

甘蔗种质资源蔗糖分性状遗传 变异分析及高糖种质发掘

刘家勇, 咎逢刚, 赵培方, 赵丽萍, 姚丽, 赵俊, 赵勇, 胡鑫,
夏红明, 覃伟, 吴才文, 张跃彬, 杨昆

(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: 高糖种质是甘蔗高糖育种取得成功的物质基础, 性状遗传变异的评估是提高遗传改良效率的重要内容。本研究以 292 份国内外甘蔗品种资源为研究材料, 通过 3 年(1 年新植 2 年宿根)系统的田间试验, 对蔗糖分的方差和遗传参数(遗传方差、广义遗传力、变异系数等)进行了分析和评估。结果显示, 种质间蔗糖分性状差异极显著, 但与年份间的互作效应不显著, 具有较高的广义遗传力(3 年试验的广义遗传力为 0.85)。变异系数分析显示, 尽管具有较大的极差(平均为 10.66%), 但变异系数相对较小(平均为 10.13%), 这可能与参试种质大部分为不同时期育成的商业品种有关。变异系数进一步分析显示, 不管是新植还是宿根试验, 11 月的变异系数均大于之后的各月份。相关性分析显示, 11 月与总平均蔗糖分的表型和遗传相关系数分别为 0.94 和 0.95 ($P < 0.001$)。表明 11 月或更早时间可能更有利于蔗糖分的选择。基于 3 年蔗糖分数据, 发掘出平均蔗糖分超过 16.00% 的高糖种质 32 份提供杂交利用, 进一步丰富了我国高糖育种亲本基因库。此外, 本研究还就进一步促进我国高糖育种研究提出了建议。

关键词: 甘蔗; 种质资源; 蔗糖分; 遗传变异

Genetic Variation of Sucrose Content and Exploration of High Sugar Genotypes in Sugarcane Germplasm

LIU Jia-yong, ZAN Feng-gang, ZHAO Pei-fang, ZHAO Li-ping, YAO Li, ZHAO Jun, ZHAO Yong,
HU Xin, XIA Hong-ming, QIN Wei, WU Cai-wen, ZHANG Yue-bin, YANG Kun
(Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/Yunnan Key

Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan 661699)

Abstract: High sugar content germplasm is the basic resource for succeeding the breeding of high sugar varieties in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), and evaluation of its genetic variation is important for improving the breeding efficiency. In this study, the variance and genetic parameters (genetic variance, broad-sense heritability and coefficient of variation and so on) in sucrose content were evaluated using 292 germplasm entries, based on three years (one plant and two ratoon crops) field experiments. The sucrose content among the genotypes were significantly different. The interaction between years and genotypes was not significant, and a high broad-sense heritability (0.85, based on 3-year trial) was found. A considerably broader variation with

收稿日期: 2021-11-09 修回日期: 2021-11-21 网络出版日期: 2021-12-13

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20211109002>

第一作者研究方向为甘蔗遗传育种与种质资源, E-mail: lljyy1976@163.com; 咎逢刚为共同第一作者

通信作者: 张跃彬, 研究方向为甘蔗育种与产业技术, E-mail: ynzbyb@sohu.com

杨昆, 研究方向为甘蔗遗传育种, E-mail: kyang1978@163.com

基金项目: 国家自然科学基金(31660418); 国家糖料产业技术体系(CARS-170101); 海外高层次人才引进计划(YNQR-GDWG-2018-015); 云南省农业基础研究联合专项(2018FG001-067); 云南省重大科技专项计划(202102AE090028)

Foundation projects: The National Natural Science Foundation of China (31660418), Earmarked Fund for China Agriculture Research System (CARS-170101), Oversea Top Talents Projects (YNQR-GDWG-2018-015), Yunnan Joint Foundation for Agricultural Basic Research (2018FG001-067), Yunnan Key Science and Technology Special Project (202102AE090028)

a mean of 10.66% was observed, while the coefficient of variance (CV) was relatively low with an average of 10.13%. That was possibly caused by the constitution of the germplasm involved in this study as most of the entries were released cultivars. Moreover, we found that CV was highest in the month of November regardless of plant or ratoon crops, and the phenotypic and genetic correlation coefficient reached to 0.94 and 0.95 ($P < 0.001$), respectively, implying that selection in November or earlier may be good for sucrose content selection. As a result, 32 genotypes with high sugar content (more than 16.00%) were obtained and qualified as high sugar parental germplasm resource for sugarcane breeding. We further proposed some suggestions for high sugar breeding in sugarcane.

Key words: *Saccharum officinarum* L.; germplasm resources; sucrose content; genetic variation

甘蔗 (*Saccharum officinarum* L.) 是世界主要糖料作物, 全球 70% 以上的食糖产量来自于甘蔗^[1]。蔗糖产量由蔗茎产量和甘蔗含糖分决定^[2], 因此, 提高蔗茎产量和甘蔗含糖分的措施均有利于增加蔗糖产量。由于甘蔗品种蔗糖分的提高能够在产生较小边际成本的情况下, 制糖企业能够获得更高的效益, 这使得在甘蔗遗传改良中, 蔗糖分成为了重要的育种目标^[3]。

Serge 等^[4]基于 1968-2000 年的数据, 分析报道了佛罗里达蔗区通过遗传改良实现每年每吨甘蔗增加产糖量约 0.80 kg。Marvellous^[5] 研究显示, 南非 50 年来, 灌溉蔗区甘蔗品种的产糖率遗传进展为 0.06%/年。据 Cursi 等^[6]报道, 巴西 40 年来, 蔗糖产量每年增加 155.7 kg/hm², 而其中大约 50% 归因于遗传改良。

种业是农业的芯片, 而种质则是种业的芯片。亲本是甘蔗杂交育种取得成功的物质基础, 亲本的评价、利用与创新在很大程度上决定着育种的效率^[7]。在蔗糖分的评价上, 马丽等^[8]对 40 份甘蔗种质资源进行了 3 年试验, 评价出平均蔗糖分超过 15% 的材料 8 份。马丽等^[9]对 44 份中国甘蔗品种资源经过连续 2 年的糖分评价, 从中筛选出平均糖分高于 15% 的材料 12 份。赵勇等^[10]对 317 份国内外品种资源进行评价, 筛选出蔗糖分超过 15% 的材料 43 份。吴嘉云等^[11]对 12 个 HoCP 系列甘蔗种质资源进行了鉴定评价, 其中 HoCP07-613 蔗糖分表现最为优异。刘新龙等^[12]对 106 份甘蔗品种资源的蔗糖分进行评价, 筛选出 10 份优于对照 (ROC22) 的高糖材料。在甘蔗种质的评价上, 除蔗糖分外, 产量^[13]、抗病性 (花叶病^[14]、锈病^[15]、黑穗病^[16]等)、抗旱性^[17]、宿根性^[18]等也是重要的评价内容。在蔗糖分遗传变异方面, 李纯佳等^[19]以 16 份甘蔗品种为研究材料, 评价了品质性状的广义遗传力, 其中蔗糖分的广义遗传力为 0.72。杨

