

基因型和环境对小麦主要品质性状参数的影响

邓志英, 田纪春*, 胡瑞波, 周晓芳, 张永祥

(山东省作物生物学重点实验室, 山东农业大学农学院小麦品质育种研究室, 山东 泰安 271018)

摘要: 利用 8 个冬小麦品种(系)于 2002 年种植在 8 个不同地点的试验结果, 分析了品种(系)、环境以及品种(系)与环境的互作对谷蛋白大聚合物(GMP)及其组成、面团揉混仪参数及烘烤品质等主要品质性状的影响。结果表明, 基因型对 GMP、高、低分子量谷蛋白亚基有显著影响, 说明 GMP 及其组成主要受基因型控制; 沉淀值、峰值时间(MPT)、8min 带宽(8TW)受环境影响程度比基因型小; 而品种、环境及其互作对面包体积都有显著影响。小麦品质性状间的相关系数受环境条件的影响, 不同地点品质性状间的相关系数不同。品种(系)和地点的互作效应在同一品种不同地点间是不同的, 即使在不利的环境下, 也有表现好的品种(系)。综合考虑对烘烤品质的影响, 烟台点和济麦 20 表现最好。因此, 进行品质评价时, 不同地点间不仅考虑蛋白质含量的变化, 还要考虑蛋白质质量、GMP 及其组成、沉淀值、中线峰值时间以及 8min 带宽的变化规律。

关键词: 冬小麦; 基因型; 环境; 品质性状

文章编号: 1000-0933(2006)08-2757-07 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Effects of genotype and environment on wheat main quality characteristics

DENG Zhi-Ying, TIAN Ji-Chun*, HU Rui-Bo, ZHOU Xiao-Fang, ZHANG Yong-Xiang (Key Laboratory of Crop Biology of Shandong Province, Wheat Quality Breeding Laboratory in Agronomy, Shandong Agriculture University, Taian, 271018, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 2757 ~ 2763.

Abstract: The effects of wheat cultivars, environments and their interactions on wheat quality characteristics such as GMP (Glutenin Macro-Polymer), high and low molecular weight of glutenin subunits (HMW-GS and LMW-GS), dough Mixograph and baking quality were analyzed by using 8 varieties, which were grown at eight different locations with 3 replications in 2002. The results indicated that the genotype had significant influence on GMP and GMP components. While the effects of environment on sedimentation volume value, Mid-Peak time and 8 time width appeared smaller than that of genotype, but the interactions between varieties and environments showed significant effect on bread volume besides genotype and environment, respectively. Through analyzing the correlations of quality characteristics, their coefficients not only were affected by environments but also appeared different from each other in different locations. Moreover, the interactions between genotype and environment for the same cultivars appeared different in different locations. Even if grown at adverse locations, some cultivars performed well. Generally thinking about the effects on baking quality, Jimai 20 appeared better than others', and so did Yantai environment. Therefore, GMP components, sedimentation volume value, Mid peak time and 8 time width should be considered besides protein content when evaluating the wheat quality.

Key words: winter wheat; genotype; environment; quality characteristics

基金项目: 山东省科技厅“超级小麦育种技术研究”资助项目(2003-108); 山东农业大学青年科技创新基金资助项目(005-23402)

收稿日期: 2005-07-25; 修订日期: 2006-01-15

作者简介: 邓志英, 女(1976-), 山东菏泽人, 博士, 主要从事小麦品质研究. E-mail: deng868@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jctian@sdau.edu.cn

Foundation item: The project was supported by The Research on Technology of Super Wheat Production in breeding Project of Shandong Province Government(No. 2003-108); The Youth Science and Technology Innovation of Shandong Agricultural University(No.005-23402)

Acknowledgement: The authors are grateful to Dr. Gary Hou from Wheat Marketing Center U. S. Wheat Associates for kindly reviewing the abstract

Received date: 2005-07-25; **Accepted date:** 2006-01-15

Biography: DENG Zhi-Ying, Ph. D., mainly engaged in wheat quality ecology. E-mail: deng868@163.com

