

双标图法分析大豆多点试验中品系产量稳定性及试点代表性

周长军¹, 田中艳¹, 李建英¹, 杨柳¹, 吴耀坤¹, 杜志强¹, 唐金华², 师臣¹

(1. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316; 2. 鹤岗市东山区东方红乡政府, 黑龙江 鹤岗 154107)

摘要:采用 GGE 双标图法对 2008~2009 年黑龙江省 5 个试验地点的 9 个大豆品系试验数据进行分析。结果表明:嫩 00-2111 属于高产、稳产性较好的品系, 平均产量 $2\ 508.1\ \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$; 庆农 05-1071 和庆农 05-1028 在大庆试点表现较好, 其产量分别是 $3\ 513.8$ 和 $3\ 434.8\ \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 具有特殊适应性, 在局部地区有推广价值。在 5 个试点中, 杜蒙试点最好, 既具有代表性又具有较强的鉴别力。

关键词:GGE 双标图; 大豆; 产量稳定性; 试点代表性

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2011)02-0318-04

GGE-Biplot Analysis on Yield Stability and Testing-site Representativeness of Soybean Lines in Multi-environment Trials

ZHOU Chang-jun¹, TIAN Zhong-yan¹, LI Jian-ying¹, YANG Liu¹, WU Yao-kun¹, DU Zhi-qiang¹, TANG Jin-hua², SHI Chen¹

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316; 2. Oriental Sunrise Town Government of Hegang City in Heilongjiang Province, Hegang 154107, Heilongjiang, China)

Abstract: In this study, GGE-biplot method was used to analyze the data of soybean multi-environment trials from 2008 to 2009. Nine lines of soybean were tested in five sites. The results showed that Nen 00-2111 had higher yield and better yield stability than other lines. Qingnong 05-1071 and Qingnong 05-1028 possessed special adaptabilities, so it had promotional values in some areas. 'Dumeng' testing-site of Heilongjiang province was the best representative testing site and had better discrimination than other sites.

Key words: GGE biplot; Soybean; Yield stability; Testing-site representativeness

新品种的育成必须通过区域试验来鉴定其丰产性和稳产性, 由于品种区域试验属于多年多点试验, 存在环境差异较大等原因, 使所获结果难以进行正常的联合方差分析, 从而影响对品种材料做出客观和公正的评价^[1-3]。因此, 为更加高效选育新品种, 该研究采用 GGE 双标图法分析大豆多个地点试验品种(系)的稳产性和适应性及试点的代表性和鉴别力, 以期客观评价大豆参试品种的丰产性及稳产性, 为大豆品种鉴定与推广提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试大豆品种(系)共有 9 个, 分别为: 庆农 05-1071、庆农 05-1028、安 01-875、安 02-686、安 01-1233、安 01-1423、嫩 970155-1、嫩 00-2711 和嫩 00-2111。对照品种为: 嫩丰 14 和抗线 2 号。

1.2 试验设计

在杜蒙、齐齐哈尔、安达、龙江和大庆选择有地

域代表性的 5 个试验地点, 分别以 A、B、C、D、E 表示。各试点均为随机区组设计, 3 次重复。成熟期考察大豆的生育期、株高、百粒重、主茎节数、有效分枝数、底荚高度、倒伏面积、单株荚数、单株粒数、病粒率、虫食率和小区产量。

1.3 统计分析

在多点试验中基因型主效应 G 和基因型与环境互作效应 GE, 合称 GGE^[4-6]。采用严维凯先生的 GGE-Biplot 软件进行双标图分析。用图中指标向量和相邻指标间的夹角余弦值判断指标间的相关性^[7]。由品种或试点在 AT 轴(average-tester axis)上的投影位置判断品种的平均表现和试点的代表性。由品种或试点到 AT 轴的向量长短判断品种产量稳定性和试点的鉴别力。

2 结果与分析

2.1 参试品系性状的相关性分析

在参试品系中庆农 05-1071 和嫩 00-2111 产量

较高,产量较低的是安 01-1233、嫩丰 14 和抗线 2 号。生育期最长的是庆农 05-1071,达到 124 d,较短的是安 01-1233、嫩 970155-1、嫩 00-2711 和嫩丰 14,生育期在 117~118 d。嫩 00-2111 单株荚数较其它品系多,而嫩 00-2711 单株粒数和百粒重则较高。GGE-biplot 双标图分析结果与试验数据(表 1)相吻合,如庆农 05-1071 和嫩 00-2111 的产量分别排在第 1、2 位,而嫩丰 14、安 01-1233 和抗线 2 号分别排在第 9、10 和 11 位。另外,图中指标向量和相

