

引用格式:

唐仕云, 杨荣仲, 杨祖丽, 卢文, 周会, 经艳, 王南通, 谭宏伟. 不同生态环境下甘蔗组合的生长表现和适应性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2020, 46(4): 393–401.

TANG S Y, YANG R Z, YANG Z L, LU W, ZHOU H, JING Y, WANG N T, TAN H W. Growth performance and adaptability of sugarcane combinations under different ecological environments[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2020, 46(4): 393–401.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



不同生态环境下甘蔗组合的生长表现和适应性

唐仕云¹, 杨荣仲¹, 杨祖丽², 卢文³, 周会¹, 经艳¹, 王南通³, 谭宏伟⁴

(1.广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所, 广西 南宁 530007; 2.广西来宾市兴宾区经济作物推广站, 广西 来宾 546100; 3.广西崇左市扶绥县农业科学研究所, 广西 崇左 531000; 4.广西壮族自治区农业科学院, 广西 南宁 530007)

摘要:以2017—2018年组配的119个甘蔗组合为材料,分别在广西的南宁、崇左、来宾同时开展组合评价试验,基于锤重性状进行联合方差分析和遗传参数估计,并采用回归分析和AMMI模型对组合进行稳定性分析。结果表明:不同的组合、环境及组合与环境互作在锤重间的差异均达到了极显著水平($P < 0.01$);3个试验点锤重的广义遗传率均属于中等偏低水平;崇左、来宾试验点的锤重变异系数较大,南宁试验点的锤重变异系数较小;643、404、575、972、636、144、YC95、1470、755、409、701、832、YC37、579等组合表现出高产、稳产和适应性广的特性;结合锤重和组合入选率综合分析,组合449、YC127、796、YC44、533、570、YC123、391、546、403、YC90、252在南宁试验点的表现为锤重和组合入选率较高;组合643、212、YC61、432、903、YC95、YC44、368、YC83、YC127、YC112、701、411、YC90、YC123在崇左试验点的表现为锤重和组合入选率较高;组合643、404、449、144、403、YC48在来宾试验点的表现为锤重和组合入选率较高。

关键词:甘蔗;组合;锤重;稳定性;适应性

中图分类号: S566.103.7 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2020)04-0393-09

Growth performance and adaptability of sugarcane combinations under different ecological environments

TANG Shiyun¹, YANG Rongzhong¹, YANG Zuli², LU Wen³, ZHOU Hui¹, JING Yan¹, WANG Nantong³, TAN Hongwei⁴

(1.Sugarcane Research Institute of Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China; 2.Xingbin Economic Crop Promotion Station, Laibin, Guangxi 546100, China; 3.Fusui Agricultural Science Research Institute, Chongzuo, Guangxi 531000, China; 4.Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China)

Abstract: The experiments of sugarcane combination evaluation with 119 combinations from 2017 to 2018 crossing season were conducted in Nanning, Chongzuo and Laibin of Guangxi province. The complex variance analysis and evaluation of genetic parameters in brix weight were took into account as well as the combination stability was analyzed by the regression analysis model and AMMI model. The results showed that differences of brix weight among combinations, environments and interaction between environments and combinations were both highly significant ($P < 0.01$), and the broad-sense heritability of brix weight belonged to medium level or slightly lower in 3 sites. In both Chongzuo and Laibin, variation coefficients of brix weight were large, but that in Nanning was small. The combinations, 643, 404, 575, 972, 636, 144, YC95, 1470, 755, 409, 701, 832, YC37 and 579 performed high yield, high genetic stability

收稿日期: 2019-09-02

修回日期: 2019-10-06

基金项目: 广西创新驱动发展专项(桂科 AA17202042-4); 国家甘蔗产业技术体系建设专项(CARS_17015); 国家现代农业产业技术体系广西甘蔗创新团队建设专项(gjnytxgxcxtid-03-01)

作者简介: 唐仕云(1978—), 男, 广西资源人, 博士, 副研究员, 主要从事甘蔗新品种选育研究, tangshiyunok@163.com

and stronger adaptability. The result of comprehensive analysis in both brix weight and selection rate of combination showed that the combinations 449, YC127, 796, YC44, 533, 570, YC123, 391, 546, 403, YC90 and 252 performed high brix weight and high selection rate of combination in Nanning. The combinations 643, 212, YC61, 432, 903, YC95, YC44, 368, YC83, YC127, YC112, 701, 411, YC90 and YC123 demonstrated high brix weight and high selection rate of combination in Chongzuo. The combinations, 643, 404, 449, 144, 403 and YC48 had high brix weight and high selection rate of combination in Laibin.

