

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

刘新龙, 马丽, 苏火生, 应雄美, 陆鑫, 毛钧, 刘洪博, 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 107 份甘蔗杂交品种核心种质为研究材料, ROC22 为对照品种, 通过新植和宿根 2 年的田间试验, 对蔗茎公顷产量、甘蔗蔗糖分、公顷含糖量等性状进行最小显著差数法 (LSD) 两两比较和 Duncan 多重比较评价, 筛选优异材料, 利用 SSR 分子标记建立优异材料与我国骨干亲本的亲缘关系。结果表明 36 份材料在蔗茎公顷产量、甘蔗蔗糖分、公顷含糖量等指标上优于对照品种, 可作为亲本进行杂交, 且蔗茎公顷产量对公顷含糖量的影响远大于甘蔗蔗糖分对公顷含糖量的影响; 20 对 SSR 引物扩增得到 292 个标记, 其中 283 个为多态性标记; 优异材料与我国骨干亲本相似性系数范围在 0.384 ~ 0.590 之间, 平均为 0.437, 存在较大的遗传差异; UPGMA 聚类可将所有材料划分为 5 个类群, 蔗茎公顷产量和公顷含糖量表现优异的材料在各类群都有分布, 甘蔗蔗糖分表现优异的材料主要集中在 II、III、IV 类群, III 类群更集中; 本研究为甘蔗种质创新、遗传育种提供了优异亲本材料, 为杂交组合的配制提供重要指导。

关键词:甘蔗杂交品种; 核心种质; 农艺性状; SSR

Evaluating on Important Agronomic Traits and Constructing Molecular Genetic Relationships for the Core Collection of Sugarcane Hybrids

LIU Xin-Long, MA Li, SU Huo-Sheng, YING Xiong-Mei, LU Xin, MAO Jun, LIU Hong-Bo, FAN Yuan-Hong

(Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement/Sugarcane Research Institute,

Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan 661699)

Abstract: Sugarcane hybrids are important parent resources for innovation and genetic breeding of sugarcane. In order to obtain excellent accessions, ROC22 as control variety, the core collection of sugarcane hybrids including 107 accessions were screened by using variance analysis statistic method (LSD and Duncan) based on three important agronomic traits (cane yield per hectare, sucrose in cane, and sugar content per hectare). The results showed 36 accessions performed better than control variety in three traits respectively, and cane yield per hectare had bigger influence on sugar content per hectare than sucrose in cane. 20 pairs of SSR primers were selected for investigating the genetic relationships between excellent accessions screened and key parent of sugarcane in China, about 292 markers were obtained, of which 283 were polymorphic markers, the value of similarity coefficient among all accessions ranged from 0.384 to 0.590, mean value was 0.437, it indicated there were big genetic differences among them. And all accessions could be divided into 5 groups by UPGMA analysis, every group was clustered into some accessions performing better in cane yield per hectare and sugar content per hectare, then these clones with high sucrose in cane were mainly placed into II, III, and IV groups, especially III group. Finally, these results would provide important valuable information and direction for innovation and genetic breeding of sugarcane.

Key words: sugarcane hybrids; core collection; agronomic traits; SSR

收稿日期: 2013-04-11 修回日期: 2013-05-09 网络出版日期: 2013-12-19

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20131219.1115.011.html>

基金项目: 云南省应用基础研究计划重点项目 (2006C0013Z); 云南省自然科学基金 (2011FB120)

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: fyhysri@vip.sohu.com

甘蔗是世界重要的糖料作物,全世界约 70% 以上的食糖来自甘蔗,因此其在食糖产业中具有举足轻重的作用^[1]。我国是世界第三大产糖大国,产量仅次于巴西、印度,其中 90% 以上的食糖来自于甘蔗蔗糖^[2],由此可见,甘蔗产业的健康发展对我国食糖战略安全具有重要意义。历史的经验表明,不断利用新的种质资源,培育出新的良种替代老品种将是甘蔗产业保持健康稳定发展的必由之路^[3]。

