anthocyanin coloration is characterized. The flag leaf is of medium length and width, with a short sheath. The spike is of medium length (10.2 cm), loose, erect, and has a slightly glaucous coating. The peduncle below the spike shows a slight anthocyanin tint. The grain is of medium length, elongated, with a light-colored aleurone layer. The thousand-grain weight is 37 g. Over the years of study, the sample demonstrated high resistance to lodging, drought, and shattering, with minimal disease incidence.

Key words: *winter rye, synthetic variety, panmictic population, sample, economically valuable traits.*

УДК: 633.11:577.112.3:577.21
DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-115-121

БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛКА ЗРАЗКІВ *TRITICUM AESTIVUM* L., СТВОРЕНИХ ЗА ГІБРИДИЗАЦІЇ З *TRITICUM SPELTA* L.

І. П. ДІОРДІЄВА[1], *доктор сільськогосподарських наук*
С. В. ЩЕТИНА[1], *доктор сільськогосподарських наук*
Л. В. ХУДОЛІЙ[2], *кандидат сільськогосподарських наук*
А. О. ЯЦЕНКО[1], *доктор сільськогосподарських наук*
[1] **Уманський національний університет**
[2] **Український інститут експертизи сортів рослин**

Проаналізовано вміст білка, його амінокислотний склад інтегральний і амінокислотний скор зерна зразків пшениці м'якої озимої, створених за участю пшениці спельти в Уманському національному університеті. Встановлено, що вміст незамінних амінокислот змінюється від 33,83 до 38,67 мг/г. Серед незамінних амінокислот у складі білка переважали лейцин і валін. Лімітованими амінокислотами були лізин, триптофан і треонін.

Ключові слова*: пшениця м'яка озима, амінокислота, інтегральний скор, амінокислотний скор, коефіцієнт ефективності метаболізації.*

Вступ. Забезпечення населення планети повноцінними продуктами харчування, зокрема, рослинного походження, що збалансовані за білковим і амінокислотним складом є однією з нагальних проблем сучасного агропромислового виробництва. Дефіцит білка у світовому масштабі актуалізує потребу у створенні нових сортів і гібридів із підвищеним вмістом протеїну, збалансованого за амінокислотним складом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними показниками, які характеризують харчову цінність сировини і продуктів, є біологічна, енергетична, фізіологічна цінність і біологічна ефективність. Біологічною цінністю називають показник якості харчового білка, який відображає ступінь відповідності його амінокислотного складу потребам організму людини в амінокислотах для синтезу білка. У кожному білку може бути різна кількість амінокислот, складом яких визначається повноцінність білка [1, 2].

Амінокислоти – речовини первинного синтезу, що беруть участь у синтезі білків, коферментів, ферментів, стероїдних сполук, поліфенолів, складних вуглеводів, жирів тощо. У побудові організму людини беруть участь 22 амінокислоти. Амінокислотний склад білків та їх скор мають вагоме значення для оцінювання якості зерна пшениці. Незамінні амінокислоти організмом людини не синтезуються, тому їх потреба забезпечується продуктами харчування. Критично важливими для організму людини є метіонін, лізин і триптофан, оскільки вони лімітують використання інших амінокислот для синтезу білка. Замінні амінокислоти можуть утворюватися ендогенним синтезом. Вони необхідні для нормального обміну речовин, функціонування ферментної системи тощо [2, 3].

Відомо [2, 4], що амінокислотний склад зерна пшениці визначається видовими й сортовими особливостями, а також істотно залежить від умов навколишнього середовища. Ці фактори впливають на накопичення окремих білкових фракцій та визначають кількісні і якісні характеристики білка. Вміст окремих амінокислот корелює із загальним умістом білка в зерні пшениці озимої, зокрема, вміст гістидину, аргініну, треоніну, гліцину і метіоніну має обернену кореляцію із загальною кількістю білка, вміст глютамінової кислоти та проліну – пряму. При цьому вміст більшості амінокислот, окрім цистину й метіоніну, підвищується зі зростанням кількості білка [2, 5].

Зерно спельти характеризується вищим вмістом незамінних амінокислот, зокрема, лізину, треоніну та метіоніну, ніж зерно пшениці м’якої. Зерно пшениці м’якої має вищі показники амінокислотного скору лейцину, ізолейцину та суми тирозину і фенілаланіну [2, 3, 6]. В УНУ за гібридизації пшениці м’якої зі спельтою створено низку зразків пшениці м’якої озимої з поліпшеними кількісними і якісними показниками продуктивності, зокрема, вмістом амінокислот [7, 8]. **Метою** досліджень був порівняльний аналіз створених зразків за біологічною цінністю білка.

