

# 郑绿 20 在 GGE 双标图分析区试参试品种中的综合评价研究

黄长志<sup>1</sup>, 王保勤<sup>1</sup>, 周秋峰<sup>1</sup>, 李君霞<sup>2</sup>

(1. 郑州市农林科学研究所, 河南 郑州 450005; 2. 河南省农业科学院 粮食作物研究所, 河南 郑州 450002)

**摘要:**对连续两年河南省绿豆多点试验的 10 个新品种农艺及产量性状进行变异性和相关性分析, 探讨其相关关系; 通过采用 GGE 双标图分析 2019~2020 年度河南省绿豆新品种鉴定试验参试品种, 综合评价参试品种的丰产性、稳产性、适应性及各试点的试验代表性、鉴别力和区分能力。结果表明, 株高、主茎分枝数、单株荚数的变异系数较大; 单株荚数与主茎分枝、产量呈显著正相关, 主茎节数与株高呈显著正相关。四个试点可以分为两个生态区, 参试品种产量表现在双标图中能直观体现。安阳试点对品种有较强的鉴别能力, 郑绿 20 具有较好的丰产性和稳产性, 综合表现良好, 具有推广价值。

**关键词:**郑绿 20; 农艺性状; 相关性; GGE 双标图; 产量

**中图分类号:**S322.1 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2024)07-0029-07

## Comprehensive Evaluation of Zhenglü 20 in GGE Biplot Analysis of Varieties in Regional Trials

HUANG Changzhi<sup>1</sup>, WANG Baoqin<sup>1</sup>, ZHOU Qiufeng<sup>1</sup>, LI Junxia<sup>2</sup>

(1. Zhengzhou Research Institute of Agricultural and Forestry Science, Zhengzhou, Henan 450005, China;

2. Cereal Crops Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002, China)

**Abstract:** A correlation analysis was conducted on the agronomic and yield traits of ten new mung bean varieties tested in multiple sites in Henan Province for two consecutive years, and their correlation relationships were explored. GGE Biplot was used to analyze the tested varieties in the identification of new mung bean varieties in Henan Province from 2019 to 2020. The high yield, stable yield, adaptability of the tested varieties, representativeness, discrimination, and differentiation ability of each pilot experiment were comprehensively evaluated. The results indicated that the variation coefficients of plant height, branch number of the main stem, and pod number per plant were higher. The pod number per plant was positively correlated with the branch number and yield of the main stems, and the node number of the main stems was positively correlated with plant height. The four pilot areas can be divided into two ecological zones, as effectively reflected in the Biplot. Pilot in Anyang has a strong identification ability for varieties, and the 'Zhenglü 20' has good yield and stability, with good overall performance and extension value.

**Key words:** Zhenglü 20; Agronomic trait; Correlation; GGE biplot; Yield

绿豆 (*Vigna radiata* (Linn.) Wilczek) 是我国主要的杂粮作物, 其营养和经济价值较高。绿豆对土质要求不严, 在山坡薄地、沙土、黑土、黏土、田间地头均可种植。因其具有生育周期短、播种范围广、抗旱、耐贫瘠和生态适应性强等特性已成为国

际市场的高附加值农产品<sup>[1-3]</sup>。同时绿豆具有固氮养地的作用, 有助于调整农业种植结构, 改善种植环境, 有效提高生态环境利用率<sup>[4-6]</sup>和推动“绿色高效生态”的农业生产<sup>[7,8]</sup>。20 世纪 80 年代后期, 随着绿豆改良品种的推广利用, 我国绿豆生产

收稿日期: 2023-08-09 修回日期: 2023-09-14

基金项目: 河南省中央引导地方科技发展基金项目 (Z20221341070); 河南省农业良种攻关 (2022010401); 河南省农科院科技创新团队 (2023TD036); 河南省农业科学院优质秋粮及特色作物绿色高效发展专项 (2023FZ05)。

第一作者简介: 黄长志 (1971-), 男, 助理研究员, 主要从事豆类作物遗传育种及栽培研究。

通信作者: 李君霞。

有了突飞猛进的发展。鉴定出丰产、稳产,抗逆的绿豆新品种,广泛推广种植,有助于推进农业快速发展,提高农民收入。

作物新品种的丰产性、稳产性和区域性通过区域试验进行全面鉴定,根据参试品种在区域试验中的表现,对品种进行综合评价<sup>[9-11]</sup>,为品种的审定和推广提供科学依据。Yan 在小麦区域试验研究中提出了 GGE 双标图方法<sup>[12,13]</sup>,以图谱分析品种区域试验数据,在 GGE 双标图中,强调仅显示基因主效应(G)和基因×环境互作效应(GE)。GGE 双标图分析法

