

## 小麦高分子量谷蛋白亚基表达量与面团流变学特性的关系

柳 颢<sup>1,2</sup>, 张怀刚<sup>1\*</sup>, 相微微<sup>1,2</sup>, 赵会君<sup>1,2</sup>,  
刘宝龙<sup>1,2</sup>, 胡延萍<sup>1,2</sup>, 王 莉<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要:** 应用 SDS-PAGE 技术依据 HMW-GS 组成型从来自全国 10 个省(区)、市的小麦品种(系)中筛选出 20 个, 分为 5 组。准确提取各品种的高分子量谷蛋白, 并将 SDS-PAGE 谱带用凝胶成像系统(Bio-imaging System)和 Labworks5.0 进行亚基定量分析, 并进行了面团流变学特性测定, 所得数据用 SPSS14.0 进行统计分析。结果表明, HMW-GS 总表达量在各品种间的差异达到极显著水平, 所有品种中各亚基的平均表达量  $10 > 7 > 5 > 1 > 8 > 12 > 2 > 9$ ; HMW-GS 总表达量及 HMW-GS 占籽粒蛋白质含量的比例与面团形成时间、稳定时间和粉质评价值之间呈显著正相关; 分组比较单个亚基对品质性状的影响表明, 亚基 1 优于 null, 5 + 10 优于 2 + 12, 7 + 8 和 7 + 9 相当。研究发现不具有优质亚基组成、但 HMW-GS 表达量高的品种品质也较好, 因此小麦品质育种中, 在注重 HMW-GS 组成筛选的同时, 要注重保留 HMW-GS 表达量高的材料。

**关键词:** 小麦; HMW-GS; 含量; 品质

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2008)05-0139-07

## Relationship between HMW-GS Content and Rheological Properties in Wheat

LIU Jin<sup>1,2</sup>, ZHANG Huai-gang<sup>1\*</sup>, XIANG Wei-wei<sup>1,2</sup>, ZHAO Hui-jun<sup>1,2</sup>,  
LIU Bao-long<sup>1,2</sup>, HU Yan-ping<sup>1,2</sup> and WANG Li<sup>1,2</sup>

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

2. Graduate University, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Twenty wheat varieties from 10 provinces (autonomous regions) and municipalities of China were chosen by SDS-PAGE and HMW-GS composition. Quantification of the HMW-GS was operated by Bio-imaging System and Labworks5.0. Dough rheological properties of the varieties were measured on Farinograph (Brabender 810108E). All the data were calculated in SPSS14.0. The main results were as follows. There was a significant difference in total HMW-GS content among the varieties and the average expression of each HMW subunit in the varieties was  $10 > 7 > 5 > 1 > 8 > 12 > 2 > 9$ . Both total HMW-GS content and proportion of total HMW-GS to grain protein content had significant positive relations with the dough development time, stability time and farinographic evaluation. Comparison of single subunit in contribution to processing quality was made under the same background of other two loci. It was showed that subunit 1 was better than null, 5 + 10 was better than 2 + 12, and 7 + 8 was equal to 7 + 9. It was also found that varieties without high quality HMW-GS compositions showed good quality if they had higher total HMW-GS. Therefore, materials with higher total HMW-GS content should be conserved while attention was paid to HMW-GS composition screening in wheat quality breeding.

\* 收稿日期: 2008-03-15 修回日期: 2008-04-05

基金项目: 中组部和中国科学院“西部之光”联合学者项目; 中国科学院知识创新工程方向性项目(KSCX2-YW-N-052); 青海省重点科技攻关项目(2006-N-137)。

