

GGE 双标图模型在玉米新品种测试中的应用

孟令聪¹, 路明¹, 王敏², 张志军¹, 周旭东¹,
刘宏伟¹, 周德龙², 刘文国¹

(1. 吉林省农业科学院/玉米国家工程实验室(长春)/国家玉米工程技术研究中心(吉林)/
农业部东北中部玉米生物学与遗传育种重点实验室, 长春 130033; 2. 吉林吉农高新技术发展股份有限公司, 吉林 公主岭 136100)

摘要: 利用 GenStat 软件对 2017 年春玉米区 24 个中熟新品种的多点测试进行分析, 基于 GGE 双标图模型分析表明, 各试验点中以吉林省公主岭柳阳鉴定点具有较强的品种区分能力, 吉林省公主岭铁北区鉴定点最具有代表性, 甘肃省武威靖远县不适合作为此试验的鉴定地。GGE 双标图丰产性稳产型表明, 吉单 37 表现最为突出。基于相邻标准法分析表明, 农华 218、吉单 37 表现最好。综合分析, GGE 双标图在品种产量评价方面与相邻标准法结果基本一致, 且 GGE 双标图可以更加全面有效地评估品种和试验地点。

关键词: 玉米; GGE 双标图; 新品种; 测试

中图分类号: S513.037

文献标识码: A

Application of GGE-biplot in Joint Testing of New Maize Cultivars

MENG Ling-cong¹, LU Ming¹, WANG Min², ZHANG Zhi-jun¹, ZHOU Xu-dong¹,
LIU Hong-wei¹, ZHOU De-long¹, LIU Wen-guo¹

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences /National Engineering Laboratory For Maize(Changchun)/
National Engineering Research Center for Maize(Jilin)/ Key Laboratory Biology and Genetic
Improvement of Maize in Northeast Region, Ministry of Agriculture, Changchun 130033;
2. Jilin Jinong Hi-tech Inc., Ltd., Gongzhuling 136100, China)

Abstract: Field-testing is the core link of breeding. The application of scientific data analysis methods to evaluate yield tests is an effective way to identify suitable high-yielding, stable-yielding and good-quality maize varieties. GenStat data processing system was used to analyze the 24 maize varieties in the mid-maturity area in 2017. The analysis of each test point showed that the identification site in Liuyang of Jilin province has strong ability to distinguish varieties, and Gongzhuling of Jilin province was the most representative, but Wuwei of Gansu province was not suitable for the identification of this test. The GGE-biplot showed that the performance of Jidan 37 is outstanding. Use of the adjacent standard method showed that Nonghua218 and Jidan 37 performed the best. The comprehensive analysis showed that the GGE-biplot is basically the same as the results of the adjacent standard method in evaluating the yield of varieties, and the GGE-biplot could more comprehensively and effectively evaluate varieties and sites.

Key words: Maize; GGE-biplot; New cultivar; Test

录用日期: 2018-08-01

基金项目: 国家科技支撑计划课题“春玉米区商业化育种技术与示范”(2014BAD01B01)

作者简介: 孟令聪(1988-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米遗传育种工作。E-mail: boxuecao88@126.com
路明为并列第一作者。Tel: 0434-6283207
E-mail: lum7893@163.com
刘文国为本文通讯作者。

玉米育种的重要核心环节就是田间测试, 玉米新品种的育成要经过一系列产比试验, 包括初级产比试验、中高级产比试验、区域试验和生产试验, 在这些过程中初级产比试验是非常关键的一步^[1]。在新品种选育前期常采用间比法试验设计, 利用间比法进行试验设计具有简便直观, 容易实施的特点。评价一个品种的应用价值, 主要有三个效应值, 品种效应、品种×地区点的互作效应及方差、品种×年份的互作效应及方差^[2], 品种效应显著而互作效应小

的品种为具有广泛适应性的丰产型品种,适用大面积推广,而互作效应显著的品种具有特殊适应性,只能在特定地区推广才能发挥增产作用。利用相邻标准法只能对不同品种的丰产性进行鉴定。近年来,越来越多的学者认识到,多点试验数据不但可以用来评价品种,而且也是评价鉴定试验点的宝贵资料,由此确立了多点试验数据分析的三大目标,即品种生态区划分、品种评价和试验点评价^[3,4]。

对多点鉴定品种产量分析主要以加性主效应乘积交互作用模型(AMMI)和基因型主效应及其与环境互作(GGE)双标图分析系统为主^[5,6]。GGE双标图问世后,AMMI分析逐渐被取代,但对于AMMI和GGE双标图孰优孰劣尚有争论^[7,8]。GGE双标图是采用环境中心化后的数据进行分析,即双向表中的每一个数值(元素)都可从图上直观得出,因为它近

