УДК 581.132

ЗВ'ЯЗОК АКТИВНОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ І ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН У ДВОХ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ РІЗНИХ ПЕРІОДІВ СЕЛЕКЦІЇ

В.В. ФРАНТІЙЧУК, О.О. СТАСИК, Д.А.КІРІЗІЙ

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: o.stasik@yandex.com

Мета. *Дослідження взаємозв'язків між окремими компонентами зернової продуктивності і показниками фотосинтетичної активності прапорцевого листка в репродуктивний період розвитку у рослин високоврожайного сорту новітньої селекції Фаворитка і старого менш продуктивного сорту Миронівська 808.* ***Методи.*** *Інтенсивність фотосинтезу визначали за допомогою оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора ГІАМ-5М, вміст хлорофілу – спектрофотометрично. Залежність між показниками фотосинтезу і продуктивності оцінювали методом кореляційного аналізу.* ***Результати.*** *Встановлено, що перевага сорту новітньої селекції Фаворитка за зерновою продуктивністю над старим сортом Миронівська 808 зумовлена поєднанням кращої озерненості колоса і вищої активності фотосинтезу в період наливання зерна.* ***Висновки.*** *Подовження тривалості активного функціонування прапорцевого листка в репродуктивний період у сучасних високоінтенсивних сортів з підвищеною озерненістю колоса необхідне для забезпечення достатньої виповненості зернівок і реалізації потенціалу врожайності.*

Ключові слова: *Triticum aestivum L., фотосинтез, онтогенез, продуктивність.*

Вступ. Одним з основних факторів подальшого збільшення врожайності зернових культур, і зокрема пшениці, вважають підвищення активності фотосинтетичного апарату [1, 2]. При цьому важливе значення надається збереженню високої фотосинтетичної активності листків на пізніх етапах вегетації, що забезпечує кращі умови наливання зерна і формування високого врожаю. Сорти і генотипи пшениці, які характеризуються уповільненим старінням листків (ознакою функціональної ремонтантності), здебільшого є високопродуктивними [3, 4].

Дослідженнями, проведеними в ряді аграрних регіонів світу, показано підвищення в ході сучасної селекції озимої і ярої пшениці фотосинтетичної активності верхнього листка чи посіву в цілому в період після цвітіння [5–9]. Позитивний кореляційний зв'язок між зростанням урожайності сортів пшениці і активності їхнього фотосинтетичного апарату, зазвичай, розглядають в аспекті донорно-акцепторних відносин як реакцію фотосинтезу (донора асимілятів) на збільшення кількості зерен (акцептора) в колосі чи в розрахунку на одиницю площі посіву. Тобто для більшої кількості зерен у нових сортів необхідна більша кількість асимілятів, що забезпечується підвищенням фотосинтетичної продуктивності за участі генетичних і фізіологічних механізмів за принципом зворотного зв'язку.

© В.В. ФРАНТІЙЧУК, О.О. СТАСИК, Д.А.КІРІЗІЙ, 2014

Водночас, очевидно по мірі підвищення озерненості впродовж селекції співвідношення донор/акцептор у нових сортів пшениці істотно змінюється, що може призводити до появи певного дефіциту асимілятів при наливанні зерна [7, 10]. Так, експерименти, проведені на іспанських сортах різних періодів селекції і новітній високоврожайній лінії, показали, що видалення половини колоса не впливало на масу зернівок у старих сортів, але значно підвищувало її у нової лінії, тоді як у проміжних форм ефект був середнім [6]. Отримані результати свідчать, що по мірі зростання озерненості колоса лімітувальна роль забезпечення асимілятами посилюється. У зв'язку з цим очевидно, що для більш точного з'ясування ролі фотосинтезу як чинника підвищення зернової продуктивності в процесі селекції необхідний аналіз взаємозв'язків між окремими компонентами продуктивності і показниками фотосинтетичної активності.

