

ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦІЯ І БІОТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 633.111.1 [575.21 + 581.821.1 + 631.523.4]

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДОБОРУ МОРОЗОСТІЙКИХ РОСЛИН ЗА СТОМАТОГРАФІЧНИМИ ОЗНАКАМИ ЛИСТКА

© 2019 р. Н. П. Ламарі, В. І. Файт

Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення
Національної академії аграрних наук України
(Одеса, Україна)

Досліджували варіювання рівня морозостійкості (РМ) ліній покоління F_4 – нащадків двох груп рослин F_2 , що були сформовані за альтернативними величинам стоматографічних ознак: довжина замикаючих клітин продихів (ДЗКП) і щільність розташування продихів (ЩРП). Виміряли ДЗКП і ЩРП на абаксильній поверхні третього листка сходів рослин трьох популяцій F_2 : Миронівська 808 × Безоста 1 (М×Б), Одеська 16 × Порада (Од×П), Улянівка 76 × Одеська червоноколосо (У×Оч). Визначали РМ на стадіях «09» («Проростки») і «22-29» («Кущення») за шкалою фенологічних стадій розвитку у ліній F_4 – нащадків вище наведених популяцій F_2 . Були встановлені вірогідні відмінності ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$) між альтернативними групами індивідуальних рослин F_2 за величинами обох стоматографічних ознак в усіх вище наведених комбінаціях схрещування. Істотне підвищення РМ ліній F_4 на стадії «22-29» у комбінаціях М×Б і У×Оч (на 16 і 14,9%) було пов'язане з вірогідним зменшенням ДЗКП (на 10,2 і 7,6 мкм, відповідно), а аналогічне зростання РМ на 18,7% у схрещуванні Од×П супроводжувалося, навпаки, збільшенням ДЗКП на 12,8 мкм. У комбінаціях схрещування М×Б і У×Оч величини РМ на стадії «09» груп ліній F_4 – нащадків рослин F_2 з істотно вищою ЩРП (на 14,2 і 7,3 шт/мм²) – вірогідно перевищили такі груп з нижчою ЩРП – на 15,3 і 19,1%, відповідно. У схрещуванні Од×П підвищення РМ ліній F_4 на стадії «22-29» на 18,1% також супроводжувалося збільшенням величин ЩРП (на 18,1 шт/мм²) у рослин F_2 . Встановили, що відбраковування рослин з більшою ДЗКП в другому поколінні комбінацій схрещування М×Б і У×Оч зменшувало кількість ліній F_4 на 50 і 51%, а також підвищувало середній РМ ліній F_4 на стадіях «09» та «22-29» на 7,9 і 6,9%, відповідно. У свою чергу, добір рослин з вищою ЩРП в поколінні F_2 даних комбінацій зменшував кількість ліній F_4 на 52 і 47%, а також підвищував середній РМ останніх на стадіях «09» та «22-29» на 9 і 2,6%, відповідно. У популяції схрещування Од×П відбраковування рослин з меншою ДЗКП та вищою ЩРП, частка яких склала 52 та 38 % від загальної кількості рослин F_2 відповідно, давало можливість підвищити середній РМ ліній F_4 на стадії «22-29» на 7,6 та 18,2%.

Ключові слова: *Triticum aestivum*, гібридні популяції, продихи, замикальні клітини, морозостійкість

DOI: <https://doi.org/10.35550/vbio2019.03.087>

Низькі від'ємні температури є одним з чинників навколишнього середовища, що обмежують ареали розповсюдження рослин і негативно впливають на продуктивність госпо-

Адреса для кореспонденції: Ламарі Наталя Петрівна, Селекційно-генетичний інститут – НЦ насіннєзнавства та сортовивчення НААН України, Овідіопольська дорога, 3, Одеса, 65036, Україна;
e-mail: n.p.lamari@gmail.com

дарсько цінних культур. Більшість морозостійких видів походять з високогірних районів та є ксероморфними за будовою продихів. Схоже, що анатомічні особливості витривалих видів є результатом їхньої адаптації до впливу навколишнього середовища (в першу чергу низьких температур, а в деяких випадках і водного стресу) в результаті добору. Так, морозовитривалі сорти видів роду *Solanum*, варіювання рів-

