

大麦新品系高产稳产性评价方法比较*

刘帆¹, 袁玉顺², 杨俊青¹, 蔡秋华¹, 李国强^{1**}, 吴显成¹, 李江¹, 张睿¹
(1. 大理白族自治州农业科学推广研究院, 云南大理 671005; 2. 南涧县种子管理站, 云南南涧 675700)

摘要: 本研究分别运用变异系数法、高稳系数法及 AMMI 模型对 2011—2013 年度大理州大麦新品种区域试验中 6 个试点 9 个参试品种 (系) 的高产稳产性进行分析。结果表明: 3 种分析方法都能为大麦新品种 (系) 的高产稳产性评价提供参考, 但它们各有其局限性。变异系数侧重于揭示产量的稳定性信息, 结合平均产量的变异系数法计算简便、直观易懂, 但其可靠性较难保证, 且难以反映出基因与环境间互作效应; 高稳系数法侧重于反映品种 (系) 的丰产性, 虽然实用性较强, 但稳定性劣势易被高产掩盖; AMMI 模型分析不仅有效地揭示了环境、基因及基因与环境间互作效应对参试品种 (系) 的影响, 对 9 个参试品种 (系) 的产量潜力和稳定性类型划分也很充分, 而且分析过程严谨评价结果可靠性高, 在区域试验大麦新品系高产稳产性评价中应该优先选择运用。综合 3 种分析方法, 品系 052DM3-8-8、071DM11-7 为高产稳产类型, 其中品系 052DM3-8-8 的产量最高, 生产潜力最大; 052DM3-3、071DM11-4、凤 03-39 为高产不稳产类型; 对照品种 S500 及品系凤 03-9、071DM16-1、071DM16-4 为低产稳产或低产不稳产类型。

关键词: 大麦新品系; 高产稳产性; 变异系数; 高稳系数; AMMI 模型; 比较

中图分类号: S 512.3 03.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-390X (2016) 04-0597-07

Comparison of Evaluation Methods for High Yield and Stability of the New Barley Strains

LIU Fan¹, YUAN Yushun², YANG Junqing¹, CAI Qiuhua¹,
LI Guoqiang¹, WU Xiancheng¹, LI Jiang¹, ZHANG Rui¹

(1. Dali Academy of Agricultural Sciences and Technology Extension, Dali 671005, China;
2. Seed Administration Station of Nanjian County, Nanjian 675700, China)

Abstract: The high-yield and stability of the new barley strains in the regional trials were analyzed by coefficient of variation method, high and stable coefficient (HSC) method and AMMI model in Dali during 2011-2013. The results indicated that all these methods could provide reference for selecting new barley strains with high and stable yield, but each method still had some limitations. The method of coefficient of variation combined with average yield was simple, intuitive and easy to understand and focused on revealing yield stability, but difficult to ensure reliability and reflect the interactions between the genes and environment. High stability coefficient method focused on reflecting yield ability and more practical, but its instability was easily covered by high yield. AMMI model analysis not only effectively revealed the influence of three factors (environment, genes and interaction of genes and environment) on barley strains, and the analysis process was rigorous and the result had high reliability, but also was very

收稿日期: 2016-01-07 修回日期: 2016-03-16 网络出版时间: 2016-07-26 15:28

* 基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助; 云南省科技惠民专项 (2014RA056) 资助。

作者简介: 刘帆 (1985—), 女, 云南西畴人, 硕士, 农艺师, 主要从事大麦新品种选育研究。

E-mail: liufanfree@163.com

** 通信作者 Corresponding author: 李国强 (1967—), 男, 云南洱源人, 大学本科, 研究员, 主要从事麦类新品种选育及配套技术研究。E-mail: lgqdl777@163.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20160726.1528.003.html>

sufficient for the classification of yield potential and stability, so could be preferentially chosen to evaluate high and stable yield of new barley strains in the regional experiment. Based on the analysis results by three methods, we found that strains 052DM3-8-8 and 071DM11-7 had high and stable yield; 052DM3-3, 071DM11-4 and Feng03-39 had high and unstable yield; S500, Feng03-9, 071DM16-1, and 071DM16-4 had low and stable yield or low and unstable yield; and the 052DM3-8-8 had the highest yield among them, with suitable stability parameters and high production potential.

