

云南甘蔗常用亲本资源遗传多样性的 SSR 分析

刘新龙, 李旭娟, 刘洪博, 马 丽, 徐超华, 范源洪

(云南省农业科学院甘蔗研究所/云南省甘蔗遗传改良重点实验室, 开远 661699)

摘要:以 63 份云南育种机构常用的甘蔗亲本资源为研究对象, 10 份甘蔗原始亲本种为外群体, 使用 30 对多态性较高、在甘蔗遗传连锁图谱上分布较为广泛的 Genomic-SSR 引物对云南甘蔗常用亲本资源开展遗传多样性评价。结果表明: 云南甘蔗常用亲本在 30 个 SSR 位点上表现出丰富的多态性, 共获得 363 个扩增条带, 其中多态性条带数为 352 个, 平均多态性条带比例和多态性信息量分别为 96.97% 和 0.9441; 在 Jaccard 相似性系数方面, 云南甘蔗常用亲本材料之间的相似性系数范围在 0.2804 ~ 0.7329 之间, 平均为 0.4309, 表现出较大的遗传差异, 其中来自大陆地区的亲本遗传差异最大, 其次为来自国外地区的亲本; UPGMA 聚类分析将所有亲本材料分为一大一小两个类群, 而大类群又可分为 2 个亚类群, 中国大陆地区一些既是主栽品种又是亲本的材料表现出较近的亲缘关系, 而引自国外的大部分亲本和一些老的国内自育亲本也表现出较近的亲缘关系。以上结果将为上述亲本资源的高效利用奠定良好的基础, 并为全国育种机构在亲本选择和组合配置上提供重要参考。

关键词:甘蔗; 常用亲本; 遗传多样性; SSR

Genetic Diversity Analysis of Yunnan Commonly-used Parents by Using SSR Marker

LIU Xin-long, LI Xu-juan, LIU Hong-bo, MA Li, XU Chao-hua, FAN Yuan-hong

(Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement/Sugarcane Research Institute,
Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan 661699)

Abstract: Sugarcane parents are important genetic resources for genetic breeding and innovation of sugarcane. In order to learn the genetic diversity of Yunnan sugarcane commonly-used parents, about 63 clones were screened by using 30 pairs of high polymorphic Genomic-SSR primer with 10 origin species of sugarcane as outgroup. The results showed that total 363 bands were obtained by these SSR primers, of which 353 were polymorphic bands. High Percentage of polymorphic bands and polymorphism information content (96.97% and 0.9441) indicated that Yunnan sugarcane commonly-used parents possessed rich genetic diversity. The analysis of Jaccard similar coefficient of all clones illustrated big genetic differences appeared among these parents with a low average similar coefficient of 0.4309 (range between 0.2804 and 0.7329). These parents from main land of China exhibited the biggest genetic differences, followed by these parents from foreign countries. By using UPGMA cluster method, all parents could be assigned into two groups of different sizes. Moreover, the big group containing most of parents also could be segregated into two subgroups. Based on the results of clustering, some parents from main land of China, which were not only excellent parent but also main cultivars, performed a close genetic relationship. And this relationship was also found between these parents from foreign countries and some old parents from main land of China. Finally, these results mentioned above would improve the exploring efficient of Yunnan sugarcane commonly-used parents and pro-

收稿日期: 2014-12-26 修回日期: 2015-01-14 网络出版日期: 2015-10-14

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20151014.1424.020.html>

基金项目: 云南省自然科学基金(2011FB120); 国家自然科学基金(31360359); 云南省中青年学术技术带头人后备人才(2014HB038); 云南省攻关项目(2012BB014); 经济作物种质资源发掘与创新利用(2013BAD01B03-15)

第一作者研究方向为甘蔗分子遗传学。E-mail: lxlgood868@163.com

通信作者: 范源洪, 研究方向为甘蔗种质资源。E-mail: fyhsyri@vip.sohu.com

vide informative direction for screening parent and making cross combination in breeding and innovation programs.

Key words: sugarcane; commonly-used parent; genetic diversity; SSR

甘蔗是世界上主要的食糖原料,也是重要的能源作物,可用来生产酒精和发电^[1],每年全世界食糖总产量(2013/2014 榨季预计达 1.755 亿 t 左右)约 80% 左右来自于甘蔗产糖,而我国超过 90% 以上^[2],因此甘蔗产业对于食糖市场的稳定发展具有举足轻重的作用。

在蔗区面积不断减少和生产条件日益恶化的情况下,确保甘蔗产业持续稳定健康发展的重要途径之一就是选育更优良的品种,加快良种的更替速度。而对于优良品种的选育而言,最为重要的是亲本资源,它们是培育优良品种的物质基础,是决定甘蔗育种效率的关键因素^[3],因此各育种机构都非常注重甘蔗亲本资源的收集、创制和评价。