Keywords: sugarcane; combination; brix weight; stability; adaptability

甘蔗是中国最重要的糖料作物,对保障国家的食糖安全具有重要作用。甘蔗新品种的选育和推广,为甘蔗的种植生产提供了重要的物质基础。目前,国内外通过大量的甘蔗家系试验,对甘蔗的常用亲本和组合进行评价,筛选出大量优良的亲本和组合,显著提高了甘蔗育种的效率^[1-4]。高产和高糖聚合育种是甘蔗育种的主要目标^[5]。在甘蔗育种的实生苗阶段,锤重综合了甘蔗产量和锤度2个因素,是反应甘蔗含糖量大小的综合性状之一,也是衡量甘蔗有性世代综合表现的重要指标^[6],常作为分析甘蔗实生苗群体^[5]和家系评价^[7]的重要目标性状。

利用作物基因型与环境互作,进行品种稳定性及广泛适应性育种,已成为提高作物生产力的重要途径之一^[8]。研究人员对甘蔗新品种与环境的互作进行了大量的研究^[9-12],普遍认为甘蔗品种与环境的互作广泛存在。邓祖湖等^[13]采用稳定性分析方法,研究不同生态环境对甘蔗产量和品质性状的反应,预测了基因型的生产能力和推广范围。但在广

西的不同生态环境条件下,甘蔗组合的遗传表现、组合与环境的互作及组合的适应性研究,尚少见报道。本研究中,在广西的3个不同甘蔗主产区进行甘蔗组合的联合试验,研究组合与环境的互作关系,旨在为筛选适宜广西不同甘蔗主产区的优良组合及甘蔗分区育种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为2018年广西农业科学院甘蔗研究所配制的实生苗,共选取了119个组合。组合代号为纯阿拉伯数字的组合为广西农业科学院甘蔗研究所海南甘蔗育种基地配制的组合;组合代号以YC开头的组合是委托海南甘蔗育种场配制的组合。所用亲本以桂糖系列新品种(系)为主,同时涵盖了来自广东、云南、福建、台湾及国外的系列亲本。组合及亲本信息详见表1。

表1 参试组合的组合代号及亲本信息

Table 1 Combination number and parent information

组合代号	亲本信息	组合代号	亲本信息	组合代号	亲本信息
2	HoCP00-961×YG22	397	GT06-1264×YZ05-51	758	YT91-976×GT05-1822
51	GT09-98×YG22	398	GT06-178×K84-69	768	YG39×GT10-3006
58	GT06-1215×Q127	403	GT06-3283×GT04-1001	796	TaiY15×GT91-116
94	GT07-229×GT04-1545	404	GT06-3283×PR83-1248	832	YT91-976×GT03-1403
142	GT06-1215×FR93-979	405	GT07-229×LC03-1137	838	GT05-1141×YuanL8
143	GT07-229×GT04-2679	409	GT11-08×GC1-2003	841	GT05-1141×GT10-3006
144	GT08-10×GT04-2679	411	GT11-08×K84-69	903	GT08-212×GT94-10
147	GT06-1238×GT04-2679	412	HHR11-52×GT08-272	908	GT05-3217×LT07-95
149	GT04-112×GT00-122	414	ROC1×GT09-792	932	YT91-976×CP06-2422
169	CP09-4257×YZ05-51	427	CP94-1100×GT06-244	972	GT08-212×FR98-53
170	GT06-1215×YZ06-80	428	CP94-1100×YT93-373	1021	GT10-2055×GT08-13
174	GT04-112×L5-8	432	GT04-1560×CP84-1198	1027	K86-138×YT93-373
178	GT04-2645×YunY06-9	437	GT05-ym3×YZ05-51	1074	GT06-1184×K84-69
209	GT07-229×FR93-979	449	FR00-306×LT07-95	1467	GT06-1264×GT03-2309
212	GT06-1215×GT06-1238	451	GT05-wm3×LC05-129	1470	YT91-976×LC03-1137
223	GT04-151×CP01-1178	455	GT11-80×GT06-244	1474	GT05-wm3×CP94-1100
235	GT05-3235×CP01-1178	489	LC03-296×GT04-1023	1479	GT06-244×GT08-10

表 1(续)

