

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2006)01-011-05

应用 AMMI 模型评价马铃薯品种的稳定性和适应性

杨志平, 何凤发, 王季春, 唐道彬, 吕长文

(西南大学农学与生命科学学院, 重庆 北碚 400716)

摘要: 应用 AMMI 模型对 6 个马铃薯品种的区试产量进行了分析。结果表明: 在线型回归分析的条件不具备时, AMMI 模型可解释基因型与环境之间的交互。通过 AMMI 模型双标图和稳定性参数可以比较基因型与环境交互的大小, 进而评价各参试品种的稳定性与适应性。

关键词: AMMI 模型; 基因型与环境交互; 双标图; 稳定性与适应性

品种区域化试验是作物品种审定、繁育推广的重要环节, 而品种的稳定性和适应性又是评价品种推广价值的一个重要参考指标。通常用基因型和环境交互作用来衡量品种的稳定性和适应性, 并且采用 Eberhart-Russell 及其它线性回归方法作分析, 然而线性回归分析必须依赖基因型与环境交互效应与加性环境指数间呈线性关系的假定, 当这一线性关系不成立时, 线性回归就显得无能为力^[1]。要想

进一步鉴定品种的稳定性和适应性, 就必须采用聚类分析、主成分分析等非线型回归的方法作分析。近年来, 一种更为有效的加性主效和乘积交互作用模型 Addition Main effects and Multiplication Interaction Model 简称 AMMI 模型) 已经被广泛用于评价基因型的稳定性和适应性^[2-5], 与常规的方差分析和线性回归模型相比, 该模型应用范围更广而且更有效。本文用该模型对国家马铃薯品种区试西南组中晚熟马铃薯品种进行分析, 评价这些马铃薯品种的稳定性和适应性, 以期为进一步利用和推广提供参考。

收稿日期: 2005-11-25

作者简介: 杨志平 (1965-), 男, 高级农艺师, 主要从事马铃薯分子标记和辅助育种工作。

Effect of Gibberellins(GA₃) and Methyl Jasmonate(MeJA) on Endogenous Hormones and Development of Potato in Aeroponics

Qin Zhongqun, Wang Jichun

(College of Agronomy and Life Sciences, Southwest University, Beibei, Chongqing 400716, China)

Abstract: This test used split-plot design to study the effect of GA₃ and MeJA on endogenous hormones and development of potato in aeroponics, with main plot being varieties and split-plot being hormones. The result indicated that the content of endogenous IAA and JA of all varieties increased while endogenous ABA of the variety Gaoyuan 7 decreased when potato leaves were treated with extraneous GA₃. Extraneous MeJA had inducement effect on tuber formation, but this effect was weakened while potatoes were treated with MeJA and GA₃ together.

Key Words: gibberellins; methyl jasmonate; aeroponics; endogenous hormones; tuber development

1 试验材料和设计

1.1 试验材料

资料来自 2002、2003 年国家马铃薯区域试验西南组中晚熟品种区试材料。

6 个马铃薯品种依次为:康 971-12 (G₁), 鄂 393160-4 (G₂), 晋 90-7-23 (G₃), 85 克疫红皮 (G₄), 合作 88 (G₅), Mir6 (G₆)。

依据年度总结报告, 选择具有代表性且未受干旱和湿害影响的试验地点作分析, 它们分别是湖北恩施 (E₁)、贵州威宁 (E₂)、云南昭通 (E₃)、陕西安康 (E₄)、重庆巫溪 (E₅)、贵州毕节 (E₆)。

1.2 试验设计

采用随机区组试验设计, 3 次重复, 小区面积 5.33 x 2.5 m², 5 行区, 80 株, 行株距 0.5 m x 0.33 m, 小区间走道宽 0.4 m, 试验地四周设保护行。

1.3 试验方法

1.3.1 AMMI 模型

AMMI 模型是加性主效与乘积交互作用的数字模型, 其表达式为:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{s=1}^c \omega_s \gamma_{is} \gamma_{js} + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

每一交互作用主成分分析(简称 IPCA, Interaction Principal Component Analysis)的成分导致 2 个参数向量: 基因型和环境 IPCA 轴, 它们通常吸收奇异值而量化。其中 Y_{ij} 是第 i 个基因型在第 j 个环境中的平均产量; μ 为总平均值; g_i 是第 i 个基因型的主效应; e_j 是第 j 个环境的主效应。倍加性参数 ω_s 为第 s 个交互作用主成分轴奇异值的平方根。γ_{is} 为第 s 轴的基因型特征向量, γ_{js} 为环境特征向量, 特征向量为标准向量。而 ω_s 的单位与产量的单位相同。倍加性参数的方便取值为 ω_s^{0.5} γ_{is} 和 ω_s^{0.5} γ_{js}, 它们的乘积为基因型与环境的互作效应, 基因型(或环境)在其相应 IPCA 轴上的得分就度量了其自身互作效应的大小, 它们能最大程度地鉴别基因型 and 环境的敏感程度。

