

СЕЛЕКЦИЯ НА ЗЪРНЕНО-ЖИТНИ КУЛТУРИ



ГЕНЕТИЧНО РАЗНООБРАЗИЕ
НА ВИСОКОМОЛЕКУЛНИ ГЛУТЕНИНОВИ АЛЕЛИ
В СОРТОВЕ И ЛИНИИ С РАЗЛИЧЕН ПРОИЗХОД

Иван Тодоров, Петър Иванов, Ирина Иванова
Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево

Резюме

Тодоров, И., П. Иванов, И. Иванова 2006. Генетично разнообразие на високомолекулни глутенинови алели в сортове и линии с различен произход

Анализиран е фракционният състав на високомолекулните глутенини на 38 групи сортове и линии пшеница с различен произход. На тази основа са определени техният *Glu 1* скор и показателят *H*, характеризиращ генетичното разнообразие.

Пшеничните образци, създадени в различни селекционни центрове, се характеризират с голямо разнообразие по отношение на високомолекулните глутенинови алели, които са тясно свързани с тяхното качество. *Glu 1* скорът на отделните групи образци варира от 6.05 до 9.94, при максимално възможен 10. Определени са източниците на ценни за качеството, рядко срещащи се високомолекулни алели.

Ключови думи: Високомолекулни глутенини (ВМГ), локуси, скор, субединици.

Abstract

Todorov, I., P. Ivanov, I. Ivanova 2006. Genetic Diversity of High Molecular Weight Glutenin Allels in Varieties and Lines with Different Origin

The subunit composition of high molecular weight glutenins of 38 wheat varieties and lines with various origin were analyzed. On this basis their *Glu-1* score and the index *H* characterizing genetic variability were determined.

The wheat accessions developed at different breeding centers were characterized with high variability with regard to the high molecular glutenin alleles which were closely linked to their quality. The *Glu 1* score of the individual accessions varied from 6.05 to 9.94, the maximum possible being 10. The sources of quality-valuable rare high molecular alleles were identified.

Key words: High molecular weight glutenins (HMW), loci, score, subunits.

УВОД

През последните 25 години използването на високомолекулните алели се наложи като ефективно средство за прогноза на хлебопекарните качества на пшеницата. Това се дължи на наличието на опростена система за тяхното подреждане и номериране (Rayne & Lawgenсе, 1983) и на метод за установяване на техния *Glu 1* скор, като числена мярка за връзката им с качеството на пшеницата.

Таблица 1. Групи сортове и линии пшеница включени в настоящото проучване

Страна	Група	Брой сортове пшеница	Източник
България	ДЗИ - сортове	116	От настоящото проучване
	ДЗИ - линии	270	От настоящото проучване
Русия	Русия	69	От настоящото проучване
Украйна	Украйна	185	От настоящото проучване
Румъния	Румъния	55	От настоящото проучване
Югославия	Югославия-1	86	Vapa and Savic (1988)
	Югославия-2	36	Knezevic et al. (1993)
	Югославия-3	53	От настоящото проучване
Турция	Турция	101	От настоящото проучване
Молдова	Молдова	52	От настоящото проучване
Хърватска	Хърватска	12	От настоящото проучване
Унгария	Унгария-1	72	Karpati et al. (1990)
	Унгария-2	50	От настоящото проучване
Чехия	Чехия	37	От настоящото проучване
Италия	Италия-1	26	Jackson et al. (1996)
	Италия-2	16	От настоящото проучване
Австрия	Австрия	41	Groger et al. (1997)
САЩ	САЩ-1	61	Lookhart et al. (1993)
	САЩ-2	44	Khan et al. (1990)
	САЩ-3	55	Redaelli et al. (1997)
	САЩ-4	76	От настоящото проучване
Канада	Канада-1	66	Lukow et al. (1989)
	Канада-2	47	От настоящото проучване
Западна Европа	Западна Европа	66	От настоящото проучване
Австралия	Австралия	23	Metakovsky et al. (1990)
Аржентина	Аржентина	92	Gianilelli et al. (2002)
Норвегия	Норвегия-1	225	Uhlen et al. (1990)
	Норвегия-2	71	Flaete et al. (2000)
Финландия	Финландия	36	Sontag et al. (1986)
СССР	СССР	99	Morgunov et al. (1990)
Япония	Япония-1	85	Nagamine et al. (2000)
	Япония-2	174	Nakamura. (2001)
Китай	Китай-1	2292	Mao et al. (1993)
	Китай-2	25	Zhu et al. (1993)
Южна Африка	Южна Африка	26	Manley et al. (1992)
Пакистан	Пакистан	50	Tahir et al. (1995)
Индия	Индия	24	Bhagwat and Bhatia (1988)
Иран	Иран	49	Bahraei et al. (2004)

Разпределението на ВМГ алели в различните селекционни центрове е в зависимост от спецификата на местните климатични условия, използвания изходен

селекционен материал, интензивността на международния обмен на генетични материали, методите и насоките на селекцията, включително и за технологичното използване на зърното.

В настоящото изследване са изложени резултатите от проучването на генетичното разнообразие на групи сортове и линии пшеница с различен произход по отношение на техния високомолекулен алелен състав.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За да се обхване максимално пълно генетичното разнообразие на ВМГ алели, в проучването са включени групи пшенични образци с различен произход, анализирани от нас и такива от други автори (Таблица 1).

Екстракцията на високомолекулните глутенини е извършена по метода на Singh et al. (1991), а фракционирането им по метода на Laemmli (1970). Идентифицирането на ВМГ субединици е проведено по метода на Payne & Lawrence (1983). Glu 1 скорът е определен по метода на Payne et al. 1987. Показателят за генетичното разнообразие - *H* в отделните глутенинови лакуси е определен по метода на Hintum and Elings (1991).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Честотата на ВМГ субединици в групите сортове и линии пшеница е посочена в Таблица 2, а стойностите на техния *Glu 1* скор и на показателя за генетичното разнообразие *H* - в Таблица 3. Максимално възможният скор в локуси *Glu A1* и *Glu B1* е 3, а в *Glu D1* - 4. Най-високият общ *Glu 1* скор е 10.

