

小麦蛋白质含量和优质亚基遗传

李世平, 王随保, 靖金莲, 范绍强, 郑秦平, 许钢垣

(山西省农业科学院小麦研究所, 山西 临汾 041000)

摘要:研究了小麦子粒蛋白质含量和优质高分子量麦谷蛋白亚基对小麦品质的影响及其互作关系。结果表明, 控制蛋白质含量的基因作用主要是以加性效应为主, 也存在非加性效应, F_1 的蛋白质含量与双亲的蛋白质含量的平均值高度相关, 蛋白质含量的一般配合力方差大于特殊配合力方差, F_2 子粒蛋白质含量的分离呈正态分布。在优质育种亲本选配上, 一般配合力比特殊配合力更重要一些。普通小麦品种高分子量麦谷蛋白亚基受遗传控制, 不受环境影响, 具有品种特性; 其在 F_1 中呈共显性和倾母遗传现象, 在 F_2 中遗传行为遵从孟德尔的基因独立分配和自由组合规律。在小麦品质改良中既要重视蛋白质的含量, 更应重视蛋白质的质量, 即数量和质量改良途径并重。

关键词:小麦; 蛋白质含量; 优质亚基; 品质改良

中图分类号: S512.103 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2003)03-0057-05

Study on the Heredity of Wheat Grain Protein Content and Superb HMW Glutein Subunits

LI Shi-ping, WANG Sui-bao, JING Jin-lian, FAN Shao-qiang, ZHENG Qin-ping, XU Gang-yuan
(Wheat Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Linfen 041000, China)

Abstract: The genetic laws of wheat grain protein content (GPC) and superb HMW glutein subunits, and their impact to quality character had been studied. The result showed that the genes that control GPC transmitted to descendant mainly depend on additive effect, at the same time the non-additive effect exist too. The GPC of hybrid F_1 highly is related to the average value of both parents, and the separate expression of GPC in descendant F_2 appears normal distribution. The variance of general combining ability is more important than special ones in wheat quality breeding. The HMW glutein subunits is controlled by genetic laws, and have nothing to do with circumstance. All HMW-GS can be transmitted to the hybrid F_1 as dominance from both parents was observed in reciprocal F_1 hybrids. They were inherited based on laws of gene independent assortment and free combination. In wheat quality improvement both content and quality of protein are equal important.

Key words: Wheat; Protein content; Superb HMW Subunits; Quality improvement

20 世纪 80 年代以来, 我国不少育种工作者把小麦品质改良列为重要的育种目标之一, 并对小麦品质性状的遗传规律进行了广泛研究。优质小麦品种分为数量型优质品种(即优质性状是由蛋白质含量较高引起的)和质量型优质品种(即优质性状是由蛋白质的质量——优质亚基引起的), 因此小麦品质改良途径可分为数量型改良途径和质量型改良途径。我们对小麦蛋白质含量和优质亚基遗传进行了

进一步研究, 探讨了蛋白质含量、优质亚基与优质性状(以沉降值作为代表指标)的相互决定关系, 旨在为优质小麦育种提供一定的理论依据。

1 材料和方法

本研究于 1999~2002 年在山西省农科院小麦研究所水地试验田进行, 试验田土质为粘壤土, 有机质含量 9.0~10.0 mg/g, 全氮 0.80~0.93 mg/g, 速

收稿日期: 2002-12-18

基金项目: 山西省农科院青年基金项目(YQN06)

