

小麦高分子量麦谷蛋白亚基对面包烘烤品质的效应分析

毛 沛

李宗智 卢少源

(河北省农林科学院粮油作物研究所, 石家庄 050031) (河北农业大学, 保定 071001)

摘 要 利用 SDS-PAGE 技术分析了 1642 份小麦种质资源的高分子量麦谷蛋白亚基组成, 并测定了上述材料的沉降值指标, 同时分析了 242 份面包小麦品种(系)的多项品质指标。以期探讨高分子量麦谷蛋白亚基对面包烘烤品质指标的效应。分析结果表明, (1) Glu-1 位点对烘烤品质的效应分二种情况, 当 5+10 亚基存在时以 Glu-D1 位点的加性效应为主; 当 5+10 亚基不存在时, 表现为加性效应和互作效应并存, 以 Glu-B1 位点的加性效应和 Glu-B1 与 Glu-D1 位点间互作效应占主导地位。(2) 就各亚基而言, 1A 位点 $2^* > 1 > \text{Null}$, 1D 位点 $5+10 > 4+12 > 2+12$, 而 1B 则 $7 > 7+8 > 7+9$ 。

关键词 小麦 高分子量麦谷蛋白亚基 品质

七十年代末, Payne 等利用 SDS-PAGE 技术确定了小麦高分子量(HMW)麦谷蛋白亚基位于第 1 同源染色体群三条染色体的长臂上, 随后大量研究发现 HMW 麦谷蛋白亚基与面包烘烤品质间存在着广泛的相关关系^[1]。但各亚基对品质的贡献大小尚无定论, 尤其是中国小麦品种中亚基对品质的作用尚无充分研究, Glu-1 的三个位点对烘烤品质的作用研究也很少。而探知各亚基及各位点对品质的作用情况对在育种中充分利用优质亚基资源具有重大的意义。

1 材料和方法

1.1 材料

对由河北省种质研究中心提供的 1642 份小麦品种(系)进行了 HMW 麦谷蛋白亚基组成分析, 另对其中 242 份中国育成品种的品质指标进行了测定。

1.2 方法

品质分析 对 1642 份材料的泽伦尼沉降值及 242 份中国育成品种的籽粒蛋白含量, 粉质仪试验及烘烤试验等均按国际或中国标准测定。

SDS-PAGE 小麦籽粒蛋白的 SDS-PAGE 按 Payne 等^[2]报道的方法在 10% 的凝胶中进行^[2]。当品种中含有 2+12 亚基时用 5% 的凝胶鉴别 2* 亚基的有无, 亚基编号按 Payne 和

Lawrence(1983)的系统命名^[3]。

2 结果与分析

2.1 单个亚基对品质性状的效应

将 Glu-1 位点上编码的每一个 HMW 麦谷蛋白亚基看作一个 X 变量,把需考察的性状作为 Y 变量,用多元回归法分析了 242 份中国面包小麦品种(系)的单个亚基对主要品质性状的效应。分析时将各 HMW 亚基的存在与否以 0,1 变量表示,当某亚基存在时其对应变量值取 1,不存在时为 0。

表 1 各亚基对品质性状的效应值

性 状	1	2*	Null	7+8	7+9	7	5+10	2+12	4+12	R ²
籽粒蛋白	0	0.50	-0.35	-0.22	-0.06	0	0.94	0.34	0	0.2027
沉 降 值	0	2.58	-0.61	0.45	-3.46	1.39	8.79	-0.91	0	0.6971
评 价 值	0.21	2.69	0	3.02	0.49	2.34	9.01	-1.09	0	0.6952
面包体积	0	3.46	-1.59	-0.22	-0.31	3.38	5.99	0	3.34	0.6771
面包评分	1.06	3.40	0	-1.19	-3.20	0.51	9.41	0	0.64	0.7081

