

# 东北春小麦及部分外引小麦高分子量 谷蛋白亚基组成分析

郭志富<sup>1,3</sup>, 衣莹<sup>2</sup>, 龙翔宇<sup>3</sup>, 张丽<sup>1</sup>, 陈丽静<sup>1</sup>, 马慧<sup>1</sup>, 钟鸣<sup>1</sup>, 郑有良<sup>3</sup>, 侯立白<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 生物科学技术学院 辽宁省农业生物技术重点实验室, 辽宁 沈阳 110161;

2. 沈阳农业大学 农学院 辽宁 沈阳 110161; 3. 四川农业大学 小麦研究所, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 利用 SDS—PAGE 法分析了 72 份东北春小麦品种(系)和外引小麦品种 HMW—GS 组成及分布, 结果表明: 在 Glu—A1 位点上的 3 种变异类型 null, 1 和 2<sup>\*</sup> 亚基中, 东北春小麦 1 和 2<sup>\*</sup> 亚基出现的频率最高, 均为 36.1%, 外引品种中 null 出现的频率最高, 为 41.7%; 在 Glu—B1 位点上, 检测到的 6 种变异类型(7, 6+8, 7+8, 7+9, 14+15, 17+18)中 7+8 亚基类型的出现频率最高, 东北春小麦为 66.7%, 外引品种为 44.4%; 在 Glu—D1 位点上的 3 种变异类型(2+12, 2+10, 5+10)中 5+10 出现频率最高, 东北春小麦为 55.6%, 而外引品种高达 72.2%。所有参试材料中共出现 19 种组合类型, 其中出现频率最高的是 1, 7+9, 5+10 和 null, 7+8, 2+12, 均为 19.4%。根据 Payne 的品质评分标准对部分材料进行评定, 发现达到 10 分的材料出现了 23 份。这些材料可能成为东北春麦区小麦品质改良的宝贵资源。

**关键词:** 小麦; 高分子量谷蛋白; 品质

中图分类号: S512.03 文献标识码: A 文章编号: 1000—7091(2008)02—0072—05

## Analysis on High—molecular—weight Glutenin Subunit Composition of Spring Wheat in Northeast China and Introduced Wheat

GUO Zhi—fu<sup>1,3</sup>, YI Ying<sup>2</sup>, LONG Xiang—yu<sup>3</sup>, ZHANG Li<sup>1</sup>, CHEN Li—jing<sup>1</sup>, MA Hui<sup>1</sup>,  
ZHONG Ming<sup>1</sup>, ZHENG You—liang<sup>3</sup>, HOU Li—bai<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Agricultural Biotechnology of Liaoning Province, Shenyang Agricultural

University, Shenyang 110161, China; 2. College of Agronomy, Shenyang Agricultural University,

Shenyang 110161, China; 3. Triticeae Research Institute, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China)

**Abstract:** The high—molecular—weight glutenin subunit (HMW—GS) compositions of 72 spring wheat varieties (line) of Northeast China and introduced wheat were analyzed by SDS—PAGE. The results showed: 3 variation types subunit (null, 1 and 2<sup>\*</sup>) were found on Glu—A1, subunit 1 and 2<sup>\*</sup> were the major types of spring wheat of Northeast China with the frequencies both of 36.1%, whereas subunit null were the major types of introduced wheat with frequency of 41.7%; 6 variation types of subunit (7, 6+8, 7+8, 7+9, 14+15, 17+18) were detected on Glu—B1, the subunit 7+8 was the major types both of spring wheat in Northeast China and introduced wheat with the frequencies of 66.7% and 44.4% respectively; 3 variation types subunit (2+12, 2+10, 5+10) were detected on Glu—D1, subunit 5+10 was the major types of spring wheat in Northeast China with frequency of 55.6%, whereas the frequency of subunit 5+10 in introduced wheat was up to 72.2%. Furthermore, 19 subunit combinations were detected in all materials, among them 1, 7+9, 5+10 and null, 7+8, 2+12 were the major combination types with frequencies both of 19.4%. There were 23 materials which had quality score 10 based on the quality rating system of Payne. It was showed that these materials may be a promising resource for improving the bread—making quality of wheat in spring wheat belt of the Northeast.