作者简介: 李世平(1965-), 男, 山西襄汾人, 助理研究员, 主要从事小麦育种和品种资源研究工作。

效磷(P_2O_5) 29~53 mg/kg, 速效钾(K_2O) 77~92 mg/kg。播前施基肥硝酸磷 600 kg/hm², 尿素 150 kg/hm²。试验设计以高蛋白质含量的优质品种陕 225、临优 145 等 12 个品种与高产农艺型亲本鲁麦 14 号和陕 8003 进行杂交, 对其 F_1 及 F_2 进行蛋白质含量测定, 重复 3 次, 以分析蛋白质含量在 F_1 , F_2 中的表现。以 Glu-D1 位点上有 5+10 亚基的太原 136 和 Glu-B1 位点上具有 14+15 亚基的陕优 225 分别与不含有这两种亚基的临汾 534 进行正反交, 对其亲本, F_1 , BC_1F_1 , BC_1F_1' , F_2 (稀植点播, 选 20 个单株进行品质性状测定, 选出 100 个单株进行亚基组成分析) 进行 MS-SDS-PAGE 和蛋白质含量及 SDS 沉降值测定, 以分析优质亚基遗传分离规律, 亚基的 Pagne 评分^[1]与蛋白质含量及 SDS 沉降值的相互关系。

2 结果与分析

2.1 蛋白质含量的遗传

2.1.1 蛋白质含量的 F_1 表现 为了进一步明确蛋白质含量的杂种优势, 我们用 3 个低蛋白含量但高产的品种鲁麦 14 号、晋麦 31 号和陕 8003 与高蛋白质含量品种陕 225、忻 2060 等 12 个品种杂交, 尔后对杂种 F_1 及其亲本子粒进行蛋白质含量测定。从表 1 可看出, 绝大多数 F_1 的蛋白质含量低于高亲而接近双亲或略高于双亲, 所以如果蛋白质含量双亲差异很大, 一方品质太劣, F_1 很难指望出现优质类型。本试验中 F_1 的蛋白质含量与双亲的蛋白质含量平均值的相关系数为 0.804 9, 达到 0.01 极显著水平。从 F_1 蛋白质含量表现来看, 在蛋白质含量性状的杂种优势利用中, 可以从双亲子粒蛋白质含量的平均值, 预测 F_1 子粒蛋白质含量。

表 1 F_1 蛋白质含量(干基%)及与双亲平均值的关系

父本及其蛋白质 含量(%)		母本及其蛋白质含量(%)					
		·鲁麦 14 号(13.5%)		晋麦 31 号(14.3%)		陕 8003(12.8%)	
		蛋白质 含量(%)	与双亲 平均值差	蛋白质 含量(%)	与双亲 平均值差	蛋白质 含量(%)	与双亲 平均值差
陕 225	17.0	16.8	1.5	15.7	0.1	15.3	1.2
忻 2060	17.8	17.0	1.3	16.0	-0.1	15.1	1.1
PH82-2	15.6	15.0	0.4	15.3	0.4	14.3	0.7
太 136	15.5	14.9	0.5	14.7	-0.2	14.1	0.6
太 768	15.0	14.7	0.4	14.7	0.1	13.9	0.5
F6-71	15.9	15.5	0.8	15.4	0.3	14.2	0.7
F26-71	18.0	16.4	0.8	16.8	0.7	15.0	1.1
平原人	18.3	17.0	1.1	17.1	0.8	14.4	0.8
临早 6210	15.3	14.5	0.1	14.9	0.1	13.7	0.4
临 51135	15.0	14.6	0.3	14.7	0.1	13.9	0.5
临优 145	18.0	17.2	1.4	17.3	1.2	14.9	1.0
临优 158	16.5	15.3	0.3	15.6	0.2	14.0	0.6

注: 与双亲平均值差 = F_1 表现值 - 双亲平均值

2.1.2 亲本蛋白质含量的配合力分析 从表 2 可知, 就蛋白质含量而言, 12 个父本中以临优 145 的一般配合力最高, 其 GCA(REV) 达 7.93; 最差的亲本是太 768, 其 GCA(REV) 为 -5.44。在 3 个母本中, 鲁麦 14 号和晋麦 31 号的一般配合力较高, 其 GCA(REV) 分别为 2.88, 2.75, 而陕 8003 表现较差, 其 GCA(REV) 为 -5.63。对于特殊配合力相对效应值, 以鲁麦 14 号/忻 2060 组合为最高, SCA (REV) = 3.47, 而晋麦 31 号/陕 225 为最低。若要选育蛋白质含量较低的饼干型优质品质, 应以配合力效应值较低的亲本或组合为宜。

