



基于 Genstat GGE 双标图评价甘肃省马铃薯 区域试验的参试品种和试点

李建武^{1,2}, 李高峰^{1,2}, 文国宏^{1,2},
张 荣^{1,2}, 马 胜^{1,2}, 齐思芳¹, 贾小霞¹

(1. 甘肃省农业科学院 马铃薯研究所, 兰州 730070; 2. 农业部西北旱作马铃薯科学观测实验站, 甘肃渭源 748201)

摘 要 以 2007—2008 年甘肃省马铃薯区域试验的 9 个品种在 7 个试点的块茎产量为材料, 利用基于 Genstat 的 GGE 双标图分析评价参试品种(系)的丰产性、稳定性、适应性以及各试点的代表性和区分力。结果表明, 参试品种(系)‘陇薯 9 号’‘L0227-18’‘天薯 10 号’‘陇薯 8 号’的丰产性和稳产性较好; 7 个试点被划分为 2 个类型区域, 在 2 个类型区域中表现最好的品种分别为‘陇薯 9 号’和‘陇薯 6 号’, 安定、会川和临夏是比较理想的试点, 具有较强的区分力和代表性。

关键词 马铃薯; 块茎产量; GGE 双标图; 区域试验; 品种; 试点

中图分类号 S532

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)08-1146-06

高产、稳产和广适性一直是农作物品种最重要的经济性状和育种目标, 但是农作物在不同环境中普遍存在的基因型与环境的互作效应增加了广适性品种选育的难度^[1]。马铃薯块茎产量、淀粉含量等重要农艺性状是受多基因控制的复杂遗传性状, 受遗传效应、环境效应及基因型与环境的互作效应的多因素综合影响, 在不同区域、年际间表现高产稳产的品种具有较广泛的适应性, 推广利用价值更大。品种的稳定性和丰产性是评价品种优劣的重要参考指标, 一般由基因型与环境互作效应来衡量^[2], 在选育和评价广适性品种的过程中起关键作用。

近年来, 由 Yan 等^[3]以双标图数学原理为基础创建 GGE (Genotype main effect plus genotype-environment interaction), 综合考虑基因型主效应 (Genotype, G) 及其与环境的互作效应 (Genotype \times Environment interaction, GE), 可以有效地评价品种、试点和品种适应区域, 已被广泛应用于多种作物^[4-7]及马铃薯的品种分析^[2,8-9]。石强等^[8]以贵州省马铃薯区域试验中 11 个参试品种在 5 个试点的产量和农艺性状为材料, 利用 GGE-biplot 软件 GGE 双标图进行综合分析, 筛

选出比较理想的马铃薯品种和区域试点。李亚杰等^[2]采用贵州省 2 a 8 个试点 9 个品种(系)组成的马铃薯区域试验的产量资料, 通过 GGE-biplot 软件的 GGE 双标图法综合分析马铃薯基因型与环境互作效应对试点代表性与鉴别力、品种丰产性与稳定性的影响, 认为 GGE 双标图是研究不同环境下马铃薯产量更加科学、直观有效的分析方法。Genstat 统计分析软件是在 20 世纪 60 年代由英国洛桑试验站的科学家们研发, 历史悠久, 并且不断更新^[9]。Genstat 的 GGE Biplot 双标图基于菜单操作, 简单方便, 在多环境试验中应用较多^[10-11]。基于 Genstat 的 GGE 双标图在国外马铃薯方面的应用已有报道, 但在国内的应用报道较少, Gedif 等^[12]以 CIP (the International Potato Center, 国际马铃薯中心) 的 8 个马铃薯基因型材料和 5 个试点的试验数据, 利用 Genstat 软件 GGE 双标图分析, 认为埃塞俄比亚的 Amhara 地区理想的测试地点是 Serinka, 理想的马铃薯品种为 ‘CIP-396004.337’。