在甘蔗亲本评价方面,邓海华等^[4]对我国大陆近年育成甘蔗品种的亲本进行了分析,结果表明我国有 22 个原始亲本使用频率较高,其中 CP72-1210 和崖城 71-374 的使用频率最高。黄锦福等^[5]记录了海南育种场 71 份甘蔗常用亲本 5 年的花期数据,并证实亲本始花期具有较高的遗传力。陈义强等^[6]、敖俊华等^[7]和 S. A. Bhuiyan 等^[8]对甘蔗常用亲本的抗旱性、磷使用效率和抗黑穗病进行了评价,筛选出一批优异亲本材料。为了解亲本性状的遗传效率和亲本育种潜力,近年来,国内外育种家利用家系评价等技术对甘蔗亲本一些重要农艺性状的遗传力、配合力和经济育种值进行了评价,为组合的配置和杂交后代的选择提供了重要的指导^[9-12]。

了解亲本的多样性和亲缘关系对于亲本的选择和组合的配置具有重要参考价值,国内张琼等^[13]依据系谱数据对我国大陆 21 份甘蔗骨干亲本的亲缘关系进行了分析,表明它们之间的共祖系数较高。劳方业等^[3,14]运用 AFLP 标记反映出我国崖城系列甘蔗亲本和我国自育甘蔗亲本在不同年代之间多样性差异明显,且后期要高于前期。敖俊华等^[7]对海南甘蔗育种场 20 份甘蔗常用亲本多样性的 SSR 分析表明亲本之间遗传相似性系数较低,遗传差异较大。2013 年, Q. You 等^[15]使用 5 对荧光基因组 SSR 标记,构建了我国甘蔗亲本的 DNA 指纹图谱,并分析了通用亲本、新亲本及不同地区自育亲本的多样性状况。

云南甘蔗品种选育始于 20 世纪中叶^[16],经过多年收集和评价,筛选出一批农艺性状表现优异,具有较高遗传力和配合力的甘蔗常用亲本资源,但是

目前依然缺乏对这些资源遗传背景的了解。为了掌握这些亲本资源的多样性和亲缘关系状况,本研究使用 30 对多态性较高的基因组 SSR 引物,以 10 份甘蔗原始亲本种,即热带种(*Saccharum officinarum*)、中国种(*Saccharum sinense*)、印度种(*Saccharum barberi*)、大茎野生种(*Saccharum robustum*)和割手密(*Saccharum spontaneum*)为外群体材料,对 63 份云南甘蔗常用亲本资源开展遗传多样性研究,以期亲本资源的收集、评价和组合的配置提供重要参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以云南育种机构常用的 63 份甘蔗亲本资源为研究材料,其中来自国外地区的有 17 份,来自中国大陆地区的有 32 份,来自中国台湾地区有 14 份;同时选择 10 份甘蔗原始亲本种(热带种 2 份、印度种 2 份、中国种 2 份、大茎野生种 2 份和割手密 2 份)作为外群体材料。所有研究材料的叶片由国家甘蔗种质资源圃提供,材料清单见表 1。

1.2 叶片基因组 DNA 提取与 SSR 试验

选取亲本材料幼嫩叶片,使用液氮速冻并研磨成粉末,用改良的 CTAB 法提取叶片基因组 DNA,用 1.0% 的琼脂糖凝胶和 Eppendorf Biophotometer 6131 检测 DNA 质量和浓度,并用无菌去离子水稀释至 20 ng/ μ L 于 -20℃ 保存备用。根据前人研究报道^[17-19]选择在甘蔗遗传连锁图谱上分布较为广泛和多态性表现较好的 genomic-SSR 引物用于本研究(表 2),SSR PCR 体系参照 X. L. Liu 等^[19]报道进行,扩增产物经 95℃ 变性后在 5.0% 的变性聚丙烯酰胺凝胶上电泳分离,采用 X. L. LIU 等^[20]建立的快速银染法染色观察。

1.3 数据统计分析

选择带型清晰的 PCR 扩增条带进行人工读带,在相同迁移位置上,有带记为“1”,无带记为“0”,缺失数据记为“-”,建立 0-1 矩阵。计算引物的多态性条带比例(PPB, percentage of polymorphic bands)和多态性信息量(PIC, polymorphism information content),相关公式参照 Y. B. Pan^[21]报道。使用 NT-SYSp2.1 软件^[22]计算不同亲本材料间 Jaccard 遗传相似性系数(GS, genetic similarity),使用 UPGMA(unweighted pair-group method with arithmetic means)构建聚类图。

