

УДК 575.17+575.174.015.3

Н. О. КОЗУБ<sup>1,2</sup>, к. б. н., ст. наук. співроб., зав. лаб.,

І. О. СОЗІНОВ<sup>1</sup>, ст. наук. спів роб.,

Я. Б. БЛЮМ<sup>2</sup>, д. б. н., проф., акад., дир.,

О. О. СОЗІНОВ<sup>2</sup>, д. с.-г. н., проф., акад., зав. від.

<sup>1</sup> Інститут захисту рослин НААН,

<sup>2</sup> ДУ «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України»

E-mail: sia1@i.com.ua

## ЕФЕКТИ ПШЕНИЧНО-ЖИТНІХ ТРАНСЛОКАЦІЙ З 1RS У ГІБРИДІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ТА СТВОРЕННЯ ЛІНІЙ З РЕКОМБІНАНТНИМ ПЛЕЧЕМ 1RS

*Створено популяцію рекомбінантно-інбредних ліній F<sub>6</sub> пшениці м'якої від схрещування форм з двома пшенично-житніми транслокаціями 1BL/1RS типу Кавказ і 1AL/1RS типу Amigo для одержання генотипів з рекомбінантним плечем 1RS з новими поєднаннями генів стійкості до збудників хвороб і шкідників. З використанням запасних білків, зокрема секалінів як генетичних маркерів, ідентифіковано в популяції біля 10 % ліній з рекомбінантними плечами 1RS. Виявлено відмінності у передачі транслокацій 1BL/1RS і 1AL/1RS через гамети, що полягають у відсутності відхилень у передачі 1AL/1RS транслокації типу Amigo через гамети у гібридів пшениці, гетерозиготних за присутністю транслокації. Показано істотну різницю в озерненості гібридів від схрещування сортів і ліній з двома транслокаціями 1BL/1RS, 1AL/1RS, залежно від комбінації схрещування.*

**Ключові слова:** пшениця м'яка, пшенично-житня транслокація 1BL/1RS, 1AL/1RS, озерненість, рекомбінантно-інбредні лінії.

**Вступ.** Серед інтрогресій у комерційних сортах пшениці м'якої найбільш поширеними є пшенично-житні транслокації 1BL/1RS від жита Petkus (відомим сортом з цією транслокацією є сорт Кавказ) та 1AL/1RS від жита Insave (як у сорту Amigo) [1]. Наприклад, транслокацію 1BL/1RS мають біля 64 % китайських сортів [2] та 36 % аргентинських сортів [3]. Щодо українських сортів, то транслокація 1BL/1RS є розповсюдженою у зоні Центрального Лісостепу (38 %) на відміну від сортів інших регіонів України, що може свідчити про її адаптивне значення для даної зони [4]. В останні 20 років зростає частка українських сортів з пшенично-житньою 1AL/1RS транслокацією, також у першу чергу серед сортів зони Центрального Лісостепу [5]. У загальному, одну з пшенично-житніх транслокацій (1BL/1RS чи 1AL/1RS) мають 18 % українських сортів.

У багатьох роботах було показано позитивний вплив присутності 1BL/1RS транслокації на урожай зерна та на розвиток кореневої системи [6–9], позитивний ефект на урожай також виявлено і для транслокації 1AL/1RS, яка є менш вивченою стосовно цього [10]. Транслокації з участю плеча 1RS несуть низку генів стійкості до збудників хвороб та шкідників. Зокрема 1BL/1RS несе *Pm8* — ген стійкості до борошнистої роси (збудник — *Erysiphe graminis* (DC)), *Sr31* — ген стійкості до стеблової іржі (збудник — *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.), *Lr26* — ген стійкості до бурої іржі (збудник — *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob ex Desm.) та *Yr9* — ген стійкості до жовтої іржі (збудник — *Puccinia striiformis* West.) [11]. На ній також прокартовано ген стійкості до біотипу 2-ї ячмінної попелиці *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) *Dn2414* [12]. Транслокація 1AL/1RS сорту Amigo несе ген стійкості до біотипів попелиці *Schizaphis graminum* (Rondani) B та C *Gb2*, ген стійкості до борошнистої роси *Pm17*, до кліща *Aceria tosicheilla* (Keifer) *Cm3*, ген стійкості до стеблової іржі *Sr1RS<sup>Amigo</sup>* [11]. Ген *Sr1RS<sup>Amigo</sup>* є особливо важливим, оскільки є ефективним до біотипів небезпечної раси стеблової іржі Ug99 [13]. Перспективним завданням є одержання матеріалу пшениці з рекомбінантними житніми транслокаціями — з новими поєднаннями генів стійкості до збудників хвороб та шкідників а також інших господарчо важливих генів. Лінії з рекомбінантними плечами 1RS отримано Mater et al. [14], Anugrahwati et al. [15], де визначено відносний порядок розміщення генів стійкості до хвороб, проте досі не показано, чи гени *Sr1RS<sup>Amigo</sup>* та *Sr31* є аallelними.