邻指标间的夹角余弦值判断指标间的相关性,夹角小于 90°表示正相关,夹角大于 90°表示负相关,夹角接近 90°表示无相关。该研究中小区产量与单株荚数、单株粒数、生育期、百粒重的向量之间的夹角小于 90°,而与虫食率、株高、有效分枝数的向量之间的夹角大于 90°(图 1),说明小区产量与单株荚数、单株粒数、生育期、百粒重呈正相关,与虫食率、株高、有效分枝数呈负相关。

表 1 大豆品系试验在各试点的小区产量及位次

Table 1 Yields and ranks of soybean lines at different trails sites(kg·km⁻²)

试点 Site	庆 1071 Qing1071	庆 1028 Qing1028	抗线 2 号 Kangxian2	安 1233 An1233	安 1423 An1423	安 686 An686	安 875 An875	嫩 970155 Nen 970155	嫩 2111 Nen2111	嫩 2711 Nen2711	嫩丰 14 Nenfeng14	平均产量	
												Average yield	位次 Rank of sites
A	1 588.5	1 576.9	1 400.1	1 460.7	1 704.4	1 668.2	1 713.8	1 668.7	1 745.0	1 735.1	1 602.2	1 623.9	5
B	2 729.5	2 730.8	2 000.2	1 961.2	2 283.8	2 312.5	2 263.2	2 269.8	2 307.8	2 299.2	2 403.0	2 323.7	4
C	2 953.0	2 636.8	2 724.6	2 652.7	2 867.3	2 774.8	2 969.0	2 925.2	3 569.1	3 054.0	3 022.7	2 930.8	1
D	2 292.3	2 159.0	2 620.8	2 154.0	2 822.9	3 162.2	3 166.9	2 847.0	2 615.0	3 000.0	2 539.0	2 670.8	2
E	3 513.8	3 434.8	2 053.1	2 841.2	2 482.1	2 236.5	2 154.2	2 064.3	2 303.6	1 796.4	1 928.6	2 437.2	3
品系平均产量													
Average yield of lines	2 615.4	2 507.5	2 159.8	2 214	2 324.1	2 430.8	2 453.4	2 354.6	2 508.1	2 376.8	2 298.8		
位次 Rank	1	3	11	10	8	5	4	7	2	6	9		

2.2 大豆参试品系的产量表现

大豆品系第 1 主成分(PC1)的效应为 45.3%,第 2 主成分(PC2)的效应为 29.4%,GGE 双标图可以解释 G 与 GE 交互信息的 74.7%(图 2)。图中圆圈是假设的理想品系,由 PC1 和 PC2 决定。从原点到理想品系之间画一条直线,为 AT 轴,箭头指向为平均表现最佳的方向,即品种在 AT 轴上的投影越靠近箭头所指方向其平均表现就越好。从品种到 AT 轴的向量大小代表基因型和基因型与环境互作对品系影响的大小,向量越大,表示品系越不稳定。从产量平均表现看,各品系从优到劣的顺序为庆农 05-1071、嫩 00-2111、安 01-875、庆农 05-1028、嫩 00-2711、安 02-686、嫩 970155-1、安 01-1423、嫩丰 14、安 01-1233、抗线 2 号。从产量稳定性看,较好的品种是嫩 00-2111、安 02-686、嫩 970155-1、安 01-1423,但安 01-1423 产量稍差。而嫩 00-2111 既高产又稳产。嫩 00-2111 在大部分试点的表现都很好,所以它们的平均表现较好,而庆农 05-1071 和庆农 05-1028 在 E 试点表现较好,其产量分别是 3 513.8 和 3 434.8 kg·km⁻²。由此可见,庆农 05-1071 和庆农 05-1028 具有特殊适应性,在局部地区具有推广价值。

