

## 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 材料性状的遗传变异与相关分析

黄玉新 张保青 周珊 杨翠芳 高轶静 段维兴 李杨瑞 张革民\*

(广西农业科学院 甘蔗研究所/中国农业科学院甘蔗研究中心/广西甘蔗遗传改良重点实验室/  
农业部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室, 南宁 530007)

**摘要** 探讨斑茅割手密复合体后代叶片性状与单茎性状的关系,为挖掘斑茅、割手密农艺性状的优异基因提供理论依据。对斑茅割手密复合体 GXASF<sub>1</sub>08-2-28 分别与甘蔗品系 GT05-164 和 GT05-3279 杂交获得的 BC<sub>1</sub> 后代及亲本共 15 个材料伸长期蔗叶性状(绿叶数、总叶数和绿叶面积)和单茎性状(株高、茎径和单茎重)进行比较分析。结果表明,两个组合后代在绿叶数、株高、茎径及单茎重上都有超越双亲或亲本之一的优势。绿叶面积在 6 个数量性状中遗传变异最大,且与株高和单茎重呈极显著正相关,其可作为斑割后代产量相关性状的间接选择指标。聚类分析表明,16 份材料可以分为 4 大类,Ⅰ类材料 12-A6-1、12-A6-3、12-A6-5、12-A6-25 和 12-A6-27 绿叶面积大,总体表现较佳,是进一步研究利用的重点材料。

**关键词** 斑茅; 割手密; 斑割复合体; 叶面积; 单茎性状

中图分类号 S329

文章编号 1007-4333(2018)07-0019-07

文献标志码 A

## Genetic variation and correlation analysis of characters in BC<sub>1</sub> progeny of intergeneric hybrid (*Erianthus arundinaceus* × *Saccharum spontaneum*)

HUANG Yuxin, ZHANG Baoqing, ZHOU Shan, YANG Cuifang,  
GAO Yijing, DUAN Weixing, LI Yangrui, ZHANG Gemin\*

(Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Sugarcane Research Center,  
Chinese Academy of Agricultural Sciences/Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement/  
Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture, Nanning 530007, China)

**Abstract** Six agronomic traits in the elongation stage including the number of green leaves, total leaf number, green leaf area, stalk length, stalk diameter and stalk weight of the fifteen clones of BC<sub>1</sub> progeny from GT05-164 × GXASF<sub>1</sub>08-2-28 and GT05-3279 × GXASF<sub>1</sub>08-2-28 and their parents, were analyzed in this study. The results showed that the number of green leaves, stalk length, stalk diameter and stalk weight for the progeny were all superior to both or one of parents. The green leaf area had the largest genetic variation, and displayed significant positive correlations with stalk length and stalk weight, which could be used as an indirect index for yield analysis. Moreover, the cluster analysis identified 4 groups. 12-A6-1, 12-A6-3, 12-A6-5, 12-A6-25 and 12-A6-27 in the first class had large green leaf area and could be taken as the key materials for further research and utilization. The results of this study provided references for the evaluation and screening of the progeny of intergeneric hybrid (*Erianthus arundinaceus* × *Saccharum spontaneum*).

**Keywords** *Erianthus arundinaceus*; *Saccharum spontaneum*; leaf area; stalk characters

收稿日期: 2017-07-11

基金项目: 广西科技计划项目(桂科 AB16380126); 广西农业科学院基本科研业务专项项目(2015YT04); 广西科技基地和人才专项(桂科 AD17195100); 广西“八桂学者”专项(2013-03); 国家现代农业产业技术体系广西甘蔗创新团队项目(gjnytxgxcxtd-03-01); 国家自然科学基金项目(31760415)

