

弱筋小麦品种高分子量谷蛋白亚基组成分析*

刘宝龙^{1,2},张怀刚^{1*}

(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 100039)

摘要: 为了有效地利用从国内其他地区引进的低蛋白弱筋种质材料, 采用 SDS-PAGE 技术对 63 份材料进行了高分子量谷蛋白亚基组成的分析。结果表明, 参试材料中共有 14 种 HMW-GS 类型, Glu-A1 位点上有 Null、1 和 2^{*} 三种类型, 以 Null 为主 (52.4%) ; Glu-B1 位点上有 13+16、17+18、7、7+8、7+8+9 和 7+9 六种类型, 以 7+8 为主 (55.6%) ; Glu-D1 位点上有 10、12、2+12、5+10、5+12 五种类型, 以 2+12 为主 (61.9%) , 而 5+10 为 27%。亚基组合类型共有 22 种, 以“1、7+8、2+12”为主 (22.2%)。品质评分频率最高的是 8 分, 为 38.1% , 其次为 6 分, 为 14.3% , 5 分的为 9.5% , 但品质评分为 10 分的也有 5 个材料, 频率为 7.9%。优质亚基含量等同或高于其他同类研究, 品质评分也相对较高, 这说明我国弱筋小麦的选择, 需要加强对 HMW-GS 组成的分析。

关键词: 小麦; 弱筋; 品质; 高分子量谷蛋白亚基

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2007)02-0019-05

Analysis on the HMW-GS Components of Weak Gluten Wheat Varieties

LIU Bao-long^{1,2} and ZHANG Huai-gang^{1*}

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

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In order to utilize the weak gluten wheat germplasm collected from other regions in China, the high-molecular-weight gluten subunits (HMW-GS) of the germplasm grown in the Qinghai-Tibet Plateau were analyzed by SDS-PAGE. A total of 14 HMW-GS patterns were identified. At Glu-A1 Loci, three alleles were detected, which encoded subunit 1, 2^{*} and Null, respectively. The frequency of Null was 52.4%. At Glu-B1 Locus, 6 alleles were also detected, which encoded subunits 13+16, 17+18, 7, 7+8, 7+8+9 and 7+9, respectively and 7+8 was the major subunit pattern (55.6%). Five alleles encoded subunits 10, 12, 2+12, 5+10 and 5+12, were detected, and 2+12 was the major subunit pattern (61.9%). But the frequency of 5+10 good for bread wheat was 27%. There were 22 subunit combination patterns in these varieties and the major pattern was "Null, 7+8, 2+12" (22.2%). The frequency of quality score 8 was 38.1%, which was the highest. Quality score 6 was the second (14.3%), but there were 5 varieties (strains) which had quality score 10 and the frequency was 7.9. The frequencies of high quality HMW-GS were equal to or higher than other reports, and their quality scores were higher relatively. It was indicated that selection of weak gluten strains need analysis of HMW-GS composition.

Key words: Wheat; Weak gluten; Quality; High molecular weight gluten subunit

* 收稿日期: 2006-09-01 修回日期: 2006-10-22

基金项目: 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项目 (KSCX2-SW-304); 中国科学院领域项目 (CXL Y-2002-6)。

