

# 基于 AMMI 模型的花生新品种区域试验分析

李飞, 韩昕君, 周彦忠\*, 姬小玲, 李斯佳, 郭玉生

(漯河市农业科学院, 河南 漯河 462000)

**摘要:**为进一步了解国家北方片花生新品种多点试验中小粒花生新品种的高产、稳产潜力以及各试点鉴别力,本研究以2019年国家北方片花生多点试验中小粒二组花生品种的荚果产量为依据,运用 AMMI 模型对11个花生品种在18个试点的荚果产量进行分析,结果表明,品种间、试点间、品种与试点间交互、交互效应主成分值(IPCA)均达到了显著差异,且 IPCA1、IPCA2、IPCA3 共占交互效应的 71.36%。在参加试验的11个品种中,丰产性前3位的品种依次为:冀农花16号、开农111、漯花22号;稳产性前3位的品种依次为:花育20号、漯花22号、商花588;高产稳产前3位的品种依次为:冀农花16号、漯花22号、商花588。18个试点中鉴别力前3位的试点依次为:山东菏泽、河南漯河、河南驻马店;鉴别力较差的试点为:辽宁锦州、河北保定、河南濮阳。

**关键词:**花生; AMMI 模型; 区域试验; 稳定性

中图分类号: S565.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)01-0054-05

## Analysis of New Peanut Variety Regional Trials on AMMI Model

LI Fei, HAN Xinjun, ZHOU Yanzhong\*, JI Xiaoling, LI Sijia, GUO Yusheng

(Luohe Academy of Agricultural Sciences, Luohe 462000, China)

**Abstract:** For further understand the high-yield and stable yield of small-seed peanut varieties in north china, this study used the AMMI model, analyzed the pod yield of 11 varieties at 18 sites in the 2019 northern peanut regional test. The results showed that peanut varieties, test sites, the interaction between varieties and test sites, and the principal component value of interaction effect (IPCA) all reached significant levels of difference, and IPCA1 and IPCA2, IPCA3 together accounted for 71.36% of the interaction effect; among the 11 varieties participating in the experiment. The top 3 high yield varieties were: Jinonghua 16, Kainong 111, Luohua 22. The top 3 stability varieties were: Huayu 20, Luohua 22, Shanghua 588. The top 3 high and stable yield varieties were: Jinonghua 16, Luohua 22, Shanghua 588. The top 3 discriminators among the 18 sites were: Heze, Luohe and Zhumadian. The poor discriminators sites were: Jinzhou, Baoding and Puyang,

**Key words:** Peanut; AMMI model; Regional Trials; Stability

花生是我国主要的油料作物,种植面积常年稳定在150万 $\text{hm}^2$ ,具有经济效益好、营养价值高等特点<sup>[1-2]</sup>。近年来,随着农业供给侧结构性改革的不断深化<sup>[3]</sup>,麦后夏直播花生技术的推广<sup>[4]</sup>,我国夏播花生面积不断增加。北方夏播花生种植区主要以中小粒花生品种为主,总面积约占全国花生种植面积的1/2,是我国重要的夏播花生种植区域<sup>[5]</sup>。

生产中,新育成的品种在进行大面积推广应用之前均需要进行多年、多点试验,通过鉴定其

产量性状及适应能力为后期新品种的推广和应用提供数据支撑<sup>[6-9]</sup>。由于品种的基因型(G)和环境(E)间存在明显的交互效应,使得品种在不同的试点产量表现并不一致,这给评价品种的丰产性及适应能力带来了诸多干扰<sup>[10]</sup>。之前常采用线性回归分析模型对基因型和环境交互效应进行分析,但是进行线性回归分析是在产量和环境间有明显的线性关系的前提下进行的,因此,常常存在较大的偏差<sup>[7,11-12]</sup>。加性主效应乘积交互作用(AMMI模型)与方差分析模型和线性回归模型相比,其结果更直观、简洁且应用范围更广,近年来,已被越来越多的育种工作者用于进行新品种稳产性和适应性的评价<sup>[13]</sup>。

AMMI模型的优点是在品种和环境的加性模

收稿日期: 2023-01-10

基金项目: 中原科技创新领军人才项目(214200510021)

作者简介: 李飞(1988-)男,助理研究员,硕士,主要从事花生遗传育种及高产栽培技术研究。

通讯作者: 周彦忠,男,硕士,研究员, E-mail: zyzlhhs@163.com

型中加入了交互影响,通过分离出模型中误差与干扰,进一步提高品种鉴定的准确性<sup>[14-15]</sup>。本研究通过应用 AMMI 模型对 2019 年国家北方片花生新品种多点试验小粒组荚果产量结果进行分析,并对参试花生品种的产量性状及适应能力进行评价,以期对小粒花生新品种的选育及推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

