

## 基于多元统计分析的甘蔗新品系适应性评价

郭强<sup>1,3</sup>, 莫建文<sup>2</sup>, 江清梅<sup>1</sup>, 何洪良<sup>1</sup>, 马文清<sup>1,3</sup>, 莫勇武<sup>2</sup>, 唐利球<sup>1,3\*</sup>

1. 广西南亚热带农业科学研究所, 广西龙州 532415; 2. 广西凤糖生化股份有限公司, 广西柳州 545002; 3. 蔗糖产业省部共建协同创新中心, 广西南宁 530004

**摘要:** 本研究采用多元统计分析方法对 29 个甘蔗新品系进行适应性评价, 以期筛选出综合性状表现优良的甘蔗新品系。结果表明: 10 个性状指标的变异系数在 3.52%~184.52% 之间, 其中黑穗病率变异系数最大。相关性分析结果表明, 蔗茎产量与株高和产糖量呈极显著正相关, 黑穗病率与蔗糖分和蔗汁重力纯度呈极显著负相关。主成分分析结果表明, 前 4 个主成分累计贡献率达到 85.019%, 其中第 1 主成分与产量-品质-病害性状有关, 第 2 主成分与产糖量-产量性状有关, 第 3 主成分与品质-茎径性状有关, 第 4 主成分与纤维份有关。根据系统聚类分析法将 31 个甘蔗品系分为 5 个类群, 第 I 类群包含 6 个品系, 蔗糖分最高; 第 II 类群包含 10 个品系, 农艺性状最差; 第 III 类群包含 5 个品系, 蔗茎产量最高, 黑穗病发病率最低, 产糖量最高; 第 IV 类群包含 4 个品系, 黑穗病发病率最高, 蔗糖分最低; 第 V 类群包含 6 个品系, 蔗茎产量最低, 产糖量最低。聚类结果的逐步判别分析结果显示, 各类群判别概率均为 100%, 较好地体现了各品系性状指标的实际表现, 筛选出第 III 类群中的桂南蔗 151505、桂糖 17-232、桂糖 13-1154、桂糖 17-929、桂糖 16-151 等 5 个综合表现优良的甘蔗新品系。第 I 类群中的河糖 15-5、桂糖 15-1074、桂糖 15-1131、桂糖 13-1044、桂糖 12-284 和桂糖 17-910 等 6 个品系蔗糖分最高, 黑穗病发病率低, 可作为高糖、抗黑穗病亲本加以利用。

**关键词:** 甘蔗; 新品系; 主成分分析; 聚类分析; 适应性

中图分类号: S566.1 文献标识码: A

## Evaluation on Adaptation in New Sugarcane Lines by Multiple Statistics Analysis

GUO Qiang<sup>1,3</sup>, MO Jianwen<sup>2</sup>, JIANG Qingmei<sup>1</sup>, HE Hongliang<sup>1</sup>, MA Wenqing<sup>1,3</sup>, MO Yongwu<sup>2</sup>, TANG Liqiu<sup>1,3\*</sup>

1. Guangxi South Subtropical Agricultural Science Research Institute, Longzhou, Guangxi 532415, China; 2. Guangxi Fengtang Biochemical Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi 545002, China; 3. Province and Ministry Co-sponsored Collaborative Innovation Center of Sugar Industry, Nanning, Guangxi 530004, China

**Abstract:** In this study, 29 new sugarcane lines were evaluated on adaptation by multiple statistics analysis to select new lines with excellent overall trait performance. The variation coefficients of 10 phenotypic traits ranged from 3.52% to 184.52%, the variation coefficients of smut rate was the highest. Correlation analysis showed that the cane yield was extremely significantly positively correlated with plant height and sugar yield, the smut rate was extremely negatively correlated with sucrose content and gravity purity. The results of principal component analysis showed that the cumulative contribution rate of 4 principal component factors was 85.019%, among which the first principal component was related to cane yield, quality and diseases, the second principal component was related to sugar yield and cane yield, the third principal component was related to quality and stalk diameter, the fourth principal component was related to fiber cane. Based on cluster analysis, the 31 new sugarcane lines were divided into 5 groups, among which group I, including 6 lines, had the highest sucrose content; group II, including 10 lines, had the lowest agronomic traits; group III, includ-

收稿日期 2022-06-07; 修回日期 2022-07-12

基金项目 广西农业科学院科技发展基金项目(桂农科 2021JM130); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设项目(No. nycytxgxcxtd-2021-03-04); 中央引导地方科技发展专项资金项目(桂科 ZY19183010)。

