

ХАРАКТЕРИСТИКА ПІГМЕНТНОГО АПАРАТУ ІНТЕНСИВНИХ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ УКРАЇНСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ

Необхідність підвищення урожайності озимої пшениці на початку цього сторіччя обумовлена цілою низкою причин. Однією з них є гальмування щорічного приросту цієї важливої культури, що є основою харчового раціону близько 1,5 млрд людей. Для цілого ряду країн показано, що в період з 70-х по 90-ті роки минулого сторіччя приріст врожайності озимої пшениці сягав 3 % у рік, з 90 і до 2000-х – зменшився до 2 %, а у першому десятиріччі 2000-х – до 0,1 % [1, 2].

Показники пігментного апарату пов'язані з фотосинтетичною активністю, життєздатністю рослин та їх адаптаційними можливостями. Як свідчить аналіз літературних даних, у сучасних умовах найбільш вірогідною можливістю для підвищення продуктивності є покращання ефективності використання поглинутої фотосинтетичним апаратом сонячної радіації [3]. Основну роль у абсорбції і фотосинтетичній конверсії світла відіграють зелені пігменти. Міграція поглинутої молекулами хлорофілів *a* і *b* енергії збудження до реакційних центрів фотосистем I та II та подальше розділення зарядів, перенос електронів в електрон-транспортному ланцюгу і трансформація енергії у світлової стадії фотосинтезу є енергетичною основою запасаання енергії світла у вигляді хімічних зв'язків вуглеводів у темновій стадії. Факти щодо вищої продуктивності сортів культурних рослин з більш високим вмістом хлорофілу [4–6] дозволяють припустити, що вміст цього пігменту може виступати в якості однієї з ознак, що пов'язані з високою продуктивністю. Згідно літературних джерел, кореляцію врожаю спостерігають як із вмістом хлорофілу, так і з його кількістю [7–9]. Водночас недостатньо вивченою залишається роль листків і нелісткових органів (стебла і колоса) у формуванні потужності фотосинтетичного апарата посіву та збільшенні зернової продуктивності.

Метою даної роботи був порівняльний аналіз вмісту та валової кількості хлорофілу в органах різних сортів озимої пшениці та пошук їх зв'язків з продуктивністю на різних етапах онтогенезу.

Матеріали і методи

Об'єктами дослідження слугували 15 генотипів озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.),

які вирощували в польових умовах (сmt Глеваха, Київська обл.). Грунт – світло-сірий, опідзолений, легкосуглинковий. Норма висіву рослин складала 5,5–6 млн зерен на га. Мінеральне живлення (N₁₄₅P₉₀K₉₀) вносили частинами протягом вегетації. Агротехніка – загальноприйнята для посівів озимої пшениці в даній агрокліматичній зоні [10].

Відбір рослин для визначення морфометричних та біохімічних показників проводили в окремі фази вегетації у 4-разовій повторності. Для цього в рядку відбирали підряд 10 пагонів (як головних, так і бічних), з яких формували середню пробу. Вміст хлорофілу визначали у листках, стеблі, включаючи листові піхви, та в колосі. Визначення проводили за Wellburn [11] екстракцією пігментів із висічок диметилсульфоксидом із наступним визначенням коефіцієнтів поглинання отриманих розчинів на спектрофотометрі СФ-26 (ЛОМО. Ленінград). Величини хлорофільних індексів (ХЛІ) розраховували як добуток вмісту хлорофілу у середній пробі окремих органів (листках, стеблі та колосі) на їх масу та кількість пагонів на одиниці площі ґрунту (г хлорофілу/м²). Фенологічні спостереження за фазами розвитку рослин проводили за Куперман [12]. Статистичну обробку результатів проведено за Доспеховим [13] з використанням програми Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Порівняння вмісту хлорофілу в окремих органах різних сортів озимої пшениці проводили у фази цвітіння та молочно-воскової стиглості. Найвищим вмістом цього пігменту (3,7–4,1 мг/г сирої маси) у листках у фазу цвітіння відрізнялися 4 сорти: Достаток, Фаворитка, Злука і Астарта, найменшим (близько 3,2 мг/г сирої маси) – сорти Наталка, Володарка і Подолянка (рис. а). Інші сорти займали проміжне положення. У фазу воскової стиглості (МВС) вміст хлорофілу в листках всіх досліджуваних генотипів знижувався порівняно з фазою цвітіння. Найбільш високий його вміст (2,8–3 мг/г сирої маси) у цю фазу зберегли листки сортів Переяславка, Достаток, Подолянка та Фаворитка, найбільше знизили (до

2,3–2,4 мг/г сирової маси) – сорти Злука, Ятрань 60, Наталка і Лазурна.