作者简介: 柳 颢(1983-), 男, 硕士研究生, 专业方向: 小麦品质改良。E-mail: liujin06@yahoo.com.cn

\* 通讯作者: 张怀刚(1962-), 男, 博士, 研究员, 博导, 主要从事小麦遗传育种研究。E-mail: hg Zhang@nwipb.ac.cn

**Key words:** Wheat; HMW-GS; Quantification; Quality

高分子量麦谷蛋白亚基 (High molecular weight glutenin subunit, HMW-GS) 是小麦储藏蛋白的一种主要成分,按照分子量的大小和迁移率的不同, HMW-GS 又分为 x 型亚基 (分子量高,迁移率小) 和 y 型亚基 (分子量低,迁移率大)。HMW-GS 的编码基因位于第一组同源染色体长臂靠近着丝点的 Glu-A1、Glu-B1 和 Glu-D1 三个位点上,每个位点包括 x 和 y 两个紧密连锁的基因。从理论上来说,每个小麦品种都应该包含 6 个不同的亚基,而实际上由于 1Ay 基因总是处于沉默状态,因此大部分小麦品种中只包含 3~5 个亚基。直到 1996 年, Margiotta 等人才在瑞典面包小麦品系中检测到 1Ay 基因控制的亚基<sup>[1]</sup>。

高分子量麦谷蛋白对小麦烘烤品质影响较大。大量研究表明,含有优质亚基 5+10 的品种品质较好,而含有 2+12 亚基的品种品质则普遍较差<sup>[2-4]</sup>。该研究成果在小麦育种中得到广泛应用,但也发现,有些含有亚基 5+10 的品系品质并不优良,于是人们开始注意亚基表达量的作用,发现高分子量谷蛋白亚基表达量在决定面包烘烤品质方面的作用也很重要。国外对小麦 HMW-GS 表达量与品质的关系研究较多,一致认为,5、9、10 亚基表达量与品质参数呈正相关,而 8 和 12 亚基表达量则与品质呈负相关<sup>[3-4]</sup>。国内朱金宝等对我国冬小麦的研究表明, HMW-GS 表达量及其比例与沉降值呈正相关<sup>[5]</sup>。宋建民等分析了国内外 233 份小麦面粉样品不同亚基的表达量与品质指标的关系,发现亚基 1 和 5+10 与沉降值和 GMP 含量的相关性明显好于其他亚基,与亚基品质评分也有较好的相关性,7+8、7+9、2+12、4+12、2+10 与沉降值和谷蛋白大聚体 (glutenin macropolymer, GMP) 含量的相关性也达到显著水平<sup>[6]</sup>。任红松等研究了 6 种 HMW-GS 组合类型表达量与沉降值的关系,结果表明 HMW-GS 表达量以及占总蛋白的比例与沉降值呈正相关<sup>[7]</sup>。于亚雄等对 251 份我国秋播麦区主栽品种和高代品系的 HMW-GS 表达量进行了研究,发现它与全粉蛋白质含量和 SDS 沉降值的相关系数较高,与和面时间、耐揉性及弱化值的相关系数较低<sup>[8]</sup>。杜金哲等对不同品质类型春小麦 HMW-GS 形成时间和积累强度及其与品质的关系进行了研究<sup>[9]</sup>。但国内关于 HMW-GS 表达量

与粉质仪上的面团流变学特性的关系以及在两个位点亚基相同情况下比较第三位点不同亚基表达量的研究未见报道。鉴于此,本研究选用不同亚基组成类型的小麦品种,研究在两个位点亚基相同情况下第三位点不同亚基表达量与面团流变学特性的关系。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验选取的 20 个小麦品种(系)来自北京、上海、江苏、湖北、河南、云南、宁夏、甘肃、黑龙江、青海等 10 个省(区)、市(表 1),主要选用的是弱筋小麦品种(系)(以下统称品种),于 2006 年春在位于青海省平安县的中国科学院西北高原生物研究所平安生态农业实验站进行繁殖,收获种子进行实验。根据 HMW-GS 组成型将材料分成 5 组。

