

甜玉米产量相关性状的 AMMI 模型分析

李广昌¹, 倪秋凉², 王志纯³

(1. 福建省龙岩市新罗区种子站 364000; 2. 福建省龙岩市新罗区农业局;
3. 福建省种子总站)

摘 要: 应用 AMMI 模型分析方法对福建省 2008 ~ 2011 年连续 4 年甜玉米区域试验数据进行产量相关性状分析, 结果表明: 以基因型效应为主的有株高、穗位高、穗长、穗行数, 以环境效应为主的有产量、出苗至采收日数、穗粗, 以基因型与环境互作效应为主的有行粒数、鲜百粒重; 性状的稳定性以穗长、穗粗、穗行数最好, 其次为出苗至采收日数、行粒数、鲜百粒重, 第三为株高、穗位高, 最差为产量; 不同性状在不同生态条件下表现出不同的基因型与环境互作效应。

关键词: 甜玉米; 区域试验; 品种; 环境; AMMI 模型

AMMI model analysis on the traits related to yield of sweet corn

LI Guang-chang¹, NI Qiu-liang², WANG Zhi-chun³

(1. Xinluo District Seed Management Station of Longyan City, Fujian Province 364000;

2. Xinluo District Agriculture Bureau, Fujian Province; 3. Fujian Seed General Station, Fujian Province)

Abstract: The yield-correlated characters of sweet corn were analyzed by AMMI model analyzing method based on the regional trial data of sweet corn in 2008 – 2011 in Fujian. The results showed that plant height, height of ear location, ear length and rows per ear were determined by genotype effect, and the yield, days from emergence to harvesting, ear thickness were determined by environment effect, and grain number per row and fresh weight of 100 grains were determined by genotype × environment interaction effect. As the traits stability, the best were ear length, ear thickness and rows per ear, and the secondly were days from emergence to harvesting, grain number per row and fresh weight of 100 grains, and the thirdly were plant height, height of ear location, the poorest was yield. And different traits showed different genotype × environment interaction effect under different ecological condition.

Key words: Sweet corn; regional test; variety; environment; AMMI model

随着人们生活水平的提高, 甜玉米作为新型果蔬型食品, 消费量不断增加, 具有良好的发展前景, 促进了甜玉米育种及生产的迅速发展。甜玉米产量相关性状主要受基因型和环境共同影响, 前人应用 AMMI 模型分析了水稻^[1]、小麦^[2]、油菜^[3]等作物品种联合区域试验资料, 均取得较好的成效。因此, 本研究以 2008 ~ 2011 年福建省甜玉米区域试验的 45 个(次)品种数据为研究材料, 通过考察各品种的产量、出苗至采收日数、株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、鲜百粒重等 9 个产量相关性状, 应用 AMMI 模型分析参试品

种 9 个性状的基因型与环境的互作关系, 为甜玉米的育种、引种和利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

采用福建省种子总站汇编的福建省 2008 ~ 2011 年连续 4 年甜玉米区域试验数据进行产量相关性状分析, 各年参试品种列于表 1。

1.2 区域试验基本情况

2008 ~ 2011 年 4 年的田间试验均于春季进行, 安排在福建省不同生态条件的莆田、龙海、明溪、建阳、福安、漳平 6 个代表性地点种植。按照福建省甜玉米新品种区域试验方案实施, 各试点均采用随机区组设计, 2 次重复, 6 行区, 面积 18 m², 育苗移栽, 畦带沟宽 1.2 m, 每 667 m² 种植 3200 株,

收稿日期: 2013 - 08 - 09

作者简介: 李广昌, 男, 1963 年生, 教授级高级农艺师。

四周设同品种保护行,耕作措施与当地大田生产相同。观察记载各品种的播种期、出苗期、散粉期、吐丝期、采收期;实收中间4行鲜果穗产量,选取有代表性的10株考查株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、鲜百粒重。

