

57NG208 与南涧果蔗正反交后代的遗传变异分析

朱建荣^{1,2}, 边芯^{1,2}, 郎荣斌^{1,2}, 俞华仙^{1,2}, 冯蔚^{1,2}, 桃联安^{1,2},
董立华^{1,2}, 安汝东^{1,2}, 经艳芬^{1,2*}

(1.云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽育种站, 云南 瑞丽 678600 2.云南甘蔗遗传育种重点实验室, 云南 开远 661600)

摘要:通过对甘蔗大茎野生种 57NG208 和南涧果蔗正交、反交后代 132 个真杂种后代的聚类分析及其株高、茎径、丛有效茎数、锤度和单茎重的分析, 研究其后代群体的遗传变异。结果表明: 1) 57NG208 与南涧果蔗正交组合 66 个后代的 Jaccard 遗传相似性系数为 0.227 ~ 0.955, 平均为 0.618; 反交组合的为 0.206 ~ 0.941, 平均为 0.593。2) 正交、反交后代的变异系数中, 丛有效茎数的变异系数最大(大于 50%), 其次为单茎重的变异系数(大于 33%), 说明丛有效茎数和单茎重的离散度较大; 茎径的变异系数为 14% ~ 16%; 锤度和株高的变异系数均在 11% 以下, 说明株高和锤度的离散度最小。3) 正交、反交后代的遗传传递力中, 遗传传递力大于 100% 的有丛有效茎数和锤度, 株高和茎径的约为 80%, 单茎重的小于 70%。4) 正交、反交后代的性状表现超过双亲的有锤度和丛有效茎数; 除丛有效茎数外, 正交组合的株高、茎径、丛有效茎数和锤度 4 个性状的平均值均高于反交组合。

关键词: 甘蔗; 大茎野生种; 南涧果蔗; 正反交; 遗传变异; 相似性系数

中图分类号: S566.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2015)02-0119-06

Heredity and variation analysis on hybrid generation from reciprocal crosses between *Saccharum robustum* of 57NG208 and fruit sugarcane of Nanjian

Zhu Jianrong^{1,2}, Bian Xin^{1,2}, Lang Rongbin^{1,2}, Yu Huaxian^{1,2}, Feng Wei^{1,2}, Tao Lianan^{1,2},

Dong Lihua^{1,2}, An Rongdong^{1,2}, Jing Yanfen^{1,2*}

(1. Ruili Breeding Station Sugar Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Ruili, Yunnan 678600, China; 2. Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, Yunnan 661600, China)

Abstract: A total of 132 true hybrids from reciprocal cross between *Saccharum. robustum* 57NG208 and fruit sugarcane of Nanjian were used to study the genetic variation of their descendants by means of SSR markers and parameters of plant height (PH), stalk diameter (SD), millable stalks per stool (MSS), Brix and single stalk weight (SSW). The result indicated that the genetic similarity (GS) among 66 hybrids descendants directly crossed from 57NG208 and Nanjian ranged from 0.227 to 0.955, with average of 0.618, while, the back cross ranged from 0.206 to 0.995, with average of 0.593; the coefficient of variance (CV) from MSS was the highest (over 50%), followed by SSW (over 33%), the next was SD (14% - 16%), and the lowest was Brix and PH (below 11%); the genetic transmitting ability from MSS and Brix were over 100%, followed by PH and SD which were about 80%, it was lowest of SSW which was below 70% for; Two traits Brix and MSS for hybrids descendants were higher than those of parents, and the values of 4 traits like PH, SD, Brix and SSW which were from descendants crossed by 57NG208 and Nanjian and were higher than those of back cross generation.

Keywords: sugarcane; *Saccharum robustum*; reciprocal crosses; heredity and variation; genetic coefficient