2.1.3 亲本组合间方差分析 根据不完全双列杂交方差分析方法^[2], 对试验数据进行组合间方差分析。

表 2 亲本蛋白质的一般配合力相对效应(GCA)及组合特殊配合力相对效应(SCA)

P1(♂)	P2(♀)			
	鲁麦 14 号	晋麦 31 号	陕 8003	GCA (REV)
陕 225	2.82	-4.26	1.51	4.39
忻 2060	3.47	-2.95	-0.46	0.05
PH82-2	-2.03	0.07	1.90	-2.55
太 136	-0.72	-1.90	2.55	-4.52
太 178	-1.11	-0.98	2.16	-5.44
F ₆ -71	0.20	-0.33	0.20	-1.51
F ₂₆ -71	-0.72	2.03	-1.38	5.31
平原人	2.55	3.34	-5.96	5.96
临早 6210	-2.03	0.72	1.24	-5.83
临 51135	-2.03	-1.24	1.90	-5.17
临优 145	1.90	2.69	-4.65	7.93
临优 158	-0.72	-1.38	-0.72	-1.90
GCA(REV)	2.88	2.75	-5.63	-

由表 3 中可知,父母本的一般配合力效应对 F_1 的蛋白质含量的作用均有极显著差异,组合的特殊配合力效应对 F_1 子粒蛋白质含量的影响也有显著差异,所以可进一步作对亲本配合力的基因型方差和群体遗传力的估算。

表 3 蛋白质含量组合间方差分析

方差来源	自由度	平方和	方差	模型 I F 值	模型 II F 值
父本	11	770.88	70.08	22.32**	3.99**
母亲	2	166.68	83.34	26.54**	4.74*
组合	22	386.76	17.58	5.60**	
机误	70	219.80	3.14		

注: * 表示 F 值达 0.05 显著水平, ** 表示 F 值达 0.01 极显著水平

2.1.4 亲本配合力基因型方差和遗传力的估算

配合力基因型方差的估算

P_1 的一般配合力基因型方差估算

$$\sigma_1^2 = (VP_1 - V_{12}) / b n_2 = 5.83$$

P_2 的一般配合力的基因型方差估算

$$\sigma_2^2 = (VP_1 - V_{12}) / b n_1 = 1.83$$

P_{12} 的特殊配合力的基因型方差估算

$$\sigma_{12}^2 = (v_{12} - v) / b = 4.81$$

环境方差的估值 $\sigma_e^2 = V_e = 3.14$

由于 $\sigma_1^2 + \sigma_2^2 = 7.66$, 大于 $\sigma_{12}^2 = 4.18$, 因此可认定蛋白质含量遗传以加性效应为主, 同时存在非加性效应。

群体配合力方差的估算

一般配合力方差

$$V_g(\%) = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / \sigma_G^2 \times 100 = 61.4$$

特殊配合力方差

$$V_s(\%) = \sigma_{12}^2 / \sigma_G^2 \times 100 = 38.6$$

这说明在品质育种中亲本的选配上一般配合力更重要一些。

遗传力的估算

蛋白质含量遗传的广义遗传力为

$$h_B^2(\%) = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_{12}^2 + \sigma_e^2) \times 100 = 79.88$$

蛋白质含量遗传的狭义遗传力为

$$h_N^2(\%) = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_{12}^2 + \sigma_e^2) \times 100 = 49.07$$

