

Gaillard, Bilosnizhka, Sprytna, Hera, Merlin, L 52-13, Karikachi, Donskaya (milky), Sprint, N 0300, Walsh, UIR 021752, and Desna were medium resistant. Variety Hali combines a very high drought resistance with high productivity; accession Soier 345 - high drought resistance with high productivity; accessions F 50 R/W, Yankan, Baika, L 101, Larisa, Gaillard, Sprytna, Donskaya (milky), UIR 021752, and Desna - medium drought resistance with high productivity.

**Conclusions.** The working soybean collection by individual resistance to Fusarium includes 51 accessions from 11 countries. The working soybean collection by resistance to drought and heat includes 83 accessions from 15 countries.

*Keywords: soybean, breeding, working collection, resistance to Fusarium, resistance to drought and heat*

УДК 633.11 : 575

## **УСПАДКУВАННЯ ТВЕРДОСТІ ЗЕРНА У ГІБРИДІВ $F_1$ ТА $F_2$ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ**

Ярош А. В., Рябчун В. К., Петухова І. А., Падалка О. І.  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, НЦГРРУ, Україна

Викладено результати вивчення успадкування твердості зерна у зразків пшениці м'якої колекції НЦГРРУ. Встановлено характер її успадкування в  $F_1$ : проміжне успадкування (54,2 %), негативне домінування (29,2 %) та позитивне домінування (16,7). Найбільша кількість гібридних популяцій  $F_2$  розщеплюється за дигібридною схемою (66,7 %), значно менша – за тригібридною (25 %), у двох – за моногенною (8,3 %).

*Ключові слова: пшениця м'яка озима, сорт, м'якозерність, твердозерність, гібридизація, успадкування, розщеплення*

**Вступ.** На сучасному ринку кондитерські вироби з борошна представлено досить широким асортиментом, який задовольняє різноманітні потреби споживачів. Проте виготовлення печива та бісквітів з борошна звичайних пшениць хлібопекарського напрямку використання значно знижує їх якість, адже за своїми фізико-хімічними властивостями це борошно не може забезпечити високий рівень якості [1]. Найкращим матеріалом для цього є м'якозерні форми пшениці м'якої [2].

**Аналіз літературних даних, постановка проблеми.** Структура ендосперму зернівки, його твердість зумовлюють дисперсність борошна. Твердозерні зразки при загальноприйнятих режимах помелу дають крупчасте, розсипчасте борошно, а з м'якозерних утворюється дрібнодисперсне борошно. М'якозерність пшениць – «soft» пов'язана з білковим комплексом мембран – фріабіліном, який є присутнім у відмитому водою крохмалі на поверхні крохмальних зерен. Велику кількість фріабіліну мають м'якозерні сорти пшениці м'якої, незначну – твердозерні, а у тетраплоїдній пшениці *Triticum durum* Desf він відсутній. Накопичення цього білка в зерні пшениці, як і ознака твердозерності, контролюється генами короткого плеча хромосоми 5D [3]. Описаний білок почали розглядати в якості маркера м'якозерності. Виявилось, що його нагромадження в насінні пшениці, як і ознака твердозерності, контролюється генами короткого плеча хромосоми 5D, на підставі чого припустили, що фріабілін – продукт гена *Ha*. Перші генетичні дослідження характеру

успадкування твердості зерна пшениці м'якої було виконано на гібридах, отриманих від схрещування твердозерного сорту Falcon з м'якозерним Heron, де було показано, що твердість зерна контролюється одним геном [4]. У цій же роботі при аналізі зерна F<sub>2</sub> гібридних популяцій від семи інших схрещувань між твердозерними і м'якозерними зразками з основним геном було виявлено і мінорні гени, що впливають на ступінь прояви ознаки. Ген, що контролює твердість ендосперму, локалізували в короткому плечі хромосоми 5D і позначили *Ha* (*Hardness*) (хоча домінантною ознакою фактично була м'яка текстура ендосперму) [5]. У хромосомі 5A<sup>intr</sup> виявлено ген, гомеологічний локусу *Ha* хромосоми 5DS пшениці м'якої. Його позначено символом *Ha-Sp*. Алель м'якозерності гена *Ha-Sp* взаємодіє з твердозерним алелем локуса *ha* хромосоми 5D пшениці м'якої, знижуючи твердість зерна [6]. На сьогоднішній час у пшениці м'якої виявлено п'ять мутантних алелей гена, що контролює PINA, і 13 алелей гена, який контролює PINB [7]. Значне варіювання показника твердозерності при однаковому алельному стані генів пуроіндолінів свідчить про наявність додаткових генів, що впливають на прояв даної ознаки [8].