现代甘蔗品种作为高度杂合异源多倍体作物,至少含3~5个种的血缘^[1],基本上是POJ和Co系列品种的近亲杂交后代^[2],品种间遗传基础相近。中国自育甘蔗品种的细胞质源非常有限,仅来自斑扎马新黑谭(Bandjarmasin Hitan)、黑车里本(Black Cheribon)、拔地拉(Badila)、克林斯他琳娜(Crystalina)和卡路打不廷(Kaludai Boothan),且以前2个种为主^[3]。用于拓宽甘蔗遗传基础的野生种有斑茅^[4]、滇蔗茅^[5-7]、蔗茅^[8]、细茎野生种^[9]、大茎野生种^[10]等。大茎野生种的长势旺盛,茎硬抗风,抗虫,宿根性好,低糖,高纤维。国内外甘蔗育种机构利用大茎野生种育成的优良品种(系)有美国夏威夷H37-1933,中国台湾PT43-52、F146、F152、ROC22、昆士兰32MQ,美国运河点育种场CP36-138,中国广州粤糖79-177^[11]等。关于细胞质对作物性状^[12]、抗病^[13-17]、抗虫^[18]、抗倒性^[19]及抗旱性^[20]等方面的研究已有报道。细胞质遗传与细胞核遗传不同,主要表现为母系遗传,其抗性不分离,遗传连续性和稳定性比较高^[21],因此,将甘蔗野生种作为细胞质来源可以增强甘蔗的抗性和适应性。

关于大茎野生种创新种质主要性状遗传变异的研究较少。本研究中利用大茎野生种57NG208和中国种南涧果蔗进行杂交,获得正交、反交 F_1 后代群体,通过SSR分子标记对后代进行真实性鉴定,选取132个真实性后代进行聚类分析,并对其重要农艺性状的遗传变异进行研究,探讨2个原种分别做母本对后代的影响及其后代相关性状的遗传变异情况,以期为中国种、大茎野生种的细胞质利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽育种站保育的大茎野生种57NG208(以下简称 P_1)和中国种南涧果蔗(以下简称 P_2)为亲本进行杂交($P_1 \times P_2$ 为正交, $P_2 \times P_1$ 为反交)。于2012年杂交季节获得2个群体的后代材料,于2012年3月10日进行杂交花穗种子播种,4月20日假植,2012年5月29日定植于大田。大田随机区组排列。每个组合随机选取9株,3次重复。每重复种植1行,行长6.5 m,行距1.1 m,其管理与大田一致,2013年1月26日调查

农艺性状。

1.2 叶片基因组DNA的提取与SSR分析

以+1叶片为样本,叶片基因组DNA提取参照文献[22]中的方法。SSR引物选用文献[23]中多态性好的MSSCIR21、MSSCIR26、MSSCIR36和SMC336BS等共4对引物。反应体系、PCR扩增条件的确定参照文献[24]中的方法。扩增产物经95℃变性后,在5%的变性聚丙烯酰胺凝胶上进行电泳分离,凝胶染色采用文献[25]中的快速银染法。

1.3 数据分析

分子数据采用人工读带的方式,每对SSR引物检测1个位点,在相同迁移位置上,有带记为1,无带记为0,每条带相当1个等位基因,建立0-1矩阵。采用软件NTSYSpc 2.1计算出Jaccard遗传相似性系数(GS)^[26],并根据相似性系数进行UPGMA聚类分析,构建聚类图。相关计算公式如下:

变异系数(CV)=标准差/后代平均值;

遗传传递力(Ta)=后代平均值/亲中值;

优势率(H)=(后代平均值 - 亲中值)/亲中值^[27]。

2 结果与分析

2.1 群体的相似性系数

根据SSR分子标记鉴定结果,从每个组合随机筛选真杂种66个,利用Jaccard相似性系数分析2个群体后代之间的亲缘关系,结果表明,正交组合66个后代间的相似性系数为0.227~0.955,平均为0.618;反交组合66个后代间的相似性系数为0.206~0.941,平均为0.593。可见,正交、反交 F_1 群体间的相似性系数无论是其范围还是平均值均存在一定的差异。

根据Jaccard遗传相似性系数对正交组合后代及其亲本作UPGMA聚类图(图1)。由图1可见,在相似性系数为0.578处, P_1 和 P_2 明显被分开;在相似性系数0.655处, P_1 所在的组又分为5个小组,包括只有5个后代的A1和有7个后代的A2和A5,及后代最多的A4和后代较多的A3(A4和A3分别含有19和17个后代); P_2 所在的组分为B1和B2共2个小组,分别包含有7个和6个后代。结果表明,66个后代中有54个跟母本聚类在一起,表现出母性效应,即细胞质效应明显。