**Key words:** Wheat; High—molecular—weight Glutenin Subunit (HMW—GS); Quality

收稿日期: 2007—12—08

基金项目: 辽宁省重点实验室专项计划项目(200536)

作者简介: 郭志富(1980—), 男, 内蒙古赤峰人, 在读博士, 主要从事小麦分子生物学研究。

通讯作者: 马慧(1972—), 女, 辽宁鞍山人, 讲师, 博士, 主要从事作物生物技术研究工作。

人类食用的 70% 的蛋白来源于粮食作物的种子, 而世界粮食作物总产量的 30% 是小麦<sup>[1]</sup>, 随着人们生活水平的不断提高, 粮食作物的品质已越来越多地受到关注。醇溶蛋白和谷蛋白是小麦的主要储藏蛋白, 分别决定面团的延展性和弹性, 与小麦的加工品质密切相关。谷蛋白可分为高分子量谷蛋白亚基 (High-molecular-weight glutenin subunit, HMW-GS) 和低分子量谷蛋白亚基 (Low-molecular-weight glutenin subunit, LMW-GS), 其中 HMW-GS 约占种子总蛋白量的 10%, 但其组成和含量对小麦面粉的烘烤品质具有决定性作用<sup>[2]</sup>。我国小麦面粉的烘烤品质普遍较差, 主要原因在于面筋含量低, 湿面筋的平均含量仅为 30%, 与烘烤优质面包所需的 38% ~ 44% 的指标相差较远<sup>[3,4]</sup>, 这与我国的小麦品种缺少某些特定的优质 HMW-GS 有关。因此全面系统地研究 HMW-GS 的组成及分布, 对于利用常规育种或转基因手段改善我国小麦品质有着重要作用。

东北麦区包括黑龙江、吉林、辽宁三省和内蒙古东四盟地区, 是我国春小麦的主要产区<sup>[5]</sup>。东北麦区的春小麦种植已经在全国小麦生产中占据了重要地位。辽宁农科院的辽春系列, 黑龙江农科院的龙幅麦、吉林农科院的丰强系列及铁麦(铁岭农科院)、锦麦(锦州农科院)、小冰麦等系列强中筋品种的育成和更新, 为改善东北麦区小麦品质提供了丰富的材料来源<sup>[6-8]</sup>。随着米 808 和苏引 10 号等抗寒优质小麦的引入和利用以及全球气候的不断变暖和冬麦北界的北移, 冬小麦的种植也在东北麦区逐渐扩大面积, 为东北地区小麦产量的增加和品质的改善带来了新的契机<sup>[9-11]</sup>。本研究对东北部分春小麦主栽品种及一些国内外引进的小麦品种 HMW-GS 组成进行了分析, 旨在了解研究材料中与烘烤品质密切相关的 HMW-GS 的组成及分布情况, 从而为东北麦区小麦品质育种提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料东北地区部分主栽品种(系)及外引品种(包括利用外引材料作为亲本杂交所得的后代)共 72 份, 由沈阳农业大学农学院提供。对照品种中国春和川育 12(高分子量谷蛋白亚基组成分别为 null, 7+8, 2+12和 1, 7+8, 5+10)由四川农业大学小麦研究所提供(表 1, 2)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 种子储藏蛋白的提取 参照颜泽洪<sup>[12]</sup>的方法, 取半粒种子胚乳研磨成细粉后, 按每 4 mg 样品加入 100  $\mu$ L 蛋白提取缓冲液[62.5 mmol/L Tris-HCl pH6.8, 2%

(m/V) SDS, 10% (V/V) 甘油, 1.5% (m/V) DTT, 0.002% (m/V) 溴酚蓝]于室温下提取 2 h, 其间涡旋几次。将样品于沸水中煮 2 min, 8 000 r/min 离心 5 min, 取上清液 10  $\mu$ L, 点样分析。

表 1 东北麦区主栽品种(系)HMW-GS 组成

Tab. 1 Composition of HMW-GS of primary wheat varieties (line) of Northeast China

