

УДК 633.111«321»:575.11.3:581.2

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ МУКИ ОТ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ ПШЕНИЦЫ

© 2014 г. Л.В. Обухова, Е.Б. Будашкина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, e-mail: lvobukhova@bionet.nsc.ru

Поступила в редакцию 15 сентября 2014 г. Принята к публикации 23 октября 2014 г.

На примере яровых сортов мягких пшениц Саратовская 29, Новосибирская 67, Скала, Иртышанка 10, Целинная 20 и их интрогрессивных линий, полученных с участием *Triticum timofeevii* Zhuk., исследована корреляционная зависимость реологических свойств (силы муки) от содержания суммарного белка, сырой клейковины, глиадины и глютенина, их соотношения и прироста. Показано, что хорошая корреляция силы муки имеется только с приростом содержания глютенина. Указывается на возможность использования этой зависимости в селекции.

**Ключевые слова:** мягкая пшеница, клейковина, сила муки, альвеограф, запасные белки, корреляционный анализ.

*Посвящается светлой памяти И.В. Черного*

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование влияния белкового состава клейковины на хлебопекарное качество пшеничной муки имеет очень долгую историю (обзоры: MacRitchie, 1984; Wheat: Science and Trade, 2009). Клейковина в основном состоит из молекул глиадинов и глутенинов. Глиадины имеют молекулярную массу до 60 kDa. Глутениновый полимер пшеницы, самый большой в природе белок с Mw до 20 млн, содержит десятки тысяч аминокислот (Wrigley, 1996). Известно, что глиадины создают вязкость и влияют на растяжимость теста, а глутенины отвечают за его эластичность (Payne *et al.*, 1984). Глутенин состоит из полипептидных цепей (субъединиц), соединенных дисульфидными связями. При обработке восстанавливающими агентами молекулы глутенина диссоциируют на субъединицы разной молекулярной массы: высокомолекулярные субъединицы (ВМС) и низкомолекулярные (НМС) (Payne *et al.*, 1979).

Пристальное внимание было уделено отдельным компонентам, образующим клейковину.

Искали корреляции между аллельным составом высокомолекулярных субъединиц глутенина (ВМСГ) и хлебопекарным качеством (Payne *et al.*, 1979). Другие ссылки можно найти в работах Обуховой с соавт. (1997; Obukhova *et al.*, 2001).

Последующие исследования привели к ранжированию влияния ВМСГ на качество, и была введена оценка *Glu-1* (Payne, 1987). Изучали влияние на качество муки и теста аллельных состояний локусов *Glu-1* и *Glu-3*, а также комбинации, включая локусы *Gli-1* (Gupta *et al.*, 1989, 1994a, b; Luo *et al.*, 2001). Проведен поиск корреляций между ВМСГ и характеристиками качества теста и муки у сортов пшениц разных стран (Branlard *et al.*, 1985; Payne *et al.*, 1987; Lukow *et al.*, 1989; Metakovsky *et al.*, 1990; Morgunov *et al.*, 1990; Чеботарь и др., 2012). Ранжировано влияние аллельного состояния глиадинов на свойства муки и теста (Созинов, 1985). Помимо этого, было рассмотрено влияние суммы разного состава проламинов на качество теста и муки (Gupta *et al.*, 1994; Обухова и др., 1997, 2008; Obukhova *et al.*, 2001).

Ранее в нашей работе (Обухова и др., 2009) был исследован состав ВМСГ у интрогрессивных линий, полученных с участием *Triticum timopheevii* Zhuk. Оказалось, что все линии сохранили состав ВМСГ сортов, на основе которых они были созданы. У этих линий и исходных сортов ранее было исследовано качество муки. Некоторые линии значительно превосходили по силе муки исходные сорта, по-видимому, за счет увеличения доли глютеинов (Обухова и др., 2008).

Цель настоящей работы – выявить корреляционные зависимости реологических свойств теста – силы муки – от содержания различных запасных белков мягкой пшеницы на материале, изученном нами ранее (Обухова и др., 2008).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы гексаплоидные яровые пшеницы *Triticum aestivum* L.: 5 сортов и 7 гибридов на их основе с участием *Triticum timopheevii* Zhuk. – донора устойчивости к листовой ржавчине и другим патогенам. В качестве родительских сортов выступали Саратовская 29 (С29), Новосибирская 67 (Н67), Скала (Ск), Иртышанка 10 (Ир10) и Целинная 20 (Ц20). Соответствующие интрогрессивные линии были: гибрид 821 на основе С29, гибрид 676 (Н67), гибрид 175 (Ск), два гибрида Ир10: 67 и 140, два

гибрида Ц20: 206 и 191. Гибриды были созданы Е.Б. Будашкиной и Н.П. Калининой (1998).

