

## РОЗДІЛ 3

### ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН

УДК 633.11:581.19

#### ВМІСТ КАРОТИНОЇДІВ У БОРОШНІ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

*О. Леонов, д. с.-г. н., В. Аліпов, З. Усова, к. с.-г. н.,  
К. Суворова, к. б. н, Т. Шелякіна, А. Ярош, О. Падалка  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН*

**Постановка проблеми.** Україна є одним із найбільших виробників та експортерів пшениці у світі. За підсумками 2017 року, експорт пшениці склав 17,31 млн т [1]. Для підвищення конкурентоспроможності українського зерно-виробництва на світовому ринку поряд з урожаєм питанням номер один у селекції зернових культур має бути якість зерна.

Постійний розвиток харчової, переробної промисловості та повернення пересічного українця до здорового харчування ставлять перед селекційними установами нові завдання щодо створення сортів з розмаїттям ознак якості, зокрема складу білків, вуглеводів, вмісту вітамінів, технологічних властивостей. Серед показників якості зерна, що формують харчову цінність продукту, важливим є рівень вмісту каротиноїдів (речовин, які мають антиоксидантну активність та перетворюються в організмі людини на вітамін А). Дефіцит вітаміну А є серйозною глобальною проблемою для здоров'я людини, яку можна послабити за рахунок поліпшення харчування. Створення сортів пшениці м'якої з підвищеним вмістом каротиноїдів може забезпечити стійкий шлях усунення дефіциту вітаміну А в усьому світі та є одним зі шляхів покращання харчової цінності зерна [2; 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До складу каротиноїдів зерна пшениці входить низка пігментів – ксантофіл, ефіри ксантофілу та каротин, який має біологічну активність як провітамін А. Кремовий колір, характерний для доброго пшеничного борошна, жовтий та кремовий колір макаронів і різних круп пояснюється головним чином вмістом каротиноїдів [4]. У злаків визначені дупліковані гени Psy 1 та Psy 2, які відповідають за синтез каротиноїдів. Доведено, що саме ген Psy 1 пов'язаний із вмістом жовтого пігменту [5; 6]. Гомеологічні гени Psy – A1, Psy – B1, Psy – D1 пшениці, які відповідають за вміст каротиноїдів, локалізовані на хромосомах 7A, 7B та 7D відповідно [7]. Найбільший вміст каротиноїдів спостерігають за наявності алелей Psy-A1a та Psy – B1c [8]. Окрім того, наявність 1B.1R транслокації також підвищує вміст каротиноїдів у зерні [9]. Вміст каротиноїдів у зерні пшениці має незначні природні коливання. Кількість каротиноїдів у борошні та готових виробах варіює за роками і залежить від сортових особливостей [10].

На сьогодні через невідповідність наявних сортів потребам виробництва залишається актуальним створення та впровадження високопродуктивних сортів

пшениці м'якої з підвищеним рівнем каротиноїдів, високими хлібопекарськими показниками та макаронними властивостями.

**Постановка завдання.** Мета наших досліджень – визначення вмісту каротиноїдів у борошні пшениці м'якої озимої та ярої з подальшим виділенням кращих зразків для селекції на підвищений вміст каротиноїдів.

**Виклад основного матеріалу.** За результатами попереднього визначення вмісту каротиноїдів у борошні 134 зразків пшениці ярої [10] і 256 – пшениці озимої урожаю 2014 року було відібрано 34 зразки пшениці м'якої ярої та 71 – пшениці озимої, які характеризуються комплексом цінних господарських ознак та відображають розмаїття культури за вмістом каротиноїдів у борошні для подальшого детального вивчення протягом 2015–2017 років.

Вміст каротиноїдів серед вивченого масиву сортів та ліній коливався за роками. Так, для пшениці озимої середнє значення у 2015 році склало 1,88 мг/100 г, у 2016 році – 1,81, а у 2017 році – 1,32. Подібні закономірності, але на дещо вищому рівні, були характерними і для пшениці ярої (2,84 мг/100 г, 2,68 та 2,24 відповідно). Розподіл зразків пшениці м'якої озимої за вмістом каротиноїдів у борошні виявився близьким до нормального (рис. 1).

