

甜菊不同杂交组合结实率及其 F₁ 代萌发和生长及对 NaCl 耐性的比较

杨永恒, 黄苏珍^①, 佟海英

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

摘要:以甜菊(*Stevia rebaudiana* Bertoni)的耐盐性较强品种‘中山3号’和‘守田2号’及R-A高含量品种‘中山4号’和‘守田3号’为亲本配置7个杂交组合并获得杂交种子,对种子结实率和发芽率及F₁代幼苗的存活率进行统计分析,在此基础上采用砂培和水培方法比较了亲本及F₁代扦插苗对NaCl胁迫的耐性。结果表明:品种间杂交组合的结实率均显著高于同系列品种间杂交及自交组合,其中‘守田2号’×‘中山3号’杂交组合的结实率最高,为74.9%;7个杂交组合F₁代的种子发芽率为63.8%~89.0%,差异明显;‘守田2号’×‘中山4号’杂交组合F₁代幼苗存活率相对较低(79.80%),其他杂交组合F₁代幼苗存活率均在93%以上。砂培条件下,用100 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫7 d,各杂交组合F₁代扦插苗的存活率差异不显著;随NaCl胁迫时间的延长各杂交组合F₁代扦插苗的存活率均明显下降;胁迫28 d,‘守田2号’×‘守田3号’杂交组合以及‘中山3号’自交组合F₁代扦插苗的存活率显著高于其他杂交组合。水培条件下,用100、150、200和250 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫14 d,‘守田2号’×‘中山3号’、‘中山3号’×‘守田2号’和‘中山3号’×‘守田3号’3个杂交组合F₁代扦插苗的存活率均显著高于其耐盐亲本及其他杂交组合。研究结果说明:通过杂交提高甜菊耐盐能力是可行的,而亲本的耐盐能力及亲本配置对杂交后代目标性状有较大影响;‘中山3号’×‘守田2号’、‘守田2号’×‘中山3号’和‘中山3号’×‘守田3号’是耐盐性较强的甜菊优良杂交组合。

关键词:甜菊;杂交组合;结实率;发芽率;存活率;耐盐性

中图分类号: Q945.53; Q948.113; S566.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)02-0073-06

Comparisons of setting rate of different cross combinations of *Stevia rebaudiana* and germination, growth and NaCl resistance of their F₁ hybrids YANG Yong-heng, HUANG Su-zhen^①, TONG Hai-ying (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, 21(2): 73-78

Abstract: Taking two salt tolerance cultivars (‘Zhongshan No. 3’ and ‘Shoutian No. 2’) and two high R-A content cultivars (‘Zhongshan No. 4’ and ‘Shoutian No. 3’) of *Stevia rebaudiana* Bertoni as parents, seven cross combinations were combined and hybrid seeds were obtained. And setting rate of seven cross combinations and seed germination rate and seedling survival rate of F₁ hybrids were statistically analyzed, and on the basis, resistance to NaCl stress of cutting seedlings of F₁ hybrids was compared by sand culture and hydroponics methods. The results show that setting rate of cross combinations among cultivars is significantly higher than that between same line cultivars and self-cross combinations, in which, that of cross combination ‘Shoutian No. 2’ × ‘Zhongshan No. 3’ is the highest with a setting rate of 74.9%. There are obvious differences in seed germination rate of F₁ hybrids among seven cross combinations with the rate of 63.8%–89.0%. Seedling survival rate of F₁ hybrids of cross combination ‘Shoutian No. 2’ × ‘Zhongshan No. 4’ is relative low (79.80%), while that of other cross combinations is over 93%. Under sand culture condition, with 100 mmol·L⁻¹ NaCl stressing for 7 d, survival rate of cutting seedlings of F₁ hybrids among seven cross combinations has no significant

收稿日期: 2012-01-16

基金项目: 江苏省科技支撑计划项目(BE2009322); 江苏省农业三项工程项目(SX2011247)