似等于该数据所在行的向量长度、所在列的向量长度及行向量和列向量间夹角的余弦三者之积,双标图的应用十分简单便利,可提高研究的时效^[9]。

本研究利用GenStat软件对2017年春玉米中熟组多点鉴定产量进行分析,鉴定参试品种的丰产性、稳产性和适应性,评估GGE双标图在玉米新品种测试中对品种和试点的有效利用,同时也为筛选和评价出适宜春玉米区的高产稳产优良新品种提供支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以国家科技支撑计划“春玉米区商业化育种技术与示范”课题为依托,设立春玉米区商业化玉米新品种联合测试平台,由课题参加单位提供23个新品种(表1),对照品种为先玉335。

表1 参试品种及代码
Table 1 Testing varieties and code

代 码 Code	参试品种 Variety	选育单位 Breeding unit	代 码 Code	参试品种 Variety	选育单位 Breeding unit
G1	先玉 335(CK)	先锋公司	G15	吉单 37	吉林省农业科学院
G2	沈农 T715	沈阳农业大学	G16	吉单 31	吉林省农业科学院
G3	沈农 T713	沈阳农业大学	G17	吉单 42	吉林省农业科学院
G4	吉农玉 2266	吉林农业大学	G18	先玉 335(CK)	先锋公司
G5	辽单 710	辽宁省农业科学院	G19	吉单 57	吉林省农业科学院
G6	吉农玉 1668	吉林农业大学	G20	WK701	武科种业
G7	吉程 10	辽源市农业科学院	G21	WK702	武科种业
G8	真金 906	内蒙古真金种业	G22	WK703	武科种业
G9	先玉 335(CK)	先锋公司	G23	武院 01	武威农科院
G10	真金 371	内蒙古真金种业	G24	东 1771	辽宁东亚种业有限公司
G11	农华 J1601	金色农华种业	G25	吉单 61	吉林省农业科学院
G12	农华 J1602	金色农华种业	G26	吉单 62	吉林省农业科学院
G13	农华 218	金色农华种业	G27	先玉 335(CK)	先锋公司
G14	增玉 1317	金色农华种业			

1.2 试验设计

2017年,鉴于各参加单位的试点分布,根据春玉米区生态特点和生产条件,中熟区设6个试验点,分别在吉林省辽源龙山区(E1)、吉林省公主岭柳阳(E2)、黑龙江省绥化北林区(E3)、内蒙古鄂尔多斯达拉特旗(E4)、吉林省公主岭铁北区(E5)、甘肃省武威靖远县(E6),采用间比法设计,不设重复。每个品种种植4行,行长5 m,行距65 cm,密度67 500株/hm²,田间施肥和管理按当地生产条件进行。

1.3 产量测定

实收中间2行计产,收获果穗后风干脱粒,测定子粒含水量和粒重,折算14%含水量下的亩产量。

1.4 统计分析

利用相邻标准法对不同品种的丰产性进行鉴定,用GenStat软件对玉米品种适应性和试验点进行评价分析,根据距离同心圆圆心的距离来筛选理想品种。

2 结果与分析

2.1 各试验点对品种区分力和代表性分析

利用GGE双标图分析试验点区分力和代表性,线段和平均环境轴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。如果一个试验点和平均环境轴夹角为钝角,则它不适合作为试验点;环

境线段的长度是试验点对品种的区分能力,线段越长,区分能力越强^[10]。图1表明,就区分力来说,吉林省辽源龙山区和吉林省公主岭柳阳比其他点有较强的品种区分能力;就代表性而言,吉林省公主岭铁北区最好(与平均轴夹角最小);甘肃省武威靖远县不适合作为此试验的鉴定地,不对该试验点数据进行分析,提高玉米新品种丰产性稳产性评价的准确性。