Крім того, встановлено, що для забезпечення високого врожаю у сучасних сортів з підвищеною озерненістю колоса важливе значення також має ремобілізація запасених у вегетативних органах пластичних речовин і використання їх для наливання зернівок [5, 7]. Водночас, посилення ремонтантності фотосинтетичного апарату може суттєво змінювати умови розподілу і реутилізації фотоасимілятів та елементів живлення між вегетативними і репродуктивними органами рослини, що, в свою чергу, може впливати на формування і наливання зернівок. Темпи старіння і збереження функціональної активності листкового апарату рослин пшениці суттєво залежать від кількості внесених добрив, перш за все азотних [4]. Саме достатньо висока забезпеченість рослин азотом дозволяє високопродуктивним сортам забезпечувати закладку великої кількості зернівок у колосі і їхню високу виповненість завдяки формуванню потужного і активного впродовж вегетації фотосинтетичного апарату [11]. Варто також зазначити, що у зерні пшениці частка азоту, ремобілізованого з вегетативних органів, може складати до 95 % [12].

Останнім часом в Інституті фізіології рослин і генетики Національної академії наук України були створені принципово нові високоінтенсивні сорти озимої пшениці з рекордними показниками врожайності [13]. Виявлено, що новітні сорти інституту характеризуються вищою активністю фотосинтетичного апарату прапорцевого листка та довшим збереженням його функціонування протягом наливання зерна, порівняно із старим, менш продуктивним сортом Миронівська 808, який в другій половині XX століття вважався одним з найкращих сортів озимої пшениці в країнах Східної і Центральної Європи [5].

Метою даної роботи було дослідження взаємозв'язків між окремими компонентами зернової продуктивності і показниками фотосинтетичної активності прапорцевого листка в репродуктивний період розвитку у рослин високоврожайного сорту новітньої селекції Фаворитка і старого, менш продуктивного сорту Миронівська 808.

Матеріали і методи

В експерименті використовували рослини двох сортів озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) різної продуктивності: Фаворитка – сучасний високопродуктивний сорт і Миронівська 808 – менш продуктивний сорт старої селекції.

Після перезимівлі в польових умовах рослини у фазу кущіння пересаджували в вегетаційні посудини Вагнера місткістю 10 кг ґрунту. Кількість рослин у посудині становила 15 шт. Рослини вирощували на вегетаційному майданчику за природного освітлення при різних рівнях основних елементів живлення (NPK): високого – $N_{300}P_{160}K_{160}$ (мг діючої речовини на кг ґрунту) та низького – $N_{80}P_{32}K_{32}$. У варіанті

$N_{300}P_{160}K_{160}$ вносили 5 г нітроамофоски при набиванні посудин ґрунтом, 5 г нітроамофоски на початку фази виходу в трубку і 3 г аміачної селітри в кінці фази виходу в трубку; у варіанті $N_{80}P_{32}K_{32}$ – 2 г нітроамофоски при набиванні посудин і 1 г аміачної селітри в кінці фази виходу в трубку. Вологість ґрунту підтримували на рівні 60–70 % ПВ.

Інтенсивність CO_2- і H_2O-газообміну прапорцевих листків вимірювали впродовж періоду від цвітіння до молочно-воскової стиглості зерна. Показники газообміну визначали за контрольованих умов на установці, змонтованій на базі оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора ГІАМ-5М, увімкненого за диференційною схемою. Невідокремлені від рослин прапорцеві листки розміщували у термостатованій (+ 25 ˚С) камері розміром 3 х 7 см та освітлювали лампою розжарювання КГ-2000 через водяний теплофільтр для усунення інфрачервоної радіації у спектрі її випромінювання. Густина променевого потоку на рівні листків становила 400 Вт/м^2 ФАР. Через камеру продували атмосферне повітря зі швидкістю 1 л/хв.

Інтенсивність фотосинтезу реєстрували через 40–50 хв. після розміщення листка у камері, коли показники газообміну виходили на стаціонарний рівень. Інтенсивність транспірації вимірювали термоелектричним мікропсихрометром за різницею вологості повітря на вході та виході із камери. Інтенсивність фотодихання оцінювали за викидом CO_2 листком протягом 1 хв. після вимкнення світла. Розрахунки показників газообміну проводили згідно зі стандартною методикою [14].

Вміст хлорофілу визначали спектрофотометрично після екстракції пігментів диметилсульфоксидом (ДМСО) згідно з методикою, наведеною в роботі [15].