С най-висок *Glu 1* скор са **аржентинските сортове пшеница** - 9.44. Той е резултат от високи стойности на скоровете и в трите локуса. Тези сортове са ценни източници на основните субединици свързани с високо качество - *2**, *7+8* и *5+10*, съответно от локуси *Glu A1*, *B1* и *D1*. Локус *Glu B1* е източник и на редките субединици *17+18* и *13+16*, свързани също с високо качество.

Сравнително ниската стойност на показателя отразяващ генетичното разнообразие и високата честота на ценните за качеството на пшеницата алели, са резултат от силния селекционен натиск върху тези локуси целящ създаване на качествени сортове пшеница (Cianibelli et al., 2002).

Американските пшенични образци са представени в четири групи - САЩ-2, САЩ-1, САЩ-4 и САЩ-3. Образците от първите три групи заемат съответно 2^о, 12^о и 14^о място, със скор 9.40, 8.65 и 8.51. Основен дял за формирането на този висок скор има много добрият наследствен потенциал в локус *Glu A1*, със скор - от 2.94 до максимален 3.00. На фона на високите стойности на общия скор и на скоровете в локуси *Glu A1* в *Glu D1*, прави впечатление по-ниският скор на локус *Glu B1* - от 2.03 до 2.47.

Генетичното разнообразие при трите групи е сравнително ниско, особено при образците от група САЩ-2. Показателят *H* за локус *Glu A1* варира от 0.32 до 0.39. Тези ниски стойности са резултат от съсредоточването на наследствения потенциал предимно в ценната субединица *2** - 75.0-81.2 % и ниската честота на гена кодиращ свързаната с ниско качество субединица *N* - от

0 до 3.1 %. Подобно е положението и при локус *Glu D1*. Много ниската стойност на показателя *H* - 0.04, е резултат на високата концентрация на най-ценната за качеството субединица *5+10*,

особено при колекцията от пролетни пшеници от група САЩ-2.

Тези образци са добри източници на високомолекулни субединици обуславящи високи хлебопекарни качества, главно на *2** от *Glu A1* и на *5+10* от *Glu D1* локуси. От

Таблица 2. Честота(%) на високомолекулни глутенинови субединици на групи сортове и линии
пшеница с различен произход

№	Група	Субединици(%)																								
		GluA1				GluB1								GluD1												
		1	2*	4	N	5	6	7+8	7+9	20	8	9	17+18	13+16	10	11	6+8	7	12	13	22	5+10	14	15	16	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Аржентина	47.8	51.1	1.1	51.1	26.1	0	17.4	3.3	2.2	0	0	88.0	12.0	0						0	0	88.0	12.0	0	
2	САЩ-2	20.4	79.6	0	40.9	56.8	0	2.3	0	0	0	0	97.7	2.3	0						0	0	97.7	2.3	0	
3	Молдова	23.1	67.3	9.6	44.2	53.8	0	0	0	1.9	0	0	96.1	3.8	0						0	0	96.1	3.8	0	
4	Пакистан	54.0	46.0	0	6.0	32.0	0	46.0	12.0	0	0	0	64.0	30.0	0						0	0	64.0	30.0	0	
5	Норвегия-1	22.2	76.9	0.9	45.3	12.0	1.3	3.6	22.7	11.6	3.6	0	74.6	25.3	0						0	0	74.6	25.3	0	
6	Канада-2	56.1	39.3	4.5	44.7	48.9	0	6.4	0	0	0	0	74.5	25.5	0						0	0	74.5	25.5	0	
7	Русия	26.1	63.8	10.1	31.9	65.2	0	0	0	1.4	0	1.4	94.2	4.3	1.4						0	0	94.2	4.3	1.4	
8	Украйна	47.6	45.9	6.5	34.0	63.2	0	0	0	0	1.6	0	87.0	13.0	0						0	0	87.0	13.0	0	
9	Румъния	5.5	65.4	29.1	63.6	36.4	0	0	0	0	0	0	87.3	10.9	1.8						0	0	87.3	10.9	1.8	
10	Норвегия-2	25.4	69.0	5.6	52.1	26.8	0	2.8	1.4	12.3	0	0	73.2	26.8	0						0	0	73.2	26.8	0	
11	Канада-1	56.1	39.3	4.5	22.7	62.1	0	3.0	3.0	7.6	1.5	0	80.3	19.7	0						0	0	80.3	19.7	0	
12	САЩ-1	15.6	81.2	3.1	29.7	62.5	0	6.2	0	1.6	0	0	68.7	18.7	0						0	0	68.7	18.7	0	
13	Южна Африка	57.7	30.8	11.5	11.5	46.1	0	15.4	19.2	7.7	0	0	73.1	26.9	0						0	0	73.1	26.9	0	
14	САЩ-4	22.4	75.0	2.6	19.7	60.5	0	1.3	0	6.6	6.6	1.3	77.7	21.1	1.3						0	0	77.7	21.1	1.3	
15	Иран	16.3	59.2	24.5	38.3	18.4	2.0	26.5	4.1	0	6.1	0	36.7	59.2	0						0	0	36.7	59.2	0	
16	СССР	25.0	67.2	7.8	18.1	77.9	0	0.8	0	3.1	0	0	58.7	40.5	0.8						0	0	58.7	40.5	0.8	
17	Австралия	34.8	56.5	8.7	26.1	13.0	26.1	34.8	0	0	0	0	43.5	56.5	0						0	0	43.5	56.5	0	
18	ДЗИ-линии	27.5	45.8	27.1	16.3	81.0	0	0.8	0	1.5	0.4	0	72.1	27.9	0						0	0	72.1	27.9	0	
19	Финландия	33.3	50.0	13.9	22.2	61.1	5.6	0	0	2.8	8.3	0	58.3	41.7	0						0	0	58.3	41.7	0	
20	Турция	15.8	55.4	28.7	25.7	50.5	1.0	6.9	1.0	3.0	11.9	0	62.3	30.7	0						0	0	62.3	30.7	0	
21	Индия	25.0	62.5	12.5	33.3	20.8	45.8	0	0	0	0	0	66.7	33.3	0						0	0	66.7	33.3	0	
22	ДЗИ-сортове	24.1	37.1	38.0	16.4	66.4	0	0	0.9	10.3	4.3	0	74.1	22.4	3.4						0	0	74.1	22.4	3.4	
23	Югославия-3	24.4	32.1	43.4	17.0	62.0	7.5	0	0	3.8	7.5	1.9	62.3	37.7	0						0	0	62.3	37.7	0	
24	Унгария-2	22.0	54.0	24.0	4.0	82.0	0	0	0	6.0	4.0	0	58.0	42.0	0						0	0	58.0	42.0	0	
25	Австрия	29.5	18.2	52.3	11.3	52.3	0	0	0	25.0	9.1	0	84.1	13.6	0						0	0	84.1	13.6	0	