翠凤等^[20]以 7 份甘蔗原种和 11 份土著种为研究材料, 结果显示蔗糖分性状的变异系数为 20.65%。Basnayake 等^[21]分别以 89 份和 40 份甘蔗种质资源为材料, 在 2 个环境下研究了干旱胁迫下甘蔗蔗糖分的遗传变异, 结果显示蔗糖分的广义遗传力分布在 0.64~0.89 之间。徐良年^[22]以 45 个家系群体为材料进行研究, 结果显示甘蔗蔗糖分的广义遗传力为 0.90; 杨昆等^[23]以 17 个甘蔗家系为研究对象, 对 6 个经济性状进行遗传参数分析, 甘蔗锤度的广义遗传力为 0.85。吴才文等^[24]利用甘蔗品种与割手密杂交的 F₁ 和 BC₁ 群体进行遗传分析, 结果显示, 蔗糖分等品质性状具有较高的广义遗传力。甘蔗蔗糖分性状的评价和遗传参数分析为甘蔗高糖亲本选择和杂交组合选配提供了参考信息。

高糖种质的评价和发掘是甘蔗高糖育种的基础性工作, 而蔗糖分性状遗传变异的评估是提高蔗糖分遗传改良效率的重要研究内容。本研究以大群体, 即以国内外 292 份甘蔗种质资源作为研究材料, 通过 3 年 (1 年新植 2 年宿根) 系统的田间试验, 对蔗糖分性状的遗传变异状况进行评估, 以期发掘高糖种质供杂交利用, 为甘蔗蔗糖分的遗传改良和高糖育种提供参考信息和种质支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以来自 9 个国家的 292 份甘蔗种质资源作为参试材料 (详见 <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20211109002>, 附表 1), 其中, 国外种质 179 份, 中国种质 113 份。国外种质包括巴西种质 19 份 (RB 和 SP 型)、菲律宾种质 23 份 (VMC 和 PHil 型)、美国种质 60 份 (CP 和 HoCP 型)、法国种质 16 份 (FR 型)、澳大利亚种质 51 份 (Q 和 KQ 型)、印度种质 5 份 (Co 型)、印度尼西亚种质 4 份 (POJ 型)、留尼旺种

质 1 份 (R570), 中国种质包括中国广西种质 19 份 (桂糖和桂柳系列)、中国广东种质 14 份 (粤糖、粤甘和华南系列)、中国福建种质 8 份 (福农和闽糖系列)、中国四川种质 3 份 (川糖系列)、中国江西种质 15 份 (赣蔗和赣南系列)、中国云南种质 32 份 (云蔗和德蔗系列) 以及中国台湾种质 22 份 (F 型、ROC 型和 PT 型)。研究材料由国家甘蔗种质资源圃提供。

1.2 试验概况和蔗糖分检测

试验地点设在云南省农业科学院甘蔗研究所第一科研基地, 位于云南省红河州开远市 (23.7° N, 103.25° E), 海拔 1051.8 m, 属亚热带高原季风气候, 光照资源充足, 年日照时数 2382 h, 年平均气温 20 °C, 年平均降雨量 771.1 mm, 年潜在蒸发量 1987 mm, 无霜期 341 d 左右。

田间试验采用随机区组 2 次重复设计, 行长 4 m, 行距 1.1 m。每种质、每重复种植 2 行, 每行种植 52 芽。四周设置保护行, 试验具备灌溉条件, 试验管理同大田生产。试验期为 2017-2020 年, 共计 3 个试验周期, 即 1 年新植 2 年宿根。新植试验种植时间为 2016 年 12 月 29 日, 收获日期为 2018 年 3 月 15 日, 第 1 年宿根试验收获日期为 2019 年 3 月 28 日, 第 2 年宿根试验收获日期为 2020 年 3 月 29 日。试验地土壤类型为黏质土。

3 个试验周期中 (1 年新植 2 年宿根), 采用一次旋光法, 每年于 11 月至翌年 3 月 (每月 1 次, 每年共计 5 次) 分重复对甘蔗蔗糖分进行检测。检测时, 每种质、每重复取 3 条健康蔗茎作为样品。具体检测方法参照 Liu 等^[25]方法进行。

1.3 高糖种质发掘

根据 3 年试验蔗糖分的检测结果, 发掘蔗糖分表现优异的种质提供杂交利用, 进一步评价其高糖育种潜力。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010 对数据进行汇总和管理。采用 Genstat12.1 软件对方差、互作方差、遗传方差等参数进行分析和估算。变异系数和表型相关系数 (Pearson 相关系数) 采用 SPSS Statistics 21 软件计算。广义遗传力和遗传相关系数参照 Basnayake 等^[26]方法计算。

2 结果与分析

2.1 甘蔗蔗糖分平均值及方差分析

方差分析结果显示 (表 1), 甘蔗蔗糖分基因型

(种质) 间均存在极显著差异 ($P < 0.001$)。3 个试验周期联合方差分析显示, 除基因型 (种质) 外, 年份对蔗糖分也存在极显著影响 ($P < 0.001$), 但基因型 (种质) 与年度间的互作效应不显著 ($P = 1.00$), 表明年度对基因型 (种质) 蔗糖分性状虽具有极显著的影响, 但作用的方向总体上是一致的。

表 1 甘蔗蔗糖分方差分析

Table 1 Analysis of variance on sucrose content in cane

试验类型 Trial attribute	变异来源 Source of variation	方差 Variance	P 值 P value
新植 Plant	基因型	27.29	<0.001
	误差	3.14	
第 1 年宿根 First ratoon crop	基因型	19.05	<0.001
	误差	2.19	
第 2 年宿根 Second ratoon crop	基因型	22.65	<0.001
	误差	1.95	
3 年试验 3-year trial	基因型	65.22	<0.001
	年份	632.95	<0.001
	基因型 × 年份	1.88	=1.00
	误差	2.44	

3 个试验周期蔗糖分平均值分布统计结果显示, 平均蔗糖分 $\geq 16.00\%$ 的种质有 32 份, 占比 10.96%; $14\% \leq$ 蔗糖分 $< 16\%$ 的种质有 186 份, 占比 63.70%; $12\% \leq$ 蔗糖分 $< 14\%$ 的种质有 55 份, 占比 18.84%; $< 12\%$ 的种质有 19 份, 占比 6.50%; 平均蔗糖分 $\geq 14\%$ 的种质共计 218 份, 占比 74.66%。

2.2 甘蔗蔗糖分的遗传变异分析

遗传变异分析结果显示 (表 2), 新植、第 1 年宿根、第 2 年宿根以及 3 年试验的广义遗传力分别为 0.61、0.60、0.68 和 0.85, 具有较高的广义遗传力, 进一步显示蔗糖分受年份影响较小。变异系数分析显示, 新植、第 1 年宿根、第 2 年宿根以及 3 年试验的变异系数分别为 11.65%、9.56%、9.99% 和 10.13%。种质间蔗糖分性状的变异系数虽然相对较小, 但以新植试验最大, 表明新植试验有利于区分种质间蔗糖分的差异。

