

## 引进甘蔗种质工艺与农艺性状的相关性及聚类分析

赵俊<sup>1,2</sup>, 吴才文<sup>1,2</sup>, 赵培方<sup>1,2</sup>, 夏红明<sup>1,2</sup>, 暂逢刚<sup>1,2</sup>, 杨昆<sup>1,2</sup>, 李复琴<sup>1,2</sup>, 刘家勇<sup>1,2\*</sup>

(1. 云南省农业科学院 甘蔗研究所, 云南 开远 661600; 2. 云南省甘蔗遗传改良重点实验室, 云南 开远, 661600)

**摘要:** 采用相关分析、主成分分析及聚类分析法, 对 Q、VMC、FR、RB、CP、TCP 等系列 113 份引进甘蔗种质的出苗率、分蘖率、宿根发株数、株高、茎径、有效茎、单茎重、蔗产量、锤度、蔗糖分、简纯度、纤维分、含糖量等 13 个工艺及农艺性状进行研究。相关分析结果表明, 含糖量、蔗产量与株高、有效茎、单茎重呈极显著正相关, 蔗糖分与锤度、简纯度呈极显著正相关, 有效茎与茎径呈极显著负相关, 宿根发株数与出苗率、分蘖率呈极显著正相关, 各性状间存在多重共线性。主成分分析结果表明, 13 个工、农艺性状可简化为 5 个主成分, 即产量因子、糖分因子、发株与纤维分因子、分蘖因子、茎径因子, 5 个主成分所提供的信息量占全部信息量的 75.16%。基于主成分分析结果, 对 113 份引进种质进行聚类分析, 将其划分为 7 个类群, I 类群属高纤维、低产种质; II 类群属出苗发株差、低产种质; III 类群属强宿根、高产种质; IV 类群种质可作为能源甘蔗育种亲本进行杂交利用; V 类群属于高产、低糖种质; VI 类群属低产、高糖种质; VII 类群属于丰产、高糖种质。

**关键词:** 甘蔗; 工艺性状; 农艺性状; 相关分析; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S566.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2012)05-0476-06

## Principal component analysis and cluster analysis of agronomic and quality traits of exotic sugarcane germplasm

ZHAO Jun<sup>1,2</sup>, WU Cai-wen<sup>1,2</sup>, ZHAO Pei-fang<sup>1,2</sup>, XIA Hong-ming<sup>1,2</sup>, ZAN Feng-gang<sup>1,2</sup>,  
YANG Kun<sup>1,2</sup>, LI Fu-qing<sup>1,2</sup>, LIU Jia-yong<sup>1,2\*</sup>

(1. Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan, Yunnan 661600, China; 2. Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, Yunnan 661600, China)

**Abstract:** One hundred and thirteen accessions of exotic sugarcane germplasms consisted of Q, VMC, FR, RB, CP and TCP were investigated in this study. Thirteen agronomic and quality traits including germination, tillering, ratoon germination, stalk height, stem diameter, number of millable stalk, stalk weight, cane yield, brix, sugar content, simple purity, fiber content and sugar yield were observed by principal component analysis and cluster analysis. The result of correlation analysis showed that sugar and cane yield was significantly positively related to height, millable stalks and single stem weight. Sucrose content was significantly positively related with brix and purity. Significant negative correlation was found between millable stalks and diameter. Ratoon sprout was closely linked to rate of germination, tillering percentage, and there was multiple co-linear relation among these traits. The result of principal component analysis on 13 traits showed 5 principal elements, which provided 75.16% cumulative variance. Based on the principal component scores, 113 accessions of sugarcane germplasms were grouped into 7 clusters. Cluster I was high in fiber content, low in yield. Cluster II was weak in germination and tillering, low in yield. Cluster III was strong in ratoon germination, high in cane yield and sugar content. Cluster IV could be used as parents for energy cane breeding. Cluster

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-20-1-1); 云南省应用基础研究面上项目(2010CD003); 云南省重点新产品研发计划项目(2010BB011); 云南省现代甘蔗产业技术体系育种与繁育项目

作者简介: 赵俊(1981—), 男, 云南泸西人, 助理研究员, 主要从事甘蔗遗传育种研究, junzhao\_ky@126.com; \*通信作者, lijy1976@163.com

V was high in cane yield, low in sugar content. Cluster VI was high in sugar content, low in cane yield. Cluster VII was high in cane yield, high in sugar content.

