

УДК 581.131

ВМІСТ У ЛИСТКАХ АЗОТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛІНІЙ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ, УНІКАЛЬНИХ ЗА ХЛІБОПЕКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

О.І. ТАРАСЮК, В.М. ПОЧИНОК

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

У ліній озимої м'якої пшениці з унікальними хлібопекарськими властивостями, що містять рідкісні глютенінові алелі, алель *Glu-B1a1*, гени від родичів пшениці *Aegilops cylindrica* та *Ae. tauschii*, досліджено фізіологічні показники, пов'язані з функціональним станом листків і продуктивністю. Встановлено, що ці лінії різняться за вмістом у листках азоту, хлорофілу, врожайністю та білковістю зерна. Виявлено позитивні кореляційні зв'язки між цими показниками, що підтверджує важливість показника вміст азоту в листках для характеристики функціонального стану рослин і поліпшення методів добору селекційного матеріалу.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., лінії, азот, хлорофіл, врожайність, білковість.

Проблема якості зерна є однією з вирішальних для пшениці як культури, що становить фундамент продовольчого забезпечення мільярдів людей [7]. Головними складниками цієї проблеми є вміст білка в зерні та хлібопекарські властивості борошна. Вміст білка визначає харчову цінність, проте не завжди корелює з хлібопекарськими властивостями, які залежать від біохімічних особливостей та фізико-хімічних параметрів білково-клейковинного комплексу [11]. Вміст білка та властивості клейковини великою мірою генетично детерміновані, однак умови вирощування також можуть у певних межах модифікувати ці показники. Насамперед це стосується забезпеченості рослин азотом, оскільки більша частина цього елемента входить до складу амінокислот і білків — структурних, ферментних, запасних [15].

Переважаюча частина білків пшеничного зерна — запасні гліадини і глютеніни, які формують клейковину. Інші білки в зерні — альбуміни та глобуліни — це структурні й ферментні білки алейронового шару і зародка [11]. Білок у зерні пшениці накопичується в процесі його наливання переважно внаслідок реутилізації азотовмісних сполук із вегетативних органів, синтезованих у них до і під час цвітіння. За достатнього забезпечення рослин азотом (як ґрунтовим, так і в результаті позакореневого підживлення) певна частина білків зернівки може утворитися за участю азоту, додатково поглиненого після цвітіння [8]. У зрілій зернівці практично весь азот міститься в її білках.

У вегетативних органах найбільше азоту в період колосіння—цвітіння міститься в листках [3]. Листковий азот переважно входить до складу ферментних і структурних білків фотосинтетичного апарату, а та-

кож вільних амінокислот і хлорофілу. Слід зазначити, що головний фермент циклу Кальвіна — РБФК/О — становить близько половини розчинного білка клітин мезофілу. Деякі автори розглядають його як своєрідне депо азоту в листках, що в подальшому в процесі дозрівання реутилізується в зернівки для утворення їхніх власних білків [13].

Разом з тим забезпеченість листків азотом визначає потужність їхнього фотосинтетичного апарату, асиміляційну активність, а звідси — забезпеченість рослин асимілятами та їх продуктивність. Виявлено досить тісний позитивний кореляційний зв'язок між інтенсивністю фотосинтезу прапорцевого листка пшениці в період після цвітіння та зерновою продуктивністю колоса [3]. Для посівів установлено, що їх фотосинтетичний потенціал, однією зі складових якого є вміст хлорофілу в листках, добре корелює з урожайністю за різних агрометеорологічних умов і рівнів мінерального живлення [10].

Ми дослідили лінії озимої м'якої пшениці з унікальними хлібопекарськими властивостями, що містять рідкісні глютенінові алелі, алель *Glu-B1a1* та гени від родичів пшениці *Aegilops cylindrica*, *Ae. tauschii* [8]. Вони є цінним селекційним матеріалом для створення нових сортів із високою якістю зерна. Виходячи з цього, доцільно було вивчити їх фізіологічні показники, пов'язані зі станом фотосинтетичного апарату листків.

Метою роботи було дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів та азоту в прапорцевих листках ліній озимої м'якої пшениці, унікальних за хлібопекарськими властивостями борошна, у зв'язку з продуктивністю та якістю зерна.

