

**В.П. Нецветаев**, доктор биологических наук;

**Т.А. Рыжкова**, кандидат биологических наук;

**Л.С. Бондаренко**, младший научный сотрудник;

**И.П. Моторина**, кандидат биологических наук;

**А.В. Петренко**, младший научный сотрудник;

**О.Е. Нерубенко**, агроном семеновод,

*ФГБНУ «Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, [v.netsvetaev@yandex.ru](mailto:v.netsvetaev@yandex.ru))*

## **НАСЛЕДСТВЕННАЯ И СРЕДОВАЯ ВАРИАЦИЯ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Приведены результаты оценки качества зерна озимой мягкой пшеницы и урожайности за 2013-2015 гг. Агрегирующая способность белков эндосперма с помощью дисульфидных связей (-S-S-) в муке изменялась за эти годы от  $37, \pm 1,31$  (2013) до  $55,28 \pm 1,3$  (2014,) и  $73,50 \pm 1,06$  усл. ед. (2015). Соответственно, величина замеса составляла  $3,53 \pm 0,13$ ;  $4,66 \pm 0,12$  и  $4,70 \pm 0,15$  баллов (прибор Миксолаб), что свидетельствует о более благоприятных факторах среды для формирования качества в 2014 и 2015 гг. по сравнению с 2013 г. Установлено, что наибольшая дифференциация между образцами по агрегирующей способности белкового комплекса и сопряженность этого показателя с величиной замеса отмечалась в 2013 г. В годы, способствующие более высокому уровню агрегации пептидов увеличивается влияние среды, которое нивелирует наследственные различия по качеству. Носители ржаных транслокаций 1RS.1BL и 1RS.1AL, по сравнению с типичной пшеницей, обладали меньшей агрегирующей способностью белков, но в 2013 и 2014 гг. существенно выделялись по урожайности в условиях Белгородской области.

***Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, дисульфидные связи, реологические свойства, качество.*

**V.P. Netsvetaev**, Doctor of Biological Sciences;

**T.A. Ryzhkova**, Candidate of Biological Sciences;

**L.S. Bondarenko**, junior research associate;

**I.P. Motorina**, Candidate of Biological Sciences;

**A.V. Petrenko**, junior research associate;

**O.E. Nerubenko**, agronomist, seed-grower

*FSBSI "Belgorod Research Institute of Agriculture"*

*(308001, Belgorod, Oktyabrskaya, 58; email: [v.netsvetaev@yandex.ru](mailto:v.netsvetaev@yandex.ru))*

## **THE HEREDITARY AND ENVIRONMENTAL VARIANCE OF GRAIN QUALITY OF WINTER SOFT WHEAT IN THE BELGOROD REGION**

The article deals with the assessment results of the quality and productivity of winter soft wheat grain during the period of 2013-2015. The aggregation ability of endosperm protein due to the disulfide bonds (-S-S-) in flour ranged from  $37 \pm 1.31$  (2013) to  $55.28 \pm 1.3$  (2014) and  $73.50 \pm 1.06$  (2015). Respectively, the value of dough kneading was  $3.53 \pm 0.13$ ;  $4.66 \pm 0.12$  and  $4.70 \pm 0.15$

points (the device 'Mikrolab'), which indicated about more favorable environmental conditions for the formation of the trait in 2014 and 2015, in comparison with 2013. It has been determined that the largest differentiation among the samples according to the aggregation ability of protein complex and correlation of the trait with the value of dough kneading was noticed in 2013. In the years contributing to higher levels of the peptides aggregation, the impact of the environment, which eliminates the hereditary differences in quality, significantly increases. The carriers of rye chromosome translocationS 1RS.1BL and 1RS.1AL, in comparison with the typical wheat, possessed less aggregation of proteins, but in the years of 2013 and 2014 they significantly stood out in the productivity in the conditions of the Belgorod region.

