

УДК 577.112:664.71–11:631.526.3

## 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 сільськогосподарських наук*

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України*

*вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна*

*<sup>2</sup>доктор сільськогосподарських наук*

*<sup>3</sup>кандидат сільськогосподарських наук*

*Уманський національний університет садівництва*

*вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20300, Україна*

*e-mail: LyubichV@gmail.com*

**Мета.** Визначити формування азотовмісних сполук у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти. **Методи.** Польовий, фізико-хімічний, розрахунковий, аналізування. **Результати.** Досліджено формування вмісту протеїну, білка в зерні пшениці спельти залежно від селекційно-генетичних особливостей сорту та лінії. Оцінено вміст есенційних амінокислот за допомогою коефіцієнта ефективності метаболізації та індексом комплексного оцінювання. **Висновки.** Вміст азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти істотно залежить від сорту і лінії та погодних умов. Азотовмісні сполуки у зерні пшениці спельти змінюються в широкому діапазоні. Вміст протеїну – від 13,2 % до 23,9, вміст білка – від 12,0 до 21,1, вміст вільних амінокислот – від 0,18 до 3,72 % залежно від сорту та лінії.

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

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]. Вирішити 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 есенційних амінокислот, особливо лізину (4,2–4,8 г/кг зерна), основою є глютамінова кислота [8]. Вміст 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 досліджувалось.

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 вимагає проведення додаткових досліджень.

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

**Матеріали та методи досліджень.** Експериментальну частину роботи виконували 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, P 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 загальноприйняту для Правобережного Лісостепу технологію вирощування пшениці. Попередник – викоовес на зелений корм. Застосовували метод систематичного розміщення ділянок, площа яких складала 10 м<sup>2</sup>. Повторність чотириразова.

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

Коефіцієнт ефективності метаболізації (КЕМ) есенційних амінокислот визначали за формулою

$$KEM = \frac{\sum HA}{\sum ZA},$$

де  $\Sigma_{HA}$  – вміст есенційних амінокислот, %;  $\Sigma_{ZA}$  – вміст замісних амінокислот, %.

Індекс комплексного оцінювання (ІКО) визначали за формулою

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

де  $\Phi$  – фактичне значення показника;  $O$  – оптимальне значення показника;  $D$  – допустиме значення показника;  $\frac{\Phi}{O}$  – відношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких повинно бути більше оптимального;  $\frac{D}{\Phi}$  – відношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких повинно бути меншим допустимого рівня;  $n$  – кількість показників, які використовуються в моделі.

Математичне оброблення даних виконували методом однофакторного

дисперсійного аналізу [11].

**Результати досліджень.** Вміст азотовмісних сполук у зерні пшениці спельти істотно коливався залежно від селекційно-генетичного походження сорту та лінії. Найвищий вміст протеїну був у зерні пшениці спельти сорту Зоря України – 23,9 % (табл. 1). Вміст 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. Вміст 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 вмістом білка.

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

Сорт, лінія	Рік дослідження				Середнє за чотири 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
Schwabekorn	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
NAK34/12–2	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
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	0,7	0,9	0,6	0,9	–

Проведені дослідження показали, що вміст протеїну змінювався залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у 2013 і 2016 рр. погодні умови характеризувались меншою кількістю опадів. За період квітень–липень випало відповідно 209 і 236 мм опадів або на 15–25 % менше середньобаторічного 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 фазу 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 та 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 °С) і становила 18–21 °С. Температура повітря в цей період впродовж решти років досліджень була оптимальною.

Вміст протеїну в зерні сортів Schwabenkorn, NSS 6/01, Зоря України, Шведська 1 і ліній LPP 1197, NAK34/12–2, LPP 1304, P 3, LPP 1221, LPP 3122/2, TV1100 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. Вилягання істотно не впливало на вміст білка, оскільки рослини пшениці спельти після вилягання відновлювали вертикальне положення стебла. Проте для лінії LPP 3373 встановлено обернений сильний зв'язок між вмістом білка та висотою рослин, оскільки їх стійкість до вилягання в 2016 р. була низькою – 3 бала.

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 листкової іржі та септоріозу.

Відомо, що для пшениці дуже високим вважається вміст білка > 18 %, високим – в 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 12,0 до 21,1 % залежно від сорту та лінії (рис. 1). У середньому за чотири роки досліджень дуже високий вміст білка був у зерні сорту Зоря України (21,1 %), ліній LPP 1221 (19,5 %) і TV 1100 (18,1 %), високий – в зерні сортів NSS 6/01 (16,9 %), Schwabenkorn (17,9 %) та лінії P 3 (16,3 %), середній – в зерні ліній LPP 3132 LPP 1304 LPP 3373 LPP 1197 (14,0–14,7 %), низький вміст – в зерні сорту Шведська 1 (12,6 %), ліній LPP 1224, LPP 3117 і LPP 3122/2 (12,0–13,5 %).

