

文章编号: 1001-411X(2001)01-0005-04

# 甘蔗基因型苗期叶片形态解剖性状与糖分、产量关系研究

谭中文<sup>1</sup>, 梁计南<sup>1</sup>, 陈建平<sup>2</sup>, 陈培寿<sup>1</sup>

(1 华南农业大学农学系, 广东 广州 510642; 2 轻工总会甘蔗糖业科学研究所, 广东 广州 510316)

**摘要:** 选取 8 个甘蔗基因型进行苗期叶片形态、解剖性状与蔗茎产量和蔗汁糖分关系的研究。结果表明, 苗期叶宽与叶长、叶脉数之间分别呈显著正相关(0.61、0.72), 叶脉数与平均叶脉间宽度(*AWW*)呈显著负相关(-0.85)。上述前 3 个性状与蔗汁糖分呈负相关, *AWW* 与蔗汁糖分呈正相关, 而蔗茎产量与叶宽、叶脉数呈负相关, 与叶长、*AWW* 呈正相关关系。通径分析结果表明, 叶长对蔗汁糖分的直接贡献为-0.559 4, 对蔗茎产量为 0.577 1; 叶宽对蔗汁糖分的直接贡献为 0.475 1, 对蔗茎产量为-0.247 5; 而叶脉数对蔗汁糖分和蔗茎产量均为负向作用。研究结果认为, 甘蔗苗期表现出叶片较窄, 叶脉数较少, 可作为苗期进行高产高糖性状间接选择的指标。

**关键词:** 甘蔗; 苗期; 叶片形态解剖性状; 糖分; 产量

中图分类号: Q945

文献标识码: A

甘蔗是主要的糖料作物, 不同基因型的蔗茎糖分和蔗茎产量存在差异。对这种差异的遗传机制的研究尚处于滞后状态, 故导致对蔗茎糖分、产量决定的机理至今尚不十分明确。为此, 许多研究者试图从形态、解剖和生理等方面进行研究, 探讨蔗茎糖分及产量与上述性状间的关系。对不同甘蔗基因型在形态、解剖等方面的许多研究认为, 凡是具有叶短、窄、厚、直挺的冠层通透型甘蔗群体, 其产量潜力大<sup>[1-4]</sup>。Nageswara<sup>[5]</sup>指出甘蔗叶长、叶宽与蔗汁糖分和蔗茎产量有相关关系; 而叶片单位宽度的叶脉数(*LIF*)、平均叶脉间宽度(*AWW*)不仅与光合速率、光合产物的转移有关, 而且 *LIF* 与蔗糖分呈正相关, *AWW* 与蔗糖分呈负相关<sup>[6]</sup>; 周可涌<sup>[4]</sup>运用遗传通径分析得出每毫米叶宽含有叶脉数与产糖量呈极显著的遗传负相关。本研究主要在甘蔗生长前期的苗期对叶片的形态、解剖特性进行研究, 目的在于了解这些性状的表现和变化, 并探讨这些性状与甘蔗成熟期的蔗茎产量和糖分的相互关系, 为甘蔗实生苗或无性系低世代的苗期选择和甘蔗高产高糖的栽培技术提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选用 8 个甘蔗基因型: 早熟高糖基因型粤农 76/169、ROC1、桂糖 1 号和 Q75; 迟熟较低糖基因型粤糖 71/210、粤糖 65/1240、Co331 和 Badila。

### 1.2 方法

试验于 1995 年 2 月至 1996 年 2 月在华南农业大学农学分场试验地进行。田间试验采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积为 33.3 m<sup>2</sup>。取样和测定项

目分别于 4 月 2 日、4 月 27 日、5 月 30 日和 6 月 18 日上午 8:00~9:00, 在每小区取有代表性的蔗株 5 株, 剪取+1 叶, 迅速带回实验室, 清水洗净, 用纱布擦去叶上水珠, 测定各项形态、解剖指标, 包括: 叶长、叶宽、叶脉数、叶宽/叶脉数, 叶脉数采用显微镜镜检法; 于收获前进行蔗汁蔗糖分测定, 方法按文献<sup>[7]</sup>进行; 收获期测定蔗茎产量。统计分析参照张全德<sup>[8]</sup>方法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘蔗不同基因型苗期叶片形态解剖性状差异

