

УДК 577.2:631

## ГЕНЕТИЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ПУРОІНДОЛІНОВИХ ГЕНІВ СЕРЕД ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ, НОСІЇВ *Gpc-B1* ІЗ *TRITICUM TURGIDUM* SPP. *DICOCCOIDES*

Б.В. МОРГУН<sup>1-3</sup>, С.Ю. ПОХИЛЬКО<sup>2,3</sup>, В.М. ПОЧИНОК<sup>1</sup>, В.П. ДУПЛІЙ<sup>2</sup>,  
О.М. ДУГАН<sup>3</sup>, О.О. ХРИСТАН<sup>1</sup>, А.І. СТЕПАНЕНКО<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України  
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17

<sup>2</sup>Інститут клітинної біології та генетичної інженерії Національної академії наук  
України

03143 Київ, вул. Академіка Заболотного, 148

e-mail: molgen@icbge.org.ua

<sup>3</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

03056 Київ, просп. Перемоги, 37

Однією з основних характеристик, що визначає якість зерна пшениці, є текстура ендосперму зернівки. Проаналізовано 90 ліній покоління F<sub>5</sub>, отриманих від схрещування ярого гексаплоїдного донора, пшениці з заміщеною 6В хромосомою *Triticum turgidum* spp. *dicocoides* з м'якою озимою пшеницею сорту Куяльник, на наявність гена *Gpc-B1* від *T. turgidum* spp. *dicocoides*. Відібрані 44 лінії, гомозиготні за геном *Gpc-B1*, перевірено за алельним складом пуринодолінових генів *Pina-D1*, *Pinb-D1*, які контролюють текстуру ендосперму зернівки. Виявлено широке різноманіття комбінацій алелів цих генів. Методом інфрачервоної спектроскопії проаналізовано 16 ліній. Встановлено, що всі вони в основному належать до групи м'язозерних сортів пшениці за складом крохмалю. Статистичним аналізом доведено пряму залежність між твердозерністю ядра та алельним складом пуринодолінових генів.

**Ключові слова:** твердозерність пшениці, ген *Gpc-B1*, гени *Pina-D1*, *Pinb-D1*, молекулярні маркери, біофортифікація.

Пшениця — основна зернова культура, яку вирощують у багатьох частинах світу як основний продукт харчування і переробки. Якість пшениці залежить від генетики насінневого матеріалу, ґрунтових і кліматичних умов, сформованого ендосперму зернівки [9, 13]. При цьому якість зерна великою мірою залежить від генетичної складової, тому пошук нових генетичних детермінант, придатних для створення сучасних сортів пшениці з поліпшеною якістю, є важливим етапом селекційного процесу.

Текстура ендосперму — критична характеристика якості пшениці *Triticum aestivum* L. За ознакою «hardness» сорти м'якої пшениці поділяють на твердозерні («hard») та м'язозерні («soft») [3]. На сьогодні використовують два методи фізичного визначення твердості зерна: встановлення індексу розміру часточок (particle size index, PSI) за виходом борошна, просіяного крізь сито з отворами певного розміру, та викори-

стання інфрачервоної спектроскопії в ближньому діапазоні випромінювання (NIR) [2].

Твердозерна пшениця цінна для хлібопекарської промисловості, оскільки під час помолу велика кількість гранул крохмалю пошкоджується, що забезпечує більше поглинання й утримання води та ефективніше підймання тіста. Ендосперм м'якозерної пшениці крихкіший і потребує менших зусиль при розмелюванні. Борошно має менші розміри часточок і великий вміст непошкоджених крохмальних гранул. Воно слабкіше поглинає воду й тому технологічно придатніше для випікання печива і бісквітів [12].

Твердозерність ядра зерна є результатом взаємодії ліпідозв'язувальних білків пууроіндолінів, багатих на цистеїн і триптофан, які взаємодіють із ліпідами на поверхні гранул крохмалю. Текстуру ендосперму контролюють кілька зчеплених генів, розміщених на короткому плечі хромосоми 5D у локусі *Ha* (*Hardness*). Гени кодують три поліпептиди, які утворюють білок фріабілін: пууроіндолін *a* (ген *Pina-D1*), пууроіндолін *b* (ген *Pinb-D1*) та Grain Softness Protein (ген *Gsp-1*) [5, 10, 12]. Градація технологічно важливої ознаки твердозерності м'якої пшениці значною мірою зумовлена комбінаціями алелів пууроіндолінових генів *Pina-D1* і *Pinb-D1*.