小麦面粉品质变异大多是由面筋蛋白含量和组成的变化引起的。面筋蛋白主要由醇溶蛋白和谷蛋白构成,其中醇溶蛋白的合成受同源染色体组 1 和 6 染色体短臂上的多个基因簇控制,而谷蛋白由染色体组 1 的多个基因遗传产生,其中控制高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)的基因位于长臂上(一般称为 A 区),控制低分子量亚基(LMW-GS)的位于短臂上(一般称为 B + C 区);在面团的流变学特性上,醇溶蛋白主要起延伸性,谷蛋白起弹性作用^[1]。小麦品质性状与谷蛋白、醇溶蛋白的比值显著相关,随麦谷蛋白含量的增加,面筋含量、沉淀值、稳定时间等都显著增大,加工特性较好。HMW-GS 和 LMW-GS 对小麦加工品质也有影响,一般含 5 + 10 亚基的基因型小麦品质较好,但并不是所有含 5 + 10 亚基的小麦品种都有较好的稳定的品质特性^[13]。一般认为,亚基组成在遗传上是很稳定的,而亚基含量却受环境因素的影响^[2]。

大量研究表明,小麦籽粒品质既受遗传控制,也受环境条件的影响^[3]。同一品种在不同地点,不同年份种植后,其品质有明显差异,其中蛋白质含量差异可达 5 个百分点以上;同一品种在不同地区种植,麦谷蛋白/麦醇溶蛋白的比值变幅可达 0.99 ~ 2.84^[4]。在小麦籽粒各品质性状与环境互作的研究中,对籽粒蛋白含量^[5,6]的研究最多,而对谷蛋白大聚合体、高、低分子量谷蛋白亚基含量变化、面团流变学特性(揉混仪参数)、蒸煮品质和烘烤品质等研究较少。一般认为,同一品种在不同环境条件下其品质有明显差异,基因型与环境有显著的互作效应^[7]。本文利用 8 个冬小麦品种(系)在 8 个不同种植环境下的表现,研究了基因型、环境及其互作对 GMP、HMW-GS(A 区)、LMW-GS(B 和 C 区)、面团揉混仪参数及其烘烤品质的影响,旨在为小麦品质育种和优质小麦生产提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

8 个冬小麦品种(系)(烟 475、济麦 20、菏 26-5-39、烟 278、聊 9518、BY6218、潍 62036 和鲁麦 14)于 2002 年分别种植在 8 个不同地点(菏泽、德州、泰安、烟台、潍坊、淄博、聊城和济南),采用统一的试验设计和栽培管理。随机区组排列,3 次重复,6 行区,行长 8m,小区面积 12m²。基施厩肥 3m³/667m²,尿素 10kg,磷酸二铵 15kg,硫酸钾 16kg,氮肥占施氮总量的 40%;追肥施尿素 17.5kg/667m²,于拔节期结合浇水追施一次,占施氮总量的 60%。于拔节期、孕穗期和灌浆期共浇 3 次水。其它栽培管理同一般大田。

收获的种子贮藏 3 个月后,由山东农业大学农学院品质实验室提供的德国 Brabender 公司 Senior 磨进行磨粉,出粉率为 70%左右。

1.2 试验方法

1.2.1 GMP 的提取及含量测定 参考梁荣奇等^[8]所用方法,略有改动。称取 0.03g 面粉,采用酚试剂法^[9]测定。

1.2.2 HMW-GS 和 LMW-GS 的提取 参考梁荣奇等^[8]所用方法。沉淀(GMP)中加入 200ul 0.05mol/l SDS-磷酸钠缓冲液(pH6.8)(内含 0.5% SDS,20%甘油和 1% DTT),65℃振荡水浴 1h,12000r/min 离心 5min,收集上清液备用 SDS-PAGE 电泳。

1.2.3 SDS-PAGE 电泳 参考刘现鹏^[10]所用方法。北京六一仪器厂生产的 DYY-22A 型电泳装置。分离胶浓度 10%,浓缩胶浓度 3.75%,胶厚度 1mm;20 个上样孔,每个样品的点样量 10μl,重复 3 次,电流 15mA。