Таким чином, пшениці кондитерського напрямку мають ряд фізико-хімічних особливостей, які зумовлюють значні переваги за якістю виготовлених з їх борошна бісквітів перед бісквітами, отриманими з борошна звичайної хлібопекарської пшениці. У нашій країні сортів пшениці м'якої озимої кондитерського напрямку дуже мало. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні, є лише три сорти м'якозерної пшениці – Оксана, Білява Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН (СГІ–НЦН) і Arkeos фірми Limagrein. Але таких сортів з комплексом цінних господарських ознак не вистачає для виробництва бісквітної сировини. Створюючи м'якозерні зразки, можна збагатити генофонд рослин України. Проте не достатньо вивчено особливості успадкування твердості зерна у пшениці м'якої озимої, що є перешкодою на шляху створення пшениць кондитерського напрямку. З дослідженими особливостями успадкування твердості зерна селекційні підходи будуть більш конструктивними.

**Мета і задачі дослідження** – встановити закономірності успадкування твердості зерна у колекційних зразків пшениці м'якої озимої. Для досягнення мети ми вирішували такі задачі: 1) дослідити особливості успадкування твердості зерна у зерні пшениці м'якої озимої в F<sub>1</sub>; 2) визначити особливості успадкування твердості зерна у зерні гібридних популяцій F<sub>2</sub>.

**Матеріали та методи.** Вихідним матеріалом були 14 зразків пшениці м'якої озимої з восьми країн, у т.ч. – по три з України та Канади, по два – Росії та Угорщини, по одному з Білорусі, Литви, Німеччини, Туркменістану та гібридні зернівки 24 комбінацій схрещувань. Серед батьківських форм були зразки з різною твердістю зерна: дуже м'якозерні – Білява (UKR), Прэмьера (BLR), Seda (LTU), Warwik, Wisdom (CAN); м'якозерні – TM-04 (RUS), MVHombor (HUN), MVIrma (HUN), Stealth (CAN); середньотвердозерні – Trane (DEU), Goncha (TKM); напівтвердозерні – Альянс (UKR), Крижинка (UKR); твердозерна – Губернатор Дона (RUS).

Дослідження проведено в лабораторії генетичних ресурсів зернових культур Національного центру генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Досліди було закладено відповідно до вимог селекційних польових експериментів. Ручною саджалкою висівали гібриди F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> та їх батьківські форми у оптимальні строки. Довжина рядка – 1 метр, міжряддя – 20 см, глибина 4–6 см, попередник – чорний пар. У рядок висівали 20 зерен. Статистичну обробку результатів проведено за методикою Б. А. Доспехова [9]. З метою проведення генетичного аналізу успадкування твердозерності у гібридному зерні F<sub>1</sub> та F<sub>2</sub> пшениці м'якої озимої батьківські форми різного рівня твердості зерна було залучено до прямих та зворотних схрещувань твел-методом. При кастрації на колосі залишали 20 добре розвинених квіток. По кожній комбінації запиляли 10 колосків. Неконтрольованому перезапиленню запобігали за допомогою індивідуальних ізоляторів, виготовлених з пергаментного паперу. Гібридні зернівки вивчали у порі-

внянні з зернівками батьківських форм. Аналіз твердості зерна у батьківських форм та гібридів  $F_1$  проводили на 25–30 зернах, гібридів  $F_2$  – на 150–200. Твердість зерна визначали експрес-методом [10]. Ступінь фенотипового домінування у  $F_1$  встановлювали за формулою Грифінга [11], відповідність розщеплення у гібридних комбінаціях  $F_2$  теоретично очікуваному оцінювали за допомогою  $\chi^2$  [9].

