

基因型和环境互作对宁夏稻米整精米率的影响

殷延勃¹, 朱美静¹, 马洪文¹, 王 昕¹, 钱 前², 王 磊²

(1 宁夏农科院 农作物研究所, 宁夏 银川 750105; 2 中国农业科学院 水稻研究所, 浙江 杭州 310006)

[摘 要] 利用AMM I模型分析了1999年宁夏优质米多点试验的数据。结果表明, 宁夏稻区主要水稻品种整精米率以环境效应较大, 多数品种均存在基因型和环境互作, 整精米率不同地点差异较大。在环境因子中, 整精米率与生育期内施磷肥量和降雨量呈正相关, 与日平均气温差和日照时数呈负相关。

[关键词] 宁夏稻米; 基因型和环境互作; AMM I模型; 双标图; 多点试验; 环境因子

[中图分类号] S511.103.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)06-034-05

随着人们生活水平的提高, 大米品质日益受到人们的重视。水稻品质是品种遗传特性和环境条件综合作用的结果, 基因型和环境互作($G \times E$)分析是作物品种多点试验数据分析的一项重要内容, $G \times E$ 互作分析对于品种审定、品种推广、作物生产区域的划分、育种目标的制定具有十分重要的意义。日本、泰国等一些发达国家根据水稻品质与生态环境条件的互作关系制定出水稻区划方案, 有力的推动了优质水稻的改良和出口贸易的发展。如泰国的KD 105, RD 6, RD 15, RD 21等和日本的越光、秋田小町、日光等, 主要生产供应市场的优质大米。沈希宏等^[1]、郭银燕等^[2]和石春海等^[3]进行了这方面的研究, 其结果为我国制定水稻区划提供了一定的理论依据。但这些研究大多数是对产量与环境互作的研究, 并且多为对籼稻的研究, 对品质性状与环境的互作研究较少, 特别是目前国内还没有粳稻方面的相关研究。本研究利用主效可加互作可乘模型(AMM I模型)^[4~6]分析了1999年宁夏优质米研究与开发多点试验中的 $G \times E$ 互作, 探讨了 $G \times E$ 互作与环境因子(施肥、温度、日照等)的关系, 以期能更全面地评价品种及有效地利用 $G \times E$ 互作, 选择出宁夏稻区最佳的优质米生产品种和种植区域, 为“宁夏优质米工程”的优质米区划和生产提供切实可行的科学依据, 为宁夏水稻优质、高产育种提供科学的理论方法和物质基础。

1 材料与方法

试验选用宁夏稻区生产上大面积推广和新育成的有代表性的早、中、晚熟品种(系)共10个。选择宁夏稻区具有代表性的5个试验点, 即吴忠良繁场、灵武农场、中卫良繁场、宁夏自治区原种场、宁夏自治区作物所, 于1999年度进行了联合多点试验。

10个品种在试验中随机排列, 重复3次, 每品种种植9行区, 小区面积 $7.25\text{ m} \times 2.06\text{ m}$, 田间管理按一般品种区域试验, 收获后3个重复全部取样统一按农业部标准NY 147-88进行品质测定, 并收集了施N、P肥量及生育期内(4~9月)主要气候环境因子(降雨量、日平均气温、日相对湿度、日照时数等)资料。

2 结果与分析

整精米率的方差分析、回归分析和AMM I模型分析结果列于表1。从表1可知, 整精米率的基因型、环境和基因型与地点互作($G \times E$)的平方和分别占总平方和的27.64%, 62.30%和9.44%, 可见环境间的变异大于基因型间的变异和基因型与地点间的互作效应, 基因型间的变异和环境间的变异是显著的。基因型与地点互作($G \times E$)的回归分析表明, $G \times E$ 互作占总平方和的67.85%, 达显著水平。AMM I模型的第一乘积项(IPCA 1)显示 $G \times E$ 互作占总平方和的76.76%, 第二、第三乘积项(IPCA 2, IPCA 3)显示 $G \times E$ 互作占总平方和的15.08%和

〔收稿日期〕 2000-11-29

〔基金项目〕 宁夏自治区主要农作物新品种选育重点项目(10101-02)