利用 2019 年国家北方片花生新品种多点试验小粒二组花生试验的荚果产量数据(山东省花生所提供)进行分析,参试品种 11 个,试点 18 个,品种编号见表 1,地点编号见表 2。

表 1 品种名称及编号

编号	名称	编号	名称	编号	名称
G1	花育 20 号	G5	冀农花 16 号	G9	商花 588
G2	花育 6312	G6	开农 111	G10	徐 26 号
G3	花育 655	G7	漂花 22 号	G11	郑农花 26 号
G4	花育 6810	G8	濮花 66 号		

表 2 试点名称及编号

编号	试点	编号	试点	编号	试点
E1	安徽固镇	E7	河南商丘	E13	山东青岛
E2	河北保定	E8	河南郑州	E14	山东济宁
E3	河北石家庄	E9	河南驻马店	E15	山东泰安
E4	河南开封	E10	辽宁阜新	E16	山东潍坊
E5	河南漯河	E11	辽宁锦州	E17	山东烟台
E6	河南濮阳	E12	山东菏泽	E18	山西汾阳

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验设计

采用完全随机区组设计,每个品种 3 次重复,周围设保护行,小区面积 13.34 m<sup>2</sup>,长度 6.67 m,宽度 2.00 m,密度 16.50 万株/hm<sup>2</sup>。田间管理严格按照国家北方片小粒花生新品种多点试验要求进行。

#### 1.2.2 模型公式

##### 1.2.2.1 AMMI 模型公式

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{i=1}^n \lambda_n + \theta_{ge}$$

公式中,  $Y_{ge}$  表示在环境  $e$  中基因型  $g$  的产量,  $\mu$  表示总体平均值,  $\alpha_g$  表示基因型平均偏差,  $\beta_e$  表示环境的平均偏差,  $\lambda_n$  表示第  $n$  个主成分分析的特征值,  $n$  表示在模型主成分分析中主成分因子的总个数,  $\theta_{ge}$  表示残差。

##### 1.2.2.2 稳定性参数公式

$$D_{g(e)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (IPCA_{g(e)i})^2}$$

公式中,  $n$  表示达到显著水平的 IPCA 个数;  $D_{g(e)}$  表示品种或环境在  $n$  个 IPCA 上的得分,评价基因型或环境的相对稳定性;  $D_g$  值越小,品种稳定性越好;  $D_e$  值越大,试验地点对品种间差异的鉴别力就越强。

### 1.3 数据分析

采用 DPS 7.05 和 Excel 2010 进行数据处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 品种及地点的产量结果

由表 3 可知,2019 年小粒组所有花生品种的荚果产量均高于对照 G1 品种花育 20 号,其中增产幅度最大的品种为 G5,增产达 16.03%;增产幅度最小的为 G11,增产仅为 2.34%。

表 3 花生品种荚果平均产量

品种	产量/kg·hm <sup>-2</sup>
G1(CK)	4 315.05e
G2	4 549.50c
G3	4 830.75b
G4	4 515.15cd
G5	5 007.00a
G6	4 955.70a
G7	4 943.85a
G8	4 774.50b
G9	4 820.70b
G10	4 420.80de
G11	4 416.00de

注:小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同

由表4可知,18个试验地点间所有品种的荚果总产量波动较大,产量在3 184.20~6 925.17 kg/hm<sup>2</sup>,各参试点间荚果产量差异明显,表明环境对品种产量有较大影响。其中产量最高的地点为E1,最低的地点为E11。

## 2.2 联合方差分析、线性回归分析及AMMI模型分析

由表5可知,品种间的平方和占全部处理平方和的4.08%,试点间的平方和占全部处理平方和的81.43%,品种与试点间交互作用的平方和占全部处理平方和的8.88%,品种、试点及品种与试

表4 各试验地点花生荚果平均产量

地点	平均产量/kg·hm <sup>-2</sup>	地点	平均产量/kg·hm <sup>-2</sup>
E1	6 925.17a	E10	3 972.74l
E2	3 987.73i	E11	3 184.20j
E3	4 572.55g	E12	6 218.07b
E4	4 380.48h	E13	3 901.13i
E5	3 421.16k	E14	5 213.28e
E6	5 086.50f	E15	5 091.79f
E7	4 663.64g	E16	5 823.04c
E8	3 683.57jk	E17	5 217.05ef
E9	5 493.38d	E18	3 603.41j