Дослідження проводили у 2011–2014 рр. Зимові місяці 2011-2012 рр. за кількістю опадів були досить сприятливими, проте температурний режим для перезимівлі рослин пшениці озимої був несприятливими. Весняні місяці 2012 р. характеризувалися як дефіцитом опадів, так і незначним коливанням у бік збільшення впродовж останнього місяця. Кількість опадів у квітні склала 10 мм, або 28 % місячної норми, у травні – 102 % від місячної норми. За величиною ГТК погодні умови червня (0,51) та липня (0,25) можна констатувати як дуже посушливі. У зв'язку з дефіцитом опадів та високим температурним фоном посилювалась ґрунтова засуха, яка негативно позначилася на врожайності.

Зимово-весняний період 2012-2013 рр. сприяв розвитку снігової цвілі. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кушіння пшениці м'якої озимої у березні нижче 4 °С морозу не знижувалася, відмічали дефіцит опадів, ГТК = 0,24. Середня температура повітря у травні становила 20,4 °С, ГТК = 1,26. Сума опадів червні 2013 р. за червень становила 30 мм, ГТК = 0,57. У липні 2013 р. була переважно тепла, нестійка із зливовими дощами погода, що призводило до вилягання посівів, ГТК = 1,23.

Зимові місяці 2013–2014 рр. були задовільними для перезимівлі пшениці озимої. Весна була досить теплою та достатньо зволоженою. Кількість опадів у квітні перевищила норму на 11,5 %, ГТК = 1,58, а травень був недостатньо вологим, ГТК = 1,12. Червень був надмірно зволожений, ГТК = 2,68. Кількість опадів у липні становила 48,9 мм та була меншою від норми на 22,8 %, ГТК = 1,12. У 2014 р. спостерігали значне поширення листкових хвороб.

**Обговорення результатів.** Вихідний матеріал оцінювали за дев'ятибальною шкалою за групами твердості зерна: 1 група (1 бал) – дуже м'якозерна; 2 група (3 бали) – м'якозерна; 3 група (5 балів) – середньотвердозерна; 4 група (7 балів) – напівтвердозерна; 5 група (9 балів) – твердозерна (табл. 1).

У результаті аналізу отриманих даних встановлено різний характер успадкування твердості зерна в  $F_1$ , а саме: проміжне успадкування, позитивне домінування та негативне домінування ( $h_r$  = від 1 до -1). Серед 24 гібридів першого покоління 13 мали проміжний тип успадкування, що становить 54,2 % від загальної кількості досліджуваних гібридів. Сім гібридних комбінацій, або 29,2 % мали негативне домінування та у чотирьох комбінаціях (16,7 %) спостерігалось позитивне домінування.

Установлено також материнський ефект впливу на формування твердості ендосперму гібридного зерна  $F_1$ . Так, у комбінаціях від схрещування дуже м'якозерних (1 бал) форм з твердозерними (9 балів) (Білява / Губернатор Дона, Warwick / Губернатор Дона), ендосперм гібридів  $F_1$  був м'якозерним (3 бали,  $h_r$  = - 0,5), а у зворотніх схрещуваннях (Губернатор Дона / Білява, Губернатор Дона / Warwick) його текстуру відмічали напівтвердозерною (7 б.,  $h_r$  = 0,5). Також при схрещуванні м'якозерних (3 б.) зразків з твердозерними (9 б.) (MVHombag / Губернатор Дона, Stealth / Губернатор Дона) твердість зерна у  $F_1$  була на рівні 5 балів ( $h_r$  = - 0,3), а при зворотніх схрещуваннях (Губернатор Дона / MVHombag, Губернатор Дона / Stealth) ендосперм був напівтвердозерним (7 б.,  $h_r$  = 0,3). Таким чином, твердість ендосперму у гібридному зерні  $F_1$  змінювалась залежно від спрямованості схрещування і більше наближеною була до материнської форми.

Негативне домінування твердості зерна ( $h_r$  = - 1) відмічали у гібридних комбінаціях при схрещуванні дуже м'якозерних зразків з м'якозерними (Seda / TM-04), м'якозерних з середньотвердозерними (MVIrma / Trane), середньотвердозерних з напівтвердозерними (Trane / Крижинка) та при схрещуванні напівтвердозерних з твердозерними (Крижинка / Губернатор Дона).

Ступінь фенотипового домінування твердості зерна F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої,  
2012-2013 рр.