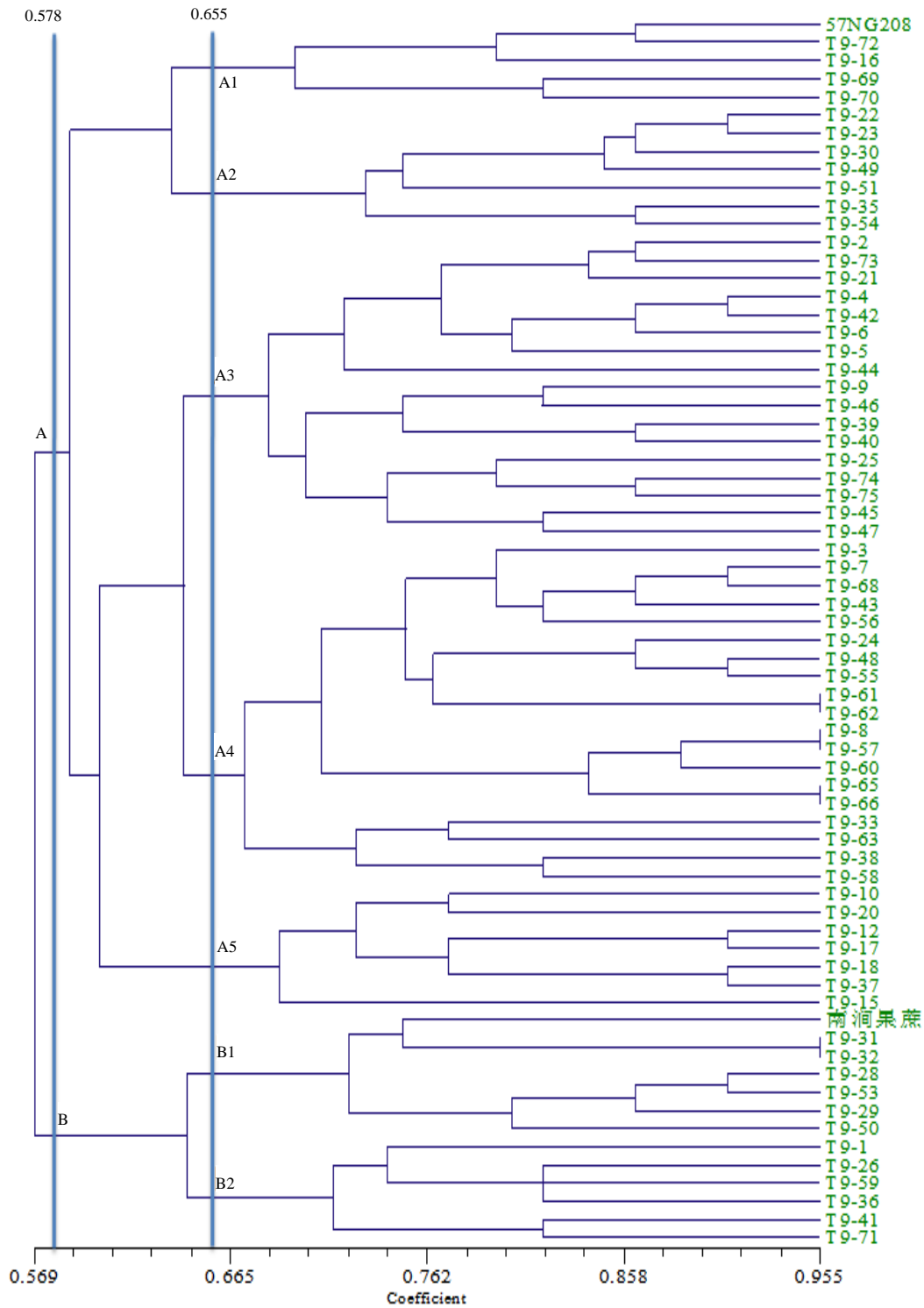


图 1 根据遗传相似性系数构建的正交组合 UPGMA 聚类图

Fig. 1 UPGMA dendrogram of orthogonal combination according to their genetic coefficient

由图 2 可见，在相似性系数 0.497 处，双亲及 66 个后代被分为 2 组， P_2 为独立一组，其余聚在一类；在相似性系数 0.599 处，亲本 P_1 所在的组可分为 6 小组，其中包含有 28 个后代的 B3(B3 含有的

