

## АНАЛИЗ ПОЧТИ ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

Л.С. Пащенко<sup>1</sup>,  
В.П. Нецветаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Государственное научное учреждение Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии  
Россия, 308001, г. Белгород,  
ул. Октябрьская, 58

<sup>2</sup> Белгородский государственный университет

Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail:  
netsvetaev@bsu.edu.ru

Изложены результаты анализа изогенных линий яровой мягкой пшеницы по величинам седиментации. Установлены статистические связи между качественными и количественными признаками яровой мягкой пшеницы. Выявлено влияние генов (или эффектов сцепления с генетическими факторами) с положительным влиянием на качество зерна.

Ключевые слова:  $\Delta$ SDS-седиментации, гены, изогенные линии, мягкая пшеница

### Введение

Создание сортов мягкой пшеницы с высокими хлебопекарными качествами является одним из ведущих направлений в генетико-селекционных исследованиях на данной культуре. Белки клейковины составляют 80-85% от общего содержания белка в зерне. Они обуславливают основную функциональную роль в формировании качества клейковины. Особое значение играют высокомолекулярные запасные белки, способные к полимеризации путем агрегации за счет межмолекулярных -S-S- связей. В результате они образуют макромолекулярный каркас клейковины, от которого зависят такие показатели качества теста как эластичность и пружинистость. Нецветаевым и др. [1] предложен подход к оценке количества межмолекулярных дисульфидных связей в белковом комплексе на основе анализа  $\Delta$ SDS-седиментации.

Целью исследования было выявить эффект влияния локусов или сцепленных с ними генов, определяющих качественные признаки и свойства, на такой показатель качества зерна как  $\Delta$ SDS-седиментации.

### Материалы и методы

Материалом для анализа служили почти изогенные линии на основе сортов *Thatcher* и *Новосибирская 67* урожая 2008 года. Описание почти изогенных линий на основе сорта *Новосибирская 67*, полученных от оригинатора, дано С.Ф. Ковалем и др. [2]. Почти изогенные линии по факторам устойчивости к бурой ржавчине на основе *Thatcher*, получены из Краснодарского НИИЦХ (от И.Б. Абловой) в 2002 году. Оценка качества зерна проводили с помощью методик SDS-седиментации [1]. На основе этого материала определяли показатель  $\Delta$ SDS-седиментации, который отражает наличие межмолекулярных дисульфидных связей между белками, формирующими клейковинный комплекс. Кроме этого был проведен корреляционный анализ между некоторыми количественными признаками яровой мягкой пшеницы.

### Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты, которые были получены с точки зрения влияния генов устойчивости к листовой ржавчине (или локусов сцепленных с ними) на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации, отражающий количество межмолекулярных дисульфидных связей между белками.



Выявлен ряд образцов, несущих гены устойчивости к бурой ржавчине, которые отрицательно влияли на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации. То есть, формы, у которых количество дисульфидных связей было значительно меньше по сравнению к средней по опыту, что, соответственно, может оказывать отрицательное влияние на качество зерна. Отрицательный эффект был связан с генами *Lr 2c*, *Lr 19*, *Lr 22*, *Lr 23*, *Lr 11*, *Lr 38*.

У яровой пшеницы с генами *Lr 3ka* и *Lr 14* отклонения от средней по  $\Delta$ SDS-седиментации не существенны.

Таблица 1

**Отклонения от средней  $\Delta$ SDS-седиментации ( $x_{cp.} = 43.8$  мл) у почти изогенных по факторам *Lr* линий яровой мягкой пшеницы на основе сорта *Thatcher* (2008)**