Гібридна комбінація	Твердість зерна, бал			hr	Тип успадкування
	♀	♂	F <sub>1</sub>		
Білява (UKR) / Губернатор Дона (RUS)	1	9	3	- 0,5	проміжний
Губернатор Дона (RUS) / Білява (UKR)	9	1	7	0,5	проміжний
Warwik(CAN) / ГубернаторДона (RUS)	1	9	3	- 0,5	проміжний
Губернатор Дона (RUS) /Warwik (CAN)	9	1	7	0,5	проміжний
Прэмьера (BLR) / Альянс (UKR)	1	7	3	- 0,3	негативне домінування
Альянс (UKR) / Прэмьера (BLR)	7	1	5	0,3	проміжний
Wisdom (CAN) /Trane (DEU)	1	5	3	0	проміжний
Trane (DEU)/ Wisdom (CAN)	5	1	3	0	проміжний
Seda (LTU) / TM-04 (RUS)	1	3	1	-1	негативне домінування
TM-04 (RUS) / Seda (LTU)	3	1	3	1	позитивне домінування
MVHombar (HUN) / ГубернаторДона (RUS)	3	9	5	- 0,3	негативне домінування
ГубернаторДона (RUS) /MVHombar(HUN)	9	3	7	0,3	проміжний
Stealth(CAN) / Губернатор Дона (RUS)	3	9	5	- 0,3	негативне домінування
Губернатор Дона (RUS) / Stealth (CAN)	9	3	7	0,3	проміжний
MVHombar (HUN)/ Крижинка (UKR)	3	7	5	0	проміжний
Крижинка (UKR)/ MVHombar (HUN)	7	3	5	0	проміжний
MV Irma(HUN) / Trane (DEU)	3	5	3	-1	негативне домінування
Trane (DEU) / MV Irma(HUN)	5	3	5	1	позитивне домінування
Goncha (TKM) / Губернатор Дона (RUS)	5	9	7	0	проміжний
Губернатор Дона (RUS) / Goncha (TKM)	9	5	7	0	проміжний
Trane (DEU) / Крижинка (UKR)	5	7	5	-1	негативне домінування
Крижинка (UKR) / Trane (DEU)	7	5	7	1	позитивне домінування
Крижинка (UKR) / Губернатор Дона (RUS)	7	9	7	-1	негативне домінування
Губернатор Дона (RUS) / Крижинка (UKR)	9	7	9	1	позитивне домінування

У зворотніх схрещуваннях цих комбінацій встановили позитивне домінування (hr = 1). **Негативне** домінування (hr = - 0,3) було відмічено при схрещуванні дуже м'якозерної групи з напівтвердозерною (Прэмьера / Альянс), а у зворотньому схрещуванні (Альянс / Прэмьера) спостерігали проміжний тип успадкування (hr = 0,3).

Кількість генів, які контролюють ознаку твердості зерна, визначали у F<sub>2</sub> шляхом співставлення фактичних груп розщеплення з теоретично очікуваними. При цьому співставляли відношення дуже м'якозерної, м'якозерної, середньотвердозерної та напівтвердозерної групи до твердозерної (більш м'якозерні групи до твердозерніших). Одержані співвідношення груп твердості зерна порівнювали з одним із теоретично очікуваних менделевських відношень, на основі чого обґрунтовували припущення про кількість та взаємодію генів. Ступінь відповідності фактичних даних теоретично очікуваним, тобто достовірність запропонованих гіпотез, оцінювали за допомогою критерія відповідності  $\chi^2$  (табл. 2).