甘蔗不同基因型苗期叶片长、宽的变化情况见表 1。从表 1 可看出, 早熟高糖的粤农 76/169、ROC1、桂糖 1 号和 Q75 与迟熟糖分较低的粤糖 71/210、粤糖 65/1240、Co331 和 Badila 比较, 无论在苗期初期或整个苗期的叶宽和叶长, 前者比后者的平均值表现较小。4 月 2 日, 前者的平均叶宽为 1.215 cm, 后者为 1.411 cm; 平均叶长前者为 27.60 cm, 后者为 38.02 cm。而整个苗期前者叶宽平均 2.649 cm, 叶长 84.16 cm; 后者叶宽为 2.800 cm, 叶长为 88.25 cm。但从苗期 4 月 2 日至 4 月 27 日的叶宽和叶长日增量值相比较, 8 个基因型的叶宽日增长量分别为: 0.012 4、0.001 0、0.014 4、0.007 1、0.008 7、0.006 6、0.003 0 和 0.001 4 cm; 而叶长日增量分别为 1.118 6、1.015 4、1.368 8、0.890 7、0.764 0、1.010 3、0.730 3、0.045 6 cm。上述结果表明高糖基因型苗期表现出平均叶片较短、较窄, 但平均日生长量则较大。而同属高糖类型, 产量较高的粤农 76/169 和 ROC1 比桂糖 1 号和 Q75 苗期初期叶片表现为更窄和更短。

表 1 甘蔗不同基因型苗期叶宽和叶长的变化

| Tab. 1 The leaf width and leaf length at seedling stage of different sugarcane genotypes |                   |          |          |          |                    |          |          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------|
| 基因型<br>genotypes                                                                         | 叶宽 leaf width/ cm |          |          |          | 叶长 leaf length/ cm |          |          |          |
|                                                                                          | 4 月 2 日           | 4 月 27 日 | 5 月 25 日 | 6 月 18 日 | 4 月 2 日            | 4 月 27 日 | 5 月 25 日 | 6 月 18 日 |
| 粤农 76/ 169 YN76/ 169                                                                     | 1. 045            | 1. 356   | 3. 474   | 4. 852   | 28. 753            | 56. 717  | 116. 917 | 140. 833 |
| ROC 1                                                                                    | 1. 241            | 1. 262   | 2. 839   | 4. 820   | 24. 533            | 49. 917  | 109. 367 | 123. 133 |
| 桂糖 1 号 GT 1                                                                              | 1. 295            | 1. 654   | 3. 186   | 5. 354   | 25. 913            | 60. 133  | 117. 500 | 149. 000 |
| Q75                                                                                      | 1. 279            | 1. 456   | 3. 008   | 4. 600   | 31. 200            | 53. 467  | 112. 700 | 146. 433 |
| 粤糖 71/ 210 YT71/ 210                                                                     | 1. 517            | 1. 734   | 3. 266   | 5. 376   | 47. 033            | 66. 133  | 125. 267 | 128. 167 |
| 粤糖 65/ 1240 YT65/ 1240                                                                   | 1. 309            | 1. 702   | 2. 642   | 4. 532   | 32. 200            | 50. 483  | 124. 300 | 167. 233 |
| Co331                                                                                    | 1. 537            | 1. 384   | 3. 648   | 5. 124   | 41. 093            | 68. 850  | 134. 967 | 133. 767 |
| Badila                                                                                   | 1. 281            | 1. 631   | 3. 200   | 4. 921   | 31. 747            | 45. 387  | 86. 800  | 128. 581 |

不同基因型苗期叶片最大叶脉数和平均叶脉间宽度(*AIW*)的测定结果列于表 2. 结果表明, 苗期粤农 76/169、ROC1、桂糖 1 号和 Q75 的叶脉数一般低于粤糖 71/210、粤糖 65/1240、Co331 和 Badila, 前者平均最大叶脉数为 67.625 条, 而后者为 90.975 条. 而同为高糖类型的基因型间, 产量较高的高糖基因型粤农 76/169 和 ROC 1 比产量较低的高糖基因型桂糖 1 号和 Q 75, 其叶脉数较少, 前二者平均数为 58.45, 后二者为 76.80. 这说明叶脉数的多少与糖分和蔗茎产量均有一定的关系. *AIW* 的情况是, 高糖的 4 个基因型一般都大于低糖基因型, 而高糖和低糖基因

型内的高低产基因型间 *AIW* 的差异不大, 表明 *AIW* 主要与糖分有关, 而与产量的关系似乎不大.

2.2 苗期叶片形态解剖性状与蔗汁糖分、蔗茎产量的相关及通径分析

(1) 不同基因型蔗茎产量及糖分. 不同甘蔗基因型蔗茎产量及蔗汁糖分的大小见表 2. 从表 2 可以看出, 粤糖 71/210 和粤糖 65/1240 产量最高, 但蔗汁糖分为最低或较低; 而桂糖 1 号和 Q75 蔗汁糖分最高, 蔗茎产量较低; Co331 和 Badila 无论蔗茎产量和蔗汁糖分均较低; 粤农 76/169 和 ROC1 则蔗茎产量和蔗汁糖分均较高.

