

# 用 AMM I 模型分析小麦品种品质性状的稳定性\*

马冬云, 郭天财, 王晨阳, 朱云集, 张学林

(河南农业大学 国家小麦工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

**[摘要]** 用 AMM I 模型对河南省不同地点种植的 6 个小麦品种品质指标进行了分析。结果表明, 基因型、环境、基因型 × 环境互作对蛋白质含量、沉降值、形成时间、稳定时间影响均显著; 在参加试验的 6 个品种中, 对于蛋白质含量和沉降值, 小偃 54、豫麦 49 的稳定性低于豫麦 70、豫麦 34; 对于形成时间和稳定时间, 豫麦 70、豫麦 49、郑州 9023 的稳定性低于豫麦 18、豫麦 34、小偃 54; 豫麦 49 在唐河, 郑州 9023 在开封, 郑州表现出较大的适应性; 环境 IPCA 值(交互效应主成分坐标值)和环境气象因子的相关性分析表明, 环境 IPCA 值与日照、积温、降雨量存在一定的相关性。

**[关键词]** 小麦品质; AMM I 模型; 稳定性

**[中图分类号]** S512.1 **[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2005)04-0074-05

作物品种的许多性状普遍存在基因型和环境互作, 一些学者采用不同方法分析了基因型 × 环境以及品种品质性状的稳定性<sup>[1-3]</sup>。Guach<sup>[4]</sup>最早将 AMM I 模型应用于多点产量试验资料的分析, 是目前国际上流行的分析作物品种区试数据非常有效的模型。近年来, 该模型已在大豆、玉米、小麦、水稻、烟草等作物的产量及其他一些性状分析方面得到了很好的应用<sup>[5-8]</sup>。小麦品质不仅受品种(基因型)决定, 同时也受气候条件、栽培措施等影响<sup>[9,10]</sup>。许多研究表明<sup>[11,12]</sup>, 不同小麦品种或同一品种在不同地点, 其品质表现不同。河南省地处中原, 是我国最大的小麦主产省。全省常年小麦播种面积 480 万  $\text{hm}^2$ , 占全国小麦播种面积的 16%, 总产量约 230 亿 kg, 占全国小麦总产量的 20% 左右。因此, 河南省小麦单位面积产量、总产量的高低及品质的好坏对全国小麦产量和品质具有举足轻重的影响。本研究选择不同类型的小麦品种, 分别种植在河南省不同地点, 通过对其品质表现的分析, 旨在为优质小麦的品种选育、栽培调控和加工利用, 以及河南省小麦品质区划提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用河南省大面积推广的小麦品种豫麦 70、豫

麦 49、小偃 54、郑州 9023、豫麦 18、豫麦 34。于 1999~2000 年分别在河南省的安阳、武陟、郑州、开封、许昌、偃师、遂平、南阳等地种植, 于 2000~2001 年分别在河南省的安阳、温县、灵宝、郑州、偃师、开封、漯河、周口、遂平、唐河、武陟、许昌、南阳、信阳等地种植, 2001~2002 年在河南省的汤阴、武陟、许昌、驻马店、信阳等地种植; 每个地点均采用 3 次重复, 完全随机区组试验设计, 管理按照当地高产麦田进行。成熟时, 统一收获储存 2 个月后进行品质化验分析。

### 1.2 方法

1.2.1 磨粉 用 Brabender Quadrum at Junior 实验磨磨粉。

1.2.2 蛋白质含量测定 采用 GB 5511-85 微量凯氏定氮法测定。

1.2.3 Zeleny 沉降值 按 AACCS-60 方法进行。

1.2.4 面团的流变学特性测定 用德国 Brabender 公司生产的粉质仪, 按 AACCS-21 方法测定面团形成时间、稳定时间。

### 1.3 统计分析

将品种和试验点进行联合方差分析, 对基因型和环境互作显著的按 AMM I 模型分析。

AMM I 模型是将方差分析和主成分分析结合

\* [收稿日期] 2004-06-03

[基金项目] 国家科技部农业科技成果转化项目(02EFN 214101137); 河南省重大科技攻关项目(0122012300)

[作者简介] 马冬云(1972-), 女, 河南焦作人, 助理研究员, 硕士, 主要从事小麦生理及品质研究。E-mail: xmzxm dy@126.com

[通讯作者] 郭天财(1953-), 男, 河南济源人, 教授, 博士生导师, 主要从事小麦耕作与栽培研究。E-mail: gmzx-guo@371.net

在一个模型中, 同时具有可加和可乘分量的数学模型。其方程式为

$$y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + \sum_{r=1}^N \theta_r \gamma_{ir} \delta_{jr} + \rho_{ij} + \epsilon_{ijk},$$