Отрицательные отклонения			Положительные отклонения		
Символ гена	значение, мл	отклонение от средней	Символ гена	значение, мл	отклонение от средней
<i>Lr1</i>	25.9	<b>-17.9</b>	<i>Lr 2a</i>	59.9	<b>+16.1</b>
<i>Lr 3ka</i>	39.7	-4.1	<i>Lr 2c</i>	49.7	+5.9
<i>Lr 14b</i>	39.5	-4.3	<i>Lr 2e</i>	59.9	<b>+16.1</b>
<i>Lr 19</i>	29.3	<b>-14.5</b>	<i>Lr3</i>	62.3	<b>+18.5</b>
<i>Lr 22</i>	7.2	<b>-36.6</b>	<i>Lr3 ed</i>	63.0	<b>+19.2</b>
<i>Lr 23</i>	24.8	<b>-19.0</b>	<i>Lr 9</i>	62.2	<b>+18.4</b>
<i>Lr 11</i>	16.9	<b>-26.9</b>	<i>Lr 10</i>	53.2	+9.4
<i>Lr 38</i>	23.9	<b>-19.9</b>	<i>Lr 12</i>	66.3	<b>+22.5</b>
			<i>Lr 13</i>	51.0	+7.2
			<i>Lr 15</i>	51.2	+7.4
			<i>Lr 17</i>	50.2	+6.4
			<i>Lr 18</i>	54.5	+10.8
			<i>Lr 21</i>	61.2	<b>+17.4</b>
			<i>Lr 24</i>	56.0	<b>+12.2</b>
			<i>Lr 32</i>	57.8	<b>+14.0</b>
			<i>Lr 33</i>	59.0	<b>+15.2</b>
			<i>Lr 34</i>	59.0	<b>+15.2</b>
			<i>Lr 35</i>	51.3	+7.5
			<i>Lr 44</i>	61.2	<b>+17.4</b>
			<i>Lr W</i>	49.8	+6.0
			<i>Lr 37</i>	56.0	<b>+12.2</b>
			<i>Lr 14c</i>	52.5	+8.7
			<i>Lr B</i>	52.3	+8.5
НСР <sub>0,95</sub>		8.5	НСР <sub>0,95</sub>		8.5

В тоже время выявлены носители генов, с которыми связано положительное влияние на  $\Delta$ SDS-седиментации. Такое действие было обнаружено у линий с генами: *Lr 2a*, *Lr 2e*, *Lr 3*, *Lr 3ed*, *Lr 9*, *Lr 12*, *Lr 21*, *Lr 24*, *Lr 32*, *Lr 33*, *Lr 34*, *Lr 44*, *Lr 37*. Судя по локализации факторов *Lr* [3-12], по крайней мере, некоторые из них (*Lr 1*, *Lr 2a*, *Lr 2b*, *Lr 2c*, *Lr 3*, *Lr 3bg*, *Lr 3ka*, *Lr 9*, *Lr 10*, *Lr 21*, *Lr 24*, *Lr 26*, *Lr 33*, *Lr 38*, *Lr 44*) могут быть расположены в хромосомах, где находятся локусы, контролирующие синтез запасных белков эндосперма. В связи с этим не удивительно отклонение от средней  $\Delta$ SDS-седиментации некоторых почти изогенных по факторам устойчивости к бурой ржавчине линий яровой мягкой пшеницы.

Не менее интересно было выявление влияние генов (или тесно сцепленных с ними локусов), определяющих морфологические признаки, которые находятся или могут быть введены в культуру пшеницы (табл. 2).

Ген *R1* (краснозёрность) локализован в 3D хромосоме [13]. Донором признака являлся сорт *Arin* (ФРГ) [2]. Этот ген (или сцепленные с ним локусы) не был связан с отрицательным или положительным влиянием на оцененные показатели качества.

В тоже время ген *Rht 2* от *Norin 10* (Япония), который находится в 4D хромосоме [14], определяющий короткостебельность, обнаружил существенную связь с  $\Delta$ SDS-



седиментации. Это, по-видимому, опосредованная связь, которая может быть связана, с разностью в накоплении белков между высокорослыми и низкорослыми формами.