作者简介: 杨永恒(1985—),女,陕西洋县人,硕士研究生,主要从事甜菊育种研究。

^①通信作者 E-mail: hsz1959@163.com

difference, but that obviously decreases with prolonging of NaCl stress time. And NaCl stressing for 28 d, survival rate of cutting seedlings of F_1 hybrids of cross combination 'Shoutian No. 2' \times 'Shoutian No. 3' and self-cross combination 'Zhongshan No. 3' is significantly higher than that of other cross combinations. Under hydroponics condition, with 100, 150, 200 and 250 mmol \cdot L⁻¹ NaCl stressing for 14 d, survival rate of cutting seedlings of F_1 hybrids of cross combinations 'Shoutian No. 2' \times 'Zhongshan No. 3', 'Zhongshan No. 3' \times 'Shoutian No. 2' and 'Zhongshan No. 3' \times 'Shoutian No. 3' is higher than that of salt tolerance parents and other cross combinations. It is suggested that improving salt resistance of *S. rebaudiana* by cross breeding is feasible, and parental salt tolerance and parental combinations have great effects on target traits of hybrids. And 'Zhongshan No. 3' \times 'Shoutian No. 2', 'Shoutian No. 2' \times 'Zhongshan No. 3' and 'Zhongshan No. 3' \times 'Shoutian No. 3' are better cross combinations with stronger salt resistance.

Key words: *Stevia rebaudiana* Bertoni; cross combination; setting rate; germination rate; survival rate; salt resistance

甜菊 (*Stevia rebaudiana* Bertoni) 为新兴的糖料经济作物,其茎和叶中的甜味成分甜菊糖苷的甜度约为蔗糖的 300 倍,而热量仅为蔗糖的三分之一,且不参与人体代谢^[1-2]。研究表明:甜菊糖苷对糖尿病、肥胖和龋齿等有一定的辅助治疗和保健功效^[3-4],因此甜菊糖苷已成为禁食或少食高热量蔗糖类人群的新兴天然保健型替代糖源。甜菊于 20 世纪 70 年代被引入中国,目前在中国的种植面积已达到 2×10^4 hm² 以上,已经成为世界最大的甜菊种植国及甜菊糖苷生产和出口国。

发展新兴经济作物势必需要大量耕地。据统计,目前中国的盐碱地和盐渍化土地约占可耕地面积的 20%^[5],且随着国民经济的发展、城市的扩大和人口的增长,盐渍化土地面积逐年增加^[6]。因此,植物耐盐性和品质的提高、沿海滩涂和盐碱地的生物治理和综合开发利用成为未来农业发展的重大课题。近年来,对耐盐经济植物的研究及改良利用已有许多研究报告,主要涉及植物耐盐机制的研究^[7]、通过耐盐性筛选耐盐品种^[8]、利用传统育种^[9]和基因工程的手段提高植物对盐胁迫的抗性^[10-11]以及耐盐植物的开发利用^[12]等方面。

甜菊作为最有前途的替代糖源植物具有很好的发展前景,利用沿海滩涂和盐碱地栽培甜菊不但能推动甜菊产业的发展还将有利于滩涂和盐碱地的开发利用。但是,有关甜菊耐盐性方面的研究报道较少,仅有关于甜菊品种耐盐性评价^[13]、NaCl 胁迫条件下甜菊生理响应^[14]以及甜菊不同品种的耐碱生理机制^[15]等方面的研究,而关于甜菊耐盐育种方面的研究尚未见报道。

作者以较耐 NaCl 胁迫的甜菊品种('中山 3 号'

和'守田 2 号')和 R-A 高含量的甜菊品种('中山 4 号'和'守田 3 号')为亲本进行杂交,并对杂交 F_1 代的种子萌发率和幼苗存活率进行比较,在此基础上对杂交 F_1 代扦插苗进行 NaCl 胁迫处理,以期通过杂交方法提高甜菊后代的耐盐能力并筛选出耐盐能力强且兼具 R-A 高含量的甜菊优良新品种,为甜菊耐盐育种研究提供理论依据,也为甜菊在沿海滩涂和盐碱地的栽培和推广提供优良品种。

