

УДК: 575.222.73:577.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ МЕЖГЕНОМНЫХ ЗАМЕЩЕНИЙ ХРОМОСОМ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКА «ВЫСОТА РАСТЕНИЯ» У ТРИТИКАЛЕ

*Е.А. Сычева, кандидат биологических наук,
тел. +375(17)2841848, E.Sycheva@igc.by
Н.И. Дубовец, доктор биологических наук, доцент, член-
корреспондент НАН Беларуси,
тел. +375(17)2841945, N.I.Dubovets@igc.by
Н.И. Дробот, Е.Б. Бондаревич, Л.А. Соловей
Институт генетики и цитологии НАН Беларуси*

Ключевые слова: Пшенично-ржаные гибриды, хромосомно-замещенные линии, гены короткостебельности.

Представлены результаты изучения высоты растения у рекомбинантных форм гексаплоидных тритикале с интрогрессией хромосом D-генома пшеницы с учетом их геномной структуры и аллельного состояния генов короткостебельности. Установлено, что межгеномные D(A)-, D(B)-замещения хромосом могут оказывать влияние на формирование данного признака у тритикале, искаяя эффект от наличия главных генов короткостебельности в генотипе.

Введение. Дальнейшее развитие селекционной работы с тритикале ставит вопрос о необходимости расширения спектра доступной отбору генотипической изменчивости. В связи с этим в генетико-селекционных программах большое внимание уделяется применению хромосомно-инженерных технологий с целью создания вторичного рекомбинантного материала, характеризующегося высоким уровнем генетического разнообразия. В качестве одного из основных источников для улучшения тритикале рассматривается генный пул D-генома мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., в хромосомах которого локализован ряд значимых для проявления хозяйственно-ценных признаков генов [1-3].

В сообщении представлены результаты анализа высоты растения у рекомбинантных форм гексаплоидных тритикале с интрогрессией хромосом D-генома пшеницы с учетом их геномной структуры и аллельного состояния генов короткостебельности.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования служили линии вторичных рекомбинантных гексаплоидных тритикале

Таблица 1 – Типы межгеномных замещений и аллельный состав генов короткостебельности у пшенично-ржаных гибридов, включенных в рабочую коллекцию

Образец	Комбинация скрещивания	Типы межгеномных замещений хромосом	Аллельный состав генов короткостебельности		
			<i>Rht-B1</i>	<i>Rht8</i>	<i>Ddw1</i>
ВРЛ-1/2015	Лана × ПРЛ-2	1D(1A), 2D(2B)	<i>Rht-B1b</i>	<i>Rht8a</i>	-
ВРЛ-8/2015	Карго × ПРЛ-5	1D(1A), 2D(2B)	<i>Rht-B1a</i>	<i>Rht8a</i>	-
ВРЛ-4/2015	Карго × ПРЛ-6	3D(3A)	<i>Rht-B1b</i>	-	-
ВРЛ-10/2015	Карго × ПРЛ-8	3D(3A)	<i>Rht-B1a</i>	-	-
ВРЛ-5/2015	Карго × ПРЛ-3	1D(1A)	<i>Rht-B1b</i>	-	-
ВРЛ-16/2015	Мешко × ПРЛ-3	1D(1A)	<i>Rht-B1a</i>	-	-
Карго		без замещений	<i>Rht-B1b</i>	-	-
Лана		без замещений	<i>Rht-B1b</i>	-	-
Мешко		без замещений	<i>Rht-B1b</i>	-	-

ПРЛ – первичные рекомбинантные линии гексаплоидных тритикале.

(ВРЛ) с интрогрессией хромосом D-генома пшеницы в виде D(A)- и D(B)-замещений селекции Института генетики и цитологии НАН Беларуси. В рабочую коллекцию включены пары ВРЛ с одинаковым кариотипом и различным аллельным составом генов короткостебельности, а также сорта яровых гексаплоидных тритикале Карго, Лана, Мешко, использованные в качестве родительских форм при создании ВРЛ (таблица).

Линии были предварительно кариотипированы с использованием варианта метода дифференциального окрашивания хромосом по Гимза (С-бэндинг) [4], имели стабильный одновариантный кариотип с интрогрессией хромосом D-генома пшеницы в дисомном состоянии. Ржаной компонент кариотипа всех ВРЛ был представлен диплоидным набором хромосом ржи. Случаев замещений или перестроек хромосом ржи не выявлено.