第一作者: 黄玉新, 硕士研究生, E-mail: huangyuxin13@163.com

通讯作者: 张革民, 研究员, 主要从事甘蔗育种与种质资源创新利用研究, E-mail: zhanggm68@gxaas.net

甘蔗(*Saccharum* spp.)是禾本科高光效 C<sub>4</sub> 作物,也是高生物量的糖料作物和可再生能源作物。甘蔗是我国主要糖料作物,优良品种的培育是蔗糖业健康、持续和稳定发展的根本。甘蔗近缘属斑茅(*Erianthus arundinacius* (Retz.) Jesws.)和属内野生种割手密(*Saccharum spontaneum* L.)是提高甘蔗宿根性、抗逆性和产量的优良基因源,也是近年来甘蔗种质创新利用研究的重点<sup>[1-4]</sup>。斑茅割手密复合体(简称“斑割复合体”)材料是本课题组利用广西斑茅 GXA87-36 和广西割手密 GXS79-9 杂交,获得属间杂种 GXAS07-6-1,再利用 GXAS07-6-1 与不同甘蔗品种(系)杂交或回交获得的一系列后代材料。GXAS07-6-1 在长势和抗黑穗病等有超亲优势,花粉育性也比较高。利用斑割复合体与甘蔗进行杂交或回交,能加速回交进程,有望获得农艺性状、蔗糖含量和抗性表现俱佳的甘蔗创新育种材料,对提高斑茅和割手密杂交利用的成效有重要意义。课题组已对斑割复合体及其与甘蔗杂交后代进行杂种真实性鉴定<sup>[5-6]</sup>、染色体遗传分析<sup>[7-9]</sup>和农艺性状表现评价<sup>[10]</sup>等进行研究,结果表明,斑割复合体的 F<sub>1</sub>、BC<sub>1</sub> 和 BC<sub>2</sub> 后代染色体总体上按“n+n”方式传递,F<sub>1</sub> 中也存在甘蔗的部分染色体加倍现象,部分斑割后代地上部分生物产量表现超亲效应。

甘蔗生长所需的有机物质通过蔗叶光合作用合成。在合理的冠层结构下,单位面积上绿叶面积的

多少是衡量植物光能利用效率的一个重要标志。前人对冠层特征<sup>[11]</sup>、株型<sup>[12-13]</sup>、光照度<sup>[14]</sup>、群体叶面积指数<sup>[14]</sup>与甘蔗产量的关系进行了研究,但从单株甘蔗的蔗叶性状(绿叶数、总叶数和绿叶面积)的角度研究其对产量的影响尚未见报道。伸长期是甘蔗产量形成的关键时期,本研究以斑割复合体 12 份真实的 BC<sub>1</sub> 后代及其双亲为对象,分析伸长期蔗叶性状(绿叶数、总叶数和绿叶面积)的差异与单茎性状(株高、茎径和单茎重)的关系,明确斑割复合体后代在绿叶的数量或面积上存在优势且对产量的影响,以期对甘蔗杂种后代的选育和挖掘斑茅、割手密农艺性状的优异基因提供参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 供试材料及amp;试验设计

本试验选用的材料如表 1 所示,母本为广西农业科学院甘蔗研究所选用品系 GT05-164 和 GT05-3279,两者均不含斑茅亲缘;父本为斑割复合体 F<sub>1</sub> 无性系 GXAS08-2-28,其含有广西斑茅 GXA87-36 和广西割手密 GXS79-9 亲缘;ROC22 为对照品种。

试验于 2014 年在广西农业科学院甘蔗研究所试验基地(南宁)进行。采用随机区组设计,3 个重复,行长 3.3 m,行距 1.2 m,小区面积 190.08 m<sup>2</sup>。每行均保留有效茎 18 条,目的是使各材料在同样的蔗茎密度及生长空间下生长。田间管理按大田常规管理进行。

表 1 供试材料

Table 1 Test materials

母本 Female	父本 Male	子代 Progeny
		GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-1, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-3, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-5, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-9,
GT05-164	GXASF <sub>1</sub> 08-2-28	GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-21, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-25, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-27, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-28, GXASBC <sub>1</sub> 12-A6-29
GT05-3279	GXASF <sub>1</sub> 08-2-28	GXASBC <sub>1</sub> 12-A14-2, GXASBC <sub>1</sub> 12-A14-3, GXASBC <sub>1</sub> 12-A14-5

