

云南割手密血缘 F_1 创新种质的因子和聚类分析

经艳芬, 边 芯, 桃联安, 董立华, 周清明, 朱建荣, 安汝东, 杨李和, 郎荣斌, 俞华先, 冯 蔚

(云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽育种站, 瑞丽 678600)

摘要:对 70 份云南割手密血缘 F_1 创新种质材料 8 个农艺性状进行了因子和聚类分析, 因子分析中 8 个公因子保留前 3 个公因子, 其累计贡献率达 79.35%。第 1 公因子中载荷值较大的是单产、含糖量、有效茎数、出苗率和分蘖率等性状; 第 2 公因子中起主导作用的性状是茎径和株高两个产量因子; 第 3 公因子只有 11 月理论蔗糖分起主导作用。以 70 份创新材料 3 个公因子的因子得分为指标, 采用系统聚类中的最长距离法进行聚类分析。在遗传距离 2.4 处, 参试材料被聚为 10 类, 其中占参试材料总数 50% 的第 I、IV、VII、VIII、X 类材料, 表现高产; 占参试材料 72.8% 的第 I、II、IV、V、VI、VII、IX 类材料, 表现高糖, 特别是其中占参试材料 38.6% 的 I、IV、V、VI 类材料, 11 月理论蔗糖分均高于 12%; 占参试材料总数 38.6% 的第 I、IV、VII 类材料, 表现高产、高糖。本结果为有针对性地利用这些材料, 培育高产、高糖创新亲本提供了科学依据。

关键词:割手密; 种质创新; 因子分析; 聚类分析

Factor and Cluster Analysis of Yunnan Innovated Germplasm Materials F_1 of *Spontaneum*

JING Yan-fen, BIAN Xin, TAO Lian-an, DONG Li-hua, ZHOU Qing-ming, ZHU Jian-rong,
AN Ru-dong, YANG Li-he, LANG Rong-bin, YU Hua-xian, FENG Wei

(Ruili Breeding Station, Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Science, Ruili 678600)

Abstract: Eight characters from 70 innovated germplasm materials F_1 of *Saccharum spontaneum* L. were processed by factor and cluster analysis. Results of factor analysis showed that the top three common factors were retained in 8 common factors, and the cumulative contribution rate reached 79.35%. Yield, sucrose content in cane, stalk number, emergencerate, and tillering rate owned higher loading values in the first common factor. The stalk diameter and plant height played leading roles in the second common factor, and only sucrose content in cane played a leading role in the third one. The variance scores of the 70 innovated materials of the top three common factors were used for comprehensive cluster analysis with the longest distance method. At the genetic distance 2.4, the materials could be divided into 10 groups, in which five groups i. e. I, IV, VII, VIII, and X showed the characteristic of high yield, accounting for 50% of the total tested materials. The groups I, II, IV, V, VI, VII, and IX showed the characteristic of high sugar, accounting for 72.8% of the total, especially the groups I, IV, V, and VI, which sucrose content in cane was higher than 12%, accounting for 38.6% of the total. The groups I, IV, and VII showed the characteristics of high sugar and high yield, accounting for 38.6% of the total. The classification results provide a scientific basis for targeted utilization of these innovated germplasm materials to breed the parents with high yield and high sugar characteristics.

Key words: *Saccharum spontaneum* L.; germplasm innovation; factor analysis; cluster analysis

割手密 (*Saccharum spontaneum* L.) 血缘的 杂交一、二代 (F_1 、 F_2) 创新种质材料, 是甘蔗有

性杂交育种中割手密优良基因随世代升级而遗传的载体。云南割手密具有丰富的遗传多样性^[1],是甘蔗育种的宝贵财富,但在实际生产中,从资源优势向品种优势的转化是一个艰难的过程。为了系统研究云南割手密的杂交育种潜力,本研究制定了利用种质生态型—选育品种生态型—适应蔗区生态型的云南甘蔗野生种质资源利用策略。割手密的选用,根据云南甘蔗生态区划^[2],以及云南不同生态型割手密起源演化规律及其遗传多样性与地理分布的相关性,按海拔每上升 200 ~ 400 m 取一个无性系,在相同或相近海拔筛选保育锤度最高无性系的取样方法,从国家甘蔗种质资源圃中,筛选出原生地为云南海拔最低(河口, 22°21' N, 海拔 76.4 m)到最高(高黎贡山, 25°00' N, 海拔 2380 m)的 16 个割手密无性系与甘蔗品种(系)杂交,利用形态、生理与分子标记相结合的方法鉴定出 150 个 F₁ 创新种质材料,初步评

