

网络出版时间:2017-08-21 13:50 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.10.007
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20170821.1350.014.html

黄淮地区国家油菜区域试验点评价和品种生态区划分

张振兰,郑磊,李永红,李建厂,郭徐鹏
(陕西省杂交油菜研究中心,陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】解析和评价黄淮区油菜各试验点的鉴别力和代表性,为油菜品种评价、试验点选择或生态区划分提供参考。【方法】用 GGE 双标图法对 2010—2015 年度油菜黄淮区试产量数据进行分析,以基因与环境互作结果对试验点进行分类,并按照区分能力和代表性对各试验点进行评价。【结果】油菜黄淮区试 11 个试验点聚为 3 类,河南省的 3 个试验点(郑州、遂平和信阳)聚为一类,陕西省的 4 个试验点(杨凌、宝鸡、富平和大荔)、甘肃省的成县、山西省的运城和江苏省的淮安共 7 个试验点聚为一类,安徽省的宿州单独为一类。各试验点年季间没有固定的关系。从区分能力和代表性来分析,杨凌区试点是最理想的试验点,该试点的产量与平均产量的相关性达极显著水平。【结论】整个黄淮区不能划分为多个品种生态区。杨凌区试点的区试结果最能反映整个黄淮区试的平均结果,因此在安排多点试验时,杨凌试验点是最好的选择。

【关键词】 油菜;黄淮地区区域试验;GGE 双标图;品种与环境互作;品种生态区
【中图分类号】 S565.4 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2017)10-0049-07

Evaluation of rapeseed variety trial sites and investigation of mega-environment in Huanghuai region

ZHANG Zhenlan,ZHENG Lei,LI Yonghong,LI Jianchang,GUO Xupeng
(Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province,Yangling,Shaanxi 712100,China)

Abstract: 【Objective】 The discriminating ability and representativeness of rapeseed sites in Huanghuai regional trial were analyzed and evaluated to provide reference for genotype evaluation, test-environment selection and mega-environment delineation. 【Method】 GGE biplot method was used to analyze the yield data of the national Huanghuai regional trials for rapeseed from 2010 to 2015. A total of 11 sites were clustered based on genotype and environment interaction, and were evaluated based on the discriminating ability and representativeness. 【Result】 The 11 Huanghuai regional trial sites of rapeseed could be clustered into 3 groups. The 3 sites in Henan were clustered, 4 sites in Shaanxi, Chengxian in Gansu, Yuncheng in Shanxi, and Huai'an in Jiangsu were within one group, while Suzhou in Anhui was clustered into a separate group. There were inconsistent relationships among trial sites in different years. Yangling site was an ideal site based on discriminating ability and representativeness. There was very significant correlation between yield at Yangling and average yield of other sites. 【Conclusion】 The Huanghuai region could not be divided into more mega-environments. Yangling site can represent the average of all regional trials very well and would be the best choice in selection of locations.

Key words: rapeseed; trial in Huanghuai region; GGE biplot; cultivar by environment interaction; mega-environment

区域试验是新品种从选育到生产应用的桥梁和纽带,目的在于通过多年多点的品种比较试验,以鉴定新品种在不同生态区的丰产性、适应性、抗逆性和利用价值,是新品种审定和推广应用的主要依据^[1-2]。因此每年每个省区市、育种单位及种子公司都投入大量的人力、物力对各种作物进行品种多点试验。通过对区域试验的深入解析,人们逐渐认识到多点试验数据不但可以用来评价作物新品种,而且也是评价和选择适合于新品种鉴定的试验点或环境的宝贵资料。品种多点试验数据分析包括三大目标,即品种评价、试验点评价和品种生态区划分^[3-9]。

油菜是我国最主要的油料作物之一,自 1998 年以来,全国冬油菜区域试验分长江上游(四川、贵州和重庆及云南、陕西局地)、中游(湖北、湖南及江西)、下游(浙江、上海和安徽、江苏大部)以及黄淮区(河南、陕西大部及安徽、江苏、甘肃和山西局地)试验组^[10]。双标图(biplot)最初由 Gabriel^[11]提出,它将待分析的两向数据表进行主成分分析,并以第 1 和第 2 主成分为代表,将其放到一个平面图上,以图谱的形式显示和分析两向数据表的结果。Yan 等^[4-6]在研究小麦区域试验中提出了 GGE 双标图方