**Метою роботи** було створення і дослідження рекомбінантно-інбредних ліній (ПІЛ), що походять від схрещення форм з двома пшенично-житніми транслокаціями (1BL/1RS від жита Petkus і 1AL/1RS від жита Insave) покоління  $F_6$ , у тому числі ліній з рекомбінантним плечем 1RS, та вивчення деяких ефектів присутності житніх транслокацій в геномі пшениці.

**Матеріали і методи.** Матеріалом дослідження слугував матеріал пшениці м'якої озимої від схрещень з участю форм з пшенично-житньою транслокацією. Аналізували рослини  $F_1$  від реципрокного схрещення Миронівська 67 × Колумбія і реципрокного схрещення Б16 × 7086 AR. Сорт Миронівська 67 (M67) і лінія Б-16 — носії 1BL/1RS транслокації, як у сорту Кавказ; сорт Колумбія і лінія 7086 AR (AR) — носії 1AL/1RS транслокації, як у сорту Amigo. Лінію 7086 AR створено д. б. н. О. І. Рибалкою (Селекційно-генетичний інститут, м. Одеса). Рослини  $F_1$  вирощені в 2008–2009 р. на дослідній ділянці с. Гатне широкорядним посівом 1,2 м рядами блоками в трьох повтореннях. Відстань між рядами — 30 см, між рослинами в ряду — 5 см. Відмічали число продуктивних стебел та масу зерна з рослини, проводили аналіз по 43–54 колосів за наступними ознаками: число квіток у колосі,

число зерен з колоса, маса зерна з колоса, озерненість колоса. Для дослідження частоти передачі транслокації 1AL/1RS типу Amigo аналізували зерна  $F_2$  від схрещень Золотоколоса  $\times$  GLI-A1-1 (538 зерен  $F_2$ ), GLI-A1-1  $\times$  Смуглянка (335 зерен), реципрокних схрещень Пана  $\times$  Колумбія (330 зерен), Смуглянка  $\times$  Лелека (200 зерен), Смуглянка  $\times$  Безоста 1 (267 зерен). Сорти Смуглянка та Золотоколоса також мають 1AL/1RS транслокацію. GLI-A1-1 — майже ізогенна лінія за гліадиновим локусом Gli-A1, створена д. б. н. М. М. Копусем на основі сорту озимої м'якої пшениці Безоста 1 [16].

Для створення популяції рекомбінантно-інбредних ліній від схрещення з участю форм з пшенично-житніми 1BL/1RS і 1AL/1RS транслокаціями вирощували широкорядним посівом популяцію рослин  $F_2$  від реципрокного схрещення Б16  $\times$  AR. З кожної рослини відбирали по одному колосу, з якого по одному зерну використовували для отримання рослин наступного покоління. Решту зерен колоса зберігали як страховий запас. Таким чином отримано популяцію ліній покоління  $F_6$ . Проаналізовано 151 лінію даної популяції. Паралельно пересівали популяцію зерен  $F_2$  суцільним посівом до отримання популяції зерен  $F_5$ .

