

陕西省小麦品种资源高分子量谷蛋白亚基组成研究^{*}

李硕碧, 单明珠, 李必运

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 研究了陕西省主要小麦资源高分子量谷蛋白亚基组成及其与加工品质的关系。结果表明, 农家种亚基类型单一, 育成种和早期国外种亚基类型分布不尽合理, 3类材料均缺乏优质亚基; 近期国外品种 Glu-1 3个基因位点优质亚基数量较多, 特别是 5+ 10亚基, 应加强引进、研究和利用; 亚基 1(Glu-A 1a), 14+ 15(Glu-B 1h), 17+ 18(Glu-B 1i)和 5+ 10(Glu-D 1d) 分别对多种加工品质性状效应较大, 均为优质亚基; 3个基因位点对加工品质的贡献值大小次序为 Glu-D 1> Glu-A 1> Glu-B 1。

[关键词] 小麦; 谷蛋白亚基; 加工品质; 品种资源; 陕西省

[中图分类号] S512.102.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2002)04-0001-05

小麦谷蛋白是面筋蛋白的重要组成部分。小麦高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)与小麦面包烘烤品质密切相关^[1~4]。20多年来, 随着HMW-GS分离和鉴定技术的提出, 世界上先进国家的小麦育种项目相继利用这项技术作为品质改良的辅助方法。由于遗传背景和研究方法的差异, 对小麦HMW-GS组成与加工品质间关系的研究结果不尽一致, 特别是与品种的面条制作品质关系还不清楚。我国小麦HMW-GS组成研究起步较晚^[5], HMW-GS鉴定技术至今还未真正应用到小麦品质育种中。陕西省的有关研究落后于国内先进省份。本试验试图通过研究陕西省小麦资源的HMW-GS组成及其与加工品质的关系, 发掘优质小麦资源材料, 为小麦育种者利用HMW-GS测定技术改进常规育种方法、加速小麦品质改良工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

小麦资源材料由西北农林科技大学小麦研究所品种资源室和育种室提供, 包括农家种41份、育成种143份、早期国外种56份和近期引进的国外种49份, 共计289份。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验 1996~1997年度种植小麦材料289份, 行长2m, 行距0.25m, 2行区; 1997~1998年度种植从上述收获的材料中筛选出的66份优异

小麦品种资源材料, 其中农家种6份, 育成种49份, 国外品种材料11份。田间调查常规项目。收获后取2kg籽粒作为分析样品。

1.2.2 小麦HMW-GS组成测定 采用十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)法^[5]测定。堆积胶浓度40g/L, 分离胶浓度87g/L。

1.2.3 品质分析及面条制作试验 籽粒粗蛋白(简称蛋白质)含量用近红外分析仪测定; 沉淀值用ICC标准第116号方法测定; 面筋用ICC标准第137号方法测定; 粉质特性用GB/T 14614-93方法测定^[6]; 拉伸特性用GB/T 14615-93方法测定^[7]; 小麦粉用德国Brabender Junior磨制; 面条品质实验制作方法和评分参照GB/T 17320附录A方法^[8], 结果表示鲜湿面条煮熟感官总评分。

2 结果与分析

2.1 HMW-GS的等位变异

SDS-PAGE分析结果(表1)表明, 289份小麦资源Glu-1 3个位点等位基因编码15种亚基, 其中亚基1(Glu-A 1a), 7+ 8(Glu-B 1b), 2+ 12(Glu-D 1a)的频率最高, 分别为41.5%, 51.9%和75.8%; 优质亚基5+ 10的频率为21.5%。HMW-GS的等位变异较为广泛, 但亚基的类型分布不尽合理, 缺乏优质亚基。不同来源材料HMW-GS的等位变异具有明显不同的特点。

41份农家品种Glu-1位点有5种亚基, 其中

^{*} [收稿日期] 2001-09-18

[基金项目] 陕西省自然科学研究计划项目(95SW 04)