Вміст даного пігменту у стеблах озимої пшениці був суттєво меншим за його значення в листках. Найбільш високим вмістом хлорофілу у стеблі у фазу цвітіння відрізнявся сорт Достаток – 0,8 мг/г сирової маси (рис. б). У більшості з досліджених генотипів (Фаворитка, Астарта, Дарунок Поділля, лінія УК 065, Ятрань 60, Переяславка, Лазурна) його вміст коливався від 0,6 до 0,7 мг/г сирової маси. У сортів Наталка, Володарка, Смоглянка, Сотниця, Золотоколоса, Злука його вміст був найменшим – близько 0,5 мг/г сирової маси. У фазу МВС вміст хлорофілу у стеблах також знижувався порівняно з фазою цвітіння. Найбільш високим його вмістом (0,6 мг/г сирової маси) у цю фазу відрізнялися 3 сорти Достаток, Фаворитка, Астарта, найнижчими (0,4 мг/г сирової маси) – Наталка, Смоглянка та Сотниця.

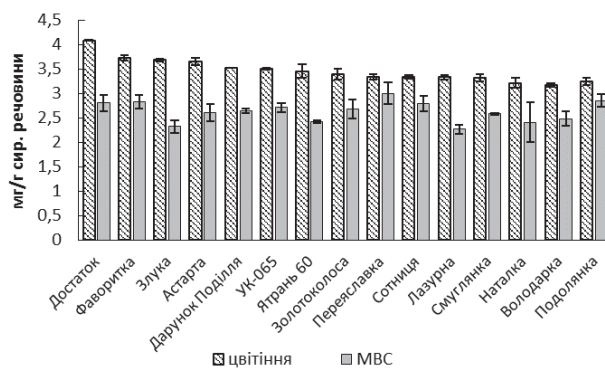
Вміст хлорофілу у колосі досліджуваних генотипів озимої пшениці коливався приблизно у тих же межах, що і у стеблі. Максимальний вміст цього пігменту (від 0,8 до 0,9 мг/г сирової маси) у колосі у фазу цвітіння відмічений у 7-ми сортів: Достаток, Фаворитка, Астарта, Дарунок Поділля, Переяславка, Смоглянка, Подолянка (рис. в). Найнижчий (0,6 мг/г сирової маси) спостерігали у сортів Ятрань 60, Сотниця, Золотоколоса. У фазу МВС його найбільші значення (близько 0,8 мг/г сирової маси) відмічені у сортів Астарта, Достаток, Фаворитка, найменше (0,4 мг/г сирової маси) – Сотниця, Наталка, Ятрань 60, Золотоколоса.

У фазу МВС вміст хлорофілу в листках досліджуваних сортів знижувався, порівняно зі значеннями у фазу цвітіння, але неоднаково: у частини з них він залишався на рівні 80–90 % від відповідних величин у фазу цвітіння, у іншої – складав лише 60–70 %. Сорти також відрізнялися за ступенем зниження вмісту хлорофілу у колосі та стеблі: від 85–90 % у одних сортів до 75–80 % у інших.

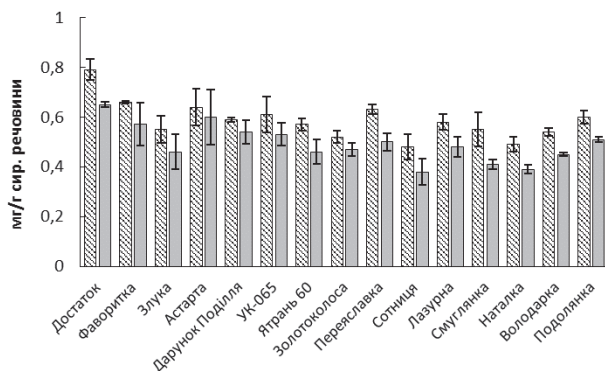
У той час як вміст хлорофілу в органах рослини характеризує його потенційну фотосинтетичну активність, величина хлорофільного індексу дає уявлення про загальну кількість хлорофілу, яку містять органи рослини, що розташовані на одиниці поверхні ґрунту, тобто цей показник свідчить про асиміляційну потужність цих органів на рівні посіву. У фазу цвітіння кількість хлорофілу в листках досліджуваних сортів коливалась від 1,3 до 3,1 г хлорофілу/м², в стеблах – від 0,8 до 1,5 г хлорофілу/м² та у колосах від 0,2 до 0,6 г хлорофілу/м² (табл. 1). У фазу молочно-воскової стиглості кількість хлорофілу в листках зменшувалась до 0,4–1,8, в стеблах – до

0,6–1,2 г хлорофілу/м², у колосах – до 0,4–1,0 г хлорофілу/м².

