

# 甘蔗野生种滇蔗茅种质创新利用研究

## II. 滇蔗茅 $F_1$ 群体重要农艺性状的遗传分析

陆鑫<sup>1,2</sup>, 苏火生<sup>1,2</sup>, 林秀琴<sup>1,2</sup>, 毛钧<sup>1,2</sup>, 刘洪博<sup>1,2</sup>, 蔡青<sup>2,3,4\*</sup>

(1. 云南省农业科学院 甘蔗研究所, 云南 开远 661600; 2. 云南省甘蔗遗传改良重点实验室, 云南 开远 661600; 3. 云南省农业科学院 生物技术与种质资源研究所, 云南 昆明 650223; 4. 云南大学 生命科学院, 云南 昆明 650091)

**摘 要:** 以热带种路打士(*Saccharum officinarum*)与滇蔗茅(*Erianthus rockii*)云南 95-19 属间远缘杂交  $F_1$  群体的 62 个无性系为研究对象, 利用方差、相关、逐步回归及途径分析方法对其单茎重、株高、茎径、有效茎、节间长度、小区产量等 6 个农艺性状进行遗传分析。结果表明: 所有性状分布频率接近正态分布, 单茎重、株高、茎径、节间长度在后代群体中存在双向超亲分离, 有效茎平均表型值高于母本, 小区产量平均表型值低于母本; 有效茎、节间长度与小区产量呈极显著正相关, 并解释小区产量 48.9%、3.4% 的变异信息; 单茎重与小区产量呈显著正相关, 并解释小区产量 32.3% 的变异信息; 株高、茎径主要通过间接效应影响小区产量, 有效茎、单茎重、节间长度更适于作为该群体后代材料高产潜力的选择指标。

**关 键 词:** 滇蔗茅; 种质创新;  $F_1$  群体; 农艺性状; 遗传分析

中图分类号: S566.1 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2012)02-0121-04

## Innovative utilization of *Erianthus rockii* germplasm

### II. Genetic analysis of important agronomic traits on $F_1$ of *Saccharum officinarum* and *E. rockii*

LU Xin<sup>1,2</sup>, SU Huo-sheng<sup>1,2</sup>, LIN Xiu-qin<sup>1,2</sup>, MAO Jun<sup>1,2</sup>, LIU Hong-bo<sup>1,2</sup>, CAI Qing<sup>2,3,4\*</sup>

(1. Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan, Yunnan 661600, China; 2. Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, Yunnan 661600, China; 3. Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China; 4. School of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** Six agronomic traits including average stalk weight, stalk length, stalk diameter, millable stalk, internode length and plot yield of a set of 62 populations of *Saccharum officinarum* Ludashi  $\times$  *Erianthus rockii* Yunnan 95-19 were investigated by using variance analysis, correlation analysis, stepwise regression analysis and path analysis. The results showed approximately normal distribution of frequency for these traits. Average stalk weight, stalk length, stalk diameter and internode length showed bi-directional transgressive segregation in the progeny populations with average phenotype value of millable stalk higher and average phenotype value of plot yield lower, compared to the parent populations. Millable stalk, internode length exhibited extremely significant correlation with plot yield, and average stalk weight showed significant correlation with plot yield. Millable stalk and internode length exhibited extremely significant correlation to yield per plot, and these two traits contributed 48.9% and 3.4% of genetic variation of the yield per plot,

收稿日期: 2012-01-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD13B05-2-10); 云南省应用基础研究计划重点项目(2006C0013Z); 云南省中青年学术技术带头人后备人才培养项目(2009CI059); 国家人事部留学人员科技活动优秀项目; 作物种质资源保护项目(NB2011-2130135-18); 云南省重点新产品开发计划项目(2010BB011)

作者简介: 陆鑫(1981—), 男, 云南蒙自县人, 助理研究员, 主要从事甘蔗种质资源创新与利用研究, xinlu\_ky@126.com; \*通信作者, caiqingysri@163.com

respectively. Average stalk weight showed a significant correlation with yield per plot and contributed 32.3% of genetic variation of the yield per plot. Moreover, stalk length and stalk diameter were found to produce an indirect effect on yield per plot. Out of five traits millable stalk, average stalk weight and internode length turned out to be the most suitable indices for selection.