Keywords: the new barley strain; high-yield and stability; coefficient of variation; high and stable coefficient; AMMI model; comparison

作物新品种的高产稳产性一直是育种工作者最为关心的育种目标,也是区域试验中评价品种优劣的重要指标。适当而有效的分析方法,不但有助于充分利用试验数据对参试品种做出客观评价,也有利于为育种工作提供更多有价值的信息^[1-3]。选育新品种的产量评价中,常采用品种平均数较对照增产百分数来估测丰产性,用标准差、变异系数来估测稳产性,用新复极差法估测参试品种间产量差异^[4],这些方法将产量的丰产性、稳定性区别开来,进行评价,势必会对评价工作的效率、评价结果的客观性造成影响。为了能对新选育品种的丰产性和稳产性做出合理的综合评价,国内外学者提出了诸多方法。FRANCIS 等^[5]1978 年提出的变异系数和平均产量结合的基因型分组法,不仅能在一定程度上反映参试品种的高产稳产性,且计算简便,应用较为普遍。1994 年中国学者温振民等^[6]亦提出高稳系数法,该方法主要是通过 HS-Gi 值的大小来衡量参试品种高产稳产性的优劣,不仅易于计算,且实用性较强^[7]。近年来,一种将方差分析和主成分分析结合在一起的 AMMI 模型分析日渐引起育种家的重视,并被认为是多点试验数据分析较为理想的方法,在玉米、水稻、烟草等多种作物上均有报道^[8-10],但已有 AMMI 模型对品种的分析多以产量稳定性为研究对象,将产量的高产、稳产性结合起来进行评价的研究报道较少。

本研究运用这些分析方法,对 2011—2013 年度大理州大麦新品种(系)区域试验中 6 个试点 9 个参试品系的产量表现进行分析,综合评价大麦新品系的高产稳产性,并对变异系数法、高稳系数法及 AMMI 模型分析在大麦新品系高产稳产性分析中的适用性及对品种评价的影响进行探讨,以便提高本轮区域试验大麦品

种评价的准确性,为大麦新品系的选择和利用提供理论依据,为今后作物品种的高产稳产性评价找出更为适用、可靠的分析方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试验方法

数据来源于 2011—2013 年度大理州大麦新品种区域试验。参试品系 9 个,分别是:052DM3-3、052DM3-8-8、071DM11-4、071DM11-7、071DM16-1、071DM16-4、凤 03-39、凤 03-9、S500 (CK)。对照 S500 为墨西哥大麦高代材料引种鉴定选育而成的啤用二棱大麦品种,于 2002 年通过云南省农作物品种审定,具有高产稳产,抗旱耐寒,抗倒伏等特性,是云南省近 10 年来大麦主推品种^[11]。

试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 10 m²,以各小区籽粒干重(kg/10 m²)为分析指标。两年试验试点固定、品种一致。6 个试点别位于大理、鹤庆、弥渡、巍山、祥云、云龙等县市的不同生态区域,播期选择当地大麦最佳节令执行,播种方式为条播,试验肥水管理措施略高于当地生产水平。

1.2 统计方法

1.2.1 变异系数法

变异系数计算公式为

$$CV_i = (S_i / \bar{x}_i) \times 100\% \quad (1)$$

式中, \bar{x}_i , S_i 分别为第 i 个品种的平均产量和标准差。品种变异系数小,说明变异程度小,品种较稳定,若兼具较高的产量,则为理想的高产稳产品种。以各参试品种产量为纵坐标,变异系数为横坐标作图,以所有参试品种的产量均值和变异系数均值为坐标原点将坐标图划成 4 个象限,得出散点图。落在第 I 象限的为高产、不稳产品种,落在第 II 象限的则是高产、稳产品种,落在第 III 象限的是低产、稳产品种,落

在第Ⅳ象限的品种低产、不稳产^[12]。

1.2.2 高稳系数法

高稳系数^[13]以 HSC_i 表示,自 1994 年提出,其公式被进一步简化为

$HSC_i = [(\bar{x}_i - S_i) / 1.10 \bar{x}_{ck}] \times 100\%$ (2)
式中, \bar{x}_i 、 S_i 分别为第 i 个品种的平均产量和标准差, \bar{x}_{ck} 为对照品种的平均产量。 HSC_i 值越大,说明该品种的高产稳产性越好。