作者简介: 刘宝龙 (1980-), 男, 在读博士, 从事小麦遗传育种工作。

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

小麦品质在很大程度上是由小麦蛋白质的含量和质量决定的。小麦籽粒中含有 8% ~ 20% 的蛋白质,其中谷蛋白和醇溶蛋白各占总蛋白的 40%,谷蛋白决定面团的弹性和强度,醇溶蛋白决定面团的延展性^[1]。根据还原条件下在 SDS-PAGE 中的迁移率不同可将麦谷蛋白质亚基分为高分子量亚基(HMW-GS)和低分子量亚基(LMW-2GS)^[2]。控制 HMW-GS 的基因位点(Glu-1)分别位于小麦染色体的 1A、1B、1D 的长臂上^[3,4]。Payne 和 Corfield 等^[5]于 1979 年首先发现了单个 HMW 麦谷蛋白亚基与小麦烘烤品质的高度相关性之后,对高分子量谷蛋白亚基等位变异与小麦加工品质的关系进行了大量研究^[6-8],并且证实 HMW 谷蛋白亚基与面团的流变学特性成正比,对烘烤品质有重要影响,其等位基因变异可造成 1/3 ~ 2/3 的面包加工品质变异。而制作饼干所需特性与制作面包的特性相反,需要较弱面团强度。目前,全世界有许多的育种单位将高分子量谷蛋白亚基组成作为预测其品质的重要指标。青海是我国春小麦高产地区之一,曾创造了 15 196 kg/hm² 的春小麦高产纪录^[9],但其品质较差,主栽品种的蛋白质含量比全国春小麦平均值低 2.52%^[10-12],在我国的小麦品质区划中,将其划为弱筋、中筋麦区。如何培育出优质的饼干小麦品种成为这一地区小麦育种者的一大挑战。本文分析了从国内收集到的弱筋小麦品种(系)的高分子量谷蛋白亚基组成,以期更好地了解其品质潜力,为弱筋小麦品种选育中杂交亲本选配提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

从北京、山东、山西、河南、湖北、江苏、云南、甘肃、黑龙江、新疆、青海等地收集弱筋小麦品种(系)63 份,对照品种为中国春(亚基组成为“Null,7+8,2+12”),2005 年春种植于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试验站,成熟后收获种子用于电泳分析。

1.2 试验方法

1.2.1 谷蛋白亚基的提取 称取小麦籽粒 20 g,粉碎通过 40 目筛。称取 0.030 g 面粉,装入 Enphendrof 管中加入提取液[(双蒸水 4.0 mL,0.5 mol/L Tris-HCl (pH = 6.8) 1.0 mL,10% SDS(w/v) 1.6 mL,丙三醇 0.8 mL,-巯基乙醇

0.4 mL,0.05%(w/v)溴酚蓝 0.2 UL]150 μL,室温浸提 1 h,并不时震荡,然后在 100 °C 水浴保温浸提 4 min,冷却后在 15 000 r/min,4 °C 下离心 15 min,放冰箱中备用。点样前再离心 5 min。每个品种重复 3 次。

1.2.2 SDS-PAGE 参照 Lawrence^[7]和张怀刚^[13]的方法,分离胶浓度为 10%,浓缩胶为 3.5%。电泳槽为 DYCZ-30 型(北京六一),电泳仪为 DYY-6 B 型(北京六一)。电极缓冲液为 4.5 g 三羟甲基胺基甲烷、21.6 g 甘氨酸和 1.5 g 十二烷基硫酸钠,量取 1 500 mL 蒸馏水,分别溶解上述 3 种试剂,然后混合均匀,用 1 mol/L HCl 调节 pH 至 8.3。每孔加 15UL 于样品槽孔内。上样后稳流 20A/胶,直至染料达到凝胶前沿。100 mL 固定液(冰醋酸 甲醇 水为 1 4 5)固定 30 min,300 mL 染色液(冰醋酸 甲醇 水为 1 4 5;1%考马斯亮蓝 R250)染色 10 h 左右,脱色液(冰醋酸 甲醇 水为 1 4 5)每次 300 mL,直至背景清晰。高分子量谷蛋白读带按照 Laura Pfluger^[14],亚基评分按照 Payne 和 Rogers 的方法^[15,16]。

表 1 参试材料 HMW-GS 类型及分布频率

Table 1 HMW-GS patterns and frequencies in lines tested

位点 Locus	亚基类型 Subunit pattern	材料 Material	
		No.	百分率/%
Glu-A1	Null	33	52.4
	1	25	39.7
	2*	5	7.9
Glu-B1	13+16	1	1.6
	17+18	4	6.3
	7	2	3.2
	7+8	35	55.6
	7+8+9	4	6.3
Glu-D1	7+9	17	27.0
	10	1	1.6
	12	1	1.6
	2+12	39	61.9
	5+10	17	27.0
	5+12	5	7.9