为了丰富我国甘蔗种质资源,近年来我国各育种机构通过种质创新、杂交育种和国内外品种交换等方式,获得大量甘蔗杂交品种资源,并保存在国家甘蔗种质资源圃,目前该类资源已达到 1200 余份,成为我国甘蔗种质资源重要的基因库^[4]。为了更有效地评价这类资源,刘新龙等^[5]使用地理数据结合表型性状构建了甘蔗杂交品种初级库,再利用分子标记数据,采用最小遗传距离多次聚类取样法^[6]构建了甘蔗杂交品种核心库,该库由 107 份材料组成,遗传多样性达到总资源的 96% 以上,具有很好的代表性,为对总资源的有效评价提供了可能。为了从甘蔗杂交品种核心种质中筛选出农艺性状表现优异的材料,为甘蔗种质创新和遗传育种提供优异亲本,本研究通过新植、宿根两年的农艺性状数据,评价和筛选出在蔗茎公顷产量、甘蔗蔗糖分和公顷含糖量表现优异的杂交品种材料;同时使用 SSR 标记建立这些优异材料与中国骨干亲本的亲缘关系,为其在种质创新和遗传育种中的高效利用提供重要指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料为甘蔗杂交品种核心种质(表 1),包含来自 12 个国家共计 107 份材料。其中国外杂交品种 50 份,来自 11 个国家;国内杂交品种 57 份,来自国内 8 个省份;选择生产上种植面积最大的主栽品种 ROC22 为对照(也包含在核心种质库中);同时选择 16 份中国骨干亲本与筛选出来的优异材料做分子聚类分析,所有材料由国家甘蔗种质资源圃提供。

1.2 试验方法

试验在云南省开远市甘蔗研究所所内基地进行,采用完全随机区组设计,3 次重复,行长 4.0 m,行距 1.2 m,小区面积 4.8 m²,四周设有保护行,试验地面积为 1600.8 m²,下芽量为每小区 60 芽。于 2009 年 3 月 3 日栽种,栽后盖膜,2010 年 2 月下旬收获,收获后留宿根,田间管理同一般大田生产。

表 1 甘蔗杂交品种核心种质原产地和数量

Table 1 The number and origin of the core collection of sugarcane hybrids

编号 No.	来源地 Origin	份数 Number	编号 No.	来源地 Origin	份数 Number
1	巴巴多斯	1	12	江西省	2
2	毛里求斯	1	13	广西壮族自治区	3
3	苏丹	1	14	云南省	5
4	波多黎各	1	15	四川省	8
5	古巴	3	16	福建省	9
6	印度	4	17	广东省	9
7	巴西	4	18	海南省	9
8	菲律宾	5	19	中国台湾	12
9	澳大利亚	7	合计 Total		57
10	法国	11			
11	美国	12			
合计 Total		50			

分别在新植(2009 年)和宿根年份(2010 年)的 12 月 21–23 日,调查所有参试材料每小区有效茎数(大于 1 m 以上的蔗茎),并随机选取 6 棵,去除蔗梢和蔗叶称重,计算平均单茎重;甘蔗蔗糖分测定分别在 11 月 22–23 日,12 月 22–23 日,2010 年 1 月 22–23 日进行,每次砍取 6 棵(每重复随机取 2 棵)带回实验室,使用美国 Rudolph Autopol 880 检糖仪测定。参照《农作物种质资源鉴定技术规程-甘蔗》^[7]的方法计算蔗茎公顷产量、公顷含糖量。

1.3 统计分析

以目前生产上推广种植面积最大的 ROC22 品种为参照,首先进行最小显著差数法(LSD)比较,评价不同杂交品种与 ROC22 的差异情况,在 $P < 0.05$ 条件下,判断差异是否有统计学意义。将某一性状新植和宿根数据都显著高于对照或仅在某个蔗期显著高于对照,而另一蔗期数据与对照无显著差异的材料定为在某个性状表现优异的种质材料。为了从表现优异的种质材料中评价出最优种质,使用 Duncan 多重检验法对筛选出来的优异材料进行多重比较,用相同秩数表示无显著差异,不同秩数表示有显著差异,最后根据新植和宿根秩数平均值的大小来判断材料的优劣,秩数值越小,说明材料越优异。LSD 和 Duncan 分析利用 SPSS 15.0 软件完成。