### 1.2 HMW-GS 提取

称取每个品种的籽粒 10 g,粉碎并过 40 目筛,称取 0.030 g 面粉放入 Eppendorf 管中加入提取液 160  $\mu$ L,提取液成分和详细步骤参见刘宝龙等的介绍<sup>[10]</sup>。严格控制浸提、振荡、水浴和离心时间。吸取上清,向沉淀中再次加入提取液 80  $\mu$ L,重复以上操作,以保证样品中 HMW-GS 的充分提取。最后将 2 次提取的上清液振荡混匀,用微量进样器测定总体积。

### 1.3 SDS-PAGE 分析

分离胶浓度为 10%,浓缩胶 4%,上样量为提取到的上清液总体积的 1/10(含上样缓冲液约为 20  $\mu$ L),电泳槽为 DYCZ-30 型(北京六一厂),电泳仪为 DYY-6 B 型(北京六一厂),缓冲液、固定液、染色液和脱色液的配方参见刘宝龙等的介绍<sup>[10]</sup>。缓冲液、固定液、染色液和脱色液每次新配,固定和染色各 30 min,脱色 12 h。严格控制上样量以及固定、染色和脱色时间。重复 3 次,最终各亚基含量为 3 次实验的平均值。

### 1.4 HMW-GS 含量分析

将 SDS-PAGE 谱带用凝胶成像系统 (Bio-imaging System, Multigenius) 进行扫描照相,并用 Labworks5.0 进行亚基定量分析,以各个亚基的电泳条带灰度值 (IOD) 代表各亚基的含量。

### 1.5 籽粒蛋白质含量测定

采用凯氏定氮法测定,蛋白质含量 (%) = 含

氮量  $\times 5.7$ 。

### 1.6 粉质仪参数测定

用德国 Brabender Quadmmat Junior 实验磨磨粉,放置 1 个月之后在 Brabender 810108E 型粉质仪上按 AACCS4-21 方法测定面团形成时间 (min)、稳定时间 (min) 和粉质评价值等指标。

### 1.7 统计分析

用 SPSS14.0 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验材料的 HMW-GS 组成和分组

本试验选用的 20 个品种的 HMW-GS 组成型有 5 种,即:1、7+8、2+12, null、7+8、5+10,

null、7+9、2+12, null、7+8、2+12, 1、7+8、5+10 (表 1)。据此将参试品种分为 5 组,每一组的品种至少来自三个省(区)、市,并可在两个位点等位基因相同的条件下研究第三位点不同等位基因控制的亚基表达量及其与面团流变学特性的关系,可分别比较 Glu-A1 位点控制的亚基 1 和 null, Glu-B1 位点控制的亚基 7+8 和 7+9, Glu-D1 位点控制的亚基 2+12 和 5+10。如要研究 Glu-A1 位点控制亚基 1 和 null 的基因表达量,可在 7+8 和 2+12 背景下将第 1 组和第 4 组进行比较,也可在 7+8 和 5+10 背景下将第 2 组和第 5 组进行比较。

表 1 参试小麦品种的 HMW-GS 组成和分组

Table 1 HMW-GS compositions and grouping of the wheat varieties

组 Group	品种代号 Variety code	品种 Variety	来源 Source of varieties	HMW-GS 组成 HMW-GS composition
1	a	L16-2	河南省 Henan	1,7+8,2+12
	b	垦红 16 号 Kenhong 16	黑龙江省 Heilongjiang	
	c	00-118	江苏省 Jiangsu	
	d	扬 00139 Yang 00139	江苏省 Jiangsu	
	e	扬麦 1 号 Yangmai 1	江苏省 Jiangsu	
	f	长芒 Changmang	甘肃省 Gansu	
2	g	京 3491 Jing 3491	北京市 Beijing	Null,7+8,5+10
	h	郑 004 Zheng 004	河南省 Henan	
	i	郑 2241 Zheng 2241	河南省 Henan	
	j	扬麦 12 号 Yangmai 12	江苏省 Jiangsu	
3	k	豫麦 50 Yumai 50	河南省 Henan	Null,7+9,2+12
	l	RHT3 *2027	河南省 Henan	
	m	鄂麦 19 E'mai 19	湖北省 Hubei	
	n	沪 90-83 Hu 90-83	上海市 Shanghai	
4	o	京 3482 Jing 3482	北京市 Beijing	Null,7+8,2+12
	p	太空 5 号 Taikong 5	河南省 Henan	
	q	宁春 19 号 Ningchun 19	宁夏 Ningxia	
5	r	云 1169 Yun 1169	云南省 Yunnan	1,7+8,5+10
	s	J92441	河南省 Henan	
	t	高原 314 Plateau 314	青海省 Qinghai	

