植物遗传资源学报 2012,13(5):825-829
Journal of Plant Genetic Resources

国内外割手密资源农艺性状表型遗传多样性分析

黄忠兴,周　峰,王勤南,金玉峰,符　成,胡后祥,张垂明,
常海龙,吉家乐,吴其卫,齐永文,刘少谋
(广州甘蔗糖业研究所海南甘蔗育种场,三亚 572025)

摘要:采用表型性状变异分析和聚类分析,对国内外不同地理来源的456份割手密资源13个性状进行评价,初步了解其遗传多样性特点,为解决种质创新与品种改良遗传基础狭窄问题提供思路。结果表明,456份割手密在株高、叶长、叶宽、锤度等多个性状都表现出了极高的遗传变异,多样性指数介于0.97~7.92之间;对嵌纹病、眼点病的抗病性及对金龟子的抗虫性变异范围广;国内外不同地理来源的割手密群间的遗传变异较大,以云南割手密群体多样性最丰富。聚类分析结果表明,国内外割手密资源聚成三大不同类群,云南独自为一大类,国外割手密被归为第二大类,其他为第三大类。各类群在植株生长特性及锤度方面具有极显著差异。

关键词:割手密;表型性状;聚类分析;遗传多样性

Genetic Diversity Assessment of *Saccharum spontanuem* L. Native of Domestic and Overseas with Phenotype Agronomic Traits

HUANG Zhong-xing, ZHOU Feng, WANG Qin-nan, JIN Yu-feng, FU Cheng, HU Hou-xiang,
ZHANG Chui-ming, CHANG Hai-long, JI Jia-Le, WU Qi-wei, QI Yong-wen, LIU Shao-mou
(*Hainan Sugarcane Breeding Station, Guangzhou Sugarcane Industry Research Institue, Sanya 572025*)

Abstract: 456 *Saccharum spontaneum* L. derived from various geographical origins were evaluated by mutation analysis and cluster analysis based on 13 phenotype traits, to create initial knowledge with better understanding of their genetic diversity, and to provide useful informations for variety improvement in breeding programs. The results showed that the very high diversity was detected on all of the traits of 456 *S. spontaneum* L. in height of plant, length of leaf, width of leaf, brix, between 0.97 to 7.92 in Shannon index. It has a widely range of variation in mosaic disease, eyespot disease, tumblebug and so on. There is a large genetic variation among *S. spontaneum* L. resources in geographic origin, and it is the most abundance diversity of the *S. spontaneum*L. groups in Yunnan. By cluster analysis, the results showed that the *S. spontaneum* L. resources may be divided into 3 categories, Yunnan for a major category and the *S. spontaneum* L. introduced from abroad for the second category, others for the third category. Which all have the highly significant differences in plant growing characteristic and brix.

Key words: *S. spontaneum* L.; Phenotypic character; Custer analysis; Genetic diversity

我国是世界重要的甘蔗种植国和野生种质的重要分布中心之一[1]。生态类型的多样性孕育了丰富的甘蔗野生资源,南自海南岛,北至秦岭,东起台湾东部,一直到西藏东南部的雅鲁藏布江都有割手密的踪迹,幅跨热带、亚热带两大气候区[2]。

收稿日期:2011-12-05　　**修回日期**:2012-01-15
基金项目:广东省甘蔗种质资源库建设(2011B060400019);高抗旱性斑茅 F_1 亲本创制和选育研究(2011B060400018);甘蔗温水去雄杂交制种技术研究(2011B020301002);崖城系列亲本评价与利用研究(2010B060200019);优质甘蔗种质鉴评与开发利用的数字化管理研究(2011B060500052);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-20-1-6);国家自然科学基金(30800700)
作者简介:黄忠兴,高级农艺师,主要从事甘蔗种质资源保育与利用研究。E-mail:gzsugarhzx@126.com
通迅作者:刘少谋,研究员,主要从事甘蔗种质资源评价研究。E-mail:liushaomou@yahoo.com