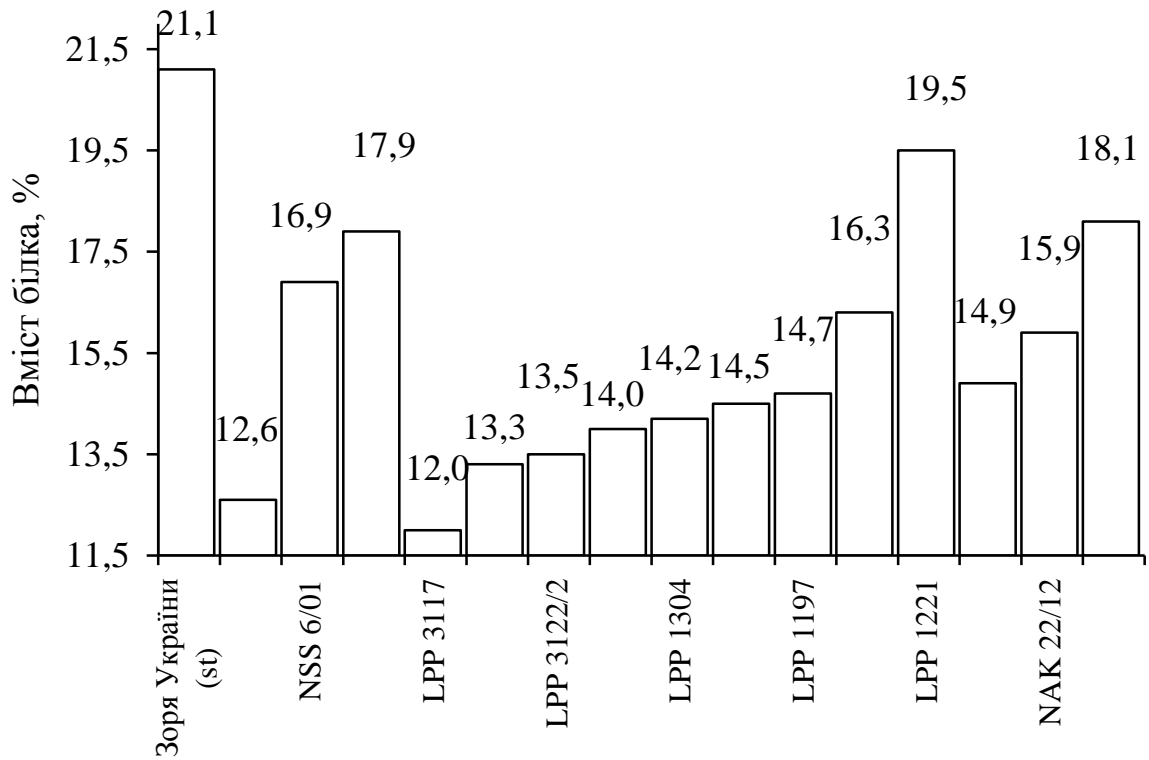


Рис. 1 Вміст білка в зерні різних сортів і ліній пшениці спельти, 2013–2016 рр.

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

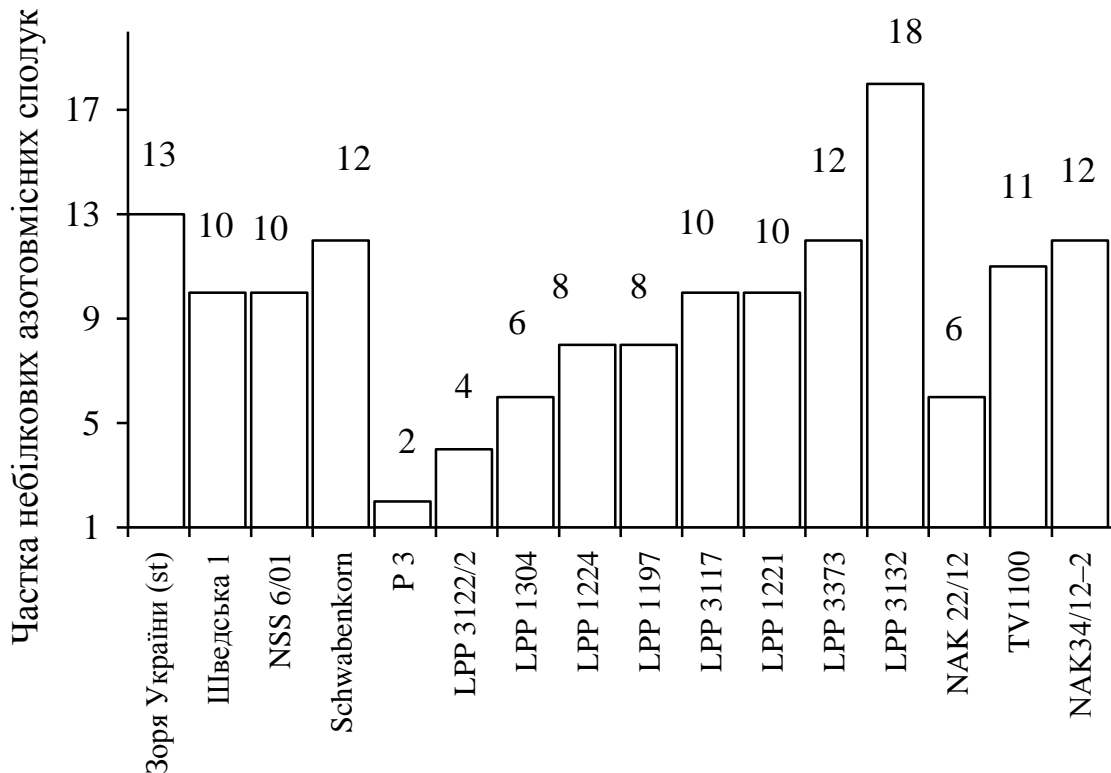


Рис. 1 Частка небілкових азотовмісних сполук у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти (2013–2015 рр.), %

Серед сортів пшениці спельти частка небілкових азотовмісних сполук у зерна сортів був 10–13 %. У зерні ліній пшениці спельти вона становила 2–18 %. Найбільшу частку небілкових азотовмісних сполук мало зерно лінії LPP 3132 – 18 %.

