



# Рослинництво, кормовиробництво

УДК 577.112:664.71 –  
11:631.526.3

© 2018

## АЗОТОВМІСНІ СПОЛУКИ У ЗЕРНІ РІЗНИХ СОРТІВ І ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТИ

В.П. Патика<sup>1</sup>, В.П. Карпенко<sup>2</sup>, В.В. Любич<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доктор біологічних наук, академік НААН

<sup>2</sup>доктор сільськогосподарських наук

<sup>3</sup>кандидат сільськогосподарських наук

<sup>1</sup> Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

<sup>2,3</sup> Уманський національний університет садівництва  
вул. Інститутська, 1, м. Умань Черкаської обл., 20300, Україна  
e-mail: <sup>1</sup> patykavolodymyr@gmail.com, <sup>2</sup> v-biology@ukr.net, <sup>3</sup> lyubichv@gmail.com

Надійшла 10.05.2018

**Мета.** Визначити формування азотовмісних сполук у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти. **Методи.** Польовий, фізико-хімічний, хроматографічний на аналізаторі амінокислот Т-339, розрахунковий, аналізування. **Результати.** Досліджено формування вмісту протеїну, білка в зерні пшениці спельти залежно від селекційно-генетичних особливостей сорту та лінії. Показано, що вміст азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти істотно коливався залежно від селекційно-генетичного походження сорту та лінії. Найвищий уміст протеїну був у зерні пшениці спельти сорту Зоря України – 23,9%. Уміст протеїну в зерні решти сортів змінювався від 13,8 до 20,1%, або був меншим на 16–42%, у зерні ліній – від 13,2 до 21,5%, або був меншим на 10–45% порівняно з контролем. Уміст протеїну в зерні сортів пшениці спельти був на 1,2–2,2%, ліній, отриманих гібридизацією *Triticum aestivum* L./ *Triticum spelta* L., – на 0,3–2,5, інтрогресивних ліній – на 1,0–1,9% більший порівняно з умістом білка. Уміст амінокислот, які не входили у структуру білка, істотно залежав від сорту та лінії пшениці спельти. Найвищу кількість суми вільних амінокислот містило зерно сорту Зоря України – 3,72%. У зерні решти сортів уміст вільних амінокислот становив 0,41–2,02%, у зерні ліній – 0,18–2,34%. Оцінено вміст незамінних амінокислот за допомогою коефіцієнта ефективності метаболізації та індексу комплексного оцінювання. Зокрема, вміст їх був у межах 0,10–0,85%, що становило 23–36% від загальної їхньої кількості. **Висновки.** Уміст азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти істотно залежить від сорту, лінії та погодних умов. Азотовмісні сполуки у зерні пшениці спельти змінюються в широкому діапазоні. Уміст протеїну – від 13,2 до 23,9%, білка – від 12 до 21,1, вільних амінокислот – від 0,18 до 3,72% залежно від сорту та лінії.

**Ключові слова:** пшениця спельта, протеїн, білок, вільні амінокислоти, сорт, лінія.

<https://doi.org/10.31073/agroviznyk201808-03>

Одним із пріоритетних завдань аграрної науки є виробництво продуктів підвищеної біологічної цінності. Серед провідних сільськогосподарських культур пшениця посідає чільне місце і є основою харчового раціону населення багатьох країн [1]. Розв'язати проблему виробництва рослинного білка, цінного для хлібопекарського й кондитерського виробництва, можна за використання зерна малопоширених видів, інтрогресивних, міжвидових сортів і ліній пшениць [2].

Світовою і вітчизняною практикою визнано, що якість зерна пшениці залежить від селекційно-генетичних особливостей сорту, питома частка якого може становити до 50% [3, 4].