**Key words:** sugarcane; quality traits; agronomic traits; correlation analysis; principal component analysis; cluster analysis

中国甘蔗杂交育种工作起步晚,可利用的甘蔗亲本资源有限,亲本群体更新滞后,遗传基础狭窄,育成的品种在产量、糖分、抗逆性上难以突破<sup>[1-5]</sup>。引进国外甘蔗种质能迅速满足某些地区对甘蔗良种的需求,对提高当地甘蔗产量和糖分有促进作用<sup>[6-7]</sup>。利用引进种质进行品种改良,能有效拓宽当地甘蔗的血缘基础,提高育种效率<sup>[8-11]</sup>。

自 1992 年以来,云南省农业科学院甘蔗研究所先后与法国、澳大利亚、菲律宾等国家的甘蔗育种机构建立了合作关系,引进 Q、VMC、FR、RB 系列等甘蔗种质 400 余份。通过前期引种试验评价,Q 系列种质早熟高糖特性突出;VMC 系列种质农艺性状优良;FR 系列种质发株好,抗病性强;RB 系列种质高产,高糖,抗旱性优良,宿根性好<sup>[12-14]</sup>,具有很高的研究利用价值。对以上引进种质开展应用研究与利用,对拓宽中国甘蔗遗传基础具有促进作用。目前,中国对 Q、VMC、FR、RB、CP、TCR 系列等的杂交利用还处于起步阶段,在亲本、组合选配过程中存在很大的盲目性。笔者对 113 份上述系列种质的工、农艺产量性状进行试验观察,采用多元统计方法进行主成分分析和聚类分析,探讨性状间的相互制约及协同关系,掌握引进种质的特征和特性,并进行分类,以期对引进种质的杂交利用提供参考依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料与主要仪器设备

以国家甘蔗种质开远甘蔗圃保育的国外引进种质为基础,以从法国国际农艺合作研究中心、澳大利亚甘蔗试验总局和菲律宾甘蔗研究所等国外甘蔗科研机构引进的 113 份种质作为研究材料(表 1)。

主要仪器设备有 N-1a 手持折射计(ATAGO 公司,日本)、AUTOP880 旋光仪(Rudolph 公司,美国)、

TJ-305 压榨机(潮州市农机厂,中国)、CS1014 烘箱(重庆试验设备厂,中国)。

表 1 材料及来源

种质类型	原产国家	种质数量/个	来源机构
FR	法国	50	法国国际农艺合作研究中心
Q、H	澳大利亚	30	澳大利亚甘蔗试验总局
VMC	菲律宾	7	菲律宾甘蔗研究所
CP、TCP	美国	8	法国国际农艺合作研究中心
MEX	墨西哥	7	墨西哥糖业和酒精工业商会
RB、SP	巴西	4	法国国际农艺合作研究中心
KN	苏丹	3	法国国际农艺合作研究中心
ISD	孟加拉国	2	法国国际农艺合作研究中心
PR	波多黎各	1	法国国际农艺合作研究中心
LAICA	哥斯达黎加	1	法国国际农艺合作研究中心

