

# 小麦高分子量谷蛋白亚基与品质性状的关系研究进展

叶丛云, 焦 滇, 秦广雍, 李景原

(郑州大学物理工程学院离子束生物工程省重点实验室, 河南 郑州 450052)

**摘要:** 全面了解小麦谷蛋白亚基的基因定位及各亚基与品质指标的关系, 有助于小麦品质的改良和研究。综述了国内外对小麦高分子量谷蛋白亚基与 SDS 沉降值、蛋白质含量、烘烤品质、面团强度和延展性的关系的研究, 提出了引入优质亚基有利于加快品质育种的步伐, 为我国小麦品质育种和改良提供了理论依据。

**关键词:** 谷蛋白; 高分子量谷蛋白亚基; 烘烤品质; SDS 沉降值

**中图分类号:** S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2006)06-0010-04

## Study Development of Relationship between HMW-GS and Quality Characteristics in Wheat

YE Cong-yun, JIAO Zhen, QIN Guang-yong, LI Jing-yuan

(Provincial Key Laboratory of Ion Beam Bioengineering, Physical Engineering College of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** It is very important for improving wheat quality to comprehensively understand the gene sites of gluten subunits and their relationship between some glutenin subunits and quality index. This paper provided a universal view on the correlation between glutenin subunits in wheat and SDS sedimentation volume, protein content, bread baking quality, dough strength and extensibility, and proposed to speed up the improvement of the wheat quality by introducing the glutenin subunits with high quality. The paper offered the theoretical base of wheat quality breeding and quality improvement in China.

**Key words:** Glutenin; High-molecular-weight glutenin subunit (HMW-GS); Bread-baking quality; SDS sedimentation volume

小麦是世界上最重要的粮食作物之一, 其品质高低是育种界及小麦加工行业特别关注的问题。评价小麦品质包括许多重要指标, 如蛋白质含量, SDS 沉降值, 烘烤品质, 面团的强度和延展性等, 它们也是小麦品质育种世代选择的重要依据。决定小麦面粉品质的因素有许多, 高分子量麦谷蛋白亚基 (HMW-GS) 作为关键因素已经得到公认。笔者对 HMW-GS 的基因定位、分子结构及各亚基对上述品质指标的贡献进行了系统的综述, 旨在为小麦品质育种提供理论依据。

### 1 HMW-GS 基因定位

HMW-GS 虽然只占麦谷蛋白总量的 20% 左右, 但赋予小麦面筋弹性, 在很大程度上决定着小麦面粉的品质。Payne 等<sup>[1]</sup>的研究表明, 所有控制 HMW-GS 的基因位于第一部分同源染色体的长臂上, 统称为 Glu-1 位点, 包括 Glu-A<sub>1</sub>, Glu-B<sub>1</sub> 和 Glu-D<sub>1</sub>。Glu-A<sub>1</sub> 位点上有 3 种等位基因形式, 即 Glu-A<sub>1a-c</sub>, 分别编码亚基 1, 2\* 和 Null; Glu-B<sub>1</sub> 位点有 11 种等位基因形式, 即 Glu-B<sub>1a-k</sub>, 分别编

收稿日期: 2006-01-11

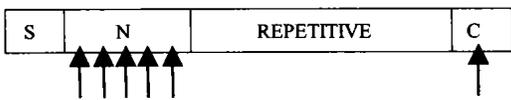
基金项目: 河南省自然科学基金项目 (511030400)

作者简介: 叶丛云 (1981-), 女, 河南信阳人, 在读硕士研究生, 主要从事离子束小麦生物工程研究。

码亚基 7, 7+8, 7+9, 6+8, 20, 13+16, 13+19, 14+15, 17+18, 21, 22; Glu-D<sub>1</sub> 位点有 6 种等位基因形式, 即 Glu-D<sub>1a-f</sub>, 分别编码亚基 2+12, 3+12, 4+12, 5+10, 2+10 和 2.2+12<sup>[2]</sup>。