表 2 甘蔗不同基因型苗期叶片形态性状以及蔗茎产量和蔗汁糖分差异

Tab. 2 The morphological and anatomical characters of leaf at seedling stage and cane yield and cane juice sugar of different sugarcane genotypes

| 基因型<br>genotype        | 最大叶宽<br>max. leaf width/ cm | 最大叶脉数<br>max. vein number | <i>AIW</i><br>/ cm | 蔗茎产量<br>cane yield/(t·hm <sup>-2</sup> ) | w (蔗汁糖分)<br>cane juice sugar)/ % |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| 粤农 76/ 179 YN 76/ 179  | 1. 356                      | 65. 1                     | 0. 020 8           | 63. 51                                   | 18. 01                           |
| ROC1                   | 1. 262                      | 51. 8                     | 0. 024 4           | 63. 20                                   | 18. 00                           |
| 桂糖 1 号 GT 1            | 1. 654                      | 84. 5                     | 0. 019 6           | 46. 98                                   | 18. 04                           |
| Q75                    | 1. 456                      | 69. 1                     | 0. 021 1           | 52. 29                                   | 19. 08                           |
| 粤糖 71/ 210 YT 71/ 210  | 1. 734                      | 77. 4                     | 0. 022 4           | 87. 68                                   | 10. 74                           |
| 粤糖 65/ 1240 YT65/ 1240 | 1. 702                      | 103. 3                    | 0. 016 5           | 75. 98                                   | 12. 37                           |
| Co331                  | 1. 384                      | 79. 5                     | 0. 017 4           | 47. 76                                   | 10. 76                           |
| Badila                 | 1. 631                      | 103. 7                    | 0. 015 7           | 23. 45                                   | 10. 30                           |

(2) 苗期叶片形态解剖性状与蔗汁糖分、蔗茎产量的相关与通径分析. 苗期叶宽、叶长、叶脉数、*AIW*、蔗汁糖分及蔗茎产量的相关分析列于表 3. 表 3 表明, 叶宽与叶长和叶脉数均达显著相关; 叶脉数与 *AIW* 和蔗茎产量则分别达极显著负相关; 而蔗茎产量分别与 *AIW* 和蔗汁糖分达显著负相关.

从形态解剖性状中, 以苗期叶宽( $x_1$ )、叶长( $x_2$ )、叶脉数( $x_3$ )为自变量, 以蔗汁糖分( $y_1$ )和蔗茎产量( $y_2$ )为依变量, 进行通径分析, 结果见表 4.

由表 4 可以看出, 叶宽对蔗汁糖分的直接作用与间接作用(绝对值)均较对蔗茎产量的大, 分别达 0.475 1 和-0.770 0. 叶长对蔗汁糖分和蔗茎产量的直接影响和间接影响都差不多; 而叶脉数对蔗汁糖分的直接作用为-0.593 8, 间接作用为 0.216 8; 对蔗茎产量的直接作用是-0.478 4, 间接作用为-0.049 2. 从通径分析结果可以看出, 除叶长对蔗茎产量为正相关关系外, 其余均表现出负相关关系. 但上述关系从直接作用和间接作用的大小可进一步说明上述 3

个性状对糖分及产量的制约关系. 表 4 结果表明, 虽然叶宽对蔗汁糖分有正向的直接作用, 但叶长、叶脉数对蔗汁糖分负向间接作用的总和绝对值较大, 故表现出叶宽与蔗汁糖分的负相关关系; 同样, 叶宽对产量为负向直接作用, 而通过叶长、叶脉数的间接作用值较小, 亦表现出叶宽与产量为负相关关系. 叶长和叶脉数对糖分和产量的关系表现出上述类似的结果. 由于叶片长度与产量为正相关关系, 叶片长、宽及叶脉数之间又呈极显著相关, 因此在苗期间接选择高产高糖性状时, 应注意在一定叶片长度条件下, 叶片较窄、叶脉数较少是较可靠的选择指标, 而叶片长度究竟以多长为宜, 有待进一步研究.