### 1.2 试验设计

大田试验于 2009—2011 年在云南省农业科学院甘蔗研究所第一科研基地进行。试验采用完全随机区组设计,每个材料种植 1 行,行长 3.8 m,行距 1.1 m,3 次重复。试验于 2009 年 3 月栽种,下芽量为 114 830 芽/hm<sup>2</sup>。新植蔗于 2010 年 3 月砍收,留宿根继续观察。于甘蔗苗期分别对出苗率、分蘖率,宿根发株数进行调查,于甘蔗成熟期分别对新宿试验进行收获调查及品质检测,考查株高、茎径、有效茎、单茎重、蔗产量、甘蔗锤度、蔗糖分、纤维分、筒纯度、含糖量。

### 1.3 测定项目与方法

于甘蔗出苗和分蘖末期调查小区新植蔗的出苗数和全苗数。出苗率=出苗数/下芽量×100%;分蘖率=(全苗数-出苗数)/出苗数×100%。于 2010 年 5 月对宿根蔗发株苗数进行调查,计算单位面积发株数。于 2010 年 2 月甘蔗砍收前随机选择 10 株对新植蔗进行株高、茎径和锤度测定;于 2011 年 2 月

对宿根蔗进行测定。计算单位面积有效茎、蔗产量。

于甘蔗成熟期(2010年2月和2011年2月)每小区取蔗茎3棵,样品混合压榨后,采用一次旋光法检测蔗糖分、简纯度、纤维分和单茎重。含糖量=蔗产量×蔗糖分。品质检测由云南省农科院甘蔗研究所检测中心承担。

#### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 对原始数据进行平均处理;利用 SPSS 18.0 对出苗率、甘蔗锤度、蔗糖分、纤维分、简纯度 5 个指标数据进行反正弦转换后,再对 13 个指标进行相关分析和主成分分析<sup>[15-17]</sup>;根据主成分得分,采用 NTSYSPC2.1 和非加权配对算术平均法(UPGMA)对参试种质进行聚类分析<sup>[18-19]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 13 个工、农艺性状间的相关性分析

13 个工、农艺性状相关性分析结果(表 2)表明,含糖量与株高、有效茎、单茎重、蔗产量呈极显著正相关;蔗产量与株高、有效茎、单茎重呈极显著正相关;蔗糖分与锤度、简纯度呈极显著正相关,与纤维分呈显著负相关;单茎重与株高、茎径呈极显著正相关;有效茎与出苗率呈显著正相关,与株高呈极显著正相关,与茎径呈极显著负相关;宿根发株数与出苗率、分蘖率呈极显著正相关;分蘖率与出苗率呈极显著负相关。由性状间的相关分析结果可以看出,性状间存在多重共线性,若直接用这 13 个性状进行分析,结果将存在较大误差,因此,笔者采用主成分分析法对原始性状指标进行降维处理。

表 2 13 个工、农艺性状间的相关系数

Table 2 Correlation coefficient of 13 agronomic and quality traits

项目	相关系数												
	出苗率	分蘖率	宿根发株数	株高	茎径	有效茎	单茎重	锤度	蔗产量	纤维分	蔗糖分	简纯度	含糖量
出苗率		0.004	0.000	0.627	0.055	0.028	0.868	0.055	0.507	0.073	0.646	0.129	0.218
分蘖率	-0.266**		0.001	0.464	0.945	0.731	0.254	0.927	0.868	0.446	0.254	0.661	0.367
宿根发株数	0.429**	0.317**		0.827	0.374	0.132	0.145	0.303	0.514	0.219	0.691	0.995	0.610
株高	-0.046	0.070	0.021		0.190	0.000	0.000	0.637	0.000	0.833	0.396	0.678	0.000
茎径	-0.181	-0.007	-0.084	-0.124		0.000	0.002	0.689	0.118	0.217	0.985	0.233	0.873
有效茎	0.207*	-0.033	0.143	0.467**	-0.364**		0.058	0.175	0.000	0.417	0.273	0.034	0.000
单茎重	0.016	-0.108	-0.138	0.475**	0.294**	0.179		0.650	0.000	0.807	0.925	0.571	0.001
锤度	0.181	0.009	0.098	-0.045	0.038	0.128	0.043		0.357	0.004	0.000	0.000	0.588
蔗产量	0.063	0.016	0.062	0.690**	0.148	0.791**	0.452**	0.088		0.998	0.639	0.216	0.000
纤维分	0.169	-0.072	0.117	-0.020	-0.117	0.077	0.023	0.267**	0.000		0.040	0.734	0.299
蔗糖分	0.044	0.108	0.038	-0.081	0.002	0.104	0.009	0.538**	0.045	-0.194*		0.000	0.843
简纯度	0.144	0.042	-0.001	0.039	-0.113	0.199*	0.054	0.382**	0.117	-0.032	0.720**		0.376
含糖量	0.117	-0.086	0.049	0.591**	0.015	0.731**	0.322**	0.051	0.821**	0.099	0.019	0.084	