1.2.4 凝胶板的染色、脱色、照相及分析 电泳完毕后,用 0.05%考马斯亮兰 R250 染色 24h,然后用蒸馏水脱色 2d。用 ChemiImagerTMIS-4400 凝胶成像扫描系统进行凝胶分析。

1.2.5 蛋白质的测定 瑞典 Perten 公司生产 Znframatin8620 型近红外仪测定。

1.2.6 Zeleny-沉淀值测定 按 GB/T15685-1995 测定,结果校正到 14%水分含量。

1.2.7 揉混仪(Mixograph)参数测定 美国 National 公司生产的 10g 揉混仪系统,按 AACCS4-40 方法测定,结果采用计算机软件自动处理获得。

1.2.8 面包制作方法 利用美国 National 公司烘烤设备进行烘烤,用菜籽排空法测定面包体积,参照 GB/T14611-93 直接发酵法。采用的面包配方:100g 面粉(14%干基)、6g 糖、4g 脱脂奶粉、3g 起酥油、1.5g 盐、1.6g

干酵母。

1.3 统计分析方法

运用 EXCEL 及 DPS 数据统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 基因型和环境对小麦品质性状的影响

由表 1 可知,基因型、环境以及基因型和环境的作用都显著影响小麦籽粒的品质,其中基因型对 GMP 及其组成(A、B 和 C)、揉混仪参数(峰值时间、峰值和 8min 带宽)的作用优于环境对其的影响;而环境和基因型的交互对烘烤品质性状的影响都达极显著差异,对 GMP 及其组成仅达显著差异,说明小麦烘烤品质性状受基因型和环境共同作用的影响。

2.1.1 基因型对小麦 GMP、高、低分子量谷蛋白亚基及其烘烤品质性状的影响 谷蛋白大聚合体、高分子量谷蛋白亚基、蛋白质、沉淀值等品质性状随基因型的不同而有明显差异(表 2)。可以看出,无论是

GMP、沉淀值、峰值时间、8min 带宽还是面包体积,济麦 20 表现最好,其次是烟 278 和聊 9518,并与其它品种(系)达显著差异。就 GMP 而言,除济麦 20 效应值最高,与其它品种(系)达显著差异,其次高低顺序是聊 9518、烟 278、BY6281、鲁麦 14 和荷 26-5-39、潍 62036、烟 475;就高分子量谷蛋白亚基而言,济麦 20 和潍 62036 的效应值相同,并与其它品种(系)达显著差异,效应值最差的就是荷 26-5-39;一般认为 B 区低分子量谷蛋白亚基对品质影响较小,不予考虑;而 C 区低分子量谷蛋白亚基以烟 278 效应值最高,其次是聊 9518 和济麦 20,除鲁麦 14 外,其余品种(系)表现负效应,但不显著。

表 2 不同品质性状的品种效应值

Table 2 Cultivars effects on various quality characteristics

品种 Varieties	沉淀值 SED	GMP	A	B	C	蛋白质 Protein	峰值时间 Peak time	峰值 Peak value	8min 带宽 8 min Width	面包高度 Bread height	面包体积 Bread volume
烟 475 Yan475	-0.73	-0.24	-0.05	-0.06	-0.15	-1.31	-0.11	-3.72	-1.18	-0.10	-4.29
济麦 20 Jimai20	5.0	0.25	0.04	0.15	0.07	0.82	1.86	2.55	4.53	0.48	39.07
荷 26-5-39He26-5-39	-2.40	-0.04	-0.07	0.02	-0.01	-0.47	-1.03	-3.47	-3.03	-0.03	-7.54
烟 278 Yan278	0.92	0.10	0.03	0.001	0.09	-0.54	0.63	2.16	3.51	-0.09	9.96
聊 9518 Liao9518	0.25	0.12	0.02	0.01	0.08	1.08	0.09	4.13	-0.44	0.06	9.96
BY6281	0.38	-0.01	-0.02	0.01	-0.01	-0.29	0.22	-0.35	0.37	0.04	7.14
潍 62036Wei62036	-3.43	-0.14	0.04	-0.10	-0.08	0.35	-1.45	-2.50	-2.82	-0.50	-57.36
鲁麦 14 Lumai14	0.01	-0.04	0.01	-0.04	0.01	0.36	-0.22	1.20	-0.93	0.13	3.07
LSD0.05	0.21	0.12	0.02	0.08	0.06	0.25	0.25	1.51	1.12	0.10	5.89