Вміст 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 вміст вільних амінокислот знаходився від 0,41 до 2,02 %, а в зерні ліній – від 0,18 до 2,34 %. Вміст есенційних амінокислот від 0,10 до 0,85 %, що становило 23–36 % від загальної їхньої кількості.

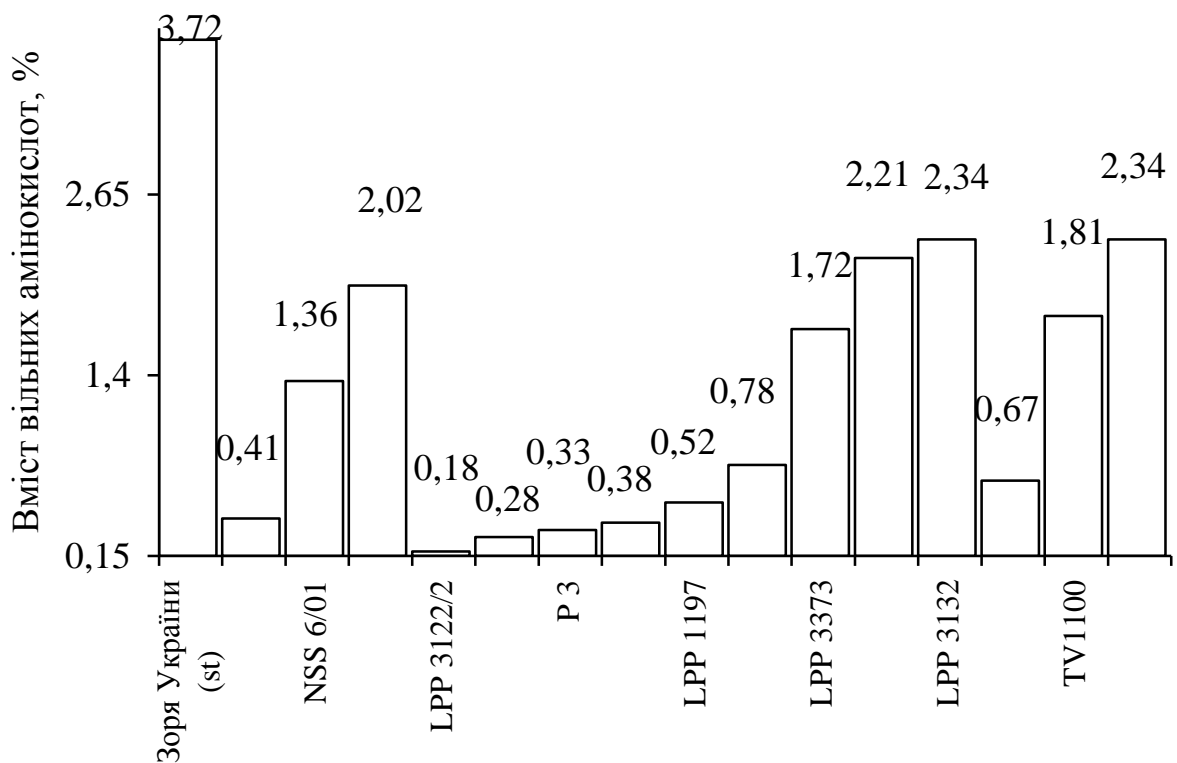


Рис. 3 Сума вільних амінокислот у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти (2014–2016 рр.), %

З’ясовано, що найвища метаболізація есенційних амінокислот була в зерні сортів Шведська 1, Schwabenkorn – 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).

Найменшим цей показник був у зерні сорту Шведська 1 – 0,40, а в решти

досліджуваних сортів і ліній – 0,42–0,48. Величини коефіцієнта ефективності метаболізації свідчить, що збільшення вмісту амінокислот у зерні пшениці спельти відбувається за рахунок замісних їх сполук.

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

Сорт, лінія	КЕМ*	± 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
NAK34/12–2	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
<i>HIP<sub>05</sub></i>	0,02	–	0,07	–

*Примітка.* КЕМ – коефіцієнт ефективності метаболізації, ІКО – індекс комплексного оцінювання.

Вміст незамінних амінокислот найкраще збалансований у зерні сорту Зоря України, ліній P 3, LPP 3373, LPP 1221, NAK 22/12, TV 1100 про що свідчить індекс комплексного оцінювання (ІКО) – 1,57–1,72. Найменший показник ІКО встановлено в зерні сорту NSS 6/01, ліній LPP 1224, LPP 1197 і LPP 3117, отриманих гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L., в яких він становив 1,06–1,16. Величина ІКО решти досліджуваних сортів і ліній пшениці спельти знаходилась від 1,27 до 1,42.

**Висновки.** Вміст 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. Вміст протеїну – від 13,2 % до 23,9, вміст білка – від 12,0 до 21,1, частка небілкових азотовмісних сполук – від 2 до 18 % залежно від сорту та лінії. Високий вміст 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* / *Triticum spelta*, 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 есенційних амінокислот (КЕМ=0,42–0,62), які найкраще збалансовані (ІКО=1,42–1,75).

