

A New Method for Crop Varieties Evaluation Using Multi-Location Test Data

Min Sun¹, Lizhi Zhao², Shicong Sun¹, Wei Li¹, Xuepeng Yu¹, Lei Zhang¹

¹Baicheng City Academy of Agricultural Sciences, Baicheng Jilin

²Songyuan City Organic Food Office in Jilin Province, Songyuan Jilin

Email: sunmin819@126.com

Received: Nov. 16th, 2016; accepted: Dec. 2nd, 2016; published: Dec. 5th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Biplot analysis has been used for analysis of genotype-by-environment data. Plant breeders are enthusiastic about the capacity of biplot analysis in helping them to understand their research data visually, considering the use of biplots as a right way to genotype-by-environment interaction analyses. Admittedly, some users of biplot analysis are not always clear on how to select a proper type of biplot for a particular research objective and how to interpret a biplot correctly and accurately. In order to enable agricultural researchers have an objective and comprehensive understanding to biplot analysis, this paper introduced biplot analysis for crop varieties evaluation using multi-location test data by some examples, mainly covers two issues: (1) how to choose a proper GGE biplot (genotype + genotype-by-environment interaction) to analyze the experimental data, and (2) how to use the key functions of a GGE biplot for genotype evaluation, test-environment evaluation, and mega-environment delineation.

Keywords

Biplot, Genotype-by-Environment Interaction, Genotype Evaluation, Test-Environment Evaluation, Mega-Environment Delineation

利用多点试验数据评价作物品种表现的一种新方法

孙 敏¹, 赵力之², 孙世聪¹, 李 伟¹, 于学鹏¹, 张 雷¹

¹吉林省白城市农科院, 吉林 白城

²吉林省松原市绿色食品办公室, 吉林 松原

Email: sunmin819@126.com

收稿日期: 2016年11月16日; 录用日期: 2016年12月2日; 发布日期: 2016年12月5日

摘 要

应用双标图法分析作物品种多点试验数据, 深受育种工作者推崇, 作为一种分析基因型与环境互作的正确方法, 它可以提高研究者直观理解和驾驭试验数据的能力。但有一些使用者对双标图分析缺乏深入了解, 不能正确地选择和解释双标图。为了使农业科研工作者对双标图分析有一个客观全面的认识, 本文通过实例介绍利用双标图法对作物品种多点试验数据进行分析, 主要阐述以下两个问题: (1) 如何选择适当的GGE双标图(基因型 + 基因型与环境互动)来进行多点试验数据分析; (2) 如何使用GGE双标图的不同功能形态进行品种评价、试验点评价和品种生态区划分。

关键词

双标图, 品种 - 环境互动, 品种评价, 试验点评价, 品种生态区划分

1. 引言

作物多点试验(如品种区域试验、生产示范试验)是最重要的品种评价试验。每个省(区)、各个育种单位及种子公司每年都要进行作物品种多点试验, 为品种的选育、审定和推广提供依据。因为品种与环境之间存在着相互作用($G \times E$), 即品种的表现因环境的不同而变化, 因此多点试验是十分必要的。对于多点试验数据的分析也就成为育种工作的必要组成部分, 同时也是品种推广应用的重要依据。

早期对品种 - 环境双向数据统计分析过程中, 把品种与环境之间互动($G \times E$)当作一个干扰因素[1], 主要目的是想选育受这种互动影响较小的稳产品种。因此许多旨在避免 $G \times E$ 的“稳定性”指标应运而生。后来人们发现一些品种与地点的互动在年际间可以重复表现, 是可以利用的, 因此有人提出按 G 和 GE 划分品种生态区的方法[2], 把环境划分为不同的品种生态区, 优良品种和理想试验点都是针对特定品种生态区而言的。通过在不同生态区内选育和推广不同的品种, 对 $G \times E$ 中可重复部分加以利用, 提高作物生产力。后来发现多点试验数据不但可以用来评价品种, 而且也蕴涵着评价和选择适合品种鉴定试验点的有用信息, 因此确立了多点试验数据分析的三个目标, 即品种评价、试验点评价和品种生态区划分。