**Гібридологічний аналіз твердості зерна F<sub>2</sub> пшениці м'якої озимої,  
2013-2014 рр.**

Гібридна комбінація	Твердість зерна F <sub>1</sub> , бал	Межі варіювання твердості гібридного зерна F <sub>2</sub> , бал	Фактичне розщеплення	Очікуване співвідношення	$\chi^2$	Кількість генів
Білява (UKR) / Губернатор Дона (RUS)	3	1-9	247:5	63:1	0,25	3 домінантних
Губернатор Дона (RUS) / Білява (UKR)	7	1-9	187:4	63:1	0,33	3 домінантних
Warwik(CAN) / ГубернаторДона (RUS)	3	1-9	125:3	63:1	0,50	3 домінантних
Губернатор Дона (RUS) / Warwik (CAN)	7	1-9	250:6	63:1	1,01	3 домінантних
Прэ́мьера (BLR) / Альянс (UKR)	3	1-7	162:14	15:1	1,36	2 домінантних
Альянс (UKR) / Прэ́мьера (BLR)	5	1-9	237:19	15:1	0,59	2 домінантних
Wisdom (CAN) /Trane (DEU)	3	1-7	139:5	15:1	1,90	2 домінантних
Trane (DEU)/ Wisdom (CAN)	3	1-7	272:16	15:1	2,97	2 домінантних
Seda (LTU) / TM-04 (RUS)	1	1-3	133:35	3:1	1,55	1домінантний
TM-04 (RUS) / Seda (LTU)	3	1-3	163:69	3:1	2,77	1домінантний
MVHombar (HUN) / ГубернаторДона (RUS)	5	1-9	187:5	63:1	1,35	3 домінантних
ГубернаторДона (RUS) /MVHombar (HUN)	7	1-9	213:11	15:1	0,68	2 домінантних
Stealth (CAN) / Губернатор Дона (RUS)	5	1-9	124:4	63:1	2,03	3 домінантних
Губернатор Дона (RUS) / Stealth (CAN)	7	5-9	221:19	15:1	1,13	2 домінантних
MVHombar (HUN)/ Крижинка (UKR)	5	1-9	197:11	15:1	0,33	2 домінантних
Крижинка (UKR)/ MVHombar (HUN)	5	1-9	184:8	15:1	1,42	2 домінантних
MV Irma(HUN) / Trane (DEU)	3	1-7	145:15	15:1	2,67	2 домінантних
Trane (DEU) / MV Irma(HUN)	5	1-9	87:9	15:1	1,70	2домінантних
Goncha (TKM) / Губернатор Дона (RUS)	7	3-9	101:11	15:1	2,44	2 домінантних
Губернатор Дона (RUS) / Goncha (TKM)	7	5-9	125:3	15:1	3,33	2 домінантних
Trane (DEU) / Крижинка (UKR)	5	1-9	60:52	9:7	0,32	2 домінантних
Крижинка (UKR) / Trane (DEU)	7	5-9	48:80	7:9	2,03	2 рецесивних
Крижинка (UKR) / Губернатор Дона (RUS)	7	5-9	109:64	9:7	2,75	2 домінантних
Губернатор Дона (RUS) / Крижинка (UKR)	9	7-9	69:75	7:9	1,01	2 рецесивних

У залежності від генотипів батьківських форм у  $F_2$  розщеплення за твердістю зерна проходило у відповідності до моно-, ди-, або три гібридної схеми. Аналіз зерна 24 гібридних комбінацій  $F_2$ , які було створено за допомогою прямих та зворотних схрещувань, доводить, що найбільша їх кількість розщеплюється за дигібридною схемою 15:1 (Прэмьера / Альянс, Альянс / Прэмьера, Wisdom / Trane, Trane / Wisdom, Губернатор Дона / MVHombar, Губернатор Дона / Stealth, MVHombar / Крижинка, Крижинка / MVHombar, MVIrma / Trane, Trane / MVIrma, Goncha / Губернатор Дона, Губернатор Дона / Goncha), 9:7 (Trane / Крижинка, Крижинка / Губернатор Дона), 7:9 (Крижинка / Trane, Губернатор Дона / Крижинка), що становить 66,7 % від загальної кількості. Тригібридний тип розщеплення спостерігали у шести комбінаціях за участі дуже м'якозерних та твердозерних сортів Білява / Губернатор Дона, Губернатор Дона / Білява, Warwick / Губернатор Дона, Губернатор Дона / Warwick, MVHombar / Губернатор Дона, Stealth / Губернатор Дона (25 %), моногенний – у двох Seda / TM-04, TM-04 / Seda (8,3 %). Таким чином, формування текстури ендосперму здійснювалося переважно при адитивній полімерії. Розщеплення за твердістю зерна в  $F_2$  та розподіл за фенотипом відбувається у залежності від генотипового складу батьківських форм.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено характер успадкування твердості зерна в  $F_1$ , що відбувається за такими типами: проміжне успадкування (54,2 %), негативне домінування (29,2 %) та позитивне домінування (16,7) –  $h_r =$  від 1 до -1. Встановлено також материнський ефект впливу на формування твердості ендосперму гібридного зерна  $F_1$ , при якому його твердість є більше наближеною до материнської форми. Встановлено, що більша кількість комбінацій  $F_2$  розщеплюється за дигібридною схемою 15:1, 9:7, 7:9 (66,7 %). Тригібридний тип розщеплення встановлено у шести комбінаціях (25 %) за участі дуже м'якозерних та твердозерних сортів, моногенний – у двох (8,3 %) при схрещуванні дуже м'якозерних з м'якозерними сортами.