式中,  $y_{ijk}$  是第  $i$  个品种在环境  $j$  的第  $k$  次重复的观察值;  $\mu$  为总平均;  $\alpha_i$  为第  $i$  个基因型与总平均的离差(即基因型主效应);  $\beta_j$  为第  $j$  个环境与总平均的离差(即环境主效应);  $\theta_r$  为第  $r$  个交互效应主成分轴(IPCA)的特征值;  $\gamma_{ir}$  为第  $r$  轴基因型特征向量值,  $\delta_{jr}$  为第  $r$  轴环境特征向量值,  $\rho_{ij}$  为提取  $N$  个轴后留下的残差;  $\epsilon_{ijk}$  为试验误差;  $N$  为主成分分析中主成分因子轴的总个数。以区试点在 IPCA 空间的距离  $D_j$  来衡量区试点对品种的判别力指标,  $D$  值越小, 表示稳定性越好<sup>[13]</sup>。

$$D_{i(j)} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (IPCA)_{i(j)k}^2}, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

式中,  $D_{i(j)}$  为第  $i$  个基因型或第  $j$  个环境在 IPCA 空

间中离原点的距离;  $m$  为显著 IPCA 个数;  $(IPCA)_{i(j)k}$  为第  $i$  个基因型或第  $j$  个环境在  $m$  个 IPCA 上的得分。

同时采用双标图分析品种的适应性, 双标图是解释 AMM I 分析结果, 进一步深入了解基因型和环境互作的有效工具。双标图是在相同的坐标上同时给出品种和地点的图标, 本文采用的 AMM I2 双标图中,  $x$  轴和  $y$  轴分别为品种和地点的 IPCA 1 值和 IPCA 2 值, 在某一试点品种的交互作用大小和方向可在图上直观地由垂直投影的长短和方向得出<sup>[14]</sup>。

AMM I 模型用《实用统计分析及计算机处理平台》软件运算<sup>[15]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 AMM I 模型分析

不同小麦品种品质性状的 AMM I 模型分析结果见表 1。

表 1 不同小麦品种品质性状的 AMM I 模型分析结果

Table 1 The results of AMM I model to wheat quality traits

变异来源 Varieties	沉降值 Sedimentation				蛋白质含量 Protein content			
	DF	MS	F	平方和占 总平方和/% Percent of total ss/ interaction	DF	MS	F	平方和占 总平方和/% Percent of total ss/ interaction
总的 Total	71	23.53			89	1.778		
基因型 Genotype	5	222.52	70.68**	66	5	10.565	44.159**	33
环境 Environment	11	13.59	4.31**	10	14	4.955	20.708**	44
基因型 × 环境 Interaction	55	7.43	2.36*	24	70	0.516	2.156*	23
IPCA 1	15	15.37	4.88*	56	18	0.814	3.402**	41
IPCA 2	13	6.27	1.99*	20	16	0.574	2.400*	25
IPCA 3	11	4.17	1.32	11	14	0.501	2.094	
误差 Error	16	3.15			22	0.239		

变异来源 Varieties	形成时间 Development time				稳定时间 Stability time			
	DF	MS	F	平方和占 总平方和/% Percent of total ss/ interaction	DF	MS	F	平方和占 总平方和/% Percent of total ss/ interaction
总的 Total	89	8.727			89	29.807		
基因型 Genotype	5	72.905	54.880**	47	5	251.516	52.603**	46
环境 Environment	14	8.736	6.576**	16	14	30.151	6.306**	16
基因型 × 环境 Interaction	70	4.141	3.117**	37	70	13.901	2.907**	38
IPCA 1	18	7.371	5.548**	46	18	31.044	6.297**	57
IPCA 2	16	5.668	4.267**	31	16	12.392	2.579*	21
IPCA 3	14	2.664	2.006		14	7.918	1.621	
误差 Error	22	1.32			22	4.78		

注: IPCA 1, IPCA 2, IPCA 3 的平方和各占基因型 × 环境交互作用平方和的百分比。

Note: Percentage of IPCA 1, IPCA 2, IPCA 3 total SS of increaction, respectively.

