

высокой и стабильной продуктивностью. Шесть сортообразцов имели комплексную устойчивость к грибным листовым болезням.

Финансирование: Исследование выполнено в рамках Государственного задания Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН: №122011800138-7. А также в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Список литературы

- 1 Амунова О. С., Волкова Л. В., Зуев Е. В., Харина А. В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 5. С. 661–675. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675
- 2 A review of wheat cultivars grown in the Canadian prairies. McCallum Brent D. and DePauw Ronald M. // Canadian Journal of Plant Science. 2008. Vol. 88. № 4. P. 649–677. DOI: 10.4141/CJPS07159
- 3 Ashadullin, D.F., Ashadullin, D.F., Vasilova, N.Z., Zuev E.V., Hajrullina A. R. Amino acid content in the spring common wheat grains. Russian Agricultural Sciences. 2023. Vol. 49. P. 265–270. DOI: 10.3103/S1068367423030023
- 4 Jiang X., Wu P., Tian, J. Genetic analysis of amino acid content in wheat grain // Journal of Genetics. 2014. Vol.93. P. 451–458. DOI: 10.1007/s12041-014-0408-6

DOI 10.18699/GPB2024-06

Хлебопекарные свойства *Waxu* линий мягкой пшеницы с двумя нуль-аллелями (*Wx-A1b* и *Wx-B1b*)

Асхадуллин Данил Ф., к.с.-х.н., в.н.с.; Асхадуллин Дамир Ф., к.с.-х.н., в.н.с.; Василова Н.З. к.с.-х.н., в.н.с.*

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

**email: tatnii-rare@mail.ru*

*Представлены результаты исследований качества зерна, физических свойств теста, хлебопекарной оценки линий яровой мягкой пшеницы несущих нефункциональные аллели *Wx*–генов *Wx-A1b* и *Wx-B1b*. Показаны различия по качественным характеристикам у изучаемых линий. Из муки линий К-243-13*Wx*-2 и К-243-13*Wx*-6 с генотипом *Wx-A1*, *Wx-B1b*, *Wx-D1a* выпекается хлеб превосходного качества.*

*Ключевые слова: яровая пшеница, *waxu*, линия, качество, хлеб.*

Baking Quality of Double-Null Partial Waxy Common Wheat Lines

Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Vasilova N.Z.

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center RAS,
Kazan, Russia

*email: tatnii-rape@mail.ru

The results of studies of grain quality, physical properties of dough, and bakery evaluation of spring wheat lines bearing non-functional alleles of the Wx genes Wx-A1b and Wx-B1b are presented. The differences in the qualitative characteristics of the studied lines are shown. Excellent quality bread is baked from lines K-243-13Wx2 and K-243-13Wx-6 with the genotype WxA 1, Wx-B1b, Wx-D1a.

Key words: spring common wheat, waxy, line, quality, bread.

Линии пшеницы, несущие один или несколько нулевых, или нефункциональных аллелей Wx-генов, содержат крахмал в зерне с пониженным содержанием амилозы и обозначаются как частично ваху пшеницы (Partial Waxy). Частично ваху пшеница имеет изменения в свойствах желатинизации, клейстеризации и ретроградации крахмала зерна, что приводит к изменению свойств конечного продукта, изготавливаемого из такого зерна [1]. Из муки пшеницы с двумя нуль-аллелями и содержанием белка >15,1 %, получается хлеб с более мягкой текстурой мякиша и более медленным черствением, чем из муки «обычной» пшеницы [2]. Пшеничная мука, содержащая крахмал с пониженным содержанием амилозы, не оказывает негативного влияния на качество подового хлеба [3]. Скрининг генотипов яровой мягкой пшеницы по аллельным вариантам Wx-генов и генов HMW-GS позволил выделить линии яровой мягкой пшеницы селекции Татарского НИИСХ, несущих нефункциональные аллели Wx-генов Wx-A1b и Wx-B1b [4]. При создании этих линий материнской формой был сорт озимой пшеницы Старшина. Часть из них несла только Wx-A1b или Wx-B1b аллели, часть их сочетание (табл. 1). В последующем были выделены наиболее продуктивные и перспективные линии, которые различались в том числе и по комбинациям субъединиц высокомолекулярных глютеинов, влияющих на качество хлебобулочных изделий. Целью исследований было оценить перспективные линии, несущие нуль аллели Wx-генов по хлебопекарным свойствам.

Линия К-243-13Wx-2 кроме двух нуль аллелей Wx-генов имеет благоприятную комбинацию субъединиц Ax2*/5+10 высокомолекулярных глютеинов.

Таблица 1 – Молекулярно-генетическая оценка линий яровой мягкой пшеницы по *Wx*-генам и генам *HMW-GS*.