Методика

У польовий дослід залучали лінії озимої пшениці УК 12790, УК 12791, УК 12805, УК 12817, УК 12845. За стандарт було взято сорт Ятрань 60. Досліджуваний матеріал висівали на полях Дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (сmt Глеваха Васильківського р-ну Київської обл.) в попередньому випробуванні у триразовій повторності на ділянках площею 10 м², норма висіву 160 г. Для визначення вмісту азоту в листках пшениці відбирали зразки досліджуваних рослин із ділянок цього поля у фазу цвітіння. Проби фіксували в сушильній шафі при 105 °С і досушували за 70 °С до сталої маси.

Урожайність обчислювали зважуванням обмолоченого зерна з кожної ділянки та наступним його перерахунком на 1 га. Вміст білка визначали у шроті, отриманому на млині Perten 3100, за допомогою приладу Inframatic 8600. Індекс седиментації вимірювали автоматичним приладом з програмним керуванням за методом SDS 30, розробленим у СГІ НААН України (м. Одеса) О.І. Рибалкою [11].

Вміст загального азоту визначали згідно з методикою Починка [9]. Сухий рослинний матеріал спалювали за К'ельдалем.

Біохімічні аналізи проводили у триразовій біологічній повторності. Для перерахунку вмісту азоту на вміст білка у зерні брали коефіцієнт 5,7.

У фазу цвітіння визначали також вміст у листках пшениці хлорофілу *a* і *b* та суми каротиноїдів. Аналіз проводили за Велбурном [18] безмацераційним методом екстрагування пігментів із висічок диметилсульфоксидом за 67 °С із наступним вимірюванням коефіцієнтів поглинання отриманих розчинів на спектрофотометрі СФ-26.

Отримані результати оброблені статистично за загальноприйнятими методиками [1] та за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel. Для кореляційних зв'язків наведено значення достовірності апроксимації (R^2).

Результати та обговорення

Серед досліджених рослин пшениці у фазу цвітіння найбільший вміст хл a в розрахунку на одиницю маси виявлено в листках рослин ліній УК 12805 та УК 12790 — відповідно 2,76 і 2,74 мг/г (табл. 1). Лінії УК 12791, УК 12817, УК 12845 характеризувалися дещо нижчим вмістом хл a відносно сорту-стандарту, в якого цей показник становив 2,7 мг/г. Стосовно вмісту хл b , то в жодній із ліній його вміст не був вищим, ніж у стандарту — 0,88 мг/г. Багато каротиноїдів у листках в розрахунку на одиницю маси містилось у ліній УК 12791, УК 12805 — 0,56 мг/г, найменше — 0,32 мг/г — у лінії УК 12845. Найвищий вміст суми хлорофілів a і b у прапорцевих листках у фазу цвітіння мав сорт Ятрань 60 — 3,58 мг/г, лінії УК 12790 та УК 12805 — по 3,54, лінія УК 12845 — 2,68 мг/г. Співвідношення вмісту хлорофілів a/b у листках досліджених ліній різнилося мало і становило 3,4—3,6, що дещо вище за цей показник у сорту-стандарту (3,1).

За вмістом азоту в листках рослин найбагатшою виявилась лінія амфіплоїда УК 12805 — 4,2 % (табл. 2). Сорт Ятрань 60 за вмістом азоту перевершив усі лінії за винятком УК 12805. Однак за урожайністю ці

ТАБЛИЦЯ 1. Вміст хлорофілів a і b та каротиноїдів у листках ліній озимої пшениці у фазу цвітіння

Сорт/лінія	Вміст, мг/г				Співвідношення хл a /хл b
	Хл a	Хл b	Каротиноїди	Хл a + Хл b	
УК 12790	2,74±0,04	0,80±0,04	0,54±0,02	3,54±0,01	3,4±0,5
УК 12791	2,56±0,06	0,74±0,04	0,56±0,01	3,30±0,03	3,5±0,5
УК 12805	2,76±0,03	0,78±0,03	0,56±0,01	3,54±0,03	3,5±0,5
УК 12817	2,24±0,03	0,62±0,01	0,46±0,01	2,86±0,02	3,6±0,1
УК 12845	2,08±0,04	0,60±0,03	0,32±0,02	2,68±0,03	3,5±0,5
Ятрань 60 (стандарт)	2,70±0,04	0,88±0,07	0,50±0,01	3,58±0,07	3,1±0,4

