

## 6 个粤糖甘蔗亲本及其杂交组合的育种价值评价

曾巧英, 黄俊坚, 杨湛端, 陈勇生, 齐永文, 吴嘉云\*

(广东省甘蔗遗传改良工程技术研究中心, 广东省科学院生物工程研究所, 广州 510316)

**摘要:** 为了解粤糖系列甘蔗(*Saccharum officinarum*)亲本的遗传特点和组合选配效果, 采用家系评价方法, 对以 6 个粤糖系列亲本(‘粤糖 00-236’、‘粤糖 03-373’、‘粤糖 93-159’、‘粤糖 94-128’、‘粤糖 99-66’、‘粤糖 08-1966’)为核心配置的 55 个组合 F<sub>1</sub> 群体的 6 个主要性状的遗传效应、经济育种值等参数进行估算。结果表明, 6 个性状中茎径受母本、父本加性基因效应和非加性基因效应影响, 株高、锤度、含糖量和蔗茎产量受父本加性基因效应和非加性基因效应影响, 而有效茎数受父本加性基因效应影响。6 个亲本中, ‘粤糖 94-128’作为母本的蔗茎产量的一般配合力效应值和经济育种值最高, 适宜做高产的母本, 而‘粤糖 93-159’作为父本的含糖量的一般配合力效应值最高, 经济育种值也较高, 适宜做高糖父本。55 个组合中, ‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’、‘粤糖 00-236’×‘桂糖 94-119’和‘桂糖 02-467’×‘粤糖 93-159’等的特殊配合力效应值和组合经济育种值均较优, 可作为重点生产性家系。这为应用粤糖亲本进行杂交组合配置提供了依据。

**关键词:** 甘蔗; 粤糖亲本; 一般配合力; 特殊配合力; 经济育种值; 育种

doi: 10.11926/jtsb.4271

## Assessment on Breeding Value of Six Yuetang Parents of Sugarcane and Their Cross Combinations

ZENG Qiao-ying, HUANG Jun-jian, YANG Zhan-duan, CHENG Yong-sheng, QI Yong-wen, WU Jia-yun\*

(Guangdong Sugarcane Genetic Improvement Engineering Center, Institute of Bioengineering, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510316, China)

**Abstract:** In order to understand the genetic characteristics and effects of combination selection of Yuetang parents of sugarcane (*Saccharum officinarum*), the genetic effects, economic breeding values of 6 main traits of F<sub>1</sub> population from 55 combinations were estimated by using family test method, which families were combined from 6 Yuetang parents, such as ‘YT00-236’, ‘YT03-373’, ‘YT93-159’, ‘YT94-128’, ‘YT99-66’, and ‘YT08-1966’. The results showed that among six parameters, the stalk diameter was controlled primarily by female and male additive genes effects and non-additive genes effects. The plant height, brix, sugar content and cane yield were mainly controlled by male additive genes effects and non-additive genes effects. The tiller number was controlled just by male additive genes effects. The general combining ability (GCA) of cane yield and economy breeding value (EBV) in ‘YT94-128’ as female were the highest among six varieties, which could be used as high-yield female, while ‘YT93-159’ possessed the highest GCA of sugar content and relatively high EBV as male, which could be used as high-sugar male. Among the 55 combinations, the cross combinations ‘YT94-128’×‘Guitang02-761’, ‘YT00-236’×‘Guitang94-119’ and ‘Guitang02-467’×‘YT93-159’ had better

收稿日期: 2020-06-24

接受日期: 2020-09-21

**基金项目:** 广东省科学院项目(2020GDASYL-20200302005); 国家甘蔗产业技术体系项目(CARS-20-1-4); 甘蔗良种重大科研联合攻关项目; 广东省现代农业产业技术体系创新团队项目(2019KJ 104-04)资助

This work was supported by the Project of Guangdong Academy of Sciences (Grant No. 2020GDASYL-20200302005), the Project of National Technology System of sugarcane Industry (Grant No. CARS201707), the Projects of Major Joint Research on Sugarcane Varieties, and the Project for Innovation Team of Guangdong Modern Agricultural Industrial Technology System (Grant No. 2019KJ 104-04).

作者简介: 曾巧英, 女, 博士, 副研究员, 研究方向为甘蔗品种选育与抗逆遗传机制研究。E-mail: zengqiaoying123@163.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: jiayunng@163.com

special combining ability and EBV than the others, which could be considered as the most important productive families. Therefore, these would provide helpful information for using Yuetang parents in cross combination.