对变异系数作进一步分析, 结果显示, 不管是新植还是宿根试验, 蔗糖分的变异系数随着甘蔗成熟期 (11 月至翌年 3 月) 的渐进, 总体呈现逐步下降的趋势 (除第 2 年宿根试验中 3 月的变异系数高于 2 月外), 3 年试验同样以 11 月最高, 为 14.50%, 3 月最低, 为 8.75% (表 3)。结果进一步表明, 11 月更有利于区分种质间蔗糖分的差异。

表 2 甘蔗蔗糖分遗传变异分析

Table 2 Analysis of genetic variation of sucrose content in cane

试验类型 Trial attribute	平均值 (%) Means	最大值 (%) Maximum	最小值 (%) Minimum	极差 (%) Range	变异系数 (%) CV	遗传方差 Genetic variance	广义遗传力 Broad-sense heritability
新植 Plant	14.17	17.09	5.00	12.09	11.65	2.42	0.61
第 1 年宿根 First ratoon crop	14.47	17.02	7.74	9.28	9.56	1.66	0.60
第 2 年宿根 Second ratoon crop	15.09	17.57	6.76	10.81	9.99	2.07	0.68
3 年试验 3-year trail	14.57	17.16	6.50	10.66	10.13	2.12	0.85

3 年试验表示基于 3 年 (1 年新植 2 年宿根) 田间试验数据的计算结果, 下同

The 3-year trail means that results are calculated based on 3-year field trial data (1 plant and 2 ratoon crops), the same as below

表 3 11 月至翌年 3 月蔗糖分的变异系数

Table 3 Coefficient of variation of sucrose content in cane from November to next March

(%)

试验类型 Trial attribute	11 月 November	12 月 December	1 月 January	2 月 February	3 月 March
新植 Plant	18.27	13.89	11.35	10.64	9.81
第 1 年宿根 First ratoon crop	13.50	11.23	9.82	8.58	8.58
第 2 年宿根 Second ratoon crop	14.56	12.46	10.09	8.87	9.97
3 年试验 3-year trial	14.50	11.93	9.88	8.83	8.75

2.3 各月份平均蔗糖分与总平均值之间的相关性分析

各月份平均蔗糖分与总平均值之间的相关性 (表型和遗传相关) 分析显示, 不管是表型还是遗传相关, 各月份与平均值之间的相关系数在 0.92 及以

上 ($P < 0.001$), 其中, 11 月与总平均蔗糖分的表型和遗传相关系数分别为 0.94 和 0.95 (表 4)。综合 11 月蔗糖分的变异系数特征, 在甘蔗杂交育种中, 11 月对蔗糖分进行评价和选择将有利于高糖品种选育效率的提高。

表 4 各月份平均蔗糖分与总平均值之间的相关性分析

Table 4 Correlations between monthly sucrose content in cane and the overall average

月份 Month	11 月 November	12 月 December	1 月 January	2 月 February	3 月 March	总平均 Overall average
11 月 November	1.00	0.98**	0.92**	0.89**	0.83**	0.95**
12 月 December	0.95**	1.00	0.97**	0.95**	0.91**	0.99**
1 月 January	0.89**	0.94**	1.00	0.99**	0.96**	0.99**
2 月 February	0.84**	0.91**	0.94**	1.00	0.99**	0.98**
3 月 March	0.77**	0.86**	0.90**	0.92**	1.00	0.95**
总平均 Overall average	0.94**	0.98**	0.98**	0.96**	0.92**	1.00

** 为极显著 ($P < 0.001$); 表中右上数据为遗传相关系数, 左下数据为表型相关系数。11 月、12 月、1 月、2 月、3 月: 表示整个试验周期 (1 年新植 2 年宿根) 各月份的平均值; 总平均: 表示整个试验周期 11 月至翌年 3 月的平均值

** means differences are significant at level of $P < 0.001$. In the table, the upper right and lower left parts indicate genetic correlation and pearson correlation, respectively. November, December, January, February, and March are the mean values of the 3 crops in the same month. Overall mean is the average of 3 crops lasted from November to next March

2.4 高糖种质及其亲本

基于 3 个试验周期的平均蔗糖分, 筛选出蔗糖分超过 16.00% 的高糖种质 32 份, 其中平均蔗糖分最高的为云蔗 09-1601 (17.16%)。32 份高糖种质中由我国自主培育的有 20 份 (其中台湾 3 份),

占高糖种质的 62.5%。其余 12 份包括美国种质 5 份、澳大利亚种质 6 份及法国种质 1 份。高糖种质的发掘, 进一步丰富了我国甘蔗高糖育种亲本基因库。高糖种质名称、来源、平均蔗糖分及亲本信息见表 5。

表 5 32 份高糖种质来源、平均蔗糖分和亲本信息

Table 5 Origin, average sucrose content in cane and parents of the 32 high sugar genotypes

序号 Number	名称 Name	来源 Origin	平均蔗糖分(%) Average sucrose content	亲本 Parents	
				母本 Male	父本 Female
1	赣蔗 75-65	中国江西	16.22	赣蔗 64-137	内江 57-416
2	赣南 00-27	中国江西	16.36	/	/
3	赣南 00-8	中国江西	16.80	/	/
4	赣南 01-112	中国江西	16.39	赣蔗 75-65	CP57-614+ 湛蔗 82-339
5	赣南 89-131	中国江西	16.10	/	/
6	福农 30	中国福建	16.09	CP84-1198	ROC10
7	云蔗 09-1601	中国云南	17.16	CP94-1100	川糖 89-103
8	粤糖 93-159	中国广东	16.47	粤农 73-204	CP72-1210
9	云蔗 05-226	中国云南	16.32	湛蔗 74-141	CP72-1210
10	云蔗 02-588	中国云南	16.84	CP72-1210	粤糖 84-3
11	云蔗 11-1779	中国云南	16.66	CP84-1198	云蔗 94-343
12	云蔗 02-2540	中国云南	16.34	ROC11	CP72-3591
13	桂糖 02-901	中国广西	16.17	ROC23	CP84-1198
14	德蔗 93-88	中国云南	16.59	崖城 71-374	CP72-1210
15	柳城 03-182	中国广西	16.78	CP72-1210	ROC22
16	德蔗 93-102	中国云南	16.06	崖城 71-374	CP72-1210
17	赣蔗 02-70	中国江西	16.64	桂糖 69-435	CP84-1198
18	ROC8	中国台湾	16.63	/	/
19	ROC20	中国台湾	16.57	69-463	68-2599
20	ROC26	中国台湾	16.12	71-296	ROC11
21	CP70-330	美国	16.08	CP61-39	CP57-614
22	CP81-1405	美国	16.96	/	/
23	CP88-1762	美国	16.45	CP80-1743	85P6
24	CP89-2143	美国	16.34	CP81-1254	CP72-2086
25	HoCP93-746	美国	16.06	/	/
26	Q127	澳大利亚	16.33	QN54-7096	H49-3666
27	Q155	澳大利亚	16.44	64C386	Q121
28	Q171	澳大利亚	16.02	64C386	Q121
29	Q174	澳大利亚	16.19	Q117	66N2008
30	Q183	澳大利亚	16.12	Q124	H56-752
31	Q190	澳大利亚	16.03	Q107	H56-752
32	FR97-127	法国	16.05	/	/

