

ГАЛАЄВ О.В.✉, ГАЛАЄВА М.В.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога., 3, e-mail: galaev7@ukr.net

✉ galaev7@ukr.net, (096) 408-55-32

ГЕНИ ГІБРИДНОГО НЕКРОЗУ У СОРТІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) УКРАЇНИ

Гібридний некроз – передчасне поступове відмирання листя або рослин у деяких гібридах F_{1-2} пшениці у певних комбінаціях схрещування, що зумовлено взаємодією двох домінантних комплементарних генів *Ne1* і *Ne2*, локалізованих у хромосомах 5BL і 2BS відповідно. На сьогоднішній день в більшості сортів української селекції не ідентифіковано некротичні генотипи. **Мета.** Показати, як поєднуються різні за інтенсивністю прояву алелі генів *Ne1* та *Ne2* у генотипах сортів української селекції різних регіонів. **Методи.** Мікросателітний аналіз, електрофорез у ПААгелі. **Результати.** Проведено мікросателітний аналіз 150 сортів пшениці м'якої української селекції за допомогою локусів *Xbarc74-5B* та *Xbarc55-2B*, що зчеплені з генами гібридного некрозу *Ne1* та *Ne2*. **Висновки.** Виявлено, що найбільш розповсюдженими на Півдні України є генотипи $Ne1^wNe2^{w/m}$ та $Ne1^mNe2^{w/m}$. На Півночі України більша частина сортів характеризується генотипом $ne1Ne2^{ms}$. Зазначені генотипи можуть мати селекційну і адаптивну цінність для певних географічних умов.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., гени гібридного некрозу *Ne1* та *Ne2*, мікросателітний аналіз.

Гібридний некроз у пшениці (*Triticum aestivum* L.) призводить до поступової загибелі або втрати продуктивності і є серйозною перешкодою для об'єднання бажаних ознак в одному генотипі або для передачі генів від ярих та твердих пшениць, тритикале озимим сортам пшениці (чи навпаки), а також від диких видів чи синтетиків комерційним сортам. Гібридний некроз контролюється взаємодією двох домінантних комплементарних генів *Ne1* і *Ne2*, локалізованих у хромосомах 5BL і 2BS відповідно [1]. Ступінь прояву гібридного некрозу у гібридів F_1 значною мірою відрізняється внаслідок множинного алелізму цих некротичних генів і залежить від сили домінантних алелів, що взаємодіють між собою: трьох алелів *Ne1* ($Ne1^w$ – слабкий, $Ne1^m$ – серед-

ньої сили, і $Ne1^s$ – сильний) та п'яти алелів *Ne2* ($Ne2^w$ – слабкий, $Ne2^{mw}$ – нижчої від середньої сили, $Ne2^m$ – середньої сили, $Ne2^{ms}$ – вищої від середньої сили, і $Ne2^s$ – сильний), які були диференційовані Hermsen [2] та Zeven [3]. Основний продукт цих генів невідомий. Припускають, що продукти генів *Ne* пов'язані із забезпеченням постзиготичного бар'єру потоку генів між видами рослин [Bomblied, 2007].

Гібридний некроз може значною мірою ускладнити генетичний аналіз певних ознак через втрату деяких генотипів у популяціях, що розщеплюються. Тому за підбору батьківських пар для схрещувань селекціонери і генетики повинні уникати об'єднання сильних алелів генів гібридного некрозу. Відомості про сорти-носії летальних генів *Ne* можна знайти в публікаціях [4-8]. Проте більшість сортів української селекції не ідентифіковано за алелями генів гібридного некрозу. Наявність домінантних генів *Ne1* і *Ne2* у сортів виявляють за допомогою класичного генетичного аналізу у ході схрещування з сортами-тестерами, які мають генотипи $ne1ne1Ne2^sNe2^s$ та $Ne1^sNe1^sne2ne2$ [2-6]. Такий підхід вимагає великих витрат часу і праці, до того ж на фенотиповий прояв гібридного некрозу впливають фактори навколишнього середовища [2, 3]. Використання молекулярних маркерів, щільно зчеплених із генами гібридного некрозу, значно прискорить ідентифікацію генотипів-носіїв генів *Ne1* і *Ne2*. За допомогою MAS-підходу можна буде здійснювати негативний добір генотипів-носіїв сильних алелів генів гібридного некрозу з цінного селекційного матеріалу, або навпаки – створювати комерційні сорти з певними комбінаціями алелів зазначених генів.

