припиняються, а з часом простежується повна загибель рослин.

Отже, вищевикладений експериментальний матеріал дає підставу зробити наступні висновки:

- фізіолого-біохімічні процеси в бур'янах за дії гербіцидів зазнають значних змін: на третю добу після внесення Гранстару 75 та сумішей Гранстару 75 із 2,4-ДА 500 спостерігається порушення фотосинтетичних процесів у *Raphanus raphanistrum* і *Cirsium arvense* (знижується рівень хлорофілу та фотохімічна активність хлоропластів), що в цілому призводить до порушення вуглеводного обміну в рослинах; на восьму добу після внесення досліджуваних препаратів вміст хлорофілу, фотохімічна активність хлоропластів, вміст вуглеводів та води в листках *Raphanus raphanistrum* і *Cirsium arvense* суттєво знижуються як в порівнянні до контролю, так і до попереднього періоду визначення; порушення фізіолого-біохімічних процесів у бур'янах наростає зі збільшенням норм препаратів та проходить на однаково високому рівні не залежно від їх застосування роздільно, чи в сумішах із РРР;
- гербіциди Хармоні 75 (5–15 г/га) і Лінтур 70WG (90–100 г/га) зумовлюють формування ксероморфного листкового апарату *Cirsium arvense*, що може вказувати на розвиток у рослин в початковий період дії гербіцидів пристосувальних ознак, разом з тим за норм Хармоні 75 20 г/га і Лінтуру 70WG 120–140 г/га у рослин осоту рожевого спостерігається формування мезоморфних ознак листкового апарату, що, очевидно, є наслідком припинення ростових процесів, за яких подальшого наростання листкового апарату не відбувається, а з часом простежується загибель рослин.

## 6.2. Ефективність знищення бур'янів

Проблема захисту посівів від бур'янів з'явилась з моменту виникнення землеробства. З розвитком агротехніки постійно вдосконалювались методи знищення конкурентів культурних рослин, але пристосування бур'янів до існування в культурних агроценозах є настільки досконалим, що остаточно ця проблема не вирішена донині.

Головними чинниками більш високої пристосованості бур'янів до умов існування є: висока насіннева продуктивність, яка дозволяє досить швидко відновлювати популяцію та підтримувати постійний запас насіння у ґрунті [30–32]; наявність у насіння відносно тривалого періоду спокою, що дозволяє йому нерівномірно проростати і в разі загибелі вегетуючих рослин гарантує відновлення популяції [32–34], висока конкурентна здатність бур'янів за фактори існування – вологу, світло, поживні речовини й ін. [28, 29].

Всі вищезазначені біологічні особливості бур'янів створюють несприятливі умови для росту і розвитку культурних рослин в агроценозах, що, в свою чергу, зумовлює втрати врожаю зернових культур, у тому числі й ячменю ярого, на рівні від 25 до 80% [16–21].

Нині найбільш дієвим заходом у боротьбі з бур'янами є застосування гербіцидів. Ці хімічні сполуки забезпечують знищення бур'янів у надзвичайно стислі строки, при цьому їх ефективність складає 70 до 100% [505–509, 516]. Так, зокрема у посівах ячменю ярого доведена висока ефективність у боротьбі з бур'янами гербіцидів класу сульфонілсечовини, феноксикарбоксилічних кислот і комбінованих препаратів [510–512, 516]. Однак, не дивлячись на їх високу ефективність, не вирішеною донині залишається ціла низка питань: перш за все, подальшого вивчення потребує питання мінімізації впливу хімічних препаратів на рослини, ґрунт і навколишнє природне середовище; по-друге, досконалого вивчення вимагає проблема резистентності окремих видів бур'янів до препаратів різних хімічних класів; по-третє, ретельну увагу до себе привертає питання підвищення ефективності і селективності дії гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур з наступною розробкою технологій їх раціонального застосування.

Як показує аналіз проблеми боротьби з бур'янами, у найближчому майбутньому реальної альтернативи гербіцидам не виникне, а тому подальший прогрес у розвитку хімічного методу боротьби з бур'янами тісно пов'язаний з детальним вивченням особливостей дії гербіцидів як на бур'яни, так і на культурні рослини.

У зв'язку з цим, нами впродовж 1999–2009 рр. було проведено вивчення дії в посівах ячменю ярого гербіцидів класів сульфонілсечовини (Гранстар 75, Хармоні 75, Калібр 75), бакових сумішей гербіцидів класів сульфонілсечовини і феноксикарбоксілових кислот (Гранстар 75, Дікопур Ф 600, 2,4-ДА 500), гербіцидів групи комбінованих препаратів (Лінтур 70WG) та їх комплексів із РРР (Емістим С, Агростимулін) і МБП (Агат-25К) на формування загальної забур'яненості та ефективності знищення окремих видів бур'янів у посівах ячменю ярого.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що забур'яненість посівів ячменю ярого залежала від погодних умов та визначалася ботанічним складом бур'янів, класом досліджуваних хімічних препаратів, нормами їх внесення та поєднанням гербіцидів у бакових сумішах із рістрегуляторами. Так, аналіз загальної забур'яненості показав, що в роки з недостатнім вологозабезпеченням у квітні – травні, коли спостерігається проростання основної маси бур'янів, формувалась менша забур'яненість посівів ячменю ярого. Зокрема, це було характерно для 1999, 2002 і 2004 рр. досліджень. Водночас у роки з кращою вологозабезпеченістю (2001, 2005, 2006, 2009 рр.) у посівах ячменю ярого проростала більша кількість бур'янів.

Фітосанітарними обстеженнями посівів ячменю ярого до застосування гербіцидів встановлено, що в роки проведення досліджень в агрофітоценозі домінували малорічні дводольні бур'яни: ромашка непахуча (*Matricaria perforata* Merat.), редька дика (*Raphanus raphanistrum* L.), талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.), підмаренник чіпкий (*Gallium aparine* L.); із багаторічних бур'янів зустрічались коренепаросткові – осот рожевий (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), осот польовий (*Sonchus arvensis* L.); менш поширеними у посівах були: зірочник середній (*Stellaria media* L. Vill.), фіалка польова (*Viola arvensis* Murr.), гірчак березкоподібний (*Polygonum convolvulus* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.).

Залежно від погодних умов однорічні злакові бур'яни проро-

стали в посівах у різні строки і були представлені курячим просом (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal. Beauv.), мишієм сизим (*Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv.) і зеленим (*Setaria viridis* (L.) Pal. Beauv.). Загалом, забур'яненість посівів характеризувалась змішаним типом і була характерною для південного Лісостепу України.

Через 25 діб після обробки ячменю ярого гербіцидами та їх сумішами із рістрегулюючими препаратами забур'яненість посівів значно змінювалась. Так, за використання гербіциду Гранстар 75 як роздільно, так і в сумішах із РРР Емістим С, було відмічено значне зниження забур'яненості посівів ячменю ярого (табл. 6.6), однак менша кількість бур'янів відмічалась у варіантах досліду із сумісним застосуванням Гранстарау 75 і Емістиму С. Так, через 25 діб після застосування Гранстарау 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га кількість бур'янів у посівах ячменю ярого складала відповідно 21; 17; 10 і 8 шт./м<sup>2</sup>, у тих же варіантах досліду, але в поєднанні з Емістимом С – 16; 13; 9 і 7 шт./м<sup>2</sup> відповідно при 59 шт./м<sup>2</sup> в контролі І.

Найбільша частка знищених бур'янів за кількістю була відмічена у варіантах із внесенням Гранстарау 75 25 г/га (86%) та Гранстарау 75 25 г/га сумісно з Емістимом С (88%).

Ефективною виявилась сумісна дія гербіциду Гранстар 75 з Емістимом С на зменшення в посівах ячменю маси бур'янів. Однак, необхідно відмітити, що на 25 добу обліку у варіантах із сумісним застосуванням Гранстарау 75 з Емістимом С маса бур'янів була дещо більшою, але це не вплинуло суттєво на частку їх знищення за масою, яка залишалась високою і складала відповідно до норм внесення Гранстарау 75 10; 15; 20 і 25 г/га – 95; 96; 98 і 98%.

Незначне збільшення маси бур'янів у посівах ячменю ярого у варіантах досліду із сумісним внесенням Гранстарау 75 з Емістимом С свідчить про можливий стимулюючий вплив РРР на деякі види бур'янів, що залишались в посівах життєздатними.

Подальші наші дослідження показали, що перед збиранням урожаю маса бур'янів у варіантах досліду із сумісним внесенням Гранстарау 75 з Емістимом С була значно меншою, що, очевидно, пов'язано з пригніченням їх розвитку внаслідок збільшення площі листового апарату та біомаси рослин ячменю ярого. Так, у варіантах Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + Емістим С перевищення відсотка знищених бур'янів за масою по відношенню до варіантів без РРР складало відповідно 2; 8; 7 і 5%.

Таблиця 6.6

**Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного окремо і в поєднанні з Емістимом С, на забур'яненість посівів ячменю ярого, 1999–2001 рр.**

Варіант досліду	Через 25 дів після внесення				Перед збиранням урожаю			
	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %		Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %	
			за кількістю	за масою			за кількістю	за масою
Без застосування препаратів (контроль I)	59	840	0	0	91	1130	0	0
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	23	47	61	94	45	313	51	72
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	0	0	100	100	0	0	100	100
Емістим С	38	87	36	90	75	904	18	20
Гранстар 75 10 г/га	21	35	64	96	44	223	52	80
Гранстар 75 15 г/га	17	21	71	98	33	242	64	79
Гранстар 75 20 г/га	10	15	83	98	25	189	73	83
Гранстар 75 25 г/га	8	10	86	99	17	111	81	90
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	16	43	73	95	45	201	51	82
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	13	38	78	96	31	144	66	87
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	9	20	85	98	22	111	76	90
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	7	15	88	98	18	52	80	95

Аналізуючи дію гербіциду Гранстар 75, внесеного окремо та в поєднанні з Емістимом С, на знищення в посівах ячменю ярого окремих видів бур'янів, можна відмітити, що за норм препарату 20 і 25 г/га такі види бур'янів як *Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis*, *Matricaria perforata*, *Raphanus raphanistrum*, *Sinapis arvensis*., *Thlaspi arvense*, *Gallium aparine* знищувались майже повністю. Водночас, слід зауважити, що ефективність знищення різних видів бур'янів у посівах ячменю ярого гербіцидом Гранстар 75 залежала від фази їх розвитку. Так, переважна більшість бур'янів краще знищувалась гербіцидом, коли на час обприскування вони перебували в початкових фазах росту і розвитку. Вже на другу – третю добу після внесення Гранстарау 75 бур'яни припиняли ріст, а на їх листових пластинках з'являлись хлоротичні та антоціанові плями, точки росту починали засихати. На 15-ту і 20-ту добу відмічалась повна їх загибель. Коренепаросткові бур'яни (осоти рожевий і польовий) ефективніше знищувались, коли вони на час обприскування перебували у фазі розетки. Якщо ж на час обприскування вони формували стебло, то, не дивлячись на припинення ростових процесів, довгий час залишались життєздатними.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 з феноксикарбоксіловими кислотами 2,4-ДА 500 встановлено, що через 25 діб частка знищених бур'янів як за кількістю, так і за масою значно зростала, особливо зі збільшенням у сумішах норм використання Гранстарау 75 до 25 г/га (табл. 6.7). Так, якщо за внесення Гранстарау 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га частка знищених бур'янів за кількістю складала 84; 90; 94 і 98, за масою – 85; 94; 95 і 99%, то при використанні тих же норм гербіцидів у сумішах з Емістимом С – відповідно 85; 91; 95; 99% за кількістю і 90; 95, 97 і 99% – за масою.

З одержаних даних видно, що суттєвої різниці в знищенні бур'янів як за кількістю, так і за масою, у варіантах дослідів, де гербіциди застосовувались без РРР і в поєднанні з Емістимом С, не відмічалось. Очевидно, це пов'язано з однаково високою пригнічуючою дією бакових сумішей гербіцидів на бур'яни у всіх варіантах дослідів, не залежно від складу сумішей.

Перед збиранням урожаю кількість і маса бур'янів у посівах ячменю ярого за дії бакових сумішей Гранстарау 75 з 2,4-ДА 500 зростали.

Таблиця 6.7

Вплив бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксілових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С, на забур'яненість посівів ячменю ярого, 2001–2003 рр.

Варіант досліду	Через 25 діб після внесення				Перед збиранням урожаю			
	Знищено бур'янів, %		Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %		Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>
	за кількість	за масою			за кількість	за масою		
Без застосування препаратів (контроль I)	80	0	270	0	201	680	0	0
Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	24	70	46	83	111	268	45	61
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	0	100	0	100	0	0	100	100
Емістим С	76	5	221	18	177	447	12	34
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	13	84	41	85	56	158	72	77
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	8	90	16	94	32	95	84	86
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	5	94	14	95	26	75	87	89
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	2	98	3	99	18	21	91	97
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	12	85	26	90	51	96	75	86
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	7	91	14	95	30	45	85	93
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	4	95	8	97	26	21	87	97
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	1	99	3	99	17	10	92	99

Так, якщо на 25-ту добу в контролі I нараховувалось 80 шт./м<sup>2</sup> бур'янів загальною масою 270 г/м<sup>2</sup>, то перед збиранням урожаю їх кількість складала 201 шт./м<sup>2</sup>, а маса – 680 г/м<sup>2</sup>. Перш за все, це пов'язано із проростанням більшої кількості пізніх ярих видів, таких як лобода біла, щириця звичайна, куряче просо та різні види мишіїв. Однак у варіантах досліду із внесенням гербіцидів простежувалась чітка залежність до зменшення числа бур'янів та їх маси. Так, у варіантах Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га частка знищених бур'янів за кількістю і масою складала відповідно 72; 84; 87; 91% та 77; 86; 89 і 97%, в тих же варіантах досліду в поєднанні з Емістимом С – 75; 85; 87; 92% та 86; 93; 97 і 99%. З цих даних видно, що у варіантах, де гербіциди застосовували у поєднанні з РРР, частка знищених бур'янів за масою значно збільшувалась, що може свідчити про підсилення дії гербіцидів на бур'яни за рахунок зростаючої конкурентної спроможності культури.

Неоднаковою була фітотоксична дія досліджуваних сумішей гербіцидів Гранстар 75 з 2,4-ДА 500 на різні види бур'янів. Так, внесення гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га з 2,4-ДА 500 1,0 л/га окремо і в поєднанні з Емістимом С показало, що зі збільшенням у бакових сумішах з 2,4-ДА 500 норми внесення Гранстарау 75 до 25 г/га ефективність знищення різних видів бур'янів у посівах ячменю ярого значно зростала, але при цьому зберігалась залежність ефективності дії сумішей від фази розвитку бур'янів, в якій вони перебували на час внесення препаратів: малорічні двосім'ядольні бур'яни найшвидше гинули, коли на час внесення гербіцидів вони були в початкових фазах росту; ефективність же сумішей гербіцидів проти коренепаросткових бур'янів (*Cirsium arvense*, і *Sonchus arvensis*) виявилась однаково високою, як під час перебування їх у початкових фазах росту, так і під час більш пізніх етапів їх розвитку. При цьому в рослин осотів, що сформували стебло, крім ознак засихання точок росту (пошкодження характерне для гербіцидів класу сульфонілсечовини), спостерігались ознаки викривлення та розриву тканин стебла, що є наслідком підсилення гербіцидної активності препаратів у сумішах, завдяки дії ауксиноподібних сполук, до яких належить 2,4-ДА 500.

Досліджувані суміші гербіцидів забезпечували високу частку

знищення окремих видів бур'янів. Зокрема, у 2001 р. у варіанті Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га частка знищення таких видів бур'янів як осот рожевий, осот польовий, ромашка непахуча, редька дика, гірчиця польова, талабан польовий складала відповідно 77; 73; 81; 95; 98 і 99%, у варіанті Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га – 94; 95; 90; 100; 100 і 100% відповідно за видами бур'янів, а у варіантах Гранстар 75 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га спостерігалась повна загибель всіх цих видів бур'янів.

Менш активно досліджувані суміші препаратів діяли на злакові види бур'янів (*Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*), але із наростанням норми внесення Гранстарау 75 до 25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га їх кількість та маса зазнавали відчутного пригнічення.

Досліджуючи дію на забур'яненість посівів ячменю ярого у 2001–2003 рр. бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксілових кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з РРР Емістим С, нами встановлено, що чим більшою була норма Дікопуру Ф 600 у сумішах, тим вищою була частка знищених у посівах бур'янів як за кількістю, так і за масою (табл. 6.8).

У середньому за три роки досліджень частка знищених за кількістю бур'янів у посівах ячменю ярого через 25 діб після застосування Дікопуру Ф 600 у нормах 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 і 1,5 л/га сумісно з Гранстаром 75 15 г/га складала відповідно 67; 77; 83; 91 і 95%, в аналогічних варіантах із Емістимом С – 70; 79; 83; 92 і 98%. При цьому значно зменшувалась і маса бур'янів. Так, якщо в контролі I вона становила 280 г/м<sup>2</sup>, то у варіанті з мінімальною нормою внесення Дікопуру Ф 600 0,5 л/га сумісно з Гранстаром 75 15 г/га 11,0 г/м<sup>2</sup>, а у варіанті із максимальною нормою Дікопуру Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га – 3,0 г/м<sup>2</sup>, водночас, як у тих же варіантах із сумісним внесенням гербіцидів й Емістиму С – відповідно 9,0 і 2,0 г/м<sup>2</sup>. Це свідчить про значну фітотоксичну дію досліджуваних бакових сумішей препаратів на бур'яни.

Перед збиранням урожаю кількість і маса бур'янів у варіантах досліду збільшувались. Зокрема, якщо в контролі I через 25 діб після закладання дослідів кількість бур'янів становила 84,0 шт./м<sup>2</sup> масою 280 г, то перед збиранням урожаю – 232,0 шт./м<sup>2</sup> масою 534 г відповідно. Збільшення кількості

Таблиця 6.8

Вплив бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбокислових кислот Дікопуру Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесені окремо і в поєднанні з Емістимом С, на забур'яненість посівів ячменю ярого, 2001–2003 рр.

Варіант досліді	Через 25 днів після внесення				Перед збиранням урожаю			
	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %		Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %	
			за кількістю масою	за масою			за кількістю масою	за масою
Без застосування препаратів (контроль I)	84	280	0	0	232	534	0	0
Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	34	14	60	95	50	90	78	83
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	0	0	100	100	0	0	100	100
Емістим С	79	267	6	5	218	443	6	17
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	28	11	67	96	44	76	81	86
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	19	9	77	97	35	69	85	87
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	14	8	83	97	24	50	90	91
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	8	5	91	98	16	32	93	94
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	4	3	95	99	9	18	96	97
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	25	9	70	97	40	45	83	92
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	18	8	79	97	34	21	85	96
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	14	7	83	98	23	12	90	98
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	7	5	92	98	14	8	94	99
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	2	2	98	99	8	5	97	99

бур'янів та їх маси у посівах ячменю ярого пов'язане з проростанням пізніх ярих видів (курячого проса, щиріці, лободи, різновидностей мишію та ін.). Крім того, в цей період у посівах створювались найбільш сприятливі умови для росту і розвитку бур'янів, оскільки відмирала листовка поверхня ячменю, яка вже не створювала конкуренції бур'янам за основні фактори життя (вологу, світло й ін.).

У варіантах досліду із застосуванням бакових сумішей гербіцидів Дікопуру Ф 600 і Гранстару 75 кількість і маса бур'янів у період перед збиранням урожаю також дещо збільшувались, але простежувалась залежність цих показників від норм внесення у сумішах Дікопуру Ф 600 та поєднання застосування гербіцидів з Емістимом С. Так, за використання Дікопуру Ф 600 у нормах 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 і 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га частка знищених бур'янів у варіантах досліду за кількістю складала 81; 85; 90; 93 і 96%, за масою – 86; 87; 91; 94 і 97%, у той час як за поєднання застосування тих же сумішей гербіцидів із Емістимом С – 83; 85; 90; 94 і 97% відповідно за кількістю і – 92; 96; 98; 99 і 99% за масою.

Порівнюючи дані двох обліків забур'янення ячменю ярого (через 25 діб після внесення препаратів та перед збиранням урожаю), можна стверджувати, що досліджувані суміші гербіцидів, особливо за сумісної їх дії з РРР, значно зменшували масу і кількість бур'янів у посівах ячменю ярого та створювали в подальшому позитивний пригнічуючий ефект на розвиток тих видів бур'янів, які залишались життєздатними.

З метою більш детального вивчення дії бакових сумішей Дікопуру Ф 600 і Гранстару 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С, на окремі види бур'янів, на 25-й день після внесення препаратів було проведено дослідження їх видового складу. Так, у 2001 р. при застосуванні в посівах сумішей Дікопуру Ф 600 у нормі 0,5 л/га з Гранстаром 75 15 г/га зниження чисельності окремих видів бур'янів таких як *Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis*, *Matricaria perforata*, *Raphanus raphanistrum*, *Sinapis arvensis*, *Thlaspi arvense* та *Gallium aparine* коливалось у межах 42–92%, за внесення Дікопуру Ф 600 у нормі 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га – 66–95%; із наростанням норми внесення Дікопуру Ф 600 до 1,0–1,5 л/га частка знищених видів бур'янів у посівах зростала до 97–100%.

Високу ефективність у знищенні різних видів бур'янів було відмічено і в 2002 і 2003 рр., де за норм внесення Дікопуру Ф 600 1,25–1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га та за використання тих же норм препаратів гербіцидів з Емістимом С частка знищення бур'янів наближалась до ста.

Залежно від складу бакових сумішей гербіцидів у бур'янів по-різному проявлялись зовнішні ознаки фітотоксичності. Так, за використання Дікопуру Ф 600 у нормі 0,5 л/га + Гранстар 75 у бур'янів з'являлись ознаки пошкодження, що характерні для гербіцидів класу сульфонілсечовини (хлоротичні та антоціанові плями, засихання точок росту, припинення росту зі збереженням життєздатності). За збільшення в сумішах з Гранстаром 75 (15 г/га) норм внесення Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га, ефективність знищення бур'янів у посівах ячменю ярого різко зростала, але при цьому у бур'янів простежувались ознаки пошкодження, характерні для АПГ. Бакові суміші гербіцидів виявились ефективними для всіх видів бур'янів, що були в посівах, не залежно від фази їх розвитку, але було помічено, що бур'яни гинули швидше, коли на час обприскування вони перебували в початкових фазах росту і розвитку. Коренепаросткові бур'яни однаково ефективно знищувались цими сумішами гербіцидів, не зважаючи на фазу розвитку, в якій вони були на час внесення препаратів.

Дослідження ефективності дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного роздільно і в сумішах із МБП Агат-25К (табл. 6.9), показали, що через 25 діб після внесення кількість бур'янів та їх маса у посівах ячменю ярого значно зменшувались. Так, у середньому за 2003–2005 рр. за внесення Лінтуру 70WG у нормах 90–140 г/га частка знищених бур'янів у посівах ячменю ярого за кількістю складала 58–97%, за масою – 58–98%; за використання тих же норм Лінтуру 70WG сумісно з Агатом-25К – 61–97% відповідно за кількістю та 71–99% – за масою. Одержані дані демонструють підсилення гербіцидної дії Лінтуру 70WG за сумісного його використання з Агатом-25К та узгоджуються з даними активізації ростових процесів ячменю ярого під впливом Агату-25К, що в цілому підвищувало конкурентну здатність рослин до бур'янів. Перед збиранням урожаю кількість і маса бур'янів у посівах ячменю ярого зростали, але у варіантах досліду з Лінтуром 70WG простежувався подальший пригнічуючий гербіцидний ефект на бур'яни.

Таблиця 6.9

Вплив гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К, на забур'яненість посівів ячменю ярого, 2003–2005 рр.

Варіант досліджу	Через 25 діб після внесення				Перед збиранням урожаю			
	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %		Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %	
			за кількістю	за масою			за кількістю	за масою
Без застосування препаратів (контроль I)	72	486	0	0	113	983	0	0
Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	0	0	100	100	0	0	100	100
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	0	0	100	100	0	0	100	100
Агат-25К	65	438	10	10	98	803	13	18
Лінтур 70WG 90 г/га	30	203	58	58	47	326	58	67
Лінтур 70WG 100 г/га	14	95	81	81	23	158	80	84
Лінтур 70WG 120 г/га	8	31	89	94	15	70	87	93
Лінтур 70WG 140 г/га	2	8	97	98	6	25	95	98
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	28	143	61	71	42	245	63	75
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	12	54	83	89	19	105	83	89
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	7	25	90	95	12	38	89	96
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	2	7	97	99	5	14	96	99

Оскільки гербіцид Лінтур 70WG є комбінацією двох діючих речовин (триасульфурон + дикамба) важливим було дослідити його вплив на знищення в посівах ячменю ярого окремих видів бур'янів.

Результати досліджень показали, що гербіцид Лінтур 70WG у нормах 90 і 100 г/га в середньому за 2003 – 2005 рр. на 44–75% знищував *Cirsium arvense* та на 53–82% – *Sonchus arvensis*. Частка знищення інших видів бур'янів знаходилась у межах від 60 до 99%. За норм внесення Лінтуру 70WG 120 і 140 г/га як окремо, так і в поєднанні з Агатом-25К, відсоток знищених бур'янів наближався до ста. Малочутливими до дії гербіциду були злакові види бур'янів, однак із наростанням норм гербіциду їх чисельність зменшувалась, що може свідчити про пригнічуючу дію препарату, результатом якої є попередження появи нових сходів, завдяки високій конкурентній здатності культури.

За обробки у 2003–2005 рр. посівів ячменю ярого гербіцидом Хармоні 75 окремо і в поєднанні з Агатом-25К встановлено, що препарат із наростанням норми внесення до 20 г/га проявляв високу ефективність у знищенні переважної більшості бур'янів, загибель яких становила 97% за кількістю та 98% – за масою (табл. 6.10). Як і в випадку із Лінтуром 70WG, застосування Агату-25К у сумішах із Хармоні 75 забезпечувало підсилення гербіцидної дії препарату, завдяки зростанню конкурентної спроможності культури. Відповідна закономірність була характерною і для обліку проведеного перед збиранням урожаю. Так, незважаючи на зростання загальної забур'яненості посівів у досліді, варіанти Хармоні 75 5; 10; 15 і 20 г/га + Агат-25К забезпечили найвищу частку знищення бур'янів за кількістю і масою, яка складала відповідно 65; 84; 92 і 96% та 72; 89; 91 і 96%.

Високу ефективність Хармоні 75 проявив і в знищенні окремих видів бур'янів. Так, у середньому за 2003–2005 рр. за норм внесення Хармоні 75 5–10 г/га частка знищення окремих видів бур'янів складала 32–99%, а за норм Хармоні 75 15 і 20 г/га дводольні види бур'янів знищувались повністю.

Фітотоксична дія гербіциду Хармоні 75 по відношенню до бур'янів проявлялась у вигляді ознак, характерних для пошкодження гербіцидами класу сульфонілсечовини (хлоротичні та антоціанові плями, засихання точок росту та ін.), але слід відмітити,

Таблиця 6.10

Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Хармоні 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К, на забур'яненість посівів ячменю ярого, 2003–2005 рр.

Варіант дослідю	Через 25 діб після внесення				Перед збиранням урожаю			
	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %		Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %	
			за кількістю	за масою			за кількістю	за масою
Без застосування препаратів (контроль I)	72	486	0	0	113	983	0	0
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	0	0	100	100	0	0	100	100
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	0	0	100	100	0	0	100	100
Агат-25К	65	438	10	10	98	803	13	18
Хармоні 75 5 г/га	35	202	51	58	45	382	60	61
Хармоні 75 10 г/га	17	81	76	83	21	163	81	83
Хармоні 75 15 г/га	6	23	92	95	10	91	91	91
Хармоні 75 20 г/га	2	9	97	98	5	42	96	96
Хармоні 75 5 г/га + Агат-25К	32	171	56	65	40	273	65	72
Хармоні 75 10 г/га + Агат-25К	14	60	81	88	18	112	84	89
Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К	6	20	92	96	9	87	92	91
Хармоні 75 20 г/га + Агат-25К	2	7	97	99	4	35	96	96

що за знижених позитивних температур повітря бур'яни більш тривалий час залишались життєздатними в посівах. Хармоні 75 ефективно знищував дводольні бур'яни, разом з тим загинуть корепаросткових бур'янів, які на час обприскування мали сформоване стебло тривала довше, а поодинокі екземпляри, очевидно, маючи значний запас поживних речовин у кореневій системі та функціональну листову поверхню, зберігали свою життєздатність у посівах до початку збирання культури.

Вивчаючи дію в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75, окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, нами встановлено, що цей препарат, маючи в своєму складі дві діючі речовини (тифенсульфурон-метил і трибенурон-метил), забезпечував досить високу ефективність у боротьбі з бур'янами (табл. 6.11). Так, за внесення Калібру 75 у нормах 30–70 г/га частка знищених бур'янів на 25-ту добу обліку складала 51–96% за кількістю та 52–98% за масою, в тих же варіантах, але із сумісним застосуванням Агату-25К та Агростимуліну – 55–98% – за кількістю і 63–99% – за масою. Збільшення частки знищених бур'янів за кількістю і масою у варіантах дослідів, де Калібр 75 вносили сумісно з рістрегулюючими препаратами, свідчить про створення у посівах не сприятливих умов для росту і розвитку бур'янів за рахунок формування рослинами ячменю більш потужної надземної маси.

Перед збиранням урожаю спостерігалась аналогічна закономірність у формуванні забур'янення посівів: із наростанням норм внесення Калібру 75 до 70 г/га кількість і маса бур'янів у посівах ячменю ярого зменшувались.

Аналіз знищення окремих видів бур'янів у посівах ячменю ярого за дії гербіциду Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном показав, що у 2006 р. у варіантах дослідів Калібр 75 30–70 г/га чисельність *Cirsium arvense* знижувалась на 33–100% (за додавання біологічних препаратів – на 42–100%), *Sonchus arvensis* – на 63–100% (75–100% відповідно за додавання біологічних препаратів), *Matricaria perforata* – на 71–100% (73–100%), *Raphanus raphanistrum* на 47–100% (54–100%), *Sinapis arvensis* – на 58–100% (63–100%), *Thlaspi arvense* – на 67–100% (70–100%), *Gallium aparine* – на 23–87% (47–100%). Подібна закономірність в знищенні окремих видів бур'янів гербіцидом Калібр 75 та його сумішами з біопрепаратами простежувалась і в 2008 та 2009 рр. досліджень.

Таблиця 6.11

Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, на забур'яненість посівів ячменю ярого, 2006, 2008, 2009 рр.

Варіант дослідження	Через 25 діб після внесення				Перед збиранням урожаю			
	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %		Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>	Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup>	Знищено бур'янів, %	
			за кількість	за масою			за кількість	за масою
Без застосування препаратів (контроль I)	53	835	0	0	84	1123	0	0
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	0	0	100	100	0	0	100	100
Агат-25К	51	792	4	5	79	988	6	12
Агростимулін	49	781	8	7	74	962	12	14
Калібр 75 30 г/га	26	401	51	52	38	584	55	48
Калібр 75 40 г/га	18	208	66	75	25	321	70	71
Калібр 75 50 г/га	10	132	81	84	16	187	81	83
Калібр 75 60 г/га	8	70	85	92	12	103	86	91
Калібр 75 70 г/га	2	21	96	98	5	83	94	93
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	24	310	55	63	33	411	61	63
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	15	142	72	83	20	280	76	75
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	8	96	85	89	14	113	83	90
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	6	60	89	93	8	92	90	92
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	1	12	98	99	3	80	96	93

Щодо ознак фітотоксичної дії Калібру 75 на бур'яни, то вони були характерними для препаратів класу сульфонілсечовини, зокрема Калібр 75 ефективно знищував усі дводольні види бур'янів не залежно від фази їх розвитку.

Отже, результати проведених досліджень з вивчення дії гербіцидів різних хімічних класів та їх сумішей з біологічними препаратами на забур'яненість посівів ячменю ярого дають підставу зробити наступні висновки:

- ефективність знищення гербіцидами бур'янів у посівах ячменю ярого визначається класом хімічних сполук, нормами їх використання та складом бакових сумішей;
- за використання гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75, Хармоні 75 і Калібр 75 як окремо, так і в поєднанні з Емістимом С, Агростимуліном та Агатом-25К, частка знищених бур'янів у посівах ячменю ярого зростає зі збільшенням норм внесення препаратів, однак більше знищених бур'янів за масою простежується у варіантах досліду із сумісним застосуванням гербіцидів та БАР;
- зростання частки знищених бур'янів за масою при сумісному використанні гербіцидів із БАР є наслідком підсилення гербіцидної дії препаратів за рахунок підвищення конкурентної спроможності культури (наростання біомаси, площі листового апарату тощо);
- ефективність знищення окремих видів бур'янів у посівах ячменю ярого гербіцидами класу сульфонілсечовини визначається фазою їх розвитку; високу ефективність препарати проявляють за обробки дводольних бур'янів, у тому числі й коренепаросткових, якщо на час обприскування посівів вони перебувають у початкових фазах росту і розвитку;
- комбінований гербіцид Лінтур 70WG забезпечує високу ефективність у боротьбі з бур'янами посівів ячменю ярого не залежно від фази їх розвитку: частка знищених бур'янів за кількістю і масою наростає зі збільшенням норм використання препарату і, особливо, у варіантах із сумісним внесенням Лінтуру 70WG і Агату-25К;
- бакові суміші гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 та Дікопур Ф 600 проявляють високу ефективність у боротьбі з усіма видами дводольних бур'янів, у тому числі й стійкими до гер-

- біцидів похідних 2,4-ДА; їх дія на дводольні види бур'янів є однаково ефективною і не залежить від фази їх розвитку;
- за поєднання застосування бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500 та Дікопур Ф 600 у сумішах з РРР Емістим С пригнічуючий ефект препаратів на розвиток у посівах бур'янів підсилюється, що є наслідком опосередкованої дії РРР, завдяки якій підвищується конкурентна здатність культури та простежується пригнічення розвитку бур'янистої рослинності.