/: 表示本研究没有查找到对应的亲本信息

/: means corresponding information of the parent can't be found in this paper

3 讨论

3.1 甘蔗蔗糖分性状的遗传变异

前人研究结果表明^[3,22],甘蔗蔗糖分受环境影响较小,属广义遗传力较高的性状。本研究的结果也显示出相似的结果,即基因型(种质)与年份的交互效应不显著($P=1.00$)(表1),且连续3年试验总的广义遗传力达到了0.85(表2)。

从变异系数来看,本研究的参试材料蔗糖分性状尽管有较大极差(10.66%),但变异系数相对较小,平均为10.13%(表2),这可能与参试材料有关。因为本研究所使用的材料均为国内外各育种单位通过杂交育种选育而成的杂交种,在选育过程中对蔗糖分性状施加了选择压力,大部分材料的平均蔗糖分相近,导致差异变小。此外,平均蔗糖分 $\geq 14\%$ 种质数量的高占比(74.66%)也反映出种质间平均蔗糖分具有较高的集中度。

我国的制糖期一般始于11月,因此在甘蔗育种中对育种材料蔗糖分的评价和选择大多也是从11月开始。尽管本研究中蔗糖分的变异系数相对较小,但从各月份的变异系数来看,不管是新植还是宿根试验,11月的变异系数均大于其他各月份(表3),同时相关性分析(表4)也显示11月蔗糖分与蔗糖分总平均值的遗传相关系数达到了0.95($P<0.001$)。由于甘蔗杂交育种是从数量众多的后代分离群体中优选单株,而蔗糖分又是高权重值指标,因此,从育种选择的角度来看,11月或更早时间的选择或许更有利于区分后代群体中蔗糖分的优劣,有利于提高高糖品种的选育效率。

3.2 高糖亲本在我国甘蔗新品种培育中的作用

据统计,甘蔗品种改良对产业的科技贡献率高达60%^[27]。高糖是甘蔗杂交育种所追求的重要目标,高糖亲本的评价和利用对品种蔗糖分的改良具有显著效果和重要意义。我国2011/12—2015/16的5个榨季平均产糖率为11.83%,而2016/17—2020/21的5个榨季平均产糖率为12.59%,较上5个榨季(2011/12—2015/16)的平均产糖率提高0.76个百分点^[27],产糖率获得了显著提升。2010年以来,我国甘蔗育种机构先后育成了一批桂糖、柳城、粤糖和云蔗型高产高糖品种,如桂糖42号、柳城05-136、云蔗05-51等在全国主产蔗区作为主栽品种快速推广应用,占比逐年增加^[27];除上述品种外,粤糖00-236^[28]、福农41号^[29]、云蔗081609^[30]等高糖品种在品种更新换代中也发挥了积极作用。

在2014/15—2020/21的5个榨季中,新台糖品种占比由70.69%下降到2020/21榨季的23.30%,自育品种由29.31%上升至76.70%^[27]。产糖率的显著提升,上述高糖品种的培育和大面积推广应用发挥了重要作用。追溯亲系及其种性表明,上述新品种的亲本之一均为高糖亲本。桂糖42号(ROC22×桂糖92-66)的父本桂糖92-66^[31]为高糖亲本,柳城05-136(CP81-1254×ROC22)的母本CP81-1254^[32]为高糖亲本,粤糖00-236(CP72-1210×粤农73-204)的母本CP72-1210^[33]为高糖亲本,福农41号(ROC20×粤糖91-976)的母本ROC20为高糖亲本(表5),云蔗05-51(崖城90-56×ROC23)的父本ROC23^[34]为高糖亲本,云蔗081609(云蔗94-343×粤糖00-236)的父本粤糖00-236^[28]为高糖亲本。

通过3年试验系统评价筛选出32份高糖种质(表5),部分已在我国甘蔗高糖育种中发挥了重要作用,育成了一批甘蔗新品种推广应用,如HoCP93-746^[35]、粤糖93-159^[36]、ROC20^[29]等。ROC26、云蔗02-588、德蔗93-88、柳城03-182、桂糖02-901、赣蔗02-70、CP88-1762、CP89-2143等种质目前在我国主要甘蔗育种机构广泛利用,开始在高糖育种中发挥作用。而云蔗11-1779、云蔗09-1601、云蔗05-226、ROC8、CP81-1405、Q127、Q155、Q171、Q174、Q183、Q190、FR97-127等种质,利用有限,建议加强利用,进一步评价其高糖育种潜力。此外,CP81-1405、Q127、Q155、Q171、Q174、Q183、Q190、FR97-127等几份种质分别引自美国、澳大利亚和法国,属不同地理环境和育种体系,有助于增加我国高糖亲本多样性。

3.3 进一步加强我国甘蔗高糖育种研究的建议

3.3.1 创制特高糖种质,为我国高糖育种取得进一步突破提供种质支撑 我国高糖育种取得了重大成效,但综观目前所利用的高糖亲本大多属于品种或育种中间材料,如育成桂糖42号的高糖亲本是我国广西育成的育种中间材料桂糖92-66,育成柳城05-136的高糖亲本是引自美国的品种CP81-1254,育成云蔗05-51的高糖亲本是中国台湾的品种ROC23。由于品种在培育的过程中需要考虑和兼顾多个性状(如产量、抗性等),因此高糖种质的培育中存在针对性不足的情况,高糖种质的“高糖特性”尚有进一步提升的潜力。从本研究的结果也可以看出,研究群体平均蔗糖分为14.57%,蔗糖分分布高度集中(平均蔗糖分 $\geq 14\%$ 的种质数量

比例达 74.66%、变异系数仅为 10.13%),且平均蔗糖糖分超过 17.00% 的仅有 1 份。因此从杂交选育的角度建议,充分利用现有高糖亲本,紧盯蔗糖分性状改良,通过轮回选择技术,创制蔗糖分显著提升的特高糖种质,用于高糖品种的培育,以满足生产不断提高品种蔗糖分的迫切需求。轮回选择有利于打破基因间的连锁,提高群体内有利基因的频率^[37],尤其适合于对蔗糖分等数量性状进行改良。本研究中评价筛选出的 32 份高糖种质可为特高糖种质的创制提供基础材料。

3.3.2 向甘蔗属野生种割手密 (*S. spontaneum* L.)