注:20 个品种在随后的图表中将用字母 a 至 t 代表。

Note: The twenty wheat varieties in the following tables and figures will be represented by letters a to t, respectively.

### 2.2 HMW-GS 亚基含量

表 2 显示的是参试品种各亚基的绝对含量。品种的 HMW-GS 总表达量最低为 4.4470 (豫麦 50),最高为 6.2142 (云 1169),平均值为 5.3120, HMW-GS 总量在品种间的差异达到了极显著水平;从分组来看,具有 1、7+8、5+10 亚基的品种其 HMW-GS 总量最高,平均为 6.0303,依次为具有 null、7+8、5+10 亚基(5.3738)、具有 1、7+8、

2+12 亚基(5.2611)、具有 null、7+9、2+12 亚基(5.0986),最低为具有 null、7+8、2+12 亚基(4.8974),但组间差异不显著;各亚基的平均表达量为:10 亚基(1.6006) > 7 亚基(1.5801) > 5 亚基(1.2560) > 1 亚基(1.1400) > 8 亚基(1.0874) > 12 亚基(1.0732) > 2 亚基(1.0701) > 9 亚基(0.8674)。

对各个亚基的表达量进行两两组间平均值比

较(t 检验)发现,对亚基 2 而言,组 1 极显著低于组 3 及组 4,组 4 显著低于组 3;对亚基 12 而言,组 1 显著低于组 3 及组 4,组 4 显著低于组 3;对亚基 8 而言,组 5 显著低于组 1、组 2 和组 4,组 1 显著低于组 4,组 1 与组 2、组 2 与组 4 间差异不显著;其他各亚基在各组间的表达量差异不显著。

再对 2、7、8 和 12 亚基含量进行单因素方差分析(多组同时比较)发现,亚基 2 和 8 在组间达到极显著差异,亚基 12 在组间差异显著,亚基 7 差异不显著。两种统计都表明,亚基 2、8 和 12 在不同亚基组成类型的品种中表达量有显著差异,而其他亚基表达量组间差异不显著。

表 2 参试品种各亚基绝对含量

Table 2 Contents of HMW-GS in the wheat varieties

组 Group	代号 Code	亚基 1 GS 1	亚基 2 GS 2	亚基 5 GS 5	亚基 7 GS 7	亚基 8 GS 8	亚基 9 GS 9	亚基 10 GS 10	亚基 12 GS 12	总含量 Total
1	a	1.3347	0.6308		1.7462	0.9837			1.1042	5.7996
	b	1.2328	0.7279		1.6247	0.8457			1.1762	5.6074
	c	1.1005	0.6683		1.7625	0.8070			1.1857	5.5240
	d	1.0544	0.7782		1.8316	0.8325			1.0535	5.5502
	e	0.9665	0.6449		1.3341	0.6874			0.9704	4.6033
	f	0.9896	0.6758		1.3056	0.6283			0.8829	4.4823
	均值	Average	1.1131	0.6877		1.6008	0.7974			1.0621
2	g			1.1637	1.7512	0.6859		1.4172		5.0180
	h			1.2875	1.5166	0.7666		1.5304		5.1011
	i			1.5409	1.4408	0.8993		1.8403		5.7213
	j			1.4195	1.6618	0.8527		1.7207		5.6547
	均值	Average			1.3529	1.5926	0.8011		1.6272	
3	k		1.3559		1.2816		0.7537		1.0558	4.4470
	l		1.6714		1.5209		0.88295		1.4375	5.5128
	m		1.7381		1.4873		0.8492		1.1663	5.2409
	n		1.5083		1.5047		0.9846		1.1962	5.1938
	均值	Average		1.5684		1.4486		0.8676		1.2140
4	o		1.2247		1.7643	1.0285			0.8824	4.8999
	p		1.1731		1.6128	0.8883			0.8659	4.5401
	q		1.1134		1.8365	1.3278			0.9746	5.2523
	均值	Average		1.1704		1.7379	1.0815			0.9076
5	r	1.1158		1.3241	1.6415	0.6135		1.5193		6.2142
	s	1.2807		1.0974	1.4729	0.6897		1.5894		6.1301
	t	1.1847		0.9587	1.5049	0.5113		1.5869		5.7465
	均值	Average	1.1937		1.1267	1.5398	0.6048		1.5652	