Таблица 2  
**Анализ почти изогенных линий на основе сорта Новосибирская 67**  
 ( $X_{\text{ср.}} = 44.3$  мл) по  $\Delta$ SDS седиментации

Символ гена, (линия)	Хромосома	значение	+ отклонение от $X_{\text{ср.}}$	Символ гена (линия)	Хромосома	значение	- отклонение от $X_{\text{ср.}}$
<b>R1</b> (АНК-1А)	3D $\alpha$	47,5	+3,2	<b>R2</b> (АНК 1D)	3A	19,5	<b>-24,8</b>
<b>Rht 2</b> (АНК-12)	4DL	59,7	<b>+15,4</b>	?(опуш.лист) (АНК-7А)	?	40,8	-3,5
<b>W1</b> (АНК-26А)	2BS	53,0	+8,7	?(опуш. лист) (АНК 7с)	?	25	<b>-19,3</b>
<b>Lr9+Pm4b</b> (АНК4)		44,5	+0,2	?(опуш. влаг.) (АНК 25А)	?	23,4	<b>-20,9</b>
<b>Q</b> (АНК-15)		66,2	<b>+21,9</b>	<b>W?</b> (АНК26С)	?	39,3	-5,0
<b>HL</b> (АНК-34)	4A	47	+2,7	<b>W?</b> (АНК26D)	?	28,2	<b>-16,1</b>
<b>Lr?</b> (АНК-41В)	2В	56,5	<b>+12,2</b>	<b>R3</b> (АНК-1В)	3В	35	<b>-9,3</b>
?(опуш.лист) (АНК- 7В)	?	47	+2,7	<b>Eg?</b> (АНК30А)	?	11,6	<b>-32,7</b>
<b>b1, Hd</b> (АНК-14А)	5AL, 4BS	56	<b>+11,7</b>	<b>B1, Hg</b> (АНК-13А)	5AL, 4BS	2	<b>-42,3</b>
<b>W2</b> (АНК-26В)	2D	49	+4,7	?(опуш. влаг.) (АНК-25В)	?	49,4	-5,1
				<b>Pp1, Pp2</b> (АНК-28А)	?	0,2	<b>-44,1</b>
				?Pm-сверхчув. (АНК-6)		39,7	-4,6
				<b>Eg1</b> (АНК-30А)	7AL	29,25	<b>-15,05</b>
				<b>lg1+lg2</b> (АНК-33)	?	26,8	<b>-18</b>
				? комп. колос (АНК-38)	2D	41,5	-2,8
НСР <sub>0,95</sub>			8,5	НСР <sub>0,95</sub>			8,5

Некоторые гены не были связаны с  $\Delta$ SDS-седиментации, например, ген *W1* (от *T. polonicum*, k-17893) - локализация в 2В хромосоме короткого плеча [15]. Этот ген определяет глянецовость колоса и междоузлья, т.е. он обуславливает проявление обычного морфологического признака. Участки хромосом 6В и 2А [16, 17], определяющие устойчивость к листовой ржавчине и мучнистой росе (АНК-2 + АНК3), связанные с генами *Lr9* и *Pm4b*, также не показали влияния на этот показатель качества. Фактор *HL* (опушение под колосом, донор признака *S-650*), находящийся в 4А хромосоме [2] также не обнаружил влияния на качество.

*Q* ген (скверхедность колоса от мутанта из сорта *Скала*) [2], показал положительное влияние на качество (табл. 2).

Из таблицы 2 следует также, что в зависимости от того, где расположен ген, определяющий подобный признак, его влияние на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации может быть неоднозначно. Так, если ген *R1*, который контролирует окраску зерна, не оказывал влияние на качество, то другие гены *R2* и *R3* (или сцепленные с ним локусы), которые локализованы, соответственно, в гомеологичных хромосомах 3А и 3В [4], оказывали отрицательное влияние на проявление изученного признака качества.

Аналогичная ситуация наблюдалась и по некоторым другим маркерным генам. Так, признак опушение листа от форм *k-46444*, и *k-26011* из Китая (локализация генов неизвестна) – не влиял на качество, в то время как опушенный лист у *АНК-7С* от



другого источника (*Лютесценс 234*, СССР) обнаружил отрицательную связь с  $\Delta$ SDS-седиментации.