## 2 HMW-GS 分子结构

对 HMW-GS 结构的研究, 有利于了解其对小麦面粉品质的贡献。Shewry 等<sup>[3]</sup> 将 HMW-GS 的结构分为 3 个部分, 即 N-末端、C-末端和中部疏水区域, 其结构如图 1。N 端由无重复的 81~104 个氨基酸残基组成, 含有 3~5 个半胱氨酸残基<sup>[4]</sup>, C 端由无重复的 41 个氨基酸残基和 1 个半胱氨酸残基组成, 形成  $\alpha$ -螺旋结构。这 2 个区段是半胱氨酸集中区, 表现出很强的亲水性, 直接的贡献是使面团具有很强的弹性。中部疏水区由高度重复的 440~680 个氨基酸残基以  $\beta$ -转角结构排列, 多个  $\beta$ -转角结构以及在此基础上形成的螺旋结构, 同样赋予面团弹性<sup>[5]</sup>。



S-信号肽; N-N 端氨基酸序列; C-C 端氨基酸序列;  
箭头-半胱氨酸残基

图 1 高分子量麦谷蛋白亚基编码基因的结构模型

## 3 HMW-GS 基因位点内各等位亚基对品质性状的影响

Glu-1 位点内不同的等位亚基对小麦品质的贡献不同。以下从 SDS 沉降值、蛋白质含量、烘烤品质以及面团的弹性和延展性 4 个方面综述相关的研究结果。

### 3.1 对 SDS 沉降值的影响

SDS 沉降值的大小主要反映面筋质量的优劣, 在小麦品质改良中占据相当重要的地位, 历来为小麦品质育种工作者所重视。大量的研究表明<sup>[6]</sup>, Glu-1 位点的 3 个等位亚基对 SDS 沉降值的贡献为 Glu-D<sub>1</sub>>Glu-A<sub>1</sub>>Glu-B<sub>1</sub>, 而且 3 个位点的共同变异决定 SDS 沉降值变异的 86.6%。在 Glu-A<sub>1</sub> 位点, 亚基 1 和 2<sup>\*</sup> 对 SDS 沉降值的贡献都优于 Null 亚基<sup>[7,8]</sup>。在 Glu-B<sub>1</sub> 位点上, Payne<sup>[1]</sup> 等认为, 亚基 17+18=13+16=7+8>7+9>6+>7。Brites<sup>[9]</sup> 认为, 14+15 亚基高于 7+8 亚基或 20

亚基, 而且 6+8 亚基也高于 20 亚基。此外, Sewa<sup>[10]</sup> 认为, 含有 17+18 亚基品种的沉降值明显高于含有其他亚基的品种, 而马小乐<sup>[11]</sup> 却认为, 22 亚基对 SDS 沉降值的贡献大于 17+18 亚基。上述这些学者的研究结果不尽相同, 可能是由于供试小麦品种不同或环境等因素的差异造成的。因此, Glu-B<sub>1</sub> 位点各等位亚基对 SDS 沉降值贡献的大小还需进一步努力探索。在 Glu-D<sub>1</sub> 位点上, 具有 5+10 亚基的品种一般具有较高的 SDS 沉降值, 而 2.2+12 亚基与 SDS 沉降值呈负相关<sup>[12]</sup>。

### 3.2 对蛋白质含量的影响

小麦籽粒蛋白质含量不仅是评价小麦品质的重要指标, 也是重要的营养品质指标。许多研究表明, 小麦蛋白质含量受多种因素的影响, 其中包括环境因素和各亚基等位变异等。在 Glu-A<sub>1</sub> 位点, 1 亚基与蛋白质含量呈正相关<sup>[6]</sup>, 2 亚基对蛋白质含量的贡献也较大<sup>[13]</sup>, 而 Null 亚基与蛋白质含量呈显著负相关<sup>[6,13]</sup>。在 Glu-B<sub>1</sub> 位点上, 各亚基对蛋白质含量的贡献, 不同研究结论不一致<sup>[13,14]</sup>。有研究表明, 14+15 亚基对蛋白质含量的效应显著<sup>[14]</sup>, 刘艳华<sup>[15]</sup> 等认为, 7+8 亚基对蛋白质含量的贡献是正向的, 而 7+9 亚基与小麦蛋白质含量无明显相关<sup>[6]</sup>, 当有 4+15 亚基存在时其蛋白质含量较低。在 Glu-D<sub>1</sub> 位点上, 5+10 亚基和 2+12 亚基对蛋白质含量的贡献都是正向的, 而且二者差异不显著<sup>[13,14]</sup>。王涛<sup>[16]</sup> 等的研究结果表明, 5+12 亚基对蛋白质含量的贡献大于 5+10 亚基, 这一点值得重视。