组合代号	亲本信息	组合代号	亲本信息	组合代号	亲本信息
240	FR93-257×FN98-10	500	YZ99-596×CP94-1100	1480	GT93-102×GT06-244
241	FR93-257×GT04-1001	505	GT11-639×GT03-2309	YC110	YT94-128×ROC25
252	GT05-1212×YZ05-51	506	GT03-2309×CP00-1630	YC112	YT99-66×ROC22
253	YZ99-596×CP01-1178	511	GT08-13×FR93-439	YC119	ZZ41×ROC22
265	GT05-1141×GT08-1235	517	GT06-178×FN0335	YC123	ZZ49×ROC25
269	GT10-2018×YC07-71	523	GT04-1512×VMC96-7	YC127	ZZ50×ROC22
274	YC90-33×GT03-2039	533	GT05-wm3×GT96-211	YC17	ROC25×GT73-167
290	FR93-257×GT06-244	546	GT05-ym3×GT10-2018	YC21	ROC25×YT00-318
291	FR93-257×GT07-229	561	GT06-244×GT10-3006	YC27	ROC28×YT00-236
302	GT03-591×YC90-33	570	GT02-1247×GT11-639	YC33	FN02-6427×ZT12-01
315	GT06-178×YC90-33	575	YZ99-596×YT00-236	YC37	GT00-122×ROC26
316	GT06-3283×CP01-1178	579	YT00-236×CP01-2390	YC44	GT02-761×ROC22
318	GT10-2055×YunY96-454	600	Co1001×GT06-244	YC47	GT02-901×YT96-86
321	ROC1×GT04-1001	626	GT07-229×YunY07-70	YC48	GT02-901×YZ89-7
333	YZ99-596×GT08-1235	636	GT06-244×CP84-1198	YC50	GT03-8×YT00-319
344	GT04-151×HHR11-52	643	YT00-236×PR83-1248	YC57	GT06-1721×YT03-373
368	CP94-1100×GT08-1497	644	YN91-600×YT00-236	YC61	GT94-119×ROC22
370	FR00-301×GT07-625	651	FN1110×GT08-336	YC79	LC05-136×YC07-71
373	FR93-257×Co1001	652	FN1110×CP94-1100	YC8	ROC22×GT03-3005
375	FR93-257×GT10-3006	673	GT09-1743×YC89-7	YC83	LC05-136×YT93-159
378	FR93-257×SP80-3280	701	YuanL7×YT00-236	YC90	LC12-292×ROC22
379	GT03-591×CP84-1198	719	YG24×LT07-95	YC95	YT00-236×ROC22
391	GT05-ym3×CP94-1100	755	YG42×GT94-10		

1.2 试验地点

3 个试验地点：广西南宁市隆安县丁当镇广西农业科学院甘蔗研究所丁当基地(E1)、广西崇左市扶绥

县昌平乡扶绥农科所基地(E2)、广西来宾市兴宾区桥巩乡兴宾区农科所基地(E3)。试验点的基本情况如表 2, 表中年降水量和年平均温度由当地气象部门提供。

表 2 试验地点的基本情况

Table 2 The basic information about 3 experiment locations

试验地点	东经	北纬	年降水量/mm	年平均温度/℃	土壤类型	有机质含量/(g·kg ⁻¹)	pH
E1	107°59'10"	23°6'39"	1 301.0	21.8	红壤	26.3	5.12
E2	107°56'7"	22°49"	1 280.0	22.2	赤红壤	24.2	3.97
E3	109°6'10"	23°46'12"	1 352.9	21.0	砂质土	18.3	5.27

1.3 试验设计

于 2018 年 3 月 9 日播种实生苗, 4 月 27 日进行实生苗假植移栽, 6 月 14—20 日, 将 119 个组合的实生苗分别运往崇左、来宾和南宁试验点进行大田移栽。随机区组试验设计。3 次重复。每个处理种植 1 行, 行长 7 m, 行距 1.2 m, 每行种植 23 个单株。待苗成活后, 按常规方法进行施肥、培土等田间管理。

分别于 2019 年 1 月 23—25 日在来宾点、2019 年 2 月 1—3 日在扶绥点、2019 年 2 月 14—17 日在南宁点进行组合调查。每小区调查 15 丛实生苗的株高、茎径、丛有效茎数和锤度等性状, 参照徐良

年等^[14]的方法计算每丛甘蔗的锤重。各试验点的组合锤重以 3 次重复的平均值表示。在对甘蔗组合进行性状调查后, 按甘蔗常规实生苗选种方法, 对试验区进行选种。以入选单株数除以总单株数的百分数计算组合入选率; 以小区为单位, 统计组合入选率, 结果以 3 次重复的平均值表示。

1.4 统计分析

对各试验点的组合锤重, 先进行单个试验点的方差分析和 LSD 多重比较, 按刘来福等^[15]的方法, 估算锤重的表型和遗传变异系数、广义遗传率。再利用 DPS 17.10 对 3 个试验点的锤重进行联合方差分析、回归分析和 AMMI 模型分析^[16]。以回归系

数 b_i 和 AMMI 模型中基因型相对稳定性定量指标 D_g 值分别对组合进行稳定性评价。

对各试验点组合的锤重效应按从高至低进行排序, 结合各试验点的组合入选率, 筛选各试验点中锤重和组合入选率较高的组合。

2 结果与分析

2.1 各试验点组合的锤重表现及遗传参数估计

对各试验点组合的锤重进行单因素随机区组方差分析及遗传参数估计。由表 3 可知, 3 个试验

点的锤重在组合间的差异均达极显著水平, 平均锤重从高至低依次为 E1、E2、E3, 表明在性状调查时, 南宁点的甘蔗锤重最高, 其次是崇左点, 来宾点的甘蔗锤重最低。从变异系数来看, E1 的甘蔗锤重表型变异系数和遗传变异系数均最小, E3 的甘蔗锤重遗传变异系数最大, E2 的甘蔗锤重表型变异系数最大, 来宾点和崇左点的锤重变异系数较大, 有利于筛选出优异组合和无性系。从广义遗传率来看, 3 个试验点的遗传率均属于中等偏低的水平, E3 的遗传率最高, E2 的最低。