本研究以 2007—2008 年甘肃省马铃薯区域试验的块茎产量为材料, 采用 Genstat GGE 双标图分析参试品种的丰产性、稳定性、适应性与环境

收稿日期: 2018-01-10 修回日期: 2018-04-24

基金项目: 国家自然科学基金(31760410); 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-09-P06)。

第一作者: 李建武, 男, 副研究员, 主要从事马铃薯遗传育种研究。E-mail: ljw0931@163.com

的相关性及试点的代表性,为马铃薯的新品种选育和育成品种适宜区的确定提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

参试材料为 2007—2008 年参加甘肃省马铃薯区域试验的 11 个品种(系),分别为‘陇薯 8 号’

(G1)、『陇薯 9 号』(G2)、『甘农薯 5 号』(G3)、『天薯 10 号』(G4)、『L0227-18』(G5)、『98-6-2』(G6)、『35-62』(G7)和『34-126』(G8),以『陇薯 6 号』(G9)为对照品种。试验点为 7 个,分别为会川(E1)、天水(E2)、临夏(E3)、安定(E4)、宕昌(E5)、静宁(E6)和秦王川(E7),各试点环境因子见表 1。

表 1 甘肃省马铃薯区试各试点及环境因子

Table 1 Basic information of the testing sites

参试点 Testing site	代码 Code	海拔/m Altitude	年降雨量/mm Annual rainfall	年均温/℃ Average annual temperature	无霜期/d Frost-free period
会川 Huichuan	E1	2 240	507.0	6.8	131
天水 Tianshui	E2	1 650	491.7	11.0	170
临夏 Linxia	E3	1 920	537.0	6.3	137
安定 Anding	E4	1 870	350.0	7.0	141
宕昌 Tanchang	E5	2 283	534.0	10.0	131
静宁 Jingning	E6	1 917	450.8	7.1	147
秦王川 Qinwangchuan	E7	1 860	300.0	10.3	138

1.2 试验设计

采用随机区组排列,各参试品种在每个试点随机种植,重复 3 次。小区面积 20 m²,长 6.67 m,宽 3.00 m。每小区种植 5 行,行距 60 cm,株距 33.33 cm,每行 20 株,共 100 株。试验地四周种植保护行,马铃薯生育期内不防治病虫害,中耕除草等农事操作均与当地大田相同。

1.3 数据分析

对品(种)系的块茎产量数据采用 Excel 2010 整理编辑,运用 Genstat 统计分析软件进行联合方差分析和 GGE biplot 双标图分析^[1,9,13]。

2 结果与分析

2.1 马铃薯块茎产量方差分析

对 2007—2008 年甘肃省马铃薯区域试验参试品种的块茎产量进行联合方差分析,结果(表

2)表明,在块茎产量表型变异来源中,基因型主效应(G)、环境主效应(E)和基因型与环境互作效应(GE)均达到极显著水平,所占的变异平方和分别是 35.6%、25.1%和 26.4%,E 和 G×E 的比例非常接近。基因主效应是马铃薯块茎产量变异的主要来源,但受环境主效应和基因型与环境互作效应影响较大,采用 GGE 模型剔除环境效应,以便综合评价参试品种的基因型。并对基因型与环境的互作效应进一步分析,划分各参试品种的适宜种植区域。

2.2 马铃薯品种的丰产性和稳产性

参试马铃薯品种在各个试点 2 a 的小区块茎产量见表 3。

应用 GGE 双标图可以有效解释 G 和 GE 互作的变异(86.73%)。丰产性与稳产性功能图(图 1)中带箭头的直线为平均环境轴,正方向为品种

表 2 2007—2008 年甘肃省马铃薯区试品种块茎产量的联合方差分析

Table 2 Combined analysis of variance for tuber yield from the Gansu province regional trails in 2007—2008

变异来源 Source of variation	自由度 Degree of freedom	平方和 Sum of squares	均方 Mean squares	F 检验 F-test	概率 Probability	占总变异比例/% Proportion in the total SS
总变异 Total variation	118	37 716.02				
基因型 Genotype	8	13 437.42	1 679.68	19.18	<.001	35.6
环境 Environment	6	9 459.81	1 576.63	18.00	<.001	25.1
基因型×环境 Genotype×Environment	48	9 913.38	716.06	8.18	<.001	26.4