1.4 聚类分析

使用 20 对多态性较高的 SSR 引物,对筛选出来的优异材料和中国骨干亲本进行 PCR 扩增,获得

分子标记数据,从 DNA 水平分析优异材料与中国骨干亲本之间的遗传相似性,并构建 UPGMA 聚类图,参见 X. L. Liu 等^[8]的方法。

2 结果与分析

2.1 蔗茎公顷产量比较

以 ROC22 为参照,对 106 份甘蔗杂交品种材料的新植和宿根蔗茎公顷产量进行 LSD 分析,结果表明:新植蔗茎公顷产量在 $P < 0.05$ 的概率条件下,有 86 份杂交品种材料与对照种的差异无统计学意义,20 份低于对照种,差异有统计学意义;宿根在 $P < 0.05$ 的概率条件下,有 25 份高于对照,差异有统计学意义,63 份与对照种差异无统计学意义,18 份低于对照种,差异有统计学意义。综合分析新植

和宿根数据,25 份材料的蔗茎公顷产量在新植与对照种差异无统计学意义,但宿根高于对照种,差异有统计学意义,可定为优于对照的材料;54 份不论新植和宿根与对照种的差异都无统计学意义,剩余 27 份不论新植或宿根至少有一项低于对照种,差异有统计学意义。对优于对照的 25 份材料使用 Duncan 多重比较法进行统计分析和秩数打分(表 2),结果表明:筛选出来的 25 份材料在新植蔗茎公顷产量之间差异无统计学意义,但宿根有部分材料之间的差异有统计学意义,根据秩数平均值,可以判断在蔗茎公顷产量上表现最优的为 PR77-3042,其次为 YC80-139、Phil72-446、MY5770、F172、CP72-1210,再次为 YC84-37、YC71-255、Q200、CO419,上述 10 份材料可在高生物量材料选育和品种产量性状改良上作为亲本使用。

表 2 蔗茎公顷产量 LSD 和 Duncan 多重比较筛选出来的甘蔗优异杂交品种核心种质

Table 2 Excellent accessions in cane yield per hectare among the core collection of sugarcane hybrids by LSD and Duncan analysis

排序 Rank	杂交品种 Sugarcane hybrids	新植蔗茎公顷产量(t/hm ²)			宿根蔗茎公顷产量(t/hm ²)			秩数平均值 Rank number mean
		CYH in planting season			CYH in ratoon season			
		均值 Mean	均值差值 Mean difference	秩数 Rank number	均值 Mean	均值差值 Mean difference	秩数 Rank number	
1	PR77-3042	100.30	-4.88	1.00	182.81	-107.32****	1.00	1.00
2	YC80-139	84.41	11.01	1.00	144.09	-68.60****	1.50	1.25
3	Phil72-446	123.07	-27.65	1.00	149.25	-73.76****	1.50	1.25
4	MY5770	128.10	-32.68	1.00	165.92	-90.43****	1.50	1.25
5	F172	102.51	-7.09	1.00	148.11	-72.62****	1.50	1.25
6	CP72-1210	88.98	6.44	1.00	156.09	-80.60****	1.50	1.25
7	YC84-37	98.45	-3.03	1.00	128.70	-53.21****	2.50	1.75
8	YC71-255	117.57	-22.15	1.00	127.66	-52.17****	2.50	1.75
9	Q200	112.11	-16.69	1.00	130.85	-55.36****	2.50	1.75
10	CO419	116.10	-20.68	1.00	134.99	-59.50****	2.50	1.75
11	YT82-339	125.79	-30.37	1.00	122.47	-46.98****	3.50	2.25
12	MT86-2121	127.46	-32.04	1.00	116.75	-41.26***	3.50	2.25
13	VMC95-09	78.73	16.69	1.00	117.07	-41.58***	3.50	2.25
14	RB72-454	129.90	-34.48	1.00	112.40	-36.91***	3.50	2.25
15	FR96-405	82.18	13.24	1.00	112.93	-37.44**	3.50	2.25
16	FR96-22	122.70	-27.28	1.00	118.16	-42.67***	3.50	2.25
17	CP65-357	82.27	13.15	1.00	120.48	-44.99***	3.50	2.25
18	CC84-75	102.24	-6.82	1.00	113.18	-37.69**	3.50	2.25
19	YR99-155	103.15	-7.73	1.00	107.80	-32.31*	4.50	2.75
20	L116	76.90	18.52	1.00	109.07	-33.58*	4.50	2.75
21	F173	124.09	-28.67	1.00	108.54	-33.05*	4.50	2.75
22	YN86-295	109.37	-13.95	1.00	103.99	-28.50*	5.00	3.00
23	YN79-309	86.23	9.19	1.00	103.81	-28.32*	5.00	3.00
24	Xuan3	97.82	-2.40	1.00	102.81	-27.32*	5.00	3.00
25	Q96	117.16	-21.74	1.00	102.50	-27.01*	5.00	3.00
CK	ROC22	95.42	/	/	75.49	/	/	/