表 3 各试验点甘蔗的锤重及遗传分析

Table 3 The performance and genetic analysis of brix weight per stool at 3 locations

地点	锤重/kg		遗传参数					
	均值	变异范围	遗传方差 σ_g^2	锤重遗传变异系数/%	表型变异系数/%	F	P	广义遗传率
E1	0.439	0.203~0.633	0.004	13.6	22.8	2.614**	0.000	0.352
E2	0.410	0.236~0.601	0.003	14.3	24.8	2.502**	0.000	0.334
E3	0.368	0.186~0.573	0.003	16.0	23.8	3.466**	0.000	0.452

***示 0.01 水平差异显著。

2.2 组合锤重的联合方差分析、回归分析及 AMMI 方差分析

从表 4 可以看出, 在联合方差分析中, 锤重在

不同组合、环境及组合与环境互动间的差异均达到了极显著水平($P < 0.01$)。从方差分量可以看出, 环境所占的方差分量为 8.1%, 组合的方差分量为

表 4 组合锤重的联合方差分析、回归分析和 AMMI 模型的方差分析结果

Table 4 The results of multi-point conjoint analysis, regression analysis and AMMI analysis of brix weight per stool of sugarcane combination

方差分析类型	变异来源	DF	SS	MS	F	P	分量/%
联合方差分析	总变异	1 070	11.029 4	0.010 3			
	地点内区组	6	0.165 4	0.027 6	4.672 6	0.000 1	1.5
	环境	2	0.898 4	0.449 2	76.152 8**	0	8.1
	组合	118	4.004 3	0.033 9	5.752 6**	0	36.3
	组合×环境	236	1.784 9	0.007 6	1.282 1**	0.008 2	16.2
	试验误差	708	4.176 5	0.005 9			37.9
回归分析	总变异	1 070	11.029 4	0.010 3			
	处理	356	6.687 6	0.018 8	3.089 2	0	
	组合	118	4.004 3	0.033 9	5.580 4	0	
	环境	2	0.898 4	0.449 2	73.872 9	0	
	交互作用	236	1.784 9	0.007 6	1.243 7*	0.017 6	
	联合回归	1	0.021 4	0.021 4	3.516 8	0.061 2	1.2
	组合回归	117	0.883 4	0.007 6	1.241 6	0.054 1	49.5
	环境回归	1	0.000 9	0.000 9	0.148 6	0.7	0.5
	残差	117	0.879 2	0.007 5	1.235 7	0.058 1	
误差	714	4.341 9	0.006 1				
AMMI 模型	总变异	1 070	11.029 4	0.010 3			
	处理	356	6.687 6	0.018 8	3.089 2	0	
	组合	118	4.004 3	0.033 9	5.580 4	0	
	环境	2	0.898 4	0.449 2	73.872 9	0	
	交互作用	236	1.784 9	0.007 6	1.243 7*	0.017 6	
	IPCA1	119	1.033 6	0.008 7	1.428 4**	0.003 6	57.9
	残差	117	0.751 2	0.006 4			
	误差	714	4.341 9	0.006 1			

***示 0.05 水平差异显著, **示 0.01 水平差异显著。在联合方差分析中, 分量为各项平方和占总平方和的百分比; 在回归分析和 AMMI 模型分析中, 分量为各项平方和占交互平方和的百分比。

36.3%，组合×环境互作的方差分量为 16.2%。可见，组合×环境互作的因素对组合表现型的变异影响很大，对不同区域进行分区育种，显得尤为重要。

从回归模型的方差分析可以看出，组合回归的显著性 $P=0.0541$ ，比较接近显著水平，组合回归平方和占互作平方和的 49.5%。从 AMMI 模型方差分析可以看出，基因型与环境第 1 主成分轴(IPCA1)的显著性达到了极显著水平，并且 IPCA1 的平方和占互作平方和的 57.9%。

2.3 组合锤重的稳定性分析

将锤重效应为正效应的组合按锤重平均表型值及效应值(各组合的平均锤重与所有组合锤重平均值的差值)从高至低进行排列(表 5)，排在越前面的组合，其丰产性越好。

在回归分析中， b_i 大于 1，表示组合的稳定性低于平均稳定性； b_i 小于 1，表示组合的稳定性高于平均稳定性。本试验中，174、643、404、575、

240、972、636、144、YC95、1470、755、409、701、832、YC37、579、316 等组合锤重的平均值和效应值较高， b_i 值小于 1，具有丰产性强、增产效应大、稳定性好等优点，这些组合为适宜 3 个试验点种植的组合。