右上角为显著性系数;左下角为 Pearson 相关系数。

### 2.2 13 个工、农艺性状的主成分分析

对 113 份甘蔗种质 13 个工、农艺性状进行主成分分析,得到 13 个主成分(表 3),其中,前 5 个主成分方差累计贡献达 75.16%,即前 5 个主成分所

含信息占总信息的 75.16%,且特征根均大于 1。根据以特征根大于 1 作为主成分纳入标准<sup>[16-18]</sup>,采用前 5 个主成分代替参试材料 13 个原始性状指标作进一步分析。

表 3 13 个主成分相关矩阵特征值

Table 3 Eigenvalues of correlation matrix for 13 principal components

主成分	特征根值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	3.369	25.915	25.915
2	2.172	16.709	42.624
3	1.688	12.986	55.610
4	1.350	10.383	65.993
5	1.192	9.170	75.164
6	0.983	7.564	82.728
7	0.712	5.478	88.205
8	0.485	3.729	91.934
9	0.361	2.779	94.713
10	0.301	2.316	97.029
11	0.218	1.677	98.706
12	0.150	1.154	99.860
13	0.018	0.140	100

经方差极大正交旋转后,前 5 个主成分的载荷见表 4。在第 1 主成分中,蔗产量、含糖量、有效

茎、株高、单茎重载荷值较大,故将第 1 主成分称为“产量因子”。第 2 主成分蔗糖分、筒纯度、锤度载荷值较大,将第 2 主成分称为“糖分因子”。在第 2 主成分中,蔗糖分、筒纯度、锤度 3 个糖分性状与蔗产量、株高、单茎重、茎径呈负相关,说明在选育过程中很难获得产量性状、糖分性状都很突出的品种,因此,在选育过程中要协调好产量因子与糖分因子二者间的关系。在第 3 主成分中,出苗率、宿根发株数、纤维分载荷值较大,将第 3 主成分称为“发株与纤维因子”。在第 4 主成分中,分蘖率载荷值较大,因此称为“分蘖因子”。在第 5 主成分中,茎径载荷值较大,因此称为“茎径因子”,其茎径与含糖量、有效茎、株高、蔗糖分等呈负相关,因此,在评价筛选过程中要从相互协调的角度出发,筛选有效茎较多、茎径中等偏大的材料。

表 4 主成分载荷值

Table 4 Factor loading matrix of principal components

主成分	载荷值												
	蔗产量	含糖量	有效茎	株高	单茎重	蔗糖分	筒纯度	锤度	出苗率	宿根发株数	纤维分	分蘖率	茎径
1	0.928	0.871	0.846	0.751	0.508	0.162	0.268	0.204	0.203	0.121	0.094	-0.035	-0.077
2	-0.174	-0.162	0.062	-0.298	-0.244	0.813	0.750	0.696	0.343	0.278	0.085	0.113	-0.204
3	0.104	-0.039	-0.245	0.070	0.384	0.429	0.296	0.105	-0.583	-0.562	-0.456	0.061	0.560
4	0.060	-0.022	0.115	0.176	-0.300	0.085	0.009	-0.258	-0.351	0.356	-0.402	0.822	-0.226
5	0.089	-0.024	-0.261	-0.034	0.285	-0.077	-0.198	0.248	0.132	0.526	0.280	0.372	0.645

