DOI 10.28983/asj.y2021i6pp27-33 УДК 633.111.1:630.165.41+664.64.016.8

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ СНИЖЕНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ 1BL-1RS ТРАНСЛОКАЦИИ НА КАЧЕСТВО МУКИ И ХЛЕБА У ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

СИБИКЕЕВ Сергей Николаевич, *ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»*
ДРУЖИН Александр Евгеньевич, *ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»*
АНДРЕЕВА Любовь Владимировна, *ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»*

У интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы проведена оценка влияния комбинаций 7DS-7DL-7Ae#1L (ген Lr19) и 1BL-1RS (ген Lr26) транслокаций, замещения 6D(6Agi) (ген Lr6Agi) и транслокации 1BL-1RS, а также транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L, 1BL-1RS и гена Lr39 на показатели качества муки и хлеба. Установлено, что генотип-реципиент, донор 1BL-1RS транслокации и условия выращивания оказывают большое влияние на показатели качества муки и хлеба. Выявлена роль отбора в пределах одной комбинации скрещиваний при создании линий с хорошими показателями качества. Отмечена высокая компенсационная способность сорта Л505 и синтетической линии с родословной Croc/Ae.squarosa(205)// Weaver (1BL-1RS транслокация + ген Lr39) на снижение отрицательного влияния транслокации 1BL-1RS на показатели качества.

Введение. Пшеница является важнейшей культурой. По оценкам ФАО, на нее приходится примерно 20 % калорий, потребляемых человеком во всем мире [1]. Спрос на пшеницу растет с каждым годом, поэтому одним из важных моментов при возделывании этой культуры является повышение ее продуктивности и качества получаемой продукции. Одним из способов решения данной проблемы является создание сортов, содержащих интрогрессивный материал от потенциальных источников ценных генов. Сорта пшеницы с чужеродными транслокациями широко используются благодаря их устойчивости к болезням, хорошей урожайности и широкой адаптивности.

Одной из наиболее часто используемых в селекции считается 1BL-1RS транслокация, полученная от ржи посевной (*Secale cereale* L.). В настоящее время эта транслокация включена в родословные многих сортов мягкой пшеницы, в первую очередь озимых, и получила широкое распространение в Центральной и Южной Америке, Западной Европе, Юго-Восточной Азии, на Ближнем Востоке и Северной Африке. С ее участием было создано более 650 сортов пшеницы [7]. Использование этой транслокации обусловлено наличием в ней тесно сцепленных генов устойчивости к листовой ржавчине *Lr26*, желтой ржавчине *Yr9*, стеблевой ржавчине *Sr31* и мучнистой росе *Pm8*. Эта транслокация (*Lr26*-транслокация) интенсивно используется в СИММИТ и других крупных селекционных центрах в селекции мягкой пшеницы. По некоторым данным, она способствует повышению продуктивности, устойчивости к засухе, формированию более крупного зерна [13, 21].

В настоящее время ген устойчивости к листовой ржавчине *Lr26* в зоне юго-востока России утратил свою эффективность против местной популяции патогена. Одкако в комбинации с другими генами устойчивости ген *Lr26* эффективен. Известно, что 1BL-1RS транслокация помимо положительных свойств оказывает негативное влияние на хлебопекарные качества, упругость теста, SDS-объем и твердозерность [12, 15, 17]. Установлено, что снижение качества муки и хлеба обусловлено наличием ω-секалинов ржи и отсутствием глиадинов пшеницы, гены которых локализованы в коротком плече хромосомы 1B [16]. Одним из способов устранения данного недостатка является поиск генотипов, способных компенсировать отсутствие пшеничных запасных белков и наличие секалинов ржи. Данные работы с успехом проводятся. Примером могут служить сорта, несущие транслокацию 1BL-1RS и сочетающие высокую устойчивость к болезням, продуктивность и отличные технологические качества муки и хлеба [6].

Цель данной работы – поиск генотипов, которые в комбинации с *Lr26*-транслокацией, помимо устойчивости к листовой ржавчине, положительно или нейтрально влияют на показатели качества муки и хлеба.

