

小麦谷蛋白聚合体粒度分布与面粉揉面特性关系的研究

赵惠贤¹, 胡胜武², 吉万全², 薛秀庄², 郭蔼光¹, Daryl Mares³

(¹西北农林科技大学生命科学院, 陕西杨凌 712100; ²西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100;

³澳大利亚悉尼大学植物育种研究所, Narabri, NSW 2390)

摘要: 选用在谷蛋白 Glu-1 和 Glu-3 的 5 个位点(除 Glu-A1 位点外)上均带有不同等位基因的小麦品种 Suneca 和 Cook 的杂交 F₄ 代群体中谷蛋白各亚基位点均为纯合基因的 60 个系, 测定基因型不同的系间谷蛋白聚合体粒度分布和面粉揉面特性的变异, 研究小麦谷蛋白聚合体粒度分布与面粉揉面特性的关系。结果表明, 不同的谷蛋白基因型, 其谷蛋白聚合体粒度大小相对分布(即 UPP%) 和面团形成时间(即揉面曲线图峰值的和面时间, PTM)均有显著差异。面粉的揉面曲线形状与其 UPP% 值密切相关, UPP% 与 PTM 呈极显著正相关, 与揉面曲线图峰高(PHM)呈显著负相关; 与面粉蛋白质含量(FP%) 相比, UPP% 对 PTM 和 PHM 的影响更大些, 可作为育种早期品质性状选择的一个指标。

关键词: 小麦; 麦谷蛋白聚合体; 粒度分布; 揉面特性

中图分类号: S512.101 文献标识码: A 文章编号: 0578-1752(2001)05-0475-05

Study on Relationship Between the Size Distribution of Glutenin Polymeric Protein and Wheat Flour Mixing Properties

ZHAO Hui-xian¹, HU Sheng-wu², JI Wan-quan², XUE Xiu-zhuang², GUO Aiguang¹, Daryl Mares³

(¹ College of Life Science, Northwest Science & Technology University of Agriculture & Forestry, Yangling Shaanxi

712100; ² College of Agronomy, Northwest Science & Technology University of Agriculture & Forestry,

Yangling Shaanxi 712100; ³ Plant Breeding Institute, the University of Sydney, Narabri, NSW, 2390, Australia)

Abstract: Parental varieties Suneca and Cook have contrasting alleles at each of the five glutenin subunit loci (Glu-B1, Glu-D1, Glu-A3, Glu-B3, and Glu-D3), a set of 60 lines homozygous at these loci from the F₄ progeny population of Suneca × Cook was chosen to analyze the variation of the size distribution of glutenin polymeric protein (measured by SE-HPLC) and flour mixing properties of these lines and study relationship between the size distribution of glutenin polymeric protein and wheat flour mixing properties. The results showed that there were very significant differences among the relative size distributions of glutenin polymeric protein (i.e. percentage of unextractable polymeric protein in the total polymeric protein, or UPP%) and dough development times (i.e. peak time of mixograph, or PTM) of different homozygous lines, respectively. Flour mixograph shape was closely related to UPP% value. The results also indicated that UPP% was very strongly positive correlation with PTM and negative correlation with peak height of mixograph (PHM). Comparing with flour protein content (FP%), UPP% gave greater effect on PTM and PHM, i.e. flour mixing properties, and it can be considered as one of criteria for quality selecting from early generation of breeding program.

收稿日期: 2000-07-11

基金项目: 杨凌农业科技开发基金(97J-16) 和陕西省自然科学基金资助项目(99SM-11)

作者简介: 赵惠贤(1965-), 女, 陕西临潼人, 副研究员, 在读博士, 主要从事小麦品质遗传改良和生物技术研究兼教学工作。Tel: 029-7095043;

Fax: 029-7083333; E-mail: Huzhao@public.Xa.Sn.Cn

Key words: Wheat; Glutenin polymeric protein; Size distribution; Mixing properties