### 2.3 113 份供试甘蔗品种的聚类分析

以参试种质前 5 个主成分的得分为指标,采用非加权配对算术平均法(UPGMA)对 113 个供试材料进行系统聚类,在欧式距离为 0.276 时,各供试种质各成一类;随着欧式距离的提高,类型相近的种质逐步归为一类;在欧式距离为 3.319 时,将 113 个参试种质划分为 I、II、III、IV、V、VI、VII 共 7 个类别;在欧式距离为 3.116 时, VII 类又划分为 A、B 2 个亚类。

从各类别种质数量、包含种质(表 5)及各性状平均值(表 6)可以看出, I 类只有 95H4022,该类种质纤维分突出,蔗茎产量、蔗糖分等工、农艺性状综合表现差,属高纤维低产种质。II 类只有 FR98-41,该类种质新植、宿根发株皆差,有效茎少,低产。

III 类只有 FR93-761,该类种质出苗较好,分蘖强,宿根发株数、有效茎多,蔗产量、含糖量高,属强宿根、高产种质,鉴于中国当前强宿根、高产、高糖甘蔗品种的选育目标,应加强此类种质的杂交利用。IV 类包括 CP67-412、CP86-1664、RB83-5054,该类种质出苗、发株势强,分蘖好,株高、茎径、有效茎、单茎重、锤度、蔗糖分等工、农艺产量性状均表现优良,纤维分高,可作为能源甘蔗育种亲本进行杂交利用。V 类包括 95H4017、FR96-626、ISD20、KN94-24、FR93-654、LAICA82-1729 等 12 份种质,该类种质锤度、蔗糖分、筒纯度等糖分性状综合表现较差,属于高产低糖种质,在杂交利用过程中,应着重对其糖分性状进行改良。VI 类包括 FR96-333、FR98-53、FR96-512、MEX64-1487、MEX69-290,该类种质蔗产量性状表现较差,糖分

性状表现良好,属高糖低产种质,在品种改良过程中应以产量改良为首要目标。Ⅶ种质包括 90 份种

质,属于丰产、高糖种质,依据成茎能力大小,可划分为 2 个亚类:A 类种质 13 份,B 类种质 77 份。

表 5 113 份参试种质的聚类分析

Table 5 Cluster result of the tested materials

类别	亚类	数量/份	种质名称
I		1	95H4022
II		1	FR98-41
III		1	FR93-761
IV		3	CP67-412、CP86-1664、RB83-5054
V		12	95H4017、FR96-626、ISD20、KN94-24、FR93-654、LAICA82-1729、FR93-780、FR96-238、FR96-428、FR97-31、FR99-307、FR93-865
VI		5	FR96-333、FR98-53、FR96-512、MEX64-1487、MEX69-290
VII	A	13	95H4021、CP86-1633、MEX82-590、FR93-1066、95H4046、FR93-635、CP88-1834、VMC81-202、MEX79-431、RB73-9735、FR96-34、FR96-444、FR96-416
	B	77	58N829、Q188、FR93-979、VMC95-88、66N2008、CP81-1302、FR93-945、KN90-455、Q162、Q171、VMC97-41、MEX57-473、Q174、FR96-245、Q192、FR93-697、TCP83-3196、FR93-264、VMC97-30、95H4013、FR93-910、FR93-410、Q189、VMC96-169、FR94-87、Q195、MEX68-P-23、Q209、FR94-94、FR93-506、FR96-620、FR96-17、FR97-164、Q207、Q202、Q88、FR93-816、FR97-47、FR93-316、95H4016、ISD28、FR93-439、FR99-413、FR97-53、95H4037、FR94-498、KN90-418、SP81-3250、95H4035、CP92-1641、FR94-370、Q198、FR93-774、FR93-658、FR96-423、95H4020、95H4033、CP89-2377、95H4001、FR93-657、FR93-873、FR84-389、PR83-1248、RB73-2727、Q120、Q197、FR93-481、Q107、Q127、MEX84-117、Q158、FR94-343、FR96-628、FR99-49、FR99-244、VMC73-229、VMC90-239