寻求糖分基因的多样性 甘蔗属野生种割手密(细茎野生种)在甘蔗杂交育种中发挥了重要作用,为现代甘蔗品种提供宿根性、适应性和抗逆性等重要性状^[38],实现了甘蔗育种史上的第一次性状飞跃^[39],而甘蔗属热带种(*S. officinarum* L.)则为现代甘蔗品种的高糖基因源^[3]。割手密俗称甜根子草,研究显示割手密不仅在株高、茎径等农艺性状上具有丰富的遗传多样性,在锤度(与蔗糖分高度相关)性状上同样具有丰富遗传变异^[40-42]。刘家勇等^[43]综述了割手密创新利用中存在的不足,并提出了在割手密应用于种质创新前对其进行系统的遗传改良,以进一步开发利用割手密育种潜力的设想。因此建议针对割手密的锤度性状进行系统的遗传改良,聚合有利等位基因,改良和提高割手密的锤度性状,再应用于种质创新和甘蔗育种,以增加糖分基因的多样性,而不同于热带种的高糖基因。

参考文献

- [1] Rafael G T, Prakash L, Edgar P. ScGAI is a key regulator of culm development in sugarcane. *Journal of Experimental Botany*, 2018, 69(16): 3823-3837
- [2] Sarah E L, Richard M J, Thomas L T. Changes in juice quality and sugarcane yield with recurrent selection for sucrose. *Field Crops Research*, 2010, 118(2): 152-157
- [3] Jackson P A. Breeding for improved sugar content in sugarcane. *Field Crops Research*, 2005, 92(2-3): 277-290
- [4] Serge J E, Jimmy D M, Barry G. Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years. *Crop Science*, 2005, 45(1): 92-97
- [5] Marvellous Z. Cultivar genetic gains from 50 years of irrigated sugarcane breeding in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 2017, 34(3): 167-174
- [6] Cursi D E, Hoffmann H P, Barbosa G V S, Bressiani J A, Gazaffi R, Chapola R G, Fernandes Junior A R, Balsalobre T W A, Diniz C A, Santos J M, Carneiro M S. History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in Brazil. *Sugar Tech*, 2022, 24(1): 112-133
- [7] 张琼,齐永文,张垂明,陈勇生,邓海华.我国大陆甘蔗骨干本亲缘关系分析. *广东农业科学*, 2009(10): 44-48
Zhang Q, Qi Y W, Zhang C M, Chen Y S, Deng H H. Pedigree analysis of genetic relationship among core parents of sugarcane in Mainland China. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2009(10): 44-48
- [8] 马丽,苏火生,刘新龙,陆鑫,毛钧,蔡青.40份甘蔗种质田间试验的产量与品质评价. *中国糖料*, 2013(2): 34-36
Ma L, Su H S, Liu X L, Lu X, Mao J, Cai Q. Evaluation on yield and sucrose content of 40 sugarcane germplasm. *Sugar Crops of China*, 2013(2): 34-36
- [9] 马丽,徐超华,刘洪博,刘新龙,陆鑫,林秀琴,蔡青.国内甘蔗品种资源的产量与糖分评价. *中国糖料*, 2015, 37(4): 4-7
Ma L, Xu C H, Liu H B, Liu X L, Lu X, Lin X Q, Cai Q. Evaluation on yield and sucrose content to domestic sugarcane hybrid germplasm. *Sugar Crops of China*, 2015, 37(4): 4-7
- [10] 赵勇,赵培方,胡鑫,赵俊,管逢刚,姚丽,赵丽萍,杨昆,覃伟,夏红明,刘家勇.基于农艺性状分级对 317 份甘蔗种质资源的评价. *中国农业科学*, 2019, 52(4): 602-615
Zhao Y, Zhao P F, Hu X, Zhao J, Zan F G, Yao L, Zhao L P, Yang K, Qin W, Xia H M, Liu J Y. Evaluation of 317 sugarcane germplasm based on agronomic traits rating data. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(4): 602-615
- [11] 吴嘉云,黄俊坚,凌秋平,陈勇生,曾巧英,杨湛端,齐永文,李奇伟.12个HoCP系列甘蔗种质资源初步鉴定和评价. *热带亚热带植物学报*, 2019, 27(1): 53-59
Wu J Y, Huang J J, Ling Q P, Chen Y S, Zeng Q Y, Yang Z D, Qi Y W, Li Q W. Preliminary identification and evaluation of 12 strains of HoCP series in sugarcane germplasm resources. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2019, 27(1): 53-59
- [12] 刘新龙,马丽,苏火生,应雄美,陆鑫,毛钧,刘洪博,范源洪.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. *植物遗传资源学报*, 2014, 15(1): 67-73
Liu X L, Ma L, Su H S, Ying X M, Lu X, Mao J, Liu H B, Fan Y H. Evaluating on important agronomic traits and constructing molecular genetic relationships for the core collection of sugarcane hybrids. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(1): 67-73
- [13] 马丽,刘新龙,刘洪博,徐超华,林秀琴,蔡青.56份国内甘蔗杂交种质的产量评价. *中国糖料*, 2014(4): 57-58, 60
Ma L, Liu X L, Liu H B, Xu C H, Lin X Q, Cai Q. Effects of different harvest time and retained tiller on yield and sugar content of forage sweet sorghum. *Sugar Crops of China*, 2014(4): 57-58, 60
- [14] 李文凤,单红丽,张荣跃,王晓燕,罗志明,尹炯,仓晓燕,李婕,黄应昆.我国新育成甘蔗品种(系)对甘蔗线条花叶病毒和高粱花叶病毒的抗性评价. *植物病理学报*, 2018, 48(3): 389-394
Li W F, Shan H L, Zhang R Y, Wang X Y, Luo Z M, Yin J, Cang X Y, Li J, Huang Y K. Screening for resistance to sugarcane streak mosaic virus and Sorghum mosaic virus in new elite sugarcane varieties/clones from China. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2018, 48(3): 389-394
- [15] 李竹,许莉萍,苏亚春,吴期滨,成伟,孙婷婷,高世武.基于田间表型和 *Bru1* 基因检测分析甘蔗褐锈病抗性遗传. *作物学报*, 2018, 44(2): 306-312