Реологические показатели («сила муки» по альвеографу, –  $W$ , ед.а.) и содержание общего белка (%), сырой клейковины (%), содержание запасных белков (у. е.) и состав *Glu-1* взяты из статьи, опубликованной ранее (Обухова и др., 2008). Результаты по зависимости приращения силы муки в интрогрессивных линиях по отношению к исходному сорту  $\delta W = W_{ин.лин.} - W_{сорт}$  от приращения содержания глютеина  $\Delta_{glu}$  обрабатывались с помощью формулы линейной регрессии  $\delta W = A \Delta_{glu}$ , где коэффициент  $A$  подлежал определению.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей статье приводятся результаты анализа влияния изменения различных запасных белков на реологические свойства теста («сила» муки по альвеографу, –  $W$ , е.а.), полученные после математической обработки части показателей, представленных в таблице в статье Л.В. Обуховой с соавт. (2008). Это касается зависимости реологических свойств (силы муки) от содержания общего белка, сырой клейковины, а также от содержания разных белковых фракций (глютеинов/глиадинов), их отношений или приращений в сравнении с родительским сортом (см. табл. и рис. 1–4).

Таблица

Характеристики интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы и их родительских форм

Показатель	Сорт-родитель, интрогрессивная линия											
	С29	821	Н67	676	Ск	175	Ир10	67	140	Ц20	206	191
% белка	15,33	15,2	15,08	16,13	13,76	16,13	16	–	16,62	15	16,13	17,16
% сырой клейковины	34,5	43	30	37	32	39,5	34	40	42,5	33	44	39
$W$ , е.а.	374	568	285	553	256	270	468	384	376	440	451	529
Содержание глиадина, у.е.	131,6	146,6	135,4	143	139	150,4	139	146,6	139	150,4	150,4	150,4
Содержание глютеина, у.е.	49,6	58,4	49,6	62,8	56,9	55,5	55,5	58,4	56,9	56,9	58,4	62,8
<i>Glu-1</i> -оценка, балл	7	7	8	8	7	7	7#	5	5	9	9	9

Примечания. С29 – Саратовская 29, Н67 – Новосибирская 67, Ск – Скала, Ир10 – Иртышанка 10, Ц20 – Целинная 20,  $W$  – показатель альвеографа. Интрогрессивные линии 821, 676, 175, 67, 140, 206, 191 расположены справа от соответствующих родительских форм. *Glu-1*-балл определялся согласно P.I. Payne (1987). # Существующее разночтение в *Glu-1*-оценках линий 67 и 140 с сортом Иртышанка 10 связано с тем, что стандартный сорт Ир10 содержит смесь двух генотипов с оценками 5 и 7 баллов, первый из которых выступил в качестве родительской формы для линий 67 и 140.

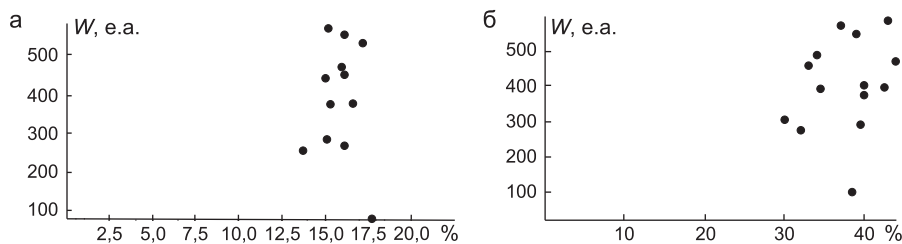


Рис. 1. Зависимость силы муки от содержания суммарного белка (а) и сырой клейковины (б).

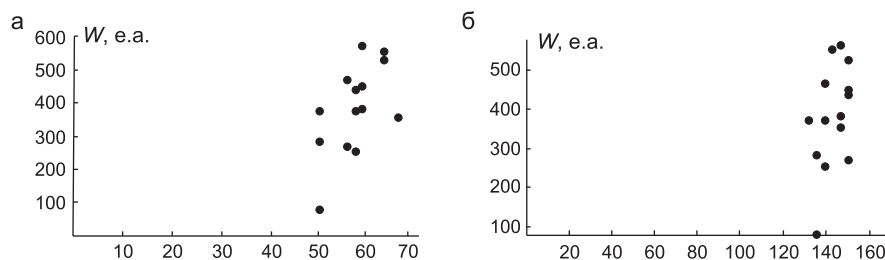


Рис. 2. Зависимость силы муки (е.а.) от содержания суммарного глютенина (а) и глиадина (б) в у.е.