表1 2008~2011年福建省甜玉米区域试验品种及数量

年份	品种数	品种名称
2008	11	上品、合欢95、闽甜309、金珠蜜、奥甜8502、粤甜3号(CK)、广甜6号、SSC016、田蜜2号、田蜜1号、台超甜8号
2009	12	SBS910、上品、闽甜4号、黄甜168、金银818、粤甜3号(CK)、广甜6号、丰甜9606、农宝3号、阿金、麦根娜姆、SBS905
2010	10	甜2021、金皇甜一号、闽甜4号、SBS903、农科玉甜1号、粤甜3号(CK)、丰甜9606、金美珍、永珍一号、福甜2098
2011	12	甜2021、SBS901、粤甜3号(CK ₁)、金珍珠、黄甜168、金皇甜一号、世诚甜26、华宝甜8号、永珍一号、SBS902、粤甜16号(CK ₂)、榕甜2号

1.3 统计分析方法

应用AMMI模型分析方法^[4]进行各性状的基因型与环境变异分析。首先进行联合方差分析,在基因型与环境互作效应显著的基础上按AMMI模型进行稳定性分析,记为 D ,其值越小则品种稳定性越高。所有数据分析均采用DPS数据处理系统和Microsoft Excel 2003软件分析。

2 结果与分析

2.1 甜玉米产量相关性状的AMMI模型分析

对2008~2011年区试产量相关性状的联合方差分析、AMMI模型分析和基因型(G)、环境(E)及基因型(G)与环境(E)互作效应(以下简称“ $G \times E$ 互作效应”)占总效应的比率分别列于表2。联合方差分析结果表明,产量、株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数7个性状的基因型效应、环境效应、 $G \times E$ 互作效应的大小因年份和地点的不同而有一定的差异;出苗至采收日数性状以环境效应为主;鲜百粒重性状以 $G \times E$ 互作效应为主, $G \times E$ 互作对性状的影响较大,对 $G \times E$ 交互作用进行分解分析是必要的。

从表2数据分析可以看出,2008~2011年基因型效应、环境效应、 $G \times E$ 互作效应占总变异效应

比较的幅度,产量性状分别为20.02%~26.20%、22.31%~53.05%、26.93%~41.49%;出苗至采收日数性状分别为7.20%~32.21%、60.44%~88.83%、3.98%~14.94%;株高性状分别为33.08%~61.03%、7.93%~54.36%、10.62%~32.92%;穗位高性状分别为38.03%~68.00%、11.51%~34.18%、8.25%~47.38%;穗长性状分别为25.93%~61.55%、6.36%~16.44%、32.08%~57.62%;穗粗性状分别为9.12%~49.32%、24.42%~51.8%、26.25%~36.94%;穗行数性状分别为35.19%~74.34%、0.85%~15.38%、22.12%~63.95%;行粒数性状分别为25.38%~43.06%、16.89%~41.04%、31.97%~55.03%;百粒重性状分别为17.91%~36.88%、12.00%~35.40%、45.79%~60.84%。从2008~2011年基因型效应、环境效应、 $G \times E$ 互作效应占总变异效应的平均值分析可见,9个考察性状以基因型效应为主的有株高(40.66%)、穗位高(51.18%)、穗长(49.17%)、穗行数(55.17%);以环境效应为主的有产量(42.59%)、出苗至采收日数(71.69%)、穗粗(38.16%);以 $G \times E$ 互作效应为主的有行粒数(40.72%)、百粒重(51.34%)。试验结果表明,不同性状在不同生态环境下表现出不同的基因型与环境互作效应,由此得到以下启示:福建省今后选育甜玉米品种时,在进行相关性状选择时,需参考目标性状的基因型、环境、 $G \times E$ 互作效应值进行育种、引种和栽培,才可提高效率。在不同生态环境条件下,不同类型品种的调控途径有所不同,应采用地区控制与品种搭配相结合的策略。