ня морозостійкості яких було в діапазоні від $-2,5$ до $-5,5^{\circ}\text{C}$, мали в тричі більші значення продихового індексу, ніж невитривалі. На тлі істотного впливу стану довкілля на розмір клітин рослин (Bennett, 1973) відзначені вірогідні відмінності між сортами озимої пшениці за цією ознакою, як в акліматизованому до низьких температур, так і у неакліматизованому рослинному матеріалі (Limin et al., 1989). Крім того, у рослин, які зазнавали впливу низьких від'ємних температур (-5°C), спостерігали збільшення рівня морозостійкості в перші 2-3 тижні без зменшення чи скорочення розмірів клітин. Дані результати ставлять у глухий кут дослідників, які займаються пошуком взаємозв'язку між анатомічними характеристиками листка і морозостійкістю. Одна з причин такого негативного висновку може бути зумовлена переважанням робіт, в яких порівнювалися різні види рослин, тоді як дуже мала увага була приділена анатомічній диференціації даних видів (Palta, Li, 1979). Виявлення зв'язку між варіюванням анатомічних характеристик листка і стійкістю до морозу у свою чергу може бути використано як критерій для селекції морозостійких сортів, а також може пролити світло на механізми морозостійкості.

У озимого жита (Иванов, 1984) і пшениці (Limin et al., 1994) відзначена вища зимо- і морозостійкість у сортів з більш вираженими ксероморфними ознаками. Це може бути зумовлено тим, що дрібноклітинні форми в основному завдяки негативному тургорному тиску, багаторазово зростаючому при невеликій втраті води, мають вищу водоутримуючу здатність, ніж крупноклітинні, у яких негативний тургорний тиск невеликий навіть при сильному зневодненні.

У літературі дані про зв'язок морозостійкості рослин пшениці з варіюванням довжини замикаючих клітин продихів (ДЗКП) фрагментарні, а з щільністю розташування продихів (ЩРП) взагалі відсутні. Так, Fowler та ін. (1981) у регіонах східної Канади відзначили наявність високої кореляційної залежності між довжиною замикаючих клітин та морозостійкістю сортів м'якої пшениці. Разом з тим, більш цікавим з практичної та теоретичної точок зору є добір з F_2 популяцій контрастних за стоматографічними ознаками сегрегантів з наступною оцінкою морозостійкості у ліній F_4 – нащадків індивідуальних доборів за ДЗКП і ЩРП. Такий підхід дає можливість оцінити відгук генотипу на цілеспрямований добір рослин залежно від відмінностей за стоматографічними ознаками.

Мета даного дослідження – оцінити ефективність одержання морозостійких ліній F_4 при здійсненні індивідуального добору рослин з F_2 популяцій контрастних за величинами ДЗКП і ЩРП.

МЕТОДИКА

Як вихідний матеріал використовували сорти: Безоста 1, Миронівська 808, Одеська 16, Одеська червоноколоса, Порада і Улянівка 76 (далі позначені як: Б, М, Од, Оч, П, У, відповідно), а також три популяції F_2 та лінії F_4 , що є нащадками індивідуальних рослин популяцій F_2 (одна рослина – одна лінія) від схрещування вказаних сортів (комбінації схрещування наведені у таблицях з експериментальними даними).

Насіння батьківських сортів популяцій F_2 і ліній F_4 висівали в першій декаді жовтня на однорядкових ділянках (довжина рядка 100 см) по 20 та 60 зернин у 2011-2012 та 2013-2014 с.-г. рр. (сільськогосподарських роках) відповідно на експериментальній ділянці відділу загальної та молекулярної генетики СГІ–НЦНС.

Для цитологічного дослідження готували препарати епідермісу середньої частини абаксильної поверхні повністю сформованої у польових умовах пластинки 3-го листка. Вимірювання довжини замикаючих клітин та підрахунок кількості продихів на певній площі здійснювали згідно із загальноприйнятою методикою з використанням окулярного гвинтового мікрометра МОБ-1-15 та сігчастого окуляр-мікрометра зі збільшенням відповідно 15×20 та 7×10 мікроскопа «Биолам Л-211» (Абрамова и др., 1982). Вимірювання стоматографічних ознак у вихідних сортів і гібридів F_4 проводили в п'ятиразовому повторенні (одна рослина – окреме повторення), а в популяції F_2 вимірювання проводили у одній рослині. Для аналізу однієї рослини за кожною із ознак здійснювали 30 замірів.