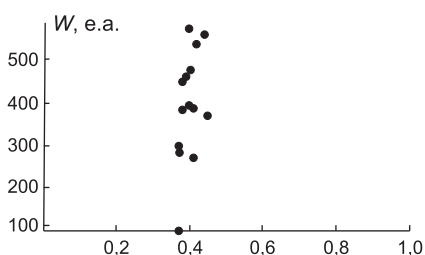


Рис. 3. Зависимость силы муки от отношения концентраций суммарного глютенина к глиадину.

Зависимость силы муки от содержания суммарного белка отсутствует (рис. 1, а). Наблюдается зависимость силы муки от содержания сырой клейковины (рис. 1, б). Обнаружена корреляция силы муки с содержанием суммарной фракции глутенинов в муке (рис. 2, а).

Отсутствует корреляция между силой муки и содержанием суммарного глиадина в муке (рис. 2, б). Кроме того, отсутствует зависимость силы муки от отношения концентраций суммарного глютенина к глиадину (рис. 3) и от приращения концентрации глиадина (рис. 4, а).

Наиболее заметной оказалась зависимость прироста силы муки  $\delta W$  (е.а.) от прироста концентрации суммарного глютенина  $\Delta_{glu}$  в муке (рис. 4, б). Точки хорошо ложатся на прямую линию с коэффициентом  $A = 20 \pm 8$  е.а., таким образом, зависимость оказывается достаточно ярко выраженной. Однако имеются две точки, достаточно далеко отстоящие от прямой (правее). Эти точки принадлежат показаниям для интрогрессивных линий 67 и 140.

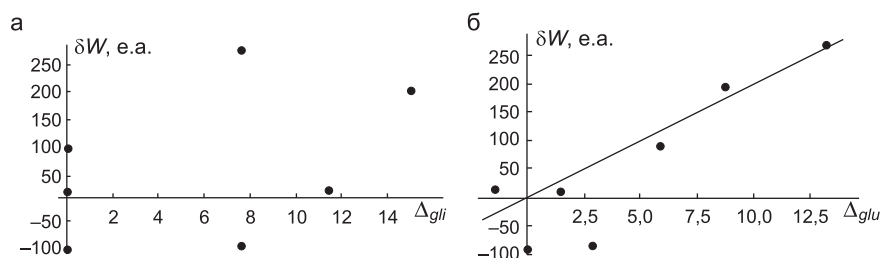


Рис. 4. Зависимость приращения силы муки от приращения концентрации проламинов.

а – от концентрации  $\Delta_{gli}$ ; б – от концентрации  $\Delta_{glu}$ . Точки хорошо ложатся на линейную зависимость  $\delta W = A \Delta_{glu}$  с коэффициентом  $A = 20 \pm 8$  е.а. Точки, далеко отстоящие от прямой, принадлежат линиям 67 и 140.

Мы выяснили причину наблюдаемого в последнем случае отклонения от линейного закона. Как отмечено в табл. в графе: «*Glu-1*-оценка, балл», существующее разночтение в *Glu-1*-оценках линий 67 и 140 с сортом Иртышанка 10 связано с тем, что в стандартном сорте Иртышанка 10 имеются два генотипа с оценками 5 и 7 баллов (Morgunov *et al.*, 1990; Обухова и др., 2008, 2009). В нашем случае первый из этих генотипов выступил в качестве родительского сорта для линий 67 и 140 (Обухова и др., 2008, 2009).

С учетом последнего фактора мы исключили линии 67 и 140 из подгонки величины *A*. В таком случае для этого коэффициента получается значение  $A = 13,2 \pm 7,8$  е.а.

Таким образом, наши результаты показывают, что качество пшеницы в значительной степени определяется не только принятым стандартным параметром – содержанием сырой клейковины, но и приростом содержания суммарных глютеинов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изученных моделях имеется хорошая корреляция прироста силы муки с приростом содержания глютеина. Наблюдается корреляция с содержанием суммарного глютеина и непрямая корреляция с содержанием сырой клейковины. Отсутствует корреляция силы муки с содержанием глиадинов и с содержанием суммарного белка.

Предложенный в настоящей статье простой способ может позволить предсказать на ранних стадиях селекции будущую силу муки. Для этого следует проводить сравнительный анализ концентрации суммарной фракции глютеинов гибридной и родительских форм под контролем ВМС-глютеинов для определения аллельного состава и учета гетерозигот.

Работа выполнена за счет средств бюджетного проекта VI.53.1.3.

