

УДК 581.132:633.11

ВПЛИВ УМОВ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ФОТОСИНТЕЗ, ПРОДУКТИВНІСТЬ І БІЛКОВІСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

І.М. ШЕГЕДА, В.М. ПОЧИНОК, Д.А. КІРІЗІЙ, Т.П. МАМЕНКО

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: igor.shegeda@ukr.net*

У вегетаційному досліді із сортами пшениці м'якої озимої Астарта, Київська остиста, Малинівка створювали різні умови мінерального живлення: 1) високий фон мінерального живлення ($N_{160}P_{160}K_{160}$ мг діючої речовини на 1 кг ґрунту); 2) високий фон із позакореневим підживленням карбамідом одразу після цвітіння; 3) низький фон мінерального живлення ($N_{32}P_{32}K_{32}$); 4) низький фон із позакореневим підживленням карбамідом. Показано, що високий фон мінерального живлення та позакоренева обробка карбамідом чинили позитивний вплив на функціонування фотосинтетичного апарату, а також на продуктивність і якість зерна пшениці. Інтенсивність фотосинтезу, зернова продуктивність і збір білка були найвищими в рослин сорту Астарта, хоча білковість зерна була дещо меншою, ніж в інших двох сортів. За показниками продуктивності та білковості сорти Київська остиста і Малинівка краще реагували на позакореневе підживлення азотом, ніж Астарта. Рослини, вирощувані за низького фону мінерального живлення, мали менші значення інтенсивності фотосинтезу, маси зерна, вмісту і збору білка. За цих умов додаткове підживлення карбамідом також чинило позитивний вплив, але недостатній, щоб компенсувати нестачу азоту в ґрунті.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., озима пшениця, мінеральне живлення, фотосинтез, позакореневе підживлення, азот, продуктивність, білковість зерна.

Якість зерна залежить від генотипних особливостей, сукупної дії багатьох погодно-кліматичних, ґрунтових, технологічних чинників, попередників, фази розвитку і тривалості перестоювання посівів [1, 3, 4, 8]. На процеси накопичення білка в зерні значною мірою впливають рівні запасів азоту та сірки у тканинах рослини. Азотний метаболізм пов'язаний з асиміляційною здатністю фотосинтетичного апарату. Активні фотосинтез і транспірація сприяють надходженню азоту в надземну частину з коренів і з ґрунту [7]. Роль фотосинтезу полягає, по-перше, у забезпеченні енергією процесів поглинання мінеральних форм азоту, відновлення нітратів і включення відновленого азоту до складу органічних сполук, а також їхнього транспорту до місць утилізації або проміжного депонування. По-друге, процес фотосинтезу забезпечує надходження вуглецевих скелетів для синтезу амінокислот та інших азотовмісних сполук. По-третє, фотосинтетичний апарат сам по собі є дуже містким резервуаром різних органічних форм азоту, починаючи з хлорофілу й закінчуючи головним ферментом асиміляції CO_2 — РБФК/О [14].

Відтік азотовмісних сполук до зерна в процесі його наливання відбувається з вегетативних органів, у першу чергу з листків. Тому спостерігається кореляція між вмістом азоту в листках і вмістом білка в зерні [2, 19]. Крім того, продуктивність роботи фотосинтетичного апарату визначає врожайність рослин [5, 6]. Негативний зв'язок врожайності з вмістом білка в зерні багато в чому визначається координацією процесів фотосинтезу та реутилізації азоту з вегетативних органів протягом періоду наливання зерна [9, 13, 16].

Позакореневе підживлення азотом у період після цвітіння сприяє підвищенню його вмісту в зерні й подовженню активного функціонування фотосинтетичного апарату внаслідок зменшення конкуренції за азотовмісні сполуки між ним і зернівками [6, 17].

Дослідження функціонального стану фотосинтетичного апарату пшениці несуть цінну інформацію про перебіг продукційного процесу та формування якості зерна [13—15]. Зв'язок параметрів фотосинтетичного апарату одночасно з якістю і кількістю врожаю є підставою для поглибленого вивчення його генотипних особливостей та пошуку засобів оптимізації процесів асиміляції CO_2 й азотного живлення.

Метою роботи було дослідження впливу фону мінерального живлення та позакореневого підживлення карбамідом на газообмін листків рослин озимої пшениці різних сортів, їх зернову продуктивність і білковість.