2 结果与分析

2.1 参试材料 HMW-GS 等位变异

参试的 63 份材料中共检测到 14 种亚基变异类型(表 1)。其中 Glu-A1 位点有 3 种变异,Glu-B1 位点有 6 种变异类型,Glu-D1 有 5 种变异类型。在 Glu-A1 位点上,Null 的频率最高,为 52.4%,其次为 1 亚基(39.7%),最低的为 2* 亚基,仅为 7.9%。在 Glu-B1 位点上,7+8 亚基的

频率最高,为 55.6%,其次为 7+9 亚基(27%)。17+18 和 7+8+9 亚基频率均为 6.3%,亚基 7 为 3.2%,最低的为 13+16,仅为 1.6%。Glu-D1 位点亚基频率最高的 2+12 为 61.9%,其次为 5+10,为 27.0%,5+12 为 7.9%,10 和 12 的皆为 1.6%。亚基组合 Glu-B1 中出现了 7+8+9 的组合,是因为这一品种(系)在 Glu-B1 位点是杂合的。从不同的单位获得的所谓同一品种,如宁麦

9 号,其高分子量谷蛋白亚基出现了差异,其原因有待于进一步的研究。

2.2 参试材料 HMW-GS 的组合类型

参试品种(品系)的 HMW-GS 组合类型为 22 种,以 1,7+8,2+12 亚基组合类型比例最高,为 22.2%。其次为 Null,7+8,2+12,为 14.3%,Null,7+9,2+12 为 9.5%(表 3)。

