

小麦高分子量谷蛋白亚基的遗传规律研究

李保云 刘桂芳 王岳光 孙辉 刘广田

(中国农业大学作物学院)

摘要 采用 SDS-PAGE 法,对 4 个优质亲本与 3 个农艺亲本及其杂交获得的正反交 F_1 , F_2 , BC_1F_1 , BC_1F_1 籽粒进行小麦高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)遗传分析表明: 普通小麦品种高分子量谷蛋白亚基受遗传控制,不受环境影响,具有品种的特性; 小麦高分子量谷蛋白亚基在 F_1 代中呈共显性和倾母遗传现象; 控制小麦高分子量谷蛋白亚基的基因遗传行为遵从孟德尔的基因的独立分配和自由结合规律。

关键词 小麦; 高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS); 遗传规律

分类号 S512.1; S330

Inheritance of High Molecular Weight Gluten in Subunits (HMW-GS) in Wheat

Li Baoyun Liu Guifang Wang Yueguang Sun Hui Liu Guangtian

(College of Crop Sciences, CAU)

Abstract Four good quality cultivars were used to cross with three cultivars which had good agronomic traits. Different crosses and generation populations were obtained. The grains of 24 reciprocal F_1 , 12 F_2 , 24 backcrosses BC_1F_1 , BC_1F_1 generations and their parents were analysed by SDS-PAGE method for HMW-GS genetic analysis. The results are as follows:

The band patterns of HMW-GS were genetically controlled and they were not affected by environmental factors. There were large variations among cultivars; All HMW-GS can be transmitted to the hybrid F_1 as dominance from both parents and a significant effect of female parents was observed in reciprocal F_1 hybrids; The genes which control HMW-GS were inherited based on Mendel's laws of gene independent assortment and free combination.

Key words wheat; high molecular weight glutenin subunit; HMW-GS; genetic laws

我国重要的粮食作物小麦的品质改良是其育种的主要目标之一,而小麦的品质性状大多与籽粒胚乳相关。小麦的籽粒胚乳是 3 倍体(3N)的,遗传上有它自己的特点和复杂性^[1]。在小麦籽粒的诸多营养成分中,籽粒蛋白质的数量和质量对小麦烘烤品质的影响最为明显。多数研究表明,谷蛋白是小麦籽粒中一种很重要的贮藏蛋白,它是影响面团弹性的主要因素^[2,3]。现已公认谷蛋白中的高分子量谷蛋白亚基与小麦烘烤品质关系尤为密切。

前人研究表明:小麦高分子量谷蛋白亚基是由小麦的第 1 部分同源群染色体上的 3 个复合位点控制的,分别位于 1A, 1B, 1D 的长臂近着丝点处,并分别被命名为 Glu-A 1, Glu-B 1, Glu-D 1 位点,每个位点上有 2 个紧密连锁的基因,分别编码分子量较大的 X-型亚基和分子量较小的 Y-型亚基^[4,5]。从理论上讲,普通小麦应含有 6 条 HMW-GS 谱带。但由于 HMW-GS 部分基因处于沉默或不表达状态,事实上,一般品种只含有 3~ 5 条 HMW-GS 谱带,其中 2 条由 Glu-D 1 位点

收稿日期: 1998-04-28

李保云,北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区),100094

刘桂芳,山西洪洞,山西省临汾地区农校,031609

王岳光,山东莱阳文化路 42 号,山东省莱阳农学院,265200

上的基因编码, 1 条或 2 条由 Glu-B1 位点上的基因编码, 1 条或 Null 由 Glu-A 1 位点上的基因编码^[6-8]。且不同位点上的基因控制的小麦高分子量谷蛋白亚基存在多态性^[9-11]。

HMW-GS 的多态性及可能存在的等位变异, 为研究其特定等位基因与烘烤品质的关系提供了基础^[12]。HMW-GS 对烘烤品质所起的重要作用已被证实。试验表明国外的品种中大多含有优质 HMW-GS, 而我国小麦品种缺少优质 HMW-GS^[13]。本试验通过对小麦 HMW-GS 遗传规律的研究, 旨在为小麦品质育种中转入优良 HMW-GS 提供理论依据, 以改良我国当前栽培小麦的 HMW-GS 组成。选育含有优质 HMW-GS 组成的品种。