由表 1 可见, 蛋白质含量和沉降值的基因型、环境效应均达极显著水平, 基因型 × 环境交互效应达到显著水平; 形成时间和稳定时间的基因型、环境

基因型 × 环境交互效应均达极显著水平。4 个品质指标均有 2 个交互效应主成分轴 (IPCA 1 和 IPCA 2) 达显著或极显著水平。蛋白质含量的环境效

应最大; 沉降值、形成时间和稳定时间的基因型效应最大。蛋白质含量和沉降值的基因型 × 环境互作效应占总平方和的 23% 和 24%, 形成时间和稳定时间的基因型 × 环境互作效应占总平方和的 37% 和 38%; 本文仅以形成时间和稳定时间的交互效应进行双标图分析。

## 2.2 品种稳定性分析

由表 2 可见, 对于形成时间的  $D_i$  值, 豫麦 70 > 豫麦 49 > 郑州 9023 > 小偃 54 > 豫麦 34 > 豫麦 18;

表 2 不同小麦品种品质指标在显著交互效应主成分轴上的得分

Table 2 Scores obtained from significant interaction key component axel of all wheat quality traits

品种 Varieties	蛋白质含量 $D_i$ Protein content $D_i$	沉降值 $D_i$ Sedimentation $D_i$	形成时间 $D_i$ Development time $D_i$	稳定时间 $D_i$ Stability time $D_i$
豫麦 49 Yum ai 49	2.620	2.982	2.312	2.862
豫麦 70 Yum ai 70	0.843	0.636	2.790	2.792
小偃 54 Xiaoyan 54	3.527	2.453	1.222	0.976
豫麦 18 Yum ai 18	1.271	2.055	0.859	1.410
郑州 9023 Zhengzhou 9023	2.569	1.015	2.146	3.991
豫麦 34 Yum ai 34	0.651	1.911	1.037	1.942

## 2.3 品种适应性分析

采用双标图对不同小麦品种的形成时间和稳定时间在不同地区的适应性进行分析。其中安阳、温

对于稳定时间的  $D_i$  值, 郑州 9023 > 豫麦 49 > 豫麦 70 > 豫麦 34 > 豫麦 18 > 小偃 54。即对于形成时间和稳定时间来说, 豫麦 70、豫麦 49、郑州 9023 的稳定性低于豫麦 18、豫麦 34、小偃 54。对于蛋白质含量的  $D_i$  值, 小偃 54 > 豫麦 49 > 郑州 9023 > 豫麦 18 > 豫麦 70 > 豫麦 34; 对于沉降值的  $D_i$  值, 豫麦 49 > 小偃 54 > 豫麦 18 > 豫麦 34 > 郑州 9023 > 豫麦 70, 即对于蛋白质含量和沉降值来说, 小偃 54、豫麦 49 的稳定性低于豫麦 70、豫麦 34。

县、灵宝、郑州、偃师、开封、漯河、周口、遂平、唐河、武陟、许昌、南阳、信阳分别用数字 1~14 表示; 豫麦 49、豫麦 70、小偃 54、豫麦 18、郑州 9023、豫麦 34 分别用字母 A~F 表示。

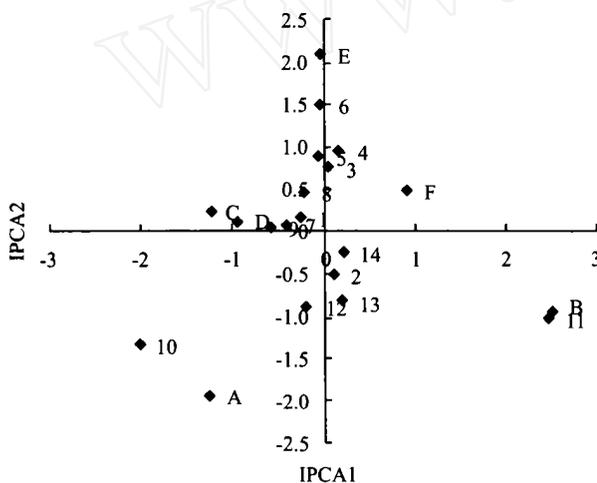


图 1 形成时间的 AMM I2 双标图  
(解释了 77% 的总平方和)

1. 安阳; 2. 温县; 3. 灵宝; 4. 郑州; 5. 偃师; 6. 开封; 7. 漯河; 8. 周口;  
9. 遂平; 10. 唐河; 11. 武陟; 12. 许昌; 13. 南阳; 14. 信阳;  
A. 豫麦 49; B. 豫麦 70; C. 小偃 54; D. 豫麦 18;  
E. 郑州 9023; F. 豫麦 34

