

# 小麦 Glu-D1 位点近等基因系间 谷蛋白大聚合体含量差异及其与品质的关系

宋庆杰

(黑龙江省农业科学院 作物育种研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为给小麦品质改良提供理论依据,选用不同品质类型的 3 对 Glu-D1 位点变异的近等基因系为材料,研究 Glu-D1 位点麦谷蛋白亚基变异对小麦谷蛋白大聚合体(Glutenin macro polymer,GMP)含量的影响及品质变化情况。结果表明:Glu-D1 位点近等基因系间 5+10 亚基类型 GMP 含量明显高于 2+12 或 3+12 亚基类型 GMP 含量,3 对近等基因系平均增加 24.23%。GMP 含量在与面粉加工品质的关系上,同一品种不同亚基类型间随着 GMP 含量的增加,干湿面筋含量、Zeleny 沉降值、稳定时间、抗延阻力及拉伸面积等均有不同程度的提高,其中与 Zeleny 沉降值、抗延阻力及拉伸面积等关系最为密切。同时讨论了 GMP 含量作为小麦品质评价指标的可能性。

**关键词:**小麦;近等基因系;GMP 含量;品质

**中图分类号:**S512.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)09-0099-03

谷蛋白大聚合体(Glutenin macro polymer,GMP)是一种 SDS-不可溶性谷蛋白大聚合体(不溶于 SDS,又称为胶原蛋白),主要包括高分子量麦谷蛋白亚基和低分子量麦谷蛋白亚基,它是小麦品质基因与环境互作的基础<sup>[1-2]</sup>。研究认为,谷蛋白大聚合体的分子量是决定面团物理特性的主要因素,在一定范围内谷蛋白大聚合体数量的增加可以提高面团品质<sup>[3-7]</sup>。研究表明,谷蛋白亚基主要通过影响 GMP 含量及质量进而决定面筋的粘弹性<sup>[8-12]</sup>。因此,小麦高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)和 GMP 的关系成为近些年来国内外小麦品质研究的热点。但目前 GMP 与高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)的关系及在不同 HMW-GS 遗传背景下 GMP 与各主要品质性状间的关系方面尚无一致的结论,其主要原因是多以遗传背景不同的品种为试验材料进行研究,从而无法排除遗传背景的干扰,不能准确阐明 GMP 变化规律及其对小麦加工品质的作用。

以不同品质类型的 3 对近等基因系为材料,研究谷蛋白大聚合体含量与不同高分子量麦谷蛋白亚基及其它品质的相互关系,可排除遗传背景干扰,更准确地揭示出谷蛋白大聚合体含量与高分子量麦谷蛋白亚基 Glu-D1 位点等位基因间的关系,以及谷蛋白大聚合体含量对小麦各项品质指标的影响。可在蛋白水平上预测小麦加工品质状况,进而用于品质育种早期世代品质评价,同时为探索谷蛋白大聚合体遗传规律和优质麦育种提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选用黑龙江省不同品质类型的 3 对 Glu-D1 位点变异的近等基因系为材料,分别为:强筋小麦龙麦 20(HMW-GS 组成:1,7+8,2+12、其生物型 1,7+8,5+10 为回交 6 代)、中筋小麦克丰 3 号(HMW-GS 组成:2\*,7+8,3+12、其生物型 2\*,7+8,5+10 为回交 6 代)和弱筋小麦垦大 4 号(HMW-GS 组成:1,7+9,2+12、其生物型 1,7+9,5+10 为回交 6 代)。5+10 亚基来自于墨西哥国际玉米小麦改良中心的小麦系 PSN/BOW(HMW-GS 类型 1,17+18,5+10)。SDS-PAGE 分析表明,近等基因系间除 Glu-D1 位点不同外,其余谱带均相同(见图 1)。

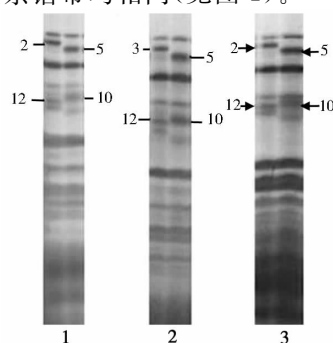


图 3 对近等基因系麦谷蛋白电泳图谱  
1:龙麦 20(左 1,7+8,2+12、右 1,7+8,5+10);2:克丰 3 号(左 2\*,7+8,3+12、右 2\*,7+8,5+10);3:垦大 4 号(左 1,7+9,2+12、右 1,7+9,5+10)