1 材料和方法

1.1 材料 试验采用 4 个优质亲本与 3 个农艺亲本及其杂交后代(包括正反交 F_1 , F_2 , BC_1F_1 , BC_2F_1) 籽粒。以粒为单位, 每个组合 2 个亲本, 正反交 F_1 各取 1 粒, F_2 , BC_1F_1 , BC_2F_1 的样品量根据其亲本在 HMW-GS 的差异大小而定(见结果与分析部分)。

1.2 试验方法

高分子量谷蛋白亚基组成的 SDS-PA GE 法(参照蛋白质凝胶电泳法^[14])。

1.3 统计分析方法采用 χ^2 测验分析方法

参照田间试验和统计方法^[15]。

2 结果与分析

2.1 小麦杂种 F_1 高分子量谷蛋白亚基谱带的表现

本试验以中国春(7+ 8, 2+ 12)和 Gabo(2*, 17+ 18, 5+ 10)或 Cheynne(2*, 7+ 8, 5+ 10)为对照材料, 对各杂交组合的亲本及杂交 F_1 代籽粒的高分子量谷蛋白亚基进行分析判定。

从图 1(下)的电泳图谱可以看出, 优质亲本品冬 29 与农艺亲本 260468 的 HMW-GS 谱带相同, 均有 null, 7+ 8, 2+ 12 四条 HMW-GS 谱带, 二者正反交 F_1 中也均有 null, 7+ 8, 2+ 12 四条 HMW-GS 谱带; 优质亲本品冬 29 具有 null, 7+ 8, 2+ 12 四条 HMW-GS 谱带, 农艺亲本 260268 具有 1, 7*, 2+ 12 四条 HMW-GS 谱带, 二者正反交 F_1 中都具有 1, 7, 8, 7*, 2, 12 六条 HMW-GS 谱带; 即正反交 F_1 均具有双亲所具有的全部 HMW-GS 谱带。在参试的任何 2 个亲本的正反交 F_1 中, 都呈现出这种杂种

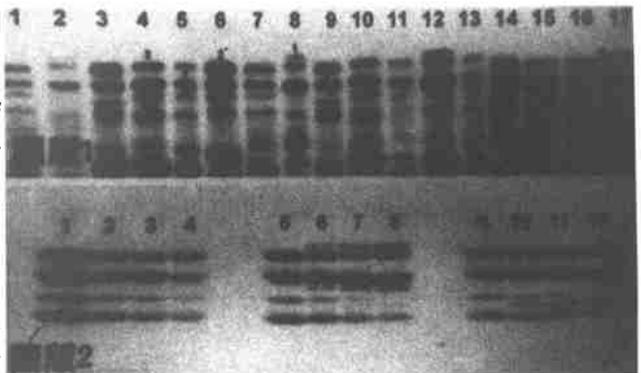


图 1(上) 参试亲本 HMW-GS 的 SDS-PA GE 电泳图谱

1, 7 # 406(1, 7+ 8, 5+ 10); 2, 8 260268(1, 7*, 2+ 12); 3, 9 NE7060(2*, 7+ 9, 5+ 10); 4, 10 品冬 29(7+ 8, 2+ 12); 5, 13 中国春; 6, 14 Cheynne; 11, 16 260468(7+ 8, 2+ 12); 12, 17 陕优 225(1, 14+ 15, 2+ 12); 15 农大 93(7+ 9, 2+ 12)

图 1(下) 优质亲本品冬 29 与 3 个农艺亲本的正反交 F_1 及其双亲籽粒 HMW-GS 的

SDS- PA GE 电泳图谱

1 品冬 29; 2 品冬 29 × 260468; 3 260468 × 品冬 29; 4 260468; 5 品冬 29; 6 品冬 29 × 260268; 7 260268 × 品冬 29; 8 260268; 9 品冬 29; 10 品冬 29 × 农大 93; 11 农大 93 × 品冬 29; 12 农大 93