〔作者简介〕 殷延勃(1964-), 男, 宁夏中宁人, 副研究员, 硕士, 主要从事作物遗传育种研究。

6 47%, 均达显著水平, 说明用 AMM I 模型分析整 精米率的 $G \times E$ 互作是非常有效的。

表 1 整精米率的方差分析、线性回归模型和 AMM I 模型的分析结果

Table 1 The results from ANOVA & linear model and AMM I model of Head rice rate

变异来源 Source of variation	自由度 DF	平方和 SS	均方 MS	F	P-值 P value	占总平方和 的百分率/% G×E rate in the total SS
基因型 Genotype (G)	9	7 946 310 6	882 923 4	488 686 9	0 000 0	27. 64
环境 Environment (E)	4	17 911 012 8	4 477 753 2	2 478 379 4	0 000 0	62. 30
交互作用 G×E	36	2 713 236 9	75 367 7	41. 715 1	0 000 0	9. 44
G×E 回归 G×E back	9	381 215 2	42 357 2	23 444 5	0 000 0	67. 85
残差 Residual	100	180 672 6	1 806 7			
IPCA 1	12	2 082 680 2	173 556 7	22 693 0	0 000 0	76. 76
IPCA 2	10	409 086 4	40 908 6	5 348 9	0 000 3	15. 08
IPCA 3	8	175 582 2	21 947 8	2 869 7	0 006 4	6. 47
残差 Residual	6	45 888 1	7 648 0			
总和 Total	149	28 751 233 5	192 961			

图 1 给出了整精米率的平均值与品种和地点的 IPCA 1 值的双标图。品种和地点在水平方向的分散程度表明了品种效应和地点效应的大小。从图 1 中可以看出, 地点在水平方向分布范围较广, 表明地点效应比品种大, 说明整精米率地点间的变异大于基因型间。品种 6(GK 系选)、品种 8(95XW -67)、品种 9(金引 2 号)、品种 10(宁粳 16 号)整精米率较高, 品种 1(花 56)、品种 2(农院 28)、品种 5(宁粳 12 号)、品种 7(农院 25)整精米率较低。地点 D(区良繁厂)和 E(区作物所)整精米率较高, 地点 A(吴忠良繁厂)和 C(中卫良繁厂)整精米率较低。品种 5(宁粳 12 号)、品种 7(农院 25)有大致相同的整精米率, 但 $G \times E$ 互作 IPCA 1 值的差异表明两品种在各地点的表现很不相同。双标图的垂直方向表明品种和地点交互作用的差异, 品种 1(花 56)、品种 8(95XW -67)的 IPCA 1 值集中在 0 附近, 说明这些品种与环境的交互作用小, 整精米率表现较为稳定。品种 1(花 56)、品种 5(宁粳 12 号)、品种 7(农院 25)接近于同一垂直线, 虽然它们的整精米率相似, 但与环境的交互作用差异较大, 这些品种在不同地点的表现有较大不同。而地点 B(灵武农场)、D(区良繁厂)整精米率差异很大, 但 IPCA 1 值接近, 表明品种在两地点的互作效应较为接近。品种 4(系选 96-1)、品种 7(农院 25)、品种 10(宁粳 16 号)与地点 A(吴忠良繁厂)有较大的正向交互作用, 说明品种 4(系选

96-1)、品种 7(农院 25)、品种 10(宁粳 16 号)在地点 A(吴忠良繁厂)有较高的整精米率。由于品种在纵轴上还是显得不够分散, 说明 IPCA 1 不足以很好鉴别品种对环境的敏感程度。