Електрофорез гліадинів окремих зернівок проводили в кислому середовищі в 10 % поліакриламідному гелі [4]. Маркером транслокацій є присутність на електрофореграмі спирторозчинних білків зерна секалінових компонентів, кодованих генами локусу *Gli-R1*. Маркером 1BL/1RS транслокації типу Кавказ є присутність блоку компонентів, кодованих алелем, позначеним *Gli-B1l* або  $I^K$  (Gli-B1-3) [17, 18], а маркером 1AL/1RS транслокації типу Amigo — блоку компонентів, позначеного *Gli-A1w* або  $w^A$  (Gld 1A17) [4, 19]. Генотип лінії Б-16 за досліджуваними маркерними локусами: *Gli-A1x Gli-B1l*. Генотип лінії 7086 AR: *Gli-A1w Gli-B1e*. Електрофорезом аналізували 3–10 окремих зерен з кожної рослини РІЛ  $F_6$  та біля 400 зерен з популяції зерен  $F_5$ .

Достовірність різниці між середніми значеннями ознак визначали за допомогою t-критерію, для аналізу розщеплень використовували критерій [20].

**Результати і обговорення.** 1BL/1RS транслокація несе ген стійкості до стеблової іржі *Sr31* [11], який до недавнього часу був ефективним до всіх відомих рас. Однак з появою нової раси стеблової іржі Ug99, яка долає даний ген стійкості [21], актуальним є створення сортів, що несуть гени стійкості, ефективні до даної раси. Одним з таких генів є ген *Sr1RS<sup>Amigo</sup>*, що знаходиться в складі транслокації 1AL/1RS від сорту Amigo. Житню 1AL/1RS транслокацію, що походить від сорту Amigo, уже ідентифіковано і у сортів української селекції (Експромт, Колумбія, Смуглянка, Княгиня Ольга та ін.) [22]. При цьому необхідно мати на увазі, що вірулентність до *Sr1RS<sup>Amigo</sup>* може існувати в інших расах, відмінних від Ug99 (зокрема TRTT) [13]. Досі залишається не

дослідженим, чи гени стеблової іржі на даних житніх транслокаціях є алельними. У випадку неалельності може бути потенціальна можливість поєднання генів *Sr31* та *Sr1RS<sup>Amigo</sup>* в одній транслокації. Для одержання ліній з рекомбінантним плечем 1RS з новими поєднаннями генів стійкості до хвороб та інших господарчо важливих генів нами створено популяцію рекомбінантно-інбредних ліній  $F_6$  від схрещення з участю форм з житніми 1BL/1RS і 1AL/1RS транслокаціями.

Для створення сортів пшениці з новими поєднаннями житніх генів через рекомбінацію між різними транслокаціями (1AL/1RS і 1BL/1RS) попередньо проводили дослідження озерненості гібридів з двома житніми транслокаціями: від реципрокного схрещення М67 х Колумбія і реципрокного схрещення Б16 х АР. Озерненість гібридів  $F_1$  (кількість зерен на квітку) була майже в два рази нижчою у комбінації схрещення Колумбія х М67, ніж у комбінації АР х Б16 (табл. 1). При цьому гібриди  $F_1$  від схрещення Колумбія х Миронівська 67 характеризувались меншою масою зерна з рослини і з колоса, кількістю зерен в колосі, ніж гібриди АР х Б16 при однаковій кількості продуктивних стебел з рослини (табл. 1). Тому для створення популяції РІЛ вибрано реципрокну комбінацію схрещення Б16 х АР.

Таблиця 1

Відмінності між середніми значеннями ознак за t-критерієм у гібридів  $F_1$  від реципрокних комбінацій схрещення М67 х Колумбія і Б16 х АР

Ознака	М67 х Колумбія	АР х Б16	Різниця середніх
Число продуктивних стебел	8,22 ± 0,41	8,94 ± 0,71	0,71
Маса зерна з рослини	5,58 ± 0,33	15,31 ± 1,48	9,73**
Число квіток у колосі	78,00 ± 1,70	84,28 ± 1,86	6,28*
Число зерен з колоса	27,10 ± 0,76	53,88 ± 1,45	26,78**
Число зерен/квітку	0,353 ± 0,010	0,635 ± 0,006	0,282**
Маса зерен з окремого колоса	1,60 ± 0,08	2,74 ± 0,10	1,15**

Примітка: \* достовірні відмінності при \*P < 0,05; \*\* P < 0,001.