Зерно пшениці спельти використовують для отримання продуктів вищої якості та біологічної цінності порівняно з пшеницею м'якою. Це зумовлено здатністю пшениці спельти синтезувати у зерні вищий вміст білка [5]. Проте його вміст у зерні може змінюватися від 12,5 до 28,7% залежно від сорту, погодних умов та агротехнології [6]. Крім цього, в зерні пшениці м'якої міститься білок глютен, який у 5% населення викликає алергію. У зерні пшениці спельти його менше, тому вітчизняні й закордонні виробники успішно задовольняють зростаючий попит на нього [7].

Зерно пшениці спельти має вищий вміст незамінних амінокислот, особливо лізину (4,2–4,8 г/кг зерна), основою є глютамінова кислота [8]. Уміст небілкових азотовмісних сполук у зерні пшениці м'якої становить 0,3–2,5% залежно від сорту та агротехнології [9, 10]. Питання формування небілкових азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти не досліджували.

Проблемним є й те, що небілкові азотовмісні сполуки, представлені вільними амінокислотами, засвоюються організмом людини подібно зв'язаним. Для зерна нових сортів і ліній пшениці спельти ці сполуки вивчені недостатньо, що потребує проведення додаткових досліджень.

**Мета досліджень** — визначити формування азотовмісних сполук у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти.

### Матеріали та методи досліджень.

Експериментальну частину роботи виконано у лабораторії «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. Використовували зерно сортів пшениці спельти селекції країн Європи — Schwabenkorn (Австрія), NSS 6/01 (Сербія), Шведська 1 (Швеція), лінії, отримані гібридизацією *Triticum aestivum/Triticum spelta* — LPP 1197, LPP 3117, LPP 1304, LPP 1224, LPP 3122/2, Р 3, LPP 3132, LPP 3373, LPP 1221, інтрогресивні лінії NAK 34/12-2 і NAK 22/12, отримані гібридизацією *Triticum aestivum/амфіплоїд (Triticum durum/Aegilops tauschii)* та інтрогресивна лінія TV 1100, отримана гібридизацією *Triticum aestivum* (сорт Харківська 26)/*Triticum kiharae*, з добром озимої форми, що вирощувалися в умовах Правобережного Лісостепу України. Контролем (стандартом) був районований сорт пшениці спельти Зоря України (st).

У дослідженнях застосовували загальноприйнятую для Правобережного Лісостепу технологію вирощування пшениці. Попередник — викоовес на зелений корм. Застосовували метод систематичного розміщення ділянок, площа яких становила 10 м<sup>2</sup>. Повторність 4-разова.

Уміст протеїну визначали за кількістю загального азоту (коефіцієнт перерахунку 6,25) [11], уміст білка — ДСТУ 4117:2007, уміст вільних амінокислот — методом іонообмінної рідинної хроматографії на аналізаторі амінокислот Т-339.

Коефіцієнт ефективності метаболізації (КЕМ) незамінних амінокислот визначали за такою формулою:

$$КЕМ = \frac{\Sigma_{HA}}{\Sigma_{3A}},$$

де  $\Sigma_{HA}$  — уміст незамінних амінокислот, %;  
 $\Sigma_{3A}$  — уміст замінних амінокислот, %.

Індекс комплексного оцінювання (ІКО) визначали за формулою:

$$ІКО = \sqrt[n]{\frac{\Phi_1}{O_1} \cdot \frac{\Phi_2}{O_2} \cdot \dots \cdot \frac{\Phi_n}{O_n} \cdot \frac{D_1}{\Phi_1} \cdot \frac{D_2}{\Phi_2} \cdot \dots \cdot \frac{D_n}{\Phi_n}},$$