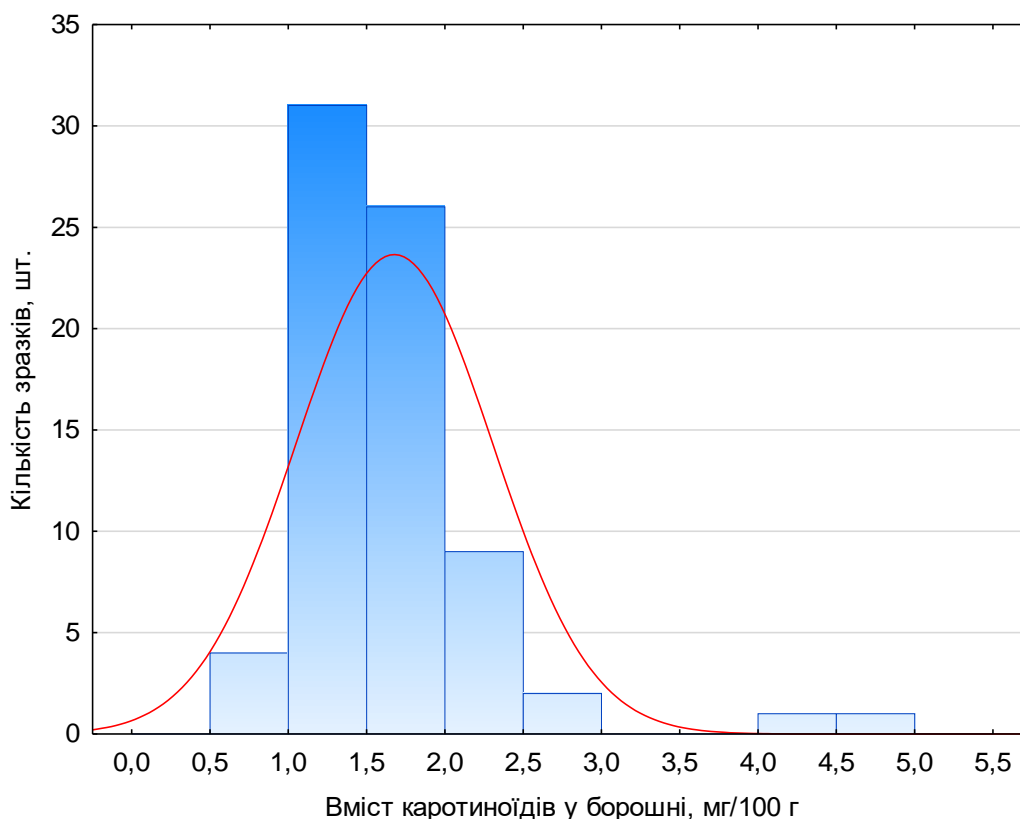


Рис. 1. Розподіл зразків пшениці м'якої озимої за вмістом каротиноїдів у борошні.

У більшості сортів та ліній цей показник лежав у межах від 1 до 2 мг/100 г; чотири зразки характеризувалися вмістом каротиноїдів до 1 мг/100 г, а 9 – у межах 2,0–2,5 мг/100 г; сорти Охтирчанка ювілейна та Васса – в межах від 2,5 до 3,0 мг/100 г, а діапазон від 3,0 до 4,0 мг/100 г залишився незаповненим. Випадали з нормального розподілу сорти Vona Dea та Vona Vita, у борошні яких вміст каротиноїдів перевищував 4,0 мг/100 г. Коливання для пшениці озимої склали від 0,76 мг/100 г у сорту Віола до 4,72 мг/100 г у сорту Vona Dea. Кращі за вмістом каротиноїдів сорти пшениці м'якої озимої дещо поступалися районним місцевим за рівнем продуктивності (табл. 1).

Таблиця 1

Цінні господарські ознаки зразків пшениці м'якої озимої, 2015–2017 рр.

