

Література

1. Дубровна О. В. Клітинна селекція пшениці на стійкість до стресових чинників довкілля / О. В. Дубровна, Б. В. Моргун // Физиология и биохимия культ. растений. — 2009. — Т. 41, № 6. — С. 463—476.
2. Решетников В.Н. Биотехнология растений и перспективы ее развития / В. Н. Решетников, Е. В. Спиридович, А. М. Носов // Физиология растений и генетика. — 2014. — Т. 46, № 1. — С. 3—18.
3. Bartels D. Drought and salt tolerance in plants / D. Bartels, R. Sunkar // Critical Reviews in Plant Sciences. — 2005. — Vol. 24, № 1. — P. 23—58.
4. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale – a review / A. Blum // Cereal Research Communications. — 2014. — Vol. 42, №3. — P.359—375.
5. Lestari E.G. *In vitro* selection and somaclonal variation for biotic and abiotic stress tolerance / E. G. Lestari // Biodiversitas. — 2006. — Vol. 7. — P. 297—301.

УДК 577.2:631

**АЛЕЛЬНИЙ СКЛАД ПУРОІНДОЛІНОВИХ ГЕНІВ
У ГІБРИДНИХ СІМ'ЯХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ, НОСІЯХ *GPC-
B1* ВІД *TRITICUM TURGIDUM* SSP. *DICOCCOIDES***

^{1,2}С. Ю. Похилько, ¹А. І. Степаненко, ²О. М. Дуган,
^{1,2}Б. В. Моргун

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

²Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

E-mail: molgen@icbge.org.ua

Текстура ендосперму є однією з важливих характеристик зерна пшениці *Triticum aestivum* L., яка впливає на розмол зерна, заміс тіста та виготовлення харчових продуктів. За ознакою

«hardness» сорти м'якої пшениці можна поділити на твердозерні («hard») та м'якозерні («soft») [3]. На сьогодні використовують два методи визначення твердості зерна: встановлення індексу розміру часточок (particle size index, PSI) за виходом борошна, просіяного крізь сито з отворами певного розміру, та використання інфрачервоної спектроскопії в ближньому діапазоні випромінювання (NIR) [2].

Твердозерна пшениця є цінною для хлібопекарської промисловості, так як під час помолу утворюється велика кількість пошкоджених гранул крохмалю, що призводить до більшого поглинання та утримання води, забезпечуючи підходження клейковини тіста. М'якозерна пшениця більш крихка, потребує менших зусиль при розмелюванні. Борошно формується з меншими розмірами часток і з великим вмістом непошкоджених крохмальних гранул. Воно слабкіше поглинає воду, і тому технологічно більш підходить для випікання печива та бісквітів.

Сорт типу «hard» в тому числі *T. durum*, відрізняється від сорту «soft» не лише твердістю ендосперму, а й станом клітинної стінки. У твердозерних сортів, клітинна структура ендосперму зберігається до етапу повного дозрівання зерна, тоді як у м'якозерних сортів клітинна стінка більш тонша і ніжніша, та на пізніх етапах дозрівання частково руйнується [3, 5].

Твердозерність ядра є результатом взаємодії ліпідно-зв'язуючих білків, пууроіндолінів, багатих на цистеїн і триптофан, який взаємодіє з ліпідами на поверхні гранул крохмалю. Текстура ендосперму контролюється кількома зчепленими генами, розміщеними на короткому плечі хромосоми 5D у локусі *Ha* (*Hardness*). Гени кодують три поліпептиди, які складають білок фріабілін: пууроіндолін *a* (ген *Pina-D1*), пууроіндолін *b* (ген *Pinb-D1*) та Grain Softness Protein (ген *Gsp-1*). Ступінь твердозерності залежить від умов вирощування, ґрунту, зволоження, температури під час дозрівання зерна [3]. Градація технологічно важливої ознаки твердозерності м'якої пшениці значною мірою обумовлена комбінаціями алелів пууроіндолінових генів *Pina-D1* та *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 прискорює фізіологічне старіння у вегетативних частинах рослини, що призводить до збільшення мобілізації і передачі в зерно азоту, заліза, цинку [4]. Цей ген був картований на хромосомі 6В і шляхом чисельних схрещувань перенесений у м'яку озиму гексаплоїдну пшеницю [1]. Проте, прояв вагової ознаки у новому генетичному оточенні комерційних ліній залишається все ще під питанням.

Метою даної роботи було проаналізувати гібридні сім'ї F₅ покоління на вміст алелей генів текстури ендосперму, отриманих від схрещування ярого гексаплоїдного донора, пшениці носія заміщеної 6В хромосоми *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* з м'якою озимою пшеницею сорту Куяльник.