表 3 2007—2008 年参试品种在各试点的小区块茎产量(kg/20 m²)
Table 3 Tuber yield of tested varieties at different testing sites in 2007—2008

品种(系) Variety	试点 Testing site														平均 Average	
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		2007	2008
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008		
G1	45.60	66.40	25.91	52.64	59.17	50.29	77.43	57.12	46.43	38.10	40.11	33.78	50.50	74.29	49.31	53.23
G2	48.93	66.17	45.36	68.23	55.29	52.88	76.68	64.91	34.78	46.22	69.06	45.59	64.88	63.50	56.42	58.21
G3	58.41	50.76	41.52	36.36	64.16	24.22	88.06	42.74	45.43	39.87	43.60	42.26	66.77	30.65	58.28	38.12
G4	53.44	60.41	35.08	57.44	70.08	64.35	75.33	62.90	48.93	32.26	46.60	42.60	54.76	52.89	54.89	53.26
G5	46.76	66.73	38.74	66.63	50.48	64.90	69.94	58.20	34.11	38.94	59.74	45.26	60.32	72.59	51.44	59.04
G6	16.74	27.96	6.72	17.08	27.00	19.41	21.72	19.17	17.97	15.97	21.97	33.61	47.52	32.25	22.80	23.64
G7	30.62	30.79	27.86	51.95	49.00	44.01	76.83	60.30	36.61	31.54	34.95	38.60	56.15	59.01	44.57	45.17
G8	21.30	28.29	17.17	24.80	20.88	22.19	71.14	54.01	22.47	46.22	34.28	38.27	44.15	49.23	33.05	37.57
G9	61.61	84.84	25.44	26.27	74.70	39.75	77.88	56.52	34.11	35.05	43.93	40.27	54.66	47.93	53.19	47.23
平均 Average	42.60	53.59	29.31	44.60	52.30	42.44	70.56	52.87	35.65	36.02	43.80	40.03	55.52	53.59	47.11	46.16

的平均高产方向,各品种图标在平均环境轴上垂足越靠近正方向表示其丰产性越好。由图 1 可以看出,各参试品种的丰产性依次为 G2>G5>G4>G1>G9>G3>G7>G8>G6,表明 G2、G5、G4、G1 丰产性较好,G6 和 G7 丰产性较差。

与平均环境轴垂直的轴代表品种的稳定性,距离平均环境轴越近,稳产性越好(图 1),参试品种稳产性顺序为 G3>G1>G5>G2>G4>G6>G7>G8>G9,表明 G1 稳定性较好,G9 稳定性最差,G3 稳定性最好,但丰产性较差。

以平均环境轴上的箭头为圆心画圆,越靠近中心圆的品种丰产性与稳定性综合表现最好。由图 2 可知,品种的丰产稳产综合顺序为 G2>G5>G4>G1>G3>G9>G7>G8>G6,因此,G2、G5、G4 和 G1 丰产性高,稳产性也较好,与图 1 结果一致。

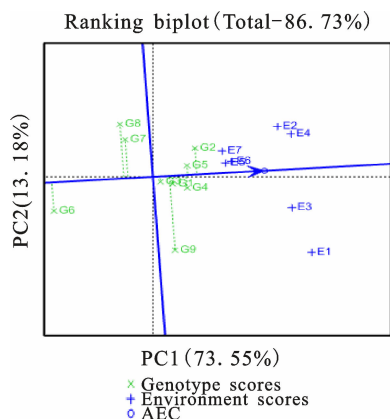


图 1 GGE 双标图分析参试马铃薯品种的丰产性与稳产性
Fig. 1 Yield performance and stability of tested potato cultivars based on GGE-biplot analysis

