

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ РІЗНИХ ЗА МОРФОТИПАМИ СТВОРЕНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Л. О. РЯБОВОЛ, доктор сільськогосподарських наук

Я. С. РЯБОВОЛ, доктор сільськогосподарських наук

С. В. ФЕДОРЕНКО, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва

*У статті проаналізовано фотосинтетичну активність рослин вихідних форм і створених зразків пшениці м'якої озимої, що різняться за архітектонікою та наявністю в геномі генів, які контролюють ознаку «восковий наліт» фотосинтезуючих органів. Встановлено, що інтенсивність воскового забарвлення залежить від концентрації в геномі домінантних алелей. Доведено, що гібриди незалежно від морфотипу мають на 6,2–28,5 %, вищий вміст хлорофілу *a* і в порівняно з вихідними зразками. Еректойдні форми вирізняються вищою концентрацією пігменту в клітинах, аніж платофіли.*

Ключові слова: пшениця м'яка озима, тритикале озиме, донор генів, фотосинтетична активність, вихідний матеріал, ознака «восковий наліт», продуктивність

Постановка проблеми. Сучасні високотехнологічні сорти пшениці м'якої озимої істотно різняться за архітектонікою рослини, окремими біохімічними показниками та потенціалом продуктивності. Підтверджено, що продуктивність культури істотно залежить від інтенсивності фотосинтезу [1, 2]. Між цими показниками існує пряма кореляційна залежність. Вважається, що основним органом фотосинтезу та джерелом асимілянтів для формування зерна є саме листові пластинки. Проте дослідженнями підтверджено, що рослини мають різні моделі фотосинтезу та фотосинтетичної продуктивності, які зумовлені генотиповими відмінностями за участі різних асиміляційних органів у загальній фотосинтетичній активності рослин [3, 4].

Аналіз основних досліджень і публікацій. Пшениця належать до листової моделі фотосинтезу, адже фотосинтетична активність листового апарату культури займає до 60 % від загальної активності всіх органів рослини. Фотосинтетична активність листових пластинок пшениці у чотири рази вища ніж у жита, проте у два рази нижча аніж у тритикале [3, 5]. У загальному фотосинтезі рослини участь стебла разом з листовими піхвами складає до 20 % у пшениці та тритикале, а частка впливу колосу займає у пшениці – 12 %, тритикале – 15,4 %.

За еволюційного і селекційного процесів зернових культур встановлено, що зі збільшенням кількості продуктивних стебел на одиницю площі агроценозу

підвищується значення не листкових асиміляційних органів у загальному фотосинтезі рослини. Частка їх участі залежить від культури і складає 40–80 %. Для пшениці притаманний листковий тип фотосинтезу. За переходу селекції на короткостеблові форми і зниження висоти стеблостою підвищується вплив листкового апарату та колосу на формування врожаю і підвищення продуктивності культури. При зниженні стеблостою доцільно збільшити фотосинтетичну площу інших органів, зокрема листків і колосу, для забезпечення генеративних частин рослини асимілянтами [3, 6].

Листки зразків пшениці з коротким стеблостоєм товстіші, коротші та ширші, ніж листки високостеблових форм. У рослин з невисоким стеблом в колос потрапляє більше асимілюючих речовин, ніж у рослини з високим стеблостоєм, оскільки відстань між фотосинтезуючими і споживаючими органами скорочено. Короткостеблові форми значно відстають у рості від високостеблових, тому вузол кушення краще освітлюється, що сприяє закладанню і формуванню більшої кількості продуктивних і непродуктивних стебел. Значення непродуктивних безколоскових стебел полягає в отриманні продуктів фотосинтезу, що забезпечують поживними речовинами генеративні пагони [3, 7, 8]. Вченими встановлено, що хлорофільний фотосинтетичний потенціал сучасних короткостеблових сортів вищий, ніж високостеблових.

Листки за особливостей дії фотосинтетичного апарату від сходів до воскової стиглості істотно впливають на формування продуктивності зернових культур. Підвищити індекс листової поверхні можна за рахунок збільшення щільності стеблостою, що можливо за використання зразків з еректоїдним розміщенням листкової пластинки. Еректоїдність забезпечує кращу освітленість рослини і сприяє активному фотосинтезу листків усіх ярусів [3, 9].

Метою дослідження був аналіз фотосинтетичної активності вихідних форм і створених гібридних зразків пшениці м'якої озимої, що різняться за типом розміщення листкової пластинки і наявністю в геномі маркерних генів контролю ознаки «восковий наліт» фотосинтезуючих органів рослини.

Методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2021–2024 років на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва. Вихідним матеріалом у системі діалельних схрещувань слугували зразки пшениці м'якої озимої, що різнились за архітектонікою та альтернативною ознакою наявності чи відсутності воскового нальоту вегетативних органів і колосу. Гібридизацію проводили ручною кастрацією квіток і наступним запиленням обмежено-вільним методом (під пергаментним ізолятором) в оптимальні для цього строки.

За аналізу асиміляційного апарату різних морфотипів вміст хлорофілу визначали за методикою описаною З. М. Грицаєнко та ін., а площу прапорцевого листка (S) обчислювали за формулою $S = 0,76 l \times h$, де l – довжина листкової пластинки, h – максимальна ширина [10].

Результати досліджень. Восковий наліт на стеблі, листках і колосі пшениці м'якої озимої – домінантна ознака, що контролюється не менше, ніж двома парами генів $W1$, $W2a$, b , локалізованими в хромосомах 2B і 2D та

декількома генами-модифікаторами. Рослина з домінантними генами має темно-зелене забарвлення з блакитним відтінком. Наявність воскового нальоту вважається одним із показників посухостійкості [11].

У наших дослідженнях за проведення гібридизації зразків пшениці м'якої озимої, що мали альтернативні ознаки, гібридне покоління, вирізнялось слабким восковим забарвленням фотосинтезуючих органів. Гетерозиготи характеризувалися темно-зеленим забарвленням листової пластинки з помірним сизуватим кольором стебла та листка з нижнього боку пластинки. Вони помітно фенотипово відрізнялися від вихідних батьківських форм.

У другому поколінні гібридів (F_2) формувались особини з інтенсивним восковим нальотом фотосинтезуючих органів (домінантні гомозиготи), без воскового нальоту (рецесивні гомозиготи) та проміжного типу (гетерозиготи). Гетерозиготні організми відрізнялись за інтенсивністю воскового забарвлення від ледь помітного до середньовираженого, що ймовірно залежало від концентрації домінантних алелей в геномі.

Аналіз фотосинтетичної активності гібридів зі зміненим кольором листової пластинки дозволив встановити, що сумарний вміст хлорофілу $a + b$ у фотосинтезуючих органах гібридних форм незалежно від морфотипу був істотно на 6,2–28,5 % вищий, аніж у вихідних батьківських зразків (табл.).

Табл. Вміст хлорофілу в органах рослин різних морфотипів пшениці м'якої озимої у фазу молочної стиглості зерна, 2021–2024 рр.

Морфотип рослин	Селекційна форма	Сорт, зразок	Площа прапорцевого листка, cm^2	Листки		Колос			Стебло			
				вміст хлорофілу, мг/г с. р.								
				a	b	$a+b$	a	b	$a+b$	a	b	$a+b$
Платофіли з помірним восковим нальотом	(St)	Фаворитка	17,2	2,38	1,37	3,75	0,45	0,20	0,65	0,50	0,27	0,77
Платофіли з восковим нальотом	♀	213-18	17,3	2,46	1,42	3,88	0,49	0,30	0,79	0,56	0,37	0,93
Платофіли без воскового нальоту	♂	315-18	15,4	2,02	1,20	3,22	0,44	0,24	0,68	0,51	0,27	0,78
Платофіли з помірним восковим нальотом	F_1	441-19	19,1	2,51	1,61	4,12	0,62	0,34	0,96	0,73	0,46	1,17
Еректоїди з восковим нальотом	♀	364-18	18,3	2,57	1,63	4,20	0,59	0,32	0,91	0,70	0,45	1,15
Еректоїди без воскового нальоту	♂	404-18	16,3	2,20	1,27	3,47	0,51	0,29	0,80	0,58	0,27	0,85
Еректоїди з помірним восковим нальотом	F_1	453-19	21,1	2,71	1,75	4,46	0,69	0,41	1,10	0,77	0,51	1,28
<i>HIP₀₅</i>			1,1	–	–	0,2	–	–	0,1	–	–	0,1

Підтверджено, що орієнтація листкової пластинки та її площа суттєво впливають на фотосинтетичну активність і, відповідно, продуктивність рослин пшениці м'якої озимої. Морфотипи з еректоїдною орієнтацією листків, істотно перевищували сорт-стандарт за площею асиміляційної поверхні прапорцевого листка (на 9,4–10,4 %) і за вмістом в ньому хлорофілу (на 8,4–9,2 %). Еректоїдна гібридна форма 453-19 мала найвищий вміст хлорофілу в листках (4,46 мг/г с. р.) і колосі (1,10 мг/г с. р.) рослин. Найнижчу сумарну концентрацію хлорофілу ($a + b$) у клітинах суцвіття зафіксовано у платофілів без воскового нальоту 0,68 мг/г с. р. (зразок 315-18). Подібна тенденція спостерігалась за вмістом хлорофілу і в клітинах стебла. Гібридні форми за цим показником істотно на 9,4 % перевищували вихідні батьківські компоненти.