Методика исследований. Используемый материал включал в себя следующие генотипы:

сорта яровой мягкой пшеницы Л505 и Л503, линия Л2032=Л504/Краснокутка10//Л504, где Л504 белозерный сибс сорта Л503, а Краснокутка 10 – сорт яровой твердой пшеницы; почти изогенные линии яровой мягкой пшеницы Л4 = Л2032*6/Curinda87, Л5 = Л2032*6/Thatcher*Lr26*, Л7 = Л503*6/Thatcher*Lr26*, Л343 = Л2032*5/Seri82, а также линии Л533 = Л505*2/3/Л503*7//Thatcher*Lr26*, Л548 = Л403=Л505*2/Прохоровка//Белянка, Л342 = Л505*2/Прохоровка//Белянка, Л338 = Л505/3/ Croc/Ae.squar(205)// Weaver/4/ Л505/5/Л505. Донором 7DS-7DL-7Ae#1L транслокации с генами *Lr19/Sr25* (*Lr19*-транслокации) были сорта Л503, Л505 и линия Л2032, а донором *Lr26*-транслокации являлись сорта яровой мягкой пшеницы Curinda 87, Seri 82 и почти изогенная линия сорта Thatcher с геном *Lr26*. Кроме того, в качестве донора генов *Lr26* и *Lr39* = *Lr41* использовалась гексаплоидная синтетическая линия Croc/Ae.squar(205)// Weaver. Донором гена *Lr6Agi* (замещение 6D(6Agi) использовался сорт Белянка.

Присутствие комбинации чужеродных транслокаций у изучаемых линий определяли по наличию у них маркерных признаков транслокаций: желтого цвета муки, тесно сцепленного с геном *Lr19*, а также по реакции (IT) на саратовскую популяцию возбудителя листовой ржавчины пшеницы *Puccinia triticina*. Так как гены *Lr19* и *Lr26* преодолены патогеном, одновременное наличие типа реакции на патоген IT = 0 и желтого цвета муки обусловливалось только комбинацией чужеродных транслокаций. Таким же способом определяли наличие комбинации *Lr19* и *Lr6Agi*. Кроме того, наличие комбинации транслокаций и замещения было подтверждено ранее с помощью ДНК-маркеров на эти гены ПЦР анализом [2].

Исследования включали в себя оценку физических свойства теста и хлеба по показателям: ИДК и SDS-седментации, *P* – упругость теста, *P/L* – коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости, *W* – сила муки, *V* – объем хлеба, пористость, цвет мякиша. Исследования проводили в 2015–2020 гг. Периоды вегетации в эти годы характеризовались разнообразием температурного и водного режимов. Наиболее благоприятным был 2017 г., жарой и засухой выделялись 2018 и 2019 гг. Средние по гидротермическим показателям были 2015, 2016, 2020 гг. Эпифитотии листовой ржавчины от слабой до сильной степени отмечались во все годы исследований. Экспериментальный материал высевали в семирядковые делянки длиной 7 м, с междурядьем 15 см, рендомизированно, в трехкратной повторности, в оптимальные сроки без применения удобрений. Предшественник – черный пар. Полученные данные подвергали соответствующему статистическому анализу с использованием программ Agros-2.10.

Результаты исследований. Наличие транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L (ген *Lr19*) и 1BL-1RS (ген *Lr26*), замещения 6D(6Agi) (ген *Lr6Agi*) и гена *Lr39*, а также их комбинаций у изучаемых сортов и линий было ранее подтверждено молекулярно-генетическими методами, в том числе с помощью ПЦР анализа. Для идентификации гена *Lr26* применяли маркеры SCM9 и iag 95, для идентификации гена *Lr19* использовали маркеры Gb, SCS265 и SCS253 и для идентификации гена *Lr6Agi* применяли маркеры j09/1+Ф2 и j09/1+4a. Ген *Lr39* идентифицировали с помощью маркера GDM35. Характерные для гена *Lr19* фрагменты амплификации были выявлены у сортов Л503 и Л505 и линии Л2032, а у интрогрессивных линий Л4, Л5, Л7, Л343, Л533 были выявленные фрагменты, уже характерные как для гена *Lr19*, так и для гена *Lr26*. У линий Л548 и Л342 были выявлены фрагменты, характерные для гена *Lr19* и гена *Lr6Agi*, а у линии Л338 идентифицированы гены *Lr19*, *Lr26* и *Lr39* [3]. На основании этих данных, а также в сочетании с оценкой по устойчивости к возбудителю листовой ржавчины (IT = 0) были выделены эти линии для дальнейшей оценки качества зерна и муки.