表 1 云南常用甘蔗亲本资源及参照材料名单

Table 1 The list of Yunnan commonly-used sugarcane parents and control samples

序号 No.	亲本名称 Parent name	来源 Origin	序号 No.	亲本名称 Parent name	来源 Origin
1	Funong91-4621	中国大陆地区	38	CP67-412	国外地区
2	Mintang69-263	中国大陆地区	39	CP72-1210	国外地区
3	Mintang69-421	中国大陆地区	40	CP72-1312	国外地区
4	Mintang92-649	中国大陆地区	41	CP84-1198	国外地区
5	Yuetang00-236	中国大陆地区	42	CP85-1308	国外地区
6	Yuetang57-423	中国大陆地区	43	FR93-435	国外地区
7	Yuetang59-65	中国大陆地区	44	FR96-405	国外地区
8	Yuetang79-177	中国大陆地区	45	FR97-137	国外地区
9	Yuetang82-339	中国大陆地区	46	POJ213	国外地区
10	Yuetang84-3	中国大陆地区	47	POJ2878	国外地区
11	Yuetang86-368	中国大陆地区	48	Q96	国外地区
12	Yuetang93-159	中国大陆地区	49	Xuansan	国外地区
13	Zhanzhe74-141	中国大陆地区	50	F108	中国台湾地区
14	Guitang11	中国大陆地区	51	F134	中国台湾地区
15	Guitang12	中国大陆地区	52	F146	中国台湾地区
16	Guitang17	中国大陆地区	53	F160	中国台湾地区
17	Guitang21	中国大陆地区	54	F172	中国台湾地区
18	Guitang82-271	中国大陆地区	55	PT43-52	中国台湾地区
19	Yacheng71-374	中国大陆地区	56	ROC1	中国台湾地区
20	Yacheng73-512	中国大陆地区	57	ROC10	中国台湾地区
21	Yacheng82-96	中国大陆地区	58	ROC11	中国台湾地区
22	Yacheng84-125	中国大陆地区	59	ROC16	中国台湾地区
23	Yacheng96-48	中国大陆地区	60	ROC20	中国台湾地区
24	Ganzhe75-65	中国大陆地区	61	ROC22	中国台湾地区
25	Ganzhe8	中国大陆地区	62	ROC25	中国台湾地区
26	Ganzhe95-108	中国大陆地区	63	ROC9	中国台湾地区
27	Chuantang57-416	中国大陆地区	64	51NG208	大茎野生种
28	Chuantang61-408	中国大陆地区	65	51NG63	大茎野生种
29	Yunrui99-155	中国大陆地区	66	Badila	热带种
30	Yunzhe65-225	中国大陆地区	67	Christalina	热带种
31	Yunzhe94-343	中国大陆地区	68	Guangdong-zhuzhe	中国种
32	Yunzhe99-91	中国大陆地区	69	Guangxi-zhuzhe	中国种
33	CO1001	国外地区	70	Mango	印度种
34	CO290	国外地区	71	Nagans	印度种
35	CO419	国外地区	72	Yunnan75-1-21	割手密
36	CP34-120	国外地区	73	Yunnan83-225	割手密
37	CP65-357	国外地区			

表 2 30 对 SSR 引物名称和序列信息

Table 2 The name and sequence of 30 pairs of SSR primer

引物名称 Primer name	上游引物序列(5'-3') Forwardprimer sequence	下游引物序列(5'-3') Reverseprimer sequence	退火温度(℃) Annealing temperature
mSSCIR16	TGGGGAGGGCTGACTAGA	GGCGGTATATATGCTGTG	54
mSSCIR19	GGTCCAAAAATACACAAA	CAATCTTATCTACGCACTT	52
mSSCIR21	CGCCAGCCACATAAAAGG	CGACCAGGAGTTCATCAA	54
mSSCIR26	AAAATCAGACAAACAGCAT	AGAAGAAGCAGATACAGGT	54
mSSCIR3	ATAGCTCCACACCAAATGC	GGACTACTCCACAATGATGC	56
mSSCIR34	ATCGCCTCCACTAAATAAT	TTGTCTTTGCTTCCTCCTC	54
mSSCIR36	CAACAATAACTTAACTGGTA	CTGTCTTTTATTTCTCTTT	54
mSSCIR43	ATTCAACGATTTTCACGAG	AACCTAGCAATTTACAAGAG	54
mSSCIR47	GCAATGGAGGTAGGAATG	TAGAATCACCCAAAAATAAA	54
mSSCIR52	ACAAGGGAAGACAAATCAG	ACCAAACCACAAAGCAAA	54
mSSCIR56	ATTTGACGCTACGATGCTG	ATCCGTTTTTCAGCAGAGC	54
mSSCIR58	CTCACTCAGGCACAAGAAT	TGGGGTCTAACAATCAACT	54
mSSCIR64	ATTGGATTCTTCTGCTA	CATCACACAGGTTTCAG	54
mSSCIR66	AGGTGATTTAGCAGCATA	CACAAATAAACCCAATGA	54
SMC1047	TGAGCCTAAGCCAGAAAGAAG	GGAACATAATTCCTACGAGAACAC	50
SMC1237	TTCACGAACACCCACCTA	GCGCCAGGTAACCTACTGAA	58
SMC1752	GGCTGATTTACATGAACTGTTCT	AAAGCTGGTATCCCAGCATACT	64
SMC1814	GGTTGACGATGAGAAGGACGTG	CACCCACATAAGTCCCAACG	64
SMC1825	CACGTCCTTCCGCCTTGA	TCATCGTTCGTCGCACTG	56
SMC2017	CACAAGTGAAGATAATAGTGCCCT	GATCCCAAATCCCTTGATCTC	62
SMC2055	TGAGCACATGGTTCTGCAAG	TCCACTCCCTCACCATCAG	60
SMC219	TCTCCCTCGATCTCCGTTGT	GGAGTGTCTTCAGCTATCGGA	62
SMC22	CCATTGACGAAAGCGTCCT	CAAGCGTTGTGCTGCCGAGT	62
SMC278	TTCTAGTGCCAATCCATCTCAGA	CATGCCAACTTCCAAACAGACT	50
SMC286	TCAAATGGGACCTTATTGGAG	TCCCTCGATCTCCGTTGTT	58
SMC336	ATTCTAGTGCCAATCCATCTCA	CATGCCAACTTCCAAACAGAC	54
SMC63	TCCCCCGTTGCTGGAATC	GACAGGTAGGGCAGGGTGT	50
SMC640	TTAAGAGACCCGCCTTTGGAA	TGCCAGAAGTGGTTGTGCTCA	62
SMC720	CGCACCGACGCACGTCT	GCCAATGGAACGGGTCTA	56
SMC851	ACTAAATGGCAAGGGTGGT	CGTGAGCCACATATCATGC	58