严威凯等人提出利用 GGE 双标图方法(基因型 + 基因型与环境互动)对多点试验数据进行分析[2]。实践证明, 这是一种行之有效的多点试验数据分析方法, 近年来在育种工作中得到广泛应用[3] [4] [5] [6]。

双标图用于作物品种 - 环境双向数据分析, 已经成为农业科技人员十分推崇的数据分析工具, 但也有人双标图分析的原理和具体应用缺乏了解, 不能正确地选择和确切地解释双标图。为了帮助使用者正确地利用双标图分析, 使之在育种工作和品种推广中发挥更大作用, 本文就双标图分析的若干问题进行归纳介绍, 供农业科研工作者参考。这些问题主要包括: (1) 如何建立适当的 GGE 双标图; (2) 如何解读 GGE 双标图的三种重要功能图型。

2. 建立适当的 GGE 双标图

“双标图”是把双向表中每个行名称和每个列名称标在同一个图上。表中每个数值都可以从图上直

观表现出来，它近似等于该数据所在行向量长度、所在列向量长度及行向量与列向量之间夹角余弦三者之积。任意两向表数据都可以用一个二维双标图来同时直观分析各行之间关系、各列之间关系和行与列之间的交互关系。对于多试验点的品种 - 环境两向数据的分析，分别对应于品种之间的相似性、试验点之间的相关性和品种与试验点之间的互作。

首先将多试验点获取的产量数据列为品种 - 试验地点两向表。进行双标图分析，需要把两向表数据进行特征值分解，以便进行主成分分析。解释变异最多的主成分称作第一主成分(PC₁)，解释变异第二多的主成分称作第二主成分(PC₂)，依此类推。再通过适当比例将每个主成分的特征值分配到相应主成分的行特征向量和列特征向量之间，形成描写行之间关系的行 PC 值和描写列之间关系的列 PC 值。以行为主的特征值分解，适用于认识行之间关系；以列为主的特征值分解，适用于认识列之间关系。经过适当的特征值分配以后，在同一个图上用行的 PC₁ 值对 PC₂ 值作关于行的散点图，用列的 PC₁ 值对 PC₂ 值作关于列的散点图，就成了一个具有完全功能的二维双标图。

特征值分解、特征值分配、建立双标图以及在双标图上添加辅助线，过程很复杂。好在现在有专门进行双标图分析的程序软件，使得双标图分析变得十分简便。

多点试验数据的品种 - 地点两向表中的每个数值是相应品种在相应试验点内各重复的表现型的平均值。在统计分析上，按照线性统计模型， $P = M + E + G + GE$ ；式中 M 代表多点试验的总平均值，E 代表环境主效应，G 代表品种主效应，GE 则代表品种 × 环境互作效应。其中与品种评价有关的只有 G 和 GE 两部分。

多点试验数据统计分析基于两个重要原则：(1) 只有 G 和 GE 与品种评价有关；(2) 评价品种时必须对 G 和 GE 同时考虑。将两向表中每个数据减去相应环境下的平均值，相当于去掉 M 和 E，形成一个环境中心化的两向表。以此作出的双标图只含与品种评价有关的 G 和 GE，不含其他无关的效应，因此称为“GGE 双标图”，它是分析多点试验数据最适当的双标图。

在实际应用过程中，通常采用未定标的 GGE 双标图，即直接将环境中心化的数据进行特征值分解而建立的 GGE 双标图。根据具体情况可以对数据采用不同定标方法进行处理。数据定标是把同一环境内各品种的数值乘以某个能够表征该环境的量，以便把各环境放在同一尺度下比较。常用的数据定标方法及相应的双标图包括：(1) 标准误差定标的 GGE 双标图，用环境内标准误差对环境定标，可以在一定程度上消除试验点之间误差的不同质；(2) 标准差定标的 GGE 双标图，给所有试验点以相同的权重；(3) 遗传力平方根校正的 GGE 双标图，是按试验点的遗传力平方根决定权重，遗传力高的试验点在评价品种上有较大发言权。

3. GGE 双标图的三种重要功能图型

GGE 双标图可以从不同角度进行分析，回答不同的问题。本文介绍三种常用功能图型，即“哪个品种在哪里表现最佳”、“试验点的区分力和代表性”和“品种的高产性和稳产性”。这些功能图解决了多点试验数据分析的三大问题，即品种评价、试验点评价和品种生态区划分。这些功能图虽然表现为不同形态，其实是由同一个 GGE 双标图加上不同辅助线形成的。