### 1.2 试验方法

**绿叶数和总叶数调查:**于 9 月初,每个小区选取叶片完整、有代表性的 10 株材料,调查这些植株的全出青叶片即绿叶数(超过 1/3 枯黄的叶片不计)及总叶数(包括绿叶、黄叶和枯叶)。

**绿叶面积测定:**绿叶面积采用 LI-3000C 便携式叶面积仪测定。于 9 月初晴天 9:00—11:30,每个

小区选取叶面积完整的和有代表性的植株进行测定,每个材料测量 5 株。

**单茎重计算:**于 10 月初调查株高、茎径,每个小区选择 10 株材料进行测量,按甘蔗理论产量方法计算:

$$\text{单茎重} = \text{茎径}^2 \times \text{株高} \times 0.7854$$

式中:单茎重, g; 株高, cm; 茎径, cm<sup>2</sup>; 0.7854 为茎比重, g/cm<sup>3</sup>。

### 1.3 数据处理

利用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 软件对供试材料伸长期绿叶数、总叶数、绿叶面积、株高、茎径和单茎重等 6 个数量性状进行方差、变异及相关分析；使用 DPS 7.05 版软件系统聚类法 (Hierarchical cluster) 对绿叶数、总叶数和绿叶面积 3 个指标进行聚类分析 (Case-clustering)，其中距离的测度方法用卡方距离和类平均法。

## 2 结果与分析

### 2.1 蔗叶性状和单茎性状的差异比较

由表 2 可知，所有参试材料绿叶数、总叶数、绿叶面积、株高、茎径和单茎重均存在显著差异。

12-A6 组合中，后代总叶数平均值低于双亲，但 12-A6-1、12-A6-5、12-A6-25 和 12-A6-27 的绿叶数和绿叶面积平均值均显著超过双亲。12-A14 组合中，后代绿叶数平均值介于双亲之间，总叶数平均值显著超过双亲，但绿叶面积显著小于母本。

株高、茎径和单茎重在不同材料间也存在显著的差异。2 个组合所有材料的株高均超过其母本，12-A6-1 在参试材料中最高，达到 366 cm，比 ROC22 增长 5.9%。茎径方面，所有材料茎径均超过其父本，12-A6-5、12-A6-9、12-A6-27 和 12-A14-5 等 4 个材料的茎径已达到或略超对照水平。12-A6 组合后代其单茎重显著高于双亲，12-A14 组合的 3 个后代单茎重也显著超过父本。

表 2 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 后代及亲本的 6 个数量性状的差异比较

Table 2 Comparison of the differences of 6 quantitative traits for BC<sub>1</sub> and parents

材料 Materia	绿叶数 Number of green leaves	总叶数 Total leaf number	绿叶面积/cm <sup>2</sup> Green leaf area.	株高/cm Stalk length	茎径/cm Stalk diameter	单茎重/g Weight per stalk
ROC22	12.3 efg	25.6 fg	5 357.5 cd	344.5 bc	3.0 ab	2 474.9 a
GT05-164	11.6 fgh	26.1 ef	4 941.7 cd	286.0 g	2.8 ef	1 741.8 f
GT05-3279	10.8 gh	27.6 def	6 230.5 bc	300.3 fg	3.1 a	2 285.9 b
GXASF <sub>1</sub> 08-2-28	14.7 cde	27.8 def	5 636.7 cd	332.5 bcd	2.4 h	1 559.6 g
12-A6-1	17.3 ab	28.4 cde	8 425.4 a	366.0 a	2.8 f	2 227.3 bc
12-A6-3	15.6 bcd	27.2 def	7 681.9 a	341.5 bc	2.8 def	2 153.4bcd
12-A6-5	18.0 a	32.3 a	7 038.5 ab	301.0 fg	3.1 a	2 297.7 b
12-A6-9	11.0 gh	25.4 fg	4 777.0 cd	291.0 g	3.0 bc	2 021.8 de
12-A6-21	13.3 defg	30.3 abc	4 804.4 cd	331.5 cd	2.6 h	1 780.3 f
12-A6-25	16.6 abc	26.8 def	7 157.7 ab	348.0 b	2.9 def	2 227.8 bc
12-A6-27	18.6 a	31.5 ab	7 180.9 ab	322.0 de	3.0 bc	2 239.8 b
12-A6-28	9.6 h	23.4 g	3 232.6 e	301.0 fg	2.8 def	1 892.4 ef
12-A6-29	13.7 def	23.5 g	4 986.4 cd	307.5 ef	2.9 cde	2 008.4 de
12-A14-2	12.8 efg	29.2 bcd	5 675.8 cd	316.0 ef	2.9 cd	2 074.5 cd
12-A14-3	13.5 def	26.7 def	4 608.1 d	311.5 ef	2.9 cde	2 037.6 de
12-A14-5	12.8 efg	29.0 cd	4 873.6 cd	315.5 ef	3.0 b	2 236.7 b