作者简介 郭强(1987—), 男, 硕士, 农艺师, 研究方向: 甘蔗杂交育种及病害。\*通信作者(Corresponding author): 唐利球(TANG Liqiu), E-mail: 401754719@qq.com。

ing 5 lines, had the lowest smut rate and the highest cane yield and sugar yield; group IV, including 4 lines, had the highest smut rate and the lowest sucrose content; group V, including 6 lines, had the lowest cane yield and sugar yield. Stepwise discriminant analysis gave every group probability of 100%. GNZ151505, GT17-232, GT13-1154, GT17-929, GT16-151 in group III showed good comprehensive features. HT15-5, GT15-1074, GT15-1131, GT13-1004, GT12-284, GT17-910 in group I had the highest sucrose content and the lower smut rate, could be used as high sugar content parents and highly resistant smut parents.

**Keywords:** sugarcane; new lines; principal component analysis; cluster analysis; adaptation

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.04.005

甘蔗品种或品系的综合评价是育种工作的重要环节<sup>[1]</sup>。广西作为我国最大的糖料蔗生产基地,蔗糖产量占全国蔗糖总产量的 68%以上<sup>[2]</sup>;主栽品种以桂糖 42 号和柳城 05136 为主,品种结构相对单一,经过多年的栽培种植,桂糖 42 号和柳城 05136 均出现了种性退化的现象,黑穗病发病率高、宿根发株率低、缺株断垄、产量下降等缺点逐渐显现出来<sup>[3]</sup>,这将严重威胁到广西蔗糖产业的发展。为解决甘蔗品种更新换代问题,需不断地选育出高产高糖、抗逆性强、宿根性好的甘蔗新品种,并进行适应性评价,筛选出适应不同种植区域的甘蔗优良品种,逐步取代种性退化的主栽品种。

近年来,国内自育的甘蔗新品种越来越多,为及时筛选出适应性较好的甘蔗新品种,专家学者进行了大量的区域试验,同时也筛选出了一些综合表现较好的甘蔗新品种。梁强等<sup>[4]</sup>于 2012—2013 年选取 13 个甘蔗新品系进行广西区域试验,发现桂糖 04-1545、柳糖 07-95、桂糖 05-1141 和桂糖 04-1045 等 4 个品系综合表现较好。李佳慧等<sup>[5]</sup>于 2016—2017 年在广西防城港对 9 个甘蔗新品系进行区域比较试验,初步表明桂热 2 号、柳城 05136 和桂糖 46 号在防城港蔗区表现良好。郭强等<sup>[6]</sup>于 2017—2020 年在崇左蔗区引进 10 个甘蔗品系进行区域试验,结果发现桂糖 09-563、桂糖 08-591、SP80-3280、桂糖 09-3990 和桂糖 08-1045 等 5 个品系综合表现较好。王小明等<sup>[7]</sup>在来宾蔗区对 5 个优良新品种采取小区试验与大田示范相结合的评价方法,筛选出了桂柳 05136、福农 41 号和桂糖 49 号等 3 个表现优良的甘蔗新品种。孙玉勇等<sup>[8]</sup>利用 DTOOSIS 法对 9 个甘蔗新品种进行综合评价,结果发现福农 1110、柳城 03-1137、粤甘 39 号、桂糖 32 号、云蔗 05-49、粤甘 42 号和桂糖 31 号等 7 个新品种综合表现优良,可在桂北地区进一

步示范推广。

作物优良品种综合评价方法很多,研究人员利用主成分分析和聚类分析等多元统计分析方法对多种作物<sup>[9-11]</sup>进行了综合评价,应用于甘蔗综合评价方面也有相关报道。赵勇等<sup>[12]</sup>利用主成分分析和聚类分析对 86 份甘蔗种质资源工艺性状进行了评价;周会等<sup>[13]</sup>利用主成分分析和聚类分析对桂糖系列甘蔗种质资源数量性状进行了评价;蒋洪涛等<sup>[14]</sup>利用主成分分析和聚类分析等多元统计分析方法对甘蔗新品系的抗旱性进行了评价。本研究利用主成分分析和聚类分析等多元统计分析方法对 29 个甘蔗新品系的株高、茎径、有效茎数、单茎重、蔗茎产量、黑穗病率、蔗糖分、蔗汁重力纯度、纤维份和产糖量等 10 个性状指标进行综合评价,以期筛选出综合性状表现优良的甘蔗新品系,为下一步进行区域试验和大田示范提供参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