本文以 2013 年东北地区油用向日葵区域试验的产量数据为基础，包括 7 个向日葵品种和 7 个试验点。先将子实产量数据经过环境中心化，然后进行双标图分析。

3.1. “哪个品种在哪里表现最好”功能图

该功能图是按照品种 - 环境的相互关系来对试验点分组，并显示各组内最高产的品种。在图中由连接同一方向上距离原点最远的品种形成一个凸多边形，它把所有品种都框在其内。由原点引出多边形各

边的垂线(见图 1)。图中射线 1 是对连接品种 YK13-2 和 YK13-1 的那条边的垂线,射线 2 是对连接品种 YK13-1 和 GE867 那条边的垂线,依此类推。这些垂线把整个双标图分成几个扇形区,据此可以把试验点分为不同组。该功能图中,各区内位于多边形顶角上的品种恰好是本区内各环境下最高产的品种。例如:品种 YK13-2 在白城试验点最高产,品种 YK13-1 在朝阳、通榆试验点最高产。这种环境分组与各个试验地点环境和气候条件相吻合。由于气候及环境条件不同,适应于不同地区的品种也不同,形成了不同的品种生态区。

3.2. “试验点的区分力和代表性”功能图

该功能图可用于直观分析各试验点之间在品种评价上的相似性(见图 2)。图中连接原点和各环境的直线看作“环境向量”。环境向量的长度是试验点对品种区分能力的度量。向量长度大的地点具有较强的区分能力。两个环境向量夹角的余弦值,与二者之间的遗传相关系数近似。夹角为锐角表示正相关,说明两环境对品种的排序相似;夹角为钝角表示负相关,说明两环境对品种的排序相左,暗示可能存在不同品种生态区。密切正相关意味试验点可能重复,一些试验点可以去掉而不影响对品种的评价。

理想的试验地点应当具备两个条件:一是对参试品种有较强的区分能力,二是对目标生态区有较好的代表性。“试验点的区分力和代表性评价”功能图为直观评价试验点而设计。图中用小圆圈表示“平均环境”,用它来代表目标环境。通过双标图原点和平均环境的带箭头直线称为平均环境轴。各试验点向量长度是其区分能力的度量。而试验点向量与平均环境向量之间的夹角是其对目标环境的代表性的度量。夹角越小代表性越强。只有区分力强又有代表性的试验点才能用来有效地选择高产稳产品种。由图 2 可见,这几个试验点代表了不同的品种生态区,并且对品种的区分能力都很强。

