



黄淮海 11 个夏大豆品种(系)产量稳定性和适应性分析

陈亚光,杨雨阳,咎凯,王凤菊

(安阳市农业科学院 经济作物研究所/河南省优质大豆改良工程技术研究中心,河南 安阳 455000)

摘要:为比较不同大豆品种(系)产量的稳定性和适应性,筛选优良大豆品种(系),对 2020—2021 年国家黄淮海夏大豆南组区域试验数据进行多因素方差分析和 GGE 双标图分析。结果表明:除年份效应外,各因素及互作效应对大豆产量影响都达到极显著水平($P < 0.01$),其中地点(55.31%)的贡献率最大,品种(5.97%)和年份(0.02%)贡献率较小。12 个试点中平均产量最高的是山东济宁,比产量最低的安徽阜阳高 33.63%,差异显著($P < 0.05$);11 个参试品种中平均产量最高的是邯豆 13,比对照中黄 13(CK_A)和中黄 13(CK_B)分别增产 10.93%和 9.91%,差异显著。GGE 双标图分析结果显示,江苏灌云和徐州,山东临沂和济宁相似度较高,试点有重复设置的可能。河南周口对参试品种的鉴别力和代表性最强,是理想试点。12 个试点被分为两组,徐 9416-8 在第一组试点产量最高,柳豆 108 在第二组试点产量最高。丰产性和稳产性分析结果表明,邯豆 13、圣育 6 号和南农 60 的丰产性和稳产性较好。本研究筛选得到稳定性和适应性较强的大豆品种(系),并为优异种质资源的推广应用提供参考。

关键词:大豆;稳定性和适应性;多因素方差分析;GGE 双标图

Stability and Adaptability Analysis on Yield of Eleven Summer Soybean Varieties (Lines) in Huang-Huai-Hai Region

CHEN Yaguang, YANG Yuyang, ZAN Kai, WANG Fengju

(The Cash Crop Institute, Anyang Academy of Agricultural Sciences/Henan Province High Quality Soybean Improvement Engineering Technology Research Center, Anyang 455000, China)

Abstract: In order to study the stability and adaptability of soybean varieties (lines) and screen excellent soybean varieties (lines), multiple factor analysis of variance and GGE biplot were used to analysis on the region experimental data of National Huang-Huai-Hai (south) summer soybean from 2020 to 2021. The results showed that all factors and interaction effects had extremely significant effects on soybean yield ($P < 0.01$) except for the year factor. Location (55.31%) had a greater contribution rate to soybean yield, while contribution rates of variety (5.97%) and year (0.02%) to soybean yield were the smallest. Multiple comparative analyzes showed that Jining with the highest average yield was 33.63% higher than Fuyang with the lowest average yield, and the differences were significant ($P < 0.05$). Handou 13 with the highest average yield among the 11 tested varieties which increased by 10.93% and 9.91% respectively compared to the control Zhonghuang 13 (CK_A) and Zhonghuang 13 (CK_B), and the differences were significant. The GGE biplot analysis results showed that Guanyun and Xuzhou in Jiangsu, Linyi and Jining in Shandong had high similarity, and the location might be repeated. Zhoukou had the strongest discrimination and representativeness of the varieties tested, which was an ideal location. The 12 locations were divided into two groups, with Xu 9416-8 had the highest yield in the first group and Liudou108 had the highest yield in the second group. The analysis results of high yield and stability showed that Handu 13, Shengyu 6, and Nannong 60 had high yield and stability. In this study, soybean varieties with high stability and adaptability were selected, which also provided reference for the promotion and application of excellent germplasm resources.

Keywords: soybean; stability and adaptability; multivariate analysis of variance; GGE Biplot

大豆原产于中国,古代称为“菽”,是中国传统粮食作物“五谷”之一^[1]。大豆营养丰富,用途广泛,我国年需求量约 1.1 亿 t,但近 1 亿 t 需要进口^[2]。我国从 2019 年开始实施大豆振兴计划,旨在提高大豆产量和品质,减少对进口大豆依赖^[3]。黄淮海地区是我国大豆主产区之一,种植面积和产量均占全国的 30% 左右,近年来黄淮海大豆总产量不断提高,但仍存在单产较低、丰产性和稳产性差等

问题^[4]。因此,研究该地区大豆产量的影响因素,筛选稳产广适的大豆品种,对提升我国粮食安全具有重要意义。

稳定性和适应性是作物推广和应用的重要指标,品种区域试验通过检验多年、多试点品种产量的表现,可以很好地鉴定新品种的稳定性和适应性^[5]。作物的产量是由基因型和环境共同决定的,环境变异通常是影响产量的主要因素,基因型与环