Методика

Рослини трьох сортів пшениці м'якої озимої селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України — Астарта, Київська остиста, Малинівка — після перезимівлі в природних умовах пересадили навесні у стадії кушіння у вегетаційні посудини на 10 кг ґрунту (по 20 рослин у посудину). Рослини вирощували за двох фонів мінерального живлення — високого та низького. У першому випадку в посудини при набиванні вносили мінеральні добрива у формі нітроамофоски з розрахунку $\text{N}_{160}\text{P}_{160}\text{K}_{160}$ мг/кг ґрунту. В посудини із низьким фоном мінерального живлення при набиванні вносили $\text{N}_{32}\text{P}_{32}\text{K}_{32}$ мг/кг ґрунту. Отже, доза внесених добрив за низького фону мінерального живлення була у 5 разів меншою за оптимальну. Посудини розміщували на стелажі вегетаційного майданчика за природного освітлення, вологість ґрунту підтримували на рівні 60—70 % ПВ поливом згори і в трубку. Дослід було закладено у шестиразовій повторності.

Наприкінці фази цвітіння частину рослин позакоренево підживили азотом обприскуванням розчином карбаміду з розрахунку 7 кг/га діючої речовини (виходячи з кількості оброблених рослин). Таким чином, для кожного сорту було сформовано по 4 варіанти: а) високий фон мінерального живлення; б) високий фон мінерального живлення, обробка карбамідом; в) низький фон мінерального живлення; г) низький фон мінерального живлення, обробка карбамідом.

Показники газообміну прапорцевих листків вимірювали у фази молочної й молочно-воскової стиглості за контрольованих умов на установці, змонтованій на базі оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора ГІАМ-5М, увімкненого за диференційною схемою. При цьому через одну кювету газоаналізатора (порівняльну) постійно прокачували атмосферне повітря, а через іншу — повітря, яке пройшло

через камеру з листком (у режимі вимірювання) або також атмосферне повітря (у режимі перевірки положення нуля приладу). Невідокремлені від рослин листки вміщували у термостатовану (+25 °С) камеру розміром 3 × 7 см (по 2 листки з різних рослин паралельно), яку освітлювали лампою розжарювання КГ-2000 крізь водяний фільтр завтовшки 20 см для усунення надлишку інфрачервоної радіації у спектрі її випромінювання. Густина променевого потоку на рівні листків становила 400 Вт/м² фотосинтетично активної радіації (ФАР). Через камеру продували атмосферне повітря зі швидкістю 1 л/хв, яке потім подавали в газоаналізатор. Інтенсивність фотосинтезу реєстрували через 40–50 хв після розміщення листків у камері, коли вони адаптувалися до умов експерименту і показники поглинання CO₂ виходили на стаціонарний рівень. Інтенсивність транспірації розраховували за показаннями термоелектричного мікропсихрометра, який вимірював різницю вологості повітря на вході та виході камери з листками. Показники газообміну обчислювали за стандартними методиками [11].

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках визначали безмацераційним методом їх екстрагування диметилсульфоксидом із наступним вимірюванням коефіцієнтів екстинкції отриманих розчинів на спектрофотометрі [18].

За повної стиглості розраховували масу зерна з рослини і вміст у ньому білка. Вміст білка встановлювали за допомогою приладу Inframatic 8600 фірми Perten Instruments (Швеція).

Вимірювання інтенсивності газообміну, відбір проб і біохімічні аналізи проводили у триразовій повторності. Отримані дані оброблено статистично за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. На рисунках і в таблицях наведено середні значення та їх стандартні відхилення.

Результати та обговорення

У фазу молочної стиглості пшениці через тиждень після позакореневого підживлення карбамідом рослин усіх сортів за високого фону мінерального живлення не виявлено різниці за вмістом хорофілів між варіантами обробки (табл. 1). Водночас за низького фону позакореневе підживлення спричинило істотне підвищення цього показника у всіх сортів на 20–35 %.

За низького фону мінерального живлення в оброблених карбамідом рослин сорту Малинівка вірогідно підвищився також вміст каротиноїдів (на 7–20 %), у інших сортів — на рівні тенденції. Проте за високого фону в аналогічних варіантах у всіх сортів, навпаки, спостерігалась тенденція до зменшення цього показника. Якихось чітких генотипних відмінностей за реакцією вмісту фотосинтетичних пігментів на позакореневе підживлення карбамідом у фазу молочної стиглості не виявлено.