По завершенні вегетації в фазу повної стиглості зерна визначали елементи зернової продуктивності головного пагона і рослини. Повторність досліду 6-кратна, аналітична повторність визначень 3-кратна. Дані обробляли статистично за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. У таблицях і на рисунках наведено величини середніх арифметичних значень і їхні стандартні похибки.

Результати та обговорення

Досліджувані сорти озимої пшениці суттєво відрізнялися за показниками фотосинтетичного апарату прапорцевого листка. Сучасний високопродуктивний сорт Фаворитка характеризувався вищою інтенсивністю фотосинтетичної фіксації CO_2 за обох рівнів живлення незалежно від фази онтогенезу (рисунок, *а* і *б*). У фазу цвітіння інтенсивність фотосинтезу високопродуктивного сорту була на 20–25 % вища, ніж у менш продуктивного сорту Миронівська 808. У даній фазі швидкість асиміляції CO_2 в обох сортів практично не залежала від дози внесених добрив. У фазу молочно-воскової стиглості відмінності між сортами за інтенсивністю фотосинтезу були значно більшими і залежали від рівня мінерального живлення. На високому фоні добрив інтенсивність фотосинтезу в сорту Фаворитка була на 70 %, а на низькому – на 108 % вищою, ніж в сорту Миронівська 808.

Важливо зазначити, що у сучасного сорту за високого рівня живлення активність фотосинтетичного апарату прапорцевого листка в фазу молочно-воскової стиглості була такою ж, як і в фазу цвітіння. За низького забезпечення елементами живлення фотосинтетична активність в даного сорту за вказаний період знижувалася на 11 %. У сорту Миронівська 808 за цей же час активність фотосинтезу знижувалася значно сильніше, на 30 % за високого рівня живлення і більш ніж в два рази за низького. Тривале збереження фотосинтетичної активності у сорту Фаворитка може бути зумовлене наявністю в геномі

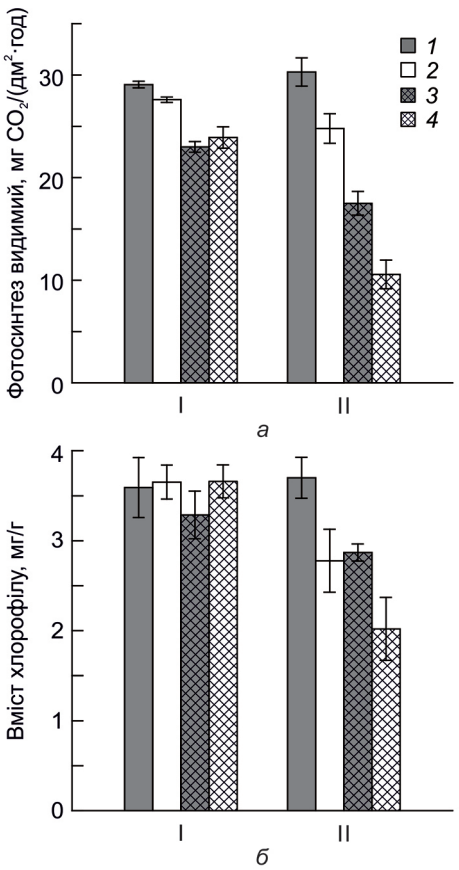

Рисунок. Інтенсивність фотосинтезу (а) і вміст хлорофілу (б) у прапорцевого листка у фазах цвітіння (I) та молочно-воскової стиглості (II): 1 – Фаворитка ($N_{300}P_{160}K_{160}$); 2 – Фаворитка ($N_{80}P_{32}K_{32}$); 3 – Миронівська 808 ($N_{300}P_{160}K_{160}$); 4 – Миронівська 808 ($N_{80}P_{32}K_{32}$)

пшенично-житньої транслокації 1BL.1RS [16]. Ознака ремонтантності (stay-green phenotype) у генотипів, що мають пшенично-житню транслокацію 1BL.1RS, описана нещодавно китайськими дослідниками [17].

