

GGE 双标图在马铃薯产量及 试验点评价分析中的应用

袁金海 贾多英 刘续汉 杨平 李涛 李自峰 马丽娟 贾晓莉 鲁丽莉
(甘肃省临泽县种子管理局,张掖 734200)

摘要:利用 GGE 双标图对参加甘肃省 2015–2016 年 6 个试验点的 10 个晚熟马铃薯品种(系)进行综合分析。结果表明,品种稳定性大小 03–5–7 > 当地品种 > L0528–3 > 0528–30 > 陇薯 6 号 > L9901–10 > P2 > 天 05–7–5 > 天 06–3–4 > L0527–7, 其中 03–5–7 虽稳定性最好,但其丰产性不好;丰产性天 05–7–5 > 天 06–3–4 > 陇薯 6 号 > L0527–7 > L0528–3 > 0528–30 > 当地品种 > L9901–10 > 03–5–7 > P2,天 05–7–5 和天 06–3–4 的丰产性最好。试验点的代表性临夏 > 静宁 > 天水 > 宕昌 > 安定 > 会川,区分力安定 > 会川 > 天水 > 临夏 > 静宁 > 宕昌;天 05–7–5 和天 06–3–4 在水、临夏、安定、静宁地区适应性最好,0528–30 次之;L0527–7 在会川和宕昌表现较好,L0528–3 和陇薯 6 号次之。通过 GGE 综合分析天 06–3–4、天 05–7–5 和 L0528–3 表现良好,可以进行下年度试验,继续完成育种程序,其他品种(系)不再进行试验。

关键词:马铃薯;区域试验;GGE 分析;稳定性;丰产性;区分力

伴随育种事业和经济的发展,马铃薯的种植面积和产量仅次于小麦、水稻和玉米,成为世界第四大粮食作物。甘肃省作为我国马铃薯种植大省,对于马铃薯品种改良和品种适应性评价变得尤为重要。马铃薯属喜凉作物,对生长环境条件十分敏感。近年来,伴随着育种理念和方法的不断发展,马铃薯新品种不断出现,如何对这些品种的适应性和稳产性进行评价,并对它们进行全方位定位,已成为育种家们最为关注的问题。目前用于区域试验分析的方法有很多种,比如 SAS、SPSS 等软件,虽然这些软件可以很好地对区域试验进行分析,但是它们与 GGE 双标图相比,其友好性分析较差^[1]。严威凯^[2]在 2010 年开发的双标图在分析作物的多年多点试验中,可以很好地解决 SAS 和 SPSS 的不足,与此同时 GGE 双标图可以进行品种评价、试验点评估和生态区的划分,对品种适应性的评估和试验点的代表性判断具有十分重要的作用。GGE 双标图分析利用以环境中心化后的数据^[3],可以直观地展示各个因素间的交互作用。近年来 GGE 双标图在玉米^[1]、棉花^[4]、燕麦^[5]、小麦^[6]、大豆^[7]等作物上广泛应用,但在马铃薯中却鲜有报道。因此使用 GGE 双标图对参试的马铃薯品种进行分析,不仅可以为甘肃省扩大马铃薯的种植区域和提高马铃薯产量提供依据,而且可以为下一年的区域试验

提供依据^[8]。本研究使用 GGE 双标图评估了 2015–2016 年甘肃省 10 个晚熟马铃薯品种在 6 个区试点的稳定性及丰产性,检测了 6 个区试点的代表性和区分力,并对区试点进行了相关性分析^[6],以期为甘肃省马铃薯品种选育提供相关的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为 2015–2016 年参加甘肃省马铃薯区域试验的 10 个晚熟马铃薯品种(系),各参试品种(系)及选育单位如表 1 所示,以陇薯 6 号为对照 1(CK1)、当地大面积种植的品种新大平为对照 2(CK2)。

表 1 参加区域试验马铃薯品种(系)基本信息

代码	品种(系)	选育单位
G1	L0528–3	甘肃省农科院
G2	L9901–10	甘肃省农科院
G3	L0527–7	甘肃省农科院
G4	天 05–7–5	天水市农科所
G5	天 06–3–4	天水市农科所
G6	03–5–7	庄浪县农技中心
G7	0528–30	定西市旱农中心
G8	P2	定西市旱农中心
G9(CK1)	陇薯 6 号	甘肃省农科院
G10(CK2)	当地品种(新大平)	定西市农科院

