

基因型与环境对小麦籽粒蛋白质和淀粉品质的影响^{*}

赵 春¹ 宁堂原¹ 焦念元^{1,2} 韩 宾¹ 李增嘉^{1* *}

(¹ 山东农业大学农学院, 泰安 271008; ² 河南科技大学农学院, 洛阳 471003)

【摘要】 选用山东省近年来已推广和区试的 10 个冬小麦品种为材料, 于 2001~ 2003 年在 9 个不同环境条件的试验点进行两年多点试验, 分析了山东省不同地区小麦品质性状特点, 依据品质指标将山东省分为 4 个类型区, 并研究了基因型和环境及其互作对小麦主要品质性状的影响。结果表明, 品种与环境对小麦主要品质性状指标均有显著影响; 蛋白质和面筋百分含量变异的主要原因是环境的差异; 粉质仪参数的变异主要是品种和环境的共同作用; 而淀粉含量、峰值黏度和稀懈值变异的各影响因素互作效应大于独立效应, 在独立效应中, 品种影响大于环境影响。

关键词 基因型 环境 小麦 品质

文章编号 1001- 9332(2005) 07- 1257- 04 中图分类号 S512.1 文献标识码 A

Effects of genotype and environment on protein and starch quality of wheat grain. ZHAO Chun¹, NING Tangyuan¹, JIAO Nianyuan^{1,2}, HAN Bin¹, LI Zengjia¹ (¹ College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; ² College of Agronomy, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(7): 1257~ 1260.

A field trial with 10 winter wheat varieties was conducted at 9 locations under different environmental conditions in Shandong Province to study the effects of wheat genotype and environment on the main qualitative characters of wheat grain. The results indicated that variety and environment had a marked influence on the main qualitative indexes of wheat grain, and the difference of environmental conditions was the main factor affecting the protein and gluten contents of the grain. The variation of farinogramme indexes was mainly due to the interaction between variety and environment. As for the starch content, peak viscosity, and breakdown of the grain, interactive effect was stronger than independent one, and the effect of variety was stronger than that of environment.

Key words Genotype, Environment, Wheat, Quality.

1 引言

小麦籽粒中蛋白质占 12% ~ 14%, 淀粉约占 70% ~ 75%, 是小麦的主要营养成分。小麦籽粒的蛋白质特性中, 湿面筋含量是反映蛋白质产量的重要指标, 面团稳定时间是衡量蛋白质品质的重要指标, 对面包的食用品质有直接影响。淀粉特性中 RVA 峰值黏度与稀懈值是衡量淀粉品质的重要指标, 它不仅与直/支链淀粉的比例有关, 而且对面条等蒸煮食品的食用品质有重要影响^[3, 6, 11, 14]。基因型和环境分别被认为是影响小麦品质的内在因素和外在因素^[5, 14]。对此, 国内外研究人员已作了大量研究, 但往往只是对单一品质指标的分析, 对品质性状进行综合研究较少, 且往往只有一年的结果, 有较大的偶然性, 不足以说明问题。本研究选用山东省优质冬小麦品种为材料进行两年多点试验, 对山东省小麦品质形成的环境条件加以研究, 依据各品质指标对山东省各地区进行分类; 并从蛋白质和淀粉两方面分析了生态环境和基因型对小麦品质的影响, 研究不

同品种的小麦在不同生态环境条件下品质性状的具体变化情况, 为小麦品质育种和优质专用小麦的产业化生产提供有效信息。

2 材料与方法

2.1 供试材料

试验选用山东省 10 个中、强筋小麦品种(系): 济南 17、烟优 361、济麦 20、淄麦 12、烟农 15、PH1521、PH96-39、优麦 2 号、优麦 3 号、PH988-2, 于 2001 年、2002 年秋播于山东省文登、牟平、即墨、博兴、平原、泰安、章丘、济宁、滕州 9 个试验点。试验点设置及代表性的土壤类型见表 1。全部试验统一试验设计, 统一一种源供种, 统一管理方式。试验小区面积 20 m², 行距 25 cm。各小区随机排列, 3 次重复。各试验点适期播种, 田间管理按高产麦田进行。

成熟时单收单存, 严防混杂。在安全水分(水分含量 ≤ 13%) 下储存 3 个月, 随机取 5 g 籽粒, 用瑞典 Perten 公司的粉碎机打成全麦粉; 每样品取 750 g 籽粒, 据籽粒水分含量,

^{*} 国家“十五”科技攻关资助项目(2002BA516A12)。

^{**} 通讯联系人。E-mail: Lizj@scau.edu.cn

2004-07-26 收稿, 2005-03-04 接受。

加水调至 14% 湿基,并视其蛋白质含量和硬度作适当调整,室温下润麦 48 h 后用 Brabander 小型实验制粉机(德国产)制粉,出粉率 40% ~ 50%. 面粉熟化 1 个月后测定各品质指标.