CYH: Cane yield per hectare, *: 0.01 ≤ P < 0.05, **: 0.005 ≤ P < 0.01, ***: 0.001 ≤ P < 0.005, ****: P < 0.001, the same as below

2.2 甘蔗蔗糖分比较

对 106 份甘蔗杂交品种材料新植和宿根的甘蔗蔗糖分性状进行 LSD 分析,结果表明:新植甘蔗蔗糖分在 $P < 0.05$ 的概率条件下,93 份材料与对照种差异无统计学意义,13 份低于对照种,差异有统计学意义;宿根在 $P < 0.05$ 的概率条件下,有 10 份材料高于对照种,差异有统计学意义,77 份与对照种差异无统计学意义,19 份低于对照种,差异有统计学意义。综合新植和宿根评价数据来看,有 10 份材

料在新植与对照种差异无统计学意义,但在宿根高于对照种,差异有统计学意义;76 份无论是新植还是宿根,都与对照种差异无统计学意义,剩余 20 份新植或宿根至少有 1 项低于对照种,差异有统计学意义。对于优于对照种的 10 份材料进行 Duncan 多重比较分析,结果表明(表 3):无论新植还是宿根它们之间差异均无统计学意义,在甘蔗蔗糖分表现上处于同一水平,均可作为高糖亲本在遗传育种和种质创新上加以利用。

表 3 甘蔗蔗糖分 LSD 和 Duncan 多重比较筛选出来的甘蔗优异杂交品种核心种质
Table 3 Excellent accessions in sucrose in cane among the core collection of sugarcane hybrids by LSD and Duncan analysis

排序 Rank	杂交品种 Sugarcane hybrids	新植甘蔗蔗糖分(%) SC in planting season			宿根甘蔗蔗糖分(%) SC in ratoon season			秩数平均值 Rank number mean
		均值 Mean	均值差值 Mean difference	秩数 Rank number	均值 Mean	均值差值 Mean difference	秩数 Rank number	
1	Q207	15.13	-1.22	1.00	16.41	-2.73 ****	1.00	1.00
2	C92-52	16.37	-2.46	1.00	15.72	-2.04 **	1.00	1.00
3	ROC8	15.64	-1.73	1.00	15.71	-2.03 **	1.00	1.00
4	GZ75-65	15.46	-1.55	1.00	15.52	-1.84 *	1.00	1.00
5	FN91-3650	14.63	-0.72	1.00	15.43	-1.75 *	1.00	1.00
6	NJ60-50	14.32	-0.41	1.00	15.37	-1.69 *	1.00	1.00
7	CP65-357	14.43	-0.52	1.00	15.30	-1.62 *	1.00	1.00
8	FN91-4710	15.05	-1.14	1.00	15.27	-1.59 *	1.00	1.00
9	MT92-649	14.17	-0.26	1.00	15.18	-1.50 *	1.00	1.00
10	Q135	15.09	-1.18	1.00	15.16	-1.48 *	1.00	1.00
CK	ROC22	13.91	/	/	13.68	/	/	/

SC:Sucrose in cane

2.3 公顷含糖量比较

甘蔗公顷含糖量是综合了蔗茎公顷产量和甘蔗蔗糖分的综合指标,可以综合反映甘蔗杂交品种的综合产糖潜力。106 份材料的新植和宿根公顷含糖量 LSD 分析表明:新植公顷含糖量在 $P < 0.05$ 的概率条件下,有 75 份材料与对照种差异无统计学意义,31 份低于对照种,差异有统计学意义;宿根在 $P < 0.05$ 的概率条件下,有 21 份材料高于对照种,差异有统计学意义,64 份与对照种差异无统计学意义,21 份低于对照种,差异有统计学意义。将新植和宿根数据综合来看,有 21 份材料在新植与对照种差异无统计学意义,在宿根高于对照种,差异有统计学意义;51 份不论新植和宿根差异都无统计学意义,剩余 34 份不论新植或宿根至少有一项低于对照种,差异有统计学意义。将优于对照种的材料进行 Duncan 多重比较分析,结果表明(表 4):21