小麦种子醇溶蛋白和谷蛋白分别为面团延展性与弹性的主要决定因素。谷蛋白亚基决定面团弹性的作用主要依赖于其通过分子间二硫键形成较大的聚合体的能力^[1]。最新研究证明, 面团中高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)呈链状存在, 构成聚合体的网络结构; 低分子量谷蛋白亚基(LMW-GS)成簇存在, 于网络结构中构成聚合体的分支; 醇溶蛋白以单个颗粒随机分布, 填充于谷蛋白大聚合体空间内^[2]。研究还表明谷蛋白聚合体的含量和组成影响着面团特性, 决定面团弹性的并非谷蛋白聚合体的总量, 而是谷蛋白大聚合体(即 SDS-不溶性聚合体蛋白)的含量; 谷蛋白聚合体粒度大小相对分布表现出极大的遗传差异, 与生长环境无关^[3-6]。小麦谷蛋白大聚合体含量与烘烤品质的关系最近已有研究^[4,7]。但关于谷蛋白聚合体的组成及粒度分布与面团特性的相关关系尚未见报道。

本研究选用在谷蛋白 Glu-1 和 Glu-3 位点带有不同等位基因的小麦品种 Suneca 和 Cook 杂交 F₄ 代群体为材料, 研究谷蛋白聚合体粒度大小相对分布与揉面特性的关系。旨在为小麦育种中亲本及早

代材料的品质筛选提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料来源及筛选

研究选用悉尼大学植物育种研究所(Cobbity, NSW) G. Brown 博士提供的 Suneca 与 Cook 杂交 F₃ 代 98 个株系, Suneca 和 Cook 在澳大利亚被小麦评审委员会定名为优质的商品小麦^[8], 这两个品种在 Glu-1 和 Glu-3 的 5 个位点上带有不同等位基因, 其各位点基因及蛋白亚基组成见表 1。将其种植于悉尼大学植物育种研究所(Narabri, NSW) 试验田中, 每株系种 2 行区, 行长 5m, 每行 50 株, 按区收获, 用 Quadrum at Junior 实验磨制成面粉, 供分析用。

赵会贤等^[3]对这 98 个系的 HMW-GS 和 LMW-GS 组成进行了分析, 发现其中有 60 个系在 Glu-1 和 Glu-3 各位点均为纯合基因。本研究重点测定 60 个纯合系的谷蛋白聚合体粒度分布和面粉揉面曲线。

表 1 亲本 Suneca 和 Cook 麦谷蛋白各位点的等位基因及 HMW 和 LMW 麦谷蛋白亚基组成

Table 1 HMW and LMW glutenin subunits and allele constitution of parental cultivars Suneca and Cook

蛋白质类型 Protein class	基因位点 Locus	等位基因及麦谷蛋白亚基成分 Allelic and subunit composition	
		Suneca	Cook
HMW 麦谷蛋白亚基 HMW glutenin subunits	Glu-A1	a(1)	a(1)
	Glu-B1	i(17+18)	u(7*+8)
	Glu-D1	d(5+10)	a(2+12)
LMW 麦谷蛋白亚基 LMW glutenin subunits	Glu-A3	d	b
	Glu-B3	h	b
	Glu-D3	e	b

1.2 面粉蛋白质含量(FP%)测定

用近红外反射法(NIR)测定, 换算为 12% 的湿基。

1.3 谷蛋白聚合体粒度分布的测定

用粒度排除-高效液相色谱法(SE-HPLC)进行测定。面粉中可溶性及不溶性蛋白质的提取和 SE-HPLC 分离按照 Gupta 和 Batey 的方法^[4,9], 蛋白质含量及不溶性谷蛋白聚合体占谷蛋白聚合体总含量的百分数(简称为谷蛋白聚合体粒度大小相对分布, 用 UPP% 表示)的计算与赵会贤^[3]等方法相同。