Chu та інші [9] провели молекулярне картування генів гібридного некрозу *Ne1* і *Ne2* з використанням мікросателітних маркерів і показали, що маркер *Xbarc74-5B* зчеплений з *Ne1* на генетичній відстані 2,0 сМ та *Xbarc55-2B* – 3,2 сМ від *Ne2*. Про дослідження ряду сортів за алелями мікросателітних локусів *Xbarc74-5B* та

Xbarc55-2B та про відповідність алелів зазначених локусів певним алелям генів гібридного некрозу *Ne1* та *Ne2* повідомлялось у наших попередніх публікаціях [10, 11]. Метою нашого дослідження було показати, як поєднуються різні за інтенсивністю прояву алелі генів *Ne1* та *Ne2* в генотипах сортів української селекції.

Матеріали і методи

Матеріалом для досліджень слугували 150 сортів м'якої пшениці з робочих колекцій відділу загальної та молекулярної генетики та відділу селекції і насінництва пшениці Селекційно-генетичного інституту–Національного центру насінництва та сортозавдання (СГІ–НЦНС). У якості контролів для ідентифікації алелів генів *Ne1* та *Ne2* використовували сорти–носії відповідних алелів названих генів *Ne*: Chinese Spring (*ne1ne2*), Red Egyptian (*ne1*), Mentana (*Ne1^w*), Kenya Farmer (*Ne1^w*), Koga (*Ne1^m*), Big Club (*Ne1^s*), Marquillo (*Ne1^s*), Qanahan (*Ne1^s*), Vakka (*Ne2^w*), Sonalika (*Ne2^m*), Dawson (*Ne2^{ms}*) та Blackhull (*Ne2^s*), які надані USDA, Germplasm Resources Information Network (<http://www.ars-grin.gov>).

ДНК виділяли з 5-денних проростків за допомогою СТАВ-буфера [12]. Досліджували ДНК п'яти індивідуальних рослин кожного сорту. ПЛР зі спрямованими праймерами до мікросателітних локусів *Xbarc74-5B* та *Xbarc55-2B* проводили на термоциклері «Терцик» («ДНК-технологія», Росія). Реакційна суміш об'ємом 25 мкл містила буфер (67 мМ трис-НCl pH 8,4; 16,6 мМ (NH₄)₂SO₄; 2,0 мМ MgCl₂; 0,03% Tween-20); 0,2 мМ кожного dNTP; 0,25 мкМ праймера; 40 нг ДНК; 1 од. Таq-полімерази. Поверх реакційного розчину нашаровували по 30 мкл мінеральної олії. Умови реакції: денатурація за 95⁰С протягом 30 с (початкова – 5 хв.), відпалювання за 60⁰С – 30 с, елонгація за 72⁰С – 30 хв. (завершальна елонгація – 3 хв.). Продукти ампліфікації (10 мкл аліквоту ПЛР-суміші) фракціонували у 12% неденатуруючому поліакриламідному гелі (ПААГ) у 1хТВЕ. Електрофорез у поліакриламідному гелі проводили за постійної напруги 500 V в апараті для вертикального гель-електрофорезу VE-3 «Helicon» (РФ). Візуалізацію продуктів електрофоретичного розподілу проводили імпрегуванням гелів нітратом срібла згідно з Budowle та інш. (1991). Відеозображення ампліфікованих фрагментів отримували за допомогою відеосистеми «ImageMaster VDS» («AmershamPharmaciaBiotech», США) згідно з інструк-

цією. Калібрування молекулярної маси отриманих ампліконів здійснювали з використанням стандарту *pUC19/MspI* та 10 bp DNA Ladder.

Статистичну обробку отриманих результатів виконували за загальноприйнятими методами [13].

Результати та обговорення

Серед сортів української селекції за допомогою мікросателітного маркера *Xbarc74-5B* були виявлені всі можливі алелі гену *Ne1*, а саме *ne1*, *Ne1^w*, *Ne1^m* і *Ne1^s*. За мікросателітним маркером *Xbarc55-2BS* детектують алелі гена *Ne2*. Цей маркер дозволяє ідентифікувати алелі *ne2*, *Ne2^{ms}*, *Ne2^s*. Проте за використання зазначеного маркера не можливо диференціювати між собою домінуючі алелі *Ne2^w*, *Ne2^{wm}* та *Ne2^m*, тобто алелі слабкої та середньої сили, тому зазначені алелі ми об'єднали в одну групу *Ne2^{w/m}*.