Интересно действие аллелей (или сцепленных с ними локусов), контролирующих развитие остей колоса, на проявление данного показателя качества. Так, если аллель *b1* (остистость) был положительно связан с  $\Delta$ SDS-седиментации, то альтернативный ген *B1* (безостость), обнаружил негативное влияние на данный показатель (см. табл. 2).

Ген *Eg* обуславливает развитие длинной колосковой чешуи. Он введен в линию АНК-30А от *T. polonicum*, к-19597 [2]. С этим признаком было связано отрицательное действие на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации, причем очень сильное.

Интересно действие двух генов *Pp1* и *Pp2* которые определяют формирование пурпурной окраски зерна. Эти гены оказывали очень сильное негативное влияние на качество (табл. 2).

Безлигульная форма АНК-33, несущая два рецессивных гена *lg1+lg2* обнаружила низкое значение показателя  $\Delta$ SDS-седиментации.

Корреляционный анализ показал, что  $\Delta$ SDS-седиментации была не существенно связана с высотой растения. В то же время, выявлена отрицательная связь ее с урожайностью (табл. 3). Это может затруднить работу по созданию высокопродуктивных форм мягкой пшеницы с повышенным содержанием межмолекулярных дисульфидных связей белкового комплекса эндосперма зерновки.

Таблица 3

**Коэффициент корреляции между количественными признаками у яровой мягкой пшеницы (n = 116; 2008 г.)**

Показатели	Урожайность	$\Delta$ SDS седиментации	Масса 1000 зерен
Высота	<b>0,355±0,088***</b>	-0,128±0,093	<b>0,214±0,096*</b>
Урожайность		<b>-0,256±0,091**</b>	<b>0,356±0,088***</b>
SDS седиментация			<b>-0,320±0,089***</b>

\*, \*\*, \*\*\* - коэффициенты значимы, соответственно, при  $P > 0,95$ ;  $P > 0,99$ ;  $P > 0,999$

Таблица 3 демонстрирует отрицательную связь между показателями  $\Delta$ SDS-седиментации и массой 1000 зёрен. Масса 1000 зёрен является одним из элементов структуры зерновой продуктивности растения, поэтому неудивительна проявление отрицательной корреляции между урожайностью и массой 1000 зёрен.

### Заключение

Анализ полученных данных позволил выявить некоторые особенности влияния генов (или локусов сцепленных с ними), определяющих качественные признаки и свойства на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации:

1. На показатель  $\Delta$ SDS-седиментации оказывают влияние гены устойчивости к листовой ржавчине и (или) их ближайшее окружение.

2. Установлено, что в зависимости от расположения гена или аллельного состояния его влияние генетического фактора (или генов сцепленных с ними) может быть либо отрицательным, либо положительным.

3. Выявлены следующие гены, маркирующие положительное действие на показатель  $\Delta$ SDS-седиментации: *Rht*, *Q*, *Lr 2a*, *Lr 2e*, *Lr 3*, *Lr 3vd*, *Lr 9*, *Lr 12*, *Lr 21*, *Lr 24*, *Lr 32*, *Lr 33*, *Lr 34*, *Lr 44*, *Lr 37*, *b1*, *Hd*.

4. Выявлена отрицательная корреляционная связь между показателями  $\Delta$ SDS-седиментации и урожайностью,  $\Delta$ SDS-седиментации и массой 1000 зёрен.

Авторы выражают благодарность Ковалю Сергею Федоровичу за предоставленные для исследований, созданные им, почти изогенные линии яровой мягкой пшеницы на основе сорта *Новосибирская 67* и Ирине Борисовне Абловой (КНИИСХ) за растительный материал на основе сорта *Thatcher*.