[作者简介] 李硕碧(1957-), 男, 陕西户县人, 副研究员, 主要从事小麦品质育种研究。

Glu-A 1 位点 3 种, Glu-B 1 位点和 Glu-D 1 位点均只有 1 种。85% 以上的农家种具有亚基 null (Glu-A 1c), 所有品种具有亚基 7+ 8 (Glu-B 1b) 和 2+ 12 (Glu-D 1a)。农家种亚基类型十分单一, 而且缺乏优质亚基。143 份育成品种 Glu-1 位点有 13 种亚基, 其中 Glu-A 1 位点 3 种, Glu-B 1 位点 6 种, Glu-D 1 位点 4 种, 3 个基因位点的等位变异都较农家种丰富, 但亚基的分布极不平衡, 半数以上的育成种具有亚基 1, 7+ 8, 2+ 12, 其频率分别为 56.6%, 54.5% 和 82.5%。育成种优质亚基 5+ 10 出现的频率较低, 为 11.9%。个别育成品种 Glu-D 1 位点出现了亚基 3+ 12 或 4+ 12, 其来源不清, 有待于进一步分析。

56 份早期国外品种 Glu-1 位点有 13 种亚基,

表 1 陕西省主要小麦品种资源 HMW-GS 类型及其出现的频率

Table 1 The type and frequency of HMW-GS among wheat genetic resources preserved in Shaanxi Province %

亚基类型 Subunit type	农家品种 (n= 41) Land race	育成品种 (n= 143) Bred variety	早期国外种 (n= 56) Early foreign variety	近期国外种 (n= 49) Late foreign variety	合计 (n= 289) Total
Glu-A 1					
N (null)	85.4	32.9	41.1	0.0	36.3
1	7.3	56.6	28.6	40.8	41.5
2*	7.3	10.5	30.4	59.2	22.1
Glu-B 1					
7+ 8	100.0	54.5	41.1	16.3	51.9
7+ 9	0.0	23.1	8.9	44.9	20.8
14+ 15	0.0	15.4	26.8	0.0	12.8
17+ 18	0.0	2.8	5.4	26.5	6.9
13+ 16	0.0	0.0	7.1	12.2	3.5
6+ 8	0.0	2.1	1.8	0.0	1.4
7	0.0	2.1	7.1	0.0	2.4
23+ 24	0.0	0.0	1.8	0.0	0.4
Glu-D 1					
2+ 12	100.0	82.5	83.9	26.5	75.8
5+ 10	0.0	11.9	16.1	73.5	21.5
3+ 12	0.0	1.4	0.0	0.0	0.7
4+ 12	0.0	4.2	0.0	0.0	2.1

2.2 Glu-1 基因位点的亚基组成

289 份小麦品种资源 Glu-1 3 个基因位点的亚基组成类型有 36 种, 变异率为 12.5%。1/3 的亚基组成具有 5+ 10 亚基, 但包括的品种数仅占 1/5。亚基组成为 null, 7+ 8 和 2+ 12 的基因型最多; 1, 7+ 8 和 2+ 12 亚基组成次之; 1, 14+ 15 和 2+ 12, 2*, 7+ 8 和 2+ 12, 2*, 7+ 9 和 5+ 10 等 3 种亚基组成并列第 3 位, 这 5 种亚基组成的品种数量之和达到参试品种的 58%。而其他 31 种亚基组成包括的品种数之和仅占 42% (图 1), 其中 12 种亚基组成分别仅有 1 个品种。因此, 从亚基组成的情况同样可以看

其中 Glu-A 1 位点 3 种, Glu-B 1 位点 8 种, Glu-D 1 位点 2 种。Glu-B 1 位点等位变异异常丰富, 且出现了优质亚基 17+ 18, 14+ 15 和 13+ 16, 但亚基类型的分布过于集中, 将近 50% 的品种具有亚基 7+ 8 (41.1%)。早期国外品种同农家种一样, 亚基 null, 7+ 8, 2+ 12 在各自位点出现的频率较高。优质亚基 5+ 10 的频率为 16.1%, 高于育成品种亚基 5+ 10。49 份近期引进的国外小麦品种 (系) Glu-1 位点有 8 种亚基, 等位变异相对较小, 但优质亚基明显较多, 这是育种家择优选择的结果。亚基 2*, 7+ 9, 5+ 10 的频率较高, 亚基 5+ 10 的频率达到 73.5%。可见, 近期国外品种加工品质遗传基础明显改善, 而我国育成品种品质遗传基础与农家种相比有所改善, 但与国外品种相比还有一定差距。