2.2 甜玉米产量相关性状稳定性参数分析

考察互作部分前3个主成分(IPCA1、IPCA2、IPCA3)分量值,能对9个产量相关性状的稳定性做出较准确的判断。分析2008~2011年AMMI互作部分前3个主成分表达的 $G \times E$ 互作占 $G \times E$ 总互作的比率,4年平均值为:产量为86.94%,出苗至采收日数为90.44%,株高为81.37%,穗位高为91.64%,穗长为92.78%,穗粗为87.98%,穗行数为88.74%,行粒数为88.96%,百粒重为85.70%。分析结果表明,前3个主成分值占互作的比率大,判断性状的稳定性较准确。

表 2 甜玉米产量相关性状的年际间变化及 AMMI 模型分析

变异来源	2008			2009			2010			2011			平均
	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占 总 效 应, 以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占 总 效 应, 以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占 总 效 应, 以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占 总 效 应, 以及 IPCA 占 交互效应 (%)	
产量													
总的	65	1360221.00		71	3430918.00		59	2780693.00		83	5953230.00		
基因型	10	292774.10 **	21.52	11	1242135.00 **	26.20	9	556759.60 **	20.02	11	1500453.00 **	25.20	23.24
环境	5	612909.00 **	45.06	5	765464.40 **	22.31	5	1475059.00 **	53.05	6	2735575.00 **	45.95	42.59
交互作用	50	454538.10	33.42	55	1423318.00 **	41.49	45	748873.70	26.93	66	1717202.00 **	28.84	32.67
IPCA1	14	254458.70	55.98	15	994637.80	69.89	13	408043.00	54.49	16	1061875.00	61.84	60.55
IPCA2	12	101719.80	22.38	13	222177.10	15.61	11	235076.90	31.39	14	358416.90	20.87	22.56
IPCA3	10	0.00	0.00	11	106570.70	7.49	9	0.00	0.00	12	134260.00	7.82	3.83
误差	14	98359.67		16	99932.39		12	105753.80		24	162650.60		
AMMI 解释交互			78.36			92.99			85.88			90.53	86.94
出苗至采摘天数													
总的	65	1286.12		71	5493.11		59	1863.25		83	5720.24		
基因型	10	304.79 **	23.70	11	395.44 *	7.20	9	600.08 **	32.21	11	836.52 **	14.62	19.43
环境	5	789.21 **	61.36	5	4879.28 **	88.83	5	1126.15 **	60.44	6	4355.74 **	76.15	71.69
交互作用	50	192.12 **	14.94	55	218.39	3.98	45	137.02 *	7.35	66	527.98 **	9.23	8.88
IPCA1	14	123.30	64.18	15	125.46	57.45	13	64.00	46.71	16	415.73	78.74	61.77
IPCA2	12	39.08	20.34	13	50.50	23.12	11	43.11	31.46	14	52.82	10.00	21.23
IPCA3	10	16.35	8.51	11	0.00	0.00	9	22.21	16.21	12	26.70	5.05	7.44
误差	14	13.39		16	42.42		12	7.70		24	32.73		
AMMI 解释交互			93.03			80.57			94.38			93.79	90.44
株高													
总的	65	80134.76		71	70392.36		59	79164.43		83	89796.76		
基因型	10	28062.96 **	35.02	11	23584.59 **	33.5	9	26186.30 **	33.08	11	54806.31 **	61.03	40.66
环境	5	43560.55 **	54.36	5	23633.68 **	33.57	5	32231.57 **	40.71	6	7122.93 **	7.93	34.14
交互作用	50	8511.25	10.62	55	23174.09 **	32.92	45	20746.57 **	26.21	66	27867.53 **	31.03	25.19
IPCA1	14	0.00	0.00	15	18769.28	81	13	14541.14	70.01	16	18148.43	65.12	54.03
IPCA2	12	2828.37	33.23	13	2538.04	10.95	11	3811.62	18.37	14	5768.66	20.70	20.81
IPCA3	10	729.47	8.50	11	1163.37	5.02	9	1216.52	5.86	12	1875.91	6.73	6.53
误差	14	4953.41		16	703.40		12	1177.29		24	2074.52		
AMMI 解释交互			41.73			96.97			94.24			92.55	81.37
穗位高													
总的	65	46679.06		71	41331.40		59	22097.51		83	46673.63		
基因型	10	26875.05 **	57.57	11	16991.45 **	41.11	9	8403.82 **	38.03	11	31739.78 **	68.00	51.18
环境	5	15952.87 **	34.18	5	4758.05 **	11.51	5	6731.47 **	30.46	6	9611.03 **	20.59	24.19