## **7. ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ І РІСТРЕГУЛЯТОРІВ**

### **7.1. Урожайність зерна**

У сучасних економічних умовах одним із головних завдань, що стоять перед товаровиробниками, є підвищення врожайності та покращення якості врожаю всіх сільськогосподарських культур. У цьому аспекті особливо велика увага приділяється підвищенню врожайності зернових колосових культур, серед яких важливе місце відводиться ячменю ярому. Тому, відповідно до комплексної галузевої програми «Розвиток зерновиробництва в Україні до 2015 року», у найближчі роки збільшення виробництва високоякісного зерна залишається одним із пріоритетних напрямків [5]. Водночас, як свідчить практика землеробства, підвищити врожайність зернових культур не можливо без систематичної і наполегливої боротьби з бур'янами. У зв'язку з цим, звертаючи увагу на проблему забур'яненості посівів та екологічну ситуацію, що склалась в нашій державі, необхідно вести пошук і розробку заходів, які б забезпечували не тільки ефективне контролювання бур'янистої рослинності в посівах, але й сприяли б надійному зростанню врожайності за мінімального пестицидного навантаження на навколишнє природне середовище.

Більшість вчених засвідчують позитивний вплив гербіцидів на формування врожайності зернових колосових культур [532–535]. Так, за використання в посівах ячменю ярого гербіцидів Лінтур 70WG (150 г/га), Гроділ Максі (0,09–0,11л/га), 2,4-ДА (0,6 кг/га) + Лонтрел (0,1 кг/га); 2,4-ДА + Дикамба (0,8 + 0,8 кг/га) прибавки зерна склали відповідно 0,42; 0,53–0,59; 0,49 і 0,27 т/га.

Позитивний вплив на формування врожайності ячменю ярого вчені також спостерігали за обробки рослин РРР [240, 561], але щодо сумісного впливу бакових сумішей гербіцидів із РРР на врожайність ячменю ярого у літературі повідомлень зустрічається недостатньо. У своїй більшості вони демонструють позитивний вплив таких сумішей на формування врожайності ячменю. Зокрема, це відмічено в досліджах і з використанням гербіцидів у сумішах із Агатом-25К, Альбітом, Бактофітом та ін. [61, 69, 551]. Разом з тим необхідно зауважити, що вплив бакових сумішей гербіцидів із БАР на формування урожайності ячменів пивоварного призначення є практично не вивченим. У зв'язку з цим, доцільним було встановити як гербіциди різних хімічних класів, внесені окремо і в поєднанні з БАР, впливають на формування врожайності ячменю ярого, що дало б можливість визначити найбільш оптимальний склад таких сумішей.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що урожайність ячменю ярого формувалась залежно від погодних умов, що складались у роки проведення досліджень, виду і норм внесених хімічних препаратів та поєднання їх застосування у бакових сумішах з рістрегуляторами. Так, за обробки посівів ячменю ярого гербіцидом Гранстар 75, окремо і в поєднанні з Емістимом С, найвища врожайність культури в варіантах дослідів формувалась у 2001 р., а найнижча – у 1999 р., що узгоджується з погодними умовами, які були кращими за волого- і теплозабезпеченістю для рослин у 2001 р. (табл. 7.1).

За обробки рослин ячменю ярого гербіцидом Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га перевищення врожайності зерна у відношенні до контролю I у 2001 р. складало відповідно 7; 13; 9 і 5%; за використання тих же норм Гранстарау 75 у сумішах з Емістимом С – 16; 19; 17 і 12%. Подібна закономірність спостерігалась і в 1999 і 2000 рр. досліджень.

У середньому за 1999–2001 рр. найвища врожайність зерна ячменю ярого формувалась під впливом Гранстарау 75, внесеного в нормах 10 і 15 г/га, що складало відповідно 3,87 і 4,05 т/га та під впливом Гранстарау 75 у нормах 10–15 г/га, внесеного в бакових сумішах із Емістимом С – 4,17 і 4,26 т/га при 3,55 т/га в контролі I та 3,85 і 4,36 т/га – у контролях II і III. Висока врожайність ячменю ярого в контролі III свідчить про найвищу продуктивність рослин, формування якої відбувалось за повної відсутності

в даному варіанті досліду бур'янів. Водночас за високого рівня знищення бур'янів у варіантах Гранстар 75 20 і 25 г/га урожайність ячменю ярого, в порівнянні до норм внесення препарату 15 г/га, знижувалась, що свідчить про стресову дію цих норм гербіциду на рослини.

Таблиця 7.1

**Урожайність ячменю ярого сорту Рось за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного окремо і в поєднанні з Емістимом С, т/га**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середня за три роки	Прибавка до контролю I
	1999	2000	2001		
Без застосування препаратів (контроль I)	3,32	3,46	3,87	3,55	–
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	3,63	3,80	4,12	3,85	0,30
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	4,02	4,44	4,63	4,36	0,81
Емістим С	3,53	3,67	4,05	3,75	0,20
Гранстар 75 10 г/га	3,62	3,86	4,13	3,87	0,32
Гранстар 75 15 г/га	3,83	3,93	4,39	4,05	0,50
Гранстар 75 20 г/га	3,62	3,81	4,21	3,88	0,33
Гранстар 75 25 г/га	3,56	3,77	4,07	3,80	0,25
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	3,92	4,09	4,50	4,17	0,62
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	4,05	4,12	4,61	4,26	0,71
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	3,83	4,05	4,54	4,14	0,59
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	3,75	3,81	4,32	3,96	0,41
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,17</i>	<i>0,11</i>	<i>0,10</i>		

У середньому за три роки досліджень найвищу прибавку врожайності зерна ячменю до контролю I забезпечив варіант Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що складало 0,71 т/га та узгоджується з даними найвищої фізіолого-біохімічної та мікробіологічної активності посівів у даному варіанті досліду.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксілових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно та в сумішах із Емістимом С, найвища врожайність ячменю ярого формувалась у варіантах дослідів в 2001 р., дещо нижча – в 2002 і 2003 рр. (табл. 7.2). Так, у 2001 р. за обробки посівів Гранстаром 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га в суміші із 2,4-ДА 500 1,0 л/га прибавки зерна до контролю І складалі відповідно 0,70; 0,80; 0,68 і 0,30 т/га, в той же час за використання даних сумішей гербіцидів сумісно з Емістимом С – 0,90; 0,81; 0,70 і 0,30 при  $HP_{05}$  0,10 т/га. З одержаних даних видно, що за використання бакових сумішей гербіцидів без РРР найвищим приріст урожайності зерна був у варіанті Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, у той же час як за використання бакових сумішей гербіцидів із РРР – у варіанті Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, що у відношенні до контролю І є достовірним. Щодо різниці між варіантами Гранстар 75 15–25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га та Гранстар 75 15–25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, то вона не є достовірною, що може свідчити про нівелювання дії РРР за високих норм ксенобіотика. Аналогічна залежність з формуванням урожайності ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксілових кислот 2,4-ДА 500 простежувалась і в 2002 та 2003 рр. досліджень.

У середньому за три роки досліджень найвища врожайність ячменю ярого в досліді формувалась у варіантах Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га та Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, що складало відповідно 4,33 і 4,45 т/га при 3,55 т/га у контролі І та відповідало приростам урожайності зерна відповідно 0,78 і 0,90 т/га. Одержані дані демонструють чітку залежність формування врожайності зерна ячменю ярого від норм використання у сумішах із 2,4-ДА 500 гербіциду Гранстар 75 та узгоджуються з даними проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, від яких залежала фотосинтетична активність рослин, а, отже, – і загальна продуктивність посівів.

За обробки посівів ячменю ярого баковими сумішами гербіцидів класу феноксикарбоксілових кислот Дікопур Ф 600 з сульфонілсечовинами Гранстар 75 окремо і в поєднанні з Емістимом С встановлено, що впродовж 2001–2003 рр. урожайність зерна достовірно зростала у варіантах дослідів Дікопур Ф 600 0,5 л/га +

Таблиця 7.2

**Урожайність ячменю ярого сорту Звершення за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 з феноксикарбоксилловими кислотами 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середня за три роки	Прибавка до контролю І
	2001	2002	2003		
Без застосування препаратів (контроль І)	3,92	3,05	3,68	3,55	–
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ)	4,12	3,22	3,85	3,73	0,18
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ)	4,75	3,87	4,69	4,44	0,89
Емістим С	4,08	3,23	3,85	3,72	0,17
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	4,62	3,69	4,41	4,24	0,69
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	4,72	3,76	4,51	4,33	0,78
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	4,60	3,62	4,38	4,20	0,65
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	4,22	3,34	4,02	4,86	0,31
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	4,82	3,91	4,63	4,45	0,90
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	4,73	3,86	4,58	4,39	0,84
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	4,62	3,74	4,38	4,25	0,70
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	4,22	3,37	4,04	3,88	0,33
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,10</i>	<i>0,16</i>	<i>0,12</i>		–

Гранстар 75 15 г/га та Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, що у 2001 р перевищувало контроль І на 0,58 і 0,80 т/га відповідно, у 2002 р. – на 0,54 і 0,78 т/га, у 2003 р. – на 0,50 і 0,70 т/га при НІР<sub>05</sub> відповідно 0,13; 0,15 і 0,11 т/га (табл. 7.3). З цих даних видно, що найвищі прибавки зерна формувались у варіанті досліду Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С, що перевищувало не тільки показники в контролі І, а й у відповідному варіанті, де гербіциди застосовували без Емістиму С. Зокрема, в середньому за три роки досліджень перевищення врожайності зерна в цьому варіанті до контролю І складало 0,76 т/га, а до варіанту Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га – 0,22 т/га.

У цілому дані врожайності ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів Дікопур Ф 600 і Гранстар 75 демонструють залежність формування продуктивності культури від концентрації внесеного ксенобіотика. Так, із наростанням у бакових сумішах із Гранстаром 75 норми внесення Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га врожайність ячменю ярого знижувалась, не дивлячись на зростання частки знищених бур'янів. Це свідчить про негативний вплив високих норм препаратів на рослинний організм та підтверджується даними фізіолого-біохімічних досліджень.

Аналізуючи дані врожайності ячменю ярого за використання різних норм гербіциду Лінтур 70WG, внесених окремо і в поєднанні з Агатом-25К, можна відмітити, що за використання в посівах Лінтуру 70 WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га урожайність у 2003 році становила 3,33; 3,44; 3,22 і 3,13 т/га, при сумісному використанні цих же норм Лінтуру 70 WG з біопрепаратом Агат-25К – відповідно 3,56; 3,75; 3,50 і 3,37 т/га при 3,0 т/га у варіанті без застосування препаратів (контроль І) та 3,55 т/га у варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетації (контроль ІІ) і НІР<sub>05</sub> 0,2 т/га (табл. 7.4).

Аналогічна залежність формування врожайності ячменю ярого спостерігалась і в 2004 та 2005 рр., але найвищий урожай зерна в варіантах досліду було одержано в 2005 році. Зокрема у варіанті без застосування препаратів (контроль І) урожайність ячменю в 2005 р. складала 4,12 т/га, у той же час у 2003 і 2004 рр. урожай ячменю ярого в цьому варіанті досліду був дещо нижчим і становив відповідно 3,00 і 3,56 т/га. Ці дані узгоджуються з показниками погодних умов, які були найбільш сприятливими в 2005 році та більш контрастними (за кількістю опадів і температурою) у 2003 і 2004 рр.

Таблиця 7.3

Урожайність ячменю ярого сорту Звершення за дії бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилових кислот Дікопур Ф 600 з сульфонілсечовинами Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С, т/га

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середня за три роки	Прибавка до контролю І
	2001	2002	2003		
Без застосування препаратів (контроль І)	4,12	3,47	3,93	3,84	–
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ)	4,41	3,66	4,23	4,10	0,26
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль ІІІ)	5,01	4,33	4,68	4,67	0,83
Емістим С	4,31	3,61	4,11	4,01	0,17
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	4,70	4,01	4,43	4,38	0,54
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	4,61	4,00	4,38	4,33	0,49
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	4,48	3,95	4,23	4,22	0,38
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	4,23	3,82	4,10	4,05	0,21
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	4,18	3,72	4,01	3,97	0,13
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	4,92	4,25	4,63	4,60	0,76
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	4,65	4,03	4,43	4,37	0,53
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	4,48	3,93	4,31	4,24	0,40
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	4,25	3,83	4,13	4,07	0,23
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	4,20	3,70	4,07	3,99	0,15
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,13</i>	<i>0,15</i>	<i>0,11</i>		–

Таблиця 7.4

**Урожайність ячменю ярого сорту Соборний за дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70 WG, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середня за три роки	Прибавка до контролю I
	2003	2004	2005		
Без застосування препаратів (контроль I)	3,00	3,56	4,12	3,56	–
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	3,55	4,06	4,66	4,09	0,53
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	3,60	4,33	4,91	4,28	0,72
Агат-25 К	3,20	3,69	4,33	3,74	0,18
Лінтур 70 WG 90 г/га	3,33	3,77	4,51	3,87	0,31
Лінтур 70 WG 100 г/га	3,44	3,98	4,70	4,04	0,48
Лінтур 70 WG 120 г/га	3,22	3,81	4,55	3,86	0,30
Лінтур 70 WG 140 г/га	3,13	3,73	4,39	3,75	0,19
Лінтур 70 WG 90 г/га + Агат-25 К	3,56	3,94	4,68	4,06	0,50
Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25 К	3,75	4,17	4,83	4,25	0,69
Лінтур 70 WG 120 г/га + Агат-25 К	3,50	4,00	4,56	4,02	0,46
Лінтур 70 WG 140 г/га + Агат-25 К	3,37	3,83	3,41	3,87	0,31
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,20</i>	<i>0,14</i>	<i>0,12</i>		–

У середньому за три роки досліджень найвищу врожайність у досліді забезпечив варіант Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К, що складало 4,25 т/га при 3,56 т/га в контролі I або перевищувало контроль I відповідно на 0,69 т/га. Формування в цьому варіанті досліджу найвищої урожайності узгоджується з показниками найвищої фотосинтетичної продуктивності посівів.

Подібну залежність у формуванні врожайності ячменю ярого було відмічено за використання в посівах гербіциду Хармоні 75 окремо і в сумішах із Агатом-25К (табл. 7.5). Так, за внесення у

посівах ячменю ярого гербіциду Хармоні 75 у нормах 5; 10; 15 і 20 г/га урожайність у 2003 р. становила 3,21; 3,36; 3,52 і 3,31 т/га, при сумісному використанні цих же норм гербіциду Хармоні 75 з біологічним препаратом Агат-25К – 3,37; 3,53; 3,69 і 3,32 т/га відповідно при 3,00 т/га у контролі I та 3,55 т/га у контролі II і НІР<sub>05</sub> 0,20 т/га.

Таблиця 7.5

**Урожайність ячменю ярого сорту Соборний за дії різних норм гербіциду класу сульфонілсечовини Хармоні 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середня за три роки	Прибавка до контролю I
	2003	2004	2005		
Без застосування препаратів (контроль I)	3,00	3,56	4,12	3,56	–
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	3,55	4,06	4,66	4,09	0,53
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	3,60	4,33	4,91	4,28	0,72
Агат-25К	3,20	3,69	4,33	3,74	0,18
Хармоні 75 5 г/га	3,21	3,74	4,36	3,77	0,21
Хармоні 75 10 г/га	3,36	3,97	4,49	3,93	0,37
Хармоні 75 15 г/га	3,52	4,08	4,65	4,08	0,52
Хармоні 75 20 г/га	3,31	3,87	4,40	3,86	0,30
Хармоні 75 5 г/га + Агат-25К	3,37	3,96	4,50	3,94	0,38
Хармоні 75 10 г/га + Агат-25К	3,53	4,17	4,63	4,11	0,55
Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К	3,69	4,38	4,78	4,28	0,72
Хармоні 75 20 г/га + Агат-25К	3,32	3,89	4,43	3,88	0,32
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,20</i>	<i>0,14</i>	<i>0,12</i>		–

Подібну закономірність із формуванням урожайності ячменю ярого було відмічено і в 2004 та 2005 рр. Зокрема у варіанті без застосування препаратів урожайність ячменю в 2004 і 2005 рр. складала відповідно 3,56 і 4,12 т/га, разом з тим у 2003 р. урожай

зерна в цьому варіанті досліду був дещо нижчим і становив відповідно 3,00 т/га. Ці дані демонструють залежність показників урожайності ячменю ярого від погодних умов та узгоджуються з результатами досліджень щодо формування урожайності ячменю ярого залежно від впливу гербіцидів на бур'яни та проходження в культурних рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів. Так, за повного знищення бур'янів у варіантах досліду контроль II та контроль III, урожайність ячменю в середньому складала відповідно 4,09 і 4,28 т/га, зокрема в контролі III вона була найвищою в досліді і переважала урожайність зерна в контролі I на 0,72 т/га. Очевидно, що відсутність конкуренції з боку бур'янів за світло, вологу і поживні речовини сприяє інтенсифікації ростових і фотосинтетичних процесів у рослинах ячменю ярого та дозволяє культурі найбільш повно розкрити свій продукційний потенціал.

Однак, не дивлячись на те, що найкраще знищення бур'янів у досліді забезпечувала норма 20 г/га Хармоні 75, внесена як окремо, так і в сумішах із Агатом-25К, найбільша площа листового апарату, показники вмісту хлорофілу і чиста продуктивність фотосинтезу були відмічені у варіанті 15г/га Хармоні 75 + Агат-25К. Це свідчить про позитивний вплив даної композиції як на зниження рівня забур'яненості посівів, так і на фізіологічний стан рослин, оскільки використання в суміші з гербіцидом Агату-25К забезпечує зниження рівня ураженості листків хворобами, що значно подовжує період їх функціональної активності.

Цей же варіант досліду (Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К) забезпечив у середньому за три роки досліджень найвищу врожайність зерна ячменю ярого, яка складала 4,28 т/га і перевищувала контроль I відповідно на 0,72 т/га.

Результати досліджень з вивчення дії у посівах ячменю ярого різних норм гербіциду Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агростимуліном та Агатом-25К, показали залежність формування врожайності культури від норм використання гербіциду, поєднання його застосування у сумішах із БАР та погодних умов (табл. 7.6). Так, якщо у варіанті без застосування препаратів (контроль I) урожайність зерна ячменю ярого у 2006 р. складала 3,83 т/га, то в 2007 р. – 1,61, у 2008 р. – 4,55, у 2009 р. – 3,21 т/га. З одержаних даних видно, що найнижча врожайність зерна формувалась у 2007 р., який за вологозабезпеченістю для рослин ячменю ярого був критичним з поміж інших дослідних років.

Таблиця 7.6

**Урожайність ячменю ярого сорту Соборний за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного окремо і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження				Середня за три роки	Прибавка до контролю I
	2006	2007	2008	2009		
Без застосування препаратів (контроль I)	3,83	1,61	4,55	3,21	3,30	–
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	4,33	1,86	5,15	3,63	3,74	0,44
Агат–25К	4,03	1,73	4,71	3,37	3,46	0,16
Агростимулін	3,94	1,70	4,74	3,32	3,43	0,13
Калібр 75 30 г/га	4,03	1,79	4,80	3,41	3,51	0,21
Калібр 75 40 г/га	4,22	1,91	5,06	3,63	3,71	0,41
Калібр 75 50 г/га	4,33	2,11	5,23	3,81	3,87	0,57
Калібр 75 60 г/га	4,29	1,93	5,21	3,73	3,79	0,49
Калібр 75 70 г/га	4,09	1,83	4,97	3,52	3,60	0,30
Калібр 75 30 г/га + Агат–25К + Агростимулін	4,31	1,92	5,41	3,73	3,84	0,54
Калібр 75 40 г/га + Агат–25К + Агростимулін	4,63	2,14	5,71	4,03	4,13	0,83
Калібр 75 50 г/га + Агат–25К + Агростимулін	4,41	2,01	5,64	3,93	4,00	0,70
Калібр 75 60 г/га + Агат–25К + Агростимулін	4,20	1,93	5,45	3,70	3,82	0,52
Калібр 75 70 г/га + Агат–25К + Агростимулін	4,11	1,81	5,30	3,63	3,71	0,41
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>0,21</i>	<i>0,30</i>	<i>0,20</i>	<i>0,16</i>		–

За використання у посівах ячменю гербіциду Калібр 75 як роздільно, так і в бакових сумішах із біологічно активними препаратами, найвища урожайність у варіантах дослідів формувалась у 2008 р. Так, за обробки рослин ячменю Калібром 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га урожайність у 2008 році складала відповідно 4,80; 5,06; 5,23; 5,21 і 4,97 т/га, що перевищувало контроль I відповідно на 0,25; 0,51; 0,68; 0,66 і 0,42 т/га за  $НР_{05}$  0,20 т/га. Однак, необхідно зауважити, що найвищі прибавки зерна було одержано за використання в посівах тих же норм гербіциду Калібр 75 у бакових сумішах з Агатом-25К і Агростимуліном, що становило відповідно до норм гербіциду 0,86; 1,16; 1,09; 0,90 і 0,75 т/га.

Аналогічна залежність з формуванням урожайності зерна ячменю ярого була відмічена нами і в 2006, 2007 та 2009 рр. Водночас, як видно з результатів досліджень, у 2007 р. одержані прибавки зерна в варіантах дослідів були меншими, ніж у 2006, 2008 та 2009 рр.

У середньому за чотири роки досліджень найвищий приріст зерна ячменю ярого забезпечили варіанти дослідів, де гербіцид застосовували сумісно з біологічними препаратами. Так, за внесення гербіциду Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га в бакових сумішах з Агатом-25К і Агростимуліном перевищення урожаю зерна до контролю I складало 0,54; 0,83; 0,70; 0,52 і 0,41 т/га відповідно.

Упродовж 2006–2009 рр. найвищу врожайність та приріст зерна в досліді забезпечила бакова суміш гербіциду Калібр 75 у нормі 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін. Ці дані узгоджуються з показниками проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах ячменю ярого, де було відмічено зниження негативної дії гербіцидного агента на рослинний організм за рахунок протекторних і антистресових властивостей біопрепаратів, що в цілому зумовило зростання фотосинтетичної діяльності посівів та конкурентної здатності культури до бур'янів

Отже, з одержаного експериментального матеріалу можна зробити наступні висновки:

- формування врожайності зерна ячменю ярого залежить від виду і норм використаних гербіцидів, поєднання їх внесення у бакових сумішах із БАР, погодних умов та тісно корелює з ФПП ( $r = 0,80$ ) і рівнем забур'янення посівів ( $r = -0,81$ );

- найвища врожайність ячменю ярого формується за інтегрованого застосування гербіцидів із рістрегуляторами, зокрема: 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; Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, що узгоджується з показниками найвищої фізіолого-біохімічної та мікробіологічної активності посівів у цих варіантах досліду.

## 7.2. Показники якості зерна

Одним із найбільш важливих показників, що характеризує ефективність та доцільність використання агрозаходів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, є оцінка якості одержаної товарної продукції.

Як свідчать експериментальні дані, одержані вченими, у більшості випадків гербіциди сприяють підвищенню врожайності та поліпшенню якості зерна ячменю ярого. Так, при одноразовому або періодичному (через рік) застосуванні 2,4-ДА в колосі ячменю ярого збільшується вміст ДНК і РНК, що позитивно впливає на формування крупності зерна. У дослідях із використанням Гранстару 75 (15 г/га) на фоні мінеральних добрив та підживлення Кристалом відмічено зростання пивоварних якостей ячменю: вміст білка складав – 11,0–11,95% (у контролі – 12,85–14,33%), крохмалю – 61–66% (58,2–59,6%), екстрактивність – 80–83% (78–79,2%) [512]. Подібна залежність простежувалась за використання в посівах ячменю ярого гербіциду Гроділ ультра (150–200 г/га), Хлорсульфурону (7,0 г/га) та інших препаратів [556, 557]. Однак у літературі зустрічаються й дані, які свідчать про негативний вплив гербіцидів на якість зерна ячменю [620]. Тому, звертаючи увагу на високі вимоги, що висуваються до якості зерна пивоварного ячменю і на важливість проблеми боротьби з бур'янами, необхідно вести пошук і розробку нових технологій застосування препаратів, які б зменшували негативний вплив хімічних сполук на рослини, ґрунт і довкілля.

До розробки елементів таких технологій належить поєднання застосування гербіцидів у комплексах із рістрегулюючими сполуками, але дія таких сумішей на формування якісних показників

зерна ячменю ярого є практично не вивченою. Водночас, як засвідчують дослідження вчених, за використання РРР та МБП у посівах ячменю ярого якісні показники зерна культури зростають. Зокрема за обробки посівів РРР Емістим С і Агростимулін підвищується озерненість колосу ячменю ярого, зростає маса 1000 зерен, натура, крупність, вміст у зерні білка та екстрактивність суслу [559–561]. Тому, виходячи з важливості проблеми формування високої якості зерна ячменю ярого, доцільним було вивчити вплив досліджуваних комплексів на формування фізичних, мікробіологічних та фізіолого-біохімічних показників якості зерна і солоду, які відіграють першочергове значення в процесах технологічної переробки.

**7.2.1. Фізичні.** Серед фізичних показників якості зерна, згідно ДСТУ 3769-98, регламентується маса 1000 зерен і крупність, разом з тим натура зерна і плівчастість – не обмежуються. Однак, як свідчать літературні джерела [621], між натурою зерна, плівчастістю та якісними показниками солоду існує тісна залежність: чим нижча натура зерна та більша його плівчастість, тим гіршою є якість пива. Дослідженнями інших учених [622] встановлено, що, не дивлячись на зв'язок між натурною масою зерна та якістю пива, чіткого впливу натури на вміст у зерні білка, крохмалю та його екстрактивністю не простежується.

Як показали результати проведених досліджень, формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого залежало від погодних умов, виду і норм внесених гербіцидів окремо і в поєднанні з рістрегуляторами. Так, за використання в посівах гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 та його бакових сумішей із РРР Емістим С найвищі фізичні показники (маса 1000 зерен, натура, крупність, плівчастість) якості зерна ячменю ярого сорту Рось формувались у 2001 р., дещо нижчі – у 1999–2000 рр. Зокрема за використання у 2001 р. гербіциду Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га маса 1000 зерен ячменю ярого зросла в порівнянні до контролю I відповідно на 3; 7; 3 і 1%, натура зерна – на 2; 3; 1 і 1%, крупність зерна – на 1; 4; 1 і 0%, водночас за використання тих же норм Гранстара 75 сумісно з Емістимом С маса 1000 зерен збільшилась на 8; 14; 9 і 6% відповідно, натура зерна – на 5; 8; 5 і 2%, крупність зерна – на 4; 6; 2 і 1%.

Аналізуючи фізичні показники якості зерна ячменю ярого в

середньому за три роки досліджень, можна відмітити, що найвищими вони були у варіантах досліду, де гербіцид Гранстар 75 вносили в поєднанні з Емістимом С (табл. 7.7). Так, за обробки рослин ячменю ярого гербіцидом Гранстар 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га + Емістим С маса 1000 зерен у порівнянні до відповідних варіантів із самотійним внесенням Гранстарау 75 зросла відповідно на 5; 6; 5 і 5%, натура зерна – на 2; 3; 2 і 1%.

Таблиця 7.7

**Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в поєднанні з Емістимом С, на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Рось (1999–2001 рр.)**

Варіант досліду	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Крупність, %	Плівчастість, %
Без застосування препаратів (контроль I)	38,4	621,0	84	8,9
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	40,1	632,6	87	8,2
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	45,1	663,3	90	7,1
Емістим С	40,0	630,0	85	8,3
Гранстар 75 10 г/га	40,1	632,2	85	7,9
Гранстар 75 15 г/га	42,6	643,5	88	7,6
Гранстар 75 20 г/га	40,7	633,5	86	8,2
Гранстар 75 25 г/га	39,2	624,6	84	9,4
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	42,0	643,7	87	7,5
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	45,0	660,5	90	7,2
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	42,9	646,8	87	7,8
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	41,1	633,0	85	8,9

Найвищі фізичні показники якості зерна були відмічені у варіанті Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, де маса 1000 зерен склала 45 г, натура зерна 660,5 г/л, крупність зерна – 90%, а плівчастість – 7,2% при відповідних показниках у контролі I – 38,4 г і 621,0

г/л, 84% і 8,9%. Одержані дані якості зерна в даному варіанті досліду узгоджуються з найвищою фізіолого-біохімічною активністю в рослинах ячменю ярого за дії даної композиції препаратів та з одержаними експериментальними даними інших учених [623], які за сумісної дії гербіцидів із РРР відмічали значне покращення фізичних якостей зерна ячменю ярого. Також, одержані показники маси 1000 зерен і крупності зерна ячменю ярого за дії композиції Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, дають підставу (згідно вимог стандарту) віднести вирощене зерно ячменю до першого класу якості.

За обробки посівів ячменю ярого сорту Звершення баковими сумішами гербіцидів класу сульфонілсечовини із феноксикарбоксіловими кислотами встановлено, що найкращі фізичні показники якості зерна формувались у 2001 р. досліджень, а у 2002 та 2003 рр. вони були дещо нижчими. Так, за вивчення у 2001–2003 рр. дії гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 сумісно із гербіцидом класу феноксикарбоксілових кислот 2,4-ДА 500 встановлено, що із наростанням у сумішах норм внесення Гранстарау 75 до 25 г/га маса 1000 зерен, натура зерна і крупність ячменю ярого значно знижувались. Особливо це простежувалось у варіанті досліду Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, що узгоджується з показниками зниженої фізіолого-біохімічної активності в рослинах ячменю ярого та може свідчити про негативний вплив високих концентрацій ксенобіотика на процеси формування врожаю та його якості.

За поєднаного внесення бакових сумішей Гранстарау 75 і 2,4-ДА 500 з Емістимом С фізичні показники якості зерна ячменю ярого сорту Звершення зростали і перевищували відповідні значення в контролі І, але при цьому спостерігалась залежність їх формування від норми внесення у сумішах із 2,4-ДА 500 Гранстарау 75. Так, аналізуючи фізичні показники якості зерна ячменю ярого за роками, можна стверджувати, що за поєднання внесення бакових сумішей гербіцидів Гранстарау 75 і 2,4-ДА з РРР Емістим С простежувалось зменшення негативного впливу хімічних агентів на рослини, що в цілому забезпечувало формування підвищеної якості зерна.

У середньому за три роки досліджень найвищі показники якості зерна ячменю ярого сорту Звершення були відмічені за обробки посівів баковою сумішшю Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га, де маса 1000 зерен склала 45,7 г, натура – 721,8 г/л, кру-

пність зерна – 86%, плівчастість – 7,4% за відповідних показників у контролі I – 41,0 г, 642,7 г/л, 78% і 8,8% (табл. 7.8).

Таблиця 7.8

**Вплив бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно та в поєднанні з Емістимом С, на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Звершення (2001–2003 рр.)**

Варіант досліджу	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Крупність, %	Плівчастість, %
Без застосування препаратів (контроль I)	41,0	642,7	78	8,8
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	42,9	655,3	82	8,2
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	46,3	727,6	86	7,3
Емістим С	42,0	648,5	79	8,3
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	42,3	656,2	79	8,1
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	44,1	673,5	82	8,1
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	42,2	655,6	80	8,5
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	40,3	639,5	77	9,4
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	45,7	721,8	86	7,4
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	44,8	680,0	83	7,7
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	42,9	661,1	81	8,2
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	41,5	646,3	78	9,0

Одержані дані дають підставу віднести зерно ячменю ярого, сформоване за дії суміші Гранстару 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С, до першого класу. Рази з тим за показниками крупності зерно в варіантах Гранстар 75 15–25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С наближається до якості, визначеної ДСТУ для другого класу.

Аналізуючи дію на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Звершення бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилічних кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовин Гранстар 75, можна констатувати, що і як у випадку із сумішами Гранстар 75 + 2,4-ДА 500, маса 1000 зерен, натура і крупність зерна із наростанням у сумішах норм внесення гербіцидів знижувалися. Зокрема, впродовж 2001–2003 рр. зниження маси 1000 зерен, натури та крупності зерна проти контролю І найбільш чітко простежувалось у варіанті Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га. При цьому значно зростала плівчастість зерна. Підвищення показника плівчастості зерна в даному варіанті дослідів свідчить про зростання частки дрібних та щуплих зерен. Тому, як свідчать літературні джерела [622], зерно з високою плівчастістю є мало придатним для пивоваріння, оскільки висока частка плівок погіршує процеси солододорощення та знижує показник екстрактивності.

При застосуванні бакових сумішей гербіцидів Дікопур Ф 600 і Гранстар 75 сумісно з Емістимом С якість зерна ячменю ярого проти відповідних показників у варіантах, де бакові суміші гербіцидів вносились без РРР та контролю І, значно покращувалась, але із наростанням у сумішах норм внесення Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га простежувалось її зниження.

У середньому за 2001–2003 рр. найвищу фізичну якість зерна ячменю ярого забезпечила бакова суміш Дікопуру Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + РРР Емістим С, де в порівнянні до контролю І було відмічено зростання маси 1000 зерен на 14%, натури зерна – на 8%, крупності – на 8%, а плівчастість зерна при цьому знижувалась на 16% (табл. 7.9). Одержані в даному варіанті дослідів показники крупності зерна ячменю ярого (80%) дають підставу віднести врожай до другого класу якості.