注：同一列小写字母表示差异显著 (P<0.05)。

Note: Lower case letters indicate significant at 0.05 level.

### 2.2 蔗叶性状和单茎性状的变异分析

斑割复合体 BC<sub>1</sub> 材料伸长期 6 个数量性状的

变异情况见表 3。各性状变异系数由大到小排列如下：绿叶面积 (25.71%) > 绿叶数 (20.50%) > 单茎

重(11.83%)>总叶数(9.86%)>株高(7.26%)>茎径(6.21%)。由此表明,供试材料中,绿叶面积具

有较大的遗传差异,其次为绿叶数,株高和茎径较其他性状相对稳定。

表3 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 后代及亲本 6 个数量性状的表型变异

Table 3 Phenotypic variation of 6 quantitative traits for BC<sub>1</sub> and parents

项目 Item	性状 Characteristics					
	绿叶数 Number of green leaves	总叶数 Total leaf number	绿叶面/cm <sup>2</sup> Green leaf area	株高/cm Stalk length	茎径/cm Stalk diameter	单茎重/g Weight per stalk
最小值 Min	9.2	21.3	3 174.8	285.0	2.40	1 546.9
最大值 Max	21.3	35.5	9 198.7	375.0	3.17	2 517.4
平均值 Mean	13.9	27.6	5 788.0	319.7	2.90	2 078.7
标准差 SD	2.85	2.72	1 488.2	23.2	0.18	245.9
变异系数/% CV	20.50	9.86	25.71	7.26	6.21	11.83

### 2.3 试验材料蔗叶性状和单茎性状及其相关性分析

相关分析表明(表4):绿叶数、总叶数和绿叶面积两两之间极显著正相关,其中绿叶数与绿叶面积的相关系数最大( $R=0.824$ ),显然绿叶数越多,绿叶面积越大。绿叶面积与株高和单茎重都呈极显著

正相关,与茎径相关不显著,说明提高绿叶面积有利于株高的增长,从而促进单茎重的增加。

株高与茎径显著负相关,与单茎重显著正相关;而茎径与单茎重极显著正相关。生产上要合理密植,协调好株高和茎径的关系;育种中选择株高中等,兼顾蔗茎粗细,可能有利于获得高产材料。

表4 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 后代及亲本 6 个数量性状的相关系数

Table 4 Correlation coefficients of 6 quantitative traits for BC<sub>1</sub> and parents

性状 Character	绿叶数 Number of green leaves	总叶数 Total leaf number	绿叶面积 Green leaf area	株高 Stalk length	茎径 Stalk diameter	单茎重 Weight per stalk
绿叶数 Number of green leaves	1					
总叶数 Total leaf number	0.606**	1				
绿叶面积 Green leaf area	0.824**	0.500**	1			
株高 Stalk length	0.460**	0.170	0.505**	1		
茎径 Stalk diameter	0.007	0.116	0.130	-0.317*	1	
单茎重 Weight per stalk	0.282	0.226	0.428**	0.287*	0.815**	1

注: \* 表示在 0.05 水平上显著相关; \*\* 在 0.01 水平上显著相关。

Note: \* Significant at 0.05 level; \*\* Significant at 0.01 level.