ТАБЛИЦЯ 2. Вміст азоту в листках, урожайність та якість зерна ліній озимої м'якої пшениці

Сорт/лінія	N, %	Урожай, ц/га	Білок, %	СДС, мл
УК 12845	3,06±0,09	75,2±2,27	13	93
УК 12805	4,20±0,13	93,9±2,82*	14,3*	93
УК 12791	3,31±0,10	64,3±1,93*	13,2	92
УК 12817	3,63±0,11	75,9±2,28	13,2	93
УК 12790	3,69±0,11	80,6±2,42	13,1	86
Ятрань 60 (стандарт)	3,90±0,12	76,4±2,29	13,3	92

*Різниця із сортом-стандартом достовірна за рівня значущості $P \leq 0,05$.

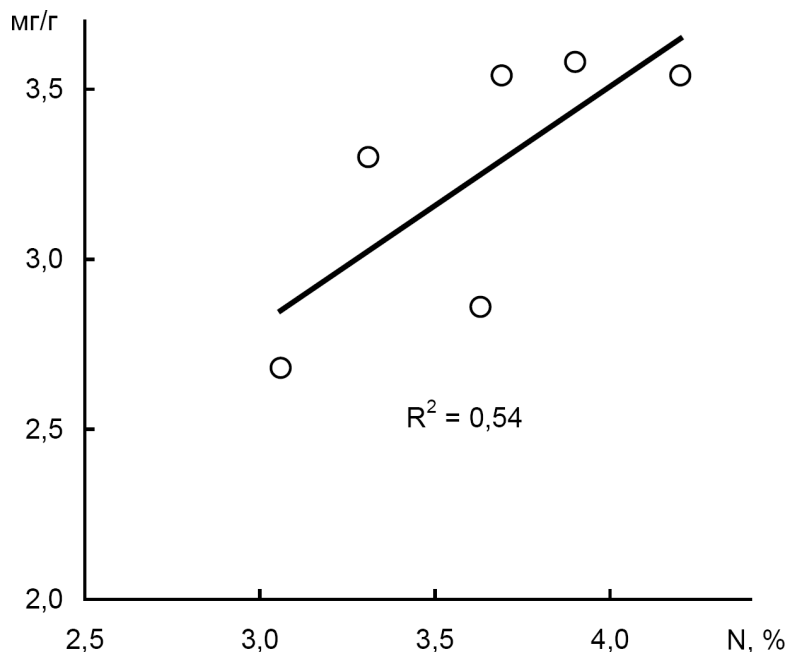


Рис. 1. Зв'язок між вмістом у листках ліній озимої пшениці азоту та хлорофілу

лінії не сильно поступалися стандарту. Більше того, лінія УК 12790 дала вищий урожай на 4,2, а лінія УК 12805 — на 17,5 ц/га.

Вміст білка у зерні переважної більшості зразків знаходився в межах 13,0—13,3 %, й лише у лінії УК 12805 становив 14,3 %.

За результатами досліджень, показник седиментації (СДС), який прямо пов'язаний з якістю клейковини та силою борошна, в цих ліній змінювався від 86 до 93 мл (див. табл. 2).

Отриманий масив даних проаналізовано з метою виявлення кореляційних зв'язків між дослідженими фізіологічними показниками. В листках усіх ліній підтверджено тісний зв'язок між вмістом азоту і хлорофілу ($r = 0,73$) (рис. 1). Тісну інтеграцію азотовмісних сполук і хлорофілу у фотосинтетичному апараті пшениці спостерігали й інші автори [4]. По-перше, хлорофіл сам містить певну, хоча й не визначальну, частку азоту. По-друге, для його синтезу необхідний набір білків-ферментів. По-третє, хлорофіл у хлоропластах існує не сам по собі, а входить до складу хлорофіл-білкових комплексів, з яких починаються первинні процеси поглинання і трансформування світлової енергії, що теж пов'язані з різними азотовмісними структурними і ферментними комплексами [16].