**Keywords:** winter soft wheat, disulfide bonds, rheological traits, quality

**Введение.** Известно, что качество зерна мягкой пшеницы зависит от содержания белка и способности его к агрегации с помощью дисульфидных связей [1-4]. Результирующая данных факторов может определять реологические свойства муки, полученные из такого зерна. Нами разработана методика определения числа дисульфидных связей белкового комплекса в муке пшеницы [1, 5]. Реологические свойства муки или шрота зерна можно тестировать с помощью прибора Миксолаб. На основе этих подходов появляется возможность оценки сопряженности количества -S-S- связей между пептидами в муке и её реологическими свойствами. Это позволяет определить влияние на качество зерна пшеницы как наследственных особенностей, так и факторов среды.

**Материалы и методы.** Объектом исследования служили селекционные образцы зерна озимой мягкой пшеницы, а также сорта этой культуры, выращенные в селекционном севообороте на отд. №2 ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» (п. Гонки, Белгородский р-н) в 2013 – 2015 гг. Предшественник – чёрный пар.

Число дисульфидных связей определяли по методике, описанной ранее [1, 5]. Реологические свойства шрота зерна оценивали на приборе Миксолаб по прописи, изложенной Н.П. Нецветаевым и др. [6]. Количество и качество клейковины определяли стандартным и модифицированным методами [7].

**Результаты.** В 2013 г. агрегирующая способность белков зерна за счёт дисульфидных связей составляла в среднем  $37,87 \pm 1,31$  у. ед. ( $n=92$ ). Соответственно, величина замеса была равна  $3,53 \pm 0,13$ . В 2014 г. эти показатели выражались, соответственно,  $55,28 \pm 1,30$  у. ед. и  $4,66 \pm 0,12$  ( $n=70$ ). В условиях 2015 г. данные параметры соответствовали следующим величинам:  $73,50 \pm 1,06$  у. ед. и  $4,70 \pm 0,15$  ( $n=57$ ). Таким образом, наиболее благоприятным по погодным условиям для формирования технологических свойств зерна мягкой пшеницы в Белгородской области был 2015 год. Так, в 2015 г. агрегирующая способность белков зерна была существенно выше 2014 ( $+18,22$  у. ед.;  $t = 10,86$ ;  $P > 0,999$ ) и 2013 ( $+35,63$ ;  $t = 21,15$ ;  $P > 0,999$ ) гг. Величина замеса подтверждает эти данные. Так, по этому показателю 2015 г. показал существенное превышение по сравнению с 2013 г. ( $+1,17$  баллов;  $t = 5,91$ ;  $P > 0,999$ ). Различия между 2015 и 2014 гг. по данному параметру были несущественны.

Оценка сопряженности числа дисульфидных связей белкового комплекса зерна с реологическими свойствами шрота и рядом количественных признаков представлена в табл. 1 – 3.

Из образцов пшеницы формировали две группы, отличающиеся числом -S-S- связей. В группу с меньшим числом дисульфидных связей, в частности, попали сорта и формы, несущие ржаные транслокации 1RS.1BL и 1RS.1AL, которые ответственны за синтез ржанных белков. Оценка сопряженности числа -S-S- связей с другими количественными признаками при таком делении показала существенные различия между группами в 2013 г. по величине Замеса, Вязкости, Ретроградации и урожайности (табл. 1). В 2014 г. такое деление подтвердило связь только с урожайностью (табл. 2), что может свидетельствовать о преимуществе носителей ржанных транслокаций по урожайным свойствам в нашем регионе. Характерно, что число дисульфидных связей как в муке, так в пересчете на сухую клейковину были сопряжены (табл 2, 3). Последний показатель отражает качество белкового комплекса по агрегирующей способности, т.е. наследственные особенности исследуемых форм. Число -S-S- связей в муке включает эту особенность и, дополнительно, количество белка, что отражает средовое влияние в виде обеспеченности растений азотным питанием. В связи с этим, корреляция между числом дисульфидных связей в муке и в пересчёте на сухую

клейковину варьировала от 0,75 (n=70) в 2014 г. до 0,39 (n=57) в 2015 г. Соответственно, влияние среды (в виде связи числа -S-S- связей в муке с количеством сухой клейковины) наиболее сильно проявилось в 2015 г. ( $\Delta$  1,3%;  $t = 5,07$ ; табл. 3). В 2014 г. различия были незначительны.