表 2 不同亚基组合间对品质的效应分析结果

被比位点	被检验的亚基组合				籽粒蛋白	沉降值	评价值	面包评分
	A	B						
1A	2*	7+8	2+12 对 N7+8	2+12	*	**	*	**
	2*	7+9	2+12 对 N7+9	2+12	**			
	2*	7+8	2+12 对 N7+8	2+12			**	
	2*	7+9	2+12 对 N7+9	2+12		*		
	1	7+8	2+12 对 N7+8	2+12				*
	1	7+9	2+12 对 N7+9	2+12	**	*		
	1	7+8	5+10 对 N7+8	5+10		*		
	1	7+9	5+10 对 N7+9	2+12	**			
1B		N7+8	2+12 对 N7+9	2+12	*			*
		N7+8	5+10 对 N7+9	5+10				
	1	7+8	2+12 对 17+9	2+12	**	*	*	
	1	7+8	5+10 对 N7+9	2+12	**		**	
	2*	7+8	2+12 对 2* 7+9	2+12	**			
1D		N7+8	5+10 对 N7+8	2+12		**	**	**
		N7+8	5+10 对 N7+9	2+12	*	**	**	*
	1	7+8	5+10 对 17+8	2+12		**	**	
	1	7+9	5+10 对 17+9	2+12	**			

* 0.05 显著水平, ** 0.01 显著水平; 组合 A 可对组合 B 显示正效应; N 为 Null。

从表 1 分析结果可以看出, Glu-D1 位点的 5+10 亚基对各性状的正向效应均最大, 其次是 Glu-A1 位点上的 2* 亚基, 在 Glu-B1 位点上以 7 亚基表现最好, 因此从此表可得出各亚基对品质性状的效应大小为: 1A 位点 2* > 1 > Null, 1D 位点为 5+10 > 4+12 > 2+12, 1B 位点的趋势为 7 > 7+8 > 7+9。

2.2 不同亚基组合对品质性状的效应

选取供试材料中 10 种最主要的亚基组合(代表供试材料的近 80%),按不同位点对各主要品质性状作单因素方差分析(表 2)。结果表明,不同亚基组合间在所分析的四个性状上均存在普遍差异。在 1D 位点上,具 5+10 的亚基组合显著好于具 2+12 的亚基组合,在 1A 位点上主要表现在具 2* 和 1 亚基的组合在部分性状上显著好于具 Null 形式的组合。而具前两者的组合差异不显著。在 1B 位点上则表现为具 7+8 亚基的组合好于具 7+9 亚基的组合。这些均证实了表 1 所得的结论。

2.3 亚基个数对品质性状的效应

通过分析 1642 份种质材料中亚基个数与沉降值的关系(表 3)发现,具有 5 个亚基的品种必然在 1A 位点上具有 1 和 2* 亚基,此类材料又以国外品种居多,其沉降值最高;具有 4 个和 3 个亚基的品种亚基组成较复杂。具 4 个亚基的材料占分析材料的大多数,其沉降值与全部供试材料的沉降值均值相仿;具 1~2 个亚基的以罕见材料的四倍材料居多,沉降值表现差,它们各级别 t 测验均达显著水平。

表 3 亚基个数与沉降值的关系

亚基 个数	样本 个数	沉降值 (均值)	主要亚基组成			t 测验
			1A	1B	1D	
5	457	34.23	1,2*	7+8 7+9	2+12 5+10	a
				7+8		
4	842	31.21	Null 1,2*	7+9 7	2+12 5+10	b
3	293	29.13	Null	7	2+12 5+10	c
2	21	21.07	-	7+8 6+8	-	d
1	11	16.75	-	20,22	-	e

表 4 对面包评分沉降值进行三因素方差分析
所考虑的各位点等位变异的五种型式

类 型	1A	1B	1D
I 型	1 Null	7+8 7+9	2+12 4+12
II 型	1 Null	7+8 7+9	2+12 4+12 5+10
III 型	1 2*	7+8 7+9	5+10 2+12
IV 型	1 Null	7+8 7+9	2+12 4+12 2+12
V 型	1 Null 2*	7+8 7+9	4+12 5+10