1.3.2 双标图和稳定性参数 D_i

在利用 AMMI 模型分析的基础上, 利用双标图可更进一步了解 G x E 互作。所谓双标图是在一张图中同时给出品种和地点的图标。可给出以品种、地点平均产量为横坐标、1PCA1 为纵坐标的 AMMI1 的双标图以及 IPCA1 为横坐标、IPCA2 为纵坐标的 AMMI2 的双标图。通过双标图可看出品

种、地点的效应以及品种与地点互作效应的大致情况。稳定性参数 D_i 利用吴为人给出的式子计算:

$$D_i = \sqrt{\sum_{s=1}^c \omega_s \gamma_{is}^2} \quad (2)$$

式中 s 为显著的 IPCA 个数; γ_{is} 为第 i 个基因型(或第 j 个环境)在第 s 个 IPCA 上的得分; ω_s 为权重系数, 它表示每个 IPCA 所解释的平方和占全部 IPCA 所解释的平方和的比例^[2]。用 D_i 可以对所有基因型的稳定性给出相应的定量指标, 品种的 D_i 值越小, 其稳定性越好; 试点的稳定性表达了试点对品种的分辨能力, 试点的 D_i 值越大, 对品种的分辨力越强。

2 结果与分析

2.1 方差分析

从表 1 可知, 基因型、环境方差分别达到 5% 和 1% 显著水平, 二者互作方差尚未达到 5% 的显著水平。这表明: (1) 品种间的产量存在真实差异; (2) 环境之间有显著差异, 说明试验地的选择有较好的代表性; (3) 基因型与环境交互作用未达到显著水平, 说明各品种产量并不随地点的变化而呈线性改变^[6], 不能进一步用线型回归分析评价品种的稳定性和适应性, 必须借助 AMMI 模型进行分析评价。

表 1 产量方差分析

| 变异来源 | df | SS | MS | F 值 |
|-------|-----|-----------|----------|-------------------|
| 总的 | 107 | 16512.129 | 154.319 | |
| 处理 | 35 | 12143.281 | 346.951 | 5.72 [*] |
| 基因型 G | 5 | 764.541 | 152.908 | 2.52 [*] |
| 环境 E | 5 | 9618.209 | 1923.642 | 31.7 [*] |
| G x E | 25 | 1760.531 | 70.421 | 1.16 |
| 误差 | 72 | 4368.849 | 60.679 | |

2.2 双标图 AMMI 稳定性分析

由表 2 可知, 对产量而言, 基因型、环境和 G x E 平方和分别占总变异平方和的 4.63%、58.25%、10.66%, 说明对试验中产量总变异起作用的大小顺序依次为环境、G x E、基因型。AMMI 结果表明, G x E 的 F 值达极显著水平, 因此重视对 G x E 的分析对合理评价品种起着相当重要的作用, IP-

CAI 和 IPCA2 的平方和占整个互作平方和的 96.97%，表明整个互作的绝大部分变异集中在前面 2 个 IPCA 轴上。因此据各基因型在 IPCA1(横轴) 和 IPCA2(纵轴) 上的得分作基因型 AMMI2 双标图(图 1)。

从图 1 上我们能够比较直观地看出，每一个基因型偏离坐标原点的距离，在双标图上越接近坐标原点的基因型就越稳定^[4]。因此 6 个品种的稳定性表现顺序为： $G_6 > G_4 > G_3 > G_5 > G_2 > G_1$ 。其 IPCA1 值(横轴)在图 1 上标记分别为：1.57118, 1.72461, -1.7402, -2.18462, 2.4837, -1.85467。

表 2 产量 AMMI 分析

| 变异来源 | df | SS | MS | F 值 | 占总的或互作 SS% |
|-------|-----|-----------|----------|--------|------------|
| 总的 | 107 | 16512.129 | | | |
| 基因型 G | 5 | 764.541 | 152.908 | 25.25 | 4.63 |
| 环境 E | 5 | 9618.209 | 1923.642 | 317.64 | 58.25 |
| G×E | 25 | 1760.531 | 70.421 | 11.63 | 10.66 |
| IPC1 | 9 | 1566.681 | 174.076 | 28.74 | 88.99 |
| IPC2 | 7 | 140.577 | 20.82 | 3.32 | 7.98 |
| IPC3 | 5 | 29.051 | 5.81 | 0.96 | 1.65 |
| 残差 | 4 | 24.222 | 6.056 | | |