GGE 双标图和传统的简单算术平均值法的结果有所不同,如庆农 05-1028 在所有试点的平均产量排在第 3 位(表 1),而 GGE 分析结果则位居第 4

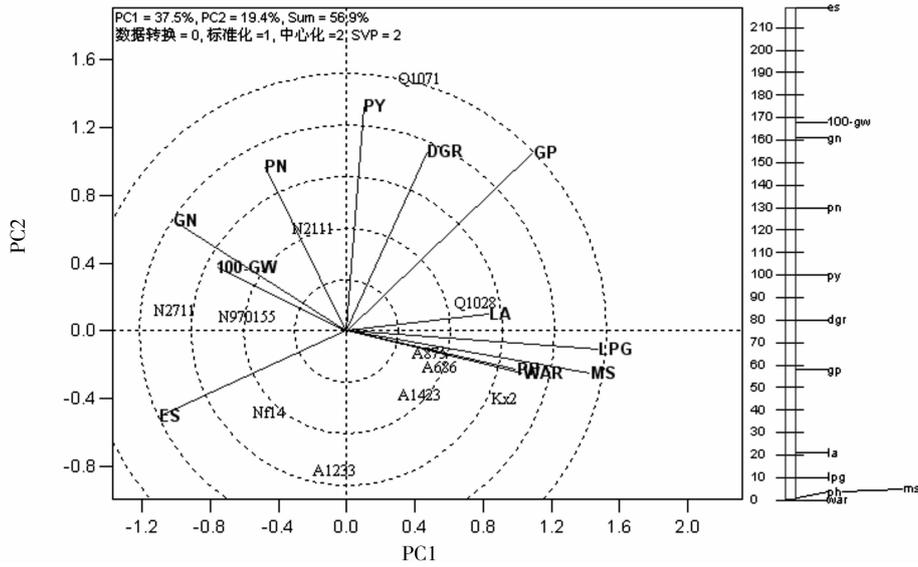
(图 2),这是因为 GGE 双标图法考虑到品种的主效应(G)和品种与环境互作效应(GE)。

2.3 大豆品系在各试验点的适应性分析

把图 2 中位于顶点的品系连接起来,其它品系也包括在该多边形内,然后通过原点做各条边的垂线,称为平均线(equality line),把多边形分成几个扇形,位于顶点的品系是在扇形内所有试点表现最佳的品种(图 3)。如庆农 05-1071、庆农 05-1028 在 E 试点表现较好;嫩 00-2111 在 D 试点表现较好,安 01-875、嫩 00-2711 在 C 试点的表现相似。其它品系在所有的试点表现均不理想。

2.4 各试验点的代表性和鉴别力

理想的试点应当具备两个条件:一是对品系具有较强的区分能力;二是对目标生态区具有较强的代表性。在双标图中各试点向量的长度是区分能力的度量,而试点向量与平均环境向量的角度是其对目标环境的代表性的度量,角度越小代表性越强。从图 4 可以看出试验所选的 5 个试验点的代表性和鉴别力较好,可以继续在这几个试验点进行鉴定试验。其中 5 个试点中代表性最好的是 A 试点,即为杜蒙试点,较差的是 E 试点,即为大庆试点。鉴别力除 D 试点—龙江外其它试点的都比较好(图 4)。综合分析 A 试点—杜蒙试点,既具有代表性又具有较强的鉴别力。



右侧标尺表示性状之间的相关系数。

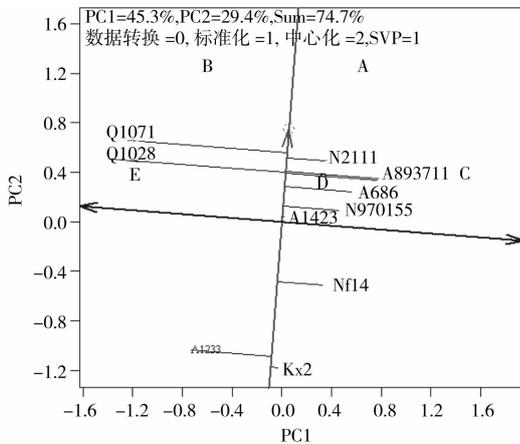
PC1: 第一主成分(解释变异最多的主成分); PC2: 第二主成分(解释变异第二多的主成分)。GP: 生育期; pH: 株高; LPG: 底荚高度; MS: 主茎节数; ES: 有效分枝数; LA: 倒伏面积; PN: 单株荚数; GN: 单株粒数; PY: 小区产量; DGR: 病粒率; WAR: 虫食率; 100-GW: 百粒重。Q1071: 庆农 05-1071; Q1028: 庆农 05-1028; A875: 安 01-875; A686: 安 02-686; A1233: 安 01-1233; A1423: 安 01-1423; N970155: 嫩 970155-1; N2711: 嫩 00-2711; N2111: 嫩 00-2111; NF14: 嫩丰 14; KX2: 抗线 2 号。下图相同。

