

甘蔗常用亲本及杂交组合经济育种值分析

王勤南, 刘少谋*, 符成, 张垂明, 周峰

(广州甘蔗糖业研究所海南甘蔗育种场, 海南 三亚 572025)

摘要: 为评价我国甘蔗亲本的遗传特点和组合的选配效果, 采用澳大利亚家系评价试验法, 借助 R 软件对 35 个家系 F_1 群体的株高、茎径、有效茎、蔗茎产量、蔗糖分等 5 个主要数量性状进行经济育种值(EBV)分析。结果表明: 24 个母本中, ROC22、粤糖 92-1287、内江 03-218、ROC25、HoCP92-648 等 5 个可作为生产性母本。18 个父本中, 崖城 84-153、ROC22 和粤糖 00-319 等 3 个亲本可作为生产性父本。ROC22 × 崖城 84-153、粤糖 92-1287 × 粤糖 00-319、内江 03-218 × ROC22、ROC22 × 粤糖 93-159、ROC25 × 粤糖 93-159、桂糖 00-122 × ROC22、崖城 97-46 × ROC22 和 HoCP92-648 × ROC26 等 8 个家系可作为生产性家系, 该批组合有可能选育出高经济效益的新品种。建议对这些亲本和组合加大力度使用。

关键词: 甘蔗; 实生苗; 家系评价; 经济权重; 经济育种值

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2013.02.009

Analysis on Economic Breeding Values of Usual Sugarcane Parents and Their Crosses

WANG Qin-nan, LIU Shao-mou*, FU Cheng, ZHANG Chui-ming, ZHOU Feng

(Hainan Sugarcane Breeding Station, Guangzhou Sugarcane Industry Research Institute, Sanya 572025, China)

Abstract: In order to evaluate the genetic character of sugarcane parents and the matching effect of cross combination, the economic breeding values of F_1 groups from 35 families were analysis by means of R Software and Australian family test, including plant height, diameter, number of stalk, cane yield and sugar content. The results showed that among 24 female parents, ROC22, Yuetang 92-1287, Neijiang 03-218, ROC25, HoCP 92-648 were fit for productive females. Among 18 male parents, Yacheng 84-153, ROC22, Yuetang 00-319 were fit for productive males. The eight families, such as ROC22 × Yacheng 84-153, Yuetang 92-1287 × Yuetang 00-319, Neijiang 00-318 × ROC22, ROC22 × Yuetang 93-159, ROC25 × Yuetang 93-159, Guitang 00-122 × ROC22, Yacheng 97-46 × ROC22, and HoCP92-648 × ROC26, could be used as productive families, they might be breed new varieties with great economic benefit. So, it is suggested that these parents and families should be extent and used vigorously.

Key words: Sugarcane; Seedling; Family evaluation; Economic weigh; Economic breeding value

现代甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)育种中, 亲本评价和组合选配是甘蔗育种者在品种改良工作中面临的首要问题。一直以来, 国内甘蔗育种机构均采用配合力分析从甘蔗主要经济性状对亲本和

家系进行评价^[1-8]。经济遗传值从甘蔗品种性状改良权衡出发, 兼顾工农各方效益, 促使工农效益一致, 作为评价甘蔗品种对产业贡献的一个参数, 是目前国际上动植物育种最广泛的一种先进遗传评

收稿日期: 2012-06-05

接受日期: 2012-09-04

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-20-1-6); 崖城系列亲本评价与利用研究项目(2010B060200019); 优质甘蔗种质鉴评与开发利用的数字化管理研究项目(2011B060500052)资助

作者简介: 王勤南(1983~), 男, 农艺师, 研究方向为甘蔗遗传育种。E-mail: wangqinnan88@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liushaomou@yahoo.com.cn