- Li Z, Xu L P, Su Y C, Wu Q B, Cheng W, Sun T T, Gao S W. Analysis of brown rust resistance inheritance based on field phenotypes and detection of *Brul* gene in sugarcane. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44(2): 306-312
- [16] 仓晓燕, 夏红明, 李文凤, 王晓燕, 单红丽, 王长秘, 李婕, 张荣跃, 黄应昆. 甘蔗优良品种(系)对黑穗病的抗性评价. *作物学报*, 2021, 47(11): 2290-2296
Cang X Y, Xia H M, Li W F, Wang X Y, Shan H L, Wang C M, Li J, Zhang R Y, Huang Y K. Evaluation of natural resistance to smut in elite sugarcane varieties (lines). *Acta Agronomica Sinica*, 2021, 47(11): 2290-2296
- [17] 田春艳, 边芯, 俞华先, 郎荣斌, 董立华, 桃联安, 周清明, 安汝东, 孙有芳, 杨李和, 经艳芬. 云瑞甘蔗创新亲本抗旱性综合评价. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(3): 610-623
Tian C Y, Bian X, Yu H X, Lang R B, Dong L H, Tao L A, Zhou Q M, An R D, Sun Y F, Yang L H, Jing Y F. Comprehensive evaluation of innovative Yunrui sugarcane parents for drought resistance. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(3): 610-623
- [18] 黄玉新, 段维兴, 张保青, 杨翠芳, 高轶静, 周珊, 张革民, 李翔. 138 份国外引进甘蔗品种(系)宿根性评价. *云南农业大学学报: 自然科学版*, 2019, 34(4): 564-570
Huang Y X, Duan W X, Zhang B Q, Yang C F, Gao Y J, Zhou S, Zhang G M, Li X. Evaluation of ratoon characteristics of 138 exotic sugarcane germplasm. *Journal of Yunnan Agricultural University: Natural Science Edition*, 2019, 34(4): 564-570
- [19] 李纯佳, 徐超华, 刘洪博, 李旭娟, 字秋艳, 刘新龙. 云南甘蔗国外引进骨干亲本糖分性状分析. *中国糖料*, 2018, 40(3): 10-12
Li C J, Xu C H, Liu H B, Li X J, Zi Q Y, Liu X L. An investigation of sugar traits among elite parents of exotic sugarcane in Yunnan. *Sugar Crops of China*, 2018, 40(3): 10-12
- [20] 杨翠凤, 张春雅, 滕峥, 杨丽涛, 李杨瑞. 不同基因型甘蔗种质遗传特性分析. *江苏农业科学*, 2018, 46(17): 79-82
Yang C F, Zhang C Y, Teng Z, Yang L T, Li Y R. Analysis of genetic characteristics of different genotypes of sugarcane germplasm. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(17): 79-82
- [21] Basnayake J, Jackson P A, Inman Bamber N G, Lakshmanan P. Sugarcane for water-limited environments. Genetic variation in cane yield and sugar content in response to water stress. *Journal of Experimental Botany*, 2012, 63(16): 6023-6033
- [22] 徐良年. 甘蔗杂交后代家系评价及选择. 福州: 福建农林大学, 2009
Xu L N. Evaluations and selection of families in sugarcane hybrid populations. Fuzhou: Fujian Agricultural and Forestry University, 2009
- [23] 杨昆, 赵培方, 赵俊, 夏红明, 管逢刚, 吴转娣, 吴才文, 陈学宽, 刘家勇. 甘蔗家系经济性状遗传变异分析及综合选择. *热带作物学报*, 2016, 37(2): 213-219
Yang K, Zhao P F, Zhao J, Xia H M, Zan F G, Wu Z D, Wu C W, Chen X K, Liu J Y. Genetic variation of main economic traits and combined selection in sugarcane families. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(2): 213-219
- [24] 吴才文, Phillip Jackson, 刘家勇, 赵培方, 赵俊, 范源洪, 刘新龙. 甘蔗野生种割手密远缘杂交后代品质性状的遗传研究. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(1): 59-63
Wu C W, Phillip J, Liu J Y, Zhao P F, Zhao J, Fan Y H, Liu X L. Inheritance of quality traits of the distant crossing between *S.officinarum* and *S.spontaneum*. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12(1): 59-63
- [25] Liu J Y, Basnayake J, Jackson P A, Chen X K, Zhao J, Zhao P F, Yang L H, Bai Y D, Xia H M, Zan F G, Qin W, Yang K, Yao L, Zhao L P, Zhu J R, Lakshmanan P, Zhao X D, Fan Y H. Growth and yield of sugarcane genotypes are strongly correlated across irrigated and rainfed environments. *Field Crops Research*, 2016, 196: 418-425
- [26] Basnayake J, Jackson P A, Inman-Bamber N G, Lakshmanan P. Sugarcane for water-limited environments. Variation in stomatal conductance and its genetic correlation with crop productivity. *Journal of Experimental Botany*, 2015, 66(13): 3945-3958
- [27] 胡朝晖, 潘永保, Werapon P. 蔗糖主产国甘蔗单产及产糖率改良进展. *中国糖料*, 2021, 43(4): 75-80
Hu C H, Pan Y B, Werapon P. Improvement of cane yield and cane sugar recovery in main cane sugar producing countries. *Sugar Crops of China*, 2021, 43(4): 75-80
- [28] 张允演, 刘福业, 杨俊贤, 吴文龙, 黄振豪, 潘方胤, 陈月桂. 特早熟高糖甘蔗新品种粤糖 00-236 的选育. *中国糖料*, 2007(1): 5-7, 12
Zhang Y Y, Liu F Y, Yang J X, Wu W L, Huang Z H, Pan F Y, Chen Y G. Breeding of very precocious and high sugar content sugarcane variety YT00-236. *Sugar Crops of China*, 2007(1): 5-7, 12
- [29] 邓祖湖, 徐良年, 林彦铨, 罗俊, 林兆里, 林炜乐, 陈如凯. 甘蔗新品种福农 41 号的选育与评价. *甘蔗糖业*, 2014(6): 1-6
Deng Z H, Xu L N, Lin Y Q, Luo J, Lin Z L, Lin W Y, Chen R K. Evaluation and breeding of a new sugarcane cultivar Funong41. *Sugarcane and Canesugar*, 2014(6): 1-6
- [30] 夏红明, 赵培方, 刘家勇, 赵俊, 管逢刚, 陈学宽, 杨昆, 杨洪昌, 姚丽, 赵丽萍, 吴转娣, 覃伟, 吴才文. 早熟高糖甘蔗新品种云蔗 081609 的选育. *中国糖料*, 2018, 40(5): 6-9
Xia H M, Zhao P F, Liu J Y, Zhao J, Zan F G, Chen X K, Yang K, Yang H C, Yao L, Zhao L P, Wu Z D, Qin W, Wu C W. Breeding of new sugarcane variety Yunzhe081609 with early maturing and high sucrose content. *Sugar Crops of China*, 2018, 40(5): 6-9
- [31] 王伦旺, 邓宇驰, 谭芳, 唐仕云, 黄海荣, 经艳, 杨荣仲. 甘蔗亲本桂糖 92-66 的种性特点与利用效果. *江苏农业科学*, 2020, 48(6): 86-91
Wang L W, Deng Y C, Tan F, Tang S Y, Huang H R, Jing Y, Yang R Z. Utilization effect and varietal characteristics of sugarcane parent Guitang92-66. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48(6): 86-91
- [32] Tai P, Shine J M, Glaz B. Registration of 'CP 81-1254' sugarcane. *Crop Science*, 1991, 31(6): 1706
- [33] 邓海华, 李奇伟. CP72-1210 在我国甘蔗育种中的利用. *广东农业科学*, 2007(11): 18-21
Deng H H, Li Q W. Utilization of CP72-1210 in sugarcane breeding program in mainland China. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2007(11): 18-21
- [34] 刘家勇, 赵培方, 杨昆, 夏红明, 吴才文, 陈学宽, 赵俊, 杨洪昌, 管逢刚, 姚丽, 吴转娣, 赵丽萍, 覃伟. 甘蔗新品种云蔗 05-51 的选育. *中国糖料*, 2016, 38(1): 8-10
Liu J Y, Zhao P F, Yang K, Xia H M, Wu C W, Chen X K,

