

利用 AMMI 模型分析旱地小麦新品种云麦 70 的稳定性及适应性

乔祥梅¹, 黄锦², 程加省¹, 王志伟¹, 杨金华¹, 谭泽林¹, 于亚雄^{1*} (1. 云南省农业科学院粮食作物研究所/国家小麦改良中心云南分中心, 云南昆明 650205; 2. 云南省农业科学院科研管理处, 云南昆明 650205)

摘要 [目的]评价旱地小麦新品种云麦 70 在不同生态条件下的稳定性及适应性。[方法]利用 AMMI 模型对 2011~2013 年度云南省旱地小麦区域试验产量资料分析, 以期评价云麦 70 的稳定性及适应性。[结果]云麦 70 属高产稳产型品种, 适应地区广。结果还表明, 利用 AMMI 模型分析小麦区试资料可以较好地评价单个品种的表现。[结论]云麦 70 在嵩明、楚雄、文山、临翔等地具有较高的产量, 适宜作为这些地方的主推品种。

关键词 AMMI 模型; 云麦 70; 稳定性; 适应性

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)34-038-03

Application of AMMI Model analysis Stability and Adaptability of Dryland New Wheat Variety Yunmai 70

QIAO Xiang-mei¹, Huang Jin², Chen Jia-sheng¹, YU Ya-xiong^{1*} et al (1. Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/ The National Center for Wheat Improvement of Yunnan Branch, Kunming, Yunnan 650205; 2. Research Department, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650205)

Abstract [Objective] Stability and adaptability of dryland new wheat variety Yunmai 70 in different ecological conditions were analyzed. [Method] The objective of this research was to study the yield ability and stability of dryland new wheat variety Yunmai 70. The AMMI model was adopted to analyze the output data of dryland wheat varieties in regional trial in Yunnan Province from 2011 to 2013. [Result] The result showed that AMMI was a good model to analyze the variety in the regional trial, and Yunmai 70 was the variety with wide adaptability, high yield and higher stability. [Conclusion] It suggests that Yunmai 70 is suitable to cultivate in Wenshan, Chuxiong, Linxiang, Songming and other area.

Key words AMMI model; Yunmai 70; Stability; Adaptability

云麦 70 是楚雄州农业科学研究推广所从云南省农业科学院粮食作物研究所提供的穿梭育种材料中筛选出来的旱地小麦新品种, 原编号为“088-2”, 2015 年通过云南省农作物品种审定委员会审定。该品种幼苗直立, 春性; 生育期 162 d, 株高 96.4 cm; 锥形穗, 长芒, 白壳, 粒色琥珀色, 硬质, 子粒饱满, 熟相好, 易落粒; 穗粒数 38 粒, 千粒重 44.0 g; 耐寒、耐旱、抗条锈病好; 容重 770 g/L, 蛋白质 16.64%, 湿面筋 36.8%, 稳定时间 2.4 min, 硬度指数 69.3; 属高蛋白、高面筋的优质强筋小麦品种。

新育成品种的稳定性、适应性和丰产性是决定其推广应用价值的重要指标。稳定性和适应性表明小麦品种与不同生产环境的互作情况, 而丰产性是评价品种在最适条件下的产量潜力。作物品种区域试验的目的旨在鉴定这些指标。品种间丰产性的差异较易度量, 通常采用方差分析法进行多重比较即可。而品种的稳定性主要决定于基因型与环境互作(G×E)效应的大小。G×E 是一个复杂的生物学现象, 要揭示其规律存在许多困难。采用有效的 G×E 分析方法对正确评价品种的稳定性有至关重要的作用。AMMI 模型(additive main effects and multiplicative interaction model, 简称 AMMI 模型)是目前国际上流行的分析作物品种区域试验数据非常有效的模型, 利用双标图直观地描述品种、地点的产

量及互作效应大小, 应用稳定性参数 D_g 定量地描述各品种稳定性的差异以及各试点对品种鉴别力的大小。该文采用 AMMI 模型、双标图以及稳定性参数(D_g)对 2011~2013 年度云南省旱地小麦区试数据进行了分析, 以期对新品种云麦 70 的稳定性和适应性给出一个较合理的评价。