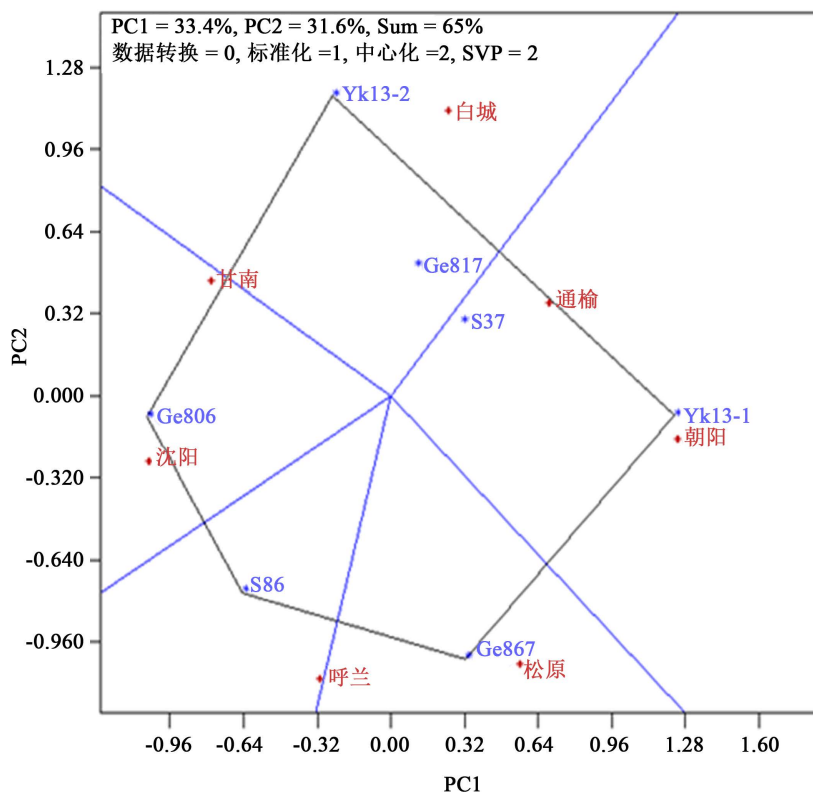


Figure 1. The which-won-where view of GGE biplot
图 1. 参试品种在各试验点分区优胜图

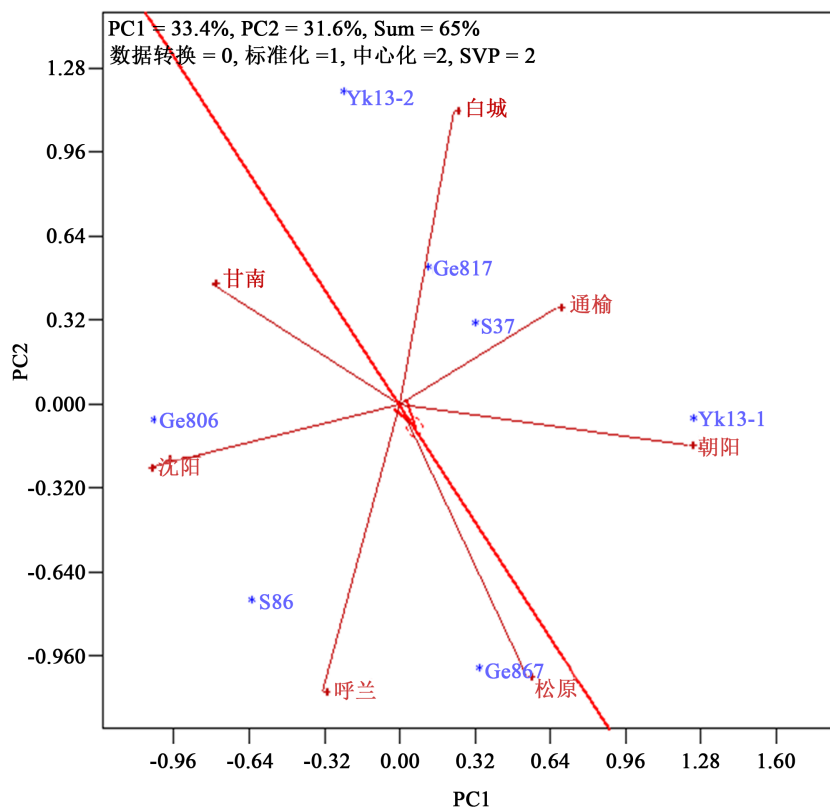


Figure 2. Discriminating ability vs. representativeness' view of the environments
图 2. 各个试验点区分能力及代表性评价

3.3. “高产性和稳产性”功能图

GGE 双标图的“高产性和稳产性”功能图，可以同时反映品种的高产性和稳产性(见图 3)。图中通过双标图原点和平均环境的带单箭头的直线是平均环境轴。它所指的方向上排列着各品种在所有环境下的近似平均产量。在本试验中，品种 GE867 的平均产量最高，接着是 YK13-1、S86，依此类推。产量最低的是 YK13-2，次低者依次是 GE806、GE817 等。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与各环境相互作用的倾向性，越偏离平均环境轴表示品种产量稳定性越差。本试验中产量稳定性较差的品种是 YK13-1、S86 和 GE806。而 GE867、S37 和 GE817 则较稳定。其中 GE867 是既高产又稳产的品种。高产品种 YK13-1 产量不稳定，因为它在朝阳、通榆试验点表现好，但在沈阳、呼兰等试验点产量只有中等偏下水平。可见，GGE 双标图不仅可以同时显示各品种的高产性和稳产性，而且还保留了各个品种在不同环境下产量的原始信息。