参试甘蔗品系共 29 个,其中广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所选用品系 22 个(桂糖 13-1154、桂糖 12-228、桂糖 13-1044、桂糖 12-284、桂糖 16-1136、桂糖 17-234、桂糖 16-151、桂糖 16-384、桂糖 17-634、桂糖 16-5331、桂糖 15-496、桂糖 17-910、桂糖 15-516、桂糖 15-1074、桂糖 17-929、桂糖 17-1259、桂糖 14-818、桂糖 15-1131、桂糖 17-232、桂糖 16-5274、桂糖 16-1232、桂糖 16-354);柳州市农业科学研究所选用品系 1 个(柳糖 16-276);河池市农业科学研究所选用品系 3 个(河糖 14-4、河糖 14-8、河糖 15-5);百色市农业科学研究所选用品系 2 个(百蔗 15-704、百蔗 15-869);广西南亚热带农业科学研究所选用品系 1 个(桂南蔗 151505)。以桂糖 42 号和新台糖 22 号为对照。

## 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采用随机区组设计，3次重复，6行小区，行距1.2 m，行长8 m，小区面积57.6 m<sup>2</sup>，四周设保护行，重复间走道宽1.5 m，下种量为100 000芽/hm<sup>2</sup>，双芽段蔗种，双行“品”字形摆放。试验于2021年3月种植，田间管理按当地种植管理方法进行。

1.2.2 测定项目 病害调查：2021年10月进行黑穗病的调查，每小区选取第3行调查全部植株数和发病植株数；农艺性状测定：甘蔗成熟期每个小区选取连续15株甘蔗进行单茎重、株高和茎径的测量，调查小区有效茎数和产量；工艺性状测定：2021年11月至次年1月取样化验分析糖分，每个品系选取6株健康甘蔗，采用二次旋光法测定甘蔗糖分、重力纯度和纤维分。

## 1.3 数据处理

采用Excel 2010软件进行原始数据整理，利用SSPS 20.0软件进行相关性分析、主成分分析、聚类分析和判别分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 参试材料性状的变异情况及相关性分析

调查表明(表1)，31个甘蔗品种(系)的性状差异明显，变异系数在3.52%~184.52%之间，其中黑穗病率变异系数最大，达到184.52%，说明黑穗病率变异程度非常大；其次是蔗茎产量、产糖量、有效茎数和单茎重，变异系数分别为19.92%、19.55%、17.89%、14.49%，变异程度也比较大；其他5个性状变异系数均小于10%，说明这5个性状变异程度较低。

表1 参试材料性状的变异情况

Tab. 1 Phenotypic variation of traits of test materials

性状 Trait	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	极差 Range	标准差 SD	变异系数 CV%
株高/cm	222.40	336.07	285.94	113.67	27.91	9.76
茎径/cm	2.17	3.05	2.59	0.88	0.23	8.76
有效茎数/(条·hm <sup>-2</sup> )	42 014.10	89 931.01	64 673.26	47 916.91	11 570.76	17.89
单茎重/kg	1.06	2.01	1.59	0.95	0.23	14.49
蔗茎产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	58 171.50	122 258.77	86 427.47	64 087.27	17 218.55	19.92
黑穗病率/%	0	42.53	5.59	42.53	10.31	184.52
蔗糖分/%	11.12	15.70	13.63	4.58	1.18	8.64
蔗汁重力纯度/%	79.89	91.41	86.54	11.52	3.04	3.52
纤维分/%	9.88	12.83	11.10	2.95	0.81	7.33
产糖量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	7817.28	17 925.93	11 723.70	10 108.65	2292.14	19.55

10个性状的相关性分析结果(表2)表明，株高与单茎重和产糖量呈显著正相关，与蔗茎产量呈极显著正相关，说明株高越长，大多数甘蔗品种(系)单茎重、产糖量和蔗茎产量越高；茎径与单茎重呈极显著正相关，与蔗茎产量呈显著正相关，说明茎径越大，大多数甘蔗品种(系)单茎重和蔗茎产量越高；有效茎数与茎径、单茎重呈极显著负相关，说明有效茎数多的甘蔗品种，大多数茎径偏小，单茎重偏低；产糖量与蔗茎产量呈极显著正相关，与蔗糖分呈正相关，说明产糖量与蔗茎产量的相关性比与蔗糖分密切；黑穗病率与蔗茎产量、株高、茎径呈正相关，但不显著，说明黑穗病发病率对蔗茎产量、株高和茎径影响不大，与蔗糖分和蔗汁重力纯度呈极显著负相关，说明黑穗病发病率越高，大多数甘蔗品种