法, GGE 双标图以图谱的方式显示品种区域试验数据。在 GGE 双标图中,仅强调显示基因主效应(G)和基因与环境互作效应(GE),从而更有效地显示了多点试验中基因与环境的互作关系。原则上 GGE 双标图并不限于区域试验分析,它适用于所有两向资料的分析^[9,12],如双列杂交试验^[13-14]、寄主与病原菌互作^[15]和栽培生理试验^[16]等两向数据的研究。目前在国内 GGE 双标图已经用于小麦^[17-18]、燕麦^[19]、大麦^[20]、荞麦^[21]、玉米^[22]、大豆^[23]、棉花^[24]和甘蔗^[25]等作物区域试验数据的分析。由于 GGE 双标图能同时实现品种多点试验数据分析的三大目标,本研究采用 GGE 双标图对近 5 年黄淮组油菜区域试验产量数据进行分析,以了解和客观评价黄淮区油菜各区试点的鉴别力和代表性,为油菜品种评价、试验点选择或生态区划分提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验数据来源

油菜产量数据来源于 2010—2015 年度黄淮地区冬油菜新品种区域试验总结报告。油菜黄淮区试区试点和参试品种见表 1。

表 1 2010—2015 年度国家油菜黄淮区试参试品种(系)和区试点

Table 1 Rapeseed genotypes tested in the national Huanghuai regional trials from 2010 to 2015 and trial sites

代码 Code	试点 Site	2010—2011		2011—2012		2012—2013		2013—2014		2014—2015	
		代码 Code	品种 Variety	代码 Code	品种 Variety	代码 Code	品种 Variety	代码 Code	品种 Variety	代码 Code	品种 Variety
L1	杨凌 Yangling	B1	杂油 86 Zayou 86	C1	富杂油 148 Fuzayou 148	D1	YC1115	E1	ZY1219	F1	CH18
L2	宝鸡 Baoji	B2	CH1012	C2	秦优 7 号 Qinyou 7	D2	HL1209	E2	CH18	F2	郑杂油 13 号 Zhengzayou 13
L3	富平 Fuping	B3	秦优 7 号 Qinyou 7	C3	中 11-P073 Zhong 11-P073	D3	秦优 2177 Qinyou 2177	E3	秦优 7 号 Qinyou 7	F3	宁杂 1838 Ningza 1838
L4	大荔 Dali	B4	滁 0433 Chu 0433	C4	CH98	D4	DX015	E4	11004	F4	秦优 7 号 Qinyou 7
L5	郑州 Zhengzhou	B5	ZY1007	C5	ZY1011	D5	晋杂优 1 号 Jinzayou 1	E5	陕油 2013 Shaanyou 2013	F5	HL1203
L6	遂平 Suiping	B6	秦优 16 Qinyou 16	C6	07H-195	D6	秦优 7 号 Qinyou 7	E6	双油 1208 Shuangyou 1208	F6	陕油 2013 Shaanyou 2013
L7	信阳 Xinyang	B7	富杂油 118 Fuzayou 118	C7	郑大 9656 Zhengda 9656	D7	秦优 188 Qinyou 188	E7	YC1208	F7	鸿优 858 Hongyou 858
L8	成县 Chengxian	B8	南农 5273 Nannong 5273	C8	T16	D8	2013	E8	杂 H-2 Za H-2	F8	陕油 1407 Shaanyou 1407
L9	运城 Yuncheng	B9	07H-195	C9	V08-8	D9	ZY1014	E9	SY10-26	F9	陕油 9261 Shaanyou 9261
L10	宿州 Suzhou	B10	信油 2709 Xinyou 2709	C10	陕油 19 Shaanyou 19	D10	川杂 NH2993 Chuanza NH2993	E10	H1609	F10	秦优 11002 Qinyou 11002
L11	淮安 Huai'an	B11	HZ01	C11	秦荣 5 号 Qinrong 5	D11	ZY1011	E11	ZY1259	F11	H1657
		B12	T16	C12	HZ03	D12	绵新油 38 Mianxinyou 38	E12	H1608	F12	鸿优 66 Hongyou 66
		B13	苏 9905 Su 9905	C13	杂双 7 号 Zashuang 7						