稳产性应当与高产相结合时才有意义[5]，“稳定地”低产的品种毫无推广价值。这是过去品种-环境互动研究和稳定性分析中的一个误区。品种评价必须针对特定品种生态区才有意义。该功能图应当所有试验点属于同一品种生态区时使用。高产且稳产的品种，值得大力推广。对于高产但稳产性较差的品种可以选择适合的区域有针对性地种植。

4. 结语

双标图分析法以图解的形式表现和分析双向表数据。利用 GGE 双标图分析品种-环境双向数据可以达到三方面目的：(一) 直观地把环境分为若干品种生态区，同时揭示出各生态区内最适应的品种。(二) 在

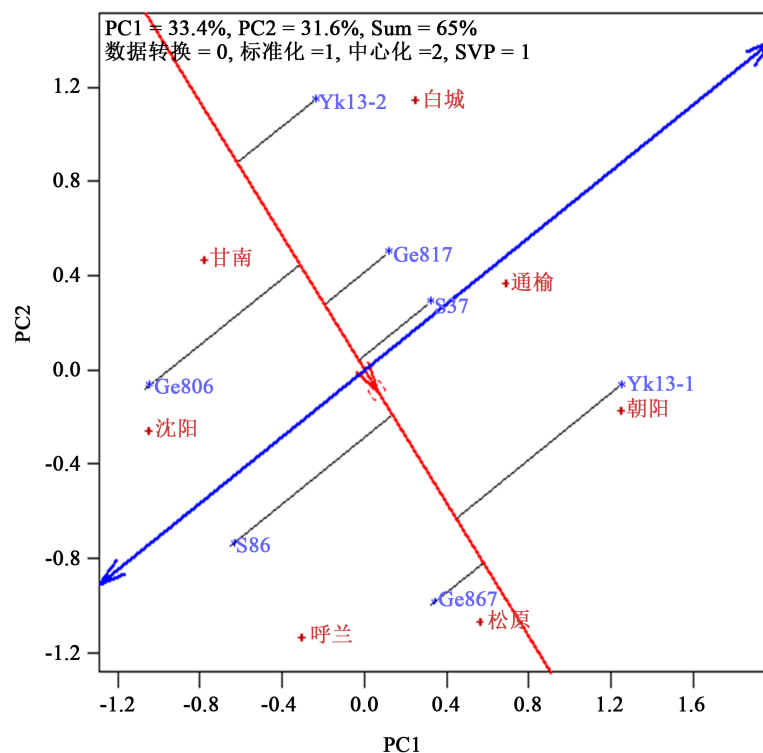


Figure 3. The mean vs. stability view of the varieties
图 3. 各个品种产量平均值及稳定性评价

一个生态区内，同时显示各品种的高产性和稳定性。(三) 同时显示各试验环境对品种的区分力和对目标环境的代表性。这些功能对于品种生态区的划分，对于新品种的选育、评价和推广，以及对于试验点的评价，具有实际意义。

双标图因其在直观分析品种多点试验数据上的独特功能，受到农业科技工作者的青睐，特别是在相应程序软件的帮助下，双标图应用十分简便和直观。实际上，农业科研的其他数据类型，例如品种 - 性状两向表、双列杂交两向表、基因型 - 遗传标记数据两向表，也可以用双标图进行直观分析。

基金项目

国家向日葵产业技术体系项目(CARS-16)。

参考文献 (References)

- [1] 刘占柱, 姚丹, 王丕武. 几种稳定性分析法在大豆品种区试中的应用与评析[J]. 吉林农业科学, 2007, 32(2): 19-21.
- [2] Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q. and Szlavics, Z. (2000) Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. *Crop Science*, **40**, 597-605. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x>
- [3] 常磊, 岳云, 柴守玺. 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.
- [4] 周长军. 双标图法对大豆品系和试点的评价及各农艺性状相关性的分析[J]. 黑龙江农业科学, 2012(1): 7-10.
- [5] 孙敏, 蒋文敏, 李慧英. 应用 GGE 双标图进行向日葵杂交种产量稳定性分析[J]. 黑龙江农业科学, 2010(9): 11-13.
- [6] 苏义臣, 苏桂华, 金明华, 等. GGE 双标图在玉米区域试验中的应用[J]. 吉林农业科学, 2015(3): 4-7.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjas@hanspub.org