Fig. 1 The AMM I2 model biplot of development time  
(Captures 77% of total SS)

1. Anyang; 2. Wenxian; 3. Lingbao; 4. Zhengzhou; 5. Yanshi;  
6. Kaifeng; 7. Luohe; 8. Zhoukou; 9. Suiping; 10. Tanghe;  
11. Wuzhi; 12. Xuchang; 13. Nanyang; 14. Xinyang;  
A. Yum ai 49; B. Yum ai 70; C. Xiaoyan 54; D. Yum ai 18;  
E. Zhengzhou 9023; F. Yum ai 34

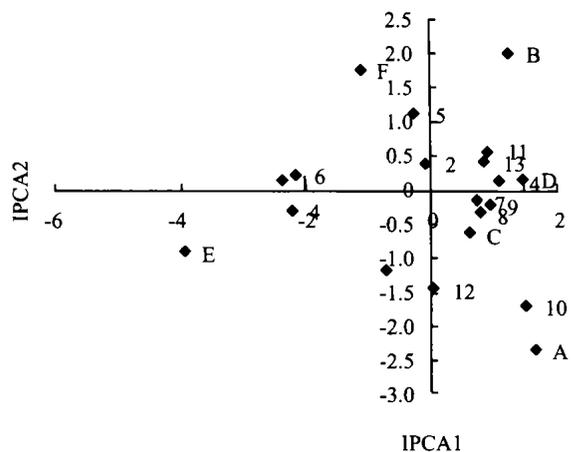


图 2 稳定时间的 AMM I2 双标图  
(解释了 78% 的总平方和)

1. 安阳; 2. 温县; 3. 灵宝; 4. 郑州; 5. 偃师; 6. 开封; 7. 漯河; 8. 周口;  
9. 遂平; 10. 唐河; 11. 武陟; 12. 许昌; 13. 南阳; 14. 信阳;  
A. 豫麦 49; B. 豫麦 70; C. 小偃 54; D. 豫麦 18;  
E. 郑州 9023; F. 豫麦 34

Fig. 2 The AMM I2 model biplot of stability time  
(Captures 78% of total SS)

1. Anyang; 2. Wenxian; 3. Lingbao; 4. Zhengzhou; 5. Yanshi;  
6. Kaifeng; 7. Luohe; 8. Zhoukou; 9. Suiping; 10. Tanghe;  
11. Wuzhi; 12. Xuchang; 13. Nanyang; 14. Xinyang;  
A. Yum ai 49; B. Yum ai 70; C. Xiaoyan 54; D. Yum ai 18;  
E. Zhengzhou 9023; F. Yum ai 34

坐标原点与试验点的距离代表试点的交互效应大小, 距离长的交互效应大, 距离短的交互效应小。从图 1, 2 可见, 对于形成时间, 交互效应较大的试点为 6(开封)、10(唐河)、11(武陟); 对于稳定时间, 交互效应较大的试点为 1(安阳)、4(郑州)、6(开封)、10(唐河), 其他各试点的交互效应相对较小。品种在原点与试点连线上的投影代表其在此试点的最大交互效应, 在正向连线上的投影代表有最佳的适应性, 在反向延长线上的投影则为最不适宜试点。从图 1, 2 可见, 对于形成时间, 品种 A(豫麦 49) 在试点 10(唐河)、品种 B(豫麦 70) 在试点 11(武陟)、品种 E(郑州 9023) 在试点 6(开封) 表现出最大适应性。对于稳定时间, 品种 A(豫麦 49) 在试点 10(唐河), 品种 E(郑州 9023) 在试点 1(安阳)、4(郑州)、6(开

封), 品种 F(豫麦 34) 在试点 5(偃师) 表现最大适应性。

#### 2.4 环境 IPCA 值与气象因子的相关分析

由表 3 可见, 蛋白质含量的 IPCA 2 和全生育期积温、灌浆期积温呈显著负相关, 和全生育期日照呈显著正相关。沉降值和形成时间的 IPCA 1、IPCA 2 值和全生育期降雨量、灌浆期降雨量、全生育期日照、灌浆期日照、全生育期积温、灌浆期积温相关均不显著。稳定时间的 IPCA 1 和全生育期降雨量、灌浆期降雨量、全生育期积温呈显著正相关。结合稳定时间的双标图(图 2)分析, 品种 A(豫麦 49)、B(豫麦 70)、D(豫麦 18) 能适应相对多雨的环境, 品种 E(郑州 9023) 能适应相对少雨的环境。

