

УДК 633.11:631.52:577.21:576.316:633.14

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ (1В)1R И ТРАНСЛОКАЦИИ 1BL.1RS У ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЦИТОЛОГИЧЕСКИМ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ

© 2012 г. И.И. Моцный<sup>1</sup>, С.В. Чеботарь<sup>2</sup>, Л.В. Сударчук<sup>2</sup>, А.В. Галаев<sup>2</sup>, Ю.М. Сиволап<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноводства и сортоизучения (СГИ–НЦСС), Одесса, Украина, e-mail: motsnyui@gmail.com;

<sup>2</sup> Южный биотехнологический центр НААНУ, Одесса, Украина

Поступила в редакцию 17 ноября 2011 г. Принята к публикации 20 января 2012 г.

Замещение хромосомы 1В пшеницы на хромосому 1R ржи и транслокация 1BL.1RS идентифицированы с помощью цитологического анализа и молекулярных маркеров у оригинальных интрогрессивных линий  $F_{\infty}$ , полученных в результате сложных отдаленных скрещиваний с участием октоплоидного тритикале, твердой пшеницы и производных амфидиплоида (АД) *T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss. С очень низкой частотой (в 0,2–0,3 % материнских клеток пыльцы – МКП) наблюдалась конъюгация между короткими плечами 1BL.1RS и 1В хромосом мягкой пшеницы. Линии с транслокацией были устойчивы, а с целой хромосомой 1R – восприимчивы к листовой и стеблевой ржавчине, что связано с разным происхождением 1R-хромосом, вовлеченных в транслокацию или замещение. У некоторых интрогрессивных линий присутствует ген *Hg1*, контролирующий опушение колоса, переданный от сорта Гостианум 237. Опушение листа сверху, снизу и по краю листовой пластинки обнаружено у нескольких линий. Данные признаки перенесены от АД *T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss и, предположительно, происходят от *Ae. tauschii*.

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum*, цитогенетический анализ, замещение (1В)1R, транслокация 1BL.1RS, устойчивость к видам ржавчины, ДНК-маркеры.

### Введение

Одним из методов обогащения генофонда мягкой пшеницы является интрогрессия генетического материала от родственных видов. Наилучшие практические результаты получены при использовании в селекции пшеницы короткого плеча хромосомы 1R *Secale cereale* L. Данный сегмент хромосомы содержит гены, повышающие адаптивность мягкой пшеницы, в частности *Pm8*, *Yr9*, *Lr26* и *Sr31*, которые тесно сцеплены в коротком плече хромосомы 1R ржи (McIntosh *et al.*, 2008) и происходят от сорта ржи Petkus. Также привнесение хромосомы 1RS в геном пшеницы способствует росту урожайности пшеницы, хотя и снижает качество муки. При этом указанный эффект на адаптивность и урожайность в значительной степени зависит от генотипа и условий выращивания материала (Lelley *et al.*, 2004).

В результате отдаленной гибридизации октоплоидного тритикале АД825 с сортом твердой пшеницы Черномор и последующего переопыления материала производными амфидиплоида (АД) *T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss в отделе генетики СГИ–НЦСС (г. Одесса) создана коллекция первичных интрогрессивных линий, отличающихся высокой устойчивостью к листовой и стеблевой ржавчине, морозостойкостью, высоким содержанием белка и низким качеством зерна, а также опушением листа и колоса (Моцный и др., 2000а, б). Известно, что опушение листовых пластинок и колосковых чешуек контролируется генами *H1* и *Hg* соответственно и является адаптивными признаками в условиях засухи (McIntosh *et al.*, 2008).

Целью настоящего исследования были идентификация замещения хромосомы 1В пшеницы на хромосому 1R ржи и транслокации 1BL.1RS у данных линий с помощью цитологического

анализа и молекулярных маркеров, а также оценка влияния чужеродных интрогрессий на агрономические признаки в изменчивых условиях 2004–2009 гг.