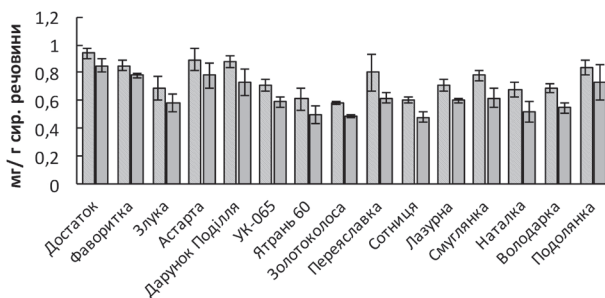
У фазу цвітіння найбільш потужною складовою пігментного апарату посіву були листки: загальна кількість хлорофілу в них була у 1,5–2,5 рази більшою, ніж у стеблах та у 4,5–10, ніж у колосах. У наступну фазу кількість хлорофілу в листках також залишалась вищою, ніж в стеблах (в середньому в 1,2–1,5 разів) та в колосах (в 2–3 рази). При цьому його кількість в листках та стеблах, порівняно з відповідними значеннями у фазу цвітіння, знижувалася: відповідно до 34–81 % та до 63–91 %. Водночас у колосах да-



а



б



в

Рис. Вміст сумарного хлорофілу (а+б) в окремих органах різних генотипів озимої пшениці: а – листки, б – стебло, в – колос

Таблиця 1

Величина хлорофільних індексів окремих органів інтенсивних сортів озимої пшениці у фазі цвітіння та молочно-воскової стиглості (МВС)

Фаза	Цвітіння				МВС			
	листки	стебло	колос	пагін	листки	стебло	колос	пагін
Сорт	Хлорофільний індекс, г хлорофілу/м ²							
Фаворитка	2,55	1,17	0,42	4,14	1,49	1,05	0,74	3,27
Золотоколоса	1,69	0,82	0,28	2,79	0,70	0,66	0,42	1,78
Лазурна	1,97	1,11	0,26	3,33	1,09	0,90	0,41	2,40
Злука	2,74	1,15	0,33	4,22	1,19	0,96	0,43	2,58
Ятрань	2,44	0,99	0,33	3,76	1,11	0,78	0,58	2,47
Переяславка	1,69	0,87	0,31	2,88	1,04	0,61	0,53	2,17
Подольянка	1,65	1,07	0,32	3,04	1,10	0,79	0,59	2,04
Нагалка	1,32	0,97	0,31	2,60	0,44	0,61	0,50	1,55
УК-065	3,01	1,52	0,34	4,88	1,80	1,19	0,74	3,72
Дарунок Поділля	3,13	1,48	0,30	4,91	1,85	1,21	0,76	3,81
Володарка	1,38	0,75	0,44	2,57	1,12	0,66	0,49	2,26
Сотниця	1,84	0,80	0,21	2,85	1,30	0,50	0,42	2,22
Астарта	2,86	1,40	0,58	4,84	1,43	1,27	1,00	3,70
Достаток	1,76	1,05	0,36	3,17	0,97	0,81	0,66	2,45
Смуглянка	1,44	0,98	0,32	2,74	1,22	0,64	0,68	2,53
НСР ₀₅	0,45	0,29	0,09	0,51	0,28	0,24	0,11	0,38

Таблиця 2

Тіснота кореляції врожаю зерна озимої пшениці із вмістом хлорофілу та величиною хлорофільного індексу посівів інтенсивних сортів озимої пшениці у фазі цвітіння та молочно-воскової стиглості (МВС)

Орган	Коефіцієнти кореляції			
	із вмістом хлорофілу		з хлорофільними індексами	
	цвітіння	МВС	цвітіння	МВС
Листки	0,46	0,02	0,78**	0,75**
Стебло	0,22	0,38	0,75**	0,75**
Колос	0,41	0,37	0,14	0,43
Пагін	-	-	0,78**	0,77**

Примітка: ** – тіснота кореляції значима при $P \geq 99$.

ний показник збільшувався: 130–211 %, що було зумовлено суттєвим ростом маси колосу.

Порівняльна оцінка вмісту хлорофілу в органах окремих рослин сучасних інтенсивних сортів української селекції показала, що максимальна різниця між сортами за цим показником в листках не перевищувала 15–20 %, а в стеблах та колосах – 35–45 %. Така ж оцінка величини хлорофільного індексу засвідчила, що різниця між найбільш контрастними сортами для всіх органів була більшою – до 60 %.

Результати проведеного кореляційного аналізу залежності між вмістом хлорофілу та ХЛІ органів озимої пшениці та врожайністю показали, що найбільш тісним виявився зв'язок з ХЛІ листків, стебла та цілого пагону (табл. 2).