Таблица 1 (продължение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
26	Югославия-2	41.7	33.3	25.0	19.4	50.0	2.8	0	0	8.3	16.7	0	47.2	52.8	0
27	Хърватска	50.0	25.0	25.0	8.0	66.7	0	0	0	25.0	0	0	50.0	25.0	25.0
28	Югославия-1	33.7	26.7	39.5	13.9	62.8	0	0	0	11.6	10.5	0	55.8	44.2	0
29	Чехия	24.4	10.8	64.9	29.7	56.8	2.7	2.7	0	8.1	0	0	64.9	35.1	0
30	Италия-1	65.5	19.2	19.2	19.2	26.9	11.5	11.5	3.8	0	23.1	0	30.8	69.2	0
31	Унгария-1	26.4	34.7	38.9	1.4	50.0	2.8	0	0	13.9	23.6	0	58.3	36.1	0
32	Италия-2	56.3	6.3	37.5	20.0	43.8	0	6.3	0	12.5	12.5	0	31.3	68.8	0
33	САЩ-3	41.8	32.7	25.4	12.7	40.0	7.4	1.8	3.6	9.1	12.7	12.7	18.2	69.1	0
34	Япония-1	0	29.4	70.4	89.4	8.2	2.4	0	0	0	0	0	0	41.2	0
35	Китай-1	27.6	15.0	57.4	42.0	41.9	4.4	0.3	0.4	4.1	2.8	2.8	15.7	73.7	0
36	Япония-2	4.6	8.6	86.8	94.1	1.2	0.6	1.2	0	1.2	1.7	0	3.4	70.1	0
37	Китай-2	20.0	4.0	76.0	52.0	48.0	0	0	0	0	0	0	4.0	80.0	0
38	Западна Европа	9.1	3.0	87.9	9.1	36.4	1.5	1.5	0	18.2	9.1	24.2	62.1	34.8	3.0

Забележка: В посочените по-

долупоменени члени те образци са идентифицирани и извънредно рядко срещашащите се субединици:

19. Финландия-25-2.8%

4. Пакистан -14 -4.0%
 10. Норвегия-2 -13+19 -1.4%
 14. САЩ-4 -14+15 -2.8%
 15. Иран -14+15 -3.9%
 22. ДЗИ-сортове -6+9 -2.0%
 25. Австрия -6+18 -0.9%
 26. Югославия-2 -14+15 -2.3%
 28. Югославия-1 -21 -2.8%
 31. Унгария-1 -20+9 -1.2%
 35. Китай-1 -7+8+20 -2.8%
 -13+19 -0.2%

4. Пакистан -2+12 -6.0%
 12. САЩ-1 -3+12 -12.5%
 15. Иран -2***+12 -4.2%
 31. Унгария-1 -3+12 -1.4%
 33. САЩ-3 -4+12 -4.2%
 34. Япония-1 -3+12 12.7%
 35. Китай-1 -2.2+12 -58.5%
 36. Япония-2 -4+12 -7.6%
 37. Китай-2 -2.2+12 -25.3%
 2*+12 -4+12 -1.2%
 2*+12 -16.0%

**Генетично разнообразие на високомолекулни глутенинови алели
в сортове и линии с различен произход**

редките субединици с висок скор, в тези образци е идентифицирана само фракционната двойка 17+18.

Таблица 3. Glu 1 скор и генно разнообразие на сортове и линии пшеница с различен произход