表 4 苗期叶片形态解剖性状与蔗汁糖分( $y_1$ )、蔗茎产量( $y_2$ )途径分析<sup>1)</sup>

Tab. 4 The path analysis on the morphological and anatomical characters of leaf at seedling stage, cane juice sugar ( $y_1$ ) and cane yield ( $y_2$ )

| 性 状<br>character | 相关系数<br>correlation coefficient | 直接作用<br>direct contribution | 间接作用 indirect contribution |          |          |          |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
|                  |                                 |                             | $x_1$                      | $x_2$    | $x_3$    | 总和 total |
| $x_1$ 与 $y_1$    | -0.294 9                        | 0.475 1                     |                            | -0.343 0 | -0.427 0 | -0.770 0 |
| 与 $y_2$          | -0.237 7                        | -0.247 5                    |                            | 0.353 8  | -0.344 0 | 0.009 8  |
| $x_2$ 与 $y_1$    | -0.400 6                        | -0.559 4                    | 0.291 3                    |          | -0.132 5 | -0.158 8 |
| 与 $y_2$          | 0.318 5                         | 0.577 1                     | -0.151 7                   |          | -0.106 8 | -0.258 6 |
| $x_3$ 与 $y_1$    | -0.377 0                        | -0.593 8                    | 0.341 6                    | -0.124 9 |          | 0.216 8  |
| 与 $y_2$          | -0.527 6                        | -0.478 4                    | -0.178 0                   | 0.128 8  |          | -0.049 2 |

1) 与  $y_1$  的决定系数为  $d_1=0.225\ 7$ ,  $d_2=0.319\ 2$ ,  $d_3=0.352\ 6$ ,  $d_{12}=-0.324\ 2$ ,  $d_{13}=-0.406\ 2$ ,  $d_{23}=0.146\ 2$ ; 与  $y_2$  的决定分数为  $d_1=0.061\ 3$ ,  $d_2=0.333\ 0$ ,  $d_3=0.228\ 9$ ,  $d_{12}=-0.174\ 3$ ,  $d_{13}=0.170\ 5$ ,  $d_{23}=-0.121\ 5$

### 3 讨论

提高甘蔗杂种后代的选择效率及缩短甘蔗育种的周期, 一直是甘蔗育种者所探讨的问题, 若能在甘蔗生长初期根据苗期一些形态解剖性状, 对高产高糖性状进行预测, 这在甘蔗杂种后代选育和栽培上均有重要的理论和实用意义, 但此类研究报道较为鲜见. 本试验主要从研究苗期性状差异出发, 探讨苗期性状的特点及其与产量和糖分性状之间的关系, 从研究结果分析, 初步得出如下一些结果.

#### 3.1 苗期叶片形态解剖性状与糖分和产量的关系

近年来, 对叶片形态、解剖性状的报道, 多数只涉及与光合效率的关系<sup>[2,9~11]</sup>, 认为叶厚、窄有利于提高光合效率, 叶片宽度与光合强度成负相关; 叶厚度与光合强度成正相关, 而与产量、糖分的关系报道不多, 特别是苗期叶片形态、解剖性状与糖分、产量的研究报道极少. 本研究的结果表明, 高产高糖基因型苗期叶片表现为较短、窄, 单位叶宽的叶脉数较少, 相关分析的结果也基本上证实这一关系. 特别是叶脉数与产量和糖分的相关及途径分析结果表明,

表 3 苗期叶片形态解剖性状、蔗汁糖分、蔗茎产量间的相关分析<sup>1)</sup>

Tab. 3 The correlation coefficients among morphological and anatomical characters of leaf at seedling stage, cane juice sugar and cane yield

| 性 状<br>character      | 叶宽<br>leaf width | 叶长<br>leaf length | 叶脉数<br>vein number | 蔗汁糖分<br>cane juice sugar |
|-----------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| 叶长 leaf length        | 0.61 **          |                   |                    |                          |
| 叶脉数 vein number       | 0.72 **          | 0.22              |                    |                          |
| AVW                   | -0.27            | 0.09              | -0.85 **           |                          |
| 蔗汁糖分 cane juice sugar | -0.29            | -0.40             | -0.38              | 0.34                     |
| 蔗茎产量 cane yield       | -0.24            | 0.32              | -0.53 **           | -0.49 ** -0.47 *         |

1) 表中 \*, \*\* 分别示达 0.05、0.01 显著水平

相关系数和直接作用的方向是一致的, 这与周可涌<sup>[4]</sup>的看法相同, 表明上述性状, 特别是叶脉数可作为高产高糖在苗期的间接选择指标. 但途径分析结果表明, 苗期叶片宽度、长度对产量、糖分的作用是互为制约的, 这说明甘蔗基因型并不是叶片越短越窄就越具高产高糖潜力, 而应在一定范围内才能达到, 究竟在多大范围内较为合适, 则有待进一步研究. 另外, 苗期叶宽、叶长和叶脉数对糖分和产量的决定系数的总和分别为 0.307 0 和 0.804 9, 这说明如若在苗期通过形态和解剖性状选择高糖基因型, 仍需再考虑其他形态和解剖性状, 而选择高产基因型, 则基本上可依据上述 3 个性状作为辅助选择的指标.