Значний вплив на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого мав гербіцид Лінтур 70WG, внесений як окремо, так і в сумішах із Агатом-25К. Так, упродовж усіх досліджуваних років (2003–2005 рр.) за обробки рослин ячменю ярого сорту Соборний гербіцидом Лінтур 70WG як окремо, так і в сумішах із Агатом-25К, нами відмічено значне зростання фізичних показників якості зерна, однак у варіантах, де гербіцид застосовували в поєднанні з біологічним препаратом, це зростання було більш вираженим. Зокрема за внесення у 2005 р. Лінтуру 70WG

Таблиця 7.9

**Вплив бакових сумішей гербіцидів класу феноксикарбоксилових кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених роздільно та в поєднанні з Емістимом С, на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Звершення (2001–2003 рр.)**

Варіант досліджу	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Крупність, %	Плівчастість, %
Без застосування препаратів (контроль I)	39,8	600,5	74	9,2
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	41,2	608,3	76	8,4
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	45,6	661,9	81	7,5
Емістим С	40,8	608,6	76	8,9
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	43,8	621,5	78	8,3
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га	43,3	618,3	75	8,6
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га	42,2	610,1	74	9,1
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га	40,4	608,7	73	9,6
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га	38,4	592,9	71	10,0
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	45,4	650,6	80	7,7
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	44,1	631,5	78	8,2
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	43,1	615,2	76	8,6
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	41,7	610,4	74	9,2
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	39,8	599,6	72	9,6

у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га у сумішах із Агатом-25К у досліді було одержано найвищу якість зерна ячменю ярого: маса 1000 зерен перевищувала контроль I відповідно до норм препаратів на 3; 7; 4 і 0%, натура зерна – на 4; 5; 4 і 1%, крупність – на 6; 15; 10 і 3%; плівчастість зерна при цьому знижувалась відповідно на 6; 10; 5 і 3%. Подібну закономірність було відмічено і в 2003 та 2004 рр. досліджень.

Виконаний аналіз фізичних показників якості зерна ячменю ярого в середньому за 2003–2005 рр. досліджень показав, що у варіантах досліді з використанням Лінтуру 70WG як окремо, так і в бакових сумішах з Агатом-25К, маса 1000 зерен, натура і крупність зерна значно збільшувались (табл. 7.10).

Таблиця 7.10

**Вплив гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесенного роздільно і в поєднанні з Агатом-25К, на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Соборний (2003–2005 рр.)**

Варіант досліді	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Крупність, %	Плівчастість, %
Без застосування препаратів (контроль I)	44,8	635,2	75	8,3
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	46,1	644,5	86	8,0
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агат 25 К (контроль III)	48,3	655,3	89	7,4
Агат-25К	45,0	636,4	78	8,0
Лінтур 70WG 90 г/га	45,4	638,1	80	7,9
Лінтур 70WG 100 г/га	47,2	650,4	87	7,7
Лінтур 70WG 120 г/га	46,8	648,3	85	8,0
Лінтур 70WG 140 г/га	45,0	639,1	76	8,2
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	46,7	647,4	82	7,7
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	48,9	658,1	89	7,5
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	47,3	653,0	86	7,8
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	45,9	640,1	78	8,0

У той же час найвищі показники маси 1000 зерен, натури і крупності зерна були відмічені у варіантах досліді із застосуванням Лінтуру 70 WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га сумісно з

Агатом-25К, зокрема маса 1000 зерен рівнялась відповідно 46,7; 48,9; 47,3 і 45,9 г, натура зерна – 647,4; 658,1; 653,0 і 640,1 г/л, крупність 82; 89; 86 і 78% при відповідних показниках у контролі I 44,8 г; 635,2 г/л і 75%. Разом з тим за використання Лінтуру 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га сумісно з Агатом-25К було відмічено зниження показника плівчастості зерна, який складав 7,7; 7,5; 7,8 і 8,0% при 8,3% у контролі I. З одержаного матеріалу впливає, що найвища фізична якість зерна ячменю ярого сорту Соборний формується за обробки рослин баковою сумішшю Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, що забезпечує відповідність показників якості вимогам державного стандарту, що висуваються для зерна першого класу.

Подібну закономірність у формуванні фізичних показників якості зерна нами було відмічено у 2003–2005 рр. за використання в посівах ячменю ярого сорту Соборний різних норм гербіциду Хармоні 75, внесених як роздільно, так і в сумішах із Агатом-25К. Зокрема більш відчутне зростання якості зерна ячменю ярого забезпечували бакові суміші Хармоні 75 із Агатом-25К. Так, у середньому за 2003–2005 рр. досліджень при внесенні Хармоні 75 у нормах 5; 10; 15 і 20 г/га сумісно з Агатом-25К було відмічено зростання маси 1000 зерен проти контролю I відповідно на 2; 6; 8 і 2%, натури зерна – на 1; 3; 3 і 1%, крупності – на 15; 16; 19 і 13%, при цьому плівчастість зерна знизилась відповідно на 4; 7; 11 і 6% (табл. 7.11). Формування найвищих фізичних показників якості зерна ячменю ярого забезпечила бакова суміш Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К, що за показниками маси 1000 зерен і крупності відповідало вимогам ДСТУ для зерна пивоварного ячменю першого класу.

За використання в 2006, 2008 і 2009 рр. у посівах ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, нами встановлено, що в усіх варіантах дослідів фізична якість зерна ячменю ярого значно покращувалась. Однак найвищі показники фізичної якості зерна формувались у найбільш сприятливому за погодними умовами 2008 р. у варіантах дослідів, де Калібр 75 застосовували в сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном. Зокрема в цих варіантах дослідів в порівнянні до контролю I було відмічено значне зростання маси 1000 зерен, натури і крупності зерна за одночасного зниження його плівчастості.

Таблиця 7.11

**Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Хармоні 75, внесеного роздільно і поєднанні з Агатом-25К, на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Соборний (2003–2005 рр.)**

Варіант досліджу	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Крупність, %	Плівчастість, %
Без застосування препаратів (контроль I)	44,8	635,2	75	8,3
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	46,1	644,5	86	8,0
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	48,3	655,3	89	7,4
Агат-25К	45,0	636,4	78	8,0
Хармоні 75 5 г/га	45,4	637,8	84	8,2
Хармоні 75 10 г/га	46,4	648,2	86	8,0
Хармоні 75 15 г/га	47,2	652,4	88	7,8
Хармоні 75 20 г/га	45,2	636,5	84	8,1
Хармоні 75 5 г/га + Агат-25К	45,9	641,4	86	8,0
Хармоні 75 10 г/га + Агат-25К	47,3	653,0	87	7,7
Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К	48,4	657,0	89	7,4
Хармоні 75 20 г/га + Агат-25К	45,6	641,2	85	7,8

У середньому за 2006, 2008 і 2009 рр. досліджень найвища фізична якість зерна ячменю ярого сорту Соборний була відмічена у варіанті досліджу Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, де маса 1000 зерен перевищувала контроль I відповідно на 5,0 г, натура зерна – на 48,9 г/л, крупність – на 9%, а плівчастість знижувалась відповідно на 1% (табл. 7.12).

Одержані дані дають підставу віднести зерно ячменю ярого, вирощене за використання 40 г/га Калібру 75 + Агат-25К + Агростимулін, до першого класу. У той же час формування в даному варіанті досліджу найвищих фізичних показників якості зерна демонструє їх залежність від впливу на проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів, якими визначається фотосинтетична, а, отже, і формотворча продуктивність посівів.

Таблиця 7.12

**Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном, на формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого сорту Соборний (2006, 2008, 2009 рр.)**

Варіант досліджу	Маса 1000 зерен, г	Нагура, г/л	Крупність, %	Плівчастість, %
Без застосування препаратів (контроль I)	44,5	690,2	78	8,7
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	49,7	739,6	87	7,3
Агат-25К	45,2	696,2	80	8,5
Агростимулін	45,7	699,5	80	8,5
Калібр 75 30 г/га	45,5	699,3	79	8,5
Калібр 75 40 г/га	46,8	712,6	82	8,2
Калібр 75 50 г/га	48,1	728,4	84	8,0
Калібр 75 60 г/га	45,8	708,5	81	8,4
Калібр 75 70 г/га	44,9	697,5	79	8,7
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	47,3	719,7	83	7,9
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	49,5	739,1	87	7,5
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	48,7	734,3	85	7,6
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	47,5	717,6	84	7,9
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	45,7	707,4	81	8,5

Отже, з вищенаведеного експериментального матеріалу можна підсумувати:

- формування фізичних показників якості зерна ячменю ярого залежить від активності проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, які, в свою чергу, визначаються видом і нормами внесених гербіцидів та поєднанням їх застосування з БАР;
- найвища фізична якість зерна ячменю ярого формується за використання в посівах гербіцидів різних хімічних класів сумісно з БАР;
- за обробки посівів ячменю ярого сумішами Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500

1,0 л/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 формуються фізичні показники якості зерна пивоварного ячменю, визначені вимогами ДСТУ для зерна першого класу; формування другого класу якості зерна забезпечує обробка посівів ячменю ярого баковою сумішшю Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С.

**7.2.2. Мікробіологічні.** Поряд із фізичними показниками якості зерна ячменю ярого вирішальну роль у формуванні якості солоду відіграє контамінація зерна мікроорганізмами.

Висока ступінь обсіменіння зерна ячменю ярого мікробіотою, особливо міцеліальними грибами, може бути причиною псування солоду, оскільки в процесі солодоращення активізація розвитку мікроорганізмів зумовлює пліснявіння та загнивання зерен [624].

Основним джерелом забруднення зерна ячменю мікроорганізмами є ґрунт та філосфера рослин. До найрозповсюдженіших мікроорганізмів, що складають епіфітну мікробіоту зерна, відносять бактерії родів *Ervinia* і *Pseudomonas* та гриби родів *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Dematium*, *Aspergillus*, *Penicillium* та ін. Особливо небезпечною в солодоращенні є діяльність субепідермальних грибів, які розвиваються в оболонці та зародку зерна. Біохімічні процеси, що проходять в зерні під впливом продуктів обміну грибів, змінюють хімічний його склад, а в готовому пиві – з'являються ознаки мутності, надмірної піни, змінюється смак і аромат [625, 626]. Тому важливим було встановити як змінюється контамінація зерна ячменю ярого мікроорганізмами, зокрема за використання бакових сумішей гербіцидів із мікробіологічним препаратом Агат-25К, та як досліджувані суміші впливають на розвиток субепідермальних грибів – основних збудників псування й погіршення технологічних якостей солоду.

Результати проведених досліджень показали, що за обробки у 2004 р. рослин ячменю ярого гербіцидом Лінтур 70WG у нормах 90; 100; 120 г/га загальна чисельність епіфітних бактерій зерна в порівнянні з контролем I знижувалась і складала 1300; 1100 і 1380 тис. КУО/г при 1386 тис. КУО/г в контролі I (табл. 7.13). Водночас за збільшення норми внесення Лінтуру 70WG до 140 г/га чисельність епіфітних бактерій зерна ячменю зростала в порівнянні з контролем I на 4%.

Таблиця 7.13

**Вплив комбінованого гербіциду Лінтур 70WG і його сумішей із Агатом-25К на контамінацію зерна ячменю ярого сорту Соборний мікроорганізмами**

Варіант досліджу	Загальна чисельність бактерій, тис. КУО/г			Частка зерен, у яких виявлено ріст субепідермальних грибів, %		
	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки	2004 р.	2005 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	1386	1785	1586	18	23	21
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1285	1632	1459	3	6	5
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат 25 К (контроль III)	983	1421	1202	2	4	3
Агат-25К	1120	1580	1350	10	18	14
Лінтур 70WG 90 г/га	1300	1700	1500	16	20	13
Лінтур 70WG 100 г/га	1100	1610	1355	12	15	14
Лінтур 70WG 120 г/га	1380	1790	1585	17	22	20
Лінтур 70WG 140 г/га	1442	1832	1637	21	27	24
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	1130	1631	1381	13	10	12
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	993	1528	1261	7	8	8
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	1362	1700	1531	10	13	12
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	1400	1801	1601	15	16	16
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>41</i>	<i>84</i>	–	2	3	–

За використання гербіциду Лінтур 70WG у нормах 90; 100 і 120 г/га сумісно з Агатом-25К чисельність епіфітних бактерій зерна ячменю ярого значно знижувались як у відношенні до варіантів із самотійним внесенням гербіциду, так і у відношенні до контролю I. У варіанті Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К чисельність епіфітних бактерій у порівнянні з аналогічним варіантом без Агату-25К знижувалась на 42 тис. КУО/г, але в порівнянні з контролем I змінювалась не суттєво.

Подібну закономірність із розвитком епіфітних бактерій зерна ячменю ярого за обробки посівів гербіцидом Лінтур 70WG та його сумішами з Агатом-25К нами було відмічено і в 2005 р. досліджень.

У середньому за 2004–2005 рр. найменша контамінація зерна ячменю ярого епіфітними бактеріями була відмічена у варіанті досліду Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, де зниження їх чисельності проти контролю I складало 20%. Разом з тим висока контамінація зерна епіфітними бактеріями простежувалась у варіанті досліду Лінтур 70WG 140 г/га, де перевищення проти контролю I складало 3%. Одержані дані дають підставу стверджувати, що на обсіменіння зерна ячменю ярого епіфітними бактеріями значний вплив має фітосанітарний стан посівів, від якого залежить чисельність епіфітної мікробіоти колосу, а звідси – й зерна. Крім того, вища вповненість зерна, за якої формується більш гладка й щільна поверхня зернівки, створює менш сприятливі умови для контакту бактерій з поверхнею зерна.

Аналізуючи чисельність субепідермальних грибів у зерні ячменю ярого, можна відмітити, що найнижчий їх розвиток спостерігався у варіантах досліду, де Лінтур 70WG застосовували сумісно з Агатом-25К. Ці дані узгоджуються з показниками найменшої чисельності філософерних мікроміцетів у цих варіантах досліду та демонструють залежність контамінації зерна ячменю ярого мікроміцетами від фітосанітарного стану посівів. Підтвердженням цьому є також дані з розвитку субепідермальних мікроміцетів у варіантах досліду контроль II і III, де за відсутності бур'янів (контроль II) та фунгіцидної дії препарату Агат-25К (контроль III) частка розвитку мікроміцетів у середньому знижувалась відповідно до 5 і 3% при 21% у контролі I.

У середньому за 2003–2005 рр. найнижчий відсоток розвитку субепідермальних мікроміцетів нами було відмічено у варіанті досліду Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К (8%), найвищий – у варіанті Лінтур 70 WG 140 г/га (24%). Очевидно, що зростання кількості дрібного та щуплого зерна у варіанті досліду 140 г/га Лінтуру 70WG створює більш сприятливі умови для заселення і проникнення мікроміцетів у субепідермальні покриви зернівки.

Аналіз даних із контамінації зерна ячменю ярого мікроорганізмами за обробки посівів гербіцидом Калібр 75 та його баковими сумішами із Агатом-25К і Агростимуліном показав, що най-

менша чисельність епіфітних бактерій на поверхні зерна нараховувалась у середньому за 2006–2008 рр. у варіантах досліду Калібр 75 40 і 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін (табл. 7.14). Із наростанням норм внесення Калібру 75 до 60 і 70 г/га як окремо, так і в сумішах із біологічними препаратами, чисельність епіфітної мікробіоти зерна ячменю ярого зростала.

Таблиця 7.14

**Вплив гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75 та його сумішей із Агатом-25К і Агростимуліном на контамінацію зерна ячменю ярого сорту Соборний мікроорганізмами**

Варіант досліду	Загальна чисельність бактерій, тис. КУО/г			Частка зерен, у яких виявлено ріст субепідермальних грибів, %		
	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки	2006 р.	2008 р.	Середнє за два роки
Без застосування препаратів (контроль I)	1632	1811	1722	21	24	23
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1401	1710	1556	5	7	6
Агат-25К	1310	1620	1465	13	14	14
Агростимулін	1510	1701	1606	17	20	19
Калібр 75 30 г/га	1600	1801	1701	19	21	20
Калібр 75 40 г/га	1510	1620	1565	17	16	17
Калібр 75 50 г/га	1432	1593	1513	13	13	13
Калібр 75 60 г/га	1650	1842	1746	18	20	14
Калібр 75 70 г/га	1711	1910	1811	25	27	26
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	1508	1793	1651	16	12	14
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	1411	1583	1497	8	9	9
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	1430	1580	1505	10	16	13
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	1601	1801	1701	16	18	17
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	1683	1902	1793	22	23	23
<i>НІР<sub>05</sub></i>	46	32		2	4	

Аналогічна залежність спостерігалась і в розвитку субепідермальних мікроміцетів: найменша їх частка була відмічена в варіантах Калібр 75 40 і 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін (9 і 13% відповідно при 23% у контролі I); найвища – у варіанті Калібр 75 70 г/га (26%). Одержані дані ще раз засвідчують залежність контамінації зерна ячменю ярого мікроорганізмами від фітосанітарного стану посівів та демонструють опосередкований вплив біологічних препаратів на розвиток поверхневої та субепідермальної мікробіоти, про що в своїх дослідженнях вказують й інші вчені [627].

Отже, з вищенаведеного експериментального матеріалу випливає, що контамінація зерна ячменю ярого епіфітною і субепідермальною мікробіотою визначається фітосанітарним станом посівів та дією досліджуваних препаратів на формування фізичних показників якості зерна, зокрема, чим більша крупність і повнність зерна, тим менш сприятливі умови створюються для розвитку як епіфітних, так і субепідермальних мікроорганізмів. Це підтверджується тісною за напрямом зворотною кореляційною залежністю ( $r = -0,71$ ).

**7.2.3. Фізіолого-біохімічні.** У технологічній переробці зерна ячменю ярого на пивоварні цілі важливу роль відіграють фізіолого-біохімічні показники його якості. Зокрема, серед фізіологічних показників, згідно ДСТУ 3769–98, головна роль відводиться здатності зерна ячменю до проростання, а серед біохімічних – вмісту в зерні білка. Однак здатність до проростання зерна ячменю ярого в значній мірі залежить від активності амілаз та енергії проростання, а вміст білка в зерні – впливає на показники екстрактивності.

За літературними даними [622, 623, 627], чим інтенсивніше проростає зерно, тим вища якість солоду. Водночас високий вміст у зерні білка пригнічує процес бродіння та активізує розвиток небажаної мікрофлори. Також небажаним є низький вміст білка в зерні (нижче 8%), оскільки азотисті речовини вкрай необхідні для розвитку дріжджів, утворення стійкої піни, формування своєрідного кольору, запаху і смаку готового продукту.

Зважаючи на це, було виконано дослідження енергії проростання, здатності до проростання (схожості), активності амілаз, вмісту білка та екстрактивності зерна ячменю ярого за дії гербіцидів різних хімічних класів та їх сумішей із рістрегуляторами.

Результати виконаних досліджень показали, що формування фізіолого-біохімічних показників якості зерна ячменю ярого про-

ходило в залежності від впливу на рослини погодних умов, норм і видів внесених препаратів та поєднання їх застосування із рістрегулюючими речовинами. Так, за обробки рослин ячменю ярого досліджуваними препаратами підвищена якість зерна формувалась у найбільш сприятливій за погодними умовами 2001, 2005 і 2008 рр., нижчі показники якості були відмічені в 1999, 2002 і 2003 рр. досліджень, що узгоджується з менш сприятливими погодними умовами. Інші роки за формуванням фізіолого-біохімічних показників якості зерна ячменю ярого займали проміжне місце.

Аналіз фізіолого-біохімічних показників якості зерна ячменю ярого сорту Рось показав, що в середньому за 1999–2001 рр. найвищі показники якості формувались у варіантах, де гербіцид Гранстар 75 застосовували сумісно з Емістимом С (табл. 7.15). Так, за внесення Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га сумісно з Емістимом С енергія проростання зерна збільшувалась у порівнянні з контролем I відповідно на 4; 8; 4 і 1%, здатність до проростання знаходилась у межах показників енергії проростання, а активність амілаз зростала при цьому на 23; 32; 19 і 4%. З одержаних даних фізіологічних показників якості зерна ячменю ярого видно, що із наростанням у сумішах норм внесення гербіциду Гранстар 75 до 25 г/га якісні показники зерна знижувались, що узгоджується із фізіолого-біохімічними показниками розвитку рослин упродовж вегетації культури та фізичними показниками якості зерна. Адже відомо, що більш крупне і виповнене зерно проявляє високу здатність до проростання внаслідок наявності більшого запасу поживних речовин та підвищеної активності амілаз, які забезпечують зародок розчинними цукрами [622].

Аналогічним був вплив Гранстару 75 та його сумішей із Емістимом С на формування показників вмісту білка та екстрактивності зерна ячменю ярого: із наростанням норм препарату до 25 г/га ці показники знижувалися. Однак найвищий вміст білка та екстрактивність зерна були відмічені у варіанті досліді 15 г/га Гранстару 75 у поєднанні з Емістимом С, що складало відповідно 10,5 і 82% при 9,5 і 78% у контролі I. Водночас, не зважаючи на зростання вмісту білка проти контролю I, та, враховуючи дані здатності зерна до проростання, композиція Гранстар 75 15 г/га + Емістим С у середньому за 1999–2001 рр. забезпечила формування пивоварних якостей зерна ячменю ярого сорту Рось на рівні ДСТУ, що висуваються до зерна I класу.

**Фізіолого-біохімічні показники якості зерна ячменю ярого сорту Рось за дії гербіциду класу сульффонілсечовини Гранстар 75, внесеного роздільно і в поєднанні з Емістимом С, 1999–2001 рр.**

Варіант досліду	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %	Активність амілаз*, мг гідролізованого крохмалю за 1 год. 1 мл ферментного розчину	Вміст білка, %	Екстрактивність, %
Без застосування препаратів (контроль I)	90	91	0,053	9,5	78
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	93	94	0,065	9,9	80
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	98	98	0,078	10,7	82
Емістим С	92	92	0,060	9,8	80
Гранстар 75 10 г/га	91	92	0,058	9,9	80
Гранстар 75 15 г/га	95	96	0,063	10,2	81
Гранстар 75 20 г/га	92	93	0,057	9,9	79
Гранстар 75 25 г/га	90	91	0,053	9,7	78
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	94	95	0,065	10,1	81
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	97	98	0,070	10,5	82
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	94	95	0,063	10,0	80
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	91	92	0,055	9,7	79

Примітка. \* – середнє за 2000–2001 рр.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів Гранстар 75 і 2,4-ДА 500, внесених як окремо, так і в сумішах із Емістимом С, встановлено, що в усіх варіантах дослідження фізіолого-біохімічні показники якості зерна підвищувались, але із наростанням у сумішах норм внесення Гранстарту 75 до 25 г/га спостерігалось їх зниження (табл. 7.16). Так, за використання гербіциду Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га сумісно з 2,4-ДА 500 1,0 л/га та Емістимом С енергія проростання зерна ячменю ярого сорту Звершення складала в середньому за 2001–2003 рр. 95–89%, здатність зерна до проростання – 96–90%, активність амілаз – 0,068–0,052 мг гідролізованого крохмалю за 1 год 1 мл ферментного розчину, вміст білка – 10,3–9,4%, екстрактивність – 81–79% при відповідних показниках у контролі I – 88%; 88%, 0,048 мг гідролізованого крохмалю за 1 год 1 мл ферментного розчину, 9,3% і 78%. З одержаних даних видно, що найбільш високі фізіолого-біохімічні показники зерна формувались у варіанті дослідження Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С. Зокрема формування в даному варіанті дослідження підвищеного вмісту білка узгоджується з активністю азотного обміну в рослинах ячменю ярого під час вегетації та з даними інших вчених, які констатують у своїх працях залежність вмісту білка в зерні ячменю ярого від вмісту азоту у вегетативних органах рослин [623]. У цілому, дані фізіологічних та біохімічних показників якості зерна свідчать, що за сприятливих погодних умов бакова суміш Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С здатна забезпечувати формування якості на рівні вимог стандарту для зерна першого класу.

Оцінка якості зерна ячменю ярого сорту Звершення, обробленого баковими сумішами гербіцидів Дікопур Ф 600 і Гранстар 75, окремо і в поєднанні з Емістимом С показала, що зі зростанням у сумішах норм внесення Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га якість зерна значно знижується, а сформовані при цьому фізіолого-біохімічні показники є нижчими за відповідні значення в контролі (табл. 7.17). Ці дані демонструють чітку залежність формування якості зерна від норми внесення хімічного агента та підтверджуються даними досліджень інших учених [384].

Найбільш оптимальним виявився вплив на рослини ячменю ярого сорту Звершення композиції Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, за дії якої енергія проростання зерна збільшувалась проти контролю I на 10%, здатність до проростання

**Фізіолого-біохімічні показники якості зерна ячменю ярого сорту Звершення за дії сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених окремо і в поєднанні з Емістимом С, 2001–2003 рр.**

Варіант досліді	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %	Активність амілаз*, мг гідролізованого крохмалю за 1 год. 1 мл ферментного розчину	Вміст білка, %	Екстракт-тивність, %
Без застосування препаратів (контроль I)	88	88	0,048	9,3	78
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	93	94	0,067	9,9	80
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	96	96	0,070	10,5	81
Емістим С	89	89	0,050	9,8	79
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га	89	90	0,051	9,9	79
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 г/га	92	93	0,065	10,1	81
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	90	91	0,052	9,7	79
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га	88	89	0,049	9,2	77
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С	95	96	0,068	10,3	81
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	94	94	0,066	10,2	81
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	92	93	0,064	9,9	79
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	89	90	0,052	9,4	79

Примітка. \* – середнє за 2001–2002 рр.

– на 10%, активність амілаз на 71%, вміст білка – на 15%, екстрактивність – на 1%. Однак, зважаючи на рекомендовану ДСТУ екстрактивність зерна 79% – для I класу і 77% – для II класу, за показником екстрактивності зерна ячмінь ярий сорту Звершення, вирощений за дії Дікопуру Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, може бути віднесений до другого класу.

Дослідження дії в посівах ячменю ярого сорту Соборний гербіциду Лінтур 70WG та його бакових сумішей із Агатом-25К показали, що в середньому за 2003–2005 рр. внесення гербіциду як окремо, так і в сумішах із біопрепаратом, забезпечувало покращення фізіолого-біохімічних показників якості зерна ячменю ярого (табл. 7.18). Так, за використання Лінтуру 70WG в нормах 90; 100 і 120 г/га здатність зерна до проростання збільшувалась проти контролю I відповідно 1; 8 і 2%, вміст у зерні білка – на 2; 5 і 5%, екстрактивність – на 1; 4 і 1%, в той час, як за використання цих же норм гербіциду сумісно з Агатом-25К здатність до проростання збільшувалась відповідно на 4; 8 і 4%, вміст білка – на 5; 7 і 5%, екстрактивність – на 3; 5 і 3%. Одержані дані дають підставу стверджувати, що формування підвищених показників якості зерна ячменю ярого за сумісної дії гербіциду Лінтур 70WG з Агатом-25К є наслідком створення більш сприятливих умов для проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, що підтверджується результатами досліджень й інших учених [623].

У середньому за три роки досліджень найвища якість зерна ячменю ярого сорту Соборний формувалась за дії бакової суміші Лінтуру 70WG 100 г/га + Агат-25К, а найнижча в досліді – за дії Лінтуру 70WG у нормі 140 г/га.

Порівнюючи показники здатності до проростання, вмісту білка та екстрактивності зерна у варіантах досліді з внесенням Лінтуру 70 WG окремо і в поєднанні з Агатом-25К з вимогами стандарту, можна констатувати, що досліджувані препарати в цілому не погіршували пивоварну якість ячменю, однак рівень якості зерна першого класу формувався лише за дії 100 г/га Лінтуру 70WG у поєднанні з Агатом-25К.

Значний вплив на формування фізіолого-біохімічних показників якості зерна ячменю ярого сорту Соборний мали бакові суміші гербіциду Хармоні 75 із Агатом-25К (табл. 7.19). Так, у середньому за 2003–2005 рр. за використання в посівах ячменю ярого гербіциду Хармоні 75 у нормах 5; 10; 15 і 20 г/га в сумішах із Агатом-25К здатність до проростання зерна ячменю ярого зростала проти контролю I відповідно на 3; 7; 9 і 5% (рис. 7.1),

**Фізіолого-біохімічні показники якості зерна ячменю сорту Звершення за дії бакових сумішей гербіцидів класів феноксикарбоксихлових кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених роздільно і в поєднанні з Емістимом С, 2001–2003 рр.**

Варіант досліджу	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %	Активність амілаз*, мг гідролізованого крохмалю за 1 год. 1 мл ферментного розчину	Вміст білка, %	Екстрактивність, %
Без застосування препаратів (контроль I)	87	88	0,042	9,3	77
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	94	95	0,069	9,9	80
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	96	97	0,072	10,7	82
Емістим С	89	89	0,048	9,7	79
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 15 г/га	95	95	0,096	10,1	78
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 15 г/га	93	93	0,067	9,8	78
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 15 г/га	89	91	0,050	9,4	76
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 15 г/га	87	88	0,044	9,2	75
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 15 г/га	85	86	0,036	8,7	73
Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С	96	97	0,072	10,7	78
Дікопур Ф 600 0,75 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С	94	95	0,070	10,1	78
Дікопур Ф 600 1,0 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С	90	91	0,053	9,8	77
Дікопур Ф 600 1,25 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С	87	88	0,045	9,5	76
Дікопур Ф 600 1,5 л/га + Гранстар 15 г/га + Емістим С	86	87	0,040	9,1	76

Примітка. \* – середнє за 2001 – 2002 рр.

Таблиця 7.18

**Фізіолого-біохімічні показники якості зерна ячменю ярого сорту Соборний за дії гербіциду групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG, внесеного роздільно та в сумішах із Агатом-25К, 2003–2005 рр.**

Варіант досліді	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %	Активність амілаз, мг гідролізованого крохмалю за 1 год. 1 мл ферментного розчину	Вміст білка, %	Екстрактивність, %
Без застосування препаратів (контроль I)	88	89	0,045	9,8	77
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	96	96	0,075	10,4	79
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду + Агат 25 К (контроль III)	98	98	0,080	10,5	81
Агат-25К	90	90	0,051	9,9	78
Лінтур 70WG 90 г/га	89	90	0,050	10,0	78
Лінтур 70WG 100 г/га	95	96	0,073	10,3	80
Лінтур 70WG 120 г/га	91	91	0,068	10,3	78
Лінтур 70WG 140 г/га	89	89	0,049	9,9	77
Лінтур 70WG 90 г/га + Агат-25К	92	93	0,070	10,3	79
Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К	96	96	0,076	10,5	81
Лінтур 70WG 120 г/га + Агат-25К	93	93	0,070	10,3	79
Лінтур 70WG 140 г/га + Агат-25К	91	92	0,067	10,2	77

Таблиця 7.19

**Фізіолого-біохімічні показники якості зерна ячменю ярого сорту Соборний за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Хармоні 75, внесеного роздільно і в сумішах із Агатом-25К, 2003–2005 рр.**

Варіант дослідів	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %	Активність амілаз, мг гідролізованого крохмалю за 1 год. 1 мл ферментного розчину	Вміст білка, %	Екстрактність, %
Без застосування препаратів (контроль I)	88	89	0,045	9,8	77
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	96	96	0,075	10,4	79
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду + Агат-25К (контроль III)	98	98	0,080	10,5	81
Агат -25К	90	90	0,054	9,9	78
Хармоні 75 5 г/га	89	90	0,050	9,8	78
Хармоні 75 10 г/га	93	94	0,061	10,1	79
Хармоні 75 15 г/га	95	96	0,075	10,3	80
Хармоні 75 20 г/га	90	91	0,054	9,9	78
Хармоні 75 5 г/га + Агат-25К	91	92	0,055	9,9	79
Хармоні 75 10 г/га + Агат-25К	94	95	0,070	10,3	80
Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К	97	97	0,080	10,4	81
Хармоні 75 20 г/га + Агат-25К	91	93	0,058	10,1	79



**Рис. 7.1. Вплив гербіциду Хармоні 75, МБП Агат-25К та їх сумішей на здатність до проростання зерна ячменю ярого сорту Соборний (2005 р.):**  
1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Агат-25К;  
3. Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К

активність амілаз – на 15; 46; 67 і 21%, вміст білка – на 1; 5; 6 і 3%, екстрактивність – на 3; 4; 5 і 3% відповідно. Формування найвищих фізіолого-біохімічних показників якості зерна ячменю ярого забезпечила бакова суміш Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К. Ці дані підтверджуються показниками найвищої фізіолого-біохімічної активності рослин та узгоджується з фізичною якістю зерна, яка за дії на рослини речовин з регуляторними і протекторними властивостями значно покращується [627].

Аналізуючи вплив на формування фізіологічних і біохімічних показників якості зерна ячменю ярого сорту Соборний гербіциду Калібр 75, внесеного роздільно та в сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном, можна стверджувати, що в усіх варіантах досліду простежувалось покращення якості зерна, але із наростанням у сумішах норм внесення Калібру 75 зберігалась тенденція до її зниження (табл. 7.20).

Найбільш оптимальний вплив на формування фізіолого-біохімічних показників якості зерна простежувався за дії 40 г/га Калібру 75, внесеного в сумішах із Агатом-25К, де здатність до проростання перевищила контроль I відповідно на 10%, активність амілаз – на 63%, вміст білка – на 4%, екстрактивність – на 7% відповідно.

Дана композиція за показниками здатності зерна до проростання, вмісту білка та рекомендованого значення екстрактивності забезпечувала формування якості пивоварного ячменю за вимогами ДСТУ, визначеними для зерна першого класу.

Отже, дані з вивчення фізіолого-біохімічної якості зерна ячменю ярого дають підставу зробити наступні висновки:

- за використання в посівах ячменю ярого гербіцидів різних хімічних класів (сульфонілсечовини, феноксикарбоксилічних кислот, комбінованих препаратів) у сумішах із біологічними препаратами (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К) формується вища фізіологічна і біохімічна якість зерна, ніж за внесення гербіцидів самотійно;
- за показниками здатності до проростання, вмісту білка та рекомендованої екстрактивності зерна формування якості пивоварного ячменю I класу забезпечують композиції: Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С; Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К; Хармоні 75 15 г/га + Емістим С; Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; II класу – Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С.