**Key words:** *Saccharum*; Yuetang sugarcane parents; General combining ability; Special combining ability; Economic breeding value; Breeding

杂交育种是甘蔗(*Saccharum officinarum*)遗传改良和培育新品种的重要途径之一,但是由于甘蔗的倍性复杂,染色体数目多(通常 80~140 条),再加上许多数量性状同时受遗传和环境影响,导致甘蔗杂交后代性状存在较大的偶然性<sup>[1]</sup>。在甘蔗杂交育种中,甘蔗亲本和组合的选配直接影响到甘蔗选育到优良品种的效率,亲本间配合力越好,选育到优良品种的概率越大,因此对甘蔗亲本和组合进行合理评价是甘蔗育种的重要研究内容之一<sup>[2-3]</sup>。

近 40 年来,甘蔗育种者采用多种不同的方法进行性状的遗传分析,如采用双列杂交统计模型、不完全双列杂交模型(NC II)等进行亲本的配合力分析和家系的综合评价<sup>[4-6]</sup>。但是由于甘蔗开花习性特殊,品种间开花时间、花粉育性、种子结实率和发芽率等不同,限制了可以组配的杂交组合和实生苗数量,使得甘蔗亲本和杂交组合遗传评价无法大规模进行。近年来,澳大利亚甘蔗试验总局(BSES)采用甘蔗家系选择技术-最佳线性无偏预测<sup>[7-9]</sup>,能对不平衡数据进行分析,使得大规模进行甘蔗亲本的遗传分析和组合评价成为现实,提高了甘蔗杂交育种的准确性和品种选育的效率<sup>[10-13]</sup>。

本研究以 6 个粤糖系列亲本为核心,配置 55 个杂交组合,采用最佳线性无偏预测方法估算亲本和组合在株高、茎径、有效茎数、锤度、蔗糖分和蔗茎产量等 6 个主要性状上的遗传效应和育种值,以期从数量遗传上评判粤糖亲本及其杂交组合的优劣,从中筛选出优良亲本和家系,为甘蔗杂交育种亲本选配提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

以广州甘蔗糖业研究所培育的 6 个甘蔗(*Saccharum officinarum*)优异品种‘粤糖 00-236’、‘粤糖 03-373’、‘粤糖 93-159’、‘粤糖 94-128’、‘粤糖 99-66’和‘粤糖 08-1966’为亲本材料,海南甘蔗育种场根据亲本的开花情况配制 55 个杂交组合。

### 1.2 试验设计

55 个杂交组合的种子于 2018 年 9 月 15 日播种,10 月 10 日送往韶关翁源县试验基地(北缘霜冻蔗区)进行假植,2019 年 3 月 15 日从各组合随机选取 150 株实生苗,完全按随机区组设计种植于翁源试验基地实生苗圃,单行区,每行定植 50 株,行长 16.5 m,株距 0.33 m,行距 1.1 m,3 次重复。田间栽培管理按常规大田管理进行。

### 1.3 测定指标

2019 年 11 月 10-15 日调查实生苗的株高(H, cm)、茎径(D, cm)、有效茎数(N),2019 年 12 月 15-20 日调查实生苗锤度(B, %),2 次调查均在每小区连续抽样 10 丛。每丛选取代表性单株测定株高、茎径和锤度。取代表性蔗茎中部节位的蔗汁测定锤度。单茎重(W, kg)= $0.7854 \times D^2 \times (H-30) \times 1.0/1000$ ;蔗茎产量(Y, t/hm<sup>2</sup>)= $W \times N/666.67 \times 15/1000$ ,其中蔗糖分(S, %)= $B \times 1.0825 - 7.703$ 。

### 1.4 数据分析

亲本和组合的方差分析、一般配合力(general combining ability, GCA)和特殊配合力(special combining ability, SCA)效应和经济育种值采用 R 软件进行分析<sup>[14]</sup>,模型采用混合线性模型,经济育种值分析中的性状经济权重的确定参考邓祖湖等<sup>[15]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 性状的遗传变异分析

55 个组合 F<sub>1</sub> 代的 6 个性状的基本情况见表 1,平均株高 164 cm,茎径 2.57 cm,有效茎 9.732×10<sup>4</sup> 条/hm<sup>2</sup>,锤度 21.4%,蔗糖分 15.45%,蔗茎产量 69.16 t/hm<sup>2</sup>。6 个指标的变异系数不同,以蔗茎产量的最大,达 24.06%,其次是有效茎数,变异系数最小的是锤度,仅为 4.80%。

方差分析表明,6 个性状中,仅茎径在母本间表现出显著的差异,其他性状母本间没有显著差异。不同于母本,6 个性状在父本间均表现出显著

表 1 组合 F<sub>1</sub> 代产量糖分相关的 6 个性状

Table 1 Six characters related sugar content in F<sub>1</sub> of 55 combinations

|          | 株高 (cm)<br>Height | 茎径 (cm)<br>Stem diameter | 有效茎数 (×10 <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )<br>Effective stem number | 锤度 /%<br>Brix | 蔗糖分 /%<br>Sugar content | 蔗茎产量<br>Cane yield (t/hm <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 最大值 Max. | 193.00            | 2.91                     | 126.72                                                             | 24.17         | 18.44                   | 111.00                                  |
| 最小值 Min. | 133.33            | 2.31                     | 62.65                                                              | 19.39         | 13.27                   | 34.78                                   |
| 平均 Mean  | 164.95            | 2.57                     | 97.32                                                              | 21.40         | 15.45                   | 69.16                                   |
| 标准差 SD   | 13.70             | 0.14                     | 15.52                                                              | 1.03          | 1.11                    | 16.64                                   |
| CV /%    | 8.30              | 5.54                     | 15.94                                                              | 4.80          | 7.19                    | 24.06                                   |