Оцінку рівня морозостійкості (РМ) здійснювали шляхом проморожування рослин ліній F_4 різних фенологічних стадій розвитку за шкалою ВВСН: «09» («Проростки») і «22-29» («Кушення») (Meier, 2001), при критичних величинах температури -12 і -18°C , відповідно (Феоکتістов та ін., 2006). В першому випадку це були рослини, попередньо вирощені та загартовані в штучних умовах скороченого 12-годинного світлового дня, а в другому – пучки розкущених рослин, що з жовтня до січня 2014-2015 с.-г. року росли в польових умовах. РМ представлено як відсоток живих рослин від за-

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДОБОРУ МОРОЗОСТІЙКИХ РОСЛИН

Таблиця 1. Величини стоматографічних ознак батьківських сортів та популяції F₂ трьох комбінацій схрещування абаксильної поверхні листка *Triticum aestivum* L.

Ознака	Комбінація схрещування	P ₁	P ₂	P ₁ -P ₂	F ₂	F ₂ - P ₁	F ₂ - P ₂
ДЗКП, мкм	М×Б	71,5±1,93	72,1±0,89	-0,6	70,8±0,31	0,7	1,3*
	Од×П	62,7±0,90	74,8±0,55	-12,0**	69,5±0,34	6,8**	-5,3**
	У×Оч	69,0±0,74	70,9±0,44	-1,9**	72,2±0,35	3,3**	1,3*
ЩРП, шт/мм ²	М×Б	28,6±1,26	25,5±0,47	3,1**	28,6±0,37	-0,03	3,1**
	Од×П	28,3±0,80	23,5±1,14	4,8**	28,4±0,41	0,1	4,9**
	У×Оч	28,2±0,67	27,6±2,13	0,6	26,8±0,35	-1,4**	-0,8

Примітки: Б – Безоста 1, М – Миронівська 808, Од – Одеська 16, Оч – Одеська червоноколоса, П – Прима одеська, У – Улянівка 76.

Тут і в табл. 2 і 3: * і ** – відмінності вірогідні при $P < 0,05$ і $P < 0,01$, відповідно.

Таблиця 2. Величини стоматографічних ознак альтернативних груп рослин трьох популяцій F₂ *Triticum aestivum* L. та рівень морозостійкості останніх у поколінні F₄ на різних стадіях розвитку

P ₁ × P ₂	Показники	n		ДЗКП F ₂ , мкм				PM ¹ F ₄ на стадіях, %				n		ЩРП F ₂ , шт/мм ²				PM F ₄ на стадіях, %			
		B ³	M	09		22-29		B ²	H	B		H		B	H	B	H	B	H		
				Б	М	Б	М			Б	М	В	Н							В	Н
М×Б ²	\bar{X}	14	13	75,1	64,9	30,9	33,5	19,2	35,2	11	11	36,0	21,8	38,3	23,0	31,3	22,4				
	t			6,70**		-0,39		-2,33*			6,53**		2,32*		1,13						
Од×П	\bar{X}	12	13	75,4	62,6	82,9	88,6	50,7	32,0	11	13	35,6	20,9	85,7	82,9	37,9	56,0				
	t			12,48**		-1,38		2,26*			7,26**		0,58		2,11*						
У×Оч	\bar{X}	15	17	76,4	68,8	21,1	37,7	24,7	39,6	19	16	30,5	23,2	37,4	18,3	35,8	34,5				
	t			10,58**		-1,79		-2,05*			8,34**		2,26*		0,16						

Примітки: ¹ – % живих рослин від загальної кількості останніх у групі; ² – див. примітки до табл. 1; ³ – Б/В і М/Н- групи рослин F₂ з більшою/вищою і меншою/нижчою величинами ДЗКП/ЩРП, відповідно.

гальної кількості в межах окремої лінії F₄. Статистичні розрахунки проводили згідно із загальноприйнятими методами (Рокицкий, 1973) з використанням програми MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Добір сегрегантів з великою і малою ДЗКП або з високою і низькою ЩРП в F₂ популяції та наступне порівняльне вивчення рівня морозостійкості у одержаних ліній F₄ дає можливість оцінити відгук генотипу на цілеспрямований добір залежно від варіювання фенотипового прояву стоматографічних ознак. Враховуючи певний вплив, що чинили екологічні умови в період вегетації, до аналізу долучали лише величини стоматографічних ознак рослини F₂, що перезимували та зав'язали насіння.