可以科学、合理、有效地评价参试品种的丰产性、稳产性、适应性和各试点的鉴别力、代表性,已经广泛应用于品种适应性及试点鉴别力和代表性的评价<sup>[14-16]</sup>。目前 GGE 双标图已经在玉米、棉花、水稻、小麦、大豆、油菜等多种作物<sup>[17-21]</sup>品种的多点试验分析中进行了应用,然而对绿豆的多点试验分析尚未见报道。

本研究采用 GGE 双标图分析方法对 2019-2020 年的鉴定试验数据进行分析,对各参试品种做综合评价,研究郑绿 20 在综合评价中的表现,为绿豆品种的选择和推广提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料及设计

以 2019-2020 年连续两年鉴定试验 10 个参试品种与四个参试地点的产量、经济及农艺性状为基础,2019 年参试品种编号为 G1~G8 与 2020 年参试品种编号为 g1~g9,其中 G6、g6 与 g9 为三个品种,参加的一年区试,其它对应的为同一品种参加两年区试。两年的参试点相同为 E1~E4, e1~e4,依次为郑州、安阳、南阳、洛阳。

表 1 参试品种信息

2019 年品种	代码	2020 年品种	代码
郑绿 19 号	G1	郑绿 19 号	g1
郑绿 20 号	G2	郑绿 20 号	g2
安黄绿豆 2 号	G3	安黄绿豆 2 号	g3
宛绿 7 号	G4	宛绿 7 号	g4
宛黑绿 1 号	G5	宛黑绿 1 号	g5
科大绿 2 号	G6	科大绿 4 号	g6
宛绿 F9	G7	宛绿 F9	g7
郑绿 8 号(CK)	G8	郑绿 8 号(CK)	g8
		科大绿 5 号	g9

试验采用随机区组排列,重复 3 次。小区面积 2 m×5 m,4 行区。条播,行距 50 cm,株距 12.5~17 cm,留苗密度 8 000~10 000 株/667 m<sup>2</sup>。适时收获,脱粒,晒干称重。

### 1.2 数据分析

采用 Excel 软件对四个试点两年的产量数据进行统计分析,用 SPSS17.0 作相关分析。运用 Genstat 中的 biplot 软件做出不同条件下的 GGE 双标图,对不同试点和参试品种产量间的关系进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 郑绿 20 的产量评价

由图 1 可见,郑绿 20 在两年鉴定试验中,2019 年四个试点平均产量为 2 137.20 kg/hm<sup>2</sup>,比对照郑绿 8 号增产 12.66%,2020 年平均产量为 2 300.70 kg/hm<sup>2</sup>,比对照增产 23.87%,四个试点全部增产,最低增产为 2020 年南阳点增产 0.11%,增幅最大为 2019 年洛阳试点增幅 33.74%。