1.2.3 AMMI 模型

AMMI (the additive main effects and multiplicative interaction) 模型是将方差分析和主成分分析有机结合在一起的分析方法,有关 AMMI 模型的解释有许多报道,本研究不再详述。基于 AMMI 模型,张泽等^[14]提出以一个品种(或基因型)在交互效应主成分轴(IPCA)空间中与原点的欧氏距离(记为 D)作为评价该品种稳定性的指标, D_i 值越小则品种越稳定。本研究 D_i 值计算,采用吴为人等^[15]改进的公式进行:

$$D_i = \sqrt{\sum_{s=1}^c \omega_s r_{is}^2}, i = 1, 2, \dots, 9$$
 (3)

式中, i 表示第 i 个品种, c 为统计测验显著的 IP-CA 个数, r_{is} 为第 i 个品种在第 s 个 IPCA 上的

得分。 W_s 为第 s 个 IPCA 的权重,以该 IPCA 所解释的变异(平方和)占全部 IPCA 所解释的变异的比例来表示。

上述方法中,产量平均数 \bar{x}_i 、标准差 S_i 、变异系数 CV_i 等均采用常规方法进行计算。本研究所有数据处理采用 Excel 软件和 DPS 数据处理系统进行。

2 结果与分析

2.1 产量表现

对 2011—2013 两年试验的产量数据进行汇总(表 1)。由表 1 可知:9 个参试品种(系)产量从高到低依次为: $B > C > A > G > D > I > H > E > F$ 。比对照 S500 增产的品系有 5 个,其中品系 B (052DM3-8-8)增产幅度最大为 10.25%,增产点次百分比为 91.67;品系 C、A、G、D 增产幅度为 6.87%~9.13%,增产点次百分比均大于 75;其余 3 个品系较对照有不同程度减产,减产幅度为 0.43%~3.17%。

大麦新品系产量间显著性检验表明(表 1):品系 B、C、A 产量较对照增产显著,其余品系增产不显著。

表 1 参试品种(系)两年区域试验产量表现
Tab. 1 The yield performance of barley strains in two years of regional trials

编号 No.	品种(系) strain	小区产量/ (kg·m ⁻²) yield	产量/ [kg· (667 m ²) ⁻¹] yield	比对照增减产		增产点次 百分比/% percentage	显著水平 significant levels		产量位次 yield rank
				± CK/ (667 m ²) ⁻¹	幅度/% range		5%	1%	
B	052DM3-8-8	0.771	514.03	47.78	10.25	91.67	a	A	1
C	071DM11-4	0.763	508.81	42.56	9.13	83.33	a	AB	2
A	052DM3-3	0.763	508.60	42.35	9.08	75.00	a	AB	3
G	凤 03-39	0.751	500.41	34.16	7.33	75.00	ab	ABC	4
D	071DM11-7	0.747	498.30	32.05	6.87	83.33	abc	ABC	5
I	S500 (CK)	0.699	466.25	—	—	—	bcd	ABC	6
H	凤 03-9	0.696	464.23	-2.02	-0.43	50.00	cd	ABC	7
E	071DM16-1	0.683	455.58	-10.67	-2.29	41.67	d	BC	8
F	071DM16-4	0.677	451.46	-14.79	-3.17	33.33	d	C	9

2.2 变异系数法分析结果

变异系数是估测产量稳定性常用参数,变异

系数越小,说明变异程度越小,品种产量稳定性越好。由表 2 可知:所有参试品种(系)中,品

种 I 的变异系数最小为 16.56，其标准差也最低为 0.116，说明其产量稳定性好。按变异系数大小各

参试品种（系）稳定性从高到低依次是：I > H > E > D > B > F > A > G > C。

表 2 参试品种（系）产量和稳定性参数计算结果
Tab. 2 Yield and its stability parameters of tested strains