表 2 参试小麦品种的 HMW-GS 组成

Table 2 HMW-GS component of wheat varieties tested

品种 Variety	育种地 Breeding region	材料来源 Source of material	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1
9th-5	CIMMYT	CIMMYT	Null	7+9	5+10
34th-105	CIMMYT	CIMMYT	1	7+9	5+10
34th-217	CIMMYT	CIMMYT	2*	17+18	2+12
34th1BWSN-301	CIMMYT	CIMMYT	Null	7+9	5+10
安农 98005 Annong 98005	安徽 Anhui	安徽农业大学	Null	7+9	5+12
皖麦 48 Wanmai 48	安徽 Anhui	安徽农业大学	Null	7+9	5+12
京 3482 Jing3482	北京 Beijing	中国农科院	Null	7+8	5+10
京 3935 Jing3935	北京 Beijing	中国农科院	1	17+18	5+10
京 3491 Jing3491	北京 Beijing	中国农科院	Null	7+8	2+12
京 3515 Jing3515	北京 Beijing	中国农科院	Null	17+18	5+10
京 953 Jing953	北京 Beijing	中国农科院	Null	7+8	2+12
京 2208 Jing 2208	北京 Beijing	中国农科院	Null	7+8	2+12
京 1690 Jing 1690	北京 Beijing	中国农科院	Null	7+8	2+12
京 3507 Jing 3507	北京 Beijing	中国农科院	1	17+18	5+10
白光头 Baiguangtou	甘肃 Gansu	甘肃农科院	Null	7+8	2+12
长芒 Changmang	甘肃 Gansu	甘肃农科院	1	7+8	2+12
红毛麦子 Hongmaomaizi	甘肃 Gansu	甘肃农科院	1	7+8	2+12
白长芒 Baichangmang	甘肃 Gansu	甘肃农科院	Null	7	2+12
T91J8	甘肃 Gansu	甘肃农科院	1	7+9	2+12
河南红 Henanhong	河南 He nan	甘肃农科院	Null	7+8	2+12
豫展 2000 Yuzhang2000	河南 He nan	河南农科院	2*	7+8	2+12
豫麦 50 Yumai50	河南 He nan	河南农科院	Null	7+9	2+12
J92441	河南 He nan	河南农科院	1	7+8	5+10
郑麦 004-1 Zhengmai004-1	河南 He nan	河南农科院	Null	7+8+9	2+12
太空 5 号 Taikong 5	河南 He nan	河南农科院	2*	7+8+9	2+12
L16-4	河南 He nan	河南农科院	Null	7+9	12
L16-2	河南 He nan	河南农科院	1	7+8	2+12
郑 2027 Zheng 2027	河南 He nan	河南农科院	Null	7+9	2+12
RHT3 ×2027	河南 He nan	河南农科院	Null	7+9	2+12
郑 004 Zheng 004	河南 He nan	河南农科院	Null	7+8	2+12
郑 2441 Zheng 2441	河南 He nan	河南农科院	Null	7+8	2+12
太空 5 号 Taikong 5	河南 He nan	中科院遗传与发育生物学研究所	Null	7+8	5+10
矮丰 66 Aifeng 66	河南 He nan	漯河市农科院	Null	7+9	5+10
Bacanorat88	河南 He nan	漯河市农科院	1	7+8	5+10
垦红 16 Kenghong16	黑龙江 Heilongjiang	黑龙江红兴隆科研所	1	7+8	2+12
鄂麦 19 Emai 19	湖北 Hubei	石家庄市农科院	Null	7+9	2+12
扬麦 12 号 Yangmai 12	江苏 Jiangsu	徐州农科院	Null	7+8	2+12
扬麦 9 号 Yangmai 9	江苏 Jiangsu	徐州农科院	Null	7+9	2+12
宁麦 9 号 Ningmai 9	江苏 Jiangsu	江苏农业科学院	1	7+9	2+12
宁麦 9 号 Ningmai 9	江苏 Jiangsu	遗传与发育生物学研究所	Null	7+8	5+10
宁麦 9 号 Ningmai 9	江苏 Jiangsu	河南农科院	1	7+8	2+12
宁麦 9 号 Ningmai 9	江苏 Jiangsu	安徽农业大学	1	7+8	2+12

·续表 2·

品种 Variety	育种地 Breeding region	材料来源 Source of material	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1
徐州 25 号 Xuzhou 25	江苏 Jiangsu	徐州农科院	Null	7+8+9	2+12
2004S-47	江苏 Jiangsu	扬州农业科学院	1	7+8	10
00-118	江苏 Jiangsu	扬州农业科学院	1	7+8	2+12
01-116	江苏 Jiangsu	扬州农业科学院	1	7+8	2+12
扬 00139 Yang00139	江苏 Jiangsu	扬州农业科学院	1	7+8	2+12
扬辐麦 2 号 Yangfumai 2	江苏 Jiangsu	扬州农业科学院	1	7+8	2+12
扬麦 1 号 Yangmai 1	江苏 Ningxia	扬州农业科学院	1	7+8	2+12
宁春 19 Ningmai 19	宁夏 Ningxia	甘肃农科院	Null	7+8	5+10
乐麦 5 号 Lemai 5	青海 Qinghai	青海农科院	1	7+8	2+12
乐麦 6 号 Lemai 6	青海 Qinghai	青海农科院	1	7+8	2+12
烟农 18 号 Yannong 18	山东 Shandong	山东农科院	Null	7+9	5+10
长 6154 Chang 6154	山西 Shanxi	山西农科院遗传与发育生物学研究所	2*	7+8	2+12
长 6154 Chang 6154	山西 Shanxi	山西农科院遗传与发育生物学研究所	1	7+8+9	5+10
沪 90-83 Hu90-83	上海 Shanghai	西北高原生物研究所	Null	7+9	2+12
CD1771-5	四川 Sichuan	中科院成都生物所	Null	7+8	5+12
CD1051-1	四川 sichuan	中科院成都生物所	Null	7+8	5+12
CD2012-2	四川 Sichuan	中科院成都生物所	Null	7+9	5+12
99115	四川 Sichuan	中科院成都生物所	1	7+8	2+12
新春 13 号 Xingmai 13	新疆 Xinjiang	新疆农科院	2*	13+16	2+12
云 1169 Yun 1169	云南 Yunnan	云南农科院	1	7+8	5+10
德麦 4 号 Demai 4	云南 Yunnan	云南农科院	1	7	5+10