#### Список використаних джерел

1. Рибалка О. І. Немає кращого борошна для кондитерських виробів, ніж із суперм'якозерної пшениці. Зерно і хліб. 2008. № 4. С. 47.
2. Рибалка О. І., Аксельруд Д. В. Які характеристики повинно мати борошно для бісквітів? Вплив твердозерності та біохімічного складу борошна на якість бісквітів. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. 2004. Вип. 6 (46). С. 247–253.
3. Greenwell P., Schofield J. D. A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. CerealChem. 1985. № 63. P. 379–380.
4. Symes K.J. The inheritance of grain hardness in wheat as measured by particle-size index. Aust. J. Agric. Res. 1965. № 16. P. 113-123.
5. Mattern P.J., Morris R., Schmidt J.W. e.a. Location of genes for kernel properties in the wheat cultivar «Cheyenne» using chromosome substitution lines. In: E.R. Sears, L.M.S. Sears, editors. Proc. 4th Intl. Wheat Genet. Symp., University of Missouri, Columbia, MO, 1973: 703-707.
6. Симонов А. В. Генетическое изучение признаков, определяющих морфологию колоса и структуру эндосперма зерновки пшеницы (*Triticum aestivum*L.), интрогрессированных от *Aegilops speltoides tausch*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.02.07 – генетика / Симонов Александр Владимирович. Н., 2010. 17 с.
7. Giroux J., Morris C. F. A glycine to serine change in puroindoline b is associated with wheat grain hardness and low levels of starch-surface friabilin. Theor. Appl. Genet. 1997. № 95. P. 857–864.
8. Чеботар С. В., Куракіна К. О., Хохлов О. М., Чеботар Г. О., Сиволап Ю. М. Фенотипічні прояви алелів пуринолінових генів м'якої пшениці. Цитология и генетика., 2012, Том 46, № 4, С. 9–18.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

10. Ярош А. В., Рябчун В. К., Леонов О. Ю., Діденко С. Ю., Копитіна Л. П., Шелякіна Т. А., Сахно Т. В. Методологія оцінки твердості зерна у пшениці м'якої озимої. Генетичні ресурси рослин. 2014. №15. С. 120–131.
11. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. V. 35. P. 303–321.

### References

1. Rybalka OI. There is no better flour for pastry, than sperm alterna wheat. *Zerno I khlib*. 2008; 4: 47.
2. Rybalka OI, Axelrud DV. What characteristics should have flour for biscuits? Influence tensinet and biochemical composition of flour on the quality of biscuits. *Zbirnyk naukovykh prats Seleksiyno-genetychnogo instytutu*. 2004; 46: 247–253.
3. Greenwell P, Schofield JD. A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. *CerealChem*. 1985; 63: 379–380.
4. Symes KJ. The inheritance of grain hardness in wheat as measured by particle-size index. *Aust. J. Agric. Res.* 1965; 16: 113–123.
5. Mattern PJ, Morris R, Schmidt JW et al. Location of genes for kernel properties in the wheat cultivar «Cheyenne» using chromosome substitution lines. In: ER Sears, LMS Sears, editors. *Proc. 4th Intl. Wheat Genet. Symp.*, University of Missouri, Columbia, MO, 1973: 703–707.
6. Simonov AV. A genetic study of the characteristics of the morphology of the ear and the structure of the endosperm of grains of wheat (*Triticum aestivum* L.), introgression from *Aegilops speltoides tausch*. [dissertation]. 2010. 17 p.
7. Giroux J, Morris CF. A glycine to serine change in puroindoline b is associated with wheat grain hardness and low levels of starch-surface friabilin. *Theor. Appl. Genet.* 1997; 95: 857–864.
8. Chebotar SV, Kurakina KO, Khokhlov OM, Chebotar GO, Syvolap YuM. Phenotypic expression of alleles of puroindolin genes of soft wheat. *Cytol. Genet.* 2012; 46(4): 9–18.
9. Dospikhov B. A. Methodology field experience (the basics of statistical processing of the results of research). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
10. Yarosh AV, Ryabchun VK, Leonov OYu, Didenko SYu, Kopytina LP, Shelyakina TA. The methodology of evaluation of grain hardness in wheat soft winter. *Plant genetic resources*. 2014; 15: 120–131.
11. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950; 35: 303–321.