割手密(*S. spontaneum* L.)即甘蔗细茎野生种,是甘蔗属(*Saccharum*)中分布最广、类型最多并且具有较高糖分的野生种,是当前世界甘蔗育种中抗逆性、宿根性、适应性等优良性状的主要来源[2-3]。甘蔗栽培品种中大多含有割手密血缘。因此,割手密是甘蔗属及其近缘属种中最有育种和研究价值的野生种之一[4-7]。我国一直非常重视割手密收集保育及其在甘蔗品种改良的应用。齐永文等[8]、邱崇力等[9]、张革民等[10]、杨荣仲等[11]分别对我国广东、云南、广西、四川等地割手密种质资源遗传特点进行研究,各省份割手密类型多样,遗传多样性丰富,但目前国内鲜有割手密较为系统的研究和报道。为进一步了解国内外割手密的类型特点,研究其核心资源类型,应用相关统计分析方法[12-14],对我国南方主要甘蔗省份及部分国家割手密进行聚类分析研究,为进一步利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为保存于海南甘蔗育种场的456份割手密资源。其中国内资源449份,云南202份,广东60份,四川72份,海南60份,贵州19份,福建25份,江西4份,广西3份,浙江4份;国外资源7份,越南2份,泰国3份,印度2份。

1.2 方法

所有材料种植于海南甘蔗育种场的广东省甘蔗种质资源库野生种质圃水泥圈(内径75cm,高出地面5cm)中,每份材料种植1株,不设重复,此后每年割1次,留宿根。2009年4月沿水泥圈面将上部全部割除,按照常规方式管理。2009年12月份进行调查。调查时同一品种内随机取样,每个品种取5株,分别调查株高、叶长、叶宽、叶面积、茎径、五节长、锤度等农艺性状及生长势和抗病性(黄叶综合症、嵌纹病、眼点病)、抗虫性(螟虫、金龟子),共13项。其中,对生长势、抗病性、抗虫性的分级标准参照甘蔗种质资源描述数据规范和数据标准,略作改动(表1)。

1.3 数据统计与分析

统计了割手密材料在株高、叶长、叶宽、叶面积、茎径、五节长、锤度等性状上的极差、平均值、方差、变异系数指标。对非数值型性状,如生长势、抗病性、抗虫性等予以赋值(表1),然后对每个性状按照平均数为0,标准差为1进行标准化处理,并按照欧式距离类平均法进行聚类分析。统计分析采用Excel、DPS和POWERMARKER等软件完成。

表1 割手密资源形态多样性测定方法和分级标准

Table 1 Main morphological characters and their grading-standard of *S. spontaneum* L.

序号 Code	性状 Trait	测定标准 Measurement standard
1	株高(cm)	从水泥圈至最高可见肥厚带
2	叶长(cm)	叶片肥厚带至叶尖的长度
3	叶宽(cm)	叶片最宽处的宽度
4	叶面积(cm^2)	采用叶面积仪进行测定
5	茎径	对正芽的方向测量植株中部节间的直径
6	五节长(cm)	蔗茎中部最长节连续5节长度
7	锤度	剪取地上部3~4节的节间,用油压钳挤出汁液,吸取汁液放进手持袖珍折射仪(日本ATAGO)里进行读数
8	生长势	1=较差,2=中等,3=较好,4=很好
9	黄叶综合症	0=免疫,1=高抗,2=中抗,3=易感染
10	嵌纹病	0=免疫,1=高抗,2=中抗,3=易感染
11	眼点病	0=免疫,1=高抗,2=中抗,3=易感染
12	螟虫	0=免疫,1=高抗,2=中抗,3=易感染
13	金龟子	0=免疫,1=高抗,2=中抗,3=易感染

2 结果与分析

2.1 农艺性状间的遗传多样性差异

由456份割手密资源的13个性状分析结果可知,国内外割手密资源性状差异明显,变异范围大,遗传多样性丰富(表2)。

13个性状的平均变异系数为3.94%,叶长、五节长、株高、锤度、叶面积、叶宽及生长势的变异系数小于0.5%,以叶长变异系数最低只有0.16%;嵌纹病、眼点病、金龟子的变异系数高于7.0%,其中以嵌纹病的变异系数最高,达到21.33%。说明参试资源的叶长、五节长、株高、锤度、叶面积、叶宽及生长势等一致性较强,变异范围不大;相比之下,对嵌纹病、眼点病、金龟子等的抗病性、抗虫性变异范围更大。