F₁ 胚乳HMW -GS 的共显性遗传现象,同时还表现来自母本的HMW -GS 谱带较强的特征。因此, HMW -GS 的遗传同时还具有倾母现象。这种杂种F₁ 胚乳HMW -GS 的倾母现象与小麦的双受精和 3N 胚乳形成时来源于母本和父本的遗传物质比例不同(母本占 2/3, 父本占 1/3)所造成的基因剂量效应有关。

2.2 参试小麦品种的 12 个杂交组合的 BC₁F₁, BC₁F₁, F₂ 的 HMW -GS 基因遗传规律的 χ^2 测验

本试验分析了以下 3 类材料。双亲在一个位点 HMW -GS 有差异的组合: 品冬 29 × 农大 93; 双亲在 2 个位点有差异的组合: 品冬 29 × 260268, 陕优 225 × 农大 93, 260468 × 陕优 225, # 406 × 260468, # 406 × 260268, 260268 × 陕优 225, 农大 93 × # 406, NE7060 × 农大 93 的 BC₁F₁, BC₁F₁ 各 112 粒, F₂ 各 180 粒; 双亲在 3 个位点上 HMW -GS 有差异的 2 个组合: NE7060 × 260268, NE7060 × 260468 的 BC₁F₁, BC₁F₁ 各 180 粒, F₂ 各 384 粒, 进行 SDS-PAGE 的 HMW -GS 谱带分析, 并对各位点上 HMW -GS 基因及各位点间的 HMW -GS 基因遗传规律进行 χ^2 测验, 结果见表 1, 2。

表 1 同一位点上的高分子量谷蛋白亚基等位基因在杂种世代中的分离规律的 χ^2 测验值

组 合	位点及杂交世代								
	Glu-A1 df= 1			Glu-B1 df= 1			Glu-D1 df= 1		
	BC ₁ F ₁	BC ₁ F ₁	F ₂	BC ₁ F ₁	BC ₁ F ₁	F ₂	BC ₁ F ₁	BC ₁ F ₁	F ₂
NE7060 × 260268	0.075 5	0	0	1.344 4	2.5	0.015 6	0.9	1.111	1.349 0
品冬 29 × 260268	0.035 7	?	0.011 1	0.017 9	0.642 8	0	-	-	-
陕优 225 × 农大 93	0.160 7	?	0.276 4	0.642 8	1.446 4	0.344	-	-	-
260468 × 陕优 225	1.785 7	?	0.2	0.446 4	3.5	0.022 2	-	-	-
# 406 × 260268	-	-	-	0.017 9	7.142 9*	0.011 1	3.5	3.5	3.266 7
# 406 × 260468	?	0.071 4	0.285 7	-	-	-	1.785 7	3.5	2.785 7
260268 × 陕优 225	0.017 86	3.5	0.344 4	0.017 86	0.160 7	2.411 1	-	-	-
品冬 29 × 农大 93	-	-	-	2.571 4	1.142 9	1.877 8	-	-	-
NE7060 × 260468	?	0	0.333 3	4.01	0.277 8	0.349 0	3.01	3.377 8	2.585 9
农大 93 × # 406	-	-	-	0.017 8	3.5	0.133 3	1.446 4	1.875	3.033 3
NE7060 × 农大 93	0.285 7	0.017 8	0.077 8	-	-	-	0.160 7	0.160 7	2.7

说明 1. BC₁F₁ 为杂交 F₁ 与第 1 个亲本的回交 1 代, BC₁F₁ 为杂交 F₁ 与第 2 个亲本的回交 1 代。

2. 表中的数据为各个位点上 HMW -GS 基因有差异的基因的分离规律的 χ^2 测验值。

3. “-”表示在此位点上 2 个杂交亲本 HMW -GS 基因相同。

4. “?”表示由于 2 个杂交亲本中的 1 个亲本在 Glu-A 1 位点上 HMW -GS 为“null”, 当 F₁ 与另 1 个亲本回交时, 回交后代在 Glu-A 1 位点上 HMW -GS 谱带均表现另 1 亲本的 HMW -GS 带型, 所以对这种回交后代类型无法进行杂交后代 HMW -GS 分离规律的 χ^2 测验。