价方法。经济育种值估算是在育种值的基础上,结合各性状的经济权重发展起来的,而育种值估算是数量遗传学和育种学的核心内容之一^[9-10]。利用我国甘蔗亲本杂交,分析亲本及组合经济育种值^[11-12],为合理利用亲本及组合的选配提供科学依据,为甘蔗无性系选择提供数量化的参数,提高甘蔗选育种效率,对我国甘蔗育种具有重要的参考意义。澳大利亚甘蔗最主要机构 BSES 以经济育种值为依据用于评价甘蔗亲本、组合和品系,已选育和推广应用于 Q208、Q220、Q226 等一系列产量、品质、抗性协调,工农皆欢迎的品种^[13-16]。目前,国内对甘蔗亲本及组合采用经济育种值的分析还处于从国外引进试用阶段^[11-12,17]。通过对我国甘蔗重要亲本进行系统评价,有助于解决我国甘蔗亲本及组合选配主要凭经验,缺乏充分的科学依据,盲目性大的问题。本文以 35 个家系的 F₁ 代分离群体为供试材料,借鉴澳大利亚家系试验法,借助 R 软件^[18]及相关程序^[19],通过对株高、茎径、有效茎数、蔗茎产量、蔗糖分等 5 个主要数量性状进行经济育种值(EBV)分析,为合理利用甘蔗亲本及组合选配提供科学依据,为无性系选择提供数量化的参数、为加速甘蔗亲本更新、亲本创制和新品种选育进程提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 供试材料

参试甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)亲本有 42 个,其中引进亲本 8 个,国内亲本 34 个。共配制杂交组合 35 个,作母本 24 个,作父本 18 个,同时作母本和父本 7 个。

1.2 组合选配及杂交

2009-2010 年杂交季节,根据 42 个亲本的花期情况在海南甘蔗育种场对所配制的 35 个杂交组合进行杂交。操作规程如下:亲本形态在孕穗期小笔管至大笔管阶段进行高压包茎,待高压包茎出根且形态正处于要开花(未杨花)时砍下甘蔗,移至室内杂交温室进行严格套袋,套袋后置于杂交温室单元格中,单元格上下左右均用布罩住。杂交期间,杂交温室温度控制在 25℃~28℃,湿度控制在 80%~100%,经过 7~14 d(视花期而定)花期结束后,移至杂交成熟区进行培养直至花穗成熟。2010

年 3 月,35 个组合皆成功获得杂交种子。

1.3 试验设计

2010 年 3 月 13 日播种,4 月 20 日假植,6 月 11 日从各组合随机选取 60 株实生苗,按随机完全区组设计定值于广州甘蔗糖业研究所海南甘蔗育种场创新圃里,单行区,每行定值 20 株,行长 4.0 m,株距 0.2 m,行距 1.3 m,3 次重复。田间栽培管理按常规。

1.4 方法

2010 年 12 月 27 日,分别从各小区内选取连续的 10 丛,并测量株高、茎径、锤度,并估算每公顷的有效茎数,单茎重(g) = (0.7854 × 茎径² × 株高 × 1.0 g cm⁻³)/1000,蔗茎产量(t hm⁻²) = 单茎重 × 有效茎数 × 10⁻⁶,蔗糖分(%) = 平均锤度 × 1.0825 - 7.703。

1.5 数据统计分析

混合线性模型 BLUP 最佳线性无偏预测(BLUP)^[20-22]是目前国际上在动植物育种中应用最广泛的一种先进的遗传评价方法,不仅能对不完全双列杂交遗传设计进行分析,还能对不平衡数据进行分析。混合线性模型 BLUP 效应是由固定效应和随机效应组成的,是将观察值表示为对有影响的各遗传与环境因子之和。其模型矩阵表示为 $Y = Xb + Zu + e$,其中 Y 是观察值向量, b 是固定效应向量, X 是 b 的结构矩阵, u 是随机效应向量, Z 是 u 的结构矩阵, e 是随机残差向量。

经济育种值 经济育种值是一线性函数,其模型为 $EBV = \sum B_i W_i$,其中, EBV 为经济育种值, B_i 为性状 i 的育种值, W_i 为性状 i 的经济权重。