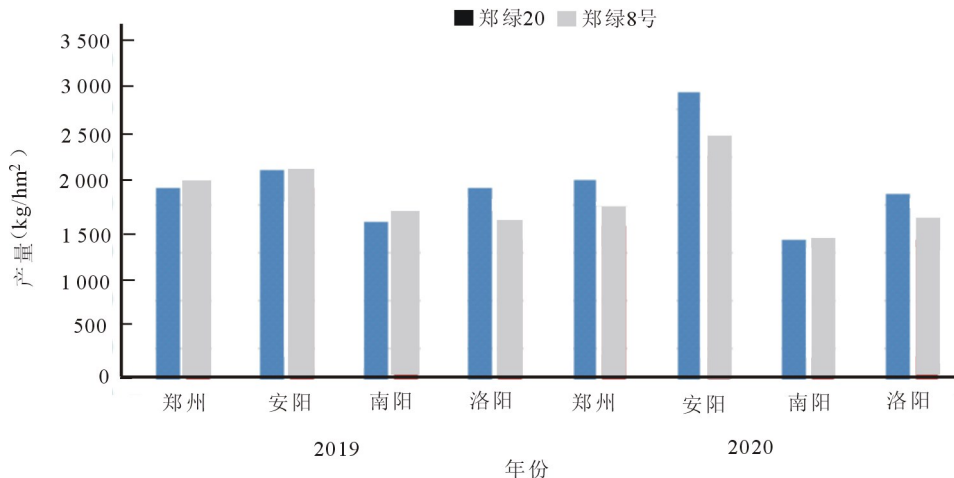


图 1 郑绿 20 在两年多点试验中的产量表现

2.2 基因型与环境互作对郑绿 20 产量的影响

GGE 双标图能直观地解释基因和基因与环境互作效应。如图 2 所示,GGE 双标图解释了两年的基因和基因与环境互作效应依次为 95.89% 和 95.07%。2019 年第 1 主成分的 PC1 效应和第 2 主成分 PC2 效应分别为 82.92% 和 12.97%;2020 年第 1 主成分的 PC1 效应和第 2 主成分 PC2 效应分别为 88.05% 和 7.02%。基因型与环境互作效应的影响,使得不同试点不同年份的绿豆产量差异较大。郑绿 20 在 2019 年、2020 年鉴定试验中试点最高产量为 3 181.65 kg/hm<sup>2</sup>,最低产量为 1 644.00 kg/hm<sup>2</sup>,两年的产量差异较大。

2.2.1 绿豆生态区划分 如图 2,GGE 双标图把

四个参试点划分为 2 个类型区。两年的划分一致,E1、E2 和 E3、E4 与 e1、e2 和 e3、e4,试验点郑州与安阳为一个类型区,南阳与洛阳为一个类型区。扇形图是按照品种与环境的互作来说明各地产量最高的品种。在扇区内环境中,2019 年品种 G2、G4、G6、G1、G3、G8 和 G5、G7 分为三组分布在三个扇区。2020 年品种 g2、g3、g5、g7 和 g4、g6、g9 分为三组分别在三个扇区,g1、g8 分布于其它两个扇区。位于多边形的品种是扇区内环境下产量最高品种,2019 年品种 G2、G4、G6 在环境 E3、E4 中产量最高;2020 年品种 g2、g3 在环境 e1、e2 中产量最高,g4、g6、g9 在环境 e3、e4 中产量最高。

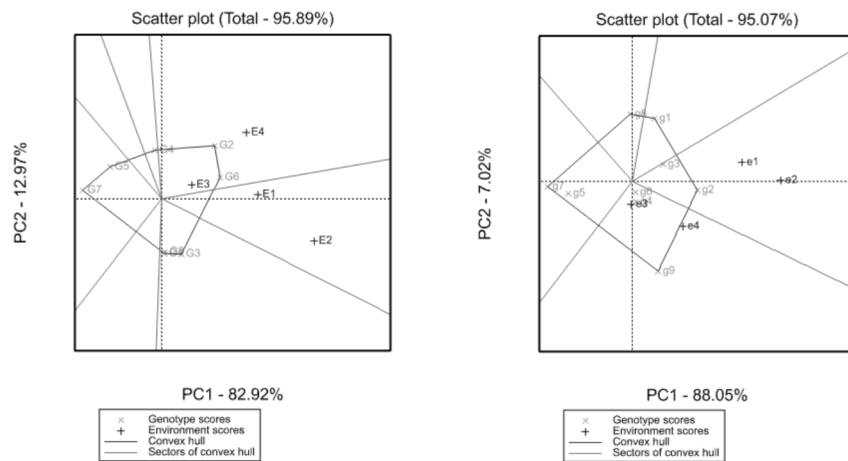


图 2 绿豆生态区划分

2.2.2 环境之间的关系 图 3 为鉴别力与代表性功能图,能分析各试验点之间在品种评价上的相似性。试验地点和原点的连线越长表示试点对品种鉴别能力越强,两年试验中 E2、e2 连线都较长,说明安阳试点比其它试点有较强的品种鉴别能力。两环境线段之间的夹角小于 90° 表示正相关,说明两环境对品种排序相似,角度越小,试点的代表性

越强。分析图显示,2019 年鉴定试验的四个试验点线段之间均为锐角,表明 E1、E2、E3 和 E4 存在正相关,四个环境对品种排序相似。2020 年环境 e1、e2 和 e4 线段之间夹角小于 90°,三个环境存在正相关,e2 与 e3 之间夹角为 90°,两环境不相关,e2 与 e3 之间夹角为钝角,两环境负相关,两环境对品种排序相反。