(系)蔗糖分和蔗汁重力纯度明显下降，说明黑穗病发病程度严重影响到甘蔗的品质；蔗糖分与蔗汁重力纯度呈极显著正相关，说明蔗糖分越高，蔗汁重力纯度也越高。

### 2.2 参试材料性状的主成分分析

以特征值大于1.0为标准提取主成分结果表明(表3)，10个性状指标的主要信息集中在前4个主成分中，累计贡献率达到85.019%，说明这4个主成分基本可以代表原始变量的大部分信息。第1主成分的特征值为3.212，方差贡献率为32.118%，作用较大的性状包括蔗茎产量(0.698)、茎径(0.685)、单茎重(0.681)、株高(0.657)、蔗汁重力纯度(-0.623)、蔗糖分(-0.607)和黑穗病率(0.569)，主要反映产量-品质-病害性状，其中蔗糖分和蔗汁重力纯度的特征向量值为负

表 2 参试材料性状的相关性分析  
Tab. 2 Correlation analysis of traits of test materials

性状 Trait	株高 Plant height	茎径 Stalk diameter	有效茎数 Millable stalks	单茎重 Stalk weight	蔗茎产量 Cane yield	黑穗病率 Smut rate	蔗糖分 Sucrose content	蔗汁重力纯度 Gravity purity	纤维分 Fiber cane	产糖量 Sugar yield
株高	1									
茎径	0.147	1								
有效茎数	-0.119	-0.621**	1							
单茎重	0.432*	0.657**	-0.559**	1						
蔗茎产量	0.583**	0.383*	0.322	0.275	1					
黑穗病率	0.215	0.279	-0.230	0.223	0.164	1				
蔗糖分	-0.311	-0.116	-0.006	-0.149	-0.284	-0.496**	1			
蔗汁重力纯度	-0.235	-0.217	0.051	-0.125	-0.277	-0.542**	0.839**	1		
纤维分	0.218	-0.188	0.014	-0.279	-0.019	0.105	0.227	0.065	1	
产糖量	0.447*	0.309	0.356*	0.192	0.891**	-0.085	0.176	0.110	0.081	1

注：\*表示显著相关 ( $P<0.05$ )；\*\*表示极显著相关 ( $P<0.01$ )。

Note: \* indicates significant correlation ( $P<0.05$ ), \*\* indicates extremely significant correlation ( $P<0.01$ ).

表 3 参试材料性状的主成分载荷与贡献率  
Tab. 3 Factor loading matrix and contribution rate of traits of test materials

性状 Trait	第 1 主成分 1st component	第 2 主成分 2nd component	第 3 主成分 3rd component	第 4 主成分 4th component
株高	0.657	0.336	-0.029	0.361
茎径	0.685	-0.148	0.550	-0.092
有效茎数	-0.304	0.640	-0.605	-0.279
单茎重	0.681	-0.159	0.556	-0.085
蔗茎产量	0.698	0.682	-0.108	-0.131
黑穗病率	0.569	-0.366	-0.307	0.299
蔗糖分	-0.607	0.338	0.628	0.181
蔗汁重力纯度	-0.623	0.338	0.595	0.048
纤维分	-0.125	0.225	-0.125	0.915
产糖量	0.414	0.872	0.164	-0.063
特征值	3.212	2.209	1.875	1.206
方差贡献率/%	32.118	22.092	18.746	12.063
累计贡献率/%	32.118	54.210	72.956	85.019

值,说明植株高大、产量较高、黑穗病发病较严重的品种,甘蔗品质往往较差,蔗糖分和蔗汁重力纯度偏低;第 2 主成分的特征值为 2.209,方差贡献率为 22.092%,作用较大的性状包括产糖量(0.872)、蔗茎产量(0.682)、有效茎数(0.640),主要反映产糖量-产量性状;第 3 主成分的特征值为 1.875,方差贡献率为 18.746%,作用较大的性状包括蔗糖分(0.628)、蔗汁重力纯度(0.595)、单茎重(0.556)和茎径(0.550),主