13个性状的平均多样性指数为6.36,叶长最高(7.92),眼点病最低(0.97),两性状相差6.95;可知参试材料不同性状间变异幅度差异较大,除眼点病、金龟子多样性指数小于2之外,其余各性状多样性指数在4~8之间,说明割手密主要农艺性状遗传多样性丰富,在育种方面可以发挥巨大作用。

2.2 不同来源地割手密主要农艺性状分析

不同来源地割手密在8个主要农艺性状上表现出明显的差异(表3)。株高及叶长以泰国最长,印度、越南次之,中国江西最短,其他地区材料相差较小;叶宽以越南最高,泰国、印度次之,中国江西最低,

表 2　割手密资源主要农艺性状和抗病性、抗虫性

Table 2　Main agronomic traits, disease and insect resistance for *S. spontaneum* L.

性状 Trait	平均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.	极差 Range	标准差 *s*	变异系数(%) *CV*	多样性指数 Shannon index
株高	102.49	192.00	21.50	170.50	23.80	0.23	7.90
叶长	101.60	152.20	57.80	94.40	16.40	0.16	7.92
叶宽	0.76	2.72	0.32	2.40	0.29	0.38	7.85
叶面积	101.22	212.92	50.09	162.83	27.90	0.28	7.87
茎径	0.53	1.66	0.17	1.49	0.77	1.46	7.45
五节长	49.92	95.80	19.60	76.20	10.72	0.21	7.90
锤度	10.83	19.73	3.92	15.81	2.73	0.25	7.91
生长势	2.09	4.00	1.00	3.00	0.83	0.40	7.83
黄叶综合症	0.19	3.00	0.00	3.00	0.64	3.34	4.54
嵌纹病	0.00	2.00	0.00	2.00	0.09	21.33	5.62
眼点病	0.01	3.00	0.00	3.00	0.17	15.37	0.97
螟虫	1.26	3.00	0.00	3.00	1.02	0.81	7.40
金龟子	0.05	3.00	0.00	3.00	0.32	7.05	1.50
平均						3.94	6.36

表 3　不同来源地割手密农艺性状多样性统计分析

Table 3　Analysis of morphological diversity in agronomic traits of *S. spontaneum* L. from different sources