Таблиця 7.20

**Фізіолого-біохімічні показники якості зерна ячменю ярого сорту Соборний за дії гербіциду класу сульфонілсечовини Калібр 75, внесеного роздільно і в сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном, середнє за 2006, 2008, 2009 рр.**

Варіант досліду	Енергія проростання, %	Здатність до проростання, %	Активність амілаз, мг гідролізованого крохмалю за 1 год 1 мл ферментного розчину	Вміст білка, %	Екстрактивність, %
Без застосування препаратів (контроль I)	87	88	0,051	9,8	76
Ручні прополовання впродовж вегетаційного періоду (контроль II)	97	97	0,085	10,3	81
Агат-25К	90	90	0,065	9,9	77
Агростимулін	90	90	0,068	9,9	78
Калібр 75 30 г/га	88	88	0,063	9,9	77
Калібр 75 40 г/га	91	92	0,072	10,1	79
Калібр 75 50 г/га	95	96	0,080	10,1	80
Калібр 75 60 г/га	93	94	0,075	9,9	77
Калібр 75 70 г/га	90	91	0,070	9,8	76
Калібр 75 30 г/га + Агат-25К + Агростимулін	92	93	0,074	10,0	78
Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін	96	97	0,083	10,2	81
Калібр 75 50 г/га + Агат-25К + Агростимулін	96	96	0,084	10,2	81
Калібр 75 60 г/га + Агат-25К + Агростимулін	94	94	0,080	10,0	79
Калібр 75 70 г/га + Агат-25К + Агростимулін	91	91	0,075	9,9	77

**7.2.4. Забрудненість залишками препаратів.** Зважаючи на високі вимоги сучасного виробництва до безпеки продуктів переробки, надзвичайно великого значення набуває проблема наявності у сировині залишків пестицидів.

Як засвідчують літературні джерела [628, 629], гербіциди здатні акумулюватись в об'єктах навколишнього природного середовища, в тому числі й рослинах, однак їх нагромадження в кінцевій продукції залежить від фізико-хімічних властивостей препаратів.

Виконані нами дослідження з визначення залишків препаратів у зерні ячменю ярого показали, що за використання їх у межах рекомендованих регламентів вони не акумулюються врожаєм і не виливають на його технологічну якість. Так, у зразках зерна ячменю ярого, вирощеного за використання бакових сумішей Гранстар 75 15 г/га + Емістим С (рекомендована норма застосування гербіциду Гранстар 75, згідно регламентів, затверджених Департаментом екологічної безпеки Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, в посівах ячменю складає 15 г/га), Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С (рекомендовані норми внесення гербіцидів складають відповідно 0,8 – 1,4 л/га та 15 г/га), Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К (рекомендована норма внесення гербіциду становить 120 г/га), Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К (рекомендована норма використання гербіциду 10–15 г/га), Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін (рекомендована норма застосування гербіциду складає 30–60 г/га), Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С (рекомендовані норми внесення гербіцидів складають відповідно 15 г/га і 0,9–1,7 л/га) залишків препаратів не виявлено, що свідчить про безпечність застосування цих норм гербіцидів та їх композицій з РРР у сільськогосподарському виробництві.



## **8. ЕКОНОМІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ПОСІВАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО РІЗНИХ ВИДІВ ГЕРБІЦИДІВ І РІСТРЕГУЛЯТОРІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ЗАХОДІВ З ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

За обсягами виробництва зерна ячмінь посідає четверте місце в світі після пшениці, кукурудзи та рису. Переважно його виробництво зосереджено в трьох найбільших регіонах: колишньому Союзу, Європейській спільноті та Північній Америці. Головними експортерами ячменю є Австралія, Канада, Туреччина і США. Україна є одним із найбільших споживачів зерна ячменю. Тому не випадково він фактично вважається другою зерновою культурою після пшениці. Але, не зважаючи на всю важливість і продовольчу цінність ячменю, рівень його виробництва і донині не відповідає вимогам та потребам ринку. Більше того, середня врожайність цієї культури в більшості регіонів залишається досить низькою, що, в свою чергу, вимагає проведення ретельного аналізу економічної ефективності вирощування культури з метою розробки шляхів, направлених на підвищення продуктивності та ефективності виробництва високоякісного зерна.

Одним із шляхів збільшення виробництва зерна ячменю ярого є підвищення загального рівня культури землеробства, яке не можливо здійснити без систематичної і наполегливої боротьби із бур'янами [16, 18]. Так, за даними В. А. Захаренка [29], подальший інтенсивний розвиток землеробства не можливий без використання в боротьбі з бур'янистою рослинністю посівів сільськогосподарських культур гербіцидів, витрати на внесення яких окупуються додатковим урожаєм. Проте, в сучасному землеробстві залишається багато не використаних резервів росту виробництва продукції рослинництва за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих методів боротьби з бур'янами.

Як свідчить практика землеробства, за використання гербіцидів економічна ефективність вирощування зернових культур значно підвищується. Так, дослідження, виконані науковцями Інституту захисту рослин Білорусі засвідчують, що за обробки посівів пшениці озимої та жита гербіцидами Агрітокс (1,3 л/га), Гранстар (0,015 кг/га) та Лінтур (0,15 кг/га) рентабельність виробництва зерна зростає до 150–722%, при цьому окупність додаткових витрат складає 2,2–2,9 рази [630].

У Російській Федерації вчені встановили, що внесення в посівах пшениці ярої Еланту (0,7 л/га), Дифезану (0,2 л/га), Еланту + Пума Супер (0,7 + 0,75 л/га) забезпечило одержання чистого прибутку в розмірі 1455–1997; 1742 і 3326 руб/га за рівня рентабельності виробництва 421–798% [507, 536]; обробка ячменю ярого сорту Гонар гербіцидами Агрітокс (1,2 л/га), Діален супер (0,6 л/га), Крос (0,14 л/га) дала можливість одержати чистий прибуток на рівні відповідно 1197; 1603 і 1875 руб/га, при цьому рівень рентабельності знаходився в межах 117–126% [516]; високу ефективність у посівах пшениці ярої проявила бакова суміш гербіцидів Ларен + Пума супер (10 г/га + 800 мл/га), за внесення якої чистий прибуток склав 907 руб/га, а рівень рентабельності – 112% [532].

Високі економічні показники вирощування зернових культур забезпечує обробка їх посівів біологічними препаратами. Так, за використання на пшениці озимій Емістиму С і Агростимуліну чистий прибуток склав 150–200 грн/га [543]. Водночас застосування біологічного препарату Альбіт з гербіцидами Бетарен експрес АМ (1,5–2,0 л/га), Лонтрел 300 (0,2 л/га), Пантера (1,0 л/га) та біологічного препарату Бактофіт з гербіцидами Ларен, Елант, Біатлон та ін. забезпечило значне зростання чистого прибутку з 1 га посівів буряку цукрового та зернових культур, за рівня окупності додаткових витрат 2,6–17,4 разів [61, 69].

З метою встановлення економічної ефективності застосування в посівах ячменю ярого різних видів гербіцидів та їх сумішей із біологічними препаратами, було проведено розрахунки таких основних економічних показників як загальні витрати на вирощування культури, у тому числі додаткові (пов'язані з використанням препаратів), вартість валової продукції, чистий прибуток, у тому числі додатковий, рентабельність та окупність додаткових витрат. В основу розрахунків економічної ефективності були взяті середні ціни на сільськогосподарську продукцію та витратні матеріали, що

складались на біржовому ринку України станом на 1999–2001 рр., 2001–2003 рр., 2003–2005 рр. та 2006–2008 рр.

У результаті проведених досліджень встановлено, що формування економічних показників вирощування ячменю ярого проходило в залежності від величини одержаного основного та додаткового врожаїв, цін на зерно та витратні матеріали. Так, за використання в посівах ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 найвищі економічні показники були одержані у варіанті досліду, де препарат у нормі 15 г/га застосовували сумісно з РРР Емістим С (табл. 8.1). Зокрема, цей варіант досліду забезпечував формування чистого прибутку на рівні 837,8 грн/га, у тому числі додаткового – 287,7 грн/га за рівня рентабельності 72,5% і окупності додаткових витрат 6,4 рази та собівартості 1 ц продукції 27,1 при відповідних показниках у варіанті Гранстар 75 15 г/га без РРР – 742,0 грн/га, 191,9 грн/га, 64,4% і 4,5 рази та чистому прибутку 550,1 грн/га, рівні рентабельності 49,6% і собівартості 1 ц зерна 31,3 грн – в контролі І.

Одержані показники найвищої економічної ефективності у варіанті Гранстар 75 15 г/га + Емістим С узгоджуються з даними формування найвищої врожайності та приросту зерна, що за відповідної його якості дало можливість реалізувати продукцію з найвищим економічним прибутком. Разом з тим, не дивлячись на високу врожайність ячменю ярого у варіантах досліду контроль ІІ і контроль ІІІ, вони забезпечували нульову окупність витрат, що пов'язано з високою вартістю проведення ручних прополювань.

За використання в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіциду Гранстар 75 із 2,4-ДА 500 найвищу економічну ефективність було відмічено у варіанті з внесенням Гранстарау 75 в нормі 15 г/га + 2,4-ДА 500 – 1,0 л/га. В даному варіанті досліду собівартість 1 ц зерна в порівнянні з контролем І знизилась на 5,3 грн, а чистий прибуток та рентабельність виробництва зросли відповідно до контролю І на 320,6 грн/га та 21% за окупності додаткових витрат 4,6 рази. Водночас найвищі економічні показники в даному досліді були зафіксовані за використання 10 г/га Гранстарау 75 у сумішах з 2,4-ДА 500 1,0 л/га та Емістимом С, зокрема чистий прибуток склав 812,4 грн/га, додатковий прибуток 389,4 грн/га, рівень рентабельності 57,5%, окупність додаткових витрат 6,4 рази, собівартість 1 ц зерна 31,7 грн при чистому прибутку, рівні рентабельності і собівартості 1 ц зерна в контролі І відповідно 423,0 грн/га, 31,3% та 38,1 грн.

Таблиця 8.1

Економічна ефективність застосування в посівах ячменю ярого гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 та його сумішей із РРР Емістим С, 1999–2001 рр.

Варіант дослідження	Урожайність, ц/га	Собівартість 1 ц зерна, грн	Прибавка врожайності, ц/га	Загальні витрати на вирощування культури, грн/га	В т.ч. долаткові, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	В. т.ч. долаткової, грн/га	Чистий прибуток з 1 га, грн	Рентабельність, %	Додатковий прибуток за рахунок застосування препаратів, грн/га	Окупність долаткових витрат, рази
Без застосування препаратів (контроль I)	35,5	31,3	0	1109,6	0	1659,7	0	550,1	49,6	0	0
Ручні прополовання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	38,5	33,9	3,0	1306,1	196,5	1798,3	138,7	492,7	37,7	0	0
Ручні прополовання впродовж вегетації (контроль III)	43,6	39,1	8,1	1704,9	595,8	2036,1	378,3	331,2	19,4	0	0
Емістим С	37,5	30,0	2,0	1125,3	15,7	1752,7	93,0	627,4	55,8	77,3	4,9
Гранстар 75 10 г/га	38,7	29,5	3,2	1142,6	33,0	1806,3	146,7	663,7	58,1	113,7	3,4
Гранстар 75 15 г/га	40,5	28,4	5,0	1152,0	42,4	1894,0	234,3	742,0	64,4	191,9	4,5
Гранстар 75 20 г/га	38,8	29,9	3,3	1161,6	52,0	1813,0	153,3	651,4	56,1	101,3	1,9
Гранстар 75 25 г/га	38,0	30,8	2,5	1170,3	60,7	1774,3	114,7	604,0	51,6	54,0	0,9
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	41,7	27,5	6,2	1145,8	36,2	1948,7	289,0	802,8	70,1	252,8	7,0
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	42,6	27,1	7,1	1154,9	45,3	1992,7	333,0	837,8	72,5	287,7	6,4
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	41,4	28,2	5,9	1165,7	56,3	1935,0	275,3	769,1	66,0	219,0	3,9
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	39,6	29,6	4,1	1172,9	63,3	1853,0	193,3	680,1	58,0	130,0	2,1

Із наростанням у сумішах із 2,4-ДА 500 норми внесення Гранстару 75 до 25 г/га як окремо, так і в поєднанні з РРР Емістим С, рівень рентабельності виробництва знижувався до 34%, а окупність додаткових витрат – до 0,8 разів за зростання собівартості 1 ц зерна до 37,2 грн. Одержані дані демонструють залежність формування рівня економічних показників від норм внесення препаратів, за підвищення використання яких урожайність культури знижується, а вартість препаратів значно зростає.

Подібну закономірність у формуванні економічних показників нами було відмічено за обприскування посівів ячменю ярого баковими сумішами гербіцидів класу феноксикарбоксилових кислот Дікопур Ф 600 і сульфонілсечовини Гранстар 75, внесених роздільно та в поєднанні з Емістимом С. Зокрема, найвищі економічні показники формувалися у варіанті з внесенням Дікопуру Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С, де показники чистого прибутку, в тому числі додаткового, рівень рентабельності виробництва та окупність додаткових витрат перевищували аналогічні показники у варіанті із внесенням тих же норм гербіцидів без РРР відповідно на 105,2 грн/га, 9,5% і 1,4 рази. За подальшого зростання в композиціях норми внесення Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га, не залежно від застосування сумішей із РРР, чи без Емістиму С, рівень рентабельності виробництва значно знижувався до 40,5–40,6% при 43,3% у контролі І, при цьому окупність додаткових витрат складала 0, а собівартість 1 ц зерна підвищувалась до 35,6 грн при 34,9 грн у контролі І. Економічно не вигідним, як і в інших дослідях, виявилось ручне прополювання посівів, за якого, хоч і формувалась найвища урожайність в досліді (контролі), витрати на його проведення не окуплювались реалізованим врожаєм зерна.

За обробки посівів ячменю ярого гербіцидом групи комбінованих препаратів Лінтур 70WG у нормах 90; 100; 120 і 140 г/га спостерігалось значне зростання всіх економічних показників. Так, чистий прибуток у порівнянні з контролем І зріс відповідно на 161,1; 272,2; 145,2 і 65,6 грн/га, рівень рентабельності – на 8,2; 14,4; 6,9 і 2,2% за окупності додаткових витрат – 3,4; 5,3; 2,4 і 1,0 рази.

За використання тих же норм Лінтуру 70WG сумісно з Агатом-25К економічні показники виробництва зерна значно зростають як у порівнянні до контролю І, так і до відповідних варіантів, де біопрепарат не застосовували. Однак найвищий чистий прибу-

ток з 1 га, у тому числі й додатковий, найвищий рівень рентабельності та окупність додаткових витрат було одержано у варіанті досліду Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К, що складало відповідно 1106,1 та 390,6 грн/га, 63% і 5,7 рази при чистому прибутку і рівні рентабельності виробництва в контролі I відповідно 715,5 грн/га і 42,4%.

За обробки посівів ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Хармоні 75 найвищі економічні показники формувалися у варіанті досліду з нормою внесення препарату 15 г/га, яку застосовували як окремо, так і в сумішах із Агатом-25К.

Однак поєднання внесення Хармоні 75 в нормі 15 г/га із Агатом-25К забезпечувало в порівнянні із варіантом, де Хармоні 75 в нормі 15 г/га застосовували без біологічного препарату, зростання чистого доходу на 74,1 грн, при цьому рівень рентабельності виробництва збільшувався на 5,6%, а собівартість одного центнера зерна знижувалась на 1,4 грн.

Результати проведеної економічної оцінки застосування гербіциду Калібр 75 роздільно і в бакових сумішах із Агатом-25К і Агростимуліном показали, що найвища економічна ефективність формувалась у варіантах досліду, де гербіцид Калібр 75 застосовували в сумішах із біологічними препаратами. Так, за внесення гербіциду Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га у поєднанні з Агатом-25К і Агростимуліном у варіантах досліду було відмічено одержання найвищого чистого прибутку, який знаходився у межах 490,6–968,8 грн при 253,9 грн у контролі I. Ці ж варіанти забезпечили одержання найвищого чистого прибутку за рахунок використання препаратів, який рівнявся 236,7–733,0 грн.

У середньому за три роки досліджень найвищий економічний ефект було встановлено за використання в посівах ячменю ярого бакової суміші Калібр 75 в нормі 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін. Дана композиційна суміш забезпечила зниження собівартості виробництва 1 ц зерна до 71,3 грн при 86,8 грн в контролі I, а чистий прибуток і рівень рентабельності виробництва зросли проти контролю I відповідно на 714,9 грн/га та 23,9% за окупності додаткових витрат у 10,0 рази.

У сучасних економічних умовах, поряд з проведенням економічної оцінки досліджуваних заходів, важливого значення набуває енергетичний аналіз, який дає можливість розробити шляхи раціонального використання відновлювальної (природної) і невідновлювальної енергії [631].

Аналіз енергетичної ефективності застосування різних видів гербіцидів та їх сумішей із біологічними препаратами в посівах ячменю ярого показав, що енергетична доцільність застосування препаратів визначалась, насамперед, видами і нормами застосування гербіцидів, поєднанням їх внесення у сумішах із біологічними препаратами, їх біологічною ефективністю проти бур'янів та величиною додатково одержаної продукції. Так, за внесення в посівах ячменю ярого гербіциду Гранстар 75 у нормах 10–25 г/га енерговитрати склали 14953,7–15000,1 МДж/га, водночас за використання тих же норм Гранстару 75 сумісно з Емістимом С – 14987,2–15043,6 МДж/га (табл. 8.2). Тобто, за сумісного використання гербіциду й РРР енерговитрати на вирощування культури збільшувалися, однак при цьому значно зростала й енергія одержаного врожаю, що позитивно вплинуло на формування  $K_{ee}$ , який складав відповідно 5,3; 5,4; 5,3 і 5,0 при 4,6 у контролі І.

Таблиця 8.2

**Енергетична ефективність застосування в посівах ячменю ярого гербіциду Гранстар 75 та його сумішей із РРР Емістим С, 1999–2001 рр.**

Варіант досліду	Енерговитрати, МДж/га	Енергія врожаю, МДж/га	$K_{ee}$
Без застосування препаратів (контроль І)	14595,2	67450,0	4,6
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль ІІ)	17568,9	73150,0	4,2
Ручні прополювання впродовж вегетації (контроль ІІІ)	23452,4	78470,0	3,4
Емістим С	14936,2	71250,0	4,8
Гранстар 75 10 г/га	14962,3	73530,0	4,9
Гранстар 75 15 г/га	15000,1	76950,0	5,1
Гранстар 75 20 г/га	14967,9	73720,0	4,9
Гранстар 75 25 г/га	14953,7	72200,0	4,8
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	15023,8	79230,0	5,3
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	15043,6	80940,0	5,4
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	15021,4	78660,0	5,3
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	14987,2	75240,0	5,0

Максимальний врожай, який було одержано в досліді за використання Гранстару 75 15 г/га + Емістим С, забезпечив формування найвищого коефіцієнта енергетичної ефективності, який

перевищував контроль I на 17%.

Аналогічні показники енергетичної ефективності були одержані нами за використання й інших гербіцидів у сумішах із ріст-регуляторами. Так, за обробки ячменю ярого баковими сумішами гербіцидів Гранстар 75 + 2,4-ДА 500 найвищі енерговитрати формувались за сумісного їх внесення із Емістимом С. Однак ці енерговитрати перекривались підвищеними показниками енергії врожаю, яка в порівнянні з контролем I у варіантах Гранстар 75 10; 15; 20 і 25 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С зростала відповідно на 25; 23; 19 і 9%, що забезпечило формування показника  $K_{ee}$  на рівні 5,6; 5,5; 5,4 і 4,9 при 4,6 в контролі I. З одержаних даних видно, що із наростанням у сумішах з 2,4-ДА 500 норми внесення Гранстарау 75 до 25 г/га  $K_{ee}$  знижувався, що, вочевидь, пов'язано як із зростанням енерговитрат на препарати та їх застосування, так і з формуванням нижчої врожайності.

Аналіз енергетичної ефективності застосування в посівах ячменю ярого бакових сумішей гербіцидів Дікопур Ф 600 і Гранстар 75, внесених окремо та в поєднанні з Емістимом С, засвідчив, що найбільш енергетично доцільним і вигідним є застосування в посівах композиції Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С. Перш за все, це пов'язано з формуванням в даному варіанті дослідження найвищої енергоємності урожаю, яка складала 87400 при 72960 МДж/га в контролі I. Це забезпечило формування коефіцієнта енергетичної ефективності на рівні 5,8 при 5,0 в контролі I. Водночас із зростанням у сумішах із Гранстаром 75 норми внесення Дікопуру Ф 600 до 1,5 л/га  $K_{ee}$  знижувався до 5,0–5,1, що узгоджується із зниженням урожайності ячменю ярого та зростанням енерговитрат на використання підвищених норм препаратів.

За використання в посівах ячменю ярого гербіциду Лінтур 70WG найвища енергоємність урожаю формувалась за внесення 90; 100; 120 і 140 г/га препарату сумісно із Агатом-25К, де перевищення у відношенні до контролю I складало відповідно 14; 19; 13 і 9%, а  $K_{ee}$  рівнявся відповідно 5,1; 5,4; 5,1 і 4,9 при 4,6 в контролі I. З одержаних даних видно, що найбільш енергетично вигідним було застосування в посівах ячменю ярого композиції Лінтур 70WG 100 г/га + Агат-25К.

Високу енергетичну ефективність в посівах ячменю ярого проявив гербіцид Хармоні 75, внесений як роздільно, так і в су-

мішах із Агатом-25К. Так, за використання Хармоні 75 у нормах 5; 10; 15 і 20 г/га енергоємність одержаного врожаю проти контролю I зросла відповідно на 6; 11; 13 і 8%, а за використання тих же норм гербіциду сумісно з Агатом-25К – на 10; 14; 18 і 10%. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності було відмічено за використання композиції Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К (5,3 при 4,6 в контролі I). Це дає підставу стверджувати, що дана суміш є найбільш енергетично вигідною до застосування в посівах ячменю ярого.

Результати досліджень енергетичної ефективності застосування в посівах ячменю ярого гербіциду Калібр 75 та його сумішей із Агатом-25К і Агростимуліном показали, що, не дивлячись на високу енергоємність затрат, понесених на вирощування культури, одержана енергія врожаю забезпечувала формування високих показників коефіцієнта енергетичної ефективності. Зокрема, прийнявши до уваги цей показник можна стверджувати, що найбільш енергетично доцільним є застосування в посівах ячменю бакових сумішей гербіциду Калібр 75 у нормах 30–70 г/га сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном, що забезпечує підвищення рівня енергетичної ефективності в порівнянні з контролем I на 14–21%.

Найвища енергоємність урожаю ячменю ярого акумулювалась у посівах за дії Калібру 75 у нормі 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін, що забезпечувало формування рівня енергетичної ефективності використання даної композиції відповідно 5,2 при 4,3 в контролі I.

Зважаючи на екологічну ситуацію, що склалася в світі і в нашій державі зокрема, важливого значення набуває питання розробки шляхів екологічно безпечного застосування ксенобіотиків. Зазвичай більшість пестицидів, що імпортуються на територію України, не мають чітких даних щодо їх екологічної небезпеки [632]. Тому екоотоксиканти можуть нагромаджуватись в об'єктах навколишнього природного середовища (грунті, воді, рослинах і тваринах), що з часом призводить до їх міграції в організм людини.

Більшість посихових гербіцидів не здатні акумулюватись ґрунтом. Так, дослідження, виконані з гербіцидами Хармоні і Гранстар свідчать про те, що їх розкладання в ґрунті відбувається менше як за сім діб. Водночас узагальнені дослідження показують, що на розкладання гербіцидів, зокрема класу сульфонілсе-

човини, значний вплив мають такі чинники як норма внесення препарату, рН середовища, вміст у ґрунті гумусу, температура, вологість ґрунту, персистентність препаратів, здатність їх розчинятись у воді та ін. [150].

Як показали результати досліджень, за використання в посівах ячменю ярого композицій 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; Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін залишків препаратів у шарах ґрунту 0–10, 10–20 і 20–40 см не виявлено, що засвідчує безпечність даних композицій препаратів для навколишнього природного середовища. Ці дані також підкреслюють високу метаболічну активність даних композицій, особливо з боку біологічних препаратів, які завдяки антистресовим, протекторним та антидотним властивостям активізують процеси детоксикації гербіцидів у рослинах та зумовлюють остаточну їх ліквідацію в ризосфері рослин шляхом стимулювання розвитку мікроорганізмів, які розкладають ксенобіотики до нешкідливих сполук.

Таким чином, підведення підсумків даного розділу дає підставу стверджувати, що найбільш економічно, енергетично й екологічно доцільним та вигідним є використання в посівах ячменю ярого таких композицій 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. Ці композиції забезпечують формування середнього додаткового врожаю на рівні 0,7–0,9 т/га, додаткового прибутку – 287,7–733,0 грн/га за рівня рентабельності виробництва – 33–73%, окупності додаткових витрат – 5–10 разів та коефіцієнта енергетичної ефективності – 5,2–5,8.



## УЗАГАЛЬНЕННЯ

Узагальнення даних літератури та результатів досліджень, виконаних на прикладі ячменю ярого, дає підставу стверджувати, що гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів, внесені як окремо, так і в поєднанні з рістрегуляторами, значно впливають на спрямованість проходження обмінних процесів у рослинах ячменю ярого [407, 579, 633–635]. Із наростанням норм внесення гербіцидів без РРР у листках ячменю ярого простежується зростання генерації АФК, що виражається у підвищенні активності реакцій ПОЛ та веде до розвитку в рослин оксидативного стресу.

За використання гербіцидів у сумішах із рістрегуляторами рівень ПОЛ у рослинах значно знижується за одночасного підвищення активності GST і СОД та зростання вмісту в листках антиоксидантів. Підвищення загального антиоксидантного статусу рослин забезпечує зростання АОА тканин та активності в них основних ферментів класу оксидоредуктаз, які, вочевидь, беруть безпосередню участь у процесах адаптації рослин до гербіцидного стресу.

Гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот та комбінованих препаратів зумовлюють зміни у фотосинтетичній системі рослин. На прикладі гербіциду Гранстар 75 встановлений опосередкований вплив сульфонілсечовинних препаратів на транспорт електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів.

Бакові суміші гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75) і феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА) обумовлюють більш виражене зниження активності транспорту електронів в ЕТЛ хлоропластів, що, можливо, є наслідком акумуляції хлоропластами 2,4-ДА. Водночас за інтегрованого застосування цих гербіцидів із рістрегуляторами активність транспорту електронів в ЕТЛ хлоропластів ячменю ярого зростає, що свідчить про послаблення

негативної дії ксенобіотиків на перебіг метаболічних процесів у рослинах [636, 637].

Оптимальні норми гербіцидів, внесені з РРР, забезпечують формування відносно високого рівня хлорофілів *a* і *b* у рослинах ячменю ярого та більшого за розмірами СЗК, але із наростанням норм внесення гербіцидів, особливо за використання їх без РРР, вміст хлорофілу в листках знижується, що може бути наслідком безпосереднього впливу ксенобіотиків на процеси його синтезу або ж руйнування у зв'язку з активуванням гідролітичної функції хлорофілази [586, 587, 638].

Залежно від дії досліджуваних препаратів на пігментний комплекс рослин ячменю ярого, відповідні зміни простежуються у проходженні фотосинтетичних процесів, які нерозривно пов'язані з асиміляцією вуглецевих і азотних сполук [639, 640]. Найвищу фотосинтетичну активність посіви ячменю ярого проявляють за дії сульфонілсечовинних (Гранстар 75, Хармоні 75, Калібр 75) та комбінованого препарату (Лінтур 70WG) у сумішах з БАР (Емістим С, Агростимулін, Агат-25К), що обумовлюється позитивним впливом оптимальних норм цих препаратів на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, внаслідок яких зростає ФПХ і ФПП. Водночас за використання сульфонілсечовин (Гранстар 75) у бакових сумішах із феноксикарбоксіловими кислотами (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) фотосинтетична активність посівів із наростанням у сумішах норм внесення гербіцидів знижується, що є наслідком порушення високими концентраціями ксенобіотика фізіолого-біохімічної рівноваги, на відновлення якої рослинам потрібен більш тривалий період часу [104, 641–644].

За оптимальної дії на рослини гербіцидів і РРР простежується зростання об'єму клітин хлоренхіми листка, збільшується в них число хлоропластів, що забезпечує формування мезоморфного типу листкового апарату з  $K_M = 0,7-0,9$ . За підвищених норм гербіцидів без РРР формується листковий 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 [398, 399, 645].

Залежно від розмірів сформованого листкового апарату та його функціональної активності рослини ячменю ярого проявляють різну активність у проходженні ростових процесів. За опти-

мальної дії бакових сумішей гербіцидів і рістрегулюючих речовин рослини формують більше за розмірами стебло, яке характеризується підвищеною кількістю судинно-волокнистих пучків. Зростання в міжвузлях стебла числа судинно-волокнистих пучків та їх розмірів вказує на активізацію проходження в рослинах процесів водообміну, які є важливою умовою формування високої продуктивності посівів.

Гербіциди класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилових кислот і комбінованих препаратів зумовлюють значні зміни в розвитку ґрунтової і філосферної мікробіоти [423, 646, 647]. Їх дія на мікробіоту ґрунту реалізується опосередковано – через продукування та виділення рослинами у ризосферу ексудатів та продуктів метаболізму гербіцидів. У початковий період дії гербіцидів загальна чисельність бактерій і мікроміцетів ризосфери ячменю ярого знижується, особливо це простежується за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовини (Гранстар 75) і феноксикарбоксилових кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) у відношенні 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 рістрегуляторами послаблює негативну дію ксенобіотиків на мікробіоту ґрунту, що в наступні періоди визначення (10-й, 20-й день) супроводжується зростанням як загальної чисельності мікроорганізмів ризосфери, так і окремих їх еколого-трофічних груп. Активізація розвитку ризосферної мікробіоти забезпечує підвищену біологічну активність ґрунту.

Розвиток філосферних мікроорганізмів залежить від фітосанітарного стану посівів та виду і норм внесених препаратів. Зменшення числа філосферних бактерій і мікроміцетів простежується за використання в посівах сульфонілсечовинного (Калібр 75) і комбінованого препаратів (Лінтур 70WG) у сумішах із Агатом-25К. Лінтур 70WG (90–100 г/га) і Калібр 75 (30-50 г/га) сумісно з Агатом-25К і Агростимуліном також забезпечують зниження ураження посівів ячменю ярого фітопатогенами, що обумовлюється фунгістатичною активністю МБП Агат-25К та імуностимулюючим впливом на рослини РРР Агростимулін.

Гербіцид класу сульфонілсечовини (Гранстар 75), внесений в

комплексі з гербіцидом класу феноксикарбоксихових кислот (2,4-ДА 500) як окремо, так і в поєднанні з РРР Емістим С, викликає значні порушення в проходженні фотосинтетичних процесів у *Raphanus raphanistrum* і *Cirsium arvense*. Із наростанням норм внесення в сумішах Гранстару 75 до 25 г/га в листках бур'янів знижується вміст хлорофілу, цукрів, води та порушується фотохімічна активність хлоропластів. Це простежується на однаково високому рівні, як за внесення Гранстару 75 з 2,4-ДА 500 без РРР, так і з РРР Емістим С. За дії Хармоні 75 (5–15 г/га) і Лінтуру 70WG (90–100 г/га) у *Cirsium arvense* формується ксероморфний листовий апарат, 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 ними посівів 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 їх розвитку. За використання гербіцидів у сумішах із рістрегуляторами відсоток знищення бур'янів за масою зростає, що є наслідком підвищення конкурентної спроможності культури [648].

Залежно від впливу досліджуваних гербіцидів та їх сумішей із рістрегуляторами 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 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. Дані композиції є екологічно безпечними до використання в сільськогосподарському виробництві та забезпечують формування якості зерна ячменю ярого високої класності [100, 103, 565, 566, 649, 650].

Представлені в книзі експериментальні дані, розкривають лише окремі аспекти фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних, мікробіологічних та агроценотичних механізмів

інтегрованої дії гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксілових кислот і комбінованих препаратів із рістрегуляторами на формування продуктивності і якості врожаю ячменю ярого. Вони можуть слугувати науковим підґрунтям для розробки та впровадження у виробництво високоефективних композицій препаратів, широкомасштабне використання яких на різних сільськогосподарських культурах забезпечить суттєве зростання рівня виробництва продукції рослинництва.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов / Карл Федтке; [пер. с англ. Н. М. Жирмунской]. – М.: Агропромиздат, 1985.
2. Бистрова О. І. Аналіз конкурентного середовища зернового ринку / О. І. Бистрова // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 1.
3. Рослинництво (1990–2010 р.) [Електронний ресурс] / Держкомстатистики України // Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ2006/sg/sg\\_u/rosl\\_u.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ2006/sg/sg_u/rosl_u.html).
4. Першочергові завдання аграрної науки із вступом України до СОТ / [доповідь С. М. Кваші та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 4.
5. Комплексна галузева програма «Розвиток зерновиробництва в Україні до 2015 року» / Міністерство аграрної політики України; Українська академія аграрних наук // Наказ № 757 / 101. – [Чинний від 23.10.2007 р.]. – К.
6. Загинайло М. Сортові ресурси ячменю ярого / М. Загинайло // Пропозиція. – 2005. – № 12.
7. Захарчук О. Період збіднілого асортименту пивоварних сортів ярого ячменю закінчився / О. Захарчук, М. Загинайло / Зерно і хліб. – 2008. – № 2.
8. Роїк М. В. Взаємозв'язок норм загушення одиниці довжини посівного рядка ярого ячменю з пивоварною якістю / М. В. Роїк, О. С. Гораш // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 4.
9. Гораш О. С. Обґрунтування зони вирощування пивоварного ячменю / О. С. Гораш // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 1.
10. Дорошенко В. А. Погодні умови вегетаційного періоду і врожайність ячменю / В. А. Дорошенко, В. Ф. Панченко, С. І. Власенко // Агроном. – 2006. – № 4.
11. Гораш О. С. Сортовий фактор в управлінні якістю пивоварного ячменю / О. С. Гораш // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 2. – С. – 55–57.
12. Гораш О. С. Взаємозв'язок якості пивоварного ячменю залежно від норм впливу та мінерального удобрення / О. С. Гораш // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 7.
13. Кириллова Г. Б. Качество ячменя при применении различных доз удобрений на дерново-подзолистой почве / Г. Б. Кириллова, Ю. П. Жуков // Агротехника. – 2003. – № 12.
14. Пасынков А. В. Урожайность и пивоваренные качества различных сортов ячменя в зависимости от доз и соотношения азотных и калийных удобрений / А. В. Пасынков // Агротехника. – 2002. – № 7.
15. Зубко П. Захист ярого ячменю від шкідників, хвороб і бур'янів / П. Зубко // Пропозиція – 2006. – № 6.