价了云南不同生态型割手密的育种潜力^[3-4],并以割手密原生地气候类型为依据,将割手密分为湿润、半湿润半干旱两种生态型,对 F₁ 创新种质材料分别进行了基于同一度的分类^[5-6]。本研究利用在多种作物上已普遍应用的因子分析和聚类分析方法^[7-16],对 70 份云南不同生态型割手密血缘 F₁ 创新种质材料进行分类,旨在为有针对性地利用这些创新种质材料,培育创新亲本、进而选育突破性的甘蔗新品种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

从云南不同生态型割手密与甘蔗品种(系)、栽培原种等选配的 14 个杂交组合后代中,筛选出 70 份云割 F₁ 创新种质材料(表 1, 表 2)。

表 1 参试材料及其双亲

Table 1 The tested materials and their parents

母本	父本	材料名称	份数
Female	Male	Name of materials	Accession
HOCP93-746	云南 82-25	云割 F ₁ 08-516、云割 F ₁ 08-517、云割 F ₁ 08-518、云割 F ₁ 08-519、云割 F ₁ 08-520、云割 F ₁ 08-521、云割 F ₁ 08-522	7
德蔗 93-94	云南 1 号	云割 F ₁ 08-613、云割 F ₁ 08-614、云割 F ₁ 08-615、云割 F ₁ 08-616、云割 F ₁ 08-617、云割 F ₁ 08-619、云割 F ₁ 08-620、云割 F ₁ 08-621	8
德蔗 93-94	云割 83-184	云割 F ₁ 08-601、云割 F ₁ 08-602、云割 F ₁ 08-603、云割 F ₁ 08-604、云割 F ₁ 08-607、云割 F ₁ 08-608	6
德蔗 93-94	云割 83-174	云割 F ₁ 08-536、云割 F ₁ 08-537、云割 F ₁ 08-538、云割 F ₁ 08-539、云割 F ₁ 08-540、云割 F ₁ 08-541、云割 F ₁ 08-542、云割 F ₁ 08-544	8
50Uahiapele	云割 82-59	云割 F ₁ 08-471、云割 F ₁ 08-472、云割 F ₁ 08-473、云割 F ₁ 08-474、云割 F ₁ 08-475、云割 F ₁ 08-476-1	6
HOCP93-746	云割 82-34	云割 F ₁ 08-511	1
云瑞 06-66	云割 82-34	云割 F ₁ 08-411、云割 F ₁ 08-412	2
德蔗 93-94	云割 83-160	云割 F ₁ 08-561	1
云瑞 05-189	云割 82-110	云割 F ₁ 08-391、云割 F ₁ 08-392、云割 F ₁ 08-397、云割 F ₁ 08-398	4
德蔗 93-94	瑞割 07-30	云割 F ₁ 08-311、云割 F ₁ 08-312、云割 F ₁ 08-317、云割 F ₁ 08-318、云割 F ₁ 08-319	5
粤糖 93-159	瑞割 07-30	云割 F ₁ 08-326、云割 F ₁ 08-332、云割 F ₁ 08-333	3
CP65-357	瑞割 06-7-3	云割 F ₁ 08-246、云割 F ₁ 08-247、云割 F ₁ 08-248、云割 F ₁ 08-249、云割 F ₁ 08-252、云割 F ₁ 08-253、云割 F ₁ 08-254、云割 F ₁ 08-256、云割 F ₁ 08-257	9
云滇 F ₁ 06-78	瑞割 06-7-2	云割 F ₁ 08-341、云割 F ₁ 08-341-1、云割 F ₁ 08-342、云割 F ₁ 08-343、云割 F ₁ 08-344、云割 F ₁ 08-345	6
50Uahiapele	陇割 04-9-1	云割 F ₁ 08-301、云割 F ₁ 08-302、云割 F ₁ 08-303、云割 F ₁ 08-304	4
合计			70

