

甘蔗早期选择技术研究

I. 实生苗成苗数的选择效率分析

赵培方^{1,2}, 姚丽^{1,2}, 咎逢刚^{1,2}, 赵俊^{1,2}, 夏红明^{1,2}, 杨昆^{1,2},
陈学宽^{1,2}, 吴才文^{1,2}, 刘家勇^{1,2*}

(1. 云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南 开远 661699; 2. 云南省甘蔗遗传改良重点实验室, 云南 开远 661699)

摘 要: 分别选用实生苗阶段不同丛有效茎水平品系 120 份和 28 个杂交组合不同成苗数实生苗 840 份作为试验材料, 研究实生苗无性繁殖后出苗率、有效茎、丛有效茎和芽成茎数 4 个芽成茎指标在品系间和水平间的差异及广义遗传力, 以及实生苗成苗数、成茎数和成茎率的广义遗传力和遗传相关。结果表明: 无性繁殖后出苗率和有效茎数、丛有效茎数、芽成茎数的品系间和水平间差异均达极显著水平, 其广义遗传力分别为 0.58、0.65、0.84 和 0.84; 实生苗阶段丛有效茎数 5 的品系芽成茎指标总体显著高于 4 条及以下的品系, 且主要为强丛生性品系, 占 61.29% 以上; 实生苗成苗数和丛有效茎数组合间的差异极显著, 其广义遗传力分别为 0.67 和 0.76, 成苗数和丛有效茎数的遗传相关性达极显著水平; 不同成苗水平实生苗丛有效茎间的差异极显著, 丛有效茎数随成苗数的增加而显著增加; 成苗数 7 的实生苗仅占 30.24%, 丛有效茎数 5 的实生苗仅占 13.81%。

关 键 词: 甘蔗; 实生苗; 早期选择; 成苗数; 丛有效茎; 丛生性

中图分类号: S566.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2015)01-0024-05

Sugarcane early stage selection

I. Analysis of selection efficiency on the amount of seedling tillers

Zhao Peifang^{1,2}, Yao Li^{1,2}, Zan Fenggang^{1,2}, Zhao Jun^{1,2}, Xia Hongming^{1,2}, Yang Kun^{1,2},
Chen Xuekuan^{1,2}, Wu Caiwen^{1,2}, Liu Jiayong^{1,2*}

(1. Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan, Yunnan 661699, China; 2. Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, Yunnan 661699, China)

Abstract: A total of 120 clones with various millable stalks per stool (MSS) at seedling stage and 840 seedlings from 28 families were selected as materials which were respectively planted at two field experiment sties. The broad heritability (h^2) and genetic correlations between the number of tillers and MSS were researched based on indices from vegetative propagation of seedlings, including germination rate, the number of millable stalks, MSS and millable stalks per bud (MSB). The results showed that there were very significant differences among germination rate, millable stalks, MSS and MSB whether in genotypes or in levels at seedling stage after vegetative propagation, with an h^2 of 0.58, 0.65, 0.84 and 0.84, respectively; The clones with MSS equal or larger than 5 at seedling stage were significantly higher than that of equal or less than 4 in general, and 61.29% of these clones generated MSB equal or larger than 3 at vegetative crop; There were very significant difference in the aspect of genetic correlations among the combinations of the number of tillers and MSS with an h^2 of 0.67 and 0.76, respectively; The MSS of seedlings were significantly increased with the

收稿日期: 2014-06-12

修回日期: 2014-07-09

基金项目: 国家甘蔗产业技术体系项目(CARS-20-1-1); 云南省重点新产品开发计划项目(2012BB014); 云南省甘蔗产业技术体系遗传育种研究岗位专家团队项目; 云南省蔗糖业发展专项; 云南省农业科学院甘蔗品种改良与应用省创新团队项目(2014HC015); 云南省技术创新人才培养对象项目(2014HB058); 云南甘蔗杂交花穗规模化生产与抗旱新品种选育及示范项目(2014RA059)

作者简介: 赵培方(1981—), 男, 云南省石林县人, 副研究员, 主要从事甘蔗遗传育种及生理生化研究, hnzpf@163.com; *通信作者, 刘家勇, 硕士, 研究员, 主要从事甘蔗遗传育种研究, lljy1976@163.com

level of tillers, and the seedlings with tillers equal or larger than 7 accounted for 30.24%, by contrast, MSS equal or larger than 5 only accounted for 13.81%.