### Бібліографія

1. Liu M., Zhao Q. Qi. F., Stiller J., Tang S., Miao J., Vrana J. et al. Sequence divergence between spelt and common wheat // *Theor Appl Genet*. 2018. Vol. 131. P. 1125–1132.
2. An X., Li Q., Yan Y., Xiao Y., Hsam S. et al (2005) 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. Vol. 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., You F.M., Borstel K., Dehghani H. The Origin of Spelt and Free-Threshing Hexaploid Wheat // *Journal of Heredity*. 2012. Vol. 103. P. 426–441.
5. Muller T., Schierscher-Viret B., Fossati D., Brabant C., Schori A., Keller B., Krattinger S. G. Unlocking the diversity of genebanks: whole-genome marker analysis of Swiss bread wheat and spelt // *Theor Appl Genet*. 2018. Vol. 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. Vol.

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. Vol. 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. Vol. 168. P. 176–182.

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

10. Shuaib M., Zeb A., Ali Z., Ali W., Ahmad T., Khan I. Characterisation of wheat varieties by seed storage/protein electrophoresis // *African J. Biotechnol.* 2007. Vol. 6. P. 497–500.

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

#### **Патыка В. Ф.**

Институт микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины, ул. Академика Заболотного, 154, г. Киев, 03143, Украина, e-mail: [secretar@serv.imv.kiev.ua](mailto:secretar@serv.imv.kiev.ua)

#### **Карпенко В. П., Любич В. В.**

Уманский национальный университет садоводства, ул. Институтская, 1, г. Умань, Черкасская обл., 20300, Украина, e-mail: [udau@udau.edu.ua](mailto:udau@udau.edu.ua)

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

**Цель.** Определить формирования азотсодержащих соединений в зерне различных сортов и линий пшеницы спельты. **Методы.** Полевой, физико-химический, расчетный, анализ. **Результаты.** Исследовано формирование содержания протеина, белка в зерне пшеницы спельты в зависимости от селекционно-генетических особенностей сорта и линии. Проведена оценка

содержания эссенциальных аминокислот с помощью коэффициента эффективности метаболизма и индексом комплексной оценки. **Выводы.** Содержание азотсодержащих соединений в зерне пшеницы спельты существенно зависит от сорта и линии и погодных условий. Азотсодержащие соединения в зерне пшеницы спельты изменяются в широком диапазоне. Содержание протеина – от 13,2 % до 23,9, содержание белка – от 12,0 до 21,1, содержание свободных аминокислот – от 0,18 до 3,72 % в зависимости от сорта и линии.

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

UDC 577.112:664.71–11:631.526.3

**NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS IN THE GRAIN OF  
DIFFERENT SPELT WHEAT VARIETIES AND STRAINS**

*V.P. Patyka<sup>1</sup>, V.P. Karpenko<sup>2</sup>, V.V. Liubych<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Doctor of Agricultural Sciences*

*Institute of Microbiology and Virology named after. D.K. Zabolotny of the*

*National Academy of Sciences of Ukraine*

*154 Academician Zabolotny Street, Kyiv city, 03143, Ukraine*

*<sup>2</sup>Doctor of Agricultural Sciences*

*<sup>3</sup>PhD in Agriculture*

*Uman National University of Horticulture*

*1 Instytutska Street, Uman city, Cherkasy region, 20300, Ukraine*

*e-mail:LyubichV@gmail.com*

**The purpose** is to determine the formation of nitrogen-containing compounds in the grain of different spelt wheat varieties and strains. **Methods** are field, physical and chemical, calculation and analysis. **Results** are studying formation of protein content and protein in spelt wheat grain depending on the breeding genetic features of the variety and strain. The content of essential amino acids by means of the

metabolisation efficiency coefficient and the integrated assessment index are investigated. **Conclusions.** The content of nitrogen-containing compounds in spelt wheat grain is significantly dependent on the variety, strain and weather conditions. Nitrogen-containing compounds in wheat grain vary in a wide range. The protein content ranges from 13.2 to 23.9%; protein content ranges from 12.0 to 21.1%, the content of free amino acids is from 0.18 to 3.72%, depending on the variety and strain.

**Keywords:** spelt wheat, protein, free amino acids, variety, strain.

One of the priority tasks of the agrarian science is the production of high biological value products. Wheat occupies a prominent position among the leading agricultural crops and is the diet basis of the population of many countries [1]. It is possible to solve the problem of vegetable protein production, valuable for baking and confectionery production, using the grain of infrequent species, introgressive, interspecific wheat varieties and strains [2].

World and domestic practice recognized that the quality of wheat grain depends on the breeding and genetic features of the variety. The specific proportion can be up to 50% [3, 4].

Spelt wheat grain is used to produce products of superior quality and biological value compared to soft wheat. This is due to the wheat ability to synthesize spontaneously higher protein content in the grain [5]. However, its content may vary from 12.5% to 28.7% depending on the variety, weather conditions and agricultural technologies [6]. In addition, soft wheat grain contains gluten protein which causes allergies in 5% of the population. Gluten protein is less in spelt wheat grain. Therefore, domestic and foreign producers successfully satisfy the growing demand for it [7].