编号 No.	品种（系） strain	平均产量/ (kg · m ⁻²) yield	标准差 SD _i standard deviation	变异系数		高稳系数	
				CV _i /%	位次 rank	HSC _i /%	位次 rank
B	052DM3-8-8	0.771	0.145	18.75	5	78.24	1
C	071DM11-4	0.763	0.174	22.82	9	73.57	4
A	052DM3-3	0.763	0.156	20.42	7	75.82	3
G	凤 03-39	0.751	0.168	22.36	8	72.78	6
D	071DM11-7	0.747	0.139	18.54	4	76.02	2
I	S500 (CK)	0.699	0.116	16.56	1	72.87	5
H	凤 03-9	0.696	0.120	17.27	2	71.94	7
E	071DM16-1	0.683	0.123	18.04	3	69.92	8
F	071DM16-4	0.677	0.131	19.39	6	68.18	9
平均值 mean		0.728	0.141	19.35	—	73.26	—

运用 Francis 等提出的将变异系数和平均产量结合的基因型分组法，得到 9 个参试品种（系）的散点图（图 1）。由图 1 可知：A、C、G 落在第 I 象限为高产、不稳产品系，B、D 落在第 II 象限为高产、稳产品系，品系 F、E、H、I 落在第 III 象限为低产、稳产品种（系）。

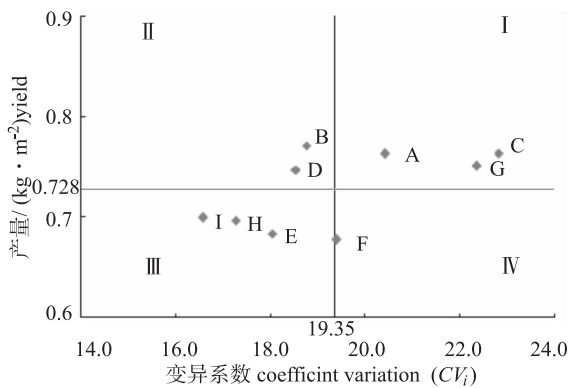


图 1 参试品种（系）产量与变异系数散点图
Fig. 1 Scatter diagram of yield and coefficient of variation

2.3 高稳系数法分析结果

根据公式（2）计算出 9 个参试品种（系）的高稳系数（表 2）。高稳系数 HSC_i 值越大，说明该品种的高产稳产性越好。按 HSC_i 值大小，9 个参试品种（系）高产稳产性从高到低依次为 B

> D > A > C > I > G > H > E > F。通过与产量位序 B > C > A > G > D > I > H > E > F 比较，两种排列次序大体一致，又不完全相同。其中，品系 B 的产量和 HSC_i 位次均为第 1 位（HSC_i = 78.24%），生产潜力最大。

2.4 AMMI 模型分析结果

产量联合方差分析表明（表 3）：处理间，年份、基因、环境及三者间交互作用均存在极显著差异，且环境变异占总变异平方和 51.46% > 交互效应的变异占 30.75% > 年份变异占 6.06% > 基因型变异占 4.35%。说明参试地点的差异是引起参试品种产量差异的主要原因，为品种效应的 11.83 倍；互作效应次之，为品种效应的 7.07 倍；年际间气候变化对参试品种的影响也较大，为品种效应的 1.39 倍。

AMMI 模型分析表明，交互作用主成分分析 IPCA 的显著性检验中，有 2 项乘积项表达的互作信息达极显著水平，将剩余的不显著 IPCA 合并为残差。IPCA1、IPCA2 分别解释了基因与环境交互作用的 23.32%、15.18%，累计解释了 38.5%，而采用线性回归模型只解释了 12.25%，说明 AMMI 模型比传统的线性回归模型能更有效地分析基因与环境间互作。

表3 两年试验产量的联合方差分析、回归分析及 AMMI 模型分析

Tab.3 Variance, joint regression and AMMI analysis of the yield performance in two years of barley regional trials

