

ОСОБЕННОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИНИЙ СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ОМСКАЯ 37, НЕСУЩИХ ПШЕНИЧНО-РЖАНУЮ ТРАНСЛОКАЦИЮ 1RS.1BL

И.А. Белан¹, Л.П. Россеева¹, Н.В. Трубачеева², Т.С. Осадчая², О.В. Дорогина³,
Е.В. Жмудь³, Ю.В. Колмаков¹, Н.П. Блохина¹, Л.А. Кравцова², Л.А. Першина^{2,4}

¹ Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Сибирского отделения РАСХН, Омск, Россия;

² Учреждение Российской академии наук Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: pershina@bionet.nsc.ru;

³ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия;

⁴ Новосибирский государственный университет, кафедра цитологии и генетики,
Новосибирск, Россия

Изучены особенности линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, у которых на основе геномной *in situ* гибридизации выявлено присутствие пшенично-ржаной транслокации 1RS.1BL. Эта транслокация передана сорту Омская 37 от сорта пшеницы Кавказ. В полевых условиях проведена оценка урожайности, качества зерна и устойчивости к листовым патогенам выделенных линий по сравнению с сортом Омская 37. Все линии характеризовались высокой устойчивостью к бурой ржавчине. Из 20 изученных линий выделено 5 линий, характеризующихся комплексной устойчивостью к листовым патогенам, урожайностью и высоким качеством зерна. Эти линии рассматриваются как наиболее перспективные для дальнейшего использования в селекции. Проведено сравнительное изучение содержания активного ингибитора трипсина в зерне линий сортов Омская 37, Омская 29 и Омская 38, несущих пшенично-ржаную транслокацию, и линий яровой мягкой пшеницы, полученных с участием сорта пшеницы Кавказ, но не имеющих пшенично-ржаной транслокации. Показано, что присутствие пшенично-ржаной транслокации в кариотипе изученных линий яровой мягкой пшеницы не оказывает влияния на увеличение содержания активного ингибитора трипсина в зерне. Таким образом, короткое плечо хромосомы ржи 1RS сорта Petkus, входящее в состав пшенично-ржаной транслокации, не снижает питательной ценности зерна, охарактеризованной по показателю содержания активного ингибитора трипсина.

Ключевые слова: мягкая пшеница, GISH, пшенично-ржаная транслокация, хозяйственно ценные признаки.

Введение

Один из подходов к увеличению генетического разнообразия мягкой пшеницы основан на интрогрессивной гибридизации, обеспечивающей перенос новых генов в геном пшеницы от ее дикорастущих сородичей или других культурных видов Triticeae (Jiang *et al.*, 1994). В этом отношении интерес представляет рожь посевная *Secale cereale* L., которая, являясь ценной продовольственной культурой (Попов, 2009), используется в скрещиваниях с пшеницей для создания как тритикале, так и пшенично-ржа-

ных замещенных и транслоцированных линий (Lukaszewski *et al.*, 1982; Щапова, Кравцова, 1990). К настоящему времени широкое распространение получили сорта мягкой пшеницы, несущие пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL и в меньшей степени транслокацию 1RS.1AL и пшенично-ржаное замещение 1R(1B) (Lukaszewski, 1990; Rabinovich, 1998; Landjeva *et al.*, 2006; Shlegel, 2010).

Компенсационная способность хромосомы ржи 1R по отношению к гомеологичным хромосомам мягкой пшеницы обусловлена тем, что в процессе эволюции эта хромосома в отличие

от большинства других хромосом *S. cereale* не была вовлечена в межхромосомные перестройки (Naranjo, Fernandez-Rueda, 1991; Devos *et al.*, 1993). В результате таких гомеологичных замещений целой хромосомы пшеницы или ее короткого плеча происходит образование цитологически стабильных и фертильных растений (Friebe *et al.*, 1996).

Кроме того, селекционная ценность сортов мягкой пшеницы, несущих транслокации 1RS.1BL и 1RS.1AL, обусловлена устойчивостью растений к биотическим стрессам, что определяется влиянием короткого плеча хромосомы ржи 1RS (McIntosh *et al.*, 1993). Плечо хромосомы ржи в составе транслокации 1RS.1BL, распространенной в более чем 650 сортах мягкой пшеницы, привнесено от ржи сорта Petkus (Schlegel, Korzun, 1997), а в транслокации 1RS.1AL, присутствующей в ее исходном источнике, американском сорте пшеницы Amigo, – от ржи сорта Insave (Graybosch *et al.*, 1999). Из отечественных сортов пшеницы, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL, наиболее известны сорта Кавказ и Аврора, поскольку они использованы в качестве родительских форм при создании большого числа сортов пшеницы в разных регионах мира (Rabinovich, 1998; Shlegel, 2010). Короткое плечо хромосомы ржи 1RS, входящее в состав транслокации 1RS.1BL, содержит гены, контролирующие устойчивость растений к грибным патогенам: бурой ржавчине (*Lr26*), стеблевой ржавчине (*Sr31*), желтой ржавчине (*Yr9*) и мучнистой росе (*Pm8*) (Singh *et al.*, 1990; McIntosh *et al.*, 1993).