序号 No.	品种/ 品系名称 Cultivars/ Line	材料来源 Source	Glu-1		
			GluA1	GluB1	GluD1
1	辽春 9 号	辽宁农科院	1	7+8	2+12
2	辽春 10 号	辽宁农科院	1	7+8	5+10
3	辽春 11 号	辽宁农科院	1	17+18	5+10
4	辽春 13 号	辽宁农科院	2 *	17+18	5+10
5	龙幅麦 97072	黑龙江农科院	1	7+9	2+12
6	龙幅麦 9 号	黑龙江农科院	1	7+8	2+12
7	龙幅麦 10 号	黑龙江农科院	1	7+8	2+12
8	龙幅麦 13 号	黑龙江农科院	1	7+8	5+10
9	锦麦 2001	锦州农科院	2 *	7+8	5+10
10	锦麦 2002	锦州农科院	2 *	17+18	5+10
11	锦麦 2003	锦州农科院	2 *	7+8	5+10
12	锦麦 2004	锦州农科院	2 *	7+8	5+10
13	锦麦 2005	锦州农科院	2 *	7+8	2+12
14	铁春 3 号	铁岭农科院	2 *	17+18	5+10
15	铁春 4 号	铁岭农科院	1	7+8	5+10
16	铁 90010	铁岭农科院	2 *	7+8	5+10
17	铁 92136	铁岭农科院	null	17+18	5+10
18	铁 93070	铁岭农科院	2 *	7+8	5+10
19	丰强 3 号	吉林农科院	2 *	7+9	5+10
20	丰强 5 号	吉林农科院	null	7+8	2+12
21	丰强 6 号	吉林农科院	1	7+8	2+12
22	丰强 7 号	吉林农科院	null	7+8	2+12
23	丰强 10 号	吉林农科院	null	7+8	2+12
24	丰强 11 号	吉林农科院	null	7+8	2+12
25	小冰麦 33 号	吉林农科院	null	7+8	2+12
26	小冰麦 36 号	吉林农科院	2 *	7+8	2+12
27	白春 5 号	吉林白城市农科院	null	7+8	2+12
28	吉春 9806	吉林农科院	null	7+8	2+12
29	CH45	沈阳农业大学	2 *	7+8	2+12
30	CH46	沈阳农业大学	null	7+8	2+10
31	CH47	沈阳农业大学	1	17+18	5+10
32	CH48	沈阳农业大学	null	7+8	5+10
33	CH49	沈阳农业大学	1	7+9	5+10
34	CH53	沈阳农业大学	1	7+9	5+10
35	CH54	沈阳农业大学	1	17+18	5+10
36	CH59	沈阳农业大学	2 *	7+9	5+10

1.2.2 SDS-PAGE 分析 参照颜泽洪<sup>[12]</sup>的方法, 配制浓缩胶浓度为 3%, 分离胶浓度为 10%。电泳系统选用北京六一仪器厂生产的 DYCZ-24D 型双垂直电泳槽和 DYY-6C 型电泳仪。凝胶制备后取蛋白提取样品 10  $\mu$ L 点样, 电流 20 mA 电泳至指示剂走出分离胶 20 min 后下胶, 进行染色(染色液组成: 每 500 mL 含 0.5 g 考马斯亮蓝 R250, 125 mL 异丙醇和 50 mL 冰醋酸)、脱色(脱色液组成: 每 500 mL 含 150 mL 甲醇和 50 mL 乙醇)并照相保存。