性状经济权重的确定 经济权重表示某个性状的改良单位值对生产单位产品能给整个产业产生的效益^[10]。本文性状经济权重的确定(表 1)参考邓祖湖等^[11]的方法。

2 结果和分析

2.1 母本经济育种值

对母本 5 个主要性状以货币的形式体现出来称为母本经济育种值,它反映母本的育种经济效益。从表 2 可知:24 个母本 5 个性状的经济育种

值为-205.95~225.70 RMB,有 11 个母本的经济育种值为正值。24 个母本中, ROC22 是最理想的母本,其经济育种值最高(225.70 RMB);其次为粤糖 92-1287、内江 03-218、ROC25 和 HOCP92-648 等 4 个母本,其经济育种值为 100~150 RMB;再次为崖城 97-46、崖城 91-58 等 6 个母本,其经济育种值为 20~100 RMB;CP70-1133、崖城 73-226 等 13 个母本的经济育种值最低,为-210~-10 RMB。

2.2 父本经济育种值

对父本 5 个主要性状以货币的形式体现出来称为父本经济育种值,它反映父本的育种经济效益。从表 3 可知:18 个父本 5 个性状的经济育种值为-23.54~30.23 RMB,有 8 个父本的经济育种值为正值。18 个父本中,崖城 84-153 是最理想的父本,其经济育种值最高(30.23 RMB);其次为 ROC22、粤糖 00-319 等 7 个父本,为 1~24 RMB;

桂糖 ROC25、福农 93-3406 等 10 个父本经济育种值最低,为-24~-1 RMB。

2.3 家系经济遗传值

对组合 5 个主要性状以货币的形式体现出来称为家系经济育种值,它反映家系的育种经济效益。从表 4 可知:35 个家系 5 个性状的经济育种值为-259.79~341.96 RMB,有 15 个家系的经济育种值为正值。35 个家系中, ROC22 × 崖城 84-153 表现最突出,其经济育种值最高(341.96 RMB);其次为粤糖 92-1287 × 粤糖 00-319 和内江 03-218 × ROC22 等 7 个家系,为 110~190 RMB;再次是 ROC22 × 福农 93-3046、崖城 91-58 × 粤糖 93-159 等 7 个家系,为 16~98 RMB;桂糖 92-66 × ROC22、粤糖 93-124 × 粤糖 00-318 等 20 个家系的经济育种值最低,为-260~-1 RMB。

表 1 实生苗阶段 6 个性状的经济权重

Table 1 Economic weights of 6 characters

状况 Status	株高 Plant height (cm)	茎径 Stalk diameter (mm)	有效茎数 Number of stalk per hm ²	蔗茎产量 Cane yield (t hm ⁻²)	甘蔗蔗糖分 Sucrose (%)	甘蔗纤维分 Fibre (%)
产量进入估算 Include yield	-0.8	29.24	-160	23.47	278.4	21.12
产量不进入估算 None-include yield	7.2	159.8	373.3	-	278.4	21.12

表 2 24 个母本 5 个性状的经济育种值

Table 2 Economic breeding value (EBV) of 5 characters in 24 females

序号 No.	母本 Female	经济育种值 EBV (RMB)	序号 No.	母本 Female	经济育种值 EBV (RMB)
1	ROC22	225.70	13	CP 72-1210	-17.98
2	粤糖 92-1287	149.72	14	农林 8	-21.60
3	内江 03-218	129.15	15	福农 91-4710	-32.36
4	ROC25	111.69	16	云蔗 94-343	-37.74
5	HoCP 92-648	100.49	17	崖城 97-47	-65.97
6	崖城 97-46	91.46	18	粤糖 99-66	-76.80
7	崖城 91-58	74.01	19	粤糖 93-159	-87.87
8	福农 94-0403	74.00	20	粤糖 93-124	-94.02
9	桂糖 00-122	31.47	21	ROC26	-111.46
10	崖城 82-96	21.48	22	ROC24	-121.00
11	粤糖 01-127	16.57	23	崖城 73-226	-142.15
12	桂糖 92-66	-10.83	24	CP 70-1133	-205.95