## 1. Уміст протеїну в зерні різних сортів і ліній пшениці спельти, %

Сорт, лінія	Рік дослідження				Середнє за 4 роки
	2013	2014	2015	2016	
Зоря України (st)	23,2	24,0	23,1	25,3	23,9
Шведська 1	13,7	12,0	15,5	14,1	13,8
NSS 6/01	15,8	22,9	17,3	18,2	18,6
Schwabenkorn	17,6	21,1	19,8	22,0	20,1
LPP 3117	12,9	13,7	14,3	11,9	13,2
LPP 3122/2	13,9	13,3	14,2	14,8	14,1
LPP 1224	13,8	14,6	15,4	13,3	14,3
LPP 1304	12,8	13,1	15,7	18,8	15,1
LPP 1197	15,7	16,6	15,2	16,0	15,9
LPP 3373	17,6	14,3	19,4	13,7	16,3
LPP 3132	16,2	17,9	17,1	14,9	16,5
P 3	15,4	16,5	16,8	17,7	16,6
LPP 1221	19,9	21,3	22,0	22,8	21,5
NAK 34/12-2	15,1	16,7	17,0	18,1	16,7
NAK 22/12	16,5	14,2	18,1	18,9	16,9
TV 1100	19,2	21,3	20,1	19,3	20,0
HIP <sub>05</sub>	0,7	0,9	0,6	0,9	—

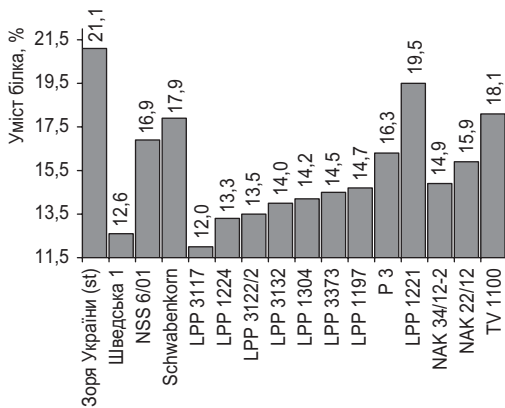
де  $\Phi$  — фактичне значення показника;  $O$  — оптимальне значення показника;  $D$  — допустиме значення показника;  $\frac{\Phi}{O}$  — співвідношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких має бути більшим оптимального;  $\frac{D}{\Phi}$  — співвідношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких має бути меншим допустимого рівня;  $n$  — кількість показників, які використовують в моделі.

Математичне оброблення даних виконували методом однофакторного дисперсійного аналізу [11].

**Результати досліджень.** Уміст азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти істотно коливався залежно від селекційно-генетичного походження сорту та лінії. Найвищий уміст протеїну був у зерні пшениці спельти сорту Зоря України — 23,9% (табл. 1). Уміст протеїну в зерні решти сортів змінювався від 13,8 до 20,1%, або був меншим на 16–42%, у зерні ліній — від 13,2 до 21,5%, або був меншим на 10–45% порівняно з контролем. Уміст протеїну в зерні сортів пшениці спельти був на 1,2–2,2%,

ліній, отриманих гібридизацією *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L., — на 0,3–2,5, інтрогресивних ліній — на 1,0–1,9% більший порівняно з умістом білка.

Проведені дослідження свідчать, що вміст протеїну змінювався залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у 2013 і 2016 рр. погодні умови характеризувалися меншою кількістю опадів. За період квітень — липень випало відповідно 209 і 236 мм опадів, або на 15–25% менше від середньобагаторічного показника (277 мм). Достатньою була кількість опадів у 2014 і 2015 рр. За період квітень — липень випало відповідно 292 і 271 мм опадів, проте розподіл їх був різним. У 2013 р. у фазі виходу рослин у трубку випало лише 13,3 мм, у 2015 — 45,8, у 2014 — 140,8, а в 2016 р. — 179,5 мм опадів. Температура повітря також впливала на ріст і розвиток рослин сортів і ліній пшениці спельти. Так, у період інтенсивного росту стебла (вихід рослин у трубку — колосіння) в 2013 р. вона була несприятливою порівняно з оптимальною (9–16°C) і становила 18–21°C. Температура повітря в цей період упродовж решти років досліджень була оптимальною.