Більшість досліджених сортів є лінійними і характеризуються наявністю одного певного алеля гена *Ne1* та одного певного алеля *Ne2* (табл. 1). Проте трапляються і неоднорідні сорти. Так, 16 сортів (10,7%) склалися з двох генотипів, що відрізнялися за алелями гена *Ne1*, та 10 сортів (6,7%) склалися з двох генотипів, що відрізнялися за алелями *Ne2*. Так, наприклад, сорт Істина одеська мав два генотипи *Ne1^sNe2^{w/m}* та *Ne1^wNe2^{w/m}*, тобто в сорті виявлялися як рослини з сильним алелем *Ne1*, так і рослини з алелем *Ne1* слабкої дії, в той час за алелями *Ne2* рослини були ідентичними. Сорти Вдала та Вікторія одеська також склалися з двох генотипів *Ne1^sNe2^{w/m}* та *Ne1^mNe2^{w/m}*, що відрізнялися за алелями *Ne1*. Сорти Миронівська 65 (*ne1Ne2^s* та *ne1Ne2^{w/m}*), Легенда Миронівщини, Мірхард (*ne1Ne2^s* та *ne1Ne2^{ms}*) склалися з двох генотипів, що відрізнялися за алелями *Ne2*, при тому що один з генотипів *ne1Ne2^s* утримує ген *Ne2* сильної дії. Слід звертати увагу на вищезазначені сорти під час планування схем схрещувань, оскільки вони можуть бути носіями сильних алелів генів *Ne*. Також важливо відзначити однорідні сорти Волинська напівінтенсивна, Мирлебен та Степова, що мають генотип *ne1Ne2^s* та відповідно є носіями сильного алеля *Ne2*.

Оскільки до гібридного некрозу призводить взаємодія домінуючих алелів генів *Ne1* і *Ne2*, можна було б припустити, що більшість сортів мають генотип, який характеризується принаймні одним рецесивним алелем *ne1* або *ne2*. Проте більша частина досліджених нами сортів мала генотипи, що склалися з двох

Таблиця 1. Генотипи сортів пшениці м'якої за алелями генів гібридного некрозу *Ne1* та *Ne2*

Алелі	<i>ne2</i>	<i>Ne2^{wt}</i>	<i>Ne2^{ms}</i>	<i>Ne2^s</i>	<i>Ne2^{wt}</i> , <i>Ne2^s</i>	<i>Ne2^{ms}</i> , <i>Ne2^s</i>	<i>Ne2^{wt/m}</i> , <i>Ne2^{ms/s}</i>	<i>ne2</i> , <i>Ne2^{wt/m}</i>
<i>ne1</i>	Мирлена	Еритроспермум 127, Земка, Зірка, Лановий, Ліона, Дузанівка од., Обрій, Одеська 267, Одеська краснокологоса, Отаман, Південна зоря, Поляка, Прибій, Прогрес, Сніжана, Спасівка, Фантазія од., Фрегат од., Хвиля, Ювілейна 75	Волошкава, Економка, Експромт, Капінова, Колос Миронівщини, Мир 808, Одеська 162, Подоліянка, Шестопаївка, Ясногірка	Волинська напівінтенсивна, Мирлбен, Степова	Миронівська 65	Легенда Миронівщини, Мирхард	–	Сміла
<i>Ne1^{wt}</i>	–	Альбатрос од., Бунчук, Буревієник од., Ватажок, Ветеран, Вимпел од., Гірка місцева, Годувальниця од., Дарунок, Епоха од., Ера, Жайвір, Журавка, Задумка, Зміна, Кузьмич, Лада од., Лебідка, Мелодія, Мудрість, Ніконія, Одеська 265, Одеська 117, Одеська 12, Одеська 120, Одеська 26, Одеська 266, Одеська напівкарликоса, Оксана, Ольвія, Пилипівка, Повага, Польовик, Порайда, Пошана, Символ од., Сирена од., Струмук, Супутниця, Федоровка, Щедрість, Юнат одеський	Добрович, Тра, Українка	–	Наророда од.	–	Гльчівка	–
<i>Ne1^{ms}</i>	Колумбія, Монолор	Антонівка, Безмежна, Борвій, Бригантина, Веснянка, Вихованка од., Віген, Гарант, Голубка од., Господина, Гурт, Дальницька, Єдність, Застава од., Землячка од., Зиск, Злагода, Знахідка од., Золотава, Золотокологоса, Княгиня Ольга, Красень, Литанівка, Ліра, Місія од., Наснага, Небокрай, Нива, Одеська 51, Одеська безоста, Одеська остиста напівінт., Писанка, Розмай, Скарбонія, Служниця од., Софійка, Традиція, Турручук, Українка од., Унікум, Хист, Черноброва	Ластівка од.	–	–	–	Заправа од., Косо-виця	Добірна, Смуглянка
<i>Ne1^{wt}</i> , <i>Ne1^s</i> *	–	Істина од.	–	–	–	–	–	–
<i>Ne1^{ms}</i> , <i>Ne1^s</i>	–	Вдала, Вікторія од.	–	–	–	–	–	–
<i>ne1</i> , <i>Ne1^{ms}</i>	–	Білява, Одом, Ужинок	Роставиця	–	–	–	–	–
<i>Ne1^{wt}</i> , <i>Ne1^{ms}</i>	–	Благодарка од., Док. Заможність, Звлягтя, Кірія, Деля, Одеська 66, Селянка	Монотип	–	–	–	–	–