2.1.5 F_2 蛋白质含量的表现 对 F_2 进行稀植点播, 争取每个单株有较多的分蘖, 每组合选 20 株进行单株蛋白质含量测定, 以观察不同组合 F_2 群体中不同子粒蛋白质含量的植株的分离和分布。结果

F_2 不同子粒蛋白质含量大多数呈正态分布, 且正态分布的峰值也接近双亲的平均值, 在 F_2 分离群体中很少出现蛋白质含量超高亲的个体, 所以要提高杂种后代子粒蛋白质含量总水平, 应选择子粒蛋白质含量高的亲本, 这样在杂种后代中才能选出高蛋白系统。

2.2 优质亚基的遗传

2.2.1 F_1 中优质亚基的表现 本试验以具有 5 + 10 亚基的太原 136 和具有 14 + 15 亚基的陕优 225 分别与高蛋白质含量的临汾 534 进行正反交。从亲本及 F_1 电泳图谱中可以看出, 太原 136 具有 7 + 8, 5 + 10 4 条 HMW-GS 谱带, 陕优 225 具有 1, 14 + 15, 2 + 12 5 条亚基谱带, 临汾 534 具有 1, 7 + 8, 2 + 12 5 条亚基谱带。太原 136 与临汾 534 的正反交 F_1 中也均有 1, 7, 8, 2, 12, 5, 10 7 条 HMW-GS 谱带; 而陕优 225 与临汾 534 的正反交 F_1 中也均有 1, 7, 8, 14, 15, 2, 12 7 条谱带, 这表明在亲本的正反交 F_1 中 HMW-GS 表现为共显性遗传现象。从 F_1 的谱带中还可看出, 母体的 HMW-GS 谱带着色较重, 这说明亚基在 F_1 中还表现出一定的倾母现象。

2.2.2 优质亚基在 BC_1F_1 , BC_1F_1' , F_2 中的分离情况 本试验分析了两类杂交组合, 其中陕优 225 × 临汾 534 属于双亲在一个位点亚基有差异的组合, 而太原 136(7 + 8, 5 + 10) × 临汾 534(1, 7 + 8, 2 + 12) 属于双亲在 2 个位点上有差异的组合。在 BC_1F_1 , BC_1F_1' 及 F_2 中选 100 个子粒(从 100 个单株上各采一粒), 进行 SDS-PAGE 的 HMW-GS 谱带分析, 并对各位点上亚基独立分离及位点间亚基的自由组合规律进行 χ^2 测验(表 4)^[3]。从回交后代的带谱情况看, 杂种带型: 回交亲本带型接近 1:1; F_2 谱带分离表现为亲本 1 带型: 杂种带型: 亲本 2 带型接近 1:2:1。结合表 4 中所有杂交世代的各位点上亚基分离规律的 χ^2 测验值, 均未达显著水平, 所以可以认定同一位点上等位基因之间的亚基分离情况符合孟德尔基因分离规律。

再分析不同位点间亚基组合情况, 从太原 136 × 临汾 534 的带谱情况看(太原 136 为 A1 缺失型), 回交后代 HMW-GS 谱带分离情况为位点 1 杂种带型: 位点 2 杂种类型: 位点 1 与位点 2 的杂种带型: 回交亲本带型接近 1:1:1:1。 F_2 有 10 种表现型, 分离情况为, 4 种 2 个位点上均为纯合带型与 6 种至少有一个位点上有杂合带型的比例接近 1:1:1:1:2:2:2:2:2:2。再结合表 4 中基因间的自由组合