16. Марченко В. Нові підходи до хімічного захисту рослин / В. Марченко // Пропозиція. – 2004. – № 12.
17. Лисенко С. В. Де втрачаємо зерно / С. В. Лисенко // Захист рослин. – 1997. – № 4.
18. Захаренко В. А. Экономическая оценка состояния агросистем в земледелии России / В. А. Захаренко // Агрохимия. – 1997. – № 3.
19. Лисенко С. В. Зернове поле. Захист посівів зернових культур від шкідливих організмів та шляхи його удосконалення / С. В. Лисенко // Захист рослин. – 1996. – № 12.
20. Нейперт Ю. Н. Особо опасные и карантинные сорняки: пора принимать меры / Ю. Н. Нейперт // Защита и карантин растений. – 2004. – № 10.
21. Жеребко В. М. Оптимізація використання гербіцидів / В. М. Жеребко // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 11.
22. Шоу У. К. Стратегия химической борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками в будущем / У. К. Шоу, Л. Л. Дженсел ; под. ред. Ю. П. Федеева. – М. : Колос, 1977.
23. Седокур Л. К. Комбінований гербіцид Лінтур 70 в.г. – новий внесок фірми «Новартіс» у захист зернових культур / Л. К. Седокур // Захист рослин. – 2000. – № 2.
24. Іващенко О. О. Екологічні принципи регулювання агрофітоценозів / О. О. Іващенко, О. О. Іващенко // Карантин і захист рослин. – 2005. – № 1.
25. Борона В. П. Бур'яни в короткоротаційних сівозмінах / В. П. Борона, В. В. Карасевич, В. М. Солоненко [та. ін.] // Карантин і захист рослин. – 2005. – № 9.
26. Іващенко О. О. Наші завдання сьогодні / О. О. Іващенко // Матеріали третьої науково-теоретичної конференції товариства гербологів [«Забур'яненість посівів та засоби і методи її зниження»], (Київ, 5–6 березня 2002 р.) / Українська академія аграрних наук. – К. : Світ, 2002.
27. Слободяник В. К. Шкодочинність бур'янів на посівах / В. К. Слободяник, К. А. Савчук, Г. Ю. Сербя // Захист рослин. – 2003. – № 11.
28. Странішевська Є. Особливості боротьби з бур'янами на півдні України / Є. Странішевська // Пропозиція. – 2002. – № 3.
29. Захаренко В. А. Гербициды / Захаренко В. А. – М. : Агропромиздат, 1990.
30. Іващенко А. А. За новые подходы в гербологии // А. А. Іващенко, А. А. Іващенко // Защита и карантин растений. – 2007. – № 10.
31. Кунак В. Д. Насіння бур'янів в орному шарі. Потенційні запаси в ґрунтах зони Східного Лісостепу / В. Д. Кунак, А. М. Соколо-Поповський, І. В. Шам // Карантин і захист рослин. – 2006. – № 6.
32. Фисюнов А. В. Сорные растения. / Фисюнов А. В. – М. : Колос, 1984.
33. Лунева Н. Н. Об эффективности действия гербицидов на сорные растения с растянутым периодом прорастания семян / Н. Н. Лунева, А. И. Анисимов, Г. М. Малу Тупу // Защита и карантин растений. – 2008. – № 3.
34. Іващенко О. О. Сходи бур'янів на посівах. Особливості динаміки появи і методика їх обліків / О. О. Іващенко // Захист рослин. – 2001. – № 10.
35. Іващенко О. О. Як запобігти зеленій пожежі / О. О. Іващенко // Захист рослин. – 1999. – № 3.

36. Іващенко О. О. Чому гербіциди не діють та як підвищити їх ефективність при застосуванні проти різних видів бур'янів / О. О. Іващенко, О. О. Іващенко, О. В. Мельник // *Захист рослин*. – 2001. – № 2.
37. Князева Н. А. Віруси на бур'янах. Роль смітної рослинності у розповсюдженні інфекцій на посівах соняшнику / Н. А. Князева, С. О. Смирнова, С. М. Петренко [та ін.] // *Захист рослин*. – 2001. – № 10.
38. Груздев Г. С. Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе / Г. С. Груздев // *Актуальные вопросы борьбы с сорной растительностью*. – М. : Колос, 1980.
39. Спиридонов Ю. Я. Методические основы изучения вредоносности сорных растений / Ю. Я. Спиридонов // *Агрехимия*. – 2007. – № 3.
40. Матюха Л. П. Засміченість зернових у Степу / Л. П. Матюха, В. Л. Матюха // *Захист рослин*. – 2002. – № 4.
41. Жеребко В. М. Засміченість посівів знижується / В. М. Жеребко, П. О. Рябчук // *Захист рослин*. – 2003. – № 12.
42. Захаренко В. А. Борьба с сорняками в посевах зерновых колосовых культур / В. А. Захаренко // *Защита и карантин растений*. – 2000. – № 4.
43. Немченко В. В. Ресурсосберегающие технологии должны быть дополнены химическими / В. В. Немченко, Л. Д. Рыбина, А. А. Замятин // *Защита и карантин растений*. – 2008. – № 4.
44. Іващенко О. О. Енергетичні аспекти агрофітоценозів / О. О. Іващенко, О. О. Іващенко // *Карантин і захист рослин*. – 2005. – № 3.
45. Захаренко В. А. Снижение засоренности полей – наша первостепенная задача / В. А. Захаренко // *Защита и карантин растений*. – 2005. – № 3.
46. Груздев Г. С. Рациональная борьба с сорняками / Г. С. Груздев // *Защита растений*. – 1979. – № 3.
47. Dent J. V. Economics of crop protection in Europe with reference to weed control / J. V. Dent, R. H. Fawcett, P. K. Thornton // *Brighton crop protection conf. – weds. – Thornton Heath (Sur)*. – 1989. – № 3.
48. Алекперова О. Кілька цифр щодо застосування пестицидів в Україні / О. Алекперова, А. Белова, А. Ніколенко // *Пропозиція*. – 2005. – № 4.
49. Гербіциди та їх раціональне використання / [Грицаєнко З. М., Ковальський Є. П., Бутило А. П., Недвига О. Є.]. – К. : Урожай, 1996.
50. Орел Л. В. Гербіциди – не панацея / Л. В. Орел, І. Л. Орел // *Захист рослин*. – 2000. – № 6.
51. Борона В. П. Гербологія: проблеми розвитку // В. П. Борона, В. С. Задорожний // *Захист рослин*. – 2003. – № 11.
52. Анішин Л. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України / Л. Анішин // *Пропозиція*. – 2004. – № 10.
53. Моргун В. В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні / В. В. Моргун, В. К. Яворська, І. В. Драговоз // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 2002. – Т. 34. – № 5.
54. Яворська В. К. Регулятори росту природного походження як засоби підвищення продуктивності сільськогосподарських культур / В. К. Яворська, І. В. Драговоз, А. В. Богданович [та ін.] // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 2008. – Т. 40. – № 4.
55. Пономаренко С. П. Українські регулятори росту рослин / С. П. Понома-

- ренко // Элементы регуляции в растениеводстве. – К. : ВВП «Компас», 1998.
56. 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.
  57. Дукач В. Биостимуляторы роста в жизни растений / В. Дукач // Агробиолог. – 2008. – №11.
  58. Пономаренко С. Биостимуляторы роста. Як зменшити пестицидний прес на поля / С. Пономаренко, Б. Черемха // Захист рослин. – 1997. – № 1.
  59. Яворська В. Регулятори росту зберігають сортову типовість сільськогосподарських культур / В. Яворська, І. Драговоз, В. Мусіяка // Пропозиція. – 2004. – № 8–9.
  60. Бородавченко А. А. Как снизить гербицидную нагрузку на ячмень / А. А. Бородавченко, Л. А. Дорожкина // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6.
  61. Франк Р. И. Биопрепараты в современной земледелии / Р. И. Франк, В. И. Кищенко // Защита и карантин растений. – 2008. – № 4. – С. 30–32.
  62. Пономаренко С. П. За менших доз пестицидів / С. П. Пономаренко // Захист рослин. – 2001. – № 11.
  63. Кадиков Р. К. Оптимизация отдельных приемов технологии возделывания пивоваренного ячменя / Р. К. Кадиков, Ф. Е. Бикбатыров // Материалы Межд. науч.-практ. конф. [«Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО»], (Уфа, 2003 г.). – Уфа, 2003.
  64. Талипов И. В. Антистрессовый эффект иммуностимулятора Рифтал на яровом ячмене / И. В. Талипов // Материалы Межд. науч.-практ. конф. [«Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО»], (Уфа, 2003 г.). – Уфа, 2003.
  65. Ярчук И. К. Физиологически активные вещества гумусовой природы как экологический фактор детоксикации остаточных количеств гербицидов / И. К. Ярчук, М. П. Булгакова // Гуминовые вещества в биосфере. – М., 1991.
  66. Ремпе Е. Х. Регуляторы роста растений как фактор снижения негативного действия гербицидов / Е. Х. Ремпе, Л. П. Воронина, Л. К. Батурина // Агробиология. – 1999. – № 3.
  67. Шаяхметов И. Т. Перспективы использования Гуми в качестве протекторного препарата против токсического действия гербицидов / И. Т. Шаяхметов, В. И. Кузнецов, Ш. Я. Гилязенидинов [и др.] // Защитностимулирующие и адаптогенные свойства препарата Гуми – биоактивированной формы гуминовых кислот. – Уфа, 2000.
  68. Патица В. П. Мікроорганізми та альтернативне землеробство / [В. П. Патица, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єв та ін.]. – К.: Урожай, 1993.
  69. Гануев В. В. Альбит в качестве антидота при использовании с гербицидами / В. В. Гануев, А. В. Рябчинский, А. К. Злотников [и др.] // Защита и карантин растений. – 2007. – № 7.

70. Вакуленко В. В. Регуляторы роста / В. В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2004. – № 2.
71. Малашта Н. Резистентність бур'янів до гербіцидів: факти і тенденції / Н. Малашта // Агровісник. – 2007. – № 4.
72. Скурятін Ю. М. Резистентність бур'янів щодо рекомендованих до застосування гербіцидів: факти і тенденції / Ю. М. Скурятін // Карантин і захист рослин. – 2005. – № 2.
73. Спиридонов Ю. Я. Международная встреча гербологов / Ю. Я. Спиридонов // Защита и карантин растений. – 2000. – № 11.
74. Захаренко В. А. Резистентность сорняков к гербицидам / В. А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2006. – № 4.
75. Мордерер Є. Ю. Комплексне застосування гербіцидів – інгібіторів ацетолактатсинтази та ауксиноподібних за захисту посівів зернових колосових культур / Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський, О. С. Лук'янченко // Захист рослин. – 2003. – № 6.
76. Мордерер Є. Ю. Комплексне застосування гербіцидів / Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський // Захист рослин. – 2002. – № 5.
77. Мордерер Є. Ю. Фізіологічні основи комплексного застосування гербіцидів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора біол. наук: спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Є. Ю. Мордерер. – К., 2002.
78. Грицаєнко 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. Грицаєнко. – Кишинев, 1990.
79. Зуза В. С. Наукові основи боротьби з бур'янами посівів польових культур в умовах Північно–Східної України : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня докт. с.-г. наук : спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / В. С. Зуза. – Дніпропетровськ, 1995.
80. Танчик С. П. Наукове обґрунтування агроекологічних заходів зниження забур'яненості кукурудзи в Лісостепу України : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня докт. с.-г. наук : спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / С. П. Танчик. – К., 1999.
81. Манько Ю. П. Ефективність адаптивної системи контролю забур'яненості посівів в Лісостепу України / Ю. П. Манько, С. П. Танчик, М. Ф. Іванюк [та ін.] // Біологічні науки і проблеми рослинництва : зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
82. 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.
83. Жеребко В. М. Гербіциди в інтегрованому захисті / В. М. Жеребко // Карантин і захист рослин. – 2007. – № 7.
84. Калинин Ф. Л. Биологически активные вещества в растениеводстве / Калинин Ф. Л. – К. : Наук. думка, 1984.

85. Терек О. І. Ріст рослин: [навч. посібник] / О. І. Терек. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007.
86. Гунар И. И. Химические средства борьбы с сорняками / Гунар И. И., Березовский М. Я. – М. : Сельхозгиз, 1952.
87. Мережинский Ю. Г. Характер действия производных феноксиуксусной кислоты на кукурузу и сорные растения / Ю. Г. Мережинский // Рост и продуктивность растений : науч. тр. – К. : Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1962. – Вып. 23.
88. Чесалин Г. А. Действие галоидфеноксикислот на физиологические и биохимические процессы в этиолированных проростках гороха / Г. А. Чесалин, В. Ф. Ладонин, Л. Г. Спесивцев // Докл. ВАСХНИЛ. – 1968. – Вып. 3.
89. Мережинский Ю. Г. Интенсивность фотосинтеза в зависимости от уровня поступления и накопления гербицидов в растениях / Ю. Г. Мережинский, Б. А. Митрофанов, В. Н. Иванищев // Физиология и биохимия культурных растений. – 1975. – Т. 7. – Вып. 4.
90. Brody T. M. Effect of certain plant growth substances on oxidative phosphorylation in rat liver mitochondria / T. M. Brody // Proc. Soc. Exper. Biol. And Medic. – 1952. – V. 80. – № 3.
91. Лихолат Т. В. Влияние 2,4-Д на накопление богатых энергией фосфатов в растениях разных по систематическому положению / Т. В. Лихолат // Физиология растений. – 1964. – Т. 11. – Вып. 6.
92. Чканинов Д. И. Галоидфеноксиуксусные кислоты и окислительное фосфорилирование / Д. И. Чканинов, А. М. Маклев, Н. Н. Павлова // Химия в сель. хоз. – 1964. – № 10.
93. Сульфонилмочевины в России // Защита и карантин растений. – 2004. – № 2.
94. Історія і сьогодення сульфонілсечовин // Пропозиція. – 2004. – № 1.
95. Озерова Л. В. Особенности взаимодействия протизлаковых гербицидов – ингибиторов ацетил-К<sub>0</sub>А-карбоксилазы / Л. В. Озерова, В. В. Швартау // Физиология и биохимия культурных растений. – 2006. – Т. 38. – № 3.
96. Швартау В. В. Регуляція активності гербицидів за допомогою хімічних сполук / В. В. Швартау. – К. : Логос, 2004. – 222 с.
97. Gressel L. J. Synergizing pesticides to reduce use rates / L. J. Gressel // Pest control with enhanced environmental safety / ACS Symp. Ser. – 1993. – 524.
98. Мордерер Є. Ю. Застосування бакових сумішей гербицидів Гранстару та Ланцету на посівах озимої пшениці / Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський, О. С. Лук'янченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34. – № 1.
99. Zhang J. Antagonism and synergism between herbicides : trends from previous studies / J. Zhang, A. Hamill, S. Weaver // Weed Technol. – 1995. – 9.
100. Пат. 63174А Україна МПК А01N43/40. Копозиція з гербицидною і стимулюючою дією для підвищення продуктивності ярого ячменю / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, С. М. Герасименко, В. П. Карпенко, Г. С. Боровикова. – № 2003021385; заявл. 17.02.03; опубл. 15.01.04., Бюл. № 1.

101. Пат. 61503А. Україна МПК А01N43/40. Композиція з гербіцидною та стимулюючою дією для підвищення продуктивності озимої пшениці / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, С. М. Герасименко, І. Б. Леонтюк, В. П. Карпенко, Г. С. Боровикова. – № 2003021386; заявл.17.02.2003; опубл. 17.11.2003, Бюл. №11.
102. Пат. 61502А. Україна МПК А01N43/40. Композиція з гербіцидною та стимулюючою дією для підвищення продуктивності озимої пшениці / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, С. М. Герасименко, І. Б. Леонтюк, В. П. Карпенко, Г. С. Боровикова. – № 2003021383; заявл.17.02.2003; опубл. 17.11.2003, Бюл. №11.
103. Грицаєнко З. М. Бакові суміші гербіцидів з регуляторами росту – ефективний засіб підвищення продуктивності зернових культур / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Пропозиція. – 2003. – № 3.
104. Грицаєнко З. М. Залежність фізіологічних процесів та продуктивності посівів ярого ячменю від застосування різних норм гербіциду Гранстару окремо і в сумішах з регулятором росту рослин Емістимом С / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2004. – Вип. 58.
105. Новокрешинов Є. П. Повышение адаптивности яровой пшеницы к стрессовому воздействию гербицидов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.09 «Растениеводство» / Е. П. Новокрешинов. – Тюмень, 2005.
106. 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.
107. Мордерер Є. Ю. Фізіологічні аспекти захисту посівів від бур'янів / Є. Ю. Мордерер // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. праць. – К. : Логос, 2009. – Т. 2.
108. Гербіциди і продуктивність сільськогосподарських культур : [навчальний посібник] / [Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б.]; за ред. академіка З. М. Грицаєнко. – Умань, 2005.
109. Мордерер Е. Ю. Избирательная фитотоксичность гербицидов / Е. Ю. Мордерер. – К. : Логос, 2001. – 240 с.
110. Швартау В. В. Напрями регулювання фітотоксичності гербіцидів за допомогою хімічних сполук / В. В. Швартау // Матеріали третьої науково-теоретичної конференції [«Забур'яненість посівів та засоби і методи її зниження»], (Київ, 5–6 березня 2002 р.). – К., 2002.
111. Маштаков С. М. Физиологическое действие гербицидов на сорта культурных растений / Маштаков С. М., Деева В. П., Волюнец А. П. – Минск: Наука и техника, 1967.
112. Защита растений в устойчивых системах землепользования / [Шпаар Д., Бартальс Г., Бурт У. и др.]; под. ред. Д. Шпаара. – Минск, 2004. – Книга 4.
113. Gorter C. J. Morphogenetic effects of herbicides / C. J. Gorter // The physiology and biochemistry of herbicides. – L., N. Y.: Acad. Press, 1964.

114. Linskens H. F. Quantitative Bestimmung der Benetzung von Blattobweflächen / H. F. Linskens // *Planta*. – 1950. – V. 38.
115. Roberts H. A. Weed control hand book: principles / H. A. Roberts. – Oxford et al. : Blackwell Sci. Publ., 1982.
116. Паталах І. І. Поверхневі ліпіди листкової кутикули та їх бар'єрна функція / І. І. Паталах, Н. І. Штеменко // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць* – К., 2001. – Т. 2.
117. Reynhardt E. C. Structure and molecular dynamics of the cuticular wax from leaves of *Citrus aurantium* L. / E. C. Reynhardt, M. Riederer // *J. Phys. D. : Appl. Phys.* – 1991. – 24.
118. Brunskill R. T. Physical factors affecting the retention of spray droplets on leaf surfaces / R. T. Brunskill // *Proc. 3<sup>rd</sup> Br. Weed Control Conf.* – 1956.
119. Holloway P. J. The effects of superficial wax on leaf wettability / P. J. Holloway // *Ann. Appl. Biol.* – 1969. – V. 61. – № 1.
120. Gallup A. Absorption and translocation of radioactive 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 2,4-dichloro-3-iodo-[3]-phenoxyacetic acids by green plants / A. Gallup, F. Gustafson // *Plant Physiol.* – 1952. – V. 27. – № 3.
121. Chamel A. Foliar absorption of herbicides: study of herbicides: study of the cuticular penetration using isolated cuticles / A. Chamel // *Physiol. Veg.* – 1986. – 24. – № 4.
122. Riederer M. Accumulation and transport of (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid in plant cuticles. II. Permeability of the cuticular membrane / M. Riederer, J. Schönherr // *Ecotoxicol. Environ. Safety.* – 1985. – V. 9.
123. Riederer M. Covalent binding of chlorophenoxyacetic acids to plant cuticles / M. Riederer, J. Schönherr // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 1986. – V. 15.
124. Foy C. L. Progress and development in adjuvants use since 1989 in the USA / C. L. Foy // *Pesticide Sci.* – 1993. – 38. – № 213.
125. Сосновая О. Н. Действие атразина на кукурузу в присутствии поверхностно-активных веществ / О. Н. Сосновая, Ю. Г. Мережинский // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 1980. – Т. 12. – № 6.
126. Mueller L. E. The submicroscopic structure of plant surfaces / L. E. Mueller, P. H. Carr, W. E. Loomis // *Amer. J. Bot.* – 1954. – V. 41. – № 7. – P.
127. Blackman G. E. Studies in the principles of phytotoxicity. V. Interrelationships between specific differences in spray retention and selective toxicity / G. E. Blackman, R. S. Bruce, K. Holly // *J. Exptl. Bot.* – 1958. – V. 9. – № 26.
128. Камышев Н. С. Новые химические способы борьбы с сорняками / Н. С. Камышев. – Кн. Изд.-во, 1955.
129. Baker E. A. Characterisation of the components of plant cuticles in relation to the penetration of 2,4-D / E. A. Baker, M. J. Bukovac // *Ann. Appl. Biol.* – 1971. – V. 67. – № 2.
130. Williams M. C. Absorption and translocation of 2,4-D in several annual broad-leaved weeds / M. C. Williams, F. W. Slife, J. B. Hanson // *Weeds.* – 1960. – V. 8. – № 2.
131. Chamel A. Foliar absorption of herbicides: study of the cuticular penetration using isolated cuticles / A. Chamel // *Physiol. veget.* – 1986. – V. 24. – № 4.

132. Bishop T. Mechanism of paraquat resistance in *Hordeum glaucum*. Paraquat uptake and translocation / T. Bishop, S. B. Powles, J. Cornic // Austral. J. Plant Physiol. – 1987. – 14. – № 5.
133. Day B. E. The absorption and translocation of 2,4-D by bean plants / B. E. Day // Plant Physiol. – 1952. – V. 27. – № 1.
134. О комплексном использовании удобрений, ядов и стимуляторов роста для повышения величины и качества урожая сельскохозяйственных растений / Ф. Ф. Мацков, Н. Я. Некрасов, С. И. Кичина [и др.] // Исследования по физиологии и биохимии растений. – К. : Изд-во. «Урожай», 1969. – Т. СХV.
135. Швартау В. В. Сучасний стан та перспективи розвитку напрямку регулювання фітотоксичності гербіцидів за допомогою хімічних сполук / В. В. Швартау, В. В. Трач // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 1.
136. Sterling T. Herbicides absorption and accumulation / T. Sterling // Weed Sci. – 1994. – 42.
137. O'Brien Mary C. Effect of herbicides on cell membrane permeability in *Lemna minor* / C. O'Brien Mary, G. N. Prendeville // Weed Res. – 1979. – V. 19. – № 6.
138. Crowley J. Effects of herbicides of different modes of action on leaf – cell membrane permeability in *Phaseolus vulgaris* / J. Crowley, G. Prendeville // Can. J. Plant Sci. – 1980. – V. 60. – № 2.
139. Земская В. А. О детоксикации 2,4-Д в растениях подсолнечника и овса / В. А. Земская, Ю. В. Ракитин // Агрехимия. – 1964. – № 7.
140. Рубин С. С. Поступление, передвижение и распределение гербицида 2,4-Д в однодольных и двудольных растениях / С. С. Рубин, З. М. Грицаенко // Химические меры борьбы с сорняками : тр. ХСХИ. – К. : Урожай, 1967. – Т. 69.
141. Hay J. R. Herbicide transport in plants / J. R. Hay // Herbicides. – N. Y. : Aced. Press. – 1976.
142. Dusky J. A. Metabolism of diclofop – methyl in cell cultures of *Avena sativa* and *Avena fatua* / J. A. Dusky, G. D. Davies, R. H. Shimabukuro // Physiol. Plant. – 1982. – V. 54. – № 4.
143. Чканинов Д. И. Изучение белков, ответственных за связывание 2,4-Д в устойчивых растениях / Д. И. Чканинов, Н. Н. Павлова // Агрехимия. – 1965. – № 5.
144. Чканинов Д. И. Гербицидное действие 2,4-Д и других галоидфеноксикислот / Чканинов Д. И., Соколов М. С. – М. : Наука, 1973.
145. Ладонин В. Ф. Комплексное применение средств химизации в современном земледелии / В. Ф. Ладонин // Земледелие. – 1985. – № 8.
146. Проникновение, передвижение и разложение <sup>14</sup>C-2,4-Д в ячмене при комплексном применении средств химизации / В. Ф. Ладонин, В. В. Рачинский, Л. Г. Кретьова [и др.] // Известия ТСХА. – 1988. – Вып. 2.
147. Grafts A. S. Comparative test on the uptake and distribution of labelled herbicides by *Zebrina pandulla* and *Tradescantia fluminensis* / A. S. Crafts, S. Yamaguchi // Hilgardia. – 1958. – V. 27. – № 16.

148. Озерецковская О. Л. Олигосахариды как регуляторные молекулы растений / О. Л. Озерецковская, И. Г. Роменская // Физиология растений. – 1996. – Т. 43. – Вып. 5.
149. Crisp Carl E. Phloemloading and transport of weak acids / E. Crisp Carl, Look Melvin // Adv. Pestic. Sci., 4<sup>th</sup> Int. Congr. Pestic. Chem., Zurich, July 24 – 29, 1978. – Oxford, 1979. – Part 3.
150. Макеева-Гурьянова Л. Т. Сульфонилмочевины – новые перспективные гербициды / Макеева-Гурьянова Л. Т., Спиридонов Ю. Я., Шестаков В. Г. – М., 1989.
151. Devine M. D. Adsorption, translocation and foliar activity of clopyralid and chlorsulfuron in Canada, thistle (*Cirsium arvense*) and perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*) / M. D. Devine, W. H. Vanden Born / Weed Sci. – 1985. – V. 33. – № 4.
152. Sweetser P. B. Metabolism of chlorsulfuron by plants : biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals / P. B. Swetser, G. L. Schow, J. M. Hutchison // Pest. Biochem. Phys. – 1982. – V. 17. – № 1.
153. Peterson P. J. Absorption, translocation and metabolism of <sup>14</sup>C – chlorsulfuron in Canada thistle (*Cirsium arvense*) / P. J. Peterson, B. A. Swisher // Weeds Sci. – 1985. – V. 33. – № 1.
154. Mersie W. Absorption and translocation of root applied chlorsulfuron in wheat and barley / W. Mersie, C. L. Foy // S. Weed Sc. Soc. – 1986. – 39.
155. Devine M. D. Physiological basis for the different phloem mobilities of chlorsulfuron and clopyralid / M. D. Devine, H. D. Bestman, W. H. Born Vanden // Weed Sc. – 1990. – V. 38. – № 1.
156. Foley M. Response differences of wheat (*Triticum aestivum*) and Barley (*Hordeum vulgare*) to chlorsulfuron / M. Foley // Weed Sci. – 1986. – V. 34. – № 1.
157. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода / Полесская О. Г. – М. : КДУ, 2007.
158. Frear D. S. Wheat microsomal cytochrome P<sub>450</sub> monooxygenases : characterization and importance in the metabolic detoxification and selectivity of wheat herbicides / D. S. Frear // Drug Metab. Drug interact. – 1995. – V. 12.
159. Процессы детоксикации 2,4-Д у некоторых двудольных растений / В. А. Земская, Ю. В. Ракитин, Л. М. Черникова [и др.] // Агрехимия. – 1969. – № 2.
160. Эйдельмант Н. М. К вопросу о путях детоксикации 2,4-Д в тканях растений / Н. М. Эйдельмант, Ж. Н. Трублаевич // Агрехимия. – 1968. – № 1.
161. Кахниашвили Х. А. Метаболизм химических загрязнителей биосферы в растениях / Кахниашвили Х. А., Миташивили Т. И., Угрехелидзе Д. Ш. – Тбилиси, 1979.
162. Drinkvine Arlor D. Metabolism of 2,5-dichloro-4-hydroxyphenoxyacetic acid in plants / D. Drinkvine Arlor, R. Fleeker James // J. Agr. and Food Chem. – 1981. – V. 29. – № 4.
163. Павлова Н. Н. Метаболизм 2,4-Д у пшеницы и ячменя после обработок гербицидом ряда поколений / Н. Н. Павлова, Т. А. Назарова, В. А. Зинченко // Известия ТСХА. – 1986. – Вып. 5.
164. Аминокислотные конъюгаты 2,4-Д в злаковых растениях / Т. А. Назарова,

- Н. Н. Павлова, А. М. Макеев [и др.] // Физиология растений. – 1980. – Вып. 27. – № 4.
165. Гидроксилирование и гликозидирование 2,4-Д при ее метаболизме в растениях / А. Ю. Маковейчук, А. М. Макеев, А. М. Павлова [и др.] / Метаболизм и механизм действия фитогормонов : тр. Всес. конф. Иркутск, 1978. – Иркутск, 1979.
166. Davidonis Gayle H. Comparative metabolism of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid in cotyledon and leaf callus from two varieties of soybean / H. Davidonis Gayle, H. Hamilton Robert // Plant Physiol. – 1980. – V. 65. – № 1.
167. Scheel Dierk Methabolism of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid in cell suspension cultures of soybean (*Glycine max* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) / Dierk Scheel, H. J. Sandermann // Planta. – 1981. – V. 152. – № 3.
168. Hibber G. N. The metabolic fate of Phenoxyacetic acids in higher plants / G. N. Hibber, E. J. Lord, B. C. Loufman // I. Exp. Bot. – 1978. – V. 29. – № 110.
169. Chaleff R. S. Acetolactatesynthase is the site of action of two sulfonilurea herbicides in higher plants / R. S. Chaleff, C. J. Mauvais // Sci. – 1984. – V. 224. – № 4656.
170. Ray T. B. Sulfonylurea herbicides as inhibitors of amino acid biosynthesis in plants / T. B. Ray // Trends in biochem. Sci. – 1986. – 11. – № 4.
171. Nordh M. Metsulfuron methyl (ally 20 DF) – a new low dose herbicide against broadleaf weeds in cereals / M. Nordh // Weeds Weed Control. – 1986. – № 1.
172. Sweetser P. B. Safening of sulfonylurea herbicides to cereal crops : mode of herbicide antidote action / P. B. Sweetser // [Proc. Brit. Crop. Prot. Conf.] : Weeds. – 1985. – V. 3.
173. Coleman J. O. D. Detoxification of xenobiotics by plants : chemical modification and vacuolar compartmentation / J. O. D. Coleman // Trends Plant Sci. – 1997. – V. 2. – № 4.
174. Феденко В. С. Фенольні сполуки як елімінатори ксенобіотиків у рослин / В. С. Феденко // Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. – Т. 2.
175. Біологічно активні речовини в рослинництві / [Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б.]; за ред. З. М. Грицаєнко. – К. : ЗАТ «Нічлава», 2008.
176. Прусакова Л. Д. Регуляторы роста в растениеводстве / Л. Д. Прусакова // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 3.
177. Мазильников Г. В. Вивчення ефективності дії біостимуляторів на донорно-акцепторні відносини у рослин / Г. В. Мазильников, О. І. Шевченко, Б. М. Черемха // Елементи регуляції в рослинництві : зб.наук. праць. – К. : ВВП «Компас», 1998.
178. Eliezer J. Effects of temperature and sink activity on the transport of <sup>14</sup>C-labelled indol-3yl-acetic acid – in the intact pea plant (*Pisum sativum* L.) / J. Eliezer, D. A. Morris // Planta. – 1979. – 147. – № 3.
179. Martin Hilary V. Saturable uptake of indol-3yl-acetic acid by maize roots / V. Hilary Martin, Paul – Emile Pilet // Plant Physiol. – 1986. – V. 81. – № 3.
180. Wangermann E. The dependance of auxin transport on cell length / E. Wangermann, G. J. Mitchison // Plant, Cell and Environ. – 1981. – V. 4. – №2.

181. Drake G. A. Symplastic transport of gibberellins: evidence from flux and inhibitor studies / G. A. Drake, D. J. Carr // *J. Exp. Bot.* – 1979. – V. 30. – № 116.
182. Drake G. A. Plasmodesmata, tropism and auxin transport / G. A. Drake, D. J. Carr // *J. Exp. Bot.* – 1978. – V. 29. – № 113.
183. Miginiac E. Existence of fast component of IAA transport in *Scrotularia arguta* Sd. and in *Lycopersicon esculentum* Mill // E. Miginiac, R. Maldiney, N. Dugue – Schwebel // *Plant sci. lett.* – 1981. – V. 20. – № 4.
184. Мусатенко Л. І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин / Л. І. Мусатенко // *Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку.* – К. : Логос, 2009. – Т. 1.
185. Колупаєв Ю. Є. Роль основних сигнальних інтермедіантів у формуванні адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів / Ю. Є. Колупаєв // *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку.* – К. : Логос, 2009. – Т. 2.
186. Пономаренко С. П. Регуляторы роста растений на основе N – оксидов производных пиридина (физико–химические свойства и биологическая активность) / С. П. Пономаренко. – К. : «Техніка», – 1999.
187. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України / С. П. Пономаренко // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць.* – К., 2001. – Т. 1.
188. Теоретичні основи застосування регулятора росту 2,6-диметилпіридин N-оксиду / В. М. Троян, В. К. Яворська, С. П. Пономаренко [та ін.] // *Фізіологія і біохімія культурних рослин.* – 1991. – Т. 23.
189. Тарчевский И. А. Сигнальные системы клеток растений / И. А. Тарчевский. – М. : Наука, 2002.
190. Колупаєв Ю. Є. Роль сигнальних систем і фітогормонів в реалізації стресових реакцій рослин / Ю. Є. Колупаєв, І. В. Косаківська // *Укр. ботан. журнал.* – 2008. – 65. – № 3.
191. Генералова В. М. Дослідження формативного ефекту ІОК в проростках одно- та дводольних рослин / В. М. Генералова, Н. П. Веденічева, Г. Г. Мартин // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць.* – К., 2001. – Т. 1.
192. Кулаєва О. Н. Цитокинины. Их структура и функция / О. Н. Кулаева. – М. : Наука, 1973.
193. Романов Г. А. Рецепторы фитогормонов / Г. А. Романов // *Физиология растений.* – 2002. – Вып. 49. – № 4.
194. Warwicker J. Modelling of auxin-binding protein I suggests that its C – terminus and auxin could complete for a binding site that incorporates a metal ion and tryptophan residue 44 / J. Warwicker // *Planta.* – 2001. – 212.
195. Macdonald H. Auxin perception and signal transduction / H. Macdonald // *Physiol. Plant.* – 1997. – 100.
196. Schmulling T. CREAm of cytokinin signaling: receptor identified / T. Schmulling // *Trends Plant Sci.* – 2001. – 6.
197. Lee S. Phosphatidic acid activates a woundactivated MAPK in *Glycine max* / S. Lee, H. Hirt, Y. Lee // *Plant J.* – 2001. – 26.