При интрогрессии генов от различных видов пырея, эгилопса, ржи и других родственных видов в генофон мягкой пшеницы селекционеры довольно часто сталкиваются с проблемой нежелательных сцеплений с генами, отрицательно влияющими на качество получаемой продукции – муки и хлеба. Отрицательный эффект от переноса чужеродного хроматина может усиливаться, если в генофон пшеницы одновременно переносят группу генов в виде транслокаций или замещенной, дополненной хромосомы от разных видов. Для решения данной проблемы (уменьшение отрицательного влияния) ведется поиск генотипов реципиентов мягкой пшеницы, которые могут компенсировать негативное влияние чужеродного хроматина на качество получаемой продукции.

В частности, были проведены исследования по влиянию комбинации транлокаций 7DS-7DL-7Ae#1L и 1BL-1RS на показатели качества муки и хлеба. Установлено, что транслокация 7DS-7DL-7Ae#1L, полученная от пырея удлиненного (*Agropyron elongatum* Host.), часто встречающаяся в сортах яровой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», сама по себе не оказывает негативного влияния на урожайность и качество зерна [6, 8, 20]. Более того, исследования на почти

изогенных линиях мягкой пшеницы показали положительное влияние этой транслокации на продуктивность и содержание белка в зерне [11]. В то же время у линий с идентифицированными комбинациями транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L и 1BL-1RS отмечено ухудшение показателя SDS и силы муки, но не выявлено отрицательного воздействия на содержание и качество клейковины, упругость теста, отношение упругости теста к растяжимости [4, 10].

Мы также провели изучение почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы, содержащих комбинацию транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L и 1BL-1RS.

Результаты изучения линий Л4, Л5, Л343, созданных на генофоне линии Л2032, которая содержит транслокацию 7DS-7DL-7Ae#1L, с использованием транслокации 1BL·1RS от сортов Curinda 87, Thatcher *Lr26* и Seri 82 соответственно, и линии Л7, созданной на базе сорта Л503 (содержит транслокацию 7DS-7DL-7Ae#1L), с участием сорта Thatcher *Lr26,* показали, что процент содержания клейковины в муке и крепость клейковины по показателям ИДК зависят как от условий года, так и от генотипов реципиентов и донора *Lr26*-транслокации (табл. 1). Отмечено, что у всех изучаемых почти изогенных линий независимо от года выращивания содержание клейковины в зерне было на уровне сильной пшеницы. Однако оно довольно сильно варьировало, например, в 2017 г. (благоприятный по влагообеспеченности) показатель был в пределах от 30,0 до 36,2 %, и все изогенные линии значимо не отличались от реципиентов. В 2018 г. (острая засуха) содержание клейковины в зерне у изучаемых линий колебалось от 41,0 до 52,6 %. В среднем за годы изучения все почти изогенные линии значимо не отличались как от генотипов-реципиентов, так и между собой. Следует отметить линию Л5. В 2017 г. эта линия значимо не отличалась от генотипов-реципиентов. Однако в 2018 г., особенно в 2019 г., она имела некоторое превышение по этому показателю над линией Л2032, а в 2020 г., напротив, уступала ей. Схожее явление наблюдалось и у линии Л7. У линий Л5 и Л7 донором транслокации 1BL-1RS был сорт Thatcher *Lr26*, что, по-видимому, и повлияло на этот показатель у изучаемых линий.

Показатель крепости клейковины по прибору ИДК в большой мере зависит от условий выращивания. Так, у линии Л2032 он колебался от 70 ед., что соответствует требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам и хорошим филлерам, до 88 ед., что соответствует требованиям, предъявляемым к сортам-филлерам (см. табл. 1).