为了清晰地看出各亚基含量在具有相同亚基组成的品种间的变化趋势,制作了图 1。可以看出,具有相同亚基组成的各个品种的高分子量麦谷蛋白各亚基含量的走势基本一致。

### 2.3 HMW-GS 总量与籽粒蛋白质含量及面团流变学特性的关系

参试品种的 HMW-GS 总量与籽粒蛋白质含量、HMW-GS 总量占籽粒蛋白质含量的比例、粉质仪上的面团形成时间、稳定时间及粉质评价值列入表 3。组间平均值差异显著性分析表明, HMW-GS 总量和籽粒蛋白质含量没有显著差异,而亚基类型为 1,7+8,5+10 的第 5 组,其面团形成时间、稳定时间和粉质评价值极显著高于其余 4 组,其余 4 组间无显著差异。将 20 个品种的 HMW-GS 总量与籽粒蛋白质含量和面团流变学特性进行相关性分析, HMW-GS 总量与粉质

仪上的面团形成时间、稳定时间和粉质评价值正相关达极显著水平,而与籽粒蛋白质含量相关不显著(表 4)。但 HMW-GS 总量占籽粒蛋白质含量的比例与面团形成时间、稳定时间和粉质评价值的相关性达到显著或极显著。同时从表 3 可以看到,亚基组成为 1、7+8、5+10 的第 5 组,其粉质仪评价值较高,但在普遍认为亚基组成并不是最优的第 1 组和第 2 组中分别出现了面团形成时间与稳定时间较长和评价值较高的品种,如品种 a(L16-2)和品种 i(郑 2241),这两个品种的 HMW-GS 总量分别为 5.7996 和 5.7213,与具有优质亚基组成的品种 t(高原 314)的 5.7465 相当。这进一步说明小麦的品质不只与亚基组成有关,而且与麦谷蛋白总表达量有关,只依靠亚基组成来评价品种的品质是不可靠的。