后代最多)；在相似系数 0.941 处，编号为 2、4、15、37 后代的表现非常相似，彼此聚类在一起。B1 和 B4 组均含有后代 14 个；B5、B2 和 B6 含有的后代数分别为 6、3、2 个。

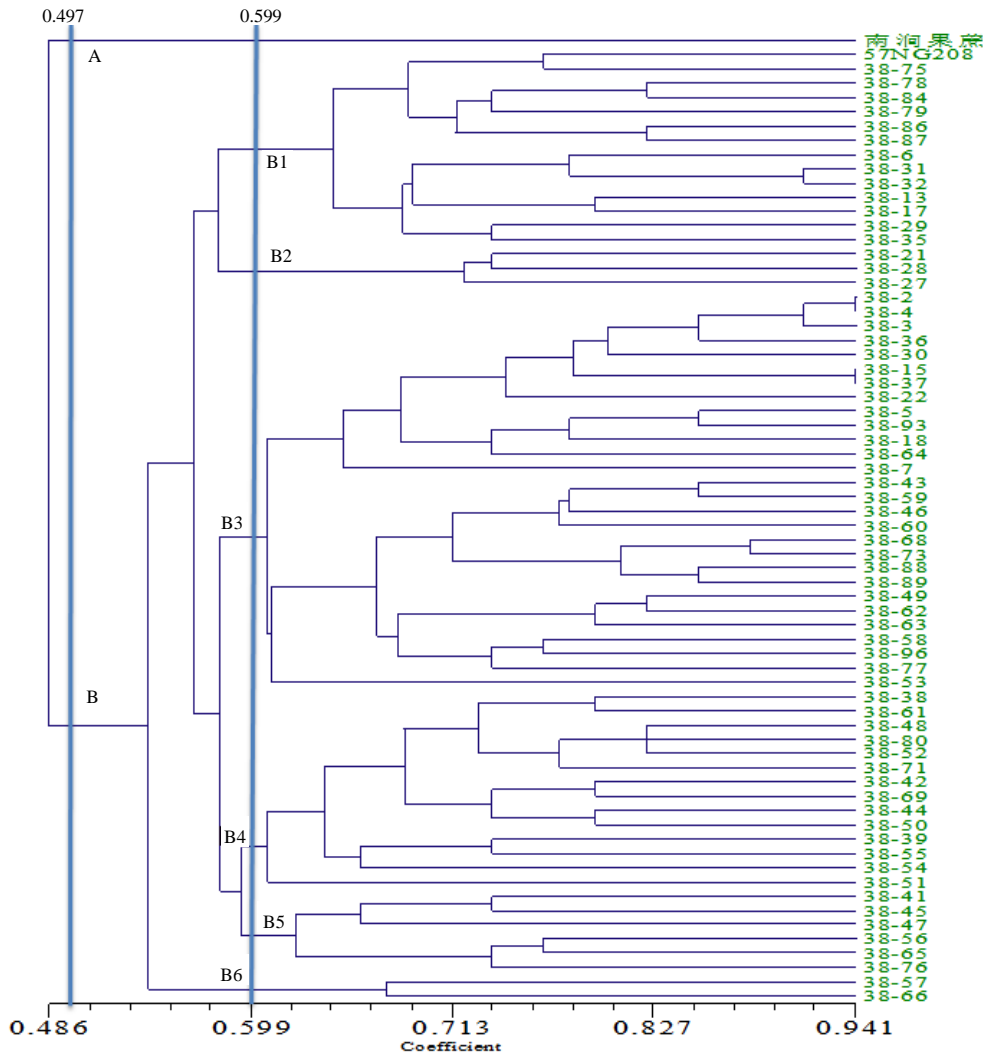


图 2 根据遗传相似性系数构建的反交组合 UPGMA 聚类图
 Fig.2 UPGMA dendrogram of reciprocal combination according to their genetic coefficient

2.2 正反交后代株高的遗传变异

甘蔗有性世代的生长期一般是 5—6 月开始，12 月至翌年 1 月结束，生长时间为半年，因此，有性世代的株高只能反映其生长趋势。株高与倒伏具有一定的正相关性，在其他条件一定的情况下，植株越高，甘蔗倒伏的可能性越大。本试验结果表明，株高为受多基因控制的数量性状遗传(表 1，图 3、