2 结果与分析

2.1 引物多态性分析

30 对 SSR 引物在 63 份甘蔗常用亲本中共获得 363 个扩增条带(表 3),平均每对引物获得 12.1 个扩增条带,其中多态性条带数为 352 个,平均每对引物获得 11.7 个多态性条带。30 对引物的多态性条

带比例和多态性信息量分别在 88.00% ~ 100.00% 和 0.6772 ~ 0.9826 之间,平均值为 96.97% 和 0.9441。从多态性信息量数值来看,多态性信息量超过 0.95 的有 21 对引物,在 0.90 ~ 0.95 之间的有 7 对,低于 0.90 的有 2 对,总体来看,云南甘蔗常用亲本在 30 对 SSR 位点上表现出丰富的遗传多样性。

表 3 云南甘蔗常用亲本在 SSR 位点上的多态性表现

Table 3 The polymorphic performance of 30 pairs of SSR primer for Yunnan commonly-used sugarcane parents

引物名称 Primer name	总扩增条带数 Total band number	多态性条带数 Polymorphic band number	多态性条带比率(%) Percentage of polymorphic bands	多态性信息量 Polymorphism information content
SMC2017	15	15	100.00	0.9826
mSSCIR52	19	18	94.74	0.9826
SMC1047	18	17	94.00	0.9826
mSSCIR34	20	19	95.00	0.9820
mSSCIR26	19	17	89.00	0.9811
mSSCIR36	25	25	100.00	0.9806
mSSCIR66	14	14	100.00	0.9781
mSSCIR21	14	14	100.00	0.9761
SMC1814	17	15	88.24	0.9739
SMC720	19	19	100.00	0.9735
SMC219	10	10	100.00	0.9734
mSSCIR3	13	12	92.31	0.9719
SMC640	11	11	100.00	0.9710
mSSCIR64	9	9	100.00	0.9696
mSSCIR43	12	12	100.00	0.9683
SMC336	11	11	100.00	0.9604
mSSCIR56	8	8	100.00	0.9574
SMC1237	9	9	100.00	0.9563
SMC286	8	8	100.00	0.9554
SMC1752	11	10	90.91	0.9549
mSSCIR19	11	10	91.00	0.9514
mSSCIR16	7	7	100.00	0.9474
SMC22	10	10	100.00	0.9463
SMC851	14	14	100.00	0.9433
SMC2055	6	6	100.00	0.9374
SMC1825	8	7	88.00	0.9287
mSSCIR58	9	9	100.00	0.9232
mSSCIR47	7	7	100.00	0.9090
SMC63	6	6	100.00	0.7276
SMC278	3	3	100.00	0.6772
合计 Total	363	352	/	/
平均 Mean	12.1	11.7	96.97	0.9441

2.2 不同来源地亲本 SSR 位点扩增条带分布分析

将 63 份常用亲本按照来源区域分成 3 个群体,即大陆亲本、国外亲本和台湾亲本,从 30 对 SSR 引物扩增条带在 3 个群体的分布情况来看(图 1 和表 4),大陆亲本获得最多的扩增条带数,总扩增条带数为 341 个,多态性条带数为 322 个,可能源于其较

多的份数,其次为国外亲本(322 个和 295 个);从多态性条带比例来看,3 个地区亲本都表现出丰富的多态性,多态性条带比例都超过 90.00% 以上,其中大陆亲本为 94.43%,其次为台湾亲本(93.22%)和国外亲本(91.61%)。从 3 个群体共有扩增条带数来看,275 个扩增条带为共有条带,占总扩增条带数

的 75.76%;在 2 个群体之间,大陆亲本和国外亲本共有 305 个扩增条带,要多于与台湾亲本共有的扩增条带数(285 个),可能源于国外亲本在我国遗传育种过程中利用最早,开发较为彻底,因而大陆亲本较多地含有国外亲本的基因。在群体特有带上,大陆亲本拥有最多的群体特有带,为 26 个,国外亲本有 12 个,台湾亲本最少,仅有 5 个,可能源于大陆亲本含有一些近年来利用本土野生资源创制的亲本,因此拥有更多的遗传变异;而国外和台湾亲本引进大陆后,成为大陆自育亲本重要的亲本资源,通过杂交它们的血缘已渗入大陆亲本血缘当中,因此拥有的群体特有带相对较少。