Встановлено пряму кореляційну залежність між показниками площі прапорцевого листка і вмістом хлорофілу $a + b$ (рис.).



Рис. Залежність площі прапорцевого листка від сумарного вмісту хлорофілу $a + b$ в листках рослин пшениці м'якої озимої.

З'ясовано, що не залежно від морфотипу генотипи, які формують більшу прапорцеву листкову пластинку і восковий наліт фотосинтезуючих органів, мають істотно вищий вміст хлорофілу, аніж рослини з меншою площею листка та без воскового забарвлення. Аналізуючи зв'язок фотосинтетичної активності морфотипів та їх продуктивність, підтверджено прямопропорційну залежність сумарного вмісту хлорофілу a і b у листках пшениці м'якої озимої та показників господарсько-цінних ознак, зокрема, маси зерна з колосу та рослини.

Висновки. Встановлено, що гібриди пшениці м'якої озимої, отримані гібридизацією батьківських форм з альтернативними ознаками за генами контролю восковий наліт фотосинтезуючих органів, фенотипово вирізняються в популяції рослин темно-зеленим кольором з ледь помітним восковим забарвленням і незалежно від морфотипу мають істотно, на 6,2–28,5 %, вищий вміст хлорофілу a і b порівняно з гомозиготними вихідними зразками. З'ясовано, що еректоїдні форми вирізняються вищою концентрацією пігменту в клітинах рослин, аніж платофіли. Підтверджено прямопропорційну залежність між площею прапорцевого листка та сумарним вмістом в його клітинах хлорофілу $a + b$.

Література:

1. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Вміст хлорофілу у листках пшениці ярої при застосуванні гербіциду Лінтур 70 WG і регулятора росту рослин Емістим С. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17(1). С. 414–418.
2. Прядкіна Г. О., Маслоуківська О. В., Стасик О. О., Оксьом В. П. Зв'язок вмісту хлорофілу в листках і хлорофільного індексу посівів озимої пшениці в період наливання зерна з урожайністю. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 167–174.
3. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур.: дис... д-ра с.-г. наук. 06.01.05 – селекція і насінництво. Умань, 2020. 540 с.
4. Vojovici B., Stojanovic J. Chlorophyll content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Arch. Biol. Sci.* 2005. № 57 (4). P. 283–290.
5. Парій Ф. М., Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за використання гена *w/w* «восковий наліт». *Інноваційні розробки Уманського НУС*. Умань, 2014. С. 24.
6. Bavec F., Bavec M. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun in soil science and plant analysis*. 2001. № 32. P. 2709–2719.
7. Рожков А. О., Пузік В. К. Динаміка формування пігментних речовин у листках рослин пшениці твердої ярої за дії різних варіантів ценотичної напруги між рослинами в посівах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 7–12.
8. Udding J., Gelang-Alfredson J., Pikki K., Pieijel H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis research*. 2007. № 91. P. 37–46.
9. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Зміна архітекtonіки колосу, як один із чинників підвищення продуктивності жита озимого. *Вісник Уманського НУС*. 2016. Вип. № 1. С. 69–71.
10. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: «Нічлава», 2003. 316 с.
11. Чекалін М. М., Тищенко В. М., Баташова М. Є. Селекція та генетика окремих культур: навчальний посібник. Полтава: ФОП Говоров С. В., 2008. С. 69.

References:

1. Zabolotny, O. I., Zabolotna, A. V. (2013). Chlorophyll content in spring wheat leaves when using the herbicide Lintur 70 WG and the plant growth regulator Emistym S. *Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, issue 17(1), pp. 414–418. [in Ukrainian].
2. Pryadkina, G. O., Maslyukivska, O. V., Stasyk, O. O., Oksem, V. P. (2015). The relationship between the chlorophyll content in leaves and the chlorophyll index of winter wheat crops during the grain filling period with yield. *Plant Physiology and Genetics*, vol. 47, no. 2, pp. 167–174. [in Ukrainian].
3. Riabovol, I. S. (2020). Theoretical substantiation of hybridization systems and creation of source material in grain crop breeding.: Dissertation of Dr. S. Sci. Uman. 540 p. [in Ukrainian].

