

довина. Решта видів та культиварів калини є надбанням лише обмеженої кількості ботанічних садів. Таким чином, незважаючи на існуюче в світі видове та формове різноманіття калин, в Україні культивується незначна їх кількість. Однак, великий сучасний культурний ареал та досвід успішної інтродукції видів роду *Viburnum* свідчать про можливість значного розширення асортименту калин.

УДК 575+577.1: 633.1

Козуб Н.О.^{1,2,*}, Созінов І.О.¹, Блюм Я.Б.²

¹Інститут захисту рослин НААН, Україна

²ДУ "Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України", Україна

*e-mail: natalkozub@gmail.com

ЧАСТОТИ АЛЕЛІВ МІНОРНОГО ЛОКУСУ *Gli-A3* В ГРУПАХ УКРАЇНСЬКИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ І АСОЦІАЦІЇ З ЙОГО УЧАСТЮ

Основними запасними білками зерна пшениці є гліadini і глютеніни, що складають біля 80 % від загального білка зерна (Созінов, 1985). Гліadini – мономерні спирторозчинні білки, які за рухомістю при електрофорезі в кислому середовищі розділяються на альфа-, бета-, гамма- і омега-гліadini. Гліadini пшениці м'якої кодуються шістьма основними локусами *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1*, *Gli-A2*, *Gli-B2* і *Gli-D2*, розміщеними дистально на коротких плечах хромосом 1 і 6 гомеологічних груп та низкою мінорних локусів, розміщених на коротких плечах хромосом 1 гомеологічної групи, *Gli-A3*, *Gli-B3*, *Gli-A4*, *Gli-D4*, *Gli-A5*, *Gli-B5*, *Gli-D5*, *Gli-A6* (McIntosh 2013). Мінорний локус *Gli-A3* був вперше ідентифікований Т.О. Собко (1984) і прокартований на відстані 31 % рекомбінації від *Gli-A1*. Пізніше було виявлено, що частота рекомбінації між локусами *Gli-A1* і *Gli-A3* може варіювати від 20 до 35 %, залежно від комбінації схрещення (Metakovsky et al. 1996). Вважається, що цей локус кодує один омега-гліадин, і на даний час було відомо чотири алелі: 'a', 'b', 'c', що відрізняються за рухомістю омега-гліадин на електрофореграмі, та d (нуль-алель). Цей локус є зручним додатковим маркерним локусом, оскільки його алелі можуть бути ідентифіковані одночасно з ідентифікацією алелів основних гліадинових локусів при аналізі однієї й тієї ж електрофореграми. Метою нашої роботи був аналіз частот зустрічання алелів локусу *Gli-A3* у різних груп українських сортів пшениці м'якої озимої.

Матеріалом дослідження слугували сорти пшениці м'якої озимої, створені в різних селекційних установах України: сорти зони Степу (Селекційно-генетичний інститут, СГІ), сорти зони Центрального Лісостепу (Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України (НААН) (МІП), Інституту фізіології рос-

лин і генетики Національної академії наук України (ІФРiГ), Білоцерківської дослідної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (БЦДС)); сорти Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (ІР), Національного наукового центру «Інститут землеробства» НААН (ІЗ), Полтавської державної аграрної академії (ПДАА). Електрофорез гліадинів 5–20 окремих зернівок кожного сорту проводили в кислому середовищі в 10 % поліакриламідному гелі (ПААГ) (Kozub et al. 2009). Алелі локусу *Gli-A3* позначали згідно з McIntosh (2013). Для ідентифікації алеля локусу *Gli-A3* у сорту 'Миронівська сторічна' проводили гібридологічний аналіз зерен F_2 від схрещення біотипу цього сорту (без транслокації 1BL.1RS) з сортом 'Безостая 1', який має алель *Gli-A3b*.

Для пошуку асоціацій алелів *Gli-A3* і алелів гена *Tsn1* чутливості до токсинів А некротрофних грибів *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Dreches та *Stagonospora nodorum* (Berk.) E. Castell. & Germano (Faris et al., 2010) та локалізованого на хромосомі 2D гена *TDF_076_2D* помірної стійкості до фузаріозу колоса (Diethelm et al., 2014), використовували дані про генотипи (Карелов та ін., 2014, 2015) та коефіцієнт ф.

Раніше нами було виявлено, що сорт 'Миронівська сторічна' має два біотипи за локусом *Gli-B1*, один з яких має пшенично-житню транслокацію 1BL.1RS (Козуб та інш., 2017). З використанням запасних білків як маркерів було виділено лінії цього сорту з транслокацією і без неї. Останню лінію було використано для гібридологічного аналізу. Аналіз розщеплення за локусом *Gli-A3* у зерен F_2 від схрещування біотипу сорт 'Миронівська сторічна' без транслокації 1BL.1RS з сортом 'Безостая 1' дозволив ідентифікувати новий алель, позначений 'e', що кодує не один, а два омега-гліадини: розщеплення за присутністю цих двох компонентів (e-) і присутністю лише компонента, кодованого алелем *Gli-A3b*, було 133 : 45 і відповідало розщепленню 3 : 1 ($\chi^2 = 0,007$). Таким чином, нами вперше ідентифіковано алель локусу *Gli-A3*, що кодує два омега-гліадини.