Результати аналізу 151 РІЛ покоління  $F_6$  від схрещення Б16 х АР за маркерними локусами *Gli-A1* та *Gli-B1* показано в таблиці 2.

У дослідженій популяції РІЛ 38 ліній не мали жодної житньої транслокації. Решта ліній були гомозиготними або гетерозиготними з принаймні однією транслокацією. Серед РІЛ з транслокаціями у 21 лінії було ідентифіковано рекомбінантні плечі 1RS, з них 11 РІЛ з однією транслокацією в гомозиготному стані (8 %). У першій групі таких ліній при наявності компонента, кодованого алелем *Gli-A1x*, в електрофоретичному спектрі гліадинів були присутні секаліни як у сорту *Amigo*, кодовані алелем *w<sup>A</sup>*, проте в положенні 1BL/1RS, про що свідчить відсутність компонентів, кодованих *Gli-B1e* (рис., доріжка 6). У другій групі таких ліній на електрофореграмах гліадинів

одночасно спостерігались продукти експресії алеля *Gli-B1e* та блоку секалінів типу Кавказ ( $I^K$ ) при відсутності компонента, кодованого *Gli-A1x*, тобто секаліновий алель  $I^K$  типу Кавказ виявився у складі транслокації 1AL/1RS (рис., доріжка 3). Отже з використанням маркерних локусів *Gli-A1*, *Gli-B1* та секалінового локусу *Gli-R1* (*Sec-1*) виявлено рекомбінантні плечі 1RS у біля 10 % РІЛ. Близьку частоту рекомбінації між 1RS у складі різних транслокацій (9 %) виявлено і при аналізі вибірки зерен популяції  $F_5$  Б16 х AR, яку одержано пересівом популяції зерен  $F_2$ . Серед 394 проаналізованих окремих зернівок  $F_5$  у 35 виявлено секаліни, кодовані алелем  $w^A$  типу Amigo в положенні 1BL/1RS.

Таблиця 2

Чисельність генотипів РІЛ  $F_6$  Б16 х AR за маркерними локусами

Хромосома, локус 1AL/1AS (1AL/1RS) <i>Gli-A1</i> ( <i>Gli-R1</i> )	1BL/1BS (1BL/1RS) <i>Gli-B1</i> ( <i>Gli-R1</i> )						разом
	<i>e.e</i>	$I^K.I^K$	<i>e.I^K</i>	$w^A.w^A$	$I^K.w^A$	<i>e.w^A</i>	
<i>x.x</i>	38	23	3	3	1		68
$w^A.w^A$	47	11			2	1	61
<i>x.w^A</i>	5	1	2				8
$I^K.I^K$	8	1					9
$I^K.w^A$	2						2
<i>x.I^K</i>	2		1				3
Разом	102	36	6	3	3	1	151

$I^K$  — алель за локусом *Gli-R1* типу Кавказ;  $w^A$  — алель за локусом *Gli-R1* типу Amigo. Жирним виділено генотипи з ідентифікованим рекомбінантним плечем 1RS.

Було проаналізовано співвідношення кількості генотипів (гомозигот) з транслокацією та без неї (без врахування вищезгаданих генотипів з рекомбінантними плечами 1RS, замаркованими алелями секалінових локусів) серед РІЛ покоління  $F_6$  та популяції зерен  $F_5$  (табл. 3).

Спостерігалась знижена ( $P < 0,01$ ) частота генотипів з транслокацією 1BL/1RS, промаркованою секалінами типу Кавказ (*Gli-B1*).

Основною причиною цього явища є, перш за все, знижена частота (40 %) передачі через пилкові зерна транслокації 1BL/1RS, як було показано раніше [23–25], що приводить до суттєвого зниження частки рослин-гомозигот за транслокацією у поколінні  $F_2$ . У той же час, співвідношення генотипів з транслокацією 1AL/1RS, промаркованою секалінами типу Amigo, та без цієї транслокації (з пшеничним алелем *Gli-A1x*) відповідає співвідношенню 1:1, що вказує на відсутність зниження частоти передачі транслокації 1AL/1RS типу Amigo через гамети у гібридів, на відміну від 1BL/1RS типу Кавказ.