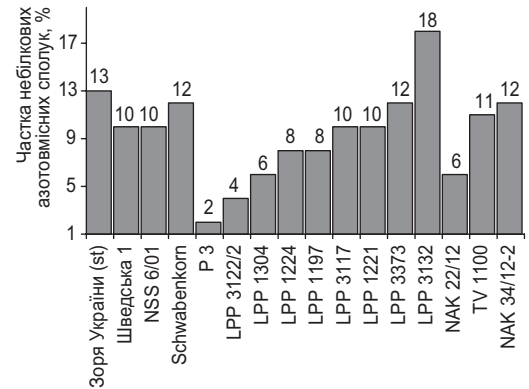
**Рис. 1.** Уміст білка в зерні різних сортів і ліній пшениці спельти, 2013–2016 рр.

Уміст протеїну в зерні сортів Schwabenkorn, NSS 6/01, Зоря України, Шведська 1 і ліній LPP 1197, NAK 34/12–2, LPP 1304, P 3, LPP 1221, LPP 3122/2, TV 1100 пшениці спельти також залежав від висоти рослин, яка змінювалась упродовж років досліджень. Очевидно, що з підвищенням висоти рослин зростала частка реутилізованого з вегетативної маси азоту у формуванні азотовмісних сполук. Виягання істотно не впливало на вміст білка, оскільки рослини пшениці спельти після виягання відновлювали вертикальне положення стебла. Проте для лінії LPP 3373 встановлено обернений сильний зв'язок між умістом білка та висотою рослин, оскільки їх стійкість до виягання в 2016 р. була низькою — 3 бали.

Зниження вмісту протеїну в зерні пшениці спельти сорту Шведська 1 і ліній LPP 3132, LPP 3373, LPP 3117, LPP 1197, LPP 1224, LPP 3122/2 зумовлено ураженням рослин збудниками бурої листової іржі та септоріозу.

Відомо, що для пшениці дуже високим вважається вміст білка >18%, високим — у межах 16–18, середнім — 14–16, низьким — 12–14 і дуже низьким <12%.

Результати проведених досліджень свідчать, що вміст білка в зерні пшениці спельти змінювався від 12 до 21,1% залежно від сорту та лінії (рис. 1). У середньому за 4 роки досліджень дуже високий уміст білка був у зерні сорту Зоря України



**Рис. 2.** Частка небілкових азотовмісних сполук у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти (2013–2015 рр.), %

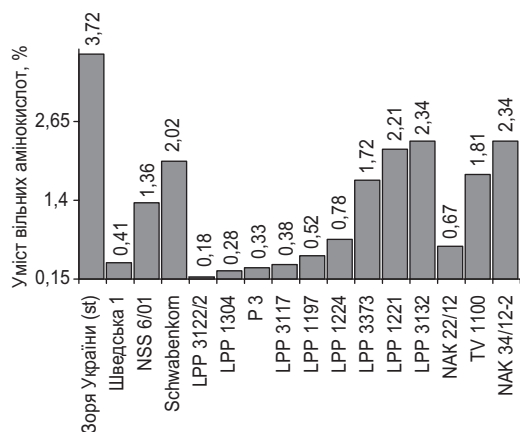
(21,1%), ліній LPP 1221 (19,5%) і TV 1100 (18,1%), високий — у зерні сортів NSS 6/01 (16,9%), Schwabenkorn (17,9%) та лінії P 3 (16,3%), середній — у зерні ліній LPP 3132, LPP 1304, LPP 3373, LPP 1197 (14,0–14,7%), низький уміст — у зерні сорту Шведська 1 (12,6%), ліній LPP 1224, LPP 3117 і LPP 3122/2 (12,0–13,5%).

Частка небілкових азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти була у межах 2–18% залежно від сорту та лінії, які відповідають певному генотипу (рис. 2).

Серед сортів пшениці спельти частка небілкових азотовмісних сполук у зерні сортів — 10–13%, у зерні ліній — 2–18%. Найбільшу частку небілкових азотовмісних сполук мало зерно лінії LPP 3132 — 18%.