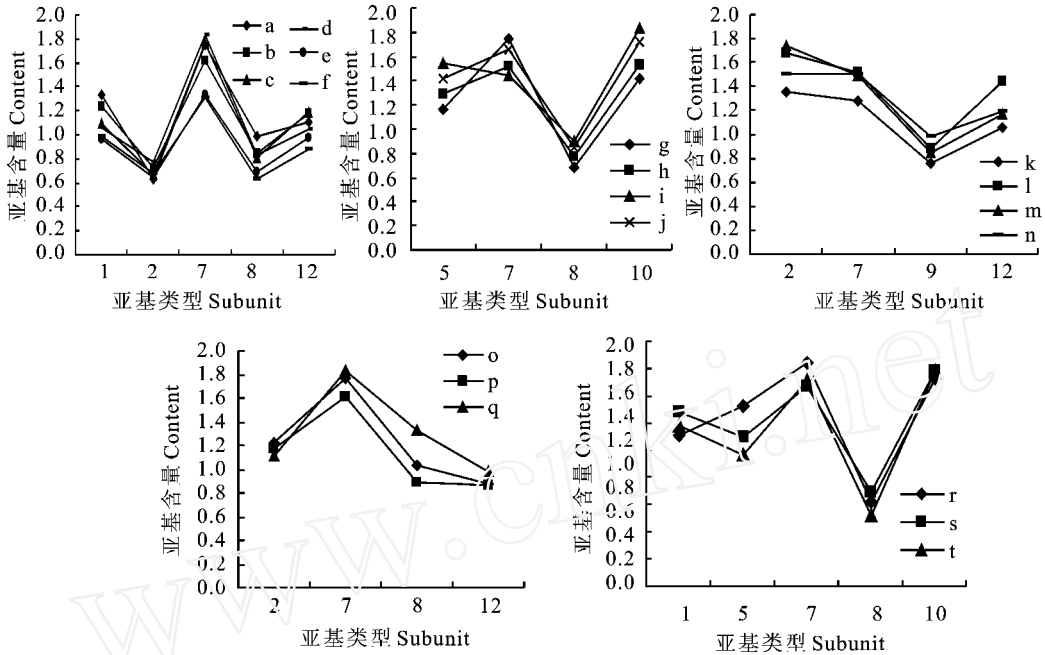


图 1 具有相同 HMW- GS 组成的不同品种各亚基含量分析

Fig. 1 Quantification of HMW- GS in different varieties with the same HMW- GS composition

表 3 品种的 HMW- GS 总量与籽粒蛋白含量和面团流变学特性

Table 3 HMW- GS content , grain protein and rheological properties in the varieties

组 Group	代号 Code	HMW- GS 总量 Total HMW- GS	籽粒蛋白质含量 Grain protein content/ %	HMW- GS 总量占籽粒蛋白质比例 Percentage of HMW - GS to protein/ %	形成时间 Develop ment time / min	稳定时间 Stability time / min	粉质评价价值 Farinographic evaluation
1	a	5.7996	13.08	44.34	3.5	3.4	61
	b	5.6074	11.68	48.01	2.3	1.3	33
	c	5.5240	11.76	46.97	2.2	1.8	31
	d	5.5502	13.01	42.66	2.2	1.5	29
	e	4.6033	13.4	34.35	1.7	1.0	22
	f	4.4823	12.06	37.17	1.7	1.0	22
	均值 Average	5.2611a	12.50a	42.09a	2.27bB	1.67bB	33.0bB
2	g	5.0180	14.09	35.61	1.7	0.9	22
	h	5.1011	11.6	43.98	1.7	0.8	23
	i	5.7213	13.29	43.05	4.7	5.7	78
	j	5.6547	12.55	45.06	2.7	1.9	40
	均值 Average	5.3738a	12.88a	41.72a	2.70bB	2.33bB	40.8bB
3	k	4.4470	12.74	34.91	1.5	0.8	20
	l	5.5128	12.08	45.64	2.0	1.3	29
	m	5.2409	12.95	40.47	2.5	1.7	38
	n	5.1938	12.77	40.67	2.0	1.3	27
	均值 Average	5.0986a	12.64a	40.34a	2.00bB	1.28bB	28.5bB
4	o	4.8999	13.43	36.48	2.2	1.1	28
	p	4.5401	11.03	41.16	1.7	0.7	22
	q	5.2523	12.29	42.74	1.7	3.6	43
	均值 Average	4.8974a	12.25a	39.98a	1.97bB	1.80bB	31.0bB
5	r	6.2142	13.91	44.67	6.2	7.1	88
	s	6.1301	12.77	48.00	4.7	6.4	81
	t	5.7465	11.36	50.59	4.0	4.3	70
	均值 Average	6.0303a	12.68a	47.56a	4.97aA	5.93aA	79.7aA

注: 同列组平均值后的不同小写字母和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

Note: Different small letters and capital letters following the group averages in the same column represent significantly difference at the level of 0.05 and 0.01 , respectively.