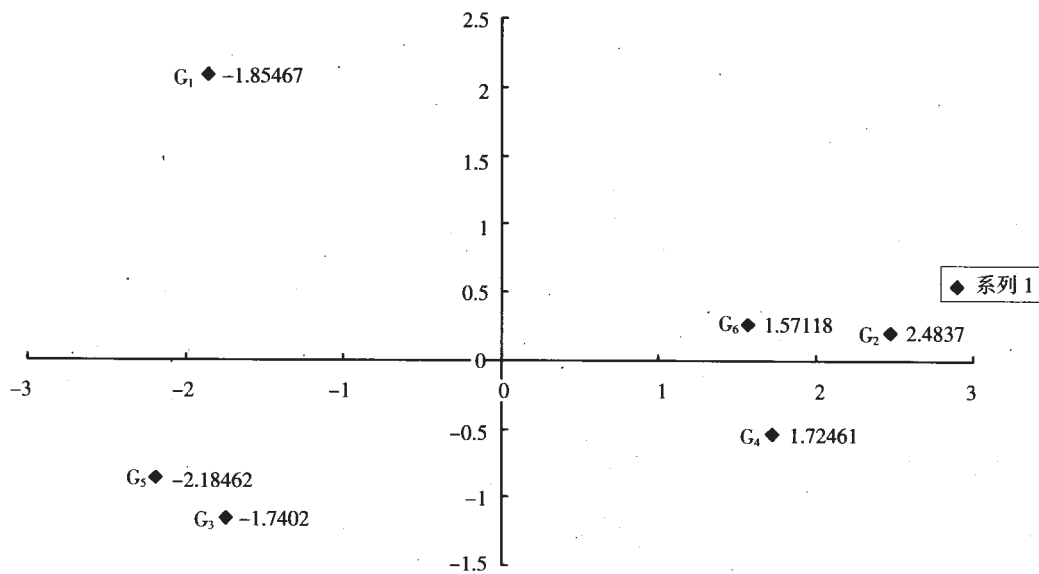


图 1 基因型 AMMI2 双标图 (IPCA1, IPCA2)

图 2 给出了产量平均值与品种和地点 IPCA1 值的 AMMI1 双标图。从图中可以看出，在水平方向上环境比品种的分佈范围广，说明环境间的变异大于品种间的变异。这与表 1 方差分析结果一致。品种 2、4、6 产量较高，品种 1、3、5 产量较低，环境 2、4、6 的品种平均产量较高，环境 1、3、5 的品种平均产量较低。垂直方向表明品种和地点交互作用的差异，品种 6、4、3 的 IPCA1 值的绝对值相对较小，说明品种与环境的互作相对较小，表现较为稳定，这与图 1 的分析结果一致。

2.3 双标图 AMMI 适应性分析

在产量 AMMI 模型双标图上，过零点水平线上下的品种与位于同侧地点之间的互作为正向，与位于另一侧地点间的互作为负向^[5]。由图 2 可以看

出，品种 2、4、6 与环境 2、3、5 有正向交互作用，与环境 1、4、6 有负向交互作用，表明品种 2、4、6 在环境 2、3、5 有较好的适应性；而品种 1、3、5 与环境 1、4、6 有正向交互作用，与环境 2、3、5 有负向交互作用，表明品种 1、3、5 在环境 1、4、6 有较好的适应性。

图 3 直观地反映了环境 IPCA1 与产量 AMMI1 变化趋势，表明品种 2、4、6 与环境交互作用的正向效应趋势，说明了这些品种对一般环境的广泛适应性；品种 1、3、5 与环境交互作用具有负向效应趋势，说明了这些品种对特殊环境的适应性。

2.4 AMMI 稳定性参数分析

利用双标图仅能直观地看出品种的稳定性情况

以及适应性趋势, 不能给出品种稳定性和地点鉴别力的定量描述, 本文按照 2) 式计算各品种的稳定性参数 D_i 以及各地点的鉴别力 D_j 。(见表 3)

根据表 3, 各品种稳定性大小(按 D_i 由小到

大) 的顺序为: $G_6 > G_4 > G_3 > G_5 > G_2 > G_1$, 与双标图 AMMI1 分析结果完全一致; 各地点对品种的鉴别力大小(按 D_j 由大到小) 顺序为: $E_2 > E_1 > E_4 > E_3 > E_5 > E_6$ 。