### 3.3 对烘烤品质的影响

许多研究结果表明, HMW-GS 是决定小麦烘烤品质的主要因素, 而且不同位点对烘烤品质的贡献显著不同。Glu-D<sub>1</sub> 位点对小麦烘烤品质的贡献最大, 这一点已得到公认。同一位点上不同的亚基对小麦烘烤品质的贡献也是不同的。在 Glu-A<sub>1</sub> 位点上, 亚基 1 和 2<sup>\*</sup> 对小麦烘烤品质的贡献大于 Null 亚基<sup>[12,13]</sup>。在 Glu-B<sub>1</sub> 位点上, 多数研究结果表明, 17+18, 13+16, 14+15 和 7+8 亚基优于其他亚基, 贡献较大<sup>[17,18]</sup>, 7+9 亚基对小麦烘烤品质是正向效应<sup>[1]</sup>, 而 6+8 亚基对烘烤品质的贡献大于 20 亚基<sup>[19]</sup>。由于 Glu-B<sub>1</sub> 位点等位亚基较多, 也较复杂, 所以不同研究结果有出入, 需要进一步的探索。在 Glu-D<sub>1</sub> 位点上, 许多学者都认为, 5+10 亚基对烘烤品质的贡献较大, 且明显优于 2+12 亚

基<sup>[1,9,13,16~18]</sup>。Kanenori<sup>[20]</sup>等认为,除了Null亚基,2.2+12亚基对小麦烘烤品质的负向效应最大。Payne<sup>[21]</sup>等将各位点亚基对面包小麦烘烤品质贡献大小进行了系统研究,其结果大小依次为:5+10>1+2<sup>\*</sup>=17+18=7+8=13+16>7+9=2+12=3+12>7=6+8=4+12。此外,毛沛<sup>[2]</sup>研究小麦HMW-GS与烘烤品质的关系时指出,当有5+10亚基存在时,Glu-1三个基因位点对烘烤品质的作用以加性效应为主,互作效应较弱;当没有5+10亚基存在时,其加性效应和互作效应并存。而且Glu-1位点和Glu-3位点的互作效应对烘烤品质也有影响,这些还有待于进一步的研究。

### 3.4 对面团强度和延展性的影响

HMW-GS是决定小麦面粉强度和延展性的主要因素。在Glu-A<sub>1</sub>位点上,亚基2<sup>\*</sup>对面团的强度和延展性有正向效应,1亚基对面团强度的贡献大于Null亚基<sup>[22]</sup>。在Glu-B<sub>1</sub>位点上,马小乐采用面团强度评价的结果是7>22>7+9>7+8=17+18>13+19>13+16<sup>[2]</sup>。Fleete和Uhlen<sup>[8]</sup>也认为7亚基可以增加面团强度,而20亚基只有很小的正向效应或负效应。但杨芳萍等<sup>[23]</sup>的研究结果却不太一致,她认为Glu-B<sub>1</sub>位点各等位亚基的贡献大小为17+18>13+16>7+9>7+8>6+8。对面团的延展性来说,17+18亚基贡献比7+8亚基大,达到显著水平<sup>[2,22]</sup>。在Glu-D<sub>1</sub>位点上,李宗智<sup>[23]</sup>的分析结果显示,各等位亚基对面团强度的贡献大小为5+10>2+12>3+12>4+12,而且5+10亚基与其他亚基之间的差异显著。Gianibelli等<sup>[24]</sup>也认为含有5+10亚基的品种有较大的面团强度,而含有2+12亚基品种的面团强度较低。高翔等<sup>[25]</sup>却认为,4+12亚基对面团延展性具有显著增加效应,值得重视。在Glu-B<sub>1</sub>和Glu-D<sub>1</sub>位点上,对各等位亚基在面团强度贡献方面的研究结果不太一致,需要进一步加强。