份材料公顷含糖量在新植差异无统计学意义,但在宿根表现出差异,且差异有统计学意义,其中秩数平均值较高的 PR77-3042、CP72-1210、CO419、CP65-357、F173、L65-69、Phil72-446、Q200 等 8 份材料,可直接作为高产高糖亲本在种质创新和品种选育中加以利用。

2.4 优异核心种质聚类分析

为了更有效地利用这些优异核心种质,为种质创新和遗传育种的杂交组合配制提供指导,对 3 项指标评价筛选出来的 36 份优异材料和 16 份骨干亲本(其中有 4 份包含在筛选出来的优异材料中),共计 48 份材料,使用 SSR 分子标记数据建立优异材料与我国骨干亲本之间的 UPGMA 聚类图。20 对 SSR 引物共获得 292 个标记,其中 283 个为多态性标记,多态性条带比例达到 96.92%;Jaccard 相似性系数分析表明各材料间相似性系数范围在 0.384 ~ 0.590 之间,平均

表 4 公顷含糖量 LSD 和 Duncan 多重比较筛选出来的甘蔗优异杂交品种核心种质

Table 4 Excellent accessions in sugar content of sugarcane per hectare among the core collection of sugarcane hybrids by LSD and Duncan analysis

排序 Rank	杂交品种 Sugarcane hybrids	新植蔗茎公顷产量(t/hm ²)			宿根蔗茎公顷产量(t/hm ²)			秩数平均值 Rank number mean
		CYH in planting season			CYH in ratoon season			
		均值 Mean	均值差值 Mean difference	秩数 Rank number	均值 Mean	均值差值 Mean difference	秩数 Rank number	
1	PR77-3042	10.48	2.8	1.50	23.77	-13.39****	1.00	1.25
2	CP72-1210	11.87	1.41	1.50	22.18	-11.80****	1.50	1.50
3	CO419	14.09	-0.81	1.50	18.22	-7.84****	2.50	2.00
4	CP65-357	11.88	1.4	1.50	18.49	-8.11****	2.50	2.00
5	F173	17.43	-4.15	1.00	16.27	-5.89***	3.00	2.00
6	L65-69	17.48	-4.2	1.00	14.18	-3.80*	3.00	2.00
7	Phil72-446	13	0.28	1.50	17.93	-7.55****	2.50	2.00
8	Q200	15.58	-2.3	1.50	18.68	-8.30****	2.50	2.00
9	CC84-75	13.08	0.2	1.50	14.61	-4.23*	3.00	2.25
10	F172	12.65	0.63	1.50	17.16	-6.78***	3.00	2.25
11	FR96-22	16.09	-2.81	1.50	16.19	-5.81***	3.00	2.25
12	Q96	16.51	-3.23	1.50	14.57	-4.19*	3.00	2.25
13	RB72-454	16.93	-3.65	1.50	14.92	-4.54*	3.00	2.25
14	GZ75-65	15.02	-1.74	1.50	14.63	-4.25*	3.00	2.25
15	MT86-2121	16.73	-3.45	1.50	15.22	-4.84**	3.00	2.25
16	MT92-649	14.25	-0.97	1.50	15.24	-4.86**	3.00	2.25
17	YC71-255	13.14	0.14	1.50	15.25	-4.87**	3.00	2.25
18	YT82-339	16.17	-2.89	1.50	15.64	-5.26***	3.00	2.25
19	VMC95-09	10.01	3.27	2.50	15.64	-5.26***	3.00	2.75
20	L116	9.64	3.64	3.50	14.79	-4.41*	3.00	3.25
21	CP94-1100	9.32	3.96	4.00	14.06	-3.68*	3.00	3.50
CK	ROC22	13.28	/	/	10.33	/	/	/

SCSH;Sugar content of sugarcane per hectare

为 0.437,其中最为相似的 2 份材料 F108 和粤糖 57-423,相似性系数为 0.590,说明 48 份材料之间整体相似性系数值处于中等略微偏下水平,遗传差异较大,作为亲本杂交,后代具有杂交优势。从所有材料的 UPGMA 聚类分析结果可以看出(图 1),在相似性系数 0.418~0.453 之间,48 份材料除 MY5770 较早与主类群分开外,其他材料形成 5 个较为明显的类群。类群 I 由 4 份材料组成,3 份在蔗茎公顷产量上表现优异,其中 CO419 在公顷含糖量上表现优异。类群 II 由 14 份材料组成,5 份在蔗茎公顷产量和公顷含糖量上都表现优异,2 份在甘蔗蔗糖分表现优异,1 份仅在蔗茎公顷产量上表现优异,其中骨