表 3 环境 IPCA 值与气象因子的相关分析

Table 3 The correlation analysis between IPCA and meteorological factors

项目 Item s	蛋白质含量 Protein content		沉降值 Sedimentation		形成时间 Development time		稳定时间 Stability time	
	IPCA 1	IPCA 2	IPCA 1	IPCA 2	IPCA 1	IPCA 2	IPCA 1	IPCA 2
全生育期降雨量 Rainfall of growth duration	0.217 5	- 0.489 6	0.280 8	- 0.085 9	0.049 8	- 0.253 5	0.552 7*	0.189 1
灌浆期降雨量 Rainfall of grain filling	0.296 2	- 0.426 0	0.290 2	- 0.214 0	0.088 0	- 0.327 6	0.599 2*	0.132 0
全生育期积温 Accumulated temperature of growth duration	0.180 2	- 0.576 5*	0.393 4	- 0.423 0	0.008 0	- 0.332 2	0.575 3*	0.317 4
灌浆期积温 Accumulated temperature of grain filling	0.168 6	- 0.556 7*	0.321 9	- 0.223 0	0.048 4	- 0.230 5	0.195 6	0.476 3
全生育期日照 Radiation of growth duration	- 0.099 8	0.622 2*	- 0.022 1	- 0.276 9	0.092 7	- 0.053 6	0.076 1	- 0.123 9
灌浆期日照 Radiation of grain filling	- 0.249 4	0.504 4	0.010 2	- 0.036 2	- 0.055 9	0.113 2	- 0.260 3	- 0.153 9

### 3 结果与讨论

小麦品质受遗传因素、环境条件以及两者互作的影响。曾浙荣<sup>[16]</sup>认为, 粉质参数中形成时间和吸水率的基因型效应大于环境。朱金宝等<sup>[17]</sup>认为, 基因型与环境互作效应对粉质参数的影响是显著的, 其中对稳定时间与软化度的影响最大。康立宁等<sup>[18]</sup>研究认为, 基因型和环境对粉质参数均有重要作用, 其中遗传因素作用更大,  $G \times E$  互作效应亦不可忽视。本研究结果表明, 基因型和环境及其互作对蛋白质含量和沉降值、形成时间和稳定时间均有显著或极显著影响, 其中基因型对形成时间和稳定时间的影响更大, 互作效应也极显著。由于环境条件对品质的影响, 不同品种的品质指标在不同环境中表现不同。前人对品种品质指标稳定性的研究表明, 对蛋白质含量来说, 小偃 54 和豫麦 18 对环境较敏感, 豫麦

34 稳定性中等; 对于形成时间和稳定时间, 豫麦 18 稳定, 郑州 9023 对环境较为敏感<sup>[19]</sup>。本研究结果表明, 在所参试的 6 个品种中, 对于蛋白质含量, 小偃 54、豫麦 49 的稳定性低于豫麦 70、豫麦 34; 对于形成时间和稳定时间, 豫麦 70、豫麦 49、郑州 9023 的稳定性低于豫麦 18、豫麦 34、小偃 54。

基因型  $\times$  环境交互效应的分析通常采用线性回归方法, 然而线性回归必须依赖基因型  $\times$  环境交互效应与加性环境指数间呈线性关系。而 AMM I 模型是较方差分析和线性模型分析基因型与环境互作更有效的工具<sup>[20, 21]</sup>。通过 AMM I 模型的双标图能形象直观地看出品种和地点的变异程度, 找出表现最稳定的品种, 对每一地点很容易找出与地点互作最大的品种。并且通过计算地点的 IPCA 值与环境因子的相关系数, 找出与地点 IPCA 值显著相关的环境因子, 推断品种某性状在不同条件下的适应性<sup>[22]</sup>。

对于制定育种目标而言,重视基因型×环境互作,对选育抵抗不良环境的广泛适应性或特殊适应性品种具有重要意义。AMM I模型是分析品种的多地点试验数据十分有效的工具,但是目前只能对单个性状进行分析,如何对多个性状进行综合分析还有待于进一步深入研究。