在 AMMI 模型中，基因型稳定性参数 D_g 越小，表示基因型越稳定。从 AMMI 模型分析结果可以看出，本研究中，组合 643、404、575、449、972、636、YC127、144、YC95、1470、373、YC112、755、533、838、253、409、411、701、51、570、YC123、832、1074、291、600、YC37、579 的锤重平均值和锤重效应值较高，基因型稳定性参数 D_g 值较低，这些组合具有丰产和稳产特性。

进一步对回归分析和 AMMI 模型分析进行归纳，可以看出，643、404、575、972、636、144、YC95、1470、755、409、701、832、YC37、579 等组合为丰产稳定和适应性广的组合。

表 5 组合锤重的稳定性分析结果

组合代号	锤重/kg	效应值	回归系数 b_i	适应地区	D_g 值	稳定性排序	综合评价
174	0.582	0.176	0.759	E1,E2,E3	0.065	80	很好
643	0.579	0.173	0.255	E1,E2,E3	0.011	20	很好
404	0.561	0.155	0.753	E1,E2,E3	0.005	6	很好
575	0.533	0.128	0.989	E1,E2,E3	0.038	53	很好
240	0.511	0.105	0.062	E1,E2,E3	0.076	84	较好
449	0.511	0.105	1.966	E1	0.021	34	较好
302	0.509	0.103	1.749	E2	0.090	93	较好
432	0.504	0.099	2.023	E1	0.045	61	较好
972	0.500	0.094	0.952	E1,E2,E3	0.036	49	好
636	0.493	0.088	0.504	E1,E2,E3	0.042	58	较好
149	0.492	0.086	2.029	E2	0.102	99	较好
YC127	0.490	0.084	1.773	E1	0.008	13	较好
903	0.478	0.072	3.722	E1	0.144	114	一般
144	0.472	0.066	0.647	E1,E2,E3	0.014	23	好
YC44	0.472	0.066	2.178	E1,E2	0.076	86	较好
212	0.470	0.064	1.625	E2,	0.127	112	一般
505	0.466	0.060	1.450	E1,E2	0.052	69	好
375	0.464	0.059	2.639	E1,E2	0.112	108	较好
YC95	0.460	0.054	0.859	E1,E2,E3	0.032	44	好
1470	0.460	0.054	0.934	E1,E2,E3	0.008	12	好
373	0.460	0.054	2.184	E1	0.024	36	一般
YC112	0.457	0.051	1.512	E1,E2	0.006	9	好

表 5(续)

组合代号	锤重/kg	效应值	回归系数 b_i	适应地区	D_g 值	稳定性排序	综合评价
908	0.456	0.050	2.309	E2	0.096	94	一般
755	0.456	0.050	0.629	E1,E2,E3	0.031	42	好
758	0.456	0.050	2.048	E1	0.056	72	一般
143	0.454	0.049	-1.562	E3	0.160	116	一般
1474	0.454	0.049	2.228	E2	0.116	110	一般
533	0.452	0.046	1.413	E1,E2	0.018	29	好
838	0.450	0.044	1.307	E1,E2	0.008	14	好
253	0.450	0.044	1.176	E1,E2	0.030	41	好
409	0.442	0.036	0.703	E1,E2,E3	0.035	46	较好
411	0.440	0.034	1.139	E1,E2	0.010	18	较好
701	0.440	0.034	0.093	E1,E2,E3	0.044	60	一般
379	0.439	0.033	1.730	E2	0.082	89	一般
51	0.433	0.028	0.168	E2	0.006	8	一般
YC61	0.432	0.026	0.013	E2	0.048	64	一般
370	0.432	0.026	3.298	E1	0.052	68	一般
570	0.428	0.022	1.817	E1	0.029	40	一般
652	0.426	0.020	-0.361	E3	0.059	75	一般
290	0.426	0.020	0.180	E3	0.097	96	一般
1027	0.426	0.020	1.544	E2	0.074	83	一般
YC123	0.426	0.020	1.562	E1,E2	0.010	17	较好
719	0.422	0.016	-0.604	E3	0.182	118	一般
832	0.421	0.015	0.660	E1,E2,E3	0.037	51	较好
391	0.421	0.015	2.340	E2	0.110	107	一般
673	0.420	0.014	-0.747	E3	0.081	88	一般
1074	0.418	0.012	0.156	E3	0.036	47	一般
YC57	0.417	0.011	2.054	E1	0.059	74	一般
291	0.414	0.009	1.313	E1,E2	0.029	38	较好
398	0.414	0.009	1.985	E1,E2	0.065	81	一般
600	0.413	0.008	0.093	E3	0.044	59	一般
YC83	0.412	0.006	1.077	E1,E2	0.054	71	较好
YC37	0.412	0.006	0.834	E1,E2,E3	0.003	3	较好
579	0.408	0.002	0.567	E1,E2,E3	0.015	25	较好
316	0.408	0.002	0.734	E1,E2,E3	0.076	85	一般
500	0.406	0.000	0.349	E2,E3	0.007	10	一般