## 4 引入优质亚基,加快品质育种步伐

优质是目前小麦育种的主要目标之一,如何将LMW-GS的各优质亚基引入栽培小麦以提高其品质是小麦育种亟待解决的问题。吴春太等<sup>[26]</sup>利用远缘杂交的方法选育出了具有高产、抗病和优质的小麦新材料;黄世金等<sup>[27]</sup>同样利用远缘杂交,发现在后代材料中,Glu-A<sub>1</sub>位点上1亚基出现的频率最高,Glu-B<sub>1</sub>位点上7+8和7+9亚基出现频率最高,Glu-D<sub>1</sub>位点的变异类型最丰富,其中被世界

公认的优质亚基5+10出现的频率最高。由此可见,远缘杂交在我国小麦品质改良中不失为一条有效的途径。此外,任明见等<sup>[28]</sup>认为,品种间杂交育种也是重要途径,即充分利用SDS-PAGE技术,筛选含有优质亚基的亲本杂交,对F<sub>2</sub>种子按半粒电泳分析方法筛选出优良HMW-GS的组成,并在F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>及以后世代结合农艺性状进行选择。近年来,关于运用分子标记、转基因技术和免疫化学等手段辅助选育优质小麦的报道也较多<sup>[29]</sup>。综上所述,从小麦HMW-GS各等位亚基对SDS沉降值、蛋白质含量、烘烤品质、面团弹性和延展性等品质指标的贡献可知,2,7+8,17+18,14+15,7+9,5+10,4+12等为优质亚基,借助各种手段将这些优质亚基引入栽培小麦中可以改良我国小麦的品质,加快我国小麦品质育种的步伐。

### 参考文献:

- [1] Payne P L, Lawrence G J. Catalogue of alleles for the complex gene loci Glu-A<sub>1</sub>, Glu-B<sub>1</sub>, Glu-D<sub>1</sub> which code for high-molecular-weight subunit of glutenin in hexaploid wheat[J]. *Cereal Res Commun*, 1983, 11(1): 29-35.
- [2] 王建军. 小麦高分子量麦谷蛋白7+8与17+18亚基的遗传特性和对品质的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2003.
- [3] Shewry P R, Halford N G, Tatham A S. The high molecular weight subunits of wheat glutenin[J]. *J Cereal Sci*, 1992, 15: 105-120.
- [4] Shewry P R, Tatham A S, Lazzeri P. Biotechnology of wheat quality[J]. *J Sci Food Agric*, 1997, 73: 397-406.
- [5] Tatham A S, Mifflin B J, Shewry P R. The beta-turn conformation in wheat gluten proteins: Relationship to gluten elasticity[J]. *Cereal Chem*, 1985, 62: 405-442.
- [6] 马啸, 任正隆, 宴本菊, 等. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基及籽粒蛋白质组分与烘烤品质性状关系的研究[J]. *四川农业大学学报*, 2004, 22(1): 10-14.
- [7] 程国望, 许风, 马传喜, 等. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基组成与面包烘烤品质关系的研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2002, 29(4): 369-372.
- [8] Fleete N E S, Uhlen N K. Association between allelic variation at the combined Glu-1, Glu-3 loci and protein quality in common wheat[J]. *Journal of Cereal Science*, 2003, 37: 129-137.
- [9] Bites C, Carrillo J M. Influence of high molecular weight and low molecular weight glutenin subunits controlled by Glu-1 and Glu-3 loci on durum wheat qual-