**Key words:** *Erianthus rockii*; germplasm innovation; F<sub>1</sub> generation; agronomic traits; genetic analysis

蔗茅属滇蔗茅(*Erianthus rockii* Keng)为中国的一种野生植物资源,分布于四川、云南、西藏<sup>[1-2]</sup>,仅在中国收集、保存并开展利用研究<sup>[3]</sup>,因其具有耐旱、耐瘠、宿根性强、抗锈病性强等优良特性<sup>[4-5]</sup>,可为甘蔗品种改良和抗性育种提供优良的基因源。甘蔗与滇蔗茅属间远缘杂交结实率较低<sup>[6-7]</sup>,前人研究仅限于杂种的真实性<sup>[8-9]</sup>和抗性鉴定<sup>[10-11]</sup>,对滇蔗茅杂交后代农艺性状的遗传分析甚少。

滇蔗茅云南 95-19 具有高抗锈病的特性<sup>[7]</sup>,在国家甘蔗种质资源圃保育的同类型种质中表现出较强的长势。笔者对滇蔗茅真杂种 F<sub>1</sub> 群体及其双亲的重要农艺性状进行遗传变异及相关关系分析,旨在对滇蔗茅杂种 F<sub>1</sub> 代评价筛选及创新利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为热带种路打士(母本)、滇蔗茅云南 95-19(父本)及二者远缘杂交产生的 62 个真实杂交种<sup>[12]</sup>,其中路打士与云南 95-19 均由国家甘蔗种质开远甘蔗圃提供。

### 1.2 试验设计

大田试验于 2010 年 12 月在云南省农业科学院甘蔗研究所试验基地进行。试验采用随机区组排列,设 3 次重复,3 行区,行长 4 m,行距 1.2 m。母本和 F<sub>1</sub> 的下芽量为 120 000 芽/hm<sup>2</sup>;父本云南 95-19 采用蔗莖进行栽种,每行栽种 10 个蔗莖。田间管理同一般大田生产。参照文献<sup>[13]</sup>中的方法,

于 11 月下旬(甘蔗成熟期)对甘蔗单茎重(X<sub>1</sub>)、株高(X<sub>2</sub>)、茎径(X<sub>3</sub>)、有效茎(X<sub>4</sub>)、节间长度(X<sub>5</sub>)、小区产量(Y) 进行田间调查,每重复随机调查 10 株,并对小区产量进行实测。由于滇蔗茅种芽较弱,其种茎不能正常出芽,只能通过蔗莖进行繁殖;因此,对父本云南 95-19 的有效茎和小区产量不作调查。

试验数据采用三重复平均值。运用方差分析法分析亲本与 F<sub>1</sub> 的农艺性状特征;运用相关分析方法分析 F<sub>1</sub> 群体农艺性状之间的相关性,再利用逐步回归法分析 F<sub>1</sub> 小区产量的主要构成因素,并在此基础上作通径分析。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理;采用 SPSS 18.0 进行方差、相关、逐步回归与通径分析<sup>[14]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 亲本及杂交 F<sub>1</sub> 代群体的农艺性状

由表 1 可知,单茎重、株高、茎径在双亲间差异极显著,节间长度差异显著;各杂交 F<sub>1</sub> 代无性系的变异范围较大,变异系数最大的是有效茎,其次为小区产量,株高最小,各性状变异系数平均值为 26.4%,说明该群体各无性系之间存在较大的差异;所有调查的农艺性状均呈连续性变异,说明这些性状为多基因控制的数量性状;其偏度和峰度均小于 1,表明分布频率接近正态分布。杂交后代单茎重、茎径的平均表型值介于双亲之间,株高和节间长度的平均表型值超过双亲,这 4 个性状存在明显的双向超