云割、瑞割、陇割分别表示云南的割手密、云南瑞丽的割手密、云南陇川的割手密

Yunge, Ruige, and Longge mean that the *S. spontaneum* clones originated in Yunnan, Ruili, and Longchuan, respectively

表 2 割手密原生地信息

Table 2 Origins of the *S. spontaneum* materials

材料	原生地	海拔(m)	纬度(N)	气候类型
Accession	Origin	Altitude	Latitude	Weather type
云割 83-160	云南河口	84	22°21'	北热带半湿润半干燥型
云割 83-174	云南富宁	190	23°49'	北热带半湿润半干燥型
云南 1 号	云南红河	450	23°20'	北热带半湿润半干燥型
云割 82-110	云南景洪	570	21°40'	北热带湿润型
瑞割 06-7-3	云南瑞丽	776	24°	南亚热带湿润型
瑞割 07-30	云南瑞丽	776	24°	南亚热带湿润型
云割 83-184	云南个旧	840	22°51'	南亚热带半湿润半干燥型
云割 82-59	云南宾川 乔甸	1000	24°39'	中亚热带半湿润半干燥型
陇割 04-9-1	云南陇川	1370	24°08'	南亚热带湿润型
瑞割 06-7-2	云南瑞丽	1450	26°30'	南亚热带湿润型
云割 82-34	云南宾川 牛井	1660	25°30'	中亚热带半湿润半干燥型
云割 82-25	云南腾冲	2344	25°	南亚热带湿润型

1.2 试验方法

试验于云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽站基地内进行,试验地海拔 776 m, 24° N, 年降雨量 1394 mm, 年均温 20 °C。田间试验按间比法排列,小区面积 1.32 m², 3 次重复,下种密度 90000 芽/hm²。于新植、1 年宿根季节分别调查出苗率、分蘖率、株高、茎径、有效茎数、锤度,并计算单产、11 月份理论蔗糖分、11 月份理论含糖量,以及参试指标新植、宿根的平均值。单产 (t/hm²) = (株高 - 50) × 茎径² × 0.785/10⁶ × 有效茎数 (条/hm²); 11 月份理论蔗糖分 (%) = 蔗汁平均锤度 (%) × 1.01 - 5.6; 11 月份理论含糖量 (t/hm²) = 单产 (t/hm²) × 11 月份理论蔗糖分/100。

1.3 统计分析

采用 Excel、DPS 和 POWERMARKER 等软件完成数据处理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 因子分析

2.1.1 确定 8 个公因子中保留的公因子个数

经适合性检验,对 70 份云南不同生态型割手密

血缘 F_1 创新种质材料的 8 个性状进行因子分析,得到 8 个公因子,其中前 3 个公因子的累计贡献率达 79.35% (表 3)。按最小特征值大于 1 的原则,保留前 3 个公因子代替参试材料 8 个原始性状指标进行分析。

表 3 因子相关矩阵特征值

Table 3 Eigen values of factor correlation matrix

因子	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
Factor	Eigen value	Proportion rate	Cumulative proportion rate
1	3.40	42.5	42.50
2	1.85	23.10	65.60
3	1.10	13.75	79.35
4	0.74	9.21	88.56
5	0.60	7.50	96.06
6	0.25	3.11	99.17
7	0.05	0.65	99.82
8	0.01	0.18	100.00