Keywords: sugarcane; seedling; early stage selection; tillers; millable stalks; stool characters

甘蔗是高度杂合的异源多倍体植物, 双亲间杂交获得的群体常有较为广泛的分离, 但仅有极少数单株具备优良的性状, 因此, 甘蔗育种中通常需获得较大的实生苗群体供选择, 如澳大利亚甘蔗试验总局每年的杂交组合量达 2 000 ~ 3 000 个^[1]。在实生苗的筛选过程中, 为避免漏选, 部分甘蔗育种机构, 如美国农业部运河点甘蔗育种站, 根据杂种圃中实生苗丛生性、锈病、黑穗病的自然发生情况及空蒲心程度对单株进行淘汰, 保持高达 25% 左右的入选率。虽然实生苗阶段高的入选率可降低漏选的几率, 但后期无性繁殖筛选需要更多的试验地和资金投入。国内主要甘蔗育种机构依据更多指标, 如丛生性、空蒲心、茎径、脱叶性、毛群、病害自然发生情况等对杂种圃的实生苗进行优选, 仅保持 5% 左右的入选率。假设被优选的品系均为优良的实生苗单株, 按 25% 的入选率, 仍有高达 75% 的实生苗应在移栽大田供选择之前被淘汰。已有关于实生苗大田移栽前早期阶段发株测试^[2]的报道和主要甘蔗病害黑穗病^[3]、花叶病^[4]、锈病^[5]和宿根矮化病^[6]接种胁迫等的相关报道。若在实生苗移栽大田供选择之前能依据与甘蔗重要育种目标相关的某些性状, 如成苗数(含分蘖, 下同)对实生苗进行优选, 淘汰表现较差的实生苗, 仅移栽表现优良的单株形成杂种圃供选择, 将有利于提高甘蔗育种效率。

有效茎数是重要的甘蔗产量构成因素^[7-8]。有效茎多的品种因新植收获后具有更多的地下芽而宿根发株成茎多, 有利于宿根高产, 且有效茎多的品种有利于减少种芽投入。黄家雍等^[9]研究了 9 个甘蔗品种的株高、茎径、单株茎数、锤度、有效茎数等 5 个性状间的遗传相关及其对蔗茎产量和含糖量的影响, 认为有效茎数对蔗茎产量和含糖量的直接效应和总贡献较大。谭中文等^[10]研究了 13 个甘蔗品种 9 个性状的遗传参数, 认为有效茎具有较大的遗传变异和相对遗传进度, 且与蔗茎产量和含糖量呈极显著正相关。刘家勇等^[11]应用灰色关联度法分析了甘蔗实生苗 4 个性状对入选率的影响, 认为在甘蔗实生苗筛选过程中, 实生苗的丛有效茎数对

入选率的关联度最大。可见, 有效茎数可作为甘蔗品种选育的重要指标之一。在实生苗大田移栽前, 无茎径、锤度、空蒲心等性状可供参考, 而成苗数却是一个较易观察的指标, 且甘蔗的成苗数与成茎数间存在极显著正相关^[12]。笔者研究不同丛有效茎水平实生苗无性繁殖后芽成茎指标的差异和广义遗传力, 以及不同成苗水平实生苗的成茎指标差异、广义遗传力和遗传相关性, 旨在间接验证对实生苗成苗数进行筛选的可行性, 为甘蔗实生苗大田移栽前的选择提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料