表 4 不同来源地亲本 SSR 多态性分析

Table 4 Polymorphic analysis of commonly-used parent from different regions at SSR locus

亲本群体	总带数	多态性条带数	群体特有带	多态性条带比例(%)
Parent population	Total band number	Polymorphic band number	Specific band of population	Percentage of polymorphic bands
大陆亲本	341	322	26	94.43
台湾亲本	295	275	5	93.22
国外亲本	322	295	12	91.61

2.3 遗传相似性分析

使用 NTSYSpc2.1 软件计算亲本之间的 Jaccard 相似性系数,所有常用亲本材料之间的相似性系数范围在 0.2804~0.7329 之间,平均为 0.4309,表明云南常用亲本之间存在较大的遗传差异;其中大陆亲本资源相似性系数范围在 0.2804~0.7170,平均为 0.4325;国外亲本范围在 0.3166~0.7329,平均为 0.4380;台湾亲本范围在 0.3608~0.6863,平均为 0.4643。从相似性系数值分布频率来看(图 2),在 0.3~0.4 之间,大陆亲本分布最多,其次为国外亲本;在 0.4~0.5 之间,台湾亲本分布最多,其次为国外亲本;在 0.5~0.6 之间,台湾亲本分布最多,其次为国外亲本;由此表明大陆亲本之间遗传差异要大于国外亲本,而国外亲本又大于台湾亲本,可能源于大陆亲本融入了新的血缘,而参试的国外亲本和台湾亲本大都为早期引入的老亲本,其遗传物质已融入大陆亲本,而其本身遗传基础没有得到扩展所致,因此需进一步加大这两类资源新亲本的引进及消化吸收力度。

依据 Jaccard 相似性系数,针对所有 73 份材料进行 UPGMA 聚类(图 3),从聚类图上看,外群体除了热带种 Badia 和 Christianlian,都与常用亲本表现出相对较远的亲缘关系;其中 2 个割手密材料(Yunnan83-225 和 Yunnan75-1-21)聚为一个小类群,并最先与其他材料形成的大类群分开,表明割手

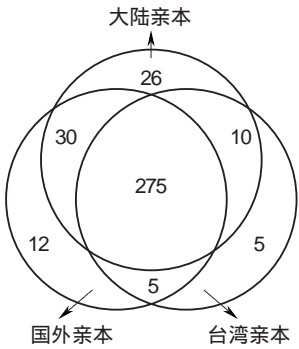


图 1 不同来源地常用亲本 SSR 位点扩增条带共有情况
Fig. 1 The sharing status of amplification bands SSR locus for commonly-used parents from different regions

密材料与其他材料表现出较远的亲缘关系,其次为大茎野生种(51NG208 和 51NG63)、印度种(Nagans 和 Mango)和中国种(Guangxi-zhuzhe 和 Guangdong-zhuzhe)。值得注意的是 Yacheng96-48 与大茎野生种聚为一类,证实该亲本确实是大茎野生种的后代。根据聚类结果,可将常用亲本划分为 2 个类群,即 A 类群和 B 大类群, A 类群仅有 1 份材料组成(CO1001), B 大类群由其他亲本材料组成,且又可划分为 2 个类群(B1 和 B2), B1 类群由 CP65-357 和 FR97-137 组成, B2 类群由剩余的亲本组成; B2 类群又可分为 2 个小类群(B2-1 和 B2-2)。

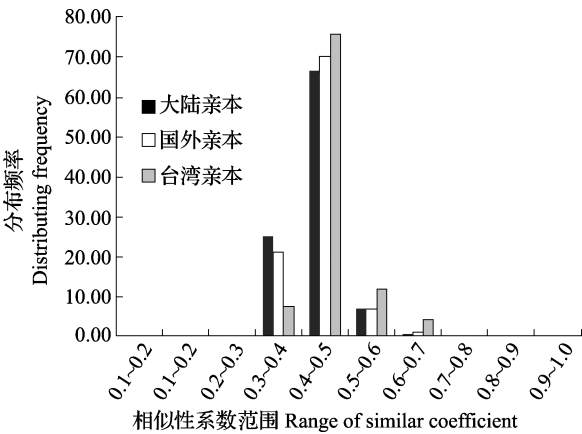


图 2 不同来源地常用亲本之间相似性系数分布范围
Fig. 2 The distribution of similar coefficient value for commonly-used parent from different regions