性状 Trait	云南	广东	四川	海南	贵州	福建	江西	广西	浙江	越南	泰国	印度
平均值 Mean												
株高(cm)	106.77	90.94	95.80	108.61	105.46	95.26	73.05	109.47	93.90	120.30	135.33	135.20
叶长(cm)	99.55	95.09	100.67	109.06	104.13	114.90	77.95	111.73	104.05	115.90	117.87	113.50
叶宽(cm)	0.76	0.61	0.80	0.79	0.79	0.76	0.60	0.85	0.84	1.40	1.24	0.95
叶面积(cm^2)	102.72	84.72	94.19	111.58	103.24	113.33	103.41	101.27	99.80	141.17	147.79	105.45
茎径(cm)	0.50	0.70	0.43	0.54	0.49	0.53	0.30	0.59	0.47	0.73	0.69	0.67
五节长(cm)	51.50	44.61	48.99	48.97	52.92	51.65	34.95	56.73	43.50	51.80	76.07	53.57
锤度	10.65	10.75	11.68	10.91	10.77	10.96	11.26	5.79	9.42	10.43	9.36	10.73
生长势	1.97	2.23	2.13	2.08	2.47	2.04	1.75	2.67	2.50	3.00	2.33	3.50
变异系数(%) *CV*												
株高	0.21	0.24	0.23	0.22	0.15	0.26	0.36	0.24	0.14	0.01	0.05	0.34
叶长	0.15	0.16	0.15	0.14	0.17	0.14	0.24	0.18	0.03	0.09	0.11	0.06
叶宽	0.35	0.24	0.39	0.42	0.27	0.49	0.21	0.36	0.30	0.21	0.00	0.24
叶面积	0.32	0.20	0.19	0.23	0.14	0.16	0.12	0.26	0.29	0.21	0.09	0.25
茎径	0.29	2.98	0.26	0.17	0.16	0.18	0.32	0.25	0.10	0.05	0.10	0.27
五节长	0.20	0.19	0.21	0.23	0.17	0.17	0.23	0.17	0.17	0.06	0.14	0.12
锤度	0.26	0.18	0.24	0.26	0.21	0.24	0.25	0.07	0.21	0.30	0.50	0.06
生长势	0.39	0.31	0.42	0.44	0.33	0.40	0.47	0.47	0.20	0.15	0.40	0.14
平均	0.27	0.56	0.26	0.26	0.20	0.26	0.27	0.25	0.18	0.14	0.18	0.19
多样性指数 Shannon index												
株高	7.63	5.86	6.13	5.87	4.23	4.59	1.91	1.54	1.98	–	1.58	–
叶长	7.64	5.89	6.15	5.89	4.23	4.63	1.96	1.56	2.00	–	1.58	–
叶宽	7.57	5.86	6.08	5.79	4.19	4.50	1.97	1.49	1.93	–	1.59	–
叶面积	7.59	5.88	6.14	5.87	4.23	4.63	1.99	1.53	1.94	–	1.58	–
茎径	7.60	4.48	6.12	5.89	4.23	4.62	1.96	1.41	1.92	–	1.58	–
五节长	7.63	5.88	6.14	5.87	4.23	4.62	1.96	1.56	1.98	–	1.57	–
锤度	7.61	5.88	6.13	5.86	4.21	4.60	1.84	1.58	1.97	–	1.41	–
生长势	7.54	5.83	6.02	5.76	4.16	4.52	1.75	1.41	1.97	–	1.45	–
平均	7.60	5.70	6.11	5.85	4.21	4.59	1.92	1.51	1.96	–	1.54	–

国内群体间差异小;叶面积仍以泰国最大,越南次之,中国广东最低;茎径最粗的越南达到 0.73cm,而最低的江西仅为 0.30cm,前者是后者的 2 倍多,国内群体中以广东最粗 0.70cm,仅次于越南,其他国内材料相差不大;五节长最长的仍为国外材料达到 76.07cm,最短的为江西材料 34.95cm,两者仍相差 2 倍多;与商业品种相比,割手密的特点为糖分低,本研究经蔗汁锤度分析表明,不同国家和地区间的锤度性状也表现出了极大的变化范围,且以国内群体占据优势,最高为四川达到 11.68,最低为广西 5.79,越南、泰国、印度的材料间锤度变化较小;生长势方面国外材料普遍好于国内群体。

对不同国家和地区割手密群体变异系数进行分析,割手密种质资源群体的变异系数在0.14% ~ 0.56% 之间,以广东群体最高达到 0.56%,云南 0.27%、江西 0.27%、四川 0.26%、海南 0.26%、福建 0.26%、广西 0.25% 次之,最低为越南仅为 0.14%,最高值是最低值的 3 倍多,且中间变化值落差较大,可见国内割手密资源性状差异明显,变异范围大,遗传多样性丰富。

对国内不同地区及部分国外割手密资源群体多样性指数进行比较,云南割手密资源群体最高(202 份,7.60);其次是四川群体(72 份,6.11);这两个群体表现出丰富的遗传多样性;海南群体(60 份,5.85)、广东群体(60 份,5.70)相当;排在第 5 位的是福建群体(25 份,4.59),遗传多样性与贵州群体(19 份,4.21)相当;江西、广西、浙江、泰国遗传多样性指数都小于 2.0,与其他地区相比遗传多样性欠丰富,这可能与调查材料较少有一定的关系。

2.3 基于几个重要农艺性状的不同来源割手密资源的聚类分析

用 13 个性状标准化后的数据对 12 个国内外不同地理来源割手密群体间进行聚类分析,当遗传距离为 6.8 时,供试材料被划分为 3 个类群(图 1)。Ⅰ类群只有云南一个地区;Ⅱ类群有 7 个地区,包括广东、四川、海南、贵州、浙江、福建、江西;Ⅲ类群有 4 个国家或地区,包括中国广西、印度、越南、泰国。