### 2.4 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 材料聚类分析

由图1可知,当阈值为9.83时,可将16个参试材料分为4类。第Ⅰ类,包含5个材料,12-A6-1、12-A6-3、12-A6-5、12-A6-25和12-A6-27,总体表现为绿叶数和总叶数多,绿叶面积大,这个类群应是利用光合作用有益基因的重点材料;第Ⅱ类,包含6个材

料,分别为GT05-164,12-A6-9、12-A6-21、12-A6-29、12-A14-3和12-A14-5,表现为绿叶数、总叶数较多,绿叶面积小;第Ⅲ类包含4个材料,分别为ROC22,12-A14-2,08-2-28,GT05-3279,表现为绿叶数、总叶数较多,绿叶面积较大;第Ⅳ类,只有一个材料12-A6-28,表现为绿叶数、总叶数最少,绿叶面积最小。

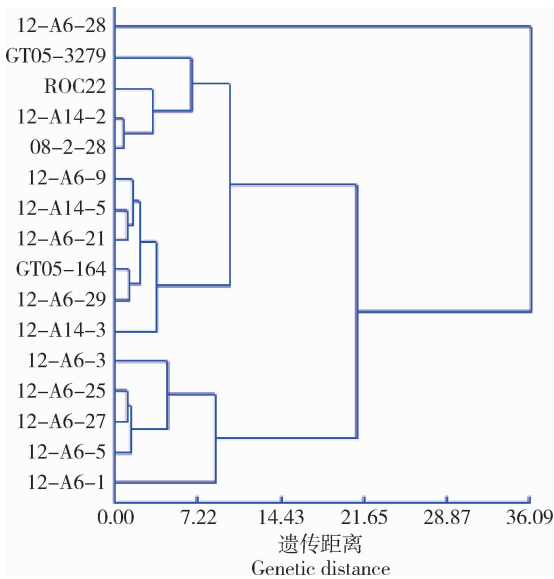


图1 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 材料聚类分析

Fig.1 Cluster analysis of BC<sub>1</sub> materials from the crosses between sugarcane (*Saccharum* spp.) and intergeneric hybrid

### 3 结论与讨论

作物的产量 90%~95% 来源于光合作用, 绿色光合组织(绿叶)是光合作用的载体, 其形状、大小、数量及其空间分布状况等都直接关系到群体中光能的利用效率<sup>[15-16]</sup>。国内的栽培及育种研究中, 常用某一时期保留的绿叶数或绿叶面积衡量作物持绿性的优劣<sup>[17-18]</sup>。本研究对 12-A6 组合及 12-A14 组合亲本及子代伸长期 6 个数量性状(绿叶数、总叶树、绿叶面积、株高、茎径和单茎重)进行分析, 结果表明, 斑割复合体 BC<sub>1</sub> 后代在绿叶数上有超越母本的优势, 与张保青等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致。总叶数的表现与绿叶数并不相一致, 12-A6-5 的总叶数最多, 而绿叶数却少于 12-A6-27; 12-A6-21 的总叶数显著超过 12-A6-1、12-A6-3、12-A6-25 和 12-A6-29, 但绿叶数却少于这 4 个材料。在绿叶面积上, 12-A6 组合后代(12-A6-1、12-A6-3、12-A6-5、12-A6-25、12-A6-27)平均绿叶面积显著超过双亲, 12-A14 组合后代(12-A14-3、12-A14-5)平均绿叶面积小于双亲, 差异不显著, 而 12-A14 组合的母本 GT05-3279 比 12-A6 组合的母本 GT05-164 具有较大的绿叶面积。由此说明, 不同基因型材料的叶片保绿能力有所差异, 绿叶面积的遗传不只受到基因的加性效应控制。从株高和茎径的表现来看, 所有材料

株高均超过母本甘蔗。12-A6-1、12-A6-25 在株高上超过 ROC22; 12-A6-5、12-A6-9、12-A6-27、12-A14-5 的茎径与 ROC22 差异不显著, 所有后代的单茎重超过双亲或亲本之一, 表明利用甘蔗与斑割复合体杂交, 部分材料株高、茎径和单茎重都得到明显改良。

