

## ФІЗІОЛОГО-ГЕНЕТИЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 633.11.631.527

### **ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЯРОЇ ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА РОЛЬ ДОБОРУ БАТЬКІВСЬКИХ ФОРМ В СЕЛЕКЦІЇ НА ПІДВИЩЕНІЙ ВМІСТ КАРОТИНОЇДІВ**

---

О. В. Голік, А. А. Кабацюра, В.С. Голік, Л. В. Рогуліна  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН

Наведено порівняльну характеристику сортів ярої твердої пшениці за показниками якості зерна, що визначають придатність до макаронного та хлібопекарського виробництва. Встановлено кореляції показників якості з продуктивністю, її елементами, висотою, анатомічними ознаками стебла. Визначено оптимальні схеми схрещувань залежно від ступеня вираження ознаки батьківських форм. Відмічено важливу роль сорту Radur в селекції на підвищення вмісту каротиноїдів. Створено цінний за комплексом ознак селекційний матеріал.

*Яра тверда пшениця, каротиноїди, окислювальні ферменти, успадкування, донор*

Зерно ярої твердої пшениці є найкращою сировиною для виробництва макаронних виробів, круп і продуктів дитячого харчування.

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва (ІР) УААН створено ряд цінних за комплексом ознак сортів ярої твердої пшениці, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов території України, які відповідають вимогам українських стандартів [1]. Однак на світовому ринку встановлені жорсткі вимоги до показників якості зерна, зокрема вмісту каротиноїдів, які визначають колір зерна та продуктів його переробки. На першому всесвітньому конгресі по твердій пшениці в Римі (1995 р.) серед країн потенційних виробників зерна твердої пшениці було названо і Україну, але наголошувалось на необхідності вирішення проблеми якості зерна. Вважається, що макаронні вироби з високоякісним янтарно-жовтим кольором можливо створити з сировини, яка містить не менше 5,5 мг/кг каротиноїдів [2]. В складі каротиноїдів зерна ярої твердої пшениці міститься каротинів 7,6 %, ксантофілів 84,8 %, ефірів ксантофілів 7,6 % [3].

Крім того, колір проміжних і кінцевих продуктів в значній мірі визначається активністю окислювальних ферментів (зокрема пероксидази), які каталізують окислення фенолів до меланінів, що надають темного кольору макаронним виробам. В процесі розмелювання зерна втрачається до 8 % бета-каротину і ще 16 % - в процесі виготовлення макаронних виробів. Генетичні відмінності за вмістом каротиноїдів та активністю пероксидази достовірні в різних умовах за ряд років при вирощуванні по різних попередниках [4].

Макаронні вироби – високоенергетичний продукт з нестачею біологічно активних речовин, тому практикується їх збагачення бета-каротином в процесі виробництва [5] та використання вакуумних тістозамішувачів, які запобігають дії окислювальних ферментів [6]. Однак лише селекція є корінним шляхом вирішення цієї проблеми.

На підвищення вмісту каротиноїдів в зерні зорієнтовані селекційні програми провідних селекційних установ світу: CIMMUT, ICARDA, та ін. На теренах СНД суттєвих результатів у цьому напрямку досягли в Науково-дослідному інституті сільського господарства Південного Сходу (м. Саратов) завдяки використанню спектрофотометрів типу Spekol – 10, Spekol – 11, СФ – 18 для кількісного визначення кольору борошна, що дозволило ідентифікувати генотипи з високим індексом жовтизни борошна на ранніх етапах селекційного процесу [7].

Важливе значення має оцінка якості клейковини, оскільки одним з напрямків роботи лабораторії селекції ярої пшениці IP ім. В. Я. Юр'єва є створення сортів ярої твердої пшениці подвійного використання, придатних для виробництва макаронних і хлібобулочних виробів: Харківська 5, Харківська 13, Харківська 29 (районовані Харківська 15, Чадо, Кучумовка).

В лабораторії селекції ярої пшениці IP ім. В. Я. Юр'єва цілеспрямовану селекцію на підвищення вмісту каротиноїдів розпочато в 1989 р. з використанням в якості донора цієї ознаки унікального сорту Саратовська золотиста. В результаті цієї роботи за період 1989-2000 рр. було створено сорт Харківська 41 і селекційний матеріал, в яких вміст каротиноїдів становив 3,0-3,5 мг/кг (в Саратовській золотистій 3,8-4,0 мг/кг). На сучасному етапі в гібридизації інтенсивно використовуються форми з підвищеним вмістом каротиноїдів: сорти Саратовська золотиста, Харківська 41, Radur, амфідиплоїд Tritordeum, що дозволило створити цінний за якістю вихідний матеріал, який інтенсивно випробовується на різних етапах селекційного процесу [8]. Однак не до кінця з'ясованими залишаються питання успадкування вмісту каротиноїдів, активності окислювальних ферментів, їх взаємозв'язку з іншими ознаками якості та продуктивністю, гібридологічної цінності сор-

тів-джерел підвищеного вмісту каротиноїдів. На вирішення цих питань і була спрямована дана робота.