表 6 不同类型种质的工、农艺性状指标

Table 6 Agronomic and quality traits in different clusters

类别	亚类	出苗率/ %	分蘖率/ %	发株数/ (万苗 $\text{hm}^{-2}$ )	株高/cm	茎径/cm	有效茎/ (条 $\cdot\text{hm}^{-2}$ )	单茎重/ kg	锤度/%	蔗产量/ ( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	纤维分/ %	蔗糖分/ %	简纯度/ %	含糖量/ ( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
I		73.96	45.27	4.19	171.75	2.51	56 818	0.63	23.14	54.38	18.05	12.25	83.75	7.04
II		29.17	343.05	4.67	210.35	2.93	47 050	0.86	19.32	65.58	11.37	14.19	85.04	5.90
III		59.72	345.42	24.32	271.55	2.30	74 961	1.32	20.37	121.30	15.82	12.70	81.78	11.34
IV		73.15	191.90	11.94	213.78	2.44	90 245	0.94	23.23	74.42	19.36	14.15	83.60	8.91
V		51.91	231.29	8.97	230.01	2.47	61 636	0.93	20.30	84.23	14.66	12.20	77.16	9.64
VI		48.09	297.28	8.05	201.41	2.43	83 095	0.74	21.27	65.79	12.19	14.51	83.52	7.73
VII	A	58.80	206.28	9.46	225.68	2.51	102 680	0.99	21.81	78.50	14.04	14.85	86.10	10.53
	B	56.20	248.60	11.01	216.08	2.53	65 395	0.95	22.13	77.68	14.97	14.94	85.19	10.25
平均		57.50	227.44	10.23	220.88	2.52	84 037	0.97	21.97	78.09	14.50	14.90	85.64	10.39

### 3 结论与讨论

育种的关键在于选择。通过性状间的相关性研究有助于了解性状间的相互制约和协调关系,寻求与目标性状密切相关的指标性状,正确制定筛选方案。本研究中 113 份供试种质性状间的相关分析结果表明,13 个性状间存在多重共线性,不同性状间存在相互促进和相互制约的关系,含糖量与株高、有效茎、单茎重、蔗产量呈极显著正相关;蔗产量与株高、有效茎、单茎重呈极显著正相关;蔗糖分

与锤度、简纯度呈极显著正相关,与纤维分呈显著负相关;单茎重与株高、茎径呈极显著正相关;有效茎与出苗率呈显著正相关,与株高呈极显著正相关,与茎径呈极显著负相关;宿根发株数与出苗率、分蘖率呈极显著正相关;分蘖率与出苗率呈极显著负相关。对照当前中国强宿根、高产、高糖甘蔗新品种选育的育种目标,在强宿根、高产、高糖材料筛选过程中,应加强对出苗、发株、有效茎数、株高等性状指标的评价与筛选,同时注意协调好蔗产

量与蔗糖分、锤度、筒纯度间的关系。主成分分析将 13 个性状简化为 5 个主成分,即产量因子、糖分因子、发株与纤维因子、分蘖因子和茎径因子。5 个主成分所提供的信息量占全部信息量的 75.16%。在主成分分析基础上,对 113 份引进种质进行聚类分析,将其划分为 7 个类群:Ⅰ类群属高纤维、低产种质;Ⅱ类群出苗发株差、低产;Ⅲ类群属强宿根、高产种质;Ⅳ类种质可作为能源甘蔗育种亲本进行杂交利用;Ⅴ类群属于高产、低糖种质;Ⅵ类群属低产、高糖种质;Ⅶ类群属丰产、高糖种质。