### **НАСЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ ЗЕРНА В F<sub>1</sub> И F<sub>2</sub> ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ**

Ярош А. В., Рябчун В.К., Петухова И. А., Падалка Е.И.  
Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН, НЦГРРУ, Украина

**Цель и задачи исследования.** Установить закономерности наследования твердости зерна у коллекционных образцов пшеницы мягкой озимой.

**Обсуждение результатов.** В результате анализа полученных данных установлен разный характер наследования твердости зерна в F<sub>1</sub>, а именно: промежуточное наследование, положительное доминирование и отрицательное доминирование (h<sub>p</sub> = от 1 до -1). Среди 24 гибридов первого поколения 13 имели промежуточный тип наследования, семь гибридных комбинаций имели отрицательное доминирование и в четырех комбинациях наблюдалось положительное доминирование. В зависимости от генотипов родительских форм в F<sub>2</sub> расщепление по твердости зерна проходило в соответствии с моно-, ди- или тригибридной схемой. Формирование текстуры эндосперма осуществлялось преимущественно при аддитивной полимерии. Расщепление по твердости зерна в F<sub>2</sub> и распределение по фенотипу происходило в зависимости от генотипа родительских форм.

**Выводы.** Установлен характер наследования твердости зерна гибридами  $F_1$ , который происходит по следующим типам: промежуточное наследование (54,2 %), отрицательное доминирование (29,2 %) и положительное доминирование (16,7) –  $h_p =$  от 1 до -1. Установлен также материнский эффект влияния на формирование текстуры гибридного эндосперма зерна  $F_1$ . При анализе гибридных зерен  $F_2$  было установлено, что наибольшее количество комбинаций расщепляется по дигибридной схеме 15:1, 9:7, 7:9 (66,7 %). Тригибридный тип расщепления наблюдали в шести комбинациях (25 %), моногенный – у двух (8,3 %).

*Ключевые слова:* пшеница мягкая озимая, сорт, мягкозерность, твердозерность, гибридизация, наследование, расщепление

## ***INHERITANCE OF GRAIN HARDNESS BY $F_1$ AND $F_2$ BREAD WINTERWHEAT***

Yarosh A. V., Ryabchun V. K., Petukhova I. A., Padalka O. I.  
Plant Production Institute nd. a VYa Yuriev NAAS, NCPGRU, Ukraine

**The aim and tasks of the study.** To establish patterns in the inheritance of grain hardness in collection bread winter wheat accessions.

**Results and discussion.** The data demonstrate different nature of the grain hardness inheritance in  $F_1$ , namely: intermediate inheritance, positive dominance and negative dominance ( $h_p =$  from 1 to -1). Of 24  $F_1$  hybrids, 13 had intermediate inheritance, 7 hybrid combinations had negative dominance, and positive dominance was observed in 4 combinations. Depending on the parent genotypes, the grain hardness segregation in  $F_2$  was in accordance with the mono-, di- or three-hybrid scheme. Endosperm texture was mainly formed by additive polymericity. The grain hardness segregation in  $F_2$  and the phenotype distribution occurred depending on the genotypic composition of parents.

**Conclusions.** The nature of the grain hardness inheritance in  $F_1$  hybrids was established; it occurred according to the following types: intermediate inheritance (54.2%), negative dominance (29.2%) and positive dominance (16.7):  $h_p = 1 - -1$ . The female effect was also established for the endosperm texture formation in  $F_1$  hybrid grain. Analyzing  $F_2$  hybrid grain, we noticed the greatest number of combinations segregated by dihybrid scheme: 15: 1, 9: 7, 7: 9 (66.7%). Three-hybrid type of segregation was observed in 6 combinations (25%); monogenic - in 2 (8.3%).

*Keywords:* bread winter wheat, variety, grain softness, grain hardness, hybridization, inheritance, segregation