На відміну від інтенсивності фотосинтезу досліджувані сорти в фазу цвітіння не відрізнялися за вмістом хлорофілу в прапорцевому листку (рисунок, *б*). За цим показником у даний період не було також відмінностей і за рівнем живлення. Проте зміни вмісту хлорофілу в онтогенезі листка в сортів були різними і суттєво залежали від забезпеченості мінеральними елементами. У високопродуктивного сорту за високого рівня добрив вміст хлорофілу в фазу молочно-воскової стиглості залишався таким же, як і в фазу цвітіння, а за низького – знижувався на 24 %. У сорту Миронівська 808 зниження вмісту хлорофілу було істотнішим – 13 і 45 %, відповідно. Як результат, в кінці наливу зерна сорт Фаворитка мав більший за сорт Миронівська 808 вміст зелених пігментів у прапорцевому листку на 29 % при високому фоні мінерального живлення і на 37 % – при низькому.

Сучасний сорт Фаворитка перевищував сорт Миронівська 808 за зерновою продуктивністю головного колоса і цілої рослини (табл. 1). Підвищення фону мінерального живлення збільшувало зернову продуктивність колоса і рослини в сучасного сорту Фаворитка, але практично не викликало змін у сорту Миронівська 808. При цьому, маса зерна і кількість зерен з головного пагона і цілої рослини у сорту Фаворитка навіть за низького фону добрив були більшими, ніж у сорту Миронівська 808 за високого. Як видно з даних, наведених у таблиці, продуктивність колоса головного пагона у сучасного сорту переважала показник у сорту Миронівська 808 як за рахунок збільшення кількості зерен, так і їх маси. При цьому значення останнього показника посилювалося на високому фоні мінерального живлення. Маса 1000 зерен, що характеризує виповненість зерна, була більшою в сорту Фаворитка порівняно з Миронівською 808 на 13 і 29 % при низькому і високому рівні живлення, відповідно. Даний показник не відрізнявся у варіантів сорту Миронівська 808, вирощених за різного рівня NPK. Важливо відзначити, що кількість зерен в колосі, яку можна розглядати як показник його атрагуючої сили, у сорту Фаворитка була істотно більшою, ніж

Таблиця 1. Показники зернової продуктивності рослин озимої пшениці сортів Миронівська 808 і Фаворитка за різного рівня мінерального живлення

Варіант	Головний пагін			Ціла рослина		
	I	II	III	I	II	III
Фаворитка						
$N_{80}P_{32}K_{32}$	1,30±0,08	31±2	43,69±3,02	3,18±0,19	83±7	41,31±3,46
$N_{300}P_{160}K_{160}$	1,62±0,06	31±1	52,63±0,95	3,53±0,25	74±8	49,93±1,62
Миронівська 808						
$N_{80}P_{32}K_{32}$	0,95±0,05	24±1	38,71±1,05	2,09±0,16	62±4	34,03±1,06
$N_{300}P_{160}K_{160}$	0,97±0,05	24±1	40,72±1,39	2,28±0,15	65±4	35,20±1,32

Примітка. I – маса зерна, г; II – кількість зерен, шт.; III – маса 1000 зерен, г

Таблиця 2. Дисперсійний аналіз впливу сорту і рівня мінерального живлення на компоненти структури зернової продуктивності

Фактор	F-критерій Фішера			
	фактичний			теоретичний
	маса зерна	кількість зерен	маса 1000 зерен	05
Головний пагін				
Сорт (a)	54,66	30,73	20,08	4,01
Рівень мінерального живлення (b)	6,43	0,03	8,43	4,01
Взаємодія (ab)	4,72	0,15	3,38	4,01
Рослина				
Сорт (a)	32,95	5,94	25,63	4,01
Рівень мінерального живлення (b)	1,76	0,23	5,07	4,01
Взаємодія (ab)	0,18	1,09	2,94	4,01

у сорту Миронівська 808, і не змінювалася залежно від рівня мінерального живлення в обох сортів.

