

УДК632.954:633.16

## СТАН ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

**Грицаєнко З.М.**, доктор сільськогосподарських наук

**Карпенко В.П.**, кандидат сільськогосподарських наук

**Мостов'як І.І.**, кандидат сільськогосподарських наук

*Уманський національний університет садівництва*

Фотосинтетична продуктивність рослин в 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 [1, 2]. Водночас, кількість пігментів (хлорофілу і каротиноїдів) в онтогенезі рослин значно варіює, що є результатом адаптації їх до дії умов навколишнього середовища та стресових чинників, у тому числі й гербіцидів [3].

Як свідчать експериментальні роботи [4–6], гербіциди, залежно від хімічної природи, норм та умов застосування, зумовлюють зменшення вмісту пігментів у листках основних сільськогосподарських культур, зокрема, в початковий період після застосування. У той же час, в працях вчених, які вивчали сумісну дію в бакових сумішах гербіцидів і регуляторів росту рослин (РРР), 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 [3, 7]. Позитивний вплив РРР у сумішах із гербіцидами на пігментний комплекс рослин розглядається вченими з погляду їх стимулюючої дії на процеси синтезу пігментів та формування світлобирного комплексу (СВК), а також – захисної дії цих сполук щодо передчасного руйнування хлорофілів [8]. Однак, незважаючи на те, що питання механізму дії РРР 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 РРР, що дало б можливість розкрити основні шляхи та направленість фізіолого-біохімічних процесів у пігментному апараті рослин, від яких цілком залежить синтез органічної речовини та формування продуктивності посівів.

**Методика досліджень.** Досліди з вивчення дії гербіцидів різних хімічних класів та їх сумішей із РРР виконували в польових і лабораторних умовах кафедри біології Уманського НУС впродовж 1999 – 2009 рр. Зокрема, у 2001–2003рр. досліджували пігментний комплекс листків ячменю ярого (*Hordeum distichum*) за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75 (діюча речовина – трибенурон-метил 750 г/кг)

із гербіцидом класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 (2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота у формі диметиламіної солі 500 г/л), внесених роздільно й разом із регулятором росту рослин Емістим С (композиція біологічно активних речовин, одержана шляхом культивування грибів-ендофітів, зокрема *Cylindocarpon magnesianum* (IMBF-10004), на синтетичних живильних середовищах) [9, 10].

Польові досліди закладали в тириразовій повторності рендомізованим методом за схемою: без застосування препаратів (контроль I); ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II); ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III); Емістим С 10мл/га; бакові суміші Гранстару 75 у нормах 10; 15; 20 і 25 г/га з 2,4-ДА 500 у нормі 1,0 л/га роздільно й разом із Емістимом С. Внесення препаратів виконували у фазу кушіння ячменю ярого з витратою робочого розчину 300 л/га.

Досліди з рослинами ячменю ярого в лабораторних умовах виконували в 2006р. з дотриманням вимог вегетаційного методу [11]. З цією метою рослини ячменю вирощували в пластикових посудинах з чорноземом опідзоленим важкосуглинковим. Внесення препаратів здійснювали, починаючи від появи в рослин третього листка, за схемою, яку використовували і в польових умовах, при цьому контролем слугував варіант – обробка водою. Норми внесення препаратів розраховували на відповідну площу з урахуванням норми витрати води 300 л/га. Повторність досліду – чотириразова.

Аналізи виконували в лабораторних умовах у відібраних зразках рослин. Вміст хлорофілу в листках ячменю визначали спектрофотометрично [12, 13], частку хлорофілів у світловбирному комплексі – розрахунковим методом [14].

**Результати досліджень.** Як показали результати проведених досліджень, вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіцидів класу сульфонілсечовин Гранстар 75 із гербіцидом класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500 змінювався залежно від норм внесення у сумішах Гранстару 75 та використання препаратів у комплексі з РРР Емістим С (табл. 1). Так, найвищий вміст хлорофілів *a* і *b* у 2001 р. було зафіксовано 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 препаратів, 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 зростає, однак, 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 не застосовується, відповідно на 0,053; 0,015 і 0,012 % на суху речовину.

У 2002 і 2003рр. прослідковувалась аналогічна закономірність із нагромадженням у листках зелених пігментів, однак, за роками ці показники дещо різнилися, що вказує на залежність формування пігментного комплексу ячменю ярого від погодних умов, які в роки проведення досліджень різнилися як за кількістю опадів, так і температурними умовами.