Spelt wheat grain has higher content of essential amino acids, especially lysine (4.2-4.8 g/ kg of grain) and the basis is glutamic acid [8]. The content of non-protein nitrogen-containing compounds in soft wheat grain is 0.3-2.5% depending on the variety and agricultural technologies [9, 10]. However, the issue on the formation of

non-protein nitrogen-containing compounds in spelt wheat grain was not investigated.

The problem is that non-protein nitrogen-containing compounds, represented by free amino acids, are digested by the human body in a similar way. These compounds are insufficiently studied for grain of new varieties and lines of spelt wheat which requires additional research.

**The research purpose** is to determine the formation of nitrogen-containing compounds in the grain of different spelt wheat varieties and strains.

**Research content and methods.** The experimental work was carried out in the laboratory “Evaluation of quality of grain and grain products” of Department of Technology of Grain Storage and Processing at Uman National University of Horticulture. Grain of spelt wheat varieties of selection of the European countries was used, such as Schwabekorn (Austria), NSS 6/01 (Serbia), Shvedska 1 (Sweden); LPP 1197, LPP 3117, LPP 1304, LPP 1224, LPP 3122/2, P 3, LPP 3132, LPP 3373 and LPP 1221 strains obtained by hybridization of *Triticum aestivum*/ *Triticum spelta*; NAK 34/12–2 and NAK 22/12 introgressive strains obtained by hybridization of *Triticum aestivum*/ amphiploid (*Triticum durum*/ *Aegilops tauschii*) and TV 1100 introgressive strain obtained by hybridization of *Triticum aestivum* (Kharkivska 26 variety)/ *Triticum kiharae* with a selection of winter forms grown under the conditions of Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The check variant (standard) was a released spelt wheat variety of Zoria Ukrainy (st).

The technology of growing winter wheat for Right Bank Forest Steppe was used in the research. The predecessor was vetch and oat mix used for green fodder. The method of systematic plot allocation was used. The area of the experimental plot was 10 m<sup>2</sup>. The number of replications was four.

Protein content was determined by the amount of total nitrogen (conversion factor of 6.25), protein content was determined by ДСТУ 4117 and free amino acid content was determined by ion exchange liquid chromatography on the amino acid analyzer T-339.

The metabolisation efficiency coefficient (MEC) of essential amino acids was determined by the formula

$$MEC = \frac{\sum EA}{\sum SA},$$

In which  $\Sigma_{EA}$  is content of essential amino acids, %;  $\Sigma_{SA}$  is content of substitutable amino acids, %.

The Integrated assessment index (IAI) was determined by the formula

$$IAI = \sqrt{\frac{A_1}{O_1} \times \frac{A_2}{O_2} \times \dots \times \frac{A_n}{O_n} \times \frac{Ac_1}{A_1} \times \frac{Ac_n}{A_n}},$$

In which A is the actual value of the indicator; O is the optimal value of the indicator;  $A_c$  is the acceptable value of the indicator;  $\frac{A}{O}$  is the ratio used for indicators which actual value should be more optimal;  $\frac{Ac}{A}$  is the ratio used for indicators which actual value should be less than the permissible level; n is the number of indicators used in the model.

Mathematical processing of data was carried out by the method of single-factor dispersion analysis [11].

**Research results.** Nitrogen-containing compounds in spelt wheat grain significantly varied depending on the breeding and genetic origin of the variety and strain. The highest protein content was in wheat grain of Zoria Ukrayny variety (23.9%) (Table1). The protein content in the grain of other varieties varied from 13.8 to 20.1% or was lower by 16-42%, in strain grain it was from 13.2 to 21.5% or was lower by 10-45% compared with the check variant. Protein content in grain of spelt wheat varieties was 1.2-2.2% and in strains obtained by hybridization of *Triticum aestivum* L./ *Triticum spelta* L. it was by 0.3-2.5 and in introgressive strains it was by 1.0-1.9% higher than the protein content.

## 1. Protein content in grain of different varieties and strains of spelt wheat, %

Variety, strain	Research year				Average for four years
	2013	2014	2015	2016	
Zoria Ukrainy (st)	23.2	24.0	23.1	25.3	23.9
Shvedska 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
NAK34/12–2	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
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>0.7</i>	<i>0.9</i>	<i>0.6</i>	<i>0.9</i>	–

Studies have shown that the protein content varies depending on the weather conditions of the growing season. Thus, in 2013 and 2016, weather conditions were characterized by less rainfall. In April-July there were 209 and 236 mm of precipitation or by 15-25% less than the average long-term indicator (277 mm). Sufficient rainfall was in 2014 and 2015. In April-July, there were 292 and 271 mm of precipitation but their distribution was different. In 2013, there was only 13.3 mm of precipitation in the shooting stage; it was 45.8 mm in 2015; it was 140.8 mm in 2014 and 179.5 mm in 2016. The air temperature also affected the growth and development of spelt wheat varieties and strains. Thus, in the period of intensive growth of the stem (shooting stage – earing) in 2013, it was unfavorable compared with the optimal (9-16°C) and was 18-21°C. During the rest of the years of research, the air temperature was optimal during this period.

The protein content of Schwabenkorn, NSS 6/01, Zoria Ukrainy and Shvedska 1 varieties, LPP 1197, NAK34/12–2, LPP 1304, P 3, LPP 1221, LPP 3122/2 and TV 1100 strains also depended on the plant height which has changed over the years of research.