1 材料与方法

1.1 材料来源 以 2011~2013 年度云南省旱地小麦区域试验各承试点的平均产量为资料进行 AMMI 模型分析。参试品种为 11 个, 选取不同海拔、生态类型和生产水平的 10 个具有代表性的试点同时进行。各试点、品种的代码和平均产量见表 1, 试验统一采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 10 m², 四周设保护行, 全区收获。小区长方形, 采用人工条播称种到行, 均匀播种, 保证 210 万~270 万/hm² 的基本苗。

表 1 2011~2013 年云南省旱地小麦区试品种和试点代码及平均产量

参试品种	品种代码	品种平均产量 kg/hm ²	试验点	代码	地点平均产量 kg/hm ²
文麦 14 号	g1	4 321.778	嵩明	e1	5 192.591
云 10D4-3	g2	4 068.917	大理	e2	2 840.909
靖 06-7	g3	3 975.116	楚雄	e3	4 827.969
凤 121	g4	3 905.128	临翔	e4	4 729.479
凤 1814	g5	3 805.828	普洱	e5	4 797.250
云麦 70	g6	3 809.062	镇雄	e6	4 837.060
云 10D4-5	g7	3 797.003	蒙自	e7	1 599.545
昆麦 098-9	g8	3 772.815	会泽	e8	2 058.133
滇 11-16	g9	3 631.153	易门	e9	2 153.886
玉 108-6	g10	3 447.056	文山	e10	5 259.354
宜麦一号(CK)	g11	3 591.938			

1.2 分析方法

1.2.1 AMMI 模型 AMMI 模型是将方差分析和主成分分

基金项目 云南省农业科学院麦类遗传育种省级创新团队项目(2012HC008); 云南省科技厅科技惠民专项-农业(2014RA056); 国家现代农业小麦产业技术体系建设专项(CARS-3-2-44); 农业部公益性行业(农业)科研专项(201303129)。

作者简介 乔祥梅(1987-), 女, 云南曲靖人, 研究实习员, 硕士, 从事小麦遗传育种研究。*通讯作者, 研究员, 从事小麦遗传育种和栽培研究。

收稿日期 2015-11-10

析结合在一个模型中,同时具有可加和可乘分量的数学模型,其方程式为:

$$y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{i=0}^n \lambda_n \gamma_{gn} \sigma_{en} + \theta_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

式中, y_{ge} 是在环境 e 中基因型 g 的产量, μ 代表总体平均值, α_g 是基因型平均偏差(各个基因型平均值减去总的平均值), β_e 是环境的平均偏差(各个环境的平均值减去总的平均值), λ_n 是第 n 个主成分分析的特征值, γ_{gn} 是第 n 个主成分的基因型主成分得分, σ_{en} 是第 n 个主成分的环境主成分得分, n 是模型主成分分析中主成分因子轴的总个数, θ_{ge} 为残差, ε_{ger} 为误差, 误差等于 y_{ge} 平均值与 r 个重复的单个观察值之间的偏差,并具有可加性。

1.2.2 稳定性参数及双标图。在利用 AMMI 模型的基础上引入稳定性参数。品种的相对稳定性参数就是 IPCA 的 k 维空间中品种离原点的距离 D_g (即欧氏距离), 其计算公式如下:

$$D_g = \sqrt{\sum_{i=0}^n x(\text{IPCA}_{gi})^2}$$

式中, D_g 是品种的稳定性参数, D_g 的大小度量了第 g 个基因型的相对稳定性, 基因型 D_g 值越小越稳定。所谓双标图是在一张图中同时给出品种和地点的图标。可给出以品种、地点平均产量为横坐标、IPCA1 为纵坐标的 AMMI1 的双标图以及以 IPCA1 为横坐标、IPCA2 为纵坐标的 AMMI2 的双标图。

表 2 2011 ~ 2013 年云南省旱地小麦区试的联合方差分析、线性回归分析和 AMMI 模型分析结果

	变异来源	df	SS	MS	F	Prob.
方差分析	总的	659	1 790 647 761.00	2 717 219.667		
	处理	109	1 415 330 111.00	12 984 679.910	19.028 1	0.000 1
	基因	10	34 432 182.06	3 443 218.206	5.045 8	0.000 1
	环境	9	1 290 732 254.00	143 414 694.900	210.163 5	0.000 1
	交互作用	90	90 165 674.75	1 001 840.831	1.468 1	0.005 6
线性回归分析	联合回归	1	2 578 198.91	2 578 198.909	3.778 2	0.052 4
	基因回归	9	7 782 731.22	864 747.913	1.267 2	0.251 8
	环境回归	8	10 607 979.97	1 325 997.496	1.943 2	0.051 6
	残差	72	69 196 764.66	9 610 66.176	1.408 4	0.019 6
	AMMI 模型	PCA1	18	43 060 106.15	2 392 228.120	5.388 4
	PCA2	16	16 841 468.71	1 052 591.795	2.370 9	0.002 0
	PCA3	14	11 617 663.29	829 833.092	1.869 2	0.027 1
	残差	42	18 646 436.60	443 962.776		
	误差	550	375 317 650.10	682 395.728		