出, 陕西省小麦品种资源加工品质遗传基础较狭窄。

所有农家种的 HMW-GS 亚基组成只有 3 种类型, 即 null, 7+ 8, 2+ 12, 1, 7+ 8, 2+ 12 和 2*, 7+ 8, 2+ 12, 其中前一种亚基组成类型占 85.4%。143 份育成品种具有 27 种不同的亚基组成类型, 其变异率为 18.9%, 亚基组成为 1, 7+ 8 和 2+ 12 的品种较多。早期国外品种亚基组成变异率达 44.6%, 变异最为丰富, 具有亚基组成 null, 7+ 8 和 2+ 12 的品种较多。近期国外品种亚基组成的变异率为 18.4%, 但优质亚基组合及其品种数量占多数。

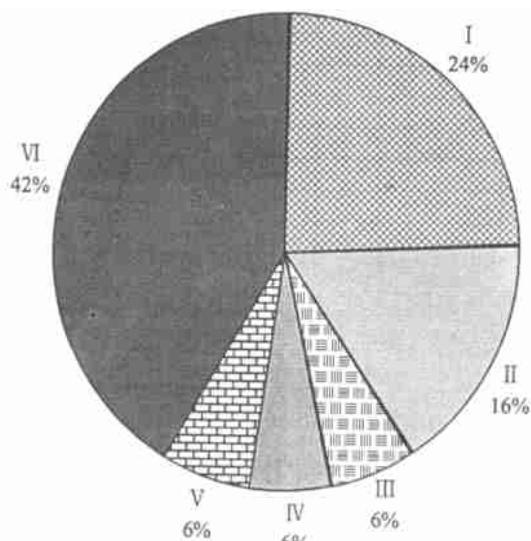


图1 不同亚基组成类型频率图

I = null 7+ 8 2+ 12; II = 1, 7+ 8 2+ 12;
 III = 1, 14+ 15 2+ 12; IV = 2*, 7+ 8 2+ 12;
 V = 2*, 7+ 9 5+ 10; VI = 其他亚基组成类型

Fig 1 Frequency of different types
of subunit composition

I = null 7+ 8 2+ 12; II = 1, 7+ 8 2+ 12;
 III = 1, 14+ 15 2+ 12; IV = 2*, 7+ 8 2+ 12;
 V = 2*, 7+ 9 5+ 10; VI = other types of
subunit composition

2.3 HMW-GS 组成对加工品质的效应

66 份优异小麦资源材料 Glu-1 3 个位点上的等位基因编码了 10 种亚基, 其中 Glu-A1 位点 3 种, Glu-B1 位点 4 种, Glu-D1 位点 3 种 (表 2)。以 HMW-GS 为说明变量 (X), 加工品质性状为基准变量 (Y), 进行数量化回归分析^[3,9], 得到 10 个回归方程, 回归系数见表 2。从表 2 可见, 蛋白质含量和干面筋含量对 HMW-GS 的回归复相关系数分别达显著水平, 其余加工品质性状和面条评分的复相关系数均达极显著水平, 说明这 10 种回归关系真实存在。回归的决定系数平均为 0.364, 变幅为 0.230~0.471。其中, 面条评分的回归决定系数最大, 粉质图评价值决定系数次之, 蛋白质含量决定系数最小 (表 2)。说明在本研究资料中, HMW-GS 等位变异能够解释面条评分变异的 47% 左右, 解释蛋白质含量变异仅为 23% 左右, 余此类推^[3]。另据国外研究报道, Glu-1 基因位点亚基的等位变异能解释面包评分变异的 25%~75% 不等^[1,5,10,11], 这种差异是由于相关性研究方法的差异和所分析小麦材料遗传组成的差别以及亚基出现的频率不同等引起的。除了 HMW-GS 之外, 小麦品质还受低分子量谷蛋白亚基、醇溶蛋白组分和小麦遗传背景 (蛋白质含量及其组分比