规律 χ^2 测验值均未达显著水平,可以认定 HMW-GS 在杂种世代中的结合符合孟德尔自由组合规律。

综上所述可知,控制 HMW-GS 的基因遗传符合孟德尔遗传规律。

表 4 HMW-GS 等位基因间和非等位基因间在杂种世代中分离和自由组合规律的 χ^2 测验值

组合	GLU - Al df = 1			GLU - Al df = 1			GLU - Al 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	
同一位点等位基因之间	太原 136×临汾 534	?	0.0468	0.0124	1.4378	2.5123	0.1560	0.9784	1.1110	1.3491
	陕优 225×临汾 534	?	1.7857	0.2139	0.4557	3.4975	0.0324	~	~	~
组合	GLU - Al 与 GLU-B1			GLU - Al 与 GLU-D1			GLU - Al 与 GLU-D1			
	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	
2个位点非等位基因之间	df	3	3	9	3	3	9	3	3	9
	太原 136×临汾 534	0.4678	0.6427	0.0199	-	-	-	-	-	-
	陕优 225×临汾 534	1.6824	3.7521	0.8989	-	-	-	-	-	-

注:“~”表示在此位点上 2 个杂交亲本 HMW-GS 相同,不存在分离;“-”表示小麦 HMW-GS 在 2 个位点上有一个位点上亚基是相同的,无法分析其自由组合情况;“?”表示由于 2 个杂交亲本中的一个亲本在 A1 位点上为缺失型“null”,而 F1 与另一个亲本回交时,回交一代在 A1 位点上就表现为这一亲本类型,所以对这种回交后代类型无法进行基因分离规律的 χ^2 测验

2.3 品种亚基组成、蛋白质含量与沉降值三者的关系^[4]

表 5 GLU-1 位点等位基因变异对小麦蛋白质含量和沉降值影响

组合	亚基	n	蛋白质含量(%)	SDS 沉降值(mL)
太原 136×临汾 534	1	21	15.55a	57.90a
	N	18	15.35a	49.40b
	5+10	17	15.80a	58.23a
	2+12	23	15.17a	46.57b
	5+10/2+12	24	14.58a	59.56a
陕优 225×临汾 534	7+8	18	14.94a	52.60b
	14+15	19	15.50a	65.98a
	7+8/14+15	71	15.89a	67.13a

注:不同字母表示平均数间的差异达 0.05 显著水平

从表 5 可以看出,在太原 136×临汾 534 的 F₂ 分离群体中,含有 1 亚基的株系 SDS 沉淀值高于含有 null 的株系;含有 5+10 亚基或 5+10/2+12 亚基的株系 SDS 沉淀值高于含有 2+12 亚基的株系;含有 5+10/2+12 亚基的株系 SDS 沉淀值与含有 5+10 亚基的株系无显著差异。而 1 和 5+10 对 SDS 沉降值的效应明显优于 N 和 2+12;5+10/2+12 对 SDS 沉降值的贡献接近于 5+10,所以在用 5+10 亚基改良品种时,并不是非要用 5+10 取代 2+12,而是引进 5+10 即可。对组合陕优 225×临汾 534 的 F₂ 亚基进行分析表明,含有 14+15 亚基的单株 SDS 沉降值显著高于含有 7+8 亚基的单株,而含有 7+8/14+15 亚基的单株沉降值略高于

14+15 亚基单株,但未达显著水平。

对表 5 中蛋白质含量与沉降值的相关性分析,其相关系数 $r=0.4102$,达 0.05 显著水平。本试验中品种亚基评分与蛋白质含量相关系数 $r=0.0787$,未达显著水平,而亚基评分与沉降值相关系数 $r=0.7923$,达极显著水平,说明品种沉降值的大小主要受蛋白质的质量影响,同时受蛋白质的数量影响,而蛋白质的质量与数量之间没有显著影响关系。

3 讨论

HMW-GS 的 SDS-PAGE 的带型不受环境条件影响,不同生态条件只影响各亚基的含量及其比例的变化。不同亚基及亚基组合对小麦烘烤品质的效应是不同的,其中 5+10 亚基组合表现最为优良,而我国小麦品种缺少的正是这种组合,但在对 5+10 的利用上,一定要结合品种利用,因为有些品种虽含有 5+10 亚基,如农大 124、川麦 20、川麦 21,但其品质并不好^[5]。