方法 methods	变异来源 source of variance	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	<i>F</i>	占总平方 和百分比/% percentage of total SS	占互作平方 和百分比/% percentage of interaction SS
方差分析 analysis of variance	总的 sum	323	9.597 4	0.029 7			
	处理 treatment	107	8.888 7	0.083 1	25.319 4**	92.62	
	年份 year	1	0.581 3	0.581 3	177.179 8**	6.06	
	基因（品种） genotype	8	0.417 5	0.052 2	15.907 4**	4.35	
	环境（试点） environment	5	4.939 1	0.987 8	301.073 4**	51.46	
	V × E 交互作用 V × E interaction	40	0.558 2	0.014 0	4.253 4**	5.82	
	V × Y 交互作用 V × Y interaction	8	0.068 6	0.008 6	2.613 0**	0.71	
	E × Y 交互作用 E × Y interaction	5	1.906 6	0.381 3	116.222 3**	19.87	
	V × E × Y 交互作用 V × E × Y interaction	40	0.417 4	0.010 4	3.180 6**	4.35	
	误差 error	216	0.708 7	0.003 3		7.38	
回归分析 regression analysis	联合回归 joint regression	1	0.036 2	0.036 2	11.032 7**		6.49
	基因回归 genetic regression	7	0.020 6	0.002 9	0.897 2		3.69
	环境回归 environmental regression	4	0.011 6	0.002 9	0.883 9		2.08
	残差 residual	28	0.489 8	0.017 5	5.331 7		87.75
AMMI 模型 model	交互作用 interaction	40	0.558 2	0.014 0	4.253 4**		
	第一乘积项 PCA1	12	0.130 2	0.010 8	3.306 4**		23.32
	第二乘积项 PCA2	10	0.084 7	0.008 5	2.582 2**		15.18
	残差 residual	18	0.343 3	0.019 1			61.5

注：“*”和“**”分别表示0.05、0.01水平的差异显著性；下同。
Note: “*” and “**” respectively show that significant differences in the levels of 0.05, 0.01; the same as below.

根据公式（3）计算各参试品种（系）对应的 D_i 值（表4）。 D_i 值越小，离原点越近，说明品种稳定性越好，按 D_i 值大小各参试品种（系）的稳定性依次为：F > D > B > I > C > H > A > E > G。以各参试品种（系）产量为纵坐标， D_i 值为横坐标，以所有参试品种的产量均值和 D_i 均值为坐标原点作散点图（图2）。由图2可明显看出：各参试品种（系）的产量类型。品系 B、D 落在第Ⅱ象限为高产稳产；品系 C、A、G 落在第Ⅰ象限为高产不稳产；品种（系）I、F 落在第Ⅲ象限为低产稳产；品系 H、E 落在第Ⅳ象限为低产不稳产。

表4 参试品种（系）在显著交互效应轴上的得分和 D_i 值

Tab.4 The scores of significant IPCA axis and D_i for strains					
序号 No.	品种（系） strain	IPCA1	IPCA2	D_i	位次 rank
B	052DM3-8-8	-0.109 1	0.067 2	0.058 8	3
C	071DM11-4	0.164 9	0.130 0	0.094 4	5
A	052DM3-3	-0.124 7	0.212 5	0.102 4	7
G	凤 03-39	0.258 6	0.086 5	0.129 3	9
D	071DM11-7	-0.088 4	-0.078 4	0.052 5	2
I	S500（CK）	-0.108 8	-0.140 1	0.075 8	4
H	凤 03-9	-0.197 1	-0.044 2	0.096 7	6
E	071DM16-1	0.163 1	-0.256 4	0.127 2	8
F	071DM16-4	0.041 6	0.022 9	0.022 0	1
平均值 mean		—	—	0.084 3	—