图 2 给出了整精米率的品种和地点的 IPCA 1 值与 IPCA 2 值的双标图。首先, 试点线段的长短表明了地点对总互作的贡献大小, 地点 A(吴忠良繁场)、地点 B(灵武农场)、地点 E(区作物所)与原点的连线相对较长, 表明品种在这些地点的互作对总的 $G \times E$ 互作有相当大的贡献。第二, 品种与图标越接近坐标原点, 表示 $G \times E$ 互作越小, 品种稳定性好。品种 1(花 56)、品种 3(96G13-1)、品种 6(GK 系选)较接近原点, 说明这些品种的 $G \times E$ 互作小, 表现较为稳定。最后, 从图 2 还可看出, 品种 7(农院 25)、品种 10(宁粳 16 号)在地点 A(吴忠良繁场)、品种 5(宁粳 12 号)、品种 9(金引 2 号)在地点 B(灵武农场)的图标与原点的连线上有较大的垂直投影, 表明品种 7(农院 25)、品种 10(宁粳 16 号)、品种 5(宁粳 12 号)、品种 9(金引 2 号)在这些试点有较大的正向 $G \times E$ 互作(垂直投影在地点反向延长线上则为负 $G \times E$ 互作)。尽管这些品种中有的整精米率在参试品种中并不高, 但在这些地点却具有特殊的适应性。

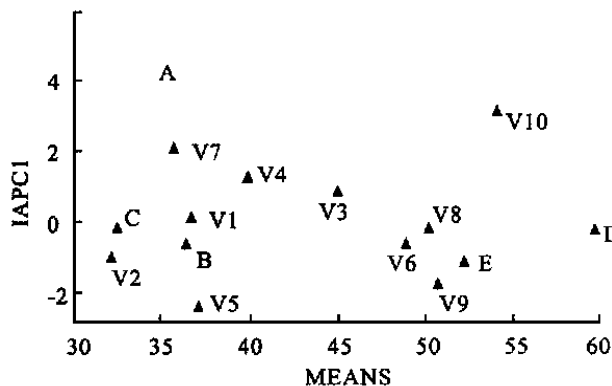


图 1 AMM I2 模型的双标图

A. 吴忠良繁场; B. 灵武农场; C. 中卫良繁场;
D. 区原种场; E. 区研究所
V₁ 花 56; V₂ 农院 28; V₃ 96G13-1; V₄ 系选 96-1;
V₅ 宁梗 12 号; V₆ GK 系选; V₇ 农院 25; V₈ 95XW -67;
V₉ 金引 2 号; V₁₀ 宁梗 16 号

Fig 1 The AMM I2 model biplot

A. W uzhong seed propagation fam; B. L inwu fam;
C. Zhongwei seed propagation fam; D. N ingxia elite
seed fam; E. N ingxia Group Research Institute
V₁ Hua 56; V₂ Nongyuan 28; V₃ 96G13-1;
V₄ Xixuan 96-1; V₅ N ingjing No. 12;
V₆ GK Xixuan; V₇ Nongyuan 25;
V₈ 95XW -67; V₉ Jinyin No. 2;
V₁₀ N ingjing No. 16

地点 IPCA 值和环境变量间的相关系数列于表 2。从表 2 可以看出, 整精米率的环境 IPCA 1 值与施磷肥量的相关系数达到极显著水平, 与施磷肥量呈正相关。IPCA 2 值与日平均气温差的相关系数达到

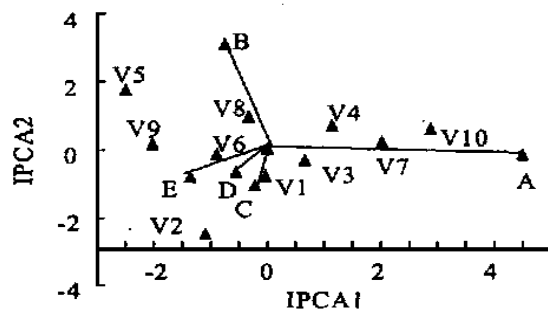


图 2 AMM I2 模型的双标图

A. 吴忠良繁场; B. 灵武农场; C. 中卫良繁场;
D. 区原种场; E. 区研究所
V₁ 花 56; V₂ 农院 28; V₃ 96G13-1; V₄ 系选 96-1;
V₅ 宁梗 12 号; V₆ GK 系选; V₇ 农院 25; V₈ 95XW -67;
V₉ 金引 2 号; V₁₀ 宁梗 16 号