Харчова цінність сучасних високоврожайних пшениць набуває ключового значення. Нещодавно було показано, що ген *Gpc-B1* з лінії FA15-3 дикої тетраплоїдної полби (*T. turgidum* var. *dicoccoides*) Ізраїлю кодує фактор транскрипції, який під час фізіологічного старіння у вегетативних частинах рослини зумовлює мобілізацію й передачу в зерно азоту, заліза, цинку [16]. Цей ген був картований на хромосомі 6В і в результаті численних схрещувань в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України перенесений в озиму гексаплоїдну пшеницю [1]. Проте вияв цільової ознаки в новому генетичному оточенні комерційно привабливих ліній для кліматичних зон України все ще залишається під питанням.

Метою нашої роботи були аналіз алельного складу генів *Pina-D1* і *Pinb-D1* у рекомбінантних інбредних ліній F<sub>5</sub>, носіїв гена *Gpc-B1* від *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* та встановлення їхнього взаємозв'язку з текстурою ендосперму зернівок.

## Методика

Популяція інбредних ліній F<sub>5</sub> отримана від схрещування ярого гексаплоїдного донора Glupro, пшениці носія заміщеної 6В хромосоми *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* з м'якою озимою пшеницею сорту Куяльник. Загальну рослинну ДНК виділяли ЦТАБ-методом [15] із суміші п'яти зернівок для кожної лінії окремо. Для виявлення гена *Gpc-B1* від *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* використовували кодомінантну систему молекулярно-генетичних маркерів згідно з розробленими раніше умовами [1]. Генетичне різноманіття пууроіндолінових генів визначали методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) зі специфічними праймерами [7]. Маркерна система *Pina-D1* є домінантною, тому для додаткового контролю ми розробили мультиплексну ПЛР разом із референтним геном пшениці *TaTM20* (Genbank accession DQ323065). Параметри ампліфікації: денатурація 94 °C — 4 хв, 34 цикли: денатурація 94 °C — 30 с, ренатурація 60 °C — 30 с, елонгація 72 °C — 40 с, завершальна елонгація 72 °C — 5 хв. Концентрація праймерів у реакції Pina-D1F, Pina-D1R —

по 0,75 мкМ, RTE, RTR — по 0,40 мкМ (Metabion, Німеччина). Параметри ампліфікації для пари Pinb-D1F, Pinb-D1R: денатурація 94 °С — 4 хв, 34 цикли: денатурація 94 °С — 30 с, ренатурація 60 °С — 30 с, елонгація 72 °С — 30 с, завершальна елонгація 72 °С — 5 хв. Концентрації праймерів у реакції становили по 0,5 мкМ. Як контролю використали вихідний сорт Куяльник і гексаплоїдну лінію Glupro донор гена *Gpc-B1* від *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* [6]. Для ліпшого розділення ампліконів після ПЛР із парою праймерів Pinb-D1F, Pinb-D1R проводили гідроліз ендонуклеазою MbiI (BsrBI) — 90 хв за 37 °С.

Продукти ПЛР розділяли методом електрофорезу в 1,5 %- та 2,5 %-му агарозному гелі з 0,5 мкг/мл бромистого етидію. Продукти ампліфікації візуалізували в ультрафіолетовому світлі (ЛКВ Transilluminator Macrovue 2011, Швеція), документували фотосистемою Canon EOS 600D, знімки обробляли за допомогою редактора GIMP, MS PowerPoint та програми GelAnalyzer.

Фізичні показники твердозерності досліджували методом інфрачервоної спектроскопії (NIR). Повітряно сухе зерно масою 60 г розмелювали в лабораторному млині Perten LM 3100 (Швеція). Показники твердозерності у борошні пшениці визначали на приладі Perten Inframatic 8600 (Швеція).

Статистичний аналіз впливу алелів генів *Pina-D1* і *Pinb-D1* на твердозерність виконували за допомогою стандартних функцій програмного оточення для мови програмування R версії 3.3.2 [14], що реалізують тест Уїлкоксона—Манна—Уїтні [4] та критерій Краскела—Уолліса [8].

## Результати та обговорення

Із самого початку дослідні лінії F<sub>5</sub> озимої пшениці були схарактеризовані за наявністю гена *Gpc-B1* від *T. turgidum* ssp. *dicoccoides*. Гомозиготний стан цього гена визначено кодомінантною молекулярно-генетичною системою після перевірки 90 ліній. Електрофореграму результатів ПЛР наведено на рис. 1.