1 材料和方法

1.1 材料

选用耐盐甜菊品种'中山 3 号'和'守田 2 号'以及 R-A 高含量品种'中山 4 号'和'守田 3 号'为杂交亲本,其中'中山 3 号'和'中山 4 号'由江苏省·中国科学院植物研究所于 2002 年选育;'守田 2 号'和'守田 3 号'分别于 1990 年和 1997 年引种自日本。以各杂交组合 F_1 代单株扦插繁殖的无性系植株为实验材料。

1.2 方法

1.2.1 杂交方法 以'中山 3 号'和'守田 2 号'分别作为母本配置 I ~ VII 7 个杂交组合: I 为'中山 3 号' \times '守田 2 号', II 为'中山 3 号' \times '守田 3 号', III 为'中山 3 号' \times '中山 4 号', IV 为'守田 2 号' \times '中山 3 号', V 为'守田 2 号' \times '中山 4 号', VI 为'守田 2 号' \times '守田 3 号', VII 为'中山 3 号' 自交。

于 2009 年 9 月下旬至 10 月中旬的甜菊盛花期进行杂交。用镊子拔去父本植株已开放小花,套上硫酸纸袋并扎紧;拔去母本植株上已开放的和花冠绿色且未膨大的小花,用镊子拨开白色含苞待放小花的花

冠,将雄蕊全部去除,套上硫酸纸袋并扎紧;于去雄后第3天上午的9:00至10:00,从套袋父本上用镊子取下成熟花药,将花粉涂在母本柱头上,套袋并记录父本、母本和授粉日期。授粉1周后取下硫酸纸袋。

1.2.2 杂交后种子的采收与育苗 授粉后约30 d种子发育成熟,成熟种子为黑色或棕褐色,用指腹轻搓有饱实感。及时采收成熟的种子,晾干、清除冠毛后密封保存。统计各杂交组合的结实率,并根据公式“结实率=(成熟种子数/授粉花数)×100%”计算各杂交组合的结实率。

于2010年3月下旬至5月中旬进行播种育苗。将种子按不同杂交组合分小区点播于育苗盘(规格40 cm×40 cm×4.5 cm)中,栽培基质为体积比1:1:2的细砂、园土和泥炭的混合基质^[16]。播种后保持基质湿润,采取自然光照,每天观察种子的发芽情况,记录各杂交组合的发芽数和发芽率,发芽率的计算公式为:发芽率=(发芽种子数/播种种子总数)×100%。

待F₁代实生苗长到4至5对真叶时移栽至大田中,移栽前统计各杂交组合幼苗的存活率,计算公式为:幼苗存活率=(存活幼苗数/发芽种子数)×100%。移栽缓苗后打顶以促进植株分枝和生长。

从各杂交组合F₁代实生苗中挑选生长旺盛、分枝能力较强的单株,参照韩玉林等^[17]的方法扦插繁殖无性系。

1.2.3 F₁代耐NaCl胁迫能力筛选 采用砂培方法对F₁代扦插无性系进行耐NaCl胁迫能力的初步筛选。从亲本及F₁代无性系中选择植株大小基本一致的扦插苗,每个单株选取18株扦插苗,分成3组(视为3次重复),每组6株,定植于育苗盘(规格40 cm×40 cm×4.5 cm)中,栽培基质为等体积珍珠岩和粗砂的混合基质。预培养7 d后浇灌含100 mmol·L⁻¹

NaCl的1/2 Knop营养液(NaCl以固体形式加入),每隔7 d浇灌1次,每个育苗盘每次浇灌1 L,共浇灌4次。观察并记录胁迫后7、14、21和28 d各单株的生长情况,并统计各杂交组合F₁代扦插苗的存活率,计算公式为:扦插苗存活率=(存活扦插苗数/供试扦插苗数)×100%。