It is obvious that with the increase in plant height, the proportion of the reutilised nitrogen from the vegetative mass in the formation of nitrogen-containing compounds. Falling did not significantly affect the protein content, since wheat plants restored the vertical position of the stem after falling. However, there is an inverse strong relationship between protein content and plant height for LPP 3373 strain, since its resistance to falling in 2016 was low (3 points).

Reducing protein content in wheat grain of Shvedska 1 variety, LPP 3132, LPP 3373, LPP 3117, LPP 1197, LPP 1224 and LPP 3122/2 strains is due to the lesion of plants caused by brown leaf rust and septoriosis.

It is known that for wheat, the protein content > 18% is considered to be very high, high (within 16-18%), medium (14-16%), low (12-14%) and very low (< 12%).

The results of the conducted studies indicate that the protein content of wheat grain varied from 12.0 to 21.1% depending on the variety and strain (Fig. 1).

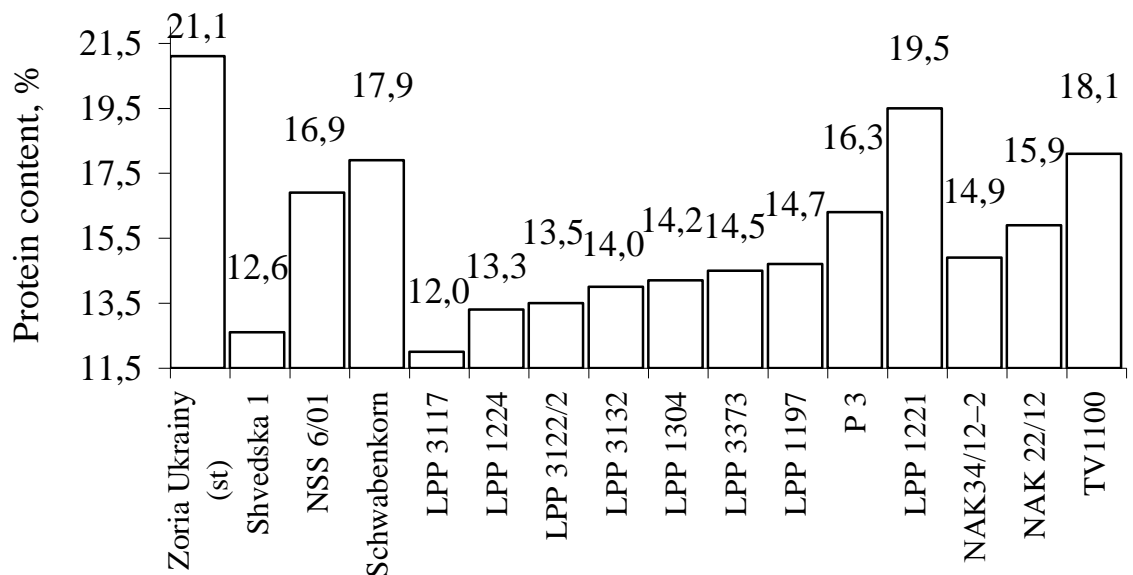


Fig.1 Protein content in grain of different varieties and strains of spelt wheat, in 2013-2016



On average, over four years of the research, very high protein content was in the grain of Zoria Ukrainy variety (21.1%), LPP 1221 (19.5%) and TV 1100 strains (18.1%); it was high in the grain of NSS 6/ 01 (16.9%) and Schwabenkorn varieties (17.9%) and P 3 strain (16.3%); it was average in the grain of LPP 3132, LPP 1304, LPP 3373 and LPP 1197 strains (14.0-14.7%); it was low in the grain of Shvedska 1 variety (12.6%), LPP 1224, LPP 3117 and LPP 3122/2 strains (12.0-13.5%).

Proportion of non-protein nitrogen-containing compounds of spelt wheat grain was in the range of 2-18% depending on the variety and strain corresponding to a specific genotype (Fig. 2).

The proportion of non-protein nitrogen-containing compounds in grain varieties was 10-13% among spelt wheat varieties. It was 2-18% in the grain of spelt wheat strains. Grain of LPP 3132 strain had the largest proportion of non-protein nitrogen-containing compounds (18%).