表 1 亲本及其杂交 F<sub>1</sub> 代的农艺性状及方差分析结果

性状	路打士	云南 95-19	F <sub>1</sub> 代	亲本 F 值	F <sub>1</sub> 代			
					变异系数/%	变异范围	偏度	峰度
单茎重/kg	1.153	0.019	0.338±0.098	5 351.04**	29.0	0.13 ~ 0.65	0.515	0.686
株高/cm	205.400	104.200	234.7±27.800	190.90**	11.9	174.20 ~ 295.80	0.125	-0.281
茎径/cm	3.580	0.400	1.55±0.190	2 320.31**	12.5	1.18 ~ 1.98	0.267	-0.298
有效茎/条	88.000	-	195.55±84.480	-	43.2	60.00 ~ 456.00	0.728	0.558
节间长度/cm	10.900	14.190	14.88±2.420	6.07*	16.3	10.30 ~ 22.80	0.623	0.922
小区产量/kg	101.500	-	64.1±22.500	-	35.0	23.20 ~ 118.90	0.563	0.599

亲分离；有效茎平均表型值高于母本，小区产量平均值低于母本。

2.2 杂交 F<sub>1</sub> 代群体农艺性状的相关性

由表 2 可知，小区产量与株高、有效茎、节间

长度呈极显著正相关，与单茎重呈显著正相关；小区产量与有效茎的相关系数最大，其次为株高，与茎径的相关系数最小；单茎重与有效茎、茎径与有效茎呈极显著负相关；株高与茎径呈显著正相关。

表 2 杂交后代各农艺性状间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients among agronomic traits

农艺性状	单茎重	株高	茎径	有效茎	节间长度
株高	0.121				
茎径	0.636**	0.291*			
有效茎	-0.353**	0.210	-0.327**		
节间长度	0.229	0.615**	0.156	0.038	
小区产量	0.284*	0.373**	0.133	0.699**	0.352**

2.3 小区产量与农艺性状的逐步回归分析

以小区产量(Y)为因变量，单茎重(X<sub>1</sub>)、株高(X<sub>2</sub>)、茎径(X<sub>3</sub>)、有效茎(X<sub>4</sub>)、节间长度(X<sub>5</sub>)为自变量，进行逐步回归分析，得到回归方程  $Y = -51.415 + 0.236X_4 + 127.286 X_1 + 1.770 X_5$ ；显著性检验表明，该方程具有统计学意义( $F = 106.064, P < 0.001$ )，方程的决定系数  $R^2 = 0.846$ ，说明该方程可以解释小区产量 84.6%的变异信息，拟合度较优，其中有效茎、单茎重、节间长度分别解释 48.9%、32.3%和 3.4%的小区产量变异。在逐步回归分析中，株高和茎径的引入均使回归方程不具有统计学意义，因此被剔除，表明小区产量变异主要来源于有效茎、单茎重及节间长度。

2.4 小区产量与农艺性状的通径分析

从表 3 可知，各农艺性状对小区产量的直接影响大小依次为有效茎、单茎重、节间长度、茎径、株高，其中有效茎和单茎重对小区产量的直接通径系数分别为 0.904 和 0.509，两者均通过直接效应对小区产量起作用；在两者的间接通径系数中，有效茎通过单茎重与单茎重通过有效茎对小区产量的间接影响均为负效应，且较大，表明两者相互通过对对方对小区产量均造成一定的制约作用；因此，在后代材料选育中应注意协调两者关系。节间长度对小区产量的直接效应也较大(0.206)，通过其余性状的间接效应较小；因此，在选育过程中应加大对节