干亲本 F108、粤糖 57-423 和 POJ2878 相似性较高。类群 III 由 11 份材料组成,其中 CP65-357 在 3 个指标上都表现优异,4 份材料在蔗茎公顷产量和公顷含糖量上都表现优异,2 份材料在公顷含糖量和甘蔗蔗糖分上表现优异,1 份材料在公顷含糖量上表现优异。类群 IV 由 14 份材料组成,3 个骨干亲本 ROC22、F172 和云瑞 99-155 聚为一小类,较为相似,其中 5 份材料在蔗茎公顷产量和公顷含糖量上都表现优异,2 份材料仅蔗茎公顷产量表现优异,2 份材料甘蔗蔗糖分表现优异,1 份材料在公顷含糖量上表现优异。类群 V 由 4 份材料组成,1 份在蔗茎公顷产量和公顷含糖量上都表现优异,1 份仅蔗茎公顷产量上表现优异。

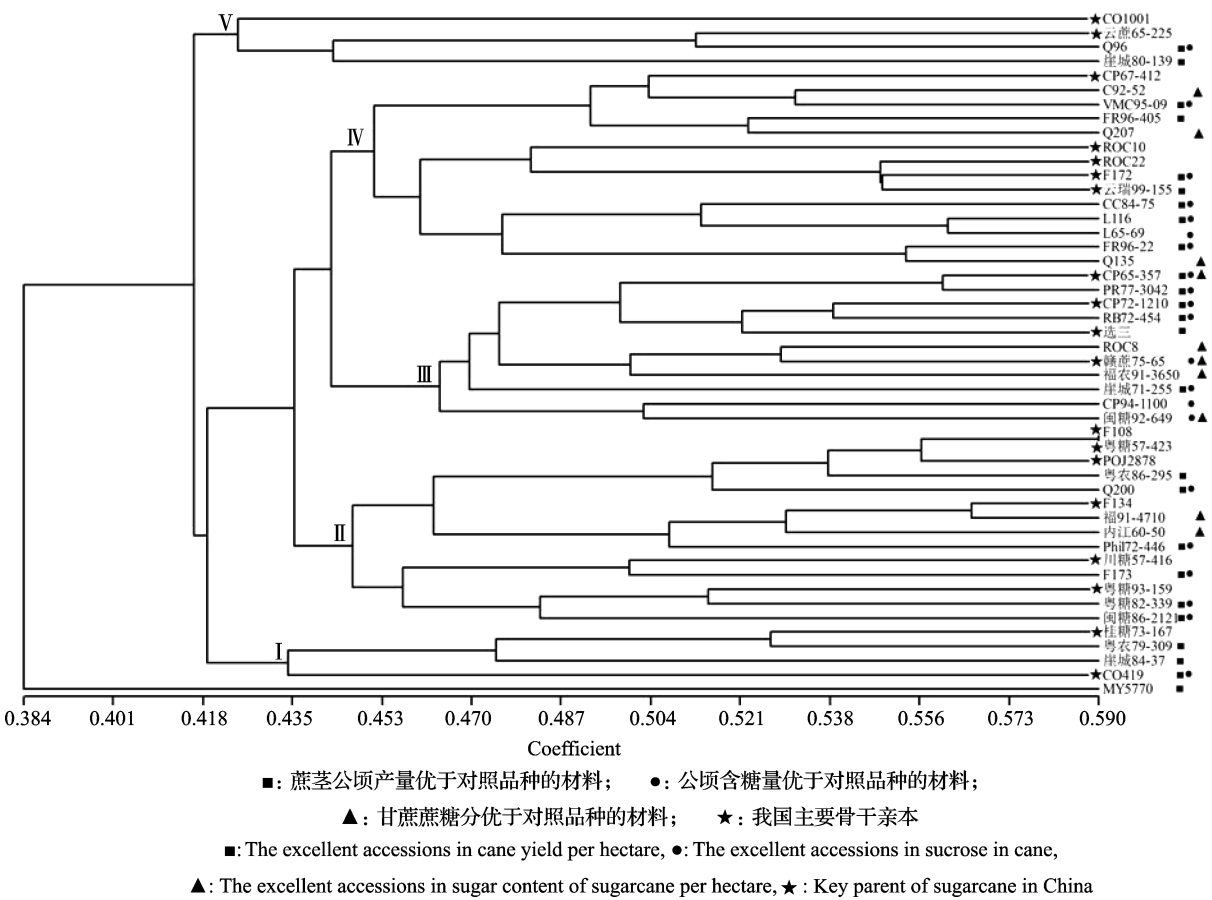


图1 优异核心种质材料与我国主要骨干亲本的 UPGMA 聚类图

Fig. 1 Molecular UPGMA dendrogram of these excellent accessions and key parent of sugarcane in China

整体来看,蔗茎公顷产量和公顷含糖量表现优异的材料在各类群都有分布,而甘蔗蔗糖分表现优异的材料主要集中在类群Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ,尤其是类群Ⅲ;在这些优异材料中,除 CP65-357 无法判断蔗茎公顷产量和甘蔗蔗糖分,哪个指标对公顷含糖量影响较大外,有 17 份材料虽甘蔗蔗糖分表现不优异,但因蔗茎公顷产量表现优异,从而在综合指标公顷含糖量上也表现优异,而仅有 2 份材料,在蔗茎公顷产量上表现不优异,因甘蔗蔗糖分表现优异,导致公顷含糖量也表现优异,从而推断产量性状对最终蔗糖产量影响可能更大,在甘蔗遗传育种中,产量性状改良在甘蔗品种蔗糖产量提高上效率可能要远高于甘蔗蔗糖分性状改良。