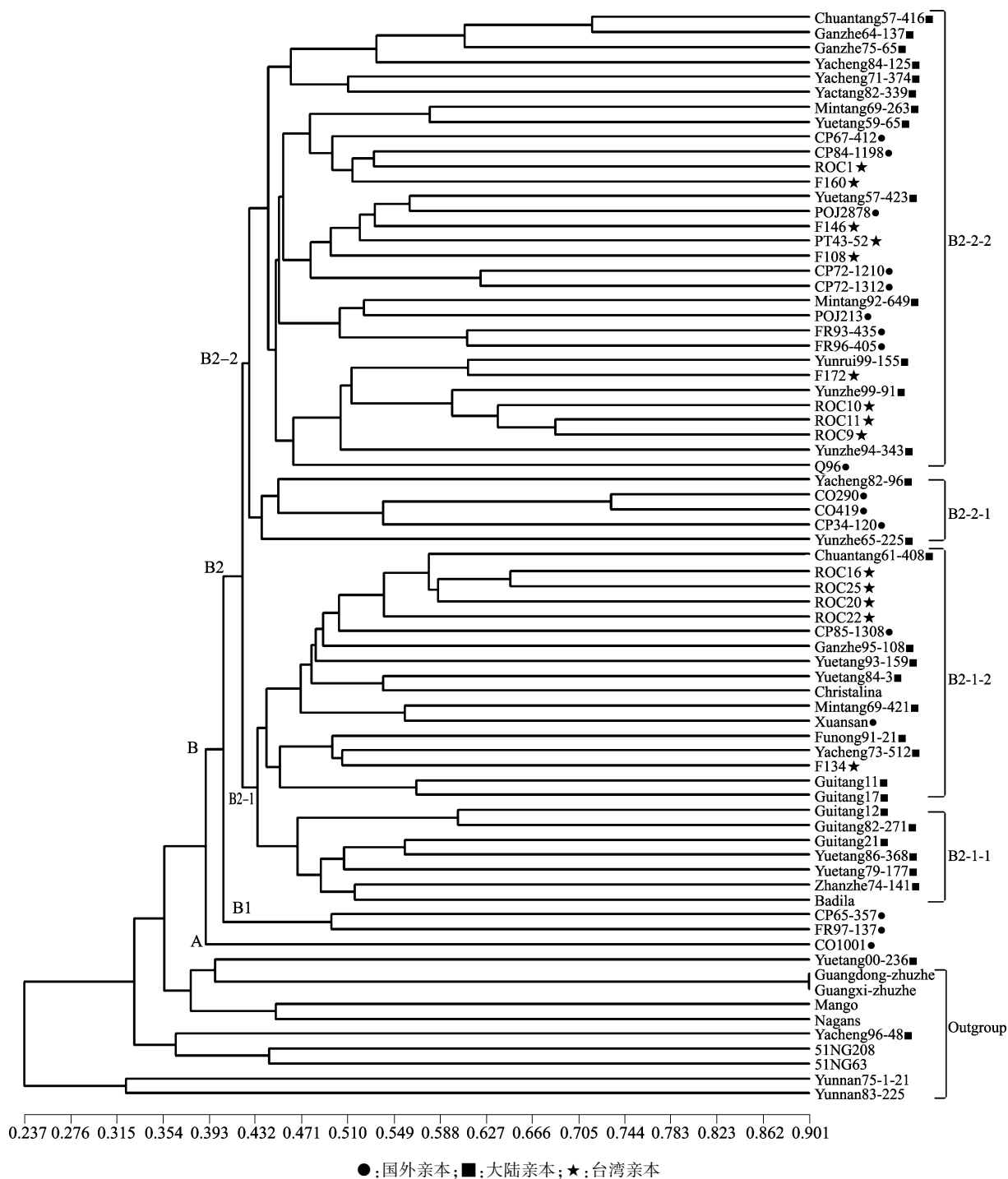


图3 甘蔗常用亲本基于 Jaccard 相似系数构建的 UPGMA 聚类图

Fig. 3 The UPGMA dendrogram based on Jaccard coefficient for commonly-used sugarcane parents

B2-1 类群主要由来自中国大陆和台湾地区的亲本与 2 个热带种组成,其又可分为 2 个类群,即 B2-1-1 和 B2-1-2,值得注意的是 2 个热带种各自分入不同的亚类群,其中 B2-1-2 类群包含了许多亲本材料,即是优异亲本,又曾是中国大陆地区的主栽品种,如 ROC16、ROC25、ROC22、粤糖 93-159、Ming-

tang69-421、F134、Guitang11。B2-2 类群也可分为 2 个类群,即 B2-2-1 和 B2-2-2, B2-2-1 主要由 5 份材料组成(Yacheng82-96、CO290、CO419、CP34-120 和 Yunzhe65-225),而 B2-2-2 亚类群包含了大部分引进的国外亲本和一些较老的自育亲本材料。

3 讨论

3.1 甘蔗常用亲本的多样性评价

亲本资源是甘蔗遗传育种重要的物质基础^[14],而亲本资源多样性的程度直接关系到亲本开发价值的大小和品种选育的成效,因此充分了解亲本资源的遗传背景,对于指导亲本资源的利用和提高品种选育效率具有重要意义。劳方业等^[3,14]和敖俊华等^[7]分别使用 AFLP 和 SSR 标记对海南育种场 52 份崖城系列亲本、78 份自育亲本和 20 份常用亲本开展多样性研究表明上述亲本遗传多样性都处于中等水平,平均相似性系数分别为 0.6806、0.6821 和 0.606;而本研究表明 63 份云南常用亲本平均相似性系数为 0.4309,而且大部分的相似性系数值集中在 0.4~0.5 之间,低于前人研究获得的亲本材料的平均相似性系数值,表现出更大的遗传差异,可能源于前人分析的是单一类型亲本资源,遗传基础相对狭窄,而云南常用亲本包含较多的亲本类型,遗传基础丰富。