Уміст амінокислот, які не входили у структуру білка, істотно залежав від сорту та лінії пшениці спельти (рис. 3). Найвищу кількість суми вільних амінокислот містило зерно сорту Зоря України — 3,72%. У зерні решти сортів уміст вільних амінокислот становив 0,41 до 2,02%, у зерні ліній — 0,18–2,34%, уміст незамінних амінокислот — 0,10–0,85%, що становило 23–36% від загальної їхньої кількості.

З'ясовано, що найвища метаболізація незамінних амінокислот була в зерні сортів Schwabenkorn, Шведська 1 — 0,46–0,48, а в ліній LPP 1304, LPP 3122/2, P 3, NAK 22/12 — 0,52–0,62, що більше на 24–48% порівняно зі стандартом (табл. 2).



**Рис. 3. Сума вільних амінокислот у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти (2014–2016 рр.), %**

Найменшим цей показник був у зерні сорту NSS 6/01 — 0,40, а в решти досліджуваних сортів — 0,42–0,48. Величини KEM свідчать, що збільшення вмісту амінокислот у зерні пшениці спельти відбувається за рахунок їх замісних сполук.

Уміст незамінних амінокислот найкраще збалансований у зерні сорту Зоря України, ліній P 3, LPP 3373, LPP 1221, NAK 22/12, TV 1100, про що свідчить ІКО — 1,57–1,72. Найменший показник ІКО встановлено в зерні сорту NSS 6/01, ліній LPP 1224, LPP 1197 і LPP 3117, отриманих

## 2. Коефіцієнт ефективності метаболізації та індекс комплексного оцінювання вмісту незамінних амінокислот у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти, 2014–2016 рр.

Сорт, лінія	KEM	± до st	ІКО	± до st
Зоря України (st)	0,42	—	1,58	—
NSS 6/01	0,40	–0,02	1,11	–0,47
Шведська 1	0,48	0,06	1,31	–0,27
Schwabenkorn	0,46	0,04	1,42	–0,16
LPP 3117	0,42	0,00	1,06	–0,52
LPP 1224	0,45	0,03	1,13	–0,45
LPP 3132	0,42	0,00	1,16	–0,42
LPP 1197	0,44	0,02	1,27	–0,31
LPP 3122/2	0,62	0,20	1,31	–0,27
LPP 1304	0,52	0,10	1,41	–0,17
P 3	0,62	0,20	1,57	–0,01
LPP 3373	0,48	0,06	1,72	0,14
LPP 1221	0,42	0,00	1,75	0,17
NAK 34/12-2	0,45	0,03	1,28	–0,30
TV 1100	0,42	0,00	1,60	0,02
NAK 22/12	0,53	0,11	1,64	0,06
HIP <sub>05</sub>	0,02	—	0,07	—

Примітка. KEM — коефіцієнт ефективності метаболізації; ІКО — індекс комплексного оцінювання.

гібридизацією *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L., в яких він становив 1,06–1,16. Величина ІКО решти досліджуваних сортів і ліній пшениці спельти варіювала від 1,27 до 1,42.

## Висновки

Уміст азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти істотно залежить від селекційно-генетичного походження сорту і лінії та погодних умов. Азотовмісні сполуки у зерні пшениці спельти змінюються в широкому діапазоні. Уміст протеїну — від 13,2 до 23,9%, уміст білка — від 12,0 до 21,1, частка небілкових азотовмісних сполук — від 2 до 18% залежно від сорту та лінії. Високий уміст протеїну (16,3–23,9%) з часткою небілкових азотовмісних сполук 10–18%, які

представлено вільними амінокислотами, у зерні забезпечує вирощування сортів Зоря України, NSS 6/01, Schwabenkorn, ліній, отриманих гібридизацією *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L., LPP 1221, LPP 3373, LPP 3132, P 3 та інтрогресивних ліній. Зерно сортів пшениці спельти Зоря України, Schwabenkorn, ліній P 3, LPP 3373, LPP 1221, NAK 22/12, TV 1100 містить найбільше незамінних амінокислот (KEM=0,42–0,62), які найкраще збалансовані (ІКО=1,42–1,75).