1.2.3 亚基的命名和评分 HMW-GS 的区分、编号参

照 Payne 和 Lawience 提出的命名系统<sup>[13]</sup>, 品质评分按照 Payne 的品质评分标准<sup>[14]</sup>。

表 2 外引品种(系)HMW—GS 组成

Tab. 2 Composition of HMW—GS of introduced wheat varieties(line)					
序号 No.	品种/ 品系名称 Cultivas/ Line	材料来源 Source	Glu—1		
			GluA1	GluB1	GluD1
1	东方红 3 号	中国农业大学	1	7	2+12
2	Rose	美国	2 <sup>*</sup>	7+8	5+10
3	京核 9	北京市农林科学院	1	7+9	5+10
4	津农 4 号	天津市农作物研究所	null	7+8	2+12
5	米 208/ 鲁麦 23	沈阳农业大学	1	7+8	5+10
6	米 808	乌克兰(沈阳农业大学引)	1	7+9	5+10
7	农大 139	中国农业大学	2 <sup>*</sup>	7+9	5+10
8	苏引 10 号	乌克兰(中国农科院引)	null	7+8	2+12
9	京核 229	北京市农林科学院	1	7+9	5+10
10	Arapahoe	美国	null	7	2+12
11	中品 1512	不详	1	7+9	5+10
12	Dmby 98—31	不详	null	7+9	5+10
13	B17	不详	2 <sup>*</sup>	7+8	5+10
14	中品 1502/ 101	沈阳农业大学	null	7+9	2+12
15	SD93110	不详	1	7+9	5+10
16	Dmby98—12/ G228	沈阳农业大学	1	7+8	5+10
17	米 808/ 鲁麦 23	沈阳农业大学	null	7+9	5+10
18	中资 32	不详	null	7+9	5+10
19	中资 96—101	不详	null	7+9	2+12
20	北农 96—54	中国农业大学	null	7+8	5+10
21	北农 96—50	中国农业大学	null	7+8	2+12
22	Weiber Amidonia	不详	1	7+8	5+10
23	Co1383/ 731	美国	2 <sup>*</sup>	14+15	5+10
24	6—1F4—⑨	不详	2 <sup>*</sup>	7+8	5+10
25	西阿诺 F67	不详	2 <sup>*</sup>	7+9	5+10
26	Bhl <sup>+</sup> s <sup>+</sup>	墨西哥	1	17+18	5+10
27	Bj <sup>+</sup> s <sup>+</sup>	墨西哥	2 <sup>*</sup>	17+18	5+10
28	波兰 12	波兰	1	7+8	5+10
29	波兰 33	波兰	null	6+8	5+10
30	波兰 35	波兰	null	7+8	5+10
31	波兰 34	波兰	null	7+8	5+10
32	波兰 36	波兰	1	7+8	—
33	波兰 41	波兰	null	7+8	2+12
34	波兰 38	波兰	null	7+8	2+12
35	波兰 8	波兰	1	7+9	5+10
36	波兰 5	波兰	1	7+9	5+10

## 2 结果与分析

### 2.1 HMW—GS 的等位变异

利用 SDS—PAGE 对所有参试材料的贮藏蛋白进行分析, 结果表明 参试材料中 HMW—GS 出现了较为丰富的变异类型(表 1, 2)。在东北麦区主栽品种中, Glu—A1 位点上有 3 种变异类型(null, 1, 2<sup>\*</sup>), 1 和 2<sup>\*</sup> 出

现频率最高, 均为 36.1%, 亚基缺失类型 null 出现的频率为 27.8%; 在 Glu—B1 位点上, 检测到的 3 种变异类型(7+8, 7+9, 17+18)中, 7+8 亚基类型的出现频率最高, 为 66.7%, 17+18 和 7+9 类型的亚基出现的频率分别为 19.4%和 13.9%; 在 Glu—D1 位点上的 3 种变异类型(2+12, 2+10, 5+10)中, 被公认为是优质亚基组合的 5+10 出现频率最高, 为 55.6%, 2+12 类型的亚基的频率为 41.7%, 2+10 出现的频率最低, 为 2.8%(表 3)。

在所有外引品种中, Glu—A1 位点上 3 种变异类型(null, 1, 2<sup>\*</sup>)出现的频率分别为 41.7%, 38.9%和 19.4%; Glu—B1 位点检测到了 6 种变异类型(7, 6+8, 7+8, 7+9, 14+15, 17+18), 频率分别为 5.6%, 2.7%, 44.4%, 38.9%, 2.8%和 5.6%, 其中 7+8 和 7+9 亚基组合出现频率最高, 除经常出现的 7+8, 7+9, 14+15, 17+18 变异类型外, 还出现了 7, 6+8 两种变异类型; 在 Glu—D1 位点上只出现了 2 种变异类型(2+12, 5+10), 频率分别为 25.5%和 72.2%, 优势亚基组合 5+10 出现的频率相对较高(表 3)。

表 3 HMW—GS 类型及分布			
Tab. 3 The types and distribution of HMW—GS			
GIU—1 位点 GLU—1 Sites	亚基 Subunit	品种数(I/II) Variety number	频率(I/II)/(%) Frequency
GIU—A1	1	13/ 14	36.1/ 38.9
	2 <sup>*</sup>	13/ 7	36.1/ 19.4
	null	10/ 15	27.8/ 41.7
GLU—B1	7	0/ 2	0/ 5.6
	6+8	0/ 1	0/ 2.7
	7+8	24/ 16	66.7/ 44.4
	7+9	5/ 14	13.9/ 38.9
	14+15	0/ 1	0/ 2.7
	17+18	7/ 2	19.4/ 5.6
GIU—D1	2+12	15/ 9	41.7/ 25
	2+10	1/ 0	2.7/ 0
	5+10	20/ 26	55.6/ 72.2

注: I 代表东北麦区主栽品种(系); II 代表外引小麦品种(系); 表 4 同。  
Note: I indicates primary wheat varieties(line) of Northeast china; II indicates introduced wheat varieties (line); The same as Tab. 4.