The scale on the right of the figure indicates correlation coefficient.

PC1: first principal component; PC2: second principal component. GP: growth period; PH: plant height; LPG: the lowest pod height; MS: Nodes of main stem; ES: Effective branch number; LA: Lodging area; PN: Pods number per plant; GN: Grain number per; PY: plot yields; DGR: diseasable grain rate; WAR: Mature date percentage of damaged seeds; 100-GW: the weight of 100 seeds. Q1071: Qingnong 05-1071; Q1028: Qingnong 05-1028; A875: An 01-875; A686: An 02-686; A1233: An 01-1233; A1423: An 01-1423; N970155: Nen 970155-1; N2711: Nen 00-2711; N2111: Nen 00-2111; NF14: Nenfeng 14; KX2: Kangxian 2. The same as below.

图 1 GGE-biplot 分析的大豆品系和性状之间的相关性

Fig. 1 GGE-biplot analysis on association between lines and traits of soybean



A、B、C、D、E 代表多点试验的 5 个参试点。

A、B、C、D、E indicate five trails sites.

图 2 GGE 双标图分析的大豆参试品系产量表现及其稳定性

Fig. 2 GGE-biplot analysis on average yield and yield stability of soybean lines

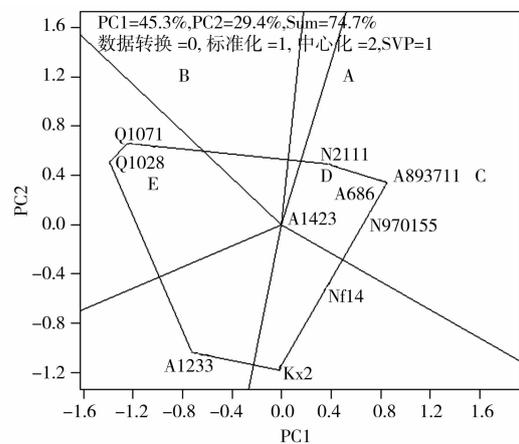


图 3 GGE-Biplot 双标图分析大豆参试品系的适应性

Fig. 3 GGE-Biplot analysis on adaptability of soybean lines

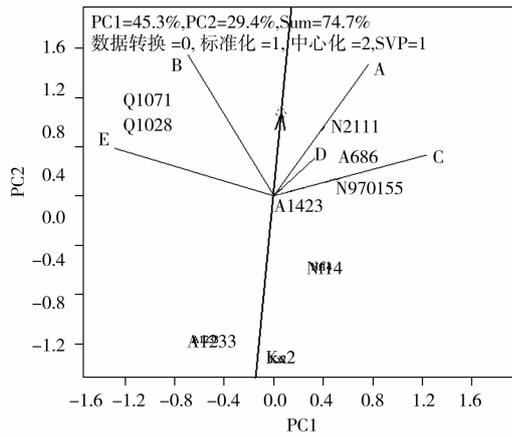


图4 GGE 双标图分析大豆多点试验试点的代表性和鉴别力

Fig. 4 GGE-Biplot analysis on soybean multi-environment trials sites

3 结论与讨论

该研究筛选出嫩 00-2111 是高产、稳产性较好的品系,在大部分试点表现较好,有推广价值;而庆农 05-1071、庆农 05-1028 等局部适应性较好,在 E 试点具有特殊适应性。试点中代表性最好的是 A 试点—杜蒙,较差的是 E 试点—大庆试点。鉴别力除 D 试点—龙江试点外其它试点都比较好。综合起来看 A 试点—杜蒙试点最好,既具有代表性又具有较强的鉴别力。