例) 等影响, 因此, 某些品质性状对 HMW-GS 决定系数并不太高。

2.3.1 不同 HMW-GS 的效应 HMW-GS 对加工品质的效应可用偏回归系数来说明^[3]。由表 2 可见, Glu-A1 位点: 亚基 1 对评价值、稳定时间、形成时间、拉伸面积、沉淀值、蛋白质含量以及面条评分等 7 个性状的效应均较大, 而且回归检验结果 (T 值) 说明, 该亚基对稳定时间和评价值的效应显著 ($P < 0.05$), 对面条评分极显著 ($P < 0.01$)。亚基 2* 对拉伸比的效应较大, 亚基 N (null) 对吸水率和干面筋含量的效应较大。Glu-B1 位点: 亚基 14+15 对评价值、吸水率、拉伸面积、拉伸比、沉淀值、干面筋含量和蛋白质含量等 7 个主要加工品质性状的效应均较大, 其中对干面筋含量和蛋白质含量的效应显著。亚基 17+18 对稳定时间效应较大, 对面条评分效应显著较大, 该亚基在陕西省的小麦育成种中很少见到, 而在近期国外品种中比较常见。亚基 7+8 对形成时间效应较大, 这种亚基在本省小麦资源中最为普遍。Glu-D1 位点: 5+10 亚基对评价值、稳定时间、形成时间、吸水率、沉淀值、蛋白质含量以及面条评分等 7 个主要加工品质性状的效应均较大, 其中对沉淀值、形成时间、稳定时间、评价值效应显著或极显著, 该亚基与面包烘烤品质的密切关系已经为国内外研究结果所证实^[1,2,3,5,10,11], 但是它的优质作用机理在此之前并不十分清楚。亚基 4+12 对拉伸面积和拉伸比的效应极显著。亚基 2+12 对干面筋的效应比较大, 这种亚基在陕西省小麦资源中最常见。

综上所述, 不同亚基对多种加工品质综合效应的相对大小依次为: Glu-A1, 1 > 2* > N; Glu-B1, 14+15 ≥ 17+18 > 7+8 > 7+9; Glu-D1, 5+10 > 4+12 > 2+12。亚基 1, 14+15 和 5+10 为优质亚基, 这里要强调前 2 个亚基的优质作用: (1) 亚基 14+15 对多种加工品质性状的效应均较大, 但是, 仅对蛋白质数量性状有显著正效应, 而对多种蛋白质质量性状的增加效应并不明显。这种亚基在陕西省优质小麦材料中普遍存在, 例如, PH82-2、小偃 6 号、Y7917、Y8321、植 763、植 8661、陕 7853、N82 (2)-18、陕 7852、Y225-9、Y225-63、陕 3124、荔 84 (129) 11、秦麦 11 号等, 而这些材料中包括了陕西省乃至我国最优秀的优质面包和优质面条小麦品种, 这是客观事实。因此, 关于 14+15 亚基对品质的效应和作用机理有待于进一步研究。(2) 亚基 1 的存在显著改善了小麦的面团特性和面条制作品质。这种亚基在国内外小麦品种中存在较多。另外, 亚基 4+