В среднем за годы изучения было отмечено, что влияние транслокации 1BL-1RS на показатель ИДК в значительной мере обусловлено донором этой транслокации. Так, у линии Л4

Таблица 1

Классификационные нормы, содержание и качество клейковины в муке у сортов и линий (2017–2020 гг.)

Классификационные нормы*										
Классификация	Содержание клейковины в зерне, %					Качество клейковины в зерне и муке, ед., ИДК				
С	28–32					45–75				
Ц	25					45–75				
Ф	22–24					20–100				
Содержание и качество клейковины в муке у сортов и линий										
Сорт, линия	2017	2018	2019	2020	среднее	2017	2018	2019	2020	среднее
Л2032	34,4	41,0	33,8	42,4	35,4	72	70	73	88	73,7 a**
Л4	36,2	42,7	30,0	43,3	36,9	78	77	72	87	79,0 bc
Л5	34,3	46,0	40,0	35,5	36,3	77	78	72	85	74,0 a
Л343	33,0	41,4	34.0	38,6	34,2	78	76	72	85	76,5 abc
Л503	30,0	50,0	37,0	42,8	38,7	78	78	74	87	79,3 c
Л7	30,0	52,6	38,8	33,6	38,8	80	85	72	80	79,5 c
НСР					NS					4,47
F					1,16					3,06

*Классификационные нормы, используемые центральной лабораторией Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур для характеристики сортов пшеницы по хлебопекарным качествам; С – сильная пшеница, Ц – ценная, Ф – филлер (здесь и далее); **числа в колонках, сопровождаемые буквами, значимо различаются на уровне P_{005}.

он был значимо больше, чем у линии-реципиента Л2032, и составил 79 ед. против 73,6 ед. Также отмечали незначительное отрицательное влияние данной транслокации и у линии Л343. Однако линия Л5 значимо не отличалась по этому признаку от линии Л2032; не установлено негативного влияния и у линии Л7, которая была на уровне сорта Л503. Эти данные еще раз подтвердили влияние донора транслокации 1BL-1RS на показатель крепости клейковины.

Анализ физических свойств теста (по показателям альвеографа) и хлебопекарных качеств изучаемого набора линий показал, что комбинация транслокаций *L19+Lr26* в зависимости от генотипа-реципиента по-разному влияла на изучаемые признаки (табл. 2).

Все изучаемые линии вместе с сортами-реципиентами по показателям упругости теста (*P*) были на уровне сильной пшеницы и значимо между собой не различались. Важным свойством теста считается коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости (*P/L*). Для сильных пшениц он находится пределах 0,7–2,0, для ценных по качеству – 0,7–2,2, для слабых – менее 0,3 и более 2,6 [3].

За период исследований этот показатель в зависимости от года и сортообразца изменялся от 0,66 до 4,10, в среднем за 2015–2020 гг. все изучаемые линии и сорта значимо не различались между собой, и соответствовали требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам. Другим важным показателем является удельная работа деформации теста (W) «сила муки». Анализ показал, что комбинация *L19+Lr26*-транслокаций у линий Л4, Л5, Л343 значимо снизила силу муки по сравнению с линией-реципиентом Л2032, в то же время Л7 значимо не отличалась по этому показателю от сорта Л503, даже несколько его превосходила. В среднем все изучаемые линии по силе муки относились к группе филлеров.

В среднем за годы изучения все сортообразцы по объему хлеба можно отнести к группе филлеров. У линий Л4 и Л5 этот показатель был значимо выше, чем у линии-реципиента Л2032, а у линии Л343 объем хлеба был значимо меньше, чем у Л2032. Также значимое уменьшение объема хлеба отмечали в среднем за годы изучения и у линии Л7 по сравнению с сортом Л503. По пористости хлеба значимых различий между линиями и генотипами-реципиентами не обнаружено.

Таким образом, установлено, что комбинация транслокаций *Lr19+Lr26* не влияет на содержание и качество клейковины, упругость теста, отношение упругости теста к растяжимости, но снижает силу муки. По хлебопекарным свойствам выявлено незначимое сниже-

Таблица 2

Классификационные нормы и технологические показатели качества муки и хлеба у сортов и линий (в среднем за 2015–2020 гг.)