Накоплено достаточно доказательств тому, что экспрессия генов, локализованных на коротком плече хромосомы ржи 1RS, зависит от генотипической среды сортов пшеницы (Kim *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2007). Так, в разных регионах с неодинаковой частотой распространены сорта мягкой пшеницы, у которых хромосома 7D несет доминантный ген, супрессирующий экспрессию гена *Pm8* (Hanusova *et al.*, 1996; Zeller, Hsam, 1996; McIntosh *et al.*, 2003). Кроме того, в зависимости от генотипической среды сортов мягкой пшеницы, несущих пшенично-ржаную транслокацию, у растений проявляется засухоустойчивость (Zhou *et al.*, 2007; Hoffmann, 2008), высокая урожайность и повышенное со-

держание белка в зерне (McKendry *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004).

Вместе с тем известно, что рожь не только является источником ценных качеств, но характеризуется с точки зрения ее хозяйственного использования и негативными свойствами. Так, в зерне ржи накапливаются антиметаболиты, снижающие его питательную ценность и отрицательно влияющие на метаболизм животных организмов (Попов, 2009). Среди таких веществ – ингибиторы трипсина, содержание которых в зерне ржи значительно превосходит содержание этих веществ у пшеницы (Мадл, Цен, 1978; Tanner, Reinbergs, 1982). При этом в зерне тритикале (Tanner, Reinbergs, 1982) и у сортов пшеницы, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL, содержание активных ингибиторов трипсина относительно пшеницы может быть повышено (Литвиненко и др., 2002), что связывают с влиянием хромосом ржи. Кроме того, эти результаты привели авторов к заключению, что по активности ингибиторов трипсина в эндосперме зерна можно судить о наличии чужеродного генетического материала в геноме пшеницы (Литвиненко и др., 2002).

Исходя из рассмотренных данных, следует отметить, что потенциал пшенично-ржаной транслокации, в том числе и 1RS.1BL, для создания новых сортов не исчерпан, поскольку его проявление во многом определяется генотипической средой сорта пшеницы. Между тем недостаточно ясно, насколько сильно может оказывать влияние короткое плечо хромосомы 1R ржи посевной на питательную ценность зерна, определяемую по содержанию активного ингибитора трипсина в зерне.

Ранее при изучении сортов яровой мягкой пшеницы, созданных в Западной Сибири (СИБНИИСХ, г. Омск) с участием пшеницы сорта Кавказ, были выявлены сорта, несущие пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL (Трубачева и др., 2011). Некоторые из этих сортов характеризуются проявлением комплекса хозяйственно ценных и адаптивных признаков, которые могут определяться и присутствием пшенично-ржаной транслокации. Такие сорта представляют интерес для дальнейшего использования в селекционном процессе в качестве доноров ценных признаков. Однако ввиду своего происхождения эти сорта характеризуют поли-

морфизм по проявлению ряда морфологических признаков. В связи с этим представляется актуальным выделить из них отдельные линии и в результате их оценки определить наиболее перспективные для селекции.

Настоящая работа посвящена изучению особенностей линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, у которых обнаружено присутствие пшенично-ржаной транслокации 1RS.1BL, по проявлению ряда хозяйственно ценных признаков, в том числе и по содержанию активного ингибитора трипсина в зерне.

Материалы и методы

На разных этапах выполнения в работу были включены линии, выделенные из сортов яровой мягкой пшеницы Омская 20, Омская 30, Омская 33, Омская 35, Омская 29, Омская 37, Омская 38 и Казанская юбилейная, в родословной которых участвовал сорт пшеницы Кавказ, несущий пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL. В работу была также включена линия сорта яровой мягкой пшеницы Омская 9, созданного без участия сорта пшеницы Кавказ. В процессе работы на основании результатов проведенной геномной *in situ* гибридизации (GISH) линии были охарактеризованы на наличие или отсутствие пшенично-ржаной транслокации. GISH-анализ выполнен согласно ранее опубликованной методике (Mukai, Gill, 1991). В качестве зонда для геномной *in situ* гибридизации использовали меченную биотином тотальную ДНК, выделенную из растений ржи посевной *S. cereale*. Для каждой линии яровой мягкой пшеницы было проанализировано от 3 до 10 растений.