12 对面团拉伸特性的显著增强效应值得重视。

表 2 Glu-1 基因位点不同亚基对加工品质的回归系数

Table 2 Regression coefficient of HMW -glutenin subunits to industrial qualities

品质性状 Quality	评价指标 Index	Glu-A 1(X ₁)			Glu-B1(X ₂)				Glu-D1(X ₃)			复相关系数 R	决定系数 D C
		1	2*	N	7+ 8	7+ 9	14+ 15	17+ 18	2+ 12	5+ 10	4+ 12		
评价值 ^[1] Vabrime- ter value	回归系数 R C	40 00	29 66	27 56	6 48	0 00	9 13	6 47	6 50	25 43	0 00	0 658 9**	0 434
	T 值		2 317 1*			1 104 7				3 862 8**			
稳 定 时 间 ^[1] Stable time	回归系数 R C	2 50	- 0 61	- 1 07	2 70	0 00	2 99	3 44	0 52	6 02	0 00	0 650 8**	0 424
	T 值		2 260 8*			1 356 5				3 627 1**			
形 成 时 间 ^[1] Development time	回归系数 R C	2 00	1 94	- 0 53	1 97	0 00	1 83	1 60	0 71	4 90	0 00	0 636 8**	0 405
	T 值		2 013 2			1 202 8				3 731 8**			
吸水率 ^[1] Water ab- sorption	回归系数 R C	54 40	51 41	54 67	- 0 44	0 00	1 03	- 3 06	4 29	5 96	0 00	0 578 2**	0 334
	T 值		2 487 1*			1 820 7				1 964 4			
拉 伸 面 积 ^[2] Area	回归系数 R C	211 0	203 8	170 1	11 5	0 00	28 9	15 1	- 137 44	- 91 80	0 00	0 612 7**	0 375
	T 值		1 565 1			1 117 0				3 933 4**			
拉伸比 ^[2] Resis- tance/ extension	回归系数 R C	5 20	5 45	4 44	- 0 43	0 00	0 11	- 3 61	- 3 37	- 2 60	0 00	0 628 3**	0 395
	T 值		1 623 5			1 504 6				3 959 1**			
沉淀值 Sedimen- tation value	回归系数 R C	19 00	8 23	10 80	15 09	0 00	19 63	7 48	10 02	25 06	0 00	0 560 2**	0 314
	T 值		1 683 5			1 974 7				2 443 3*			
干 面 筋 Dry gluten	回归系数 R C	8 70	7 46	8 79	1 58	0 00	2 48	- 0 25	0 74	0 43	0 00	0 545 1*	0 297
	T 值		1 870 3		2 731 5*			0 548 4					
蛋 白 质 Protein	回归系数 R C	10 90	10 60	10 75	0 67	0 00	1 12	- 0 71	0 90	1 24	0 00	0 479 9*	0 230
	T 值		0 690 4			2 609 7*				1 184			
面条评分 Noodle quality score	回归系数 R C	62 4	52 27	51 31	11 26	0 00	14 03	15 00	2 10	8 90	0 00	0 685 9**	0 471
	T 值		3 095 6**		2 462 6*			1 809 1					

注: 右上角标有[1]者为粉质图参数, 右上角标有[2]者为拉伸图参数。

Note: [1] Farinogram parameters, [2] Extensogram parameters

2 3 2 Glu-1 3 个基因位点对加工品质的贡献值
Glu-A 1、Glu-B 1、Glu-D 1 3 个基因位点对加工品质贡献值可用各项目的偏相关系数、方差比和所属类目的偏回归系数的变化范围这 3 个指标综合表示^[3]。结果表明, 各基因位点对面团形成时间、稳定时间、评价值、拉伸面积和拉伸比的贡献值大小均依次为 Glu-D 1> Glu-A 1> Glu-B 1, 其中 Glu-D 1 位点与这些加工品质性状的偏相关系数分别为 0.56**, 0.55**, 0.58**, 0.58** 和 0.59**, 贡献极显著 ($P<0.01$)。3 个位点对沉淀值的贡献依次为 Glu-D 1> Glu-B 1> Glu-A 1, 其中 Glu-D 1 位点贡献显著; 对面条评分的贡献依次为 Glu-A 1> Glu-B 1> Glu-D 1, 其中 Glu-A 1、Glu-B 1 位点贡献显著或极显著; 对干面筋和蛋白质含量的贡献均以 Glu-B 1 显著较大, 这是由 14+ 15 亚基的效应产生的; 对吸水率的贡献以 Glu-A 1 较大。

总而言之, Glu-A 1、Glu-B 1、Glu-D 1 3 个位点均

不同程度表现出对某些加工品质性状贡献值较大。如果综合起来考虑, 它们的贡献大小可依次排序为 Glu-D 1> Glu-A 1> Glu-B 1。各位点贡献的大小是由位点上等位基因的效应差异引起的, 因此可以认为, 3 个位点上等位基因分别编码的优质亚基相对重要性为: 5+ 10 (Glu-D 1d) > 1 (Glu-A 1a) > 14+ 15 (Glu-B 1h) ≥ 17+ 18 (Glu-B 1i)。由于亚基 14+ 15 比亚基 1 更少见, 在陕西省的优质小麦资源中常常存在, 所以应当受到重视。