要反映品质-茎径性状;第 4 主成分的特征值为 1.206,方差贡献率为 12.063%,作用较大的性状是纤维分(0.915),主要反映纤维分性状。

### 2.3 参试材料性状的聚类与判别分析

依据主成分分析结果采用欧氏距离、离差平方和法进行系统聚类,欧氏距离为 8 处可将 31 个甘蔗品种(系)划分为 5 个类群(图 1),同时计算各类群各性状的平均值(表 4)。第 I 类群包括 6 个甘蔗品系,该类群属于矮小品种,农艺性状

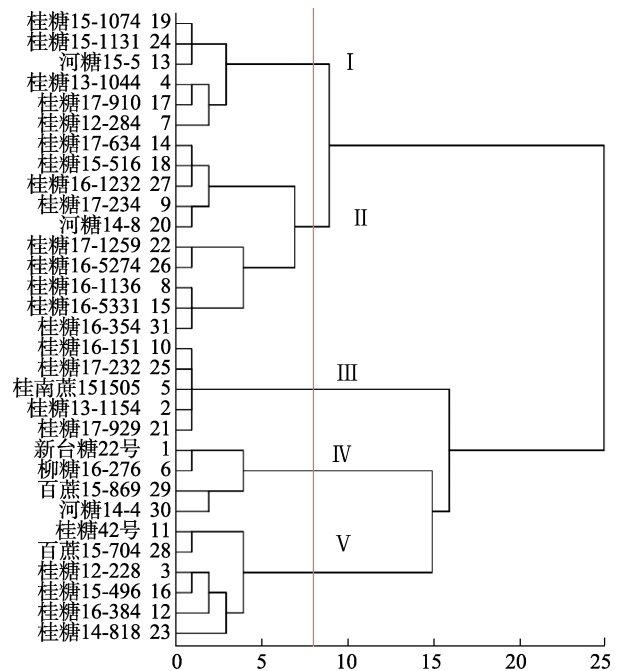


图 1 参试材料的聚类分析  
Fig. 1 Cluster analysis of materials

表现较差，蔗茎产量较低，黑穗病发病率较低，蔗糖分、蔗汁重力纯度和纤维分最高，品质性状最好，产糖量较高。第Ⅱ类群包括10个甘蔗品系，属于矮小品种，农艺性状表现最差，蔗茎产量中等，黑穗病发病率中等，蔗糖分较低，品质性状较差，产糖量较低。第Ⅲ类群包括5个甘蔗品系，属于中大茎品种，蔗茎产量最高，农艺性状较好，黑穗病发病率最低，蔗糖分较高，品质性状较好，产糖量最高。第Ⅳ类群包括4个甘蔗品系，属于

中大茎品种，农艺性状表现较好，蔗茎产量较高，但黑穗病发病率最高，蔗糖分最低，品质性状最差，产糖量中等。第Ⅴ类群包括6个甘蔗品系，属于中大茎品种，农艺性状表现较好，蔗茎产量最低，黑穗病发病率中等，蔗糖分中等，品质性状中等，产糖量最低。

为了鉴别聚类结果可靠性，采用多类逐步判别法对其进行判别。结果表明（表5），各类群判别概率均为100%，证明聚类结果正确。

表4 各类群性状原始数据平均值

Tab. 4 Average of the primary data on five groups

类群 Group	原始数据（均值） Primary data (average)									
	株高 Plant height/cm	茎径 Stalk diameter/cm	有效茎数 Millable stalks /(条·hm <sup>-2</sup> )	单茎重 Stalk weight/kg	蔗茎产量 Cane yield /(kg·hm <sup>-2</sup> )	黑穗病率 Smut rate/%	蔗糖分 Sucrose content/%	蔗汁重力纯 度 Gravity purity/%	纤维分 Fiber cane/%	产糖量 Sugar yield/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
I	275.53	2.52	64 815.14	1.46	77 841.98	1.02	15.02	89.60	11.89	11 699.43
II	274.52	2.39	73 819.81	1.39	80 579.69	3.64	13.41	86.34	10.85	10 812.02
III	307.60	2.71	68 889.23	1.72	110 171.68	0.93	14.03	87.14	11.32	15 443.74
IV	308.80	2.78	59 201.69	1.72	100 553.43	23.44	11.41	80.64	11.01	11 468.61
V	282.10	2.79	49 421.54	1.85	75 555.10	5.40	13.76	87.25	10.61	10 337.47