Оцінка батьківських сортів трьох популяцій F₂ в умовах осені 2011-2012 с.-г. року дозволила виявити достовірні ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$) відмінності між останніми, як за величинами ДЗКП (У×Оч) і ЩРП (М×Б) окремо, так і разом за обома стоматографічними ознаками (Од×П) (табл. 1). У комбінаціях схрещування М×Б і У×Оч відмінності між батьками за ДЗКП і ЩРП виявилися несуттєвими. Сортам М, Од, У

була притаманна достовірно менша ДЗКП і більша ЩРП порівняно з сортами Б, П і Оч, що характеризувалися більшою ДЗКП та нижчою ЩРП, відповідно (Ламари и др., 2014; 2015). Середні величини ДЗКП і ЩРП F₂ популяції М×Б, що були тотожними таким батьківського сорту М з меншою ДЗКП та вищою ЩРП, вірогідно ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$) поступалися (на 1,3 мкм) та перевищували (на 3,1 шт/мм²) величини сорту Б. ЩРП F₂ популяцій Од×П і У×Оч істотно (на 4,9 і 1,4 шт/мм²) перевищили такі батьківських сортів П і У, відповідно. Значення величин ДЗКП F₂ популяцій Од×П і У×Оч, що вірогідно відрізнялись від таких обох батьківських сортів, були, як проміжними так і перевищуючими останні обох батьківських сортів, відповідно.

В усіх комбінаціях схрещування виявили наявність, як трансгресивних нащадків за обома стоматографічними ознаками (Ламари та ін., 2014; 2015), так і вірогідність відмінностей між групами індивідуальних рослин F₂, як з меншою/нижчою (М/Н), так і більшою/вищою (Б/В) ДЗКП/ЩРП, відповідно (табл. 2).

Подальший аналіз залежності варіювання між величинами стоматографічних ознак та РМ проводили з долученням величин останніх ін-

Таблиця 3. Кількість рослин і РМ на відповідних стадіях розвитку та середні величини ДЗКП і ЩРП кластерів рослин F₂ і лінії F₄ *Triticum aestivum* L.

P ₁ ×P ₂	Кластер	n		ДЗКП F ₂ , мкм,	РМ F ₄ на стадії 22-29, %	n		ЩРП F ₂ , шт./мм ²	РМ F ₄ на стадіях, %		
		Б ¹	М			В	Н		09	22-29	
М×Б ¹	1	1	3	60,7±2,05 ^{2,3}	62,8 ^{2,3}	6	0	35,5±2,27 ²	26,9 ³	—	
	2	1	6	66,8±1,55 ^{1,3}	27,0 ¹	1	11	22,7±1,61 ^{1,3}	22,7 ³	—	
	3	14	2	74,0±1,03 ^{1,2}	17,9 ¹	4	0	37,8±2,78 ²	60,2 ^{1,2}	—	
	df				2	2	df		2	2	—
	df _{error}				24	24	df _{error}		19	19	—
	F				20,1**	24,2**	F		16,8**	23,3**	—
Од×П	1	0	13	62,6±0,72 ^{2,3}	32,0 ³	9	0	35,9±2,00 ^{2,3}	—	29,6 ^{2,3}	
	2	8	0	75,2±0,92 ¹	42,3	0	8	20,5±2,12 ¹	—	43,8 ^{1,3}	
	3	4	0	75,9±1,31 ¹	67,3 ¹	2	5	25,2±2,26 ¹	—	75,3 ^{1,2}	
	df				2	2	df		2	—	2
	df _{error}				22	22	df _{error}		21	—	21
	F				76,0**	5,2*	F		14,8**	—	28,3**
У×Оч	1	15	1	76,1±0,52 ^{2,3}	26,1 ²	7	0	30,4±1,00 ²	72,4 ^{2,3}	—	
	2	0	10	67,9±0,65 ¹	54,8 ^{1,3}	0	18	23,1±0,62 ^{1,3}	18,2 ¹	—	
	3	0	6	69,8±0,84 ¹	13,0 ²	9	1	30,1±0,84 ²	11,2 ¹	—	
	df				2	2	df		2	2	—
	df _{error}				29	29	df _{error}		32	32	—
	F				53,8**	18,1**	F		32,3**	56,9**	—

Примітки: ¹ – див. табл.1 і 2; ² – ^{1, 2, 3} – вірогідність (P ≤ 0,05) відмінностей при попарному порів'янні з кластерами 1, 2, 3 відповідно.