另一方面,聚类关系图的建立可帮助育种研究者在杂交亲本组合配制时,能充分考虑亲本性状互补,尽量避免同类群材料、亲缘关系较近的材料之间相互杂交,多采用类群间、亲缘关系较远的材料之间进行杂交,充分利用杂交优势,创制出适合不同育种目标的亲本或品种。

3 讨论

我国甘蔗遗传育种始于 20 世纪 50 年代,起步较晚,所利用的甘蔗品种亲本资源十分有限^[3],为了突破资源的瓶颈,经过几辈人的努力,已通过各种方式,从不同渠道获得大量甘蔗杂交品种(种质)资源^[4]。为了解资源,近年来国内各育种机构从农艺性状^[4,9-10]、抗性生理^[11-15]、组合遗传力^[16-19]、遗传多样性^[4,20-23]等方面对甘蔗杂交品种资源开展了评价研究,为甘蔗杂交品种资源的利用提供了重要指导,但仍存在一些问题:(1)由于涉及的材料数量有限,方法和参照不一致,所得研究结果无法相互比较;(2)在甘蔗杂交品种资源农艺性状评价上,对性状的评价过细,如将产量分为株高、茎径、有效茎数、苗期分蘖率、单茎重、节间长度;将糖分性状分为蔗汁糖分、锤度、蔗汁筒纯度、蔗汁重力纯度、蔗汁还原糖分,由于各性状之间关系复杂,相互影响,干扰了对资源农艺性状表现的准确评价,为此,近年来制糖发达国家如澳大利亚、美国、巴西等相继简化了资源

评价指标,用几个综合指标如蔗茎公顷产量、公顷含糖量、甘蔗蔗糖分来评价资源,不仅使评价变得简单、直接,而且节省了大量人力成本,更符合甘蔗实际生产的要求^[24]; (3) 农艺性状和分子标记数据评价之间结合不够紧密,所得标记数据还无法有效指导资源利用和品种选育。鉴于此,本研究利用几个最有价值的综合指标,来评价甘蔗杂交品种核心种质,从中筛选出在单项指标如蔗茎公顷产量、公顷含糖量和甘蔗蔗糖分上表现优异的 36 份材料,这些材料可为种质创新、品种改良、能源育种提供高产、高糖亲本进行杂交利用。