间长度的选择力度。

茎径对小区产量具有较小的直接正效应(0.081)，但其通过单茎重对小区产量的间接效应较大(0.324)，说明通过加大对茎径的选择压力可获得较高的单茎重，进而影响小区产量。株高对小区产量具有较小的直接负效应，但通过其余性状对小区产量的影响均为间接正效应，且间接效应之和高达 0.403，从而掩盖了本身的负效应，这与相关分析结果中株高与小区产量呈极显著正相关相反；因此，在后代筛选时选择适中的株高即可。

表 3 各农艺性状对小区产量的通径系数

Table 3 Path coefficients of agronomic traits to plot yield

变量	通径系数				
	X <sub>1</sub> →Y	X <sub>2</sub> →Y	X <sub>3</sub> →Y	X <sub>4</sub> →Y	X <sub>5</sub> →Y
X <sub>1</sub>	<u>0.509</u>	-0.004	0.052	-0.320	0.047
X <sub>2</sub>	0.062	<u>-0.029</u>	0.024	0.190	0.127
X <sub>3</sub>	0.324	-0.009	<u>0.081</u>	-0.296	0.032
X <sub>4</sub>	-0.180	-0.006	-0.027	<u>0.904</u>	0.008
X <sub>5</sub>	0.116	-0.018	0.013	0.035	<u>0.206</u>

标下划线的为直接通径系数；未标下划线的为间接通径系数。

3 结论与讨论

甘蔗是遗传背景十分复杂的异源多倍体，具有高度的杂合性，杂种 F<sub>1</sub> 代即产生广泛的分离<sup>[15]</sup>。合理的选择筛选指标，从后代分离群体中筛选优良的变异系，并不断进行杂交或回交，是甘蔗种质创新利用的一个重要途径。前人利用方差分析、相关分析、逐步回归与通径分析方法对农作物主要农艺性状的遗传变异及相关关系等已展开了大量研究<sup>[16-19]</sup>。笔者利用

该方法,以热带种与滇蔗茅属间远缘杂交  $F_1$  群体为研究对象,对其小区产量及其相关农艺性状进行遗传分析,发现滇蔗茅  $F_1$  代小区产量与产量因素的相关性大小依次为有效茎、株高、节间长度、单茎重、茎径;进一步通过通径分析与逐步回归分析,发现这些性状对小区产量的影响效应从大到小依次为有效茎、单茎重、节间长度、茎径、株高,这与相关分析结果存在一定差异。通径分析与回归分析之所以能更确切的揭示性状间的关系,可能与杂交后代基因型的偏分离有关<sup>[20]</sup>。

笔者认为,杂交  $F_1$  代群体中,有效茎、单茎重、节间长度均存在较大的变异,对小区产量表现出较大的贡献效应,对于筛选具有高产潜力的滇蔗茅  $F_1$  代杂交种,应以有效茎、单茎重、节间长度为选择依据。陆中华<sup>[21]</sup>以商业种为研究对象,分析了甘蔗产量构成因素与产量之间的关系,发现株高、茎径、有效茎对甘蔗产量具有较大贡献,本研究结论与其存在一定差异。商业种大多为热带种与野生种进行种间或属间杂交,其后代再连续与热带种或其后代回交得到的杂交种;随着回交次数的增加,商业种中野生种的血缘比例在逐渐下降,而热带种血缘得到保持,甚至累加,选育出的商业种在表型上趋于热带种;本试验的研究对象为滇蔗茅  $F_1$  低代材料,其野生种血缘比例远远高于商业种,表型为双亲的综合表现,二者不同的遗传背景可能是造成与前人研究结果存在差异的主要原因。

滇蔗茅种质创新的重点在于发掘利用其优良的抗锈病特性,在滇蔗茅后代筛选工作中应以抗锈病指标为主,同时兼顾其他优良农艺性状。目前,笔者已完成对  $F_1$  群体的人工接种鉴定工作,其研究结果将会陆续报道。