甘蔗品种的选育是一个复杂且耗时的过程, 在品种选育过程中, 如果能够更早、更快和更简单地对资源的产量潜力进行评估, 无疑将节省大量的劳力、财力和物力。前人通过对产量相关性状间的关系进行分析, 以期能够为甘蔗的产量评价提供参考<sup>[19-20]</sup>。刘新龙等<sup>[21]</sup>的研究表明, 苗期出苗率、分蘖苗占总苗数比例和分蘖苗成茎率与蔗茎产量表现出显著的正相关关系, 选育出苗率高, 分蘖强的品种对甘蔗产量改良具有重要作用。本研究中, 在观察的 6 个数量性状中, 以绿叶面积的变异系数最大。而相关分析显示, 绿叶面积与株高和单茎重均呈显著正相关, 株高与茎径呈显著负相关, 茎径与单茎重呈极显著正相关。从聚类结果来看, I 类材料 12-A6-1、12-A6-3、12-A6-5、12-A6-25 和 12-A6-27 绿叶面积最大, 总体株高较高, 单茎重较大, 是进一步研究利用的重点材料; III 类材料 ROC22, 12-A14-2, 08-2-28, GT05-3279 绿叶面积较 I 类小, 除 08-2-28 外, 其他材料茎径较大; II 类材料 GT05-164, 12-A6-9、12-A6-21、12-A6-29、12-A14-3 和 12-A14-5 绿叶面积较 I 和 III 小, 总体表现也没这两类好; IV 类材料 12-A6-28 绿叶面积最小, 表现不佳。因此, 在今后斑割复合体后代的选育过程中, 绿叶面积可作为选择指标之一, 选择绿叶面积较大, 株高中等, 较大茎的后代材料对甘蔗产量改良具有较大优势。

甘蔗的产量受诸多因素的影响, 本试验仅从叶片的绿叶数、总叶数及绿叶面积等 3 个方面对单茎性状的影响进行分析, 叶片的净光合速率, 叶绿素含量及甘蔗的冠层结构等指标未进行测量, 将来应从多性状综合研究, 进一步了解斑割复合体 BC<sub>1</sub> 后代与蔗茎产量相关的优良特性, 为挖掘利用斑茅和割手密优异基因改良甘蔗品种提供理论参考。

### 参考文献 References

- [1] D'hont A, Rao P S, Feldmann P, Grivet L, Islam-faridi N, Taylor P, Glaszmann J C. Identification and characterisation of sugarcane intergeneric hybrids, *Saccharum officinarum* ×