由表 1 可知,油菜黄淮区试试验点 11 个,分别是陕西省的杨凌、宝鸡、富平和大荔,河南省的郑州、遂平和信阳,甘肃省的成县,山西省的运城,安徽省

的宿州和江苏省的淮安。2013—2014 年度,河南省的遂平和信阳 2 个区试点报废,数据分析时只有 9 个区试点。2010—2011 年度和 2011—2012 年度油

菜黄淮区试参试品种为 13 个,2012—2013 年度、2013—2014 年度和 2014—2015 年度为 12 个,5 年共计 62 个品种(系),其中秦优 7 号为对照品种。

1.2 数据分析

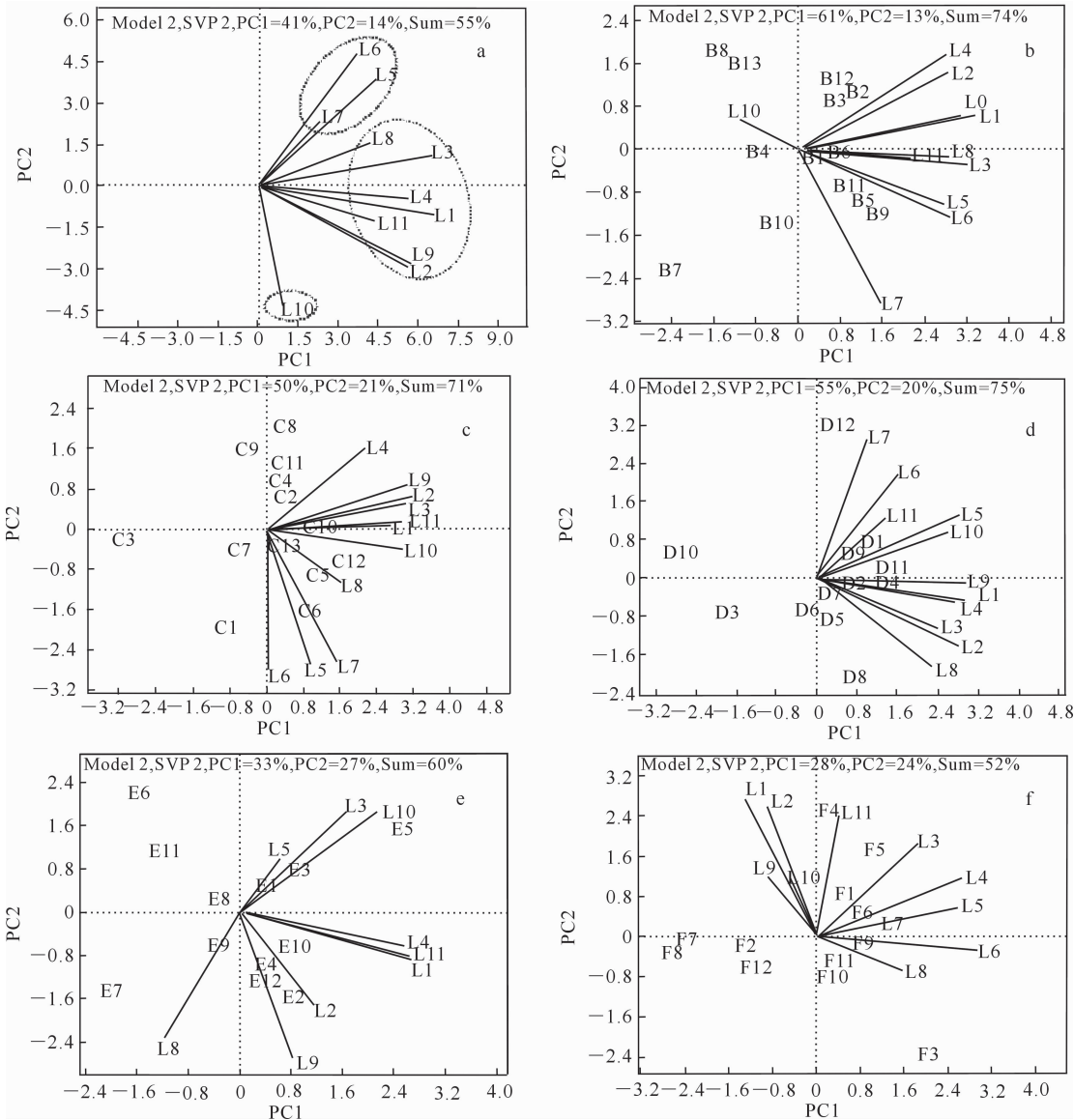
数据分析使用 GGE 双标图软件 (<http://www.ggebiplot.com/>),单个年份的数据分析直接用原始数据,5 年总的数据分析时,由于每个年度的参试品种(系)不同,对每年度产量的原始数据进行中心化($Y_{ij} = X_{ij} - U_j$,式中 Y 为中心化产量数值, X 为区试产量原始数值, U 为试验点产量平均值, i 为品种, j 为试验点)。聚类分析和相关分析使用 DPS