### 1.2 种植方法

将供试材料种植在黑龙江省农业科学院试验田,采用双行种植,行长 3 m,3 次重复,收获后制

收稿日期:2010-07-20

基金项目:黑龙江省农业创新重点资助项目(2008CHJ01A2)

作者简介:宋庆杰(1971-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,副研究员,从事小麦遗传育种研究。E-mail:sqj10916@163.com。

粉。相应的肥水条件、栽培措施按常规进行。

### 1.3 电泳分析

麦谷蛋白的 SDS-PAGE 电泳按张延滨等<sup>[11]</sup>的方法进行,分离胶浓度(T)为 12%,交联度(C)为 1.4%;浓缩胶浓度(T)为 3%,交联度(C)为 2.6%。HMW 麦谷蛋白亚基编号按 Payne and Lawrence<sup>[13]</sup>的命名方法。

### 1.4 GMP 含量测定

GMP 含量的测定按孙辉的研究方法<sup>[2]</sup>稍做改变。向 0.05 g 小麦面粉中加入 1 mL 1.5% 的 SDS 提取液,常温下 15 500 g 离心 15 min,弃上清液,采用双缩脲法测定残余物中氮的含量作为 GMP 的近似含量,每样作 2 次重复,取平均值。

### 1.5 品质分析

品质分析全部采用国际通用仪器按国家标准(GB)或 AACC 标准。用德国 Brabender 公司的 Junior 试验磨粉机,按 AACC 26-20 方法制粉,磨粉后用 100 目筛过筛;面粉蛋白含量用瑞典 Perten 公司的 DA7200 型连续光谱固定光栅分析仪(DA7200 Diode Array Analyzer)测定;干、湿面筋含量用瑞典 Perten 公司的 Glutomatic 2200 面筋自动分析仪(Gultomatic System),按 GB/

T14608-93 方法测定;Zeleny 沉降值参照 AACC 方法 56-61A 进行;面团流变学特性用 Brabender 公司的粉质仪(FARI-NOGRAPH)和拉伸仪(EX TENSOGGRAPH)分别按 GB/T14614-93 方法和 GB/T14615-93 方法测定。

### 1.6 统计分析

用 Excel 中的 TTEST 计算各近等基因系间成对数据 t 检验的概率值。

## 2 结果与分析

### 2.1 Glu-D1 位点等位基因的变异对 GMP 含量的影响

面粉中的 GMP 含量受 Glu-D1 位点等位基因变异的影响。从表 1 可以看出,不同品种的近等基因系间成对数据的 GMP 含量存在显著差异( $P < 0.05$ ),即对于同一品种,5+10 亚基类型的 GMP 含量明显高于 2+12 或 3+12 亚基类型,3 个品种分别增加 36.19%、23.93% 和 12.57%;如果消除蛋白质含量差异的干扰,使 GMP 含量/蛋白质含量,则同样可以得出上述结论( $P = 0.05$ )。其中强筋类型小麦龙麦 20 在 Glu-D1 位点转成 5+10 亚基后 GMP 含量增加幅度最大。

表 1 不同品种近等基因系间 GMP 含量及品质分析结果比较

项目	品种						P 值
	龙麦 20		克丰 3 号		垦大 4 号		
	2+12	5+10	3+12	5+10	2+12	5+10	
GMP 含量/%	3.15	4.29	1.63	2.02	3.82	4.30	0.04
蛋白质含量/%	13.53	12.53	12.72	13.97	13.44	13.30	0.43
GMP 含量/蛋白质含量	0.23	0.34	0.13	0.14	0.28	0.32	0.05
湿面筋/%	33.20	27.40	32.60	34.80	30.90	32.30	0.40
干面筋/%	9.90	9.20	9.90	10.80	9.80	10.20	0.36
Zeleny 沉降值/mL	40.90	42.30	32.60	35.20	28.60	35.40	0.03
形成时间/min	8.50	2.00	2.40	2.50	1.50	1.70	0.08
稳定时间/min	18.00	20.00	4.00	11.00	1.00	2.10	0.10
抗延阻力/EU	582.00	638.00	355.00	495.00	210.00	378.00	0.04
拉伸面积/cm <sup>2</sup>	154.20	184.60	74.90	88.90	35.50	79.30	0.04