### Материалы и методы

Материалом для исследования послужил набор оригинальных первичных интрогрессивных линий  $F_{\infty}$  ( $2n = 42$ ): Erythrospermum 200/97-2 (в дальнейшем E200/97-2), Erythrospermum 217/97 (E217/97), Hostianum 242/97-1 (H242/97-1), Hostianum 242/97-2 (H242/97-2), Hostianum 273/97 (H273/97), Hostianum 274/97 (H274/97) и ОН232/03, коллекционные сестринские линии Н74/90-245 и Н74/90-258, линия сорта озимой мягкой пшеницы Одесская 267 (Од.267), а также гибриды  $F_1$  между указанными линиями. Большинство первичных интрогрессивных линий были выделены от скрещивания Тритикале (8х) АД825  $\times$  *T. durum* Desf. Черномор после спонтанной гибридизации с коллекционными линиями Н74/90-245 и Н74/90-258 или без нее. Тритикале АД825 – это первичный амфидиплоид (*T. aestivum* L. Гостианум 237  $\times$  *Secale cereale* L. Воронежская СХИ) (Бадаев и др., 1982). Линии Н74/90-245 и Н74/90-258 были созданы в Институте пшеницы и подсолнечника «Добруджа» (Генерал Тошево, Болгария) от ступенчатых скрещиваний АД (*T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss.) с сортами мягкой пшеницы Tom Pouce Blanc, Аврора и Rusalka и получены от д-ра И. Панайотова. Обе линии отличаются высокой устойчивостью к мучнистой росе, листовой и стеблевой ржавчине, опущением листьев, характерным для *Ae. tauschii* (с расположением трихом снизу, сверху и по краю листовой пластинки), и наличием пшенично-ржаной транслокации 1BL.1RS от сорта Аврора (Мощный, Благодарова, 2004).

Материал был оценен на устойчивость к мучнистой росе, листовой и стеблевой ржавчине, наличие опущения колоса и листьев, проанализирован с применением нескольких ДНК-маркеров. Также интрогрессивные линии, Од.267 и гибриды  $F_1$  были цитологически изучены рутинным ацетокарминовым методом (Паушева, 1980). При этом исследования мейоза проводились на материале, зафиксированном в фиксаторе Карнуа (96 % этиловый спирт : хло-

роформ : ледяная уксусная кислота = 6 : 3 : 1). Пыльники окрашивали 2 %-м раствором ацетокармина после предобработки 4 %-ми железоммонийными квасцами. Изучали 8–11 растений каждого образца или комбинации и не менее 30 четких пластинок с растения на стадии метафазы I (МI).

Фитопатологические оценки были выполнены в лаборатории (на стадии проростков) и в поле (на стадии взрослых растений) по интенсивности поражения растений с помощью интегрированной 9-балльной шкалы СЭВ согласно методическим рекомендациям (Методы селекции ..., 1988). Баллы соответствовали интенсивности поражения в процентах: 1 – 100, 4 – 40, 5 – 25, 6 – 15, 7 – 10, 8 – 5, 9 – 0. Оценку устойчивости к мучнистой росе проводили также в фазе всходов в поле поздней осенью, до наступления морозов, по интенсивности поражения отдельного листа. Устойчивость к листовой и стеблевой ржавчине оценивали на фоне природных популяций патогенов, а также на искусственном инфекционном фоне. При этом как в лаборатории, так и при искусственном заражении в поле использовалась смесь популяций рас патогенов, наиболее распространенных в условиях Одессы. Все фенотипические учеты были сделаны в полевых условиях в фазе колошения и цветения. Опущение отмечалось при рассмотрении с помощью увеличительного стекла колосковых чешуек, верхней и нижней поверхности листовой пластинки, края листа у его основания. Аббревиатура генов устойчивости и морфологических признаков приводится в соответствии с каталогом символов генов McIntosh с соавт. (2008).