表5 类群判别分析矩阵

Tab. 5 Discriminant classification of the five groups

来自/判为 Come/Go	I	II	III	IV	V	小计 Total	正确率 Accuracy/%
I	6	0	0	0	0	6	100
II	0	10	0	0	0	10	100
III	0	0	5	0	0	5	100
IV	0	0	0	4	0	4	100
V	0	0	0	0	6	6	100

### 3 讨论

本研究采用多元统计分析方法对29个甘蔗新品系进行适应性综合评价。通过分析各指标的变异程度发现，黑穗病的变异系数最大，据郭强等<sup>[3]</sup>研究报道表明，大多数甘蔗品种新植蔗黑穗病发病率比较低，但也有少部分高感黑穗病的甘蔗品种新植蔗发病同样非常严重<sup>[15]</sup>，本研究中大部分品系黑穗病发病率均比较低，有7个品系不发病，但也有少数几个品系发病率在30%以上，最高的甚至达到42.53%，证明黑穗病变化的多样性来源于品种间的差异，导致了黑穗病发病率的变异程度比较大；其次是蔗茎产量、产糖量、有效茎数和单茎重变异程度也比较大。相关性分析结果表明，蔗茎产量与株高、产糖量呈极显著正相关；黑穗病率与蔗茎产量、株高、茎径呈正相

关，与蔗糖分和蔗汁重力纯度呈极显著负相关，据杨荣仲等<sup>[16]</sup>研究结果表明，黑穗病的发生与甘蔗株高、茎径、单茎重、蔗茎产量等无显著相关性，对甘蔗产量无显著影响，这与本研究结果一致，造成这一结果主要是由于黑穗病发病集中于下半年，此时甘蔗逐步开始进入工艺成熟阶段，而且大多数黑穗病鞭从侧芽长出，这对甘蔗株高、茎径、产量影响不大，但会对蔗糖分的转化造成严重影响，因此黑穗病发病严重的甘蔗品种，蔗糖分和蔗汁重力纯度比较低。主成分分析法是通过降维的方式，将作物各性状间复杂的关系转化为较少的几个主成分，既能排除原指标间相关关系的干扰，又能把握其综合性状的表现，更具科学性<sup>[17]</sup>。本研究将10个性状指标进行主成分分析，得出前4个主成分累计贡献率达到85.019%，

其中第 1 主成分与产量-品质-病害性状有关, 第 2 主成分与产糖量-产量性状有关, 第 3 主成分与品质-茎径性状有关, 第 4 主成分与纤维份有关。最后通过系统聚类分析法将 31 个甘蔗品系分为 5 个类群, 第 I 类群黑穗病发病率较低, 蔗糖分、蔗汁重力纯度和纤维分最高, 品质性状最好, 产糖量较高; 第 II 类群农艺性状表现最差, 蔗糖分较低, 品质性状较差, 产糖量较低; 第 III 类群蔗茎产量最高, 农艺性状较好, 黑穗病发病率最低, 蔗糖分较高, 品质性状较好, 产糖量最高; 第 IV 类群农艺性状表现较好, 蔗茎产量较高, 但黑穗病发病率最高, 蔗糖分最低, 品质性状最差, 产糖量中等; 第 V 类群农艺性状表现较好, 蔗茎产量最低, 黑穗病发病率中等, 蔗糖分中等, 品质性状中等, 产糖量最低。甘蔗选育种的重要目标是要选育出具有高产、高糖、抗逆性强等特征的新品种, 但在实际生产中, 很少有甘蔗品种同时具备高产高糖、抗逆性强的特征<sup>[4]</sup>。因此, 根据聚类分析结果初步筛选出综合表现优良的第 III 类群中的 5 个品系, 包括桂南蔗 151505、桂糖 17-232、桂糖 13-1154、桂糖 17-929、桂糖 16-151, 为下一步进行区域试验和大田示范做准备。针对第 I 类群中的 6 个品系, 包括河糖 15-5、桂糖 15-1074、桂糖 15-1131、桂糖 13-1044、桂糖 12-284 和桂糖 17-910 等, 蔗糖分最高, 黑穗病发病率低, 但蔗茎产量较低, 不利于推广种植, 因此可作为高糖、抗黑穗病亲本加以利用。