甘肃省马铃薯区域试验共设6个点,各区试点及其在甘肃省的地理位置、年降雨量和平均气温如表2所示。各区试点的年降雨量和平均气温均有差异。

表2 区域试点点的基本信息

代码	地点	地理位置	年降雨量(mm)	年平均气温(℃)
E1	会川	中部	507.0	6.8
E2	天水	东南部	491.7	11.0
E3	临夏	中部西南	537.0	6.3
E4	安定	中部	350.0	7.0
E5	宕昌	南部	635.5	10.0
E6	静宁	东部	450.8	7.1

1.2 试验设计 采用随机区组设计,3次重复。小区面积约20m²,长6.7m,宽3.0m。每个小区种植5行,每行20株,行距60.0cm,株距33.3cm^[9]。考种依据国家统一标准进行。

1.3 统计分析 采用SPSS 22.0软件和GGE-Biplot软件对试验数据进行分析^[9]。

2 结果与分析

2.1 2015-2016年甘肃省马铃薯区域试验产量结果 2015-2016年甘肃省马铃薯区域试验产量情况详见表3。

表3 2015-2016年甘肃省马铃薯区域试验平均产量

代码	(kg/667m ²)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
G1	2089.0	1648.6	655.9	1396.7	1019.5	2222.3
G2	1286.2	1138.0	492.3	1291.8	928.0	1426.9
G3	2152.9	1442.6	1157.5	993.4	1133.0	1146.9
G4	1169.5	1882.6	1304.1	1755.1	970.0	1286.9
G5	1641.7	1816.8	1109.6	1728.4	1228.5	1525.2
G6	1491.8	1373.0	759.3	1100.0	658.0	813.6
G7	1530.6	1620.4	635.8	1430.1	1256.5	1225.3
G8	1111.2	724.0	461.4	526.7	941.5	999.7
G9 (CK1)	2092.3	1561.8	825.7	1431.8	1310.0	1481.4
G10 (CK2)	1575.1	1343.2	515.5	1256.8	800.0	1347.5

2.2 马铃薯品种(系)产量差异显著性分析 由表4可以看出,除天05-7-5(G4)、天06-3-4(G5)和L0528-3(G1)较对照陇薯6号(CK1)产量分别增加17.03%、8.22%和0.97%,表现为增产,且天05-7-5(G4)、天06-3-4(G5)增产显著外,其余各参试品种(系)产量均低于对照陇薯6号(CK1)。然而,在产量低于对照陇薯6号(CK1)的各参试品种(系)中,L0527-7(G3)、03-5-7(G6)和0528-30

(G7)与当地对照品种(CK2)相比较,表现为增产,而L9901-10(G2)和P2(G8)则表现为减产,且差异均达到极显著水平。因此,综合分析可知,产量显著低于对照陇薯6号(CK1)的各参试品种(系)不再入选下年的区域试验而被淘汰。

表4 品种(系)产量差异性显著分析表(2015-2016年)

代码	均值	F _{0.05}	F _{0.01}
G1	34.28	c	BC
G2	22.00	f	F
G3	32.10	cd	CD
G4	39.73	a	A
G5	36.74	b	B
G6	30.72	d	D
G7	30.57	d	D
G8	18.05	g	G
G9 (CK1)	33.95	c	BC
G10 (CK2)	26.57	e	E

2.3 马铃薯品种稳产性差异分析 由表5可以看出,天05-7-5(G4)、天06-3-4(G5)、L0528-3(G1)丰产性效应值高于对照陇薯6号(CK1),丰产性较好。03-5-7(G6)稳产性最好,其次是天06-3-4(G5)、陇薯6号(G9)和L0528-3(G1),但03-5-7(G6)丰产性较差。就丰产性和稳产性而言,表现较好的品种(系)为天06-3-4(G5)、天05-7-5(G4)和L0528-3(G1);表现较差的品种(系)为P2(G8)、L9901-10(G2)。