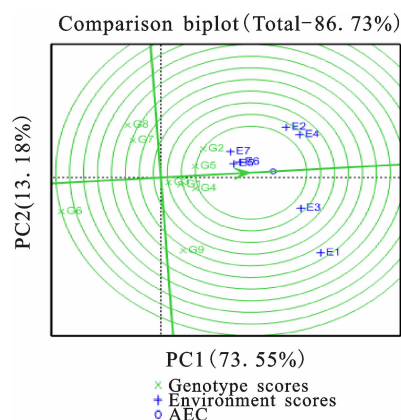


图 2 GGE 双标图综合排序参试马铃薯品种
Fig. 2 Ranking of tested potato cultivars based on GGE-biplot analysis

2.3 马铃薯品种的适应性

在 GGE 双标图品种适应性功能图(图 3)中,将位于最外侧的品种图标依次连接构成一个多边形,经过坐标轴原点和多边形各边的垂线将多边形划分成不同的扇形区域,代表不同的试验环境,位于多边形角顶的品种是该扇区试验环境中表现最好的品种,试验环境代表的生产区域就是该品种的最适宜种植区域,而位于多边形内、靠近原点的品种是对环境变化不敏感的品种。由图 3 可知,参试品种中位于多边形角顶的品种为 G2、G9、G8、G6,多边形被分成 4 个扇形区,7 个试点分布在其中的 2 个扇形区内,即 7 个试点分被为 2 个类型区。E2、E4、E5、E6、E7 位于第 1 个扇形区,E1、E3 位于第 2 个扇形区。在 2 个扇形区表现最好的品种分别为 G2 和 G9,而品种 G5、G1、G3 对环境变化反应不敏感。结果表明,品种

G2 在 E2、E4、E5、E6、E7 环境中的产量最高,适宜在类似区域种植,品种 G9 在 E1、E3 环境中的产量最高,适宜在类似环境种植,G1 稳定性较好,适宜在以上 7 个试点及类似区域种植。

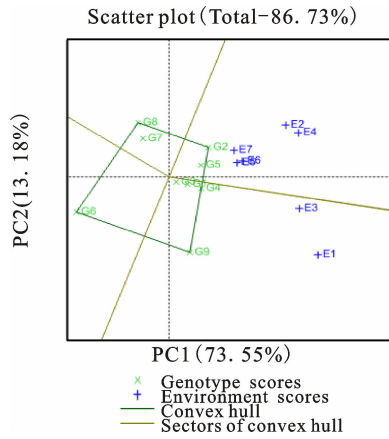


图 3 GGE 双标图分析参试品种的适应区域
Fig. 3 Suitable area of tested potato varieties based on GGE-biplot analysis

2.4 各试点环境关系

从中心到各环境线段夹角小于 90°表示正相关,说明两个环境对品种排序相似,大于 90°表示负相关,说明两个环境对品种排序相反,等于 90°表明两个环境不相关,环境线段越长表示该试点对品种的区分能力越强,反之亦然。由图 4 可以看出,试点 E2、E4、E5、E6、E7 之间存在紧密正相关,对品种的排序相似;试点 E1、E3 与 E2、E4、E5、E6、E7 存在负相关,对品种的排序相反,E1 对品种的区分能力最强,而 E5 对品种的区分能力最弱。

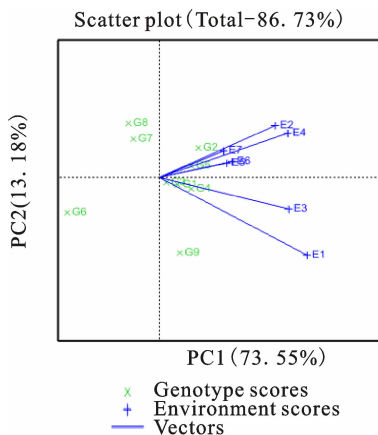


图 4 GGE 双标图分析各试点环境相关性
Fig. 4 Environmental relevance of testing sites based on GGE-biplot analysis