续表 2:

变异来源	2008			2009			2010			2011			平均
	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效应 ，以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效应 ，以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效应 ，以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效应 ，以及 IPCA 占 交互效应 (%)	
交互作用	50	3851.14	8.25	55	19581.90 **	47.38	45	6962.22 **	31.51	66	5322.83 **	11.40	24.64
IPCA1	14	1853.41	48.13	15	15284.34	78.05	13	5313.82	76.32	16	2422.70	45.52	62.01
IPCA2	12	892.59	23.18	13	2072.52	10.58	11	924.00	13.27	14	1375.75	25.85	18.22
IPCA3	10	593.02	15.40	11	1374.24	7.02	9	510.22	7.33	12	844.60	15.87	11.41
误差	14	512.11		16	850.80		12	214.19		24	679.79	87.24	
AMMI 解释交互			86.71			95.65			96.92				91.63
穗长													
总的	65	343.41		71	118.09		59	133.09		83	222.05		
基因型	10	89.06 **	25.93	11	72.69 **	61.55	9	74.37 **	55.88	11	118.36 **	53.30	49.17
环境	5	56.47 **	16.44	5	7.51 **	6.36	5	8.55 **	6.42	6	32.03 **	14.42	10.91
交互作用	50	197.88 **	57.62	55	37.89 **	32.08	45	50.17 **	37.70	66	71.66 **	32.27	39.92
IPCA1	14	129.77	65.56	15	23.84	62.92	13	25.99	51.80	16	36.48	50.91	57.80
IPCA2	12	36.06	18.22	13	8.37	22.09	11	17.14	34.16	14	15.70	21.91	24.10
IPCA3	10	18.82	9.51	11	2.82	7.44	9	5.95	11.86	12	10.53	14.69	10.88
误差	14	13.23		16	2.86		12	1.09		24	8.95		
AMMI 解释交互			93.29			92.45			97.82			87.51	92.77
穗粗													
总的	65	9.53		71	10.36		59	11.93		83	45.59		
基因型	10	3.06 **	32.11	11	5.11 **	49.32	9	1.88 **	15.76	11	4.16 **	9.12	26.58
环境	5	2.95 **	30.95	5	2.53 **	24.42	5	6.18 **	51.80	6	26.20 **	45.46	38.16
交互作用	50	3.52 *	36.94	55	2.72	26.25	45	3.87 **	32.44	66	15.22 **	33.38	32.25
IPCA1	14	1.38	39.20	15	1.29	47.43	13	2.09	54.01	16	13.85	91.00	57.91
IPCA2	12	1.27	36.08	13	0.61	22.43	11	1.32	34.11	14	0.57	3.75	24.09
IPCA3	10	0.55	15.63	11	0.00	0.00	9	0.32	8.27	12	0.00	0.00	5.98
误差	14	0.32		16	0.82		12	0.13		24	0.80		
AMMI 解释交互			90.91			69.86			96.39			94.75	87.98
穗行数													
总的	65	123.94		71	288.22		59	139.74		83	220.27		
基因型	10	62.04 **	50.06	11	214.27 **	74.34	9	49.18 **	35.19	11	134.51 **	61.07	55.17
环境	5	19.06 **	15.38	5	10.19 **	3.54	5	1.19	0.85	6	25.60 **	11.62	7.85
交互作用	50	42.83 *	34.56	55	63.75 **	22.12	45	89.37 **	63.95	66	60.16 *	27.31	36.99
IPCA1	14	18.52	43.24	15	37.07	58.15	13	65.87	73.70	16	24.25	40.31	53.85
IPCA2	12	13.15	30.70	13	13.20	20.71	11	11.32	12.67	14	11.65	19.37	20.86
IPCA3	10	6.06	14.15	11	7.49	11.75	9	8.16	9.13	12	12.69	21.09	14.03
误差	14	5.10		16	6.00		12	4.01		24	11.58		