表5 品种(系)丰产性及其稳定性分析表(2015-2016年)

代码	丰产性参数		稳定性参数		
	产量	效应	方差	变异度	回归系数
G1	34.3	3.809	48.962	20.413	1.453
G2	22.0	-8.467	37.647	27.885	1.169
G3	32.1	1.629	258.937	50.131	0.276
G4	39.7	9.258	162.703	32.107	1.501
G5	36.7	6.271	37.040	16.565	1.409
G6	30.7	0.248	7.919	9.161	0.881
G7	30.6	0.098	102.196	33.071	1.126
G8	18.0	-12.424	130.946	63.411	0.073
G9 (CK1)	34.0	3.481	29.832	16.087	1.181
G10 (CK2)	26.6	-3.904	38.845	23.461	0.932

2.4 马铃薯区域试验试验点的相关性分析 试验点的相关性分析可以用于对重复试验点的淘汰和选择,因此可以减少育种工作者对时间和财力的浪费。由图1可知,天水(E2)和静宁(E6)的相关性最为

明显,其次是临夏(E3)和宕昌(E5)的相关性较为明显,因此在下一年的区域试验中可以选择它们其中的2个点作为下一年的试验点。

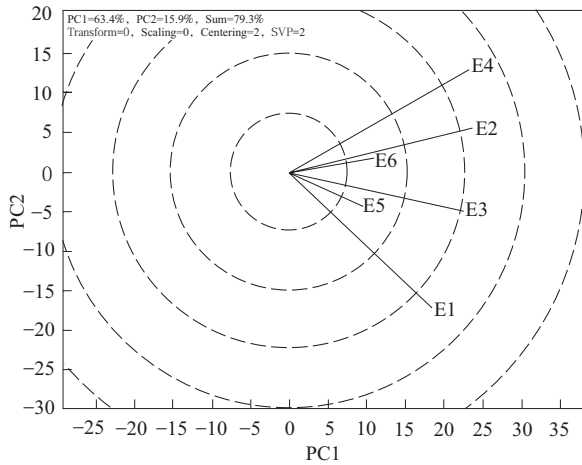


图1 基于GGE对区域试验试验点相关性的分析

2.5 马铃薯区域试验品种(系)的适应性分析 使用多边形法,把双标图中离原点最远品种的点用直线两两连接起来,形成一个多边形,可以把所有的品种都包含在内,过原点向各边做垂线,可以把整个双标图划分为若干个扇形区域,在每一个区域里位于区域顶端的为表现最好的品种。

由图2可以看出,被分成了4个扇形区域,6个试验点分在2个扇形区域,其中E2、E3、E4、E6为第1组,G4、G5和G7在第1组表现较好,并且G4和G5为本组的最佳品种(系);E1和E5为第2组,G3、G9(CK1)和G1在第2组表现较好,并且G3是本组的最佳品种(系)。与此同时可以看出G4和G5的适应性要强于G3。