收稿日期:2023-08-02

基金项目:安阳市重点研发与推广专项(2022C01NY008)。

第一作者:陈亚光(1990—),男,硕士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:cyg0372@163.com。

通讯作者:王凤菊(1973—),女,副研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:aywfj3210@163.com。

境的互作效应又大于基因型变异,因此需分析这些效应并评价作物的稳定性和适应性^[6-10]。多因素方差分析可以评价不同因素以及交互作用对作物产量的影响,并可结合多重比较分析地点、品种和年份间产量的差异性,但不能对品种和地点的交互作用做出比较详细的解释^[11-12]。GGE 双标图同时考虑基因型(G)和基因型和环境(E)的互作效应(GE),通过2D形式直观地评价品种的适应性和稳产性以及试点的鉴别力和代表性^[13-14]。多因素方差分析和GGE双标图侧重点不同,将两种分析方法相结合可以实现优势互补,全面分析基因型和环境对作物产量的影响,并对作物的丰产性、稳定性和适应性进行评价。

黄淮海地区育成大豆品种数量多,品种更新换代快,亟需对该地区品种进行稳定性和适应性鉴

定。本研究对2020—2021年国家黄淮海夏大豆南组区域试验数据进行多因素方差分析,探究影响大豆产量的主要因素,比较不同地点、品种、年份间产量的差异,然后利用R语言GGE双标图功能对12个试点的相关性、鉴别力与代表性进行分析,并对11个大豆品种(系)的适应性、稳产性和丰产性进行评价,以期筛选高产、稳产、广适的大豆品种(系),并为这些品种(系)的合理布局和推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

供试材料为2020—2021年连续两年参加国家黄淮海夏大豆南组区域试验的11个大豆品种(系)详见表1,分为A、B两组,A组和B组品种因试点相同作合并分析,对照品种为中黄13。

表1 参试大豆品种和选育单位

Table 1 Test soybean varieties and breeding organizations

品种名称 Cultivars	代码 Code	选育单位 Breeding organization
邯豆 13 Handu 13	G1	邯郸市农业科学院 Handan Academy of Agricultural Sciences
菏豆 37 Hedou 37	G2	菏泽市农业科学院 Heze Academy of Agricultural Sciences
菏育 10 号 Heyu 10	G3	嘉祥县华育种业有限公司 Jiaxiang County Huayu Seed Industry Co., Ltd
淮豆 17 Huaidou 17	G4	江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所 Huaiyin Agricultural science Research Institute in Xuhuai, Jiangsu
柳豆 108 Liudou 108	G5	安徽柳丰种业科技有限责任公司 Anhui Liufeng Seed Industry Technology Co., Ltd
南农 60 Nannong 60	G6	南京农业大学 Nanjing Agricultural University
濮豆 754 Pudou 754	G7	濮阳市农业科学院 Puyang Academy of Agricultural Sciences
圣育 6 号 Shengyu 6	G8	嘉祥县华研农业科技中心 Jiaxiang County Huayan Agricultural Science and Technology Center
徐 9416-8 Xu 9416-8	G9	江苏徐淮地区徐州农业科学研究所 Xuzhou Agricultural science Research Institute in Xuhuai, Jiangsu
中黄 13(CK _A) Zhonghuang 13 (CK _A)	G10	中国农业科学院作物科学研究所 Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences
中黄 13(CK _B) Zhonghuang 13 (CK _B)	G11	中国农业科学院作物科学研究所 Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences

1.2 试验设计

试验设置在安徽省、河南省、江苏省、山东省的12个试点(表2)。试验采用完全随机区组设计,3

次重复,小区面积16.8 m²,7行区,行长6 m,行距0.4 m,密度18.75万株·hm⁻²,收获前割去边行边株,取中间5行测产,测产面积12 m²。

表 2 各试点的位置信息

Table 2 The geographic locations of each location

地点 Location	代码 Code	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)
安徽阜阳 Anhui Fuyang	E1	115°50'	32°55'
安徽合肥 Anhui Hefei	E2	117°15'	31°48'
安徽宿州 Anhui Suzhou	E3	116°59'	33°38'
河南许昌 He'nan Xuchang	E4	113°55'	34°7'
河南周口 He'nan Zhoukou	E5	114°49'	33°40'
河南驻马店 He'nan Zhumadian	E6	114°5'	33°4'
江苏灌云 Jiangsu Guanyun	E7	119°14'	34°15'
江苏淮安 Jiangsu Huaian	E8	119°9'	33°31'
江苏徐州 Jiangsu Xuzhou	E9	117°16'	34°12'
山东菏泽 Shandong Heze	E10	115°28'	35°16'
山东济宁 Shandong Jining	E11	116°36'	35°25'
山东临沂 Shandong Linyi	E12	118°20'	35°5'

