

## СТІЙКІСТЬ ДО ПЕРЕДЗБИРАЛЬНОГО ПРОРОСТАННЯ У СОРТІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ

За несприятливої погоди в період збирання врожаю (часті дощі, різкі коливання температури повітря) зерно може проростати в колосі, що знижує його якість і врожай [1]. Навіть при ледь помітному наклёвуванні зерна значно зменшується вихід борошна при помолі, різко погіршуються фізичні властивості тіста, а хліб, який випікається, має вкрай низьку якість. Особливо страждають від передзбирального проростання зерна білозерні сорти [2]. Проростання зазвичай корелює з активністю  $\alpha$ -амілази, яка руйнує крохмаль в ендоспермі, три її гени ( $\alpha$ -Аму-А1,  $\alpha$ -Аму-В1,  $\alpha$ -Аму-Д1) ідентифіковані і локалізовані на довгих плечах хромосом 6-ї групи (6А, 6В, 6D) [3].

Проростання насіння починається після завершення спокою, який асоціюється з геном *Vp* (*Viviparous-1*) [4, 10, 11]. У м'якої пшениці ідентифіковано три *Vp-1* гени-гомеологи: *Vp-A1*, *Vp-B1* та *Vp-D1*, які локалізовані в довгих плечах хромосом 3-ї групи (3AL, 3BL, 3DL) [5]. Стійкість є складним явищем, обумовленим, з одного боку, ефектом *Vp-1* генів, що контролюють спокій насіння, з іншого – дією ряду інших механізмів [6]. На ступінь стійкості до передзбирального проростання можуть впливати не чутливі до гібереліну *Rht*-локуси, морфологія колоса та багато інших ознак [7].

У регулюванні спокою і проростання насіння беруть участь два основних гормони – абсцизова кислота і гіберелін. Проростання залежить не тільки від антагонізму між абсцизовою кислотою і гібереліном, але також від температури, водного режиму, наявності та кількості поживних речовин, кисню, інших зовнішніх факторів. Вирішальна роль у стійкості до передзбирального проростання належить специфічним генам, які знаходяться в локусах *QPhsR* (*Quantitative Preharvest sprouting Resistance*) [3]. Локуси розрізняються за ступенем впливу на стійкість: одні з них надають основний ефект (major QTL), інші – міночний (minor QTL). До першої групи відносять локуси, з якими пов'язано понад 10%

фенотипової мінливості ознаки, до другої – менше 10% [8].

У пшениці для картування і характеристики QTL / *QphsR* локусів зазвичай використовують чотири методи оцінки фенотипів: пророщування вимолоченого насіння в лабораторних умовах (індекс проростання), пророщування насіння в колосі, вимірювання числа падіння за Хагбергом і визначення активності  $\alpha$ -амілази [9]. Поєднання зазначених методів фенотипової оцінки стійкості до передзбирального проростання з молекулярним аналізом геному відкрило нові можливості для ідентифікації та картування локусів *QphsR*.

Метою нашої роботи було здійснити пошук джерел стійкості до передзбирального проростання для підвищення ефективності селекції пшениці.

### Матеріали і методи

Дослідження проводили на 36 сортах озимої пшениці. Індекс проростання (GI) розраховували за Walker-Simmons [12]:  $GI = (7 \times n_1 + 6 \times n_2 + \dots + 1 \times n_7) / 7 \times N$ , де  $n_1, n_2, \dots, n_7$  – кількість зерен, що проросли на перший, другий і наступні дні до сьомого дня, відповідно,  $N$  – загальна кількість зерен. Індекс визначали в трьох повторностях для кожного зразка, аналізували по 50 зерен у повторності. Число падіння визначали за методом Хагберга-Пертена на приладі «Falling number».