表 2 性状的方差分析

Table 2 Variance analysis of 6 characters

| 变异来源<br>Source of variation | 株高<br>Height | 茎径<br>Stem diameter | 有效茎数<br>Effective stem number | 锤度<br>Brix | 蔗糖分<br>Sugar content | 蔗茎产量<br>Cane yield |
|-----------------------------|--------------|---------------------|-------------------------------|------------|----------------------|--------------------|
| 母本 Female                   | 486.67       | 0.06                | 560.55                        | 2.62       | 749.45               | 1 024.95           |
| 误差 Error                    | 353.65       | 0.04                | 597                           | 1.65       | 560.46               | 776.39             |
| F                           | 1.38         | 1.78*               | 0.94                          | 1.59       | 1.34                 | 1.32               |
| 父本 Male                     | 598.53       | 0.08                | 892.67                        | 3.41       | 890.91               | 1 237.09           |
| 误差 Error                    | 319.26       | 0.03                | 527.32                        | 1.4        | 515.41               | 711.44             |
| F                           | 1.87**       | 2.58***             | 1.69*                         | 2.43***    | 1.73*                | 1.74*              |
| 组合 Combination              | 562.89       | 0.06                | 722.39                        | 3.17       | 3.71                 | 1 132.24           |
| 误差 Error                    | 272.43       | 0.03                | 527.89                        | 1.06       | 1.24                 | 642.19             |
| F                           | 2.07***      | 2.12***             | 1.37                          | 2.99***    | 2.99***              | 1.76**             |

的差异。除了有效茎以外, 其他 5 个性状在组合间均表现出显著的差异。可见, 本研究中各性状受父本和组合的影响更为显著。

2.2 蔗糖分和蔗茎产量的配合力分析

粤糖系列母本和父本对蔗糖分和蔗茎产量的一般配合力效应进行分析(表 3)。从蔗糖分来看, ‘粤糖 00-236’、‘粤糖 93-159’和‘粤糖 08-196’作为母本的效应值为正, 易将高糖性状传给后代, 适宜做高糖母本, 而‘粤糖 93-159’作为父本具有正效应, 适宜做高糖父本。从蔗茎产量来看, ‘粤糖 00-236’、‘粤糖 03-373’和‘粤糖 94-128’作为母本和父本的一般配

合力效应值均为正, 适宜做高产亲本, 而‘粤糖 93-159’和‘粤糖 08-196’作物母本和父本的一般配合力效应值为负, 不适宜用于改良甘蔗产量。

分析不同组合对蔗糖分和蔗茎产量的遗传效应, 结果表明, 对蔗糖分特殊配合力效应值最大的组合是‘粤糖 00-236’×‘HoCP03-708’, 最低的是‘粤糖 94-128’×‘粤糖 93-159’; 对蔗茎产量特殊配合力的效应值最大的是‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’, 最低的是‘粤糖 99-66’×‘HoCP01-564’。55 个组合中有 12 个组合对 2 个性状特殊配合力均为正值, 15 个组合为负值, 其中‘崖城 07-65’×‘粤糖 93-159’对 2 个性状的负效应均较大。

表 3 粤糖亲本的蔗糖分和蔗茎产量的一般配合力效应值

Table 3 General combining ability (GCA) effect values of cane yield and sugar content in 6 Yuetang parents as female and male

| 品种<br>Variety | 母本 Female            |                    | 父本 Male              |                    |
|---------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|               | 蔗糖分<br>Sugar content | 蔗茎产量<br>Cane yield | 蔗糖分<br>Sugar content | 蔗茎产量<br>Cane yield |
| ‘粤糖 00-236’   | 1.37E-08             | 0.21               | -0.17                | 7.79E-08           |
| ‘粤糖 03-373’   | -1.27E-09            | 0.70               | -0.31                | 2.06E-07           |
| ‘粤糖 93-159’   | 3.25E-09             | -0.84              | 0.02                 | -9.75E-08          |
| ‘粤糖 94-128’   | -1.30E-08            | 1.94               | -0.08                | 2.09E-08           |
| ‘粤糖 99-66’    | -3.57E-09            | -0.57              | -                    | -                  |
| ‘粤糖 08-196’   | 3.32E-09             | -1.58              | -0.17                | -4.09E-07          |

2.3 经济育种值分析

以 6 个粤糖亲本作为母本, 对其  $F_1$  代 5 个性状的经济育种值进行分析(表 4), 6 个母本的经济育种值为-37.65~44.21 元, 其中 3 个母本的经济育种值为正值, 以‘粤糖 94-128’的最高, 是最理想的母本, 而‘粤糖 08-196’的最低。

以 5 个粤糖亲本作为父本, 其  $F_1$  代 5 个性状的经济育种值为-1 287.06~1 050.33, 经济育种值的变化幅度远高于粤糖母本。‘粤糖 00-236’、‘粤糖 93-159’和‘粤糖 08-196’等作为父本的经济育种值为正