No	Произход	Glu 1 локуси							
		Glu A1		Glu B1		Glu D1		Glu 1	
		Скор	H	Скор	H	Скор	H	Скор	H
1	Аржентина	2.98	0.52	2.70	0.65	3.74	0.21	9.44	0.46
2	САЩ-2	3.00	0.33	2.43	0.52	3.95	0.04	9.40	0.30
3	Молдова	2.81	0.49	2.42	0.52	3.92	0.08	9.15	0.36
4	Пакистан	3.00	0.51	2.67	0.68	3.40	0.51	9.04	0.57
5	Норвегия-1	2.98	0.35	2.55	0.71	3.49	0.38	9.02	0.48
6	Канада-2	2.96	0.52	2.51	0.57	3.49	0.39	8.96	0.49
7	Русия	2.80	0.52	2.29	0.48	3.85	0.11	8.94	0.37
8	Украйна	2.87	0.56	2.31	0.48	3.74	0.23	8.92	0.42
9	Румъния	2.42	0.49	2.64	0.45	3.74	0.23	8.80	0.39
10	Норвегия-2	2.89	0.47	2.42	0.65	3.46	0.39	8.77	0.50
11	Канада-1	2.91	0.54	2.20	0.56	3.61	0.32	8.72	0.47
12	САЩ-1	2.94	0.32	2.34	0.52	3.37	0.49	8.65	0.44
13	Ю. Африка	2.74	0.58	2.38	0.74	3.46	0.41	8.61	0.58
14	САЩ-4	2.95	0.39	2.03	0.59	3.53	0.36	8.51	0.45
15	Иран	2.67	0.57	2.73	0.75	2.86	0.52	8.26	0.61
16	СССР	2.84	0.48	2.16	0.36	3.17	0.51	8.17	0.45
17	Австралия	2.83	0.57	2.35	0.76	2.87	0.51	8.05	0.61
18	ДЗИ-линии	2.46	0.65	2.15	0.32	3.44	0.40	8.05	0.46
19	Финландия	2.71	0.64	2.06	0.58	3.17	0.50	8.00	0.57
20	Турция	2.43	0.59	2.17	0.66	3.39	0.43	7.99	0.56
21	Индия	2.75	0.55	1.87	0.66	3.33	0.46	7.95	0.56
22	ДЗИ-сортове	2.22	0.66	2.02	0.52	3.48	0.40	7.72	0.53
23	Югославия-3	2.13	0.66	2.24	0.58	3.24	0.48	7.61	0.57
24	Унгария-2	2.52	0.61	1.90	0.33	3.16	0.50	7.58	0.48
25	Австрия	1.95	0.62	1.77	0.66	3.68	0.28	7.40	0.52
26	Югославия-2	2.50	0.67	1.92	0.70	2.94	0.51	7.36	0.63
27	Хърватска	2.50	0.68	1.83	0.53	3.00	0.68	7.35	0.63
28	Югославия-1	2.21	0.67	1.92	0.57	3.12	0.50	7.25	0.58
29	Чехия	1.70	0.52	2.22	0.60	3.3	0.47	7.22	0.53
30	Италия-1	2.61	0.57	1.96	0.84	2.61	0.44	7.18	0.62
31	Унгария-1	2.22	0.68	1.58	0.68	3.13	0.53	6.93	0.63
32	Италия-2	2.25	0.57	2.06	0.76	2.62	0.46	6.93	0.60
33	САЩ-3	2.49	0.66	1.76	0.79	2.36	0.48	6.61	0.64
34	Япония-1	1.58	0.42	2.87	0.20	2.00	0.49	6.45	0.37
35	Китай-1	1.85	0.57	2.30	0.64	2.25	0.43	6.40	0.55
36	Япония-2	1.26	0.24	2.91	0.11	2.06	0.44	6.23	0.26
37	Китай-2	1.48	0.40	2.52	0.52	2.08	0.35	6.08	0.42
38	Зап. Европа	1.24	0.22	1.57	0.77	3.24	0.49	6.05	0.49

Пшеничните образци от грапа САЩ-3 са с мек ендосперм. Те са с неблагоприятен за хлебопекарните качества фракционен състав и нисък *Glu 1* скор – 6.61. Тези образци са предназначени за производство на сладкарски изделия (Redaelli et al., 1997)

Сортовете пшеница от Молдова заемат трето място с висок *Glu 1* скор - 9.15. ВМГ фракционен състав на образците от тази група се състои изключително от традиционните за тези белтъци субединици, при висока концентрация на тези от тях свързани с високи хлебопекарни качества - субединица 2* от локус *Glu A1* и особено

на субединици 5+10 от локус *Glu D1*. Резултат от силната концентрация на последните субединици е и много ниската стойност на показателя за генетично разнообразие *H* в локус *Glu D1* - 0.08.

Следователно молдовските сортове и линии пшеница имат солиден наследствен потенциал по отношение на хлебопекарните качества, базиран на най-често срещаните се високомолекулни алели *b* и *d* кодиращи свързаните с високо качество субединици 2* и 5+10.

Пшеничните образци с произход от Пакистан по величината на своя *Glu 1* скор - 9.04 се нареждат на четвърто място. Най-голям принос за този скор има локус *Glu A1* с максимален скор - 3.

Сравнително високият скор - 2.67, при максимално възможен 3 в локус *Glu B1* е формиран по специфичен начин, на фона на ВМГ състав на образците с произход от други страни. Ниската честота - 6.0 % на алела кодиращ ценната за качеството субединица 7+8, е компенсирана от наличието на редките алели кодиращи ценните за качеството субединици 17+18 и 13+16 с честота, съответно 46.0 % и 12.0 %. Пакистанските сортове пшеница са най-добрият генетичен източник на субединици 17+18 и 13+16, а в значителна степен и на субединици 1 и 5+10, съответно от локуси *Glu A1*, и *Glu D1*.

Норвежки пшенични образци - от групи Норвегия-1 и Норвегия-2, заемат пето и десето място, с висок *Glu 1* скор, съответно 9.02 и 8.77. Основен принос за формиране на горепосочения скор има локус *Glu A1*. Резултат от концентрацията на ценните субединици 1 и особено на 2*, от локус *Glu A1* и на 5+10 локус *Glu D1*, е сравнително ниската стойност на показателя за генното разнообразие - *H*. За селекцията интерес представляват редките субединици свързани с високо качество - 17+18 и 13+16 от локус *Glu B1*.

Канадските сортове и линии пшеница - от групи Канада-2 и Канада-1 заемат съответно шесто и единадесето място, със скор 8.96 и 8.72. Високите скорове в локуси *Glu A1* и в *Glu D1* са резултат от високата честота на ценните са качеството субединици 2* и 1 в първия и 5+10 във втория локус. Тези пшенични образци могат да бъдат използвани като източници на горепосочените субединици 2, а в по-малка степен и на редките субединици 17+18 и 13+16.