表 4 HMW- GS 含量与籽粒蛋白含量和面团流变学特性的相关性

Table 4 Relations of HMW- GS content with grain protein content and rheological properties

性状 Character	籽粒蛋白质含量 Grain protein content / %	粉质评价价值 Farinographic evaluation	形成时间 Development time / min	稳定时间 Stability time / min
HMW- GS 总量 Total HMW- GS content	0.142	0.810 **	0.794 **	0.766 **
HMW- GS 占籽粒蛋白比例 Percentage of HMW- GS to protein	—	0.572 **	0.508 *	0.506 *

注: \*, \*\* 分别表示显著性达到 0.05 和 0.01 水平。

Note: \*, \*\* mean significantly difference at the level of 0.05 and 0.01, respectively.

### 2.4 单个位点等位基因对 HMW- GS 总量和面团流变学特性等的作用

为了进一步分析同一位点不同等位基因控制的亚基对品质的作用,分别比较了其他两个位点等位基因相同、仅一个位点等位基因不同时的亚基表达量及其对品质性状的影响(表 5)。在 GluB1 位点亚基为 7 + 8 和 GluD1 位点亚基为 5 + 10 的情况下, GluA1 位点为亚基 1 时,其 HMW- GS 总量显著高于 null,面团形成时间、稳定时间及评价价值均明显高于 null;在 GluB1 位点亚基为 7 + 8 和 GluD1 位点亚基为 2 + 12 的情况下, GluA1 位点的亚基 1 与 null 比较优势不明

显,总的来说,亚基 1 对优质的贡献优于 null。在 GluA1 位点和 GluD1 位点相同下,当 GluB1 位点为 7 + 8 时,其稳定性和粉质评价价值略高于 GluB1 位点为 7 + 9,而 HMW- GS 总量、总蛋白和形成时间略低于 GluB1 位点为 7 + 9,两者作用相当。在 GluA1 位点为亚基 1 和 GluB1 位点为 7 + 8 下,当 GluD1 位点为 5 + 10 时,其面团形成时间、稳定时间和粉质评价价值极显著高于 2 + 12,其 HMW- GS 总量和籽粒蛋白质含量也明显高于 2 + 12;在 GluA1 位点为 null 和 GluB1 位点为 7 + 8 下,亚基 5 + 10 的各项品质指标均高于亚基 2 + 12。两种情况下都表明亚基 5 + 10 优于亚基 2 + 12。

表 5 单个亚基对 HMW- GS 总量、籽粒蛋白含量和面团流变学特性的作用

Table 5 Effects of individual HMW- GS on HMW- GS content, grain protein and rheological properties of the varieties

序号 No.	亚基 Subunit	HMW- GS 总量 Total HMW- GS	籽粒蛋白质 Grain protein content/ %	形成时间 Development time/ min	稳定时间 Stability time / min	粉质评价价值 Farinographic evaluation	背景 Background
1	1	5.2611	12.50	2.3	1.7	33	7 + 8 and 2 + 12
	Null	4.8974	12.25	1.9	1.8	31	
2	1	6.0303 *	12.68	5.0	5.9	80	7 + 8 and 5 + 10
	Null	5.3738	12.88	2.7	2.3	41	
3	7 + 8	4.8974	12.25	1.9	1.8	31	Null and 2 + 12
	7 + 9	5.0986	12.64	2.0	1.3	29	
4	2 + 12	5.2611	12.50	2.7	1.7	33	1 and 7 + 8
	5 + 10	6.0303	12.68	5.0 **	5.9 **	80 **	
5	2 + 12	4.8974	12.25	1.9	1.8	31	Null and 7 + 8
	5 + 10	5.3738	12.88	2.7	2.3	41	