Линия/сорт	<i>Wx-A1b</i>	<i>Wx-B1b</i>	<i>HMW-GS</i>			
			<i>A1</i>		<i>D1</i>	
			<i>Ax1</i>	<i>Ax2*</i>	5+10	2+12
К-242-13W _x -6	+	-	-	+		+
К-245-13W _x -6	-	+	-	+		+
К-243-13W _x -2	+	+	-	+	+	
К-243-13W _x -6	+	+	-	+		+
Йолдыз, st	-	-	-	+	+	

При испытании в 2022 году линии, несущие две нуль аллели *Wx*-генов, уступили по урожайности стандарту Йолдыз, линия К-242-13W_x-6 превосходила по урожайности стандарт. Все линии, несущие нуль аллели *Wx*-генов превосходили по содержанию белка и клейковины стандарт (табл. 2). По показателю ИДК только линия К-243-13W_x-6 соответствовала первой группе качества. Следует отметить, что линии, несущие две нуль аллели *Wx*-генов, имеют более низкую гидратацию клейковины.

Таблица 2 – Урожайность и качество зерна линий яровой мягкой пшеницы, 2022 г.

Линия/сорт	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание сырой клейковины, %	ИДК, е.п.	Гидратация клейковины, %
К-242-13W _x -6	3,16	14,4	29,6	90	182
К-245-13W _x -6	2,18	18,3	40,3	91	186
К-243-13W _x -2	2,01	17,0	32,4	92	172
К-243-13W _x -6	2,06	15,9	30,7	74	171
Йолдыз, st	2,79	14,5	24,3	86	170

Анализ на приборе фаринограф позволяет оценить реологические свойства теста во время замеса, водопоглотительная способность муки у линий находилась на уровне «нормальной» пшеницы (табл. 3). Время образования теста, устойчивость теста, повышение степени разжижения теста во время замеса у линий, несущих две нуль аллели *Wx*-генов было выше, чем у других образцов. У линии К-242-13W_x-6 отмечалось снижение степени разжижения теста во время замеса, чего не наблюдается у пшениц с низким содержанием амилозы [5].

Таблица 3 – Реологические свойства теста линий яровой мягкой пшеницы (фаринограф), 2022 г.

Линия/сорт	ВПС, %	Время образования, мин	Устойчивость, мин	Степень разжижения, е.ф.		
				12 мин	20 мин	% повышения
К-242-13W _x -6	59,0	2,04	Более 20	4	-1	Укрепление
К-245-13W _x -6	60,5	3,14	4,44	77	86	12
К-243-13W _x -2	59,6	3,45	5,04	69	90	30
К-243-13W _x -6	56,7	4,20	6,56	59	71	20
Йолдыз, st	56,7	2,03	4,29	64	66	3

Известно о влиянии *Wx*-генов на упруго-эластичные свойства теста. Существенное влияние при взаимодействии с различными субъединицами высоко- и низкомолекулярных глютеинов они оказывают на величину упругости и отношения упругости к растяжимости теста [6]. В нашем случае, минимальная упругость теста отмечается у линий К-243-13 Wx -2 и К-243-13 Wx -6 имеющих две нуль аллели *Wx*-генов (табл. 4), при этом они имеют разные комбинации субъединиц высокомолекулярных глютеинов. Линия К-242-13 Wx -6 несущая *Wx-A1b* аллель имеет высокую силу муки, упругость теста, не высокие значения индекса растяжимости, характерные для пшеницы улучшителя.

Таблица 4 – Реологические свойства теста линий яровой мягкой пшеницы (альвеограф), 2022 г.

Линия/сорт	Сила муки, е.а.	Упругость, Р, мм	Растяжимость, L, мм	P/L	Индекс растяжимости, см ^{3/2}
К-242-13 Wx -6	424	129	83	1,54	20,2
К-245-13 Wx -6	169	68	102	0,67	22,4
К-243-13 Wx -2	146	57	99	0,58	22,1
К-243-13 Wx -6	168	56	103	0,54	22,5
Йолдыз, st	224	66	150	0,44	27,2

Пробная лабораторная выпечка, проведенная по ГОСТ 27669-88 из 100 г муки без добавления улучшителей и сахара показала, что лучшими по качеству выпечки оказались линии К-243-13 Wx -2, К-243-13 Wx -6, К-245-13 Wx -6 (табл. 5, рисунок).