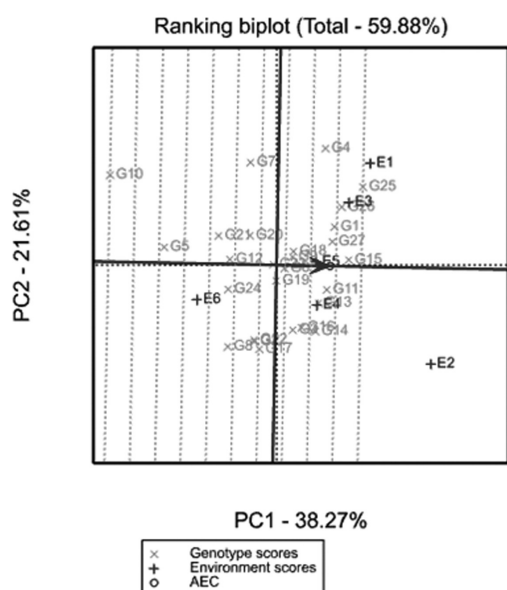


图1 各试点区分力和代表性分析

Fig.1 Analysis of differentiated and representativeness

2.2 各试验点对品种鉴别力相似性分析

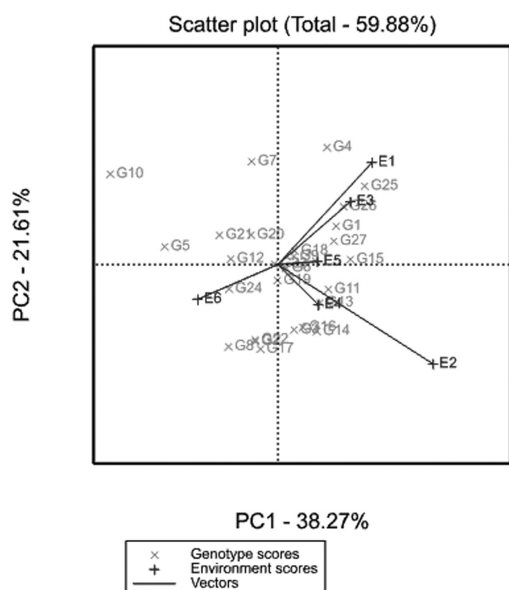


图2 环境相似性分析

Fig.2 Environmental similarity analysis

利用GGE双标图分析各试验点之间在品种评

价上的相似性,从中心到各个环境做一条线段,两环境线段之间的夹角余弦值是它们的相关系数,夹角小于90度表示正相关,说明两环境对品种排序相似^[11]。图2表明,试验点吉林省辽源龙山区、黑龙江绥化北林区夹角较小存在正相关;吉林省公主岭柳阳、内蒙古鄂尔多斯达拉特旗夹角较小存在正相关。

2.3 玉米新品种适应性分析

利用GGE双标图分析品种与环境的互作效应,将同方向上距离原点最远的品种相连接做成一个多边形,由原点出发做出多边形各边的垂线将双标图分成若干个扇区,位于多边形顶端的品种为该扇区内所有试点产量最高的品种^[11]。图3表明,吉单61在吉林省辽源龙山区产量最高,增玉1317在内蒙古鄂尔多斯达拉特旗试验点产量最高,说明这些品种在当地具有较好的适应性。

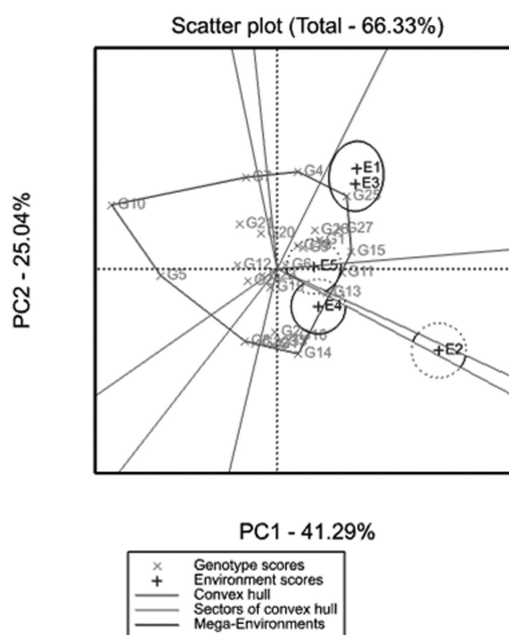


图3 玉米参试品种适应性分析

Fig.3 Adaptability analysis of maize varieties

2.4 高产稳产优良品种的筛选

利用GGE双标图分析优良品种的选择,丰产稳产的品种是所有环境中平均产量最高且产量最稳定的品种^[12]。同心圆的圆心(箭头位置)代表了最理想品种的位置,品种越接近圆心代表该品种平均产量和稳定性最好。图4表明,吉单37在同心圆上并距离同心圆圆心最近,表现最为突出,丰产稳产性高于全区对照先玉335,农华J1601和农华218距离同心圆圆心较近是丰产稳产性较好的品种,真金371离同心圆圆心较远,是丰产性和稳产性均较差的品种。