При изучении особенностей линий, выделенных из сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, растения выращивали на полях СибНИИСХ (южная лесостепь) в 2008–2009 гг. согласно рекомендациям (Методика ..., 1985). Площадь делянок 10 м², повторность четырехкратная. На естественном фоне изучена устойчивость линий к бурой ржавчине (*Puccinia recondite* f. sp. *tritici*) и мучнистой росе (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) в соответствии с ранее опубликованными методами (Захаренко и др., 2000). Проведена оценка урожайности, массы 1000 зерен, содержания белка и сырой клейковины в зерне, силы муки и объема хлеба (Колмаков, 2007). В

качестве контроля при оценке всех показателей у линий использовали исходный сорт яровой мягкой пшеницы Омская 37.

Для определения содержания активного ингибитора трипсина и белка в зерне линии, выделенные из всех сортов яровой мягкой пшеницы, включенных в работу, выращивали в гидропонной теплице в трехкратной повторности. Содержание активного ингибитора трипсина определяли по методу, при котором в качестве субстрата использовали БАПА (N^a-бензоил-DL-аргинин-п-нитроанилид) (Гофман, Вайсблай, 1975; Методы ..., 1987), а белка в зерне по методу Колмакова (2007). Полученные данные обработаны статистически (Доспехов, 1985).

Результаты и их обсуждение

Выделение линий из сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37. Сорт Омская 37 (селекционный номер Лютесценс 242/97-2) включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации в 2009 г. Его коммерческая ценность определяется высокой и стабильной урожайностью, устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе, высоким качеством зерна (Бойко и др., 2009). Благодаря этим свойствам сорт может быть использован в качестве донора хозяйственно ценных и адаптивных признаков в селекционных программах при создании новых сортов пшеницы.

Однако для сорта Омская 37 характерен полиморфизм по проявлению ряда признаков, в том числе высоте растения, времени колошения, окраске листьев, устойчивости к патогенам. Это может быть обусловлено высоким уровнем межсортовой рекомбинации генома, поскольку сорт Омская 37 получен в результате ступенчатой гибридизации с привлечением экологически отдаленных родительских форм разного происхождения. Так, в родословную сорта Омская 37 входят отечественные сорта пшеницы – озимый сорт Кавказ, яровые сорта Грекум 114, Венец, Омская 20, Омская 24, а также сорта мягкой пшеницы Бургас и Тайфун из Западной Европы. Наличие различных биотипов в сорте Омская 37 предполагает как необходимость, так и возможность выделения из него отдельных линий, характеризующихся комплексом хозяйственно ценных и адаптивных признаков.

Первоначально в результате индивидуального отбора по ряду признаков, определяющих продуктивность растений (форме и длине колоса, числу колосков и зерен в колосе, массе 1000 зерен), из исходного сорта Омская 37 в 2004 г. было выделено свыше 500 линий, включенных в дальнейший селекционный процесс. Среди них на основании результатов изучения продуктивности колоса отобрано 320 линий, из которых было выделено 22 линии, включенные в настоящую работу. По данным предварительной оценки эти линии близки по проявлению морфологических признаков и характеризуются устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе.

Для проверки наличия в кариотипе линий пшенично-ржаной транслокации, выявленной в исходном сорте Омская 37 (Трубачеева и др., 2011), был выполнен GISH-анализ. Установлено, что короткое плечо хромосомы ржи посевной присутствует в составе пары транслоцированных хромосом (рис. 1) у 20 из 22 изученных линий. В кариотипе 2 линий наличия хромосом ржи или их сегментов не обнаружено. Возможно, одна из причин гетерогенности сорта мягкой пшеницы Омская 37 связана с наличием в его составе отдельных биотипов, у которых пшенично-ржаная транслокация отсутствует.

Характеристика линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37. В табл. 1 представлены результаты изучения линий, выращенных

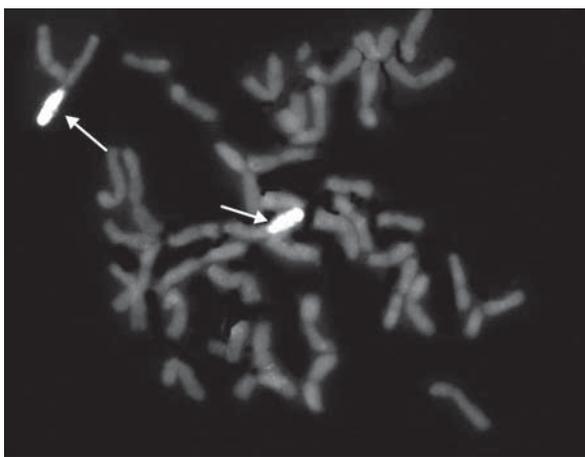


Рис. 1. Пример геномной *in situ* гибридизации для линии Лютесценс 10, выделенной из сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37.

Стрелками указана пшенично-ржаная транслокация.