因本研究中的田间试验分为实生苗阶段不同丛有效茎水平品系的成茎试验(试验 1)和不同成苗水平实生苗的成茎试验(试验 2)2 部分, 所以, 试验材料也由 2 部分构成, 其中试验 1 的材料来源于云南省农业科学院甘蔗研究所 2009 年系列第一试验基地(水田)杂种圃; 试验 2 实生苗为 2012—2013 年杂交季选配并委托广州甘蔗糖业研究所海南崖城甘蔗育种场杂交的 28 个杂交组合。试验 1 材料为随机筛选出的实生苗阶段不同丛有效茎水平的品系 120 份, 其中, 含实生苗阶段丛有效茎 1~2 棵(水平 1)的品系 23 份, 3~4 棵(水平 2)的品系 45 份, 5~6 棵(水平 3)的品系 31 份, 7 棵及以上(水平 4)的品系 21 份。试验 2 材料为 2013 年 2 月获得杂交种子播种后形成的甘蔗实生苗。

1.2 田间试验设计

田间试验统一在云南省农业科学院甘蔗研究所第一试验基地进行。试验 1 的 120 份参试品系于 2011 年 2 月下旬种植, 完全随机区组排列, 行长 1.7 m, 行距 1.2 m, 2 次重复, 每重复 4 芽, 种植后进行灌水盖膜; 试验 2 的 28 个杂交组合实生苗于 2013 年 5 月 23 至 24 日移栽, 完全随机区组排列, 行长 6 m, 行距 1 m, 每行 20 苗, 重复 2 行, 共计 3 次重复。移栽前灌水盖膜, 移栽后浇水 2 次

以保持成活，其他管理与大田生产一致。

1.3 数据收集及处理

于 2011 年 5 月 24 日调查试验 1 中参试品系的出苗率，11 月 14 日调查有效茎数和丛有效茎数。芽成茎数=有效茎数/种植芽量(其中，每重复种植芽量为 4)，以芽成茎数 3 的品系为强丛生性品系，计算各水平内强丛生性品系所占的百分比。于 7 月 18 日调查试验 2 中各实生苗的成苗数，各重复调查 10 丛，同时记录各实生苗调查顺序；于 12 月 6 日按照对应的成苗数调查顺序调查丛有效茎数(株高大于 1 m 的蔗茎数)。为便于统计分析，根据成苗数将实验 2 参试实生苗划分为 6 个水平：水平 1(1~2 苗)、水平 2(3~4 苗)、水平 3(5~6 苗)、水平 4(7~8 苗)、水平 5(9~10 苗)和水平 6(10 苗以上)，计算各成苗水平内实生苗的成茎数和成茎数分布。

采用 Excel 2010 对数据进行整理。采用软件 Statistix v 8.0 进行方差分析和 LSD 多重比较。采用软件 DPS v13.5 进行遗传相关分析。采用软件 GenStat v 7.1.0.198 计算遗传方差分量。采用以下公式计算广义遗传力。 $h^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2 / n)$ ，式中， σ_g^2 为基因型方差分量； σ_e^2 为环境方差分量； n 为重复数。

2 结果与分析

2.1 不同丛有效茎水平实生苗无性繁殖后的成茎差异

表 1 结果表明，实生苗无性繁殖后的出苗率和有效茎数、丛有效茎数、芽成茎数在品系间和实生苗阶段不同丛有效茎水平间的差异均为极显著，且品系和丛有效茎水平均为主要变异来源。

表 1 实生苗阶段不同丛有效茎品系无性繁殖后芽成茎指标的方差分析结果

Table 1 Analysis of variance for the indices to describe millable stalks of vegetative propagation crop

变异来源	出苗率	有效茎数	丛有效茎数	芽成茎数
品系均方	798.23	47.92	4.35	2.99
F 值	2.44**	6.17**	2.84**	6.19**
误差均方	327.38	7.77	1.53	0.48
丛有效茎水平均方	2 481.50	666.07	36.37	41.66
F 值	4.61**	33.82**	14.45**	33.94**
误差均方	538.31	19.70	2.52	1.23