近年来,AMMI(主效可加交互可乘)模型在多点试验资料分析中应用较为广泛,但该模型只通过分析基因型与环境互动,来对基因型进行全面评价。但是可靠的基因型评价方法必须同时考虑基因型和基因型与环境互动,部分学者将其合称为“GGE”^[4-6]。GGE-biplot 分析可以比 AMMI 模型解释更多的基因型和基因型 × 环境互动效应(G + GE)^[7]。目前 GGE 双标图软件在国内的应用报道尚不多见,陈四龙等^[8]应用其分析种植密度对高油花生生长和产量的影响,尚毅等^[9]用其分析油菜双列杂交试验,张志芬等^[10]采用 GGE-biplot 分析对我国燕麦区域试验品种(系)的稳产性和适应性及试点的代表性和鉴别力进行分析。

作物品种的稳产性、适应性是决定其推广应用价值的重要指标,除了考察品种的稳产性外,地点鉴别力也是育种工作者比较关心的问题^[11],双标图分析法是用图解的形式表现和分析双向数据的独特方法,而且双标图的应用十分便利,可以大大提高研究时效。

用双标图法可以简便直观有效地显示品种的稳产性和试点的鉴别力,有利于筛选出鉴别力好的

试验点,提高区域试验的准确性和效率。造成试验点鉴别力低的因素既包括环境的因素,也包括人为因素。如果是所有品系在某个地区产量低下而且没有差异,应该考察是否是人为原因或因为遭灾,因此,如果要鉴别一个地点试点鉴别力的好坏,需要有长时间的资料积累^[10]。

参考文献

- [1] 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. (Jin W L. The rank analysis model of evaluating crop varieties yield stability in regional trials [J]. Acta Agronomica Sinica, 2000, 26(6): 925-930.)
- [2] 金文林, 白琼岩. 作物区试中品种产量性状评价的秩次分析法[J]. 作物学报, 1999, 25(5): 632-638. (Jin W L, Bai Q Y. The analysis based on ranks of crop varieties in regional trials [J]. Acta Agronomica Sinica, 1999, 25(5): 632-638.)
- [3] 张泽, 鲁成, 向仲怀. 基于 AMMI 模型的品种产量性状稳定性分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 304-309. (Zhang Z, Lu C, Xiang Z H. Analysis of varieties stability based on AMMI model [J]. Acta Agronomica Sinica, 1998, 24(3): 304-309.)
- [4] Yan W K. GGE biplot—a Windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data [J]. Agronomy Journal, 2001, 93: 1111-1118.
- [5] Yan W K. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi environment trial data [J]. Agronomy Journal, 2002, 94: 990-996.
- [6] Yan W K, Tinker N A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2006, 86: 623-645.
- [7] Yan W K, Kangb M S, Ma B L, et al. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data [J]. Crop Science, 2007, 47: 641-653.
- [8] 陈四龙, 李玉荣, 程增书, 等. 用 GGE 双标图分析高油花生种植密度对其发育和产量的影响 [J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1328-1335. (Chen S L, Li Y R, Cheng Z S, et al. GGE-Biplot analysis of effects of planting density on growth and yield components of high oil peanut [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(7): 1328-1335.)
- [9] 尚毅, 李少钦, 李殿荣, 等. 双标图分析油菜双列杂交试验 [J]. 作物学报, 2006, 32(2): 243-248. (Shang Y, Li S Q, Li D R, et al. GGE-biplot analysis of diallel cross of *B. napus* L. [J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(2): 243-248.)
- [10] 张志芬, 付晓峰, 刘俊青, 等. 用 GGE 双标图分析燕麦区域试验品系产量稳定性及试点代表性 [J]. 作物学报, 2010, 36(8): 1337-1385. (Zhang Z F, Fu X F, Liu J Q, et al. Yield stability and testing-site representativeness in national regional trials for oat lines based on GGE-biplot analysis [J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(8): 1337-1385.)
- [11] 李本贵, 阎俊, 何中虎, 等. 利用 AMMI 模型分析作物区域试验点的鉴别力 [J]. 作物学报, 2004, 30(6): 593-596. (Li B G, Yan J, He Z H, et al. Analyzing site discrimination in crop regional yield trials by AMMI model [J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(6): 593-596.)