1.3 数据分析

使用 WPS Excel 11.0 进行数据处理。使用 SPSS 25.0 统计软件进行方差分析和多重比较,参照臧贺藏等^[15]的方法计算贡献率。贡献率(%) = $SS_{\text{变因}} \times 100 / (SS_{\text{总}} - SS_{\text{误}} - SS_{\text{区组}})$ 。式中,SS 变因代表变因平方和,SS 总代表总平方和,SS 误代表误差平方和,SS 区组代表区组平方和。采用 R 语言(版本号 4.2.3)软件 GGEbiplotGUI 程序包评价参试品种(系)的适应性、稳产性和丰产性。

2 结果与分析

2.1 大豆产量的多因素方差分析

如表 3 所示,除年份外,各因素及交互效应对大豆产量影响都达到极显著水平($P < 0.01$)。地点的贡献率最大,为 55.31%,其次为年份 × 地点(15.56%)。说明不同的种植区域对大豆品种有显著影响,是引起产量差异的主要原因之一,因此,选育广适性的大豆品种能充分发挥产量潜力。

表 3 大豆产量的多因素方差分析

Table 3 Multivariate ANOVA of soybean yield

变异来源 Variance source	平方和 SS	自由度 Df	均方 MS	F 值 F value	贡献率 Contribution rate/%
区组 Block	146981.72	2	73490.86		
年份 Year	22281.64	1	22281.64	1.02	0.02
地点 Location	60509764.17	11	5500887.65	251.88 **	55.31
品种 Cultivar	6530553.87	10	653055.39	29.90 **	5.97
地点 × 品种 Location × Cultivar	14816955.84	110	134699.60	6.17 **	13.54
年份 × 品种 Year × Cultivar	1992106.28	10	199210.63	9.12 **	1.82
年份 × 地点 Year × Location	17022496.32	11	1547499.67	70.86 **	15.56
年份 × 地点 × 品种 Year × Location × Cultivar	8510300.32	110	77366.37	3.54 **	7.78
误差 Error	11487377.73	526	21839.12		
总计 Total	121038817.90	791			

注: ** 表示在 0.01 水平上有极显著差异。

Note: ** represent significance at 0.01 probability levels.

2.2 大豆产量的多重比较

2.2.1 不同地点大豆产量的比较 对不同地点大豆平均产量进行多重比较结果如表 4 所示,12 个试

点平均产量为 $2\ 922.20\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,各试点产量由高到低分别为 $E11 > E8 > E7 > E6 > E4 > E10 > E9 > E12 > E3 > E5 > E2 > E1$,产量最高的山东济宁

(E11),比产量最低的安徽阜阳(E1)高33.63%,差异显著($P < 0.05$)。各试点产量的变异系数由高到低低分别为 $E3 > E10 > E11 > E2 > E5 > E12 > E1 >$

$E9 > E8 > E6 > E7 > E4$,变异系数最大的试点是安徽宿州(E3),说明参试品种(系)在此地产量差异较大。

表4 不同地点大豆产量比较

Table 4 Comparison of soybean yields in different locations

地点代码 Location code	平均产量 Average yield/(kg·hm ⁻²)	标准差 SD	变异系数 CV/%
E1	2475.38 f	228.11	9.22
E2	2592.25 ef	257.58	9.94
E3	2711.11 cde	376.38	13.88
E4	2989.84 b	155.53	5.20
E5	2706.19 de	251.77	9.30
E6	3197.97 a	247.04	7.72
E7	3270.29 a	207.78	6.35
E8	3287.13 a	264.77	8.05
E9	2837.00 cd	238.75	8.42
E10	2930.91 bc	394.03	13.44
E11	3307.75 a	363.06	10.98
E12	2760.57 cd	255.39	9.25
平均 Mean	2922.20	391.18	

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,下同。

Note: Different lowercase in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ level among treatments. The same below.