У фазу молочно-воскової стиглості рослини за низького фону мінерального живлення практично втратили хлорофіл, тому в табл. 1 наведено дані тільки для варіантів із високим фоном. У цей період у рослин пшениці сортів Київська остиста і Малинівка вміст хлорофілу зменшився порівняно з його вмістом у фазу молочної стиглості, тоді як у сорту Астарта він був стабільніший. Водночас обробка карбамідом сприяла збереженню цього показника на вищому рівні, в результаті чого відбулася диференціація між варіантами обробки, на відміну від

ТАБЛИЦЯ 1. Вміст фотосинтетичних пігментів (мг/г сирової речовини) у прапорцевих листках рослин озимої пшениці сортів Астарта, Київська остиста, Малинівка залежно від фону мінерального живлення і позакореневої обробки карбамідом

Варіант досліджу	Фаза розвитку					
	Молочна стиглість			Молочно-воскова стиглість		
	Хл а	Хл b	car	Хл а	Хл b	car
Астарта						
В	3,43±0,17	0,96±0,05	0,80±0,04	3,08±0,15	0,97±0,05	0,83±0,04
В + К	3,31±0,17	0,99±0,05	0,74±0,04	3,38±0,17*	0,88±0,04*	0,92±0,05*
Н	0,89±0,04	0,29±0,01	0,30±0,02	–	–	–
Н + К	1,17±0,06*	0,38±0,02*	0,32±0,02	–	–	–
Київська остиста						
В	3,47±0,17	1,04±0,05	0,77±0,04	2,28±0,11	0,62±0,03	0,69±0,03
В + К	3,41±0,17	1,07±0,05	0,72±0,04	2,46±0,12*	0,62±0,03	0,77±0,04*
Н	1,21±0,06	0,42±0,02	0,38±0,02	–	–	–
Н + К	1,52±0,08*	0,44±0,02	0,42±0,02	–	–	–
Малинівка						
В	3,24±0,16	0,96±0,05	0,73±0,04	2,34±0,12	0,62±0,03	0,63±0,03
В + К	3,16±0,16	0,98±0,05	0,70±0,04	2,95±0,15*	0,71±0,04*	0,86±0,04*
Н	1,01±0,05	0,32±0,02	0,32±0,02	–	–	–
Н + К	1,36±0,07*	0,43±0,02*	0,40±0,02*	–	–	–

Примітка. Тут і в табл. 2: В – високий фон; В + К – високий фон, обробка карбамідом; Н – низький фон; Н + К – низький фон, обробка карбамідом; * – різниця в разі обробки карбамідом за однакового фону живлення достовірна при $p \leq 0,05$; різниця між показниками за високого і низького фонів живлення достовірна для всіх сортів за $p \leq 0,05$.

фази молочної стиглості. Найсильніше цей ефект був виражений у сорту Малинівка.

Вміст каротиноїдів у листках за підживлення карбамідом підвищився у фазу молочно-воскової стиглості на 10–35 %, на відміну від згаданої вище тенденції до зниження їх вмісту у фазу молочної стиглості. Причому, якщо вміст хлорофілу за підживлення, хоча й повільніше, але знижувався, то вміст каротиноїдів був стабільнішим, а за обробки карбамідом підвищувався навіть понад значення, що спостерігались у фазу молочної стиглості, на 5–25 % залежно від сорту.

Виявлено, що через тиждень після позакореневого підживлення карбамідом інтенсивність фотосинтезу оброблених рослин була вищою, ніж необроблених (рис. 1). Найсильніше цей ефект був виражений у сорту Астарта за низького фону мінерального живлення та у сорту Малинівка за високого. Загалом за низького фону мінерального живлення інтенсивність фотосинтезу листків була вдвічі меншою, ніж за високого. За однакового фону живлення цей показник у рослин сортів Астарта і Київська остиста був практично однаковим і перевищував такий сорту Малинівка.

Оскільки у фазу молочної стиглості пшениці через тиждень після позакореневого підживлення карбамідом у рослин усіх сортів за високого фону мінерального живлення різниці за вмістом хлорофілів між