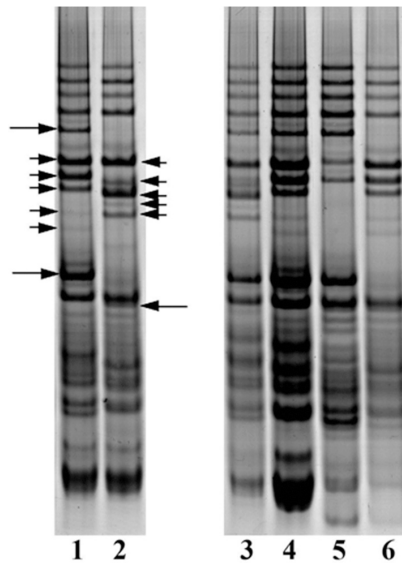


Рис. Електрофореграма гліадинів зернівок з РІЛ  $F_6$  B16 x AR. 1, 4 — лінії з транслокацією 1AL/1RS з секалінами типу Amigo, довгими стрілками позначено компоненти, кодовані алелем *Gli-B1e*, короткими — кодовані алелем *Gli-A1w<sup>A</sup>* (блок секалінів типу Amigo); 2 — лінія з транслокацією 1BL/1RS з секалінами типу Кавказ, довгою стрілкою позначено компонент, кодований алелем *Gli-A1x*, короткими — кодовані алелем *Gli-B1l* (блок секалінів типу Кавказ); 3 — лінія з транслокацією 1AL/1RS з секалінами типу Кавказ; 5 — лінія без житніх транслокацій; 6 — лінія з транслокацією 1BL/1RS з секалінами типу Amigo

Таблиця 3

Співвідношення чисельностей генотипів за локусами *Gli-A1* та *Gli-B1* у РІЛ та популяції зерен  $F_5$  від схрещення B16 x AR

Популяція	Gli-A1			Gli-B1		
	x.x	w.w	$\bar{x}^2(1:1)$	e.e	l.l	$\bar{x}^2(1:1)$
РІЛ $F_6$	68	61	0,4	102	36	31,6*
Популяція зерен $F_5$	188	166	1,4	236	84	72,2*

\*  $P < 0,01$ .

Це припущення було підтверджено аналізом зерен  $F_2$  від комбінацій схрещення з участю сорту з житньою 1AL/1RS транслокацією типу Amigo (Золотоколоса, Смуглянка, Колумбія) (табл. 4). Розщеплення за локусом *Gli-A1* у зерен з рослин  $F_1$  від схрещень з участю сортів пшениці озимої м'якої з 1AL/1RS транслокацією відповідає очікуваному менделівському розщепленню в  $F_2$ . Чисельності гамет з 1AL/1RS транслокацією істотно не відрізняються від чисельності гамет без транслокації, що свідчить про відсутність відхилень у передачі цієї транслокації як через чоловічі, так і через жіночі гамети. Ці результати не узгоджуються з опублікованими раніше даними про знижену частоту передачі транслокації 1AL/1RS типу Amigo через гамети [26].

Таблиця 4

Розщеплення за локусом *Gli-A1* з врахуванням дози гена у зерен  $F_2$  від схрещень з участю сортів пшениці озимої м'якої з 1AL/1RS транслокацією

Комбінація схрещення	Число зерен з генотипом за <i>Gli-A1</i>				$\bar{\chi}^2$ (1:1:1:1)
	m.m.m	m.m.w	w.w.m	w.w.w	
Золотоколоса × GLI-A1-1	141	136	132	129	0,60
GLI-A1-1 × Смуглянка	77	93	88	77	2,33
	b.b.b	b.b.w	w.w.b	w.w.w	
Безоста 1 × Смуглянка	69	56	63	79	4,27
	g.g.g	g.g.w	w.w.g	w.w.w	
Лелека × Смуглянка	42	45	45	43	0,15
Колумбія × Панна	89	75	94	72	4,13

Отже, нами виявлено суттєві відмінності у передачі житніх транслокацій 1BL/1RS і 1AL/1RS через гамети, що полягають у відсутності відхилень у передачі 1AL/1RS транслокації типу Amigo через жіночі і чоловічі гамети у гібридів пшениці, гетерозиготних за присутністю транслокації.