图 4)。2 个群体后代的遗传传递力分别为 82.45%和 81.30%，平均株高都低于亲中值(233 cm)，也低于低亲植(198 cm)。正交组合后代低于低亲的比率达 62.12%，介于双亲间的比率为 37.88%，反交组合后代相应值分别为 67.67%和 32.33%。2 组合没有出现超高亲后代，平均优势率为 - 18.13%，这是利用大茎野生种改良甘蔗品种抗倒伏性状的遗传基础。

表 1 正反交后代株高、茎径、丛有效茎数、锤度和单茎重及其变异系数

材料	株高/cm	株高变异系数/%	茎径/cm	茎径变异系数/%	锤度/%	锤度变异系数/%	丛有效茎数/条	丛有效茎数变异系数/%	单茎质量/kg	单茎质量变异系数/%
P ₁	198		1.88		12.4		5		0.329	
P ₂	268		2.82		18		2		0.985	
P ₁ ×P ₂	192.1±18.81	9.79	1.89±0.27	14.12	19.8±1.42	7.20	4.92±2.53	51.41	0.456±0.15	33.08
P ₂ ×P ₁	189.4±19.07	10.07	1.74±0.27	15.49	16.8±1.81	10.76	5.05±2.62	51.85	0.398±0.15	38.63

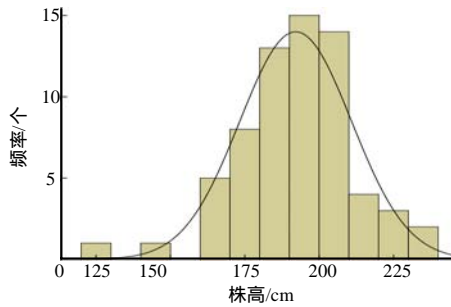


图 3 57NG208×南涧果蔗后代株高的频率分布

Fig.3 Frequency distribution of height on progenies of 57NG208 × fruit sugarcane of Nanjian

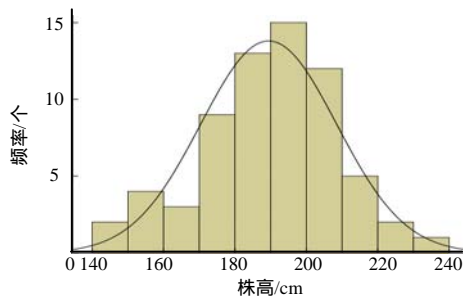


图 4 南涧果蔗×57NG208 后代株高的频率分布

Fig.4 Frequency distribution of height on progenies of fruit sugarcane of Nanjian× 57NG208

2.3 正反交后代农艺性状均为数量遗传

试验结果表明,正、反交组合后代株高为受多基因控制的数量性状遗传(图 3 和图 4)。正、反交组合株高分离极值分别为 126~233 cm 和 140~234 cm,正、反交后代株高变异系数分别为 9.79% 和 10.07%,说明株高的离散程度不大。茎径、丛有效茎、单茎重和锤度的分布频率与株高分布频率相似,均为正态分布,表现为数量性状遗传(茎径、丛有效茎、单茎重和锤度的频率分布图略)。

2.4 正反交后代茎径的遗传变异

正、反交后代群体茎径的平均值(1.82 cm)均小于亲中值(2.35 cm),变异系数不大,分别为 14.12% 和 15.49%,遗传传递力分别为 80.30% 和 74.21%。正交组合后代介于双亲间的比率(48.48%)与低于低亲的比率(51.52%)相近,而反交组合的相应值分别为 33.33% 和 66.67%,两者的比值接近 1/2。2 组合的超高亲值均为 0;正交、反交组合后代分离极值分别为 1.33~2.43 cm 和 1.00~2.42 cm,极值差分别为 1.10 和 1.42,组合间茎径相差不大。

2.5 正反交后代锤度的遗传变异

正交、反交组合的平均锤度(18.3%)均高于亲中值(15.2%),正交组合的平均锤度甚至高于高亲值。正交、反交组合的遗传传递力都超过了 100%,分别为 130.09% 和 110.50%,优势率分别为 30.09% 和

10.50%,这说明锤度的遗传主要是受基因间的加性效应控制,受非加性效应的影响较小。正交、反交组合的变异系数不大,分别为 7.2% 和 10.76%,说明锤度性状的离散度小,在分离群体中表现出相对的稳定性,受环境的影响较小。