综合考虑 GMP 及其组成(A 区高分子量谷蛋白亚基和 C 区低分子量谷蛋白亚基)可知,即使 GMP 含量相同,而基因型对其组成的分配影响比例不同,从而影响面团的网络结构,造成最终加工品质的不同。因此,在考虑 GMP 的同时,要兼顾其组成比例的分配。

就面包体积而言,由高到低依次是济麦 20、烟 278 和聊 9518、BY6281、鲁麦 14、烟 475、荷 26-5-39,表现最差的就是潍 62036;从沉淀值来看,济麦 20 效应值最高,表现最好并与其它品种(系)达显著差异,其它品种(系)由高到底依次是烟 278、BY6281、聊 9518、鲁麦 14、烟 475、荷 26-5-39、潍 62036;就蛋白质含量而言,聊 9518 效应值最高,并与其它品种(系)达显著差异,其它品种(系)由高到低是济麦 20、鲁麦 14、BY6281、潍 62036、荷 26-5-39、烟 278、烟 475;从揉混仪参数来看,无论是峰值时间、峰高还是 8 min 带宽,济麦 20 效应值最高,表现最好,其次是烟 278。

表 1 小麦品质性状的基因型和环境效应的方差分析(F 值)

Table 1 Variance analysis of genotype and environment on wheat quality characteristics (F value)

性状 Traits	变异来源 Origin of variance		
	地点	基因型	地点 × 基因型
	Environment	Genotype	Environment × genotype
GMP	0.60*	3.36*	2.01*
A*	0.56*	1.87*	1.05*
B	0.38	4.26*	1.62*
C	0.84*	3.51*	2.96*
蛋白质 Protein	0.86	25.34**	21.74**
沉淀值 SED	1.90*	8.92**	16.91**
峰值时间 Peak time	1.00*	13.67**	13.69**
峰值 Peak value	0.38	40.13**	15.09**
8min 带宽 8 min width	0.78	23.70**	18.50**
面包高度 Bread height	2.32*	1.95	4.50**
面包体积 Bread volume	1.58*	4.50*	7.10**

* 和 ** 分别表示 5% 和 1% 的显著水平; SED-Sedimentation volume value; A、高分子量谷蛋白亚基, B、低分子量谷蛋白亚基, C: 低分子量谷蛋白亚基

以上分析可以看出,不同品种(系)间 GMP 及其组成和烘烤品质性状的表现有明显差异。综合表现以济麦 20 烘烤品质最好,其次是烟 278 和聊 9518,表现最差的品种是潍 62036。

2.1.2 环境对小麦 GMP、高、低分子量谷蛋白亚基及烘烤品质性状的影响 从表 3 可以看出,同一性状在不同地点和不同性状在同一地点的表现是不同的。就 GMP 而言,烟台点效应值最高并与其它地点达显著差异,其次是潍坊和淄博,其余地点则表现出负效应,最差的是聊城。对于 A 和 C 而言,泰安点效应值最高并且都为正效应,表现出显著差异;但烟台点 A 效应值为正效应(0.03),C 效应值为负效应(-0.02),说明该地点利于高分子量谷蛋白亚基的积累,不利于 C 区低分子量谷蛋白亚基的积累,而高分子量谷蛋白亚基对小麦品质特别是烘烤品质影响较大,一般含量越高,其烘烤品质越好,由此可知,烟台点利于 GMP 及其组成的积累。