表 1 各试验点土壤类型和土壤肥力资料
Table 1 Soil type and soil fertility information at different locations

| 地点 Sites | 土壤类型 Soil type | 有机质 Organic matter (%) | 全氮 Total N (g·kg ⁻¹) | 速效氮 Available N (mg·kg ⁻¹) | 速效磷 Available P (mg·kg ⁻¹) | 速效钾 Available K (mg·kg ⁻¹) |
|-------------|--------------------|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 文登 Wendeng | 砂姜黑土 ¹⁾ | 0.806 | 0.869 | 90.02 | 5.44 | 60.87 |
| 牟平 Muping | 砂姜黑土 | 1.009 | 0.875 | 96.06 | 8.22 | 72.36 |
| 即墨 Jimo | 砂姜黑土 | 1.078 | 0.908 | 112.66 | 11.67 | 98.72 |
| 泰安 Tai'an | 棕壤 ²⁾ | 1.416 | 1.201 | 122.8 | 29.31 | 90.16 |
| 章丘 Zhangqiu | 潮土 ³⁾ | 1.078 | 0.908 | 105.33 | 9.02 | 148.25 |
| 济宁 Jining | 潮土 | 1.022 | 0.972 | 102.36 | 16.88 | 89.75 |
| 滕州 Tengzhou | 褐土 ⁴⁾ | 0.802 | 0.937 | 99.87 | 9.02 | 70.92 |
| 平原 Pingyuan | 潮土 | 0.899 | 0.951 | 86.02 | 7.31 | 120.39 |
| 博兴 Boxing | 潮土 | 0.847 | 0.902 | 98.75 | 7.37 | 116.04 |

1) Black earth; 2) Brown earth; 3) Fluvo aquic soil; 4) Cinnamon soil.

2.2 试验方法

蛋白质含量用瑞典 Perten 公司 Informatic 8620 近红外功能仪测定;湿面筋含量用瑞典 Perten 公司 2200 型面筋仪,参照 AACC38 12 法测定;面团粉质参数用德国 Brabander 公司 E 型粉质仪,参照 AACC54 21 法测定;籽粒淀粉含量的测定用蒽酮比色法^[4];黏度用 RVA- Super 3 型快速黏度分析仪测定;采用 DPS 数据处理系统进行数据分析. 环境、品种作用力用下式计算:

$$\text{环境作用力}(\%) = \frac{\text{环境变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100$$
$$\text{品种作用力}(\%) = \frac{\text{品种变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100$$

3 结果与分析

3.1 不同地点聚类分析

3.1.1 依据蛋白质品质指标 根据 10 个不同小麦品种面粉的蛋白质百分含量、湿面筋含量和面团稳定时间指标,将 9 个试验地点分为 4 类(图 1):胶东地区的文登、牟平、即墨,蛋白质品质优良;鲁中地区的泰安、章丘,蛋白质品质一般;而位于鲁西北的博兴、平原和鲁西南的济宁,品质较差;同样位于鲁西南的滕州,因在小麦生长期间发生严重倒伏现象,蛋白质和湿面筋含量比经验值少,但面团稳定时间比经验值长,其面团形成后耐搅揉,面筋网络不易被破坏,在进行系统聚类时自成一类.