Примітка. * – у сорті присутні два генотипи з різними алелями.

домінантних алелів *Ne* генів.

Найбільш розповсюдженими серед сортів української селекції були два генотипи: $Ne1^wNe2^{w/m}$ (поєднує алель слабкої сили гена *Ne1* та алель слабкої або середньої сили гена *Ne2*) та $Ne1^mNe2^{w/m}$ (поєднує алель середньої сили гена *Ne1* та алель слабкої або середньої сили гена *Ne2*). Частоти зазначених генотипів у загальному наборі сортів становили 31,7% та 33,7%, відповідно (рис.), що істотно перевищувало частоти всіх інших генотипів, тобто домінантні алелі генів гібридного некрозу *Ne1* та *Ne2* слабкої та середньої сили часто поєднуються в одному генотипі та навіть мають перевагу над генотипами, що несуть рецесивні алелі зазначених генів, що може свідчити про селекційну або адаптивну цінність генотипів $Ne1^wNe2^{w/m}$ та $Ne1^mNe2^{w/m}$. Сорти, де один із *Ne* генів був рецесивним, виявлялися зі значно меншою частотою. Третім за чисельністю був генотип $ne1Ne2^{w/m}$ (поєднує рецесивний алель *ne1* з алелем *Ne2* слабкої або середньої сили) – 15,0%. Частота зазначеного генотипу серед сортів Пів-

дня України становила 16,1%, а серед сортів Півночі – 10,3%. Генотип $ne1Ne2^{ms}$, що поєднував рецесивний алель *ne1* з алелем *Ne2* вищої від середньої сили, був характерним для сортів Півночі України (32,8%), а у сортів Півдня України майже не виявлявся (1,7%). Сорти з рецесивним *ne2* виявлялися з істотно меншою частотою і лише на Півночі України. Так, генотип $Ne1^mne2$ – траплявся лише у чотирьох сортах зазначеного регіону (10,3%), а генотип з обома рецесивними генами $ne1ne2$ був властивим лише для сорту Мирлена та одному з генотипів сорту Сміла (5,2%).

Загалом сорти Півдня та Півночі України значно відрізнялися між собою. Так, найбільш розповсюджений на Півдні України генотип $Ne1^wNe2^{w/m}$ (38,8%) у сортів Півночі України виявлявся лише в одного неоднорідного сорту Іллічівка (1,7%). Частота генотипу $Ne1^mNe2^{w/m}$ у сортів Півночі України також була значно нижчою (17,2%) порівняно з сортами Півдня (37,6 %).