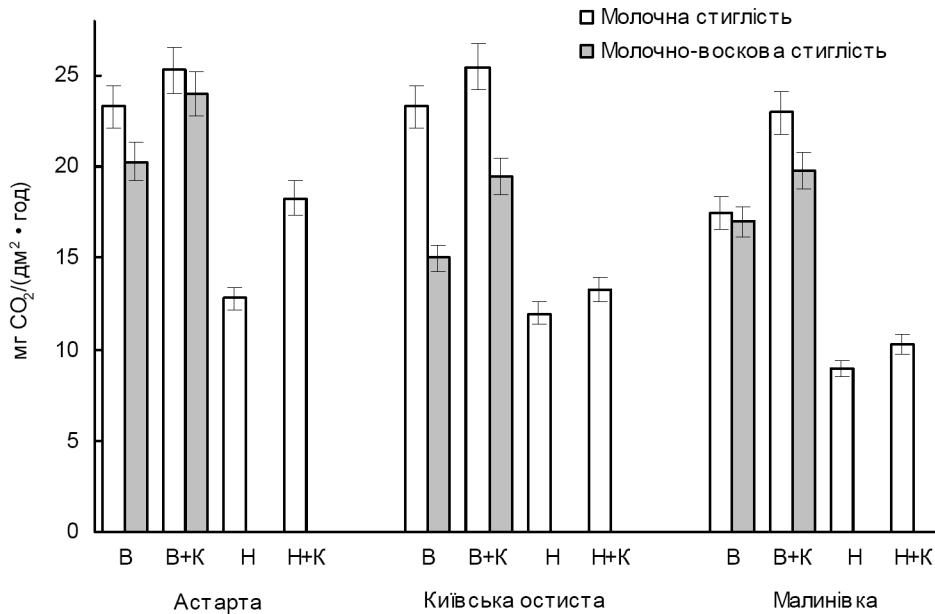


Рис. 1. Інтенсивність фотосинтезу прапорцевих листків рослин озимої пшениці різних сортів залежно від фону мінерального живлення і позакореневої обробки карбамідом. Тут і на рис. 2:

В — високий фон; В + К — високий фон, обробка карбамідом; Н — низький фон; Н + К — низький фон, обробка карбамідом

варіантами не виявлено, можна припустити, що за високого фону мінерального живлення рослини достатньо забезпечені хлорофілом, і тенденція до підвищення інтенсивності фотосинтезу, яка спостерігалась у підживлених рослин (див. рис. 1), зумовлена включенням додаткового азоту в білки фотосинтетичного апарату, пов'язані з асиміляцією CO₂. Водночас врахувавши, що однією з головних функцій каротиноїдів є захист фотосинтетичного апарату від надлишку світла за умов, коли асиміляція CO₂ гальмується якимись зовнішніми або внутрішніми чинниками [10], логічно припустити, що посилення асиміляції CO₂ при підживленні рослин карбамідом за високого фону мінерального живлення і сталого вмісту хлорофілу сприяло кращому збалансуванню процесів поглинання та утилізації енергії квантів світла. За таких умов фотосинтетичний апарат потребує меншої кількості захисних пігментів, що й проявилось як тенденція до зниження їх вмісту.

Інтенсивність транспірації в оброблених карбамідом рослин усіх сортів за обох рівнів мінерального живлення зростала, хоча здебільшого неістотно (рис. 2). Найпомітнішим це підвищення було в сорту Київська остиста за високого фону живлення. Водночас слід зазначити, що за низького фону інтенсивність транспірації зменшувалась порівняно з високим фоном, але меншою мірою, ніж фотосинтезу. Це зумовлено меншою залежністю продихового апарату від азотного статусу рослини, ніж клітин мезофілу. Підвищення інтенсивності транспірації за позакореневої обробки рослин карбамідом спричинене швидше за все збільшенням інтенсивності фотосинтезу, що потребує посилення надходження CO₂ всередину листка, яке, у свою чергу, може бути забезпечене лише збільшенням відкриття продихів.