3.1.2 依据淀粉品质指标 根据不同小麦品种面粉的峰值黏度、稀懈值和淀粉百分含量指标,将 9 个试验地点聚为 4 类,结果与生产实际基本相符. 胶东地区的文登和牟平,淀粉品质优良;鲁中和鲁东地区的即墨、泰安、章丘,淀粉品质较好,但稀懈值较低,面条滑爽性稍差;鲁西南地区的滕州、济宁,淀粉品质

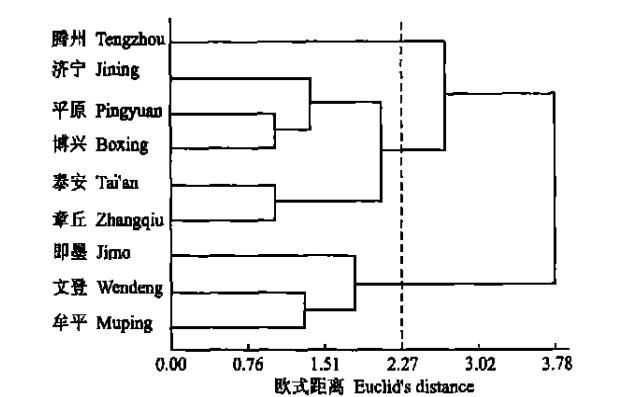


图 1 蛋白质品质指标的系统聚类分析
Fig. 1 Systematic cluster analysis of protein quality.

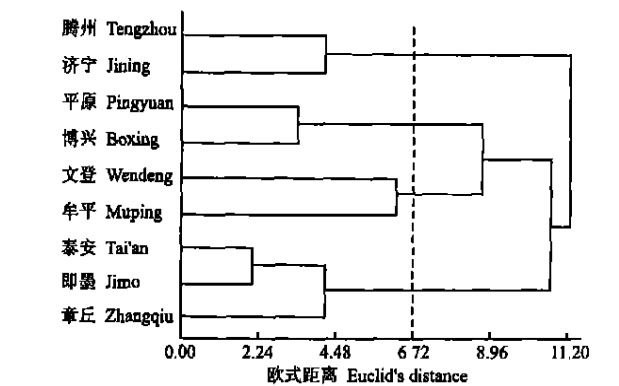


图 2 淀粉品质指标的系统聚类分析
Fig. 2 Systematic cluster analysis of starch quality.

较差;而位于鲁西北的博兴、平原两地,峰值黏度最高,反映其食用时弹性、韧性较好(图 2).

3.1.3 依据综合性状 根据蛋白质品质指标和淀粉品质指标的聚类分析结果,对山东省各试验点进行分区:小麦品质优良区为胶东地区,包括文登、牟平、即墨,该区内有较大面积的丘陵地,秋季降温慢,冬季低温时间长,春季气温回升慢,小麦成熟迟,干热风危害轻,此类地区小麦品质各项指标(尤其是蛋白质品质)都较高,适于生产优质的面包小麦;小麦品质一般区为鲁中地区,包括泰安、章丘,该区内地势平坦,春季气温回升较快,冬季低温时间较短,小麦灌浆时间长,此类地区小麦品质比第一类地区稍差,较适于生产优质的面包小麦;鲁西北地区平原、博兴,地势平坦,小麦灌浆时间短,成熟一般较早,干热风危害较重,蛋白质品质较差,但淀粉品质较好,适于生产优质的面条小麦;小麦品质较差区为鲁西南地区,包括济宁、滕州,该区内地势较平坦,热量相对较多,降雨量较多,小麦灌浆时间短,成熟一般较早,小麦品质的各项指标都较差(表 2). 由两年的试验结果可以看出,小麦品质年际间变化较大,但规律基本一致.

表 2 山东省小麦品质类型区主要品质性状
Table 2 Wheat quality characters in different areas in Shandong

| 品质类型区 Areas | 年度 Year | 蛋白质 Protein (%) | 湿面筋 Wet gluten (%) | 稳定时间 Stability (min) | 峰值黏度 Peak viscosity (RVU) | 稀懈值 Break down (RVU) | 淀粉含量 Starch (%) |
|-------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 胶东 Jiaodong area | 2002 | 14.89 | 40.69 | 9.64 | 226.48 | 64.37 | 65.61 |
| | 2003 | 14.45 | 37.36 | 9.28 | 216.31 | 67.81 | 70.45 |
| 鲁中 Central Shandong | 2002 | 14.06 | 38.25 | 6.44 | 223.34 | 61.01 | 70.16 |
| | 2003 | 13.47 | 34.07 | 8.81 | 224.06 | 65.76 | 72.30 |
| 鲁西北 North west of Shandong | 2002 | 13.63 | 36.51 | 6.54 | 239.59 | 61.07 | 64.36 |
| | 2003 | 13.52 | 33.82 | 7.22 | 231.49 | 71.65 | 70.43 |
| 鲁西南 South west of Shandong | 2002 | 12.85 | 35.58 | 7.03 | 196.68 | 59.55 | 68.28 |
| | 2003 | 13.07 | 33.80 | 8.09 | 206.55 | 63.85 | 72.17 |