**Таблиця 1.**

Вміст хлорофілу в листках ячменю ярого за дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75 з гербіцидом класу феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в комплексі з Емістимом С (фаза вичолошування)

Варіант досліджу	Хлорофіл (а + b), % на суху речовину			
	2001 р.	2002 р.	2003 р.	Середнє
Без застосування препаратів (контроль I)	1,383	0,983	1,011	1,125
Ручні прополювання одночасно з внесенням препаратів (контроль II)	1,411	1,113	1,125	1,216
Ручні прополювання впродовж вегетаційного періоду (контроль III)	1,548	1,238	1,345	1,377
Емістим С	1,403	1,296	1,301	1,243
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА500 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-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	1,548	1,231	1,344	1,374
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	1,443	1,123	1,115	1,227
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА500 1,0 л/га + Емістим С	1,392	0,974	1,013	1,126
НІР <sub>05</sub>	0,016	0,021	0,033	

В середньому за 2001–2003рр. 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, на 17% – контроль II і на 3% – контроль III.

Аналіз одержаних даних показує, що збільшення вмісту хлорофілу в листках ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75, внесеного в бакових сумішах із гербіцидом класу феноксикарбоксилічних кислот 2,4–ДА 500 окремо і в комплексі з Емістимом С, очевидно, є результатом сумарної позитивної дії на рослини двох факторів: першого – зниження або відсутності конкуренції з боку бур'янів за вологу, мінеральне живлення, світло й ін.; другого – безпосереднє стимулювання функціонування пігментного комплексу ячменю ярого РРР. Як свідчить цикл наукових робіт, присвячених вивченню дії гербіцидів і РРР на формування пігментного комплексу різних сільськогосподарських культур [3, 15], реалізація другого фактору відбувається завдяки антистресовій та протекторній дії РРР, яка обумовлюється 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 [16]. Можливо цим пояснюється зменшення вмісту хлорофілу за норм внесення Гранстарау 75 20 і 25г/га у бакових сумішах з 2,4-ДА 500 1,0л/га як окремо, так і в комплексі з Емістимом С.

З метою з'ясування та розкриття механізмів впливу досліджуваних препаратів на пігментний комплекс ячменю ярого нами було проведено лабораторні дослідження, які показали, що із наростанням у сумішах з 2,4-ДА 500 норми внесення Гранстарау 75 до 25 г/га вміст у листках хлорофілу *a* і *b* та їх сума значно зменшуються, причому інгібуюча дія бакових сумішей гербіцидів, що вносились без РРР, відображалась на стані пігментного комплексу ячменю ярого більш сильніше (табл. 2). Так, за дії Гранстарау 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%, суми хлорофілів *a* і *b* – на 6 і 9% нижче показників у контролі. Літературні дані [17, 18] дають підставу припустити, що зменшення вмісту хлорофілу в варіантах досліду, яке прослідковується із наростанням норм гербіциду, є результатом підвищення рівня пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у клітинах, у результаті якого може відбуватися гальмування синтезу хлорофілу або його руйнування. Ці дані узгоджуються з нашими дослідженнями, які засвідчують зростання рівня ПОЛ у рослинах за дії підвищених норм гербіцидів, у т. ч. й Гранстарау 75 [19].

За використання бакових сумішей Гранстарау 75 у нормах 20 і 25 г/га з 2,4-ДА 500 1,0 л/га сумісно з РРР вміст суми хлорофілів *a* і *b* дещо зростав, однак, у 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 активних форм кисню, а й прямою дією препаратів як на процеси синтезу хлорофілу, так і його руйнування.

**Таблиця 2.**

Вміст і співвідношення пігментів у листках ячменю ярого за обробки баковими сумішами гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75 і гербіциду класу феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500 окремо і в комплексі з Емістимом С (фаза трьох листків, шоста доба після внесення препаратів, мг/г сирової маси)

Варіант досліджу	Х <sub>Л<sub>a</sub></sub>	Х <sub>Л<sub>b</sub></sub>	Х <sub>Л<sub>(a+b)</sub></sub>	Х <sub>Л<sub>a/b</sub></sub>	Сума каротиноїдів	СВК, %
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 1,0 л/га	0,596	0,213	0,809	2,8	0,161	58
Гранстар 75 15 г/га + 2,4-ДА 1,0 л/га	0,559	0,193	0,752	2,9	0,183	56
Гранстар 75 20 г/га + 2,4-ДА 1,0 л/га	0,523	0,154	0,677	3,4	0,134	50
Гранстар 75 25 г/га + 2,4-ДА 1,0 л/га	0,514	0,143	0,657	3,6	0,128	48
Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 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 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 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 1,0 л/га + Емістим С	0,526	0,145	0,671	3,6	0,130	48
НІР <sub>01</sub>	0,036	0,013	0,051		0,015	