2.2.2 不同大豆品种(系)产量的比较 对不同大豆品种(系)平均产量多重比较结果如表5所示,11个参试品种(系)平均产量为2922.20 kg·hm⁻²,参试品种产量由高到低分别为 $G1 > G5 > G6 > G8 > G2 > G9 > G4 > G7 > G3 > G11 > G10$ 。所有品种(系)均比对照增产,产量最高的邯豆13(G1)比对

照中黄13(CK_A)和中黄13(CK_B)分别增产10.93%和9.91%,差异显著($P < 0.05$)。除对照品种外,参试品种(系)间差异不显著。参试品种(系)产量的变异系数由高到低分别为 $G9 > G4 > G1 > G6 > G8 > G7 > G11 > G3 > G2 > G10 > G5$,柳豆108(G5)变异系数最小,说明该品种产量在各试点差异较小。

表5 不同大豆品种(系)产量比较

Table 5 Comparison of yield among different soybean varieties (lines)

大豆品种 Cultivar	平均产量 Average yield/(kg·hm ⁻²)	标准差 SD	变异系数 CV/%
G1	3023.36 a	426.95	14.12
G2	2954.13 a	357.85	12.11
G3	2932.35 ab	362.49	12.36
G4	2933.73 ab	414.70	14.14
G5	2986.98 a	309.74	10.37
G6	2978.08 a	405.44	13.61
G7	2932.59 ab	393.49	13.42
G8	2976.04 a	403.34	13.55
G9	2950.65 ab	429.48	14.56
G10	2725.47 c	329.69	12.10
G11	2750.80 bc	357.89	13.01
平均 Mean	2922.20	391.18	

2.3 各试点之间的相关性

由图 1 所示,从圆心到各个试点作一条线段,两线段之间夹角的余弦值是它们的相关系数。夹角小于 90° 表示正相关,如江苏灌云(E7)和河南许昌(E4),说明两试点的品种排序相似;大于 90° 表示负相关,如江苏徐州(E9)和安徽宿州(E3),表示两试点的品种排序相反;接近 90° 说明两试点相关性较小,如江苏灌云(E7)和山东菏泽(E10);两线段夹角越小,试点之间品种排序相似度越高,如江苏灌云(E7)和江苏徐州(E9),山东临沂(E12)和山东济宁(E11),说明试验点有重复设置的可能性。

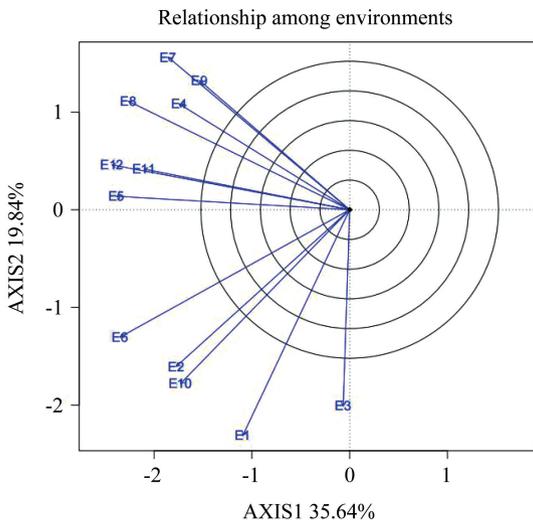


图 1 试验点的相关性

Fig. 1 Relationship among locations

2.4 各试点的鉴别力与代表性

理想的试验点不仅对目标生态区具有代表性,还应能对参试品种具有较强的鉴别力,能清晰地反映参试品种的丰产性、稳定性及适应性。根据平均环境轴(带箭头蓝线)画同心圆,试点所处的圆越小,说明试点的鉴别力和代表性越强。由图 2 可知,各试点鉴别力和代表性由强到弱分别为 $E5 > E12 > E11 > E6 > E2 > E8 > E10 > E4 > E7 > E9 > E1 > E3$ 。其中河南周口(E5)为理想试点。

2.5 大豆品种(系)的适应性分析

参试品种(系)适应性分析结果显示如图 3 所示,主成分 1 的效应为 35.64%,主成分 2 的效应为 19.84%,基因型和环境互作效应为 55.48%。将最外围的参试大豆品种(系)连接成一个多边形,从原点向各边作垂线,将多边形划分为若干个扇形区域。12 个试点被分在 2 个扇区里,江苏灌云(E7)、山东临沂(E12)、江苏淮安(E8)、江苏徐州(E9)、河