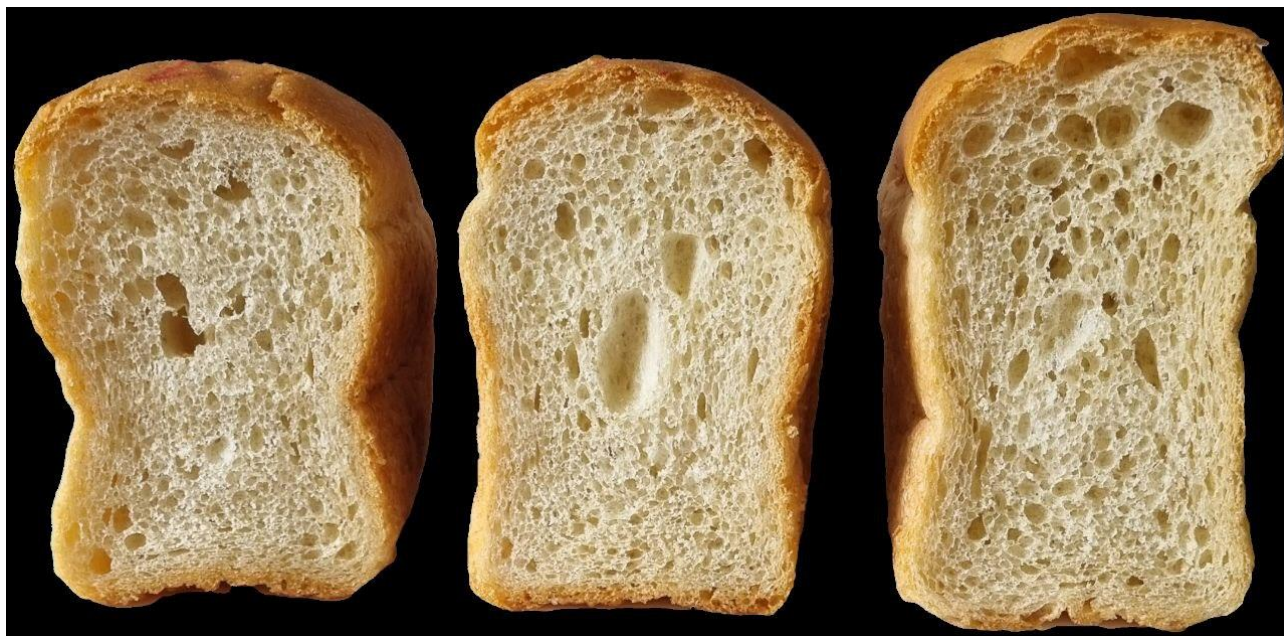
Таблица 5 – Хлебопекарная оценка, 2022 г.

Линия/сорт	Симметричность хлеба, балл	Пористость, балл	Формоустойчивость, балл	Объем хлеба, мл	Общая хлебопекарная оценка, балл	Вкус хлеба, балл
К-242-13 Wx -6	4,4	4,5	0,77	481	4,51	5
К-245-13 Wx -6	4,4	4,4	0,63	712	4,73	5
К-243-13 Wx -2	4,5	4,7	0,65	641	4,74	4,5
К-243-13 Wx -6	4,8	5	0,62	641	4,81	4,5
Йолдыз, st	4,4	4,5	0,74	540	4,63	5

Хлеб из муки линий К-243-13 Wx -2, К-243-13 Wx -6 несущие две нуль аллели *Wx*-генов имеет высокую хлебопекарную оценку, высокий объем, симметричный, формоустойчивый, пористость тонкостенная, ажурная, но не совсем равномерная, хлеб несколько уступает по вкусу другим образцам.

Полученные данные указывают на возможность создания сортов мягкой

пшеницы несущих нефункциональные аллели *Wx*-генов *Wx-A1b* и *Wx-B1b* с высокой хлебопекарной оценкой. Полученные линии К-243-13Wx-2 и К-243-13Wx-6 с генотипом *Wx-A1*, *Wx-B1b*, *Wx-D1a* могут быть использованы для получения хлеба хорошего качества, при этом хлебопечение не является основным направлением использования таких линий.



Хлеб линий К-243-13Wx-2, К-243-13Wx-6, К-245-13Wx-6

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания Татарского НИИСХ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН: № 122011800138-7.

Список литературы

- 1 Yamamori M., Quynh N. Differential effects of *Wx*-A1, -B1 and -D1 protein deficiencies on apparent amylose content and starch pasting properties in common wheat // *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 100. P. 32–38. DOI: 10.1007/s001220050005
- 2 Baik B.-K., Park C.S., Paszczynska B., Konzak, C.F. Characteristics of Noodles and Bread Prepared from Double-Null Partial Waxy Wheat // *Cereal Chemistry*. 2003. Vol. 80. P. 627–633. DOI: 10.1094/CCHEM.2003.80.5.627
- 3 Sahlstrom S., Bævre A.B., Graybosch R. Impact of Waxy, Partial Waxy, and Wildtype Wheat Starch Fraction Properties on Hearth Bread Characteristics // *Cereal Chemistry*. 2006. Vol. 83. P.647–654. DOI: 10.1094/CC-83-0647
- 4 Vafin R., Rzhanova I., Askhadullin D., Askhadullin D., Vasilova N. Screening of the genotypes of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by the allelic variants of *Waxy* genes and HMW glutenin subunits. *Acta Agrobotanica*. 2018. Vol.71(4). P.1746. DOI: 10.5586/aa.1746
- 5 Caramanico R., Barbiroli A., Marengo M. et al. Interplay between starch and proteins in waxy wheat // *Journal of Cereal Science*. 2017. Vol. 75. P. 198-204. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.04.008
- 6 Deng Z.Y., Hu S.N., Chen F. et al. Effects of Allelic Variations in Glutenin and Waxy Proteins on Dough Alveogram Properties and Chinese White Salt Noodle Qualities // *Cereal Research Communications*. 2013. Vol. 41. P. 550–561. DOI: 10.1556/CRC.2013.0030