1.4 面粉揉面曲线参数的测定

用在 10g 微量揉面仪上测得的揉面曲线来评价面粉揉面特性及面团的品质。因不具备粉质仪, 无法先测定面粉吸水率, 故揉面曲线参数测定中适宜加水量按悉尼大学植物育种研究所根据研究经验所编的《小麦品质测试手册》, 按面粉蛋白质含量加水, 15% 的蛋白质(14% 湿基)用 65% 的吸水量, 以此为标准, 蛋白质含量每增加或降低 1 个百分点, 则吸水量相应增加或降低 1 个百分点, 即称 10g 面粉, 置于揉面钵中, 加适量水, 在微量揉面仪上搅拌 7min, 仪器记录下揉面曲线图, 从该曲线可得到下列参数: (1)和面时间即面团最适宜的形成时间(曲线峰值点

对应的时间, PTM); (2) 揉面曲线峰下缘高度(Y1); (3) 揉面曲线峰上缘高度(Y2); (4) 揉面曲线峰高, PHM, 其值= $1/2(Y1 + Y2)$; (5) 揉面曲线峰宽, PWM, 其值= $Y2 - Y1$ 。

1.5 统计分析方法

数据的方差分析和相关分析用 Microsoft Excel Analysis Tool Pak. (developed by Grey Matter International Inc.) 进行。

2 结果与分析

2.1 亲本品种及 F₄ 纯合系面粉的揉面特性

按照澳大利亚小麦面粉揉面曲线形状及加工品质特性, 将 Suneca 和 Cook 及其杂交 F₄ 代的 60 个纯合系的揉面曲线归分为以下 4 种类型(图):

I . 和面时间为 3~ 5 m in, 曲线在峰值两侧的

部分接近对称, 该类型代表澳大利亚高蛋白硬质小麦。亲本 Cook 的揉面曲线即属此类, 其和面时间为 3.9 m in。F₄ 代纯合系中有 35% 的系揉面曲线属 I 类;

II . 和面时间很长, 超过 6.0 m in, 面团强度很大。F₄ 代纯合系中有 20% 的系揉面曲线属 II 类;

III . 曲线图形与 I 类型相似, 但和面时间稍长且曲线尾部较宽。亲本 Suneca 属此类型, 其和面时间为 4.8 m in。F₄ 代纯合系中有 25% 的系揉面曲线属 III 类;

IV . 和面时间很短(一般 < 3.0 m in) 或和面时间同 III 类型, 但曲线达峰值后立即快速下降, 留下窄而长的尾部, 表明耐揉性差。F₄ 的纯合株系中有 20% 的系揉面曲线属 IV 类。