南许昌(E4)、河南周口(E5)、山东济宁(E11)定义为第 1 组,将河南驻马店(E6)、安徽合肥(E2)、山东菏泽(E10)、安徽阜阳(E1)、安徽宿州(E3)定义为第 2 组。位于同一扇区内的品种(系)在该扇区的地点适应性较好,各扇区顶角位置的品种(系)是该扇区产量最高的品种(系),结合图 1 结果可知:徐 9416-8(G9)、邯豆 13(G1)、南农 60(G6)、淮豆 17(G4)在第 1 组试点适应性较好,产量最高的品种(系)是徐 9416-8(G9);柳豆 108(G5)、圣育 6 号(G8)、濮豆 754(G7)、荷育 10 号(G3)、荷豆 37(G2)在第 2 组试点适应性较好,其中柳豆 108(G5)产量最高;荷育 10 号(G3)、荷豆 37(G2)位于多边形内、靠近原点对环境变化不敏感的品种。在所有试点表现不佳的品种(系)位于无试点扇形区,在本研究中两个对照品种(G10 和 G11)在 12 个试验点表现均不佳。

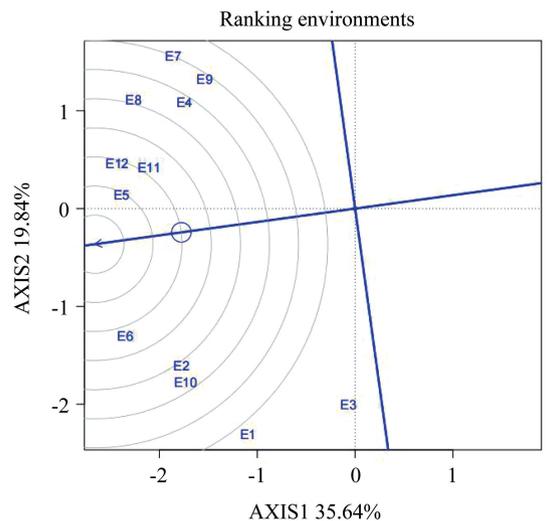


图 2 试验点的鉴别力和代表性

Fig. 2 Discrimination and representativeness of locations

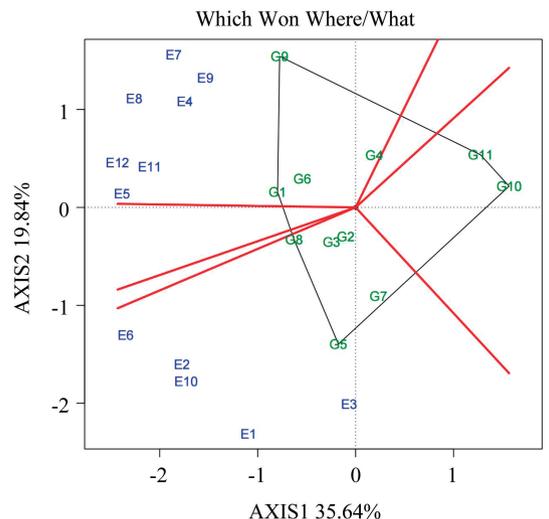


图 3 参试大豆品种(系)的适应性

Fig. 3 Adaptability of tested soybean varieties (lines)

2.6 大豆品种(系)的丰产性和稳产性分析

GGE 双标图对大豆品种(系)的丰产性和稳产性分析结果如图4所示,平均环境轴上箭头所指方向为品种(系)所在环境下的近似平均产量走向,将品种(系)点和平均环境轴作一条垂线,品种(系)与平均环境轴之间的垂线越长,表示品种(系)越不稳定。结果说明:G1、G8、G6、G3、G2属于丰产稳产品种(系);G5、G9属于丰产不稳产品种(系);G4、G7属于既不丰产也不稳产品种(系);G10、G11属于稳产但不丰产品种(系)。邯豆13(G1)、圣育6号(G8)和南农60(G6)是丰产性和稳产性最好的3个品种。

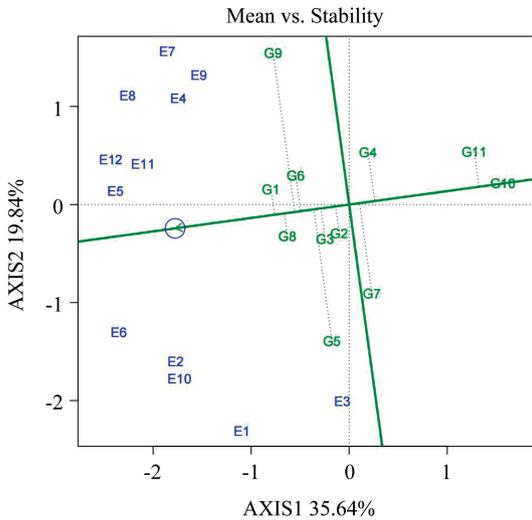


图4 参试品种(系)的稳产性和丰产性分析

Fig.4 Stability and high yield analysis of the tested varieties (lines)