Общая геномная ДНК была выделена из листового материала взрослых растений и проростков с применением СТАВ-буфера, как описано в методике (Использование ПЦР ..., 1998). С учетом происхождения линий (в родословной был сорт Аврора), наличия устойчивости к мучнистой росе, листовой и стеблевой ржавчине, а также картин мейоза (наличие спутника у одного из унивалентов в MI мейоза у гибридов  $F_1$  от тест-кроссов) в материале предполагалось присутствие транслокации 1BL.1RS или замещения (1B)1R. Поэтому, а также в связи с известным расположением нескольких целевых генов следующие молекулярные маркеры

были выбраны для идентификации: микросателлитные маркеры ржи REMS1303, SR1R003 (Landjeva *et al.*, 2006), секалин-специфичный STS-маркер  $-\omega\text{-sec-P3}+\omega\text{-sec-P4}$  (Chai *et al.*, 2006) и микросателлитные маркеры пшеницы: GWM18 (1BS) (Röder *et al.*, 1998), TAGLUT (1AS) (Devos *et al.*, 1995).

ПЦР проводили при использовании термоджипера «Tercik» (Россия), продукты амплификации анализировали методом электрофореза в 10 %-м ПААГ как описано Сударчук с соавт. (2010). Размеры фрагментов были вычислены при сопоставлении с маркером молекулярной массы pUC 19/ MspI.

Присутствие хромосомных замещений и транслокаций в кариотипе линий было установлено цитологически по мейотическим конфигурациям в метафазе I (M1) гибридов F<sub>1</sub>. Присутствие хромосомы 1RS было установлено по наличию продуктов микросателлитных маркеров ржи и секалин-специфичного STS-маркера. Причем результаты их анализа были суммированы, отсутствие продуктов амплификации по микросателлитному локусу *Xgwm18-1BS* также свидетельствовало в пользу замещения 1B на 1R.

## Результаты и обсуждение

Изучение мейоза в M1 у интрогрессивных линий, а также у гибридов F<sub>1</sub> (E200/97-2 × H242/97-2, H242/97-1 × H242/97-2, OH232/03 × H242/97-2 и H273/97 × H274/97) выявило часто встречаемую высшую ассоциацию хромосом – 21<sup>II</sup><sub>3</sub> у всех 42-хромосомных растений P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> и F<sub>1</sub> и, следовательно, гомогенность и идентичность геномного состава обеих групп линий. Исследование мейоза в M1 у гибридов F<sub>1</sub> от тест-красса с Од.267 выявило 2n = 42 у большинства изученных растений и часто встречаемую высшую ассоциацию хромосом 19<sup>II</sup><sub>3</sub>+1<sup>II</sup><sub>O</sub>+2<sup>I</sup> в комбинации Од.267 × H74/90-245, а также 19<sup>II</sup><sub>3</sub>+2<sup>II</sup><sub>O</sub> в комбинации Од.267 × H74/90-258 (табл. 1). Что касается оригинальных интрогрессивных линий, 20 закрытых бивалентов и 1 открытый бивалент (рис., а) наблюдались в виде высшей ассоциации в МКП гибридов F<sub>1</sub> между Од.267 и линиями E200/97-2, E217/97 (некоторые растения), H242/97-1, H242/97-2 и OH232/03. Следовательно, в кариотипе этих линий присутствует хромосома с транслокацией. У линии E217/97 эта же транслокация находится в гетерозиготном состоянии. Об этом свидетельствует

Таблица 1

Происхождение и результаты ПЦР-анализа изученных линий, а также высшие ассоциации хромосом (ВАХ) в M1 мейоза их гибридов F<sub>1</sub> с Од.267

Материал	Происхождение	ВАХ <sup>b</sup>	1RS-маркеры <sup>c</sup>	<i>Xgwm18</i> 1BS	<i>Taglut</i> 1AS
Од.267	сорт (тестер)	21 <sup>II</sup> <sub>3</sub>	–	186 <sup>d</sup>	126
Коллекционные линии					
H74/90-245	Tom Pouce Blanc × АД ( <i>T. timopheevii</i> /	19 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub> +2 <sup>I</sup>	+	–	137
H74/90-258	<i>Ae. tauschii</i> ) × Аврора × Rusalka	19 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub>	+	–	134
Первичные интрогрессивные линии F <sub>∞</sub>					
E200/97-2 <sup>a</sup>	АД825 × Черномор × (H74/90-245 или H74/90-258)	20 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub>	+	–	135
E217/97		21 <sup>II</sup> <sub>3</sub> или 20 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub>	+/-	182,188	131
H242/97-1		20 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub>	+	–	128
H242/97-2	– « –	20 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub>	+	–	128
H273/97	АД825 × Черномор	19 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub> +2 <sup>I</sup>	+	–	128
H274/97	– « –	19 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub> +2 <sup>I</sup>	+	–	128
OH232/03	Од.267 × H74/90-258	20 <sup>II</sup> <sub>3</sub> +1 <sup>II</sup> <sub>O</sub>	+	–	131