Аналізуючи співвідношення хлорофілів *a/b* слід 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 тих же варіантах сумісно з Емістимом С – відповідно 2,6; 3,0 і 3,3. Збільшення відношення хлорофілу *a* до *b* вказує на відносне зменшення частки СВК, зокрема у варіантах 10; 15 і 20 г/га Гранстарау 75 + 2,4-ДА 500 СВК становило 58; 56 і 50%. У той же час зменшення відношення хлорофілу *a* до *b*, яке спостерігалось у варіанті 10 г/га Гранстарау 75 сумісно з

2,4-ДА 500 + Емістим С свідчить про збільшення розмірів СВК, який відповідно складав 62% при 55% в контролі. Це дає підставу стверджувати, що за сумісної дії гербіцидів і РРР відбувається послаблення негативного впливу хімічного агента на рослини, що зумовлює формування більших розмірів СВК та більшого числа реакційних центрів [20].

При визначенні в листках ячменю ярого вмісту каротиноїдів нами встановлено, що за високих норм внесення Гранстару 75 (20 і 25 г/га) у бакових сумішах із 2,4-ДА 500 синтез даних сполук пригнічувався, що, очевидно, зменшувало їх захисну функцію по відношенню до хлорофілу та є однією з причин зниження рівня хлорофілу в цих варіантах досліду. Адже відомо, що каротиноїди належать до антиоксидантів і захищають реакційні центри фотосистем I і II від деструктивної дії активних форм кисню [21].

**Висновки.** Таким чином, стан і функціонування пігментного комплексу ячменю ярого визначається складом бакових сумішей гербіцидів та нормами внесення у сумішах препаратів. За підвищених норм використання гербіциду класу сульфонілсечовин Гранстар 75 у бакових сумішах з феноксикарбоксилловими кислотами (2,4-ДА 500) прослідковується зниження вмісту хлорофілів *a* і *b* та їх суми в листках ячменю ярого, що може бути наслідком підвищення рівня ПОЛ у рослинах, у результаті якого відбувається гальмування синтезу хлорофілу або його руйнування (фотоокислення). При комплексній дії гербіцидів класу сульфонілсечовин і феноксикарбоксиллових кислот з РРР спостерігається послаблення негативної дії хімічних агентів на рослини ячменю ярого, що забезпечує формування достатньо високого рівня хлорофілів *a* і *b* в листках рослин та більшого за розмірами СВК. Збільшення вмісту каротиноїдів у варіантах досліду з сумісним внесенням гербіцидів і РРР може вказувати на підвищення адаптивних реакцій рослин ячменю ярого до дії хімічних препаратів.

### Література

1. Тарчевский И.А. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы / И.А.Тарчевский, Ю.Е.Андрианова // Физиология растений. – 1980. – Т. 27. – Вып. 2. – С. 341 – 347.
2. 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. – С. 201-209.
3. Физиолого–биохимические исследования растений ячменя и пшеницы при гербицидном стрессе / А.А.Ямалеева, Р.Ф.Талипов, А.М.Ямалеев [и др.] // Вестник РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 40 – 42.
4. 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 – № 50. – С. 688 – 693.
5. Wilkinson R.E. EPTC-reversed carotenogenic inhibition by norflurazon /