“ ** ” 示差异达 0.01 显著水平。

表 2 结果表明，实生苗阶段不同有效茎水平间的出苗率、有效茎数、丛有效茎数和芽成茎数从水平 1 至水平 4 均呈增加趋势。水平 3 和水平 4 的出苗率、有效茎数、丛有效茎数和芽成茎率均显著 ($P=0.05$) 高于水平 1 和水平 2，且 4 个指标在水平 1 和水平 2 间，水平 3 和水平 4 间的差异均无统计学意义。可见，实生苗阶段丛有效茎数为水平 3 和水平 4(实生苗阶段丛有效茎数 5 条)的品系，无性繁殖后 4 个指标均总体显著高于水平 1 和水平 2(实生苗阶段丛有效茎数 4 条)的品系。

表 2 实生苗阶段不同丛有效茎水平的出苗率和成茎指标
Table 2 Least significant difference test for millable stalks in levels of millable stalks per stool at seedlings stage

实生苗阶段 丛有效茎水平	出苗率/%	有效茎数	丛有效 茎数	芽成 茎数
水平 1 (1~2 条)	65.22 b	7.87 b	3.34 b	1.99 b
水平 2(3~4 条)	66.94 b	9.14 b	3.57 b	2.32 b
水平 3(5~6 条)	75.40 a	13.71 a	4.67 a	3.45 a
水平 4(7 条及以上)	79.76 a	15.33 a	5.04 a	3.86 a

实生苗阶段不同丛有效茎水平品系无性繁殖后，芽成茎数 3 的品系所占比例随实生苗阶段丛有效茎水平的增加而增加。实生苗阶段丛有效茎水平 1 和水平 2 的品系，无性繁殖后芽成茎 3 条以下的品系所占比例较高，水平 1 中和水平 2 中芽成茎数 < 3 的品系分别占 95.65% 和 86.67%，而芽成茎数 3 的品系仅分别占 4.35% 和 13.33%。实生苗阶段丛有效茎水平 3 和水平 4 的品系，无性繁殖后芽成茎数 3 的品系所占比例较高，水平 3 和水平 4 芽成茎数 3 的品系分别占 61.29% 和 80.95%，而芽成茎数 < 3 的品系分别占 38.71% 和 19.05%。

2.2 不同成苗水平实生苗的成茎差异

实生苗的丛有效茎数主要取决于成苗数量。本研究中，不同组合成苗数间的差异、丛成茎数间的差异和成茎率间的差异均为极显著 ($P<0.01$)，其变异来源主要为杂交组合。不同成苗数水平实生苗的成茎数间差异和成茎率间差异均为极显著 ($P<0.01$)，且成苗水平为主要的变异来源。不同成苗水平实生苗的成茎数间差异和成茎率间差异均为极显著 ($P<0.01$)。实生苗丛成茎数从成苗水平 1 至水平 6 呈显著 ($P=0.05$) 增加趋势。水平 1、水平 2、水平 3、水平 4、水平 5 和水平 6 的平均成茎数依

次为 0.75、1.85、2.57、3.40、3.85、4.36 条。

图 1 结果表明,依据成苗数量划分,840 份实生苗中,69.76%的实生苗成苗数在 1~6 条(对应成苗水平 1、水平 2 和水平 3);成苗数量在 7 条及以上的实生苗占 30.24%。由 2.1 可知,丛有效茎数 5 条的实生苗无性繁殖后成茎指标显著优于 4 条及以下的群体,图 1 中成茎数 5 条的实生苗比例随成苗数量的增加而增加,成苗水平 3、水平 4、水平 5、水平 6 的比例分别为 10.44% ,27.27% ,37.04%和 47.62%。虽然丛有效茎数 5 的实生苗比例随实生苗成苗数量的增加而增加,但成苗数高的实生苗所占比例较低。总体而言,仅 13.81%的实生苗成茎数 5。