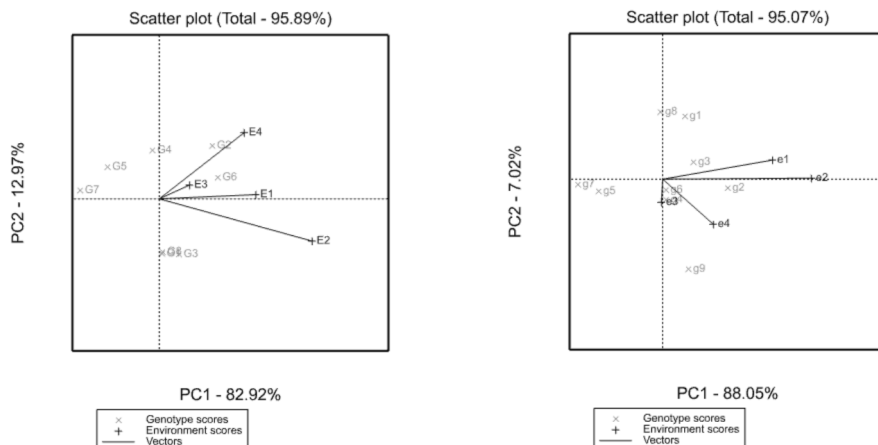


图 3 试验点的鉴别力与代表性

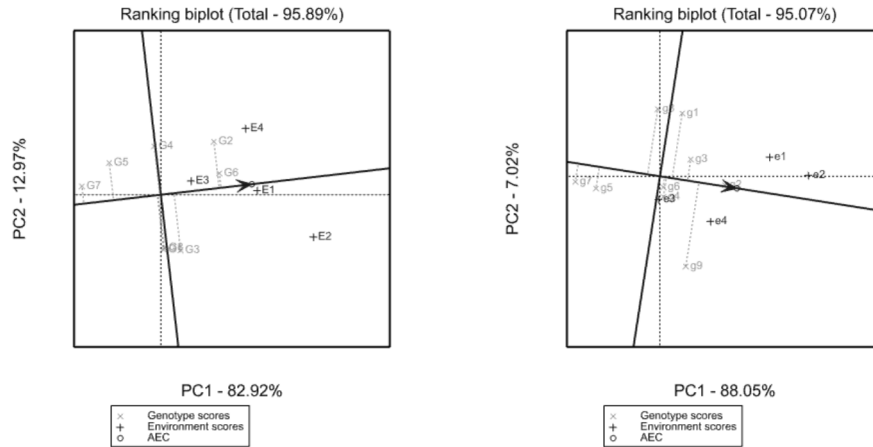


图 4 平均环境轴下的基因型与稳定性

2.2.3 平均环境轴下基因型排序 如图 4 带箭头的直线为平均环境轴,通过试验点与原点的连线和平均环境轴的角度是其对目标环境的代表性度量,角度越小,代表性越强。2019 年 E1、E3 与平均轴夹角最小,2020 年 e1、e2 与平均轴夹角最小,试验点代表性最好,E2、E4、e3、e4 次之。

平均环境轴所指的方向是品种在所有环境下的近似平均产量的走向。2019 年 G6 平均产量最高,G2 接近 G6,依次是 G3、G4、G8、G1、G5、G7,产量最低的是 G7,品种 G4 的平均产量接近当年试验总平均。2020 年 g2 产量最高,其后依次是 g9、g3、g4、g1、g6、g8、g5、g7,产量最低是 g7。郑绿 20 在 2019 年产量第二,在 2020 年产量第一,两年表现良好。

通过品种与平均环境轴垂直的线代表各品种与各环境相互作用的倾向性。品种与平均环境轴之间的垂线越短,表示品种越稳定,垂线越长品种

越不稳定。由图中可知,2019 年 G6 与平均环境轴的垂线最短最稳定,G3 线段最长最不稳定;2020 年 G2 与平均环境轴的垂线最短最稳定,G9 线段最长最不稳定。

综合品种的产量和稳定指标,可以看出 2019 年 G6 是一个比较高产稳产的品种,G2 是一个高产但稳定性次之的品种;2020 年 g2 是最高产稳产的品种,G9 高产但是稳定性差。