Методика досліджень. Об’єктом досліджень були чотири зразки пшениці м’якої озимої, створені за гібридизації зі спельтою в Уманському національному університеті. Вміст амінокислот у зерні визначали методом іонообмінної рідинної хроматографії на аналізаторі амінокислот Т-339. Стандартом виступав сорт пшениці м’якої озимої Подолянка.

Амінокислотний скор незамінних амінокислот визначали за формулою

$$\text{А} = \frac{\text{Ф}}{\text{О}} * 100, \text{ де} \quad (1)$$

А – амінокислотний скор, %; Ф – фактичний вміст кислоти, мг/г;
О – оптимальний вміст амінокислоти, мг/г білка.

Коефіцієнт ефективності метаболізації (КЕМ) ессенціальних амінокислот визначали за формулою

$$\text{КЕМ} = \frac{\Sigma\text{НАК}}{\Sigma\text{ЗАК}}, \text{ де} \quad (2)$$

$\Sigma_{НА}$ – вміст незамінних амінокислот; $\Sigma_{ЗА}$ – вміст замінних амінокислот.

Інтегральний скор розраховували за такою формулою:

$$I = \frac{Ф}{Д} * 100, \text{ де} \quad (3)$$

І – інтегральний скор, %; Ф – фактичний вміст амінокислоти, мг/100 г;
Д – добова потреба амінокислоти організмом здорової людини, мг.

Результати досліджень аналізували статистично. Найменшу істотну різницю ($НІР_{01}$) розраховували за методикою В. О. Єщенка зі співавторами [9].

Результати досліджень. Встановлено, що за вмістом в зерні всі створені зразки істотно перевищували стандарт в кожен з років досліджень. Цей показник варіював за роками від 14,8–15,4 % у 2021 р. до 15,4–16,2 % – у 2023 р. (табл. 1). Найвищим вмістом в зерні білка (в середньому 16,1 %) характеризувався зразок 6750 (табл. 1).

Табл. 1. Вміст білка в зерні створених зразків пшениці м'якої озимої, %, 2021–2023 рр.

Зразок	Вміст білка, %			
	2021	2022	2023	Середнє
Подолянка (St)	13,7	14,5	14,2	14,1
3872	15,4	16,1	15,9	15,8
4075	15,3	16,3	16,0	15,9
6274	14,8	15,6	15,4	15,3
6750	15,4	16,7	16,2	16,1
$НІР_{01}$	*0,1*	*0,1*	*0,1*	–

Дослідженнями встановлено, що вміст амінокислот у зерні створених зразків варіював залежно від генотипу в межах 180,11–206,21 мг/г (табл. 2). На думку вчених більше уваги необхідно приділяти не сумі амінокислот, а незамінним амінокислотам і особливо лімітуючим – лізину, метіоніну, ізолейцину і треоніну. Поряд з цим, у білках пшениці таких незамінних амінокислот як лейцин та фенілаланін міститься більше, ніж потрібно людині. У проведених дослідженнях за сумою незамінних амінокислот всі створені зразки істотно перевищували стандарт. Найвищою сумою незамінних амінокислот у зерні характеризувалися зразки 6750 (38,67 мг/г) та 3872 (34,63 мг/г). Зразки 6274 (34,15 мг/г) та 4075 (33,83 мг/г) дещо поступалися їм, проте характеризувалися високим вмістом метіоніну й триптофану. У складі незамінних амінокислот переважали лейцин, вміст якого варіював залежно від генотипу в межах 8,31–9,88 мг/г та валін – 5,32–6,19 мг/г. Вміст замінних амінокислот варіював від 72,98 мг/г у зразка 6274 до 206,21 мг/г у зразка 6750. За сумою замінних амінокислот зразки 3872, 4075 та 6750 істотно перевищували контрольний варіант. Серед замінних амінокислот переважала глютамінова кислота (29,01–31,79 мг/г).

Коефіцієнт ефективності метаболізації істотно не змінювався залежно від генотипу і коливався в межах від 0,43 – у зразка 3872 до 0,47 – у зразка 6274.