Серед перевірених ліній пшениці виявлено 44 гомозиготних за геном *Gpc-B1*, 18 — гетерозиготних за геном *Gpc-B1*, 28 — не містили ген *Gpc-B1* від *T. turgidum* ssp. *dicoccoides*. Подальші дослідження проводили тільки з гомозиготними лініями, носіями гена *Gpc-B1*.

Текстура ендосперму — один із важливих чинників при селекції цінних форм рослин, що визначає галузь харчової промисловості, де в подальшому їх використовуватимуть. Текстуру ендосперму оцінювали за

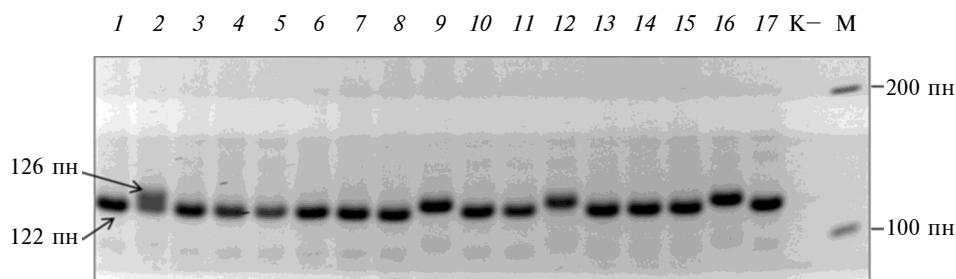


Рис. 1. Типова електрофореграма продуктів ампліфікації ділянки гена *Gpc-B1*:

1—15 — відповідно лінії 5—19; 16 — сорт Куяльник; 17 — донор *Gpc-B1* лінія Glupro; К — негативний контроль, без ДНК; М — маркер молекулярної маси GeneRuler™ DNA Ladder Mix

допомогою ПЛР-маркерів за алейним станом генів *Pina-D1* і *Pinb-D1*. Типову електрофореграму ПЛР ампліфікації гена *Pina-D1* наведено на рис. 2.

Поява амплікону розміром 290 пн свідчить про наявність аляля *Pina-D1a*, успадкованого від материнського сорту Куяльник, тоді як його відсутність вказує на наявність аляля *Pina-D1b*, як у батьківської лінії Glupro. Амплікон референтного гена *TaTM20* розміром 934 пн відображає адекватний перебіг реакції. Згідно з результатами аналізу зернівок, серед 44 ліній 32 містили аляль *Pina-D1a*, 12 — *Pina-D1b*. Переважна більшість сортів пшениці української селекції несе аляль *Pina-D1a* [3], тому привнесення нового аляля *Pina-D1b* позитивно позначається на подальшій селекції українських сортів.

Типову електрофореграму ПЛР на ген *Pinb-D1* наведено на рис. 3.

Амплікон розміром 315 пн вказує на наявність аляля *Pinb-D1a*, амплікон розміром 220 пн — на наявність аляля *Pinb-D1b*. Серед проаналізованих 44 ліній 12 несли аляль *Pinb-D1a*, 17 — *Pinb-D1b*, 15 — були гетерозиготними за цим геном.

Більшість ліній містить алялі *Pina-D1a* та *Pinb-D1b*, що характерно для сортів української селекції і материнського сорту Куяльник. Алялі *Pina-D1b* й *Pinb-D1a* характерні для сортів пшениці США [11], звідки і походить заміщена дигаплоїдна лінія Glupro, носій гена *Gpc-B1* від *T. turgidum*

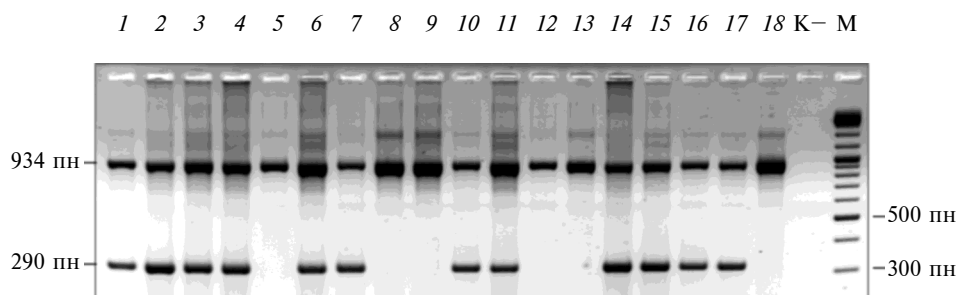


Рис. 2. Електрофореграма продуктів ампліфікації ділянки гена *Pina-D1*:

1–16 — відповідно лінії 1, 2, 5, 7–12, 14, 15, 17–21; 17 — сорт Куяльник; 18 — донор *Gpc-B1* лінія Glupro; К — негативний контроль, без ДНК; М — маркер молекулярної маси GeneRuler™ DNA Ladder Mix

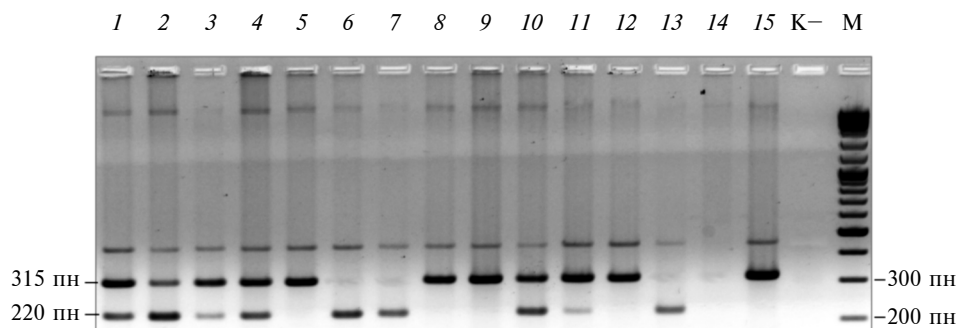


Рис. 3. Електрофореграма продуктів ампліфікації ділянки гена *Pinb-D1*:

1–12 — відповідно лінії 1, 2, 5, 7–12, 14, 15, 17; 13 — сорт Куяльник; 14 — сорт Langdon тетраплоїдний; 15 — донор *Gpc-B1* лінія Glupro гексаплоїдна; К — негативний контроль, без ДНК; М — маркер молекулярної маси GeneRuler™ DNA Ladder Mix

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПУРОИНДОЛИНОВЫХ ГЕНОВ

Алелі генів *Pina*, *Pinb* і значення показника твердозерності у насіннєвому поколінні  $F_5$

Номер лінії	Алель		Твердозерність
	<i>Pina</i>	<i>Pinb</i>	
1	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
2	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	11
5	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
7	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	10
8	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
9	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	17
10	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
11	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
12	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
14	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
15	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
17	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
18	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
19	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	7
20	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
21	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	-2
30	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
35	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
36	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
38	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	11
39	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	28
40	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	20
41	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	43
42	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	14
44	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	9
45	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
46	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
49	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
50	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
51	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
56	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
58	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—
60	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
62	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
64	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	26
66	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	31
67	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
68	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a/Pinb-D1b</i>	—

Закінчення таблиці

Номер лінії	Алель		Твердозерність
	<i>Pina</i>	<i>Pinb</i>	
75	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	7
76	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	—
80	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	30
81	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
84	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	—
86	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	34
Сорт Куяльник	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1b</i>	16
Лінія Glupro	<i>Pina-D1b</i>	<i>Pinb-D1a</i>	15

П р и м і т к а: «—» — зразки за показником твердозерності не аналізували.

*spp. dicoccoides*, яка в нашому експерименті була вихідною батьківською формою [6].

Фізичний показник твердозерності перевірено в 16 дослідних ліній, у батьківської лінії Glupro та материнського сорту Куяльник. Отримані результати наведено в підсумковій таблиці.

Методом інфрачервоної спектроскопії встановлено, що деякі гібридні лінії на відміну від батьківських форм м'язозерної групи мали напрочуд високі показники твердозерності. Відомо, що екстремальні параметри ознаки м'язозерності мають від'ємні значення за шкалою інфрачервоного аналізатора (–40...–50), борошно звичайних м'язозерних сортів — низькі додатні значення (5–15), а борошно твердозерної пшениці ідентифікується в межах 35–45 одиниць діапазону шкали інфрачервоного аналізатора Perten Inframatic 8600, відкаліброваного для аналізу борошна твердозерної хлібопекарської пшениці.

Ми досліджували різні варіації алелів пуринодолинових генів. Особливо цінним був надзвичайно рідкісний для українських пшениць алель *Pina-D1b*. За літературними даними, генотипи, які несуть алелі *Pina-D1b*, *Pinb-D1a*, мають більшу твердість ядра порівняно із сортами, які містять алелі *Pina-D1a*, *Pinb-D1b* [11].