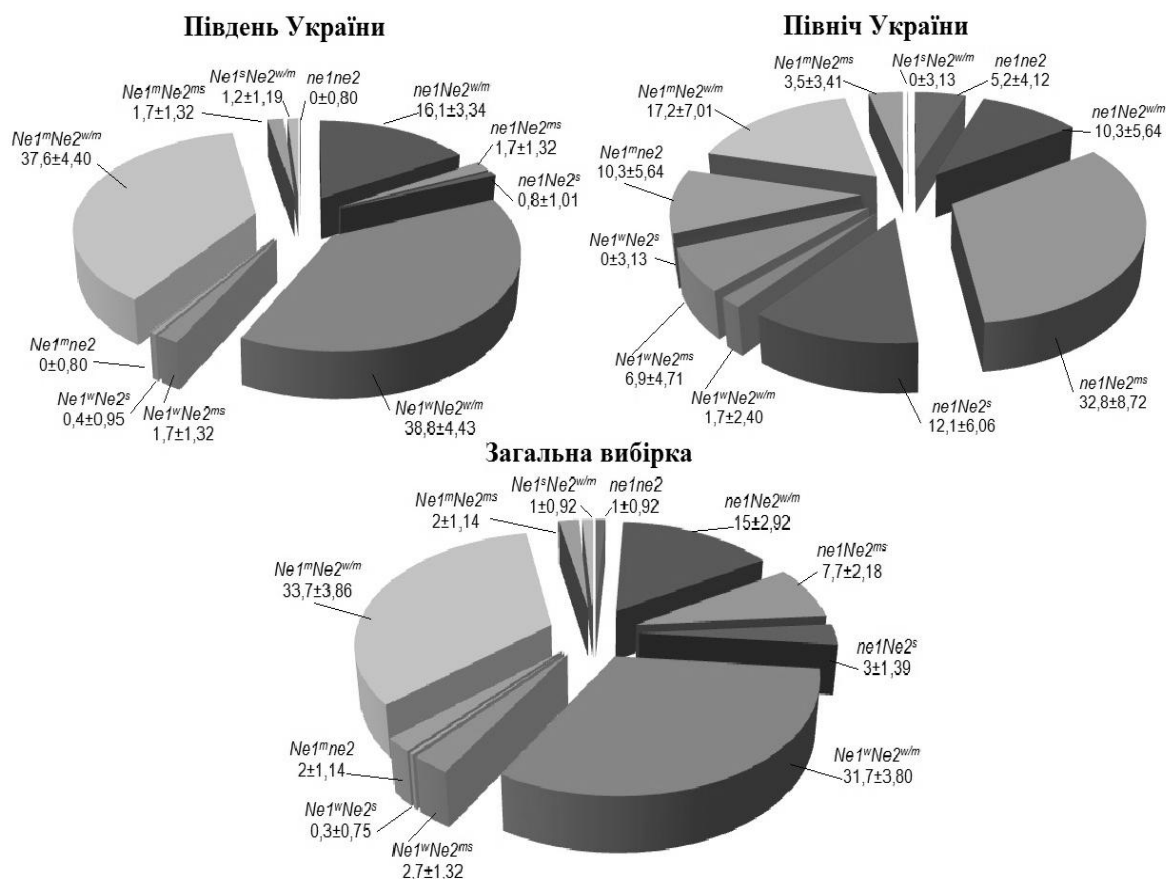


Рис. Частоти генотипів за генами гібридного некрозу в загальній вибірці сортів і у вибірках сортів різних регіонів.

Найбільш розповсюджений серед сортів Півночі України генотип $ne1Ne2^{ms}$ (32,8 %) у сортів Півдня України майже не виявлявся (1,7 %). Отже, генотип $Ne1^wNe2^{w/m}$, ймовірно, має селекційну або адаптивну цінність для умов Півдня України, а генотип $ne1Ne2^{ms}$ є цінним для умов Півночі України. При цьому цінними можуть бути як самі гени гібридного некрозу, так і гени, що є зчепленими з ними. Відомо, що в зоні локалізації гена $Ne1$ знаходяться гени морозостійкості ($Fr-B2$), яровизаційної потреби ($Vrn-B1$), скоростиглості ($Eps-5BL$) і стійкості до грибних захворювань ($Sr49$, $Sr56$, $Yr19$, $Lr18$, $Pm36$, $Stb1$), а в зоні локалізації гена $Ne2$ – чутливості до фотоперіоду ($Ppd-B1$), стійкості до передчасного проростання насіння у колосі ($Qphs-2B$) і стійкості до грибних захворювань ($Sr19$, $Sr36$, $Sr40$, $Yr27$, $Lr13$, $Lr23$, $Pm26$, $Pm42$, $Pm49$, $Tsc2$) [15].