表中只列出了锤重效应为正效应的组合。

2.4 各试验点组合的锤重及组合入选率分析

将 3 个试验点组合的锤重效应(此处组合的锤重效应是指各组合的锤重值与该试验点中所有组合平均值的差值)与组合入选率相结合,进行综合分析。从表 6 可以看出,在南宁点共有 57 个组合锤重效应为正值,其中组合 449、YC127、796、YC44、533、570、YC123、391、546、403、YC90、252 的组合入选率超过 10%,这些组合在南宁试验点锤

重较高,入选的优良组合后代较多。在崇左试验点共有 62 个组合锤重效应为正值,其中组合 643、212、YC61、432、903、YC95、YC44、368、YC83、YC127、YC112、701、411、YC90、YC123 具有较高的锤重和较高的组合入选率。在来宾点,共有 59 个组合锤重效应为正值,其中组合 643、404、449、144、403、YC48 具有较高的锤重和组合入选率。

表 6 各试验点组合锤重及组合入选率

Table 6 The brix weight and selection rate of combinations

锤重排序	试验点	组合	锤重/kg	入选率/%	试验点	组合	锤重/kg	入选率/%	试验点	组合	锤重/kg	入选率/%
1	南宁	174	0.633	2.9	崇左	643	0.601	13.0	来宾	174	0.573	0.0
2		449	0.591	17.4		404	0.581	2.9		643	0.558	14.5
3		903	0.589	7.2		212	0.567	13.0		143	0.529	7.2
4		575	0.586	7.2		302	0.564	0.0		404	0.527	17.4
5		404	0.575	4.3		636	0.556	0.0		240	0.520	1.4
6		432	0.575	7.2		149	0.548	4.3		575	0.510	7.2
7		643	0.575	5.8		174	0.536	1.4		489	0.496	5.8
8		370	0.574	4.3		YC61	0.519	14.5		719	0.483	2.9
9		YC127	0.572	11.6		1474	0.514	4.3		972	0.475	7.2
10		972	0.551	7.2		432	0.510	10.1		636	0.450	4.3
11		373	0.550	1.4		903	0.507	10.1		449	0.448	13.0
12		302	0.536	1.4		375	0.506	0.0		673	0.447	7.2
13		796	0.536	11.6		575	0.506	4.3		YC127	0.442	8.7
14		375	0.535	1.4		144	0.502	8.7		144	0.440	10.1
15		YC44	0.533	17.4		YC95	0.502	10.9		290	0.439	1.4
16		240	0.531	2.9		YC44	0.501	11.6		755	0.437	2.9
17		149	0.530	7.2		449	0.499	2.2		652	0.435	7.2
18		274	0.524	1.4		908	0.499	4.3		701	0.434	5.8
19		758	0.521	8.7		505	0.498	1.4		432	0.433	5.8
20		YC112	0.513	8.7		379	0.491	0.0		1470	0.426	0.0
21		253	0.510	4.3		240	0.485	0.0		409	0.423	4.3
22		908	0.509	2.9		368	0.483	10.9		302	0.423	5.8
23		838	0.500	8.7		51	0.477	8.7		253	0.417	2.9
24		533	0.498	10.1		1027	0.475	2.2		265	0.416	1.4
25		505	0.498	7.2		832	0.474	0.0		YC95	0.415	7.2
26		1474	0.497	5.8		972	0.473	7.2		600	0.411	7.2
27		570	0.494	10.1		391	0.472	1.4		51	0.411	0.0
28		1470	0.492	4.3		758	0.471	1.4		1074	0.408	5.8
29		YC123	0.487	13.0		932	0.463	0.0		YC112	0.407	2.9
30		411	0.486	5.8		1480	0.462	1.4		768	0.404	2.9
31		755	0.483	7.2		YC83	0.461	13.0		316	0.403	2.9
32		YC57	0.479	2.9		1470	0.461	4.3		411	0.401	0.0
33		178	0.479	4.3		YC127	0.459	13.0		505	0.401	8.7
34		409	0.478	2.9		533	0.456	1.4		838	0.401	5.8
35		144	0.478	5.8		209	0.453	4.3		241	0.400	4.3
36		YC79	0.477	5.8		838	0.452	8.7		269	0.400	0.0
37		391	0.473	13.0		YC112	0.446	15.2		533	0.399	1.4
38		546	0.473	10.1		579	0.445	0.0		YC61	0.399	4.3
39		636	0.471	7.2		755	0.445	5.8		170	0.397	8.7
40		212	0.470	7.2		455	0.444	6.5		149	0.393	1.4
41		379	0.470	0.0		223	0.444	1.4		378	0.393	4.3
42		316	0.467	4.3		373	0.443	0.0		373	0.390	0.0
43		398	0.467	2.9		701	0.441	10.1		403	0.390	20.3
44		YC95	0.466	8.7		398	0.439	1.4		YC79	0.386	1.4
45		290	0.462	2.9		291	0.434	0.0		500	0.384	1.4
46		719	0.460	2.9		YC57	0.432	8.7		YC44	0.384	4.3
47		1021	0.456	8.7		411	0.430	10.1		YC110	0.382	2.9
48		403	0.450	20.3		500	0.430	5.8		841	0.381	1.4
49		YC90	0.450	13.0		652	0.430	2.9		YC27	0.376	4.3
50		291	0.449	4.3		409	0.426	0.0		758	0.376	2.9