<sup>a</sup> H – Hostianum, E – Erythrosperrum. <sup>b</sup> Нижние индексы: <sub>3</sub> – закрытые биваленты, <sub>O</sub> – открытые биваленты. <sup>c</sup> REMS1303, SR1R003,  $\omega\text{-sec-P3}+\omega\text{-sec-P4}$ ; + присутствие продуктов праймера, – отсутствие продуктов праймера. <sup>d</sup> Размер фрагмента (п.н.).

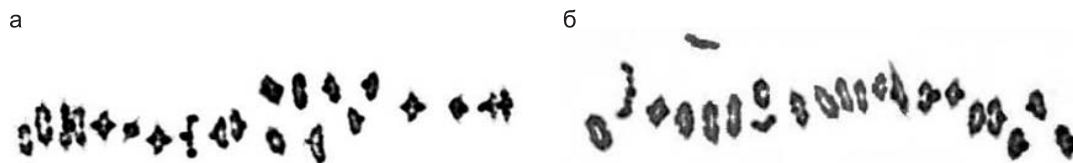


Рис. Высшие ассоциации хромосом в МI мейоза гибридов  $F_1$  от скрещивания Од.267 с (а) линией E200/97-2:  $20^{II}_3+1^{II}_0$ ; (б) линией H273/97:  $19^{II}_3+1^{II}_0+2^I$ .

сравнительно регулярный мейоз ( $21^{II}_3$  высшая ассоциация и высокий уровень конъюгации), который наблюдался у части растений  $F_1$  в тест-кроссе Од.267 × E217/97, а также у остальных растений в комбинации E217/97 × H242/97-2.

У гибридов  $F_1$  (H273/97 или H274/97 × Од.267) независимо от линии обнаружено  $19^{II}_3+1^{II}_0+2^I$  в виде высшей ассоциации (табл. 1, рис., б). В одной клетке наблюдалось  $20^{II}_3+2^I$ . При этом унивалентные хромосомы не конъюгировали между собой ни в одной из 322 изученных клеток, что свидетельствует о наличии у линий H273/97 и H274/97 пшенично-ржаного замещения. Иногда у одного из унивалентов отмечали наличие спутника. Очевидно, этот унивалент был представлен недостающей хромосомой пшеницы (1В или 6В), унаследованной с отцовской гаметой. Кроме замещения, у линий H273/97 и H274/97, видимо, присутствует структурная хромосомная перестройка, затрудняющая конъюгацию гомологичных хромосом у гибридов указанных линий с пшеницей (табл. 1). Практически полное отсутствие мультивалентов у линий и у гибридов  $F_1$  указывает на отсутствие реципрокной транслокации, затрагивающей гомеологичные хромосомы пшеницы. У гибридов  $F_1$  (H273/97 или H274/97 × H242/97-2) высшая ассоциация хромосом в МI мейоза составляла  $20^{II}_3+1^{II}_0$ . Это позволило предположить наличие гомологии между интактной ржаной хромосомой, заместившей пшеничную, и ржаным сегментом транслокации.

Присутствие хромосомы 1RS у оригинальных интрогрессивных и коллекционных линий было установлено по наличию продуктов маркеров REMS1303, SR1R003,  $\omega$ -sec-P3 +  $\omega$ -sec-P4. Отсутствие ПЦР-продуктов по локусу *Xgwm18* (1BS) позволило идентифицировать 1В хромосомное замещение или транслокацию. Детекция ПЦР-продуктов маркера *Taglut* доказывает присутствие хромосомы 1А у всех изученных

линий и свидетельствует в пользу замещения именно хромосомы 1В.