软件,聚类方法采用类平均法(UPGMA),距离为相关系数。

2 结果与分析

2.1 各区试点的相关性和聚类分析

GGE 双标图中两环境向量间夹角的余弦近似于它们之间的相关系数,夹角小于 90° 表示正相关,大于 90° 表示负相关,接近 90° 表示不相关^[9]。根据品种与环境之间的互作,油菜黄淮区试 2010—2015 年度各区试点的相关性如图 1 所示。



a. 2010—2015 年度;b. 2010—2011 年度;c. 2011—2012 年度;d. 2012—2013 年度;e. 2013—2014 年度;f. 2014—2015 年度;
L1—L11、B1—B13、C1—C13、D1—D12、E1—E12 和 F1—F12 代表的地点和品种同表 1

a. 2010 to 2015;b. 2010 to 2011;c. 2011 to 2012;d. 2012 to 2013;e. 2013 to 2014;f. 2014 to 2015;

Sites and varieties indicated by L1—L11, B1—B13, C1—C13, D1—D12, E1—E12 and F1—F12 are same as those in Table 1

图 1 2010—2015 年度油菜黄淮区试各区试点的关系

Fig. 1 Relationship between trial sites of the national Huanghuai regional trials for rapeseed from 2010 to 2015

由图 1-a 可知,油菜黄淮区试 11 个试验点之间都是正相关性,根据相关性可以将 11 个试验点聚为 3 类,河南省的 3 个试验点(郑州 L5、遂平 L6 和信阳 L7)聚为一类,陕西省的 4 个试验点(杨凌 L1、宝鸡 L2、富平 L3 和大荔 L4)和甘肃省的成县(L8)、山西省的运城(L9)及江苏省的淮安(L11)共 7 个试验点聚为一类,安徽省的宿州(L10)单独为一类。这一结果与图 2 中根据传统的聚类分析的结果一致,西部的 6 个试验点聚为一类,中间的 3 个试验点聚为一类,东部的 2 个试验点差异较大,其中宿州试验点单独为一类,淮安试验点和西部的 6 个试验点聚为一类,这一结果显示了油菜黄淮区试 11 个试验点之间相关性与地理位置关系有较高的一致性,也有特异性。

对每个年度试验点进行分析,结果显示,2010—2011 年(图 1-b)区试结果相似性高的试验点有大荔和宝鸡,运城和杨凌,成县、淮安和富平,郑州和遂平,并且这些试验点间也有正相关性,信阳区试点与上述区试点有正相关性,但相关性较弱。宿州区试点与其他区试点的夹角都大于 90°,表明宿州区试点与其他区试点都是负相关,即本年度在宿州区试点表现好的品种,在其他区试点的表现反而不理想,如双标图显示油菜新品种南农 5273 在图的左上方,与宿州区试点最近,即品种南农 5273 在宿州区试点表现很好,在其他区试点表现反而会不理想(本年度区试汇总产量结果中,品种南农 5273 在宿州区试点排

名第 2,在宝鸡区试点排名第 11,在信阳区试点排名第 13,在成县区试点排名第 11,在黄淮区试总排名第 12)。

2011—2012 年(图 1-c),运城、宝鸡、富平、杨凌、淮安和宿州 6 个区试点间的相似性高,除了遂平外其他区试点都与这 6 个区试点有正相关性,大荔和遂平有负相关性。

2012—2013 年(图 1-d),相似性高的区试点有郑州和宿州,杨凌和大荔,宝鸡和富平,除了信阳和成县有弱的负相关性外,本年度其他区试点间都是正相关。

2013—2014 年(图 1-e),相似性高的区试点有郑州、富平和宿州,大荔、淮安和杨凌,成县与这 2 组有负相关性,特别是成县与郑州、富平和宿州的相关性接近-1,即本年度中,在郑州、富平和宿州区试点表现好的品种,在成县区试点的表现会不理想。