198. Munnik T. Phosphatidic acid: an emerging, plant lipid second messenger / T. Munnik // Trends Plant Sci. – 2001. – № 6.
199. Does NO play a role in cytokinin signal transduction? / G. A. Romanov, S. N. Jomin, N. Y. Rakova [et al.] // FEBS Lett. – 2008. – 582. – P. 874–880.
200. Sang Y. Phospholipase D and phosphatidic acid – mediated generation of superoxide in *Arabidopsis* / Y. Sang, D. Cui, X. Wang // Plant Physiol. – 2001. – 126.
201. Kaur N. Signal transduction pathways under abiotic stresses in plant / N. Kaur, A. K. Gupta // Curr. Sci. – 2005. – V. 88. – № 11.
202. Медведев С. С. Кальциевая сигнальная система растений / С. С. Медведев // Физиология растений. – 2005. – 52. – № 2.
203. Calcium – based signaling systems in guard cells / Y.-C. K. Ng, M. R. Mc Ainch, J. E. Gray [et al.] // New phytol. – 2001. – 151.
204. Ng C. K. Y.-C. Encoding specificity in plant calcium signalling: hot-spotting the ups and downs and waves / Y.-C. K. Ng // Ann. Bot. (London). – 2003. – 92.
205. Воробьев Л. Н. Регулирование ионного транспорта: теоретические и практические аспекты минерального питания растений. Итоги науки и техники / Л. Н. Воробьев // ВИНТИ: сер. «Физиология растений». – 1988. – Т. 5.
206. Полевой В. В. О роли ионов  $H^+$  и  $Ca^{2+}$  в механизме действия ауксина / В. В. Полевой, К. Н. Булагина // Український ботанічний журнал. – 1982. – 30. – № 3.
207. Насырова Г. Ф. Влияние Эмистима С на функционирование помпы корневой системы кукурузы / Г. Ф. Насырова, Н. В. Беляева, С. П. Пономаренко // Елементи регуляції в рослинництві : зб. наук. праць. – К. : ВВП «Компас», 1998.
208. Терещенко О. Ф. Мембрани – місце первинної дії гормонів росту рослин / О. Ф. Терещенко, К. М. Ситник // Український ботанічний журнал. – 1982. – 39. – № 4.
209. Дослідження механізмів сумісної дії гербіциду 2,4-Д і регулятора росту рослин Івіну / Г. В. Островська, В. К. Рибальченко, С. В. Яблонська [та ін.] // [III з'їзд укр. біофіз. т-ва], (м. Львів, 8 – 11 жовтня 2002 р.) : тез. доп. – Львів, 2002.
210. Бичко А. В. Структурні перетворення ліпідного матриксу при дії 2,4-Д та Івіну / А. В. Бичко // [III з'їзд укр. біофіз. т-ва], (м. Львів, 8 – 11 жовтня 2002 р.) : тез. доп. – Львів, 2002.
211. Проценко Р. Ф. К вопросу о факторах эндогенной регуляции гормональной активности растений / Р. Ф. Проценко, К. М. Ситник // Тр. Всес. конф. [«Метаболизм и механизм действия фитогормонов»], (Иркутск, 1987 г.). – Иркутск, 1979.
212. Меркис А. И. Возможные системы действия  $\beta$ -индолилуксусной кислоты в процессе активирования роста / А. И. Меркис, Ю. В. Даргинавичене, Л. Л. Новицкене // Реализация наследственной информации : Всес. симпоз., Паланга, 1980 : тез. докл. – Паланга, 1980.
213. Сравнительное влияние ИУК и пиклорама на фракционный состав сум-

- марной РНК / А. Н. Михно, С. Г. Минаева, Л. В. Харченко [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 1986. – 18. – № 5.
214. Особенности действия регуляторов роста на экспрессию генов в клетках зародышей семян в раннем постэмбриогенезе / В. А. Цыганкова, Л. И. Мусатенко, Л. А. Галкина [и др.] // Биотехнология. – 2008. – Т. 1. – № 2.
215. Особливості зміни експресії генів в клітинах рослин під впливом екзогенних регуляторів росту / А. П. Галкін, В. А. Цыганкова, С. П. Пономаренко [та ін.] // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – 2009. – Т. 2.
216. Theologis A. Rapid gene regulation by auxin / A. Theologis // Annu. Rev. Plant Physiol. – 1986. – Vol. 37.
217. О механизмах действия регуляторов роста растений на генетическом уровне / А. П. Галкин, Л. И. Мусатенко, В. А. Цыганкова [и др.] // Межд. конф. [Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве], (Киев, 12–16 июня 2007г.). – К., 2007.
218. Кулаева О. Н. Новейшие достижения в изучении механизма действия фитогормонов / О. Н. Кулаева, О. С. Прокопцева // Биохимия. – 2004. – Т. 69. – Вып. 3.
219. Müller A. Indolic constituents and indole-3-acetic acid biosynthesis in the wild – type and a tryptophan auxotroph mutant of *Arabidopsis thaliana* / A. Müller, E. W. Weiler // Planta. – 2000. – 211.
220. Role of endogenous purine metabolism in thidiazuron – induced somatic embryogenesis of peanut (*Arachis hypogaea* L.) / J. Victor, S. Murch, S. Krishna [et al.] // Plant Growth Regul. – 1999. – 28.
221. Деева В. П. Регуляторы роста растений: механизмы действия и использование в агротехнологиях / В. П. Деева. – Минск: Белорус. наука, 2008.
222. Мусатенко Л. І. Ріст і розвиток рослин та проблеми їх регуляції / Л. І. Мусатенко, В. К. Яворська // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 1.
223. Черемха Б. М. Особливості застосування регуляторів росту рослин та їх ефективність / Б. М. Черемха // Пропозиція. – 2001. – № 2.
224. Большакова М. О. Фітогормони та структура листків деревних видів адаптованих до різних екологічних умов : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / М. О. Большакова. – К., 1999.
225. Пономаренко С. П. Изучение регуляторных механизмов – путь к управлению качеством продукции растениеводства / С. П. Пономаренко // Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
226. Терек О. І. Вивчення росту та розвитку рослин у Львівському національному університеті імені Івана Франка / О. І. Терек, О. І. Пацула // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. – Т. 1.
227. Терек О. И. Рост растений и физиологически активные вещества / Терек О. И. – К., 1990.
228. Терек О. І. Механізми адаптації та стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля / О. І. Терек // Журнал агробіол. та екол. – 2004. – 1; № 1. – 2.

229. Физиологические аспекты действия 2,4-Д на трансгенные растения рода *Solanum* L. / Е. Г.Чеканова, Н. И. Рекославская, Е. В. Кузнецова [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2.
230. Терек О. І. Розвиток вчення про ріст рослин у Львівському національному університеті імені Івана Франка / О. І. Терек // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 1.
231. Terek O. Dynamics of the endogenous phytohormones of plants under growth regulators treatment / O. Terek, N. Romaniuk // 11th FESPP Congress. Bulgarian Journal of Plant Physiol, Sp. Issue. – 1998.
232. Романюк Н. Д. Фізіологічна активність регуляторів росту Івіну, Емістиму С та Агростимуліну : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.12. «Фізіологія рослин» / Н. Д. Романюк. – Львів, 1999.
233. Терек О. Регуляція ростових процесів рослин регуляторами росту за дії несприятливих чинників / О. Терек // Тези II Міжн. конф [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіоло–біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів: Вид-во «СПЛОМ», 2004.
234. Кислин Е. Н. Влияние брассинолидов на эндогенный уровень цитокининов в листьях ячменя / Е. Н. Кислин, Т. В. Семичева // Совещание по брассиностероидам: тез. докл. – Минск, 1991.
235. Хрипач В. А. Брассиностероиды / Хрипач В. А., Лахвич Ф. А., Жабинский В. Н. – Минск: Наука и техника, 1993.
236. Влияние природного биорегулятора мелангозид на метаболизм эндогенных регуляторов роста и продуктивность яблони / М. М. Русу, Г. В. Шишкану, Г. Т. Балмуш [и др.] // Мат V Межд. конф. [«Регуляция роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28–30 ноября 2007 г.). – Минск: Право и экономика, 2007.
237. Лахвич Ф. А. Стероидные гормоны растений – новый инструмент для повышения урожайности и качества продукции в растениеводстве / Ф. А. Лахвич, В. А. Хрипач // Сб. материалов Межд. конф. [«Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве»], (Киев, 12–16 июня 2007г.). – К., 2007.
238. Застосування фумару – регулятора росту рослин – у зерновому виробництві України / А. Л. Грінченко, М. І. Чута, О. В. Просяник [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 1998. – № 9.
239. Варавкін В. О. Регуляція фізіологічних процесів цукрових буряків і колосових злаків за допомогою мембранно-активних сполук : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / В. О. Варавкін – К., 2001.
240. Чанышева К. В. Ростостимулирующее и антистрессовое действие препарата Фэтил на растения пшеницы : автореферат дис. на соискание уч. степ. канд. биол. наук : спец. 03.00.12 «Физиология растений» / К. В. Чанышева. – Уфа, 2006.
241. Евсюнина А. С. Влияние Эпиббрассинолида и Амбиола на гормональный баланс и ультраструктуру тканей растений картофеля при регуляции ростовых процессов в онтогенезе : автореферат дис. на соискание уч. степе-

- ни канд. биол. наук : спец. 03.00.04. «Биохимия» / А. С. Евсюнина. – М., 2006.
242. Феклистова И. Н. Стимулирующая рост растений активность ризосферных бактерий *Pseudomonas aurantiaca* / И. Н. Феклистова, Н. П. Максимова // V Межд. науч. конф. [«Регуляция роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28–30 ноября 2007г.). – Минск: Право и экономика, 2007.
243. Архипова Т. Н. Исследование цитокининов, продуцируемых ризосферными микроорганизмами : автореферат дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.12 «Физиология растений» / Т. Н. Архипова. – Уфа, 1999.
244. Вплив комплексного мікробного препарату Аверком на гормональний статус і продуктивність ярої пшениці / Л. О. Білявська, І. В. Драговоз, В. Є. Козирицька [та ін.] // XII з'їзд товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського: тези доповідей, 25–30 травня 2009 р. – Ужгород: Патент, 2009.
245. Мусатенко Л. Фітогормони у життєвому циклі спорових / Л. Мусатенко // Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів: Вид-во «СПОЛОМ», 2004.
246. Васюк В. А. Структура листків та гормональний комплекс проростків кукурудзи при високотемпературному стресі / В. А. Васюк, В. М. Генералова, Г. Г. Мартин // Укр. бот. журн. – 2000. – Т. 57. – № 5.
247. Комплекс фитогормонов в проростках различных по устойчивости к повышенным температурам гибридов кукурузы / Л. И. Мусатенко, Н. П. Веденичева, В. А. Васюк [и др.] // Физиология растений. – 2003. – 50. – № 4.
248. Таланова В. В. Фитогормоны как регуляторы устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды : автореф. дис. на соискание ученой степени доктора биол. наук : спец. 03.00.04, 03.00.12 «Биохимия; Физиология и биохимия растений» / В. В. Таланова. – Петрозаводск, 2009.
249. Ростовая реакция разноустойчивых к полеганию сортов ярового ячменя на обработку регуляторами роста и этиоляцию / В. И. Кефели, Л. Д. Прусакова, Э. А. Купчинскене [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1991. – № 1.
250. Лихочвор В. Застосування регуляторів росту рослин (морфорегуляторів, ретардантів) на посівах зернових культур / В. Лихочвор // Пропозиція. – 2003. – № 4.
251. Воронцова Н. В. Влияние гербицида и ретарданта на урожайность ячменя в условиях Северо-Запада РСФСР / Н. В. Воронцова // Интенсификация кормопроизводства на Северо-Западе РСФСР: сб. науч. тр. – Л., 1987.
252. Overbeec van J. Survey of mechanisms of herbicide action / J. van Overbeec // The Physiology and Biochemistry of Herbicides / Ed. L. J. Audus. – New York: acad. Press, 1964.
253. Возможная роль абсцизовой кислоты в реализации гербицидной активности 2,4-Д и пиклорама / Д. И. Чканинов, О. Д. Микитюк, О. Д. Макеев [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 1980. – 12. – № 5.

254. Эйдельмант Н. М. Определение абсцизовой кислоты в различных органах хлопчатника и влияние 2,4-Д на ее концентрацию / Н. М. Эйдельмант, И. В. Есипова, О. В. Хозинский // Уzb. биол. журнал. – 1980. – № 1.
255. Илиев Любомир К. Эффект на атразина върху съдържанието на цитокинини и абсисинова киселина в стареещи листни дискове от репички / К. Илиев Любомир, Н. Коранов Эмануил, М. Бушова Иванка // Физиол. раст. – 1986. – 12. – № 3.
256. Wilkinson R. E. Consequences of metolachlor induced inhibition of gibberellin biosynthesis in sorghum seedlings / R. E. Wilkinson // Pestic. Biochem. and Physiol. – 1988. – 32.
257. Курчій Б. О. Етилен і абсцизова кислота як індикатори стресів у рослин / Б. О. Курчій // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 1.
258. Волынец А. П. Образование конъюгатов – основная форма инактивации эндогенных регуляторов роста / А. П. Волынец // Метаболизм и механизм действия фитогормонов: тр. Всес. конф. – Иркутск, 1979.
259. Мартин Г. І. Реакція клітин кореневої меристеми на дію екзогенної індолілоцтової кислоти / Г. І. Мартин, В. М. Генералова // Фізіологія рослин у Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 1.
260. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция / Ф. М. Шакирова. – Уфа: «Гилем», 2001.
261. Cole J. D. Detoxification and activation of agrochemicals in plants / J. D. Cole // Pestic. Sci. – 1994. – 42.
262. Озерова Л. В. Механізми дії сучасних грамініцидів-інгібіторів ацетил-Ко А-карбоксилази / Л. В. Озерова, В. В. Швартау // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 6.
263. Сищиков Д. В. Глутатіонзалежна антиоксидантна система і толерантність проростків кукурудзи, сої й гороху за дії кадмію та нікелю : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня. канд. біол. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Д. В. Сищиков. – К., 2003.
264. Гришко В. М. Функціонування глутатіонзалежної антиоксидантної системи рослин при дії фтористого водню / В. М. Гришко, Д. В. Сищиков // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 2.
265. Пронина Н. Б. Эндогенные биохимические системы растений – участники процессов геммобилизации гербицидов / Н. Б. Пронина // Доклады ТСХА. – 2002. – Вып. 274.
266. Ezra G. Rapid effects of thiocarbamate herbicide and its dichloroacetamide protectant on macromolecular syntheses and glutathione levels in maize cell cultures / G. Ezra, J. Gressel // Pestic. Biochem. and Physiol. – 1982. – 17. – № 1.
267. Zama P. Effects of SGA – 92194 on the chemical reactivity of metolachlor with glutathione and metabolism of metolachlor in grain sorghum / P. Zama, K. K. Hatzios // Weed Sc. – 1986. – 34. – № 6.
268. Breaux E. J. Initial metabolism of acetochlor in tolerant and susceptible seedlings / E. J. Breaux // Weed Sc. – 1987. – 35. – № 4.

269. Gulner G. Enhanced tolerance of transgenic poplar plants over-expressing  $\gamma$ -glutamyl-cysteine synthetase towards chloroacetanilide herbicides / G. Gulner, T. Komives // *J. Exp. Bot.* – 2001. – 52. – 358.
270. Tomas J. A. Oxidative stress including glutathion, a peptide for cellular defence against oxidative stress / J. A. Tomas. – 1999.
271. Можлива участь активних форм кисню у розвитку фітотоксичної дії грамініцидів / М. П. Паланиця, В. В. Трач, О. П. Роздевич [та ін.] // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2008. – Т. 40. – № 4.
272. Miteva L. Comparative effect of 2,4-D on the glutathione levels, glutathione-S-transferase and glutathione reductase activities in pea (*Pisum sativum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) / L. Miteva, S. Ivanov, V. Alexieva // *Докл. Българ. АН.* – 2003. – 56. – № 3.
273. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance / R. Mittler // *Trends Plant Sci.* – 2002. – 7. – № 9.
274. Moller I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species / I. M. Moller // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 2001. – V 52. – P. 561–591.
275. Polle A. Defence against photooxidative damage in plants / A. Polle // *Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defences.* – Ed. Scandalions – Cold Spring Harbour: Cold Spring Harbour Lab. Press, 2000.
276. Зависящая от активированного кислорода защита риса от пирикулярриоза с помощью рибофлавина и розеофлавина / А. А. Аверьянов, В. П. Лапикова, О. Н. Николаев [и др.] // *Биохимия.* – 2000. – Т. 65.
277. Baker C. J. Active oxygen in plant pathogenesis / C. J. Baker, E. W. Orlande // *Annu. Rev. Phytopathol.* – 1995. – V. 33.
278. Меерсон Ф. З. Общий механизм адаптации и роль в нем стресс-реакции, основные стадии процесса / Ф. З. Меерсон // *Физиология адаптационного процесса.* – М. : Наука, 1986.
279. Iba K. Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approach to the gene engineering for temperature tolerance / K. Iba // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2002. – 53.
280. Taylor N. L. Targets of stress-induced oxidative damage in plant mitochondria and their impact on cell carbon / nitrogen metabolism / N. L. Taylor, D. A. Day, A. N. Millar // *J. Exp. Botany.* – 2004. – V. 55.
281. Оцінка ступеня розвитку стресу за інтенсивністю накопичення малонового діальдегіду в рослин / Н. Ю. Таран, Л. М. Бацманова, Н. С. Грудіна [та ін.] // *Вісник аграрної науки.* – 2007. – № 2.
282. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів довкілля / Н. Ю. Таран, О. А. Оканенко, Л. М. Бацманова [та ін.] // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2004. – Т. 36. – № 1.
283. Дмитриев А. П. Сигнальная роль активных форм кислорода в индукции защитных реакций у растений / А. П. Дмитриев, Ж. Н. Кравчук, Д. М. Гродзинский // *Мат. Межд. конф. [«Современная физиология растений: от молекул до экосистем»], (Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.).* – Сыктывкар, 2007.

284. Васильева Е. А. Влияние физических факторов низкой интенсивности на некоторые компоненты мембран хлоропластов гороха / Е. А. Васильева, Е. С. Потехина // *Мат I Міжн. наук конф. студ., аспірантів та молод. учених* [«Фундаментальні та прикладні дослідження в біології»], (Донецьк, 23–26 лютого 2009 р.). – Донецьк: вид-во «Вебер», 2009.
285. Antioxidative defense activation in soybean cells / О. С. Knorzer, В. Lederer, J. Durner [et al.] // *Ibid.* – 1999. – 107. – № 3.
286. Шевченко Н. В. Перекисное окисление мембранных липидов при действии на растения галоидфеноксикислот / Н. В. Шевченко, С. И. Погосян, М. Н. Мерзляк // *Физиология растений.* – 1980. – Т. 27. – № 2.
287. Chia L. S. Lights dependence of paraquat – initiated membrane deterioration in bean plants. Evidence for the involvement of superoxide / L. S. Chia, G. Mc Rae, J. E. Thompson // *Physiol. Plant.* – 1982. – V. 56. – № 4.
288. Перекисное окисление липидов в зеленых листьях и этиолированных проростках растений, обработанных дикватом / М. Н. Мерзляк, С. И. Погосян, Н. В. Шевченко [и др.] // *Научные доклады высш. шк. Серия биология.* – 1980. – № 6.
289. Нижник Т. П. Вплив івіну і потейтину на пероксидне окиснення ліпідів, проникність мембран, активність антиоксидантних ферментів та продуктивність сортів картоплі в умовах посухи / Т. П. Нижник, І. П. Григорюк // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2006. – Т. 38. – № 3.
290. 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.
291. Лукаткин А. С. Окислительный стресс как универсальное звено действия неблагоприятных факторов среды на растительный организм / А. С. Лукаткин // *Мат. Межд. конф. [«Современная физиология растений: от молекул до экосистем»]*, (Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.). – Сыктывкар, 2007. – Ч.2.
292. Нижник Т. П. Динаміка інтенсивності фотосинтезу, фотодихання і дихання в листках картоплі за умов посухи та протекторна роль полістимуліну К / Т. П. Нижник, І. П. Григорюк, Д. А. Лихолат // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2004. – Т. 36. – № 2.
293. Jiang M. Effect of abscisic on active oxygen species antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedling / M. Jiang, J. Zhang // *Plant and Cell Physiol.* – 2001. – V. 42. – № 11.
294. Физиолого–биохимические особенности формирования устойчивости и продуктивности различных генотипов при воздействии регулятора роста / В. П. Деева, А. Н. Веденева, Н. В. Санько [и др.] // *Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ.* – Умань, 2003.
295. Влияние препарата рифтал на морфофизиологические параметры проростков пшеницы при нормальном и дефицитном минеральном питании / С. Р. Рахматуллина, В. В. Федяев, Р. Ф. Талипов [и др.] // *Агрохимия.* – 2007. – № 5.

296. Стороженко В. О. Ключові антиоксидантні ферменти фотосинтетичного апарату вищих рослин за дії стресових чинників / В. О. Стороженко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 1.
297. Foyer C. H. Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants / C. H. Foyer, P. Descourvieres, R. J. Kunert // Plant Cell Environ. – 1994. – V. 17. – № 2.
298. Изменение содержания низкомолекулярных антиоксидантов в зеленых листьях ячменя под влиянием низкой положительной температуры / М. С. Радюк, И. Н. Доманская, Р. А. Щербаков [и др.] // Мат. V Межд. науч. конф. [«Регуляция роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28 – 30 ноября 2007 г.). – Минск: Право и экономика, 2007.
299. Рогожин В. В. Физиолого-биохимические механизмы формирования гипобиотических состояний высших растений : автореферат дис. на соискание уч. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.12 «Физиология растений» / В. В. Рогожин. – Иркутск, 2000.
300. Conklin P. L. Ascorbic acid, a familiar small molecule intertwined in the response of plants to ozone, pathogens and the onset of senescence / P. L. Conklin, C. Barth // Plant, Cell and Env. – 2004. – V. 27.
301. Smirnoff N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multifaceted molecule / N. Smirnoff // Current Opinion in Plant Biol. – 2000. – V. 3.
302. Lamourex G. L. The role of glutation and glutathione-S-transferase in pesticide metabolism, selectivity and mode of action in plants and insect / Lamourex G. L., Rusness D. G., Eds. D. Dolphim [et al.] // Glutathione chemical, biochemical and medical aspects. – New York : Wiley and Sons, 1989. – V. III B.
303. Fridovich I. Superoxide dismutases / I. Fridovich // Advances in Enzymology. – 1986. – V. 58.
304. Superoxide dismutases in plants / C. Bowler, Van Camp W., Van Montagu [et al.]; Critic // Rev. Plant Sci. – 1994. – 13.
305. Романова Е. В. Ферменты в антиокислительной системе растений: супероксиддисмутаза / Е. В. Романова // Агро XXI. – 2008. – № 7–9.
306. Enhancement of oxidative stress tolerance in transgenic tobacco plants overproducing Fe-superoxide dismutase in chloroplasts / W. Van Camp, K. Capiau, M. Van Montagu [et al.] // Plant Physiol. – 1996. – V. 112. – № 6.
307. Shaaltiel Y. Multienzyme oxygen radical detoxifying system correlated with paraquat resistance in *Conyza bonariensis* / Y. Shaaltiel, J. Geressy // Pestic. Biochem and Physiol. – 1986. – V. 26. – № 1.
308. Активність пероксидази та зміна її ізоферментних форм за умов низькотемпературного стресу / А. В. Капустян, В. П. Кучеренко, О. О. Панюта [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 1.
309. Noctor G. Ascorbate and glutathione keeping active oxygen under control / G. Noctor, C. H. Foyer // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1998. – 49.
310. Капустян А. В. Ізоферментний склад пероксидази озимих зернових за умов низькотемпературного стресу : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / А. В. Капустян. – К., 2002.

311. Семенчик Е. А. Характеристики зависимой от сорта ответной реакции на стресс у растений ячменя / Е. А. Семенчик // Мат I Міжн. наук конф. студентів, аспірантів та молодих учених [«Фундаментальні та прикладні дослідження в біології»], (Донецьк, 23–26 лютого 2009 р.). – Донецьк: Вид-во «Вебер», 2009.
312. Гамова О. В. Активность окислительно-восстановительных ферментов в листьях винограда при применении гербицидов на молодых виноградниках / О. В. Гамова, М. М. Портной, Т. В. Петрова // Физиолого-биохимические основы повышения продуктивности и устойчивости растений. – Кишинев, 1986.
313. Declaire M. M. Activite des peroxydase, catalase et glycolate oxydase après traitement avec divers herbicides / M. M. Declaire, Y. P. Honorer, G. V. Van Roey // Weed Res. – 1982. – V. 22. – № 2.
314. Вінниченко О. М. Вплив ґрунтових гербіцидів на ріст та пероксидазну активність рослин кукурудзи гібридів Кадр 267 МВ, Хмельницький 280 СВ, Білозерський 295 СВ / О. М. Вінниченко, Г. С. Россихіна // Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. – Т. 2.
315. Татарінова В. І. Фізико-хімічний метод проведення скринінгу стійкості культурних рослин та бур'янів до гербіцидів класу сульфонілсечовин в модельних системах / В. І. Татарінова, Б. Д. Чіванов // Зб. наук. праць Уманської СГА. – К., 1997.
316. Changes in mitochondrial electron partitioning in response to herbicides inhibiting branched – chain amino acid biosynthesis in soybean / S. Gaston, M. Ribas – Carbo, S. M. Busquets [et al.] // Plant Physiol. – 2003. – 133.
317. Пронина Н. Б. Участие уреазы в детоксикации гербицидов в растениях / Н. Б. Пронина // Доклады ТСХА. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – Вып. 273. – Ч. 2.
318. Ладонин В. Ф. Особенности метаболизма сорных растений при совместном действии удобрений и гербицидов / В. Ф. Ладонин, Н. Б. Пронина, Е. И. Маркс // Тез. докл. конф. [«Актуальные проблемы современной гербологии»], (Ленинград, 12.04.1990 г.). – Л., 1990.
319. Кузнецова Н. Н. Изменение окислительно-восстановительных процессов в растениях кукурузы под действием засоления и регулятора роста ивина / Н. Н. Кузнецова, С. Н. Кабузенко // Мат. конф. [«Биологические препараты в растениеводстве»], (Киев, 10–13 июня 2008 г.). – К., 2008.
320. Рикун Л. Вплив агростимуліну на нагромадження фенольних сполук та активність поліфенолоксидази у рослин сої / Л. Рикун, Г. Закалик, О. Терек // Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів, 2004.
321. Гаврись І. Л. Вплив регуляторів росту на активність окисно-відновних ферментів в листках помідора / І. Л. Гаврись // Мат. тез Міжн. наук.-практ. конф. [«Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління»], (Мелітополь–Кирилівка, 4–6 червня 2009 р.) / Мін. АПК, Таврійський ДАТУ. – Мелітополь – Кирилівка, 2009.
322. Грицаєнко З. Активність окисно-відновних ферментів рослин кукурудзи

- в онтогенезі при дії базису і рiстрегулюючих речовин / З. Грицаєнко, О. Заболотний // Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів, 2004.
323. Грицаєнко З. М. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах озимої пшениці при дії хімічних реагентів / З. М. Грицаєнко, І. Б. Леонтюк // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2004. – Вип. 58.
324. Голодрига О. В. Вплив Тарги супер і Емістиму С на активність ферментів окисно-відновного характеру дії в рослинах сої / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Мат. Міжн. наук. конф. [«Аграрна наука і освіта XXI століття»], (Умань, 4–6 липня 2006 р.) / М-во АПК, Міжн. АГО, Уманський ДАУ. – Умань, 2006.
325. Грицаєнко З. М. Реакція антиоксидантних ферментних систем рослин гороху на застосування гербіцидів і біостимуляторів росту / З. М. Грицаєнко, О. Ю. Макаринський // Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
326. Притуляк Р. М. Біологічні особливості застосування гербіцидів і регулятора росту рослин на посівах тритикале озимого в умовах Лісостепу України : автореферат дис. на здоб. наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Р. М. Притуляк. – Умань, 2009.
327. Грицаєнко З. М. Вплив гербіциду Калібру 75 і біологічно активних речовин на активність антиоксидантних ферментних систем ячменю ярого / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Збірник тез міжвузівської наук. конференції [«Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства»], (Умань, 23 – 24 квітня 2009 р.). – Умань, 2009.
328. Киризий Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Д. А. Киризий. – К. : Логос, 2004.
329. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М. : Изд – во «Наука», 1982.
330. Талабенкова Г. Н. Физиолого-биохимическая оценка параметров продукционного процесса ячменя в условиях севера / Г. Н. Талабенкова, С. В. Куренкова, Т. К. Головки // Физиология и биохимия культурных растений. – 2006. – Т. 38. – № 6.
331. Максимов Т. Х. Эколого-физиологические исследования фотосинтеза ячменя в условиях Якутии : автореферат дис. на соискание уч. степени кандидата биол. наук : спец. 03.00.12 «Физиология растений» / Т. Х. Максимов. – Иркутск, 1989.
332. Пронина Н. Б. Действие 2,4-Д на сопряжение транспорта электронов с синтезом АТФ в хлоропластах ячменя и гороха и снижение токсического действия гербицида под влиянием фосфорных удобрений / Н. Б. Пронина, В. Ф. Ладонин // Сельскохозяйств. биол. – 1979. – Т. 14. – № 1.
333. Доманский В. П. Влияние диурона и 5–аминолевулиновой кислоты на стационарный уровень накопления хлорофилла в зеленеющих листьях ячменя / В. П. Доманский, И. Н. Доманская, Л. И. Фрадкин // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – № 5.