дивідуальних рослин покоління F₂ та рівня морозостійкості ліній F₄, відповідно. Останні є нащадками цілеспрямованого добору рослин в генерації F₂ за контрастним проявом стоматографічних ознак. За результатами аналізу залежності варіювання РМ на стадії «09» від добору рослин за величинами ДЗКП встановили відсутність вірогідності останньої на тлі тенденції, що спостерігали, до підвищення РМ у групах з меншою ДЗКП відносно таких з більшою – в усіх комбінаціях схрещування. Вірогідність даної залежності від добору за величинами ЩРП встановили у двох комбінаціях схрещування (Б×М і У×Оч), в яких вища ЩРП була притаманна групам ліній F₄ з вищим РМ (на 15,3 і 19,1% відповідно) на тлі збереження даної тенденції у третій комбінації Од×П.

Величини РМ на стадії «22-29» альтернативних груп ліній F₄, відібраних в F₂ рослин за ДЗКП, вірогідно ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$) відрізнялись в усіх комбінаціях схрещування. Аналогічне зі стадією «09» зростання РМ у групах з меншою ДЗКП порівняно з більшою встановили у ком-

бінаціях схрещування: М×Б (на 16%), У×Оч (на 14,9%). Водночас у Од×П, навпаки, підвищеним РМ (на 18,7%) характеризувалася група ліній, яким була притаманна більша довжина замикальних клітин. Величина РМ ліній F₄ на стадії «22-29» комбінації схрещування Од×П, що є нащадками рослин F₂ з нижчою щільністю продохів («Н»), вірогідно перевищила таку у останніх з вищою («В») на 18,1%. У решті комбінацій схрещування – М×Б і У×Оч – встановили наявність протилежної тенденції, що була аналогічна отриманій на стадії «09» в усіх вивчених комбінаціях (див. вище за текстом).

Для кількісної оцінки ефективності добору високоморозостійких рослин на початкових етапах селекції (F₂ – F₄) за величинами стоматографічних ознак застосували кластерний аналіз, до якого долучили генотипи груп «М» і «Б» та «Н» і «В» з вірогідно альтернативними величинами РМ (табл. 2). Середні величини вивчених ознак у кластерах трьох популяцій схрещування, а також вірогідність відмінностей при

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДОБОРУ МОРОЗОСТІЙКИХ РОСЛИН

попарному порівнянні останніх наведені у табл. 3.

За величинами ДЗКП і РМ на стадії «22-29» встановили вірогідні ($F_{\text{факт.}} \geq F_{0,05}$) відмінності між величинами кластерів в усіх комбінаціях схрещування. Зокрема, у комбінації схрещування Б×М мінімальна ДЗКП (60,7 мкм) та максимальний РМ (62,8%), відзначені у першому кластері, вірогідно відрізнялись від таких другого і третього (на 6,1 і 13,3 мкм та 35,8 і 44,9%, відповідно). У складі першого кластера з чотирьох ліній F_4 три були нащадками рослин F_2 з меншою ДЗКП, що склало близько 27% від загальної кількості рослин F_2 , відібраних з меншою ДЗКП. Найменш морозостійкі генотипи увійшли до складу третього кластера, що також вірогідно відрізнявся від решти останніх за ДЗКП (74,0 мкм) та першого кластера за РМ (17,9%) відповідно. Співвідношення рослин F_2 у групах «Б» і «М» третього кластера склало 14 до 2. Аналогічний зв'язок між ДЗКП і РМ встановили і в комбінації У×Оч. Максимальний РМ другого кластера (54,8%) останньої істотно (на 28,7 і 41,8%) перевищив такий першого та третього кластерів відповідно, а ДЗКП (67,9 мкм) вірогідно та не вірогідно (на 8,2 і 1,9 мкм) була меншою від таких відповідних кластерів. Необхідно відзначити, що до складу другого і третього кластерів були долучені 10 і 6 рослин «М», а до першого 15 рослин «Б» та одна «М». Даний факт може вказувати на наявність зв'язку між ДЗКП рослин F_2 «М» з високим і низьким РМ ліній F_4 , а рослин «Б» — лише з низьким РМ. Тобто частка рослин у комбінаціях схрещування М×Б та У×Оч, що поєднали в собі такі властивості, як велика ДЗКП і низький РМ на стадії «22-29» від загальної кількості рослин «Б» склала 88 і 100%, відповідно. Цей факт може вказувати на більшу обумовленість низького РМ більшими розмірами ДЗКП ніж високого — малими. Більш виправданим у даних популяціях схрещування на ранній стадії добору є відбраковування рослин з більшою ДЗКП, частка яких склала 52 та 47% у комбінаціях схрещування М×Б та У×Оч відповідно від загальної кількості рослин з подальшим добром морозостійких ліній у поколінні F_4 , що дасть можливість підвищити РМ ліній F_4 на стадії «22-29» в середньому на 9 та 2,6%, відповідно.