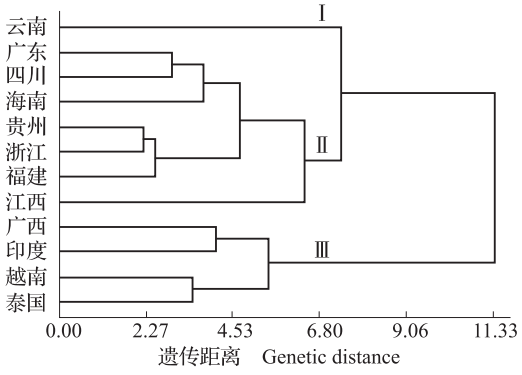

图 1 12 个不同来源地割手密资源聚类分析图

Fig. 1 Cluster analysis for different 12 sources *S. spontaneum* L.

2.3.1 各类群间的差异显著性检验分析 由差异显著性检验结果可以看出,各类群间株高、叶面积和五节长差异都达到极显著水平,各类群排列顺序均为Ⅲ > Ⅰ > Ⅱ;叶长、生长势各类群间差异也都达到极显著水平,各类群间排列顺序为Ⅲ > Ⅰ > Ⅱ;叶宽Ⅲ和Ⅰ、Ⅱ差异极显著,Ⅰ和Ⅱ差异不显著;锤度性状各类群间也都达到极显著水平,以类群Ⅰ最好,Ⅱ次之,Ⅲ最低;3 个类群对嵌纹病、眼点病、金龟子高抗,Ⅲ类群对黄叶综合症高抗,Ⅰ、Ⅱ中抗,3 个类群都有感染螟虫但不严重也未达到显著差异。由以上分析可知,以国外几份材料为代表的Ⅲ群体植株生长高大、叶子较长、较宽、叶面积大、长势好、抗性强,但糖分含量低,极显著低于国内群体(表 4)。

表 4 各类群割手密资源特征及差异显著性检验

Table 4 Characteristics and significant differences inspection for different groups *S. spontaneum* L.

类群 Group	株高(cm) Plant height	叶长(cm) Leaf length	叶宽(cm) Leaf width	叶面积(cm^2) Leaf area	茎径(cm) Stem diameter	五节长(cm) Length of Five internodes	锤度(%) Brix	生长势 Growth vigor	黄叶综合症 Yellow syndrome	嵌纹病 Mosaic disease	眼点病 Eyespot disease	螟虫 Borer	金龟子 Tumblebug
Ⅰ	106.77B	99.57C	0.76B	102.72B	0.51	51.49B	10.65B	1.97C	0.19	0	0	1.56	0
Ⅱ	98.05C	102.77B	0.74B	99.05C	0.54	48.17C	11.07A	2.16B	0.19	0	0	1.02	0
Ⅲ	124.54A	114.76A	1.09A	124.04A	0.66	60.91A	8.78C	2.80A	0	0	0	1.2	0

同列数值不同大写字母表示差异达极显著水平($P < 0.01$)

Different capital letters within the same column indicate significant difference at 1% level

3　讨论

在甘蔗育种实践中,利用甘蔗野生种质资源,拓宽甘蔗亲本遗传基础,是提高甘蔗亲本遗传多样性的的有效途径。张革民等[10]对割手密蔗糖分的变异及聚类分析表明其糖分遗传变异多样性丰富,李奇伟[15]认为在利用割手密进行杂交前对其糖分进行选择有利于提高杂交后代的蔗糖分,王丽萍等[16]利用割手密与甘蔗杂交和回交获得了高糖后代。海南甘蔗育种场先后利用崖城、陵水、云南割手密的 3 个无性系,育成含我国本土割手密血缘的甘蔗品种 23 个。由此可见,割手密在我国甘蔗品种改良中起到了重要作用。对海南甘蔗育种场现有的割手密资源进行表型遗传多样性评价,可为种质资源的收集、保育和创新利用提供重要参考。