**Выводы.** Таким образом, наследственные различия по числу -S-S- связей и реологическим свойствам шрота (муки), обусловленные белковым комплексом зерна, в наибольшей степени проявляются в условиях, не способствующих интенсивной агрегации пептидов (2013 г.). Носители ржаных транслокаций 1RS.1BL и 1RS.1AL в условиях Белгородской области выделяются по урожайности.

1. Результаты сопряженности числа дисульфидных связей в муке с реологическими свойствами шрота и другими количественными признаками озимой пшеницы в 2013 г. (п. Гонки, Белгородский р-н)

А. Группировка по числу дисульфидных связей

Выборка	Число -S-S- связей, у.ед.	ВПС	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретроградация	Урожай- ность, ц/га
28	<b>23,18</b>	8,23	2,84	4,32	3,65	4,74	5,32	41,64
45	<b>49,81</b>	8,00	4,19	3,65	4,65	4,68	6,37	37,75
<i>t</i>	<b>18,58***</b>	1,96	4,82***	1,90	2,32*	0,23	3,29**	2,45*

Б. Группировка по индексу Замеса

Выборка	Число -S-S- связей, у.ед.	ВПС	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретроградация	Урожай- ность, ц/ га	Высота растений, см
41	31,69	8,05	<b>2,24</b>	4,61	3,37	4,39	5,32	41,84	87,80
51	42,83	8,10	<b>4,57</b>	3,29	4,86	4,86	6,37	38,40	82,06
<i>t</i>	4,58**	0,53	<b>20,6***</b>	4,6**	4,32**	2,06*	3,29**	2,64*	2,50*

Примечание: \*, \*\*, \*\*\* - различия существенны, соответственно, при  $P > 0,95$ ;  $> 0,99$ ;  $> 0,999$ . Жирным шрифтом отмечены показатели, по которым проводилась группировка образцов пшеницы

2. Результаты сопряженности числа дисульфидных связей в муке с реологическими свойствами шрота и другими количественными признаками озимой пшеницы в 2014 г. (п. Гонки, Белгородский р-н)

А. Группировка по числу дисульфидных связей

Выборка	Число -S-S- связей, у.ед.	ВПС	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретрогра- дация	Урожай- ность, ц/ га	Сухая клей- ковина, %	-S-S- связей на сух.клейк.
24	<b>43,90</b>	7,46	4,63	4,92	6,50	5,88	6,42	56,23	9,78	4,56
26	<b>65,44</b>	7,69	4,58	6,00	6,77	5,92	6,96	49,22	9,90	6,76
<i>t</i>	<b>10,9***</b>	0,57	0,16	1,96	0,53	0,09	1,07	2,91*	0,33	6,36***

Б. Группировка по индексу Замеса

Выборка	Число -S-S- связей, у.ед.	ВПС	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретроградация	Урожай- ность, ц/ га	Сухая клей- ковина, %	-S-S- связей на сух.клейк.
29	54,7	8,1	<b>3,7</b>	5,7	6,3	5,7	6,7	51,1	10,1	5,6
41	55,7	6,9	<b>5,3</b>	5,7	7,3	6,5	7,1	52,4	10,1	5,7
<i>t</i>	0,24	2,66***	11,2***	0,16	2,47*	1,01	1,00	0,64	0,04	0,10

<i>t</i>	0,54	5,00***	11,5***	0,10	2,42**	1,81	1,09	0,04	0,04	0,48
----------	------	---------	---------	------	--------	------	------	------	------	------

3. Результаты сопряженности числа дисульфидных связей в муке с реологическими свойствами шрота и другими количественными признаками озимой пшеницы в 2015 г. (п. Гонки, Белгородский р-н)

А. Группировка по числу дисульфидных связей

Выборка	Число -S-S- связей, у.ед.	ВПС	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретроградация	Урожайность, ц/га	Сухая клейковина, %	-S-S- связей на сух.клейк.
19	<b>63,6</b>	6,3	4,2	3,1	3,1	2,8	3,5	43,3	9,4	6,82
24	<b>80,5</b>	7,5	5,1	4,0	4,6	3,3	4,2	49,0	10,7	7,57
<i>t</i>	<b>15,2***</b>	2,44*	2,85*	2,07*	2,75*	1,72	1,16	0,73	5,07***	3,25**