从不同来源地来看,大陆亲本获得的扩增条带数要多于国外亲本和台湾亲本,可能源于参试的大陆亲本数量要多于其他两类亲本所致;虽然扩增条带数有所不同,但多态性条带比例都超过了 90.00% 以上,且彼此间相差不大,表明三者都具有较高的多态性表现。从大陆亲本拥有较多的群体特有带和较低的遗传相似性系数值来看,大陆育种机构在利用本土野生资源进行亲本创新上取得了较好的效果,丰富了大陆亲本的遗传基础。另一方面,大陆亲本大多数都是国外亲本和台湾亲本的后代,融入了它们的遗传血缘,因此大陆亲本与国外亲本和台湾亲本之间具有较高的共有带比例;而国外亲本和台湾亲本具有较少的群体特有带,在遗传育种上被利用的较为彻底,急需新血缘的补充,因此云南育种机构还需不断从国外引进含有新血缘的优良亲本,扩充云南常用亲本资源的遗传基础。

3.2 甘蔗常用亲本的亲缘关系

在甘蔗杂交组合配置中,亲本的亲缘关系对于亲本的配置具有重要的参考作用。由于我国自育亲本血缘大多来自几个较为原始的亲本,如 POJ2878、F134、CP49-50 等^[2],因此常用亲本资源整体的血缘基础还比较狭窄,虽然一些本土野生资源利用取得了一定的效果,但所用的野生种质还十分有限^[23],对现有亲本的遗传基础扩充还远远不够。在我国亲本资源亲缘关系整体相近的情况下,摸清亲本资源之间的亲缘关系,避免近亲杂交,充分利用远缘杂交

优势显得尤为重要。在描述亲本亲缘关系上,前期多使用系谱数据,如张琼等^[13]对我国大陆 21 份骨干亲本亲缘关系进行分析,表明它们具有较高的共祖系数,相似的血缘基础,但系谱数据信息量少,且受自交、窜粉等因素影响,所反映的亲本亲缘关系并不可靠。而使用信息量大、稳定可靠的 DNA 分子标记更能准确地反应亲本之间的亲缘关系^[14,24]。云南甘蔗常用亲本是云南甘蔗育种机构经过多年亲本评价筛选出来的在农艺性状、性状遗传力和配合力上表现较好的甘蔗亲本材料,但由于缺乏对这类资源亲缘关系的准确评估,在亲本组合配制上只能依托系谱和表型数据,一定程度上降低了育种效率。本研究通过遗传信息量大、稳定可靠的 DNA 分子标记建立了云南常用亲本资源的亲缘关系,将不同亲本划分到不同的类群,反映了亲本之间的亲缘远近关系,为上述资源的高效利用奠定了良好的基础;同时,云南大部分常用亲本也是我国大陆地区各育种机构的常用亲本,上述结果的获得也可为全国育种机构在亲本选择和组合配置上提供有价值的参考。

3.3 国外亲本资源的引进与开发利用

从我国大陆育成品种的亲本数据来看,引进亲本在品种选育中发挥了巨大作用,如 CP49-50、F134、CO419、CP72-1210、NC6310、F108 等亲本育成品种数都超过 10 个以上,为我国甘蔗品种选育做出了重要的贡献^[25]。但随着一些优异引进亲本资源的长期反复杂交利用,它们的血缘已经渗入到国内自育亲本和品种血缘当中,因此后续品种或亲本之间的亲缘关系越来越近,遗传基础越来越狭窄,选育出突破性品种的难度也越来越大^[2],因此还需不断引入新的血缘,拓宽我国亲本资源的遗传基础。近年来,国内外育种机构都在不断加大种质创新工作,拓宽现有亲本的血缘基础^[26-27],考虑到彼此间使用的资源类型有所不同,新产生的种质或亲本具有较大的遗传差异,因此国内育种机构还需积极引进国外新种质、新亲本进行消化利用,不断拓宽我国亲本和品种资源的遗传基础。

参考文献

- [1] Henry R H, Kole C. Genetics, genomics and breeding of sugarcane [M]. New Hampshire: Science Publishers, 2010: 1-9
- [2] 陈如凯. 现代甘蔗遗传育种 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 1-19
- [3] 劳方业, 刘睿, 何慧怡, 等. 崖城系列甘蔗亲本遗传多样性的 AFLP 标记分析 [J]. 分子植物育种, 2008, 6(3): 517-522
- [4] 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
- [5] 黄锦福, 邓海华. 甘蔗常用亲本始花期及其遗传研究 [J]. 甘