2.1.2 因子载荷矩阵

经方差极大正交旋转使因子载荷矩阵中各因子的总方差达到最大,保留的 3 个公因子载荷矩阵见表 4。从中可见,第 1 公因子的载荷值中,单产的载荷值 (0.9142) 最大,11 月理论含糖量、有效茎数、出苗率、分蘖率的载荷值依序次之,而其他载荷值较小,表明在产量性状构成因子中,有效茎数、出苗率、分蘖率对单产的高低起着决定性的作用,单产对于获得高含糖量创新种质材料具有重要贡献。第 2 公因子的载荷值中,茎径、株高的载荷值较大,出苗率、分蘖率和有效茎数载荷绝对值较大,但为负值,说明在产量构成因子中株高、茎径与出苗率、分蘖率、有效茎数的增长呈负相关,也就是说植株高大的材料,出苗率、分蘖率、有效茎数偏低、偏少;反之出苗率、分蘖率高,有效茎数多的材料,往往表现茎径偏细。第 3 公因子的载荷值中,11 月理论蔗糖分、11 月理论含糖量的载荷值较大,而且与分蘖率、有效茎数、茎径、单产等产量因子均为负相关,这说明产量与糖分是一对矛盾,在甘蔗育种过程中,应该注意平衡好二者的关系。因子分析结果与实践一致。

表 4 方差极大正交旋转因子载荷矩阵

Table 4 The factor loading matrix of varimax rotation

性状	因子 1	因子 2	因子 3
Trait	Factor 1	Factor 2	Factor 3
出苗率	0.7935	-0.1812	0.0131
分蘖率	0.5407	-0.4970	-0.0634
株高	0.1942	0.7122	0.1123
茎径	-0.1676	0.8642	-0.1287
有效茎数	0.8585	-0.4324	-0.0548
单产	0.9142	0.2947	-0.1629
11 月理论蔗糖分	-0.0181	0.0050	0.9915
11 月理论含糖量	0.8906	0.2878	0.2396

2.2 聚类分析

因子分析所得到的公因子是诸性状相关关系的量化随机变量,是一组综合的公共指标^[11]。以 70 个创新材料前 3 个因子的得分为指标,采用系统聚类中的最长距离法对 70 份创新材料进行聚类分析。在遗传距离 2.4 水平处,可将 70 份创新种质划分为 10 个类型,从图 1 可见,第 I、IV、VII、VIII、X 类共包括 35 份材料,占参试材料总数的 50%,其共同特点是有效茎数多、高产,每 hm^2 有效茎数高于 20 万条、单产均在 110.60 t 以上,尤其是第 VII、X 类材料,单产高于 200 t 达到能源蔗审定标准,这 5 类材料均可作为高产、高生物量育种的优良种质利用。第 I、II、IV、V、VI、VII、IX 类包括 51 份材料,占参试材料总数的 72.8%,其共同特点是早期糖分高,尤其是第 I、IV、V、VI 类,11 月理论蔗糖分均高于 12% 达到了优良品种(系)的水平,这 4 类材料可作为高糖种质创新的优良材料利用。第 II、III、V、VI、IX 类包括 35 份材料,占参试材料总数的 50%,其共同特点是低产,除第 III 类表现低糖外,其他均表现高糖,大茎的有效茎数少,细茎的有效茎数多(表 5),因此,这 5 类材料应更关注个体的表现,慎重选用。

3 小结与讨论

本研究的 70 份创新种质材料,分别来自 14 个组合,涉及 12 个割手密无性系,其原生地分别对应北热带半湿润半干燥气候生态型、南亚热带半湿润半干燥气候生态型、中亚热带半湿润半干燥气候生态型、南亚热带湿润生态型、北热带湿润气候生态型的蔗区。这些割手密对原生地的适应性是选育适应

这些蔗区种植甘蔗新品种的种质基础。来自同一组合的材料被聚为不同的类型,来自不同组合的材料被聚为相同的类型,似乎创新材料主要性状表现与其父本、组合来源均无关系,这说明割手密血缘 F_1 材料出现了高度分离,也给割手密创新利用带来了难度。然而,这是利用割手密拓宽甘蔗遗传基础的物质保证,亦与不同生态型割手密具有相似特性有关。因此对割手密及其血缘的后代进行因子和聚类分析,可能是提高野生种质资源利用效率的有效途径。