в полевых условиях 2008 и 2009 гг. По ряду показателей между изученными линиями и исходным сортом пшеницы Омская 37 обнаружены различия. Так, линию Лютесценс 10 (Лют. 10), несущую пшенично-ржаную транслокацию, характеризовала более высокая и стабильная урожайность по сравнению с сортом Омская 37. Средний показатель урожайности у этой линии был достоверно выше, чем у исходного сорта, на 0,35 т/га. Урожайность у линий с пшенично-ржаной транслокацией (Лют. 2, Лют. 9, Лют. 13, Лют. 23, Лют. 34 и Лют. 42) была ниже по сравнению с сортом Омская 37. У остальных линий независимо от наличия пшенично-ржаной транслокации или ее отсутствия урожайность была на уровне исходного сорта Омская 37.

Анализ качества зерна, проведенный по полной схеме технологического анализа, также выявил ряд линий, которые по некоторым показателям отличались от исходного сорта мягкой пшеницы Омская 37, характеризующегося высоким качеством зерна (Колмаков, 2007).

Например, среднее значение массы 1000 зерен у линии Лют. 16, имеющей пшенично-ржаную транслокацию, достоверно ниже, чем у исходного сорта, и составило 32,2 г по сравнению с 37,6 г у сорта Омская 37. Остальные линии имели значения этого показателя на уровне сорта Омская 37. Варьирование массы 1000 зерен у этих линий – от 33,1 г (Лют. 33) до 38,8 г (Лют. 10).

Линия Лют. 16 по сравнению с сортом Омская 37 имела более низкое содержание белка (15,53 %) и сырой клейковины (30,2 %) в зерне. У сорта Омская 37 значения этих показателей зерна были 17,21 % и 33,7 % соответственно. Линия Лют. 27, несущая пшенично-ржаную транслокацию, напротив, характеризовалась достоверно более высоким по сравнению с сортом Омская 37 содержанием белка в зерне (18,48 %) и несколько более высоким содержанием сырой клейковины в зерне (35,7 %). У остальных линий независимо от наличия или отсутствия пшенично-ржаной транслокации содержание белка и сырой клейковины в зерне достоверно не отличалось от соответствующих значений этих показателей качества зерна у сорта Омская 37 (табл. 1).

При сравнении средних значений силы муки и объема хлеба достоверных разли-

Таблица 1

Характеристика линий, выделенных из сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, по урожайности, качеству зерна и устойчивости к листовым патогенам (2008, 2009 гг.)

Сорт, линия	Урожайность, т/га	Устойчивость, балл		Масса 1000 зерен, г	Содержание в зерне, %		Сила муки, е.а.	Объем хлеба, см ³
		к бурой ржавчине	к мучнистой росе		белка	сырой клейковины		
Омская 37	3,31	9	6	37,6	17,21	33,7	519	1020
Лют. 1	3,14	9	7	35,5	16,31	31,4	470	828
Лют. 2	3,00	9	8	34,6	17,13	32,55	495	935
Лют. 9	2,89	9	7	33,8	16,28	31,4	435	800
Лют. 10	3,66	9	8	38,8	16,90	32,1	578	1035
Лют. 13	2,94	9	6	36,0	17,68	34,75	416	1040
Лют. 16	3,05	9	7	32,2	15,53	30,2	416	945
Лют. 8	3,28	8	6	34,1	17,02	32,6	450	835
Лют. 21	3,07	8	7	35,3	16,91	32,65	616	955
Лют. 22	3,08	8	8	33,5	16,32	32,35	572	1000
Лют. 23	2,76	9	8	34,9	17,36	33,5	610	865
Лют. 27	3,37	9	8	37,1	18,48	35,7	635	1005
Лют. 31	3,29	8	9	34,9	17,17	32,65	557	985
Лют. 32	3,17	9	8	37,1	17,77	33,05	621	960
Лют. 33	3,15	9	9	33,1	16,38	34,35	451	950
Лют. 34	3,02	9	7	36,0	16,67	32,2	469	870
Лют. 35	3,21	9	8	35,2	17,21	34,75	504	1030
Лют. 40	3,33	9	8	34,6	17,25	34,45	412	908
Лют. 42	2,78	9	8	33,3	18,13	35,65	605	1013
Лют. 44	3,16	9	8	36,0	17,68	35,7	533	935
Лют. 45	3,49	9	7	33,2	17,26	33	607	1045
Лют. 41*	3,16	9	6	36,2	16,57	33,15	468	985
Лют. 43*	3,13	9	5	38,5	16,62	33,15	530	975
НСР ₀₅	0,27			4,6	1,03	3,07	177	224

Примечание. * Линии, у которых пшенично-ржаная транслокация не выявлена. Соответствие баллов по устойчивости к бурой ржавчине: 9 – иммунные (очень высокая устойчивость); 8 – высокоустойчивые. Соответствие баллов по устойчивости к мучнистой росе: (9–8) – устойчивые; (7–6) – среднеустойчивые, 5 – средневосприимчивые.