2.4 不同位点间的关系及其对品质性状的效应

为探明 Glu-A1, Glu-B1 及 Glu-D1 三位点间的关系及其对面包烘烤品质性状的作用,将此三位点视作三个因素,对 242 份中国面包小麦品质(系)的烘烤品质指标的面包评分及 1600 余份具沉降值性状的材料,进行三因素方差分析。由于具面包评分性状的材料有限,不同位点间的等位基因在供试材料中的分布又很不平衡,因此限制了分析各位点作用时所考虑的该位点等位基因的数目。据材料中的亚基分布情况为面包评分设计了二种形式的三因素方差分析(表 4 中型 I, II),为沉降值指标设计了覆盖各位点主要亚基的三种形式(表 4 中 III~V 型)。从三因素方差分析的结果(表 5)。从中可看出, I 型和 IV 型中主要以 1B 位点上的加性效应和 1B 和 1D 位点的互作效应为主,而 II、III、V 型中,由于 1D 位点上考虑了 5+10 亚基,因此均以 1D 位点的加性效应占主导地位,伴有 1B 位点的加性效应。故可以认为当 Glu-D1 位点上有 5+10 亚基存在时, Glu-1 位点对烘烤品质的作用主要以 Glu-D1 位点的加性效应占主导地位,伴有

表 5 三因素方差分析结果

变异来源	面包评分				沉 降 值					
	I 型		II 型		III 型		IV 型		V 型	
	自由度	F 值	自由度	F 值	自由度	F 值	自由度	F 值	自由度	F 值
重复	2		2		4		4		4	
1A	1	0.02	1	0.11	1	0.37	2	0.41	2	0.31
1B	1	4.81 *	2	2.64	1	8.27 * *	1	3.06	1	6.22 *
1D	1	0.42	1	11.27 * *	1	33.08 * *	1	0.29	2	27.96 * *
1A×1B	1	0.07	2	1.28	1	0.52	2	1.79	2	0.54
1A×1D	1	0.95	1	0.19	1	0.73	2	0.87	4	1.03
1B×1D	1	3.81	2	5.49 *	1	0.81	1	3.36	2	2.62
1A×1B×1D	1	1.69	2	0.36	1	1.29	2	1.53	4	0.88
误差	14		22		28		44		68	
总变异	23		35		39		59		89	

注: * 0.05 显著水平, ** 0.01 显著水平

Glu-B1 位点的加性效应, 互作效应较小。当 Glu-D1 位点无 5+10 亚基时, 以 Glu-B1 位点的加性效应和 Glu-B1 与 Glu-D1 位点的互作效应为主。

3 讨论

在 Glu-1 位点各亚基对品质的效应大小上, 国内外研究结论不尽相同, 对 Glu-A1 位点, 英国的 Payne^[4]认为, $2^* = 1 > \text{Null}$, 而本研究认为 $2^* > 1 > \text{Null}$, 这与 Moonen^[6]和 Carrillo^[5]的研究相同。对 1B 位点各研究结果相差较大, 这可能与其分析的材料有关。本研究结果与 Uhlen^[7]的研究相一致。几乎所有研究都认为 5+10 亚基优于 1D 位点上其它等位变异形式, 但国外研究普遍认为 2+12 亚基好于 4+12 亚基^[8], 但本实验室连续三年的研究一致认为在中国小麦中 4+12 亚基好于 2+12 亚基。