Висновки

Ідентифіковано за алелями генів гібридного некрозу $Ne1$ та $Ne2$ генотипи 150 сортів пшениці м'якої української селекції. Виявлено, що найбільш розповсюдженими на Півдні України є генотипи $Ne1^wNe2^{w/m}$ та $Ne1^mNe2^{w/m}$, які поєднують домінуючі алелі Ne генів слабкої та середньої сили. На Півночі України більша частина сортів характеризувалася генотипом $ne1Ne2^{ms}$, що поєднує рецесивний алель $ne1$ з домінуючим алелем $Ne2$ вищої від середньої сили. Зазначені генотипи можуть мати селекційну й адаптивну цінність для певних географічних умов. При цьому цінними можуть бути як безпосередньо гени гібридного некрозу, так і гени, що є зчепленими з ними.

Література

1. Tsunewaki K. Aneuploid analysis of hybrid necrosis and hybrid chlorosis in tetraploid wheats using the D-genome chromosome substitution lines of durum wheat. *Genome*. 1992. Vol. 35. P. 594–601.
2. Hermesen J.G.Th. Sources and distribution of the complementary genes for hybrid necrosis in wheat. *Euphytica*. 1963. Vol. 12. P. 147–160.
3. Zeven A.C. Determination of the chromosome and its arm carrying the $Ne1$ -locus of *Triticum aestivum* L., Chinese Spring and the $Ne1$ -expressivity. *Wheat Inf. Serv.* 1972. Vol. 34. P. 4–6.
4. Пухальский В.А., Билинская Е.Н., Иорданская И.В. Распределение генов гибридного некроза у сортов и линий яровой мягкой пшеницы. *Селекция и семеноводство*. 1998. № 2. С. 13–18.
5. Пухальский В.А., Мартынов С.П., Добротворская Т.В. Гены гибридного некроза пшениц (теория вопроса и каталог носителей летальных генов). Москва: МСХА, 2002. 316 с.
6. Пухальский В.А., Билинская Е.Н., Мартынов С.П., Добротворская Т.В., Оболенкова Г.А. Новые данные по распространению генов гибридного некроза в сортах озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Генетика*. 2008. Т. 44, № 2. С. 209–218.
7. Gupta S., Gupta A.K. Characterization of hexaploid derivatives for $Ne1$ and $Ne2$ necrotic genes of wheat. *Wheat Inf. Serv.* 1993. Vol. 77. P. 23–24.
8. Nishikawa K., Mori T., Takami N., Furuta Y. Mapping of progressive necrosis gene $Ne1$ and $Ne2$ of common wheat by the telocentric method. *Japan J Breed.* 1974. Vol. 24. P. 277–281.
9. Chu C.-G., Faris J.D., Friesen T.L., Xu S.S. Molecular mapping of hybrid necrosis genes $Ne1$ and $Ne2$ in hexaploid wheat using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 2006. Vol. 112. P. 1374–1381. doi: 10.1007/s00122-006-0239-9.
10. Галаєв А.В., Галаєва М.В., Сиволап Ю.М. Распределение аллелей микросателлитного локуса $Xbarc55-2B$, сцепленного с геном гибридного некроза $Ne2$, в сортах мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Фактори експериментальної еволюції організмів*: зб. наук. пр. 2013. Т. 13. С. 30–35.
11. Галаєв А.В., Галаєва М.В. Идентификация и распространение аллелей гена гибридного некроза $Ne1$ у сортов мягкой пшеницы украинской селекции. *Фактори експериментальної еволюції організмів*: зб. наук. пр. 2016. Т. 19. С. 19–24.
12. Использование ПЦР-анализа в генетико-селекционных исследованиях: науч.-метод. Руководство. К.: Аграр. наука, 1998. 156 с.
13. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. М.: Колос, 1973. 327 с.
14. Kirsten B., Detlef W. Hybrid necrosis: autoimmunity as a potential gene-flow barrier in plant species. *Nature Reviews Genetics*. AOP, published online (3 April 2007). P. 1–13. (www.nature.com/reviews/genetics). doi: 10.1038/nrg2082.
15. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C., Appels R., Xia X.C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2011 supplement. – (<http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2011.pdf>).

Reference

1. Tsunewaki K. Aneuploid analysis of hybrid necrosis and hybrid chlorosis in tetraploid wheats using the D-genome chromosome substitution lines of durum wheat. *Genome*. 1992. Vol. 35. P. 594–601.
2. Hermesen J.G.Th. Sources and distribution of the complementary genes for hybrid necrosis in wheat. *Euphytica*. 1963. Vol. 12. P. 147–160.
3. Zeven A.C. Determination of the chromosome and its arm carrying the $Ne1$ -locus of *Triticum aestivum* L., Chinese Spring and the $Ne1$ -expressivity. *Wheat Inf. Serv.* 1972. Vol. 34. P. 4–6.