值, 其中‘粤糖 08-196’的最高, 最适合作为父本材料使用, 而‘粤糖 03-373’作为父本的经济育种值最低, 最不适合做父本使用。

对 55 个组合  $F_1$  代 5 个性状的经济育种值进行分析(表 6), 可见, 55 个组合的经济育种值为-431.44~411.59 元, 有 29 个组合的经济育种值为正值, 其中‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’表现最突出, 经济育种值最高(411.59 元); 其次为‘粤糖 00-236’×‘桂糖 94-119’。有 26 个组合的经济育种值为负值, 其中‘崖城 07-65’×‘粤糖 93-159’的经济育种值最低, 为-431.44 元。

表 4 55 个组合蔗糖分和蔗茎产量的特殊配合力效应值

Table 4 Special combining ability (SCA) effect of cane yield and sugar content in 55 crosses

| 组合<br>Combination         | 蔗糖分<br>Sugar content | 蔗茎产量<br>Cane yield | 组合<br>Combination         | 蔗糖分<br>Sugar content | 蔗茎产量<br>Cane yield |
|---------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| ‘粤糖 00-236’×‘HoCP00-1142’ | -0.42                | 3.49               | ‘粤糖 99-66’×‘桂糖 02-901’    | 0.52                 | 6.34               |
| ‘粤糖 00-236’×‘HoCP03-708’  | 1.50                 | -3.99              | ‘粤糖 99-66’×‘桂糖 96-211’    | -0.36                | 8.20               |
| ‘粤糖 00-236’×‘ROC22’       | 0.21                 | 10.04              | ‘粤糖 08-196’×‘CP81-1254’   | -0.19                | 4.13               |
| ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 00-122’   | 0.19                 | -9.50              | ‘粤糖 08-196’×‘CP84-1198’   | 0.31                 | -7.44              |
| ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 92-66’    | 0.14                 | -3.31              | ‘粤糖 08-196’×‘CP94-1100’   | 0.85                 | 2.94               |
| ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 94-119’   | 0.19                 | 15.07              | ‘粤糖 08-196’×‘HoCP03-704’  | -0.07                | -1.22              |
| ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 96-211’   | 0.19                 | 2.72               | ‘粤糖 08-196’×‘HoCP05-902’  | 0.46                 | 1.68               |
| ‘粤糖 00-236’×‘粤糖 08-196’   | 0.23                 | -11.56             | ‘粤糖 08-196’×‘HoCP95-988’  | 0.02                 | 3.19               |
| ‘粤糖 03-373’×‘柳城 05-136’   | -0.21                | 9.84               | ‘粤糖 08-196’×‘ROC22’       | 0.30                 | -4.89              |
| ‘粤糖 93-159’×‘HoCP00-1142’ | -0.53                | -4.24              | ‘粤糖 08-196’×‘福农 02-6427’  | 0.08                 | -4.28              |
| ‘粤糖 93-159’×‘ROC10’       | 1.06                 | -7.52              | ‘粤糖 08-196’×‘崖城 05-164’   | -0.69                | -7.86              |
| ‘粤糖 94-128’×‘CP84-1198’   | 1.12                 | -5.42              | ‘粤糖 08-196’×‘崖城 07-71’    | -0.28                | -3.91              |
| ‘粤糖 94-128’×‘HoCP01-517’  | 0.84                 | 5.73               | ‘粤糖 08-196’×‘粤糖 00-236’   | -0.25                | -4.44              |
| ‘粤糖 94-128’×‘HoCP01-564’  | -0.61                | 3.46               | ‘CP72-1210’×‘粤糖 08-196’   | -0.24                | -6.71              |
| ‘粤糖 94-128’×‘HoCP03-704’  | -0.69                | 3.48               | ‘CP81-1254’×‘粤糖 03-373’   | -0.25                | 2.68               |
| ‘粤糖 94-128’×‘HoCP03-708’  | 0.54                 | -9.66              | ‘CP84-1198’×‘粤糖 94-128’   | -0.32                | 1.00               |
| ‘粤糖 94-128’×‘HoCP05-902’  | 0.14                 | 0.83               | ‘HoCP00-1142’×‘粤糖 93-159’ | -0.50                | -7.08              |
| ‘粤糖 94-128’×‘ROC22’       | -0.21                | 10.90              | ‘HoCP01-564’×‘粤糖 93-159’  | -0.40                | -2.24              |
| ‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’   | -0.15                | 17.31              | ‘ROC22’×‘粤糖 93-159’       | 0.98                 | 4.49               |
| ‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-901’   | 0.42                 | -3.07              | ‘德蔗 93-88’×‘粤糖 03-373’    | -0.08                | 5.92               |
| ‘粤糖 94-128’×‘柳城 05-291’   | -0.33                | -0.42              | ‘桂糖 02-467’×‘粤糖 93-159’   | 1.14                 | 5.94               |
| ‘粤糖 94-128’×‘崖城 07-71’    | -0.98                | 6.13               | ‘桂糖 02-761’×‘粤糖 93-159’   | 0.96                 | -2.74              |
| ‘粤糖 94-128’×‘粤糖 00-319’   | 0.12                 | -6.54              | ‘桂糖 03-8’×‘粤糖 00-236’     | -0.40                | 8.18               |
| ‘粤糖 94-128’×‘粤糖 03-373’   | -0.96                | -5.79              | ‘柳城 05-136’×‘粤糖 03-373’   | 0.10                 | 7.08               |
| ‘粤糖 94-128’×‘粤糖 93-159’   | -1.36                | 10.24              | ‘柳城 06-241’×‘粤糖 93-159’   | 0.28                 | -1.31              |
| ‘粤糖 99-66’×‘CP84-1198’    | -0.65                | -5.31              | ‘崖城 05-164’×‘粤糖 08-196’   | -0.65                | -1.37              |
| ‘粤糖 99-66’×‘HoCP01-564’   | -0.06                | -14.56             | ‘崖城 07-65’×‘粤糖 93-159’    | -1.03                | -11.98             |
| ‘粤糖 99-66’×‘HoCP07-613’   | -0.03                | -2.68              |                           |                      |                    |