### Результати та обговорення

У роботі досліджено 36 сортів м'якої пшениці, які використовуються в селекційній практиці України та включають сорти трьох селекційних центрів: ІФРГ НАНУ, Одеського СГІ, Миронівського інституту пшениці. Миронівська 61, Українка 0246, Миронівська ранньостигла, Миронівська 808 – сорти миронівської селекції. Білява, Панна, Нива од., Селянка, Куяльник – сорти одеської селекції. Наталка, Золотоколоса, Київська остиста, Ласуня, Фаворитка, Смуглянка, Подолянка, Крижинка, Ятрань 60, Веснянка, Володарка, Зимоярка, Переяславка, Сонечко, Калан-

ча, Дарунок Поділля, Малинівка, Славна, Злука, Колумбія, Почаївка, Солоха, Достаток, Лазурна, Хуртовина, Снігурка – сорти селекції ІФРГ НАНУ.

Для визначення стійкості пшениці до проростання на пні застосовують різні лабораторні методи, оскільки безпосередня польова оцінка ускладнена. Найчастіше використовують оцінку числа падіння. Ферментативна (альфа-амілазна) активність визначається за методом Хагберга-Пертена на приладі «Falling number» – число падіння (ЧП): ЧП < 150 с – активність альфа-амілази висока; ЧП = 150–300 – середня та при ЧП > 300 – низька. Висока активність амілази пов'язана зі схильністю генотипу до проростання зерна на пні. Вибір такої методики обумовлюється, перш за все, високим ступенем кореляції між стійкістю до проростання на пні і числом падіння і тим, що за допомогою числа падіння можна дати непряму оцінку хлібопекарських якостей [13, 14]. Граничні значення числа падіння при оцінці стійкості до проростання зерна на корені варіюють за роками і селекційними програмами [11]. Аналіз числа падіння у зразків озимої пшениці дозволив усі сорти і лінії класифікувати на дві групи: нестійкі – 7 зразків, відносно стійкі та стійкі – 17 зразків. У результаті оцінки екологічної пластичності виявлено зразки озимої м'якої пшениці, стійкі до проростання зерна на пні, які мають число падіння в межах 248–444 с.

Ще одним поширеним показником стійкості до проростання зерна на корені є індекс проростання. Цей показник, як і число падіння, є комплексною характеристикою, але в той же час вельми залежною від погодних умов, за яких відбувається формування зерна. Середнє значення

індексу проростання серед досліджених зразків пшениці в 2015 р. склало 0,41.

До стійких належать зразки, які мають індекс проростання на рівні 0–0,25; до відносно стійких – зразки, які мають індекс проростання на рівні 0,25–0,6; до нестійких – зразки, які мають індекс проростання 0,6–1,0 (табл.).

Таблиця

**Розподіл зразків за стійкістю до проростання**

Стійкість до проростання	Кількість зразків	Варіювання індексу проростання
стійкі	11	0–0,25
відносно стійкі	16	0,25–0,6
нестійкі	9	0,6–1,00

Також всі сорти були розділені на дві групи: білозерні – Білява та червонозерні – всі інші сорти.

**Висновки**

Виявлено зразки озимої м'якої пшениці, стійкі до проростання зерна на пні, які мають число падіння в межах 248–444 с. Ці дані корелюють з результатами, отриманими під час дослідження індексу проростання.

Загалом виявлено 11 стійких сортів до проростання на пні. Серед них 9 сортів селекції ІФРГ НАНУ, один сорт селекції Миронівського інституту пшениці та один сорт одеської селекції. Найбільш нестійким виявився сорт білозерної пшениці Білява, індекс проростання у якого був 0,84. Отримана інформація щодо зразків озимої м'якої пшениці дозволить прискорити створення високоякісних пшениць, які мають стійкість до передзбирального проростання зерна у колосі.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Неттевич Э.Д. Качество зерна яровой мягкой пшеницы в связи с устойчивостью к прорастанию на корню // Докл. РАСХН. – 1999. – 6. – С. 6–8.
2. Антонов Г.Ю. Источники устойчивости к предуборочному прорастанию, продуктивность яровой мягкой пшеницы: автореф. канд. дис. – Саратов, 2007.
3. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C., Somers D.J., Appels R., Devos K.M. Catalogue of gene symbols for wheat: 2009 // Supplement. Ann. Wheat Newsletter, KSU, USA. – 2009. – 55. – P. 256–278.
4. McCarty D.R., Carson C.B., Stinard P.S., Robertson D.S. Molecular analysis of viviparous-1: an abscisic acid-insensitive mutant of maize // Plant Cell. – 1989. – 1. – P. 523–532.
5. McKibbin R.S., Wilkinson M.D., Bailey P.C., Flintham J.E., Andrew L.M., Lazzeri P.A., Gale M.D., Lenton J.R., Holdsworth M.J. Transcripts of Vp-1 homeologues are misspliced in modern wheat and ancestral species // PNAS USA. – 2002. – 99. – P. 1020–10208.
6. Finch-Savage W.E., Leubner-Metzg G. Seed dormancy and the control of germination // New Phytologist. – 2006. – 171. – P. 501–523.
7. Juthamas Fakthongphan, Guihua Bai, Paul St. Amand, Graybosch R.A., Baenziger P.S. Identification of markers linked to genes for sprouting tolerance (independent of grain color) in hard white winter wheat (HWWW) // Theor. Appl. Genet. – 2016. – 129, № 2. – P. 419–430.