### 2.2 HMW—GS 组合类型及品质评分

所有参试材料中东北麦区主栽品种(系)共出现了 13 种组合类型, 其中出现频率最高的是 null, 7+8, 2+12, 为 19.4%, 其次为 2<sup>\*</sup>, 7+8, 5+10, 频率为 13.9%。在外引品种中共出现了 15 种组合类型, 其中出现频率最高的是 1, 7+9, 5+10, 为 19.4%, 其次为 null, 7+8, 2+12, 频率为 13.9%。根据 Payne 的品质评分标准对部分材料进行评定, 发现达到 10 分的材料在东北麦区主栽品种(系)中出现了 14 份, 而在外引小麦品种中出现了 9 份(表 4)。

表 4 HMW—GS 组合类型及品质评分  
Tab. 4 Combinations and quality score of the HMW—GS

亚基组合类型 Subunit combination			材料 Material		
Glu—A1	Glu—B1	Glu—D1	数目(I/ID) Number	频率(I/ID) (v/%) Frequency	品质评分 Quality scores
1	7+8	2+12	4/1	11.1/2.7	8
1	7+8	5+10	3/4	8.3/11.1	10
1	7+9	5+10	2/7	5.6/19.4	9
1	7+9	2+12	1/0	2.7/0	7
1	17+18	5+10	3/1	8.3/2.7	10
1	7	2+12	0/1	0/2.7	—
1	7+8	—	0/1	0/2.7	—
2*	7+8	5+10	5/3	13.9/8.3	10
2*	7+8	2+12	3/0	8.3/0	9
2*	7+9	5+10	2/2	5.6/5.5	9
2*	14+15	5+10	0/1	0/2.7	—
2*	17+18	5+10	3/1	8.3/2.7	10
null	7+8	2+10	1/0	2.7/0	—
null	7+8	2+12	7/5	19.4/13.9	6
null	6+8	5+10	0/1	0/2.7	6
null	7+8	5+10	1/3	2.7/8.3	8
null	7+9	5+10	0/3	0/8.3	7
null	7+9	2+12	0/2	0/5.5	5
null	17+18	5+10	1/0	2.7/0	8

3 讨论

前人研究已充分表明了小麦 HMW—GS 对于烘烤品质和面筋含量的重要作用, 5+10, 2\*, 17+18 等亚基组合很早前就被确认为优质的亚基组合形式<sup>[15-23]</sup>。本研究中的东北麦区春小麦主栽品种中, 5+10 亚基组合的频率达到了 55.6%, 而 17+18 和 2\* 等亚基也有较高的频率, 可见东北麦区的春小麦品种具有较好的品质育种潜力。另外, 东北麦区的主栽品种具有较好的品质基础, 如辽宁农科院选育的辽春系列大部分均为强筋和中筋小麦, 蛋白质和湿面筋含量较高, 具有优良的烘烤品质<sup>[5, 9]</sup>; 吉林农科院的丰强 7 号为优质中筋小麦, 丰强 11 号为优质强筋小麦<sup>[7, 8]</sup>。为改良小麦品质提供了材料基础。

在所有的外引品种中优质的 5+10 亚基组合的频率高达 72.2%, 远高于被认为与小麦品质成负相关的 2+12 亚基组合。这表明外引品种中, 同样具有很好的品质育种潜力。要特别指出的是, 由沈阳农业大学引自乌克兰的米 808(米罗诺夫 808)为强冬性小麦品种, 抗寒性强, 在沈阳连续 7 年种植, 越冬存活率均稳定在 75%以上, 最高达 97%, 蛋白质和湿面筋含量较高<sup>[9, 11]</sup>, 其 HMW—GS 组成为 1, 7+9 和 5+10; 由中国农科院引入的苏引 10 号抗寒冬小麦的 HMW—GS 组合虽然为 null, 7+8 和 2+12, 但其面包烘烤品质优良, 各项品质指标均达到或超过国家一级面包小麦标准<sup>[24, 25]</sup>, 这可能与影响小麦品质的其他因素相关性更大。随着全球

气候变暖的进程逐渐加剧及冬麦北移研究的不断深入, 东北麦区大面积种植冬小麦的可行性也在逐渐的增加, 而米 808 和苏引 10 号等抗寒优质小麦品种的引入必然会为我国冬、春性小麦的交叉利用及品质改良做出更大的贡献。

参考文献:

[1] FAO. Production Yearbook[M]. FAO Rome, Italy, 2000.