Классификационные нормы*						
Классификация	Показатели альвеографа				Хлебопекарные качества	
	P, мм	*P/L*	*W*, е.а.	*V*, см³	пористость, балл	
С Ц Ф	80–100 70 50-60	0,7–2,0 0,7–2,2 0,3–2,6	280-500 260 180-240	1200–1400 1100 800–900	4,5–4,7 4 3–3,5	
Технологические показатели качества муки и хлеба у сортов и линий						
Сорт, линия	*P*, мм	*P/L*	*W*, е.а.	*V*, см³	Пористость, балл	Цвет мякиша
Л2032	111,3	2,00	245,5	832,5	5,0	Ж
Л4	94,9	1,70	208,3	870,0	5,0	Ж
Л5	100,2	1,95	207,8	897,5	5,0	Ж
Л343	95,8	1,91	199,5	790,0	4,8	Ж
Л503	91,9	1,93	180,3	822,5	5,0	Ж
Л7	98,5	2,04	191,50	792,5	5,0	Ж
НСР	NS	NS	9,98	19,3		
F	1,358	0,360	4,238	6,431		

Примечание: *P* – упругость теста; *P/L* – отношение упругости теста к растяжимости; *W* – сила муки; *V* – объем хлеба; Ж – желтый (здесь и далее).

ние объема хлеба, по пористости различий не было. Это согласуется с ранее полученными данными [10].

Установлено, что негативное влияние транслокации 1BL-1RS на качество муки и хлеба можно снизить с помощью подбора определенных генотипов-реципиентов, которые могут компенсировать это отрицательное воздействие [10, 14]. Ранее проведенные исследования показали, что хорошим компенсационным эффектом обладает сорт Л505. Было выявлено положительное влияние скрещивания сорта Л505 с линией, несущей комбинацию транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L и 1BL-1RS, на элементы качества муки и хлеба [19].

Анализ технологических свойств сорта Л505 показал, что он соответствует требованиям, предъявляемым к сильной пшенице, кроме объема хлеба. Скрестив его с Л7, была получена линия Л533. По данным анализа технологических свойств этой линии, произошло увеличение силы муки, улучшение показателя ИДК; по упругости теста, коэффициенту отношения упругости теста к его растяжимости значимых изменений не наблюдалось. Однако по содержанию клейковины и по объему хлеба отмечали снижение по сравнению с линией Л7 (табл. 3), что полностью согласуется с ранее полученными данным [19].

Было изучено влияние комбинации замещения 6D(6Agi) от *Agropyron intermedium* Host. и 1BL-1RS-транслокации на качество муки и хлеба. Замещение 6D(6Agi) широко встречается в сортах селекции НИИСХ Юго-Востока и Самарского НИИСХ и интенсивно используется в селекционной работе. Известно, что замещение 6D(6Agi) не влияет отрицательно на большинство хозяйственно важных показателей, увеличивает содержание белка и клейковины, улучшает показатель SDS и практически не оказывает негативного влияния на показатель ИДК, объем хлеба, упругость теста, силу муки [9]. В наших исследованиях анализировались две линии Л548 и Л342, которые были получены из одной комбинации и у которых методом ДНК маркеров было подтверждено наличие замещения 6D(6Agi) и гена *Lr26*, то есть выявлена интересующая нас комбинация (см. табл. 3).

Анализ линий, содержащих комбинацию замещения 6D(6Agi) и 1BL-1RS-транслокации, показал, что Л548 и Л342 по содержанию и качеству клейковины, упругости теста, коэффициенту отношения упругости теста к его растяжимости и объему хлеба значимо не различаются между собой. В среднем за годы изучения по этим показателям они были на уровне сильных пшениц, кроме объема хлеба. Однако по силе муки линии имели значимые различия, что указывает на роль отбора при работе с одной комбинацией скрещивания и создании линий с хорошими показателями качества.