2.2.4 丰产稳产的品种综合分析 GGE 双标图中以既丰产有稳产的理想品种为圆心作等距离画圆,画出多个同心圆,距离圆心越近,理想程度越高,靠近小圆圈最近的品种为产量性状在参试环境下的最优基因型。越靠近圆心的品种综合排名越靠前,丰产性也越高。如图 5,在 2019 年鉴定试验中,G6 是最符合理想品种的区域品种,其次是 G2;2020 年 g2 是最符合理想品种的区域品种,其次是 g3、g9、g6、g4、g1。

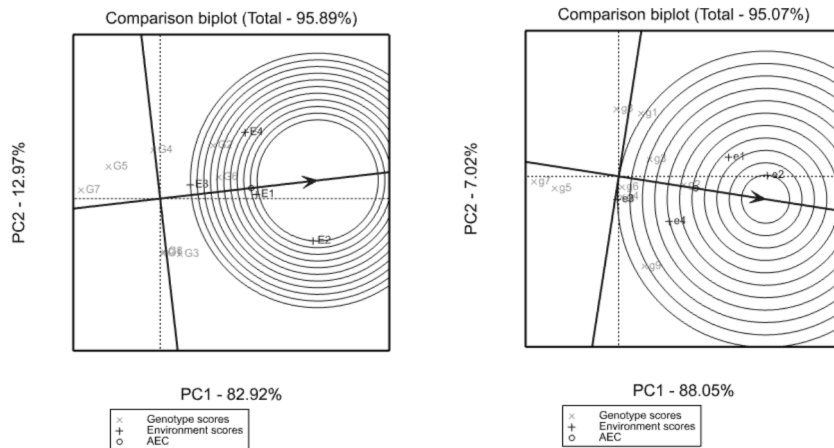


图 5 丰产稳产的绿豆品种综合排名

2.2.5 绿豆品种适宜种植区域分析 GGE 双标图可以预测环境和基因型的相互适应性,能够分析参试品种最适合的种植区域。如图 6,试验点与基因型分布于不同的扇形区,基因型与环境都有相似相聚的倾向。基因型与环境出现在相同扇区表示在此特定环境中表现最好,2019 年基因型 G2、G6

与环境 E3、E4 位于同一扇区,可以预测这两个基因型在这两个环境下是产量最高的品种;2020 年,g2 与 e1、e2 位于同一个扇区,g2 在 e1、e2 环境下是产量最高的品种;g9、g4、g6 与 e3、e4 位于同一个扇区,而 g9 位于多边形顶端,所以 g9 在 e3、e4 环境下产量最高。

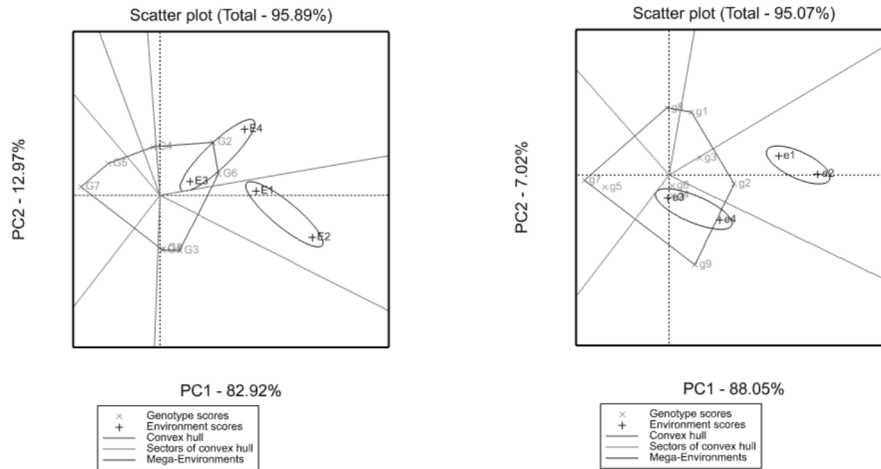


图 6 绿豆品种适宜种植区域

## 2.3 绿豆产量构成性状分析

2.3.1 主要农艺性状、经济性状的变异性分析 对参试绿豆品种 8 个农艺性状、经济性状进行分析,从表 2、表 3 中看出,各个性状的变异程度大小不同(1.34%~22.94%),变异广泛。两年的区试中株高、主茎分枝数、单株荚数的变异系数都较大,2019 年依次为 12.32%、13.39%、22.94%,2020 年依次为 9.66%、16.90%、13.05%,说明不同年