Слід наголосити, що варіювання досліджених показників було зумовлено лише генотипними особливостями, тому його діапазон був де-що обмежений. Цим пояснюється слабкіший зв'язок між вмістом у листках азоту і хлорофілу, ніж це спостерігається, коли різні сорти пшениці вирощують за різних умов, насамперед азотного живлення [2]. Однак той факт, що ця закономірність все ж виявилась і в наших дослідях, підтверджує правильність обраних методичних підходів.

Крім того, за отриманими даними побудовано залежність між вмістом азоту в листках і врожайністю досліджених генотипів пшениці (рис. 2). Через обмежений діапазон варіювання показників немає підстав

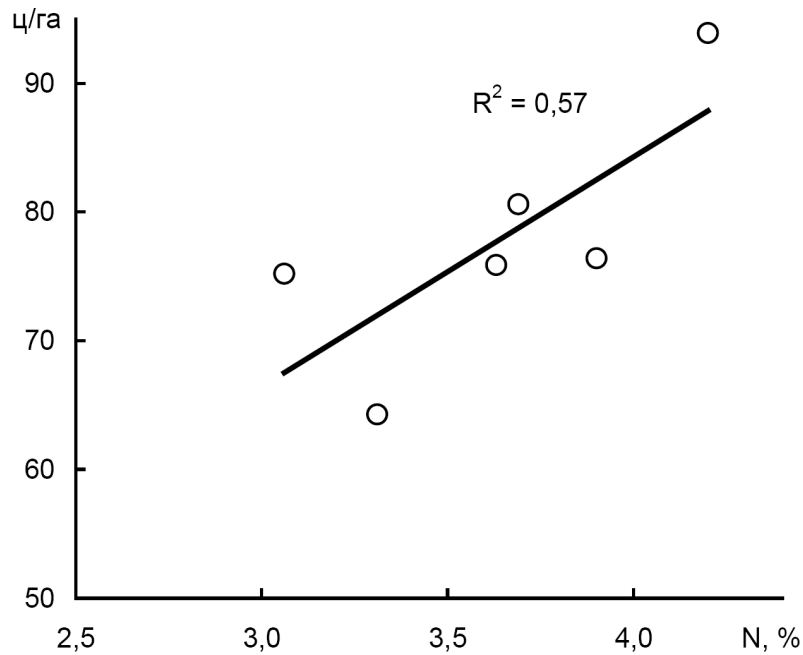


Рис. 2. Зв'язок між вмістом азоту в листках лійної озимої пшениці та врожайністю

стверджувати універсальність цієї залежності, але її фізіологічне підґрунтя цілком очевидне. Так, зв'язок між вмістом у листках азоту і фотосинтезом чітко показаний зокрема для пшениці, вирощуваної за різних умов мінерального живлення [2]. Фотосинтез — головне джерело сполук вуглецю в рослинному організмі, що забезпечує утворення більш як 90 % маси сухої речовини. Наразі поліпшення характеристик фотосинтетичного апарату пшениці розглядається як один із вирішальних напрямів подальшого підвищення продуктивності цієї культури [5, 17]. Тому ланцюжок зв'язків ознак вміст азоту в листках—фотосинтез—урожайність слід вважати очікуваним, хоча він може маскуватись певними побічними умовами (зокрема розподілом асимільованого вуглецю у донорно-акцепторній системі) та залежати від методичних підходів. Отже, виявлення зв'язку між вмістом азоту в листках і врожайністю є логічним, хоча й не таким обов'язковим, як це має бути для зв'язку азот—хлорофіл.

Найцікавішим був виявлений у цьому дослідженні зв'язок між вмістом у листках азоту і білковістю зерна (рис. 3). Як уже згадувалось, більшість досліджених генотипів мало різнилися за білковістю, лише в одному варіанті (УК 12805) цей показник був помітно вищим. Однак навіть серед близьких за білковістю зразків простежувалась тенденція до її збільшення з підвищенням вмісту азоту в листках. Хоча наведена на рис. 3 залежність є окремим випадком, вона все ж дає підставу нагадати, що 70—90 % білка в зерні пшениці утворюється внаслідок ремобілізації азоту з вегетативних органів [14]. У свою чергу, вміст у листках азоту найбільший, що може визначати їх помітний внесок у формування білкового комплексу зернівок наприкінці вегетації. Отже, можна стверджувати, що забезпеченість листків пшениці азотом є важливим показником, який відображає їх функціональну активність, а також фізіологічно пов'язаний із зерновою продуктивністю та, ймовірно, білковістю зерна.