### 3 讨论

本研究发现, HMW- GS 总表达量在品种间存在极显著差异,各亚基的平均表达量以亚基 10 最高,依次为亚基 7、亚基 5、亚基 1、亚基 8、亚基 12、亚基 2,亚基 9 最低。普遍认为的优质亚基 10、7、5 和 1 表达量较高,而劣质亚基 9、2 和 12 较低;亚基 2、8 和 12 在不同亚基组成类型的品种中表达量有显著差异,而其它亚基表达量组间差异不显著。分析同一位点不同等位基因控制的亚基对品质的作用表明,亚基 1 对优质的贡献优于

null,亚基 5 + 10 优于亚基 2 + 12,与 Payne 和宋建民等的研究结果相同<sup>[2,6]</sup>。本研究中 7 + 8 与 7 + 9 两者作用相当,与前人普遍认为 7 + 8 优于 7 + 9 不同,但与于亚雄等的结果相似<sup>[8]</sup>。

面团流变学特性与面包品质有着密切关系。本研究中 HMW- GS 总量与粉质仪上的面团形成时间、稳定时间和评价价值正相关达极显著水平,这与朱金宝等、宋建民等、任红松等关于 HMW- GS 总量与沉降值呈正相关的研究结果相似<sup>[5-7]</sup>。而 HMW- GS 总量占籽粒蛋白质的比例与面团形成时间、稳定时间和评价价值显著相关,这也与任红松

等在研究其比例与沉降值时的结果相似<sup>[7]</sup>,说明品种 HMW-GS 总量和占籽粒蛋白质的比例高,其品质则较好。在本研究中,亚基组成为 1、7 + 8、5 + 10 的品种其粉质仪评价值较高,这与前人的研究结果一致,但在普遍认为亚基组成并不是最优的 1、7 + 8、2 + 12 和 null、7 + 8、5 + 10 中分别出现了面团形成时间与稳定时间较长和评价值较高的品种,如品种 a (L16-2) 和品种 i (郑 2241),这两个品种的 HMW-GS 表达量也较高,这进一步说明小麦的品质不只与亚基组成有关,而且与 HMW-GS 表达量有关。因此,在品种选育的过程中,在主要考虑亚基组成的基础上,同时应注重 HMW-GS 表达量的分析,注意保留 HMW-GS 表达量高的材料。

#### 参考文献:

- [1] Margiotta B, Urbano M, Colaprico G, *et al.* Detection of  $\gamma$ -type subunit at the Glu-A1 locus in some Swedish bread wheat lines [J]. *Journal of Cereal Science*, 1996, 23:203-211.
- [2] Payne P I, Nightingale M A, Krattiger A F. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties [J]. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 1987, 40:51-65.
- [3] Shewry P R, Halford N G, Tatham A S. High molecular weight subunits of wheat glutenin [J]. *Journal of Cereal Science*, 1992, 15:105-120.
- [4] Weegels P L, Hamer R J, Schofield J D. Functional properties of wheat glutenin [J]. *Journal of Cereal Science*, 1996, 3:1-18.
- [5] 朱金宝,刘广田,张树榛,等. 小麦籽粒高、低分子量谷蛋白亚基及其与品质关系的研究[J]. *中国农业科学*, 1996, 29(1):34-39.
- [6] 宋建明,宋建民,刘爱峰,等. 高分子量麦谷蛋白亚基组成及其含量与小麦品质的关系[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(2):128-133.
- [7] 任红松,曹连莆,魏凌基,等. 小麦高分子量谷蛋白亚基积累与沉降值的关系[J]. *西北农业学报*, 2005, 14(1):37-40.
- [8] 于亚雄,刘丽,胡银星,等. 高分子量麦谷蛋白亚基表达量与小麦加工品质性状的关系研究[J]. *云南农业大学学报*, 2004, 19(5):503-509.
- [9] 杜金哲,胡尚连,李文雄,等. 不同品质类型春小麦 HMW-GS 形成时间和强度及与品质的关系[J]. *作物学报*, 2003, 29(1):111-118.
- [10] 刘宝龙,张怀刚. 弱筋小麦品种高分子量谷蛋白亚基组成分析[J]. *西北农业学报*, 2007, 16(2):19-23.