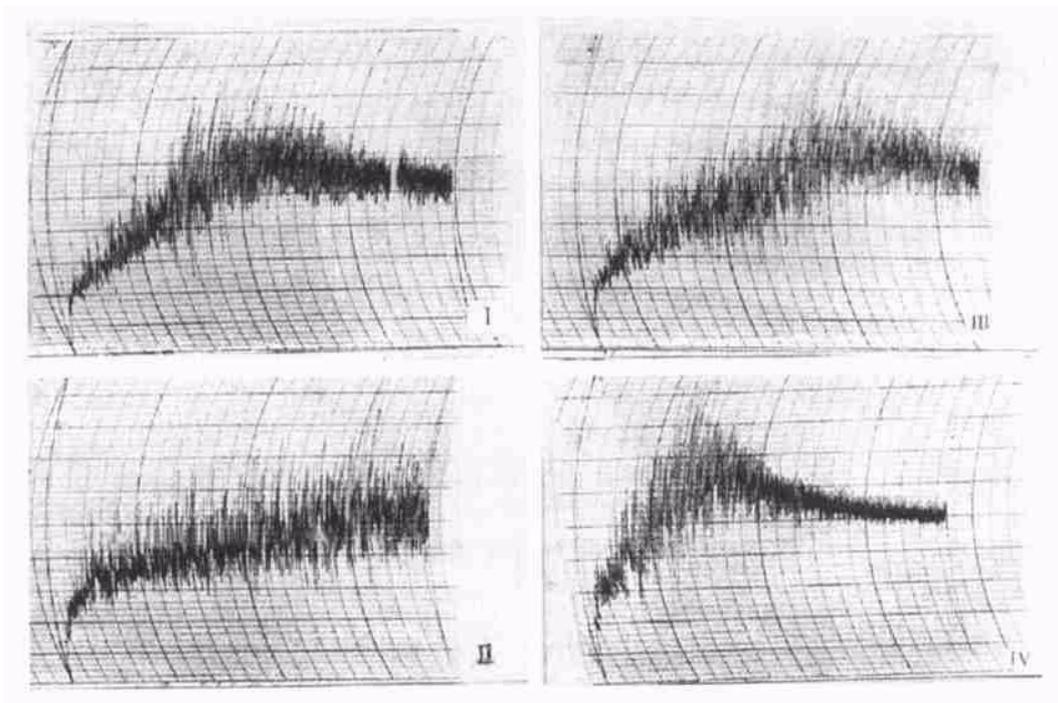


图 Suneca 与 Cook 杂交 F₄ 代纯合系面粉揉面曲线主要类型

Fig. A catalogue of major mixograph types from F₄ of Suneca × Cook

2.2 亲本品种和 F₄ 纯合系谷蛋白基因型及其谷蛋白聚合体粒度相对分布

亲本 Suneca 和 Cook 面粉的蛋白质含量分别为 15.6% 和 14.7% (12% 湿基), 谷蛋白聚合体粒度大小相对分布分别为 58.4% 和 55.2%。F₄ 的 60 个纯合系的谷蛋白基因组合类型有 15 种, 表 2 只列出了株系数大于 4 的基因组合类型, 只在 Glu-D3 位点有等位变异的系, 因其 UPP% 无差异, 则被合并

为同组。不同基因型间的 UPP% 值有显著差异 ($F = 9.09 > 4.42, P < 0.01$)。对具有不同揉面曲线类型的 4 类后代的谷蛋白聚合体粒度大小相对分布进行方差分析表明, 这 4 类后代间 UPP% 值差异极显著 ($F = 48.38, P < 0.01$)。具有揉面曲线类型 II 的后代, 面团形成时间很长, 面团强度很大, 其谷蛋白聚合体中大聚合体所占的比例平均最大 (64.6%); 具有揉面曲线类型 IV 的后代, 耐揉性最差, 其谷蛋白聚

合体中大聚合体所占的比例平均最少(41.2%);揉面曲线类型为I 和III的后代,其面团流变学特性均衡性较好,能适应于一定终产品加工需要,其谷蛋白

聚合体中大聚合体的相对比例适中(平均值分别为54.0%和55.0%),这说明揉面曲线类型与谷蛋白聚合体粒度大小相对分布密切相关。

表 2 麦谷蛋白基因组合不同系的面粉品质特性

Table 2 Different gluten in allele combinations in relation to flour properties

基因组合	Glu-A1	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	Glu-B1	i	u	u	i	u	u	i	i	i
	Glu-D1	d	d	d	d	a	d	aa	a	a
Allele combination	Glu-A3	b	d	b	d	b	d	b	d	b
	Glu-B3	b	b	b	h	b	h	b	h	h
株系数 Number of line		5	4	9	5	6	5	5	6	4
UPP% 平均值 ¹⁾ Mean values of UPP%		69.2	64.5	61.7	58.5	55.8	53.7	47.2	41.8	40.2
		a	a	a	ab	b	b	bc	c	c
和面曲线类型 Mixograph type		1I	2III	5III	5III	6I	2I	3I	1I	1I
		4II	2II	4II			3III	2IV	5IV	3IV

¹⁾平均值下的不同小写字母表示在 P < 0.05 水平上有差异 Means with different small letters are different at P < 0.05 level

2.3 谷蛋白聚合体粒度大小相对分布与揉面曲线参数间的相关关系

对 F₄ 的 60 个纯合系的面粉蛋白质含量、谷蛋白聚合体粒度大小相对分布和其揉面仪曲线参数进行相关分析(表 3)。从表 3 可以看出,面粉蛋白质含量和谷蛋白大聚合体的相对比例与面团形成时间呈极显著正相关,与揉面曲线峰高呈显著负相关,与曲线峰宽不相关。从简单相关系数分析,UPP% 对面