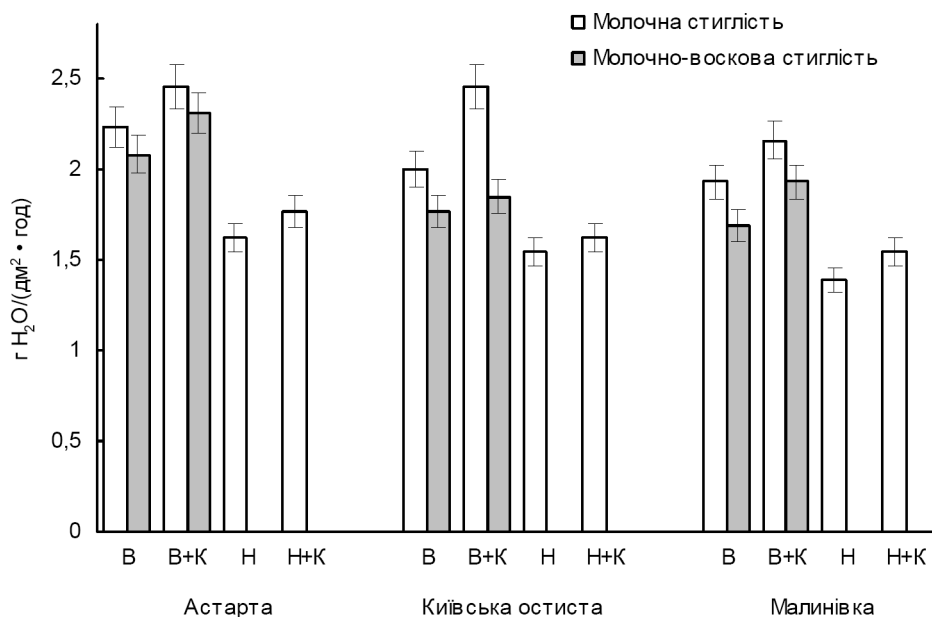


Рис. 2. Інтенсивність транспірації прапорцевих листків рослин озимої пшениці різних сортів залежно від фону мінерального живлення і позакореневої обробки карбамідом

У фазу молочно-воскової стиглості листки рослин за низького фону мінерального живлення, як уже згадувалось, практично втратили зелене забарвлення, тому на рис. 1 для цієї фази наведено дані щодо інтенсивності газообміну рослин лише за високого фону живлення. Як бачимо, і в цей час листки рослин усіх сортів у варіантах із позакореним підживленням карбамідом зберігають перевагу над необробленими рослинами. За інтенсивністю фотосинтезу навіть спостерігався виразніший ефект від підживлення, ніж у фазу молочної стиглості, хоча загальний рівень цього показника знизився внаслідок пришвидшення процесів ремобілізації азотовмісних сполук у зерно.

У зв'язку з цим слід згадати обговорюване раніше підвищення вмісту каротиноїдів у фазу молочно-воскової стиглості. Відомо, що в цей період починається старіння листків, інтенсифікуються деградаційні процеси, які супроводжуються посиленням утворення активних форм кисню, тому збільшення відношення каротиноїди/хлорофіл у цей період сприяє захисту фотосинтетичного апарату від шкідливої дії останніх. На користь цього непрямо свідчить істотна перевага за інтенсивністю фотосинтезу підживлених карбамідом рослин над необробленими у фазу молочно-воскової стиглості (див. рис. 1).

У фазу молочно-воскової стиглості рослин показники транспірації зменшилися. Дуже незначним це зниження було в сорту Астарта за високого фону мінерального живлення. Обробка карбамідом мало вплинула на транспірацію (див. рис. 2).

Отже, позакореневе підживлення рослин пшениці карбамідом сприяє збереженню асиміляційної активності триваліший час протягом наливання зерна. За високого фону мінерального живлення цей захід сприяв підтриманню асиміляційної діяльності листків у фазу молочно-воскової стиглості на вищому рівні, ніж у необроблених. У рослин за низького фону мінерального живлення позитивний ефект обробки вияв-

лявся швидше — вже у фазу молочної стиглості. Однак внесена позакоренево кількість азоту була недостатньою, щоб компенсувати його нестачу в ґрунті, й у фазу молочно-воскової стиглості асиміляційна діяльність листків пшениці припинилась як у невідживлених, так і в відживлених рослин. За високого фону живлення найбільший ефект від обробки карбамідом щодо інтенсивності фотосинтезу спостерігався у рослин сорту Малинівка, за низького — в сорту Астарта.

Показники маси зерна з рослини, вмісту і збору білка були вищими у варіантах із високим фоном мінерального живлення (табл. 2). За п'ятиразового зменшення дози внесених у ґрунт добрив збір білка з рослини знижувався майже втричі. Найвищу масу зерна мав сорт Астарта. Відживлення карбамідом у дозі, застосованій у наших дослідках, практично не вплинуло на продуктивність і неістотно підвищило вміст білка в зерні рослин цього сорту. За позакореневого відживлення карбамідом двох інших сортів маса зерна збільшувалась, причому у сорту Київська остиста ефект був виражений сильніше за низького фону мінерального живлення (21 % проти 8,5 % за високого фону), а в сорту Малинівка за обох фонів живлення цей приріст за обробки карбамідом становив близько 20 %. В останнього сорту білковість за високого фону живлення за обробки карбамідом навить знизилася на 0,9 % (абс.), а в сорту Київська остиста, навпаки, підвищилася на 1,6 % (абс.). Це забезпечило істотне підвищення збору білка в обох сортів за обробки карбамідом: у сорту Київська остиста за високого фону живлення на 19 % — за рахунок підвищення білковості, у сорту Малинівка на 15 % — за рахунок продуктивності. За низького фону живлення збір білка з них також зріс приблизно на 20 %, як за рахунок продуктивності, так і білковості, хоча це підвищення далеко не компенсувало нестачу азоту в ґрунті.