表 3 参试材料 HMW-GS
组合类型及分布频率

Table 3 HMW-GS combinations and frequencies
in the varieties tested

Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	材料 Material	
			No.	百分率/ %
Null	17+18	5+10	1	1.6
Null	7	2+12	1	1.6
Null	7+8	2+12	9	14.3
Null	7+8	5+10	4	6.3
Null	7+8	5+12	2	3.2
Null	7+8+9	2+12	2	3.2
Null	7+9	12	1	1.6
Null	7+9	2+12	6	9.5
Null	7+9	5+10	4	6.3
Null	7+9	5+12	3	4.8
1	17+18	5+10	2	3.2
1	7	5+10	1	1.6
1	7+8	10	1	1.6
1	7+8	2+12	14	22.2
1	7+8	5+10	3	4.8
1	7+8+9	5+10	1	1.6
1	7+9	2+12	2	3.2
1	7+9	5+10	1	1.6
2*	13+16	2+12	1	1.6
2*	17+18	2+12	1	1.6
2*	7+8	2+12	2	3.2
2*	7+8+9	2+12	1	1.6

2.3 参试材料品质评分

参试品种的评分频率最高的是 8 分,为 38.1%,其次为 6 分,为 14.3%,5 分的为 9.5%,

但品质评分为 10 分的也有 5 个材料,频率为 7.9%。由于有 11 个材料含有稀有亚基,未能对其品质进行评分(表 4)。

表 4 参试材料品质评分及其分布频率

Table 4 Quality score and frequencies in the varieties tested

品质评分 Quality score	材料 Material	
	No.	百分率/ %
-	11	17.5
10	5	7.9
4	1	1.6
5	6	9.5
6	9	14.3
7	6	9.5
8	24	38.1
9	1	1.6

3 讨论

亚基 1,2* 在 Glu-A1 上属于优质亚基,Null 与亚基 1,2* 的频率基本相似。7+8 在 Glu-B1 位点上与 17+18 同属于最佳亚基,其频率超过了 50%。在 Glu-D1 位点上 5+10 亚基的频率等同或高于国内其他实验结果^[13, 17-25]。这导致所测定弱筋小麦的品质评分并不低。除甘肃的几个地方品种以外,其余试验材料是最近才选育的材料。这说明,在育种的过程中,各育种单位考虑到高分子量谷蛋白对小麦品质的影响,并积极地利用国内外优质小麦种质资源作为亲本,各种优质种质资源的引进提高了我国品种(品系)的品质评

分;但弱筋小麦需要较弱的面筋强度和较低的品质评分,试验结果中弱筋小麦较高的品质评分会给最终产品的品质带来负效应。这说明,在弱筋小麦的育种过程中,并没有注重对高分子量谷蛋白亚基和面筋强度的筛选。在 2005 年的试验中,笔者发现有的品种(系)(如京 3935,云 1169)蛋白含量已经接近弱筋小麦的标准,但是其流变学特性却显示为强筋品种,而同一蛋白质含量的河南红其评价价值仅为 22,为弱筋品种(数据未发表)。所以,我国在进行弱筋小麦品种(品系)的选育过程中要注重与低筋相关的高分子量谷蛋白亚基的选择。

参考文献:

- [1] 徐昭飞,张惠叶,张定一. 小麦品质及其改良[M]. 北京:气象出版社,2000. 22~25.
- [2] bietz J A, Hephherd KW, Wall J S. Single kernel analysis of glutenin: use in wheat genetics and breeding[J]. Cereal Chemistry, 1975, 52: 513~532.
- [3] Payne P I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread making quality[J]. Annu Rev Plant Physiol, 1987, 38: 141~153.
- [4] 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.
- [5] Payne P I, Corfield K G. Subunit composition of wheat glutenin proteins isolated by gel filtration in a dissociating medium[J]. Planta, 1979, 145: 83~88.
- [6] Lawrence G J. Dough and baking quality of wheat line deficient in glutenin subunits controlled by the Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 loci[J]. J Cereal Sci, 1988, 7: 109~112.
- [7] Lawrence G J. The high-molecular weight glutenin subunit composition of Australia wheat cultivars[J]. Aust J Agri Res, 1986, 37: 127~133.
- [8] 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[J]. 中国农业科学, 1996, 29: 34~39.
- [9] 程大志. 柴达木盆地春小麦高额丰产的生态生理特点及栽培技术[A]. 卢良恕主编, 中国小麦栽培研究新进展[C]. 北京: 农业出版社, 1993. 327~340.
- [10] 李永照, 赵 龙. 青海高原春小麦品质初步分析[J]. 青海农林科技, 1987, (2): 74~77.
- [11] 张怀刚, 蒋德亨, 纪兰菊. 春小麦籽粒蛋白质和氨基酸含量的研究[J]. 高原生物学集刊, 1990, (9): 183~193.
- [12] 张怀刚, lukow O M, Czarnecki E. 中加两国春小麦品种的比较研究[J]. 高原生物学集刊, 1992, (11): 151~162.
- [13] 张怀刚, 胡 含. 青海高原春小麦品种 HMW—GS 组成[J]. 西北农业学报, 1995, 4(4): 6~10.
- [14] Bullrich L, Tranquilli G, Pfluger L, et al. Bread making quality and yield performance of 1BL/1RS wheat isogenic lines[J]. Plant Breeding, 1998, 117(2): 119~122.
- [15] Payne P I, Nigtingale 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]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1987, 40(1): 51~65.
- [16] Rogers W J, Payne P I, Harinder K. The HMW glutenin subunit and gliadin compositions of German-Grown wheat varieties and their relationship with bread-making quality[J]. Plant Breeding, 1989, 103: 89~100.
- [17] 温之雨, 张艳敏, 李 辉, 等. 河北省小麦品种高分子量谷蛋白亚基遗传变异分析[J]. 华北农学报, 2002, 17: 98~102.
- [18] 魏凌基, 周洪华, 艾尼瓦尔. 新疆冬小麦品种(系)高分子量谷蛋白亚基组成分析[J]. 种子, 2003, 132(6): 23~25.
- [19] 张梅妞, 张怀刚, 井春喜, 等. 青海高原春小麦 HMW-GS 等位基因变异及其对面团流变学特性的作用[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(4): 15~18.
- [20] 郝晨阳, 尚勋武, 张海泉. 甘肃省春小麦品种高分子量麦谷蛋白亚基组成分析[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(1): 38~42.
- [21] 许永财, 相吉山. 春小麦品种(系)高分子量麦谷蛋白亚基分析[J]. 内蒙古农业科技, 2006(3): 13~15.
- [22] 李兴茂, 王红梅. 甘肃省旱地冬小麦资源 HMW 2GS 的遗传变异[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 80~83.
- [23] 赵 彬, 唐映军, 夏 燕, 等. 贵州小麦品种(系)与引进品种高分子量麦谷蛋白亚基组 X 成比较[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(4): 80~83.
- [24] 张瑞奇, 胡 琳, 许为钢, 等. 黄淮冬麦区不同时期大面积推广品种的高分子量麦谷蛋白亚基组成分析[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(2): 63~67.
- [25] 冯 毅, 闵东红, 孙道杰, 等. 黄淮麦区部分推广小麦品种高分子量麦谷蛋白亚基组成分析[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(2): 68~71.