4. Pukhalskiy B.A., Bilinskaya E.N., Iordanskaya I.V. Distribution of hybrid necrosis genes in varieties and lines of spring bread wheat. *Breeding and Seed Production*. 1998. № 2. P. 13–18.
5. Pukhalskiy V.A., Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V. Hybrid necrosis genes of wheat (the theory of matter and catalog media lethal genes). Moscow: MAA, 2002. 316 p.
6. Pukhalskiy B.A., Bilinskaya E.N., Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V., Obolenkova G.A. Новые данные по распространению генов гибридного некроза в сортах озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Russian J Genetics*. 2008. Vol. 44, № 2. P. 209–218.
7. Gupta S., Gupta A.K. Characterization of hexaploid derivatives for *Ne1* and *Ne2* necrotic genes of wheat. *Wheat Inf. Serv.* 1993. Vol. 77. P. 23–24.
8. Nishikawa K., Mori T., Takami N., Furuta Y. Mapping of progressive necrosis gene *Ne1* and *Ne2* of common wheat by the telocentric method. *Japan J Breed.* 1974. Vol. 24. P. 277–281.
9. Chu C.-G., Faris J.D., Friesen T.L., Xu S.S. Molecular mapping of hybrid necrosis genes *Ne1* and *Ne2* in hexaploid wheat using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 2006. Vol. 112. P. 1374–1381. doi: 10.1007/s00122-006-0239-9.
10. Galaev A.V., Galaeva M.V., Sivolap Yu. M. Distribution of alleles of *Xbarc55-2B* microsatellite locus closely linked to hybrid necrosis gene *Ne2* in bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). *Factori eksperimental'noi evolucii organizmiv: collection of scientific papers*. 2013. Vol. 13. P. 30–35.
11. Galaev A.V., Galaeva M.V. Identification and distribution of alleles of hybrid necrosis gene *Ne1* in bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) of Ukraine. *Factori eksperimental'noi evolucii organizmiv: collection of scientific papers*. 2016. Vol. 19. P. 19–24.
12. Using PCR analysis in genetic and breeding research: scientific method. Management. K.: Agricultural science, 1998. 156 p.
13. Rokyt'skyi P.F. Biological statistics. M.: Kolos, 1973. 327 p.
14. Kirsten B., Detlef W. Hybrid necrosis: autoimmunity as a potential gene-flow barrier in plant species. *Nature Reviews Genetics*. AOP, published online (3 April 2007). P. 1–13. (www.nature.com/reviews/genetics). doi: 10.1038/nrg2082.
15. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C., Appels R., Xia X.C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2011 supplement. – (<http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2011.pdf>).

GALAEV A.V., GALAEVA M.V.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopolska dor., 3, e-mail: galaev7@ukr.net

HYBRIDE NECROSIS GENES IN BREAD WHEAT VARIETIES (*TRITICUM AESTIVUM* L.) OF UKRAINE

Hybrid necrosis is the gradual premature death of leaves or plants in certain F₁₋₂ hybrids of wheat (*Triticum aestivum* L.), and it is caused by the interaction of two dominant complementary genes *Ne1* and *Ne2* located on chromosome arms 5BL and 2BS, respectively. To date, necrotic genotypes in most varieties of Ukrainian breeding have not been identified. **Aim.** This study was conducted to determine the necrotic genotypes in varieties Ukrainian breeding of different regions. **Methods.** Microsatellite analysis, PAAgel-electrophoresis. **Results.** 150 genotypes of bread wheat varieties from Ukrainian breeding were identified by loci *Xbarc74-5B* and *Xbarc55-2B* closely linked to hybrid necrosis genes *Ne1* and *Ne2*, respectively. **Conclusions.** The most common in the South of Ukraine is the genotypes *Ne1^wNe2^{w/m}* and *Ne1^mNe2^{w/m}* were revealed. The most of varieties in the North of Ukraine had the genotypes *ne1Ne2^{ms}*. These genotypes can have breeding and adaptive value for specific geographical conditions.

Keywords: *Triticum aestivum* L., hybride necrosis genes *Ne1* and *Ne2*, microsatellite analysis.