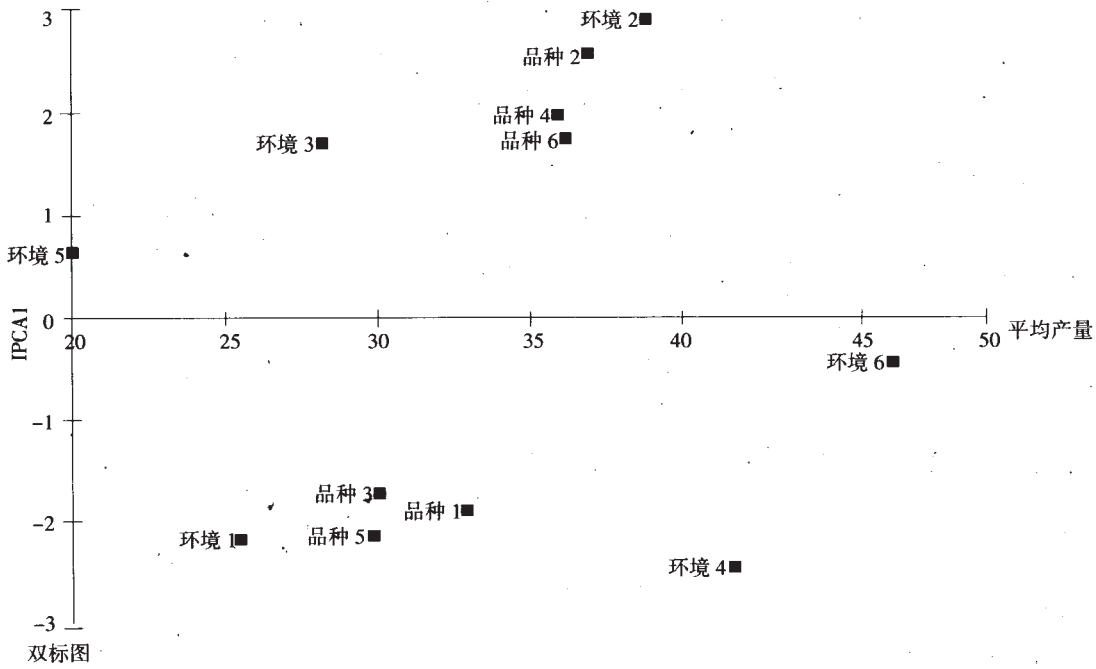


图 2 产量 AMMI1 模型双标图

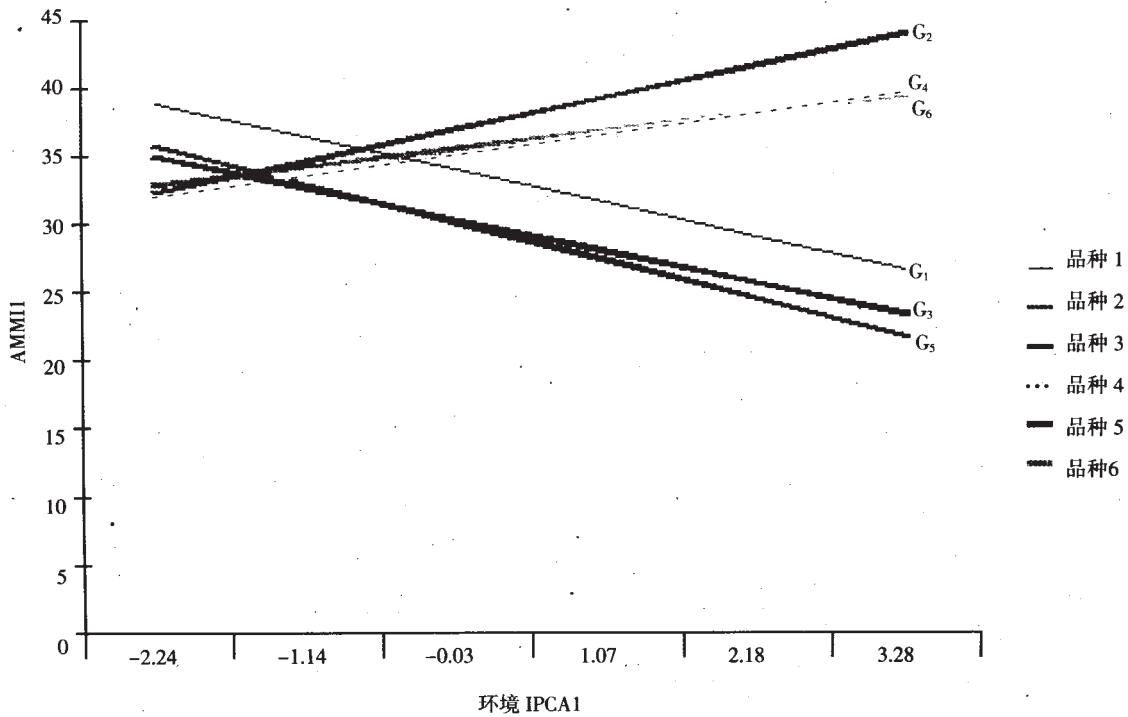


图 3 环境 IPCA1 与 AMMI1 关系

表 3 品种与地点的稳定性参数

| 代号 | 品种 | IPCA1 | IPCA2 | D _i | 代号 | 地点 | IPCA1 | IPCA2 | D _j |
|----|-------------|-----------|-----------|----------------|----|------|-----------|-----------|----------------|
| G1 | 康 971- 12 | - 1.85467 | 2.08990 | 2.636 | E1 | 湖北恩施 | - 2.22295 | 1.94323 | 2.786 |
| G2 | 鄂 393160- 4 | 2.48370 | 0.20749 | 2.351 | E2 | 贵州威宁 | 2.98120 | - 0.08478 | 2.814 |
| G3 | 晋 90- 7- 23 | - 1.74020 | - 1.15945 | 1.972 | E3 | 云南昭通 | 1.56085 | 0.62930 | 1.590 |
| G4 | 85 克疫红皮 | 1.72461 | - 0.54004 | 1.703 | E4 | 陕西安康 | - 2.49058 | - 1.46111 | 2.728 |
| G5 | 合作 88 | - 2.18462 | - 0.85569 | 2.212 | E5 | 重庆巫溪 | 0.51544 | - 0.46766 | 0.660 |
| G6 | Mira | 1.57118 | 0.25779 | 1.503 | E6 | 贵州毕节 | - 0.34395 | - 0.55898 | 0.620 |

3 讨 论

AMMI 模型把方差分析和主成分分析结合在一个模型中, 它具有这两种分析方法的优点^[1-6], 尤其在 线型回归分析条件不具备时, AMMI 模型却为研究基因型与环境互动, 更好地评价品种的稳定性和地点的鉴别力提供了一种有效的分析方法。这对品种的合理利用、区试地点的正确选择具有重要的意义。

任何一种有效的稳定性分析方法都要依赖于原始数据的真实性和准确性, 因此在区试过程中应严格控制除试验因素外的其它试验误差, 使其它因素对各处理的影响尽量做到一致, 保证统计分析的有效和适用, 以便获得精确的试验结果, 这对块茎类作物马铃薯尤为重要, 因为对收获地下营养器官的马铃薯来说, 土壤、气候因素直接影响块茎发育和膨大且直接决定产量性状特性, 试验中的不可控因素会导致试验误差分量较大, 影响试验的统计与分析。

[参 考 文 献]

- [1] 黄英姿, 毛盛贤. 基因型与环境互作研究的新进展 [J]. 作物学报, 1992, 18(2): 116- 125.