3.2 不同基因型小麦在不同环境下的性状表现

每个分区取一个典型实验点,以强筋小麦济麦 20(JM 20)、中筋小麦优麦 3 号(YM3)为例,采用两年平均值,分析不同基因型小麦在不同生态区的品质表现.在蛋白质品质指标上,作为优质强筋小麦的济麦 20,其蛋白质含量以位于胶东地区的文登最

表 3 不同基因型小麦品质指标在环境间的变化
Table 3 Changes of wheat quality characters in different environments

| 地点 Site | 蛋白质 Protein(%) | | 湿面筋 Wet gluten(%) | | 稳定时间 Stability(min) | | 淀粉含量 Starch(%) | | 稀懈值 Break down(RVU) | | 峰值黏度 Peak viscosity(RVU) | |
|------------|-------------------|-------|----------------------|-------|------------------------|------|-------------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------|--------|
| | 济麦 20 优麦 3 号 | | 济麦 20 优麦 3 号 | | 济麦 20 优麦 3 号 | | 济麦 20 优麦 3 号 | | 济麦 20 优麦 3 号 | | 济麦 20 优麦 3 号 | |
| | JM20 | YM3 | JM20 | YM3 | JM20 | YM3 | JM20 | YM3 | JM20 | YM3 | JM20 | YM3 |
| 博兴 Boxing | 13.5 | 13.6 | 32.23 | 34.35 | 13.65 | 2.4 | 66.78 | 68.21 | 57.79 | 76.33 | 233.29 | 242.67 |
| 济宁 Jining | 13.75 | 13.65 | 35.74 | 34.59 | 25.7 | 2.65 | 70.39 | 65.87 | 63.88 | 83.25 | 251.17 | 269.08 |
| 泰安 Tai'an | 14.35 | 14 | 40.89 | 36.02 | 24.1 | 2.3 | 72.79 | 74.24 | 58.08 | 62.38 | 245.25 | 237.25 |
| 文登 Wendeng | 14.85 | 14.35 | 40.94 | 38.37 | 23.85 | 3.3 | 65.00 | 62.38 | 61.74 | 68.34 | 242.96 | 223.58 |

3.3 基因型和环境对小麦品质的影响

3.3.1 基因型和环境对蛋白质品质的影响 在各因素的独立效应中,环境对小麦蛋白质含量的作用力最大,占总方差的 45.76%,远远大于品种的作用力(3.39%)和年份作用力(0.93%),表明在本试验中蛋白质变异的主要原因是环境的差异(表 4). 互作效应中,以环境×基因型互作效应最大,占总方差的 19.98%,基因×年份互作均方最小,占总方差的 4.11%. 在本试验中湿面筋的变异与蛋白质表现相似. 对于稳定时间,品种与环境的影响分别为 25.95%、18.09%,即品种的因素作用较大. 在各互作效应对稳定时间的影响中,年份×环境互作效应最大,占总方差的 21.73%,基因型×年份互作均方最小,占总方差的 5.73%.

3.2.2 基因型和环境对淀粉品质的影响 在各因素的独立效应中,基因型对小麦峰值黏度的作用力最大,占总方差的 16.85%,大于品种的作用力(13.56%)和年份作用力(0.02%),峰值黏度变异的主要原因是品种的差异,互作效应中,年份×基因型互作效应最大,占总方差的 23.47%,环境×年份互

高,为 14.85%,达到国家规定的强筋小麦标准,而在博兴却最低,为 13.5%,已表现为中筋小麦的特性;湿面筋和稳定时间的变化趋势与蛋白质相同(表 3). 中筋小麦优麦 3 号,在文登地区蛋白质和湿面筋含量最高,达到强筋小麦的标准,在博兴为最低,表现为中筋小麦的性状;而面团稳定时间,在文登为 3.3 min,表现为中筋小麦的特性,在泰安、博兴地区为 2.3、2.4 min,表现为弱筋小麦的特性. 在淀粉品质指标上,济麦 20 的淀粉含量以鲁中地区的泰安为最高,但在文登的表现却最低;稀懈值和峰值黏度则以济宁最好,分别为 63.88、251.17;博兴最差,为 57.79、233.29. 优麦 3 号的淀粉含量仍以鲁中地区的泰安为最高,但在文登的表现却最差;稀懈值则以济宁最好,泰安最差;在峰值黏度上济宁最好,文登最差,说明生态环境的变化对小麦品质影响较大,随着种植区域的变化,各品质性状也发生相应的变化.