3 讨论

3.1 基因型和环境对大豆产量的影响

作物的产量是由基因型和环境共同决定的,基因型是作物产量性状表现的内在因素,不同的基因型决定了产量性状的表现形式,环境因素对作物产量性状的表现也具有直接而重要的影响^[16-18]。乔羽佳等^[19]研究表明,地点效应对黄淮海北片、中片和南片大豆的产量差异贡献率最大。本研究结果显示,地点(55.31%)对产量的影响最大,其次是年份×地点(15.56%)、地点×品种(13.54%)的互作效应,品种和年份的贡献率较小,只有5.97%和0.02%,多重比较结果显示,各试点间产量差异较大,而参试品种(系)间产量差异较小,这与前人的研究结果基本一致。大豆是短日照作物,产量易受环境的影响,黄淮海南片12个试点分布于4个省,

气象条件和地理条件差异较大。因此,要提高该地区大豆的产量,除了选则优良品种外,还需要营造适宜的环境条件。通过选择适合的品种和优化环境条件,可以有效地提高作物的产量。

3.2 试点的相关性、鉴别力与代表性

在品种区域试验中,试点的相关性表示参试品种产量排名的相似度,试点间相似程度过高,则试点有重复设置的可能。试点的鉴别力和代表性表示参试品种产量差异和产量排名与总排名的相似度,鉴别力和代表性强的试点是理想试点^[20]。利用GGE双标图可以准确地对试点的相关性、鉴别力与代表性进行分析^[21],本研究结果显示,江苏灌云(E7)和徐州(E9),山东临沂(E12)和济宁(E11)相似度过高,可能是由于试点间地理位置比较接近,光照和温度等气候条件相似,土壤类型相同。河南周口(E5)的鉴别力与代表性最强,是一个理想试点,而安徽宿州(E3)对参试品种的鉴别力和代表性较低。在以后的区域试验中可以考虑去掉一些相似度高和鉴别力与代表性差的试点,增加一些新试点,以保证区域试验的科学性与准确性。

3.3 大豆品种的适应性、丰产性和稳产性

分析作物产量的适应性和稳定性对品种的合理推广应用具有重要指导意义^[22],GGE双标图可以直观地展示品种基因型和环境间的关系,广泛用于作物的适应性、丰产性和稳产性评价^[23-24]。咎凯等^[25]利用GGE双标图对河南大豆区试数据进行分析,筛选出安豆5156、濮豆1788等5个丰产性和稳产性较好的品系,认为该方法在大豆区域试验中利用价值较高。本研究结果表明,徐9416-8(G9)、邯豆13(G1)、南农60(G6)和淮豆17(G4)4个品种在第1组试点适应性较好,徐9416-8(G9)在该组试点平均产量最高;柳豆108(G5)、圣育6号(G8)、濮豆754(G7)、荷育10号(G3)和荷豆37(G2)在第2组试点适应性较好,柳豆108(G5)在该组试点平均产量最高。在11个参试品种(系)中,邯豆13(G1)、圣育6号(G8)和南农60(G6)稳产性和丰产性较好,适宜在黄淮海(南片)区域推广种植。研究还发现GGE双标图和品种产量的多重比较在分析品种的稳产性方面存在差异,如GGE双标图分析结果显示柳豆108(G5)属于高产但不稳产品种,而多重比较结果显示柳豆108(G5)变异系数较低,属于高产稳产性的品种。这是由于多重比较只是分析不同参试品种的产量的差异性,没有考虑品种和环境的

互作效应,而 GGE 双标图在稳产性分析方面充分考虑了基因效应(G)和基因与环境效应(GE)。因此,多因素方差分析和 GGE 双标图两种分析方法相结合可以实现优势互补,使分析结果更全面准确。

4 结论

本研究结果表明地点因素是影响大豆产量的主要因素,品种和年份对产量影响较小。GGE 双标图分析结果显示,江苏灌云和徐州,山东临沂和济宁有重复设置的可能,河南周口是一个理想试点。将 12 个试点被分为两组,徐 9416-8 在第一组试点适应性最好,柳豆 108 在第二组试点适应性最好。筛选出邯豆 13、圣育 6 号和南农 60 丰产性和稳产性较好的品种,为优良品种的合理推广利用提供参考。