表 6(续)

锤重排序	试验点	组合	锤重/kg	入选率/%	试验点	组合	锤重/kg	入选率/%	试验点	组合	锤重/kg	入选率/%
51	南宁	1027	0.449	2.9	崇左	YC37	0.425	7.2	来宾	YC37	0.375	2.9
52		YC17	0.449	1.4		570	0.425	0.0		333	0.375	0.0
53		265	0.445	1.4		1074	0.421	1.4		832	0.374	0.0
54		142	0.445	2.9		YC8	0.419	7.2		YC123	0.374	7.2
55		701	0.443	5.8		YC90	0.419	18.8		YC48	0.373	10.1
56		841	0.440	2.9		253	0.419	0.0		212	0.371	7.2
57		252	0.439	10.1		673	0.418	2.9		579	0.371	1.4
58	-	-	-	-		YC123	0.416	11.6		YC17	0.370	2.9
59	-	-	-	-		241	0.415	1.4		561	0.369	5.8
60	-	-	-	-		YC48	0.413	7.2		-	-	-
61	-	-	-	-		143	0.413	0.0		-	-	-
62	-	-	-	-		600	0.412	0.0		-	-	-

表中只列出了各试验点中锤重效应为正值的组合。

3 结论与讨论

本研究中,对3个不同试验点的组合锤重进行联合方差分析,结果表明组合间的锤重差异达极显著性水平。崇左、来宾试验点实生苗锤重的表型变异和遗传变异均较大,南宁试验点实生苗锤重的表型变异和遗传变异系数均较小。群体变异系数的降低,增加了选择判断的难度。

目前有多种进行作物基因型稳定性分析的方法,回归分析和AMMI模型是较常用的方法,但均有自身的优缺点^[11]。本研究中,回归分析和AMMI模型分别能解释互作平方和的49.5%和57.9%,因而,回归分析和AMMI模型对本次组合稳定性评价的效果大体上相同,但效果均略显偏低。为保证本次组合稳定性评价的可靠性,本研究进一步对2种稳定性分析结果进行了综合,认为643、404、575、972、636、144、YC95、1470、755、409、701、832、YC37、579等组合是属于高产、稳产、适应性广的组合,可适应广西3大主产区的生态环境,在南宁、崇左、来宾均可种植利用,有望选育出更多性状优良、适应性广的甘蔗新品种。

培育高产高糖且稳定性好的品种是甘蔗育种的重要目标^[10]。作物性状的表现型并非基因型效应与环境效应的简单相加,还有基因型与环境互作在起作用^[17]。作物的许多性状都存在基因型与环境互作,它是基因型稳定性产生的根源^[18]。在推广优良组合时,应充分利用基因型与环境的交互作用,为特定的环境选择特定的杂交组合^[19]。本试验中,组合449、YC127、796、YC44、533、570、YC123、391、546、403、YC90、252在南宁试验点具有较

高的锤重和较高的组合入选率,产糖量高,较适宜南宁试验点的环境,可在南宁重点加以利用。组合643、212、YC61、432、903、YC95、YC44、368、YC83、YC127、YC112、701、411、YC90、YC123在崇左试验点具有较高的锤重和较高的组合入选率,较适宜崇左试验点的环境,可在崇左重点加以利用。组合643、404、449、144、403、YC48在来宾试验点具有较高的锤重和较高的组合入选率,较适宜来宾试验点的环境,可在来宾重点加以利用。

参考文献:

- [1] STRINGER J K, COX M C, ATKIN F C, et al. Family selection improves the efficiency and effectiveness of selecting original seedlings and parents[J]. Sugar Tech, 2011, 13(1): 36-41.
- [2] 朱建荣, 桃联安, 董立华, 等. 甘蔗引进品种与云瑞创新亲本的遗传力及配合力[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2014, 40(6): 571-577.
ZHU J R, TIAO L A, DONG L H, et al. Heritability and combining ability of introduced sugarcane varieties and Yunrui innovative parents[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2014, 40(6): 571-577.
- [3] 唐仕云, 杨荣仲, 王伦旺, 等. 甘蔗家系的遗传测定与选择[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, 42(5): 472-479.
TANG S Y, YANG R Z, WANG L W, et al. Genetic determination and selection of sugarcane families[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2016, 42(5): 472-479.
- [4] 刘少谋, 王勤南, 符成, 等. 甘蔗常用亲本及杂交组合家系评价[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(2): 234-240.
LIU S M, WANG Q N, FU C, et al. Family assessment