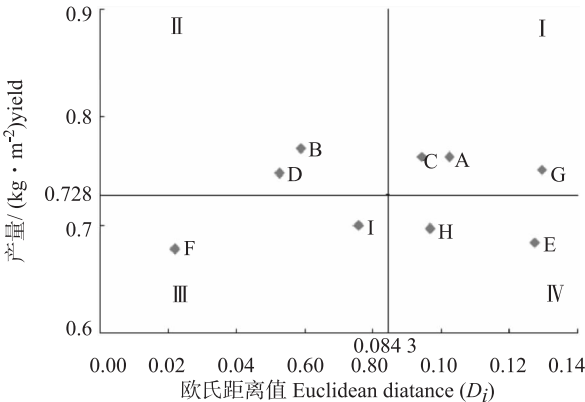


图 2 参试品系产量与 D_i 值散点图
Fig. 2 Scatter diagram of yield and D_i

2.5 各参数间相关分析

为探讨不同参数间的相互关系，运用 DPS 软

件进行多变量相关分析（表 5）。由表 5 可知， CV_i 与 \bar{x}_i 相关系数为 0.594 6 且相关不显著，与 S_i 相关系数为 0.957 8 呈极显著相关，由此可见变异系数主要反映的是产量稳定性信息。 HSC_i 与 \bar{x}_i 相关系数为 0.857 1 呈极显著相关， HSC_i 与 S_i 、 CV_i 的相关系数分别为 0.376 7、0.095 7 且相关不显著，说明高稳系数是以反映丰产性为主的一种方法，这与其他研究结论^[13,16]相符。欧式距离值 D_i 与 \bar{x}_i 、 S_i 、 CV_i 相关不显著，且相关系数均较小，说明欧式距离值与产量、标准差和变异系数的相关性小；欧式距离值与高稳系数的相关系数为 -0.030 2，说明两者负相关。由此可见，产量、标准差、变异系数及高稳系数等参数对欧式距离值的影响均较小。

表 5 各参数间相关系数
Tab. 5 Correlation index between the related parameters

相关系数 correlation index (r)	产量 yield (\bar{x}_i)	标准差 standard deviation (S_i)	变异系数 coefficient of variation (CV_i)	高稳系数 high stability coefficient (HSC_i)	欧氏距离值 Euclidean distance (D_i)
产量 yield (\bar{x}_i)	1				
标准差 standard deviation (S_i)	0.800 0**	1			
变异系数 coefficient of variation (CV_i)	0.594 6	0.957 8**	1		
高稳系数 high stability coefficient (HSC_i)	0.857 1**	0.376 7	0.095 7	1	
欧氏距离值 Euclidean distance (D_i)	0.130 8	0.265 0	0.278 5	-0.030 2	1

3 讨论

运用变异系数法、高稳系数法及 AMMI 模型对 2011—2013 年度大理州大麦新品种区域试验中 6 个试点 9 个参试品种（系）的高产稳产性进行评价。通过 3 种评价结果的对比可以看到，变异系数法与 AMMI 模型分析结论大致相同，高稳系数法差异稍大。3 种分析方法均能为参试品种（系）的高产稳产性评价提供参考，但它们各有其局限性。

变异系数只是品种表型稳定性的近似测度，很难反映出基因与环境间互作，但是变异系数法计算简便，结合平均产量的散点图可对参试品种（系）的产量潜力和稳定性进行简单的类型划分，育种者可直观的筛选出高产稳产性的品种，此法适用于育种初期大量早代材料的多点无重复试验^[5]。高稳系数法主要是通过参数 HSC_i 的大小

来衡量参试品种高产稳产性的优劣，此法易于计算，结果量化便于排序，在产量试验中具有较好的参考价值，但是 HSC_i 值高的品系存在标准差、变异系数大的现象，如品系 052DM3-3、071DM11-4 的标准差和变异系数虽较大（分别位于第 7，9 位），但由于其产量高（分别居产量位序第 3，2 位），通过计算 HSC_i 值较高，这说明品系的稳定性劣势易被高产掩盖，在实际运用中应配合稳定性参数进行分析效果更好。AMMI 模型是近年来用于试验分析较为流行的方法，不仅能有效揭示环境、基因及基因与环境互作效应对品种稳定性的影响，基于 AMMI 模型的欧氏距离值还可定量地分析品种的稳产性表现，此法在分析时考虑了诸多对品种稳定性具有影响的因素，分析过程严谨，因而在区域试验品种稳产性数据分析中更为可靠^[17-18]。但是此方法在分析过程中对技术人员数据分析能力要求较高，基层农技人员掌握起

来有一定难度。本研究采用 AMMI 模型分析参试品系的高产稳产性时,借鉴 FRANCIS 等的变异系数法将 D_i 值与平均产量结合得到了 9 个参试品系的散点图,通过散点图实现对参试品种的高产稳产性综合评价,如此一来不仅是试验结果的可靠性得到保证,评价结果也较直观更易于理解。