团形成时间的影响似乎比面粉蛋白质含量的更大些。由于 FP% 和 UPP% 之间存在显著的正相关关系,会使这两个性状对揉面特性的效应互相混淆,从而使他们对揉面特性的效应虚假地偏大。为了进一步明确二者对揉面特性的真实作用,进行了多元统计分析。

从表 3 可以看出,当 UPP% 含量保持一定时,FP% 与面团形成时间的正相关由极显著变为显著,

表 3 FP% 和 UPP% 与面粉揉面曲线参数间相关关系¹⁾

Table 3 Correlationship between FP% or UPP% and parameter of Mixograph

揉面仪参数 Parameter of mixograph	株系数 Number of line	谷蛋白聚合体粒度相对分布 UPP(%)	面粉蛋白质含量 FP(%)
面团形成时间 PTM	60	0.7605* * / 0.6012* *	0.5026* * / 0.3002*
揉面曲线峰高 PHM	60	- 0.4825* / - 0.3460	- 0.4276* / 0.2821
揉面曲线峰宽 PWM	60	0.1764/0.1357	0.3285/0.2418

¹⁾“/”前为简单相关系数,后为偏相关系数;* 和* * 分别表示 5% 和 1% 的水平显著

The numbers in front of “/” are simple correlation coefficient and those in the back of “/” are partial correlation coefficient; * * and * are significant at P < 0.01 and P < 0.05 level respectively; FP(%) : Flour protein content (%); PTM : Peak time of mixograph; PHM : Peak height of mixograph; PWM : Peak width of mixograph

与揉面曲线峰高的相关性由原来显著负相关降为不相关。说明当 UPP% 含量保持一定水平,面粉蛋白质含量对面粉面团形成时间和揉面曲线峰高影响不大;当 FP% 保持一定时,UPP% 与面团形成时间和揉面曲线峰高的相关性依然极显著。说明 UPP% 值对揉面特性的作用受面粉蛋白质含量的影响较小,即与蛋白质含量相比,UPP% 值对反映面筋强度的面团形成时间的影响更大些。

3 讨论

小麦谷蛋白聚合体的组成、含量和粒度分布影

响着面团特性。谷蛋白大聚合体的含量受 Glu-1 位点基因等位变异和环境等的影响^[3,10],与烘烤品质有密切关系^[7,10-12];谷蛋白聚合体粒度大小相对分布由谷蛋白基因型决定,很少受生长环境的影响^[1,6]。因此,在育种中可以根据遗传差异用可靠的生化指标来预测小麦加工品质特性。本试验选用 Suneca × Cook 杂交 F₄ 代群体中谷蛋白纯合系,这就为研究相似遗传背景下谷蛋白聚合体粒度分布与面粉揉面特性的关系提供了可能;研究结果发现揉面曲线类型与谷蛋白聚合体粒度大小相对分布密切相关。对面粉蛋白质含量(FP%),UPP% 与揉面曲

线参数间的相关和偏相关关系做了进一步分析, 结果表明, 与 FP% 相比, UPP% 值对面团形成时间的影响更大。孙辉(1998)用其它遗传背景的小麦品种研究谷蛋白大聚合体含量与小麦面粉烘烤品质的关系, 其结果与该研究结果相一致^[7]。这些结果都表明, 谷蛋白聚合体粒度大小相对分布或谷蛋白大聚合体含量可以用来作为育种早代材料品质性状选择的一个可靠的生化指标, 该指标对育种工作者将极为有用。因其测定所需样品量很少, 且测定步骤简单, 在育种中从 F₂ 代开始即可对大量后代材料的加工品质进行追踪筛选, 以获得加工品质理想的品系(种)。

References:

- [1] Shepherd K W. Proc. 7th International Wheat Genetics Symposium (T E Miller and R M D Koebner eds) [M]. Cambridge, England, 1988: 919- 931.
- [2] Lindsay M P, J H Skerritt. Immunocytochemical localization of gluten proteins uncovers structural organization of glutenin macropolymer [J]. Cereal Chem. 2000, 77(3): 360- 369.
- [3] Zhao H X, Hu S W, Ji W Q, et al. Effects of allelic variation at glutenin subunit loci Glu-1 and Glu-3 on the size distribution of polymeric protein [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1998, 31(1): 69- 75. (in Chinese)
赵会贤, 胡胜武, 吉万全, 等. 麦谷蛋白亚基 Glu-1 和 Glu-3 位点基因等位变异对籽粒聚合体蛋白粒度分布的影响 [J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 69- 75.
- [4] 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. of Cereal Sci. 1993, (18): 23- 41.
- [5] Gupta R B, MacRitchie F. Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Glr1 of common wheats. Biochemical basis of the allelic effects on dough properties [J]. J. Cereal Sci. 1994, 19: 19- 29.
- [6] Moonen J E, Scheepstra A, Graveland A. Biochemical properties of some high molecular weight subunits of wheat glutenin [J]. J. Cereal Sci. 1985, 10: 17- 27.
- [7] Sun H, Yao D N, Li B Y, et al. Study on correlation between the content of glutenin macropolymer and baking quality of common wheat [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 1998, 13(6): 13- 16. (in Chinese)
孙辉, 姚大年, 李保云, 等. 普通小麦谷蛋白大聚合体的含量与烘烤品质的相关关系 [J]. 中国粮油学报, 1998, 13(6): 13- 16.
- [8] Bulk Grain [J]. Australian Wheat Board, 1988, 22: 80- 83.
- [9] Batey L L, Gupta R B, MacRitchie F. Use of size-exclusion high-performance liquid Chromatography in the study of wheat flour proteins: An improved chromatographic procedure [J]. Cereal Chemistry, 1991, 68: 207- 209.
- [10] Sui H, Yao D N, Li B Y, et al. Effects of genetic and environmental factors on the content of glutenin macropolymer [J]. Journal of Triticeae Crops, 2000, 20(2): 23- 27. (in Chinese)
孙辉, 姚大年, 李保云, 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.
- [11] Weegels P L, Pijpekamp A M, Van de G A, et al. Depolymerisation and repolymerisation of wheat glutenin during dough processing. I Relationships between glutenin macropolymer content and quality parameters [J]. J. Cereal Sci. 1996, 23: 103- 114.
- [12] MacRitchie F, D L DuCros, C W Wrigley. Flour polypeptides related to wheat quality [A]. Y Pomeranz (ed). Advances in Cereal Science and Technology [M]. 1990, 10: 709- 786.

欢迎投稿 欢迎订阅

2002 年《中国农业科学》(中、英文版)

《中国农业科学》是中国农业科学院主办的全国性、综合性、学术性刊物。主要刊登我国农牧业基础科学和应用科学研究论文。主要栏目有作物遗传育种·种质资源; 植物保护; 生理生态·耕作栽培; 土壤肥料·节水灌溉; 园艺; 贮藏·保鲜·加工; 畜牧·兽医; 综述与专论; 研究简报, 快讯等。读者对象主要是国内外各级农业科学研究所、农业院校、综合性大学等科研和教学人员、大学生、研究生等。

《中国农业科学》(中、英文版) 2002 年均均为月刊。

中文版为大 16 开, 96 页。国内统一刊号: CN11- 1328/S, 国际标准刊号: ISSN0578-1752, 邮发代号: 2-138, 国外发行代号: BM 43。每期定价 15.00 元。广告经营许可证: 京海工商广字第 0178 号。

英文版为大 16 开, 120 页。国内统一刊号: CN11-4720/S, 国际标准刊号: ISSN1671-2927, 邮发代号: 2-851, 国外发行代号: 1591M。国内定价每期 15.00 元, 国外定价每期 20.00 美元。

邮编及地址: 100081 北京中关村南大街 12 号; 电话: 010-68919808 68976244(传真); 电子邮件: zgnykx@mail.caas.net.cn; 网址: <http://www.ChinaAgriSci.com>