Статистична обробка даних однозначно підтвердила, що показники твердозерності для ліній з алелем *Pina-D1b* гена *Pina-D1* достовірно вищі, ніж для ліній з алелями *Pina-D1a* з вірогідністю  $p < 0,05$ . Водночас різниця між медіанами за цим параметром для різних комбінацій алелів гена *Pinb-D1* знаходилась у межах статистичної похибки. Крім того, лінії, в яких було виявлено комбінацію алелів *Pina-D1b*, *Pinb-D1a* (медіана = 37) мали вищу статистично вірогідну твердозерність ( $p < 0,05$ ) порівняно з лініями з комбінацією алелів *Pina-D1a*, *Pinb-D1b* (медіана = 14), що добре узгоджується з літературними даними, отриманими на північно-американських пшеницях [11].

Таким чином, проведено молекулярно-генетичний аналіз рекомбінантних інбредних ліній F<sub>5</sub> на наявність гена *Gpc-B1* від *T. turgidum ssp. dicoccoides* у гомозиготному стані. Встановлено, що обрані 44 лінії є цінним генетичним матеріалом для подальшого вивчення і селекційного до-

бору. Аналізом алейного стану пуруіндолінових генів виявлено їх широке різноманіття серед отриманих ліній. З'ясовано, що комбінація алелів *Pina-D1b*, *Pinb-D1a* більш бажана для підвищення твердозерності зерна пшениці і за своїм значенням перевищує показники навіть такого високоякісного стандарту, як сорт Куяльник.

1. Похилько С.Ю. Дослідження генотипів пшениці м'якої з перенесеним геном *Gpc-B1* від *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* / С.Ю. Похилько, А.В. Трояновська, А.І. Степаненко, Б.В. Моргун // Фактори експерим. еволюції організмів. — 2016. — Т. 18. — С. 132—135.
2. Починок В.М. Сучасний стан досліджень запасних білків пшениці / В.М. Починок, О.М. Радченко // Физиология и биохимия культ. растений. — 2011. — Т. 43, № 3. — С. 255—266.
3. Чеботар С.В. Фенотипічні прояви алелів пуруіндолінових генів м'якої пшениці / С.В. Чеботар, К.О. Куракіна, О.М. Хохлов // Цитология и генетика. — 2012. — Т. 46, № 4. — С. 9—18.
4. Bauer David F. Constructing confidence sets using rank statistics / David F. Bauer // J. Amer. Statistical Association. — 1972. — Vol. 67, N 339. — P. 687—690.
5. Beecher B. Expression of wild-type *pinB* sequence in transgenic wheat complements a hard phenotype / B. Beecher, A. Bettge, E. Smidansky, M.J. Giroux // Theor. Appl. Genet. — 2002. — Vol. 105. — P. 870—877.
6. Distelfeld A. Physical map of the wheat high-grain protein content gene *Gpc-B1* and development of a high-throughput molecular marker / A. Distelfeld, C. Uauy, T. Fahima, J. Dubcovsky // New Phytologist. — 2006. — Vol. 169. — P. 753—763.
7. Gautier M.-F. *Triticum aestivum* puroindolines, two basic cysteine-rich seed proteins: cDNA sequence analysis and developmental gene expression / M.-F. Gautier, M.-E. Aleman, A. Guirao, D. Marion, P. Joudrier // Plant Mol. Biol. — 1994. — Vol. 25. — P. 43—57.
8. Hollander M. Nonparametric Statistical Methods / M. Hollander, Douglas A. Wolfe // New York: John Wiley & Sons, 1973. — P. 115—120.
9. Iftikhar A. Molecular characterization of the puroindoline-a and b alleles in synthetic hexaploid wheats and *in silico* functional and structural insights into *Pina-D1* / A. Iftikhar, Z. Sardar, A. Rasheed, T. Mahmood // J. Theor. Biol. — 2015. — Vol. 367. — P. 1—7.
10. Lillemo M. Puroindoline grain hardness alleles in CIMMYT bread wheat germplasm / M. Lillemo, F. Chen, X. Xia, M. William, J. Roberto, R. Trethowan, Z. He // J. Cereal Sci. — 2006. — Vol. 44. — P. 86—92.
11. Matus-Cadiz M.A. Puroindoline allele diversity in Canadian and northern US hard spring wheat varieties differing in kernel hardness / M. A. Matus-Cadiz, C.J. Pozniak, P.L. Hucl // Canad. J. Plant Sci. — 2008. — Vol. 88. — P. 873—883.
12. Mohammadi M. Genotype diversity of puroindoline genes (*Pina-D1* and *Pinb-D1*) in bread wheat cultivars developed in Iran and CIMMYT / M. Mohammadi, E. Mehrazar, A. Izadi-Darbandi, G. Najafian // J. Crop Improvement. — 2014. — N 27. — P. 361—375.
13. Pasha I. Grain hardness: a major determinant of wheat quality / I. Pasha, F.M. Anjum, C.F. Morris // Food Sci Tech Int. — 2010. — Vol. 16(6). — P. 511—522.
14. R Core Team. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
15. Stewart C.N. A rapid CTAB DNA isolation technique useful for RAPD fingerprinting and other PCR applications / C.N. Stewart, L.E. Via // Bio Techniques. — 1993. — Vol. 14, N 5. — P. 748—749.
16. Uauy C.A. NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc and iron content in wheat / C. Uauy, A. Distelfeld, T. Fahima // Science. — 2006. — N 314. — P. 1298—1301.