作均方最小,占总方差的 3.14%,淀粉含量的变异与峰值黏度表现出相似特性. 对于稀懈值,独立效应中年份对其影响最大(18.15%),品种与环境的作用力较小,分别为 14.10%、14.01%,在各互作效应的影响中,年份×环境>年份×环境×基因型>年份×基因型>环境×基因型. 研究表明,环境差异对小麦的品质指标有显著差异,且不同品种受环境的影响也存在差异.

表 4 小麦品质的方差分析及作用力比较
Table 4 Analysis of wheat quality and comparison of affecting force

| 差异源 Source | 作用力 Affecting force(%) | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|--------------|--------------|
| | 蛋白质含量 Protein (%) | 湿面筋 Wet gluten (%) | 稳定时间 Stability (min) | 峰值黏度 (RVU) | 稀懈值 (RVU) | 淀粉 Starch |
| 区组 Intercept | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 0.04 | 0.05 | 0.04 |
| 年份 Years | 0.93 | 16.98 | 0.53 | 0.02 | 18.15 | 6.75 |
| 环境 Location | 45.76 | 22.60 | 18.95 | 13.56 | 14.01 | 2.92 |
| 基因型 Genotype | 3.39 | 9.29 | 25.09 | 16.85 | 14.10 | 7.86 |
| 年份×环境 Years×Location | 10.21 | 8.51 | 21.73 | 3.14 | 24.07 | 4.89 |
| 年份×基因型 Years×Genotype | 4.11 | 10.64 | 5.73 | 23.47 | 8.80 | 24.12 |
| 环境×基因型 Location×Genotype | 19.98 | 14.19 | 14.70 | 17.05 | 8.31 | 28.27 |
| 年份×环境×基因型 Years×Location×Genotype | 10.86 | 14.74 | 13.07 | 15.47 | 9.93 | 14.50 |
| 误差 Error | 4.75 | 2.96 | 0.20 | 10.40 | 2.59 | 10.66 |

4 讨 论

研究表明,小麦品质存在显著的地域差异.根据不同类型小麦品种在山东省的多点品质测定数据,将山东省分成四大区域,胶东优质小麦区、鲁中一般品质小麦区、鲁西北优质淀粉小麦区、鲁西南小麦品质较差区.胶东地区与山东省其它地区相比,因其有利的气象条件为小麦的品质建成提供了保障.胶东地区 10~11 月份平均气温较低使小麦群体偏小,利于来年壮苗发育.加之 4~5 月份有较充足的日照,有利于小麦的蛋白质积累,且经过多年的土壤培肥,土壤肥力逐渐提高,小麦最终的品质较好.

已有研究认为,环境因素对品质性状的影响较大^[8,9,16,17].但也有一些研究认为基因型在若干品质性状上的作用比环境因素更为重要^[10,13].本研究结果表明,在蛋白质品质的 3 个指标中,独立效应大于互作效应.其中蛋白质百分含量和面筋总量变异的主要原因是环境的差异,面团稳定性的变异主要是品种的作用.有研究者认为,环境对蛋白质的影响大于基因型的作用^[1,7,12,19],与本研究结果基本相符.有关研究表明,黏度参数同时受基因型、环境以及基因型×环境互作的共同影响,对不同性状或在不同地区三者的影响程度不同^[15].从本文分析结果看,3 个淀粉品质性状受各因素互作效应影响较大,且主要影响因素各不相同.而在独立效应中均以品种效应大于环境效应,尤其是淀粉含量和峰值黏度,而稀懈值以年份效应为主.因此,淀粉品质的改良首先应抓品种选育,由于性状间有高度相关性,使得品质改良有一定难度.因此,在品质育种中早代应加强对总淀粉、峰值黏度和稀懈值含量的选择.在进行小麦优质生产时应对品种、地点、地区气候条件年际间变化特点等综合考虑.同时,各小麦品种的品质性状对种植地域变化的适应性差异较大.在小麦推广过程中,要合理地利用当地的自然条件,进行专用优质小麦基地的建设,就要综合考虑基因型与环境对小麦品质的影响.