参考文献

- [1] 孙永刚. 从历史文献到考古资料:论栽培大豆的起源[J]. 大豆科学, 2014, 33(1): 124-127. (SUN Y G. From historical documents to archaeological data: Origin of cultivated soybean [J]. Soybean Science, 2014, 33(1): 124-127.)
- [2] 杨辉,林嘉柏,林佳. 外生冲击下中国大豆产业安全:现状、挑战与机遇[J]. 大豆科学, 2022, 41(3): 352-357. (YANG H, LIN J B, LIN J. Analysis of China's soybean industry safety under exogenous impact: Current situation, challenges and opportunities[J]. Soybean Science, 2022, 41(3): 352-357.)
- [3] 刘璐璐,李建飞,舒跃,等. 我国大豆生产消费现状及提升自给率策略[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(2): 242-248. (LIU L L, LI J F, SHU Y, et al. Current situation of soybean production and consumption in China and strategies to improve self-sufficiency rate [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2022, 44(2): 242-248.)
- [4] 成雪峰,张风云. 黄淮海夏大豆生产现状及发展对策[J]. 大豆科学, 2010, 29(1): 157-160. (CHENG X F, ZHANG F Y. Present conditions and countermeasures of soybean production in Huang-Huai-Hai regions [J]. Soybean Science, 2010, 29(1): 157-160.)
- [5] 李建武,李高峰,文国宏,等. 甘肃省多点联合试验马铃薯产量要素稳定性及试点鉴别力分析[J]. 西北农业学报, 2022, 31(11): 1422-1434. (LI J W, LI G F, WEN G H, et al. Stability of potato yield factors in multi-point joint experiment in Gansu Province and analysis of pilot discrimination [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2022, 31(11): 1422-1434.)
- [6] CARKNER M K, ENTZ M H. Growing environment contributes more to soybean yield than cultivar under organic management[J]. Field Crops Research, 2017, 207: 42-51.
- [7] 魏鹏程,陈杜,罗英舰,等. 基于 AMMI 和 GGE 双标图的贵州不同生态区春玉米丰产性稳产性和试点鉴别力评价[J]. 玉米科学, 2023, 31(1): 22-31. (WEI P C, CHEN D, LUO Y J, et al. Evaluation of the high yield, stability and pilot discriminative power of spring maize in different ecological areas of Guizhou based on AMMI and GGE-biplot [J]. Journal of Maize Sciences, 2023, 31(1): 22-31.)
- [8] YAN W. GGEbiplot-a windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data[J]. Agronomy Journal, 2001, 93(5): 1111-1118.
- [9] 徐东阳,孙妍,李伟峰,等. 13 个河南白芝麻品种单株产量与相关农艺性状的灰色关联分析及综合评价[J]. 种子, 2022, 41(10): 73-77. (XU D Y, SUN Y, LI W F, et al. Comprehensive evaluation of agronomic traits and yield per plant of 13 sesame accessions in He'nan by grey correlation analysis [J]. Seed, 2022, 41(10): 73-77.)
- [10] 李硕,王馨彤,杨吉斌,等. 昌吉州棉花产量影响因素的多元线性回归分析[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 2022, 43(12): 84-88. (LI S, WANG X T, YANG J B, et al. Multiple linear regression analysis of influential factors for cotton yield in Changji prefecture [J]. Journal of Jishou University (Natural Sciences Edition), 2022, 43(2): 84-88.)
- [11] 陈稳良,李秀莲,史兴海,等. 甜荞产量性状综合评价及 AMMI 分析[J]. 核农学报, 2023, 37(1): 60-68. (CHEN W L, LI X L, SHI X H, et al. Comprehensive evaluation on yield characters of common buckwheat and AMMI analysis [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2023, 37(1): 60-68.)
- [12] 闫雷,邹莹,沈艳芬,等. 利用不同分析模型评价湖北省马铃薯品种比较试验[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(23): 96-101. (YAN L, ZOU Y, SHEN Y F, et al. Evaluation of potato varieties comparison experiments in Hubei Province with different analytical models [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(23): 96-101.)
- [13] 崔顺立,何美敬,侯名语,等. 利用 GGE 双标图分析花生品质性状的基因型-环境互作[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(4): 617-626. (CUI S L, HE M J, HOU M Y, et al. Genotype × environment interactions for the quality traits of peanut varieties based on GGE biplot analysis [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2021, 43(4): 617-626.)
- [14] 肖继兵,刘志,孔凡信,等. 基于 GGE 双标图的高粱品种农艺性状和稳产性分析[J]. 作物杂志, 2023(2): 36-45. (XIAO J B, LIU Z, KONG F X, et al. Analysis of agronomic traits and yield stability of Sorghum varieties based on GGE biplot [J]. Crops, 2023(2): 36-45.)
- [15] 臧贺藏,曹廷杰,张杰,等. 不同生态条件下小麦新品种产量的基因型与环境互作分析[J]. 华北农学报, 2021, 36(6): 88-95. (ZANG H Z, CAO T J, ZHANG J, et al. Genotype and environment interaction effect on yield of new wheat cultivars under different ecological conditions [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2021, 36(6): 88-95.)
- [16] 岳海旺,魏建伟,谢俊良,等. 基因型和环境互作对黄淮海夏玉米品种籽粒产量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(4): 31-43. (YUE H W, WEI J W, XIE J L, et al. Effect of