对主要农艺性状分析表明,我国 9 个省份和泰国、越南、印度 3 个国家的割手密遗传多样性丰富,在株高、叶长、叶宽、锤度等多个性状都表现出了极高的遗传变异,多样性指数介于 0.97 ~ 7.92 之间,其中叶长、锤度和株高多样性指数最高。锤度(糖分)是商业甘蔗最重要的农艺性状,该性状的高遗传变异也为将来有目的地利用割手密改良甘蔗品种提供了良好的遗传基础。嵌纹病、眼点病、金龟子的变异系数高,特别是嵌纹病,表明对嵌纹病、眼点病的抗病性及对金龟子的抗虫性变异范围大,在利用过程中需注意选择抗病虫的种质。

对不同来源地的割手密资源表型遗传多样性分析表明,云南割手密群体多样性指数最高达到 7.60,其次为四川、海南、广东多样性指数都大于 5,进一步证明了我国一些省份割手密资源遗传多样性较为丰富,与前人[3,8-11]的研究结果相似。聚类分析将供试材料划分为三大类群,以国外割手密为代表的Ⅲ类群植株高大,叶子较长、较宽,长势好且抗病虫性强,但锤度相对较低,Ⅰ、Ⅱ群体中植株、叶长等相对较小,抗病虫性中等但锤度较高,因此在做亲本杂交中要合理选择利用。

目前已收集到的近 456 份割手密材料中,不同省份和国家的割手密材料在数量上差异较大,如江西、广西、浙江、国外割手密材料太少。要准确确定我国割手密分布类型及遗传多样性丰富情况,有待进一步广泛收集各地区割手密资源,扩大试验群体。

参考文献

[1] 周可涌. 甘蔗[M]. 广州:广东科技出版社,1984:69-83

[2] 中华人民共和国农业部. 中国作物遗传资源[M]. 北京:中国农业出版社,1998:499-518

[3] 陈辉,范源洪,史宪伟,等. 甘蔗细茎野生种(*Saccharun spontaneum* L.)的遗传多样性和系统演化研究[J]. 作物学报,2001,27(5):645-652

[4] Tai P Y P, Miller J D. Preservation of *Saccharum spontaaeum* germplasm through storage of true seed [J]. Sugar Cane, 1994, 6: 3-8

[5] Nei M, Li W H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases [J]. Ptoc Natl Acad Sci USA, 1979, 76: 5269-5273

[6] Sreenivasan T V. Sugarcane Varietal Improvement [M]. Coimbatore: Sugarcane Breeding Institute Press, 1989: 177-192

[7] Rao J T. Sugarcane Varietal Improvement [M]. Coimbatore: Sugarcane Breeding Institute Press, 1988: 83-114

[8] 齐永文,樊丽娜,何慧怡,等. 广东割手密资源农艺性状遗传多样性评价[J]. 甘蔗糖业,2009(3):7-10

[9] 邱崇力,何顺长,杨世清. 云南割手密(*S. spontaneum* L.)的研究Ⅱ、酯酶同工酶的研究[J]. 云南农业大学学报,1987(2):80-83

[10] 张革民,廖江雄,黄宏奎. 广西高糖割手密遗传多样性的表型分析和 RAPD 分析[J]. 西南大学学报,2007,29(8):83-88

[11] 杨荣仲,吴才文,黄久凯. 四川割手密资源聚类分类研究[J]. 甘蔗,2001,8(2):4-9

[12] 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,2011,11(6):703-708

[13] 刘金,关建平,徐东旭,等. 小扁豆种质资源形态标记遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2008,9(2):173-179

[14] 王玉富,贾婉琪,薛召东,等. 国外引进亚麻种质资源的聚类分析及评价[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(5):548-554

[15] 李奇伟. 现代甘蔗改良技术[M]. 广东:华南理工大学出版社,2000

[16] 王丽萍,马丽,夏红明,等. 甘蔗细茎野生种(*S. spontaneum*)在杂交育种中的利用[J]. 中国糖料,2006(1):1-4