Патяка В.Ф.<sup>1</sup>, Карпенко В.П.<sup>2</sup>, Любич В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут мікробіології і вірусології

им. Д.К. Заболотного НАН України, ул. Академіка Заболотного, 154, г. Київ, 03143, Україна,



<sup>2,3</sup> Уманський національний університет садівництва, ул. Інститутська, 1, г. Умань Черкаської обл., 20300, Україна; e-mail: <sup>1</sup> patykovolodymyr@gmail.com, <sup>2</sup> v-biology@ukr.net, <sup>3</sup> lyubichv@gmail.com

### Азотсодержащие соединения в зерне разных сортов и линий пшеницы спельты

**Цель.** Определить формирование азотсодержащих соединений в зерне различных сортов и линий пшеницы спельты. **Методы.** Полевой, физико-химический, хроматографический на анализаторе аминокислот Т-339, расчетный, анализирование. **Результаты.** Исследовано формирование содержания протеина, белка в зерне пшеницы спельты в зависимости от селекционно-генетических особенностей сорта и линии. Показано, что содержание азотсодержащих соединений в зерне пшеницы спельты существенно изменялось в зависимости от селекционно-генетического происхождения сорта и линии. Самое высокое содержание протеина было в зерне пшеницы спельты сорта Заря Украины — 23,9%. Содержание протеина в зерне остальных сортов менялось от 13,8 до 20,1%, или было меньше на 16–42%, в зерне линий — от 13,2 до 21,5%, или было больше на 10–45% по сравнению с контролем. Содержание протеина в зерне сортов пшеницы спельты было на 1,2–2,2%, линий, полученных гибридизацией *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. — на 0,3–2,5, интрогрессивных линий — на 1,0–1,9% больше по сравнению с содержанием белка. Содержание аминокислот, которые не входили в структуру белка, существенно зависело от сорта и линии пшеницы спельты. Наивысшее количество суммы свободных аминокислот содержало зерно сорта Заря Украины — 3,72%. В зерне остальных сортов содержание свободных аминокислот составляло 0,41–2,02%, в зерне линий — 0,18–2,34%. Оценено содержание незаменимых аминокислот с помощью коэффициента эффективности метаболизма и индекса комплексной оценки. В частности, содержание их было в пределах 0,10–0,85%, что составляло 23–36% от общего их количества. **Выводы.** Содержание азотсодержащих соединений в зерне пшеницы спельты существенно зависит от сорта, линии и погодных условий. Азотсодержащие соединения в зерне пшеницы спельты меняются в широком диапазоне. Содержание протеина — от 13,2 до 23,9%, белка — от 12 до 21,1, свободных аминокислот — от 0,18 до 3,72% в зависимости от сорта и линии.

**Ключевые слова:** пшеница спельта, протеин, белок, свободные аминокислоты, сорт, линия.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-03>

Patyka V.<sup>1</sup>, Karpenko V.<sup>2</sup>, Lubich V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> D.K.Zabolotnyi Institute of microbiology and virology of NAS of Ukraine, Academician Zabolotnyi Str., 154, Kyiv, 03143, Ukraine, <sup>2,3</sup> Uman National university of gardening, Instytutska Str., 1, Uman, Cherkasy oblast, 20300, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup> patykovolodymyr@gmail.com, <sup>2</sup> v-biology@ukr.net, <sup>3</sup> lyubichv@gmail.com