正交后代锤度的超高亲比率(86.36%)较高,介于双亲间的比率为 13.64%,而反交组合相应的值分别为 24.24% 和 75.76%,2 组合低于低亲的比率均为零,说明正交组合宜将高锤度遗传给后代。正交组合锤度的分离极值为 16.3%~23.0%,反交组合的为 13.3%~21.5%,极值差分别为 6.7 和 8.2,正交组合中出现高锤度(达 23%)的单株有 2 株。

2.6 正反交后代丛有效茎数的遗传变异

正交、反交后代在丛有效茎数上有超高的遗传传递力,分别为 140.69% 和 144.16%,优势率分别为 40.69% 和 44.16%,说明丛有效茎数受基因加性效应影响明显。正交、反交组合的变异系数较大,均大于 50%,分别为 51.41% 和 51.85%,这说明 2 个群体后代的分离度比较大,选择后代丛有效茎数突出个体的机会也较大。2 个组合后代的表现介于双亲间的较多,均超过了 1/2,正交组合的略高;正交组合的超高亲比率为 34.84%,反交组合的超高亲比率为 37.88%,高于正交组合;正、反交组合低于低亲的比率分别为 4.55% 和 6.06%。

2.7 正反交后代单茎重的遗传变异

由表 1 中可见,正交、反交群体的平均单茎重为 0.427 kg,均小于亲中值 0.657 kg,但高于低亲值 0.329 kg;正交、反交群体的遗传传递力分别为 69.43% 和 60.60%,均超过 60%;变异系数分别为 33.08% 和 38.63%,反交群体的变异系数比正交群体的大。正交群体的分离极值为 0.185~0.915 cm,反交群体的为 0.145~0.905 cm,极值差分别为 0.730 和 0.760。单茎重超双亲的均为零,主要是介于双亲间的较多,正交介于双亲间的比率(81.82%)与低于低亲比率(18.18%)的比值接近 4/1,而反交群体两者的比值接近 2/1(65.15%~34.85%),说明正交组合倾向于偏重遗传,反交组合倾向于偏轻遗传。

3 结论与讨论

以 57NG208 与南涧果蔗正反交群体中的 132 个真实性后代为研究材料,正交、反交 F₁ 群体间相似性系数无论是范围还是平均值均存在一定差异。2 个群体的 UPGMA 聚类图显示,2 个亲本均被分在不同组,正交组合中,与母本 57NG208 聚在一起的后代有 54 个;反交组合中,母本南涧果蔗单独聚为一类,66 个后代均与父本 57NG208 聚在一

起。无论是遗传距离,还是与母本聚在一起的后代数量,均存在明显差异,同时遗传相似系数和田间农艺性状亦表现出明显不同,这说明不同母本作为细胞质源对后代的确存在一定的影响。

本试验中农艺性状株高、茎径、锤度、丛有效茎数和单茎重均呈连续分布,属于数量性状遗传,易受环境影响。正交组合有 2 株单株表现高糖,反交组合一个后代有 16 条丛有效茎。2 个组合变异系数排在前三的依次是丛有效茎数、单茎重和茎径,株高和锤度的变异系数最低,正交组合株高和锤度的变异系数均低于 10%,而反交组合这 2 个性状的变异系数略高于 10%。这与前人研究结果一致^[28-29]。除了丛有效茎数外,正交组合单茎重、茎径、株高和锤度的平均值均高于反交组合的平均值。

目前生产上所用甘蔗的亲缘关系相近,遗传基础狭窄。本试验中创制新的细胞质源均是在真实性鉴定基础上进行分析研究的,农艺性状调查仅是新植表现,调查过程中并未发现倒伏现象,而且后期观察叶片的持绿程度明显好于同期其他甘蔗材料。宿根的相关性状有待继续跟踪调查。

参考文献:

- [1] Arceneau G. Cultivated sugarcane of the world and their botanical derivation[J]. Proc Int Soc Sugar Cane Techno, 1965, 12: 844-854.
- [2] Sreenivasan T V, Ahhowwalia B S, Heinz D J. Sugarcane Improvement Through Breeding[M]. New York: Elsevier Press, 1987: 211-254.
- [3] 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): 613-619.
- [4] 邓海华, 符成, 李奇伟, 等. 斑茅 F₁ 杂交可育亲本选择及其回交后代鉴定和主要经济性状[J]. 热带作物学报, 2004, 25(4): 97-101.
- [5] 陆鑫, 毛钧, 刘洪博, 等. 甘蔗野生种滇蔗茅种质创新利用研究 I. 甘蔗与滇蔗茅远缘杂交 F₁ 群体构建与 SSR 分子标记鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 321-324.
- [6] 陆鑫, 刘新龙, 毛钧, 等. 甘蔗野生种滇蔗茅种质创新利用研究 III. 滇蔗茅杂种 F₁ 群体的表型变异与遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 749-753.
- [7] 陆鑫, 苏火生, 林秀琴, 等. 甘蔗野生种滇蔗茅种质创新利用研究 II. 滇蔗茅杂种 F₁ 群体重要农艺性状的遗传分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2012, 38(2): 121-124.
- [8] 娄红波, 王先宏, 何丽莲, 等. 8 份蔗茅与甘蔗杂种 F₁ 材料的 ISSR 多态性分析[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1409-1412.
- [9] 桃联安, 经艳芬, 董立花, 等. 云南甘蔗细茎野生种 82-114 测交后代主要性状遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(3): 419-424.
- [10] 陆鑫, 蔡青, 王丽萍, 等. 大茎野生种 57NG208 杂种后代综合评价[J]. 中国糖料, 2008(3): 15-17.
- [11] 李杨瑞. 现代甘蔗学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 106-116.
- [12] 王文明, 周开达, 文宏灿, 等. 胞质效应在杂交水稻主要数量性状上的多样性[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(2): 65-69.
- [13] 蔡玉红, 刑少辰. 籼型杂交稻不同细胞质对稻瘟病抗性差异的研究[J]. 邯郸农业高等专科学校学报, 1995(3): 24-26.
- [14] 姬广海, 许志刚. 水稻品种对细菌性条斑病的抗性研究[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(2): 164-166.
- [15] 侯宁, 刘春光, 刘根齐, 等. 异源细胞质小麦的赤霉病抗性研究[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 7-11.
- [16] 易自力, 徐乃瑜. 不同山羊草细胞质效应的比较研究[J]. 草业学报, 2000, 9(1): 73-78.
- [17] 徐乃瑜, 易自力, 何瑞锋. 小麦异源细胞质对主要病害抗性影响的初步研究[J]. 作物学报, 1991, 17(5): 326-339.
- [18] 刘光杰, 占小登, 沈君辉, 等. 水稻同核异质不育系材料对白背飞虱抗性的研究初报[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(1): 89-90.
- [19] 吴郁文, 张翠兰, 刘春光, 等. 异源细胞质小麦育种技术[J]. 中国科学: C 辑, 1998, 28(1): 57-64.
- [20] 邹剑秋, 王艳秋, 张飞, 等. A1、A3 型细胞质甜高粱品种抗倒性能研究[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(6): 92-97.
- [21] 易自力, 徐乃瑜. 小麦异源细胞质遗传效应的比较研究[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(4): 307-312.
- [22] 刘新龙, 蔡青, 毕艳, 等. 中国滇蔗茅种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 作物学报, 2009, 35(2): 262-269.
- [23] 刘洪博, 应雄美, 毛钧, 等. 11 份割手密遗传多样性的 SSR 分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(3): 189-193.
- [24] 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: 789-801.
- [25] 刘新龙, 蔡青, 毕艳, 等. 甘蔗 AFLP 标记和 SSR 标记的 PAGE 胶快速银染检测方法[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(2): 433-435.
- [26] 刘新龙, 蔡青, 吴才文, 等. 甘蔗品种资源的表型遗传多样性研究[J]. 生物多样性, 2010, 18(1): 37-43.
- [27] 崔艳波, 陈慧, 乐文全, 等. '京白梨' 与 '鸭梨' 正反交后代果实性状遗传倾向研究[J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 215-224.
- [28] 黄文华. 甘蔗杂交后代遗传变异分析与标记检测群体构建[D]. 福建农林大学, 2005: 23-28.
- [29] 阙友雄, 黄文华, 许莉萍, 等. 甘蔗杂交后代遗传变异评价及高糖和低糖池构建[J]. 热带作物学报, 2009, 30(6): 811-816.

责任编辑: 王赛群
英文编辑: 王 库