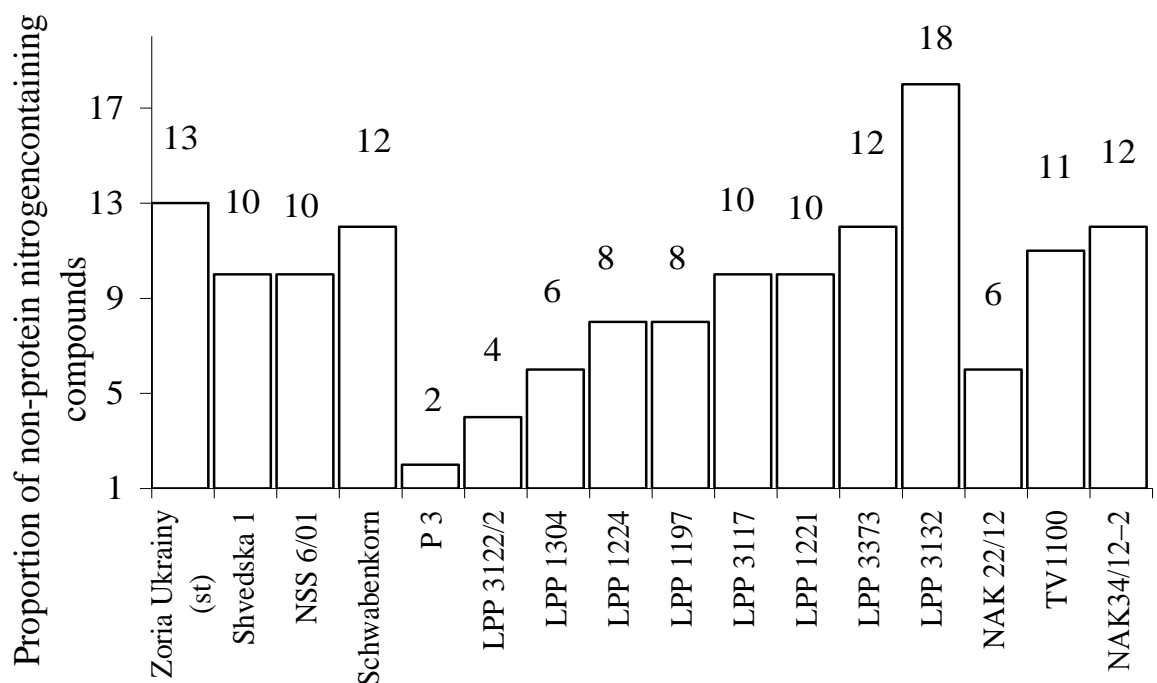


Fig. 1 Proportion of non-protein nitrogen-containing compounds in the grain of various spelt wheat varieties and strains (in 2013-2015), %

The content of amino acids that were not part of the protein structure depended substantially on the variety and strain of spelt wheat (Fig.3).

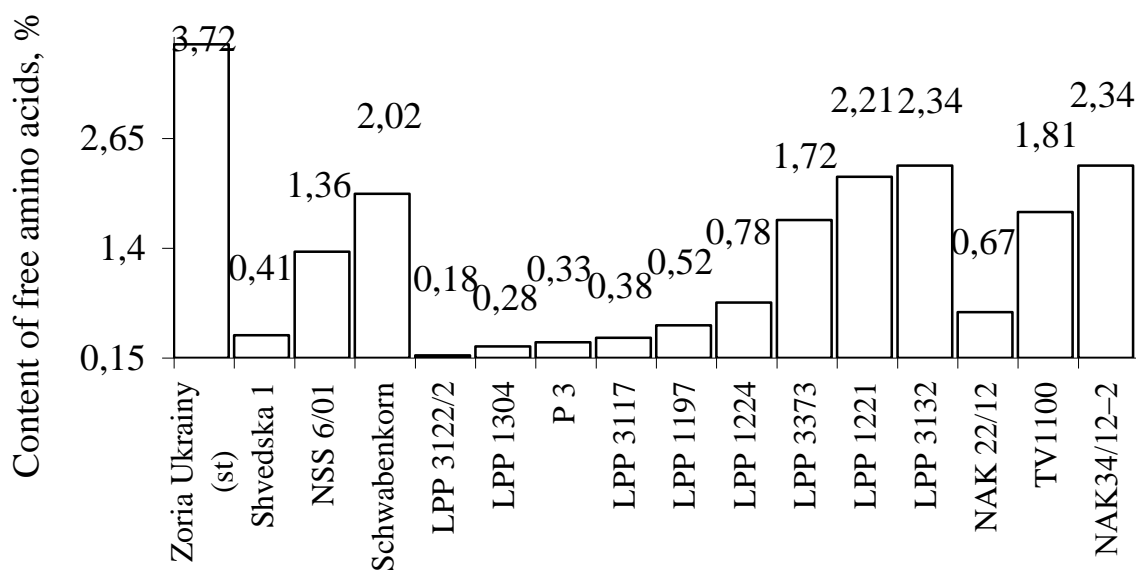


Fig. 3 Amount of free amino acids in the grain of different varieties and strains of spelt wheat (in 2014-2016), %

The grain of Zoria Ukrainy variety had the highest amount of free amino acids (3.72%). The content of free amino acids was from 0.41 to 2.02% in the grain of remaining varieties and it was from 0.18 to 2.34% in the grain of strains. The content of essential amino acids was from 0.10 to 0.85% which was 23-36% of their total amount.

It is found that the highest metabolisation of essential amino acids was in the grain of Shvedska 1 and Schwabenkorn varieties (0.46-0.48); it was 0.52-0.62 of LPP 1304, LPP 3122/2, P 3 and NAK 22/12 strains which is more by 24-48% in comparison with the check variant (Table 2).

This indicator was the smallest in the grain of Shvedska 1 variety (0.40) and it was 0.42-0.48 in the remaining studied varieties and strains. Values of metabolisation efficiency coefficient show that the increase in the content of amino acids in the grain of spelt wheat is due to the replacement of their compounds.

**2. Metabolisation efficiency coefficient and integrated assessment index of the content of essential amino acids in the grain of different varieties and strains of spelt wheat, in 2014-2016**

Variety, strain	MEC*	± до ст	IAI*	± до ст
Zoria Ukrainy (st)	0.42	–	1.58	–
NSS 6/01	0.40	-0.02	1.11	-0.47
Shvedska 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
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	0.02	–	0.07	–

*Note.* MEC is metabolisation efficiency coefficient, IAI is integrated assessment index.