[2] 林红波, 刘云英, 李维琪. 小麦高分子量谷蛋白亚基及其基因的研究进展[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 1025—1029.

[3] 赵文明. 种子蛋白质基因工程[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1995.

[4] 程子刚, 程强, 敖光明. 小麦基因组文库的构建及高分子量(HMW)谷蛋白亚基基因的筛选[J]. 北京农业大学学报, 1992, 18(2): 117—121.

[5] 祁适雨, 肖步阳, 王进先, 等. 东北春麦区小麦育种 50 年[J]. 黑龙江农业科学, 2003(2): 26—29.

[6] 孙连庆, 付祥胜, 闰春风, 等. 辽宁省小麦区应以发展强筋、中筋小麦品种为主体[J]. 辽宁农业科学, 2001(5): 26—29.

[7] 曲祥春, 何中国, 李玉发, 等. 优质、中筋小麦新品种—丰强 7 号[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(2): 159.

[8] 何中国, 曲祥春, 李玉发, 等. 优质、强筋小麦新品种—丰强 11 号[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(3): 140.

[9] 谢立勇, 侯立白, 高西宁, 等. 冬小麦 M808 在辽宁省种植区划研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(1): 6—10.

[10] 郝志新, 郑景云, 陶向新. 辽宁省冬小麦种植北界研究[J]. 中国农业气象, 2002, 23(4): 5—8.

[11] 侯立白. 米 808 冬小麦[J]. 新农业, 2002(9): 46—47.

[ 12 ]

颜泽洪. 山羊草物种高分子量麦谷蛋白基因的分子克隆 [ D ]. 雅安: 四川农业大学, 2001.

[ 13 ]

Payne P I, Lawrence G J. Catalogue of alleles for the complex gene loci *Glu—A1*, *Glu—B1* and *Glu—D1*, which code for the high—molecular—weight subunits of glutenin in hexaploid wheat [ J ]. *Cereal Res Commun*, 1983, 11: 29—35.

[ 14 ]

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.

[ 15 ]

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.

[ 16 ]

陆 燕, 马传喜. 高分子量麦谷蛋白亚基变异与加工品质关系的研究[ J ]. *麦类作物学报*, 2000, 20(4): 32—36.

[ 17 ]

毛 沛. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基对面包烘烤品质的效应分析[ J ]. *华北农学报*, 1995, 10(增刊): 55—59.

[ 18 ]

赵 和, 卢少源. 小麦高分子谷蛋白亚基遗传变异及其与品质和其它农艺性状 关系的研究[ J ]. *作物学报*, 1994, 20 (1): 67—75.

[ 19 ]

张发云, 晏月明, 胡英考, 等. 小麦 HMW 谷蛋白亚基基因克隆研究进展[ J ]. *中国生物工程杂志*, 2002, 22(6): 33—38.

[ 20 ]

Bekes F, Gras P W, Gupta R B. Mixing properties as a measure of reversible reduction and oxidation of doughs[ J ]. *Cereal Chemistry*, 1994, 71: 44—50.

[ 21 ]

Huebner F R, Donaldson G L, Wall J S. Wheat glutenin subunits II compositional differences[ J ]. *Cereal Chem*, 1974, 51: 240—249.

[ 22 ]

李春喜, 张蓓蓓, 邵 云, 等. 小麦 HMW—GS 与戊聚糖含量及其组分的相关分析和聚类分析[ J ]. *华北农学报*, 2006, 21(5): 33—38.

[ 23 ]

刘艳华, 王洪刚, 刘树兵, 等. 小麦高分子量谷蛋白亚基 14 + 15, 7+8, 1 与部分品质性状关系的研究[ J ]. *华北农学报*, 2003, 18(3): 4—7.

[ 24 ]

周 谦. 优质专用优质型(面包)冬小麦苏引 10 号品种介绍[ J ]. *定西科技*, 2005(3): 5.

[ 25 ]

黄 英, 肖祖球. 苏引 10 号的特征特性及栽培技术[ J ]. *江西农业科技*, 2002(5): 6—7.