本文的研究对小麦品种的选育、种植结构的调整、进行优质专用小麦品质区划以及优质专用小麦生产基地的建立提供了一定的科学依据.因此,选用品质性状优良的优质品种,在适宜的生态区种植,并配合优良的栽培管理水平,即做到“优种、优地、优法”协调统一,是优质小麦生产的重要技术关键.

参考文献

- Basset LM, Allan RE, Rubenthaler GL. 1989. Genotype × environment interaction on soft white winter wheat quality. *Agron J*, **81**: 955~960
- Chai SX(柴守玺). 2000. Cluster analysis methods appropriate for classification of drought resistant wheat ecotypes. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **11**(6): 833~838 (in Chinese)
- Crosbie GB, Ross AS, Mors T, et al. 1999. Starch and protein quality requirements of Japanese alkaline noodle. *J Cereal Chem*, **76**(3): 328~334
- He ZF(何照范). 1985. Cereals and Oils Quality and their Analyzing Technique. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- Guo T-C(郭天财), Zhang X-L(张学林), Fan S-P(樊树平), et al. 2003. Effects of different environments on qualitative characters of three gluten wheat cultivars. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **14**(6): 917~920 (in Chinese)
- Konik CM, Moss R. 1992. Relationship between Japanese noodle quality and RVA paste viscosity. 42nd Royal Australian Chemistry Institute Cereal Chemistry Conference. Christchurch, New Zealand RACI Parkville, Austria. 209~212
- Jing Q(荆奇), Jiang D(姜东), Dai T-B(戴廷波), et al. 2003. Effects of genotype and environment on wheat grain quality and protein components. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **14**(10): 1649~1653 (in Chinese)
- McCormick KM, Panozzo JF, et al. 1994. A swelling power test for selecting potential noodle quality wheat. *Aust J Agric Res*, **42**: 317~323
- Miura H, Tanii S. 1994. Endosperm starch properties in several wheat cultivars preferred for Japanese noodles. *Euphytica*, **72**: 171~175
- Morris CF, Shackley BJ, King GE, et al. 1997. Genotype and environment variation for flour swelling volume in wheat. *Cereal Chem*, **74**(1): 16~21
- Oh NH, Seib PA, Ward AB, et al. 1985. Noodles IV. Influence of flour protein, extraction rate, particle size, and starch damage on the quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chem*, **62**: 441~446
- Peterson CJ, Graybosch RA, Baenziger PS, et al. 1992. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Sci*, **32**: 98~103
- Rubenthaler GL, Huang ML, Pomeranz Y. 1990. Steamed bread I. Chinese steamed bread formulation and interactions. *Cereal Chem*, **67**: 471~475
- Ross AS, Qual KJ, Crosbie GB. 1997. Physicochemical properties of Australian flours influencing the texture of yellow alkaline noodles. *Cereal Chem*, **74**: 814~820
- Wang X-Q(王旭清). 1999. Effects of planting measure and environment on wheat grain quality. *Shandong Agric Sci (山东农业科学)*, (1): 52~55 (in Chinese)
- Wu D-B(吴东兵), Cao G-C(曹广才), Qiang X-L(强小林), et al. 2003. Quality variation of wheat planted in different regions of Tibet and Beijing. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **14**(12): 2195~2199 (in Chinese)
- Wu D-B(吴东兵), Cao G-C(曹广才), Qiang X-L(强小林), et al. 2003. Effects of growing process and climatic conditions on grain quality of spring sown wheat. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **14**(8): 1296~1300 (in Chinese)
- Yan J(阎俊), Zhang Y(张勇), He Z-H(何中虎). 2001. Investigation on paste property of Chinese wheat. *Sci Agric Sin (中国农业科学)*, **34**(1): 9~13 (in Chinese)
- Zhu J-B(朱金宝). 1995. Genotype and environment effects on baking quality of wheat. *Acta Agron Sin (作物学报)*, **21**(6): 679~684 (in Chinese)

作者简介 赵春,女,1978年生,博士研究生.从事小麦栽培研究. E-mail: zhchmeimei@163.com