Б. Группировка по индексу Замеса

Выборка	Число -S-S- связей, у.ед.	ВПС	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретроградация	Урожайность, ц/га	Сухая клейковина, %	-S-S- связей на сух.клейк.
17	69,4	6,6	<b>3,4</b>	3,2	3,0	3,1	4,0	43,4	10,0	7,0
40	75,17	7,10	<b>5,33</b>	3,83	4,73	3,10	4,1	42,04	10,31	7,34
<i>t</i>	2,52*	1,17	<b>8,77***</b>	1,47	3,59***	0,15	0,22	0,59	1,27	1,88

$r$  (-S-S- связей на сух.клейк. - Число -S-S- связей) 2015 год = **0,39\*** (n=57); 2014 = **0,75\*\*\*** (n=70);

### Литература

1. Нецветаев, В.П. Методы седиментации и оценка качества клейковины мягкой пшеницы / В.П. Нецветаев, О.В. Лютенко, Л.С. Пашенко, И.И. Попкова // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки, №11(66). – Вып. 9/1. – С. 56-64.
2. Нецветаев, В.П. Новые подходы к оценке качества зерна озимой мягкой пшеницы / В.П. Нецветаев, О.В. Лютенко, Л.С. Пашенко, И.И. Попкова // Белгородский Агромир. – 2010. – №1(54). – С. 27-29.
3. Рибалка, О.І. Якість пшениці та її поліпшення / О.І. Рибалка. – К.: Логос, 2011. – 496 с.
4. Kasarda, D. Glutenin polymers: The *in vitro* to *in vivo* transition / D. Kasarda // Cereal Food World. – 1999. – V. 44. – P. 566-571.
5. Нецветаев, В.П. Оценка качества зерна мягкой пшеницы SDS-седиментацией / В.П. Нецветаев, О.В. Лютенко, Л.С. Пашенко, И.И. Попкова // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – №3. – С.63-70.
6. Нецветаев, В.П. Качество мягкой пшеницы: генетика и селекция // В.П. Нецветаев, Т.А. Рыжкова, М.Ю. Третьяков. – Белгород: «Отчий край», 2015. – 158 с.
7. Нецветаев, В.П. Модификация метода определения качества клейковины пшеницы на приборе ИДК-1 / В.П. Нецветаев, И.П. Моторина, А.В. Петренко // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2006. – №3(23). – Вып. 4. – С.141-144.

### Literature

1. Netsvetaev, V.P. Methods of sedimentation and assessment of quality of soft wheat gluten / V.P. Netsvetaev, O.V. Lyutenko, L.S. Pashchenko, I.P. Popkova // Scientific news of BelSU. Unit 'Natural Sciences'. – 2009. – №11(66). – Iss. 9/1. – PP. 56-64.

2. Netsvetaev, V.P. New approaches to the assessment of grain quality of winter soft wheat / V.P. Netsvetaev, O.V. Lyutenko, L.S. Pashchenko, I.P. Popkova // Belgorod Agromir. – 2010. – №1(54). - PP. 27-29.
3. Рибалка, О.І. Якість пшениці та її поліпшення / О.І.Рибалка.– К.: Логос, 2011.– 496 р.
4. Kasarda, D. Glutenin polymers: The in vitro to in vivo transition / D. Kasarda // Cereal Food World.–1999.– V. 44.– P. 566-571.
5. Netsvetaev, V.P. The assessment of grain quality of soft wheat by the SDS-sedimentation / V.P. Netsvetaev, O.V. Lyutenko, L.S. Pashchenko, I.P. Popkova // Agricultural Biology.– 2010.– №3.– PP.63-70.
6. Netsvetaev, V.P. Quality of soft wheat: genetics and breeding // V.P. Netsvetaev, T.A. Ryzhkova, M.Yu. Tretyakov. – Belgorod: “Otchy Kray”, 2015.- 158 p.
7. Netsvetaev, V.P. The modification of the assessment method of wheat gluten quality by the device IDK-1 / V.P. Netsvetaev // Scientific news of BelsU. Unit ‘Natural Sciences’. –2006.– №3(23).– Iss. 4.– PP.141-144.