表 3 18 个父本 5 个性状经济育种值

Table 3 Economic breeding value (EBV) of 5 characters in 18 males

序号 No.	父本 Male	经济育种值 EBV (RMB)	序号 No.	父本 Male	经济育种值 EBV (RMB)
1	崖城 84-153	30.23	10	ROC26	-4.40
2	ROC22	23.05	11	粤糖 93-159	-5.25
3	粤糖 00-319	14.65	12	粤糖 99-66	-5.73
4	粤糖 00-318	8.40	13	福农 93-3046	-6.78
5	HoCP 95-988	6.71	14	崖城 97-47	-7.02
6	崖城 98-27	5.82	15	桂糖 00-122	-10.89
7	粤糖 91-976	5.17	16	崖城 98-11	-13.22
8	桂糖 00-245	1.61	17	桂糖 92-66	-17.62
9	ROC25	-1.21	18	崖城 98-2	-23.54

表 4 35 个家系 5 个性状的经济育种值

Table 4 Economic breeding value of 5 characters in 35 families

序号 No.	家系 Family	经济育种值 EBV (RMB)	序号 No.	家系 Family	经济育种值 EBV (RMB)
1	ROC22 × 崖城 84-153	341.96	19	农林 8 × ROC22	-15.13
2	粤糖 92-1287 × 粤糖 00-319	189.87	20	桂糖 00-122 × 粤糖 99-66	-21.65
3	内江 03-218 × ROC22	170.04	21	粤糖 93-159 × 崖城 98-27	-21.72
4	ROC22 × 粤糖 93-159	130.38	22	福农 91-4710 × ROC22	-28.35
5	ROC25 × 粤糖 93-159	130.37	23	云蔗 94-343 × ROC22	-34.96
6	桂糖 00-122 × ROC22	123.74	24	CP 72-1210 × 崖城 97-47	-61.40
7	崖城 97-46 × ROC22	123.72	25	粤糖 93-159 × ROC25	-68.01
8	HoCP 92-648 × ROC26	117.13	26	桂糖 00-122 × 崖城 98-2	-68.03
9	ROC22 × 福农 93-3046	97.28	27	崖城 97-47 × 粤糖 93-159	-87.86
10	崖城 91-58 × 粤糖 93-159	84.08	28	崖城 73-226 × 粤糖 93-159	-114.31
11	福农 94-0403 × 粤糖 93-159	84.07	29	粤糖 99-66 × ROC26	-140.75
12	桂糖 00-122 × 粤糖 91-976	51.04	30	粤糖 93-159 × 崖城 98-11	-147.35
13	崖城 82-96 × ROC22	37.81	31	ROC26 × 桂糖 00-122	-147.36
14	CP 72-1210 × ROC22	31.18	32	崖城 73-226 × ROC22	-147.37
15	粤糖 01-127 × 桂糖 00-245	17.94	33	ROC24 × 崖城 98-2	-167.24
16	桂糖 92-66 × ROC22	-1.90	34	粤糖 93-124 × 桂糖 92-66	-180.43
17	粤糖 93-124 × 粤糖 00-318	-8.48	35	CP 70-1133 × 粤糖 93-159	-259.79
18	粤糖 99-66 × HoCP 95-988	-8.52			

3 结论和讨论

通过对亲本的经济育种值进行分析,初步筛选出一批高经济育种值的亲本,利用该批亲本选育出高经济效益新品种的机率较大。ROC22、粤糖 92-1287、内江 03-218、ROC25、HOCP92-648 等 5 个可作为生产性母本,应加大力度使用;崖城

97-46、崖城 91-58、福农 94-0403、桂糖 00-122 和崖城 82-96 等 5 个亲本,建议作母本继续杂交观察;CP 70-1133、崖城 73-226 等 13 个亲本,作为母本的经济育种值均为负值,建议少用。崖城 84-153、ROC22 和粤糖 00-319 3 个亲本可作为生产性父本,应加大力度使用;粤糖 00-318、HoCP 95-988、崖城 98-27、粤糖 91-976 和桂糖 00-245 等 5 个亲本,建