## 参考文献

- [1] 杨昆, 吴才文, 覃伟, 赵培方, 刘家勇, 蔡青. DTOPSIS 法和灰色关联度法在甘蔗新品种综合评价中的应用比较[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1542-1547.  
YANG K, WU C W, QIN W, ZHAO P F, LIU J Y, CAI Q. Comparison of comprehensive evaluation sugarcane new Varieties with DTOPSIS and grey related degree[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(4): 1542-1547. (in Chinese)
- [2] 李杨瑞. 关于广西的甘蔗育种[J]. 广西糖业, 2019(3): 3-9.  
LI Y R. On sugarcane breeding in Guangxi[J]. Guangxi Sugar Industry, 2019(3): 3-9. (in Chinese)
- [3] 郭强, 马文清, 秦昌鲜, 施泽升, 彭崇, 闭德金, 何洪良, 梁永检, 唐利球. 甘蔗新品系的 DTOPSIS 法综合评价[J]. 作物杂志, 2021(4): 32-37.  
GUO Q, MA W Q, QIN C X, SHI Z S, PENG C, BI D J, HE H L, LIANG Y J, TANG L Q. Comprehensive evaluation of new sugarcane clones by DTOPSIS method[J]. Crops, 2021(4): 32-37. (in Chinese)
- [4] 梁强, 刘晓燕, 董文武, 李毅杰, 谢金兰, 周忠凤, 陆文娟, 李文教, 朱斌, 潘成烈, 庞华菖, 李翔. 2012—2013 年广西甘蔗区试品种综合评价[J]. 南方农业学报, 2014, 45(12): 2129-2136.  
LIANG Q, LIU X Y, DONG W W, LI Y J, XIE J L, ZHOU Z F, LU W J, LI W J, ZHU B, PAN C L, PANG H J, LI X. Comprehensive evaluation of sugarcane varieties in Guangxi sugarcane regional trial during 2012—2013[J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(12): 2129-2136. (in Chinese)
- [5] 李佳慧, 欧克玮, 谭秦亮, 周全光, 程琴, 吕平, 朱鹏锦, 卢业飞, 庞新华. 甘蔗新品种(系)在广西防城港蔗区的品比试验总结[J]. 种子, 2020, 39(1): 117-121.  
LI J H, OU K W, TAN Q L, ZHOU Q G, CHENG Q, LYU P, ZHU P J, LU Y F, PANG X H. A summary of the evaluation experiment of new sugarcane varieties (lines) in the sugarcane growing area in Fangchenggang of Guangxi province[J]. Seed, 2020, 39(1): 117-121. (in Chinese)
- [6] 郭强, 马文清, 秦昌鲜, 施泽升, 彭崇, 闭德金, 何洪良, 梁永检, 唐利球. 基于 DTOPSIS 法的广西崇左市引进甘蔗新品种(系)综合评价和优良品(系)筛选[J]. 南方农业学报, 2021, 52(2): 341-347.  
GUO Q, MA W Q, QIN C X, SHI Z S, PENG C, BI D J, HE H L, LIANG Y J, TANG L Q. Comprehensive evaluation of new sugarcane varieties (lines) by DTOPSIS method and screening of excellent varieties in Chongzuo, Guangxi[J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(2): 341-347. (in Chinese)
- [7] 王小明, 李大成, 廖政达, 甘远初, 陈辉袖, 苏喜德, 韦增林. 糖料蔗新品种农艺性状及产量的比较[J]. 作物杂志, 2019(1): 50-55.  
WANG X M, LI D C, LIAO Z D, GAN Y C, CHEN H X, SU X D, WEI Z L. Comparison of agronomic traits and yield among sugarcane varieties[J]. Crops, 2019(1): 50-55. (in Chinese)
- [8] 孙玉勇, 钟坤, 莫皓蓝, 何雪丹, 卢景润, 蒋明健, 陈伟, 李家文. 利用 DTOPSIS 法综合评价甘蔗新品种[J]. 南方农业学报, 2016, 47(3): 348-352.  
SUN Y Y, ZHONG K, MO H L, HE X D, LU J R, JIANG M J, CHEN W, LI J W. Comprehensive evaluation of new sugarcane varieties by DTOPSIS method[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(3): 348-352. (in Chinese)
- [9] 郭凯, 蒋相国, 李红梅, 蔡金兰. 基于主成分分析和聚类分析的夏播花生综合评价研究[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(14): 24-28.  
GUO K, JIANG X G, LI H M, CAI J L. Study on comprehensive evaluation of summer sown peanut by principal component analysis and cluster analysis[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2021, 60(14): 24-28.