The content of essential amino acids is best balanced in the grain of Zoria Ukrainy variety, R 3, LPP 3373, LPP 1221, NAK 22/12 and TV 1100 strains. This is evidenced by integrated assessment index (IAI) – 1.57-1.72. The smallest IAI indicator was found in the grain of NSS 6/01 variety, LPP 1224, LPP 1197 and LPP 3117 strains, obtained by hybridization of *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. (1.06-1.16). IAI indicator of the remaining studied varieties and strains of spelt wheat was from 1.27 to 1.42.

**Conclusions.** The content of nitrogen-containing compounds in spelt wheat grain is significantly dependent on the variety, strain and weather conditions. Nitrogen-containing compounds in wheat grain vary in a wide range. The protein content ranges from 13.2 to 23.9%; protein content ranges from 12.0 to 21.1%, the content of free amino acids is from 0.18 to 3.72%, depending on the variety and strain. The high protein content (16.3-23.9%) with a percentage of non-

protein nitrogen-containing compounds of 10-18%, which is represented by free amino acids in the grain, is provided by Zoria Ukrainy, NSS 6/01 and Schwabenkorn varieties, LPP 1221, LPP 3373, LPP 3132 and P 3 strains obtained by the hybridization of *Triticum aestivum*/*Triticum spelta* and introgressive strains. Grain of spelt wheat of Zoria Ukrainy and Schwabenkorn varieties, R 3, LPP 3373, LPP 1221, NAK 22/12 and TV 1100 strains contains the most essential amino acids (MEC of 0.42-0.62) which are best balanced (IAI is 1.42-1.75).

### References

1. Liu, M., Zhao, Q. Qi. F., Stiller, J., Tang, S., Miao, J., Vrana, J. 2018. Sequence divergence between spelt and common wheat. In: *Theor Appl Genet.*, 131: 1125–1132.
2. An, X., Li, Q., Yan, Y., Xiao, Y., Hsam, S. 2005. 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*, 146: 193–201.
3. Petrychenko, V.F., Korniiichuk, O.V. 2018. Factors of stabilization of grain production of winter wheat in Right Bank Forest-Steppe. In: *Bulletin of Agrarian Science*, 2: 17-23.
4. Dvorak, J., Deal, K.R., Luo, M.C., You, F.M., Borstel, K., Dehghani, H. 2012. The Origin of Spelt and Free-Threshing Hexaploid Wheat. In: *Journal of Heredity*, 103: 426–441.
5. Muller, T., Schierscher-Viret, B., Fossati, D., Brabant, C., Schori, A., Keller, B., Krattinger, S.G. 2018. Unlocking the diversity of genebanks: whole-genome marker analysis of Swiss bread wheat and spelt. *Theor Appl Genet*, 131: 407–416.
6. Filipcev, B., Bodroza-Solarov, M., Pestoric, M., Simurina, O. 2017. Breadmaking performance and textural changes during storage of composite breads made from spelt wheat and different forms of amaranth grain. *Food Sci Technol Int.*, 23: 235–244.
7. Xie, Q., Mayes, S., Sparkes, D.L. 2016. Optimizing tiller production and survival for grain yield improvement in a bread wheat spelt mapping population. *Ann Bot.*, 117: 51–66.

8. Koenig, A., Konitzer, K., Wieser, H., Koehler, P. 2015. Classification of spelt cultivars based on differences in storage protein compositions from heat. *Food Chem.*, 168: 176–182.
9. Hempel, S., Jacob, A., Rohn, H., 2007. Influence of inulin modification and flour type on sensory quality of prebiotic wafer crackers. *Eur. Food Res. Technol.*, 224: 335–341.
10. Shuaib, M., Zeb, A., Ali, Z., Ali, W., Ahmad, T., Khan, I. 2007. Characterisation of wheat varieties by seed storage/protein electrophoresis. *African J. Biotechnol.*, 6: 497–500.
11. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.G., Opryshko, V.P., Kostogryz, P.V. 2005. *Principles of scientific research in agronomy*. Kyiv.

**Patyka V.F.**

Institute of Microbiology and Virology named after. D.K. Zabolotny of the National Academy of Sciences of Ukraine, 154 Academician Zabolotny Street, Kyiv city, 03143, Ukraine, E-mail: [secretar@serv.imv.kiev.ua](mailto:secretar@serv.imv.kiev.ua)

**Karpenko V.P., Liubych V.V.**

Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska Street, Uman city, Cherkasy region, 20300, Ukraine, E-mail: [udau@udau.edu.ua](mailto:udau@udau.edu.ua)

**Nitrogen-containing compounds in the grain of different spelt wheat varieties and strains**

**The purpose** is to determine the formation of nitrogen-containing compounds in the grain of different spelt wheat varieties and strains. **Methods** are field, physical and chemical, calculation and analysis. **Results** are studying formation of protein content and protein in spelt wheat grain depending on the breeding genetic features of the variety and strain. The content of essential amino acids by means of the metabolisation efficiency coefficient and the integrated assessment index are investigated. **Conclusions.** The content of nitrogen-containing compounds in spelt wheat grain is significantly dependent on the variety, strain and weather conditions. Nitrogen-containing compounds in wheat grain vary in a wide range. The protein

content ranges from 13.2 to 23.9%; protein content ranges from 12.0 to 21.1%, the content of free amino acids is from 0.18 to 3.72%, depending on the variety and strain.

**Keywords:** spelt wheat, protein, free amino acids, variety, strain.