Водночас валова кількість хлорофілу у колосах слабо корелювала з зерновою продуктив-

ністю посівів. Тісна позитивна кореляція ХЛІ з врожаєм свідчить про те, що сорти із більшою потужністю асиміляційного апарату в репродуктивний період є більш продуктивними.

Висновки

Дослідження мінливості показників пігментного апарату окремих органів у сортів озимої пшениці дозволило встановити, що її зернова продуктивність значною мірою визначається кількістю хлорофілу в листках та стеблах в репродуктивний період онтогенезу. Підвищення врожайності може бути пов'язаним зі збільшенням площі асиміляційної поверхні, яке забезпечувало збільшення фотосинтетичного засвоєння світла посівами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Long S.P., Ort D.R. More than taking the heat: crops and global change // *Plant Biology*. – 2010. – 13. – P. 241–248.
2. Masudaa T., Goldsmith P.D. World soybean production: Area harvested, yield, and long-term projections // *International Food and Agribusiness Management Review*. – 2009. – 12, N 4. – P. 143–162.
3. Parry M.A.J., Reynolds M., Salvucci M.E. Raising yield potential in wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency // *Journal of Experimental Botany*. – 2011. – 62, N 4. – P. 453–467.
4. Wang B., Lan T., Wu W.R., Li W.M. Mapping of QTLs controlling chlorophyll content in rice (*Oryza sativa* L.) // *Acta Genet. Sin.* – 2003. – 30, N 3. – P. 1127–1132.
5. Wang F., Wang G., Li X., Huang J., Zheng J. Heredity, physiology and mapping of a chlorophyll content gene of rice (*Oryza sativa* L.) // *J. Plant Physiology*. – 2008. – 165, N 3. – P. 324–330.
6. da Silva C.L., Benin G., Bornhofen E., Beche E., Todeschini M.H., Milioli A.S. Nitrogen use efficiency is associated with chlorophyll content in Brazilian spring wheat // *Australian Journal of Crop Science*. – 2014. – 8, N 6. – P. 957–964.
7. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2000. – 135 с.
8. Zhang K., Zhang Y., Chen G., Tian J. Genetic analysis of grain yield and leaf chlorophyll content in common wheat // *Cereal Research Communications*. – 2009. – 37, N 4. – P. 499–511.
9. Кірізій Д.А., Шадчина Т.М., Стасик О.О., Прядкіна Г.О., Соколовська-Сергієнко О.Г., Гуляев Б.І., Ситник С.К. Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимої пшениці. – К.: Основа, 2011. – 415 с.
10. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартай В.В., Омеляненко О.А. Клуб 100 центнерів. Сорти та технології вирощування високих урожаїв озимої пшениці. – К., 2011. – 121 с.
11. Wellburn A.P. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution // *J. Plant. Physiol.* – 1994. – 144, N 3. – P. 307–313.
12. Куперман Ф.М. Морфологія і фізіологія рослин. – М.: Высшая школа, 1977. – 288 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – М.: Колос, 1973. – 335 с.

MASLYUKIVSKA O.V., PRIADKINA G.O., SOKOLOVSKA-SERGIENKO O.G., STASIK O.O.

*Institute of Plant Physiology and Genetics of Natl. Acad. Sci. of Ukraine,
Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylkivska str., 31/17, e-mail: monotor@ifrg.kiev.ua*

CHARACTERISTICS OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENT APPARATUS IN HIGH-YIELDING WINTER WHEAT VARIETIES OF UKRAINIAN SELECTION

Aims. Characteristics of plant pigment apparatus that determine their photosynthetic activity may be related to the grain yield. The comparative analysis of the content and the total amount of chlorophyll in organs of different varieties of winter wheat and assessment of their correlations with grain yield were the purposes of this study. **Methods.** Chlorophyll contents in leaves, stems and ears were determined by Wellburn (1994). Chlorophyll indices (ChII, g chl/m²) were calculated as the product of chlorophyll concentration in organs and their mass and number of shoots per unit area of soil. **Results.** Comparative evaluation of chlorophyll in the organs of modern wheat varieties of Ukrainian selection showed that the maximum difference in the leaves did not exceed 15–20 % and in the stems and ears – 35–45 %. The differences between the most contrasting varieties in the magnitude of ChII were higher – up to 60 %. The closest correlation with grain productivity were found for ChII calculated for leaves, stems and whole shoots, whereas the total amount of chlorophyll in the ears correlated with yield weakly. **Conclusions.** It was revealed that grain productivity of winter wheat is largely determined by the total amount of chlorophyll in the leaves and stems in the reproductive period of ontogenesis.

Keywords: *Triticum aestivum* L., plant organs, chlorophyll, index of chlorophyll.