- Erianthus arundinaceus*, with molecular markers and DNA in situ hybridisation[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1995, 91(2):320-326
- [2] Piperidis G, Christopher M J, Carroll B J, Berding N, D'hont A. Molecular contribution to selection of intergeneric hybrids between sugarcane and the wild species *Erianthus arundinaceus*[J]. *Genome*, 2000, 43(6):1033-1037
- [3] 陈辉, 范源洪, 史宪伟, 蔡青, 张明, 张亚平. 甘蔗细茎野生种 (*Saccharum spontaneum* L) 的遗传多样性和系统演化研究[J]. 作物学报, 2001, 27(5):645-652  
Chen H, Fan Y H, Shi X W, Cai Q, Zhang M, Zhang Y P. Research on genetic diversity and systemic evolution in *Saccharum spontaneum* L[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(5):645-652 (in Chinese)
- [4] Tew T L. World sugarcane variety census year: 2000 [J]. *Sugar Cane International*, 2003, 21(3/4):12-18
- [5] 刘昔辉, 方锋学, 高铁静, 张荣华, 宋焕忠, 杨荣仲, 方位宽, 段维兴, 罗霆, 张革民, 李杨瑞. 斑茅割手密杂种后代真实性鉴定及遗传分析[J]. 作物学报, 2012, 38(5):914-920  
Liu X H, Fang F X, Gao Y J, Zhang R H, Song H Z, Yang R Z, Fang W K, Duan W X, Luo T, Zhang G M, Li Y R. Identification and genetic analysis of hybrid from cross between *Erianthus arundinaceus* (Retz) Jesws and *Saccharum spontaneum* L[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(5):914-920 (in Chinese)
- [6] 高铁静, 方锋学, 刘昔辉, 张荣华, 宋焕忠, 杨荣仲, 罗霆, 段维兴, 游建华, 张革民. 甘蔗与斑茅割手密复合体杂交后代的分子标记鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(5):912-916  
Gao Y J, Fang F X, Liu X H, Zhang R H, Song H Z, Yang R Z, Luo T, Duan W X, You J H, Zhang G M. Identification of progeny from crosses between sugarcane (*Saccharum* spp) and intergeneric hybrid complex (*Erianthus arundinaceus* × *Saccharum spontaneum*) with molecular markers[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13(5):912-916 (in Chinese)
- [7] 黄玉新, 罗霆, 刘昔辉, 周珊, 杨翠芳, 高铁静, 杨翠凤, 段维兴, 周会, 张革民, 李杨瑞. 甘蔗与斑茅割手密复合体 (GXAS07-6-1) 杂交后代的染色体遗传分析[J]. 热带作物学报, 2016, 37(2):220-225  
Huang Y X, Luo T, Liu X H, Zhou S, Yang C F, Gao Y J, Yang C F, Duan W X, Zhou H, Zhang G M, Li Y R. Genetic analysis of chromosomes for the progeny between sugarcane (*Saccharum* spp) and intergeneric hybrid complex (*Erianthus arundinaceus* × *Saccharum spontaneum*) [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(2):220-225 (in Chinese)
- [8] 黄玉新, 罗霆, 高铁静, 张保青, 周珊, 杨翠芳, 段维兴, 雷敬超, 韦金菊, 张革民, 李杨瑞. 甘蔗与斑茅割手密复合体的回交后代真实性鉴定及染色体遗传分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(10):1642-1647  
Huang Y X, Luo T, Gao Y J, Zhang B Q, Zhou S, Yang C F, Duan W X, Lei J C, Wei J J, Zhang G M, Li Y R. Authenticity identification and chromosomes genetic analysis of backcross progeny between sugarcane (*Saccharum officinarum*) and intergeneric hybrid complex (*Erianthus arundinaceus* × *Saccharum spontaneum*) [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2016, 47(10):1642-1647 (in Chinese)
- [9] 黄玉新, 罗霆, 林秀琴, 张保青, 周珊, 杨翠芳, 雷敬超, 高铁静, 段维兴, 张革民, 李杨瑞. 斑茅割手密复合体 (GXAS07-6-1) 及其与甘蔗 F<sub>1</sub> 的 GISH 分析[J]. 植物资源遗传学报, 2017, 18(3):461-466  
Huang Y X, Luo T, Lin X Q, Zhang B Q, Zhou S, Yang C F, Lei J C, Gao Y J, Duan W X, Zhang G M, Li Y R. GISH analysis of intergeneric complex between *Erianthus arundinaceus* and *Saccharum spontaneum* (GXAS07-6-1) and its F<sub>1</sub> hybrids from crosses with sugarcane (*Saccharum* spp) [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2017, 18(3):461-466 (in Chinese)
- [10] 张保青, 周珊, 杨翠芳, 黄玉新, 周会, 罗霆, 段维兴, 邓宇驰, 李杨瑞, 张革民. 斑茅割手密复合体及其杂交后代的生物量及根系性状[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(4):18-25  
Zhang B Q, Zhou S, Yang C F, Huang Y X, Zhou H, Luo T, Duan W X, Deng Y C, Li Y R, Zhang G M. Biomass and root characters of intergeneric hybrid *Erianthus arundinaceus* × *Saccharum spontaneum* and its progeny [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(4):18-25 (in Chinese)
- [11] 徐良年, 陈茂兴, 邓祖湖. 甘蔗不同基因型伸长盛期冠层特征比较[J]. 甘蔗, 2004, 11(4):23-27  
Xu L N, Chen M X, Deng Z H. Comparison of canopy characteristic of sugarcane in rapid elongation period [J]. *Sugarcane*, 2004, 11(4):23-27 (in Chinese)
- [12] 张华, 苏金福, 林德波, 林彦铨. 甘蔗伸长盛期的株型研究[J]. 甘蔗, 1998, 5(4):6-11  
Zhang H, Su J F, Lin D B, Lin Y Q. Study on morphological characters in the great elongation stage of sugarcane [J]. *Sugarcane*, 1998, 5(4):6-11 (in Chinese)
- [13] 张华, 林彦铨, 陈如凯. 甘蔗杂交育种早代叶冠形态与产量性状的关系[J]. 福建农业大学学报, 1999, 28(4):407-412  
Zhang H, Lin Y Q, Chen R K. Relationships between upper leaves appearance and yield in early generations of sugarcane hybrid-breeding [J]. *Journal of Fujian Agricultural University*, 1999, 28(4):407-412 (in Chinese)
- [14] 梁计南, 谭中文, 李玉潜, 苏广达. 甘蔗综合栽培技术群体中叶面积、光照度和产量的研究[J]. 甘蔗, 1995, 2(1):14-18  
Liang J N, Tang Z W, Li Y Q, Su G D. Study on leaf-area, illumination intensity and yield of sugarcane population under different combination of cultivation techniques [J]. *Sugarcane*, 1995, 2(1):14-18 (in Chinese)
- [15] 赵平, 曾小平, 蔡锡安, 彭少麟. 利用数字植物冠层图象分析仪测定南亚热带森林叶面积指数的初步报道[J]. 广西植物, 2002, 22(6):485-489.  
Zhao P, Zeng X P, Cai X A, Peng S L. Report on measurement of leaf area index of low subtropical forests by using digital plant canopy imager [J]. *Guihaia*, 2002, 22(6):485-489 (in Chinese)