5. “*”表示 χ^2 测验值达 0.05 的显著水平。

从表 1 可以看出, 除 # 406 × 260268 的 BC₁F₁ 杂交世代中, Glu-B 1 位点上的 HMW -GS 基因分离规律的 χ^2 测验值为 7.142 9 达显著水平外, 其他组合的所有杂交世代的各位点上 HMW -GS 基因分离规律的 χ^2 测验值均未达显著水平。这表明同一位点上的等位基因之间的分离情况符合孟德尔的基因分离规律。即回交后代 HMW -GS 谱带分离情况为: 杂种带型 回交亲本带型 = 1:1; F₂ 代 HMW -GS 谱带分离表现为: 亲本 1 带型 杂种带型 亲本 2 带型 = 1:2:1。

表 2 2 个位点上的高分子量谷蛋白亚基基因之间在杂种世代中自由组合规律的 χ^2 测验值

组 合	位点及杂交世代								
	Glu-A1 与 Glu-B1			Glu-B1 与 Glu-D1			Glu-D1 与 Glu-A1		
	df= 3 BC ₁ F ₁	df= 3 BC ₁ F ₁	df= 9 F ₂	df= 3 BC ₁ F ₁	df= 3 BC ₁ F ₁	df= 9 F ₂	df= 3 BC ₁ F ₁	df= 3 BC ₁ F ₁	df= 9 F ₂
NE7060 × 260268	0.679 8	1.388 9	0.281	1.144	1.811	1.145 8	1.122	1.644	2.041 7
品冬 29 × 260268	0.452 2	0.642 8	0.006 6	-	-	-	-	-	-
陕优 225 × 农大 93	1.482 1	1.446 4	0.267 4	-	-	-	-	-	-
260468 × 陕优 225	1.571 4	3.5	0.998 6	-	-	-	-	-	-
# 406 × 260268	-	-	-	1.767 9	6.21	2.451 4	-	-	-
# 406 × 260468	-	-	-	-	-	-	1.785 7	2.357 1	1.562 3
260268 × 陕优 225	2.910 7	2.321 4	1.823 6	-	-	-	-	-	-
品冬 29 × 农大 93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NE7060 × 260468	4.01 ⁺	2.588 9	0.364 6	2.944 4	2.983 3	1.781 3	4.01 ⁺	3.488 9	2.817 7
农大 93 × # 406	-	-	-	0.767 9	4.9	1.451 4	-	-	-
NE7060 × 农大 93	-	-	-	-	-	-	0.660 7	0.410 7	1.120 1

说明 1. “-”表示小麦 HMW -GS 基因在 2 个位点中有一个位点 2 亲本间无 HMW -GS 基因差异, 无法对它们在杂种世代中的自由组合规律进行 χ^2 测验。
2. 其他同表 1。

从表 2 可以看出: 2 个位点间 HMW -GS 基因存在差异的组合在杂交世代中自由组合规律的 χ^2 测验值均未达显著水平, 说明 2 个位点有差异的 HMW -GS 基因在杂种世代中自由组合, 遵从孟德尔的基因自由组合规律。即回交后代 HMW -GS 谱带分离情况为: 位点 1 的杂种带型 位点 2 的杂种带型 位点 1 与位点 2 的杂种带型 回交亲本带型= 1 1 1 1。F₂ 代有 9 种表现型, 分离情况为: 4 种 2 个位点上均为纯合体带型与 4 种 1 个位点上为杂种带型与 1 种 2 个位点上均为杂种带型之比是 1 1 1 1 2 2 2 2 4。

3 个位点间 HMW -GS 基因存在差异的 2 个组合在杂种世代中自由组合规律的 χ^2 测验值均未达显著水平。说明 3 个位点有差异的 HMW -GS 基因在杂种世代中自由组合, 分离比例符合孟德尔的基因自由组合规律, 即回交后代有 8 种谱带类型, F₂ 有 27 种谱带类型。综合上述可知: 控制 HMW -GS 的基因符合孟德尔遗传规律。

3 讨论

3.1 小麦品种 HMW -GS 的特性及杂种 F₁ 共显性在育种中的应用

由于普通小麦品种 HMW -GS 组成受遗传控制而不受环境影响, 具有品种的特异性, 所以可以用来鉴定品种的纯度。另外, 我们也可以根据 HMW -GS 在杂交 F₁ 代的共显性来鉴别 F₁ 杂种的真伪和杂种小麦种子的纯度。