334. Mirsa L. P. Effect of herbicides on the chlorophyll content of isolated leaves of *Oxalis latifolia* / L. P. Mirsa, D. P. Sharma, H. S. Duria // *Curr. Sci.* – 1978. – V. 47. – № 12.
335. Jankovic R. Utacaj razlicitin doza casorana g i fidulana gna sadrzaj pigmenata hloreplasta u liscu maline / R. Jankovic, M. Biojic // *Jugosl. Vecarstve.* – 1986. – 20.
336. Devlin R. M. Some physiological effects of AC – 252214 on several plant growth systems / R. M. Devlin, Z. K. Koszanaski // *Proc. ann. Meet.* – 1986. – 40.
337. Sairam R. K. Effect of atrazine and 2,4-D on nitrate reductase activity and growth of sorghum / R. K. Sairam, S. S. Prabhu, P. S. Tomer // *Indian J. Plant Physiol.* – 1988. – V. 31 – № 2.
338. Киселев В. Е. Характер действия 2,4-Д и смесей с азотнокислым аммонием на содержание белка и хлорофилла в растениях / В. Е. Киселев // *Физиологические механизмы регуляции приспособления и устойчивости у растений.* – Новосибирск, 1966.
339. Feierabend J. Nature of photooxidative events in leaves treated with chlorosis – inducing herbicides / J. Feierabend, T. Winkelhusener // *Plant. Physiol.* – 1982. – V. 70 – № 5.
340. Dan Hess F. Light-dependent herbicides: an overview / F. Dan Hess // *Weed Sci.* – 2000. – 48.
341. Duke S. Protoporphyrinogen oxidase – inhibiting herbicides / S. Duke, J. Lybon, J. Beccaril // *Weed Sci.* – 1991. – 39.
342. Влияние бензидина на содержание хлорофилла и активность хлорофиллазы в листьях гороха / А. Н. Джикян, М. Г. Гваладзе, Ш. М. Рухадзе [и др.] // *Метаболизм химических загрязнителей биосферы и растений.* – Тбилиси, 1979.
343. Судына О. Г. Вплив хлоридів на активність хлорофілази / О. Г. Судына // *Український ботанічний журнал.* – 1974. – Т. 31. – № 3.
344. К вопросу о локализации хлорофиллазы в хлоропласте / Е. Г. Судына, Г. И. Лозовая, Е. Ф. Довбыш [и др.] // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 1973. – Т. 5. – Вып. 2.
345. Сивцов М. В. Вплив гербіцидів солану і прометрину на стан хлорофілу та активність хлорофілази / М. В. Сивцов, Є. О. Кузнецова, А. П. Скоблін // *Український ботанічний журнал.* – 1974. – Т. 31. – № 2.
346. Адамчук-Чала Н. І. Вплив кліностагування на структурно-функціональну організацію хлоропластів проростків ячменю / Н. І. Адамчук-Чала, М. Ф. Повхан // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2006. – Т. 38. – № 3.
347. Grumbach K. H. Effect of SAN 6706, amitrole and photosystem-II herbicides on chloroplast development / K. H. Grumbach // *5th Int. Congr. Photosynth: abstr.* – Halkidiki, 1980.
348. Duke S. O. Oxadiazon activity is similar to plant of p-nitro-diphenyl ether herbicides / S. O. Duke, J. Lydon, R. N. Paul // *Weed Sci.* – 1989. – V. 37. – № 2.
349. Аверина Н. Г. Исследования ультраструктуры хлоропластов из листьев фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.), обработанных 5-аминолевулиновой кисло-

- той и 2,2'-дипиридиллом / Н. Г. Аверина, М. С. Радюк // Докл. АН БССР. – 1989. – Т. 33. – № 5.
350. Действие гербицида Лонтрела на первичные процессы фотосинтеза в хлоропластах высших растений / Х. Б. Байранов, З. П. Грибова, Е. Н. Музафаров [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1992. – № 1.
351. Cooley W. E. Effects of SC-0224 on photosynthetic electron transport / W. E. Cooley, C. L. Foy // Plant Growth Regulator Soc. America. – 1989. – V. 17. – № 2.
352. Physiological actions of dinoterb, a phenol derivative. 2. Effects on isolated plant mitochondria and chloroplasts / O. Belbachir, M. Matringe, D. Chevallier [et al.] // Pestic. Biochem. and Physiol. – 1980. – V. 14. – № 3.
353. Ali A. Chloroplast resistance to triazine herbicides in *Sinapis arvensis* L. / A. Ali, V. Souza Machado // Weed Res. – 1986. – V. 26. – № 1.
354. Каротиноїди та гліколіпіди в адаптивній відповіді рослин озимої пшениці на дію оксидного стресу / Н. Б. Светлова, О. В. Ситар, Л. М. Бацманова [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2007. – Т. 39. – № 2.
355. Wilkinson R. E. EPTC-reversed carotenogenic inhibition by norflurazon / R. E. Wilkinson // Pesticide Biochem. Physiol. – 1989. – V. 33. – № 3.
356. Ali A. Phytotoxic action of glyphosate and anitrole on corn seedlings / A. Ali, R. A. Fletcher // Can. J. Bot. – 1978. – V. 56. – № 18.
357. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопунов [и др.] // Агрехимия. – 2005. – № 11.
358. 4-гидроксибензиловый спирт – новый непуринный цитокинин – регулятор фотосинтеза и роста растений / Е. П. Иванова, Л. Л. Кирилова, Г. Н. Назарова [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2.
359. Литвин Л. Вміст фотосинтетичних пігментів і цукрів у рослинах пшениці за дії агростимуліну / Л. Литвин, Г. Закалик, О. Цвілінюк // Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природньому та трансформованому середовищі. Фізіолого – біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів: вид-во «Сполом», 2004.
360. Векірчик К. Вплив регулятора росту Емістиму С на деякі фізіологічні процеси, ріст, розвиток і продуктивність сої культурної в умовах Тернопільської області / К. Векірчик, О. Конончук // Тези II Міжн. конф. [Онтогенез рослин у природньому та трансформованому середовищі. Фізіолого – біохімічні та екологічні аспекти], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів: вид-во «Сполом», 2004.
361. Мамчур О. В. Вміст цукрів та пігментів фотосинтезу у рослинах кукурудзи / О. В. Мамчур, О. І. Терек // Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
362. Сакало В. Д. Роль сахарозофосфатсинтазы и сахаросинтазы в сахаронакоплении сахарной свеклы / В. Д. Сакало // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 6.
363. Физиолого-биохимические исследования растений ячменя и пшеницы

- при гербицидном стрессе / А. А. Ямалева, Р. Ф. Талипов, А. М. Ямалеев [и др.] // Вестник РАСХН. – 2004. – № 3.
364. Яблонская Е. К. Влияние гербицида 2,4-Д и антидота Фуролан на ростовые и синтетические процессы в проростках озимой пшеницы / Е. К. Яблонская, В. К. Плотников // Научный журнал КубГАУ. – 2006. – № 24 (8).
365. Грицаєнко З. Фізіологічні процеси в рослинах озимої пшениці залежно від вирощування її на фоні різних попередників та застосування гербициду і біостимулятора росту / З. М. Грицаєнко, І. Б. Леонтьюк // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2005. – Вип. 59.
366. Грицаєнко З. Вміст хлорофілу в листках озимої пшениці залежно від дії гербицидів та біологічно активних речовин / З. Грицаєнко, Л. Куш // Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 4–6 жовтня 2007). – Львів, – 2007.
367. Драговоз І. В. Різна фізіологічна спрямованість дії регуляторів росту на основі природної сировини та її вплив на стабілізацію продукційного процесу зернових культур / І. В. Драговоз, В. К. Яворська, М. В. Волкогон // Сб. мат. Межд. конф. [«Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве»], (Киев, 12–16 июня 2007 г.). – Киев, 2007.
368. Роль сахаров в адаптации фотосинтетического аппарата к стрессовым факторам / Н. Л. Пшибытко, Л. Н. Каштухо, Е. В. Волкова [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35. – № 4.
369. Рубін С. С. Вплив 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти, симазину і атразину на вуглеводний обмін однодольних і дводольних рослин / С. С. Рубін, З. М. Грицаєнко // Резерви збільшення виробництва сільськогосподарських продуктів: зб. наук. праць. – Черкаси, 1967.
370. Renburg A. Biochemical changes in *Raphanus raphanistrum* treated with 2,4-D / A. Renburg, O. Villiers // *Ahroplanta*. – 1978. – V. 10. – № 1.
371. Небытов В. Г. Действие аминной соли 2,4-Д на продуктивность ячменя, содержание сахаров в вегетативной массе и зерне при однолетнем и многолетнем применении гербицида : автореферат дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук : спец. 06.01.04 «Агрохимия» / В. Г. Небытов. – 1985.
372. Москаленко Г. Действие многолетнего применения гербицидов на обмен фосфорсодержащих соединений у пшеницы Саратовской 29 / Г. Москаленко, В. Зинченко // Изв. ТСХА. – 1982. – Вып. 4.
373. Ладонин В. Ф. Влияние гербицидов на поступление и использование азота удобрения чувствительными растениями / В. Ф. Ладонин, Л. Н. Самойлов // Докл. ВАСХНИЛ. – 1976. – № 4. – С. 20–21.
374. Bergmannova E. Vpliv flamprop-isopropyly na prijem, transport a metabolism <sup>32</sup>P u *Avena fatua* a *Hordeum vulgare* / E. Bergmannova, L. Taimr // *Ocht. Rostl.* – 1986. – 22. – № 3.
375. Сосновая О. Н. Действие атразина на кукурузу в присутствии поверхностно-активных веществ / О. Н. Сосновая, Ю. Г. Мережинский // Физиология и биохимия культурных растений. – 1980. – Т. 12. – № 6.
376. Кірізій Д. А. Фотосинтез і накопичення азоту в рослин озимої пшениці

- різних сортів / Д. А. Кірізій, В. М. Починок // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. – № 4.
377. Elliott J. R. A response surface analysis of the effects of cyclohexanec arboxylic acid and 2,4-dichlorophenoxy acetic acid on nitrogen metabolism in *Phaseolus vulgaris* L. / J. R. Elliott, D. R. Peirson // Ann. Bot. – 1980. – V. 46. – № 5.
378. Ладонин В. Ф. О влиянии эфиров 2,4-Д на азотный обмен растений / В. Ф. Ладонин // Применение гербицидов и стимуляторов роста растений. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961.
379. Мироненко А. В. Действие диалена на метаболизм белков пшеницы / А. В. Мироненко, В. П. Шуканов, Л. А. Журавлева // Экологические последствия применения агрохимикатов: пестициды: мат. 3 Всес. науч. – координац. совещ. по Межд. программе ЮНЕСКО [«Человек и биосфера». Проект № 96]. – Пущино, 1982.
380. Кордюм Є. Фенотипічна пластичність – парадигма сучасної біології / Є. Кордюм // Зб. тез III Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого–біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 4–6 жовтня 2007 р.). – Львів, – 2007.
381. Степанов С. А. Рост и развитие листьев яровой пшеницы / С. А. Степанов // Мат. докл. Межд. конф. [«Современная физиология растений: от молекул до экосистем»], (Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.). – Сыктывкар, 2007. – Ч.3.
382. Спивак В. А. Адаптационная изменчивость клеточных стенок мезофильных клеток в онтогенезе листа злака / В. А. Спивак, Е. В. Гулина, Б. Г. Быховцев // Мат. докл. Межд. конф. [«Современная физиология растений: от молекул до экосистем»], (Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.). – Сыктывкар, 2007. – Ч.1.
383. Loubser J. W. Abnormalities of the growth point and ear of barley caused by 2,4-dichlorophenoxy acetic acid / J. W. Loubser, A. L. Cairns // J. Plant Soil. – 1989. – V. 6. – № 2.
384. Петунова А. А. Реакция видов и сортов пшеницы и ячменя на гербициды : автореферат дис. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук : спец. 06.01.09, 06.01.01 «Растениеводство; Общее земледелие» / А. А. Петунова. – Омск, 1988.
385. Біологічні та агроекологічні основи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур / А. Ф. Гойчук, П. Г. Копитко, З. М. Грицаєнко [та ін.] // Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
386. Herdi F. The effect of dicamba on the petiole tissues of the sunflower (*Helianthus annuus* L.) / F. Herdi // Acta phytopathol. et entomol. Hung. – 1986. – V. 21. – № 1 – 2.
387. Мелехов Е. И. Специфическое и неспецифическое гербицидное действие 2,4-Д на клетку и целое растение / Е. И. Мелехов, Г. М. Смирнова // Химия в сельском хозяйстве. – 1980. – 18. – № 11.
388. Sparchez C. Actiunea trifluorului 24 ES asupra distributiei stomatelor la plantulele de porumb / C. Sparchez, V. Bercea, V. Soran // Studii Cerc. Biol. Ser. Biol. veget. – 1988. – V. – 40. – № 1.

389. Мусіяка В. К. Антимутагенна дія регулятора росту Емістиму в корневих меристемах гороху та пшениці / В. К. Мусіяка // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34. – № 1.
390. Рогач Т. І. Особливості морфогенезу і продуктивність соняшнику за дії Трептолему / Т. І. Рогач // Физиология растений: проблеми та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009.
391. Луценко Э. К. Индуцированные Агатом–25К цитофизиологические изменения у проростков ржи в условиях засоления / Э. К. Луценко, Е. А. Марушко // Мат. докл. Межд. конф. [«Современная физиология растений: от молекул до экосистем»], (Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.). – Сыктывкар, 2007. – Ч.2.
392. Патица В. П. Морфологічні дослідження впливу біопрепаратів азотфіксувальних бактерій на формування елементів продуктивності озимої пшениці / В. П. Патица, В. В. Гармашов, А. В. Калініченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 3.
393. Голодрига О. В. Анатомічна будова листків та судинно-волокнистих пучків сої під впливом гербіцидів і біостимуляторів / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 10.
394. Макаринський О. Вплив гербіцидів і біостимуляторів росту, внесених окремо і сумісно, на анатомічну будову листків гороху / О. Макаринський, З. Грицаєнко // Тези II Міжн. конф [«Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). – Львів: «Сполом», 2004.
395. Грицаєнко З. М. Вплив Базису 75 і фізіологічно активних речовин на анатомічну будову кукурудзи / З. М. Грицаєнко, О. І. Заболотний // Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування : зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2008.
396. Карпенко В. П. Значення анатомічної будови рослин у вивченні механізму дії гербіцидів / В. П. Карпенко // Мат. Всеукр. наук. конференції молодих учених. – Умань, 2008. – Ч.1.
397. Карпенко В. П. Зміни в анатомічній структурі епідермісу листкового апарату ячменю ярого за використання бакових сумішей гербіциду Лінтуру із біопрепаратом Агат–25К / В. П. Карпенко // Збірник матеріалів Всеукр. наук.–практ. конференції [«Сучасні наукові досягнення – 2008»], (Миколаїв, 29 – 30 листопада 2008 р.). – Миколаїв, 2008. – Т. 2.
398. Грицаєнко З. М. Анатомічні зміни в будові фотосинтетичного апарату рослин ярого ячменю під впливом сумісного застосування гербіциду Гранстару і біостимулятора росту Емістима С // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2006. – Вип. 62. – Ч.1.
399. Білоножко В. Я. Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду Лінтур і його бакових сумішей із біопрепаратом Агат-25К / В. Я. Білоножко, В. П. Карпенко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2009. – № 1.
400. Мелехов Е. И. Влияние 2,4-Д на проводимость корней, поглощение воды и транспирацию // Физиология растений. – 1979. – Т. 26. – № 5.

401. Бесалиев И. Н. Интенсивность транспирации листа ячменя при применении средств защиты растений / И. Н. Бесалиев, А. А. Райов // Проблемы целинного земледелия: сб. науч. трудов к 50-летию начала освоения целинных земель. – Оренбург, 2004.
402. Шатилов И. С. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность посевов озимой пшеницы в Центральном регионе Нечерноземной зоны РСФСР / И. С. Шатилов, А. Ф. Шаров, Л. А. Татусова // Известия ТСХА. – 1987. – Вып. 1.
403. Іващенко О. О. Світлове забезпечення енергетики посівів / О. О. Іващенко, О. О. Іващенко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 7.
404. Карпова Г. А. Формирование вегетативной сферы ячменя при использовании регулятора роста / Г. А. Карпова, М. Е. Миронова // Мат. V Межд. науч. конф. [«Регуляторы роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28–30 ноября 2007г.). – Минск: Право и экономика, 2007.
405. Карпенко В. П. Вплив сумісного застосування бакових сумішей гербіциду Лінтуру з біопрепаратом Агат–25К на формування надземної біомаси і площі листкового апарату ячменю ярого / В. П. Карпенко // Матеріали I Міжн. наук. конф. студентів, аспірантів та молодих учених [«Фундаментальні та прикладні дослідження в біології»], (Донецьк, 23–26 лютого 2009 р.) / ДНАУ. – Донецьк: Вид-во «Вебер», 2009.
406. Karpenko V. P. Anatomic changes in the epidermis structure of the leaf apparatus as an indication of the influence of physiologically active substances on the plant body / V. P. Karpenko // Міжнародна наукова конференція [«Каразінські природознавчі студії»], (Харків, 1–4 лютого 2011р.). – Харків: Харк. нац. ун-т. ім. В. Н. Каразіна, 2011.
407. Грицаєнко З. М. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах ячменю ярого і продуктивність посівів за дії гербіциду Калібру 75 і біологічно активних речовин / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. – Т. 2.
408. Петунова А. А. Влияние 2,4-Д, люметона, дозанекса и триаллата на ячмень / А. А. Петунова, А. Я. Трофимовская // Растительные и химические канцерогены. – Л., 1979.
409. Бакумовська О. С. Вплив хімічних і біологічних препаратів на продуктивність ярого ячменю / О. С. Бакумовська, О. В. Бочевар, С. М. Лемішко // Сб. матеріалів Межд. конф. [«Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве»], (Киев, 12–16 июня 2007 г.). – К., 2007.
410. Заболотний О. І. Біологічні процеси в рослинах і ґрунті та продуктивність кукурудзи при застосуванні гербіциду Базису 75, Зеастимуліну і Рексоліну в умовах Правобережного Лісостепу України : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.–г. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / О. І. Заболотний. – Умань, 2007.
411. Шерстобоева О. В. Роль мікробіологічних препаратів у підвищенні продуктивності рослин екологічно безпечними засобами / О. В. Шерстобоева // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 3.
412. Марченко С. А. Функциональная реакция микробного сообщества почвы как индикатор загрязнения стойкими органическими загрязнителями / С. А. Марченко, П. А. Кожевин // Агро XXI. – 2008. – № 7 – 9.

413. Елланська Н. Е. Еколого–трофічні взаємовідносини вищих рослин і мікроорганізмів / Н. Е. Елланська, Е. А. Головка // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 5.
414. Смирнова Е. Б. Влияние биогумуса на микробиологические процессы в обыкновенном черноземе под посевом подсолнечника / Е. Б. Смирнова, О. Н. Коргунов // Тез. докладов конф. [«Природа и общество на рубеже нового тысячелетия: Глобализация и региональные эколого-экономические проблемы»], (Саратов, 5–9 июня 1999 г.). – Саратов: ИКД «Пароход», 1999.
415. Курдиш І. К. Ефективність інтродукції мікроорганізмів у агроєкосистемі / І. К. Курдиш // XII з'їзд товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського: тез. доп., (Ужгород, 25–30 травня 2009 р.) / НАН України, Мін. освіти і науки України, Тов. мікробіологів України [та ін.]. – Ужгород, 2009.
416. Пузік В. К. Видова та сортова специфічність кореневих виділень хлібних злаків за вмістом вітамінів групи В та інозиту / В. К. Пузік // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34. – № 4.
417. Пузік В. К. Динаміка вітамінів у кореневих виділеннях злаків на ранніх етапах онтогенезу / В. К. Пузік / Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35. – № 3.
418. Подоба Л. В. Лелопатична стимуляція асоціативної азотфіксації в ризоценозі ярого ячменю / Л. В. Подоба // XII з'їзд товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського: тез. доп., (Ужгород, 25–30 травня 2009 р.) / НАН України, Мін. освіти і науки України, Тов. мікробіологів України [та ін.]. – Ужгород, 2009.
419. Кожемяков А. П. Разработка и перспективы использования биопрепаратов комплексного действия // А. П. Кожемяков, С. В. Тимофеева, Т. А. Попова // Защита и карантин растений. – 2008. – № 2.
420. Симочко Л. Ю. Рістстимулююча дія домінуючих бактерій ризосфери озимої пшениці / Л. Ю. Симочко, О. С. Дем'янчук // Агроекол. журн. – 2006. – № 1.
421. Взаимодействие симбиотрофно-фосфатмобилизирующих инокулянтов гороха и вики с резидентными микроорганизмами ризосферы / Г. В. Сафронова, Л. А. Суховицкая, И. И. Тагиль [и др.] // Мат. V Межд. науч. конф. [«Регуляторы роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28–30 ноября 2007г.). – Минск: Право и экономика, 2004.
422. Кузовкина И. Н. Генетически трансформированные корни растений как модель изучения специфики метаболизма и симбиотических контактов корневой системы / И. Н. Кузовкина, И. Е. Альтерман, В. Е. Карандашев // Изв. РАН. Сер. биол. – 2004. – № 3.
423. Грицаєнко З. М. Мікробіологічна активність ризосфери ярого ячменю при сумісному застосуванні гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстару з біостимулятором росту Емістимом С / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Вісник Уманського ДАУ. – 2005. – № 1–2.
424. Біологічні процеси і продуктивність с.-г. культур при застосуванні хімічних і біологічних препаратів та шляхи зменшення гербіцидного навантаження на зовнішнє середовище / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко,

- В. П. Карпенко [та ін.] // Праці Міжн. наукової конференції [«Вчені вищої школи України – селу» ], (Київ–Умань, 5–7 липня 2006 р.). – Київ–Умань, 2006.
425. Спиридонов Ю. Я. Действие симметрических триазинов на целлюлозоразрушающие микроорганизмы почвы / Ю. Я. Спиридонов, А. И. Яковлев // Микробиология. – 1968. – Т. 37. – Вып. 1.
426. Кешелава Р. Ф. Гербициды и почвенные микроорганизмы / Р. Ф. Кешелава // Защита и карантин растений. – 2000. – № 8.
427. Anon D. Einfluss von Herbiziden auf mikroorganismen im Boden / D. Anon // Dt. Vaanschule. – 1986. – Bd. 38. – Н. 10.
428. Перцова Р. Н. Устойчивость гербицида бромксинила в почве и трансформация его микроорганизмами / Р. Н. Перцова, Б. П. Басхунов, М. Вокоунова // Бюллетень ВНИИ с.-х. микробиологии. – 1987. – 46.
429. Свирскене А. К. Микробный ценоз и ферментативная активность при систематическом применении гербицидов в севообороте / А. К. Свирскене // Бюллетень ВНИИ с.-х. микробиологии. – 1987. – 46.
430. Нестеренко А. М. Влияние триаллата на микроорганизмы и ферментную активность почвы / А. М. Нестеренко // Сорные растения и борьба с ними. [Реф. ж.]. – 1989. – № 7.
431. Толочкина С. А. Влияние гербицидов при органоминеральном удобрении на микрофлору биокосной системы / С. А. Толочкина, С. Я. Мехтиев // Сорные растения и борьба с ними. [Реф. ж.]. – 1987. – № 12.
432. Тилляходжаева Н. Р. Влияние гербицидов на почвенные микроорганизмы / Н. Р. Тилляходжаева // Защита и карантин растений. – 2000. – № 6.
433. Duah-Yentumi S. Changes in soil microflora in response to repeated applications of some pesticides / S. Duah-Yentumi, D. B. Johnson // Soil. Biol. Biochem. – 1986. – V. 18. – № 6.
434. Roslycky E. B. Microbial response to sethoxydim and its degradation in soil / E. B. Roslycky // Canad. J. Soil Sc. – 1986. – V. 66. – № 3.
435. Толочкина С. А. Динамика почвенной микрофлоры при действии хлорсульфурана / С. А. Толочкина, Т. П. Дворникова, Л. Ф. Сирецану // Сорные растения и борьба с ними. [Реф. ж.]. – 1989. – № 11.
436. Агаев Ф. А. Влияние гербицидов на микрофлору почвы пасленовых культур / Ф. А. Агаев // Тезисы 12 сессии Закавказского совета по координации НИИ работ по защите растений, (Тбилиси, 8–11 октября 1986г.). – Тбилиси, 1986.
437. Донкова Р. Влияние на хербицидите вензар и пирамин вверху биологичната активност на почвата / Р. Донкова, Т. Ханъмова, С. Върбанова // Почвознание, агрохимия, раст. защита. – 1985. – 20. – № 6.
438. Влияние на хиимчните средства за борба с плевелите вверху микрофлората на почвата в посев ежова главица / Т. К. Канъмова, Р. И. Донкова, Д. Б. Дерибеева [и др.] // Экология. – 1986. – 18.
439. Лисенко С. В. Гербициды в посевах. Вплив на деякі компоненти агроценозу озимої пшениці / С. В. Лисенко, І. М. Сторчоус // Захист рослин. – 1997. – № 12.
440. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного на-

- вантаження / [Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. та ін.]. – К. : Вид-во «Обереги», 2001.
441. Круглов Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды / Ю. В. Круглов. – М. : Агропромиздат, 1991.
442. Изменение структуры комплекса микромицетов в ходе микробных сукцессий в почве / Л. М. Поленская, Т. Г. Мирченк, Г. А. Кожевин [и др.] // Микробиология. – 1990. – Вып. 59.
443. Карпенко В. П. Агроекологічне обґрунтування застосування різних доз гербіцидів в чистих посівах ярого ячменю та з підсівною конюшиною : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / В. П. Карпенко. – Умань, 1998.
444. Зименко Т. Г. Микробиологическая деградация симазина в торфяной почве / Т. Г. Зименко, В. И. Цвигун, В. И. Чигир // Бюллетень ВНИИ с.-х. микробиологии. – 1987. – 46.
445. Тертична О. В. Науково-методичне обґрунтування біодеградації пестицидів ґрунтовими мікроорганізмами : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 «Екологія» / О. В. Тертична. – К., 2006.
446. Екологія мікроорганізмів / [Патика В. П., Омелянець Т. Г., Гриник І. В., Петриченко В. Ф.]. – К. : Основа, 2007.
447. Лихачева В. А. Последствие смесей гербицидов на активность почвенных ферментов в условиях ЦЧР / В. А. Лихачева // Комплексное использование пестицидов и других средств химизации в земледелии : тез. докладов Всес. науч.-техн. конф., 1–3 июля 1986г. – Воронеж, 1986.
448. Tarafdar J. Effect of different herbicides on enzyme activity in controlling weeds in wheat crop / J. Tarafdar // Pesticides. – 1986. – V. 20. – № 2.
449. Кешелава Р. Ф. Влияние симазина и карагарда на биологическую активность почвы / Р. Ф. Кешелава // Защита и карантин растений. – 2000. – № 9.
450. Бергулаева Л. Я. Влияние гербицидов на ферментативную активность почвы при нарушении технологии их внесения / Л. Я. Бергулаева, Е. А. Шуменская // Биологическая и химическая защита растений от вредителей, болезней и сорняков в УССР. – К., 1985.
451. Пономаренко С. П. Наука і освіта на шляху створення екологічно безпечних технологій / С. П. Пономаренко // Мат. Міжн. наук. конф. [«Аграрна наука і освіта ХХІ століття»], (Умань, 4–6 липня 2006 р.). – Умань, 2006.
452. Пономаренко С. П. Регулятори росту. Екологічні аспекти застосування / С. П. Пономаренко, Г. О. Іутинська // Захист рослин. – 1999. – № 12.
453. Давыдова О. Е. Механизмы влияния новых синтетических регуляторов роста растений на азотнофосфорное питание и продуктивность сельскохозяйственных культур / О. Е. Давыдова, П. Г. Дульнев, М. Д. Аксиленко // Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
454. Волкогон В. В. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксуючих симбіозів та асоціацій // В. В. Волкогон, В. П. Сальник // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 3.

455. Фосфотазна активність ризосфери та коренів культурних рослин при застосуванні нових комплексних препаратів / Н. М. Мальцева, О. Є. Давидова, С. Я. Коць [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 5.
456. Иутинская Г. А. Создание комплексных полифункциональных микробных препаратов для растениеводства / Г. А. Иутинская // Мат. конф. [«Биологические препараты в растениеводстве»], (Киев, 10–13 июня 2008г.). – К., 2008.
457. Волкогон В. В. Мікробні препарати як активний чинник збільшення коефіцієнтів засвоєння добрив рослинами та вмісту білка в продукції / В. В. Волкогон, А. М. Максак // Посібник українського хлібороба. – 2009.
458. Моргун В. В. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин : стан і перспективи досліджень / В. В. Моргун, С. Я. Коць // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. – № 3.
459. Ассоциативные азотфиксаторы в ризосфере и на корнях злаковых, их влияние на урожай растений / В. Ф. Патыка, Е. В. Шерстобоева, Н. К. Шерстобоев [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 4.
460. Антипчук А. Ф. Экологические аспекты селекции ризобий и повышения эффективности симбиоза / А. Ф. Антипчук // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 4.
461. Бабак Н. М. О чувствительности азотобактера к некоторым антибиотикам и гербицидам / Н. М. Бабак // Микробиология. – 1968. – Т. 37. – Вып. 2.
462. Gadkari D. Influence of the herbicides stomp and arelon on  $N_2$  – fixation and nitrification / D. Gadkari // Zbl. Microbiol. – 1987. – V. 142 – № 4.
463. Сапунджиева К. Влияние на хербицида Гарлон за върху микробиологичната активност в почвата / К. Сапунджиева // Почвознание, агрохимия, раст. защита. – 1987. – Т. 22. – № 4.
464. Вивчення особливостей азотного живлення ячменю методом ізотопного розбавлення при застосуванні Триману I, мінеральних добрив та інокуляції / В. В. Волкогон, О. В. Гусев, О. Є. Давидова [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 5.
465. Агроэкологическая роль азотфиксирующих микроорганизмов в аллелопатии высших растений / [Патыка В. Ф., Наумов Г. Ф., Подоба Л. В. [и др.]; под ред. В. Ф. Патыки. – К. : Основа, 2004.
466. Застосування біостимуляторів росту і розвитку рослин у ґрунтозахисному землеробстві / М. К. Шикуча, І. І. Воробей, П. Г. Дульнев [та ін.] // Відтворення родючості ґрунтів в ґрунтозахисному землеробстві. – К. : Оранта, 1998.
467. Подоба Л. В. Продуктивность ярового ячменя при инокуляции семян азотфиксирующими бактериями и биостимуляции / Л. В. Подоба // Вісник Харківського ДАУ. – 1998. – № 1.
468. Влияние биопрепарата Альбит на продуктивность ячменя и содержание биофильных элементов в урожае / Е. П. Дурынина, О. А. Пахненко, А. К. Злотников [и др.] // Агрохимия. – 2006. – № 1.
469. Федоренко В. П. Чотири основоположних принципи / В. П. Федоренко, С. В. Ретьман // Захист рослин. – 2004. – № 1.

470. Лісовий М. П. Поліморфізм вірулентності збудника борошнистої роси ячменю в Центральному Лісостепу України / М. П. Лісовий, Ю. М. Кононенко // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 4.
471. Біловус Г. Я. Джерела інфекцій плямистостей листя ярого ячменю і шляхи розповсюдження їх патогенів в умовах Західного Лісостепу України / Г. Я. Біловус // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжв. тем. наук. зб. – Львів – Оброшино, 2007. – Вип. 49. – Ч. II.
472. Михайленко С. В. Хвороби листя ярого ячменю в Поліссі України та заходи по обмеженню їх шкідливості : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.11. «Фітопатологія» / С. В. Михайленко. – К., 2005.
473. Влияние мучнистой росы на физиологические процессы в листьях пшеницы / Т. П. Юрина, А. М. Умнов, В. А. Караваев [и др.] // Физиология растений. – 1992. – Т. 39. – Вип. 2.
474. Тютюрев С. Л. Физиолого–биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве / С. Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – 2000. – № 1.
475. Хисамов Р. Р. Способы инактивации экологической депрессии у растений / Р. Р. Хисанов // Вестник Оренбургского ГУ. – 2008. – № 12.
476. Боярин В. Агат-25К на весняному полі / В. Боярин // Пропозиція. – 2004. – № 2.
477. Вплив регуляторів росту природного походження на індукцію стійкості до церкоспорельозу у проростків озимої пшениці / Л. І. Крючкова, Г. П. Гладун, І. В. Драговоз [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 5.
478. Развитие эпифитных и почвенных дрожжей на проростках пшеницы / И. С. Гузева, В. С. Гузев, И. П. Бабьева [и др.] // Микробиология. – 1977. – Т. 26. – Вып. 4.
479. Юсупов Д. А. Бактофит на яровой пшенице / Д. А. Юсупов, В. Б. Лебедев, Л. М. Кудимова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 5.
480. Смолин Н. В. Влияние регуляторов роста на пораженность озимой ржи бурой ржавчиной и мучнистой росой / Н. В. Смолин, А. С. Савельев // Защита и карантин растений. – 2007. – № 6.
481. Асалиев А. И. Регуляторы роста и пораженность озимой пшеницы септориозом / А. И. Асалиев, И. Н. Головинова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 8.
482. Коршунова Г. Ф. Применение Агата-25К в Московской области / Г. Ф. Коршунова, Р. В. Балаева, В. Н. Смирнова // Защита и карантин растений. – 2000 – № 4.
483. Евсеев В. В. Реакция эпифитной микрофлоры на баковые смеси пестицидов с минеральным азотом / В. В. Евсеев // Защита и карантин растений. – 2005. – № 11.
484. Мостов'як І. І. Вплив попередників, біологічно активних речовин і пестицидів на витривалість озимої пшениці до вірусної інфекції, урожайність і якість зерна // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань. 2003. – Вип. 56.

485. Мостов'як І. І. Продуктивність посівів озимої пшениці, вирощуваної після різних попередників, залежно від ураження її вірусами та застосування біологічно активних речовин сумісно з пестицидами / І. І. Мостов'як, В. П. Карпенко // Захист рослин. – 2003. – № 11.
486. Мостов'як І. І. Ефективність біологічно активних речовин. Ураженість рослин озимої пшениці вірусними, мікоплазмовими та грибовими хворобами залежно від їх застосування в посівах, а також у сумішах з пестицидами / І. І. Мостов'як, В. П. Карпенко // Захист рослин. – 2004. – № 5.
487. Мостов'як І. І. Фізіологічні процеси в рослинах озимої пшениці залежно від вирощування її на фоні різних попередників, ураження вірусними хворобами та застосування біологічно активних речовин і пестицидів / І. І. Мостов'як, В. П. Карпенко // Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2003.
488. Грицаєнко З. М. Фітосанітарний стан посівів ярого ячменю залежно від застосування бакових сумішей гербіциду Лінтуру сумісно з біофунгіцидом Агат–25К / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як // Матеріали Міжнародної наукової конференції [«Аграрна наука і освіта ХХІ століття»], (Умань, 4 – 6 липня 2006 р.). – Умань, 2006.
489. Бур'яни в короткоротаційних сівозмінах. Система контролювання чисельності, що поєднує агротехнічні, фітоценотичні, хімічні та інші заходи / В. П. Борона, В. В. Карасевич, В. М. Солоненко [та ін.] // Карантин і захист рослин. – 2005. – № 9.
490. Бактерии рода *Pseudomonas* на сорняках / Р. И. Гвоздяк, Л. М. Яковлева, Л. А. Пасичник [и др.] // Мікробіологічний журнал. – 2005. – Т. 67. – № 2.
491. Koch W. Die Unkrautproblematik in abhangig keit von naturlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten / W. Koch, M. Kunisch // Z. Pflanzenkrnk. – 1990. – Bd. 97. – Н. 2.
492. Барановский И. Н. Влияние сорняков на плодородие почвы и урожайность овса / И. Н. Барановский, Н. В. Лукьянов // Защита и карантин растений. – 2005. – № 11.
493. Федорова Н. В. Как учитывать эффективность борьбы с сорняками / Н. В. Федорова, В. Г. Федоров // Защита и карантин растений. – 2005. – № 8.
494. Ивашкевич А. А. Вредоносность сорняков на посевах яровой пшеницы / А. А. Ивашкевич // Науч.-прозв. конф. [«Защита растений и охрана природы»], (Дотнува-Академия, 05–06 июня 1989г.). – Дотнува – Академия, 1989. – Ч. 3.
495. Корнилова Е. Н. Некоторые особенности взаимодействия сорных и культурных растений в пшеничном агрофитоценозе / Е. Н. Корнилова // Бюлл. ВНИИ защиты растений. – 1985. – Вып. 61.
496. Тарасенко В. И. Вредоносность основных сорняков посевов яровой пшеницы / В. И. Тарасенко, А. В. Воеводин // Бюлл. ВНИИ защиты растений. – 1988. – Вып. 70.
497. Canssnael J. P. Biological threshold assessment and postemergence weed control in wheat, corn and tomato / J. P. Canssnael // Weed control in vegetable production. – 1988.