### Nitrogen-bearing joints in grain of different varieties and lines of dinkel wheat

**The purpose.** To determine formation of nitrogen-bearing joints in grain of different varieties and lines of dinkel wheat. **Methods.** Field, physical and chemical, chromatographic with the use of analyzer of amino acids T-339, calculation, analysis. **Results.** Formation is studied of the content of protein, protein in grain of dinkel wheat depending on selection-genetic features of variety and line. It is shown that the content of nitrogen-bearing joints in grain of dinkel wheat is essentially changed depending on selection-genetic parentage of variety and line. The highest content of protein was in grain of dinkel wheat of variety Zaria Ukrainy — 23,9%. The content of protein in grain of other varieties was 13,8–20,1%, i.e. was less on 16–42%, in grain of lines — was 13,2–21,5%, i.e. was less on 10–45% in comparison to control. The content of protein in grain of varieties of dinkel wheat was higher on 1,2–2,2%, of lines gained by hybridization of *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. — on 0,3–2,5, and of introgressive — on 1,0–1,9% in comparison with protein content. The content of amino acids, which were not a part of protein structure, essentially depended on variety and line of dinkel wheat. The highest amount of the sum of free amino acids contained grain of variety Zaria Ukrainy — 3,72%. In grain of other varieties the content of free amino acids made 0,41–2,02%, in grain of lines — 0,18–2,34%. The content of essential amino acids was evaluated by means of effectiveness ratio of metabolism and index of complex assessment. In particular, their content was within the limits of 0,10–0,85%, that made 23–36% of their general amount. **Conclusions.** The content of nitrogen-bearing joints in grain of dinkel wheat is essentially depends on variety, line and weather environment. Nitrogen-bearing joints in grain of dinkel wheat vary in wide range. The content of total nitrogen — from 13,2 up to 23,9%, protein — from 12 up to 21,1, free amino acids — from 0,18 up to 3,72 % depending on variety and line.

**Key words:** dinkel wheat, protein, protein, free amino acids, variety, line.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-03>

## Бібліографія

1. Liu M., Zhao Q., Qi F. et al. Sequence divergence between spelt and common wheat. *Theor Appl Genet.* 2018. V. 131. P. 1125–1132.

2. An X., Li Q., Yan Y. et al. Genetic diversity of European spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) revealed by glutenin subunit variations at

the Glu-1 and Glu-3 loci. *Euphytica*. 2005. V. 146. P. 193–201.

3. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Фактори стабілізації виробництва зерна пшениці озимої в Лісостепу Правобережному. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 2. С. 17–23.

4. Dvorak J., Deal K.R., Luo M.C. et al. The Origin of Spelt and Free-Threshing Hexaploid Wheat. *J. of Heredity*. 2012. V. 103. P. 426–441.

5. Muller T., Schierscher-Viret B., Fossati D. et al. Unlocking the diversity of genebanks: whole-genome marker analysis of Swiss bread wheat and spelt. *Theor Appl Genet*. 2018. V. 131. P. 407–416.

6. Filipcev B., Bodroza-Solarov M., Pestoric M., Simurina O. Breadmaking performance and textural changes during storage of composite breads made from spelt wheat and different forms of amaranth grain. *Food Sci Technol Int*. 2017. V. 23. P. 235–244.

7. Xie Q., Mayes S., Sparkes D.L. Optimizing tiller production and survival for grain yield improvement in a bread wheat x spelt mapping population. *Ann Bot*. 2016. V. 117. P. 51–66.

8. Koenig A., Konitzer K., Wieser H., Koehler P. Classification of spelt cultivars based on differences in storage protein compositions from wheat. *Food Chem*. 2015. V. 168. P. 176–182.

9. Hempel S., Jacob A., Rohn H. Influence of inulin modification and flour type on sensory quality of prebiotic wafer crackers. *Eur. Food Res. Technol*. 2007. V. 224 P. 335–341.

10. Shuaib M., Zeb A., Ali Z. et al. Characterisation of wheat varieties by seed storage/protein electrophoresis. *African J. Biotechnol*. 2007. V. 6. P. 497–500.

11. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ, 2005. 286 с.