注:表中数据为 3 次重复的平均值,P 值为近等基因系间成对数据 t 检验的概率值。

表 2 GMP 含量与各品质性状的简单相关系数

	蛋白质含量	GMP 含量/ 蛋白质含量	湿面筋	干面筋	Zeleny 沉降值	形成时间	稳定时间	抗延阻力	拉伸面积
GMP 含量	0.003	0.996	-0.663	-0.252	0.343	-0.834	0.094	0.073	0.248

### 2.2 GMP 与蛋白质含量的关系

各近等基因系间蛋白质含量略有差异,但差异不显著( $P > 0.05$ ),推测可能是由栽培条件的差异引起的。在 GMP 含量与蛋白质含量关系上,两者无显著相关。说明 Glu-D1 位点等位基因的变异仅影响 GMP 含量的变化,而对蛋白质含量无显著影响。

### 2.3 GMP 与干、湿面筋的关系

由表 1 可知,各近等基因系间干、湿面筋含量均略有差异,在统计学上差异不显著( $P > 0.05$ )。但同一品种不同亚基类型间,随差 GMP 含量的增加干面筋含量均有提高。说明等位基因变异对干面筋含量的影响可以通过改变 GMP 含量来实现。强筋小麦龙麦 20 近等基因系间湿面筋含量随着 GMP 含量的增加而降低,可能是由于强筋小麦 Glu-D1 位点转入 5+10 亚基后,使原本很高的面筋质量又得到进一步的改善,从而降低其吸

水性能,因此,湿面筋含量有所下降。

### 2.4 GMP 与 Zeleny 沉降值的关系

Zeleny 沉降值是反映小麦面粉品质的一个重要指标,由表 1 可知,5+10 亚基组类型的 Zeleny 沉降值与其相应的 2+12 或 3+12 亚基组相比,分别提高 7.44%、7.98% 和 23.78%,其 2+12 或 3+12 亚基类型与 5+10 亚基类型成对数据均数的差异显著( $P < 0.05$ ),且与 GMP 含量呈一定的正相关( $r = 0.260$ ),研究证明:沉降值越高,面粉加工品质越好,因此,GMP 含量能较好地反映加工品质的优劣,可作为一个品质鉴定选择的指标。

### 2.5 GMP 与粉质仪参数的关系

各品种近等基因系间,5+10 亚基与 2+12 或 3+12 亚基的形成时间和稳定时间在统计学上差异均不显著( $P > 0.05$ )。但同一品种内,由于 Glu-D1 位点等位基因的变异,形成时间和稳定时

间随着 GMP 含量的增加都有不同程度的提高,不同品种类型的小麦增加幅度有较大差别,其中强筋麦和弱筋麦稳定时间增加较小,分别提高了 2.0 min 和 1.2 min 而中筋麦增加较大,提高了 7.0 min,说明对于中筋麦有较大的品质改善空间。但不论 GMP 含量增加多少,都可以说明 GMP 含量的增加可以改善小麦品种的粉质特性。

### 2.6 GMP 与拉伸参数的关系

各近等基因系间抗延阻力和拉伸面积成对数据均存在极显著差异( $P < 0.05$ ),同一品种内由于 Glu-D1 位点等位基因的变异,抗延阻力和拉伸面积随着 GMP 含量的增加而增加。这一结果说明 GMP 含量的增加可以改善小麦品种的拉伸特性。

## 3 结论与讨论

本研究采用不同品质类型的近等基因系为材料,研究谷蛋白大聚合体含量与不同高分子量麦谷蛋白亚基及小麦品质的相互关系。结果表明,作为谷蛋白聚合体分布指标的 GMP 含量受 Glu-D1 位点等位基因变异的影响。同一品种 5+10 亚基类型 GMP 含量明显高于 2+12 亚基类型 GMP 含量,3 个品种平均增加 24.23%。说明 Glu-D1 位点等位基因变异是通过改变 GMP 含量和分子量分布来影响面筋蛋白的特性,进而影响面团的品质,优质亚基为形成较高的谷蛋白聚合体提供较好的遗传基础。因此,该试验也说明在遗传背景不同情况下,5+10 亚基对小麦品质的贡献要大于 2+12 亚基对品质的贡献。