份、不同生长环境下绿豆这三个性状表现差异都较明显,受年际间和环境的影响较大,是相对不稳定的性状。生育期、荚长、荚粒数变异系数较小为 4.06% 和 1.34%、4.22% 和 4.86%、3.85% 和 5.50%,说明不同年份、不同生长环境对绿豆的生育期、荚长、荚粒数影响较小,性状基本稳定。其它性状的变异系数在 3.85%~8.41%之间。

表 2 2019 年绿豆品种主要农艺、经济性状变异分析

项目	生育期 /d	株高 /cm	主茎节数 /个	主茎分枝 /个	单株荚数 /个	荚长 /cm	荚粒数 /个	千粒重 /g
最大值	62.5	81.50	10.50	4.50	39.30	9.80	11.40	67.20
最小值	55.30	55.60	8.30	3.00	18.90	8.70	10.00	55.10
平均值	57.43	65.23	8.94	3.86	25.71	9.23	10.70	60.50
变异幅度	7.2	25.90	2.20	1.50	20.40	1.10	1.40	6.70
标准差	2.33	8.04	0.75	0.52	5.90	0.39	0.41	4.14
变异系数/%	4.06	12.32	8.41	13.39	22.94	4.22	3.85	6.85

表 3 2020 年绿豆品种主要农艺、经济性状变异分析

项目	生育期 /d	株高 /cm	主茎节数 /个	主茎分枝 /个	单株荚数 /个	荚长 /cm	荚粒数 /个	千粒重 /g
最大值	61.80	72.60	9.20	4.40	29.00	10.00	11.50	62.60
最小值	59.30	52.40	7.70	2.50	18.90	8.70	9.90	50.10
平均值	60.06	60.34	8.18	3.30	22.91	9.36	10.90	55.83
变异幅度	2.50	20.20	1.50	1.90	10.10	1.30	1.60	12.50
标准差	0.80	5.83	0.52	0.56	2.99	0.45	0.60	3.95
变异系数/%	1.34	9.66	6.34	16.90	13.05	4.86	5.50	7.07

表 4 绿豆农艺、经济性状间的相关系数

性状	生育期	株高	主茎节数	主茎分枝	单株荚数	荚长	荚粒数	千粒重	产量
生育期	1.000								
株高	0.214	1.000							
主茎节数	0.275	0.623 **	1.000						
主茎分枝	-0.318	-0.123	0.133	1.000					
单株荚数	-0.513 *	0.052	-0.335	0.51 *	1.000				
荚长	-0.134	-0.618 **	-0.253	0.204	-0.161	1.000			
荚粒数	0.044	-0.237	-0.197	0.226	0.112	0.082	1.000		
千粒重	-0.323	0.157	0.385	0.005	-0.188	0.397	-0.450	1.000	
产量	-0.531 *	-0.314	-0.759 **	0.24	0.544 *	0.186	0.253	-0.178	1.000

注: \* 和 \*\* 分别表示显著性 P 值 < 0.05 和 P 值 < 0.01。

2.3.2 主要农艺性状及经济性状的相关性分析 绿豆品种 9 个性状间存在着不同程度的相关性(表 4)。相关分析结果表明,主茎节数与株高呈极显著正相关,相关系数分别为 0.623;荚长与株高、产量与主茎节数呈极显著负相关,相关系数为 -0.618、-0.759;单株荚数与主茎分枝、产量呈显著正相关,相关系数为 0.51、0.544;单株荚数、产量与生育期呈显著负相关,相关系数为 -0.513、-0.531;千粒重与生育期、单株荚数、荚粒数呈负相关,与株高、主茎节数、主茎分枝、荚长呈正相关。产量与荚长、荚粒数呈不显著正相关。