通过 3 种评价方法对大麦新品种(系)高产稳产性分析的比较,在以后的高产稳产性分析中,在条件允许的情况下,应尽可能采用 AMMI 模型进行分析,此法得到的结果可靠性高,对参试品种(系)的产量潜力和稳定性类型划分也更为充分;若需要采用变异系数法,由于其精确性较难保证,在要求较高的试验中应进行多种方法验证;在运用高稳系数法分析试验数据时,应注意高产对品种稳定性劣势的掩盖。综上所述,在具体的分析过程中,不能局限于固定的方法和模型,应结合育种目标和技术能力选择合适的方法,并综合参试品种在试验中的具体表现,尽可能多的收集多年多点数据进行分析,才能对品种的高产稳产性做出更全面的分析。

综合 3 种评价方法,9 个参试品种(系)中,052DM3-8-8、071DM11-7 为高产稳产类型,其中品系 052DM3-8-8 的产量最高,各稳定性参数均较理想,生产潜力最大;品系 052DM3-3、071DM11-4、凤 03-39 容易因环境的变异而影响其产量稳定性,但它们对高产环境具有特殊适应性,可以在其适宜的生产区域进行选择利用;对照品种 S500 及品系凤 03-9、071DM16-1、071DM16-4 为低产稳产或低产不稳产类型,若无特殊适用性,将予以淘汰。值得一提的是,052DM3-8-8、071DM11-7、052DM3-3、071DM11-4、凤 03-39 等品系分别于 2012—2014 年期间提升参加云南省大麦新品种区域试验,目前已分别通过云南省品种登记,其高产稳产特点在省内外多点试验和生产实践中得到了进一步验证。

[参考文献]

- [1] 张群远,孔繁玲. 作物品种区域试验统计分析模型比较[J]. 中国农业科学,2002,35(4): 365.
- [2] 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.
- [3] 胡希远,尤海磊,宋喜芳,等. 作物品种稳定性分析不同模型比较[J]. 麦类作物学报,2009,29(1): 110.
- [4] 李培,华劲松,王清海,等. 几种产量分析法在芸豆多点试验中的应用[J]. 西昌学院学报(自然科学版),2011,25(3): 9.
- [5] 穆培源,庄丽,张吉贞,等. 作物品种稳定性分析方法的研究进展[J]. 新疆农业科学,2003,40(3): 142.
- [6] 温振民,张永科. 用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J]. 作物学报,1994,20(4): 508.
- [7] 毛金雄,夏友霖,漆燕,等. 高稳系数法对花生区试品种(系)的分析[J]. 花生学报,2014,43(2): 59.
- [8] 吴渝生,李本逊,顾红波,等. 甜玉米品种稳定性的 AMMI 模型分析[J]. 华中农业大学学报,2003,22(1): 4.
- [9] 刘丽华,胡远富,陈乔,等. 利用 AMMI 模型分析寒地水稻 3 个品质性状的基因型与环境互作[J]. 作物学报,2013,39(10): 1849.
- [10] 马文广,许自成,李永平,等. 基于 AMMI 模型评价烤烟品种品质性状的稳定性[J]. 云南农业大学学报,2003,18(1): 81.
- [11] 李国强,李江,张睿,等. 大理州大麦育成品种及配套栽培技术[J]. 云南农业科技,2013(3): 50.
- [12] 王兵伟,时成俏,覃德斌,等. 玉米品种丰产性和稳定性分析方法比较[J]. 种子,2009,28(1): 105.
- [13] 刘勇,杨训发,夏仲炎,等. 高稳系数法在作物品种评价上的应用[J]. 安徽农业技术师范学院学报,2000,14(2): 29.
- [14] 张泽,鲁成,向仲怀. 基于 AMMI 模型的家蚕品种稳定性分析[J]. 中国农业科学,1998,31(1): 62.
- [15] 吴为人. 对基于 AMMI 模型的品种稳定性分析方法的一点改进[J]. 遗传,2000,22(1): 31.
- [16] 杨涛,李加纳,唐章林,等. 三种评价品种稳定性方法的比较[J]. 贵州农业科学,2006,34(1): 28.
- [17] 陈勇生,邓海华,刘福业,等. 对应用几种统计模型评价甘蔗品种稳定性的初步比较[J]. 生物数学学报,2012,27(1): 168.
- [18] 何露如,李观康,陈胜勇,等. 用 AMMI 模型分析甘薯品种产量性状的稳定性[J]. 安徽农业大学学报,2014,41(3): 430.