3 讨 论

1) 小麦 HMW -GS 组成在一定程度上反映了加工品质遗传基础, 它的鉴定方法具有样品用量少、速度快等特点。对 HMW -GS 组成的研究起步早, 也比较深入。除此之外, 低分子量谷蛋白亚基、醇溶蛋白组分等对小麦加工品质亦有一定影响, 但测定方法比较麻烦, 研究深度不够。因此, 在小麦品质育种中

通常将测定 HMW -GS 的电泳方法作为一种辅助方法, 结合沉淀值测定进行品质选择。

2) 小麦 HMW -GS 组成是一种遗传特性。小麦材料因来源不同可能具有不同的亚基组成, 但这并不意味着亚基组成受小麦生长环境条件的影响^[5, 10, 11]。小麦 HMW -GS 组成不因环境条件的改变而变化。

3) 小麦 HMW -GS 组成具有异质 (heterogeneous) 现象, 即同一品种的不同籽粒可能出现不同的 HMW -GS 组成^[5, 10, 11]。我国小麦品种的异质现象不太明显, 这是由于我国小麦育种工作采用传统的“系谱选择”法, 加之育种者和农民对品种在田间的整齐度要求很高, 所以, 品种的一致性, 异质型籽粒比率低^[5]。

[参考文献]

- [1] Payne P I, Nightingale M A, Krattiger A F, et al The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties[J]. J Sci Food Agric, 1987, 40: 51- 65
- [2] 马传喜, 吴兆苏 小麦胚乳蛋白质组分及高分子量麦谷蛋白亚基与烘烤品质的关系[J]. 作物学报, 1993, 19(6): 562- 566
- [3] 张津立, 李硕碧 小麦品种 HMW 谷蛋白亚基组成的数量分析[J]. 麦类作物, 1998, 88(6): 21- 23
- [4] 潘幸来, 潘前颖, 史引红, 等 高分子量麦谷蛋白亚基的编号、基因、带谱及品质权重[J]. 麦类作物, 1999, 89(5): 16- 19
- [5] HE Zhong-hu, Pena R J, Rajaram S High molecular weight glutenin subunit composition of Chinese bread wheats[J]. Euphytica, 1992, 64: 11- 20
- [6] GB/T 14614-1993 小麦粉吸水率粉质仪测定法[S]
- [7] GB/T 14615-1993 小麦粉面团拉伸特性测定法[S]
- [8] GB/T 17320-1998 专用小麦品种品质附录A -面条制作与评价[S]
- [9] 袁志发, 孟德顺 多元统计分析[M]. 陕西杨陵: 天则出版社, 1991 285- 297.
- [10] Ng P K W, Pogna N E, Mellini F, et al Glu-1 allele compositions of the wheat cultivars registered in Canada[J]. J Genet & Breed, 1989, 43: 53- 59
- [11] Morgunow A I, Rogers W J, Sayers E J, et al The high-molecular-weight glutenin subunit composition of Soviet wheat varieties[J]. Euphytica, 1990, 51: 41- 52

Study on high molecular weight glutenin subunit composition of wheat genetic resources in Shaanxi Province

L I Shuo-bi, SHAN Ming-zhu, L I Bi-yun

(College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The high molecular weight (HMW) glutenin subunit composition of Shaanxi wheat genetic resources and its relationships to wheat industrial qualities were studied. The results indicated that there were few types of HMW-glutenin subunits in land race wheat, and the distribution of their types was not rational in bred wheat varieties or early foreign wheat varieties. All three types of wheat varieties lacked some subunits with good quality. The latest foreign wheat variety (Glu-13) had more subunits with good quality, especially, 5+ 10 subunit, so they should be introduced, studied and used. Subunit 1 (Glu-A 1a), 14+ 15 (Glu-B 1h), 17+ 18 (Glu-B 1i) and 5+ 10 (Glu-D 1d) had greater effects on many quality characteristics respectively, and they were thought to be good quality subunits. The contribution value of locus Glu-A 1, Glu-B 1, Glu-D 1 to the wheat industrial qualities were in sequence of Glu-D 1 > Glu-A 1 > Glu-B 1.

Key words: wheat; glutenin subunit; industrial quality; genetic resources; Shaanxi Province