Изучение линий, содержащих комбинацию транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L и 1BL-1RS, с добавлением генетического материала от *Aegilops tauschii*, в частности гена *Lr39*, локализованного в хромосоме 2DS, позволило выделить линию Л338. Она соответствует требованиям, предъявляемым к сильной пшенице, по упругости теста и коэффициенту отношения упругости теста к его растяжимости, по содержанию клейковины. Также у этой линии в среднем за годы изучения отмечали самую высокую силу муки по сравнению со всеми изучаемыми линиями, несущими транслокацию 1BL-1RS, при этом объем хлеба также был один из самых высоких. На примере данной линии можно продемонстрировать, что при определенном подборе генотипов возможно снижение отрицательного влияния транслокации 1BL-1RS на технологические показатели качества муки и хлеба.

Таблица 3

Технологические показатели качества муки и хлеба у сортов и линий (в среднем за 2015–2020 гг.)

Сорт, линия	Показатели альвеографа			Хлебопекарные качества				
	P, мм	*P/L*	*W*, е.а.	V, см³	Пористость, балл	Цвет мякиша	Содержание клейковины, %	ИДК
Л505	113,9	2,00	308,6	790,0	4,9	Ж	31,1	69,1
Л533	100,4	2,05	216,0	680,0	4,9	Ж	32,1	75,8
Л548	90,8	1,93	183,0	677,5	4,5	Б	30,6	70,0
Л342	86,2	1,37	224,7	663,3	4,7	Б	33,3	75,0
Л338	98,3	1,55	251,0	820,0	4,9	Ж	40,3	72,8
НСР	NS	NS	21,14	32,04			5,62	2,367
F	1,236	1,657	6,3578	7,256			5,523	6,234

Примечание: Б – белый.

Изучение родословных линий Л548, Л342, Л533, Л338 свидетельствует о том, что все они созданы с участием сорта Л505, который, как ранее было отмечено, по основным показателям качества можно отнести к сильным пшеницам. У всех указанных линий, кроме линии Л548, наблюдали улучшение тех или иных показателей качества, в первую очередь, силы муки. В качестве объяснения этого явления можно предположить наличие у сорта Л505 генов, которые нивелируют наличие ω-секалинов ржи и компенсируют отсутствие глиадинов в 1BS плече мягкой пшеницы. По составу высокомолекулярных глютенинов Л505 не отличается от Л503 и имеет формулу: 2* – 7+9 – 12, или формулу генотипа *Glu- A1b Glu- B1c Glu- D1a*, который является типичным для сортов яровой мягкой пшеницы саратовской селекции [18].

Однако Л505 в отличие от Л503 имеет более крепкую клейковину и большую силу муки, а именно по клейковине 78 ед. ИДК1 у Л503 и 66 ед. у Л505 и силу муки 237 и 357 е.а. соответственно [8]. Кроме того, сорт Л505 по составу глиадинов сорт популяция, имеющая, как минимум, 8 биотипов [5], что, без сомнения, отражается на его технологических свойствах и получаемых с его участием линиях. В целом данный сорт можно успешно использовать для компенсации отрицательного влияния транслокации 1BL-1RS на технологические показатели качества муки и хлеба, а при сочетании с другими генотипами с компенсирующими эффектами положительный эффект на элементы качества может усиливаться, как это произошло у линии Л338.

Заключение. Проведены исследования следующих комбинаций: транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L (ген *Lr19*) и 1BL-1RS (ген *Lr26*), замещения 6D(6Agi) (ген *Lr6Agi*) и транслокации 1BL-1RS (ген *Lr26*), а также транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L (ген *Lr19*) и 1BL-1RS (ген *Lr26*) и гена *Lr39*.

Установлено, что у изучаемых комбинаций большое влияние оказывают генотипы-реципиенты. Так, линии Л7 и Л5, различающиеся только сортами-реципиентами, значимо отличались по крепости клейковины, силе муки и объему хлеба. Большое влияние оказывают доноры *Lr26*-транслокации. Линии Л4, Л5 и Л343, созданные на базе линии яровой мягкой пшеницы Л2032, различались только донорами *Lr26*-транслокации. Было отмечено, что линии не различались между собой и от линии-реципиента по содержанию клейковины, упругости теста, коэффициенту отношения упругости теста к его растяжимости, пористости мякиша; значимо отличались друг от друга по показателю ИДК, силе муки, объему хлеба.