У комбінації Од×П, де встановили наявність протилежної залежності, максимальні величини РМ на стадії «22-29» (67,3%) і ДЗКП (75,9 мкм) третього кластера істотно та неістотно (на 35,3% і 13,3 мкм та 25% і 0,7 мкм) перевищили такі першого та другого кластерів ві-

повідно. У протилежність двом першим комбінаціям, в яких група «М» рослин розкладалась на два кластери, у даній комбінації група «Б» рослин була представлена двома кластерами, один з яких перевищив за РМ кластер з «М» рослинами, а другий вірогідно не відрізнявся від решти двох. Тому на першому етапі добору у даній популяції схрещування високоморозостійких рослин є доцільним відбраковування рослин з меншою ДЗКП, частка яких склала 52% від загальної кількості ліній, що дасть можливість підвищити середній РМ ліній F_4 на 7,6%.

За величинами ЩРП і РМ на стадії «09» встановили вірогідні відмінності між величинами кластерів в комбінаціях схрещування Б×М та У×Оч (табл. 3). В обох комбінаціях схрещування за величинами ЩРП другий кластер вірогідно поступався за ними двом іншим. Максимальні величини ЩРП першого та третього кластерів в обох комбінаціях схрещування були пов'язані як з максимальним, так і мінімальним РМ відповідно. Добір високоморозостійких генотипів на стадії «09» в даних комбінаціях схрещування доцільно проводити серед рослин F_2 шляхом відбраковування рослин з низькою ЩРП, що дасть можливість як зменшити кількість ліній F_4 на 50 та 51%, так і підвищити середній РМ на 7,9 та 6,9%, відповідно.

За величинами ЩРП і РМ на стадії «22-29» встановили вірогідні відмінності між кластерами лише в комбінації схрещування Од×П. Максимальний РМ (75,3%) третього кластера, що істотно (на 45,7 і 31,3%) перевищив такі першого і другого кластерів відповідно, був пов'язаний з вірогідним (на 10,7 шт/мм²) зниженням та невірогідним (на 4,7 шт/мм²) підвищенням ЩРП відносно таких у першому і другому кластерах відповідно. Перший кластер складався виключно з рослин, що характеризувались високою ЩРП, а другий і третій кластери були сформовані, як виключно, так і з переважанням (71%) рослин з низькою ЩРП. Тобто відбраковування рослин у поколінні F_2 з високою ЩРП дало можливість, як зменшити кількість ліній F_4 з низьким РМ на 38%, так і збільшити величини середнього РМ на 18,2%.

ЛІТЕРАТУРА

- Абрамова Л.И., Орлова И.Н. 1982. Методические указания по цитологической и цитоэмбриологической технике. Ленинград: 119 с.
- Иванов Е.В. 1984. Использование косвенных методов оценки зимостойкости озимой ржи. В кн. : Создание новых сортов зерновых культур и тех-

