

用 AMMI 模型分析甘薯品种产量性状的稳定性

何霏如, 李观康, 陈胜勇, 余小丽, 汪云*

(湛江市农业科学研究院, 湛江 524094)

摘要: 利用 AMMI 模型对雷州半岛 4 试点 8 个甘薯品种的产量性状进行分析。结果表明, 对鲜薯产量和薯干产量总变异起作用的因素依次为基因型、基因型与环境互作和环境。鲜薯产量 2 条主成分轴共解释了 94.70% 的交互平方和, 薯干产量 2 条主成分轴共解释了 93.55% 的交互平方和。广薯 87 属于高产稳产品种, 适应性广; 广薯 79 属于低产稳产品种, 适应性广; 揭薯 04-12、广薯 42 属于高产不稳产品种; 紫罗兰、桂粉 3 号属于低产不稳产品种。揭薯 04-12 在雷州, 紫罗兰在遂溪, 广薯 42 在徐闻具有特殊的适应性。徐闻对品种的选择性最高, 品种间的交互作用大; 吴川点对品种的鉴别力最低, 对各品种具有广泛的适应性。

关键词: AMMI 模型; 甘薯; 产量性状; 稳定性

中图分类号: S531

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)03-0430-05

Stability analysis for yield characters of sweet potato by AMMI model

HE Airu, LI Guangkang, CHEN Shengyong, YU Xiaoli, WANG Yun

(Zhanjiang Academy of Agricultural Science, Zhanjiang 524094)

Abstract: The additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model was used to analyze G×E interaction on yield characters of 8 varieties of sweet potato planted in Leizhou Peninsula. The results indicated that the effect factors accounted for the total variation on fresh tuber yield and dry matter yield effect were of genotype, G×E interaction and environment in order. Two principal constituent axes explained 94.70% interactive in fresh tuber yield, and 93.55% interactive in dry matter yield. The results also showed that Guangshu87 is of high and stable yield variety and has extensively adaptability. Guangshu79 is of low and stable yield variety and has extensively adaptability. Jieshu04-12 and Guangshu42 are of high yield and bad stability. Ziluolan and Guifen3 are of low yield and bad stability. Jieshu04-12 in Leizhou, Ziluolan in Suixi and Guangshu42 in Xuwen have specific applicability. Xuwen is the site with the highest discrimination in selecting cultivars, and with large interaction of cultivars. Wuchuan is the site with the lowest discrimination in selecting cultivars, suitable for planting sweet potatoes, and has general applicability to various cultivars.

Key words: AMMI model; sweet potato; yield characters; stability

基因型与环境互作 (G×E 互作) 使得大多数的作物品种在不同的环境条件下性状表现不一致, 对 G×E 互作的准确评价是合理鉴定品种稳定性和适应性的关键, 为品种的推广应用提供重要的参考指标。国内外学者已提出了多种模型和方法来分析 G×E 互作^[1-3], 其中一种名为主效可加互作可乘模型 (Additive main effects and multiplicative interaction model, 简称 AMMI 模型) 已被广泛应用到多

种作物的区域试验中^[4-10]。但利用 AMMI 模型对甘薯品种产量性状 (鲜薯产量和薯干产量) 的稳定性和适应性进行分析的报道极少。为此, 本研究选择了雷州半岛 4 种不同生态环境, 8 个不同类型的甘薯品种, 开展品种比较试验。利用 AMMI 模型对参试品种的鲜薯产量和薯干产量进行稳定性和适应性分析, 旨在为甘薯良种的推广应用提供参考。

收稿日期: 2013-11-08

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-11-C-18) 资助。

作者简介: 何霏如, 农艺师。E-mail: airu06@163.com

* 通信作者: 汪云, 高级农艺师。E-mail: zjwangyun@126.com

1 材料与方 法

1.1 试验材料

采用国家甘薯产业技术体系湛江综合试验站 2011 年秋薯 4 试点 8 品种比较试验数据。8 个甘薯品种及代码: 揭薯 04-12 (G1)、广薯 79 (G2)、紫罗兰 (G3)、广薯 205 (G4)、桂粉 3 号 (G5)、广薯 87 (G6)、广薯 42 (G7)、阳江妹 (G8), 其中阳江妹为对照。4 个试点的代码及经纬度: 吴川市黄坡镇 (吴川, E1, 110°35', 21°17')、遂溪县草潭镇 (遂溪, E2, 109°47', 21°19')、徐闻县角尾乡 (徐闻, E3, 109°56', 20°16')、雷州市纪家镇 (雷州, E4, 109°43', 20°51')。