Серед 151 РІЛ  $F_6$  Б16 × AR ідентифіковано 11 ліній з одночасною присутністю двох різних пшенично-житніх транслокацій. У потомстві цих ліній можна очікувати зниження озерненості та нестабільності через кон'югацію 1RS у складі транслокацій 1BL/1RS і 1AL/1RS у мейозі.

Отже, серед проаналізованих РІЛ 38 ліній не мали житніх транслокацій, 14 ліній були гетерогенними за присутністю транслокацій. Решта ліній є носіями житніх транслокацій — 27 ліній мали житню транслокацію на хромосомне плече 1BL, 57 — житню транслокацію на плече 1AL, у 15 ліній ідентифіковано по дві транслокації — на плечах 1BL і 1AL. Аналіз за алелями секалінового локусу дозволив виявити генотипи, що виникли в результаті рекомбінації між короткими плечами 1RSKавказ і 1RSAmigo транслокацій 1AL/1RS і 1BL/1RS у біля 10 % РІЛ. Однак решта ліній з житнім плечем потенційно можуть мати рекомбінантні житні транслокації, для аналізу яких потрібно застосовувати ДНК-маркери.

З метою розширення спектра ліній пшениці з рекомбінантними житніми плечами 1RS з потенційно різними комбінаціями генів стійкості до хвороб і шкідників (популяція РІЛ  $F_6$  значно зменшилась до 151 лінії в процесі вирощування через об'єктивні причини — погодні умови) було повторно закладено популяцію  $F_6$  РІЛ зі страхового матеріалу РІЛ  $F_5$  Б16 × AR: популяцію збільшено до 400 ліній.

**Висновки.** Створено популяцію рекомбінантно-інбредних ліній  $F_6$  пшениці м'якої від схрещення з участю форм з житніми 1BL/1RS і 1AL/1RS транслокаціями Б16 × AR. Ідентифіковано низку ліній з рекомбінантними пшенично-житніми транслокаціями, які можуть не-