### Список литературы

1. Нецветаев В.П., Лютенко О.В., Пащенко Л.С., Попкова И.И. Методы седиментации и оценка качества клейковины мягкой пшеницы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2009. – №11 (66). Серия Естественные науки. – Вып. 9. – С. 56-64.
2. Коваль С.Ф., Коваль В.С., Шаманин В.П. Изогенные линии пшеницы. Омск: Омск-бланкиздат. – 2001. – 148 с.
3. Soliman A.S., Heyne E.G., Johnston C.O. Genetic analysis of leaf rust resistance in the eight differential varieties of wheat // *Crop Science*. – 1964. – Vol. 4. – P. 246-248.
4. McIntosh R.A., Hart G.E., Devos K.M. et al. Catalogue of gene symbols for Wheat // *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Wheat Genetics Symposium*. – 1998. – Vol. 5. – 235 p.
5. Dyck P.L., Friebe B. Evaluation of leaf rust resistance from wheat chromosomal translocation lines // *Crop Science*. – 1993. – Vol. 33. – P. 687-690.
6. Haggag M.E.A., Dyck P.L. The inheritance of leaf rust resistance in four common wheat varieties possessing genes at or near the *Lr 3* locus // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1973. – Vol. 15. – P. 127-134.
7. Sears E.R. Identification of the wheat chromosome carrying leaf rust resistance from *Aegilops umbellulata* // *Wheat Information Service*. – 1961. – Vol. 12. – P. 12-13.
8. Dyck P.L., Kerber E.R. Chromosome location of three genes for leaf rust resistance in common wheat // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1971. – Vol. 13. – P. 480-483.
9. Rowland G. G., Kerber E.R. Telocentric mapping in hexaploid wheat of genes for leaf rust resistance and other characters derived from *Aegilops squarrosa* // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1974. – Vol. 16. – P. 137-144.
10. Bartos P., Stucklikova E., Kubova R. Wheat leaf rust epidemics in Czechoslovakia in 1983 // *Cereal Rust Bulletin*. – 1984. – Vol. 12. – P. 40-41.
11. Dyck P.L., Kerber E.R., Lukow O.M. Chromosome location and linkage of a new gene (*Lr 33*) for reaction to *Puccinia recondita* // *Genome*. – 1987. – Vol. 29. – P. 463-466.
12. Dyck P.L., Sykes E.E. Genetics of leaf - rust resistance in three spelt wheats // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1994. – Vol. 74. – P. 231-233.
13. Sears E.R. Cytogenetic studies with polyploidy species of wheat. II. Additional chromosome aberrations in *Triticum vulgare* // *Genetics*. – 1944. – Vol. 29. – P. 232-246.
14. McVittie J.A., Gale M.D., Marshall G.A. & Westcott B. The intra-chromosomal mapping of the *Norin 10* and *Tom thumb* genes // *Heredity*. – 1978. – Vol. 40. – P. 67-70.
15. Driscoll C.J. Gene-centromere distance in wheat by aneuploid  $F_2$  observations // *Genetics*. – 1966. – Vol. 54. – P. 131-135.
16. McIntosh R.A., Baker E.P., Driscoll C.J. Cytogenetic studies in wheat I. Monosomic analysis of leaf rust resistance in cultivars Uruguay and Transver // *Australian Journal of Biological Science*. – 1965. – Vol. 18, № 5. – P. 971-977.
17. Baier A.C., Zeller F.J., Oppitz K., Fishbeck G. Monosomenanalyse der Mehtau und Schwarzrostresistenz des Sommerweizens "Solo" // *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. – 1973. – Bd. 70. – S. 177-194.

### THE ISOGENIC ANALYSIS OF SPRING COMMON WHEAT ON GRAIN QUALITY

**L.S. Pashchenko<sup>1</sup>,  
V.P. Netsvetaev<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Belgorod Research Institute of Agriculture RAA, Oktyabr'skaya Str., 58, Belgorod, 308001, Russia.*

<sup>2</sup> *Belgorod State University Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail:  
netsvetaev@bsu.edu.ru*

The article presents the results of analysis for almost isogenic lines of spring common wheat on level  $\Delta$ SDS- sedimentation.  $\Delta$ SDS-sedimentation indicator reflects quantity intermolecular disulfide bonds in a protein complex of endosperm. Statistical links between qualitative and quantitative characters of spring common wheat are shown. Positive influence of genes (or effects of coupling with genetic factors) on grain quality is revealed.

The key words:  $\Delta$ SDS-sedimentation, genes, isogenic lines, common wheat.