Зразок	Колосіння $\pm$ до стандарту, діб	Висота рослин, см	Урожай- ність, г/м <sup>2</sup>	Вміст каротино- їдів у борошні, мг/100 г
Приваблива, St	0	101	797	1,68
Краса ланів, St	-3	87	815	1,97
Охтирчанка ювілейна	1	106	811	2,63
Перепілка	-2	80	730	2,27
Донстар	-1	86	738	2,46
Васса	-3	84	780	2,64
Balti 28	0	98	596	2,27
MV Lepeny	0	88	736	2,30
Vona Dea	0	92	626	4,72
Vona Vita	0	101	671	4,33

Для зразків пшениці м'якої ярої було характерним більше розмаїття за вмістом каротиноїдів у борошні: інтервал коливань складав від 0,36 мг/100 г у сорту Рання 93 до 6,68 мг/100 г у сорту Кинельская 61. При цьому частоти, з якими зустрічалися зразки з різних діапазонів, мали кілька піків (рис. 2).

Порівняно з пшеницею озимою ширше були представлені зразки з вмістом каротиноїдів понад 4 мг/100 г, до яких належали сорти Волгоуральская, Кинельская 61, Кинельская 2010, Лютесценс 516, Лютесценс 540, Лютесценс 575, Лютесценс 598, Омская 41, які перевищували за цим показником стандарт для пшениці твердої ярої – сорт Спадщина (4,16 мг/100 г). Вмістом каротиноїдів від 3 до 4 мг/100 г характеризувалися Ласка, Г 513-05, ЛП 588-1-06, CMSS06Y00716T (табл. 2).

Отже, сорти та лінії пшениці м'якої ярої характеризувалися вищим, порівняно з озимими, вмістом каротиноїдів у борошні. При цьому наведені в табл. 2 зразки були близькими до стандартів за іншими цінними господарськими ознаками. Для створення перспективного за вказаною ознакою вихідного матеріалу з озимим типом розвитку починаючи з 2012 року в Інституті рослинництва

ім. В.Я.Юр'єва НААН проводяться схрещування між краще адаптованими до умов України сучасними сортами пшениці озимої і зразками пшениці ярої, які характеризуються високим вмістом каротиноїдів у борошні. Основну частину матеріалу вивчають у селекційних розсадниках, де зерно експрес-методом оцінюють за кольором ендосперму. Кілька ліній вже передані до попереднього сортовипробування, зокрема L224-5 (Журавка одеська/Волгоуральська), L225-1 (Волгоуральська/Журавка одеська), L243-18 (Волгоуральська/L146-4), які характеризувалися вмістом каротиноїдів у борошні 7,07, 8,32 та 5,30 мг/100 г відповідно за результатами 2017 року.