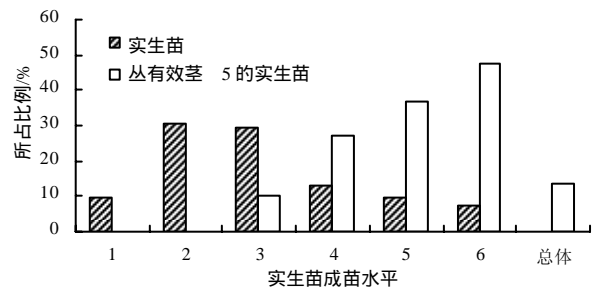


图 1 不同成苗水平实生苗所占比例及成茎数≥5 的比例
Fig.1 Percentage of seedlings in levels and the percentage of seedlings with millable stalks equal or larger than 5

2.3 成茎相关指标的广义遗传力及遗传相关性分析

表 3 结果表明,实生苗无性繁殖后的出苗率、丛有效茎数、有效茎数和芽成茎率的广义遗传力均较高,分别为 0.58、0.65、0.84、0.84,表明实生苗无性繁殖的芽成茎特性差异主要受基因型控制。实生苗阶段的成苗数量、丛有效茎数和成茎率 3 个指

表 3 实生苗阶段不同丛有效茎水平品系(试验 1)及实生苗(试验 2)成茎指标的遗传方差、环境方差和广义遗传力

Table 3 Genetic variance, environmental variance, and the broad heritability related to millable stalks among clones (trial 1) and seedlings (trial 2)

试验	成茎指标	σ_g^2	σ_e^2	h^2
试验 1	出苗率	232.40	333.30	0.58
	丛有效茎数	1.41	1.53	0.65
	有效茎数	20.07	7.77	0.84
	芽成茎数	1.25	0.49	0.84
试验 2	成苗数	0.91	1.36	0.67
	丛有效茎数	0.28	0.27	0.76
	成茎率	63.51	52.69	0.78

标的广义遗传力均较高,分别为 0.67、0.76、0.78,表明这些性状主要受遗传因素控制。根据遗传相关分析结果,实生苗成苗数与丛有效茎数、成茎率与丛有效茎数的遗传相关系数均为 0.64,达极显著水平,而成苗数量与成茎率之间表现为较弱的负相关。

3 结论与讨论

甘蔗杂种圃阶段(实生苗)的成茎和后期无性繁殖阶段的成茎不同,前者来源于杂交种子,后者来源于蔗芽,但在实生苗选择阶段,单株的丛有效茎数仍被作为最重要的选择指标之一,如云南省农业科学院甘蔗研究所对实生苗阶段的有效茎数采取较严格的选择标准,新植入选实生苗丛有效茎数需大于等于 3 条,而宿根需大于等于 4 条。本研究中,实生苗无性繁殖后的出苗率、丛有效茎数、有效茎数和芽成茎数变异均主要来源于基因型,表现出较高的广义遗传力,且实生苗阶段丛有效茎数 5 的品系无性繁殖后的芽成茎指标总体显著高于 4 条及以下 2 个水平的品系。若以单芽成茎数 3 的品系为强丛生性品系,从实生苗阶段丛有效茎多(5 条)的品系中筛选出强丛生性品系的几率在 61.29%以上,因此,在实生苗阶段选择丛有效茎多的实生苗,无性繁殖后表现为强丛生性的可能性较大。