议作父本继续杂交观察;ROC25、ROC26等10个亲本,作为父本的经济育种值均为负值,建议少用。

通过对家系经济育种值分析,初步筛选出一批高经济育种值的家系,使用该批家系易选育出高经济效益的新品种。ROC22 × 崖城 84-153、粤糖 92-1287 × 粤糖 00-319、内江 03-218 × ROC22、ROC22 × 粤糖 93-159、ROC25 × 粤糖 93-159、桂糖 00-122 × ROC22、崖城 97-46 × ROC22 和 HoCP 92-648 × ROC26 等8个家系可作为生产性家系,应加大力度使用;ROC22 × 福农 93-3046、崖城 91-58 × 粤糖 93-159、福农 94-0403 × 粤糖 93-159、桂糖 00-122 × 粤糖 91-976、崖城 82-96 × ROC22、CP72-1210 × ROC22 和 粤糖 01-127 × 桂糖 00-245 等7个家系,建议继续杂交观察;桂糖 92-66 × ROC22、粤糖 93-124 × 粤糖 00-318 等20个家系的经济育种值均为负值,建议在家系选择时淘汰或降低入选株数。

本研究表明,崖城 84-153 和 ROC22 可作为重点亲本加以利用。崖城 84-153 含热带种 62.5% 和割手密 37.5% 血缘,是广州甘蔗糖业研究所海南甘蔗育种场利用当地(崖城)野生蔗与 Badila 等甘蔗热带种进行远缘杂交,创制含新的血缘亲本,已被成功用作常用杂交亲本。在18个父本中,崖城 84-153 的经济育种值最高,以其为父本选育出新品种桂糖 94-116 并通过国家审定。在24个母本中,ROC22 的经济育种值最高,以其为父本选育出的新品种柳城 03-182、桂糖 39 号已通过广西农作物品种审定。

在澳大利亚工农间采用分糖制,甘蔗生产采用机械化,品种选育中考虑的性状少,主要考察的性状为产量性状(TCH)、品质性状产糖率(CCS)和大宗副产品纤维分(Fbr),再按一定的权重与性状的遗传值,采用指数方法计算经济育种值。国内大多采用的是手工操作,除以上性状外,其他性状在生产过程中对产业效益影响很大,有关经济育种值估算体系有待进一步研究。