表 3 不同品质性状的地点效应值
Table 3 Location effects on various quality characteristics

环境 Locations	沉淀值 SED	GMP	A	B	C	蛋白质 Protein	峰值时间 Peak time	峰值 Peak value	8min 带宽 8min width	面包高度 Bread height	面包体积 Bread volume
菏泽 Heze	1.40	-0.05	-0.01	0.02	-0.04	-0.19	0.54	-0.11	0.80	0.24	21.32
淄博 Zibo	-1.1	0.09	0.02	0.03	0.003	0.40	-0.61	-1.38	0.15	-0.23	-18.68
潍坊 Weifang	-0.08	0.13	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.10	0.38	0.21	-0.24	-15.56
聊城 Liaocheng	-0.09	-1.32	-0.04	-0.05	-0.05	-0.34	-0.28	-0.37	-0.74	0.36	5.69
济南 Jinan	-0.02	-1.30	-0.03	-0.02	0.01	-0.20	-0.36	0.68	-1.12	-0.23	-3.59
泰安 Taian	0.13	-0.16	0.05	0.03	0.09	-0.19	0.01	0.82	-0.36	-0.26	-13.81
德州 Dezhou	0.02	-0.65	-0.01	0.01	0.05	0.01	0.12	-0.34	-0.85	-0.14	-11.818
烟台 Yantai	-0.01	3.00	0.03	-0.01	-0.02	0.52	0.67	0.33	1.92	0.51	36.44
LSD0.05	0.06	0.12	0.02	0.02	0.01	0.11	0.23	0.32	0.20	0.22	4.21

就沉淀值而言,菏泽点效应值最高,并与其它地点达显著差异,其次是泰安点,其效应值最差的是淄博;就蛋白质而言,烟台点效应值最高(其沉淀值效应值虽为负效应但未达显著水平),其次是淄博、德州,最差的是聊城。分析可知,利于蛋白质积累的地点,而沉淀值的表现不一定好;沉淀值表现较好的地点,蛋白质含量不一定高。

对揉混仪参数(峰值时间、峰高和 8min 带宽)而言,效应值表现最好的地点是烟台点,并与其它地点达显著差异,其次是菏泽点,效应值最差的是聊城;就面包高度和面包体积而言,表现最好的是烟台点,其次是菏泽点,其效应值与其它地点达显著差异。可以看出,揉混仪参数表现较好的地点,其面包体积表现也较好。

以上分析可以看出,不同地点烘烤品质性状有显著差异,不同性状在同一地点的表现也不尽相同;烟台点无论是对 GMP 及其组成还是小麦烘烤品质性状的影响最好,其次是菏泽点,最差的是聊城点。

2.2 基因型和环境互作对 GMP、高、低分子量谷蛋白亚基及其烘烤品质性状的影响

同一品种不同地点的互作效应值不同,同一地点不同品种的互作效应值也不同(表 4)。就 GMP 及其组成而言,济麦 20 与地点的互作效应最好,其次是烟 278 和聊 9518,其中 GMP 和 A 区高分子量谷蛋白亚基效应值最高的是潍坊点和聊城点;最差的是烟 475。就蛋白质和沉淀值而言,济麦 20 与各地点的互作效应总体较好,其次是聊 9518,其中与聊城地点互作的效应值最高。济麦 20 沉淀值的平均值为 31.16ml,在烟台地点表现最高(37.65ml)。就揉混仪参数峰值时间和 8min 带宽而言,济麦 20 与各地点的互作效应最好,其次是烟 278。基因型 and 环境的互作对面包体积的影响同对揉混仪参数的影响,以济麦 20 表现最好。济麦 20 面包体积的平均值为 635ml,在烟台点的面包体积最高达 695ml,比最差点淄博(610ml)高 80ml。

从以上分析可以看出,每一个品种都有自己适宜的地区,在地点效应分析中表现较好的地点,并不是每个小麦品种都表现良好,相反,在最差的地点也有品种表现良好。因此,品质优良的品种在不同地点的表现不一定都好,同样,优良的环境对不同的品种来讲并不一定都是好的生长环境。在品质育种中,除了考虑基因型、环境以及互作外,还应考虑不同品种(系)对不同生长环境的反应,这样才能对品种(系)做出正确的评价,充分发挥品种(系)的潜力。