ТАБЛИЦЯ 2. Продуктивність і білковість зерна рослин озимої пшениці сортів Астарта, Київська остиста, Малинівка залежно від фону мінерального живлення і позакореневої обробки карбамідом

Варіант досліді	Маса зерна з рослини, г	Вміст білка, %	Збір білка, г
Астарта			
В	2,70±0,14	14,4±0,3	0,389
В + К	2,66±0,13	14,6±0,3	0,388
Н	1,43±0,07	9,8±0,2	0,140
Н + К	1,44±0,07	10 ± 0,2	0,144
Київська остиста			
В	1,88±0,09	16,3±0,4	0,306
В + К	2,04±0,10	17,9±0,4*	0,365
Н	1,11±0,06	10,2±0,2	0,113
Н + К	1,35±0,07*	10,3±0,2	0,139
Малинівка			
В	1,65±0,08	16,5±0,4	0,272
В + К	2,01±0,10*	15,6±0,4*	0,314
Н	1,02±0,05	9,7±0,2	0,099
Н + К	1,21±0,06*	9,9±0,2	0,120

Таким чином, високий фон мінерального живлення й позакоренева обробка карбамідом позитивно впливають на функціонування фотосинтетичного апарату, продуктивність і якість зерна пшениці. Інтенсивність фотосинтезу, зернова продуктивність і збір білка були найвищими в рослин сорту Астарта, хоча білковість зерна була дещо меншою, ніж в інших двох сортів. За показниками продуктивності та білковості сорти Київська остиста і Малинівка ліпше реагували на позакореневе підживлення азотом, ніж сорт Астарта. У рослин, вирощуваних за низького фону мінерального живлення інтенсивність фотосинтезу, маса зерна, вміст і збір білка були меншими. За цих умов додаткове підживлення карбамідом також чинило позитивний вплив, але недостатній, щоб компенсувати нестачу азоту в ґрунті.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Авраменко С., Тимчук В., Цехмейструк М., Глибокий О., Шелякін В., Манко К. Формування якості зерна злакових культур. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 14 (213). С. 15.
2. Бордюжа Н.П. Акумуляція азоту листками пшениці озимої та прогноз вмісту білка у зерні під впливом позакореневих підживлень. *Наук. вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2011. Вип. 162, ч. 1. С. 165—174.
3. Жемела Г.П., Курочка А.О. Вплив попередників на елементи структури врожайності та якість зерна пшениці озимої залежно від сортових властивостей. *Вісн. Полтав. держ. аграрної академії*. 2012. № 1. С. 33—36.
4. Конопльова Є.Л. Динаміка маси зерна та вмісту білкових сполук залежно від фази розвитку і тривалості перестоювання посівів пшениці озимої. *Бюл. Ін-ту с.г. степової зо-ни*. 2012. № 2. С. 152—156.
5. Моргун В.В., Прядкіна Г.А. Эффективность фотосинтеза и перспективы повышения продуктивности озимой пшеницы. *Физиология растений и генетика*. 2014. **46**, № 4. С. 279—301.
6. Моргун В.В., Швартау В.В., Кірізій Д.А. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків. *Фізіологія рослин: Проблеми та перспективи розвитку*. Т. 1. К.: Логос, 2009. С. 11—42.
7. Павлов А.Н. Физиологические причины, определяющие уровень накопления белка в зерне различных генотипов пшеницы. *Физиология растений*. 1982. **24**, № 4. С. 767—780.
8. Полянецька І.О., Любич В.В., Сухомуд О.Г. Вміст білка та його вихід з урожаєм зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Наук. праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 235—239.
9. Починок В.М., Кірізій Д.А. Продуктивність і якість зерна пшениці у зв'язку з особливостями розподілу азоту в рослині. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. **42**, № 5. С. 393—402.
10. Прядкіна Г.О. Фотосинтетичні пігменти, ефективність використання сонячної радіації та продуктивність рослин у агроценозах: автореф. дис. д-ра біол. наук / ІФРГ НАН України. Київ, 2013. 44 с.
11. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения. Под ред. А.Т. Мокроносова. М.: Агропромиздат, 1989. 460 с.
12. Gaju O., Allard V., Martre P., Le Gouis J., Moreau D., Bogard M., Hubbart S., Foulkes M. J. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Res.* 2014. **155**. P. 213—223.
13. Gyuga P., Demagante A.L., Paulsen G. Photosynthesis and growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. *J. Plant Nutr.* 2002. **25**, N 6. P. 1281—1290.
14. Lawlor D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *J. Exp. Bot.* 2002. **53**, N 370. P. 773—787.
15. McKendry A.L., McVetty P.B.E., Evans L.E. Selection criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. *Crop Sci.* 1995. **35**. P. 1597—1602.
16. Tribol E., Martre P., Girousse C. Unravelling environmental and genetic relationships between grain yield and nitrogen concentration for wheat. *Eur. J. Agron.* 2006. **25**, N 2. P. 108—118.
17. Vagusevicene I., Burbulis N., Jonytiene V., Vasinauskiene R. Influence of nitrogen fertilization on winter wheat physiological parameters and productivity. *J. Food Agricult. Environ.* 2012. **10**, N 3—4. P. 733—736.