Во многом показатели качества муки и хлеба у комбинации транслокаций *Lr19+Lr26* определяются условиями выращивания. В зависимости от вегетационных условий изучаемые линии значимо различались по тем или иным показателям.

Выявлено, что комбинация замещения 6D(6Agi) и 1BL-1RS-транслокации, на примере линий Л548 и Л342, выделенных из одной комбинации, в среднем за годы изучения по содержанию и качеству клейковины, по упругости теста, коэффициенту отношения упругости теста к его растяжимости были на уровне сильных пшениц, кроме объема хлеба и силы муки. На примере этих линий отмечена роль отбора в пределах одной комбинации скрещиваний при создании линий с хорошими показателями качества.

В ходе исследований установлена способность сорта Л505 нивелировать отрицательное влияние 1BL-1RS-транслокации на качество муки и хлеба. На примере линии Л533, показано положительное влияние этого сорта на силу муки и крепость клейковины; нейтральное – на упругость теста, коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости; отрицательное – на содержание клейковины и объем хлеба.

На примере линии Л338 = Л505/3/Croc/Ae.squar(205)// Weaver/4/Л505/5/Л505 показана высокая компенсационная способность отрицательного влияния 1BL-1RS-транслокации на показатели качества муки и хлеба и отмечено самое оптимальное сочетание основных признаков, предъявляемых к сильным пшеницам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данные продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО). – Режим доступа: http://www.fao.org/faostat/ru.

2. Идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у интрогрессивных сортов и линий мягкой пшеницы, созданных в НИИСХ Юго-Востока / Е.И. Гультяева [и др.] // Вестник защиты растений. – 2012. – № 1. – С. 38–44.

3. *Краснов И.Н., Кравченко И.А., Кравченко Н.С.* Биохимические характеристики зерна и биотехнология получения продуктов его переработки // Электронный научно-практический журнал «Современная техника и технологии». – 2016. – № 10. – Режим доступа: http://technology.snauka.ru/2016/10/10803.

4. *Крупнов В.А., Воронина С.А., Крупнова О.В.* Эффекты 7DL·7AG- и 1BL·1RS-транслокаций на урожайность и качество зерна мягкой пшеницы в Поволжье // Вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13. – № 4. – С. 751–758.

5. *Новосельская-Драгович А.Ю., Фисенко А.В., Пухальский В.А.* Генетическая дифференциация сортов мягкой пшеницы с использованием множественных

аллелей глиадинкодирующих локусов // Генетика. – 2013. – Т. 49. – № 5. – С. 569–579.

6. Особенности хозяйственно ценных признаков линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL / И.А. Белан [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2010. – № 14(4). – С. 632–640.

7. Особенности сортов яровой мягкой пшеницы Западной Сибири, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL / Н.В. Трубачеева [и др.] // Генетика. – 2011. – Т. 47. – С. 18–24.

8. *Сибикеев С.Н.* Чужеродные гены в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Саратов, 2002. – 42 с.

9. *Сибикеев С.Н., Дружин А.Е.* Влияние замещения 6AGI (6D)-хромосомы Agropyron intermedium на хозяйственно ценные и адаптивные признаки у линий яровой мягкой пшеницы // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 11. – С. 43–48.

10. *Сибикеев С.Н., Дружин А.Е., Андреева Л.В.* Анализ влияния комбинации 7DS-7DL-7Ae#1L+1BL-1RS транслокаций на продуктивность и качество зерна яровой мягкой пшеницы // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 6. – С. 49–53.

11. Создание сортов яровой мягкой пшеницы с устойчивостью к комплексу патогенов методом интрогрессивной селекции / А.Е. Дружин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 1. – С. 22–23.

12. *Chumanova E.V., Efremova T.T., Trubacheeva N.V., Arbuzova V.S., Rosseeva L.P.* Chromosome composition of wheat-rye lines and the influence of rye chromosomes on disease resistance and agronomic traits // Rus. J. Genet., 2014, Vol. 50 (11), P. 1169–1178.

13. *Crossa J., Burgueño J., Dreisigacker S. et al.* Association analysis of historical bread wheat germplasm using additive genetic covariance of relatives and population structure // Genetics, 2007, Vol. 177, P. 1889–1913.