对于各位点对烘烤品质贡献的大小, Payne^[9]对英国小麦研究认为 $\text{Glu-A1} > \text{Glu-D1} > \text{Glu-B1}$, Carrillo^[5]认为 $\text{Glu-D1} > \text{Glu-A1} > \text{Glu-B1}$ 位点。本研究认为 Glu-D1 位点对品质起主导作用, 其次是 Glu-B1 位点, 而 Glu-A1 的作用最小。Lawrence 等^[10]研究了 Glu-1 三个位点控制的 HMW 麦谷蛋白亚基缺失的小麦品系与烘烤品质的关系, 其结论是, 不论哪个位点控制的亚基缺失都会降低面包烘烤特性, 但是 Glu-D1, Glu-B1 位点缺失要比 Glu-A1 位点缺失对品质影响大。他们认为这是因为 Glu-D1 和 Glu-B1 编码的 HMW 亚基数(X 和 Y 两亚基)比 Glu-A1 编码的亚基数(只有 X 亚基)多。Payne^[4]认为一个品种存在的 HMW 麦谷蛋白亚基谱带越多, 其在总胚乳中所占比例就越大, 质量就会越好。这点在本试验中得到了证实, 同时也印证了 Odenback^[11]的结论, 即 HMW 亚基的联合作用具有累加性。

关于各位点对品质性状的遗传效应, 国外通过对个别亚基的研究认为三个位点均具有加性效应, 同时在 Glu-A1 与 Glu-B1 位点间存在着互作。本研究引用三因素方差分析法来探索各位点对品质性状的整体效应, 得出当 Glu-D1 位点上有 5+10 亚基存在时, Glu-1 各位点主要以加性效应为主, 而当 Glu-D1 位点无 5+10 亚基存在时, 各位点加性及互作效应同时存在, 以 Glu-B1 位点的加性效应及 Glu-B1 与 Glu-D1 位点的互作效应占主导地位。由此可看出三位点对品质的作用以 Glu-D1 位点最大, Glu-B1 位点次之, 而 Glu-A1 位点作用较小。

参 考 文 献

- 1 Payne PI et al. Theor Appl Genet, 1979, 55:153~159
- 2 Payne PI et al. Theor Appl Genet, 1980, 58:113~120
- 3 Payne PI et al. Cereal Res Common, 1983, 11:29~35
- 4 Payne PI et al. Proc 6th Inter Wheat Genet, 1983, 827 ~834
- 5 Carrillo JM et al. Theor Appl Genet, 1990, 79:321~330
- 6 Moonen JHE et al. Euphytica, 1983, 32:735~742
- 7 Unlen AK. Norwegian J Agric Sci, 1990, 4:1~17
- 8 Payne PI et al. Philos Trans R, Soc, London, Ser B, 1984, 304:359~371
- 9 Payne PI et al. J Sci Food Agric, 1987, 40:51~65
- 10 Lawrence GJ et al. J Cereal Sci, 1988, 7:109~112
- 11 Odenback W et al. Proc 7th Inter Wheat Genet, 1988, 987~991

Effects of High Molecular Weight Glutenin Subunits on Bread-making Quality in Wheat

Mao Pei

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang)

Li Zongzhi Lu Shaoyuan

(Hebei Agricultural University, Baoding)

Abstract The high molecular weight (HMW) glutenin subunit compositions of 1642 wheat varieties germplasm resources and their sedimentation volume were analysed, and a lot of important quality parameters of 242 wheat varieties were determined. The results indicated: (1) A subset of data was analysed by three-factors anova. Two conclusions emerged from this work. The first was that single-locus additive effects were considerably larger than the interactive effects when subunits 5+10 were present, and additive effect of Glu-D1 locus was the largest among all the effects. The second was that the effects of Glu-B1 loci on bread-making quality were partitioned into additive single-locus effects and interactive (two-locus and three-locus) effects when subunits 5+10 were absent, and the additive effect of Glu-B1 locus was the same important as the interactive effect among Glu-B1 locus and Glu-D1 locus. (2) Considering the effects of alleles at each locus on bread-making quality, the ranking of Glu-A1 locus was $2^* > 1 > \text{Null}$. Subunit 2^* was slightly better than subunit 1, and both subunits 2^* and 1 were much better than Null. The ranking of Glu-D1 locus was $5+10 > 4+10 > 2+12$, subunits 5+10 were significantly better than the other subunits, and $7 > 7+8 > 7+9$ for Glu-B1 locus.

Key words: Wheat; High molecular weight; Glutenin subunits; Bread-making quality