Для определения аллельного состава генов короткостебельности *Rht-B1b* и *Rht8* использовались праймеры в модификации Zhang X. et al. [5]. Наличие гена *Ddw1* определялось с помощью микросателлитного маркера REMS1218 [6].

Таблица 2 - Характеристика высоты растения у вторичных рекомбинантных форм гексаплоидных тритикале и их родительских форм

Наименование сорта/линии	Высота растения, см	F	p
ВРЛ-1/2015	91,23±1,27	12,84636	0,00694
ВРЛ-8/2015	84,00±1,57		
Лана	87,87±2,03	1,97740*	0,16499*
Карго	90,38±1,62	0,17043*	0,68125*
ВРЛ-4/2015	109,7±2,08	23,00112	0,000012
ВРЛ-10/2015	95,33±2,16		
Карго	90,38±1,62	53,57628*	8,51E-10*
ВРЛ-5/2015	88,2±2,15	13,03012	0,00064
ВРЛ-16/2015	97,53±1,43		
Карго	90,38±1,62	0,65521*	0,42157*
Мешко	85,6±1,97	0,79411*	0,37654*

* анализировали различия между родительскими сортами и ВРЛ, несущей аллель *Rht-B1b*

Результаты исследований и их обсуждение. Как видно из данных таблицы 2, сорта яровых гексаплоидных тритикале Карго, Мешко и Лана, использованные в качестве родительских форм при создании вторичных рекомбинантных линий тритикале, являлись относительно низкорослыми, что обусловлено присутствием у них аллеля короткостебельности *Rht-B1b* в гомозиготном состоянии.

Высота растения у данных форм находилась в интервале 85,6 – 90,38 см и в среднем составляла 87,95 см. Все замещенные формы тритикале (за исключением ВРЛ-8/2015) вне зависимости от аллельного состава гена *Rht-B1* по высоте растения превосходили средний показатель по коммерческим сортам тритикале на 0,25 – 21,75 см.

Линия ВРЛ-8/2015 с 1D(1A), 2D(2B)–замещениями хромосом, несмотря на наличие дикого аллеля *Rht-B1a*, по величине признака «высота растения» была на 6,38 см ниже родительского сорта Карго и на 3,95 см ниже среднего показателя по сортам тритикале без замещений. Парная ей линия ВРЛ-1/2015 с аналогичным хромосомным составом и ал-

лелем короткостебельности *Rht-B1b* характеризовалась высотой 91,23 см, что на 7,23 см больше, чем у линии ВРЛ-8/2015. В целом обе линии с 1D(1A), 2D(2B) –замещениями хромосом отличались низкорослостью и были близки по высоте растения к коммерческим сортам тритикале.

Таким образом, следует предположить, что, в отличие от ВРЛ-1/2015, у которой низкорослость связана с наличием гена *Rht-B1b*, короткостебельность линии ВРЛ-8/2015 обусловлена иными генетическими факторами. Как известно, на хромосоме 2D мягкой пшеницы находится ген *Rht8*, мутантный аллель которого *Rht8c* также обуславливает существенное снижение высоты растения. Однако результаты генотипирования линий ВРЛ-8/2015 и ВРЛ-1/2015 показали, что в нашем экспериментальном материале присутствует аллель *Rht8a* (165 п.н.), не коррелирующий с короткостебельностью. Вместе с тем в литературе имеются данные о том, что интрогрессия хромосомы 2D в геном тритикале сама по себе вызывает значительное снижение высоты растения и ее наличие может компенсировать отсутствие гена *Rht-B1b* у селекционных форм [7]. Наблюдаемый эффект также может быть связан с влиянием гена нечувствительности к фотопериоду *Ppd-D1*, который локализован в хромосоме 2D. По имеющимся данным [46] наличие аллеля *Ppd-D1a* снижает высоту растения в среднем на 10 см. Между тем, следует учитывать и влияние ржаного компонента кариотипа. Из пяти типов короткостебельности, выделенных на данный момент у ржи, в нашем исследовании учитывались только данные генотипирования по наиболее значимому для селекции гену *Ddw1*, что не исключает влияния на проявление признака других генетических детерминант, особенно, если принять во внимание происхождение линии ВРЛ-1/2015 и ВРЛ-8/2015 из различных комбинаций скрещивания.