Fig 2 The AMM I2 model biplot

A. W uzhong seed propagation fam; B. L inwu fam;
C. Zhongwei seed propagation fam; D. N ingxia elite
seed fam; E. N ingxia Group Research Institute
V₁ Hua 56; V₂ Nongyuan 28; V₃ 96G13-1;
V₄ Xixuan 96-1; V₅ N ingjing No. 12;
V₆ GK Xixuan; V₇ Nongyuan 25;
V₈ 95XW -67; V₉ Jinyin No. 2;
V₁₀ N ingjing No. 16

极显著水平, 与日平均气温差呈负相关。IPCA 3 值与降雨量(0.791)和日照时数(-0.871)的相关系数达到显著水平, 与降雨量呈正相关, 与日照时数呈负相关。

表 2 地点 IPCA 值和环境变量之间的相关系数

Table 2 The correlation coefficient between location IPCA scores and environmental variables

环境变量 Environmental variables	整精米率 Head rice		
	IPCA 1	IPCA 2	IPCA 3
施氮肥量 Application of N	- 0.639	- 0.126	- 0.601
施磷肥量 Application of P	0.918**	- 0.189	- 0.093
降雨量 Rainfall	- 0.577	0.204	0.791*
日平均最高气温 Daily mean maximum temperature	0.417	- 0.736	0.217
日平均最低气温 Daily mean minimum temperature	0.664	- 0.326	0.103
日平均气温 Daily mean temperature	0.558	- 0.005	0.067
日平均气温差 Daily mean temperature difference	- 0.180	- 0.968**	0.274
日相对湿度 Daily relative humidity	- 0.620	0.282	0.129
日照时数 Daily sunshine	0.512	0.030	- 0.871*

结合图 2 可知, 品种 2(农院 28)低施磷肥量和低日平均气温差的环境有很强的特殊适应性, 品种

5(宁粳12号)较远离其他品种。在图2的最上方,表明宁粳12号对相对较高的施磷肥量和较高日平均气温差的环境有很强的特殊适应性,即整精米率较高,其他大多数品种在施磷肥量和日平均气温差中等的环境有较高的整精米率,尽管这两品种产量不是很高,但育种者要培育适应特定环境的品种,选择与这类环境有高中正向互作的材料为亲本会比较好些,可考虑选择上述品种在生产上利用或者作为对这类特定环境育种的亲本材料。

用AMM I模型对整精米率进行分析的结果表明,AMM I模型解释 $G \times E$ 互作明显优于线性回归模型,通过AMM I模型双标图可以看出品质性状在品种和试验点间的变异程度,便于找出稳定性较好的品种和试验点。通过计算试验点的IPCA值与环境因子的相关系数,可以找出与品质性状显著相关的环境因子。

3 讨论

3.1 基因型、环境和 $G \times E$ 互作对品质性状的影响

宁夏稻区主要水稻品种整精米率以环境效应较大,多数品种整精米率均存在 $G \times E$ 互作,而碾磨品质各性状以整精米率在品种间的差异最大,这一结果与郭银燕等^[2]的结果一致。石春海等^[3]研究表明,各碾磨品质性状除了受制于种子基因效应、细胞质效应和母体植株基因效应等遗传主效应外,还明显受到各遗传效应与环境互作效应的影响,这与本研究的结果是一致的。本研究表明,影响整精米率的环境因子中,施磷肥量起正向作用,抽穗期-成熟期间的日平均气温差起负向作用,孟亚利等^[7]的研究认为,结实期日平均气温和日均辐射量是影响稻米品质的2个主要因子,其中日平均气温是影响稻米品质的主导因子,日平均气温和日均辐射量与整精米率呈负相关,结实中期日平均气温对品质影响最大。而本研究结果与之有所不同,还有待在多年试验中进一步验证。研究表明,宁夏稻区主要品种的整精米率普遍偏低,且不同地点差异较大。因此,在宁夏稻