而对于由 5+10 亚基或 2+12 亚基组成的不同品质类型的小麦品种,由于影响 GMP 含量的因素诸多,致使不是所有含有 5+10 亚基的品种 GMP 含量都高于含有 2+12 亚基的品种,另外不同品种形成的 GMP 分子量分布上的不同,也可能是造成品种间品质差异的原因,由于该项研究的参试材料数量较少无法准确说明这一点,还有待进一步研究。

在与面粉加工品质的关系上,随着 GMP 含量的增加干湿面筋含量、Zeleny 沉降值、稳定时间、抗延阻力及拉伸面积等均有不同程度的提高,其中与 Zeleny 沉降值、抗延阻力及拉伸面积等关系最为密切。通过分析表明,等位基因变异对 Zeleny 沉降值、抗延阻力及拉伸面积等的影响可能是通过改变

GMP 含量来实现的。因此,GMP 含量可在蛋白水平上预测小麦加工品质状况,进而为品质育种尤其是早期世代材料提供可靠的品质评价指标。

### 参考文献:

- [1] Gupta R B, Khan K, MacRitchie F. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein[J]. J. Cereal Sci., 1993, 18: 23-41.
- [2] 孙辉,姚大年,刘广田,等. 小麦谷蛋白大聚合体含量的影响因素[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(2): 23-27.
- [3] Bean S R, Lyne R K, Tilley K A, et al. A rapid method for quantitation of insoluble polymeric proteins in flour [J]. Cereal Chemistry, 1998, 75(3): 374-379.
- [4] Fu B X, Sapirstein H D. Procedure for isolation monomeric protein and polymeric glutenin of wheat flour[J]. Cereal Chemistry, 1996, 73(1): 143-152.
- [5] Zhu J, Khan K. Characterization of glutenin protein fractions from sequential extraction of hard red spring wheats of different breadmaking quality[J]. Cereal Chemistry, 2004, 81(6): 681-685.
- [6] Comec M, Popineau Y, Lefebvre. Characterization of glutenin subfractions by SE-HPLC and dynamic rheological analysis in shear [J]. Journal of Cereal Science, 1994, 19: 131-139.
- [7] Gupta R B, Masci S, Lafiandra D, et al. Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheats [J]. Journal of Experimental Botany, 1996, 47: 1377-1385.
- [8] Gupta R B, Masci S, Lafiandra D, et al. Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheats [J]. Journal of Experimental Botany, 1996, 47: 1377-1385.
- [9] 张明, 栾涛, 王岳光. 小麦高分子量谷蛋白亚基与谷蛋白大聚合体含量关系的研究[J]. 莱阳农学院学报, 2005, 22(2): 112-114.
- [10] 孙辉. 小麦谷蛋白亚基与烘烤品质的关系及 Glu-D1 位点基因多态性的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1998.
- [11] 裴玉贺, 潘启苗, 宋琳, 等. 小麦谷蛋白大聚合体与 HMW-GS 的关系[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(1): 61-65.
- [12] 张延滨, 祁适雨, 肖志敏, 等. 适用于我国小麦品质育种的 SDS-PAGE 方法[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 1997(5): 60-63.
- [13] Payne P I, Lawrence G J. Catalogue of alleles for the complex-loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat [J]. Cereals Research Communications, 1983, 11: 29-35.

## Relationship between GMP(Glutenin Macro Polymer) Content Difference and Flour Quality in Different Glu-D1 Locus of Wheat Near-isogenic Lines

SONG Qing-jie

(Crop Breeding Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** Three pairs of near-isogenic lines(NILS) of wheat involving variable Glu-D1 locus were used to study Glu-D1 locus of variable glutenin subunits result in GMP content and flour quality change. The results showed that the GMP content of 5+10 subunits were significantly higher than that of the 2+12 or 3+12 subunit type, three pairs of near-isogenic lines increased by an average of 24.23%. The relationship between GMP content and flour processing quality, protein content, dry and wet gluten content, zeleny sedimentation value, stabilization time, resistance against extension and extension area was positive correlation, and closely related with zeleny sedimentation value, stabilization time, resistance against extension and extension area. But the effect on sedimentation was little.

**Key words:** wheat; near-isogenic lines(NILS); GMP content; flour quality