2014—2015 年(图 1-f),杨凌、宝鸡、运城和宿州 4 个区试点间的相似性高,并且都与淮安有正相关性,与富平无相关性,与大荔、郑州、遂平、信阳和成县有负相关性。

综上所述,黄淮区试大部分试验点间有正相关性,可以聚为 3 类,但由于年季间个别试验点变化较大,这种紧密正相关在年季间没有重复,只有年季间可重复出现的互作,才可以利用,所以整个黄淮区不能划分为多个品种生态区。

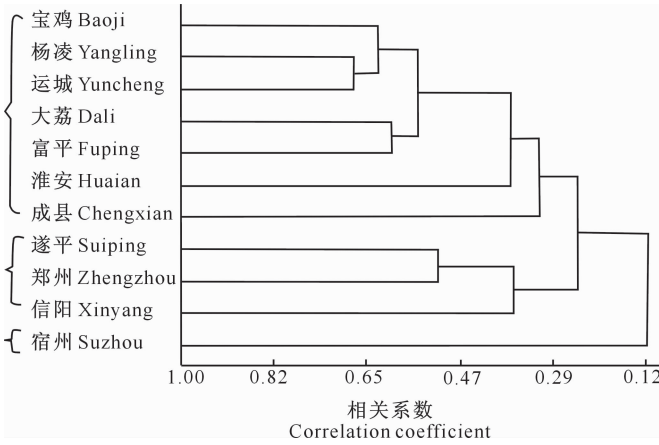
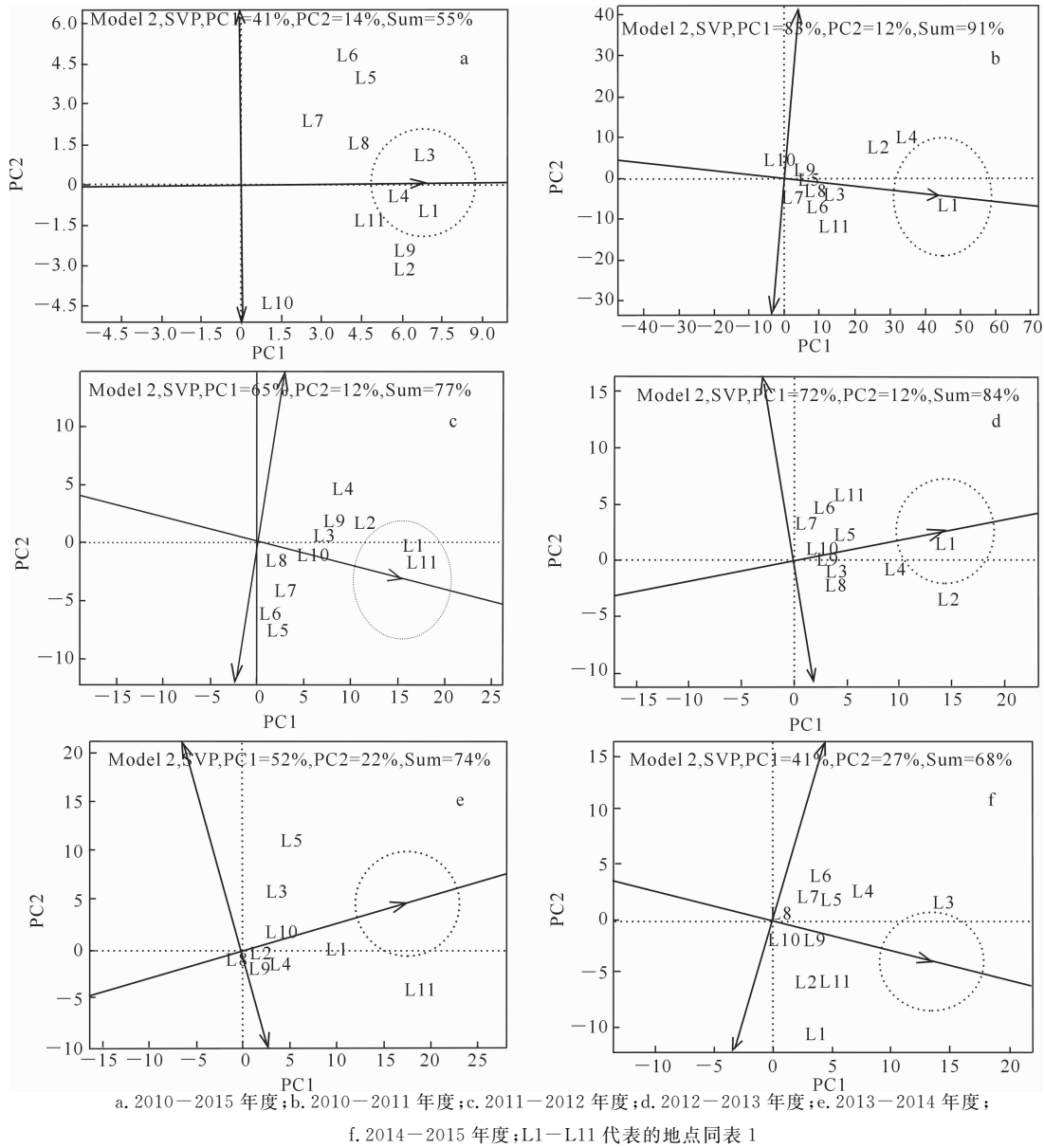