2.2 云麦 70 稳定性分析 将每一个品种 IPCA1 ~ 3 空间内的投影点与相应坐标原点的距离, 即各品种基于 IPCA1 ~ 3 的稳定性参数 D_g 列于表 3, g6 (云麦 70) 稳定性参数为 13.531, 处于参试品种的较低水平, 说明该品种稳定性较好。结合其产量均值, g6 (云麦 70) 为高产稳产型品种。

2.3 云麦 70 适应性分析 品种适应性大小取决于品种与试点正向交互作用的大小, 可用 AMMI 双标图形象地表示。AMMI1 双标图是以平均产量为 X 坐标轴, IPCA1 值为 Y 坐标轴作成的图形, 图中过零点水平线上下的品种与位于同侧地

2 结果及分析

2.1 试验结果的方差分析、线性回归分析与 AMMI 分析 2011 ~ 2013 年云南省旱地小麦区域试验的联合方差及 AMMI 分析结果(表 2)表明, 基因型效应、环境效应和基因型 × 环境交互效应 ($G \times E$) 对产量的影响均达到极显著水平, 环境即试点间变异平方和 (SS) 占整个处理平方和的 91.20%, 基因型即品种间的平方和仅占 2.43%, 而品种和试点的交互作用却占 6.37%。说明试点间的变异占了主要部分, 而交互作用的变异又明显大于品种间的变异, 二者分别为品种效应的 37.53 倍和 2.62 倍。因此, 进行品种的稳定性分析很重要。从线性回归来看, 联合回归、基因回归和环境回归三者加起来仅解释了互作 SS 的 23.26%, 残差较大, 占 76.74%, 说明回归模型解释的互作少, 回归模型对该文试验数据拟合不够好, 应对其进一步分析。

对交互主成分的分析 IPCA 的显著性进行近似 F 测验表明, IPCA 1 ~ 2 轴极显著, 分别解释了 $G \times E$ 互作 SS 的 47.76%、18.68%, IPCA3 轴显著, 解释了 $G \times E$ 互作 SS 的 12.88%, 3 个 IPCA 轴加起来解释了 $G \times E$ 互作 SS 的 79.32%, 将剩余不显著的 IPCA 合并为残差, 残差仅为 20.68%。这充分说明 AMMI 模型比较透彻地分析了 $G \times E$ 互作信息。AMMI 模型明显优于传统的回归模型, 可有效地克服线性回归分析方法在评价品种稳定性方面所存在的局限性。

点之间及临近试点有正的互作, 即从 AMMI 图可初步看出品种在各试点上的适应性^[2]。由图 1 可知, 在横轴方向上地点比品种更分散, 地点的变异大于品种的变异。也就是说, 同一品种在各地表现的产量差异较大, 同一地点的各品种产量差异相对较小。从双标图还可以看出, g6 (云麦 70) 平均产量高于对照 g11 (宜麦一号), IPCA1 值大于 g11 (宜麦一号), 离 IPCA1 零值较远, 表明 g6 (云麦 70) 在各地的产量表现存在较大差异, 与环境因素互作明显。

表3 品种在显著的交互主成分轴上的得分及稳定性参数

品种代码	品种平均产量 kg/hm ²	离差 SD _i	PCA1	PCA2	PCA3	D _g	位次
g1	4 321.778	492.161	-5.235	10.768	5.616	13.224	8
g2	4 068.917	239.299	-2.140	8.728	-6.115	10.869	10
g3	3 975.116	145.498	2.815	5.955	-4.524	7.991	11
g4	3 905.129	75.511	16.977	10.307	-9.867	22.177	5
g5	3 805.828	-23.790	4.623	11.399	-0.616	12.316	9
g6	3 809.062	-20.555	8.557	5.611	8.853	13.531	7
g7	3 797.003	-32.615	-25.602	-10.957	-25.708	37.900	1
g8	3 772.815	-56.803	-28.167	9.189	16.964	34.141	2
g9	3 631.154	-198.464	-0.654	-20.288	5.477	21.024	6
g10	3 447.056	-382.562	28.404	-8.557	-2.047	29.736	3
g11	3 591.938	-237.680	0.420	-22.156	11.964	25.183	4