表5 花生品种荚果产量联合方差分析表

变异来源	DF	SS	MS	F	P
总变异	593	808 378 910.663 8	1 363 202.210 2		
处理	197	763 103 304.038 8	3 873 620.832 7	33.880 4	0.000 1
品种	10	33 026 812.715 9	3 302 681.271 6	28.886 7	0.000 1
试点	17	658 273 916.868 4	38 721 995.109 9	338.679 3	0.000 1
交互作用	170	71 802 574.454 5	422 368.085 0	3.694 2	0.000 1
误差	396	45 275 606.625 0	114 332.340 0		

点交互作用的方差均达到极显著水平( $P<0.01$ ),表明不同花生品种间、不同试点间产量存在明显差异,且不同试点对品种产量的影响最大。

由表6线性回归分析结果可知,线性回归平方和仅占交互作用总平方和的21.97%,残差平方和占比78.03%,线性回归效果较差。

由表7可知,通过AMMI模型对品种与环境的交互进行分解,IPCA1、IPCA2、IPCA3的平方和分别占互作效应平方和的34.51%、23.59%及13.26%,共解释了71.36%的互作效应,残差平方和仅占互作效应平方和的28.64%,与线性回归分析相比,AMMI模型能更好地解释品种与环境的

表6 线性回归分析表

变异来源	DF	SS	占比/%	MS	F	P
联合回归	1	1 083 846.499 6	1.509 5	1 083 846.499 6	9.479 8	0.002 2
品种回归	9	1 742 810.488 9	2.427 2	193 645.609 9	1.693 7	0.088 5
环境回归	16	12 946 477.420 6	18.030 7	809 154.838 8	7.077 2	0.000 1
残差	144	56 029 440.045 5	78.032 6	389 093.333 6	3.403 2	0.000 1
误差	396	45 275 606.625 0		114 332.340 0		

表7 AMMI分析表

变异来源	DF	SS	占比/%	MS	F	P
IPCA1	26	24 776 427.625 6	34.51	952 939.524 1	4.541 2	0.000 1
IPCA2	24	16 938 976.375 5	23.59	705 790.682 3	3.363 5	0.000 1
IPCA3	22	9 522 714.595 4	13.26	432 850.663 4	2.062 8	0.003 5
残差	98	20 564 455.858 0	28.64	209 841.386 3		
误差	396	45 275 606.625 0		114 332.340 0		

交互作用。

### 2.3 AMMI 双标图品种稳定性分析

AMMI 双标图横坐标代表荚果的平均产量,即离纵坐标轴越远,品种的丰产性越好;纵坐标代表品种的稳产性,纵坐标 IPCA1 绝对值越小,适应性越好。由图 1 可知,各试点间荚果平均产量比品种间的荚果平均产量分布范围更大,表明试点对产量的影响大于品种的影响。品种 G5、G6、G7 离纵坐标轴最近,这 3 个品种的丰产性最好;

品种 G3、G1、G8 离横坐标轴最近,这 3 个品种的稳定性最好。综上,高产稳产的品种应为远离纵坐标且靠近横坐标的品种,如 G3、G8、G7。此外,在 AMMI 双标图中,品种与零点水平线同侧的试点间存在正相关的互作效应,与另一侧存在负相关的互作效应。本研究结果显示,品种 G1、G2、G3、G5、G6、G7、G8、G9 与试点 E12、E9、E14、E15 等有正相关性,在该试点有较好的适应性,与试点 E1、E16、E13 等有负相关性,在该试点适应性较差。