Дослідження проводились протягом 2006-2008 рр. в лабораторії селекції ярої пшениці IP ім. В. Я. Юр'єва.

Як матеріал для досліджень використали 15 сортів ярої твердої пшениці, створених в IP ім. В. Я. Юр'єва та зарубіжної селекції, а також 5 гібридних комбінацій F1 та 15 гібридних популяцій F2-8 ярої твердої пшениці, створених в лабораторії селекції ярої пшениці.

Гібриди F<sub>1</sub> висівали ручними сівалками. Гібридні популяції - сівалкою ССФК-7 в гібридному розсаднику на ділянках площею 10 м<sup>2</sup> у порівнянні з батьківськими формами і стандартом. Фенологічні спостереження, структурний аналіз проводили згідно методики В. Ф. Дорофєєва та ін. [9]. Якісні показники популяцій визначали в об'єднаному зразку в лабораторії якості зерна IP ім. В. Я. Юр'єва. Активність окислювальних ферментів визначали мікрометодом В. В. Лук'янова за зміною кольору тістечка після витримки в ексикаторі за підвищеної температури протягом 12 год. Якщо тістечко зберігає янтарно-жовтий колір, це свідчить про низьку активність ферментів. У випадку його потемніння відмічається сильна їх дія [10]. Вивчення анатомічних ознак 2-го нижнього міжвузля стебла проводили згідно методики К. Г. Тетерятченко, М. А. Ільїнської-Центилович [11].

Протягом 2006-2008 рр. проведено оцінку вітчизняних та зарубіжних сортів ярої твердої пшениці за продуктивністю основного колосу та показниками макаронних і хлібопекарських якостей (табл. 1).

Серед сортів харківської селекції виділяється сорт Харківська 41, який за вмістом каротиноїдів в зерні наближається до стандарту Саратовська золотиста (3,56 мг/кг) та має низьку активність окислювальних ферментів (оцінка за мікрометодом 4 бали), а також зарубіжний сорт Radur (Франція) відповідно 3,24 мг/кг і 5,0 балів. Низький вміст каротиноїдів (менше 2 мг/кг) відмічено в сортах Харківська 23, Харківська 39, Харківська 46, Харківська 9. Більшість вивчених сортів мають середній (2-3 мг/кг) вміст каротиноїдів в зерні: Харківська 27, Монгоє, Neodur, Харківська 37, Чадо, Кучумовка, IR 13939. Сорт Спадщина, зразок IR 13940 а також АД Tritordeum мають підвищений і високий вміст каротиноїдів (відповідно 3,12, 3,00, 6,69 мг/кг), однак низькі оцінки мікрометоду свідчать про високу активність окислювальних ферментів (відповідно 3,3; 2,0 і 2,0 бали).

Високими значеннями показника седиментації характеризуються сорти Чадо, Харківська 41, Кучумовка, що підтверджує можливість їх подвійного використання: як сировини для виробництва і макаронних, і хлібопекарських виробів.

Таблиця 1

Продуктивність і якість зерна сортів ярої твердої пшениці,  
2006-2008 рр.

Сорт	Продуктивність основного колосу, г	Вміст каротиноїдів в зерні, мг/кг	Оцінка за мікроме- тодом, бал	Седи- мен- тація, мл*	Зольність, %
Саратовська золотиста	1,3	3,56	4,0	54	1,11
Харківська 23	1,0	1,93	2,0	40	0,93
Харківська 27	1,2	2,63	3,0	50	1,09
Монгоє	1,1	2,80	2,7	50	1,05
Neodur	1,0	2,38	3,0	54	1,14
Харківська 37	1,3	2,03	2,3	39	0,91
Харківська 39	1,2	1,99	2,7	38	1,10
Спадщина	1,0	3,12	3,3	49	1,05
Чадо	1,2	2,80	2,7	56	1,14
Кучумовка	1,2	2,02	2,3	53	1,07
Харківська 46	1,0	1,95	2,7	38	1,06
Харківська 41	1,2	3,27	4,0	57	1,07
Харківська 9	1,0	1,83	2,3	46	1,35
IR 13939	1,3	2,93	1,5	47	1,09
IR 13940	1,1	3,00	2,0	40	1,04
Radur	1,0	3,24	5,0	-	1,11
Tritordeum	0,7	6,69	2,0	-	1,08
Середнє	1,1	2,83	2,8	47	1,08
НІР <sub>05</sub>	0,1	0,28	0,28	4,7	0,11

\* - середнє за 2006-2007 рр.