Сравнение по высоте растения в паре образцов ВРЛ-5/2015 и ВРЛ-16/2015 с 1D(1A)–замещением хромосом, показало, что линия ВРЛ-5/2015 с аллелем короткостебельности *Rht-B1b* на 9,33 см ниже линии ВРЛ-16/2015, содержащей аллель *Rht-B1a* ($p < 0,05$). Это свидетельствует о том, что интрогрессия хромосомы 1D в геном гексаплоидных тритикале не оказывает влияния на формирование признака «высота растения», и в данном случае наблюдается исключительно эффект от наличия аллеля короткостебельности *Rht-B1b*.

Анализ по данному признаку в паре линий ВРЛ-4/2015 и ВРЛ-10/2015 с 3D(3A)-замещением показал, что ВРЛ-4/2015 с аллелем *Rht-B1b* на 14,37 см превосходила по высоте линию ВРЛ-10/2015 с идентичным хромосомным составом, несущую дикий аллель *Rht-B1a*. Следует

отметить, что линия ВРЛ-10/2015, хотя и была более низкорослой, чем ВРЛ-4/2015, на 4,95 см превосходила по высоте родительский сорт Карго. В свою очередь растения линии ВРЛ-4/2015 были выше растений сорта Карго в среднем на 19,32 см. Несмотря на наличие аллеля короткостебельности *Rht-B1b*, их высота достигла 109,7 см, что может быть связано с рекомбинантной природой линейного материала и наличием 3D(3A)-замещения хромосом.

Заключение. Таким образом, на основании полученных данных можно сделать заключение, что межгеномные D(A)-, D(B)-замещения хромосом у тритикале могут оказывать влияние на формирование признака «высота растения», искажая эффект от наличия главных генов короткостебельности в генотипе. Выявленные эффекты необходимо учитывать при использовании хромосомно-инженерных подходов в селекции данной культуры на устойчивость к полеганию.

Библиографический список

1. Создание коллекции хромосомно-замещенных линий гексаплоидных тритикале и ее использование в практической селекции и цитогенетических исследованиях / Н.И. Дубовец [и др.] // Молекулярная и прикладная генетика: сб. науч. тр. / Ин. генетики и цитологии НАН Беларуси ; редкол. : А.В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2010. – Т. 11. – С. 111-119.
2. Effective transfer of chromosomes carrying leaf rust resistance genes from *Aegilops tauschii* Coss. into hexaploid triticale (*X Triticosecale* Witt.) using *Ae. tauschii* × *Secale cereale* amphiploid forms / M. Kwiatek [et al.] // J. Appl. Genet. – 2015. – Vol. 56, № 2. – P. 163-168.
3. The effect of introgressions of wheat D-genome chromosomes into 'Presto' triticale / H. Budak [et al.] // Euphytica. – 2004. – Vol. 137, № 2. – P. 261-270.
4. Бадаева, Е.Д. Изменение хромосом ржи в кариотипе тритикале : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.15. – М., 1984. – 181 л.
5. Distribution of the *Rht-B1b*, *Rht-D1* and *Rht8* reduced height genes in autumn-sown Chinese wheats detected by molecular markers / X. Zhang [et al.] // Euphytica. – 2006. – Vol. 152, №1. – P. 109–116.
6. Tenhola-Roininen, T. Tagging the dwarfing gene *Ddw1* in a rye population derived from doubled haploid parents / T. Tenhola-Roininen, P. Tanhuanpaa // Euphytica. – 2010. – Vol. 172, №3 – P. 303-312.
7. Куркиев, К.У. Характер наследования признака высота растения у образцов гексаплоидного тритикале / К.У. Куркиев // Исходный материал зерновых, овощных культур и проблемы селекции в условиях Южного Дагестана: Труды

ды по прикладной ботанике, генетике и селекции – СПб.:ВИР. - 2000. - № 158. - С. 83–87.

INVESTIGATION OF EFFECTS OF INTERGENOME CHROMOSOME SUBSTITUTIONS FOR MANIFESTATION OF THE “PLANT HEIGHT” TRAIT IN TRITICALE

*Sycheva Y.A., Dubovets N.I., Drobot N.I.,
Bondarevich Y.B., Solovey L.A.*

Key words: *Wheat-rye hybrids, chromosome-substituted lines, dwarfing genes.*

The study results on the plant height in recombinant forms of hexaploid triticale with introgression of D-genome chromosomes of wheat presented, considering their genome structure and allelic state of dwarf genes. It was determined that D (A)-, D (B)-chromosome substitutions may affect the trait formation in triticale, distorting the effect due to the presence of key dwarf genes in the genotype.