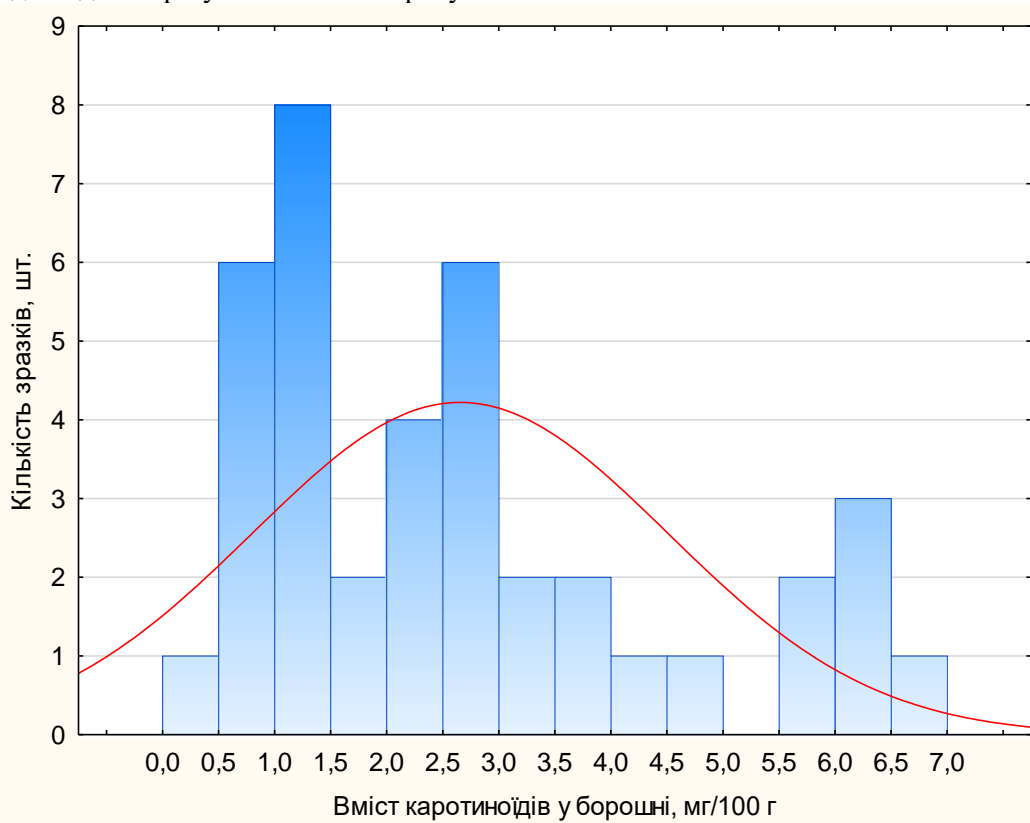


Рис. 2. Розподіл зразків пшениці м'якої ярої за вмістом каротиноїдів у борошні.

За отриманими результатами сформовані робочі колекції пшениці м'якої ярої (запит № 392 від 25 жовтня 2017 р.) та пшениці м'якої озимої (запит № 397 від 10 січня 2018 р.), які передані на реєстрацію до Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

**Висновки.** Вивчення набору зразків пшениці м'якої дало змогу виділити джерела з вмістом каротиноїдів у борошні понад 4 мг/100 г, зокрема *Bona Dea*, *Bona Vita*, *Волгоуральська*, *Кинельська 61*, *Кинельська 2010*, *Лютесценс 516*,

Лютесценс 540, Лютесценс 575, Лютесценс 598, Омская 41. Встановлено вищі абсолютні значення та більший рівень мінливості за вказаною ознакою для пшениці ярої порівняно з пшеницею озимою.

Таблиця 2

Цінні господарські ознаки зразків пшениці м'якої ярої, 2015–2017 рр.

Зразок	Колосіння, до стандарту, $\pm$ діб	Висота рослин, см	Урожайність, г/м <sup>2</sup>	Вміст каротиноїдів у борошні, мг/100 г
Харківська 26, St	0	94	520	1,48
Рання 93, St	-3	80	388	0,36
Волгоуральская	-1	97	462	6,31
Кинельская 61	-1	98	421	6,68
Кинельская 2010	0	102	487	4,97
Лютесценс 516	0	101	493	5,89
Лютесценс 540	-1	97	485	6,04
Лютесценс 575	-1	101	422	5,82
Лютесценс 598	-1	93	488	6,04
Омская 41	1	99	540	4,31
Ласка	-2	79	451	3,24
Г 513-05	4	104	470	3,58
ЛП 588-1-06	1	79	522	3,03
CMSS06Y00716T	-2	73	521	3,64

У результаті схрещування адаптованих до умов України сучасних сортів пшениці озимої зі зразками пшениці ярої, які характеризуються високим вмістом каротиноїдів у борошні, отримані озимі форми з цим показником понад 5 мг/100 г, зокрема L224-5, L225-1, L243-18. Сформовані робочі колекції пшениці м'якої озимої та пшениці м'якої ярої за високим вмістом каротиноїдів.

#### Бібліографічний список

1. Експортовано майже 17 млн тонн зерна нового врожаю. URL: [www.minagro.gov.ua/uk/node/25023](http://www.minagro.gov.ua/uk/node/25023) (дата звернення: 5.02.2018).
2. Sommer A., Davidson F. R. Assessment and control of vitamin A deficiency: the Annecy Accords. *J. Nutr.* 2002. № 132. P. 2845–2850.
3. WHO. «Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005», in WHO Global Database on Vitamin A Deficiency. Geneva: World Health Organization, 2009.
4. Кошак Ж. В., Минина Е. М. Влияние сроков хранения зерна твердой пшеницы белорусской селекции на содержание каротиноидов. *Технология хранения и переработки*

сельскохозяйственной продукции: сб. науч. ст. по материалам XVII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 16 мая 2014 г. Гродно, 2014. С. 195.