2.3 主要品质性状的相关分析

由表 5 可知,GMP 与 A 区高分子量谷蛋白亚基、蛋白质、峰值达极显著相关,与峰值时间、8min 带宽、面包高度和面包体积达显著相关,说明选择 GMP 含量高的基因型有利于烘烤品质的进行,所以在进行小麦品质选育时,GMP 应作为一个重要的指标。沉淀值与 GMP 达显著相关,与峰值时间、8min 带宽、面包高度和面包体积达极显著相关,说明沉淀值越高,GMP 越好,揉混仪参数就高,最终生产的面包体积就好,它是面粉蛋白质和量的综合反映。峰值时间与 8min 带宽、面包高度和面包体积都达极显著相关,说明根据揉混仪参数就可以很好的判断其烘烤品质的好坏。

表 5 8 个试点主要品质性状间的相关系数分析

相关系数 Coefficient	沉淀值 SED	GMP	A	B	C	蛋白质 Protein	峰值时间 Peak time	峰值 Peak value	8min 带宽 8min width	面包高度 Bread height	面包体积 Bread volume
沉淀值 SED	1										
GMP	0.78*	1									
A	0.36	0.92**	1								
B	0.85**	0.53	0.15	1							
C	0.57	0.65	0.46	0.66	1						
蛋白质 Protein	0.33	0.86**	0.71*	0.38	0.59	1					
峰值时间 Peak time	0.99**	0.75*	0.33	0.82**	0.55	0.23	1				
峰值 Peak value	0.68	0.84**	0.67	0.52	0.85**	0.7*	0.65	1			
8min 带宽 8min width	0.91**	0.76*	0.48	0.72*	0.62	0.19	0.94**	0.67	1		
面包高度 Bread height	0.88**	0.71*	0.05	0.87**	0.54	0.34	0.82**	0.55	0.67	1	
面包体积 Bread volume	0.90**	0.72*	0.02	0.84**	0.61	0.17	0.90**	0.62	0.76*	0.93**	1

以上分析可以看出,在进行品种选育时(尤其是早代材料),可用极少量的面粉进行 HMW-GS 和 LMW-GS 的定性分析以及 GMP 含量、沉淀值和揉混仪参数(2g)的测定,进而预测烘烤品质的好坏,加快品质育种的进程。

3 讨论

小麦品质性状既受遗传控制,又受气候因素、土壤状况及病虫害的制约,同时还受收获、储藏和面粉加工条件的影响。总之,小麦品质性状是基因型和环境条件综合作用的结果。有些研究认为,环境对蛋白质含量的影响较大,其影响程度甚至超过基因型的影响,而环境对蛋白质品质的影响相对较小,其主要受基因型的影响。但也有研究指出,地点间环境效应对沉淀值的影响比对蛋白质含量的影响大^[11]。Baenziger 等研究指出在硬红春麦中,品种和环境互作在粗蛋白含量、和面时间以及面包体积上达显著水平^[12]。巴特指出,容重、出粉率和面粉吸水率受环境影响较小,而蛋白质含量和面包体积对环境比较敏感。本研究表明,基因型和环境对各品质性状均有重要作用,有的品质性状达显著差异,但对蛋白质质量而言,基因型的作用更为重要;GMP 及其组成受基因型的影响程度比受环境的大,可通过基因重组加以改良;峰值时间和 8min 带宽受环境的影响比基因型小,而面包体积则是基因型、环境及其互作共同作用的结果。从品质性状的相关分析可知,GMP 及其组成、沉淀值、峰值时间和 8min 带宽可作为品质生态评价指标。因此,评价一个品种品质的优劣时,单凭蛋白质的含量是不够的,在进行不同环境条件下的多点试验时,还应考虑对 GMP 及其组成和烘烤品质做出评价。对所研究的 8 个环境和 8 个品种(系)进行了初步估计,就烘烤品质而言,较好的生产环境是烟台点,较好的小麦品种(系)是济麦 20,但不同年份变化是不同的,因此还应研究年份间品种(系)品质性状的变化规律,这样才可以对优质小麦及其生产基地做出合理的评价。本研究将继续进行多年试验的分析。

References:

- [1] Liu A F, Wu X Y, Liu J J, *et al.* Application of wheat HMW-GS in quality breeding. *Shan Dong Agriculture Science*, 2002, 151 ~ 152.
- [2] Payne P I, Corfield K G, Holt L M, *et al.* Correlations between the inheritance of certain high molecular weight subunits of glutenin and bread making quality in progenies of six crosses of bread wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 1981, 32:51 ~ 60.