За роки досліджень показник зольності у сортів ярої твердої пшениці не перевищував 1,14 %, що відповідає вимогам стандарту.

Для ефективного проведення селекційної роботи в напрямку підвищення вмісту каротиноїдів важливе значення має вивчення закономірностей успадкування ознаки гібридами ранніх поколінь. Аналіз даних (табл. 2) вмісту каротиноїдів та кольору борошна гібридів F<sub>1-2</sub> по 5-ти гібридних комбінаціях в порівнянні з вихідними формами показує перевагу гібридів F<sub>1</sub> над батьківськими формами або проміжне успадкування цієї ознаки.

Так, в 2007 р. гібриди комбінацій Radur x 99-200, 99-200 x Radur, Саратовська золотиста x 99-200 перевищували крашу батьківську форму за вмістом каротиноїдів, проміжне успадкування спостерігалось в комбінаціях Саратовська золотиста x 01-730, 01-730 x Саратовська

золотиста. В 2008 р. лише гібриди комбінації Radur x 99-200 перевищували кращу батьківську форму.

Таблиця 2

Успадкування вмісту каротиноїдів та кольору борошна в гібридів F<sub>1</sub> - F<sub>2</sub> ярої твердої пшениці, 2007-2008 рр.

Вихідна форма, гібрид	Вміст каротиноїдів, мг/кг			Колір борошна, бал		
	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>
	по роках			по роках		
	2007	2008	2008	2007	2008	2008
Саратовська золотиста	3,01	3,86	-	4	4	-
Radur	3,05	3,42	-	5	5	-
01-730	-	1,97	-	2	2	-
99-200	3,05	4,21	-	3	5	-
Radur x 99-200	3,42	5,43	3,82	5	5	5
99-200 x Radur	3,50	3,95	4,27	4	4	3
Саратовська золотиста x 01-730	2,54	2,60	2,63	3	3	3
01-730 x Саратовська золотиста	2,46	2,61	2,60	3	3	2
Саратовська золотиста x 99-200	3,41	3,39	-	4	4	-

У гібридів комбінації Саратовська золотиста x 99-200 відмічено депресію, в інших комбінаціях встановлено проміжне успадкування вмісту каротиноїдів.

В F<sub>2</sub> найвищий вміст каротиноїдів спостерігався в комбінації 99-200 x Radur – 4,27 мг/кг, що вказує на значний потенціал рослин комбінації за цією ознакою. Однак оцінка за мікрометодом була посередньою – 3,0 балів. В рослин комбінації Radur x 99-200 відмічено найвищу оцінку за мікрометодом – 5,0 балів. При цьому вміст каротиноїдів був проміжним між батьківськими формами.

У вивчених реципрокних комбінаціях доволі чітку залежність виявлено між напрямком схрещування та активністю окислювальних ферментів в гібридів F<sub>2</sub> ярої твердої пшениці: при використанні як материнської форми сортів Radur і Саратовська золотиста з низькою активністю окислювальних ферментів в гібридів F<sub>2</sub> відмічено вищі оцінки кольору тістечка мікрометоду.

Встановлено кореляції між вмістом каротиноїдів, активністю окислювальних ферментів та господарсько-цінними ознаками в 15 сортів ярої твердої пшениці (табл. 3).

З таблиці видно, що вказані ознаки не пов'язані з продуктивністю та її елементами, показниками виходу зерна з рослини і колосу, висо-

тою рослин та кількістю судинно-провідних пучків 2-го нижнього міжвузля стебла, що вказує на можливість одержання сортів з оптимальним поєднанням цих ознак.

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції (r) між вмістом каротиноїдів і активністю окислювальних ферментів та елементами продуктивності, якості зерна, морфологічними і анатомічними ознаками рослин, 2006-2008 рр.