图 2 油菜黄淮区试试验点聚类分析
Fig. 2 Cluster analysis of rapeseed trial sites

2.2 各区试点的区分能力和代表性

GGE 双标图分析品种与环境互作时,假设一个理想的环境^[9],即所有品种在理想环境的产量结果和整个区试点的产量平均值相同,距离理想环境越

近的试验点的产量结果越接近产量平均值,即这个区试点的区分能力和代表性越高。2010—2015 年度油菜黄淮区试各区试点的区分能力和代表性如图 3 所示。



a. 2010 to 2015; b. 2010 to 2011; c. 2011 to 2012; d. 2012 to 2013; e. 2013 to 2014; f. 2014 to 2015; Sites indicated by L1—L11 are same as those in Table 1

图 3 2010—2015 年度油菜黄淮区试各区试点的代表性和区分能力

Fig. 3 The discriminating ability and representativeness of the national Huanghuai regional trials for rapeseed from 2010 to 2015

由图 3-a 可知,大荔和杨凌两个试验点距离理想环境最近,表示这两个试验点的区分能力和代表性最高,其次是富平试验点。

对每个年度试验点进行分析,2010—2011 年度结果(图 3-b)显示,杨凌区试点距离理想环境最近,本年度中杨凌区试点的区分能力和代表性最高,其次是大荔和宝鸡。

2011—2012 年度结果(图 3-c)显示,淮安区试点的区分能力和代表性最高,其次是杨凌和宝鸡。

2012—2013 年度结果(图 3-d)显示,杨凌区试

点的区分能力和代表性最高,其次是大荔和宝鸡。

2013—2014 年度结果(图 3-e)显示,所有区试点距离理想环境都比较远,没有一个区试点能很好地代表平均值,但相对而言,杨凌区试点的区分能力和代表性最高,其次是淮安和郑州。

2014—2015 年度结果(图 3-f)与 2013—2014 年相似,没有一个区试点能很好地代表平均值,但相对而言,富平区试点的区分能力和代表性最高,其次是大荔和淮安。综上所述,杨凌区试点在 3 个年度中区分能力和代表性最高,与大荔试验点相比稳定

性更好。

2010—2015 年度油菜黄淮区各区试点产量与平均产量的相关性分析(表 2)表明,杨凌试验点的产量与总产量平均值的相关性达极显著水平,也是各试验点中最高的。所以杨凌区试点是个理想的试验点,杨凌区试点的产量结果最能代表整个黄淮区试的平均产量结果,其次是富平、运城和大荔试验点。

表 2 2010—2015 年度油菜黄淮区试各区试点产量与平均产量的相关性分析

Table 2 Correlation coefficients between trial site yield and average yield of rapeseed in Huanghuai regional trials from 2010 to 2015

区试点 Trial site	相关系数 Correlation coefficient	区试点 Trial site	相关系数 Correlation coefficient	区试点 Trial site	相关系数 Correlation coefficient
宝鸡 Baoji	0.70**	淮安 Huai'an	0.56**	杨凌 Yangling	0.84**
成县 Chengxian	0.50**	宿州 Suzhou	0.13	运城 Yuncheng	0.73**
大荔 Dali	0.73**	遂平 Suiping	0.57**	郑州 Zhengzhou	0.59**
富平 Fuping	0.82**	信阳 Xinyang	0.36**		

注: ** 表示极显著。

Note: ** indicates $P \leq 0.01$.