参考文献

- [1] Chen R K, Lin Y Q, Zhang M Q, et al. Theory and Practice in Modern Sugarcane Breeding [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 57-58.
陈如凯, 林彦铨, 张木清, 等. 现代甘蔗育种的理论与实践 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 57-58.
- [2] Luo J, Zhou H, Zhang M Q, et al. Genetic analysis of main economic and photosynthetic traits in energy sugarcane [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2004, 10(3): 268-273.
罗俊, 周会, 张木清, 等. 能源甘蔗主要经济和光合性状的遗传分析 [J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(3): 268-273.
- [3] Deng Z H, Xu L N, Chen R K, et al. Combining ability analysis of photosynthetic rate and economic traits of seedling sugarcane at nursery stage [J]. Chin J Trop Crops, 2006, 27(1): 33-38.
邓祖湖, 徐良年, 陈如凯, 等. 甘蔗实生苗净光合速率与经济性状配合力分析 [J]. 热带作物学报, 2006, 27(1): 33-38.
- [4] 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 Genet Res, 2006, 7(4): 445-449.
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.
- [5] 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.
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.
- [6] Xu L N, Luo J, Chen R K, et al. Analysis of heritability and combing ability of main chlorophyll fluorescence characters in sugarcane hybrid populations [J]. Chin J Trop Crops, 2007, 28(1): 34-39.
徐良年, 罗俊, 陈如凯, 等. 甘蔗杂交后代主要荧光性状的遗传力及配合力分析 [J]. 热带作物学报, 2007, 28(1): 34-39.
- [7] Deng Z H, Lin Y Q, Chen R K, et al. Combining ability analysis of seedlings and ratooning characters of sugarcane [J]. J Fujian Agri Univ (Nat Sci), 2000, 29(3): 286-291.
邓祖湖, 林彦铨, 陈如凯, 等. 甘蔗实生苗及其宿根性状配合力分析 [J]. 福建农业大学学报: 自然科学版, 2000, 29(3): 286-291.
- [8] Peng S G. Sugarcane Breeding [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 1-392.
彭绍光. 甘蔗育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1990: 1-392.
- [9] Cheng S L, Yang B H, Sun X P, et al. BLUP method in sheep breeding research [J]. Sichuan Anim Vet Sci, 2007, 34(6): 33-34.
程胜利, 杨博辉, 孙晓萍, 等. BLUP法在肉羊育种中的应用研究 [J]. 四川畜牧兽医, 2007, 34(6): 33-34.
- [10] Cheng S L, Yao J, Liang Q N, et al. Present situation and development of BLUP method [J]. China Herbiv, 2005, 25(3): 55-56.
程胜利, 姚军, 梁春年, 等. BLUP方法的发展及现状 [J]. 中国草食动物, 2005, 25(3): 55-56.
- [11] 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.
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.
- [12] Wu C W. The technique of sugarcane family selection of BSES in Australia [J]. *Sugar Cane*, 2007(1): 6–9.
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.
- [13] Wei X M, Borralho N M G. Objectives and selection criteria for pulp production of *Eucalyptus urophylla* plantations in southeast China [J]. *For Genet*, 1999, 6(3): 181–190.
- [14] Hogarth D M, Allsopp P G. *Manual of Cane Growing* [M]// Brisbane, Australia: Bureau of Sugar Experiment Station., 2000: 91–111.
- [15] Kimbeng C A, McRae T A, Cox M. *Optimising Early Generation Selection in Sugarcane Breeding* [M]. Sydney: Australian Society of Sugar Cane Technologists, 2001: 488–493.
- [16] Wei X M, Jackson P, Steinger J, et al. Relative Economic Genetic Value: An Improved Selection Index to Replace Net Merit Grade in the Australian Sugarcane Variety Improvement Program [M]. Sydney: Australian Society of Sugar Cane Technologists, 2008: 174–181.
- [17] Wang L W, He H, Tan Y M, et al. Report on cane & sugar science and technology in Australia [J]. *Sugar Crops China*, 2009(2): 75–80.
王伦旺, 何红, 谭裕模, 等. 赴澳大利亚甘蔗糖业科技学习考察报告 [J]. *中国糖料*, 2009(2): 75–80.
- [18] R-2.11.0 for Windows (32 bit build) [EB/OL]. [2010–04–22] <http://cran.r-project.org/bin/windows/base/>
- [19] Index of CRAN/bin/windows/contrib/2.11 [EB/OL]. [2010–5–22] <http://mirrors.fe.up.pt/CRAN/bin/windows/contrib/2.11/>
- [20] Zhang Q Y, Kong F L, Yang F X. Models and methods for estimating variety means in regional crop trials: Comparisons of arithmetic mean, weighted least squares estimates and BLUPs [J]. *Acta Agron Sin*, 2003, 29(6): 884–891.
张群远, 孔繁玲, 杨付新. 作物品种区域试验中品种均值估计的模型和方法: 算术平均值、权最小二乘估值和BUJP的比较 III [J]. *作物学报*, 2003, 29(6): 884–891.
- [21] Xue Y. *Statistical Modeling and R Software* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 1–651.
薛毅. *统计建模与R软件* [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 1–651.
- [22] Wang B H. *Statistical Analysis Software R Language Tutorial* [M]. Beijing: China Educational and Cultural Press, 2007: 1–216.
王斌会. *R语言统计分析软件教程* [M]. 北京: 中国教育文化出版社, 2007: 1–216.