18. 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. **144**. P. 307–313.
19. Zhang Y.H., Sun N.N., Hong J.P., Zhang Q., Wang C., Xue Q.W., Zhou S.L., Huang Q., Wang Z.M. Effect of source-sink manipulation on photosynthetic characteristics of flag leaf and the remobilization of dry mass and nitrogen in vegetative organs of wheat. *J. Integr. Agricult.* 2014. **13**, N 8. P. 1680–1690.

Отримано 06.12.2017

REFERENCES

1. Avramenko, S., Tymchuk, V., Tsekhmeystruk, M., Hlubokyi, O., Shelyakin, V. & Manko, K. (2011). Formation of grain quality in cereal crops. *Ahrobiznes siohodni*, No. 14 (213), p. 15 [in Ukrainian].
2. Bordiuzha, N. P. (2011). Accumulation of nitrogen by leaves of winter wheat and the prognosis of protein content in grain under the influence of foliar nutrition. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, Iss. 162, pt. 1, pp. 165-174 [in Ukrainian].
3. Zhemela, H.P. & Kurochka, A.O. (2012). Effect of predecessors on elements of yield structure and quality of winter wheat grain depending on varietal properties. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, No. 1, pp. 33-36 [in Ukrainian].
4. Konoplyova, Y.L. (2012). Dynamics of the grain mass and the content of protein compounds depending on the phase of development and the duration of winter wheat crop overripe. *Byuleten Institutu silskoho hospodarstva stepovoi zony*, No. 2, pp. 152-156 [in Ukrainian].
5. Morgun, V.V. & Pryadkina, H.A. (2014). Efficiency of photosynthesis and prospects of increasing productivity of winter wheat. *Fiziol. rast. genet.*, 46, No. 4, pp. 279-301 [in Russian].
6. Morgun, V.V., Shvartau, V.V. & Kiriziy, D.A. (2009). Physiological bases of formation of high productivity of grain cereals. *Fiziologiya roslin: Problemy i perspektyvy rozvytku* (Vol. 1) (pp. 11-42). Kyiv: Lohos [in Ukrainian].
7. Pavlov, A.N. (1982). Physiological factors that determine the level of protein accumulation in the grain of different wheat genotypes. *Fiziol. rast.*, 24, No. 4, pp. 767-780 [in Russian].
8. Polyanetska, I.O., Lyubych, V.V. & Sukhomud, O.H. (2014). The content of protein and its yield with the harvest of winter wheat grain depending on the variety. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, Iss. 21, pp. 235-239 [in Ukrainian].
9. Pochynok, V. M. & Kiriziy, D. A. (2010). Productivity and quality of wheat grain depending on the peculiarities of the distribution of nitrogen in the plant. *Fiziologiya i biokhimiya kult. rastenii*, 42, No. 5, pp. 393-402 [in Ukrainian].
10. Pryadkina, H.O. (2013). Photosynthetic pigments, solar radiation use efficiency and plant productivity in agrocenoses. (Extended abstract of Doctor thesis). Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].
11. Mokronosov, A.T. (Ed.) (1989). *Photosynthesis and Bioproductivity: Methods for Determining*. Moskva: Ahropromizdat [in Russian].
12. Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Le Gouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Hubbart, S. & Foulkes, M. J. (2014). Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Res.*, 155, pp. 213-223.
13. Gyuga, P., Demagante, A.L. & Paulsen, G.M. (2002). Photosynthesis and growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. *J. Plant Nutr.*, 25, No. 6, pp. 1281-1290.
14. Lawlor, D.W. (2002) Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *J. Exp. Bot.*, 53, No. 370, pp. 773-787.
15. McKendry, A.L., McVetty, P.B.E. & Evans, L.E. (1995). Selection criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. *Crop Sci.*, 35, pp. 1597-1602.
16. Triboi, E., Martre, P. & Girousse, C. (2006). Unravelling environmental and genetic relationships between grain yield and nitrogen concentration for wheat. *Eur. J. Agron.*, 25, No. 2, pp. 108-118.
17. Vaguseviciene, I., Burbulis, N., Jonytiene, V. & Vasinauskiene, R. (2012). Influence of nitrogen fertilization on winter wheat physiological parameters and productivity. *J. Food Agricult. Environ.*, 10, No. 3-4, pp. 733-736.
18. Wellburn, A.R. (1994). The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.*, 144, pp. 307-313.
19. Zhang, Y.H., Sun, N.N., Hong, J.P., Zhang, Q., Wang, C., Xue, Q. W., Zhou, S. L., Huang, Q. & Wang, Z. M. (2014). Effect of source-sink manipulation on photosynthetic char-