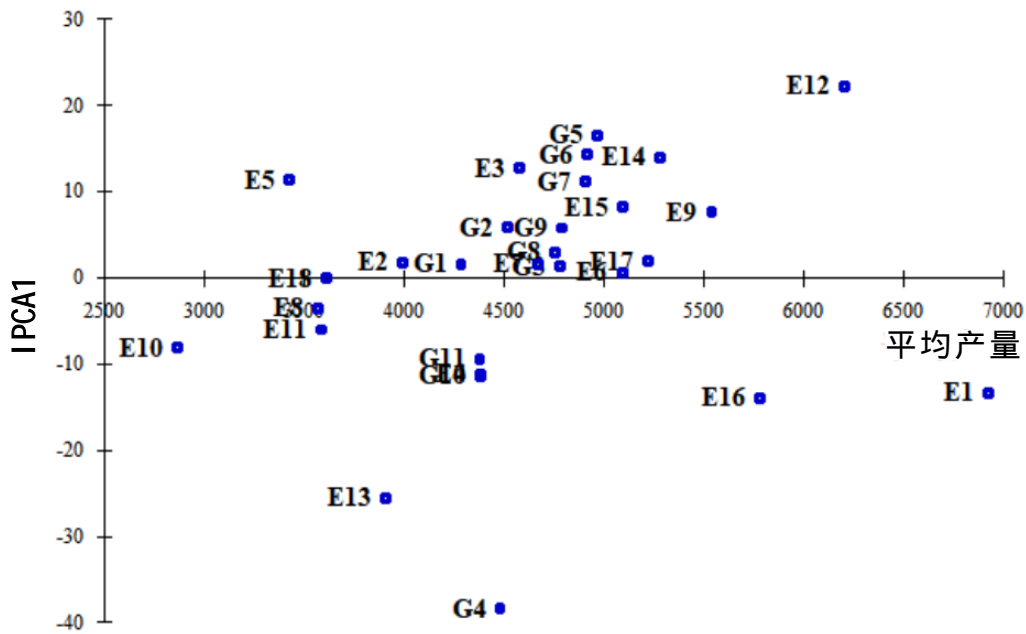


图 1 平均荚果产量与 IPCA1 的 AMMI 模型双标图

### 2.4 AMMI 稳定性参数分析

$D_g$  和  $D_e$  是衡量品种稳定性和分辨力的重要指标。由稳定性参数公式计算可知,表 8 中各品种  $D_g$  值按大小排序为:G4>G2>G11>G6>G8>G10>G3>G5>G9>G7>G1,即品种 G1、G7、G9 的稳定性最好,G4、G2、G11 的稳定性最差。综合荚果平均产量可知,G7、G9 属于高产稳产型品种;G1 稳

定性最好,但产量较低;G5 荚果产量最高,但稳定性较差。

由表 9 可知,各试点  $D_e$  值大小顺序为:E12>E5>E9>E13>E8>E7>E14>E1>E15>E4>E17>E16>E3>E18>E10>E11>E2>E6,即试点 E12、E5、E9 对品种的分辨力较强,E11、E2、E6 对品种的分辨力较弱。

表 8 花生品种的稳定性参数及位次

变量	IPCA1	IPCA2	IPCA3	$D_g$	位次	变量	IPCA1	IPCA2	IPCA3	$D_g$	位次
G1	-8.353 2	1.590 9	-7.601 6	11.405 8	11	G7	3.352 5	11.108 0	-5.576 8	12.873 5	10
G2	-33.107 6	5.829 1	-8.194 3	34.601 1	2	G8	21.362 2	2.950 8	4.260 8	21.981 9	5
G3	9.791 1	1.287 9	-16.910 3	19.582 7	7	G9	6.860 3	5.775 2	-10.642 6	13.917 0	9
G4	9.790 2	-38.420 3	-7.269 2	40.308 9	1	G10	4.375 0	-11.456 4	16.543 3	20.593 0	6
G5	1.698 8	16.522 3	-5.223 1	17.411 3	8	G11	-28.563 2	-9.439 7	16.453 8	34.288 4	3
G6	12.794 0	14.252 2	24.159 9	30.830 4	4						

表9 试验地点的稳定性参数及位次

变量	IPCA1	IPCA2	IPCA3	D <sub>e</sub>	位次	变量	IPCA1	IPCA2	IPCA3	D <sub>e</sub>	位次
E1	11.990 6	-13.335 4	5.711 2	18.820 9	8	E10	-9.820 5	-8.171 1	1.170 5	12.828 8	15
E2	8.068 5	1.800 1	-4.130 1	9.241 1	17	E11	-2.431 2	-6.033 3	9.530 0	11.538 3	16
E3	-6.051 4	12.700 4	-2.283 7	14.252 5	13	E12	21.571 0	22.263 1	-9.795 1	32.510 0	1
E4	12.382 7	-11.220 4	4.165 2	17.221 4	10	E13	2.458 9	-25.535 3	-5.399 6	26.215 5	4
E5	23.066 4	11.304 7	12.073 2	28.383 4	2	E14	-10.074 2	13.895 4	10.138 8	19.934 1	7
E6	0.265 7	0.590 8	2.052 5	2.152 3	18	E15	-10.730 2	8.179 0	12.521 3	18.407 0	9
E7	2.502 0	1.555 7	-21.200 7	21.404 4	6	E16	6.486 7	-13.907 5	-6.440 2	16.642 5	12
E8	-23.768 4	-3.483 2	5.002 5	24.537 6	5	E17	-4.206 7	1.897 8	-16.089 8	16.738 6	11
E9	-22.811 0	7.573 7	-10.827 3	26.361 6	3	E18	1.101 2	-0.074 4	13.801 4	13.845 5	14