Ознаки	Вміст каротиноїдів			Активність окислювальних ферментів		
	по роках			по роках		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Седиментація	0,631	0,386	-	0,357	0,173	-
Вміст каротиноїдів	-	-	-	0,717	0,756	0,499
Маса зерна з основного колосу	0,060	0,047	0,281	-0,248	-0,250	0,432
Кількість зерен з основного колосу	-0,043	-0,395	0,369	-0,153	-0,538	0,494
Маса 1000 зерен	-0,111	-0,002	-0,224	-0,043	-0,151	-0,159
Висота рослин	-0,125	0,376	0,089	-0,439	0,173	-0,136
Вихід зерна з рослини	0,163	-0,031	-0,209	0,338	-0,337	-0,100
Вихід зерна з колосу	0,027	-0,211	-0,252	0,241	-0,300	-0,358
Товщина стінки соломини	-0,284	-0,549	0,457	-0,078	-0,640	0,143
Число провідних пучків	0,335	-0,173	0,076	0,286	-0,062	0,031
Зольність	-0,195	-0,390	0,569	-0,524	0,156	0,745

В 2007 р. середню негативну кореляцію відмічено між товщиною стінки соломини і вмістом каротиноїдів (-0,549) та активністю окислювальних ферментів (-0,640). Показник седиментації пов'язаний позитивним зв'язком з вмістом каротиноїдів, що підтверджує можливість поєднання в одному генотипі високих макаронних і хлібопекарських якостей. Також в наших дослідженнях проявився високий і середній позитивний зв'язок між вмістом каротиноїдів та активністю окислювальних ферментів, що свідчить про складність поєднання в одному генотипі високого вмісту каротиноїдів при низькій активності окислювальних ферментів.

В результаті аналізу 12 гібридних популяцій F<sub>2-8</sub> ярої твердої пшениці (табл. 4) відмічено вищий вміст каротиноїдів у комбінаціях з рівнем каротиноїдів батьківських форм за схемою «підвищений x підвищений», «підвищений x середній», «середній x підвищений».

Таблиця 4

Розподіл гібридних популяцій ярої твердої пшениці за вмістом каротиноїдів залежно від ступня вираження ознаки батьківських форм, 2006-2008 рр.

Схема схрещувань	Проаналізовано комбінацій, %	% популяцій з вмістом каротиноїдів на рівні		
		низький	середній	підвищений
		< 2 мг/кг	2-3 мг/кг	3 мг/кг >
Середній x середній	13,4	6,7	6,7	
Підвищений x середній	33,3	6,7	13,3	13,3
Середній x підвищений	20,0		13,3	6,7
Підвищений x підвищений	13,3			13,3
Підвищений x низький	13,3		13,3	
Низький x підвищений	6,7		6,7	
Всього	100	13,4	53,3	33,3

З вивчених комбінацій протягом 2006-2008 рр. проводили інтенсивні відбори потомств для випробування в селекційних розсадниках. В 2008 р. в селекційному розсаднику 2-го року випробовувалось 317 ліній.

В результаті проведення їх всебічної польової оцінки виділено 102 лінії, які аналізувались мікрометодом за кольором борошна та тістечка (табл. 5). Аналіз родоводу цих ліній показав, що більшу кількість ліній цінних за кольором борошна і тістечка виділено з популяцій, створених за участю сорту Radur, порівняно з комбінаціями, створеними за участю інших джерел підвищеного вмісту каротиноїдів.

Однак за нашими спостереженнями, така перевага вихідного матеріалу, створеного за участю цього сорту, проявляється в оптимальні за погодно-кліматичними умовами роки, оскільки Radur – сорт інтенсивного типу. В посушливі роки за даною ознакою переважають зразки, створені за участю Саратовської золотистої.

Проведена робота дала змогу виділити лінії, що поєднують високу оцінку за мікрометодом з підвищеною стійкістю до вилягання та продуктивністю, які надалі будуть випробовуватись в контрольному розсаднику та попередньому сортовипробуванні. Кращі з цих ліній 07-1983 (F<sub>3</sub> Radur x Харківська 46), 07-1970 (F<sub>3</sub> 01-1469 x Radur), 07-1958 (F<sub>3</sub> 01-1469 x Radur), 07-1937 (F<sub>3</sub> 96-566 x Radur), 07-2004 (F<sub>3</sub> Sceptrex x Харківська 46) передано до колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Таблиця 5

Результати оцінки ліній ярої твердої пшениці селекційного розсадника 2-го року за мікрометодом залежно від сорту-джерела високого вмісту каротиноїдів, 2008 р.