表 5 粤糖亲本作为母本和父本的经济育种值

Table 5 Economic breeding values of 5 parameters in Yuetang parents as female and male

| 品种<br>Variety | 母本<br>Female | 父本<br>Male | 品种<br>Variety | 母本<br>Female | 父本<br>Male |
|---------------|--------------|------------|---------------|--------------|------------|
| ‘粤糖 00-236’   | 6.23         | 309.94     | ‘粤糖 94-128’   | 44.21        | -579.36    |
| ‘粤糖 03-373’   | 18.25        | -1 287.06  | ‘粤糖 99-66’    | -15.23       | -          |
| ‘粤糖 93-159’   | -19.78       | 269.72     | ‘粤糖 08-196’   | -37.65       | 1 050.33   |

表 6 55 个组合的经济育种值(EBV)

Table 6 Economic breeding values (EBV) of 55 combinations

| 组合 Combination           | EBV    | 组合 Combination            | EBV    | 组合 Combination            | EBV     |
|--------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|---------|
| ‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’  | 411.59 | ‘粤糖 94-128’×‘HoCP05-902’  | 64.23  | ‘粤糖 94-128’×‘HoCP03-708’  | -97.98  |
| ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 94-119’  | 396.99 | ‘粤糖 94-128’×‘CP84-1198’   | 61.55  | ‘粤糖 08-196’×‘福农 02-6427’  | -104.31 |
| ‘桂糖 02-467’×‘粤糖 93-159’  | 311.99 | ‘粤糖 08-196’×‘HoCP95-988’  | 60.21  | ‘HoCP01-564’×‘粤糖 93-159’  | -107.10 |
| ‘粤糖 94-128’×‘HoCP01-517’ | 289.59 | ‘粤糖 08-196’×‘CP81-1254’   | 58.83  | ‘粤糖 94-128’×‘粤糖 00-319’   | -113.50 |
| ‘粤糖 00-236’×‘ROC22’      | 281.27 | ‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-901’   | 26.97  | ‘粤糖 08-196’×‘CP84-1198’   | -131.54 |
| ‘粤糖 94-128’×‘ROC22’      | 255.97 | ‘粤糖 00-236’×‘HoCP00-1142’ | 10.51  | ‘崖城 05-164’×‘粤糖 08-196’   | -142.02 |
| ‘ROC22’×‘粤糖 93-159’      | 250.04 | ‘CP81-1254’×‘粤糖 03-373’   | 6.25   | ‘粤糖 08-196’×‘崖城 07-71’    | -174.30 |
| ‘粤糖 99-66’×‘桂糖 02-901’   | 240.02 | ‘柳城 06-241’×‘粤糖 93-159’   | 6.15   | ‘粤糖 08-196’×‘粤糖 00-236’   | -175.80 |
| ‘粤糖 03-373’×‘柳城 05-136’  | 219.62 | ‘粤糖 94-128’×‘崖城 07-71’    | 5.33   | ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 00-122’   | -192.67 |
| ‘粤糖 08-196’×‘CP94-1100’  | 185.49 | ‘粤糖 94-128’×‘HoCP01-564’  | 1.68   | ‘粤糖 93-159’×‘HoCP00-1142’ | -208.30 |
| ‘柳城 05-136’×‘粤糖 03-373’  | 162.30 | ‘粤糖 93-159’×‘ROC10’       | -9.96  | ‘粤糖 99-66’×‘CP84-1198’    | -213.19 |
| ‘粤糖 00-236’×‘HoCP03-708’ | 157.00 | ‘粤糖 94-128’×‘HoCP03-704’  | -19.97 | ‘CP72-1210’×‘粤糖 08-196’   | -214.96 |
| ‘粤糖 99-66’×‘桂糖 96-211’   | 134.58 | ‘CP84-1198’×‘粤糖 94-128’   | -23.49 | ‘HoCP00-1142’×‘粤糖 93-159’ | -250.64 |
| ‘桂糖 03-8’×‘粤糖 00-236’    | 131.71 | ‘粤糖 94-128’×‘柳城 05-291’   | -40.91 | ‘粤糖 00-236’×‘粤糖 08-196’   | -256.08 |
| ‘德蔗 93-88’×‘粤糖 03-373’   | 107.87 | ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 92-66’    | -53.86 | ‘粤糖 94-128’×‘粤糖 03-373’   | -273.96 |
| ‘粤糖 00-236’×‘桂糖 96-211’  | 95.37  | ‘粤糖 08-196’×‘HoCP03-704’  | -73.93 | ‘粤糖 08-196’×‘崖城 05-164’   | -318.62 |
| ‘粤糖 08-196’×‘HoCP05-902’ | 88.73  | ‘粤糖 08-196’×‘ROC22’       | -77.48 | ‘粤糖 99-66’×‘HoCP01-564’   | -377.03 |
| ‘粤糖 94-128’×‘粤糖 93-159’  | 77.55  | ‘粤糖 99-66’×‘HoCP07-613’   | -84.44 | ‘崖城 07-65’×‘粤糖 93-159’    | -431.44 |
| ‘桂糖 02-761’×‘粤糖 93-159’  | 68.09  |                           |        |                           |         |