8. Ogbonnaya F.C., Imtiaz M., Ye G., Hearnden P.R., Hernandez E., Eastwood R.F., van Ginkel M., Shorter S.C., Winchester J.M. Genetic and QTL analyses of seed dormancy and preharvest sprouting resistance in the wheat germplasm CN10955 // *Theor. Appl. Genet.* – 2008. – 116. – P. 891–902.
9. Fofana B., Humphreys G., Rasul G., Cloutier S., Brèlô-Babel A., Woods S., Lukow O.M., Somers D.J. Assessment of molecular diversity at QTLs for preharvest sprouting resistance in wheat using microsatellite markers // *Genome.* – 2008. – 51. – P. 375–386.
10. Yang Y., Ma Y.Z., Xu Z.S., Chen X.M., He Z.H., Yu Z., Wilkinson M., Jones H.D., Shewry P.R., Xia L. Isolation and characterization of Viviparous-1 genes in wheat cultivars with distinct ABA sensitivity and pre-harvest sprouting tolerance // *J. Exp. Bot.* – 2007. – 58. – P. 2863–2871.
11. Xia L.Q., Ganai M.W., Shewry P.R., He Z.H., Yang Y., Rüdèr M.S. Exploiting the diversity of Viviparous-1 gene associated with pre-harvest sprouting tolerance in European wheat varieties // *Euphytica.* – 2008. – 159. – P. 411–417.
12. Walker-Simmons M.K. Enhancement of ABA responsiveness in wheat embryos at higher temperature // *Plant Cell Environ.* – 1988. – 11. – P. 769–775.
13. Zanetti S., Winzeler M., Keller M.E., Keller B., Messmer M. Genetic analysis of pre-harvest sprouting resistance in a wheat spelt cross // *Crop Sci.* – 2000. – 40. – P. 1406–1417.
14. Fofana B., Humphreys G., Rasul G., Cloutier S., Brèlô-Babel A., Woods S., Lukow O.M., Somers D.J. Mapping quantitative trait loci controlling pre-harvest sprouting resistance in a red white seeded spring wheat cross // *Euphytica.* – 2009. – 165. – P. 509–521.

### **RADCHENKO O.M., DYCUN M.O., SIRANT L.V.**

*Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine,*

*Ukraine, 03022, Kyiv, Vasilkivska str., 31/17, e-mail: ales2009@ukr.net, bal.mascha@yandex.ua*

### **PRE-HARVEST SPROUTING RESISTANCE THE VARIETIES OF SOFT WHEAT**

**Aim.** Search for sources of pre-harvest sprouting resistance to improve wheat breeding. **Methods.** Index germination (GI) calculated by the Walker-Simmons (1988):  $GI = (7 \times n_1 + 6 \times n_2 + \dots + 1 \times n_7) / 7 \times N$ . Falling number determined on the «Falling number». **Results.** All wheat samples divided on the 2 groups: unstable – 7 samples and resistant – 17 samples. Average germination index of the samples of wheat in 2015 was 0.41. **Conclusions.** We found 11 resistant wheat varieties.

**Keywords:** bread wheat, falling number, germination index.