- R.E.Wilkinson // *Pesticide Biochem. Physiol.* – 1989. – V. 33 – № 3. – P. 257 – 263.
6. Мордерер Є.Ю. Синергічне підвищення фітотоксичної дії грамініциду феноксапроп-етилу у сумішах з метрибузином / Є.Ю. Мордерер, В.В. Ткач, М.П. Паланиця // *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку.* – К.: Логос, 2009. –Т.2. – С. 46–50.
  7. Біологічно активні речовини в рослинництві / [Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І.Б.]. – К. : ЗАТ «Нічлава», 2008. – 352 с.
  8. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л.Д. Прусакова, Н.Н.Малеванная, С.Л. Белопухов [и др.] // *Агрохимия.* – 2005. – № 11. – С. 76 – 86.
  9. Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. – К. : Юнівест-Медіа, 2008. – 447 с.
  10. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України / С.П. Пономаренко // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть.* – К., 2001. – Т.1. – С. 375-378.
  11. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода / Журбицкий З.И. – М.: Наука, 1968. – 268 с.
  12. Грицаєнко З. М. Методи біологічних досліджень рослин і ґрунтів / Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П.. – К.: ЗАТ „Нічлава”, 2003. – 320с.
  13. Гавриленко В.Ф. Большой практикум по фотосинтезу / Гавриленко В.Ф., Жигалова Т. В. – М. : «Academia», 2003. – 256с.
  14. Lichtenthaler H. K. Chlophylls and carotenoides – pigments of photosynthetic biomembrans // H.K. Lichtenthaler // *Methods in enzymology.* – 1987. – V. 148. – P. 350 – 382.
  15. 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 // *Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве : сб. мат. межд. конф., 12 – 16 июня 2007 г. – Киев, 2007. – С. 11.*
  16. Макеева–Гурьянова Л.М. Сульфонилмочевини – новые перспективные гербициды / Л.М. Макеева–Гурьянова, Ю.Я. Спиридонов, В.Г. Шестаков. – М., 1989. – 49 с.
  17. Спектральная характеристика продуктов фотоокисления хлорофилла в растворах при фотоповреждении цианобактерии *Anabaena variabilis* / М.Н. Мерзляк, С.И. Погосян, Л. Лехимена [и др.] // *Физиология растений.* – 1996. – Т. 43. – № 2. – С. 186 – 195.
  18. Feierabend J. Nature of photooxidative events in leaves treated with chlorosis-inducing herbicides / J. Feierabend, T. Winkelhusener // *Plant Physiol.* – 1982. – V. 70. – № 5. – P. 1277 – 1282.
  19. Карпенко В.П. Інтенсивність процесів ліпопероксидації та стан антиоксидантних систем захисту ячменю ярого за дії гербіциду Гранстар

- 75 і регулятора росту рослин Емістим С / В.П.Карпенко // Зб. наук. праць Уманського ДАУ.– Умань, 2009. – Вип. 72. – Ч.1. – С. 30–39.
- 20.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. – С. 29 – 39.
- 21.Каротиноїди та гліколіпіди в адаптивній відповіді рослин озимої пшениці на дію оксидного стресу / Н.Б.Светлова, О.В.Ситар, Л.М.Бацманова [та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2007. – Т. 39. – № 2. – С. 168 –173.

**Грицаєнко З.М., Карпенко В.П., Мостов'як І.І.**

### **СТАН ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ДІЇ ГЕРБИЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН.**

В статті висвітлено питання формування пігментного комплексу ячменю ярого залежно від застосування в польових і лабораторних умовах бакових сумішей гербицидів класу сульфонілсечовин Гранстар 75 і класу феноксикарбоксилових кислот 2,4-ДА 500, внесених роздільно і в комплексі з регулятором росту рослин Емістим С.

**Ключові слова:** пігментний комплекс, листовий апарат, ярий ячмінь, гербициди, регулятор росту.

**Грицаєнко З.М., Карпенко В.П., Мостов'як І.І.**

### **СОСТОЯНИЕ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТОВОГО АППАРАТА ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО ПРИ ДЕЙСТВИИ ГЕРБИЦИДОВ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ.**

В статье освещен вопрос формирования пигментного комплекса ячменя ярового в зависимости от применения в полевых и лабораторных условиях баковых смесей гербицидов класса сульфонилмочевин Гранстар 75 и гербицида класса феноксикарбоксиловых кислот 2,4-ДА 500, внесенных раздельно и в комплексе с регулятором роста растений Эмистим С.

**Ключевые слова:** пигментный комплекс, листовой аппарат, яровой ячмень, гербициды, регулятор роста.

**Grytsayenko Z.M., Karpenko V.P., Mostoviak I.I.**

### **THE STATE OF PIGMENTARY COMPLEX IN THE LEAF APPARATUS OF SPRING BARLEY UNDER THE APPLICATION OF HERBICIDES AND PLANT GROWTH REGULATOR.**

The article highlights the formation of pigmental complex of spring barley in the field and laboratory conditions depending on the application of tank mixtures of sylphonylurea herbicide Granstar 75 and phenoxy-rhodizonic acid 2.4- DA 500 applied separately and in the combination with plant growth regulator Emistim C.

**Key words:** pigmental complex, leaf apparatus, spring barley, herbicides, plant growth regulator.