Руските и украинските пшеници заемат съответно осмо и девето място с много близки *Glu 1* скорове, съответно 8.94 и 8.92. В локус *Glu A1*, подобно на всички колекции от висококачествени пшенични образци и тук качеството се контролира основно от субединици 2* и 1. По-високите честоти обаче на субединица 1 при украинските и на субединица 2* при руските образци очевидно са резултат от големия селекционен натиск упражнен в процеса на селекцията чрез масовото използване в хибридизацията на сортовете Мироновска 808 и Одеская 51 - носители на алела кодиращ субединица 1 и на сорт Безостая 1 - носител на субединица 2*, съответно в Украйна и в Русия.

Очевиден е приносът на наследствения потенциал на локус *Glu D1* при създаването на висококачествените руски и украински сортове. Високоэффективната субединица 5+10 е установена при 94.2 % от руските и при 87.0 % от украинските сортове.

Руските сортове са ценни източници на субединици 2* и 5+10, съответно от локуси *Glu A1* и *Glu D1*, а украинските основно на - 5+10.

Румънските сортове и линии пшеница със сравнително високият си *Glu 1* скор - 8.80 се нареждат на девето място и също се отнасят към категорията на качествените пшеници. Характерно за тези образци е сравнително ограниченият наследствен потенциал на тяхното качество. Това се вижда от ниските стойности на показателя за генното разнообразие - *H*. Друга характерна особеност е ниската честота (5.4 %) на субединица 1 в локус *Glu A1*. За сметка на това субединица 2* има висока честота (65.4 %) и основно контролира качеството на този локус. Тези сортове са особено

ценни в селекционно отношение, тъй като са комплексен източник на трите, свързани с високо качество субединици 2*, 7+8 и 5+10, съответно от локуси *Glu A1*, *Glu B1* и *Glu D1*.

Южноафриканските образци пшеница по величината на техния *Glu 1* скор - 8.61, са на тринадесето място. Наследственият потенциал на тяхното качество се характеризира със сравнително високо генно разнообразие, особено в локус *Glu B1*.

Качеството в локус *Glu A1* се обуславя от двете ценни субединици 1 и 2*, а в локус *Glu D1* - от субединица 5+10, с честота - 73.1 %. По своята специфика генетичния потенциал на тези образци в локус *Glu B1* прилича на този на пакистанските пшеници, особено по сравнително високия относителен дял на редките и ценни за качеството субединици 17+18 и 13+16, което ги прави едни от ценните източници на контролиращите ги алели. Освен това те са добри източници и на субединици 1 от локус *Glu A1* и 5+10 от локус *Glu D1*.

По величината на своя *Glu 1* скор - 8.26, **иранските сортове пшеница** се нареждат на петнадесето място. Наследственият потенциал на тези сортове се основава на сравнително високо генно разнообразие, особено в локус *Glu B1*. В локус *Glu A1* три четвърти от високомолекулният фракционен състав е зает от ценните за качеството субединици 1 и особено от 2*. Характерно за локус *Glu B1* е присъствието на редките субединици 17+18 и 13+16.

На фона на сравнително високите стойности на общия скор и на скоровете на локуси *Glu A1* и *Glu B1*, скорът на локус *Glu D1* е нисък - 2.86. Това е резултат от високата честота на свързаните с ниско качество субединици 2+12 - 59.2 % и на рядката субединица 2***+12.

Иранските сортове и линии пшеница могат да бъдат използвани като източници на субединица 2* от локус *Glu A1* и на редките субединици 17+18 и 13+16 от локус *Glu B1*.

Сортове и линии пшеница с произход от бившия СССР. Електрофоретичният анализ на високомолекулените глутенини на руските и украински пшеници, резултатите от който бяха коментирани по-горе, включва зимни сортове и линии от Краснодар - Русия и от Одеса и Мироновка - Украйна. Настоящият сортимент от 128 пшенични образци включва пшеници от значително по-широк ареал - зимни образци от Одеса, Краснодар и Черноград (Ростовски регион) и пролетни - от Москва, Саратов, Омск (Сибир) и Казахстан (Morgunov et al., 1990). Общият *Glu 1* скор - 8.17, определя този набор от пшеници като такива с добро до много добро качество.

Тези пшеници са добри източници на субединици 2* и 5+10, съответно от локуси *Glu A1* и *Glu D1*.

Австралийските пшеници се нареждат 17^{то} място с *Glu 1* скор 8.05. Този скор е малко по-висок от средния скор (7.89) на пшеничните образци от 38^{те} групи, което определя австралийските пшеници най-общо като такива с добри до много добри хлебопекарни качества. Генното разнообразие в тази група сортове е сравнително високо, особено в локус *Glu B1*. Локус *Glu A1* със скор 2.83 и с висока честота на субединици 1 и 2*- общо 91.3, от които 56.5 % се падат на втората субединица, има най-висок принос за формиране на общия *Glu 1* скор.

Генетичният потенциал на локус *Glu B1* се състои от четири алела, между които липсва такъв с много висока честота, което определя и по-високата стойност на показателя отразяващ генното разнообразие - $H = 0.76$. Сортовете от тази група са носители на сравнително редките субединици - субединица 20, свързана с ниско качество, със сравнително висока честота - 26.1 % и ценната за качеството фракционна двойка 17+18 - 34.8 %.

Подобно на иранските сортове пшеница, австралийските също имат нисък скор - 2.87 в локус *Glu D1*, при максимално възможен - 4, дължащ се на сравнително високата честота на свързаните с ниско качество субединици 2+12 - 56.5 %.