3 讨 论

品种与环境之间的互作是影响品种稳定性的一个重要因素,但一些品种与地点的互作在年季间可重复出现,因此是可以利用的^[26]。为此, Gauch 等^[3]提出了按 G 和 GE 划分品种生态区(mega-environment)的概念和方法,目的是将目标环境分为不同的品种生态区,通过在不同的生态区内选育和部署不同的品种,将 GE 中可重复的部分利用起来,从而提高作物的总体生产力。区试点间正相关说明两区试点对品种的排序相似,紧密正相关则意味着有一些试验点可能是重复设置的,去掉一些试验点可以减少试验成本而不影响对品种的评价;区试点间无相关或负相关意味着可能存在不同品种生态区。本研究对黄淮冬油菜区近 5 年的区试结果分析表明,黄淮区试各试验点的相关性在年季间没有固定的关系,即整个黄淮区为一个品种生态区。油菜品种除了关注产量外,品种的含油量、芥酸和硫苷含量也是关注的重要因素,本研究仅对产量结果进行了分析,对于含油量、芥酸和硫苷含量在整个黄淮区是否可以分为不同的品种生态区还有待进一步研究。

区分能力和代表性是评价试验点的两个重要指标。没有区分能力的试验点是无用的,有区分能力但没有代表性的试验点可用于淘汰不稳定的品种,但不能用于选择优良品种,既有区分能力又有代表性的试验点才能用来有效地选择高产稳产品种^[9]。本研究结果显示,在黄淮区试 11 个试验点中,杨凌区试点的区分能力和代表性最高,杨凌区试点的产

量结果最能反映整个黄淮区试的平均产量,其次是富平、运城和大荔试验点。因此,在选择试验点,或在区试前安排多点试验时,杨凌试验点是一个最好的选择。用区分能力和代表性来评价试验点是 Yan 等^[4-8]用 GGE 双标图分析基因与环境互作问题提出的两项指标,以图谱的形式对试验点进行认识和评价。本研究中用相关性进行比较,GGE 双标图分析方法显示直观性更好。

[参考文献]

[1] 刘凤兰,张冬晓,杨经泽,等. 全国冬油菜品种生态区域试验研究进展 [J]. 中国油料作物学报,2001,23(2):80-82.
Liu F L,Zhang D X,Yang J Z,et al. Advances in the national varieties regional trials for winter rapeseed [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2001,23(2):80-82.

[2] 王伟荣,陈旭,杨立勇,等. 2001—2010 年上海市油菜区域试验参试品种产量和品质分析 [J]. 上海农业学报,2012,28(40):18-20.
Wang W R,Chen X,Yang L Y,et al. Analysis of yields and qualities of various varieties in Shanghai regional rape tests between,2001 and 2010 [J]. Acta Agriculturae Shanghai,2012,28(40):18-20.

[3] Gauch H G,Zobel R W. Identifying mega-environments and targeting genotypes [J]. Crop Sci,1997,37:311-326.

[4] Yan W K,Hunt L A,Sheng Q,et al. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot [J]. Crop Sci,2000,40:597-605.

[5] Yan W K. GGE biplot-a windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data [J]. Agron J,2001,93:1111-1118.

[6] Yan W K,Tinker N A. Biplot analysis of multi-environment trial data:principles and applications [J]. Can J Plant Sci,2006,86:

- 623-645.
- [7] Yan W K. Crop variety trials: data management and analysis [M]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2014.
- [8] Yan W K, Kang M S, Ma B L, et al. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data [J]. Crop Sci, 2007, 47: 643-655.
- [9] 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 Agron Sin, 2010, 36(11): 1805-1819.
- [10] 祝利霞, 张冬晓, 傅廷栋, 等. 20 年来中国冬油菜新品种产量和抗病性状分析 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 375-380.
- Zhu L X, Zhang D X, Fu T D, et al. Analysis of yield and disease resistance traits of new winter rapeseed variety in the past twenty years in China [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(24): 375-380.
- [11] Gabriel K R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis [J]. Biometrika, 1971, 58: 453-467.
- [12] 严威凯, 盛庆来, 胡跃高, 等. GGE 叠图法: 分析品种 $\times$ 环境互作模式的理想方法 [J]. 作物学报, 2001, 27(1): 21-28.
- Yan W K, Sheng Q L, Hu Y G, et al. GGE biplot: an ideal tool for studying genotype by environment interaction of regional yield trial data [J]. Acta Agron Sin, 2001, 27(1): 21-28.
- [13] 尚 毅, 李少钦, 李殿荣, 等. 用双标图分析油菜双列杂交试验 [J]. 作物学报, 2006, 32(2): 243-248.
- Shang Y, Li S Q, Li D R, et al. GGE-biplot analysis of diallel cross of *B. napus* L [J]. Acta Agron Sin, 2006, 32(2): 243-248.
- [14] 周志淑, 王 瑞, 李加纳. GGE 双标图对油菜双列杂交试验结果的分析 [J]. 种子, 2009, 28(6): 102-104.
- Zhou Z S, Wang R, Li J N. Application of GGE biplot on analysis of diallel cross of *B. napus* L [J]. Seed, 2009, 28(6): 102-104.
- [15] Yan W K, Falk D E. Biplot analysis of host-by-pathogen data [J]. Plant Dis, 2002, 83: 1396-1401.
- [16] 陈四龙, 李玉荣, 程增书, 等. 用 GGE 双标图分析种植密度对高油花生生长和产量的影响 [J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1328-1335.
- Chen S L, Li Y R, Cheng Z S, et al. GGE-biplot analysis of effects of planting density on growth and yield components of high oil peanut [J]. Acta Agron Sin, 2009, 35(7): 1328-1335.
- [17] 张 勇, 何中虎, 张爱民. 应用 GGE 双标图分析我国春小麦的淀粉峰值粘度 [J]. 作物学报, 2003, 29(2): 245-251.
- Zhang Y, He Z H, Zhang A M. GGE-biplot for studying paste property of Chinese spring wheat [J]. Acta Agron Sin, 2003, 29(2): 245-251.
- [18] 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 S 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.
- [19] 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区试点代表性 [J]. 作物学报, 2010, 36(8): 1377-1385.
- 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 Agron Sin, 2010, 36(8): 1377-1385.
- [20] 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.
- Shang Y, Jia Q J, Zhu J H, et al. Cultivar evaluation of China southern winter barley trial based on the GGE biplot [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2011, 23(2): 197-202.
- [21] 李琴琴, 高乙萍, 张志芬, 等. 甜荞品种稳定性和试验地点相似性的 GGE 双标图分析 [J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(1): 67-70.
- Li Q Q, Gao Y P, Zhang Z F, et al. Stability and testing-site similarity for common buckwheat lines based on GGE-biplot analysis [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2013, 31(1): 67-70.
- [22] 梁黔云, 李清超, 吴 瑞, 等. GGE 双标图在玉米品种区域实验中的应用 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(6): 224-228.
- Liang Q Y, Li Q C, Wu R, et al. Application of GGE-biplot in regional trial of maize varieties [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(6): 224-228.
- [23] 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.
- Zhou Z J, Tian Z Y, Li J Y, et al. GGE-biplot analysis on yield stability and testing-site representativeness of soybean lines in multi-environment trials [J]. Soybean Science, 2011, 30(2): 318-321.
- [24] 许乃银, 张国伟, 李 健, 等. 基于 HA-GGE 双标图的长江流域棉花区域试验环境评价 [J]. 作物学报, 2012, 38(12): 2229-2236.
- Xu N Y, Zhang G W, Li J, et al. Evaluation of cotton regional trial environments based on HA-GGE biplot in the Yangtze River valley [J]. Acta Agron Sin, 2012, 38(12): 2229-2236.
- [25] 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.
- Luo J, Zhang H, Deng Z H, et al. Analysis of yield and quality traits in sugarcane varieties (lines) with GGE-biplot [J]. Acta Agron Sin, 2013, 39(1): 142-152.
- [26] Cooper M, DeLacy I H. Relationship among analytical methods used to study genotypic variation and genotype-by-environment interaction in plant breeding multi-environment experiments [J]. Theor Appl Genet, 1994, 88: 561-572.