- [3] Zhu J B, Liu G T, Zhang S Z. Genotype and environment effects on baking quality of wheat. *Acta Agron. Sin.*, 1995, 21(6):679 ~ 684.
- [4] Robert A. Graybosch. Genotype and environment effects on wheat flour protein components and processing quality. *Crop Science*, 1996, 296 ~ 300.
- [5] Jing Q, Jiang D, Dai Y B, *et al.* Genotype and environment effects on wheat grain quality and protein components. *J. Applied Ecology*, 2003, 14(10): 1649 ~ 1653.
- [6] Peterson C J, Graybosch R A, Baenziger P S, *et al.* Genetics and environment effects on quality characteristics of hard red wheat. *Crop Sci.*, 1992, 32: 98 ~ 103.
- [7] Zhang Y, He Z H, Zhou G Y, *et al.* Genotype and environment effects on major quality characters of winter sown Chinese wheat. *J. Cereal-oil*, 1999, 14 (5):1 ~ 4.
- [8] Liang R Q, Zhang Y R, You M S, *et al.* Multi-stacking SDS-PAGE for wheat glutenin polymer and it's relation to bread making quality. *Acta Agro. Sin.*, 2002, 28(5):609 ~ 614.
- [9] He Z F. The technology of analysis about grain and oil quality. Beijing: Agriculture Press, 1985.
- [10] Liu X P, Tian J C, Zhang Y X. HMW-GS of major sown wheat distribution in different years of Shandong Province. *J. Cereal-oil*, 2002, 17(2)12 ~ 17.
- [11] Yao D N, Liu G T, Zhu J B, *et al.* Genotype and environment effects on wheat grain characters and steamed bread quality. *J. Cereal-oil*, 2000, 15(2): 1 ~ 4.
- [12] Baenziger P S. Genotype and environment effects on milling and baking quality of soft red winter wheat. *Crop Sci.*, 1985, 25: 5 ~ 8.
- [13] Deng Z Y, Tian J C, Liu X P. Accumulation regularity of protein components in wheat cultivars with different HMW-GS. *Acta Agron. Sin.*, 2004, 30(5): 481 ~ 486.

参考文献:

- [1] 刘爱峰,吴祥云,刘建军,等. 小麦高分子量谷蛋白亚基及其在品质育种中的应用. *山东农业科学*, 2002, 增刊, 151 ~ 152.
- [3] 朱金宝,刘广田,张树榛. 基因型和环境对小麦烘烤品质的影响. *作物学报*, 1995, 21(6):679 ~ 684.
- [5] 荆奇,姜东,戴延波,等. 基因型与生态环境对小麦籽粒品质与蛋白质组份的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(10):1649 ~ 1653.
- [7] 张艳,何中虎,周桂英,等. 基因型和环境对我国冬播麦区小麦品质性状的影响. *中国粮油学报*, 1999, 14(5):1 ~ 4.
- [8] 梁荣奇,张义荣,尤明山,等. 小麦谷蛋白聚合体的 MS-SDS-PAGE 及其与面包烘烤品质的关系. *作物学报*, 2002, 28(5):609 ~ 614.
- [9] 何照范.《粮油籽粒品质及其分析技术》. 北京:农业出版社, 1985.
- [10] 刘现鹏,田纪春,张永祥. 山东省不同年代主要栽培品种小麦品种(系)高分子量谷蛋白亚基分布. *中国粮油学报*, 2002, 17(2)12 ~ 17.
- [11] 姚大年,刘广田,朱金宝,等. 基因型和环境对小麦籽粒性状及馒头品质的影响. *中国粮油学报*, 2000, 15(2):1 ~ 4.
- [13] 邓志英,田纪春,刘现鹏. 不同高分子量谷蛋白亚基组合的小麦籽粒蛋白组分及其谷蛋白大聚合体的积累规律. *作物学报*, 2004, 30(5): 481 ~ 486.