Виділення загальної рослинної ДНК проводили ЦТАБ-методом із зернівок 44-х гібридних сімей, носів гена *Gpc-B1* дикої полби *T. turgidum* ssp. *dicoccoides*. Генетичне різноманіття пуринодолінових генів визначали методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з парами специфічних праймерів Pina-D1F, Pina-D1R та Pinb-D1F, Pinb-D1R. Маркерна система *Pina-D1* є домінантною, тому для додаткового контролю, була розроблена дуплексна реакція разом з референтним геном пшениці *TaTM20*. Параметри ампліфікації були: 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 і RTF, RTR по 0,4 мкМ. Параметри ампліфікації для пари Pinb-D1F, Pinb-D1R наступні: денатурація 94°C – 4 хв, 34 цикли: денатурація 94°C – 30 с, ренатурація 60°C – 30 с, елонгація 72°C – 30 с, завершальна елонгація 72°C – 5 хв. Концентрація праймерів у реакції становить по 0,5 мкМ. В якості контролів використано вихідний сорт Куяльник і 6В *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* хромосомно-заміщену гексаплоїдну лінію пшениці ярого типу розвитку.

Для кращого розділення ампліконів після ПЛР з парою праймерів Pinb-D1F, Pinb-D1R проводили рестрикцію ендонуклеазою MbiI (BsrBI) – 90 хв за 37°C. Продукти ПЛР

розділяли методом електрофорезу в 1,5%-му агарозному гелі з 0,5 мкг/мл бромистого етидію.

Аналіз на ген *Pina-D1* показав, що 32 зразки мають алель *Pina-D1a*, як у батьківського сорту Куяльник, а 12 несуть нуль-мутацію гена *Pina-D1* (алель *Pina-D1b*), яка спостерігається у 6В хромосомно-заміщеної лінії-донора.

Аналіз гена *Pinb-D1* показав, що серед 44 зразків 15 були гетерозиготними за геном *Pinb-D1* (несуть алелі *Pinb-D1a*, *Pinb-D1b*), 16 містили алель *Pinb-D1b*, від батьківського сорту Куяльник і 13 мали алель *Pinb-D1a*, від 6В хромосомно-заміщеного донора.

М'якість зерна залежить від присутності обох білків, пуринолінів *a* та *b*, а не від загальної кількості пуринолінів. Присутність *Pina-D1a* та *Pinb-D1a* свідчить про м'якозерність зерна, тоді як присутність *Pina-D1a* та *Pinb-D1b* вказує на твердозерність зерна. У твердозерних пшеницях перший або другий пуриноліновий ген чи продукти цих генів атрофовані нефункціональною мутацією. Наразі досліджувані гібридні сім'ї все ще розщеплюються, тому спостерігається значна частка гетерозиготних рослин. Надалі для отримання технологічно цінних чистих селекційних ліній важливо вести добір не лише на присутність *Gpc-B1* *T. turgidum* ssp. *dicoccoides*, а й за ознакою твердозерності.

Проведений молекулярно-генетичний аналіз показав, що гібридні сім'ї мають генетичне різноманіття пуринолінових генів *a* та *b*. Це уможливило їх залучення для подальшого створення спеціалізованого селекційного матеріалу за різними напрямками використання зерна.

Література

1. *Дослідження* генотипів пшениці м'якої з перенесеним геном *Gpc-B1* від *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* / [С. Ю. Похилько, А. В. Трояновська, А. І. Степаненко та ін.]. // Фактори експериментальної еволюції організмів. — 2016. — Т. 18. — С. 132—135.
2. *Починок В. М.* Сучасний стан досліджень запасних білків пшениці / В. М. Починок, О. М. Радченко // Физиол. и

биохимия культурных растений. — 2011. — № 3. — С. 255—266.

3. *Фенотипічні прояви алелів пуроіндолінових генів м'якої пшениці* / [С. В. Чеботар, К. О. Куракіна, О. М. Хохлов та ін.]. // Цитол. и генетика. — 2012. — Т. 46, № 4. — С. 9—18.
4. *A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc and iron content in wheat* / [C. Uauy, A. Distelfeld, T. Fahima et al.]. // Science. — 2006. — No. 314. — P. 1298—1301.
5. *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. // Journal of Crop Improvement. — 2014. — No. 27. — P. 361—375.

УДК 575.224.477.84

**ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЮВАННЯ
НА КІЛЬКІСТЬ БОБІВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО
(*PISUM SATIVA* L.) СОРТУ ЦЕТРІС**

М. Я. Сендик, М. А. Крижановська

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: sendyk@chem-bio.com.ua

Протягом 18-20 ст., а особливо сьогодні природний радіаційний фон на Землі підвищився і продовжує збільшуватись. Збільшення обсягів використання радіоактивних матеріалів у різних галузях техніки і суспільного життя, нагромадження ядерних відходів атомних реакторів різного призначення незмінно супроводжуватимуться зростанням опромінення, особливо у малих дозах, дедалі більшого контингенту населення, всіх представників біоти планети [1, 3 ,5].

У зв'язку з цим закладено початок активного вивчення наслідків впливу радіації на живі організми. Експериментально