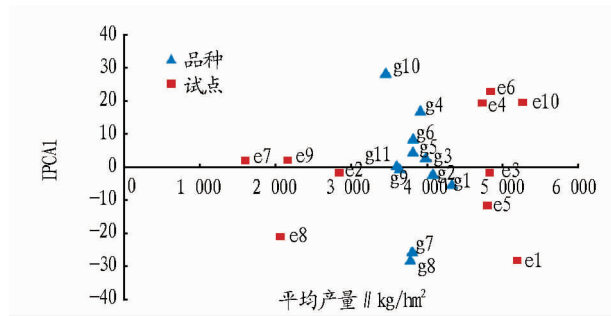


图1 AMMI1 双标图

为进一步解释 G × E 交互作用,有效鉴别品种对环境的敏感程度,作出 AMMI2 模型双标图。AMMI2 双标图可直观地比较各品种在各试点的交互作用大小和分析互作模式^[3],它的横坐标对应于品种和试点的 IPCA1 得分,而纵坐标对应于 IPCA2 得分,在 AMMI2 双标图上越接近坐标原点的品种(或试点)越稳定。若品种在试点与原点连线或穿过试点外延线的垂直投影距原点越远,则表明该品种在该试点特殊适应性越好,反之亦然。从图2可以看出,g6(云麦70)在 e1(嵩明)、e8(会泽)地点图标与原点的连线上有最小的垂直投影,表明它在这两地点的 G × E 交互作用小,而在 e10(文山)、e6(镇雄)、e4(临翔)、e3(楚雄)与原点的连线上有较大的垂直投影,表明在这些地点具有较好的适应性。从 AMMI 模型拟合产量以及实际产量来看,云麦70在楚雄、临翔、嵩明、镇雄和文山均可以取得较高的产量,充分展示了它的丰产性,是一个高产新品种。

3 结论与讨论

小麦新品种的选育一方面以丰产性作为主要鉴定指标,还要坚持在高产前提下的稳定性及适应性,重视其基因型与环境、年份等条件的适应性和产量稳定性的综合评判。AM

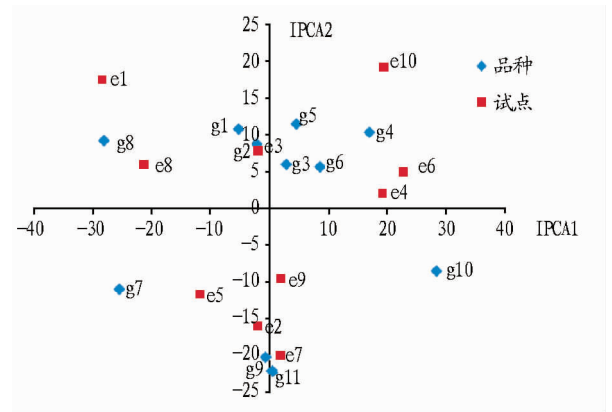


图2 AMMI2 双标图

MI 模型集方差分析和主成分分析于一体,与现在通用的区域试验分析方法相比较,对地点和品种互作的分析比较透彻。AMMI 双标图提供了形象直观的图形,为研究具体的品种与环境互作及品种稳定性差异评价提供了一条方便的途径^[4]。该研究结果表明,云麦70与环境因素互作明显,丰产性好,对某些地区有特殊的适应性。实际产量和 AMMI 模型拟合值表明这种特殊的适应性表现为高产,云麦70在嵩明、楚雄、文山、临翔等地都具有较高的产量,适宜作为这些地方的主推品种。

参考文献

- [1] 南京农业大学. 田间试验和统计方法[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 1999: 191-197.
- [2] 高海涛, 王书子, 王翠玲, 等. AMMI 模型在旱地小麦区域试验中的应用[J]. 作物学报, 2003, 23(4): 43-46.
- [3] 王磊, McLAREN C G, 杨仕华. 利用双标图分析作物区试数据[J]. 生物数学学报, 1997, 12(5): 557-562.
- [4] 包齐军. AMMI 模型在啤酒大麦区域试验中的应用[J]. 作物杂志, 2012(2): 130-134.