Горепосочените резултати показват, че австралийските пшенични образци, освен на редките субединици 17+18, са добри източници и на субединица 2* от локус *Glu A1*.

Финландските пшеници се нареждат на деветнадесето място с общ *Glu 1* скор - 8. Генното разнообразие в тази група пшенични образци е сравнително високо. Основен дял за формирането на общия скор има локус *Glu A1* със скор 2.71.

Другите два локуса - *Glu B1* и *Glu D1* имат по-малък дял при формиране на общия за групата скор. Тези образци са сравнително добри източници на субединици 2* и 5+10, съответно от локуси *Glu A1* и *Glu D1*.

Турските пшенични образци, представляващи линии пшеница създадени в Института в гр. Одрин, според величината на своя *Glu 1* скор - 7.99 се нареждат на двадесето място. Този скор ги определя като такива с добро качество. Около 70 % от наследственият потенциал на качеството в локуси *Glu A1* и *Glu D1* се контролира от алели кодиращи субединици свързани с висока сила на глутена, а именно 2* и 1 за първия и 5+10 за втория локус. Останалата част (около 30 %) от този потенциал се контролира от свързаните с ниско качество субединици *N* от *Glu A1* и 2+12 от *Glu D1* локуси. Резултат от този фракционен състав са сравнително високите скорове в тези локуси, съответно 2.43 и 3.39, при максимално възможни съответно 3 и 4.

Локус *Glu B1* се характеризира със сравнително по-нисък скор и по-висока стойност на показателя за генно разнообразие - $H = 0.66$. Това е резултат от наличието на седем алела контролиращи качеството в този локус, от които три, а именно 7+8, 17+18 и 13+16, с честота съответно 25.7 %, 6.9 % и 1.0 % или общо 33.6 %, са свързани с високо качество. Останалите 66.4 % от наследственият потенциал на този локус се контролират от алели кодиращи средно или ниско качество. Тези данни ги определят като добри източници на субединици 2* и 5+10, съответно от локуси *Glu A1* и *Glu D1* и на 17+18 от *Glu B1*.

Индийските сортове пшеница се нареждат на 21^{во} място със скор 7.95. Фракционният състав в локуси *Glu A1* и *Glu D1* е благоприятен за формирането на общият скор. В това отношение локус *Glu B1* е със значително по-малки възможности, основно поради високата честота (45.8 %) на свързаната със ниски хлебопекарни качества субединица 20.

Горепосочения ВМГ фракционен състав определя индийските пшенични образци като добри източници на субединици 2* и 5+10, съответно от локуси *Glu A1* и *Glu D1*.

Югославските сортове - групи Югославия-3, Югославия-2 и Югославия-1 заемат съответно 23^{то}, 26^{то} и 28^{мо} място със *Glu 1* скорове 7.61, 7.36 и 7.29. Общият скор на образците от трите групи е 7.33. Той е по-нисък от средният скор (7.89) на включените в изследването 38 групи пшенични образци. При тези образци нараства дялът на *Glu 1* алелите кодиращи субединици свързани със средно или с ниско качество, особено в локус *Glu B1*, където той е около 80 %. Този наследствен потенциал определя югославските сортове като такива със средни до добри хлебопекарни качества.

Близки до югославските са **унгарските и хърватските сортове**, със скор съответно 7.25 и 7.35. Тези скорове са резултат от едни средни до добри стойности на скоровете на локуси *Glu A1* и *Glu D1* и сравнително по-ниски на локус *Glu B1*. Те също се отнасят към категорията на сортове със средни до добри хлебопекарни качества.

Към горепосочената категория се отнасят и **австрийските и чешките сортове пшеница**, които със скор съответно 7.40 и 7.22 заемат 25^{то} и 29^{то} място.

Характеризиращите се със средни до добри хлебопекарни качества югославски хърватски, унгарски, австрийски и чешки сортове пшеница, могат да служат като източници на ценната фракционна двойка 5+10. Тя обаче обикновено е съчетана със свързани с ниско или средно качество алели в локуси *Glu A1* и *Glu B1*.

Италианските пшенични образци могат да служат като източници на субединица

1 от локус *Glu A1* и на редките фракционни двойки *17+18* и *13+16*, но в отделни случаи в съчетание с незадоволителен ВМГ фракционен състав в локус *Glu D1*.

Сортовете от Япония и Китай имат нисък скор, съответно 6.34 и 6.24. Причина за ниския общ *Glu 1* скор са техните ниски скорове в локус *Glu A1* - от 1.26 до 1.85 и в *Glu D1* – от 2.00 до 2.25.

Изключение от общото незадоволително състояние по отношение скората на тези сортове, прави техния скор в локус *Glu B1*. При двете групи японски сортове – Япония-1 и Япония-2, той е висок - съответно 2.87 и 2.91, а при китайските сортове – от групи Китай-1 и Китай-2 сравнително висок, съответно 2.52 и 2.30.

Въпреки незадоволителния фракционен състав в локуси *Glu A1* и *Glu D1*, японските сортове пшеница представяват интерес за селекцията със своята изключително висока честота (средно 92 %) на ценната за качеството фракционна двойка *7+8* от локус *Glu B1*.

Сортовете от група Западна Европа имат най-нисък *Glu 1* скор от всички проучвани групи сортове. Техният наследствен потенциал ги характеризира като такива с ниски хлебопекарни качества.

Резултатите от анализа на фракционния състав на проучените 38 групи пшенични образци, показват че в това отношение те се различават съществено. Тези различия в крайна сметка намират израз в *Glu 1* скората, който варира в широки граници - от 6.05 до 9.45.