- [2] 吴为人. 对基于 AMMI 模型的品种稳定性分析方法的一点改进 [J]. 遗传, 2000, 22(1): 31- 32.
- [3] 张泽, 鲁成, 向仲怀. 基于 AMMI 模型的家蚕品种稳定性分析 [J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 62- 68.
- [4] 王磊. AMMI 模型及其在作物区试数据分析中的应用 [J]. 应用基础工程科学学报, 1997, 5(1): 37- 46.
- [5] 蒋开锋, 曾德初, 郑家奎, 等. 运用 AMMI 模型分析水稻多点双列杂交试验—— 组合的丰产性、稳产性和适应性分析 [J]. 西南农业学报, 1998, 11(1): 12- 19.
- [6] 袁爱梅, 张敏, 陈惠敏, 等. 利用 AMMI 模型分析冬小麦品种区试数据的稳定性 [J]. 种子, 2005, 24(5): 59- 61.

Evaluation of Stability and Adaptability of Potato Varieties by AMMI Model

Yang Zhiping, He Fengfa, Wang Jichun, Tang Daobin, Lu Changwen

(College of Agronomy and Life Sciences, Southwest University, Beibei, Chongqing 400716, China)

Abstract: The Addition Main effects and Multiplication Interaction (AMMI) Model was used to analyze the data of 6 potato varieties in the regional trials at 6 sites. The results showed that the AMMI model could interpret $G \times E$ interaction as the conventional regression analysis could not be provided with conditions. The $G \times E$ interaction could be estimated by the stability parameters and clearly showed on the biplots of AMMI. The stability and adaptability of the varieties could be evaluated thereby.

Key Words: AMMI model; $G \times E$ interaction; biplot; stability and adaptability