5. Palaisa K., Morgante M., Williams M., Rafalski A. Contrasting effects of selection on equence diversity and linkage disequilibrium at two phytoene synthase loci. *Plant Cell*. 2003. Vol. 15. P. 1795–1506.

6. He X. Y., He Z. H., Ma W. et al. Allelic variants of phytoene synthase 1 (Psy1) genes in Chinese and CIMMYT wheat cultivars and development of functional markers for flour colour. *Molecular Breeding*. 2009. Vol. 23. P. 553–563.

7. Zhang L., Yan J., Xia X., He Z., Sutherland M. QTL mapping for kernel yellow pigment content in common wheat. *Acta Agron. Sin.* 2006. Vol. 32. P. 41–45.

8. Parker G. D., Langridge P. Development of a STS marker linked to a major locus controlling flour colour in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecular Breeding*. 2000. Vol. 6, № 2. P. 169–174.

9. Степаненко О. В., Степаненко А. І., Моргун Б. В., Кузьмінський Є. В. Розробка систем для детекції алелів генів *psy-1*, які визначають вміст каротиноїдів у зерні. *Тези доповідей X Всеукр. наук.-практ. конф. «Біотехнологія XXI століття», присвяченої 135-й річниці від дня народження Олександра Флемінга*, НТУУ “КПІ”, м. Київ, 22 квітня 2016 р. Київ, 2016. С. 159.

10. Аліпов В. О., Леонов О. Ю., Падалка О. І., Сахно Т. В., Посилаєва О. О. Джерела високого вмісту каротиноїдів у борошні пшениці м'якої ярої. *Генетичні ресурси рослин*. 2016. № 19. С. 23–31.

#### **Леонов О., Аліпов В., Усова З., Суворова К., Шелякіна Т., Ярош А., Падалка О. Вміст каротиноїдів у борошні зразків пшениці м'якої**

Матеріалом досліджень у 2015–2017 рр. були 34 зразки пшениці м'якої ярої та 71 пшениці озимої, які характеризуються комплексом цінних господарських ознак та відображають розмаїття культури за вмістом каротиноїдів у борошні. Розподіл зразків пшениці м'якої озимої за вмістом каротиноїдів у борошні виявився близьким до нормального. У більшості сортів та ліній цей показник тримався у межах від 1 до 2 мг/100 г. Сорти Охтирчанка ювілейна та Васса мали його в межах від 2,5 до 3,0 мг/100 г. Випадали з нормального розподілу сорти *Bona Dea* та *Bona Vita*, у борошні яких вміст каротиноїдів перевищував 4,0 мг/100 г. Коливання для пшениці озимої склали від 0,76 мг/100 г у сорту *Віола* до 4,72 мг/100 г у сорту *Bona Dea*. Кращі за вмістом каротиноїдів сорти пшениці м'якої озимої на 20–25 % поступалися районованим місцевим за рівнем продуктивності.

Для пшениці м'якої ярої було характерним більше розмаїття зразків за вмістом каротиноїдів у борошні: інтервал коливань складав від 0,36 мг/100 г у сорту *Рання 93* до 6,68 мг/100 г у сорту *Кинельская 61*. При цьому частоти, з якими зустрічалися зразки з різних діапазонів, мали кілька піків. Порівняно з пшеницею озимою ширше були представлені зразки із вмістом каротиноїдів понад 4 мг/100 г, до яких належали *Волгоуральская*, *Кинельская 61*, *Кинельская 2010*, *Лютесценс 516*, *Лютесценс 540*, *Лютесценс 575*, *Лютесценс 598*, *Омская 41*, які перевищували за цим показником стандарт для пшениці твердої ярої – сорт *Спадщина* (4,16 мг/100 г). Вмістом каротиноїдів від 3 до 4 мг/100 г характеризувалися *Ласка*, *Г 513-05*, *ЛП 588-1-06*, *СМSS06Y00716Т*. При цьому кращі за показником зразки були близькими до стандартів за урожайністю.