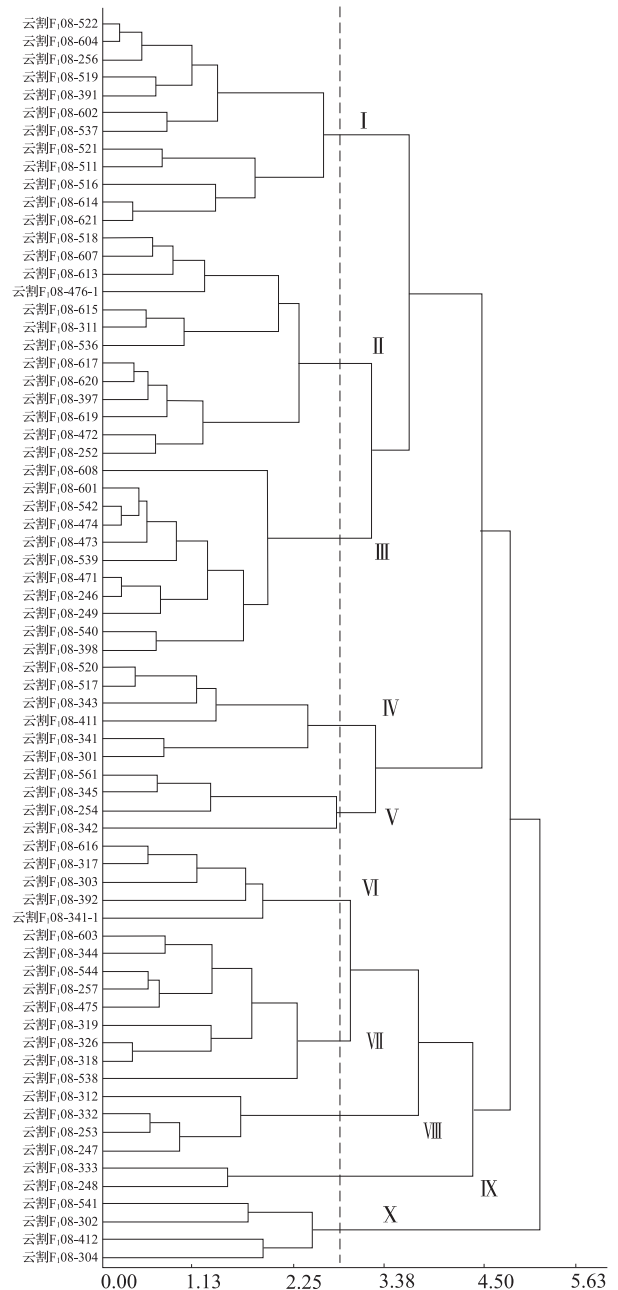


图 1 70 份创新种质的系统聚类分析图

Fig. 1 Cluster diagram of the 70 innovated germplasm materials

表 5 10 类材料农艺性状的平均表现

Table 5 Average performances of agronomic characters in the 10 groups

类型 Type	出苗率(%) Emergence rate	分蘖率(%) Tillering rate	株高(cm) Plant height	茎径(cm) Stalk diameter	每 hm ² 有效茎数 Stalk number	单产 (t/hm ²) Yield	11 月理论 蔗糖分(%) Sucrose content	11 月理论 含糖量(t/hm ²) Sugar content
I	76.6	282.8	276.7	1.23	376396	110.60	12.41	13.81
II	54.5	252.2	274.5	1.32	234277	78.73	10.87	8.56
III	63.4	254.5	262.5	1.34	285138	93.17	8.53	7.75
IV	55.3	228.7	301.9	1.66	254558	148.28	12.67	19.07
V	57.3	183.3	295.3	1.56	175858	87.35	12.95	11.19
VI	56.3	241.7	273.4	1.31	223152	72.45	13.02	9.62
VII	99.3	340.3	285.9	1.25	615733	202.79	10.93	22.39
VIII	55.1	232.5	290.8	1.65	215920	120.15	8.17	10.00
IX	46.6	173.5	295.8	1.66	116741	68.11	10.74	7.06
X	74.4	193.6	313.1	1.71	314065	205.57	9.27	19.60

茎径大于 1.5 cm 为大茎,1.3~1.5 cm 为中茎,小于 1.3 cm 为细茎,11 月理论蔗糖分大于 10% 为高糖,8%~10% 为中糖,低于 8% 为低糖

The stem diameter of sugarcane greater than 1.5 cm, between 1.3-1.5 cm and less than 1.3 cm are big stem, middle stem and thin stem, respectively.