### 3 讨论与结论

花生的产量主要由自身的基因型和环境决定,而基因型与环境互作效应是生物学特性和自然规律互作的结果<sup>[16]</sup>。育种家常通过线性回归分析对品种的丰产性、稳产性和适应性进行评价,但由于残差值较大,结果往往不尽人意<sup>[17-18]</sup>。AMMI模型能较好地解释基因型 and 环境的交互效应,对品种进行更为客观的评价<sup>[19]</sup>。虽然与传统的线性回归模型相比较 AMMI模型具有更广的适用性和更高的准确性,但 AMMI模型中的主成分轴仍存在解释效果不理想的情况,尤其是当 IPCA轴大于3时。且 D<sub>e(e)</sub>的计算方法也存在一定误差,后期还需要更为先进的评价模型的引入<sup>[20-21]</sup>。

本研究结果表明,在参加试验的11个花生品种中,丰产性前3位的品种依次为:冀农花16号、开农111、漯花22号;稳定性前3位的品种依次为:花育20号、漯花22号、商花588,高产稳产前3位的品种依次为:冀农花16号、漯花22号、商花588;18个试点中鉴别力前3位的试验点依次为:山东菏泽、河南漯河、河南驻马店。鉴别力较差的试点为:辽宁锦州、河北保定、河南濮阳。

#### 参考文献:

- [1] 董文召,汤丰收,张新友.河南省花生产业现状与发展建议[J].河南农业科学,2007(10):8-10.
- [2] 牛海龙,刘红欣,李伟堂,等.灰色关联度分析法在花生品种综合评价上的应用[J].东北农业科学,2017,42(5):20-24.
- [3] 万书波.农业供给侧结构性改革背景下花生生产的若干问题[J].花生学报,2017,46(2):60-63,23.
- [4] 石程仁,王春晓,郑祖林,等.麦茬夏直播花生高产栽培技术要点[J].中国农技推广,2019,35(12):61-62.
- [5] 王金彦,潘丽娟,杨庆利,等.我国北方地区花生品种的遗传多样性分析[J].中国农业科技导报,2009,11(6):43-49.
- [6] 刘卫星,贺群岭,张枫叶,等.大粒花生品种区域试验的 AMMI模型分析[J].作物杂志,2020(2):60-64.
- [7] 吴庆丽,宋成孝,李辉,等.运用 AMMI模型分析西南鲜食甜玉米区试品种的稳定性及适应性[J].湖北农业科学,2019,58(S2):126-129.
- [8] 金文林.作物区试中品种稳定性评价的秩次分析模型[J].作物学报,2000,26(6):925-930.
- [9] 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.
- [10] 何霏如,李观康,陈胜勇,等.用 AMMI模型分析甘薯品种产量性状的稳定性[J].安徽农业大学学报,2014,41(3):430-434.
- [11] 王海莉,王芳,邢晓宁,等.同异分析法在河南省花生区域试验综合评价中的应用[J].农业科技通讯,2019(11):144-147.
- [12] 王玉祥,张丽丽,曲志华,等.运用 AMMI模型分析河北省油用亚麻区试品种的稳定性及适应性[J].中国麻业科学,2018,40(3):137-142.
- [13] 刘博,卫玲,樊云茜,等.基于 AMMI模型的黄淮海夏大豆国家区试产量分析[J].中国农学通报,2015,31(27):69-74.
- [14] 龚锡震,柏光晓,任洪,等.基于 AMMI模型对青贮玉米区域试验稳定性和适应性分析[J].种子,2019,38(4):110-113.
- [15] 李元元,张征锋,孙辽,等.利用 AMMI模型评价湖北省水稻区试品种的适应性[J].湖北农业科学,2016(2):285-289.
- [16] 郭天财,马冬云,朱云集,等.冬播小麦品种主要品质性状的基因型与环境及其互作效应分析[J].中国农业科学,2004,37(7):948-953.
- [17] 王淑君,王阔,刘金荣,等. AMMI模型分析夏谷品种适应性[J].中国种业,2014(10):48-50.
- [18] 陈小妹,刘海龙,高华援,等.东北早熟区花生品种产量优化分析[J].东北农业科学,2018,43(4):7-10.
- [19] 张志鸿,柯丽娜,袁滨,等.利用 AMMI模型分析草菇区域品比试验研究[J].中国食用菌,2018,37(4):22-25.
- [20] 张征锋,肖本泽.利用 AMMI模型分析杂交水稻配合力[J].植物遗传资源学报,2015,16(2):400-404.
- [21] 朱晓平,郑新疆,张静,等.应用 AMMI模型评价吐哈盆地陆地棉品种的稳定性及丰产性[J].中国棉花,2014,41(4):22-24.

(责任编辑:范杰英)