### 3 讨论与结论

本试验对绿豆品种的主要农艺性状和经济性状进行了变异性及相关性分析,结果表明,区试中株高、主茎分枝数、单株荚数的变异系数都较大,这与康泽然等<sup>[22]</sup>的研究一致,三个性状表现差异都较明显,受年际间和环境的影响较大,是相对不稳定的性状,绿豆品种在这 3 个性状上变异潜力大,育种的选择基础广。生育期、荚长、荚粒数变异系数较小,说明不同年份、不同生长环境对绿豆的生育期、荚长、荚粒数影响较小,这三个性状的环境稳定性较高。这与陈红霖等<sup>[23]</sup>研究的绿豆种质资源的 21 个农艺性状,变异系数较高的是单株荚数和小区产量,主茎节数、荚长等性状变异系数较低基本一致。性状的遗传变异系数体现了变异程度丰富与否,变异系数与变异潜力是正相关关系,变异系数越高,该性状被改变的可能性也最大<sup>[24]</sup>。

作物的性状间都存在着不同程度的相关性,育种工作时可以利用性状间的相关性有目的对性状进行选择。本试验中株高与主茎节数存在极显著

正相关,主茎节数与产量存在显著负相关,这说明当植株主茎节数较多时,植株较高,从而容易造成营养物质向营养生长转移,营养生长旺盛,从而影响植株产量。因此,在选择高产品种时宜选主茎分枝少、植株较矮的品系。产量与单株荚数显著正相关,与荚长、荚粒数呈不显著正相关这与杨勇等<sup>[25]</sup>研究的夏播绿豆产量与单株荚数和单荚粒数呈极显著正相关基本一致<sup>[26]</sup>,与马春业等<sup>[26]</sup>研究的绿豆单株荚数和产量显著正相关相一致,说明高产绿豆田间选择优先考虑单株荚数,其次是荚长、荚粒数,然后再考虑株高和主茎节数,这样更易获得丰产性较好的新品种。

从绿豆产量相关数据分析来看,鉴别力较好的两个试点 E2、e2,品种产量相差也是最大的,基因型表现差异明显,能较好的鉴别不同的基因型;而鉴别力较弱的 E3、e3 南阳试点下,各品种产量相似,差异较小。这是因为同一环境对不同基因的影响程度存在差异,同一个试点的鉴别力对不同基因控制的性状上也就存在差异<sup>[27]</sup>。因此,在品种区域试验中要考虑试点的代表性和试点对品种差异的辨别能力。

在农业生产中不同年份的气候和环境条件是多变的。需要进行多年的鉴定试验,综合考察品种在实际生产中的产量潜力和稳定性。本研究利用了 2019 年、2020 年的鉴定试验数据,对品种的产量和稳定性进行了分析,对品种稳定性和丰产性作出准确评价。两年的产量数据表明,郑绿 20 表现为较好的丰产性和稳定性,连续两年试验点均增产,平均增产 12.66%、23.87%。在参试品种中排名为第二、第一。在 GGE 双标图中,可以直观地看出 G2、g2 及郑绿 20 与平均环境轴箭头方向靠近,

有较高产量排名位次。在 E3、E4 和 e1、e2 生态区中有较高的产量,说明郑绿 20 在不同年份,有不同的适应性,产量表现不太一致。也说明,不同年份的气候与环境条件不太一致,对基因型影响不一样,在特定地区具有特殊的适应性,不同品种有较适宜的生长环境。G7、g7 与平均环境轴的垂线较短,稳定性较好,但是产量较低,有较好的稳产性,但是不丰产。通过 GGE 双标图可以筛选出既丰产有稳产的理想品种。