Табл. 2. Вміст амінокислот у зерні зразків пшениці м'якої озимої, мг/г

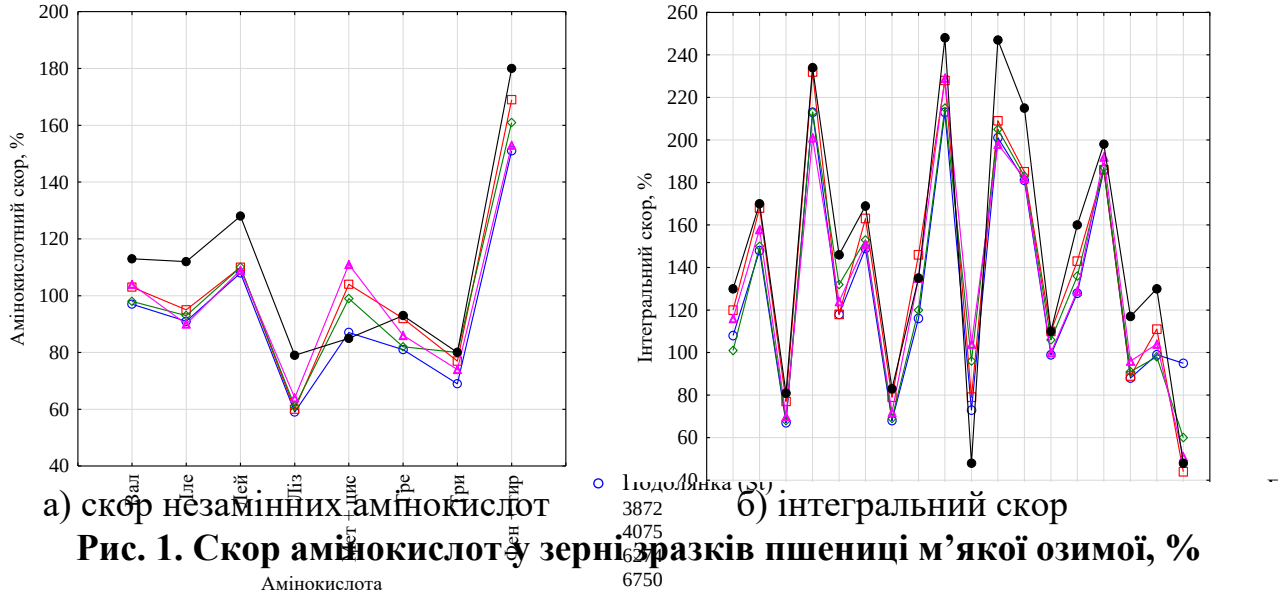
Амінокислота	Подолянка (St)	Зразок				$НІР_{01}$
		3872	4075	6274	6750	
Незамінні амінокислоти						
Вал	5,32	5,69	5,37	5,72	6,19	*0,05*
Іле	4,01	4,18	4,09	3,96	4,93	*0,04*
Лей	8,31	8,50	8,44	8,39	9,88	*0,08*
Ліз	3,61	3,66	3,73	3,92	4,81	*0,04*
Мет	1,32	1,43	1,72	1,88	0,87	*0,01*
Тре	3,55	4,04	3,61	3,78	4,09	*0,03*
Три	0,76	0,85	0,88	0,81	0,88	*0,01*
Фен	5,61	6,28	5,99	5,69	7,02	*0,06*
$\Sigma_{НАК}$	*32,49*	*34,63*	*33,83*	*34,15*	*38,67*	*0,31*
Замінні амінокислоти						
Глі	5,22	5,70	5,34	5,27	5,91	*0,05*
Ала	4,51	5,21	4,58	4,74	5,48	*0,04*
Цис	2,08	2,62	2,16	2,43	2,43	*0,02*
Сер	5,60	6,37	5,63	5,79	6,72	*0,05*
Глю	29,01	31,59	29,03	27,30	31,79	*0,27*
Асп	6,58	7,30	6,16	7,10	7,90	*0,06*
Про	5,30	5,32	5,94	5,57	6,59	*0,05*
Тир	4,35	4,86	4,66	4,38	4,85	*0,04*
Гіс	3,91	3,90	3,93	4,04	4,16	*0,04*
Арг	6,02	6,78	5,99	6,36	7,94	*0,06*
$\Sigma_{ЗАК}$	*72,58*	*79,65*	*73,42*	*72,98*	*83,77*	*0,69*
Всього	*177,65*	*193,93*	*180,67*	*180,11*	*206,21*	*1,69*
КЕМ	*0,45*	*0,43*	*0,46*	*0,47*	*0,46*	–

Величини коефіцієнта ефективності метаболізації свідчить, що збільшення вмісту амінокислот у зерні створених зразків відбувається завдяки їх замінним сполукам.