1.2 试验方法

8 个参试的甘薯品种 2011 年 11 月先后在 4 试点栽插。采用随机区组设计, 3 次重复, 5 行区, 小区面积 16.5 m², 试验四周设保护行, 田间管理按当地生产田。收获时每小区中间 3 行测产, 薯干产量参照《甘薯种质资源描述规范和数据标准》^[11]进行测定。

1.3 统计分析

AMMI 模型将方差分析和主成分分析有机地结合在一起, 并具有可加和可乘分量的数学模型^[12]。其方程式为:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum_{s=1}^p \lambda_s + \gamma_{is} + p_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

(1) 式中, y_{ijk} 是第 i 个品种在环境 j 的第 k 次重复观察值; μ 为总平均; α_i 为第 i 个基因型与总平均的离差(即基因型主效应); β_j 为第 j 个环境与总平均的离差(即环境主效应); λ_s 为第 s 个交互效应主成分 (IPCA) 轴的特征值; γ_{is} 为第 s 轴基因型特

征向量值, δ_{js} 为第 s 轴环境特征向量值, ρ_{ij} 为提取 p 个 IPCA 轴后留下的残差; ε_{ijk} 为试验误差; p 为主成分分析中主成分因子轴的总个数。

在 AMMI 分析的基础上, 利用显著的 IPCA 计算稳定性参数, 可以对所有基因型的稳定性给出相应的定量指标, 即计算特定基因型在 IPCA 空间中离原点的距离。

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

(2) 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^[5]。

数据采用 DPS 7.05 数据处理软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 AMMI 模型分析

不同甘薯品种鲜薯产量和薯干产量的 AMMI 模型分析结果见表 1。由表 1 可知, 鲜薯产量和薯干产量的基因型、环境、G×E 交互均达极显著水平。对于鲜薯产量, 3 种效应的平方和分别占总平方和的 55.23%、12.77%和 23.86%; 对于薯干产量, 3 种效应的平方和分别占总平方和的 54.77%、18.08%和 21.57%, 可见试验中对鲜薯产量和薯干产量总变异起作用的因素依次为基因型、G×E 交互和环境。鲜薯产量和薯干产量的前 2 个交互效应主成分 (IPCA) 轴 F 测验达显著或极显著水平。鲜薯产量的 IPCA1、IPCA2 分别解释了交互平方和的 67.49%和 27.21%, 共解释 94.70%交互平方和。薯干产量的 IPCA1、IPCA2 分别解释了交互平方和的 70.85%和 22.70%, 共解释 93.55%交互平方和。

表 1 甘薯品种产量的 AMMI 模型分析结果

Table 1 The results of AMMI analysis on sweet potato yield

变异来源 Source of variation	DF	鲜薯产量 Fresh tuber yield			薯干产量 Dry matter yield		
		SS	MS	F	SS	MS	F
总变异 Total variation	95	7997998.66	84189.46		1117501.50	11763.17	
基因型 Genotype	7	4417665.07	631095.01	62.06**	612023.35	87431.91	89.75**
环境 Environment	3	1021443.95	340481.32	33.48**	202041.08	67347.03	69.13**
交互作用 G×E	21	1908084.97	90861.19	8.94**	241089.96	11480.47	11.78**
IPCA1	9	1287797.14	143088.57	7.08**	170810.00	18978.89	6.10**
IPCA2	7	519205.23	74172.18	3.67**	54731.33	7818.76	2.51*
误差 Error	64	650804.67	10168.82		62347.11	974.17	

注: “*”表示差异达显著水平 ($P<0.05$); “**”表示差异达极显著水平 ($P<0.01$)。

Note: “*” means significant difference at $P<0.05$, “**” means significant difference at $P<0.01$.

2.2 稳定性分析

2.2.1 AMMI 模型双标图分析 图 1 和图 2 给出了鲜

薯产量和薯干产量平均值与品种、地点 IPCA1 值的 AMMI1 双标图。从鲜薯产量 AMMI1 双标图 (图 1)

中可以看出,水平方向上品种比环境的分布范围广,说明品种的差异对总变异的贡献大于环境的差异。品种 G1、G6 产量较高,品种 G5、G8 产量较低,环境 E1、E2 的产量较高,环境 E3、E4 的产量较低。垂直方向反映品种和试点交互作用的差异,品种 G2、G4、G5、G6 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。薯干产量 AMMI1 双标图(图 2)与鲜薯产量 AMMI1 双标图相比略有区别,品种 G1、G6、G7 产量较高,品种 G2、G3、G4、G5 和 G8 产量较低;环境 E2 的产量较高, E4 的产量较低;而品种 G2、G4、G6 和 G8 表现较为稳定。