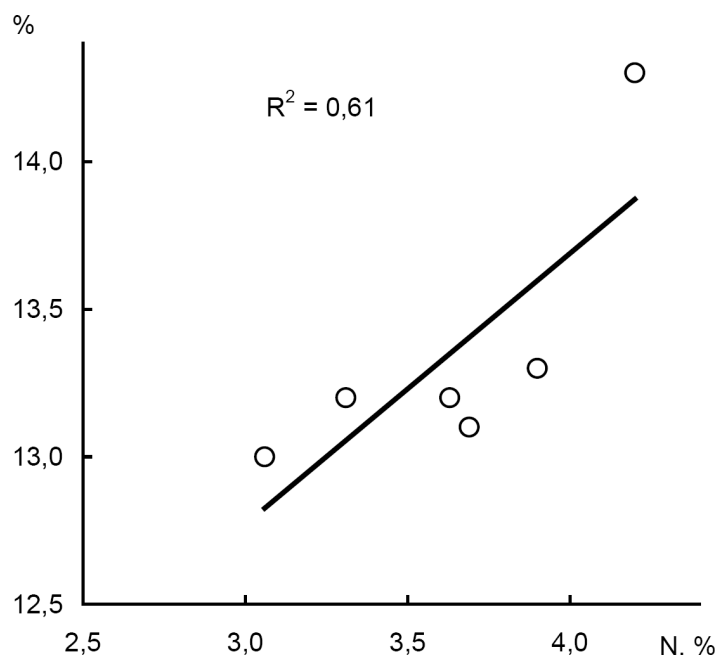


Рис. 3. Зв'язок між вмістом азоту в листках ліній озимої пшениці та вмістом білка в зерні

Показник СДС не корелював ні з білковістю, ні з іншими дослідженими фізіологічними ознаками, оскільки визначається перебігом процесів синтезу різних груп білків усередині зернівки, які генетично детерміновані.

Позитивна кореляція між вмістом азоту в листках і врожайністю, з одного боку, та білковістю зерна — з іншого дає підставу припустити, що в дослідженій вибірці генотипів пшениці відсутня негативна залежність між двома останніми параметрами. Це ще раз підтверджує цінність зазначених ліній як селекційного матеріалу.

Отже, лінії рослин пшениці з підвищеними хлібопекарськими властивостями зерна різнилися за вмістом у листках азоту, хлорофілу, врожайністю та білковістю зерна. Виявлено позитивні кореляційні зв'язки між вмістом у листках азоту й відповідно хлорофілу, врожайністю та білковістю зерна. Це свідчить про важливість показника вміст азоту в листках для характеристики функціонального стану рослин і прояву їх генотипних особливостей та поліпшення методів добору селекційного матеріалу.

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., дораб. и перераб. / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
2. Кірізій Д.А. Інтенсивність фотосинтезу та продуктивність рослин озимої пшениці залежно від азотного статусу листків. / Д.А. Кірізій // Физиология и биохимия культ. растений. — 2012. — 44, № 5. — С. 399—407.
3. Кірізій Д.А. Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимої пшениці / Д.А. Кірізій, Т.М. Шадчина, О.О. Стасик та ін. — К.: Основа, 2011. — 416 с.
4. Киризий Д.А. Эффективность использования азота при фотосинтетической ассимиляции CO_2 в листьях пшеницы / Д.А. Киризий // Физиология растений и генетика. — 2013. — 45, № 4. — С. 296—305.