4. Bojovici, B., Stojanovic, J. (2005). Chlorophyll content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Arch. Biol. Sci.*, no. 57 (4), pp. 283–290.
5. Parii, F. M., Riabovol, I. S., Riabovol, L. O. (2014). Method of controlling the hybridity of winter rye plants using the *W/w* gene «wax coating». *Innovative developments of the Uman NUS*. P. 24. [in Ukrainian].
6. Bavec, F., Bavec, M. (2001). Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun in soil science and plant analysis*, no. 32, pp. 2709–2719.
7. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K. (2013). Dynamics of the formation of pigment substances in the leaves of durum spring wheat plants under the action of different variants of cenotic tension between plants in crops. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, no. 3, pp. 7–12. [in Ukrainian].
8. Udding, J., Gelang-Alfredson, J., Pikki, K., Pieijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis research*, no. 91, pp. 37–46.
9. Riabovol, I. S., Riabovol, L. O. (2016). Change in the architectonics of the ear as one of the factors of increasing the productivity of winter rye. *Bulletin of the Uman National Agricultural University*, no. 1, pp. 69–71. [in Ukrainian].
10. Hrytsayenko, Z. M., Hrytsayenko, A. O., Karpenko, V. P. (2003). Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. Kyiv: «Nichlava». 316 p. [in Ukrainian].
11. Chekalin, M. M., Tyshchenko, V. M., Batashova, M. E. (2008). Breeding and genetics of individual crops: a textbook. Poltava: FOP Govorov S. V. P. 69. [in Ukrainian].

Annotation

Riabovol L. O., Riabovol I. S., Fedorenko S. V.

Features of photosynthesis of different morphotypes of soft winter wheat samples

Modern high-tech varieties of soft winter wheat differ significantly in plant architecture, individual biochemical indicators and productivity potential. Crop productivity significantly depends on the intensity of photosynthesis was confirmed. Wheat belongs to the leaf model of photosynthesis, because the photosynthetic activity of the leaf apparatus of the crop occupies up to 60 % of the total activity of all plant organs.

The aim of the study was to analyze the photosynthetic activity of the initial forms and created hybrid samples of soft winter wheat, which differ in the type of leaf blade location and the presence in the genome of marker genes controlling the trait "wax coating" of the plant's photosynthetic organs.

The research was conducted during 2021–2024 at the research plots of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology of the Uman National University of Horticulture. The entrance material in the diallel crossing system was samples of soft winter wheat, which differed in architectonics and the alternative sign of the presence or absence of wax coating of vegetative organs and spike. The orientation of the leaf blade and its area significantly affect the photosynthetic activity and, accordingly, the productivity of soft winter wheat plants was confirmed.

Morphotypes with erectoid leaf orientation significantly exceeded the standard variety in terms of the area of the assimilation surface of the flag leaf (by 9,4–10,4 %) and in terms of chlorophyll content in it (by 8,4–9,2 %). The erectoid hybrid form 453-

19 had the highest chlorophyll content in leaves (4,46 mg/g c. m.) and spike (1,10 mg/g c. m.) of plants. The lowest total concentration of chlorophyll (a + b) in inflorescence cells was recorded in plateaus without wax coating 0,68 mg/g c. m. (sample 315-18).

It was established that soft winter wheat hybrids obtained by hybridization of Balkiv forms with alternative traits for genes controlling wax coating of photosynthetic organs, are phenotypically distinguished in the plant population by a dark green color with a barely noticeable wax color and, regardless of the morphotype, have a significantly, by 6,2–28,5 %, higher content of chlorophyll a and b compared to homozygous initial samples. It was found that erectoid forms are characterized by a higher concentration of pigment in plant cells than platophylls. A directly proportional relationship between the area of a flag leaf and the total content of chlorophyll a + b in its cells was confirmed.

Key words: soft winter wheat, erectoids, platophylls, starting material, gene donor, photosynthetic activity, chlorophyll, «wax coating» trait, productivity.

УДК: 634.11:634.1-15:634.1.055:634.1.076
DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-237-245

ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ НОВИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ

М. С. ЯРОВИЙ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

В. В. ЗАМОРСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук

Уманський національний університет садівництва

Наведено результати досліджень з вивчення нових столових, технічних сортів винограду та підщеп селекції ННЦ «ІВІВ ім. В. Є. Таїрова». Визначено площу листкової поверхні кущів, визначено листкову масу насаджень винограду на гектар площі. Наведено врожай сортів винограду на другий рік закладання виноградника.

Ключові слова: сорти винограду, площа листкової поверхні, врожай.

Постановка проблеми. Нові сорти винограду, виведені селекційними установами потребують ретельного вивчення для повноцінного розкриття потенціалу того чи іншого сорту в різних ґрунтово – кліматичних умовах. Досліди зі столовими, технічними сортами та підщепами, які проведені в умовах Правобережного Лісостепу України дають змогу рекомендувати придатних до вирощування у промислових масштабах з урахуванням потреб ринку споживання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними Держстату, 2022 року загальна площа виноградних насаджень у всіх категоріях господарств становила 26 тис. га. Якщо порівняти з до воєнним 2021 роком площі