- Chinese)
- [16] 赵会杰, 邹琦, 郭天财, 于振文, 王永华. 密度和追肥时期对重穗型冬小麦品种 L906 群体辐射和光合特性的调控效应[J]. 作物学报, 2002, 28(2): 270-277  
Zhao H J, Zou Q, Guo T C, Yu Z W, Wang Y H. Regulating effects of density and top-dressing time of nitrogen on characteristics of radiation transmission and photosynthesis in canopy of massive-spike winter wheat variety L906[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28(2): 270-277 (in Chinese)
- [17] 罗瑶年, 张建华, 李霞. 玉米叶片的衰老[J]. 玉米科学, 1992(0): 40-47  
Luo Y N, Zhang J H, Li X. Senescence of maize leaves[J]. *Journal of Maize Sciences*, 1992(0): 40-47 (in Chinese)
- [18] 赵延明, 王玲, 苏维洲, 王日访, 刘宇. 玉米株型性状的遗传参数研究[J]. 杂粮作物, 2000, 20(2): 1-5  
Zhao Y M, Wang L, Su W Z, Wang R F, Liu Y. Study on genetic parameters of plant type characters in Maize[J]. *Rain Fed Crops*, 2000, 20(2): 1-5 (in Chinese)
- [19] 陆中华. 甘蔗产量构成因素与产量的关系[J]. 种子, 2002(3): 38-39+65  
Lu Z H. Relationship between yield components and yield in sugarcane[J]. *Seed*, 2002(3): 38-39+65 (in Chinese)
- [20] 刘福业, 杨俊贤, 吴文龙, 潘方胤, 吴建涛, 邓海华, 齐永文, 陈勇生, 沈万宽. 甘蔗新品种粤糖 00-236 蔗产量及其构成因子间相关和多元回归分析[J]. 广东农业科学, 2011(5): 42-50  
Liu F Y, Yang X J, Wu W L, Pan F Y, Wu J T, Deng H H, Qi Y W, Chen Y S, Shen W K. Correlation and multiple regression analysis between cane yield and its component factors of new variety YT00-236[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011(5): 42-50 (in Chinese)
- [21] 刘新龙, 马丽, 毛钧, 林秀琴, 刘洪博, 陆鑫, 范源洪. 甘蔗杂交品种初级核心种质苗期性状与产量性状相关性评价[J]. 中国糖料, 2015, 37(5): 7-9  
Liu X L, Ma L, Mao J, Lin X Q, Liu H B, Lu X, Fan Y H. Correlation analysis between traits at seeding stage and yield of sugarcane hybrid pre-core collection [J]. *Sugar Crops of China*, 2015, 37(5): 7-9 (in Chinese)

责任编辑: 吕晓梅