- interaction between genotype and environment on the grain yield of summer maize hybrids in Huanghuaihai Region [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(4): 31-43.)
- [17] 陆光远, 陈晓婷, 余珠, 等. 南方早熟油菜新品种丰产稳产性分析及其光合特性[J]. *华北农学报*, 2022, 37(4): 113-121. (LU G Y, CHEN X T, YU Z, et al. The analysis of yielding ability, yield stability and photosynthetic characteristics of early mature rapeseed varieties in South China region [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2022, 37(4): 113-121.)
- [18] 张志芬, 付晓峰, 杨海顺, 等. 裸燕麦品种(系)丰产性和适应性评价[J]. *北方农业学报*, 2021, 49(5): 1-8. (ZHANG Z F, FU X F, YANG H S, et al. Evaluation of high yield and adaptability of naked oats (lines) [J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2021, 49(5): 1-8.)
- [19] 乔羽佳, 卫玲, 肖俊红, 等. 黄淮海夏大豆不同年份、地点的产量差异分析[J]. *作物杂志*, 2022(4): 221-226. (QIAO Y J, WEI L, XIAO J H, et al. Analysis on the yield differences of Huanghuaihai summer soybeans in different years and locations [J]. *Crops*, 2022(4): 221-226.)
- [20] 周长军, 田中艳, 李建英, 等. 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[J]. *大豆科学*, 2011, 30(2): 318-321. (ZHOU C J, TIAN Z Y, LI J Y, et al. GGE-biplot analysis on yield stability and testing-site representativeness of soybean lines in multi-environment trials [J]. *Soybean Science*, 2011, 30(2): 318-321.)
- [21] 周丙月, 袁剑龙, 张玉梅, 等. 马铃薯品种(系)农艺性状的适应性和稳定性分析[J]. *核农学报*, 2023, 37(2): 274-289. (ZHOU B Y, YUAN J L, ZHANG Y M, et al. Analysis of genotype and environment interaction, adaptability and stability of agronomic traits of potato varieties (lines) [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2023, 37(2): 274-289.)
- [22] 钱双宏, 蔡世昆, 朱汉勇, 等. 不同玉米品种(系)在云南省不同生态区丰产、稳产及适应性分析[J]. *中国农学通报*, 2023, 39(9): 7-15. (QIAN S H, CAI S K, ZHU H Y, et al. Maize varieties (strains) in different ecological regions in Yunnan province: Analysis of high yield potential, yield stability and variety adaptability [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2023, 39(9): 7-15.)
- [23] 贺昆仑, 刘艳改, 裴小雨, 等. 中棉所 139 的丰产稳产性及适应性分析[J]. *中国棉花*, 2022, 49(11): 7-11. (HE K L, LIU Y G, PEI X Y, et al. Evaluation on yield stability and adaptability of CCRI 139 [J]. *China Cotton*, 2022, 49(11): 7-11.)
- [24] 王星宇, 程静, 高生, 等. 应用 AMMI 模型和 GGE 双标图评价裸燕麦品种在华北高寒区的适应性[J]. *草业学报*, 2022, 31(12): 76-84. (WANG X Y, CHENG J, GAO S, et al. Evaluation of adaptability of naked oat varieties in the alpine region of North China based on the AMMI model and GGE Biplot [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(12): 76-84.)
- [25] 咎凯, 陈亚光, 徐淑霞, 等. 基于 R 语言的 GGE 双标图在大豆区试中的应用[J]. *大豆科技*, 2019(4): 16-20. (ZAN K, CHEN Y G, XU S X, et al. Application of GGE double plot in soybean regional tests based on R language [J]. *Soybean Science & Technology*, 2019(4): 16-20.)

欢迎订阅 2024 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管、主办的大豆专业性学术期刊,被国内外多家重要数据库收录的核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》为双月刊,16开本,国内外公开发行。国内每期定价:40.00元,全年240.00元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00美元(含邮资),全年240.00美元,国外邮发代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅。

地址:哈尔滨市松北区创新三路800号

邮编:150023

电话:0451-51522862

网址: <http://ddkx.haasep.cn>

E-mail: soybeanscience@vip.163.com