Джерело вмісту каротиноїдів	Оцінено ліній, шт	Виділено ліній, % з оцінкою (бал)							
		за кольором борошна,				за кольором тістечка,			
		2	3	4	5	2	3	4	5
Radur	45	58	27	11	4	70	13	13	4
Саратовська золотиста	25	88	12	-	-	88	8	4	-
Tritordeum	32	78	19	3	-	88	9	-	3

В результаті отриманих нами трирічних даних можна зробити наступні висновки:

1. Підтверджено селекційну цінність сортів Саратовська золотиста, Харківська 41, Radur за кольором борошна і тістечка яка обумовлена підвищеним вмістом каротиноїдів та низькою активністю окислювальних ферментів, а також сортів Чадо, Кучумовка, придатних для макаронного та хлібопекарського виробництва.

2. Частина комбінацій  $F_1$  за вмістом каротиноїдів перевищують кращу батьківську форму, інші проявляють проміжне успадкування. Рослини комбінації Radur x 99-200 володіють значним потенціалом за даною ознакою.

3. При аналізі кореляцій виявлено середню позитивну залежність між вмістом каротиноїдів та активністю окислювальних ферментів. Тобто одержати форми з оптимальним поєднанням згаданих ознак доволі складно. Відсутність зв'язку між вмістом каротиноїдів з одного боку, продуктивністю та її елементами – з другого, свідчить про можливість створення високопродуктивних сортів з високим вмістом каротиноїдів.

4. У більшості випадків гібриди з підвищеним вмістом каротиноїдів одержано при схематичному схрещуванні за вмістом каротиноїдів: «підвищений x підвищений», «підвищений x середній», «середній x підвищений».

5. Аналіз родоводу створених ліній свідчить про високу ефективність застосування сорту Radur як донора високоякісного янтарно-жовтого кольору зерна та продуктів з нього.

#### Список використаних джерел

1. Каталог сортів ярої пшениці селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. – Х., 2006. – 22 с.
2. Васильчук Н. С. Селекция яровой твердой пшеницы / Н. С. Васильчук. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2001. – 123 с.



3. *Паркер Х. К.* Пигменты пшеницы и окраска муки / Х. К. Паркер, М. С. Харрис // Пшеница и оценка ее качества. – М. : Колос, 1968. – С. 378-402.
4. *Вьюшков А. А.* Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье / А. А. Вьюшков. – Самара, 2004. – 224 с.
5. *Макарони з бета-каротином / Дробот В., Юрчак В., Корж Т.* [та ін.] // *Зерно і хліб.* – 1999. – № 2. – С. 34.
6. *Durum wheat quality evaluation at ICARDA / Williams P. S., Srivastava J. P. Nachit M., EL-Haramein F. J* // *Rachis.* – 1984. – V. 3. – P. 30-32.
7. *Измерение цвета крупки и муки разных генотипов твердой пшеницы на спектрофотометрах СФ – 18 и Spekol 10 / Васильчук Н. С. Касатов В. И., Ишина Г. Ф., Паршикова Т. М.* // *Результаты селекции полевых культур и новые методы создания исходного материала.* – Саратов, 1989. – С. 145-150.
8. *Голик В. С.* Селекция *Triticum durum* Desf / В. С. Голик. – Х. : ИР им. В. Я. Юрьева, 1996. – 388 с.
9. *Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы ; под ред. В. Ф. Дорофеева.* – Л. : ВИР, 1977. – 28 с.
10. *Лукьянов В. В.* Макаaronное производство / В. В. Лукьянов. – Л. : Пищепромиздат, 1935. – 332 с.
11. *Ильинская-Центилович М. А.* Анатомический метод в селекции озимой пшеницы на устойчивость к полеганию / М. А. Ильинская-Центилович, К. Г. Тетерятченко // *Тез. докладов конференции по физиологии устойчивости растений.* – К., 1968. – С. 18-19.

Приведена сравнительная характеристика сортов яровой твердой пшеницы по показателям качества зерна, которые определяют пригодность к макаронному и хлебопекарному производству. Установлены корреляционные связи показателей качества с продуктивностью, ее элементами, высотой, анатомическими признаками стебля. Определены оптимальные схемы скрещиваний в зависимости от степени проявления признака родительских форм. Отмечена важная роль сорта Radur в селекции на повышенное содержание каротиноидов. Создан ценный по комплексу признаков селекционный материал.

The compatible description of spring durum wheat varieties by the grain quality, which determine the fitness for the macaroni and baking production has been presented. The correlation relationship between grain quality, productivity and its elements, height and anatomy traits of - wheat stem was established. The optimal crossing schemes were obtained as the result of hybrid populations' analysis. The important role of the variety Radur in the plant breeding for high content of carotenoids was shown. The valuable initial material by the complex of traits was created.