甘蔗的有效茎数来源于苗期的成苗数。赵俊等对 113 份从国外引进的甘蔗种质的农艺性状间相关性进行研究,结果表明有效茎与出苗率呈显著正相关^[12]。本研究中,实生苗的成苗数和丛有效茎数的广义遗传力分别达 0.67 和 0.76,且两者间呈极显著的遗传正相关,因此,在苗期筛选成苗数多的实生苗,有利于获得丛有效茎多的实生苗,而丛有效茎多的实生苗无性繁殖后表现为强丛生性的几率较高。在丛有效茎少于 5 条的实生苗中,无性繁殖后表现为强丛生性的几率相对较低,而在丛有效茎数 5 的实生苗中,强丛生性品系所占的比例较高。仅成苗数 5 的实生苗具备成茎 5 条的潜力,在成苗数为 5~6 条的实生苗中,成茎数 5 的实生苗占 10.44%,而在成苗 7~8 条的实生苗中,该比例增加至 27.27%。笔者建议选择成苗数量在 5 条及以上的实生苗,但如果将选择强度增加至 7 条及以上,

便可在苗期淘汰约 70%的实生苗,仅优选苗期成苗数高的实生苗进入“五圃制”选育程序,可提高后期选育过程中强丛生性品系所占的比例。

在甘蔗品种选育过程中,因实生苗阶段参试材料数量巨大,在其移栽大田前进行早期选择将有利于提高品种选育效率。成苗数作为实生苗大田移栽前较易观察的主要性状之一,本研究中间接验证了该性状可作为实生苗早期选择指标,提高无性繁殖筛选过程中强丛生性品系所占的比例。近年来,云南省农业科学院甘蔗研究所研究形成了甘蔗实生苗大田移栽前发株测试和筛选的早期选择技术^[2],已在近 20 万实生苗上应用。因发株成苗差的实生苗在大田移栽前已被淘汰,所以,可大量节约杂种圃试验用地和资金投入,提高甘蔗育种效率。

参考文献:

- [1] 吴才文. 澳大利亚家甘蔗家系选择技术简介[J]. 甘蔗糖业, 2007(1): 6-9.
- [2] 赵培方, 刘家勇, 陈学宽, 等. 甘蔗实生苗大田移栽前测试宿根性的方法: 中国, CN201110173263.9[P]. 2011-06-25.
- [3] 夏红明, 陈学宽, 赵培方, 等. 甘蔗实生苗大田移栽前进行甘蔗黑穗病接种胁迫方法: 中国, CN201110191326.3[P]. 2011-07-09.
- [4] 杨昆, 赵培方, 刘家勇, 等. 甘蔗实生苗大田移栽前花叶病接种胁迫方法: 中国, CN201110173262.4[P]. 2011-06-25.
- [5] 赵培方, 刘家勇, 夏红明, 等. 甘蔗早期选择技术研究及应用[J]. 中国作物学会甘蔗专业委员会第八次全国会员代表大会暨第15次学术讨论会(云南分册), 2014: 37-42.
- [6] 赵俊, 吴才文, 刘家勇, 等. 甘蔗实生苗大田移栽前宿根矮化病RSD接种方法: 中国, CN201110191327.8[P]. 2011-07-09.
- [7] James N J, Miller J D. Selection in two seedling crops of four sugarcane progenies[J]. Crop Science, 1971(11): 245-248.
- [8] Tai P Y P, Miller J D. Family performance at early stages of selection and frequency of superior clones from crosses among canal point cultivars of sugarcane[J]. Journal American Society of Sugar Cane Technologists, 1989(9): 62-70.
- [9] 黄家雍, 诸葛莹, 刘海斌. 甘蔗主要性状的遗传相关及通径分析[J]. 甘蔗, 1999, 6(3): 6-9.
- [10] 谭中文, 谭启超, 梁耀祥. 甘蔗品种性状的遗传、相关及其通径分析[J]. 甘蔗糖业, 1982(10): 12-17.
- [11] 刘家勇, 陈学宽, 吴才文, 等. 甘蔗实生苗入选性状的灰色关联度分析[J]. 中国糖料, 2005(2): 22-24, 27.
- [12] 赵俊, 吴才文, 赵培方, 等. 引进甘蔗种质工艺与农艺性状的相关性及聚类分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2012, 38(5): 476-481.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库