Анализираните пшенични образци от двете групи ДЗИ-сортове и ДЗИ-линии имат *Glu 1* скор, съответно 7.72 и 8.05. В сравнение с горепосочените минимален и максимален скорове, *Glu 1* скорът на българските сортове и линии пшеница е малко по-висок от средния скор за всички проучени образци. При формиране на техните *Glu 1* скорове най-голям дял има локус *Glu D1*, следван от *Glu A1*. Най-неблагоприятен за качеството е фракционния състав в локус *Glu B1*.

Следователно основните резерви за подобряване на генетичния потенциал на хлебопекарните качества в българските сортове и линии пшеница са в подобряване на техния фракционен състав в локус *Glu B1*, чрез повишаване дела на свързаните с високо качество субединици *7+8*, *17+18* и *13+16*. Резервите в локуси *Glu A1* и *Glu D1* се свеждат до използването в селекцията на пшенични образци съдържащи висок процент субединици *2** и *5+10*.

Разпределението на високомолекулните алели съдържащи се в сортовете и линиите пшеница, създадени в различните части на света е под влиянието на комплекс от фактори. В случая обаче става дума за алели, които са тясно свързани с качеството на продуктите, които се приготвят от пшеничното зърно. Логично е тогава да се потърси връзка между честотата на тези алели и изискванията на съответния продукт към силата на пшеничния глутен, която се определя до голяма степен от високомолекулния алелен състав на пшеничните образци. От друга страна селекционната стратегия по отношение на качеството на пшеницата се определя основно от климатичните условия на съответния регион. Известно е че най-добри условия за създаване на качествени сортове пшеница са налице в страните характеризиращи се с умерено водно обезпечаване. Резултатите от настоящото изследване, показват че сортовете пшеница създадени в страни, които отговарят в различна степен на тези условия, като Аржентина, Пакистан, Индия, Южната част на САЩ, Южна Африка, Молдова, Румъния, в умерено засушливите райони на Русия и Украйна, се отличават с висока честота на свързаните с много добри хлебопекарни качества алели *2** от локус *Glu A* и *5+10* от локус *Glu D1*. Към тази категория се отнасят и Австралия и Иран, чиито сортове пшеница, също се отличават с висока честота на алела *2**, в съчетание обаче с ценните за качеството редки алели *17+18*. Следователно формирането на селекционната стратегия за създаването на качествени сортове пшеница на базата на свързаните с високо качество алели, основно *2** и *5+10*, е приоритет на страните с умерено влажен

климат.

Свързаният с ниски хлебопекарни качества алел *N* от локус *Glu A1*, в съчетание с алелите *7*, *6+8*, *20*, *22* от локус *Glu B1* или с *2+12* от локус *Glu D1*, които също са свързани с ниско качество, са характерни за страните от Западна и Централна Европа. Влажният климат на тези страни е причина за селекционната стратегия насочена към създаване на високопродуктивни сортове с ниско качество.

Високата честота на свързаните с ниско качество алели *N* и *2+12* в японските и в Китайските пшеници е типичен пример за определящото влияние на продукта, който се произвежда от пшеничното зърно, върху разпространението на високомолекулните алели. Както посочват и други автори (Morgunov et al., 1993, Nagamine et al., 2000), тези и някои други азиатски страни имат ограничен интерес към сортовете с високи хлебопекарни качества. Различните типове плосък хляб, който те произвеждат, се нуждае от глутен с ниска или средна сила, които се получава от сортове пшеница съдържащи алели свързани с ниско качество.

Страните от Балканския полуостров, включително и България, където селекцията на пшеницата е насочена към създаване на сортове съчетаващи в най-благоприятна степен двата основни на културата признаци - продуктивност и качество, заемат междинно положение по отношение честотата на различните ВМГ алели. Очевидно възприетата селекционна стратегия в тези страни, не е в състояние да съсредоточи с генотипа на създадените сортове пшеница благоприятни за качеството алели в такава степен, каквато е постигната в страни като Аржентина, САЩ и други, където качеството е основна цел на селекцията.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от настоящото проучване показват, че сортовете и линиите пшеница, създадени и отглеждани при различни условия се различават във висока степен по отношение на своя ВМГ алелен състав, който е тясно свързан с тяхното качество. Тези различия се определят основно с климатичните условия. Възможността за създаване на висококачествени сортове пшеница е приоритет на страните с умерено влажен климат. В техните пшенични образци е концентриран богат наследствен материал за високо качество, включващ освен традиционните и рядко срещащи се високомолекулни алели.

Резултатите от анализа на ВМГ алелен състав на българските сортове и линии пшеница, показват че основните резерви за подобряване на генетичния потенциал на техните хлебопекарни качества, са в подобряване на фракционния състав в локус *Glu B1*, чрез повишаване дела на свързаните с високо качество субединици *7+8*, *17+18* и *13+16*. Резервите в локуси *Glu A1* и *Glu D1* се свеждат до използването в селекцията на пшенични образци съдържащи висок процент субединици *2** и *5+10*.

ЛИТЕРАТУРА

- Bahraei S., Saidi A. & Alizadeh D., 2004.** High molecular weight glutenin subunits of current bread wheats grown in Iran. *Euphytica*, 137: 173-179.
- Bhagwat S.G. and Bhatia C.R., 1988.** Variation in high molecular weight glutenin subunits of Indian wheat varieties and their Glu-1 quality scores. *Proc. of 7th Inter.Wheat Genet. Symposium*, Cambridge, UK, 933-936.
- Flaete N.E.S., 2000.** Allelic variation at the storage protein loci (Glu-1, Glu-3, and Gli-1) in Norwegian wheats (*Triticum aestivum* L.). *J.Genet. & Breed.*, 54:283-291.
- Gianibeli M.C., Echaide M., Larroque O.R., Carrillo J.M. & Dubcovsky J., 2002.** Biochemical and molecular characterization of Glu-1 loci in Argentinian wheat cultivars. *Euphytica*, 128:61-73.