- of usual sugarcane parents and their cross combination[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12(2): 234-240.
- [5] 高三基, 陈如凯, 傅华英, 等. 甘蔗实生苗群体主要经济性状的遗传变异及选择[J]. *热带作物学报*, 2006, 27(1): 49-53.
GAO S J, CHEN R K, FU H Y, et al. Genetic variation and selection of main economic traits in sugarcane (*Saccharum* spp.) seedling populations[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2006, 27(1): 49-53.
- [6] 经艳芬, 边芯, 郎荣斌, 等. 云瑞创新亲本选配 32 个甘蔗杂交组合的模糊综合评判[J]. *亚热带农业研究*, 2015, 11(4): 217-221.
JING Y F, BIAN X, LANG R B, et al. Fuzzy comprehensive evaluation of 32 sugarcane cross combinations of Yunrui innovative parents[J]. *Subtropical Agriculture Research*, 2015, 11(4): 217-221.
- [7] 赵培方. 34 个云南自育甘蔗品种(系)选配组合的主要经济性状及配合力评价[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
ZHAO P F. General combining ability of thirty-four sugarcane varieties/clones developed in Yunnan and economic traits in their progeny populations[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011.
- [8] 刘录祥, 赵锁劳. 作物品种的稳定性及适应性育种[J]. *陕西农业科学*, 1992(1): 45-47.
LIU L X, ZHAO S L. Breeding for stability and adaptability of crop cultivars[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 1992, 38(5): 45-47.
- [9] 林彦铨, 周以飞, 陈志坚. 比较 9 种稳定性参数在甘蔗品种区试上的应用[J]. *福建农学院学报*, 1990, 19(2): 138-143.
LIN Y Q, ZHOU Y F, CHEN Z J. Comparison of nine stability parameters applied to the regional test of sugarcane varieties[J]. *Journal of Fujian Agricultural College*, 1990, 19(2): 138-143.
- [10] 徐良年, 邓祖湖, 陈如凯, 等. 甘蔗新品种产量品质性状的稳定性分析[J]. *热带作物学报*, 2006, 27(2): 50-54.
XU L N, DENG Z H, CHEN R K, et al. Stability analysis on yield and quality characters of new sugarcane varieties[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2006, 27(2): 50-54.
- [11] 罗俊, 许莉萍, 邱军, 等. 基于 HA-GGE 双标图的甘蔗试验环境评价及品种生态区划分[J]. *作物学报*, 2015, 41(2): 214-227.
LUO J, XU L P, QIU J, et al. Evaluation of sugarcane test environments and ecological zone division in China based on HA-GGE biplot[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2015, 41(2): 214-227.
- [12] 汪洲涛, 苏炜华, 阙友雄, 等. 应用 AMMI 和 HA-GGE 双标图分析甘蔗品种产量稳定性和试点代表性[J]. *中国生态农业学报*, 2016, 24(6): 790-800.
WANG Z T, SU W H, QUE Y X, et al. Analysis of yield stability and test site representativeness of sugarcane trials using combined AMMI and HA-GGE biplot models[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(6): 790-800.
- [13] 邓祖湖, 林彦铨, 陈如凯, 等. 甘蔗新品种(系)适应性分析[J]. *福建农业大学学报(自然科学版)*, 2000, 29(2): 145-150.
DENG Z H, LIN Y Q, CHEN R K, et al. Adaptability analysis of new promising sugarcane varieties[J]. *Journal of Fujian Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2000, 29(2): 145-150.
- [14] 徐良年, 邓祖湖, 陈如凯, 等. CL 系列甘蔗亲本的遗传力及配合力分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(4): 445-449.
XU L N, DENG Z H, CHEN R K, et al. Analysis on heritability and combining ability of CL parents of sugarcane[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2006, 7(4): 445-449.
- [15] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
LIU L F, MAO S X, HUANG Y Z. *Crops Quantitative Genetic*[M]. Beijing: Agriculture Press, 1984.
- [16] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
TANG Q Y. *DPS Data Processing System*[M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [17] 吴元奇, 潘光堂, 荣廷昭. 作物稳定性研究进展[J]. *四川农业大学学报*, 2005, 23(4): 482-489.
WU Y Q, PAN G T, RONG T Z. Study progress in crop stability[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2005, 23(4): 482-489.
- [18] GAUCH H G. Model selection and validation for yield trials with interaction[J]. *Biometrics*, 1988, 44(3): 705-715.
- [19] 张晓飞, 李火根, 尤录祥, 等. 鹅掌楸不同交配组合子代苗期生长变异及遗传稳定性分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2011, 28(1): 103-108.
ZHANG X F, LI H G, YOU L X, et al. Variation and genetic stability of two-year-old *Liriodendron* seedling growth for 39 mating combinations[J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2011, 28(1): 103-108.

责任编辑: 毛友纯
英文编辑: 柳 正