#### 3.2 苗期性状在甘蔗育种中的应用问题

甘蔗的生长和糖分的积累所需有机物质是由蔗叶通过光合作用制造的, 苗期是甘蔗生长的开始阶段, 它为后期蔗茎产量和糖分形成打下基础, 是具有重要意义的. 本研究的结果表明, 苗期某些叶片形态、解剖性状与蔗茎产量和糖分之间表现出一定的相关关系且十分复杂. 育种实践亦表明, 虽然蔗茎产

量和糖分呈负相关的关系,但在一定范围内,选择高产高糖的基因型是完全可能的.因此,利用上述研究性状进行高产高糖的间接选择,仍需进一步研究上述性状的最佳取值问题.然而,本研究认为,苗期在形态、解剖上表现为叶片较窄,叶脉数较少,是苗期进行高产高糖性状辅助选择的较可靠的指标.

参考文献:

[ 1 ] 苏广达,叶振邦,吴伯铨,等.甘蔗栽培生物学[ M ].北京:轻工业出版社,1983.26—65.202—214.  
[ 2 ] 苏广达.光合利用与甘蔗高产[ J ].甘蔗糖业(甘蔗分刊),1978 3: 11—17.  
[ 3 ] 陈能武.甘蔗叶型研究初探[ J ].甘蔗糖业,1990,1: 5—11.  
[ 4 ] 周可涌.甘蔗叶片解剖特征在 F<sub>1</sub> 代苗期选择上的应用

[ J ].福建农学院学报,1990 2: 123—130.  
[ 5 ] NAGESWARA P. Variations in leaf parameters as indices for juice quality in sugarcane[ J ]. Bharatiya Sugar, 1987, (3): 33—47.  
[ 6 ] PERUMAL K. 可作为选育高糖甘蔗品种的选择指标的叶部解剖性状[ J ].国外农学—甘蔗,1990 (4): 20—22.  
[ 7 ] 广东省甘蔗糖业食品科学研究所.甘蔗制糖化学管理统一分析方法[ M ].北京:轻工业出版社,1974.43—51.  
[ 8 ] 张全德,胡秉民.农业试验统计模型和 BASIC 程序[ M ].杭州:浙江科学技术出版社,1985.263—278,444—462.  
[ 9 ] 王鉴明.甘蔗栽培生理[ M ].北京:农业出版社,1980.38—49.  
[ 10 ] 李明启.作物光合效率与产量的关系及影响光合效率的内在因子[ J ].植物生理学通讯,1980 (2): 1—8.  
[ 11 ] IRVINR J E. Photosynthesis in sugarcane varieties under field conditions [ J ]. Crop Sci, 1967, 7: 297—300.

Studies on the Relationship of Morphological, Anatomical Characters in Seedling Stage and Juice Sugar, Yield on Sugarcane Genotypes

TAN Zhong-wen<sup>1</sup>, LIANG Ji-nan<sup>1</sup>, CHEN Jian-ping<sup>2</sup>, CHEN Pei-shou<sup>1</sup>

(1 Dept. of Agronomy, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642 China; 2 Sugarcane Ind. Res. Inst., Guangzhou 510316, China)

**Abstract:** The morphological and anatomical characters of leaf at seedling stage of 8 sugarcane genotypes were studied. The results showed that the correlation coefficients (0.61 and 0.72) among leaf width, leaf length and vein's number were positive in very significant level. There was an extremely significant negative correlation coefficient (—0.85) between leaf width and average vein width (*AVW*). The correlation among the first three characters mentioned above and cane juice sugar was negative. The cane yield was negatively correlated with leaf width and vein number and positively correlated with leaf length and *AVW*, respectively. The path analysis showed that the leaf length directly contributed 0.559 4 value to the cane juice sugar and 0.577 1 value to the cane yield, and the leaf width directly contributed 0.475 1 value to the cane juice sugar and —0.247 5 value to the cane yield. The vein's number had negative contributions to the both cane yield and juice sugar. The results showed that the characters of seedlings, which were more narrow leaf, lower vein's number, can be used as indirect selection indices for higher yield and higher sugar content of cane.

**Key words:** sugarcane; seedling stage; morphological and anatomical character of leaf; sugar content; yield

【责任编辑 周志红】