сти нові комбінації житніх генів стійкості до хвороб та шкідників. Виявлено суттєві відмінності у передачі житніх транслокацій 1BL/1RS і 1AL/1RS через гамети, що полягають у відсутності відхилень у передачі 1AL/1RS транслокації типу Amigo через гамети у гібридів пшениці, гетерозиготних за присутністю транслокації. Показано істотні відмінності в озерненості гібридів від схрещення сортів і ліній з двома пшенично-житніми транслокаціями 1BL/1RS та 1AL/1RS, залежно від комбінації схрещення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rabinovich S. V. Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivars of *Triticum aestivum* L. / S. V. Rabinovich // *Euphytica*. — 1998. — 100. — P. 323–340.
2. Zhang L. Y. Investigation of genetic diversity and population structure of common wheat cultivars in northern China using DArT markers / Zhang L. Y. Liu D. C., Guo X. L., Yang W. L. [et al.] // *BMC Genetics*. — 2011. — 12. — 42. — Режим доступу: <http://www.biomedcentral.com/1471-2156/12/42>.
3. Lerner S. E. Quality and endosperm storage protein variation in Argentinian grown bread wheat. I Allelic diversity and discrimination between cultivars / S. E. Lerner, M. A. Kolman, W. J. Rogars // *Journal of Cereal Science*. — 2009. — 49. — P. 337–345.
4. Kozub N. A. Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine / N. A. Kozub, I. A. Sozinov, T. A. Sobko [et al.] // *Tsitologiya i Genetika*. — 2009. — 43, no. 1. — P. 69–77.
5. Козуб Н. О. Ідентифікація 1AL/1RS транслокації у сортів м'якої пшениці української селекції / Н. О. Козуб, І. О. Созінов, В. Т. Колючий [та ін.] // *Цитология и генетика*. — 2005. — 39, № 4. — С. 20–24.
6. Moreno-Sevilla B. The 1BL/1RS translocation: agronomic performance of F<sub>3</sub>-derived line from a winter wheat cross / B. Moreno-Sevilla, P. S. Baenzinger, C. J. Peterson [et al.] // *Crop. Sci.* — 1995. — 35, № 4. — P. 1051–1055.
7. Villareal R. L. The effect of chromosome 1B/1R translocation on the yield potential of certain spring wheats (*Triticum aestivum* L.) / R. L. Villareal, S. Rajaram, A. Mujeeb-Kazi, E. Del-Toro // *Plant Breed.* — 1991. — 106. — P. 77–81.
8. Howell T. Mapping a region within the 1RS.1BL translocation in common wheat affecting grain yield and canopy water status / T. Howell, I. Hale, L. Jankuloski [et al.] // *Theor. Appl. Genet.* — 2014. — 127. — P. 2695–2709.
9. Ehdale B. Root biomass, water-use efficiency, and performance of wheat rye translocations of chromosomes 1 and 2 in spring bread wheat 'Pavon' / B. Ehdale, R. W. Whitkus, J. G. Waines // *Crop Science*. — 2003. — 43. — P. 710–717.
10. Villareal R. L. The effect of chromosome 1AL/1RS translocation on agronomic performance of 85 F<sub>2</sub>-derived F<sub>6</sub> lines from three *Triticum aestivum* L. crosses / R. L. Villareal, E. del Toro, S. Rajaram, A. Mujeeb-Kazi // *Euphytica*. — 1996. — 89. — 363–369.
11. Mac Gene, Gene Symbols, Gene Classes and References [Електронний ресурс]. — 2013. — Режим доступу: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/2013/GeneSymbol.pdf>



12. Peng J. Molecular mapping of the Russian wheat aphid resistance gene *Dn2114* in wheat / J. Peng, H. Wang, S. D. Haley [et al.] // *Crop Science*. — 2007. — 47. — P. 2418–2429.
13. Singh R. P. Emergence and spread of new races of wheat stem rust fungus: Continued threat to food security and prospects of genetic control / R. P. Singh, D. P. Hodson, Jin Y. [et al.] // *Phytopathology*. — 2015. — 105, no. 7. — P. 872–884.
14. Mater Y. Linkage mapping of powdery mildew and greenbug resistance genes on recombinant 1RS from Amigo and Kavkaz wheat-rye translocations on chromosome 1RS.1AL / Y. Mater, S. Baenziger, K. Gill [et al.] // *Genome*. — 2004. — 47. — P. 292–298.
15. Anygrahwati D. R. Isolation of wheat-rye 1RS recombinants that break the linkage between the stem rust resistance gene *SrR* and secalin / D. R. Anygrahwati, K. W. Shepherd, D. C. Verein [et al.] // *Genome*. — 2008. — 51. — P. 341–349.
16. Копусь М. М. О естественной геногеографии глиадиновых аллелей у озимой мягкой пшеницы / М. М. Копусь // *Селекция и семеноводство*. — 1994. — № 5. — С. 9–14.
17. Созинов А. А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А. А. Созинов. — М.: Наука, 1985. — 272 с.
18. Metakovsky E. V. Gliadin allele identification in common wheat. II Catalogue of gliadin alleles in common wheat / E. V. Metakovsky // *J. Genet. Breed.* — 1991. — 45. — P. 325–344.
19. Собко Т. О. Частота, з якою зустрічаються алелі гліадинкодуючих локусів у сортів м'якої озимої пшениці / Т. О. Собко, Ф. О. Попереля // *Вісник сільськогосподарської науки*. — 1986. — № 5. — С. 84–87.
20. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. — Минск: Высшая школа, 1973. — 320 с.
21. Pretorius Z. A. Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda / Z. A. Pretorius // *Plant Disease*. — 2000. — 84, N 2. — P. 203.
22. Козуб Н. О. Ідентифікація сортів м'якої пшениці, потенційно стійких до раси стеблової іржі UG99, за допомогою біохімічних маркерів / Н. О. Козуб, І. О. Созинов, Г. Я. Бідник [та ін.] // *Захист і карантин рослин*. — 2010. — Вип. 56. — С. 74–81.
23. Rayburn A. L. Inheritance of a 1BL/1RS wheat-rye translocated chromosome in wheat / A. L. Rayburn, D. W. Mornhinweg // *Crop Sci.* — 1988. — 28, N 4. — P. 709–711.
24. Созинов И. А. Сопряженность аллельных состояний гліадин- и глютеин- кодирующих локусов с предзиготическими процессами у озимой пшеницы / И. А. Созинов, Н. А. Козуб // *Цитология и генетика*. — 1993. — 27, № 5. — С. 35–39.
25. Козуб Н. А., Особенность расщепления по аллелям гліадинкодирующего локуса Gli-B1 у гибридов озимой мягкой пшеницы / Н. А. Козуб, И. А. Созинов // *Цитология и генетика*. — 2000. — 34, № 2. — С. 69–76.
26. Rubio P. Meiotic behavior, chromosome stability and genetic analysis of the preferential transmission of 1B-1R, 1A-1R, and 1R(1D) chromosomes in intervarietal hybrids of wheat / P. Rubio, L. Daza, N. Jouve // *Agronomie*. — 1999. — 19. — P. 57–68.