#### 参考文献:

- [1] Keng . *Erianthus rockii* Keng[J] . Sinensis, 1939, 10 : 291 .
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会 . 中国植物志 [M] . 第九卷 . 北京 : 科学出版社, 2002 : 48-49 .
- [3] Cai Q, Aitken K, Fan Y H, et al . A preliminary assessment of the genetic relationship between *Erianthus rockii* and “*Saccharum complex*” using microsatellite (SSR) and AFLP markers[J] . Plant Science, 2005, 169 : 976-984 .
- [4] 李文凤, 蔡青, 黄应昆, 等 . 甘蔗野生资源对蔗茅柄锈菌的抗性鉴定[J] . 植物保护, 2005, 31(2) : 51-53 .
- [5] 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 .
- [6] 诸葛莹, 黄吉森 . 甘蔗属及其野生近缘植物杂交研究初报[J] . 广西农业科学, 1996(1) : 5-6 .
- [7] 王丽萍, 蔡青, 陆鑫, 等 . 甘蔗近缘属野生种滇蔗茅 (*Erianthus rockii*) 的种质创新利用[J] . 中国糖料, 2008(2) : 8-11
- [8] Aitken K, Li J, Wang L, et al . Characterization of intergeneric hybrids of *Erianthus rockii* and *Saccharum* using molecular markers[J] . Genet Resour Crop Evol, 2007, 54 : 1395-1405 .
- [9] 黄家雍, 廖江雄, 诸葛莹 . 甘蔗与河八王、五节芒、滇蔗茅属间交配性及杂种  $F_1$  无性系的形态学和同工酶分析[J] . 西南农业学报, 1997, 10(3) : 92-98 .
- [10] 李文凤, 蔡青, 黄应昆, 等 . 甘蔗优良亲本及创新种质对蔗茅柄锈菌的抗性鉴定[J] . 中国糖料, 2007(4) : 10-12 .
- [11] 杨李和 . 云南割手密种、斑茅种、滇蔗茅种后代黑穗病抗性研究初报[J] . 甘蔗, 2004, 11(1) : 10-14 .
- [12] 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  $F_1$  群体构建与 SSR 分子标记鉴定[J] . 植物遗传资源学报, 2012, 13(2) : 321-324 .
- [13] 蔡青, 范源洪 . 甘蔗种质资源描述规范和数据标准[M] . 北京 : 中国农业出版社, 2006 : 41-42 .
- [14] 张文彤 . 世界优秀统计工具 SPSS11.0 统计分析教程(高级篇)[M] . 北京 : 北京希望电子出版社, 2002 : 32-87 .
- [15] 陈如凯 . 现代甘蔗育种的理论与实践[M] . 北京 : 中国农业出版社, 2003 : 5-58 .
- [16] 李贵勇, 袁平荣, Kwak Kang-Su, 等 . 亚热带和温带生态条件下籼稻品种产量潜力评价[J] . 湖南农业大学学报 : 自然科学版, 2010, 36(6) : 601-604 .
- [17] 郭龙彪, 罗利军, 邢永忠, 等 . 汕优 63 重组自交系群体重要农艺性状遗传分析和利用[J] . 作物学报, 2002, 28(5) : 644-649 .
- [18] 宋稀, 刘凤兰, 郑普英, 等 . 高密度种植专用油菜重要农艺性状与产量的关系分析[J] . 中国农业科学, 2010, 43(9) : 1800-1806 .
- [19] 向盛萍, 袁德义, 赵思东, 等 . 菲油果光合特性的日变化[J] . 湖南农业大学学报 : 自然科学版, 2009, 35(3) : 284-287 .
- [20] Xiao J, Li J, Yuan L, et al . Identification of QTLs affecting traits of agronomic importance in a recombinant inbred population derived from a subspecific rice cross[J] . Theor Appl Genet, 1996, 92 : 230-244 .
- [21] 陆中华 . 甘蔗产量构成因素与产量的关系[J] . 种子, 2002(3) : 38-39 .

责任编辑: 杨盛强