Отримано 24.04.2017

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПУРОИНДОЛИНОВЫХ ГЕНОВ СРЕДИ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ, НОСИТЕЛЕЙ *Gpc-B1* ИЗ *TRITICUM TURGIDUM* SPP. *DICOCCOIDES*

Б.В. Моргун<sup>1-3</sup>, С.Ю. Похилько<sup>2,3</sup>, В.М. Починок<sup>1</sup>, В.П. Дуплий<sup>2</sup>, А.М. Дуган<sup>3</sup>,  
О.О. Христан<sup>1</sup>, А.И. Степаненко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

<sup>2</sup>Институт клеточной биологии и генетической инженерии Национальной академии наук Украины, Киев

<sup>3</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев

Одной из основных характеристик, определяющей качество зерна пшеницы, является текстура эндосперма зерновки. Проанализированы 90 линий поколения F<sub>5</sub>, полученных от скрещивания ярого гексаплоидного донора, пшеницы с замещенной 6В хромосомой *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides* с мягкой озимой пшеницей сорта Куяльник, на наличие гена *Gpc-B1* от *T. turgidum* spp. *dicoccoides*. Отобранные 44 линии, гомозиготные по гену *Gpc-B1*, проверены по аллельному составу пуриноидиновых генов *Pina-D1* и *Pinb-D1*, контролирующих текстуру эндосперма зерновки. Обнаружено широкое разнообразие комбинаций аллелей данных генов. Методом инфракрасной спектроскопии проанализированы 16 линий. Установлено, что все они в основном относятся к группе мягкозерных сортов пшеницы по составу крахмала. Статистическим анализом доказана прямая зависимость между твердозерностью ядра и аллельным составом пуриноидиновых генов.

GENETIC DIVERSITY OF PUROINDOLINE GENES IN LINES OF BREAD WHEAT, CARRIERS *Gpc-B1* FROM *TRITICUM TURGIDUM* SPP. *DICOCCOIDES*

B.V. Morgun<sup>1-3</sup>, S.Yu. Pokhylko<sup>2,3</sup>, V.M. Pochynok<sup>1</sup>, V.P. Duplij<sup>2</sup>, O.M. Dugan<sup>3</sup>, O.O. Khrystan<sup>1</sup>,  
A.I. Stepanenko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine  
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine  
148 Akademika Zabolotnoho St., Kyiv, 03143, Ukraine

<sup>3</sup>National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»  
37 Peremohy Ave., Kyiv, 03056, Ukraine

One of the main characteristics that determines quality of wheat is grain endosperm texture. 90 lines of generation F<sub>5</sub>, obtained by crossing a hexaploid spring donor, carrying the substituted wheat chromosome 6B from *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides*, with bread winter wheat cultivar Kuialnyk, were analyzed for the presence of gene *Gpc-B1* from *T. turgidum* spp. *dicoccoides*. Selected 44 lines with homozygous gene *Gpc-B1* were checked for composition of alleles of genes *Pina-D1*, *Pinb-D1*. The analysis revealed a wide variety of combinations of the alleles. 16 lines were analyzed by the near infrared spectroscopy (NIR) method. It was determined mainly all they belong to a group of soft wheat varieties according to the starch composition. The statistical analysis shows a direct relationship between core grain hardness and allelic composition of puroindoline genes.

**Key words:** grain hardness of wheat, gene *Gpc-B1*, genes *Pina-D1*, *Pinb-D1*, molecular marker, biofortification.