- Zhao J, Yang H C, Zan F G, Yao L, Wu Z D, Zhao L P, Qin W. Breeding of new sugarcane variety, Yunzhe05-51. *Sugar Crops of China*, 2016, 38 (1): 8-10
- [35] 卢李威, 卢文祥, 韦小强, 韦勤丽, 黄育松. 甘蔗新品种桂柳二号选育报告. *甘蔗糖业*, 2014 (6): 7-11
Lu L W, Lu W X, Wei X Q, Wei Q L, Huang Y S. Selection and breeding of new sugarcane variety Guilou 2. *Sugarcane and Cane Sugar*, 2014 (6): 7-11
- [36] 吴文龙, 刘福业, 潘方胤, 杨俊贤, 邓海华, 吴建涛, 陈勇生, 梁启如. 早中熟甘蔗新品种粤糖 03-373 的选育. *广东农业科学*, 2011 (21): 41-43
Wu W L, Liu F Y, Pan F Y, Yang J X, Deng H H, Wu J T, Chen Y S, Liang Q R. Breeding of YT03-373, an early-mid new sugarcane variety. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011 (21): 41-43
- [37] 程堂云, 刘文秀, 产焰坤, 程福如, 路曦结, 易成新. 作物轮回选择方法及其育种应用. *安徽农业科学*, 2004 (1): 148-152, 175
Cheng T Y, Liu W X, Chan Y K, Cheng F R, Lu X J, Yi C X. Crop recurrent selection method and its breeding application. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2004 (1): 148-152, 175
- [38] 桃联安, 经艳芬, 董立华, 周清明, 安汝东, 杨李和, 朱建荣, 郎荣斌. 甘蔗属割手密种云南 82-114 F_1 代灰色关联度综合评价及分类. *南方农业学报*, 2015, 46 (2): 188-193
Tao L A, Jing Y F, Dong L H, Zhou Q M, An R D, Yang L H, Zhu J R, Lang R B. Comprehensive evaluation and classification of generation F_1 derived from *Saccharum spontaneum* Yunnan 82-114 by using gray correlation degree. *Journal of Southern Agriculture*, 2015, 46 (2): 188-193
- [39] 邓海华. 我国本土割手密育成品种的亲缘关系分析. *广东农业科学*, 2012, 39 (8): 167-170
Deng H H. Pedigree analysis of the native *spontaneum*-derived varieties of sugarcane in mainland China. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39 (8): 167-170
- [40] Govindaraj P, Amalraj V A, Mohanraj K, Nair N V. Collection, characterization and phenotypic diversity of *Saccharum spontaneum* L. from arid and semi arid zones of northwestern India. *Sugar Tech*, 2014, 16 (1): 36-43
- [41] 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. 国内外割手密资源农艺性状表型遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2012, 13 (5): 825-829
Huang Z X, Zhou F, Wang Q N, Jin Y F, Fu C, Hu H X, Zhang C M, Chang H L, Ji J Y, Wu Q W, Qi Y W, Liu S M. Genetic diversity assessment of *Saccharum spontaneum* L. native of domestic and overseas with phenotype agronomic traits. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13 (5): 825-829
- [42] 张革民, 杨荣仲, 刘海斌, 方位宽. 割手密主要数量性状的主成分及聚类分析. *西南农业学报*, 2006, 19 (6): 1127-1131
Zhang G M, Yang R Z, Liu H B, Fang W K. Principal component analysis for 7 quantitative traits and cluster analysis based on 7 quantitative traits of *Saccharum spontaneum* L.. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2006, 19 (6): 1127-1131
- [43] 刘家勇, 邓祖湖, 吴才文, 桃联安, 陆鑫, 赵培方, 张跃彬. 甘蔗属野生种割手密的育种利用进展与探讨. *植物遗传资源学报*, 2021, 22 (6): 1491-1497
Liu J Y, Deng Z H, Wu C W, Tao L A, Lu X, Zhao P F, Zhang Y B. Progress and discussion of sugarcane breeding using *Saccharum spontaneum* L.. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22 (6): 1491-1497

附表 1 292 份甘蔗种质材料的名称和来源地

Attached table 1 The name and origin of 292 sugarcane germplasm resources

序号	种质名称	来源地	序号	种质名称	来源地	序号	种质名称	来源地	序号	种质名称	来源地
Number	Name	Origin	Number	Name	Origin	Number	Name	Origin	Number	Name	Origin
1	SP84-1431	巴西	74	CP72-1312	美国	147	Q158	澳大利亚	220	桂柳 07-150	中国广西
2	RB73-9735	巴西	75	CP68-186	美国	148	Q197	澳大利亚	221	粤甘 34	中国广东
3	RB73-2727	巴西	76	CP74-2005	美国	149	Q72	澳大利亚	222	粤糖 00-318	中国广东
4	RB72-454	巴西	77	CP87-1737	美国	150	Q166	澳大利亚	223	粤糖 96-86	中国广东
5	SP84-5560	巴西	78	CP86-1644	美国	151	Q188	澳大利亚	224	粤糖 00-236	中国广东
6	RB83-5089	巴西	79	CP36-111	美国	152	Q174	澳大利亚	225	粤糖 85-177	中国广东
7	RB73-5275	巴西	80	CP72-3709	美国	153	Q192	澳大利亚	226	粤糖 85-633	中国广东
8	SP80-3280	巴西	81	CP86-1944	美国	154	Q171	澳大利亚	227	粤糖 94-128	中国广东
9	RB83-5054	巴西	82	HoCP93-746	美国	155	Q203	澳大利亚	228	粤糖 84-3	中国广东
10	SP70-1143	巴西	83	CP85-1308	美国	156	KQ01-1261	澳大利亚	229	粤糖 79-177	中国广东
11	SP71-6180	巴西	84	CP81-1405	美国	157	KQ01-1390	澳大利亚	230	粤糖 89-240	中国广东
12	RB76-5418	巴西	85	CP86-1664	美国	158	Q90	澳大利亚	231	粤甘 43	中国广东
13	SP70-1284	巴西	86	CP94-1100	美国	159	Q155	澳大利亚	232	粤糖 93-159	中国广东
14	SP80-0185	巴西	87	CP52-43	美国	160	Q49	澳大利亚	233	华南 54-11	中国广东
15	SP81-3250	巴西	88	CP86-1632	美国	161	Q135	澳大利亚	234	华南 56-12	中国广东
16	RB85-5156	巴西	89	CP88-1884	美国	162	Q165	澳大利亚	235	福农 39	中国福建
17	RB75-15	巴西	90	CP70-330	美国	163	Q75	澳大利亚	236	福农 0335	中国福建
18	RB84-5257	巴西	91	HoCP94-806	美国	164	Q200	澳大利亚	237	福农 30	中国福建
19	SP80-1836	巴西	92	CP89-2377	美国	165	Q83	澳大利亚	238	福农 38	中国福建
20	VMC71-238	菲律宾	93	CP78-1628	美国	166	Q117	澳大利亚	239	闽糖 01-77	中国福建
21	VMC95-29	菲律宾	94	CP84-1164	美国	167	Q157	澳大利亚	240	闽糖 92-505	中国福建
22	VMC95-105	菲律宾	95	CP00-2459	美国	168	Q138	澳大利亚	241	闽糖 69-421	中国福建
23	VMC95-36	菲律宾	96	CP44-154	美国	169	Q107	澳大利亚	242	闽糖 70-611	中国福建
24	PHil67-23	菲律宾	97	CP77-1776	美国	170	Co421	印度	243	川糖 79-15	中国四川
25	VMC71-39	菲律宾	98	CP44-101	美国	171	Co285	印度	244	川糖 89-103	中国四川
26	PHil65-53	菲律宾	99	CP72-1210	美国	172	Co281	印度	245	川糖 57-416	中国四川
27	VMC90-239	菲律宾	100	CP63-186	美国	173	Co419	印度	246	赣蔗 02-70	中国江西
28	VMC81-202	菲律宾	101	CP63-306	美国	174	Co1001	印度	247	赣南 00-27	中国江西
29	VMC93-339	菲律宾	102	CP28-10	美国	175	POJ2878	印度尼西亚	248	赣南 82-660	中国江西
30	VMC76-64	菲律宾	103	FR00-213	法国	176	POJ213	印度尼西亚	249	赣蔗 75-65	中国江西
31	PHil72-78	菲律宾	104	FR93-435	法国	177	POJ2836	印度尼西亚	250	赣南 81-871	中国江西
32	VMC87-95	菲律宾	105	FR93-654	法国	178	POJ2364	印度尼西亚	251	赣南 79-216	中国江西
33	PHil72-446	菲律宾	106	FR96-31	法国	179	R570	留尼旺	252	赣南 01-112	中国江西
34	VMC74-527	菲律宾	107	FR98-53	法国	180	F134	中国台湾	253	赣南 00-8	中国江西
35	VMC95-09	菲律宾	108	FR94-336	法国	181	F146	中国台湾	254	赣南 03-223	中国江西
36	VMC95-88	菲律宾	109	FR99-116	法国	182	F170	中国台湾	255	赣蔗 64-137	中国江西
37	VMC88-354	菲律宾	110	FR96-405	法国	183	F171	中国台湾	256	赣蔗 95-108	中国江西
38	PHil63-17	菲律宾	111	FR97-41	法国	184	F172	中国台湾	257	赣蔗 76-567	中国江西
39	VMC96-60	菲律宾	112	FR97-53	法国	185	ROC24	中国台湾	258	赣蔗 66-484	中国江西
40	VMC97-30	菲律宾	113	FR93-816	法国	186	ROC2	中国台湾	259	赣南 89-131	中国江西