## [参考文献]

- [1] Bacenziger P S, Clements R L, McIntosh M S, et al Effect of cultivar, environment, and interaction and stability analyses on milling and baking quality of red wheat[J]. Crop Sci, 1985, 25: 5- 8
- [2] 张 勇, 何中虎, 张爱民. 应用 GGE 双标图分析我国春小麦的淀粉峰值粘度[J]. 作物学报, 2003, 29(2): 245- 251.
- [3] 张 泽, 鲁 成, 向中怀. 基于 AMM I 模型的品种稳定性分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 304- 309.
- [4] Cauch H G Model selection and validation for yield trials with interaction[J]. Biometrics, 1988, 44: 705- 715
- [5] 马文广, 许自成, 李永平, 等. 基于 AMM I 模型评价烤烟品种品质性状的稳定性[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(1): 81- 85.
- [6] 穆培源, 庄 丽, 张吉贞, 等. 应用 AMM I 模型分析春小麦区试数据的研究[J]. 新疆农业科学, 2003, 40(1): 1- 5
- [7] 吴渝生, 李本逊, 顾红波, 等. 甜玉米品种稳定性的 AMM I 模型分析[J]. 华中农业大学学报, 2003, 22(1): 4- 8
- [8] 殷延勃, 朱美静, 马洪文, 等. 基因型和环境互作对宁夏稻米整精米率的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(6): 34- 38
- [9] 荆 奇, 姜 东, 戴廷波, 等. 基因型与环境对小麦品质及蛋白组分的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1649- 1653
- [10] 王立秋, 靳占忠, 曹敬山, 等. 水肥因子对小麦籽粒及面包烘烤品质的影响[J]. 中国农业科学, 1997, 30(3): 67- 73
- [11] 郭天财, 张学林, 樊树平, 等. 不同生态环境对三种筋力类型小麦品质性状的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 917- 920
- [12] 赵 虹, 王西成, 李铁庄, 等. 河南省小麦品种品质性状分析[J]. 华北农学报, 2000, 15(3): 126- 131.
- [13] 樊龙江, 胡秉民, 许德信. 水稻区域试验点对品种判别能力估计方法的研究[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(1): 58- 60
- [14] 王 磊, 曾列先, 余汉勇, 等. 利用加性主效应和乘积交互作用模型对国际杂交水稻圃数据的分析[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(4): 198- 204
- [15] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及计算机处理平台[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [16] 曾浙荣. 37 个小麦品种面包烘烤品质的评价和聚类分析[J]. 作物学报, 1994, 20(6): 641- 652
- [17] 朱金宝, 刘广田. 基因型和环境对小麦烘烤品质的影响[J]. 作物学报, 1995, 21(6): 679- 684
- [18] 康立宁, 魏益民, 欧阳韶晖, 等. 基因型与环境对小麦品种粉质参数的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(1): 91- 95
- [19] 马冬云, 朱云集, 郭天财, 等. 基因型与环境及其互作对河南省小麦品质性状的影响及品质稳定性分析[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(4): 13- 18
- [20] Crossa J, Gauch H G, Zobel R W. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trail[J]. Crop Sci, 1990, 30: 493- 500
- [21] 刘文江, 李浩杰, 江旭东, 等. 用 AMM I 模型分析杂交水稻基本性状的稳定性[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 569- 576
- [22] 沈希宏, 杨仕华, 谢美贤, 等. 水稻品种区域试验的品种×环境互作及其与气候因子的关系[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(1): 31- 36

## Analyzing the stability of wheat quality traits with AMM I model

MA Dong-yun, GUO Tian-cai, WANG Chen-yang, ZHU Yun-ji, ZHANG Xue-lin

(The National Engineering Research Center for Wheat, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

**Abstract:** The additive main effects and multiplicative interaction (AMM I) model was used to analyze G×E interaction on wheat quality of 6 varieties planted in Henan province. The results indicated that environment, genotype and G×E have great effect on protein content, sedimentation, stability and development time. Stability analysis on the quality of different wheat varieties were made in this paper. With regard to protein content and sedimentation, Yumai 49, Xiaoyan 54, and Zhengzhou 9023 were highly responsive to the environment. In respect to development and stability time, Yumai 70, Yumai 49 and Zhengzhou 9023 had lower stability. Yumai 49 showed adaptability in Tanghe, so did Zhengzhou 903 in Kaifeng and Zhengzhou. The correlation analysis between IPCA and meteorological factors showed that IPCA had certain relation to radiation, temperature and rainfall.

**Key words:** wheat quality; AMM I model; stability