Таким образом, интрогрессивные и коллекционные линии, изученные в настоящем исследовании, имеют замещение хромосомы 1В пшеницы на хромосому 1R ржи или транслокацию 1BL.1RS (табл. 1). Это установлено цитологически и подтверждено с помощью ПЦР-маркеров. По нашему мнению, линиям E200/97-2, H242/97-1, H242/97-2 и OH232/03 транслокация была передана от коллекционных линий H74/90-245 и H74/90-258, куда она попала от сорта Аврора при отборе на устойчивость к видам ржавчины. Следовательно, короткое плечо хромосомы 1R происходит от сорта ржи Petkus. В то же время интактная хромосома 1R, характеризующая кариотип замещенных линий (H273/97 и H274/97), передана через тритикале (8х) АД825 и, следовательно, происходит от сорта ржи Воронежская СХИ. Известно, что такие рекомбинации хромосом иногда случаются при скрещиваниях пшеницы с рожью и тритикале (Bartoš, 1993).

Возможность рекомбинации между короткими плечами хромосом 1R и 1В не обсуждается в литературе. Только использование *ph*-мутантов позволило индуцировать аллосиндез (Koebner, Shepherd, 1986). В настоящем исследовании не наблюдалось ни одного случая конъюгации между интактными хромосомами 1R и 1В в комбинациях H273/97 × Од.267 и H274/97 × Од.267. И напротив, 21 закрытый бивалент был обнаружен в 3 мейотических МКП из 894 (0,3%), изученных у гибридов  $F_1$  от скрещивания Од.267 с интрогрессивными линиями E200/97-2, E217/97 (растения с транслокацией 1BL.1RS), H242/97-1 и H242/97-2. Эта же конфигурация была отмечена в 2 из 801 (0,2%) МКП, изученных у гетерозиготных по транслокации гибридов  $F_1$  E217/97 (растения без транслокации) × H242/97-2 (Motsnyu, 2004).

Следовательно, транслокация 1BL.1RS интрогрессивных линий может конъюгировать с хромосомой 1BS, хотя это явление наблюдается слишком редко для рекомбинации. Полученные результаты противоречат литературным данным (Рибалка и др., 2007) об отсутствии конъюгации телоцентрика 1BS сорта Chinese Spring с транслокацией 1BL.1RS сорта Кавказ.

В зависимости от структуры кариотипа интрогрессивные линии существенно различаются по устойчивости к мучнистой росе, листовой и стеблевой ржавчине, а также по наличию морфологических признаков – опушения колоса или листьев (табл. 2). Линии E200/97-2, H242/97-1, H242/97-2, H74/90-245 и H74/90-258, содержащие транслокацию 1BL.1RS от сорта Аврора, показали высокую устойчивость ко всем изученным болезням, что отчасти детерминировано геномным кластером *Pm8*, *Yr9*, *Lr26* и *Sr31*, тогда как сорт Од.267 был восприимчив. В отдельные годы линии H273/97 и H274/97 были умеренно устойчивы к мучнистой росе, умеренно поражались стеблевой ржавчиной (3–5 баллов), что, видимо, обусловлено варь-

ированием расового состава и интенсивности естественного фона болезней. Наличие умеренной устойчивости может быть связано с присутствием ржаной замещенной хромосомы от тритикале АД825, так как взаимодействие пшеничных и ржаных хромосом часто сопровождается устойчивостью к мучнистой росе и стеблевой ржавчине. Каких-либо иных эффективных генов устойчивости к исследованным болезням данная хромосома явно не содержит, что проявилось в высокой восприимчивости линий к листовой ржавчине (2–3 балла). Линия E217/97 проявляла умеренную устойчивость к мучнистой росе на стадии взрослых растений, а линия ОН232/03 была умеренно восприимчива к стеблевой ржавчине.