以砂培筛选获得的较耐NaCl胁迫的杂交F₁代和亲本为材料进行水培实验。从亲本及杂交F₁代无性系中挑选生长良好且大小一致的扦插苗,每个单株选取90株扦插苗并固定于泡沫板上,先用1/2 Knop营养液缓苗7 d,然后进行NaCl胁迫处理。NaCl以固体形式加入到1/2 Knop营养液中,使1/2 Knop营养液中NaCl终浓度分别为0(CK)、100、150、200和250 mmol·L⁻¹,即为NaCl处理液;用NaCl处理液分别对扦插苗进行培养,每处理6株,各重复3次,每隔4 d更换1次NaCl处理液。胁迫处理14 d后观察并统计F₁代及亲本扦插苗的存活率。

1.3 数据处理

采用Excel 2007和SPSS 11.5软件对数据进行统计分析,并进行相关性和差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 甜菊不同品种杂交组合结实率分析

甜菊不同品种杂交组合的结实率见表1。由表1可见:“中山”系列与“守田”系列4个品种间杂交组合的结实率均显著高于同系列品种间的杂交及自交组合,其中‘守田2号’×‘中山3号’杂交组合的结实率最高,为74.9%;‘守田2号’×‘守田3号’杂交组合的结实率最低,仅为3.0%,显著低于其他杂交组合。这一现象可能与异花授粉植物自交的不亲和性

表1 甜菊不同杂交组合结实率的比较¹⁾

Table 1 Comparison of setting rate of different cross combinations of *Stevia rebaudiana* Bertoni¹⁾

杂交组合 Cross combination		授粉花数 Number of pollinated flower	成熟种子数 Number of mature seed	结实率/% Setting rate
母本 Female parent	父本 Male parent			
中山3号 Zhongshan No. 3	守田2号 Shoutian No. 2	841	575	68.4b
中山3号 Zhongshan No. 3	守田3号 Shoutian No. 3	834	617	74.0a
中山3号 Zhongshan No. 3	中山4号 Zhongshan No. 4	86	18	20.9d
守田2号 Shoutian No. 2	中山3号 Zhongshan No. 3	303	227	74.9a
守田2号 Shoutian No. 2	中山4号 Zhongshan No. 4	1 187	611	51.5c
守田2号 Shoutian No. 2	守田3号 Shoutian No. 3	466	14	3.0f
中山3号 Zhongshan No. 3	中山3号 Zhongshan No. 3	480	41	8.5e

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

或亲本间亲缘关系较近有关。

2.2 甜菊不同品种杂交组合 F_1 代的种子发芽率及幼苗存活率比较

甜菊不同品种杂交组合 F_1 代的种子发芽率和幼苗存活率见表 2。由表 2 可以看出:甜菊不同品种 7 个杂交组合 F_1 代的种子发芽率为 63.8% ~ 89.0%;除‘守田 2 号’×‘中山 4 号’杂交组合 F_1 代幼苗存活率相对较低(79.80%)外,其他杂交组合 F_1 代的幼苗存活率均在 93% 以上。与各杂交组合的结实率进行

对比,同一杂交组合的结实率与其 F_1 代的种子发芽率和幼苗存活率无显著相关性,表明亲本来源及亲和力对杂交 F_1 代种子发芽率及幼苗存活率的影响不大。

另外,在实验过程中可观察到以‘守田 2 号’为母本与‘中山 3 号’和‘中山 4 号’杂交的 2 个杂交组合 F_1 代中出现了白化苗,其中‘守田 2 号’×‘中山 3 号’杂交组合有 6 株白化苗,占发芽种子总数的 2.97%;而‘守田 2 号’×‘中山 4 号’杂交组合有 57 株白化苗,占发芽种子总数的 14.04%。