acteristics of flag leaf and the remobilization of dry mass and nitrogen in vegetative organs of wheat. J. Integr. Agricult., 13, No. 8, pp. 1680-1690.

Received 06.12.2017

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ НА ФОТОСИНТЕЗ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И БЕЛКОВОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

И.М. Шегеда, В.М. Починок, Д.А. Киризий, Т.П. Маменко

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

В вегетационном опыте с сортами пшеницы мягкой озимой Астарта, Киевская остистая, Малиновка создавали различные условия минерального питания: 1) высокий фон минерального питания ($N_{160}P_{160}K_{160}$ мг действующего вещества на 1 кг почвы); 2) высокий фон с внекорневой подкормкой карбамидом сразу после цветения; 3) низкий фон минерального питания ($N_{32}P_{32}K_{32}$); 4) низкий фон с внекорневой подкормкой карбамидом. Показано, что высокий фон минерального питания и внекорневая подкормка карбамидом положительно влияли на функционирование фотосинтетического аппарата, а также на продуктивность и белковость зерна пшеницы. Интенсивность фотосинтеза, зерновая продуктивность и сбор белка были самыми высокими у растений сорта Астарта, хотя белковость зерна была несколько ниже, чем у двух других сортов. По показателям продуктивности и белковости сорта Киевская остистая и Малиновка лучше реагировали на внекорневую подкормку азотом, чем Астарта. Растения, которые выращивались при низком фоне минерального питания, имели более низкие показатели интенсивности фотосинтеза, массы зерна, содержания и сбора белка. В этих условиях дополнительная подкормка карбамидом также оказывала положительное влияние, но недостаточное, чтобы компенсировать нехватку азота в почве.

INFLUENCE OF NITROGEN SUPPLY ON PHOTOSYNTHESIS, GRAIN
PRODUCTIVITY AND PROTEIN CONTENT OF WINTER WHEAT

I.M. Shegeda, V.M. Pochinok, D.A. Kiriziy, T.P. Mamenko

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: igor.shegeda@ukr.net

In pot experiments with bread winter wheat varieties Astarta, Kyivska ostysta, Malynivka different conditions of mineral nutrition were created: 1) high background of mineral nutrition ($N_{160}P_{160}K_{160}$ mg/kg of soil); 2) high background with foliar treatment with urea immediately after flowering; 3) low background of mineral nutrition ($N_{32}P_{32}K_{32}$); 4) low background with foliar treatment with urea. It was shown that high background of mineral nutrition and foliar treatment with urea had a positive impact on the functioning of the photosynthetic apparatus, as well as on the productivity and protein content of wheat grain. The photosynthetic rate, grain productivity and protein harvest were the highest in plants of variety Astarta, but the grain protein content was some less. In terms of productivity and quality, Kyivska ostysta and Malynivka respond to the foliar fertilization with nitrogen better than Astarta. Plants that have been grown on a low background had lower values of photosynthesis, grain weight, protein content and harvest. Additional fertilizing with urea also had a positive impact in these conditions, but not enough to compensate for the lack of nitrogen in the soil.

Key words: *Triticum aestivum* L., winter wheat, mineral nutrition, photosynthesis, foliar feeding, nitrogen, productivity, grain protein content.