米的优质、高产育种中,应着重加强提高品种的整精米率和商品率,这是今后宁夏优质育种的主攻目标。

3.2 AMM I模型分析

传统的 $G \times E$ 互作分析方法主要是根据品种回归于各地点的环境因子得到的线性模型,其结果简洁明了,计算方便,只是限制性太强,模型要求品种的性状指标与地点的环境因子呈线性关系。AMM I模型限制因子少,适应范围广,比常规的线性模型可靠,并且能提供更为详细的品种对环境的适应性信息^[4]。在AMM I的双标图上,很容易找出对某性状增加幅度最大的地点,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,可以推断出品种某性状在不同条件下的适应性^[8]。可见,AMM I模型是分析品种的多地点试验数据的十分有效的工具,目前只能对单个性状进行AMM I分析,如何对多个性状进行综合分析还有待于更深入的研究。

通过AMM I模型对 $G \times E$ 互作与环境因子分析,对 $G \times E$ 互作加强了认识。本文中 $G \times E$ 互作与作物生育期内的环境因子(施肥、气温、日照等)都存在一些显著的相关关系,是影响作物品质、产量的重要因子。同时,对于制定育种目标而言,重视 $G \times E$ 互作,对于选育抵抗不良环境的广泛适应性或者特殊适应性品种具有重要意义,通过对环境因子的相关分析,确定 $G \times E$ 互作的重要环境因子,探讨 $G \times E$ 互作发生规律,为作物育种、推广进行合理区划提出可靠的科学依据^[9,10]。同时,随着作物育种工作的进展,各地育成了一批有推广应用价值的新品种、新组合,相继进入各级品比、区域试验, $G \times E$ 互作分析对试验结果的评价有重要作用。本研究只对宁夏稻米整精米率的 $G \times E$ 互作进行了分析,而由于不同地区的环境差异性,品种选育和推广不能按照统一标准要求,而应从科学分析的角度出发,因地制宜,充分利用各地的环境资源优势,利用可重复利用的 $G \times E$ 互作,因势利导,发挥品种的最大潜力,进一步提高作物品质和产量。

[参考文献]

- [1] 沈希宏, 杨仕华, 谢美贤, 等. 水稻品种区域试验的品种 $\times$ 环境互作及其气候因子的关系[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(1): 31- 36
- [2] 郭银燕, 张云康, 陈润康, 等. 早籼稻碾磨品质品种、地点、品种 $\times$ 地点互作效应的研究[J]. 遗传, 1997, 19(4): 12- 16
- [3] 石春海, 何慈信, 朱 军. 籼稻稻米外观品质的遗传主效应和环境互作效应分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 304- 309
- [4] 张 泽, 鲁 成. 基于AMM I模型的品种稳定性分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 304- 309
- [5] 王 磊, 杨仕华, 沈希宏, 等. AMM I模型及其在作物区试数据分析中的作用[J]. 应用基础与工程科学学报, 1997, 5(1): 39- 45
- [6] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. J]. 中国水稻科学, 1999, 13(3): 179- 182
- [7] 孟亚利, 周治国. 结实期温度与稻米品质的关系[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(1): 51- 54
- [8] 王 磊, McClaren C G, 杨仕华, 等. 利用双标图分析区试数据[J]. 生物数学学报, 1997, 5: 557- 563
- [9] 黄发松, 孙宗修, 胡培松, 等. 食用稻米品质形成研究的现状与展望[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(3): 172- 176
- [10] 陈秉发, 陈建民. 稻米品质遗传和优质稻育种途径初探[J]. 福建稻麦科技, 1998, 16(4): 12- 15

Interaction of genotype and environmental effects on head rice rate of Ningxia rice

YIN Yan-bo¹, MA Hong-wei¹, RONG Yun-chen¹, WANG Xin¹, QIAN Qian², WANG Lei²

(1 Crop Research Institute, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750105, China;

2 China National Rice Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 310006, China)

Abstract: The data of Ningxia quality rice multilocation trial in 1999 were analyzed with AMM I models. The results showed that head rice rate was mostly effected by environment. With regards to head rice rate, most tested varieties were involved with the $G \times E$ interaction effects. However, head rice rate was significantly related to sites in Ningxia. There was positive correlation between head rice rate and the application of P fertilizers, as well as rainfall, meanwhile, there were negative correlation between head rice rate and the variation of daily mean temperature, as well as the daily sunshine.

Key words: Ningxia rice; $G \times E$ interaction; AMM I model; biplot; multilocation trial; environmental factor