表 2 甜菊不同杂交组合 F_1 代的种子发芽率和幼苗存活率¹⁾

Table 2 Seed germination rate and seedling survival rate of F_1 hybrids of different cross combinations of *Stevia rebaudiana* Bertoni¹⁾

杂交组合 Cross combination		播种数 Number of sowing seed	发芽数 Number of germination seed	发芽率/% Germination rate	存活率/% Survival rate
母本 Female parent	父本 Male parent				
中山 3 号 Zhongshan No. 3	守田 2 号 Shoutian No. 2	565	496	87.8a	95.97a
中山 3 号 Zhongshan No. 3	守田 3 号 Shoutian No. 3	616	393	63.8d	99.24a
中山 3 号 Zhongshan No. 3	中山 4 号 Zhongshan No. 4	18	14	77.8b	100.00a
守田 2 号 Shoutian No. 2	中山 3 号 Zhongshan No. 3	227	202	89.0a	93.56b
守田 2 号 Shoutian No. 2	中山 4 号 Zhongshan No. 4	602	406	67.4c	79.80c
守田 2 号 Shoutian No. 2	守田 3 号 Shoutian No. 3	14	9	64.3d	100.00a
中山 3 号 Zhongshan No. 3	中山 3 号 Zhongshan No. 3	41	32	78.0b	96.88a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

2.3 甜菊不同品种杂交组合 F_1 代耐 NaCl 胁迫能力分析

2.3.1 砂培条件下耐 NaCl 胁迫能力的初步分析

砂培条件下用 100 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫处理不同时间甜菊不同品种杂交组合 F_1 代扦插苗的存活率见表 3。由表 3 可见:随 NaCl 胁迫时间的延长,甜菊不同品种各杂交组合 F_1 代扦插苗的存活率均明显下降,说明随 NaCl 胁迫时间的延长,各杂交组合 F_1 代扦插苗

受 NaCl 毒害的程度加剧。胁迫 7 d 时,7 个杂交组合 F_1 代扦插苗的存活率并无显著差异,说明胁迫时间较短 F_1 代的耐盐性差异不明显。

不同胁迫时间 2 个耐盐亲本的互杂组合‘中山 3 号’×‘守田 2 号’和‘守田 2 号’×‘中山 3 号’的 F_1 代扦插苗的存活率无显著差异,表明 2 个耐盐亲本的正反交对 F_1 代的耐盐性无明显影响。在不同胁迫时间‘中山 3 号’自交 F_1 代扦插苗的存活率均较高,表明

表 3 砂培条件下 NaCl 胁迫对甜菊不同杂交组合 F_1 代扦插苗存活率的影响¹⁾

Table 3 Effect of NaCl stress on survival rate of cutting seedlings of F_1 hybrids of different cross combinations of *Stevia rebaudiana* Bertoni under sand culture condition¹⁾

杂交组合 Cross combination		扦插苗数 Number of cutting seedling	不同胁迫时间扦插苗存活率/% Survival rate of cutting seedling at different stress times			
母本 Female parent	父本 Male parent		7 d	14 d	21 d	28 d
中山 3 号 Zhongshan No. 3	守田 2 号 Shoutian No. 2	1 398	95.88a	90.06a	32.21c	14.66b
中山 3 号 Zhongshan No. 3	守田 3 号 Shoutian No. 3	1 344	96.43a	88.61a	55.49a	14.38b
中山 3 号 Zhongshan No. 3	中山 4 号 Zhongshan No. 4	60	98.00a	80.33b	22.33d	10.00c
守田 2 号 Shoutian No. 2	中山 3 号 Zhongshan No. 3	840	96.05a	91.39a	32.29c	14.10b
守田 2 号 Shoutian No. 2	中山 4 号 Zhongshan No. 4	1 464	96.71a	90.49a	14.11e	7.39c
守田 2 号 Shoutian No. 2	守田 3 号 Shoutian No. 3	24	98.33a	73.67c	25.00d	20.00a
中山 3 号 Zhongshan No. 3	中山 3 号 Zhongshan No. 3	84	98.00a	91.49a	42.29b	21.14a