环境之间不相关或负相关表示这些环境属于不同的类型区域。从图 5 可以看出,参试品种在各个试点的产量将 7 个试点划分为两个区域,E1、E3 为一个区域,E2、E4、E5、E6、E7 为同一个区域。

2.5 试点的代表性和区分能力

区分力和代表性是评价一个试点是否有效的重要指标。对环境平均轴和平均环境值(直线上圆圈表示)画圆圈,试点所在的圆圈越小,说明该试点整体水平越好,综合考虑各环境的代表性和对参试品种的区分力,在图 6 中,各试点的综合排序为 E4>E3>E2>E1>E6>E5>E7,E4、E3、E2、E1 是较为理想的试点,E7 的区分力和代表性最差。

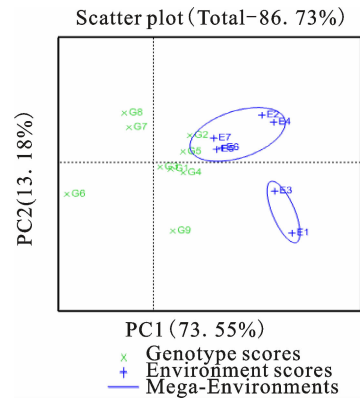


图 5 GGE 双标图划分试点环境类型
Fig. 5 Mega-environment were divided into two types based on GGE-biplot analysis

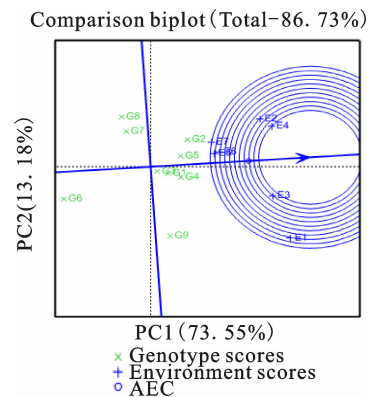


图 6 GGE 双标图评价各试点的代表性和区分力
Fig. 6 Ranking of testing sites for discriminability and representativeness based on GGE-biplot analysis

3 结论与讨论

严威凯^[14]认为多点试验数据分析有三大目

标:品种评价、试验点评价和品种生态区划分,而基于 Genstat 的 GGE 双标图可以实现这 3 个目标。本研究利用基于 Genstat 的 GGE 双标图分析甘肃省马铃薯区试中块茎产量,结合 2 a 的产量数据,综合评价各参试品种和试点环境,为甘肃省马铃薯育种和区域试验提供参考。

综合考虑丰产性和稳产性,表现突出的参试品种依次为‘陇薯 9 号’‘L0227-18’‘天薯 10 号’‘陇薯 8 号’,而‘98-6-2’和‘35-62’丰产性较差,‘甘农薯 5 号’稳定性最好,但由于其丰产性较差,不建议推广种植,其中,‘陇薯 9 号’^[15]‘天薯 10 号’‘陇薯 8 号’^[16]和甘‘农薯 5 号’均在 2010 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。甘肃省区试的 7 个试点可以分为两个类型,同一类型内的试点对参试品种产量排序相似,试点 E2(天水)、E4(安定)、E5(宕昌)、E6(静宁)、E7(秦王川)归属第 1 个类型区,E1(会川)和 E3(临夏)同属第 2 个类型区,均为二阴地区。

在品种适应性方面,‘陇薯 9 号’‘L0227-18’‘天薯 10 号’产量表现突出,适宜在水、临夏、宕昌、静宁、秦王川及类似区域中种植,‘陇薯 8 号’稳定性最好并具有一定的丰产性,与李亚杰等^[17]的研究结果一致,适宜在会川、安定、天水、临夏、宕昌、静宁、秦王川及类似区域种植。本研究划分品种适应区域基于品种的丰产性和稳产性,在适宜区域推广种植时必须综合考虑品种的抗病性和其他农艺、经济性状。