Дисперсійний аналіз отриманих даних показав, що в нашому досліді відмінності між варіантами за зерновою продуктивністю значно сильніше визначалися сортом (табл. 2). Рівень внесення добрив впливав на зернову продуктивність колоса, але тільки завдяки впливу на виповненість зерна, що було зумовлено, очевидно, підтриманням активності фотосинтетичного апарату впродовж наливання зернівок. У той же час кількість зерен в даному досліді практично не залежала від фону мінерального живлення, що вказує на значно більшу генотипну детермінованість даної ознаки порівняно з виповненістю зерен. Сортова специфіка реакції на рівень мінерального живлення (взаємодія факторів) також суттєво впливала на продуктивність головного пагона, хоча її вплив на окремі компоненти структури врожаю був недостовірним.

Кореляційний аналіз взаємозв'язків компонентів структури зернової продуктивності проводився окремо для даних кожного варіанта досліду і в об'єднаних вибірках даних (табл. 3). Як видно з результатів, наведених у таблиці, в загальній вибірці кількість зерен і маса 1000 зерен однаково впливали на зернову продуктивність колоса. Високі значення коефіцієнтів кореляції зумовлені значною перевагою сорту Фаворитка, особливо на високому фоні живлення, над показниками сорту Миронів-

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляції між показниками структури зернової продуктивності колоса головного пагона для окремих варіантів і узагальненої вибірки

Варіант	Кількість зерен – маса зерна	Кількість зерен – маса 1000 зерен	Маса зерна – маса 1000 зерен
Миронівська 808, $N_{80}P_{32}K_{32}$	0,874*	0,262	0,693*
Миронівська 808, $N_{300}P_{160}K_{160}$	0,830*	0,371	0,822*
Миронівська 808, $N_{80}P_{32}K_{32}$–$N_{300}P_{160}K_{160}$	0,836*	0,288	0,701*
Фаворитка, $N_{80}P_{32}K_{32}$	0,321	-0,434*	0,692*
Фаворитка, $N_{300}P_{160}K_{160}$	0,897*	0,153	0,570*
Фаворитка, $N_{80}P_{32}K_{32}$–$N_{300}P_{160}K_{160}$	0,475*	-0,268	0,762*
Узагальнені дані всіх варіантів	0,924*	0,803*	0,971*

Примітка. * Кореляція достовірна при $P < 0,05$.

ська 808. При цьому між обома компонентами продуктивності колоса відзначалась тісна позитивна кореляція. Водночас, коефіцієнти кореляцій варіабельності показників у окремих рослин у межах одного і того ж варіанта були значно меншими і неоднаковими. Сорт Фаворитка за низького рівня мінерального живлення виділявся достатньо вираженим негативним зв'язком між кількістю зерен і їх виповненістю, що зменшувало коефіцієнти кореляції цих показників із зерновою продуктивністю колоса, а також вказує на ймовірний дефіцит асимілятів під час наливу зерна. У даному варіанті, чим більше в колосі було зерен, тим гірше вони були виповнені, і тому краща озерненість не забезпечувала більшої маси зерна з колоса. У сорту Миронівська 808 при генетично детермінованій меншій озерненості колоса слабка позитивна кореляція між кількістю зерен і їхньою виповненістю свідчить про відсутність нестачі асимілятів під час наливу зерна. Це зумовило також вищі коефіцієнти кореляційного зв'язку кількості зерен та маси 1000 зерен з масою зерна з колоса.

Ключові характеристики фотосинтетичного апарату прапорцевого листка, вміст хлорофілу та інтенсивність фотосинтезу позитивно корелювали із зерновою продуктивністю головного пагона та цілої рослини (табл. 4). Цікаво зазначити, що вміст хлорофілу у фазу цвітіння тісніше корелював з кількістю зерен, ніж з масою 1000 зерен, а в фазу молочно-воскової стиглості, навпаки, тіснішою була кореляція з показником виповненості зерен. Очевидно це відображає залежність між формуванням компонентів структури врожаю і функціональною здатністю фотосинтетичного апарату на певних етапах вегетації.