- ity[J]. *Cereal Chem*, 2001, 78(1): 59—63.
- [10] Sewa Ram. High molecular weight glutenin subunit composition of Indian wheats and their relationships with dough strength [J]. *J Plant Biochemistry & Biotechnology*, 2003, 12: 151—155.
- [11] 马小乐. 甘肃小麦品种高分子量麦谷蛋白亚基与品质性状关系的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2002.
- [12] Kanenori Takata Hiroaki Yamauchi, Zenta Nishio, *et al.* Effect of high molecular weight glutenin subunits on bread-making quality using near-isogenic lines [J]. *Breeding Science*, 2000, 50: 303—308.
- [13] 孙辉, 李保云, 王岳光, 等. 普通小麦谷蛋白亚基与烘烤品质的关系[J]. *中国农业大学学报*, 2000, 5(3): 18—24.
- [14] 李硕碧, 单明珠, 李必运. 陕西省小麦品种资源高分子量谷蛋白亚基组成研究[J]. *西北农林科技大学学报*, 2002, 30(4): 1—5.
- [15] 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.
- [16] 王涛, 李竹林, 任正隆. 具有高分子量谷蛋白亚基 5+12 的稀有小麦品系的鉴定和特性研究[J]. *作物学报*, 2004, 30(6): 544—547.
- [17] 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.
- [18] 宋建民, 刘建军, 刘爱峰, 等. 高分子量麦谷蛋白亚基组成与小麦烘烤品质关系研究[J]. *作物学报*, 2004, 30(11): 1124—1128.
- [19] Karim Ammar, Warren E, Kronstad *et al.* Mornis Breadmaking quality of selected durum wheat genotypes and its relationship with high molecular weight glutenin subunits allelic variation and gluten protein polymeric composition [J]. *Cereal Chem*, 2000, 77(2): 230—236.
- [20] Kaneori Takata Zenta Nishio, Wakako Funatsuk, *et al.* Difference in combination between Glu—B1 and Glu—D1 alleles in bread-making quality using near-isogenic lines [J]. *Food Sci Technol Res*, 2003, 9(1): 67—72.
- [21] 张晓科, 李耀科, 魏益民. 小麦贮藏蛋白特性及其遗传转化[J]. *麦类作物学报*, 2002, 22(2): 78—82.
- [22] 刘丽, 周阳, 何中虎, 等. 高、低分子量麦谷蛋白亚基等位变异对小麦加工品质性状的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(1): 8—14.
- [23] 杨芳萍, 王生荣. HMW—GS 对小麦品质的影响及品质性状与抗条锈性的关系[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2003.
- [24] Gianibelli M C, Larroque O R, Macrithie F, *et al.* Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits [J]. *Cereal Chem*, 2001, 78(6): 635—646.
- [25] 高翔, 李硕碧. 小麦高分子量谷蛋白亚基对加工品质影响的效应分析[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(4): 771—779.
- [26] 吴春太, 徐如宏, 张庆勤, 等. 小麦远缘杂交后代高分子量谷蛋白亚基分析[J]. *山地农业生物学报*, 2003, 22(16): 477—480.
- [27] 黄金金, 徐如宏, 张庆勤. 远缘杂交后代材料的高分子量买谷蛋白亚基组成分析[J]. *麦类作物学报*, 2003, 23(2): 23—26.
- [28] 任明见, 单银丽, 徐如宏. 贵州主栽小麦品种高分子量麦谷蛋白亚基组成分析[J]. *山地农业生物学报*, 2004, 23(2): 95—99.
- [29] 化斌, 高庆荣. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基研究方法及应用进展[J]. *麦类作物学报*, 2003, 23(增): 91—96.

## 国家“863”科技专项“大白菜游离小孢子

### 培养技术体系的创建及其应用”取得技术突破

由河南省农科院生物技术研究所承担的国家“863”科技专项、省重点科技专项“大白菜游离小孢子培养技术体系的创建及其应用”通过了河南省科技厅组织的专家鉴定。

该项目从 1989 年开始, 历经 16 年的系统研究, 首次对大白菜活体小孢子在自然条件和培养条件下发育特点进行了系统研究, 发现了由小孢子诱导成胚的机理, 成功地创建了大白菜游离小孢子高效培养技术体系, 在国内外首次育成不同类型的优质、抗病大白菜新品种 5 个, 首次将大白菜游离小孢子培养技术大规模应用于育种实践, 显著缩短了育种周期, 由过去的 10~12 年缩短到现在的 5~7 年。该技术所育成的新品种已在河南、河北、山西、山东、湖北、江苏、安徽等 7 个大白菜主产省累计推广 35.7 万  $\text{hm}^2$ , 直接创造经济效益 12.7 亿元。

摘自《种子世界》