За мінорним локусом *Gli-A3* виявлено відмінності між групами сортів, створених в різних селекційних установах України. Алелі 'a' і 'b' є переважаючими алелями з близькими частотами у вибірках сортів Степу (0,483 і 0,493, відповідно) та Центрального Лісостепу (0,396 і 0,374), тоді як лише алель 'b' переважає у групах сортів ІЗ (0,717), ІР (0,804) та ПДАА (0,895). Відмінності за частотою алеля 'b' у груп сортів ІЗ, ІР, ПДАА від груп сортів Степу і Центрального Лісостепу є статистично істотними ($P < 0,01$).

Порівняння частот алелів локусу *Gli-A3* у груп сортів СГІ, створених до 1995 року і після, показало істотне зростання частки сортів з алелем 'a' та істотне зменшення частки алеля 'b' ($P < 0,01$). Ця зміна особливо яскраво проявилась у групі 19 останніх сортів СГІ, де частка сортів з алелем 'a' збільшилась до 95 %. Між групами сортів Центрального Лісостепу, створених в різні періоди часу, статистично значущих відмінностей за частотами алелів 'a' і 'b' не виявлено.

Особливістю групи сортів ІЗ є відносно висока частота алеля 'd' (0,133), тоді як цей алель зустрічався з частотою 0,022 серед сортів Центрального Лісостепу та 0,010 у проаналізованій вибірці сортів СГІ. Алель 'c' ідентифіковано лише серед сортів Центрального Лісостепу. Наприклад, його несуть сорти 'Переяслівка' і 'Мирхад'. В останнього сорту цей алель було виявлено лише при аналізі гібридного потомства, оскільки на електрофореграмі гліадинів в кислому ПААГ компонент, кодований алелем 'c', збігається за рухомістю з одним з гліадинів, кодованих алелем *Gli-A1a*.

У групі сортів Центрального Лісостепу алель нечутливості до токсину *A. P. tritici-repentis* та *S. nodorum* гена *Tsn1* частіше зустрічається у поєднанні з алелем *Gli-A3b*, ніж з *Gli-A3a* ($P < 0,05$). У групах сортів Степу і Центрального Лісостепу наявність алеля *Gli-A3b* виявилась статистично істотно пов'язаною з присутністю алеля *TDF-1* гена *TDF_076_2D*, який забезпечує помірну стійкість до фузаріозу колоса, на відміну від альтернативного алеля *Gli-A3a*. Така істотно підвищена частота поєднань генів, що знаходяться на різних хромосомах, може пояснюватись їх селекційною перевагою. У випадку локусів *Gli-A3* та *TDF_076_2D* перевагу мають поєднання алеля *Gli-A3b* з *TDF-1* або *Gli-A3a* з *TDF-2*, причому в обох ґрунтово-кліматичних зонах. Істотні асоціації алеля *TDF-1* з вказаними алелями локусу *Gli-A3* також зберігаються в загальній вибірці сортів Степу, Центрального Лісостепу та ІЗ ($P < 0,001$), що може свідчити про їх не випадковість. Слід відмітити, що на хромосомі 1AS прокартовано два QTL, пов'язані зі стійкістю до фузаріозу, маркером одного з них є мікросателітний локус *gwm1097* (Kollers et al., 2013). Положення на карті вказує на те, що локус *gwm1097* розміщений між центромерою і *Gli-A1* приблизно в тій же ділянці, що й локус *Gli-A3*. Можливо, *Gli-A3* є зчепленим з цим QTL стійкості до фузаріозу, що потребує спеціальних досліджень. Таким чином, у вибірці українських сортів виявлено статистично істотні асоціації алелів локусу *Gli-A3* з алелями генів чутливості до токсину *A. Tsn1* та алелями гена *TDF_076_2D* помірної стійкості до фузаріозу, що, ймовірно, має адаптивне значення.

Отже, у результаті дослідження українських сортів пшениці м'якої озимої за локусом *Gli-A3* вперше ідентифіковано новий алель, що кодує два омега-гліадини, визначено переважаючі алелі в різних групах українських сортів, показано відмінності за частотами алелів між групами сортів різного походження та виявлено асоціації алелів 'a' і 'b' локусу *Gli-A3* з алелями генів стійкості до збудників хвороб *Tsn1* та *TDF_076_2D*.