表 2,续完

变异来源	2008			2009			2010			2011			平均
	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效 应,以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效 应,以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效 应,以及 IPCA 占 交互效应 (%)	DF	SS	基因型、 环境及其 交互效应 占总效 应,以及 IPCA 占 交互效应 (%)	
AMMI 解释交互			88.09			90.61			95.50			80.77	88.74
行粒数													
总的	65	1281.32		71	871.15		59	1147.45		83	1855.87		
基因型	10	325.19 **	25.38	11	375.14 **	43.06	9	447.45 **	39.00	11	521.10 **	28.08	33.88
环境	5	525.79 **	41.04	5	217.48 **	24.96	5	214.53 **	18.80	6	313.54 **	16.89	25.52
交互作用	50	430.33 *	33.58	55	278.53	31.97	45	485.47 *	42.31	66	1021.22 **	55.03	40.72
IPCA1	14	143.51	33.35	15	116.82	41.94	13	247.94	51.07	16	549.99	53.86	45.06
IPCA2	12	171.78	39.92	13	76.77	27.56	11	131.61	27.11	14	222.33	21.77	29.09
IPCA3	10	72.86	16.93	11	45.54	16.35	9	67.22	13.85	12	123.42	12.09	14.81
误差	14	42.19		16	39.39		12	38.69		24	125.48		
AMMI 解释交互			90.20			85.85			92.03			87.72	88.95
百粒重													
总的	65	2362.66		71	2328.80		59	1426.90		83	1570.95		
基因型	10	444G.56 **	18.82	11	570.55 **	24.50	9	526.22 **	36.88	11	281.42 *	17.91	24.53
环境	5	836.28 **	35.40	5	648.97 **	27.87	5	171.29 **	12.00	6	333.72 **	21.24	24.13
交互作用	50	1081.82 *	45.79	55	1109.28	47.63	45	729.39 *	51.12	66	955.81	60.84	51.34
IPCA1	14	380.64	35.19	15	410.30	36.99	13	342.24	46.92	16	358.52	37.51	39.15
IPCA2	12	316.01	29.21	13	314.94	28.39	11	200.88	27.54	14	223.14	23.34	27.12
IPCA3	10	274.39	25.36	11	208.81	18.82	9	116.00	15.90	12	168.66	17.65	19.43
误差	14	110.78		16	175.23		12	70.26		24	205.49		
AMMI 解释交互			89.76			84.20			90.36			78.50	85.71

品种的稳定性（记为 D ）， D 值越小则品种（性状）越稳定。将 2008 ~ 2011 年福建省甜玉米产量相关性状稳定性参数年际间变化数据列于表 3。从表 3 平均 D 值可看出，穗长、穗粗、穗行数性状的稳定性 D 值幅度为 0.46 ~ 1.00，稳定性好，受栽

培环境及 $G \times E$ 交互效应影响较小；其次为出苗至采收日数、行粒数、百粒重（1.44 ~ 1.96）；第三为株高（3.77）；最差为产量（10.30），受栽培环境及 $G \times E$ 交互效应影响较大。

表 3 甜玉米产量相关性状稳定性参数 (D 值) 年际间变化

年份	产量	出苗至 采收日数	株高	穗位高	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	百粒重
2008	7.74	1.36	2.29	2.76	1.15	0.50	0.95	1.65	1.96
2009	11.26	1.48	4.03	3.92	0.80	0.35	0.94	1.34	1.95
2010	9.77	1.29	4.25	3.03	1.04	0.50	1.14	1.77	1.95
2011	10.69	1.58	4.24	2.95	0.98	0.46	0.95	1.75	1.86
平均	10.30	1.44	3.77	3.18	0.94	0.46	1.00	1.64	1.93