The theory of sucrose content in november were more than 10%, between 8%-10% and lower than 8% mean high sugar, middle sugar and lower sugar

在甘蔗育种实践中,一般认为热带种是甘蔗产量和蔗糖分的主要基因资源,割手密则是甘蔗品种抗逆性的基因资源。本试验参试各类材料,50% 表现高产,72.8% 表现高糖,38.6% 表现高糖高产,而且,高产材料中有高糖、低糖之分;高糖材料中又有高产、低产之别,高产材料中尚有细茎、大茎、茎多、茎少的不同,这是特色鲜明的创新亲本培育的种质基础。

将参试材料的所有父本按原生地气候生态型分组,并统计同类材料中,来自湿润、半湿润半干燥气候生态型割手密分别占本类材料涉及割手密总数的百分比及其茎径的表现,第 I 类为 42.8%、57.2%,表现细茎;第 II 类为 50%、50%,表现细茎;第 III 类为 40%、60%,表现细茎;第 IV 类为 75%、25%,表现大茎;第 V 类为 66.7%、33.3%,表现大茎;第 VI 类为 80%、20%,表现细茎;第 VII 类为 50%、50%,表现细茎;第 VIII、IX 类 100% 来自湿润气候生态型,均表现大茎;第 X 类为 33.3%、66.7%,表现大茎;除第 VI、X 类外,湿润气候生态型割手密比例高的,其 F₁ 表现大茎;半湿润半干燥气候生态型割手密比例高的,其 F₁ 表现细茎;湿润生态型割手密茎径的贡献是否优于半湿润半干燥气候生态型割手密,有待于进一步研究。

参考文献

[1] 黄忠兴,周峰,王勤南,等. 国内外割手密资源农艺性状表型遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(5): 825-829

[2] 张跃彬,吴正焜,刘少春. 云南双高甘蔗标准化综合技术[M]. 昆明:云南科技出版社,2004:15-16

[3] 朱建荣,桃联安,董立华,等. 云南不同生态类型甘蔗细茎野生种育种潜力分析[J]. 南方农业学报,2011,42(9): 1035-1040

[4] 桃联安,经艳芬,董立华,等. 云南甘蔗细茎野生种 82-114 测交后代主要性状遗传分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(3): 419-424

[5] 经艳芬,周清明,董立华,等. 基于同一度的云南甘蔗细茎野生种血缘 F₁ 代创新种质材料分类[J]. 南方农业学报,2012,43(10): 1438-1442

[6] 周清明,边芯,董立华,等. 云南湿润生态型甘蔗细茎野生种 F₁ 代的同一度分类[J]. 南方农业学报,2012,43(10): 1438-1442

[7] 李新蕊. 主成分分析、因子分析、聚类分析的比较与应用[J]. 山东教育学院学报,2007,22(6): 23-26

[8] 高三基,陈如凯,张华,等. 甘蔗经济性状的因子分析及品种聚类分析[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2006,35(2): 113-116

[9] 张鹏,张海洋,郑永战,等. 芝麻种质资源因子分析及聚类分析[J]. 中国油料作物学报,2008,30(1): 71-78

[10] 陈荣江,张万琴,万文峰,等. 棉花数量性状的因子分析与品种的聚类分析[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2009,38(3): 225-230

[11] 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

[12] 吴高岭,徐尚忠. 玉米品种的因子分析和聚类分析[J]. 华中农业大学学报,1997,16(3): 244-248

[13] 杨秀莲,梁艳丽,谢世清,等. 魔芋主要性状的相关性及因子分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(17): 10244-10246

[14] 张桂英,张国权,罗勤贵,等. 陕西关中小麦品质性状的因子及聚类分析[J]. 麦类作物学报,2010,30(3): 548-554

[15] 朱明哲,杨蕊,段红. 小麦新品种产量性状及主要品质性状的因子分析与聚类分析[J]. 河南科技学院学报,2012,40(1): 1-6

[16] 史秀红,常璇,袁毅,等. 不同产地枸杞微量元素的因子与聚类分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(4): 1839-1841