чий между сортом пшеницы Омская 37 и выделенными из него линиями обнаружено не было (табл. 1). Вместе с тем следует отметить, что если у сорта пшеницы Омская 37 значение силы муки составило 519 е.а., то у 6 линий, имеющих пшенично-ржаную транслокацию (Лют. 23, Лют. 27, Лют. 32, Лют. 42 и Лют. 45), сила муки была более 600 е.а. Объем хлеба у 7 линий с пшенично-ржаной транслокацией (Лют. 10, Лют. 13, Лют. 22, Лют. 27, Лют. 35, Лют. 42 и Лют. 45) был, как и у исходного сорта, выше 1000 см³.

Проведенная оценка растений на устойчивость к листовым патогенам показала, что все изученные линии, в том числе и линии без пшенично-ржаной транслокации (Лют. 41 и Лют. 43), характеризовались высокой полевой устойчивостью к бурой ржавчине (оценка 8 или 9 баллов).

По устойчивости к мучнистой росе большая часть линий превосходила исходный сорт пшеницы Омская 37, который проявил среднюю устойчивость (6 баллов). Так, 12 линий, несущих пшенично-ржаную транслокацию, характери-

зовались высокой устойчивостью к этому патогену (8 и 9 баллов). Это линии Лют. 2, Лют. 10, Лют. 22, Лют. 23, Лют. 27, Лют. 31, Лют. 32, Лют. 33, Лют. 35, Лют. 40, Лют. 42 и Лют. 44. Остальные 8 линий, имеющие пшенично-ржаную транслокацию, оказались среднеустойчивыми к мучнистой росе (6 и 7 баллов). Что касается линий, у которых пшенично-ржаная транслокация не выявлена, то у одной из них, линии Лют. 41, проявилась средняя устойчивость к мучнистой росе, а другая линия, Лют. 43, оказалась средневосприимчивой (5 баллов).

Обобщая полученные данные по оценке изученных линий по устойчивости к листовым патогенам, урожайности и качеству зерна, можно выделить как наиболее перспективные для дальнейшего селекционного процесса в качестве ценного исходного материала линии, несущие пшенично-ржаную транслокацию, – Лют. 10, Лют. 27, Лют. 32, Лют. 35 и Лют. 45.

Таким образом, изучение линий с пшенично-ржаной транслокацией показало, что и после проведенного отбора их разнообразие по проявлению ряда признаков еще сохраняется, что предполагает различие их генотипической среды. И, как уже подчеркивалось выше, особенности проявления хозяйственно ценных признаков (McKendry *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004), как и устойчивость к мучнистой росе (Zeller, Hsam, 1996), у сортов мягкой пшеницы, имеющих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL, в сильной степени зависит от влияния генотипической среды сортов.

Наличие разных биотипов у сорта пшеницы Омская 37, обуславливающих его гетерогенность, может быть не только результатом межсортовой рекомбинации геномов, но и следствием интрогрессивной гибридизации. Так, сорт яровой мягкой пшеницы Грекум 114, входящий в родословную сорта Омская 37, создавался с привлечением дикого сородича пшеницы – *Agropyron glaucum* (Desf) (Махалин, 1992). При создании сорта Омская 37 источником генетического материала ржи посевной, помимо сорта Кавказ, мог быть и сорт мягкой пшеницы Бургас. Это предположение основано на том, что отдельные сорта из серии сортов Бургас имеют в кариотипе или целую хромосому ржи 1R в замещении 1R(1B) или ее короткое плечо в составе пшенично-ржаной

транслокации 1RS.1BL, как и у сорта пшеницы Кавказ (Schlegel, 2010). Кроме того, сорт мягкой пшеницы Тайфун, присутствующий в родословной сорта Омская 37, относят к сортам, устойчивость которых к мучнистой росе определяется локусами, интрогрессированными от *T. timopheevii* (Sharma, Gill, 1983).

Очевидно, что для сортов мягкой пшеницы, характеризующихся высоким уровнем рекомбинации генов и несущих чужеродный генетический материал, к которым относится и сорт Омская 37, необходимо использовать методы ускоренного создания гомозиготных линий, основанные на культивировании пыльников (Muranty *et al.*, 2002) или скрещивании с гаплопродюсерами (Inagaki, Mujeeb-Kazi, 1998).

Содержание активного ингибитора трипсина в зерне линий яровой мягкой пшеницы.