3 结论和讨论

自从我国引进了澳大利亚家系选择技术，在各育种单位得到了广泛的发展与应用<sup>[3,7,16]</sup>。一般家系评价采用了在新植蔗对家系的表现进行评价，然后在第一年宿根蔗进行家系内选择，这种家系与家系内选择相结合的方法比传统的甘蔗单株选择更为有效，特别是对于遗传力较低的性状<sup>[10]</sup>。但是由于宿根蔗的甘蔗极易倒伏，单株选择效果较差，因此我国大多数育种单位实行在新植蔗进行实生苗家系评价和筛选。然而传统的甘蔗实生苗春播春植的方法，新植实生苗生长周期较正常蔗短，直接影响到家系评价和筛选的准确性。本次研究中采用秋播春植的方式进行实生苗的播种种植，不同于春播春植，这种方法延长了甘蔗实生苗的生长期，其生长的时间接近一个正常的生长周期，采用这种种植方式对新植甘蔗进行亲本、组合的评价和选择相对较为准确。

粤糖系列甘蔗品种是广东省科学院生物工程研究所培育的亲本，在我国育种中发挥重要的作用，其中一些粤糖系列亲本也是当前中国主栽甘蔗品种，例如‘粤糖 93-159’、‘粤糖 94-128’、‘粤糖 00-236’等品种，在全国的推广面积都居于我国自育品种的前列<sup>[17]</sup>。本次对 6 个粤糖系列亲本进行遗传分

析显示‘粤糖 93-159’亲本对糖分的一般配合力效应值较高，是优异的高糖亲本，而‘粤糖 00-236’、‘粤糖 03-737’和‘粤糖 94-128’对蔗茎产量的一般配合力效应值较高，是优异的高产亲本。合理利用这些优异的甘蔗品种作为亲本进行甘蔗的品种改良，将有利于获得产量、糖分、适应性更为优异的甘蔗品种。

甘蔗选育种的最终目标是选育对原料甘蔗生产及其加工的整个产业经济效益最优的品种。因此在亲本评价中仅以产量和糖分作为标准进行评判，无法反映品种的改良为蔗农和糖厂带来的经济效益<sup>[18]</sup>。在家系选择技术体系中采用了经济育种值，利用性状遗传效应和经济权重构建的选择指数对亲本和组合进行评估，将性状遗传与经济效应有机结合<sup>[10,19]</sup>，能更合理的评价甘蔗亲本及其组合。近年来，我国育种家借鉴这种方法，成功地对一些常用甘蔗亲本及杂交组合进行了分析评价，为科学选配甘蔗杂交组合提供依据<sup>[6,19-22]</sup>。本次对粤糖系列亲本和组合经济育种值的分析可见，无论是以‘粤糖 00-236’做父本还是母本的经济育种值均为正值，可见‘粤糖 00-236’无论做母本还是父本都较适宜。一些优异的组合，如‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’经济育种值最高，同时对蔗茎产量的特殊配合力效应值也最高，‘粤糖 00-236’×‘桂糖 94-119’经济育种值较高，蔗茎产量的特殊配合力效应值较高，同时蔗糖

分的特殊配合力效应值也为正;‘桂糖 02-467’×‘粤糖 93-159’经济育种值较好,蔗糖分和蔗茎产量的特殊配合力效应值均为正。这些组合可以作为重点组合考虑,加大选择的力度。这些结果为利用粤糖系列亲本进行品种选育提供了一定的参考依据。

综上所述,本研究从方差分析和亲本的经济育种值分析中均可见,6 个粤糖亲本作为母本对后代的影响差异不大,但是作为父本则存在显著的差异,因此在选择粤糖系列亲本做父本时需要考虑亲本的遗传效应。6 个品种当中,‘粤糖 94-128’最适宜作为高产的母本,‘粤糖 93-159’适宜作为高糖的父本,而‘粤糖 00-236’作为高产高糖的父本和母本均较适宜。另外,‘粤糖 94-128’×‘桂糖 02-761’、‘粤糖 00-236’×‘桂糖 94-119’、‘桂糖 02-467’×‘粤糖 93-159’等特殊配合力效应值和组合经济育种值均较优的组合,可作为今后选育种的重点家系。