При анализе опушения листовой пластинки интрогрессивные линии E217/97, H273/97 и H274/97 были определены как неопушенные, а Од.267 – со слабым опушением на верхней поверхности листа. Обнаружено, что линии E200/97-2, H242/97-1 и H242/97-2 так же, как и коллекционные сестринские линии H74/90-245 и H74/90-258, имеют опушение на верхней и

Таблица 2

Устойчивость к болезням (в баллах) и наличие морфологических признаков у интрогрессивных линий

Материал	Мучнистая роса			Листовая ржавчина			Стеблевая ржавчина	Морфологические признаки	
	Проростки		Взрослые (поле)	Проростки (лаб.)	Взрослые (поле)				
	Лаб.	Поле			Ест.	Иск.	Взрослые (поле)	Hg	H1
Од.267	3	3	3	3	3	1	3–4	–	+
Коллекционные сестринские линии									
H74/90-245	6	7	9	6	6–9	8	8	–	++
H74/90-258	6	8	8	6	7–9	8	8–9	+	++
Интрогрессивные линии F <sub>∞</sub>									
E200/97-2	3(6)	7(6)	8(5)	7(6)	8	8(6)	7–9	–	++
E217/97	3	4	5–6	2	3	2	2	–	+
H242/97-1	6	7	7	6	8	7	7–9	+	++
H242/97-2	6	7	6	6	8	7	7–9	+	++
H273/97	4	6	4–7	2	3–4	2	3–5	+	–(+)
H274/97	4	4	4	2	3–4	2	3–5	+	–
ОН232/03	6	5	8	6	8	7	4–6	–	–

Лаб. – лабораторные данные; Ест. – естественная эпифитотия; Иск. – искусственный инфекционный фон; + слабое опушение листа сверху; ++ опушение листа сверху, снизу и по краю листовой пластинки; – нет опушения; + линия гетерогенная; Hg – опушение колосковых чешуй; H1 – опушение листовых пластинок.



нижней поверхности, а также по краю листовой пластинки у ее основания. Это опушение листа унаследовано от АД (*T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss) и, следовательно, происходит от одной из его составных. Интрогрессивные линии разновидности *Hostianum* имеют короткое редкое опушение колоса, которое было унаследовано от сорта Гостианум 237 – одной из составных тритикале АД825. Это опушение контролируется известным геном *Hg1*, присутствующим у некоторых сортов пшеницы (McIntosh *et al.*, 2008). Линии разновидности *Erythrospermum* были, соответственно, неопушенные.

Таким образом, использование цитологического и молекулярно-генетического анализа позволило идентифицировать замещение хромосомы 1В пшеницы на хромосому 1R ржи и транслокацию 1BL.1RS у оригинальных интрогрессивных линий. При этом с очень низкой частотой наблюдалась конъюгация между короткими плечами транслокации 1BL.1RS и интактной хромосомы 1В мягкой пшеницы. У интрогрессивных линий разновидности *Hostianum* имеется короткое редкое опушение колоса, которое контролируется геном *Hg1* и происходит от сорта Гостианум 237. Несколько линий имеют опушение сверху, снизу и по краю листовой пластинки, которое передано от АД (*T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss) и, предположительно, происходит от *Ae. tauschii*.