¹⁾ 每隔 7 d 浇灌 1 次含 100 mmol · L⁻¹ NaCl 的 1/2 Knop 营养液 Irrigating 1/2 Knop nutrient solution containing 100 mmol · L⁻¹ NaCl every seven days. 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

耐盐亲本自交有利于提高后代的耐盐性。而杂交组合‘中山3号’×‘中山4号’和‘守田2号’×‘中山4号’F₁代扦插苗在胁迫第21天和第28天的存活率均较低,这可能与‘中山4号’的配合力较差有关。

2.3.2 水培条件下耐NaCl胁迫能力分析 水培条件下甜菊不同品种杂交组合F₁代扦插苗在不同浓度NaCl胁迫条件下的存活率见表4。由表4可见:在100 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫条件下,杂交组合‘守田2号’×‘中山4号’、‘中山3号’×‘守田2号’、‘中山3号’×‘守田3号’和‘守田2号’×‘中山3号’F₁代扦插苗的存活率均高于耐盐性较高的亲本‘中山3号’(16.22%);在150 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫条件下,这4

个杂交组合的F₁代扦插苗存活率均高于耐盐性较高的亲本‘守田2号’(11.04%);在200 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫条件下,4个亲本均无扦插苗存活,而有6个杂交组合F₁代扦插苗的存活率高于3.7%;在250 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫条件下,只有‘守田2号’×‘中山3号’、‘中山3号’×‘守田2号’和‘中山3号’×‘守田3号’3个杂交组合F₁代扦插苗有植株存活,存活率分别为4.11%、2.10%和1.14%。实验数据表明:在100~250 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫条件下,‘守田2号’×‘中山3号’、‘中山3号’×‘守田2号’和‘中山3号’×‘守田3号’3个杂交组合F₁代扦插苗对NaCl胁迫的耐性显著高于其耐盐亲本。

表4 水培条件下不同浓度NaCl胁迫对甜菊亲本及其杂交组合F₁代扦插苗存活率的影响¹⁾

Table 4 Effect of NaCl stress with different concentrations on survival rate of cutting seedlings of parents and F₁ hybrids of their cross combinations of *Stevia rebaudiana* Bertoni under hydroponics condition¹⁾

杂交组合 F ₁ 代及亲本 F ₁ hybrid of cross combination and parent	扦插苗数 Number of cutting seedling	各处理组扦插苗存活率/% Survival rate of cutting seedling in different treatment groups			
		100 mmol·L ⁻¹	150 mmol·L ⁻¹	200 mmol·L ⁻¹	250 mmol·L ⁻¹
中山3号×守田2号 Zhongshan No. 3×Shoutian No. 2	204	21.14ab	14.10b	15.75a	2.10b
中山3号×守田3号 Zhongshan No. 3×Shoutian No. 3	198	20.70ab	13.27bc	10.63ab	1.14b
中山3号×中山4号 Zhongshan No. 3×Zhongshan No. 4	6	2.33de	1.67e	11.11ab	0.00c
守田2号×中山3号 Shoutian No. 2×Zhongshan No. 3	120	16.56ab	20.00a	10.00ab	4.11a
守田2号×中山4号 Shoutian No. 2×Zhongshan No. 4	108	24.11a	19.20a	19.20a	0.00c
守田2号×守田3号 Shoutian No. 2×Shoutian No. 3	6	14.78abc	0.00e	0.00b	0.00c
中山3号×中山3号 Zhongshan No. 3×Zhongshan No. 3	18	3.67de	0.00e	3.70b	0.00c
中山3号 Zhongshan No. 3	6	16.22abc	5.25d	0.00b	0.00c
中山4号 Zhongshan No. 4	6	0.00e	0.00e	0.00b	0.00c
守田2号 Shoutian No. 2	6	11.04bcd	11.04c	0.00b	0.00c
守田3号 Shoutian No. 3	6	5.79cde	0.00e	0.00b	0.00c