При выполнении данного раздела исследования проведено изучение трех линий, выделенных из сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37 (Лют. 10, Лют. 16, Лют. 27), и по одной линии сортов пшеницы Омская 9 (Л-9-1), Омская 20 (Л-20-1), Омская 29 (Л-29-1), Омская 30 (Л-30-1), Омская 33 (Л-33-1) Омская 35 (Л-35-1), Омская 38 (Л-38-1) и Казанская юбилейная (Л-КЮ-1). По данным GISH-анализа, линии Л-29-1, Л-38-1, как и линии Лют. 10, Лют. 16, Лют. 27, содержали в своем кариотипе пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL.

В табл. 2 приведены данные изучения содержания активного ингибитора трипсина и белка в зерне. Как следует из этих данных, содержание активного ингибитора трипсина у всех изученных линий мягкой пшеницы было одного порядка и варьировало от $0,1 \pm 0,01$ у линии Лют. 242/97-2-16, несущей пшенично-ржаную транслокацию, до $0,23 \pm 0,02$ линии, выделенной из сорта пшеницы Казанская Юбилейная и характеризующейся отсутствием пшенично-ржаной транслокации.

Сравнение средних значений содержания активного ингибитора трипсина в зерне показывает, что присутствие пшенично-ржаной транслокации в геноме мягкой пшеницы не приводит к повышению активного ингибитора трипсина в зерне изученных линий по сравнению с линиями без пшенично-ржаной транслокации.

Таким образом, полученные в нашей работе результаты не согласуются с данными

Таблица 2

Средние значения содержания активного ингибитора трипсина и белка в зерне линий яровых сортов мягкой пшеницы, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL, и сортов мягкой пшеницы без пшенично-ржаной транслокации

Сорта пшеницы	Линии	Содержание активного ингибитора трипсина, мг/г веса воздушносухой муки	Содержание белка в зерне, %
Омская 29	Л - 29 - 1*	0,18 ± 0,02	18,75
Омская 37	Лют. 10*	0,15 ± 0,02	18,04
	Лют. 16*	0,10 ± 0,01	17,16
	Лют. 27*	0,12 ± 0,01	19,04
Омская 38	Л - 38 - 1*	0,18 ± 0,02	19,40
Омская 9	Л - 9 - 1	0,18 ± 0,02	16,76
Омская 20	Л - 20 - 1	0,18 ± 0,02	18,38
Омская 30	Л - 30 - 1	0,12 ± 0,01	19,55
Омская 33	Л - 33 - 1	0,17 ± 0,02	16,36
Омская 35	Л - 35 - 1	0,13 ± 0,01	17,16
Казанская юбилейная	Л - КЮ - 1	0,23 ± 0,02	17,56

Примечание. * Линии, несущие пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL.

других авторов, обнаруживших более высокие значения содержания ингибиторов трипсина в зерне генотипов мягкой пшеницы, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL, по сравнению с генотипами мягкой пшеницы без транслокации (Литвиненко и др., 2002). Кроме того, в нашей работе не обнаружено корреляции между содержанием белка и содержанием ингибиторов трипсина в зерне ($r = -0,04$), что противоречит данным одних авторов (Литвиненко и др., 1999, 2002), но согласуется с результатами других авторов, также не обнаруживших тесной связи между этими признаками (Tanner, 1982).

Известно, что среди культурных растений наибольшим содержанием ингибиторов трипсина в семенах характеризуются бобовые (Соловьева, 2003). В связи с этим в селекцию в качестве исходного материала вовлекают генотипы с относительно низкой активностью ингибиторов трипсина в семенах. Например, у распространенного сорта гороха посевного Орловчанин, допущенного к использованию в ряде регионов Российской Федерации и Украины, содержание активного ингибитора трипсина составляет 1,45 мг/г (Амелин и др., 2007). В тех же случа-

ях, когда содержание ингибиторов трипсина в семенах на порядок выше, как, например, у многих сортов сои, продукты переработки семян подвергают специальной обработке для снижения активности ингибиторов трипсина. При этом подчеркивается, что допустимый уровень содержания активного ингибитора трипсина в готовых к употреблению пищевых продуктах для детского и диетического питания не должен превышать 5,0 г/кг активного ингибитора трипсина (Соловьева, 2003).

Таким образом, из полученных в нашей работе данных следует, что короткое плечо хромосомы 1R ржи посевной не оказывает отрицательного влияния на питательную ценность зерна мягкой пшеницы, определяемую по содержанию активного ингибитора трипсина.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-00-00598), Комплексного интеграционного проекта СО РАН (№ 28), Программы Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов», грантом Министерства образования и науки РФ (г/к 02.740.11.0277).