### Литература

- Бадаев Н.С., Бадаева Е.Д., Максимов Н.Г. и др. Изменение хромосом ржи в кариотипе тритикале // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267. № 4. С. 953–956.
- Использование ПЦР-анализа в генетико-селекционных исследованиях / Под ред. Ю.М. Сиволапа. Киев: Аграрна наука, 1998. С. 8–33.
- Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ / Л.Т. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Ветхер и др. Прага, 1988. 321 с.
- Мощный И.И., Благодарова Е.М. Наследование устойчивости к болезням и морфологических признаков у гибридов мягкой пшеницы с интрогрессивными линиями // Сб. науч. тр. СГИ-НАЦ СС. Одесса, 2004. Вып. 6 (46). С. 179–193.
- Мощный И.И., Коваль Т.Н., Лыфенко С.Ф. Наследование морозо- зимостойкости отдаленными гибридами пшеницы с амфиплоидами // Цитология и генетика. 2000а. Т. 34. № 6. С. 9–20.
- Мощный И.И., Лыфенко С.Ф., Коваль Т.Н. Наследование признаков устойчивости к грибным болезням отдаленными гибридами пшеницы с амфиплоидами // Цитология и генетика. 2000б. Т. 34. № 2. С. 46–56.
- Паушева Э.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980. 304 с.
- Рибалка О., Литвиненко М., Червоніс М., Топораш І. Поставимо останню крапку в дискусії навколо тритикале сорту Житниця // Зерно і хліб. 2007. № 2 (46). С. 35–37.
- Сударчук Л.В., Чеботарь С.В., Рыбалка А.И., Сиволап Ю.М. Детекция модифицированной транслокации 1RS.1BL с помощью молекулярных маркеров в селекционном материале мягкой пшеницы // Вестник Одесского гос. ун-та (биология), Одесса. 2010. Т. 15. Вып. 6. С. 39–47.
- Bartoš P. Chromosome 1R of rye in wheat breeding // Plant Breeding Abstr. 1993. V. 63. P. 1203–1211.
- Chai J.F., Zhou R.H., Jia J.Z., Liu X. Development and application of a new codominant PCR marker for detecting 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocations // Plant Breeding. 2006. V. 125. P. 302–304.
- Devos K.M., Bryan G.J., Collins A.J. *et al.* Application of two microsatellite sequences in wheat storage proteins as molecular markers // Theor. Appl. Genet. 1995. V. 90. P. 247–252.
- Koebner R.M.D., Shepherd K.W. Controlled introgression to wheat from rye chromosome arm 1RS by inducing allosyn-desis // Theor. Appl. Genet. 1986. V. 73. P. 197–208.
- Landjeva S., Korzun V., Tsanev V. *et al.* Distribution of the wheat-rye translocation 1BL.1RS among bread wheat varieties of Bulgaria // Plant Breeding. 2006. V. 125. P. 102–104.
- Lelley T., Eder C., Grausgruber H. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction // J. Cer. Sci. 2004. V. 39. P. 313–320.
- McIntosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J. *et al.* Catalogue of gene symbols for wheat // Proc. 11th Int. Wheat Genet. Symp. Brisbane, Qld Australia, 24–29 August, 2008. KOMUGI, Integrated wheat Sci. Database: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/top/>
- Motsnyy I.I. Inheritance of alien characteristics in hybrids between *T. aestivum* and wheat introgression lines // Annu. Wheat Newslett. (Kansas State Univ.). 2004. V. 50. P. 178–180.
- Röder M.S., Korzun V., Wendehake K. *et al.* A microsatellite map of wheat // Genetics. 1998. V. 149. P. 2007–2023.

**IDENTIFICATION OF A (1B)1R SUBSTITUTION  
AND 1BL.1RS TRANSLOCATION IN WINTER WHEAT  
INTROGRESSION LINES BY CYTOGENETIC AND MOLECULAR METHODS**

**I.I. Motsnyy<sup>1</sup>, S.V. Chebotar<sup>2</sup>, L.V. Sudarchuk<sup>2</sup>, A.V. Galaev<sup>2</sup>, Yu.M. Sivolap<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Plant Breeding and Genetics Institute, Odessa, Ukraine, e-mail: motsnyyii@gmail.com;

<sup>2</sup> South Plant Biotechnology Center UAAS, Odessa, Ukraine

**Summary**

The (1B) 1R wheat-rye chromosome substitution and 1BL.1RS translocation have been identified in original introgression stocks using cytological and molecular marker analysis. The pairing between short arms of chromosomes 1BL.1RS and bread wheat chromosome 1B is observed at a very low frequency (in 0,2–0,3 % of pollen mother cells). The translocation stocks are resistant to leaf and stem rusts, and the substitution stocks are susceptible because of the different origins of the chromosomes 1R involved in the translocation or substitution. The *Hgl* gene for glume hairiness, inherited from cv. Hostianum 237, has been detected in some introgression stocks. Several stocks show hairiness on the leaf upper surface, lower surface and leaf margin. The character, probably originating from *Ae. tauschii*, was inherited from the synthetic wheat *T. timopheevii* Zhuk./*Aegilops tauschii* Coss.

**Key words:** *Triticum aestivum*, cytogenetic analysis, (1B)1R substitution, 1BL.1RS translocation, rust resistance, DNA markers.