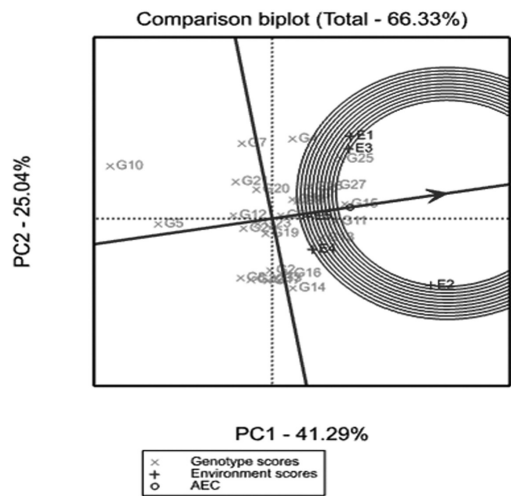


图4 玉米理想品种选择

Fig.4 Selection of ideal varieties for maize

2.5 品种各试验点丰产性分析 平均产量比对照先玉335增产,增产幅度为0.34%~4.73%。增产3%以上的新品种分别为农华218、吉单37、农华J1601。

以间隔品种两侧对照先玉335的平均值为比较标准,计算5个鉴定点其相对临近对照增产平均值来推断品种丰产性。结果表明(表2),7个新品种的

表2 玉米新品种各试验点产量情况

Table 2 Yield of testing varieties at different sites

kg/667 m²

品 种 Variety	E1	E2	E3	E4	E5	平均增产(%) Average increase	排 序 Rank
先玉 335(G1)	1 119.84	1 145.91	684.35	841.30	759.98		
沈农 T715(G2)	893.74	1 161.26	606.56	732.30	902.09	-2.88	11
沈农 T713(G3)	873.16	1 191.30	630.92	738.40	839.09	-3.45	13
吉农玉 2266(G4)	1 099.86	1 054.60	788.41	711.50	852.06	1.51	5
辽单 710(G5)	885.06	877.62	533.29	731.20	873.29	-9.48	22
吉农玉 1668(G6)	912.49	1 089.75	803.75	866.90	741.10	0.34	7
吉程 10(G7)	1 103.11	982.46	696.71	701.80	708.50	-4.98	14
真金 906(G8)	841.26	1 137.32	609.32	709.90	757.20	-7.64	21
先玉 335(G9)	1 006.50	1 157.25	746.02	710.90	760.49		
真金 371(G10)	923.30	729.71	581.05	719.30	725.10	-13.04	23
农华 J1601(G11)	1 006.06	1 216.02	758.54	803.70	863.28	4.16	3
农华 J1602(G12)	946.90	993.04	658.50	844.20	813.37	-2.45	10
农华 218(G13)	970.08	1 174.27	743.21	914.40	848.49	4.73	1
增玉 1317(G14)	1 032.45	1 201.85	487.40	901.40	781.85	-1.02	8
吉单 37(G15)	1 069.65	1 218.34	766.44	823.60	798.37	4.50	2
吉单 31(G16)	938.96	1 189.69	630.50	863.00	714.08	-2.01	9
吉单 42(G17)	907.50	1 156.37	598.50	847.90	750.82	-3.27	12
先玉 335(G18)	955.76	1 106.98	803.66	801.70	796.98		
吉单 57(G19)	890.55	1 108.35	730.66	771.90	775.14	-5.50	16
WK701(G20)	983.26	1 046.42	718.53	722.50	808.41	-5.45	15
WK702(G21)	937.47	986.75	791.22	812.40	644.36	-7.05	20
WK703(G22)	830.05	1 113.45	663.16	867.60	727.95	-6.77	19
武院 01(G23)	903.85	1 088.11	735.30	769.50	726.30	-6.51	18
东 1771(G24)	911.72	1 038.05	695.61	851.60	736.98	-5.99	17
吉单 61(G25)	1 158.87	1 153.73	769.98	797.10	853.53	2.60	4
吉单 62(G26)	1 090.78	1 102.67	714.05	856.50	872.50	1.19	6
先玉 335(G27)	1 020.61	1 167.86	837.43	794.60	857.57		

3 结论与讨论

作物田间数据进行统计分析时,许多稳定性分析方法只是对变量进行分解和计算推测,很难对其互作机制做出精确无误的解释,只提供了量化的信息,需借助其他相关资料数据解释具体的互作机制^[13]。GGE 双标图可以对参试品系做出全面客观的评价,已成功应用于燕麦、水稻、玉米等作物区域试验中,对品种进行生态区划分、对品种和试验点进行评价,是目前应用于分析作物区试试验较好的软件^[14~17]。