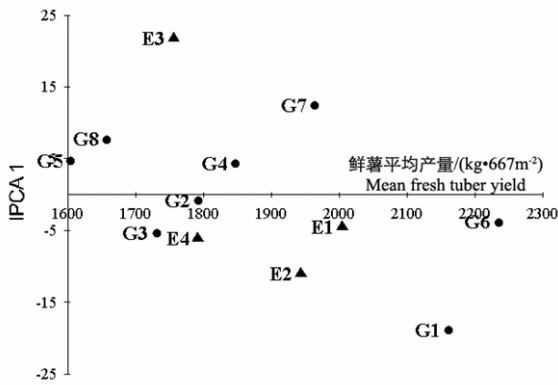


图 1 鲜薯产量 AMMI1 双标图

Figure 1 The AMMI1 model biplot of fresh tuber yield

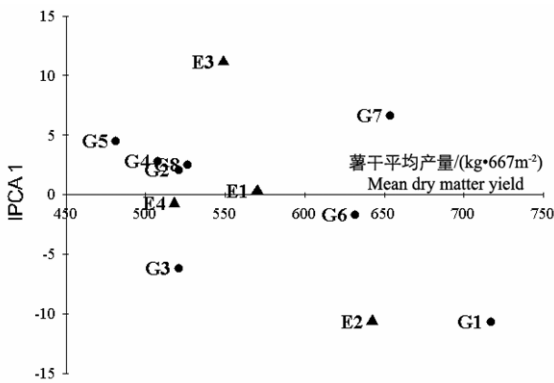


图 2 薯干产量 AMMI1 双标图

Figure 2 The AMMI1 model biplot of dry matter yield

图 3 和图 4 给出了鲜薯产量和薯干产量品种、地点 IPCA1 和 IPCA2 的 AMMI2 双标图。品种越接近原点说明该品种稳定性越好。从鲜薯产量 AMMI2 双标图(图 3)中可以看出,品种 G2、G4、G5、G6 较稳定,其次是 G8,品种 G1、G3、G7 离原点远,稳定性较差。从薯干产量 AMMI2 双标图(图 4)中可以看出,品种 G2、G4、G5、G6 较稳定,

其次是 G5、G7,品种 G1、G3 稳定性较差。

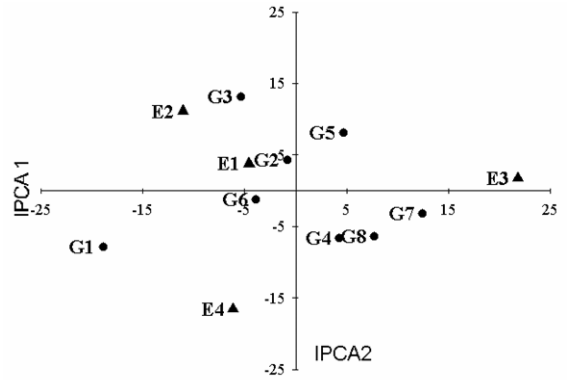


图 3 鲜薯产量 AMMI2 双标图

Figure 3 The AMMI2 model biplot of fresh tuber yield

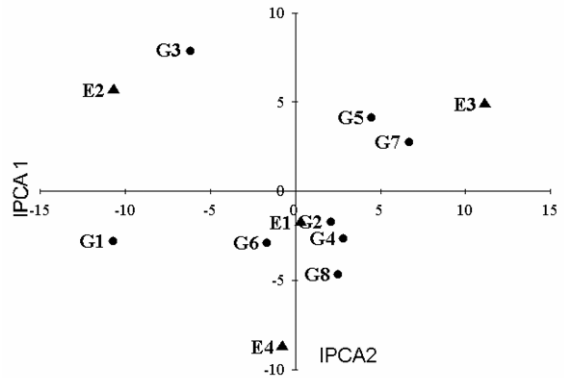


图 4 薯干产量 AMMI2 双标图

Figure 4 The AMMI2 model biplot of dry matter yield

2.2.2 稳定性参数分析 计算 AMMI 模型稳定性参数对品种的稳定性与试点的鉴别力进行分析。与双标图相比稳定性参数能定量辨别品种稳定性与试点鉴别力,其中 D_i 值越小,表明品种的稳定性越高; D_j 值越大,表明试点对品种的鉴别力越高^[7]。