GGE 双标图分析各试点的相关性表明,宕昌、静宁和秦王川之间存在紧密相关性,对参试品种的排序相似,可以根据区试需要调整试点。对 7 个试点的代表性和区分力分析表明,安定、会川和临夏是较为理想的试点,具有较好的区分力和代表性,而秦王川的区分力和代表性最差,并且与宕昌、静宁试点的排序很相似,所以秦王川不适合开展马铃薯区试试验。

依据马铃薯区域试验应具有广泛的代表性,每个试点能代表当地或类似生态区的生产水平的要求,以及甘肃省气候和生态环境的类型划分情况。目前,甘肃省马铃薯区域试验(甘肃省马铃薯品种多点联合试验)布设会川、安定、临夏、天水、庄浪、金昌等 6 个试点,由于各方面的原因,秦王川自 2012 年开始不再设立马铃薯区试(多点联合试验)试点^[18],静宁、宕昌自 2016 年开始不再设立甘肃省马铃薯区试(多点联合试验)试点,本研究

结果与实际情况一致。

参考文献 Reference:

- [1] 许乃银,荣义华,李健,等. GGE 双标图在陆地棉高产稳产和适应性分析中的应用——以长江流域棉区国审棉花新品种‘鄂杂棉 30’为例[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(6): 884-892.
XU N Y, RONG Y H, LI J, *et al.* Evaluation of upland cotton yield stability and adaptability using GGE-biplot analysis: a case study of ‘Ezamian-30’ cotton cultivar in Yangtze River Valley [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2017, 25(6): 884-892.
- [2] 李亚杰,李德明,范士杰,等. GGE 双标图在马铃薯品种适应性及产量稳定性分析中的应用评价[J]. 兰州大学学报(自科版), 2016, 52(5): 617-622.
LI Y J, LI D M, FAN SH J, *et al.* Analysis of variety adaptability and yield stability of potato for evaluating GGE-biplot application [J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences Edition)*, 2016, 52(5): 617-622.
- [3] YAN W K, HUNT L A, SHENG Q L, *et al.* Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot[J]. *Crop Science*, 2000, 40(3): 597-605.
- [4] 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.
WANG L, CHENG B Y, E ZH G, *et al.* Use of GGE biplots in the yielding ability, stability and adaptation evaluation for the varieties in the rice regional trials [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2015, 29(4): 408-416.
- [5] 汪洲涛,苏炜华,阙友雄,等. 应用 AMMI 和 HA-GGE 双标图分析甘蔗品种产量稳定性和试点代表性[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(6): 790-800.
WANG ZH T, SU W H, QUE Y X, *et al.* Analysis of yield stability and test site representativeness of sugarcane trials using combined AMMI and HA-GGE biplot models [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(6): 790-800.
- [6] 常磊,柴守玺. GGE 双标图在我国旱地春小麦稳产性分析中的应用[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 988-994.
CHANG L, CHAI SH X. Application of GGE biplot in spring wheat yield stability analysis in rainfed areas of China [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(5): 988-994.
- [7] 范保杰,刘长友,曹志敏,等. 应用 GGE 叠图法分析种植密度对冀绿 7 号生长和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(3): 82-86.
FAN B J, LIU CH Y, CAO ZH M, *et al.* GGE biplot analysis of effects of plant density on growth and yield components of mungbean ‘Cultivar’ (Jilü7) [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2013, 22(3): 82-86.
- [8] 石强,李亚杰,范士杰,等. 贵州省马铃薯区试品种产量与农艺性状的 GGE 双标图分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2): 5-15.
SHI Q, LI Y J, FAN SH J, *et al.* Application of GGE-biplot analysis in evaluating potato yield and agronomy traits in Guizhou province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(2): 5-15.
- [9] ROGER PAYNE. GenStat 统计软件用户手册[M]. 北京:

- 中国农业科学技术出版社, 2010: 1-67
- ROGER PAYNE. GenStat Statistical Software User Manual [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2010: 1-67.
- [10] SAVEMORE N N, MANJERU P, NCUBE B. Pod yield stability and adaptation of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes evaluated in multi-environmental trials in Zimbabwe[J]. *African Journal of Plant Science*, 2017, 11(5), 174-184.
- [11] LAURIE S M, BOOYSE M. Employing the GGE SREG model plus Elston index values for multiple trait selection in sweetpotato[J]. *Euphytica*, 2015, 204(2): 433-442.
- [12] GEDIF M, YIGZAW D. Genotype by environment interaction analysis for tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) using a GGE biplot method in Amhara Region, Ethiopia [J]. *Agricultural Sciences*, 2014, 5(4): 239.
- [13] YAN W, KANG M S, MA B, *et al.* GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data [J]. *Crop Science*, 2007, 47(2): 641-653.
- [14] 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.
- YAN W K. Optimal use of biplots in analysis of multi-location variety test data [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36(11): 1805-1819
- [15] 文国宏, 王一航, 李高峰, 等. 马铃薯新品种‘陇薯 9 号’的选育[J]. *中国蔬菜*, 2011(2): 100-102.
- WEN G H, WANG Y H, LI G F, *et al.* A new potato variety — ‘Longshu No. 9’ [J]. *China Vegetables*, 2011(2): 100-102.
- [16] 李高峰, 王一航, 文国宏, 等. 超高淀粉马铃薯新品种陇薯 8 号的选育[J]. *中国蔬菜*, 2010, (20): 82-84.
- LI G F, WANG Y H, WEN G H, *et al.* A new potato variety — ‘Longshu No. 8’ [J]. *China Vegetables*, 2010, (20): 82-84.
- [17] 李亚杰, 白江平, 张俊莲, 等. 甘肃省马铃薯区试产量数据的 AMMI 模型分析[J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(1): 61-66.
- LI Y J, BAI J P, ZHANG J L, *et al.* Application of AMMI model in regional testing of potato in Gansu province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2013, 31(1): 61-66.
- [18] 文国宏, 李高峰, 王一航, 等. 优质抗病马铃薯新品种‘陇薯 12 号’的选育[J]. *中国马铃薯*, 2017(3): 186-189.
- WEN G H, LI G F, WANG Y H, *et al.* A new potato variety with high quality and disease resistance — ‘Longshu 12’ [J]. *China Potato*, 2017(3): 186-189.

Evaluating Varieties and Testing Sites in Potato Regional Trial in Gansu Province by GGE Biplot Based on Genstat

LI Jianwu^{1,2}, LI Gaofeng^{1,2}, WEN Guohong^{1,2}, ZHANG Rong^{1,2},
MA Sheng^{1,2}, QI Enfang¹ and JIA Xiaoxia¹

(1. Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;

2. Scientific Observing and Experimental Station of Potato Dry Farming in Northwest China,
Ministry of Agriculture, Weiyuan Gansu 748201, China)

Abstract In order to analyze the high yield, stability and adaptability of tested potato varieties (lines), discrimination and representativeness of testing sites, GGE biplot based on Genstat was used to evaluate tuber yield data of the regional trials during 2007—2008 in Gansu province. Nine genotypes were tested in seven testing sites. The result showed that ‘Longshu 9’ ‘L0227-18’ ‘Tianshu 10’ ‘Longshu 8’ of tested variety had high yield and better yield stability. Seven testing sites were grouped into two mega-environments, the best candidate varieties (lines) of potato for two mega-environments were ‘Longshu 9’ and ‘Longshu 6’, respectively. Among seven test environments, Anding, Huichuan and Linxia with better discriminability and representativeness were ideal testing sites to assess identify potato variety.

Key words Potato; Tuber yield; GGE biplot; Regional trial; Variety; Testing sites

Received 2018-01-10 **Returned** 2018-04-24

Foundation item National Natural Science Foundation of China (No. 31760410); the Earmarked Fund for Modern Agro-industry Technology Research System (No. CARS-09-P06) of China.

First author LI Jianwu, male, associate research fellow. Research area: potato genetics and breeding. E-mail: ljw0931@163.com

(责任编辑: 顾玉兰 **Responsible editor: GU Yulan**)