14. *Finn D., Lukow O.W., Bushuk W., De Pauw R.M.* (1994) Milling and baking quality of 1BL/1RS translocation wheat. 1. Effect of genotype and environment // Cereal Chem., 1971, No. 2, P. 189–193.

15. *Lee J.H., Graybosch R.A., Peterson C.J.* Quality and biochemical effects of a 1RS.1BL wheat-rye translocation in wheat // Theor. Appl. Genet., 1995, Vol. 90, P. 105–112.

16. *Li Z., Ren T., Yan B., Tan F., Yang M., Ren Z.* A mutant with expression deletion of gene Sec-1 in a 1RS.1BL line and its effect on production quality of wheat // PLoS One, 2016, Vol. 11 (1):e0146943.

17. *Monneveux P., Reynolds M.P., Zaharieva M., Mujeeb-Kazi A.* Effect of T1BL.1RS chromosome translocation on bread wheat grain yield and physiological related traits in warm environment // Cereal Res. Commun., 2003, Vol. 31, P. 371–378.

18. *Panin V.M.* The HMW – glutenin composition of old and modern bread wheats from ARISER. // Annual Wheat Newsletter. Kansas State University (USA), 1999, Vol. 45, P. 130–131.

19. *Sibikeev S.N., Druzhin A.E., Voronina S.A.* The influence of a translocation with the Lr19+Lr26 combination on grain productivity and bread-making quality in spring bread wheat. Annual Wheat Newsletter. Kansas State University, USA, 2012, Vol. 58, P. 207.

20. *Šliková S., Gregová E., Bartoš P., Kraic J.* Marker-assisted selection for leaf rust resistance in wheat by transfer of gene Lr19 // Plant Protect. Sci, 2003, Vol. 39, P. 13–17.

21. *Villareal R.L., del Toro E., Mujeeb – Kazia., Rajaram S.* The 1BL/1RS chromosome translocation effect on yield characteristics in a Triticum aestivum L. Cross. // Plant Breeding, 1995, Vol. 114, P. 497–500.

Сибикеев Сергей Николаевич, *д-р биол. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Россия.*

Дружин Александр Евгеньевич, *канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Россия.*

Андреева Любовь Владимировна, *канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Россия.*

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.

Тел.: (8452) 64-76-88.

***Ключевые слова**: мягкая пшеница; интрогрессивные линии; комбинации с транслокацией Lr26; качество муки и хлеба; компенсационные эффекты.*

THE STUDY OF THE EFFECTS OF REDUCING THE NEGATIVE INFLUENCE OF 1BL-1RS TRANSLOCATION ON THE BREAD MAKING QUALITY IN SPRING BREAD WHEAT LINES

Sibikeev Sergey Nikolaevich, *Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Federal Agrarian Scientific Center for the South-East Region, Saratov, Russia.*

Druzhin Alexander Yevgenyevich, *Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Agrarian Scientific Center for the South-East Region, Saratov, Russia.*

Andreeva Lyubov Vladimirovna, *Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Agrarian Scientific Center for the South-East Region, Saratov, Russia.*

***Keywords:** bread wheat; introgressive lines; combinations with Lr26-translocation; quality of flour and bread; compensatory effects.*

The effects of the combinations 7DS-7DL-7Ae#1L (Lr19 gene) and 1BL-1RS (Lr26 gene) translocations, substitution of 6D(6Agi) (Lr6Agi gene) and 1BL-1RS translocation, as well as translocations of 7DS-7DL-7Ae#1L, 1BL-1RS and Lr39 gene on the bread making quality were evaluated in spring bread wheat introgressive lines. It was found that the genotype of recipient, the 1BL-1RS translocation donor, and the vegetation conditions have a great influence on the parameters quality of flour and bread. The role of selection within a single crosses combination for production of lines with good quality indicators is revealed. The high compensatory ability of the cultivar L505 and the synthetic hexaploid line with the pedigree Croc/Ae.squarosa(205)// Weaver (1BL-1RS translocation + Lr39 gene) for reducing the negative effect of the 1BL-1RS translocation on bread making quality was noted.