У результаті схрещування адаптованих до умов України сучасних сортів пшениці озимої зі зразками пшениці ярої, які характеризуються високим вмістом каротиноїдів у борошні, отримані озимі форми з вмістом каротиноїдів понад 5 мг/100 г, зокрема *L224-5*,

L225-1, L243-18. Сформовані робочі колекції пшениці м'якої озимої та пшениці м'якої ярої за високим вмістом каротиноїдів.

**Ключові слова:** пшениця м'яка, каротиноїди, вихідний матеріал.

**Leonov O., Alipov V., Usova Z., Suvorova K., Sheliakina T., Yarosh A., Padalka O.**  
**Carotenoids content in flour of bread wheat samples**

34 spring and 71 winter bread wheat accessions were taken as the material for studying in 2015–2017. They are characterized by a set of valuable economic features and reflect the diversity of the crop in terms of the carotenoid content in flour. The distribution of the carotenoid content in winter bread wheat flour was close to normal. In most varieties and lines, this parameter was in the range from 1 to 2 mg/100 g. Varieties Okhtyrchanka Yuvileina and Vassa were in the range from 2,5 to 3,0 mg/100 g. Varieties Bona Dea and Bona Vita deviated from a normal distribution. The carotenoid content in their flour exceeded 4,0 mg/100 g. Variations of this trait in winter wheat were from 0,76 mg/100 g in variety Viola to 4,72 mg/100 g in variety Bona Dea. High-carotenoid winter wheat varieties were 20–25% less yielding than released varieties.

The carotenoid content in flour from bread spring wheat accessions was more variable in comparison with winter ones: from 0,36 mg/100 g in variety Rannia 93 to 6,68 mg/100 g in Kinelskaya 61. The distribution of the carotenoid content in flour from spring wheat samples differed from the *Gaussian bell* curve and had several frequency peaks. As compared to winter wheat, there were more spring wheat accessions with a carotenoid content of over 4 mg/100 g. Thus, the carotenoid content in accessions Volgouralskaya, Kinelskaya 61, Kinelskaya 2010, Lutescence 516, Lutescence 540, Lutescence 575, Lutescence 598, Omskaya 41 exceeded 4 mg/100 g (4,16 mg/100 g in standard durum wheat Spadshchyna). The carotenoid content from 3 to 4 mg / 100 g was determined in Laska, G 513-05, LP 588-1-06 and CMSS06Y00716T. The accessions that were superior in carotenoid content were close to standards in terms of grain yield.

As a result of the crossing of modern winter wheat varieties adapted to Ukrainian conditions with high-carotenoid spring wheat accessions, winter forms with a carotenoid content of over 5 mg/100 g were obtained, in particular, L224-5, L225-1, and L243-18. Working collections of bread winter and spring wheat with high carotenoid content were formed.

**Key words:** bread wheat, carotenoids, source material.

УДК 633.854.78:631.527

**РІЗНОМАНІТТЯ ЛІНІЙ-ВІДНОВНИКІВ ФЕРТИЛЬНОСТІ ПИЛКУ  
СОНЯШНИКУ ЗА ЖИТТЄЗДАТНІСТЮ Й ТЕПЛОСТІЙКІСТЮ**

Т. Минець<sup>1</sup>, асистент, В. Кириченко<sup>2</sup>, д. с.-г. н., О. Брагін<sup>1</sup>, к. с.-г. н.

<sup>1</sup>Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва

<sup>2</sup>Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН

**Постановка проблеми.** Пилкова продуктивність відіграє важливу роль, тому що від кількості виробленого життєздатного пилку залежить зав'язуваність насіння, особливо у перехреснозапильних рослин. Для створення високо-гетерозисних гібридів вирішальне значення має вибір батьківських компонентів, що зумовлює їхню високу продуктивність. Знання пилкоутворювальної здатності батьківських форм дає змогу цілеспрямовано вести підбір компонентів для