Скор (амінокислотний, інтегральний) кожної амінокислоти характеризує біологічну цінність білка. Використання організмом людини білка на анаболітичні потреби визначається вмістом лімітувальної амінокислоти, а компенсація енерговитрат і біосинтез замінних амінокислот відбувається завдяки надлишковому вмісту інших есенціальних речовин [2]. Високий вміст білка або загальна сума амінокислот не забезпечує високу біологічну цінність зерна. Інформація про загальний вміст незамінних амінокислот не характеризує забезпечення ними добової потреби організму людини. Для цього визначають величину амінокислотного скору. Бездефіцитним скор вважається за значення для всіх амінокислот понад 95 % та точності визначення їх вмісту близько 5 %. Всесвітня продовольча організація (FAO) та Всесвітня організація охорони

здоров'я (ВООЗ) визначили добову потребу людського організму в амінокислотах, яка забезпечує їх збалансованість (12 % загальної енергетичної потреби організму, або 90–100 г на добу).

Дослідженнями встановлено, що лімітованими амінокислотами у зерні створених зразків пшениці м'якої озимої є лізин і триптофан, амінокислотний скор яких змінювався в межах 60–80 % (рис. 1 а).



а) скор незамінних амінокислот б) інтегральний скор

Рис. 1. Скор амінокислот у зерні зразків пшениці м'якої озимої, %

Досліджувані генотипи, крім лізину і триптофану, мали незначний дефіцит треоніну, а зразки 4075 і 6274 також мали дефіцит ізолейцину. Амінокислотний скор інших незамінних амінокислот був бездефіцитним. Інтегральний скор амінокислот характеризує здатність білка задовольняти добову біологічну потребу організму людини. Серед досліджуваних генотипів найвищий інтегральний скор амінокислот фіксували у зразків 3872 та 6750, які найбільше забезпечували біологічну потребу людини глутаміновою кислотою (на 201–234 %), ізолейцином (на 198–247 %), валіном (на 215–248 %), лейцином (на 182–215 %), гістидином (на 186–198 %), треоніном (на 150–170 %) (рис. 1 б).

Висновки. Біологічна цінність білка зразків пшениці м'якої озимої істотно варіює залежно від генотипу. При цьому вміст незамінних амінокислот змінюється від 33,83 до 38,67 мг/г. У складі незамінних амінокислот переважали лейцин, вміст якого варіював залежно від генотипу в межах 8,31–9,88 мг/г та валін – 5,32–6,19 мг/г. Лімітованими амінокислотами у зерні створених зразків є лізин, триптофан і треонін, амінокислотний скор яких був у межах 60–93 %. Найвищу біологічну цінність має білок зразка 6750.

Література:

1. Siddiqi R., Singh T., Rani M., Sogi D., Bhat M. Diversity in Grain, Flour, Amino Acid Composition, Protein Profiling, and Proportion of Total Flour Proteins of Different Wheat Cultivars of North India. *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. P. 141–152.

2. Любич В. В., Желєзна В. В., Полянецька І. О. Формування вмісту амінокислот у зерні пшениці озимої залежно від сорту. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 115. С. 102–109.

3. Любич В. В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від похо- дження сорту та лінії. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2016. Ч. 1. Вип.89. С. 199–206.

4. Ящук Н. О. Відповідність показників якості зерна пшениці озимої вимогам стандарту залежно від сортових особливостей та факторів вирощування. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 2. С. 73–77.

5. Чорнолата Л. П., Лихач С. М., Найдіна Т. В. Біологічна повноцінність протеїну та її роль при годівлі сільськогосподарських тварин. *Корми і кормовиробництво*. 2023. Вип. 95. С. 170–178.

6. Дробот В. І., Семенова А. Б., Михонік Л. А. Порівняльна характеристика хімічного складу та технологічних властивостей суцільнозмеленого пшеничного борошна та борошна спельти. *Зберігання і переробка зерна*. 2014. № 4. С. 37–39.

7. Діордієва І. П. Теоретичні основи створення вихідного матеріалу в селекції за показниками якості зерна пшениці та тритикале озимих. Автореф. дис. д. с.-г. н. Умань: УНУ, 2025. 44 с.

8. Діордієва І. П., Ташлицький Є. М., Лукіянчук В. С. Біологічна цінність білка зразків пшениці м'якої озимої, створених за гібридизації *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. XIII Міжнародна науково-практична конференція «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). Умань, 2025. С. 120–122.

9. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

References:

1. Siddiqi, R., Singh, T., Rani, M., Sogi, D., Bhat, M. (2020). Diversity in grain, flour, amino acid composition, protein profiling, and proportion of total flour proteins of different wheat cultivars of North India. *Frontiers in Nutrition*, no. 7, pp. 141–152.

2. Liubych, V. V., Zheliezna, V. V., Polianetska, I. O. (2020). Formation of amino acid content in winter wheat grain depending on the variety. *Tavria Scientific Bulletin*, no. 115, pp. 102–109. [in Ukrainian].

3. Liubych, V. V. (2016). Biological value of spelt wheat protein depending on the origin of the variety and line. *Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture*, no. 1(89), pp. 199–206. [in Ukrainian].

4. Yashchuk, N. O. (2013). Compliance of winter wheat grain quality indicators with the requirements of the standard depending on varietal characteristics and cultivation factors. *Variety Research and Plant Variety Rights Protection*, no. 2, pp. 73–77. [in Ukrainian].

5. Chornolata, L. P., Lykhach, S. M., Naidina, T. V. (2023). Biological completeness of protein and its role in feeding farm animals. *Feeds and Feed Production*, 95, 170–178. [in Ukrainian]

6. Drobot, V. I., Semenova, A. B., Mykhonik, L. A. (2014). Comparative characteristics of the chemical composition and technological properties of whole wheat flour and spelt flour. *Storage and Processing of Grain*, no. 4, pp. 37–39. [in Ukrainian].

7. Diordiieva, I. P. (2025). Theoretical foundations of creating source material in breeding by grain quality indicators of wheat and winter triticale. Extended abstract of Doctoral dissertation. Uman: Uman National University of Horticulture. 44 p. [in Ukrainian].

8. Diordiieva, I. P., Tashlytskyi, Ye. M., Lukiyanchuk, V. S. (2025). Biological value of protein in samples of winter bread wheat created by hybridization *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. In Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference "Breeding and Genetic Science and Education" (Pariev Readings), Uman, 120–122. [in Ukrainian].

9. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., Opryshko, V. P. (2014). Fundamentals of scientific research in agronomy. In V. O. Yeshchenko (Ed.). Vinnytsia: Edelweiss & Co. 332 p. [in Ukrainian].

Annotation

Diordieva I. P., Shchetyna S. V., Khudoliy L. V., Yatsenko A. O.

Biological value of protein in Triticum aestivum L. samples developed through hybridization with Triticum spelta L.

The aim of the study was a comparative analysis of winter bread wheat samples developed with the participation of spelt wheat in Uman national university in terms of the biological value of protein.

All created samples significantly exceeded the standard in terms of grain content in each year of the study. This indicator varied over the years from 14.8–15.4% in 2021 to 15.4–16.2% in 2023. Highest grain protein content (on average 16.1%) was observed in sample 6750. The study established that the amino acid content in the grain of the developed winter bread wheat samples varied depending on the genotype within the range of 180.11–206.21 mg/g. Highest sum of essential amino acids in the grain of winter bread wheat samples was recorded in samples 6750 (38.67 mg/g) and 3872 (34.63 mg/g). Among the essential amino acids, leucine predominated, its content varying depending on the genotype within 8.31–9.88 mg/g, as well as valine – 5.32–6.19 mg/g. The content of non-essential amino acids ranged from 72.98 mg/g in sample 6274 to 206.21 mg/g in sample 6750. By the sum of non-essential amino acids, winter bread wheat samples 3872, 4075, and 6750 significantly exceeded the control variant. Among the non-essential amino acids, glutamic acid predominated (29.01–31.79 mg/g). The limiting amino acids in the grain of the developed winter bread wheat samples were lysine and tryptophan, whose amino acid score ranged within 60–80%. In addition to lysine and tryptophan, the studied genotypes had a slight deficiency of threonine, while samples 4075 and 6274 also showed a deficiency of isoleucine. The amino acid score of other essential amino acids was non-limiting. The coefficient of metabolic efficiency did not change significantly, ranging from 0.43 in sample 3872 to 0.47 in sample 6274. The highest integrated score was recorded in winter bread wheat samples 3872 and 6750, which best met the human biological demand for glutamic acid (201–23-4%), isoleucine (198–247%), valine (215–248%), and leucine (182–215%).

Key words: *winter bread wheat, amino acid, integrated score, amino acid score, coefficient of metabolic efficiency.*