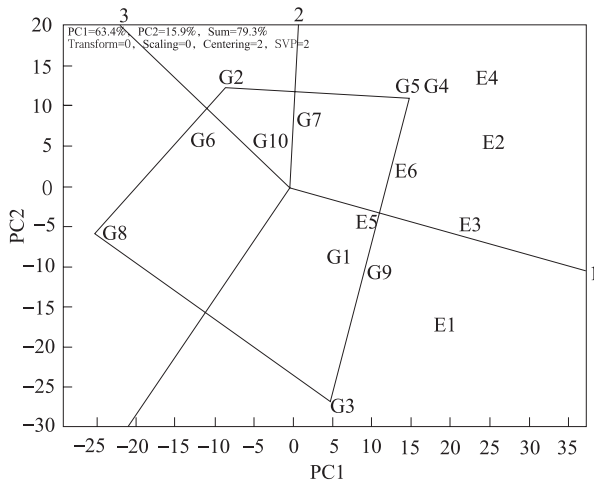


图2 基于GGE对区域试验中马铃薯品种(系)适应性分析

2.6 马铃薯区域试验品种(系)稳产性与丰产性分析 通过GGE可以很好地对品种(系)的稳产性和丰产性进行解释,在GGE双标图中,圆点代表的是“平均环境”,带单向箭头的直线为平均环境轴,沿着平均环境轴方向丰产性越来越强。与平均环境轴垂直并通过原点的、带有双箭头的直线代表各品种稳定性的大小,线段长度越短,稳定性越强,反之则稳定性越差,但稳定性差的品种适应性却强^[10]。位于双向箭头线右侧的品种比对照高产,而位于左侧的则和对照相比较为低产。从图3可以看出:就丰产性而言,G4和G5表现最好,其次是G9、G3、G1,表现最差的为G6和G8;就稳定性大小而言,G6的稳定性最好,但其增产性差,其次是当地品种G10(CK2)、G7,G3的稳定性最差。

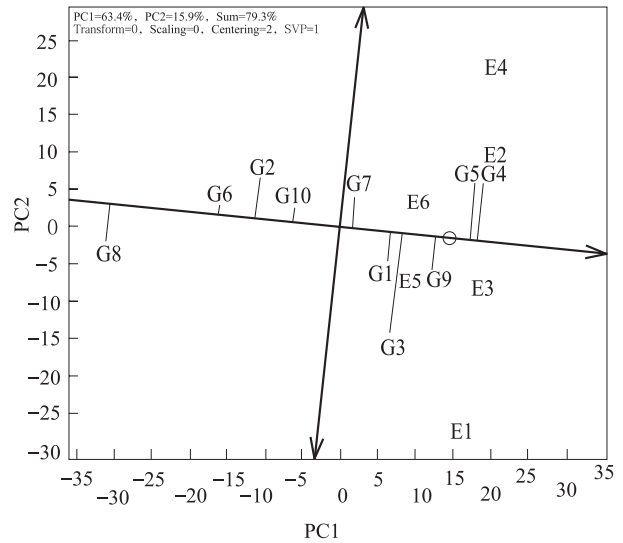


图3 基于GGE对区域试验中马铃薯品种(系)稳定性和丰产性分析

2.7 马铃薯区域试验试验点的区分力和代表性分析 试验点的选育是育种工作成败的关键因素^[11],理想的试验点的选择应具备以下2个条件:一是试验点对参试品种要有较强的区分能力;二是试验点对目标生态区要有较强的代表性。对于各试验点向量的长度是其区分力优劣的度量,向量长度越长,区分力越好,反之,则区分力越差。而试验点与平均环境向量的夹角是试验点代表性强弱的度量,角度越小,代表性越强,角度越大,代表性越弱。一个试验点与平均环境向量的夹角是钝角,则它不适合作为试验点,在本次区域试验中没有这样的点。

图4中圆点代表平均环境,其中E1和E4的区

分力最好,其次是 E2 和 E3, E5 和 E6 的最差。就代表性而言, E3 的代表性最好,其次是 E6、E2、E5, E1 和 E4 的代表性最差。综上所述 E2 和 E3 为最理想的试验点。