## ЛИТЕРАТУРА

- Будашкина Е.Б., Калинина Н.П. Создание интрогрессивных линий гексаплоидной пшеницы, устойчивых к грибным инфекциям. Патент РФ 1998. № 2138155.
- Обухова Л.В., Будашкина Е.Б., Ермакова М.Ф., Калинина Н.П., Шумный В.К. Качество зерна и муки у интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы с генами устойчивости к листовой ржавчине от *Triticum timopheevii* Zhuk. // С.-х. биология. 2008. № 5. С. 38–42.
- Обухова Л.В., Будашкина Е.Б., Шумный В.К. Исследование запасных белков у интрогрессивных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L. × *Triticum timopheevii* Zhuk.) // Генетика. 2009. Т. 45. № 3. С. 360–368.
- Обухова Л.В., Майстренко О.И., Генералова Г.В. и др. Состав высокомолекулярных субъединиц глютеина у замещенных линий мягкой пшеницы, созданных с участием сортов с контрастными хлебопекарными свойствами // Генетика. 1997. Т. 33. № 8. С. 1179–1184.
- Созинов А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. М.: Наука, 1985. 272 с.
- Чеботарь С.В., Благодарова Е.М., Куракина Е.А. и др. Генетический полиморфизм локусов, определяющих хлебопекарное качество украинских сортов пшеницы // Вавилов. журн. генет. и селекции. 2012. Т. 16. № 1. С. 87–98.
- Branlard G., Dardevet M. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics // J. Cereal Sci. 1985. V. 3. P. 345–354.
- Gupta R.B., MacRitchie F. Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3, and Gli-1, of common wheat. II. Biochemical basis of the allelic effects on dough properties // J. Cereal Sci. 1994. V. 19. P. 19–29.
- Gupta R.B., Paul J.G., Cornish G.B. *et al.* Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1, of common wheats. I. Its additive and interaction effects on dough properties // J. Cereal Sci. 1994b. V. 19. P. 9–17.
- Gupta R.B., Singh N.K., Shepherd K.W. The cumulative effects of allelic variation in LMV and HMW glutenin subunits on physical dough properties in the progeny of two bread wheats // Theor. Appl. Genet. 1989b. V. 77. P. 57–64.
- Lukow O.M., Payne P.I., Tkachuk R. The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with bread-making quality // J. Sci. Food Agric. 1989. V. 46. P. 451–460.
- Luo C., Griffin W.B., Branlard G., McNeil D.L. Comparison of low- and high molecular-weight wheat glutenin allele effects on flour quality // Theor. Appl. Genet. 2001. V. 102. P. 1088–1098.
- MacRitchie F. Baking quality of wheat flours // Adv. Food Res. 1984. V. 29. P. 201–277.
- Metakovsky E.V., Wrigley C.W., Bekes F., Gupta R.B. Gluten polypeptides as useful genetic markers of dough quality in Australian wheats // Austr. J. Agric. Res. 1990. V. 41. P. 289–306.
- Morgunov A.I., Rogers W.J., Sayers E.J., Metakovsky E.V. The high-molecular-weight glutenin subunit composition of Soviet wheat varieties // Euphytica. 1990. V. 51. P. 41–52.
- Obukhova L.V., Maystrenko O.I., Generalova G.V. *et al.* Role of prolamins in BMQ of wheat substitution lines raised from cultivars contrasting in this quality // Cereal Res. Commun. 2001. V. 29. No. 1/2. P. 189–196.
- Payne P.I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality // Ann. Rev. Plant. Physiol. 1987. V. 38. P. 141–153.

- Payne P.I., Corfield K.G., Blackman J.A. Identification of a high-molecular weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheats of related pedigree // *Theor. Appl. Genet.* 1979. V. 55. P. 153–159.
- Payne P.I., Holt L.M., Jackson E.A., Law C.N. Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B.* 1984. V. 304. P. 359–371.
- Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The relationship between HMW glutenin subunits composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties // *J. Sci. Food Agric.* 1987. V. 40. P. 51–65.
- Wheat: Science and Trade / Ed. B. Carve. Wiley-Blakwell, 2009. 569 p.
- Wrigley C.W. Giant proteins with flour power // *Nature.* 1996. V. 381. P. 738–739.

## ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN WHEAT DOUGH STRENGTH AND STORAGE PROTEINS

L.V. Obukhova, E.B. Budashkina

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

### Summary

We analyzed the hexaploid wheat cultivars Saratovskaya 29, Novosibirskaya 67, Skala, Irtyshanka 10, and Tselinnaya 20 and their introgression lines with *Triticum timofeevii* Zhuk. to elucidate the correlation between dough rheological properties (dough strength) and the contents of overall protein, raw gluten, gliadin, glutenin. The ratio of glutenin and gliadin contents and their increment in the introgression lines in comparison with the parent cultivars were assessed. Dough strength was found to correlate significantly only with glutenin increase. This correlation can be utilized in breeding design.

**Key words:** bread wheat, gluten, dough strength, alveograph, storage proteins, correlation analysis.