Разом з тим, інтенсивність фотосинтезу тісно корелювала з показниками структури зернової продуктивності рослин незалежно від фази, в якій проводилися вимірювання, що може пояснюватися як регуляторним впливом в донорно-акцепторній системі, так і незалежною від акцептора генетично детермінованою вищою активністю фотосинтетичного апарату в більш продуктивного сорту Фаворитка та позитивним впливом рівня добрив на фотосинтез і продуктивність. З одного боку, більша озерненість колоса може стимулювати вищу інтенсивність фотосинтезу як на початку репродуктивного періоду, так і на пізніх етапах завдяки підвищеному запиту на асиміляти, а з іншого, краща здатність зберігати активність фотосинтетичного апарату в кінці вегетації краще забезпечує наливання зерна. Проте виявлено, що сучасний сорт Фаворитка також характеризується вищою активністю фотосинтезу листків нижніх ярусів, ніж Миронівська 808, в пе-

Таблиця 4. Коефіцієнти кореляційного зв'язку між показниками фотосинтетичного апарату в фази цвітіння і молочно-воскової стиглості (МВС) та зернової продуктивності рослин контрастних за продуктивністю сортів озимої пшениці Миронівська 808 і Фаворитка

Показник	Кількість зерен	Маса зерна	Маса 1000 зерен	Кількість зерен	Маса зерна	Маса 1000 зерен
	Головний пагін			Рослина		
Вміст хлорофілу						
Цвітіння	0,542	0,362	0,187	0,366	0,347	0,299
МВС	0,645	0,846	0,922*	0,460	0,817	0,880
Інтенсивність фотосинтезу						
Цвітіння	0,982*	0,966*	0,876	0,776	0,971*	0,939*
МВС	0,889	0,943*	0,919*	0,765	0,973*	0,940*

Примітка. * Кореляція достовірна при $P < 0,05$.

ріод швидкого вегетативного росту за відсутності лімітування зі сторони акцептора асимілятів [5]. Крім того, здатність зберігати фотосинтетичну активність листків на пізніх етапах онтогенезу рослини (ремонтантність) є незалежно від сили акцептора генетично детермінованою ознакою [18]. Вона не завжди позитивно корелює з зерновою продуктивністю пшениці [4]. Тісніший кореляційний зв'язок вмісту хлорофілу в фазу молочно-воскової стиглості з масою 1000 зерен порівняно з кількістю зерен в нашому досліді свідчить, що наливання зерна сильніше залежало від стану фотосинтетичного апарату в кінці вегетації, ніж останній від кількості зернівок у колосі.

У сучасній літературі домінує уявлення про акцептор-залежне лімітування врожайності пшениці, тобто що зернова продуктивність визначається кількістю зерен і розмірами зернівки, які, в свою чергу, зумовлюють таку активність фотосинтезу в репродуктивний період, яка необхідна для забезпечення наливання зернівок у більш продуктивних сортів (варіантів) [7, 10, 19]. Проте цій концепції суперечать виявлені в дослідженнях часті випадки негативної кореляції між кількістю зерен і їхньою виповненістю [6, 20], які є свідченням недостатності забезпечення асимілятами наливання зернівок та вказують на незалежне від сили акцептора детермінування фотосинтетичної активності і її самостійну важливість для формування зернової продуктивності [11].

У нашому досліді для узагальненої вибірки даних, в якій варіабельність ознак визначалася значними міжсортовими відмінностями, отримано позитивну кореляцію між компонентами структури зернової продуктивності, що відображає перевагу сорту Фаворитка як за озерненістю колоса, так і за забезпеченістю асимілятами під час наливання зерна. Проте для мінливості, зумовленої внесенням добрив, та індивідуальної біологічної варіабельності рослин цього сорту, особливо, за низького рівня живлення виявлена негативна залежність. Очевидно, висока генетично детермінована озерненість колоса в сорту Фаворитка вимагає підвищеного забезпечення асимілятами і зумовлює донор-залежне лімітування продуктивності його рослин. Тому активне функціонування фотосинтетичного апарату в репродуктивний період, збереженню якого сприяють високі дози мінерального живлення, є необхідною умовою реалізації потенціалу продуктивності цього високопродуктивного сорту. Проте воно є менш важливою ознакою для старого сорту Миронівська 808 з меншою озерненістю колоса. Крім того, показано, що сорт Фаворитка характеризується значно більшою, порівняно з Миронівською 808,

ремобілізацією депонованих у стеблі асимілятів, що очевидно є також необхідним для забезпечення наливання зерна [21].