## 参考文献

- [1] XU L N, DENG Z H, ZHANG H, et al. Combining ability analysis of main economic traits in sexual generation stage of sugarcane [J]. *Sugarcane*, 2002, 9(1): 1–5. doi: 10.3969/j.issn.1673-0925.2002.01.001.  
徐良年, 邓祖湖, 张华, 等. 甘蔗有性世代主要经济性状的配合力分析 [J]. *甘蔗*, 2002, 9(1): 1–5. doi: 10.3969/j.issn.1673-0925.2002.01.001.
- [2] LIU Y, WANG N X, LIU C P, et al. Parent selection of sugarcane cross breeding [J]. *Sugarcane*, 2004, 11(4): 48–51. doi: 10.3969/j.issn.1673-0925.2004.04.010.  
刘毅, 王南秀, 刘春平, 等. 甘蔗有性杂交育种亲本选配 [J]. *甘蔗*, 2004, 11(4): 48–51. doi: 10.3969/j.issn.1673-0925.2004.04.010.
- [3] AN R D, ZHOU Q M, YU H X, et al. Analysis of economic breeding value on innovated parents of sugarcane in Yunnan [J]. *J Hunan Agric Univ (Nat Sci)*, 2015, 41(2): 113–118. doi: 10.13331/j.cnki.jhau.2015.02.001.  
安汝东, 周清明, 俞华先, 等. 9 个云南甘蔗创新亲本作为父本的经济育种值分析 [J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2015, 41(2): 113–118. doi: 10.13331/j.cnki.jhau.2015.02.001.
- [4] CHEN R K, LIN Y Q, XUE Q Q, et al. Application of combining ability analysis to sugarcane breeding [J]. *J Fujian Agric Univ*, 1995, 24(1): 1–8. doi: 10.13323/j.cnki.j.fafu(nat.sci).1995.01.001.  
陈如凯, 林彦铨, 薛其清, 等. 配合力分析在甘蔗育种上的应用 [J]. *福建农业大学学报*, 1995, 24(1): 1–8. doi: 10.13323/j.cnki.j.fafu(nat.sci).1995.01.001.
- [5] XU L N, DENG Z H, CHEN R K, et al. Analysis on heritability and combining ability of CL parents of sugarcane [J]. *J Plant Gent Res*, 2006, 7(4): 445–449. doi: 10.3969/j.issn.1672-1810.2006.04.014.  
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. doi: 10.3969/j.issn.1672-1810.2006.04.014.
- [6] WANG J N, CHEN R K, XUE Q Q, et al. The breeding potential of the smut resistance of sugarcane strains as revealed by combining ability analysis [J]. *J Plant Prot*, 1996, 23(3): 241–246. doi: 10.13802/j.cnki.zwbhxb.1996.03.010.  
王建南, 陈如凯, 薛其清, 等. 从配合力分析探讨甘蔗家系抗黑穗病的育种潜力 [J]. *植物保护学报*, 1996, 23(3): 241–246. doi: 10.13802/j.cnki.zwbhxb.1996.03.010.
- [7] WU C W. The technique of sugarcane family selection of BSES in Australia [J]. *Sugar Canes*, 2007(1): 6–9. doi: 10.3969/j.issn.1005-9695.2007.01.002.  
吴才文. 澳大利亚甘蔗家系选择技术简介 [J]. *甘蔗糖业*, 2007(1): 6–9. doi: 10.3969/j.issn.1005-9695.2007.01.002.
- [8] MBUMA N W, ZHOU M, VAN DER MERWE R. Evaluating parents for cane yield in sugarcane breeding using best linear unbiased prediction analysis of progeny data derived from family plots [J]. *S Afr J Plant Soil*, 2019, 36(1): 21–28. doi: 10.1080/02571862.2018.1465136.
- [9] ZHOU M. Family Evaluation for Sugarcane Yield using data estimated from stalk number, height, and diameter [J]. *J Crop Improv*, 2014, 28(3): 406–417. doi: 10.1080/15427528.2014.906528.
- [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 Technol*, 2011, 13(1): 36–41. doi: 10.1007/s12355-011-0073-5.
- [11] YU X H, JING Y F, AN R D, et al. Heritability and combining ability analysis of partial productive parents and cross combinations of sugarcane [J]. *SW China J Agric Sci*, 2019, 32(2): 246–252. doi: 10.16213/j.cnki.scjas.2019.2.004.  
俞华先, 经艳芬, 安汝东, 等. 部分甘蔗生产性亲本及杂交组合的遗传力和配合力分析 [J]. *西南农业学报*, 2019, 32(2): 246–252. doi: 10.16213/j.cnki.scjas.2019.2.004.
- [12] JING Y F, BIAN X, TAO L A, et al. Breeding potential analysis of Yunrui 10 series sugarcane parents and their crossing combinations [J]. *J S Agric*, 2019, 50(1): 16–24. doi: 10.3969/j.issn.2095-1191.2019.01.03.  
经艳芬, 边芯, 桃联安, 等. 云瑞 10 系列甘蔗亲本及其组合的杂交育种潜力分析 [J]. *南方农业学报*, 2019, 50(1): 16–24. doi: 10.3969/j.issn.2095-1191.2019.01.03.