表 2 和表 3 分别给出了品种稳定性参数和试点鉴别力参数。从表 2 中可以看出,各品种鲜薯产量的稳定性大小为 $G6 > G2 > G4 > G5 > G8 > G7 > G3 > G1$,薯干产量的稳定性大小为 $G2 > G6 > G4 > G8 > G5 > G7 > G3 > G1$,G6、G2、G4 品种稳定性较高,G7、G3、G1 的稳定性较低。结合甘薯产量性状的表现可知,G6 属于高产稳产品种;G2 属于低产稳产品种;G1、G7 属于高产不稳产品种;G3、G5 属于低产不稳产品种。从表 3 中可以看出,鲜薯产量各试点的鉴别力大小为 $E3 > E4 > E2 > E1$,薯干产量各试点的鉴别力大小为 $E3 > E2 > E4 > E1$,无论是鲜薯产量或是薯干产量,试点 E3 对品种的选择性最高,品种的交互作用大;而 E1 点对品种的鉴别力最低,对各品种具有广泛的适应性。

表 2 品种稳定性参数
Table 2 Stability parameter of cultivar

代码 Code	品种 Cultivar	鲜薯产量 Fresh tuber yield				薯干产量 Dry matter yield			
		IPCA1	IPCA2	D_i	位次 Order	IPCA1	IPCA2	D_i	位次 Order
G1	揭薯 04-12 Jieshu 04-12	-18.9115	-7.9046	20.50	1	-10.6972	-2.8083	11.06	1
G2	广薯 79 Guangshu 79	-0.8227	4.2822	4.36	7	2.0773	-1.7292	2.70	8
G3	紫罗兰 Ziluolan	-5.3786	13.1086	14.17	2	-6.1895	7.8903	10.03	2
G4	广薯 205 Guangshu 205	4.2585	-6.6739	7.92	6	2.8275	-2.6651	3.89	6
G5	桂粉 3 号 Guifen 3 hao	4.6446	8.0945	9.33	5	4.4758	4.1324	6.09	4
G6	广薯 87 Guangshu 87	-3.8884	-1.2475	4.08	8	-1.6748	-2.9043	3.35	7
G7	广薯 42 Guangshu 42	12.4169	-3.2288	12.83	3	6.6620	2.7493	7.21	3
G8	阳江妹 Yangjiangmei	7.6812	-6.4305	10.02	4	2.5189	-4.6651	5.30	5

表 3 试点鉴别力参数
Table 3 Discernment parameter of test site

代码 Code	试点 Site	鲜薯产量 Fresh tuber yield				薯干产量 Dry matter yield			
		IPCA1	IPCA2	D_j	位次 Order	IPCA1	IPCA2	D_j	位次 Order
E1	吴川 Wuchuan	-4.5733	3.7673	5.93	4	0.3118	-1.7696	1.80	4
E2	遂溪 Suixi	-11.0355	11.1119	15.66	3	-10.6745	5.6498	12.08	2
E3	徐闻 Xuwen	21.7820	1.7171	21.85	1	11.1344	4.8602	12.15	1
E4	雷州 Leizhou	-6.1732	-16.5963	17.71	2	-0.7717	-8.7405	8.77	3

2.3 适应性分析

在 AMMI1 双标图中, 品种与位于水平线 ($IPCA1=0$) 同侧试点的互作为正向, 与另一侧的互作用则为反向^[4]。从图 1 可以看出, G4、G5、G7、G8 与 E3 有正向交互作用, 与 E1、E2、E4 有负向交互作用, 说明这 4 个品种的鲜薯产量在 E3 有较好的适应性; 而 G1、G2、G3、G6 与 E1、E2、E4 有正向交互作用, 与 E3 有负向交互作用, 说明这 4 个品种的鲜薯产量在 E1、E2、E4 有较好的适应性。从图 2 可以看出, E1、E4 很接近水平线, 说明 8 个甘薯品种的薯干产量在试点 E1、E4 有较好的适应性; G2、G4、G5、G7、G8 与 E3, G1、G3、G6 与 E2 有正向交互作用, 说明这些品种在有正向交互作用的试点均有较好的适应性。

在 AMMI2 双标图中, 试点和原点连线的长短, 可以看出在各试点品种交互作用的大小; 而品种在试点与原点连线上的垂直投影距离, 能够反映品种在试点的交互作用大小, 距离越长, 交互作用越大^[13]。从图 3 可以看出, 鲜薯产量 4 试点的交互作用大小依次为 E3、E4、E2、E1; 品种 G1 在试点 E4 与原点的连线上有最长的垂直投影, 说明品种在试点有最大的交互作用, 对试点具有特殊的适应性。从图 4 可以看出, 薯干产量 4 试点的交互作用大小依次为 E3、E2、E4、E1; 品种 G3 在试点 E2, 品