498. Матюха Л. П. Бур'яни в степовому землеробстві / Л. П. Матюха // Захист рослин. – 2001. – №9.
499. Терещук В. С. Вредоносность мари белой в посевах ячменя / В. С. Терещук // Защита растений. – 1988. – №12. – С 55–57.
500. Гулидов А. М. Вредоносность сорных растений в посевах ячменя / А. М. Гулидов, Е. И. Хрюкина // Сорные растения и борьба с ними. [Реф. ж.]. – 1988. – № 4.
501. Доронина О. М. Исследования связи урожая со степенью засоренности посевов в лесостепной зоне Южного Урала / О. М. Доронина // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения. – Челябинск: ЧГАУ, 1999. – Вып. 1.
502. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В. А. Зинченко. – М. : Колос, 2005. – 232 с.
503. Tawaha A. M. Barley response to herbicide applied at two growth stages under semi – arid conditions / A. M. Tawaha, G. A. Maghaireh // Crop. Res. – 2001. – V. 22. – № 3.
504. Сравнительная эффективность гербицидов / В. В. Немченко, Л. Д. Рыбина, Н. П. Иванова // Агро XXI. – 1999. – № 6.
505. Хайбуллин А. И. Применение смеси Линтура и азотных удобрений на озимой пшенице весной / А. И. Хайбуллин // Защита и карантин растений. – 2000. – № 3.
506. Кракасевич А. И. Применение гербицидов на яровой пшенице / А. И. Кракасевич // Мат. Межд. конф. [«Проблемы сорной растительности и методы борьбы с ней»], (Горки, 15–17 февраля 2003 г.). – Горки, 2004.
507. Элант на яровой и озимой пшенице / Н. Г. Власенко, В. П. Лухменев, В. В. Немченко [и др.] // Защита и карантин растений. – 2004. – № 3.
508. Сорока С. В. Прима в посевах озимой пшеницы / С. В. Сорока, Л. И. Сорока // Защита и карантин растений. – 2007. – № 3.
509. Танчик С. П. Забур'яненість озимої пшениці / С. П. Танчик // Захист рослин. – 1999. – № 6.
510. Сульфонилмочевинные гербициды в посевах зерновых культур и льна-долгунца / С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская, Л. И. Сорока [и др.] // Защита и карантин растений. – 2004. – № 3.
511. Бородавченко А. А. Сортовая чувствительность ячменя к гербицидам / А. А. Бородавченко, Л. А. Дорожкина // Защита и карантин растений. – 2006. – № 8.
512. Тихонов Н. И. Гранстар в посевах пивоваренного ячменя / Н. И. Тихонов // Защита и карантин растений. – 2007. – № 10.
513. Пайде Т. Применение новых сульфонилмочевинных гербицидов на яровых зерновых / Т. Пайде // Науч. – произв. конф. [«Защита растений и охрана природы»], (Дотнува-Академия, 5–6 июня 1989 г.). – Дотнуа – Академия. – 1989. – Ч. 3.
514. Косолап М. Дікамерон на посівах ярого ячменю / М. Косолап, М. Поліщук, В. Гайбура // Пропозиція. – 2006. – № 2.
515. Перспективний гербіцид. Дифезан для захисту зернових культур від

- бур'янів / С. В. Ретьман, І. М. Сторчоус, І. В. Кротінов [та ін.] // Захист рослин. – 2003. – № 9.
516. Вьюгин С. М. Экономичный гербицид в посевах ячменя / С. М. Вьюгин, А. А. Гомонов, Г. В. Вьюгина [и др.] // Защита и карантин растений. – 2005. – № 3.
517. Мордерер Є. Ю. Внесок фундаментальної біології рослин у вирішення проблеми боротьби з бур'янами / Є. Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 6.
518. Holt J. S. Significance and distribution of herbicide resistance / J. S. Holt, N. M. Le Baron // Weed Technol. – 1990. – V. 4. – № 1.
519. Anderson R. L. An ecological approach to strengthen weed management in the semiarid Great Plains / R. L. Anderson // Advances in Agronomy. – 2003. – 80.
520. Anderson R. L. Impact of sub-surface tillage on weed dynamics in the Central Great Plains // Weed Technology. – 2004. – 18.
521. Самарсов В. Ф. Засоренность посевов в Белоруссии и пути ее ослабления / В. Ф. Самарсов, К. П. Паденов, С. В. Сорока // Защита и карантин растений. – 2000. – № 3.
522. Изменение видового состава сорняков / Ю. Я. Спиридонов, Л. Д. Протасова, Г. Е. Ларина [и др.] // Защита и карантин растений. – 2004. – № 10.
523. Косолап М. П. Проблема злакових бур'янів / М. П. Косолап, І. П. Бондарчук, В. В. Гайбура // Пропозиція. – 2007. – № 4.
524. Мордерер Є. Ю. Ефективність застосування сумішей гербицидів інгібіторів ацетолактатсинтази з клопірамідом для боротьби з осотом рожевим польовим у посівах пшениці та ячменю / Є. Ю. Мордерер, Є. І. Нізков, О. С. Лук'янченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. – № 4.
525. Кириленко Е. И. Меняется состав сорняков – менять надо и подбор гербицидов / Е. И. Кириленко, В. И. Долженко, Т. А. Маханькова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 8.
526. Скурятін Ю. М. Гроділ максі та Пума супер – надійна зброя хлібороба / Ю. М. Скурятін, Л. О. Животков, П. Г. Суржко // Пропозиція. – 2007. – № 3.
527. Немченко В. В. Эффективность систематического применения гербицидов и азотных удобрений при выращивании яровой пшеницы / В. В. Немченко, Л. Д. Рыбина // Агрохимия. – 2007. – № 3.
528. Кондратенко В. И. Уничтожение устойчивых сорных растений на посевах зерновых культур / В. И. Кондратенко, Л. П. Мелеце // Сорные растения и борьба с ними. [Реф. ж.]. – 1988. – № 9.
529. Борьба с сорняками в посевах зерновых в Армении / А. Г. Агароян, А. П. Балаян, А. Х. Акопян [и др.] // Защита и карантин растений. – 2005. – № 12.
530. Ивашкевич А. А. Эффективность смесей гербицида Ларен с Дезормоном в посевах ячменя / А. А. Ивашкевич // Мат. Межд. науч.-практ. конф. [«Проблемы сорной растительности и методы борьбы с ней»], (Горки, 15 – 17 декабря, 2003 г). – Горки, 2004.
531. О системах защиты озимой пшеницы и ярового ячменя от сорняков, бо-

- лезней и вредителей / Н. С. Демидов, А. В. Чичварин, Ю. Я. Спиридоров [и др.] // Агро XXI. – 2008. – № 7–9.
532. Немченко В. В. Эффективность гербицидов и удобрений при систематическом внесении на яровой пшенице / В. В. Немченко, Л. Д. Рыбина, Н. П. Иванова // Агро XXI. – 2003/2004. – № 7 – 12.
533. Приемы эффективного использования послевсходовых гербицидов на яровой пшенице / В. В. Немченко, Л. Д. Рыбина, Н. П. Иванова [и др.] // Агро XXI. – 2003/2004. – № 7 – 12.
534. Барбарош В. Д. Фенфиз и Дифезан – эффективные гербициды для защиты яровой пшеницы / В. Д. Барбарош // Агро XXI. – 2003/2004. – № 7–12.
535. Мазяров П. Н. Зеро и Гренч – эффективные гербициды в условиях Алтайского края / П. Н. Мазяров, В. В. Зарев // Агро XXI. – 2003/2004. – № 7–12.
536. Кулагин О. В. Смеси гербицидов на яровой пшенице / О. В. Кулагин, П. И. Кудашкин // Защита и карантин растений. – 2006. – № 2. – С. 34.
537. Зарев В. В. Гербициды Гренч и Гренч Плюс в посевах ячменя / В. В. Зарев // Агро XXI. – 2003/2004. – № 7 – 12.
538. Смирнов Б. А. Эффективность многолетнего применения 2,4-Д и ее смеси с дикамбой в бессменных посевах ячменя при разных уровнях питания / Б. А. Смирнов, Н. Ю. Мазохина, А. С. Мазохин // Известия ТСХА. – 1986. – Вып. 1.
539. Молчан В. П. Влияние агротехнических и химических мероприятий на засоренность и урожайность ячменя / В. П. Молчан // Науч.-произв. конф. [«Защита растений и охрана природы»], (Дотнуа-Академия, 5–6 июля 1989г.). – Дотнуа-Академия, 1989. – Ч. 3.
540. Грицаенко З. М. Влияние совместного применения гербицида Линтура и биопрепарата Агата-25К на физиолого-биохимические процессы в растениях ярового ячменя / З. М. Грицаенко, В. П. Карпенко // Материалы первой Межд. научно-практической конференции [«Нетрадиционные методы в медицине, биологии и растениеводстве. Эниология. Экология и здоровье»], (Кишинэу, 15–17 сент. 2005 г.). – Кишинэу, 2005.
541. Мордерер Є. Ю. Бакові суміші гербіцидів / Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський // Захист рослин. – 2001. – № 10.
542. Біостимулятори для колосових / С. А. Шумік, Н. Ю. Таран, М. В. Драга [та ін.] // Захист рослин. – 1998. – № 2.
543. Анішин Л. Вплив біостимуляторів на врожай і якість озимої пшениці / Л. Анішин, С. Анішин // Новини захисту рослин. – 1999. – № 9.
544. Волкогон М. В. Біологічна ефективність регулятора росту біовітрекс на озимій пшениці / М. В. Волкогон // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 1.
545. Яременко О. С. Вплив гумусовмісних препаратів на врожайність ячменю і поживний режим чорнозему типового / О. С. Яременко, О. А. Кривуля // Сб. матеріалів Межд. конф. [«Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве»], (Киев, 12–16 июня 2007 г.). – К., 2007.
546. Якусик М. М. Гумінові препарати марки «Добрин» – «Стимул» – активатори росту та розвитку рослин / М. М. Якусик // Сб. матеріалів Межд. конф. [«Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве»], (Киев, 12–16 июня 2007 г.). – К., 2007.

547. Кулик А. П. Исследование влияния натурального стимулятора роста растений Биогумат на урожайность ячменя / А. П. Кулик, С. Н. Гармаш // Мат. конф. [«Биологические препараты в растениеводстве»], (Київ, 10–13 липня 2008р.). – К., 2008.
548. Рожков А. О. Реакція ярої м'якої пшениці на застосування біопрепаратів в умовах Східного Лісостепу України / А. О. Рожков // Мат. Всеукр. наук. конф. молодих учених. – Умань, 2007.
549. Эффективность Агат-25К в защите зерновых культур в Белоруссии / С. Ф. Буча, Л. А. Ушкевич, С. В. Лобань [и др.] // Защита и карантин растений. – 2002. – № 2.
550. Семьнина Т. В. Биопрепараты и регуляторы роста растений для обработки семян зерновых культур / Т. В. Семьнина // Защита и карантин растений. – 2006. – № 2.
551. Бесалиев И. Н. Эффективность стимулятора роста в разные фазы вегетации ячменя / И. Н. Бесалиев, А. А. Райов // Бажановские чтения: сб. науч. тр. – Оренбург, 2003.
552. Грицаєнко З. М. Ефективність сумісного застосування Гроділу Максі сумісно з Біоланом в посівах озимої пшениці / З. М. Грицаєнко, І. Б. Леонтюк // Мат. конф. [«Биологические препараты в растениеводстве»], (Київ, 10–13 липня 2008р.). – К., 2008.
553. Вплив біопрепаратів на продуктивність ярої пшениці в умовах Західного Лісостепу / В. П. Дерев'янський, О. С. Власюк, С. М. Трофимчук // Інтегрований захист рослин в Україні. – К. : Колообіг, 2008.
554. Гораш О. С. Біологічні особливості сортів ячменю ярого за параметрами маси зернівки / О. С. Гораш // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 8.
555. Гораш О. С. Формування урожайності зерна ячменю ярого / О. С. Гораш, Р. І. Климишева // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 6.
556. Карпець А. Досвід виробників: Гроділ Ультра – оптимальний вибір для захисту пивоварного ячменю / А. Карпець // Пропозиція. – 2004. – № 5.
557. Clay S. A. Response of spring barley (*Hordeum vulgare*) to herbicides / S. A. Clay, D. C. Thill, V. L. Cochran // Weed Technol. – 1988. – V. 2. – № 1.
558. Пасынков А. В. От чего зависит зараженность зерна пивоваренного ячменя / А. В. Пасынков, Т. К. Шешегова // Защита и карантин растений. – 2004. – № 2.
559. Шевченко А. О. Регулятори росту. Принципово новий високоефективний елемент сільськогосподарських технологій / А. О. Шевченко, В. О. Тарасенко // Захист рослин. – 1998. – № 1.
560. Черемха Б. Технологія внесення біостимуляторів на посівах зернових колосових культур / Б. Черемха // Навини захисту рослин. – 1997. – № 9.
561. Вплив стимуляторів росту на продуктивність і пивоварну якість зерна ярого ячменю / З. М. Копчик, М. С. Свідерко, М. Ю. Тимків [та ін.] // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2007. – Вип. 49.
562. Дожук М. А. Биопрепарат Агат-25К: в выигрше и экономика, и экология / М. А. Дожук, А. А. Дереса, В. А. Коломиец // Защита растений. – 1994. – № 3.
563. Васецкая М. Н. Биосредства для протравливания семян зерновых культур

- / М. Н. Васецкая, В. П. Кратенко, В. А. Лавринова // Защита и карантин растений. – 2002. – № 7.
564. Башкот Е. Н. Урожай и качество пивоваренного ячменя в зависимости от применения химических и биологических препаратов / Е. Н. Башкот // Сб. науч. тр. Ставропольской ГСХА. – Ставрополь, 1994.
565. Карпенко В. П. Залежність вмісту білка та фізичних показників якості зерна ячменю ярого від використання різних норм гербіциду Лінтур окремо й сумісно з біопрепаратом Агат-25К / В. П. Карпенко // Корми і кормовиробництво: міжв. темат. наук. зб. – Вінниця, 2008.
566. Карпенко В. П. Урожайність і якість зерна ячменю ярого за використання гербіциду Лінтуру й біопрепарату Агат-25К / В. П. Карпенко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2008. – Вип. 3 (46). – Т. 2.
567. Пономаренко С. П. Біотехнології – резерв врожаю 2010 / С. П. Пономаренко // Зерно. – 2009.
568. Foyer C. H. The function of inter and intracellular glutathione transport systems in plants / C. H. Foyer, F. L. Theodoulou, S. Delrot // Trends in plant Science. – 2001. – V. 6. – № 10.
569. Fridovich I. Fundamental aspects of reactive oxygen species or what's the matter with oxygen? / I. Fridovich // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1999. – V. 893.
570. Хромих Н. О. Зміни активності антиоксидантних ферментів у листках оброблених гербіцидами рослин амброзії полинолістої / Н. О. Хромих // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. – Т. 1.
571. Smifhoff N. Ascorbic acid : metabolism and functions of a multi-faceted molecule / N. Smifhoff // Curr. Opin. in Plant Biol. – 2000. – V. 3.
572. Микієвич І. М. Роль аскорбінової кислоти та ферментів її метаболізму в адаптації рослин до токсичної дії іонів свинцю : автореферат дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / І. М. Микієвич. – Львів, 2003.
573. Вержук В. Г. Усиление защитных свойств растений с использованием нового регулятора роста / В. Г. Вержук, С. В. Мурашев, Л. А. Бурмистров // Мат. Межд. конференции [Современная физиология растений от молекулы до экосистем], (Сыктывкар, 18–24 июня 2007г.). – Сыктывкар, 2007. – Ч. 2.
574. Грицаєнко З. М. Еколого-біологічна основа і продуктивність сільськогосподарських культур за дії фізіологічно активних речовин / З. М. Грицаєнко // Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві: зб. наук. праць Уманського НУС. – Умань, 2011.
575. Брюханов А. Л. Каталаза и супероксиддисмутаза: распространение, свойства и физиологическая роль в клетках строгих анаэробов / А. Л. Брюханов, А. И. Нетрусов // Биохимия. – 2004. – Т. 69. – Вып. 9.
576. Капустян А. В. Реакция антиоксидантных систем пшеницы на высокотемпературный стресс / А. В. Капустян, И. В. Жук // Мат. Межд. конф. [«Современная физиология растений от молекулы до экосистем»], (Сыктывкар, 18 – 24 июня 2007г.). – Сыктывкар, 2007. – Ч. 2.
577. Рубин Б. А. Физиология и биохимия дыхания растений / Б. А. Рубин, М. Е. Ладыгина. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974.

578. Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений / Чупахина Г. Н. – Калининград, 1997.
579. 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.
580. Киризий Д. А. Роль акцепторов ассимилятов в регуляции фотосинтеза и распределении углерода в растении / Д. А. Киризий // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35. – № 5.
581. Дурмишидзе С. В. О роли хлоропластов в процессах детоксикации феноксиуксусных кислот в растениях / С. В. Дурмишидзе, Т. И. Миташвили, Х. А. Казниашвили [и др.] // Доклады АН СССР. – 1980. – Вып. 253. – № 4.
582. Старикова В. Влияние абсцизовой кислоты и гибберелина на фотохимическую активность и интенсивность фотосинтетического фосфорилирования в хлоропластах, выделенных из листьев кукурузы / В. Старикова // Особенности гормонального регулирования процессов обмена и темпов роста растений. – М., 1983.
583. Devlin R. M. The effect of DRX-F6025 on plant growth, pigment synthesis and biomass synthesis / R. M. Devlin, Z. K. Koszanski // Proc. Northeastern Weed Sci. Soc. – 1986. – V. 40.
584. Куренкова С. В. Влияние регулятора роста и ценотического фактора на пигментный комплекс многолетних злаков / С. В. Куренкова, С. П. Маслова, Г. Н. Талабенкова // Физиология и биохимия культурных растений. – 2007. – Т. 39. – № 5.
585. Чайка М. Т. Адаптационная изменчивость организации фотосинтетического аппарата ячменя в посевах разной плотности / М. Т. Чайка, С. А. Михайлова, А. С. Климович // Факторы среды и организация первичного процесса фотосинтеза. – К. : Наук. думка, 1989.
586. Грицаєнко З. М. Формування надземної біомаси, площі асиміляційного апарату і пігментного комплексу ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Лінтуру та його сумішей із біопрепаратом Агат-25К / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування: зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2008.
587. Грицаєнко З. М. Вплив бакових сумішей Агату–25К з Лінтуром на вміст фотосинтетичних пігментів у листках ярого ячменю / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Сб. мат. Межд. конференції [«Radostim 2008. Биологические препараты в растениеводстве»], (Киев, 10 – 13 июня 2008г.). – К., 2008.
588. Спектральная характеристика продуктов фотоокисления хлорофилла в растворах и при фотоповреждении цианобактерии *Anabaena variabilis* / М. Н. Мерзляк, С. И. Погосян, Л. Лехимена [и др.] // Физиология растений. – 1996. – Т. 43. – № 2.
589. Рубин А. Б. Регуляция первичных стадий фотосинтеза при изменении физиологического состояния растений / Рубин А. Б., Венедиктов П. С., Кренделева Т. Е. [и др.] // Фотосинтез и продукционный процесс. – М., 1989.

590. Sandmann G. Herbicides affecting plant pigments / G. Sandmann, P. Boger. // Brit. Crop protections conf, 16–19.11.1987. – Brighton Metropole, 1987.
591. Прядкина Г. А. Роль ксантофиллов виолаксантинового цикла в фотосинтетических мембранах / Г. А. Прядкина // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 2.
592. Мокроносов А. Т. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты / А. Т. Мокроносов, В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова; под ред. И. П. Ермакова. – М. : Изд. центр «Академия», 2006.
593. Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень / Б. І. Гуляев // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть : зб. наук. праць. – К., 2001. – Т. 1.
594. Моргун В. В. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків / В. В. Моргун, В. В. Швартау, Д. А. Кірізії // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – К. : «Логос», 2009. – Т. 1.
595. Lawlor D. W. Nitrogen, plant growth and crop yield / D. W. Lawlor, G. Lemaire, F. Gastsl. – Berlin: Springer-Verlag, 2001.
596. Морозов А. А. Об углеводном и азотном обмене в листьях яровых двуручек и озимых пшениц на ранних этапах развития / А. А. Морозов, Л. П. Чельцова, Н. И. Лебедева. – М., 1968.
597. Связь ростовых и биохимических процессов в онтогенезе ячменя / Н. Ф. Батыгин, С. М. Потапова, Л. И. Никитина [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 1980. – Т. 12. – № 6.
598. Козина Г. Н. Влияние предшественников и удобрений на урожайность ячменя на светло-каштановых и черноземных почвах Волгоградской области : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.09 «Растениеводство» / Г. Н. Козина. – Волгоград, 2008.
599. Кошеляева И. П. Селекционно-семеноводческие аспекты защиты агрофитоценозов пшеницы и ячменя в условиях лесостепи Среднего Поволжья : автореф. дис. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук : спец. 06.01.05, 06.01.11 «Селекция и семеноводство, Защита растений» / И. П. Кошеляева. – Пенза, 2009.
600. Ярцев Г. Ф. Фотосинтетические и структурные параметры разнообразных сортов ярового ячменя в зависимости от норм высева в учхозе ОГАУ / Г. Ф. Ярцев, Р. М. Бадреев // Научный журнал Куб. ГАУ. – 2006. – № 2418.
601. Голубь С. В. Производство и повышение качества зерна ярового ячменя в условиях каштановых почв Волгоградской области : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук : спец 06.01.09 «Растениеводство» / С. В. Голубь. – Астрахань, 2009.
602. Замараев А. Г. Водный режим почвы и формирование урожая ячменя при разном уровне минерального питания / А. Г. Замараев, А. И. Баринов, Г. В. Чаповская // Доклады ТСХА. – 1972. – Вып. 12.
603. Kunert K. The diphenyl ether herbicide oxyfluorfen : action of antioxidants / K. Kunert, P. Boger // J. Agric, Food Chem. – 1984. – 32.
604. Грицаєнко З. М. Вплив гербіцидів на анатомічну будову злакових рослин і формування їх продуктивності / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко //

- Зб. наук. пр. Уманського СГІ: Біолого-екологічні основи вирощування с.-г. культур в умовах Лісостепу України. – К. : Сільгоспосвіта, 1994.
605. Гулидов А. М. Погодные условия и эффективность послевсходовых гербицидов / А. М. Гулидов // Защита и карантин растений. – 2000. – № 5.
606. Александров В. Г. Анатомія рослин / Александров В. Г. – Харків: Держ. вид-во колгоспної і радгоспної літератури УРСР, 1938. – 382 с.
607. Иванова Л. А. Структурная адаптация мезофилла листа / Л. А. Иванова., В. И. Пьянков // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – № 6.
608. Чукина Н. В. Показатели мезоструктуры фотосинтетического аппарата гидрофитов из местообитаний с разным уровнем антропогенного воздействия / Н. В. Чукина, Г. Г. Борисова, М. Г. Малёва // Казанская наука. – 2009. – № 1. – С. 8–13.
609. Баженов М. С. Анатомическое строение стебля гексаплоидной озимой тритикале в связи с продуктивностью колоса / М. С. Баженов, Е. А. Комарова, В. С. Рубец // Генетика, селекция и биотехнология: сб. тезисов науч. конференции, 19 марта 2008 г. – М. : РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2008.
610. Drozd D. The influence of herbicides on physical properties of wheat cultivars / D. Drozd // Physical properties of agricultural: materials and product. – 1988.
611. Сіленко В. В. Особливості дії біологічних препаратів на розвиток злакових культур / В. В. Сіленко, В. В. Хробуст, Л. О. Косоголова // Новітні досягнення біотехнології: тези доп. Міжн. наук.-практ. конф., 21–22 жовтня 2010 р. – К., 2010.
612. Дерев'янський В. П. Вплив біопрепаратів на продуктивність ярої пшениці в умовах Західного Лісостепу / В. П. Дерев'янський, О. С. Власюк, С. М. Трофимчук [та ін.] // Інтегрований захист рослин в Україні: тези доп. Всеукр. наук. конф. молодих учених та спеціалістів, 3–5 грудня 2008 р. – К. : «Колообіг», 2008.
613. Грицаєнко З. М. Залежність біологічної активності ґрунту в посівах ярого ячменю від дії комбінованих гербіцидів / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Зб. наук. пр. Уманської СГА. – К., 1997.
614. Грицаєнко З. М. Біологічна активність, поживний режим ґрунту і урожайність зернових колосових культур залежно від дії гербіцидів / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Зб. наук. пр. Уманського ДАУ: Біологічні науки і проблеми рослинництва. – Умань, 2003.
615. Волкогон В. В. Влияние стимуляторов роста на процесс биологической азотфиксации / В. В. Волкогон, П. Г. Дульнев // Элементы регуляции в растениеводстве : зб. наук. пр. – К. : Копмас, 1998.
616. Ямборко Н. А. Вплив фунгіцидів біологічного і хімічного походження на мікробіоту ґрунту під озимою пшеницею, вирощуваною за різними агротехнологіями / Н. А. Ямборко, Г. О. Іутинська // Наукові записки: сер. біологія. – 2003. – № 1.
617. Ксенофонтова О. Ю. Экспериментальные данные о взаимодействии микроорганизмов и пестицидов в почве / О. Ю. Ксенофонтова, П. А. Чиров // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 1.
618. Галиулин Р. В. Экологогеохимическая оценка «отпечатков» стойких хло-

- рорганических пестицидов в системе почва-поверхностная вода / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // *Агрохимия*. – 2008. – № 1.
619. Пономаренко С. П. Регуляторы роста. Екологічні аспекти застосування / С. П. Пономаренко, Г. О. Іутинська // *Захист рослин*. – 1999. – № 12.
620. Тихонов Н. И. Гранстар в посевах пивоваренного ячменя / Н. И. Тихонов // *Защита и карантин растений*. – 2007. – № – 10.
621. Трофимовская А. Я. Ячмень: эволюция, классификация, селекция / А. Я. Трофимовская. – М. : Колос, 1972.
622. Грязнов А. А. Ячмень Карабалыкский (корм, крупа, пиво) / А. А. Грязнов. – Кустанай, 1996.
623. Райов А. Л. Формирование урожая и качество зерна пивоваренного ячменя при применении стимуляторов роста и средств защиты растений в Оренбургском Предуралье : дис. канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Аманжол Алдабергенович Райов. – Оренбург, 2004.
624. Европейская конвенция пивоваров: *Analytica, Microbiologica EBC*. – Браувиссеншафт, 1981. – № 34.
625. Кунце И. Технология солода и пива / И. Кунце, Г. Мит. – СПб. : Профессия, 2001.
626. Смирнова Т. А. Микробиология зерна и продуктов его переработки / Т. А. Смирнова, Е. И. Кострикова. – М. : Агропромиздат, 1989.
627. Витол С. Б. Влияние агрофона и регуляторов метаболизма на биохимические показатели пивоваренного ячменя : дис... канд. техн. наук : 03.00.04 / Витол Сергей Борисович. – М., 2005.
628. Овчинникова М. Ф. Химия гербицидов в почве / М. Ф. Овчинникова. – М. : МГУ, 1987.
629. Новожилов К. В. Деградация пестицидов при их применении в интенсивном земледелии / К. В. Новожилов, Т. М. Петрова // *Агрохимия*. – 1991. – № 3.
630. Сорока С. В. Гербициды на озимых зерновых в Белоруссии / С. В. Сорока, Л. И. Сорока // *Защита и карантин растений*. – 2006. – № 2.
631. Захаренко А. В. Энергетическая оценка способов борьбы с сорняками / А. В. Захаренко // *Земледелие*. – 1996. – № 1.
632. Ібрагімова Є. Є. Методичні підходи до екоотоксичної оцінки пестицидів / Є. Є. Ібрагімова // *Вісник аграрної науки*. – 2007. – № 1.
633. Карпенко В. П. Інтенсивність процесів ліпопероксидації та стан антиоксидантних систем захисту ячменю ярого за дії гербіциду Гранстар 75 і регулятора росту рослин Емістим С / В. П. Карпенко // *Зб. наук. праць Уманського ДАУ*. – Умань, 2009. – Вип. 72. – Ч.1.
634. Грицаєнко З. М. Фізіолого-біохімічні механізми зниження негативної дії гербіцидів на рослини ячменю ярого за їх використання у бакових сумішах із біологічно-активними речовинами / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // *Агроекологічний журнал*. – 2010. – Вересень.
635. 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 наукових праць Уманського національного університету садівництва*. – Умань, 2010. – Вип. 74. – Ч.1.

636. Карпенко В. П. Фотохімічна активність хлоропластів ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75 і регулятора росту рослин Емістим С / В. П. Карпенко // Агробіологія: зб.наук. праць. – Біла Церква, 2010. – Вип. 4(80).
637. Hrytsaienko Z. M. Efficiency of the use of container herbicide mixtures under spring barley and their effect on photosynthetic productivity of sown areas / Z. M. Hrytsaienko, V. P. Karpenko // International Conference [“Photosynthesis and Crop Production”], (Kyiv, 7–11 October 2002). – Kyiv, 2002.
638. Грицаєнко З. М. Стан пігментного комплексу листкового апарату ячменю ярого за дії гербіцидів і регулятора росту рослин / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як // Карантин і захист рослин. – 2010. – № 12.
639. Карпенко В. П. Вміст цукрів і азоту в листках ячменю ярого на фоні сумісного використання гербіцидів і регулятора росту / В. П. Карпенко // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – Умань, 2011. – Вип. 75. – Ч. 1.
640. Карпенко В. П. Вміст цукрів у листках ячменю ярого за дії гербіциду і біологічного препарату / В. П. Карпенко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2011. – Вип.1 (58).
641. Карпенко В. П. Біологічні препарати в системі адаптації рослин ячменю ярого до дії гербіцидів та несприятливих факторів навколишнього середовища / В. П. Карпенко // Матеріали Міжн. науково-практичної конференції [«Наукові основи землеробства у зв'язку з потеплінням клімату»], (Миколаїв, 10–12 листопада 2010р.). – Миколаїв, 2010.
642. Грицаєнко З. М. Фотосинтетична продуктивність і врожайність ячменю ярого за дії гербіциду і біологічних препаратів / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як // Карантин і захист рослин. – 2011. – № 1.
643. Карпенко В. П. Влияние гербицида и биологически активных веществ на физиолого-биохимические процессы в растениях ярового ячменя и формирование продуктивности посевов / В. П. Карпенко // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов «Вклад молодых ученых в развитие инноваций аграрной науки»: сборник статей. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2009.
644. Karpenko V. The formation of biometric, biochemical and productional indices of spring barley under the influence of herbicide and biologically active substances / V. Karpenko // Матеріали IV Всеукр. науково-практичної конф. молодих учених [«Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва»], (Сколе, 1–4 червня 2010р.). – Сколе, 2010.
645. Грицаєнко З. М. Мезоструктурна організація листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду і біологічних препаратів [Електронний ресурс] / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Наукові доповіді НУБіП. – 2011. – №2(24). – Режим доступу до журн. : /[http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011\\_2/11gzm.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_2/11gzm.pdf).
646. Карпенко В. П. Загальна чисельність бактерій в ризосфері ярого ячменю та мінералізаційні процеси в ґрунті при застосуванні сумішей гербіцидів Гранстару й 2,4 – ДА / В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – Умань, 2007. – Вип. 65. – Ч. 1.

647. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах і мікробіологічна активність ґрунту при застосуванні регуляторів росту рослин і бактеріальних препаратів : [рекомендації з вирощування якісного зерна та підняття його класності] / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, В. П. Карпенко [та ін.] // Посібник українського хлібороба. – 2009. – Спецвипуск.
648. Грицаєнко З. М. Забур'яненість посівів ярого ячменю за комплексної дії бакових сумішей гербіцидів похідних арилоксиоцтової кислоти та сульфонілсечовини / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Таврійський науковий вісник : зб. наук. праць ХДАУ. – Херсон, 2007. – Вип. 52.
649. Карпенко В. П. Вплив гербіциду Хармоні 75 і мікробіологічного препарату Агат-25К на врожайність ячменю ярого / В. П. Карпенко // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – Львів – Оброшино, 2010. – Вип. 52. – Ч. 1.
650. Грицаєнко З. М. Ефективність бакових сумішей гербіциду Калібр 75 з біологічними препаратами у посівах ячменю ярого / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». – К., 2010. – Вип.4.



**Наукове та навчально – методичне видання**

**Доктор с.-г. н. КАРПЕНКО Віктор Петрович**

**Доктор с.-г. н. ГРИЦАЄНКО Зінаїда Мартинівна**

**Кандидат с.-г. н. ПРИТУЛЯК Руслан Миколайович**

**Кандидат с.-г. н. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ Сергій Петрович**

**Кандидат с.-г. н. МОСТОВ'ЯК Іван Іванович**

**Наук. співробітник ФОМЕНКО Олександр Олександрович**

# **БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБИЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН**

**За редакцією доктора сільськогосподарських наук Карпенка В. П.**

*Технічний редактор, комп'ютерна верстка, виготовлення  
оригінал макету та дизайн С. П. Полторецький*

Підписано до друку 12.04.2012 р.

Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. 21,42

Тираж 300 прим.

Замовлення № 144

Видавничо – поліграфічний центр “Візаві”

(Видавець і виготівник “Сочінський”)

20300, м. Умань, вул. Тищика, 18/19

Свідоцтво: серія ДК № 2521 від 08. 06. 2006 р.

тел. (04744) 4-64-88, 4-67-77

e-mail: vizavi08@mail.ru