UDC 575.17+575.174.015.3

**Kozub N. A., Sozinov I. A., Blume Ya.B., Sozinov A. A.** Institute of defence of plants

**SOME EFFECTS OF THE WHEAT-RYE TRANSLOCATIONS WITH 1RS IN BREAD WHEAT HYBRIDS AND DEVELOPMENT OF LINES WITH THE RECOMBINANT ARM 1RS**

Population of recombinant-inbred  $F_6$  lines of common wheat from crossing forms with two wheat-rye translocations, 1BL/1RS of the Kavkaz type and 1AL/1RS of the Amigo type, was produced in order to develop genotypes with the recombinant arm 1RS with new combinations of disease and pest resistance genes. About 10 % of lines with recombinant 1RS arms were identified in the population using storage proteins, in particular secalins, as genetic markers. Distinctions in transmission of the translocations 1BL/1RS and 1AL/1RS through gametes were revealed, which consist in the absence of distortion of transmission of the 1AL/1RS translocation through gametes in wheat hybrids heterozygous for the presence of the translocation. Significant differences in seed set of hybrids from crossing varieties and lines with two translocations 1BL/1RS and 1AL/1RS depending on the cross were detected.

УДК 575.17+575.174.015.3

**Козуб Н. А., Созинов И. А., Блюм Я. Б., Созинов А. А.**

**ЭФФЕКТЫ ПШЕНИЧНО-РЖАНЫХ ТРАНСЛОКАЦИЙ С 1RS У ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ И СОЗДАНИЕ ЛИНИЙ С РЕКОМБИНАНТНЫМ ПЛЕЧОМ 1RS**

Создана популяция рекомбинантно-инбредных линий  $F_6$  мягкой пшеницы от скрещивания форм с двумя пшенично-ржаными транслокациями 1BL/1RS типа Кавказ и 1AL/1RS типа Amigo для получения генотипов с рекомбинантным плечом 1RS с новыми сочетаниями генов устойчивости к возбудителям болезней и вредителям. С использованием запасных белков, в частности секалинов как генетических маркеров, идентифицированы в популяции около 10 % линий с рекомбинантными плечами 1RS. Обнаружены отличия в передаче транслокаций 1BL/1RS и 1AL/1RS через гаметы, которые состоят в отсутствии отклонений в передаче 1AL/1RS транслокации типа Amigo через гаметы у гибридов пшеницы, гетерозиготных по присутствию транслокации. Показаны значимые различия в озерненности гибридов от скрещивания сортов и линий с двумя транслокациями 1BL/1RS, 1AL/1RS в зависимости от комбинации скрещивания.