- нология их возделывания в Северо-Западной зоне РСФСР : 34-37.
- Ламари Н.П. 2014. Генетический анализ различий по длине замыкающих клеток устьиц пшеницы мягкой. ScienceRise. 5, № 1 (10) : 20-27.
- Ламари Н.П. 2015. Генетический анализ различий по плотности расположения устьиц пшеницы мягкой. В кн.: Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия (Мат-лы научно-практической конференции Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства). Белгород (РФ) : 448-452.
- Рокицкий П.Ф. 1973. Биологическая статистика. Москва : 327 с.
- Феоктистов П.О., Гаврилов С.В., Ляшок А.К., Григорюк И.П., Мельничук М.Д. 2006. Методологічні принципи оцінки озимої пшениці на терморезистентність в умовах Півдня України. Київ : 36 с.
- Bennett M. D. 1973. Nuclear characters in plants. Brookhaven Symp. Biol. 25 : 344-366.
- Fowler D.B., Gusta L.V. 1981. Tyler N.J. Selection for winterhardiness in wheat. Crop Sci. 21: 896-901.
- Limin A.E., Fowler D.B. 1989. The influence of cell size and chromosome dosage on cold-hardiness expression in the Triticeae. Genome. 32 : 667-671.
- Limin A.E., Fowler D.B. 1994. Relationship between guard cell length and cold hardiness in wheat. Can. J. Plant Sci. 74: 59-62.
- Meier U. 2001. Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants. Berlin : 622 p.
- Palta J.P., Li P.H. 1979. Frost hardiness in relation to leaf anatomy and natural distribution of Solanum species. Crop Sci. 19 : 665-671.
- Ivanov E.V. 1984. Using indirect methods for assessing winter hardiness of winter rye. In: Creation of new varieties of grain crops and the technology of their cultivation in the North-Western zone of the RSFSR: 34-37.
- Lamari N., Fayt V. 2014. Genetic analysis of differences in stomatal guard cell lengths of bread wheat. ScienceRise. 5, No. 1 (10): 20-27. doi: 10.15587/2313-8416.2015.42746
- Lamari N.P. 2015. Genetic analysis of differences in density of soft stomata. In: Land biologization in adaptive landscape farming system. Belgorod (RF) : 448-452.
- Rokitskiy P.F. 1973. Biological statistics. Moscow : 327 p.
- Feoktistov P.O., Gavrilo S.V., Lyashok A.K., Grigoryuk I.P., Melnichuk M.D. 2006. Methodological principles of winter wheat evaluation for thermal resistance in southern Ukraine. Kyiv: 36 p.
- Bennett M. D. 1973. Nuclear characters in plants. Brookhaven Symp. Biol. 25 : 344-366.
- Fowler D.B., Gusta L.V. 1981. Tyler N.J. Selection for winterhardiness in wheat. Crop Sci. 21: 896-901.
- Limin A.E., Fowler D.B. 1989. The influence of cell size and chromosome dosage on cold-hardiness expression in the Triticeae. Genome. 32 : 667-671.
- Limin A.E., Fowler D.B. 1994. Relationship between guard cell length and cold hardiness in wheat. Can. J. Plant Sci. 74: 59-62.
- Meier U. 2001. Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants. Berlin : 622 p.
- Palta J.P., Li P.H. 1979. Frost hardiness in relation to leaf anatomy and natural distribution of Solanum species. Crop Sci. 19 : 665-671.

REFERENCES

- Abramova L.I., Orlova I.N. 1982. Guidelines for cytological and cytoembryological techniques. Leningrad : 119 p.

*Надійшла до редакції
17.09.2019 р.*

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF SELECTION OF FROST-RESISTANT PLANTS BY LEAF STOMATAL TRAITS

N. P. Lamari, V. I. Fait

*Plant Breeding and Genetic Institute
of National Academy Agrarian Sciences of Ukraine
(Odesa, Ukraine)
E-mail: n.p.lamari@gmail.com*

Frost-resistance level (FRL) variation of lines generation F₄ – descendants of two alternative plant groups F₂ formed by alternative values of stomatal traits: stomata guard cell length (SGCL) and stomata density (SD) was investigated. SGCS and SD were measurement on abaxial third leaf sur-