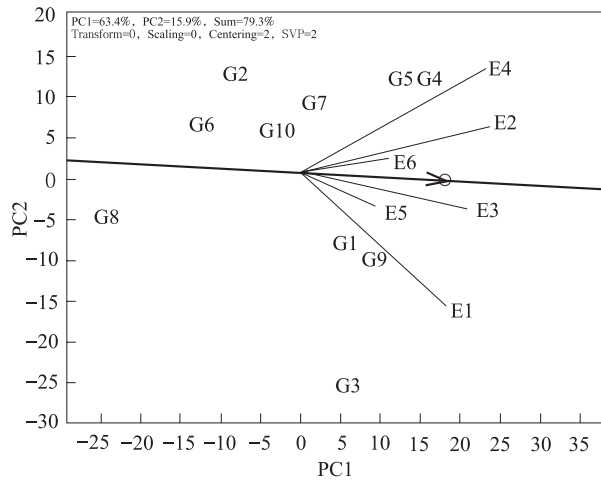


图4 基于 GGE 对区域试验试验点区分力和代表性的分析

3 结论与讨论

在本次试验中,利用 GGE 双标图以及结合显著性分析对甘肃省 2015–2016 年马铃薯区域试验的产量数据进行了综合分析,从 10 个晚熟的马铃薯品种(系)中筛选出了丰产性和稳定性好以及适应性广的品种(系)。从 6 个区试点中选出了区分力和代表性高的区试点。结果表明,丰产性高低依次为天 05–7–5 > 天 06–3–4 > 陇薯 6 号 > L0527–7 > L0528–3 > 0528–30 > 当地品种 > L9901–10 > 03–5–7 > P2,稳定性高低依次为 03–5–7 > 当地品种 > L0528–3 > 0528–30 > 陇薯 6 号 > L9901–10 > P2 > 天 05–7–5 > 天 06–3–4 > L0527–7,利用 GGE 分析的丰产性和稳定性结果与丰产性和稳定性参数分析评价的结果基本一致。天 06–3–4 和天 05–7–5 在水、临夏、安定和静宁地区适应性最好,其次是 0528–30; L0527–7 在会川和宕昌两地区适应性最好,其次是 L0528–3 和陇薯 6 号, L9901–10、03–5–7、P2 和当地品种的适应性较差。从试验点的区分力和代表性大小分析可知,天水 and 临夏两地区区分力和代表性均表现较好,但天水区分力表现最为突出,静宁代表性最好。因此,通过 GGE 分析可以选择出既高产又稳产的马铃薯品种(系) L0528–3、天 05–7–5 和天 06–3–4,可以在下一年的区域试验中进行种植,完成后续的育种工作。

农作物品种区域试验一般采用多年多点试验,试验结果受多因素影响,比如环境、品种、环境与品种的互作效应,应当充分分析试验结果,对参加区域试验的品种作出科学而准确的评价。GGE 双标图相比于其他传统的分析方法具有“一图胜千言”^[2]的功效, GGE 双标图一方面为品种的适应性、稳定性和丰产性的筛选提供了依据,另一方面也为试验点的代表性与区分力的筛选提供了依据^[7]。试验点的选择是育种工作成败的关键因素,试验点应当具备高的区分力和代表性,才能用于选择既高产又稳产的品种^[12]。GGE 双标图相比于 AMMI 模型可以更加友好的解释基因和基因型 × 环境互作效应(GGE)。通过 GGE 双标图的使用不仅可以为品种的选育和试验点的选择提供依据,而且还能对育种家选育既高产又稳产的品种提供依据。

参考文献

- [1] 梁黔云,李清超,吴瑞,等. GGE 双标图在玉米品种区域试验中的应用[J]. 中国农学通报,2014,30(6): 224–228
- [2] 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): 1085–1819
- [3] 罗俊,张华,阙友雄,等. 用 GGE 双标图分析甘蔗品种性状稳定性及试点代表性[J]. 应用生态学报,2012,23(5): 1319–1325
- [4] 许乃银,张国伟,周治国,等. 基于 GGE 双标图和比强度选择的棉花品种生态区划分[J]. 中国生态农业学报,2012,20(12): 1500–1507
- [5] 张志芬,付晓峰,杨海顺,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
- [6] 常磊,岳云,柴守玺,等. 品种稳定性不同分析模型在西北小麦区域试验中应用探讨[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(2): 13–18
- [7] 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
- [8] 李亚杰,白江平,王帝,等. 甘肃省马铃薯区域试验产量数据的 AMMI 模型分析[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(2): 61–66
- [9] Bai J P, Zhao F, Wang D, et al. GGE biplot analysis of genetic variations of 26 potato genotypes in semi-arid regions of Northwest China[J]. New Zealand, 2014, (42): 161–169
- [10] 吕译文,张友军,龙艳,等. 区域试验玉米品种产量稳定性和适应性的 GGE 双标图分析[J]. 湖北农业科学,2014,15(53): 3487–3491
- [11] 尚毅,贾巧君,朱靖环,等. 基于 GGE 双标图对南方东大麦区域试验的分析[J]. 浙江农业学报,2011,23(23): 197–202
- [12] Yan W K, Kang M S, Ma B L, et al. GGE biplot vs AMMI analysis of genotype-by-environment data[J]. Crop Science, 2007, 47: 641–653

(收稿日期: 2018-05-14)