- 蔗糖业,2005(4):6-10
- [6] 陈义强,邓祖湖,郭春芳,等. 甘蔗常用亲本及其衍生品种的抗旱性评价[J]. 中国农业科学,2007,40(6):1108-1117
- [7] 敖俊华,江永,劳方业,等. 甘蔗常用亲本遗传多样性和磷效率研究[J]. 分子植物育种,2010,8(5):925-932
- [8] Bhuiyan S A, Croft B J, Deomano E, et al. Mechanism of resistance in Australian sugarcane parent clones to smut and the effect of hot water treatment[J]. Crop Past Sci, 2013, 64(9):892-900
- [9] 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,2007,8(4):445-449
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 王勤南,刘少谋,符成,等. 甘蔗常用亲本及杂交组合经济育种值分析[J]. 热带亚热带植物学报,2013,21(2):155-160
- [13] 张琼,齐永文,张垂明,等. 我国大陆甘蔗常用亲本亲缘关系分析[J]. 广东农业科学,2009(10):44-48
- [14] 劳方业,刘睿,何慧怡,等. 我国甘蔗亲本遗传多样性的 AFLP 标记分析[J]. 基因组学与应用生物学,2009,28(3):503-508
- [15] You Q, Xu L, Zheng Y, et al. Genetic diversity analysis of sugarcane parents in Chinese breeding programmes using gSSR markers [J]. Sci World J, 2013, 2013:1-11
- [16] 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
- [17] Aitken K S, Jackson P A, McIntyre C L. A combination of AFLP and SSR markers provides extensive map coverage and identification of homo(eo)logous linkage groups in a sugarcane cultivar [J]. Theor Appl Genet, 2005, 110(5):789-801
- [18] Pan Y B, Burner D M, Legendre B L, et al. An assessment of the genetic diversity within a collection of *Saccharum spontaneum* L. with RAPD-PCR [J]. Genet Res Crop Evol, 2005, 51(8):895-903
- [19] Liu X L, Mao J, Lu X, et al. Construction of molecular genetics linkage map of sugarcane based on SSR and AFLP markers [J]. Acta Agron Sin, 2010, 36(1):177-183
- [20] Liu X L, Cai Q, Bi Y, et al. A rapidsilver staining method for PAGE used in sugarcane AFLP and SSR molecular markers [J]. Jiangsu J Agric Sci, 2009, 25:433-435
- [21] Pan Y B. Highly polymorphic microsatellite DNA markers for sugarcane germplasm evaluation and variety identity testing [J]. Sugar Tech, 2006, 8(4):246-256
- [22] Rohlf F J. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System, ver. 2.11 [M]. New York: Applied biostatistics, 2004
- [23] 邓海华. 我国本土割手密育成品种的亲缘关系分析[J]. 广东农业科学, 2012(8):167-170
- [24] 刘新龙,马丽,苏火生,等. 甘蔗杂交品种核心种质重要农艺性状评价及亲缘关系分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1):67-73
- [25] 张琼,齐永文,张垂明,等. 我国大陆甘蔗骨干亲本亲缘关系分析[J]. 广东农业科学, 2009(10):44-48
- [26] 刘建乐,白昌军,严琳玲. 国内外割手密种质资源的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2014(32):11225-11230
- [27] 齐永文,邓海华,李奇伟. 我国大陆甘蔗种质资源利用进展[J]. 作物研究, 2012(5):443-446

《植物遗传资源学报》影响力统计分析

农艺学——学科期刊影响因子表(统计年:2014 年)

刊名	核心影响因子			核心总被引频次			综合评价总分		学科扩散指标	学科影响指标
	数值	排名	离均差率	数值	排名	离均差率	数值	排名		
作物学报	1.540	1	1.35	6276	1	3.49	95.40	1	14.47	1.00
中国水稻科学	1870	4	0.34	1.230	2	0.88	73.60	2	9.89	0.95
植物遗传资源学报	1.149	3	0.75	1534	7	0.10	42.50	8	8.89	0.89
棉花学报	0.856	4	0.30	1031	12	-0.26	47.60	6	7.42	0.74
麦类作物学报	0.820	5	0.25	2052	3	0.47	46.20	7	9.11	0.74
中国油料作物学报	0.812	6	0.24	1316	9	-0.06	54.90	3	9.58	0.79
玉米科学	0.733	7	0.12	2131	2	0.52	47.90	5	9.53	0.84
中国稻米	0.633	8	-0.04	678	14	-0.52	24.00	15	5.47	0.53
作物杂志	0.617	9	-0.06	1114	10	-0.20	40.40	10	9.53	0.89
分子植物育种	0.549	10	-0.16	1082	11	-0.23	50.50	4	8.74	1.00
中国棉花	0.544	11	-0.17	655	15	-0.53	13.30	18	6.05	0.63
大豆科学	0.534	12	-0.19	1326	8	-0.05	35.80	11	9.68	0.74
热带作物学报	0.474	13	-0.28	1690	6	0.21	41.90	9	13.53	0.89
中国麻业科学	0.407	14	-0.38	316	17	-0.77	14.40	17	4.21	0.58
作物研究	0.380	15	-0.42	612	16	-0.56	35.60	12	7.16	0.74
杂交水稻	0.369	16	-0.44	845	13	-0.40	22.60	16	4.63	0.79
种子	0.351	17	-0.46	1721	5	0.23	32.50	14	1026	1.00
RICE SCIENCE	0.245	18	-0.63	127	19	-0.91	34.20	13	3.32	0.58
甘蔗糖业	0.227	19	-0.65	212	18	-0.85	9.70	19	3.53	0.21

来源于《2015 年版中国科技期刊引证报告(核心版)》