Литература

- Амелин А.В., Кондыков И.В., Монахова Н.А. и др. Перспективы селекции гороха полевого на высокую урожайность и качество зерна // Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник науч. тр. Ч. 1. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. С. 43–46.
- Бойко В.Д., Курдюкова Т.А., Черемисина С.П. и др. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2009 год. Инспектура по Ом. обл. Ом. филиал ФГУ «Гос. комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений». Омск, 2009. 140 с.
- Гофман Ю.Я., Вайсблай И.М. Прикладная биохимия и микробиология. 1975. Т. 11. Вып. 5. С. 777–783.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 353 с.
- Захаренко В.А., Медведев А.М., Ерохина С.А. и др. Методика по оценке устойчивости сортов полевых культур к болезням на инфекционном и провакационном фонах. М.: Россельхозакадемия, 2000. 88 с.
- Колмаков Ю.В. Оценка материала пшеницы в селекции и повышение потенциала его качества в зернопроизводстве и хлебопечении. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО Ом ГАУ, 2007. 268 с.
- Литвиненко Н.А., Адамовская В.Г., Вовчук С.В., Бирюкова С.В. Анализ содержания ингибиторов трипсина гибридов F_2 – F_3 и его связь с белковостью зерна озимой мягкой пшеницы // Цитология и генетика. 1999. № 33. С. 33–38.
- Литвиненко Н.А., Адамовская В.Г., Молодченкова О.О., Моцный И.И. Генетическая устойчивость пшеницы к фузариозу и ее связь с активностью ингибитора трипсина в зерне // Цитология и генетика. 2002. № 2. С. 30–34.
- Мадл Р.Л., Цен Х.Л. Ингибиторы трипсина и хитотрипсина из тритикале // Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком / Под ред. Ю.Л. Гужова. М.: Колос, 1978. С. 177–188.
- Махалин М.А. Межродовая гибридизация зерновых колосовых культур. М.: Наука, 1992. 237 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. Вып. 1. М.: Колос, 1985. 269 с.
- Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. 430 с.
- Попов В.А. Рожь зернофуражная: дефекты и эффекты // Аграрный эксперт. 2009. № 2. С. 68–71.
- Соловьева В.Ф. Содержание ингибиторов трипсина в семенах и продуктах переработки зернобобовых // Проблемы харчування. 2003. № 1. С. 34–37.
- Трубачеева Н.В., Россеева Л.П., Белан И.А. и др. Особенности сортов яровой мягкой пшеницы Западной Сибири, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL // Генетика. 2011. Т. 47. № 1. (Принята в печать).
- Щапова А.И., Кравцова Л.А. Цитогенетика пшенично-ржаных гибридов. Новосибирск: Наука, 1990. 161 с.
- Devos K.M., Atkinson M.D., Chinoy C.N. *et al.* Chromosomal rearrangements in the rye genome relative to that wheat // Theor. Appl. Genet. 1993. V. 85. P. 673–680.
- Friebe B., Jiang J., Raupp W.J. *et al.* Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: current status // Euphytica. 1996. V. 91. P. 59–87.
- Graybosch R.A., Lee J.-H., Peterson C.J. *et al.* Genetic, agronomic and quality comparisons of two 1AL.1RS wheat-rye chromosomal translocations // Plant Breeding. 1999. V. 118. P. 125–130.
- Hanusova R., Hsam S.L.K., Bartos P., Zeller F.J. Suppression of powdery mildew resistance gene *Pm8* in *Triticum aestivum* L. (common wheat) cultivars carrying wheat-rye translocation T1BL.1RS // Heredity. 1996. V. 77. P. 383–387.
- Hoffmann B. Alteration of drought tolerance of winter wheat caused by translocation of rye chromosome segment 1R // Cereal Res. Commun. 2008. V. 36. P. 269–278.
- Inagaki M.N., Mujeeb-Kazi A. Production of polyploid of hexaploid wheat using stored pearl millet pollen // Euphytica. 1998. V. 100. P. 253–259.
- Jiang J., Friebe B., Gill B.S. Recent advances in alien gene transfer in wheat // Euphytica. 1994. V. 73. P. 199–212.
- Kim W., Jonson P.S., Baenziger P.S. *et al.* Agronomic effect of wheat-rye translocation carrying rye chromatin (1R) from different sources // Crop Sci. 2004. V. 44. P. 1254–1258.
- Landjeva S., Korzun V., Tsanev V. *et al.* Distribution of wheat-rye translocation 1RS.1BL among bread wheat varieties of Bulgaria // Plant Breeding. 2006. V. 125. P. 102–104.
- Lukaszewski A.J., Gustafson J.P., Apolinarska B. Transmission of chromosomes through the eggs and pollen of triticale \times wheat F_1 hybrids // Theor. Appl. Genet. 1982. V. 63. P. 49–55.
- Lukaszewski A. Frequency of 1RS.1AL and 1RS.1BL translocations in United States wheat // Crop Sci. 1990. V. 30. P. 1151–1153.
- McIntosh R.A., Hart G., Gale M. Catalogue of gene symbols for wheat // Proc. of the 8th Intern. Wheat Genet. Symp. / Eds Z.S. Li, Z.Y. Xin. Beijing, China, 1993. P. 1333–1500.
- McIntosh R.A., Yamazaki Y., Devos K.M. *et al.* Catalogue of gene symbols for wheat / Proc. of the 10th