种 G7 在试点 E3 具有特殊的适应性。

3 小结与讨论

AMMI 模型是分析作物多点试验数据十分有效的工具。但在甘薯上的应用报道极少。贾赵东等^[8]认为, 鲜薯产量基因型变异为变异的主要部分, 交互作用的变异大于环境的变异。本研究结果表明, 对鲜薯产量和薯干产量总变异起作用的因素依次为基因型、基因型与环境互作和环境。AMMI 模型把方差分析和主成分分析有机地结合在一起, 它具有这两种分析方法的优点^[12], 与线性回归相比 AMMI 模型解释基因型与环境互作更有效。本研究中, 鲜薯产量 2 条主成分轴共解释了 94.70% 的交互平方和, 薯干产量 2 条主成分轴共解释了 93.55% 的交互平方和。

AMMI 模型双标图能形象直观地看出品种和地点的变异程度, 从而找出表现最稳定的品种, 对每一地点也很容易找出与地点互作最大的品种; 而稳定性参数能量化品种的稳定性和地点的鉴别力。这对品种的合理利用、推广地区的正确选择具有重要的意义^[14]。在本研究中, 广薯 87 属于高产稳产品种, 适应性广; 广薯 79 属于低产稳产品种, 适应性广; 揭薯 04-12、广薯 42 属于高产不稳产品种; 紫罗兰、桂粉 3 号属于低产不稳产品种。揭薯 04-12 在雷州, 紫罗兰在遂溪, 广薯 42 在徐闻具有特殊的适应性。

徐闻对品种的选择性最高, 品种的交互作用大; 吴川点对品种的鉴别力最低, 对各品种具有广泛的适应性。值得一提的是, 广薯 87 由广东省农业科学院作物研究所选育, 2006 年通过国家甘薯品种鉴定和广东省品种审定。2010 年被定为国家南方薯区区试的对照品种, 其高产和广适应性的特点在本试验中得到了验证。

要使 AMMI 模型分析结果具有现实的指导意义, 必须严格控制试验误差, 保证数据真实可靠。另外, 对于 1 年多地点试验, 环境情况的变化存在偶然性, 年份不同必然会造成作物生长发育的差异。因此, 进行多年多点试验以减少误差显得尤为重要。

参考文献:

- [1] 胡希远, 尤海磊, 宋喜芳, 等. 作物品种稳定性分析不同模型比较[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(1): 110-117.
- [2] 吴元奇, 潘光堂, 荣廷昭. 作物稳定性研究进展[J]. 四川农业大学学报, 2005, 23(4): 482-488.
- [3] 张群远, 孔繁玲. 作物品种区域试验统计分析模型比较[J]. 中国农业科学, 2002, 35(4): 365-371.
- [4] 卢林, 朱智伟, 段彬伍. 利用 AMMI 模型分析我国杂交籼稻整精米率[J]. 中国水稻科学, 2012, 26(5): 624-628.
- [5] 马冬云, 郭天财, 王晨阳, 等. 用 AMMI 模型分析小麦品种品质性状的稳定性[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(4): 74-78.
- [6] 李玉发, 王佰众, 张学军, 等. AMMI 模型在花生区试数据分析中的应用[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(6): 12-16.
- [7] 杨志平, 何凤发, 王季春, 等. 应用 AMMI 模型评价马铃薯品种的稳定性和适应性[J]. 中国马铃薯, 2006, 20(1): 11-15.
- [8] 贾赵东, 谢一芝, 尹晴红, 等. 甘薯品种产量性状的稳定性和适应性分析[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 29(2): 77-81.
- [9] 王瑞, 李加纳, 唐章林, 等. 优质油菜新品种(系)的稳定性及适应性分析[J]. 西南农业大学学报, 2003, 25(1): 45-47.
- [10] 徐良年, 邓祖湖, 陈如凯, 等. 甘蔗新品种产量品质性状的稳定性分析[J]. 热带作物学报, 2006, 27(2): 50-54.
- [11] 张允刚, 房伯平. 甘薯种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006:106-110.
- [12] 张泽, 鲁成, 向仲怀. 基于 AMMI 模型的品种稳定性分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 304-309.
- [13] 王磊, 杨仕华, 沈希宏, 等. 作物品种区试数据分析的主效可加交互可乘模型(AMMI)图形[J]. 南京农业大学学报, 1998, 21(2): 18-23.
- [14] 李亚杰, 白江平, 张俊莲, 等. 甘肃省马铃薯区试产量数据的 AMMI 模型分析[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(1): 61-66.