- Groger S., Oberforster M., Werteker M., Grausgruber H., Lelley T., 1997.** HMW glutenin subunit composition and bread making quality of Austrian grown wheats. *Cereal Res. Comm.*, 25 (4), 955-962.
- Hintum T. J., L. and A. Elings, 1991.** Assessment of glutenin and phenotypic diversity of Syrian durum wheat landraces in relation to their geographical origin. *Euphytica*, 55: 209-215.
- Jackson E.A., Morel M.H., Sontag-Strohm T., Branlard G., Metakovsky E.V. and Redaelli R., 1996.** Proposal for combining the classification systems of alleles of Gli-1 and Glu-3 loci in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J.Genet. & Breed.*, 50: 321-336.
- Karpati E.M. and Lasztity, 1990.** Relationship Between High Molecular Weight Subunits of Glutenin and Breadmaking Quality of Hungarian Wheats. *Gluten Proteins 1990*, 245-252 (edited by W.Bushuk and R. Tkachuk), Published by the AACC, St.Paul, Minnesota USA.
- Khan K. Figueroa J. and Chakraborty, 1990.** Relationship of Gluten Composition to Breadmaking Quality of HRS Wheat grown in North Dakota. *Gluten Proteins 1990*, 81-97 (edited by W.Bushuk and R. Tkachuk), Published by the AACC, St.Paul, Minnesota USA.
- Knezevic D., Surlan-Momirovic L. and Ciric D., 1993.** Allelic variation of Glu-1 loci in some Yugoslavian wheat cultivars. *Euphytica*, 69, 89-94.
- Laemmli U.K., 1970.** Cleavage of structural proteins during the assembly of bacteriophage T4. *Nature* 227, 680-685.
- Lookhart G.L., Hagman K. and Kasarda D.D., 1993.** High-Molecular-Weight Glutenin Subunits of the most Commonly Grown Wheat Cultivars in the U.S. in 1984. *Plant Breeding*, 10, 48-62.
- Lukow O.M., Payne P.I. and Tkachuk R., 1989.** The HMW Glutenin Subunit Composition of Canadian Wheat Cultivars and their Association with Bread-Making Quality. *J.Sci. Food Agric.*, 46, 451-460.
- Manley M. Randall P.G. and McGill A.E.J., 1992.** The Prediction of Dough Properties of South African Wheat Cultivars by SDS-PAGE Analysis of HMW Glutenin Subunits. *Journal of Cereal Science*, 15, 39-47.
- Mao P., Li Z.Z., Lu J.L., He Z. and Liu S.Y., 1993.** The Composition of High-Molecular Weight Glutenin Subunits of Bread Wheat Germplasms and Their Relationship with Bread-Making Quality. *Proc. of 8th Inter.Wheat Genet. Symposium, Beijing, China, Vol. 2*, 1197-1202.
- Metakovsky E.V., Wrigley C.W., Bekes F. and Gupta R.B., 1990.** Gluten Polypeptides as Useful Genetic Markers of Dough Quality in Australian Wheats. *Aust.J.Agric.Res.*, 41, 289-306.
- Morgunov A.I., Rogers,W.J., Sayers E.J., and Metakovsky E.V., 1990.** The high-molecularweight glutenin subunit composition of Soviet Wheat varieties. *Euphytica*, 51, 41-52.
- Morgunov A.I., Pena R.J., Crossa J. and Rajaram S., 1993.** Worldwide distribution of Glu 1 alleles in bread wheat. *J. Genet. and Breed.*, 47, 53-60.
- Nagamine T., Kai Y., Takayama T., Yanagisawa T. and Taya S., 2000.** Allelic Variation at the Glu-1 and Glu-3 Loci in Southern Japanese Wheats, and its Effects on Gluten Properties. *Journal of Cereals Science*, 32, 129-135.
- Nakamura H., 2001.** Genetic diversity of high-molecular-weight glutenin subunit compositions in landraces of hexaploid wheat from Japan. *Euphytica*, 120:227-234.
- Payne P.I. and Lawrence G.J., 1983.** Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu - A1, Glu - B1 and Glu - D 1 which code for high-molecular-weight subunit in hexaploid wheat. *Cereal Research Communication*, 11 (1), 29-35.
- Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F and Holt L.M. 1987.** The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread making quality of British-

grown wheat varieties . J. Sci. Food Agric., 40,51-65.

Redaelli R., Ng P.K.W. and Pogna N.E., 1997. Allelic variation at the storage protein loci of 55 US-grown white wheats. Plant Breeding, 116, 429-436.

Singh N.K., Shepherd K.W. and Cornish G.B., 1991. A Simplified SDS-PAGE Procedure for Separating LMW Subunits of Glutenin. Journal of Cereal Science, 14, 203-208.

Sontag T., Salovaara H. and Payne P., 1986. The high-molecular-weight glutenin subunit compositions of wheat varieties bred in Finland. Journal of Agricultural Science in Finland, Vol. 58:151-156.

Tahir M., Husain S.A., Turchetta T. and Lafriandra D., 1995. The HMW glutenin subunit composition of bread-wheat varieties bred in Pakistan. Plant Breeding 114, 442-444.

Uhlen A.K., 1990. The composition of high molecular weight glutenin subunits and their relation to bread-making quality. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, Vol. 4, №1, 1-17.

Vapa L. and Savic M., 1988. The HMW glutenin subunit composition of wheat varieties bred in Yugoslavia. 7th Inter. Wheat Genet. Symposium, Cambridge, vol.2, 1919-1923.

Zhu J.B., Liu G.T. and Zhang S.Z., 1993. The Separation of High and Low Molecular Weight Subunits of Glutenin in Wheat and Their Relations to Bread-Making Quality. Proc. of 8th Inter. Wheat Genet. symposium Beijing, China, 715-718.