- [13] WANG Q N, LIU S M, FU C, et al. Analysis on economic breeding values of usual sugarcane parents and their crosses [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2013, 21(2): 155–160. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2013.02.009.
- 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. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2013.02.009.
- [14] WU C W, ZHAO P F, XIA H M, et al. Modern cross breeding and selection techniques in sugarcane [M]. Beijing: Science Press, 2014.
- 吴才文, 赵培方, 夏红明, 等. 现代甘蔗杂交育种及选择技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [15] DENG Z H, XU L N, WEI X M, et al. Application studies of economic genetic value in sugarcane breeding: I. Economic genetic value and the evaluation of economic weigh [J]. *Sugar Crops China*, 2011(1): 39–43. doi: 10.3969/j.issn.1007-2624.2011.01.014.
- 邓祖湖, 徐良年, 韦先明, 等. 经济遗传值在甘蔗选育种的应用研究 I. 经济遗传值及性状经济权重的确定 [J]. *中国糖料*, 2011(1): 39–43. doi: 10.3969/j.issn.1007-2624.2011.01.014.
- [16] QIN W, WU C W, YANG K, et al. Breeding potential evaluation on ratooning ability of sugarcane progeny from ROC varieties [J]. *Sugar Crops China*, 2015, 37(1): 5–7, 10. doi: 10.13570/j.cnki.scc.2015.01.002.
- 覃伟, 吴才文, 杨昆, 等. 用新台糖甘蔗品种作亲本培育强宿根后代的潜力评价 [J]. *中国糖料*, 2015, 37(1): 5–7, 10. doi: 10.13570/j.cnki.scc.2015.01.002.
- [17] HUANG Y, LU Y L, CHEN D W, et al. Preliminary report on the production performance of five main cultivated and popularized varieties of YT Series [J]. *Sugar Canes*, 2012(5): 26–29. doi: 10.3969/j.issn.1005-9695.2012.05.004.
- 黄莹, 卢颖林, 陈迪文, 等. 粤糖系列主栽及主推品种生产性能试验初报 [J]. *甘蔗糖业*, 2012(5): 26–29. doi: 10.3969/j.issn.1005-9695.2012.05.004.
- [18] YANG K, ZHAO P F, ZHAO J, et al. Genetic variation of main economic traits and combined selection in sugarcane families [J]. *Chin J Trop Crops*, 2016, 37(2): 213–219. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2016.02.001.
- 杨昆, 赵培方, 赵俊, 等. 甘蔗家系经济性状遗传变异分析及综合选择 [J]. *热带作物学报*, 2016, 37(2): 213–219. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2016.02.001.
- [19] XU L N, DENG Z H, LIN Y Q, et al. Series studies on economic genetic value in sugarcane: (III) Parent economic breeding value and family economic genetic value analysis of sugarcane [J]. *Sugar Crops China*, 2013(1): 5–8. doi: 10.3969/j.issn.1007-2624.2013.01.002.
- 徐良年, 邓祖湖, 林彦铨, 等. 经济遗传值在甘蔗选育种应用研究系列: (三)甘蔗亲本经济育种值 and 家系经济遗传值分析 [J]. *中国糖料*, 2013(1): 5–8. doi: 10.3969/j.issn.1007-2624.2013.01.002.
- [20] YAO L, QIN W, ZHAO P F, et al. Analysis on breeding potential of series of CP parents and their cross combinations in sugarcane [J]. *J Hunan Agric Univ (Nat Sci)*, 2017, 43(6): 590–596. doi: 10.13331/j.cnki.jhau.2017.06.003.
- 姚丽, 覃伟, 赵培方, 等. CP 系列甘蔗亲本及杂交组合育种潜力分析 [J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2017, 43(6): 590–596. doi: 10.13331/j.cnki.jhau.2017.06.003.
- [21] MA W Q, GUO Q, QIN C X, et al. Estimations of heritabilities and breeding values for the main agronomic traits in sugarcane [J]. *Mol Plant Breed*, 2019, 17(4): 1333–1345. doi: 10.13271/j.mpb.017.001333.
- 马文清, 郭强, 秦昌鲜, 等. 甘蔗主要农艺性状的遗传力和育种值估计 [J]. *分子植物育种*, 2019, 17(4): 1333–1345. doi: 10.13271/j.mpb.017.001333.
- [22] WANG Q N, XIE J, ZHANG C M, et al. Analysis on breeding values of sugarcane with consanguinity of *E. arundinaceus* and their crosses [J]. *Chin J Trop Crops*, 2017, 38(7): 1274–1279. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2017.07.015.
- 王勤南, 谢静, 张垂明, 等. 含斑茅血缘甘蔗亲本及组合经济育种值评价 [J]. *热带作物学报*, 2017, 38(7): 1274–1279. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2017.07.015.