- hensive evaluation of summer peanut based on principal component analysis and cluster analysis[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2021, 60(14): 24-28. (in Chinese)
- [10] 李伟明, 吴旭东, 胡卫丛, 刘庆叶, 陈莉莉, 王东升. 基于主成分分析和聚类分析的不同品种辣椒综合评价[J]. 北方园艺, 2022(9): 55-60.  
LI W M, WU X D, HU W C, LIU Q Y, CHEN L L, WANG D S. Comprehensive evaluation of different pepper varieties based on principal component analysis and cluster analysis[J]. Northern Horticulture, 2022(9): 55-60. (in Chinese)
- [11] 陈重远, 张大双, 张习春, 石邦志, 彭强, 李立江. 基于主成分分析和聚类分析对籼稻资源品质性状的综合评价[J]. 分子植物育种, 2021, 19(24): 8330-8340.  
CHEN Z Y, ZHANG D S, ZHANG X C, SHI B Z, PENG Q, LI L J. Comprehensive evaluation of quality traits of Indica rice resources based on PCA and CA[J]. Molecular Plant Breeding, 2021, 19(24): 8330-8340. (in Chinese)
- [12] 赵勇, 赵俊, 笞逢刚, 赵丽萍, 赵培方, 朱建荣, BURNER D M, 吴才文, 刘家勇. 86份甘蔗种质资源工艺性状的评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2019, 45(5): 466-471.  
ZHAO Y, ZHAO J, ZAN F G, ZHAO L P, ZHAO P F, ZHU J R, BURNER D M, WU C W, LIU J Y. Analysis and evaluation of technological characteristics on 86 sugarcane germplasm[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2019, 45(5): 466-471. (in Chinese)
- [13] 周会, 杨荣仲, 方锋学, 李杨瑞. 桂糖系列甘蔗种质资源数量性状的主成分分析和聚类分析[J]. 西南农业学报, 2012, 25(2): 390-395.  
ZHOU H, YANG R Z, FANG F X, LI Y R. Principal component and cluster analyses for quantitative traits in GT sugarcane germplasm (*Saccharum* spp. Hybrids)[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2012, 25(2): 390-395. (in Chinese)
- [14] 蒋洪涛, 蒋夏兰, 商贺阳, 李安贵, 张木清. 利用多元统计分析方法评价甘蔗新品系的抗旱性[J]. 中国糖料, 2021, 43(3): 1-7.  
JIANG H T, JIANG X L, SHANG H Y, LI A G, ZHANG M Q. Evaluation on drought-tolerance in new sugarcane clones by multiple statistics analysis[J]. Sugar Crops of China, 2021, 43(3): 1-7. (in Chinese)
- [15] 覃耀冠, 周忠凤, 周琦, 韦开军, 阳康春. 广西甘蔗新品种区试柳州点7个甘蔗新品种DTOPSIS法综合评价[J]. 南方农业学报, 2014, 45(6): 938-943.  
QIN Y G, ZHOU Z F, ZHOU Q, WEI K J, YANG K C. DTOPSIS evaluation of 7 new sugarcane varieties planting in Liuzhou location of Guangxi sugarcane regional trial[J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(6): 938-943. (in Chinese)
- [16] 杨荣仲, 周会, 李文教, 黄赞斌, 唐仕云, 雷敬超, 刘昔辉, 梁强, 黄海荣. 甘蔗重要亲本田间自然抗黑穗病测定[J]. 中国糖料, 2022, 44(2): 51-57.  
YANG R Z, ZHOU H, LI W J, HUANG Z B, TANG S Y, LEI J C, LIU X H, LIANG Q, HUANG H R. Test of smut resistance of sugarcane main parents under natural infection[J]. Sugar Crops of China, 2022, 44(2): 51-57. (in Chinese)
- [17] 赵孟良, 王丽慧, 任延靖, 孙雪梅, 侯志强, 杨世鹏, 李莉, 钟启文. 257份菊芋种质资源表型形状的遗传多样性[J]. 作物学报, 2020, 46(5): 712-724.  
ZHAO M L, WANG L H, REN Y J, SUN X M, HOU Z Q, YANG S P, LI L, ZHONG Q W. Genetic diversity of phenotypic traits in 257 Jerusalem artichoke accessions[J]. Acta Agronomica Sinica, 2020, 46(5): 712-724. (in Chinese)