5. *Моргун В.В.* Перспективи та сучасні стратегії поліпшення фізіологічних ознак пшениці для підвищення продуктивності / В.В. Моргун, Д.А. Кірізій // Физиология и биохимия культ. растений. — 2012. — **44**, № 6. — С. 463–483.
6. *Моргун В.В.* Унікальні за хлібопекарською якістю зерна селекційні лінії пшениці з рідкісними алелями *Gli/Glu*-локусів / В.В. Моргун, О.І. Тарасюк, В.М. Починок, О.І. Рибалка // Физиология растений и генетика. — 2014. — **46**, № 4. — С. 302–309.
7. *Моргун В.В.* Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков / В.В. Моргун, В.В. Шваргау, Д.А. Киризий // Физиология и биохимия культ. растений. — 2010. — **42**, № 5. — С. 371–392.
8. *Починок В.М.* Продуктивність і якість зерна пшениці у зв'язку з особливостями розподілу азоту в рослині / В.М. Починок, Д.А. Кірізій // Там само. — 2010. — **42**, № 5. — С. 393–402.
9. *Починок Х.Н.* Методи біохімічного аналізу рослин / Х.Н. Починок. — Киев: Наук. думка, 1976. — 333 с.
10. *Прядкіна Г.О.* Фізіологічні основи підвищення продуктивності рослин озимої пшениці / Г.О. Прядкіна. — К.: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2014. — 192 с.
11. *Рибалка О.І.* Якість пшениці та її поліпшення / О.І. Рибалка. — К.: Логос, 2011. — 496 с.
12. *Тарасюк О.І.* Фотосинтетична активність прапорцевих листків ліній озимої м'якої пшениці, які містять рідкісні *Glu*-алелі / О.І. Тарасюк, В.М. Починок // Вісн. Харків. аграр. ун-ту. Сер. Біологія. — 2014. — Вип. 3. — С. 29–34.
13. *Feller U.* Rubiscolytics: fate of Rubisco after its enzymatic function in a cell is terminated / U. Feller, I. Anders, T. Mae // J. Exp. Bot. — 2008. — **59**, N 7. — P. 1615–1624.
14. *Foulkes M.J.* Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects / M.J. Foulkes, M.J. Hawkesford, P.V. Barraclough et al. // Field Crops Res. — 2009. — **114**, N 3. — P. 329–342.
15. *Lawlor D.W.* Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems / D.W. Lawlor // J. Exp. Bot. — 2002. — **53**, N 370. — P. 773–787.
16. *Najafpour M.M.* (Ed.) Advances in Photosynthesis — Fundamental Aspects / Ed. M.M. Najafpour. — InTech, 2012. — 588 p.
17. *Parry M.A.* Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency / M.A. Parry, M. Reynolds, M.E. Salvucci et al. // J. Exp. Bot. — 2011. — **62**, N 2. — P. 453–467.
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 / A.R. Wellburn // Plant Physiol. — 1994. — **144**. — P. 307–313.

Отримано 09.12.2014

СОДЕРЖАНИЕ В ЛИСТЬЯХ АЗОТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, УНИКАЛЬНЫХ ПО ХЛЕБОПЕКАРНЫМ СВОЙСТВАМ

О.И. Тарасюк, В.М. Починок

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

У линий озимой мягкой пшеницы с уникальными хлебопекарными свойствами, которые содержат редкие глютениновые аллели, аллель *Glu-B1a1*, гены от сородичей пшеницы *Aegilops cylindrica* и *Ae. tauschii*, исследованы физиологические показатели, связанные с функциональным состоянием листьев и продуктивностью. Установлено, что эти линии различаются по содержанию в листьях азота, хлорофилла, урожайности и белковости зерна. Выявлены положительные корреляционные связи между этими показателями, что подтверждает важность показателя содержание азота в листьях для характеристики функционального состояния растений и улучшения методов отбора селекционного материала.

LEAVES NITROGEN CONTENT AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT LINES
UNIQUE IN BAKING QUALITY

O.I. Tarasyuk, V.M. Pochinok

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

Physiological indices related to the functional state of the leaves and productivity were investigated in winter wheat lines with unique baking properties that contain rare glutenin alleles, allele *Glu-B1a1* and genes from wheat relatives *Aegilops cylindrica* and *Ae. tauschii*. It was shown that these lines differ in content of nitrogen in leaves, chlorophyll, yield and grain protein. The positive correlations between the content of nitrogen in leaves and chlorophyll, yield, and grain protein were revealed. This demonstrates the importance of leaf nitrogen content index to characterize the plants functional state and to improve methods of selection of breeding material.

Key words: *Triticum aestivum* L., lines, nitrogen, chlorophyll, yield, protein.