Виходячи з отриманих даних, можна припустити, що для нових сортів пшениці з високою озерненістю колоса ремонтантність і ефективна ремобілізація асимілятів стебла є необхідними для формування високої зернової продуктивності, яка лімітується сумісно як силою акцептора, так і здатністю донора забезпечувати асиміляти. Схожий висновок зроблено також іспанськими дослідниками [6], які виявили недостатню забезпеченість зернівок асимілятами саме в новітньої високопродуктивної лінії, чого не спостерігалося в сортів старої селекції.

Висновки

Таким чином, перевага сорту новітньої селекції Фаворитка за зерновою продуктивністю над старим сортом Миронівська 808 зумовлена поєднанням кращої озерненості колоса і вищої активності фотосинтетичного апарату. Подовження тривалості активного функціонування прапорцевого листка в репродуктивний період у сорту Фаворитка, особливо в умовах високого рівня мінерального живлення, забезпечувало виповненість зернівок і формування більшої продуктивності колоса порівняно з сортом старої селекції Миронівська 808.

Перелік літератури

1. *Parry M., Reynolds M.* Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency // J. Exp. Bot. – 2010. – Vol. 62, № 2. – P. 453–467.
2. *Моргун В.В., Кірізій Д.А.* Перспективи та сучасні стратегії поліпшення фізіологічних ознак пшениці для підвищення продуктивності // Физиология и биохимия культ. растений. – 2012. – Т. 44, № 6. – С. 463–483.
3. *Wu X.Y., Kuai B.K., Jia J.Z. et al.* Regulation of leaf senescence and crop genetic improvement // J. Integr. Plant Biol. – 2012. – Vol. 54, № 12. – P. 936–952.
4. *Gregersen P.L., Culetic A., Boschian L. et al.* Plant senescence and crop productivity // Plant Mol. Biol. – 2013. – Vol. 82, № 6. – P. 603–622.
5. *Кірізій Д.А., Шадчина Т.М., Стасик О.О. та ін.* Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимої пшениці. – К.: Основа, 2011. – 416 с.
6. *Acreche M.M., Slafer G.A.* Grain weight, radiation interception and use efficiency as affected by sink-strength in Mediterranean wheats released from 1940 to 2005 // Field Crops Res. – 2009. – Vol. 110, № 2. – P. 98–105.
7. *Fischer R.A.* Understanding the physiological basis of yield potential in wheat // J. Agric. Sci. – 2007. – Vol. 145, № 2. – P. 99–113.
8. *Davies W.J., Zhang J., Yang J. et al.* Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture // J. Agric. Sci. – 2011. – Vol. 149. – P. 123–131.
9. *Zheng T.C., Zhang X.K., Yin G.H. et al.* Genetic gains in grain yield, net photosynthesis and stomatal conductance achieved in Henan Province of China between 1981 and 2008 // Field Crops Res. – 2011. – Vol. 122, № 3. – P. 225–233.
10. *Foulkes M.J., Slafer G.A., Davies W.J. et al.* Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance // J. Exp. Bot. – 2011. – Vol. 62, № 2. – P. 469–486.
11. *Sinclair T.R., Jamieson P.D.* Yield and grain number of wheat: A correlation or causal relationship? Authors' response to «The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson» by R.A. Fischer // Field Crops Res. – 2008. – Vol. 105, № 1–2. – P. 22–26.
12. *Gaju O., Reynolds M.P., Sparkes D.L. et al.* Relationships between physiological traits, grain number and yield potential in a wheat DH population of large spike phenotype. // F. Crop. Res. – 2014. – Vol. 164. – P. 126–135.
13. *Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В., Омельяненко О.А.* Клуб 100 центнерів. Сорти та технології вирощування високих урожаїв озимої пшениці. Видання VI. – К.: Логос, 2011. – 121 с.
14. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения. / Под ред. А.Т. Мокроносова, А.Г. Ковалева – М.: Агропромиздат, 1989. – 460 с.
15. *Wellburn A.R.* The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. Plant Physiol. – 1994. – Vol. 144, № 3. – P. 307–313.
16. *Моргун Б.В., Степаненко А.І., Чугункова Т.В. та ін.* Молекулярне визначення локалізації житніх транслокацій у сортах м'якої пшениці та їх цито-