本试验中,用两个子粒蛋白质含量差异很大的双亲杂交,F₁ 表现接近中间型或略为偏高,所以可以从双亲子粒蛋白质含量平均值预测 F₁ 子粒蛋白质含量水平。在 F₂ 分离群体中很少出现蛋白质含量超高亲的个体,所以要提高杂种后代子粒蛋白质含量水平,应该选择子粒蛋白质含量高的亲本,这样在杂种后代中才能选出高蛋白系统。如果要创造蛋白质含量较高的种质材料,可采用轮回选择法,在蛋



白质基因源差异较大的材料间进行互交重组,形成新的群体,再从该群体中进行鉴定和选择,形成新的轮回周期,如此多次轮选,可以打破不利基因连锁,能增加提高子粒蛋白质含量的有利基因的重组机会。

从本试验结果可以看出,蛋白质的含量和质量对小麦品质的影响都很重要,所以在小麦品质的改良上数量型改良途径和质量型改良途径都要兼顾。为了协调丰产性、农艺性、蛋白质含量、加工品质等性状之间的关系,可采用复交方式即用 3 个以上的亲本进行两次以上的杂交。为了进一步改良某个农艺亲本的个别品质性状,可采用回复饱和杂交法。同时,阶梯式杂交法也是协调农艺和品质性状的有效方法,即将杂种早代与另一些杂种或品种重复杂交,这样得到的复合杂种群是可供选择的丰富材料。如美国的优质、高产、抗病品种兰科塔(Lancota)就是通过两轮杂交选育的,即用阿特拉斯 66(Atlas66)×可曼奇(Comanche),再与兰塞尔(Lancer)杂

交育成,其中阿特拉斯为高蛋白型,可曼奇为好的加工品质类型,而兰塞尔为大面积种植农艺丰产品种。为了改良高蛋白质含量品种农艺性状或提高农艺丰产品种的蛋白质含量和加工品质,也可采用有限回交和聚合杂交,进而改进它们的某些缺点。

参考文献:

- [1] 张志清,郑有良,魏育明,等. 四川主栽小麦品种高分子量谷蛋白亚基遗传变异分析[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(1): 14-18.
- [2] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京: 中国农业出版社, 1982. 250-262.
- [3] 马育华主编. 田间试验和统计方法[M]. 北京: 农业出版社, 1987. 257-268.
- [4] 李保云,王岳光,刘凤鸣,等. 小麦高分子量谷蛋白亚基与小麦品质性状关系的研究[J]. 作物学报, 2000, 26(3): 322-326.
- [5] 徐兆飞,张惠叶,张定一. 小麦品质及其改良[M]. 北京: 气象出版社, 2000. 246-261.

欢迎订阅 2004 年《湖北农业科学》

《湖北农业科学》杂志创刊于 1955 年,是湖北省农业厅、华中农业大学、湖北农学院、湖北省农垦事业管理局、湖北省农业科学院联合主办的综合性农业技术刊物。该刊立足湖北,面向全国,发布农业技术新成果、新产品、新技术,服务农业、农村和农民。设有专论、栽培·育种、土肥·植保、园艺·特产、畜牧·兽医、贮藏·加工等栏目。

《湖北农业科学》1997 年荣获全国优秀科技期刊一等奖,1999 年荣获国家期刊奖,2003 年获得国家期刊奖重点期刊奖,为中文核心期刊和多家国内外数据库的来源期刊,国内外公开发刊。

该刊适合各级农业领导干部、技术干部、农业院校师生、农业企业管理和技术人员阅读。

该刊为双月刊,逢单月 30 日出版,大 16 开,96 页,期价 5.00 元,年价 30.00 元,邮发代号 38-21,全国各地邮局(所)均可订阅,亦可随时汇款至武汉市武昌南湖湖北省农业科学院科技期刊社广告发行部订阅,不另加邮费,邮编:430064,电话:(027)87389634(兼传真),87389334。电子信箱:hbnykx@263.net。