另一方面,对新植和宿根数据的多重比较分析中,本研究发现宿根数据比新植数据更容易评价出材料之间的统计学差异,这可能是由于新植甘蔗种在新的地块,土壤条件比较好,病虫害较轻,参试材料之间所受胁迫较小,长势较为均匀;但到宿根季时,土壤条件发生改变,各种生物和非生物胁迫程度加大,优异材料的产量和糖分潜力得以发挥,最终导致材料间农艺性状出现明显差异,因此建议对于甘蔗这种多年生无性繁殖经济作物的农艺性状评价,应重点放在宿根季进行。

为了能够给种质创新和遗传育种研究者提供更多信息和指导,本研究使用分子标记技术,从 DNA 水平建立了优异资源间及与中国骨干亲本之间的遗传聚类关系,划分了不同类群,上述类群的建立和遗传相似性分析,将有助于种质创新和遗传育种者在亲本选择、组合配制、杂交优势利用上更有的放矢,避免因不了解亲本遗传背景,配制出近亲杂交组合,从而给研究和生产带来不利影响。值得注意的是,对蔗茎公顷产量、公顷含糖量和甘蔗蔗糖分性状任意 2 项指标优于对照的材料进行综合分析发现,蔗茎公顷产量与甘蔗蔗糖分相比,对甘蔗品种蔗糖产量影响更大,表明针对品种产量进行不断改良和提高,可能更有利于选育出突破性品种。

参考文献

[1] Wang J, Roe B, Macmil S, et al. Microcollinearity between au-

topolyploid sugarcane and diploid sorghum genomes[J]. BMC genomics, 2010, 11: 261-278

[2] 尹兴祥,张跃彬. 关于我国发展甘蔗糖业循环经济的思考[J]. 中国糖料, 2010(2): 77-78

[3] 陈如凯. 现代甘蔗遗传育种[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 1-19

[4] 刘新龙,蔡青,吴才文,等. 甘蔗品种资源的表型遗传多样性[J]. 生物多样性, 2010, 18(1): 37-43

[5] 刘新龙,蔡青,马丽,等. 甘蔗杂交品种初级核心种质取样策略[J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1209-1216

[6] Wang J C, Hu J, Xu H M, et al. A strategy on constructing core collections by least distance stepwise sampling[J]. Theor Appl Genet, 2007, 115: 1-8

[7] 蔡青,范源洪. 甘蔗种质资源鉴定技术规程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 1-9

[8] Liu X L, Ma L, Chen X K, et al. Establishment of DNA fingerprint identity for sugarcane cultivars in Yunnan, China[J]. Acta Agron Sin, 2010, 36(2): 202-210

[9] 王维赞,朱秋珍,邓展云. 甘蔗品种资源的聚类分析[J]. 中国糖料, 2004(2): 19-21

[10] 徐良年,邓祖湖,陈如凯,等. 甘蔗新品种产量品质性状的稳定性分析[J]. 热带作物学报, 2006(2): 50-54

[11] 许莉萍,林彦珍,傅华英. 甘蔗抗黑穗病性评价及品种的抗性鉴定[J]. 福建农业大学学报: 自然科学版, 2000, 29(3): 292-295

[12] 高三基,罗俊,陈如凯,等. 甘蔗抗旱性生理生化鉴定指标[J]. 作物学报, 2002, 28(1): 94-99

[13] 罗俊,陈如凯,徐良年,等. 甘蔗不同品种光合特性比较及其聚类分析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8): 1562-1569

[14] 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

[15] 李文凤,黄应昆,罗志明,等. 甘蔗优良品种材料对花叶病的抗性鉴定与评价[J]. 西南农业学报, 2009, 22(1): 92-94

[16] 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

[17] 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

[18] 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

[19] 吴才文,刘家勇,赵培方,等. 甘蔗野生种割手密远缘杂交后代品质性状的遗传研究[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(1): 59-63

[20] 李鸣,谭裕模,李杨瑞,等. 甘蔗(*Saccharum officinarum* L.) 品种遗传差异的 AFLP 分子标记分析[J]. 作物学报, 2004, 30(10): 1008-1013

[21] 劳业,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

[22] 刘新龙,马丽,陈学宽,等. 利用系谱图和 SSR 标记分析云南自育优良甘蔗品种的遗传关系[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(6): 1-7

[23] 刘新龙,马丽,蔡青,等. 云南甘蔗品种种质遗传关系分析[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(6): 703-708

[24] Henry R J, Kole C. Genetics, genomics and breeding of sugarcane[M]. New Hampshire: Science Publishers, 2010: 1-9