3.2 小麦高分子量谷蛋白亚基的遗传

本研究表明, 小麦品种高分子量谷蛋白亚基谱带组成受遗传控制, 控制 HMW -GS 的基因

为孟德尔式基因, 杂种在产生配子时, 各对等位基因彼此分离到不同的配子中去; 形成合子时, 它们又在杂种细胞里自由组合, 所以, 1 对等位基因差别的回交后代分离比为纯合 杂合 = 1 : 1; F_2 代分离比例为纯合(亲本 1) 杂合 纯合(亲本 2) = 1 : 2 : 1。但是由于 Glu-A 1 位点上 HMW -GS 的 null 表现无带, 所以在 Glu-A 1 上具有 HMW -GS 谱带的品种与 Glu-A 1 上 HMW -GS 为 null 的品种杂交后代中, 杂种带型与 Glu-A 1 上具有 HMW -GS 谱带的亲本类型表现相同。其中表现型为 1 亚基的后代实际上是 1 与 null 的杂合体, 表现型为 2* 亚基的后代实际上是 2* 与 null 的杂合体。所以其在 F_2 中分离比例不为 1 : 2 : 1, 而是 3 有和 1 无。

参 考 文 献

- 1 莫惠栋 谷类作物胚乳性状遗传控制的鉴别 遗传学报, 1995, 22(2): 126~ 132
- 2 Bietz J A, Wall J S. Wheat glutenin subunits, molecular weights determined by sodium dodecyl sulfate-olyacrylamide gel electrophoresis. Cereal Chem, 1972, 49: 416~ 430
- 3 Campbell W P, Wigley C W, Cressey P L, et al. Statistical correlations between quality attributes and grain protein composition for 71 hexaploid wheats used as breeding parents. Cereal Chemistry, 1987, 64: (4): 293~ 299
- 4 Payne P I, Holt L M, Worland A J, et al. Structural and genetical studies on the high molecular weight subunits of glutenin: III. Telocentric mapping of subunit genes on the long arm of the homologous group 1 chromosomes. Theor Appl Genet, 1982, 63: 129~ 138
- 5 Lawrence G J, Shepherd K W. Inheritance of glutenin protein subunits of wheat. Theor Appl Genet, 1981, 60: 333~ 337
- 6 刘广田, 许明辉 普通小麦胚乳谷蛋白亚基的遗传研究: I. 高分子量谷蛋白亚基变异的多样性及其在 F_1 的遗传行为. 中国农业科学, 1988, 21(1): 56~ 60
- 7 Payne P I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. Ann Rev Plant Physiol, 1987, 38: 141~ 153
- 8 Payne P I, Holt L M, Thompson R D, et al. The high molecular weight subunits of glutenin: classical genetics and the relationship to bread-making quality. In: Pro 6th Int Wheat Genet Symp, Kyoto (Japan), 1983, 827~ 834
- 9 Payne P I, Law C N, Mudd E E, et al. Control by homologous group I chromosomes of the high molecular weight subunits of glutenin: a major protein of wheat endosperm. Theor Appl Genet, 1980, 58: 113~ 120
- 10 Payne P I, Holt L M, Law C N, et al. Structural and genetical studies on the high molecular weight subunits of wheat glutenin: I. Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat. Theor Appl Genet, 1981, 60: 229~ 236
- 11 Lawrence G J, Shepherd K W. Variation in glutenin protein subunits of wheat. Aust J Biol Sci, 1980, 33: 221~ 233
- 12 Shewry P R, Halford N G, Tatham A S. High molecular weight subunits of wheat glutenin. J Cereal Sci, 1992, 15: 105~ 120
- 13 朱金宝 小麦籽粒高、低分子量谷蛋白亚基及其与品质关系的研究. 中国农业科学, 1996, 29(1): 34~ 39
- 14 哈密斯 B D, 利克伍德 D 著. 蛋白质的凝胶电泳实践方法. 北京: 科学出版社, 1994, 1~ 44
- 15 马育华 田间试验和统计方法. 北京: 农业出版社, 1987, 257~ 271