- Intern. Wheat Genet. Symp. / Eds N.E. Pogna, M. Romano, G. Galterio. Paestum, Italy, 2003. P. 1–6.
- McKendry A.L., Tague D.N., Ross K. Comparative effects of 1BL.1RS and 1AL.1RS on soft red winter wheat milling and baking quality // *Crop Sci.* 2001. V. 41. P. 712–720.
- Mukai Y., Gill B.S. Detection of barley chromatin added to wheat by genomic in situ hybridization // *Genome.* 1991. V. 34. P. 448–452.
- Muranty H., Sourdille P., Bernard S., Bernard M. Genetic characterization of spontaneous diploid androgenetic wheat and triticale plants // *Plant Breeding.* 2002. V. 121. P. 470–474.
- Naranjo T., Fernandez-Rueda P. Homoeology of rye chromosome arms to wheat // *Theor. Appl. Genet.* 1991. V. 82. P. 577–586.
- Rabinovich S.V. Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivars of *Triticum aestivum* L. // *Euphytica.* 1998. V. 100. P. 323–340.
- Schlegel R. Current list of wheats with rye and alien introgression. 2010. V05-08, 1-14. [http://www.desicca.de/Wheat-rye introgression](http://www.desicca.de/Wheat-rye%20introgression).
- Schlegel R., Korzun V. About the origin of 1RS.1BL wheat-rye chromosome translocations from Germany // *Plant Breeding.* 1997. V. 116. P. 537–540.
- Sharma H.C., Gill B.S. Current status of wide hybridization in wheat // *Euphytica.* 1983. V. 32. P. 17–31.
- Singh N.K., Shepherd K. W., McIntosh R.A. Linkage mapping of genes for resistance to leaf, stem and stripe rust and ω -secalins on the short arm of rye chromosome 1R // *Theor. Appl. Genet.* 1990. V. 80. P. 609–616.
- Tanner D.G., Reinbergs E. Genetic analysis of the trypsin inhibitor activity of triticale and rye // *Z. Pflanzenzuchtg.* 1982. Bd. 88. S. 177–184.
- Zeller F.J., Hsam S.L.K. Chromosomal location of a gene suppressing powdery mildew resistance genes *Pm8* and *Pm17* in common wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) // *Theor. Appl. Genet.* 1996. V. 93. P. 38–40.
- Zhou Y., He Z.H., Sui X.X. *et al.* Genetic improvement of grain yield and associated traits in the Northern China winter wheat region from 1960 to 2000 // *Crop Sci.* 2007. V. 47. P. 245–253.

SOME AGRONOMIC IMPORTANT FEATURES OF SPRING WHEAT CULTIVAR OMSKAYA 37 LINES CONTAINING WHEAT-RYE TRANSLOCATION 1RS.1BL

I.A. Belan¹, L.P. Rosseeva¹, N.V. Trubacheeva², T.S. Osadchaya², O.V. Dorogina³, E.V. Zhmud¹, Y.V. Kolmakov¹, N.P. Blokhina¹, L.A. Kravtsova², L.A. Pershina^{2,4}

¹ Siberian Agricultural Research Institute, SB RAAS, Omsk, Russia;

² Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: pershina@bionet.nsc.ru;

³ Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia;

⁴ Novosibirsk State University, Cytology and Genetics Department, Novosibirsk, Russia

Summary

Lines of spring common wheat Omskaya 37 were studied and wheat-rye translocations were detected by genomic in situ hybridization. This translocation had been transferred to Omskaya 37 from wheat cultivar Kavkaz. The assessment of productivity, grain quality, and resistance to leaf pathogens in these lines was carried out in comparison with cv. Omskaya 37. All lines were highly resistant to leaf rust. Five lines of twenty demonstrate multiple resistance to leaf pathogens, productivity, and high grain quality. These lines are considered to be the most promising for further use in breeding. Comparative study of active trypsin inhibitor content in grain was carried out in lines of cvs. Omskaya 37, Omskaya 29, and Omskaya 38, which contain wheat-rye translocation, and in spring common wheat lines without wheat-rye translocations. It was shown that the presence of the wheat-rye translocation in the karyotypes of the lines under study did not influence the increase of active trypsin inhibitor content in grain. Thus, the short arm of rye chromosome 1RS of cv. Petkus, which is a part of the wheat-rye translocation, does not impair the nutritive quality of grain assessed from active trypsin content.

Key words: common wheat, GISH, wheat-rye translocation, commercially valuable traits.