41	VMC96-169	菲律宾	114	FR97-127	法国	187	ROC9	中国台湾	260	赣南 91-2	中国江西
42	PHil40-19	菲律宾	115	FR94-345	法国	188	ROC3	中国台湾	261	云蔗 68-154	中国云南
43	CP73-2109	美国	116	FR97-31	法国	189	ROC26	中国台湾	262	云蔗 06-80	中国云南
44	CP82-1529	美国	117	FR93-697	法国	190	ROC1	中国台湾	263	云蔗 89-7	中国云南
45	CP88-1834	美国	118	FR93-910	法国	191	ROC4	中国台湾	264	云蔗 94-375	中国云南
46	CP33-310	美国	119	Q99	澳大利亚	192	ROC11	中国台湾	265	云蔗 71-388	中国云南
47	HoCP96-540	美国	120	Q206	澳大利亚	193	ROC8	中国台湾	266	云蔗 99-91	中国云南
48	CP92-1167	美国	121	Q190	澳大利亚	194	ROC20	中国台湾	267	云蔗 89-151	中国云南
49	CP96-1252	美国	122	Q205	澳大利亚	195	ROC7	中国台湾	268	云蔗 92-19	中国云南
50	CP89-2143	美国	123	Q63	澳大利亚	196	ROC23	中国台湾	269	云蔗 02-2540	中国云南
51	CP29-116	美国	124	Q170	澳大利亚	197	ROC22	中国台湾	270	云蔗 64-24	中国云南
52	CP67-412	美国	125	Q196	澳大利亚	198	ROC16	中国台湾	271	云蔗 71-95	中国云南
53	CP73-1547	美国	126	Q124	澳大利亚	199	ROC25	中国台湾	272	云蔗 89-351	中国云南
54	CP89-1509	美国	127	Q127	澳大利亚	200	PT41-161	中国台湾	273	云蔗 02-2332	中国云南
55	CP96-1602	美国	128	Q202	澳大利亚	201	PT43-52	中国台湾	274	云蔗 91-510	中国云南
56	HoCP02-618	美国	129	Q183	澳大利亚	202	桂糖 69-360	中国广西	275	云蔗 65-225	中国云南
57	CP51-22	美国	130	Q199	澳大利亚	203	桂糖 86-267	中国广西	276	云蔗 09-1601	中国云南
58	CP00-1178	美国	131	KQ01-974	澳大利亚	204	桂糖 60-149	中国广西	277	云蔗 11-1779	中国云南
59	CP88-1546	美国	132	Q179	澳大利亚	205	桂糖 94-119	中国广西	278	云蔗 10-3148	中国云南
60	CP79-318	美国	133	Q70	澳大利亚	206	桂糖 71-5	中国广西	279	云蔗 02-588	中国云南
61	CP94-2059	美国	134	Q120	澳大利亚	207	桂糖 11	中国广西	280	云蔗 06-407	中国云南
62	CP88-1384	美国	135	Q121	澳大利亚	208	桂糖 60-289	中国广西	281	云蔗 09-1028	中国云南
63	CP40-10	美国	136	Q208	澳大利亚	209	桂糖 69-156	中国广西	282	云蔗 05-49	中国云南
64	CP86-1663	美国	137	Q87	澳大利亚	210	桂糖 02-351	中国广西	283	云蔗 08-1095	中国云南
65	CP00-1301	美国	138	Q195	澳大利亚	211	桂糖 97-69	中国广西	284	云蔗 08-2060	中国云南
66	CP36-105	美国	139	Q57	澳大利亚	212	桂糖 84-332	中国广西	285	云蔗 01-1413	中国云南
67	CP99-3027	美国	140	Q96	澳大利亚	213	桂糖 12	中国广西	286	云蔗 10-2198	中国云南
68	CP65-357	美国	141	Q172	澳大利亚	214	桂糖 89-5	中国广西	287	云蔗 05-226	中国云南
69	CP80-1827	美国	142	Q191	澳大利亚	215	桂糖 96-211	中国广西	288	云蔗 08-1609	中国云南
70	CP89-2376	美国	143	Q162	澳大利亚	216	桂糖 02-901	中国广西	289	云蔗 05-51	中国云南
71	CP88-1762	美国	144	Q152	澳大利亚	217	桂柳 05-136	中国广西	290	德蔗 93-88	中国云南
72	CP73-351	美国	145	Q141	澳大利亚	218	桂柳 03-1137	中国广西	291	德蔗 93-102	中国云南
73	CP34-120	美国	146	Q209	澳大利亚	219	桂柳 03-182	中国广西	292	德蔗 03-83	中国云南