### 参 考 文 献:

- [1] Abd-Alla M, Vuong T, Harper J. Genotypic differences in dinitrogen fixation response to NaCl stress in intact and grafted soybean [J]. *Crop Science*, 1998, 38(1): 72-77.
- [2] Noble T. Development of the mungbean nested association mapping (NAM) resource. Brisbane Queensland University of Technology, 2017.
- [3] Kumawat N, Kumar R, Sharma O. Nutrient uptake and yield of mung bean [ *Vigna radiata* (L.) Wilczek ] as influenced by organic manures. PSB and phosphorus fertilization [ J ]. *Environment and Ecology*, 2009, 27(4B): 2 002-2 005.
- [4] Bhanu A, Singh M, Srivastava K. Screening mungbean [ *Vigna radiata* (L.) Wilczek ] genotypes for mungbean yellow mosaic virus resistance under natural condition. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 2017, 7(6): 276.
- [5] 林汝法, 柴岩, 廖琴. 中国小杂粮 [ M ]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [6] 徐宁, 曲祥春, 王明海, 等. 绿豆主要株型性状的遗传 [ J ]. *中国农业大学学报*, 2019, 24(4): 24-35.
- [7] 程须珍. 绿豆生产技术 [ M ]. 北京: 北京教育出版社, 2016.
- [8] 梁双波, 程汝宏. 小杂粮在我国种植结构调整中的地位与发展策略 [ J ]. *河北农业科学*, 2005(2): 93-95.
- [9] 曹元元, 丁逸帆, 左示敏, 等. 基于 GGE 双标图和 AMMI 模型对江苏省水稻区试品种的丰产性和稳产性分析 [ J ]. *种子*, 2021, 40(6): 38-43+51.
- [10] 尚毅, 贾巧君, 朱靖环, 等. 基于 GGE 双标图对南方冬大麦区域试验的分析 [ J ]. *浙江农业学报*, 2011, 23(2): 197-202.
- [11] 王洁, 廖琴, 胡小军, 等. 北方稻区国家水稻品种区域试验精确度分析 [ J ]. *作物学报*, 2010, 36(11): 1 870-1 876.
- [12] Yan WK. 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): 1 111-1 118.
- [13] Yan WK, Hant LA. Biplot analysis of diallel data [ J ]. *Crop Science*, 2002(42): 21-30.
- [14] 罗俊, 许莉萍, 邱军, 等. 基于 HA-GGE 双标图的甘蔗试验环境评价及品种生态区划分 [ J ]. *作物学报*, 2015, 41(2): 214-227.
- [15] 丁逸帆, 许明, 许如根, 等. 基于 GGE 双标图对江苏省大麦鉴定试验品种的丰产稳产和适应性分析 [ J ]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2019, 40(3): 22-26.
- [16] 何虎翼, 杨鑫, 谭冠宁, 等. 用 GGE 双标图分析广西旱藕品种产量稳定性和试点代表性 [ J ]. *浙江农业学报*, 2016, 28(2): 200-204.
- [17] 柳娜, 曹东, 王世红, 等. 基于 GGE 双标图的甘肃春小麦区试品系稳产性和试点代表性分析 [ J ]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(4): 39-48.
- [18] 毛文博, 苏成付, 毛瑞喜, 等. 应用 GGE 双标图分析山东省玉米区域试验品种基因型与环境互作效应 [ J ]. *山东农业科学*, 2020, 52(12): 7-13.
- [19] 许乃银, 金石桥, 张国伟, 等. HA-GGE 双标图在长江流域棉花品种区域试验中的应用 [ J ]. *棉花学报*, 2013, 25(6): 517-524.
- [20] 余泽恩, 罗莉霞, 张芳, 等. 基于 GEE 的 2018 年我国冬油菜长江下游区域试验试点与品种评价 [ J ]. *种子*, 2020, 39(1): 122-131.
- [21] 齐慧冬, 齐照明, 侯萌, 等. 基于 GGE 双标图的大豆油分多环境的稳定性分析 [ J ]. *大豆科学*, 2016, 35(1): 11-17.
- [22] 康泽然, 王晓磊, 魏云山, 等. 绿豆种质资源主要农艺性状、经济性状遗传多样性分析及综合评价 [ J ]. *江苏农业科学*, 2022, 50(21): 36-41.
- [23] 陈红霖, 胡亮亮, 杨勇, 等. 481 份国内外绿豆种质农艺性状及豆象抗性鉴定评价及遗传多样性分析 [ J ]. *植物遗传资源学报*, 2020, 21(3): 549-559.
- [24] 黎松松, 许文静, 张威, 等. 大豆种质资源主要农艺性状的评价与分析 [ J ]. *江苏农业科学*, 2021, 49(19): 35-38.
- [25] 杨勇, 周斌, 杨超华, 等. 夏播绿豆不同品种产量与主要农艺性状的相关分析 [ J ]. *作物杂志*, 2015(4): 65-68.
- [26] 马春业, 秦娜, 朱灿灿, 等. 花荚期干旱对不同绿豆品种光合特性、农艺性状及产量的影响 [ J ]. *山东农业科学*, 2021, 53(6): 22-27.
- [27] 张建波, 白史且, 张新全, 等. 川西北高原不同野生垂穗披碱草种群总部形态研究 [ J ]. *四川大学学报(自然科学版)*, 2009, 46(5): 1 505-1 509.