在开展甘蔗种质资源的主成分分析与聚类分析时,由于所选的群体和研究性状的不同,其分析与聚类结果也有所差异<sup>[15,18-19]</sup>。株高、茎径、蔗产量、蔗糖分、含糖量等工、农艺产量性状(数量性状)是品种种性的重要体现,易受气候、环境影响。笔者采用株高、茎径、蔗产量、蔗糖分、含糖量等 13 个工、农艺产量性状(数量性状),通过主成分分析及聚类来反映供试种质的种性、品质、特征特性,并将 113 份参试种质划分为 7 个类群,其聚类结果一定程度上反映了参试种质的特征特性,但并不能正确表明参试种质间的遗传关系。在甘蔗品种改良过程中,除考虑双亲间性状的互补性外,还要考虑双亲间的遗传关系,因此,在今后的工作中还需采用芽型、茎型、叶姿等生物学质量性状对参试种质开展表型遗传多样性、分子水平遗传多样性研究,进一步明确参试种质的遗传关系,为杂交组合选配及甘蔗品种改良提供指导。

#### 参考文献:

- [1] 陈如凯,林彦全,张木清,等.现代甘蔗育种的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2003:5-58.
- [2] 邓海华,张垂明,符成,等.海南甘蔗育种场 1999/2000—2008/2009 甘蔗杂交制种回顾[J].甘蔗糖业,2009(5):15-29.
- [3] 邓海华,张琼.我国大陆近年育成甘蔗品种的亲本分析[J].广东农业科学,2006(12):7-10.
- [4] 张琼,齐永文,张垂明,等.我国大陆骨干亲本亲缘关系分析[J].广东农业科学,2009(10):44-48.
- [5] 吴才文.甘蔗亲本创新与突破性品种培育的探讨[J].西南农业学报,2005,18(6):858-861.
- [6] 韦本辉.甘蔗 ROC22 广西引种 10 年效果分析[J].甘蔗糖业,2008(4):1-7.
- [7] 赵俊,吴才文,陈学宽,等.高产高糖甘蔗品种云引 4 号的选育[J].种子,2012,31(1):112-114.
- [8] 李海明,杨焜正,吴水金.浅谈甘蔗 CP 系列亲本的育种效果[J].甘蔗糖业,2005(3):1-4.
- [9] 邓海华,李奇伟.CP72-1210 在我国甘蔗育种中的利用[J].广东农业科学,2007(11):18-21.
- [10] 吴才文,刘家勇,赵俊,等.甘蔗引进亲本创新利用及育种潜力分析[J].西南农业学报,2008,21(6):1671-1675.
- [11] 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.
- [12] 赵俊,范源洪,吴才文,等.19 个国外引进甘蔗品种的灰色关联度分析[J].中国糖料,2007(2):27-29.
- [13] 刘家勇,范源洪,杨洪昌,等.31 个国外甘蔗引进种灰色多维综合评估[J].西南农业学报,2006,19(4):683-687.
- [14] 赵俊,吴才文,刘家勇,等.国外引进甘蔗品种同异分析法评价[J].中国糖料,2012(2):39-40.
- [15] 陆鑫,毛钧,应雄美,等.甘蔗创新种质的因子分析与聚类分析[J].西南农业学报,2011,24(6):2072-2076.
- [16] 赵铭钦,王玉胜,刘国顺,等.SPSS 软件在烤烟品种综合评价中的应用[J].中国农学通报,2006,22(10):128-130.
- [17] 翁伯琦,雷锦桂,王义祥,等.添加外源硒姬松茸主要农艺性状的主成分分析[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(5):536-538.
- [18] 张革民,杨荣仲,刘海斌,等.割手密主要数量性状的主成分及聚类分析[J].西南农业学报,2006,19(6):1127-1131.
- [19] 刘新龙,马丽,蔡青,等.云南甘蔗品种表型性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2010,11(6):703-708.

责任编辑:杨盛强