GGE 双标图可以更直观清晰地标识出各试验点之间在品种评价上的相似性,可以直观地反映品种特定区域适应性,可以形象显示出各个试点情况的辨别力和代表性。本试验通过 GGE 双标图分析结果表明,甘肃省武威靖远县不适合作为此试验的鉴定地,不对该试验点数据进行分析,对玉米新品种丰产性稳产性评价更加准确。吉林省公主岭柳阳、吉林省辽源龙山区鉴定地具有较强的品种区分能力,吉林省公主岭铁北区鉴定地最具有代表性。

本试验通过 GGE 双标图对玉米初级产比试验进行分析,与相邻标准法在品种丰产稳产评价上分析结果基本一致,吉单 37 表现最为突出,农华 J1601、农华 218、吉单 62、吉单 61 是丰产性较好的品种。

参考文献:

- [1] 高玉华,高丽辉,卢艳丽,等.玉米初级产比试验方法的改进及应用中的几个问题[J].内蒙古农业科技,2005(2): 21-22.
- [2] 赵祖亮,曲艺伟,刘哲,等.玉米产量的品种与环境互作效应空间分布规律[J].农业工程学报,2015,31(24):232-238.
- [3] Yan W, Tinker N A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications[J]. Can J. Plant Sci., 2006, 86: 623-645.
- [4] Yan W, Kang M S, Ma B L, et al. AMMI analysis of genotype-by-environment data[J]. Crop Sci., 2007, 47: 643-655.
- [5] Ofori A P, Ofori K, Obeng-Antwi K, et al. Genetic analysis of single cross Quality Protein Maize(QPM) hybrids[J]. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2015, 7(8): 251-255.
- [6] Gauch H G Jr, Piepho H P, Annicchiarico P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations[J]. Crop Sci., 2008, 48: 866-889.
- [7] Gauch H G Jr, Piepho H P, Annicchiarico P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations[J]. Crop Sci., 2008, 48: 866-889.
- [8] Gauch H G Jr. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE[J]. Crop Sci., 2006, 46: 1488-1500.
- [9] 罗俊,张华,邓祖湖,等.应用 GGE 双标图分析甘蔗品种(系)的产量和品质性状[J].作物学报,2013,39(1):142-152.
- [10] Luo J, Zhang H, Deng Z H, et al. Analysis of yield and quality traits in sugarcane varieties (lines) with GGE-Biplot[J]. Acta Agronomica Sinica 2013, 39(1): 142-152. (in Chinese)
- [11] 严威凯.双标图分析在农作物品种多点试验中的应用[J].作物学报,2010,36(11):1805-1819.
- [12] Yan W K. Optimal use of biplots in analysis of multi-Location variety test data[J]. Acta Agron. Sin., 2010, 36(11): 1805-1819. (in Chinese)
- [13] Yan W, Holland J B. A heritability-adjusted GGE Biplot for test environment evaluation[J]. Euphytica, 2010, 171: 355-369.
- [14] 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(4):1-9.
- [15] Liu N, Cao D, Wang S H, et al. Yield stability and testing-site representativeness of regional trials for spring wheat lines in Gansu based on GGE-biplot[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat. Sci. Ed.), 2018(4):1-9. (in Chinese)
- [16] 严威凯,盛庆来,胡跃高,等. GGE 叠图法—分析品种×环境互作模式的理想方法[J].作物学报,2001,27(1):21-27.
- [17] Yan W K, Sheng Q L, Hu Y G, et al. GGE biplot: all ideal tool for studying genotype by environment interaction of regional yield trial data[J]. Acta Agron. Sin., 2001, 27(1): 21-27. (in Chinese)
- [18] 王磊,程本义,鄂志国,等.基于 GGE 双标图的水稻区试品种丰产性、稳产性和适应性评价[J].中国水稻科学,2015,29(4): 408-416.
- [19] Wang L, Cheng B Y, E Z G, et al. Use of GGE biplot in the yielding ability, stability and adaption evaluation for the varieties in the rice regional trials[J]. Chin. J. Rice Sci., 2015, 29(4): 408-416. (in Chinese)
- [20] 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): 1377-1385.
- [21] 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): 1377-1385. (in Chinese)
- [22] 王兵伟,覃嘉明,郑加兴,等.一年两季鲜食糯玉米区域试验的 GGE 双标图分析[J].南方农业学报,2017,48(11):1961-1968.
- [23] Wang B W, Qin J M, Zheng J X, et al. GGE biplot analysis on regional trial of fresh-eaten waxy maize with two seasons per year[J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48(11): 1961-1968. (in Chinese)

(责任编辑:栾天宇)