ОЦЕНКА ЭФЕКТИВНОСТІ ДОБОРУ МОРОЗОСТІЙКИХ РОСЛИН

face of seedlings plants in three populations F_2 : Myronivska 808 \times Bezosta 1 (M \times B), Odeska 16 \times Porada (Od \times P), Ulianivka 76 \times Odeska chervonokolosa (U \times Och). FRL values were identified at stages "09" ("Germination") and "21-29" ("Tillering") on scale of the phenological growth stages in lines F_4 generation – derived from above given F_2 populations. Significant differences were found ($t > t_{0,05}$) between alternative groups of individual plants F_2 for values of stomatal traits in all the above given crossing combinations. Significant increase FRL at "21-29" stage of plants F_4 lines in the combinations M \times B and U \times Och on 16 and 14.9% was associated with a significant decrease in SGCL by 10.2 and 7.6 μm , respectively, and similar increase FRL by 18.7% in crossing Od \times P was accompanied by increase in SGCL by 12.8 μm . In crossing combinations M \times B and U \times Och the FRL values at stage "09" in groups of F_4 lines – derived from above given F_2 populations with significantly higher SD (by 14.2 and 7.3 pcs/mm², respectively) — significantly exceeded (by 15,3 and 19,1%, respectively) of such groups with lower SD. Increase in the FRL at the "21-29" stage of F_4 lines Od \times P by 18.1% was also accompanied by increase in SD values (by 18.1 pcs/mm²) in F_2 plants. It was found that the culling of plants with greater SGCL in the second generation of cross combinations M \times B and U \times Och will reduce the number of F_4 lines by 50 and 51%, and also increase the average FRL at stages "09" and "21-29" of F_4 lines by 7,9 and 6.9%, respectively. In turn, the selection of plants with the highest SD in the F_2 generation of these combinations will reduce the number of F_4 lines by 52 and 47%, and also increase the average FRL at stages "09" and "21-29" by 9 and 2.6%, respectively. In the crossing combination Od \times P, the culling of plants with lower SGCL and higher SD, whose share of the total number of F_2 plants was 52 and 38%, respectively, will make it possible to increase the average FRL at the "21-29" stage of F_4 lines by 7.6 and 18.2%.

Key words: *Triticum aestivum*, hybrid populations, stomata, guard cell, frost resistance

ОЦЕНКА ЭФЕКТИВНОСТИ ОТБОРА МОРОЗОСТОЙКИХ РАСТЕНИЙ ПО СТОМАТОГРАФИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ЛИСТА

Н. П. Ламари, В. И. Файт

*Селекционно-генетический институт –
Национальный центр семеноводства и сортоизучения
Национальной академии аграрных наук Украины
(Одесса, Украина)
E-mail: n.p.lamari@gmail.com*

Исследовали варьирование уровня морозостойкости (УМ) линий поколения F_4 – потомков двух групп растений F_2 , сформированных по альтернативным величинам stomatografических признаков: длина замыкающих клеток устьиц (ДЗКУ), плотность расположения устьиц (ПРУ). Величины ДЗКП и ПРУ измеряли на абаксиальной поверхности третьего листа всходов растений трех популяций F_2 : Мироновская 808 \times Безостая 1 (M \times B), Одесская 16 \times Порада (Od \times P), Ульяновка 76 \times Одесская красноколосая (U \times Ok). Определяли УМ на стадиях «09» («Проростки») и «22-29» («Кущение») по шкале фенологических стадий развития у линий F_4 – потомков вышеприведенных популяций F_2 . Были установлены достоверные различия ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$) между альтернативными группами индивидуальных растений F_2 по величинам stomatografических признаков во всех вышеприведенных комбинациях скрещивания. Существенное повышение УМ линий F_4 на стадии «22-29» в комбинациях M \times B и U \times Ok на 16 и 14,9% было связано с достоверным (на 10,2 и 7,6 мкм) уменьшением ДЗКУ соответственно, а аналогичный рост УМ на 18,7% в скрещивании Od \times P сопровождался увеличением ДЗКУ на 12,8 мкм. В комбинациях скрещивания M \times B и U \times Ok величины УМ на стадии «09» групп линий F_4 – потомков растений F_2 с существенно более высокой ПРУ (на 14,2 и 7,3 шт/мм² соответственно) – достоверно превысили (на 15,3 и 19,1% соответственно) таковые групп с более низкой ПРУ. В скрещивании Od \times P повышение УМ линий F_4 на стадии «22-29» на 18,1% также сопровождалось увеличением величин ПРУ (на 18,1 шт / мм²) у растений F_2 . Установили, что отбраковка растений с большей ДЗКУ во втором поколении комбинаций скрещивания M \times B и U \times Och уменьшала количество линий F_4 на 50 и 51%, а также повышает средний УМ

ЛАМАРИ, ФАЙТ

линий F₄ на стадиях «09» и «22-29» (на 7,9 и 6,9%, соответственно). В свою очередь, отбор растений с высшей ПРУ в поколении F₂ данных комбинаций уменьшал количество линий F₄ на 52 и 47%, а также повышал средний УМ последних на стадиях «09» и «22-29» (на 9 и 2,6%, соответственно). В популяции скрещивания Од×П отбраковка растений с меньшей ДЗКУ и более высокой ПРУ, доля которых составила 52 и 38% от общего количества растений F₂ соответственно, дала возможность повысить средний УМ линий F₄ на стадии «22-29» на 7,6 и 18,2%.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, гибридные популяции, устьица, замыкающие клетки, морозостойкость