логічна характеристика // Физиология растений и генетика. – 2014. – Т. 46, № 4. – С. 319–324.
17. *Luo P.G., Zhang H.Y., Shu K. et al.* The physiological genetic effects of 1BL/1RS translocated chromosome in «stay green» wheat cultivar CN17 // Can. J. Plant Sci. – 2009. – Vol. 89, № 1. – P. 1–10.
18. *Thomas H., Ougham H.* The stay-green trait // J. Exp. Bot. – 2014. – Vol. 65, № 14. – P. 3889–3900.
19. *Reynolds M., Foulkes M.J., Slafer G.A. et al.* Raising yield potential in wheat // Journal of Experimental Botany. – 2009. – Vol. 60, № 7. – P. 1899–1918.
20. *Reynolds M.P., Pellegrineschi A., Skovmand B.* Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat // Annals of Applied Biology. – 2005. – Vol. 146, № 1. – P. 39–49.
21. *Крупа Н.М., Кірізій Д.А.* Депонувальна функція стебла як складова продукційного процесу озимої пшениці // Физиология и биохимия культ. растений. – 2011. – Т. 43, № 4. – С. 324–331.

Представлено О.В. Дубровною
Надійшла 19.11.2014

СВЯЗЬ АКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА И ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ДВУХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ СЕЛЕКЦИИ

В.В. Франтийчук, О.О. Стасик, Д.А. Киризий

Институт физиологии растений и генетики
Национальной академии наук Украины
Украина, 03022, г. Киев, ул. Васильковская, 31/17
e-mail: o.stasik@yandex.com

Цель. Исследование взаимосвязей между отдельными компонентами зерновой продуктивности и показателями фотосинтетической активности флагового листа в репродуктивный период развития у растений высокоурожайного сорта новой селекции Фаворитка и старого менее продуктивного сорта Мироновская 808. **Методы.** Интенсивность фотосинтеза определяли с помощью оптико-акустического инфракрасного газоанализатора ГИАМ-5М, содержание хлорофилла – спектрофотометрически. Зависимость между показателями фотосинтеза и продуктивности оценивали методом корреляционного анализа. **Результаты.** Установлено, что преимущество сорта новой селекции Фаворитка по зерновой продуктивности над старым сортом Мироновская 808 обусловлено сочетанием лучшей озернённости колоса и высокой активности фотосинтеза в период налива зерна. **Выводы.** Увеличение продолжительности активного функционирования флагового листа в репродуктивный период у современных высокоинтенсивных сортов с повышенной озернённостью колоса необходимо для обеспечения достаточной выполненности зерновок и реализации потенциала урожайности.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., фотосинтез, онтогенез, продуктивность.

RELATIONSHIP BETWEEN PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND GRAIN PRODUCTIVITY IN TWO WINTER WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT BREEDING PERIODS

V.V. Frantiychuk, O.O. Stasik, D.A. Kiriziy

Institute of Plant Physiology and Genetics,
National Academy of Sciences of Ukraine
Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylkivska str, 31/17
e-mail: o.stasik@yandex.com

Aim. Studies of the relationship between the components of ear grain productivity and flag leaf photosynthetic activity in the reproductive period in modern high-yielding variety Favorytka and old less productive variety Myronivska 808. **Methods.** The intensity of photosynthesis was determined using infrared gas analyzer GIAM-5M and chlorophyll content by spectrophotometer. Relationship between photosynthesis and productivity indices was evaluated by correlation analysis. **Results.** It was shown that the superiority in grain productivity of modern breeding variety Favorytka over the old one Myronivska 808 resulted from a combination of greater grain number per spike and higher photosynthetic activity during grain filling. **Conclusions.** Extending the active functioning of flag leaf in modern high-yielding varieties with high grain number per spike is necessary to ensure sufficient grain filling and realization of yield potential.

Keywords: *Triticum aestivum* L., photosynthesis, ontogeny, productivity.