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论和结论

研究表明:在甜菊杂交实验中,“中山”系列与“守田”系列品种间杂交组合的结实率均显著大于同系列品种间杂交及自交组合的结实率,推测其主要原因可能与甜菊的自交不育性有关^[18]。植物的自交不亲和性不仅表现在同一朵花的雌雄蕊不能够同时成熟,还表现在自交授粉后柱头上花粉的附着与萌发数量较少、胼胝质沉淀过多、花粉管异常生长难以进入柱头^[19],导致结实率降低。对杂交组合结实率与F₁代的种子发芽率及幼苗存活率的比较结果显示:不同亲本的杂交组合对结实率的影响远大于对F₁代种子发芽率和幼苗存活率的影响,说明甜菊杂交结实率

与亲本的亲缘关系及亲本自身的遗传背景密切相关,而杂交亲和力对F₁代种子发芽率和幼苗存活率的影响较小。

在甜菊杂交F₁代种子萌发过程中,杂交组合‘守田2号’×‘中山4号’和‘守田2号’×‘中山3号’分别出现了14.04%和2.97%的白化苗。杜永等^[20]认为水稻(*Oryza sativa* L.)白化苗性状受核基因的单一隐性基因控制,孙跃等^[21]认为拟南芥 [*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.] 的白化性状由位于核基因的隐性突变引起。在本实验中,反交组合‘中山3号’×‘守田2号’F₁代并未出现白化苗,所以推测甜菊杂交后代的白化性状可能由核质基因共同决定。

作者采用砂基培养、多次浇灌含100 mmol·L⁻¹ NaCl的1/2 Knop营养液的方法对甜菊不同品种杂交

组合 F₁ 代扦插苗的耐 NaCl 胁迫能力进行初步筛选, 快速淘汰了 87% 的耐 NaCl 胁迫能力较差的 F₁ 代单株, 说明这种方法对大量样本耐盐性的筛选是简便可行的。水培实验结果表明: 部分杂交组合 F₁ 代单株对不同浓度 NaCl 胁迫的耐性高于其耐盐亲本, 说明通过杂交方法提高甜菊的耐盐能力是可行的。由于植物耐盐性是多基因控制的综合性状^[22], 因此, 通过杂交方法提高甜菊耐盐性的关键在于亲本的选择。实验结果显示: 在甜菊各杂交组合 F₁ 代扦插苗中, 双亲或亲本之一具有较强的耐盐能力其杂交 F₁ 代扦插苗对 NaCl 胁迫的耐性也较强, 如组合‘中山 3 号’×‘守田 2 号’, ‘守田 2 号’×‘中山 3 号’和‘中山 3 号’×‘守田 3 号’。虽然同系列亲本杂交或自交在一定程度上能提高 F₁ 代的耐盐能力, 但是由于亲本间的亲和力较弱导致杂交后代结实率较低, 因此杂交后获得的耐盐单株偏少。

综合考虑杂交后的种子结实率和发芽率以及 NaCl 胁迫条件下 F₁ 代的幼苗存活率等指标, ‘中山 3 号’×‘守田 2 号’、‘守田 2 号’×‘中山 3 号’和‘中山 3 号’×‘守田 3 号’是比较优良的甜菊杂交组合。

参考文献:

[1] GEUNS J M. Stevioside[J]. *Phytochemistry*, 2003, 64(5): 913-921.

[2] 黄耀亚. 甜叶菊茎叶生药性状及组织的研究[J]. *吉林农业大学学报*, 1986, 8(2): 21-26.

[3] SINGH S D, RAO G P. Stevia; the herbal sugar of 21st century[J]. *Sugar Tech*, 2005, 7(1): 17-24.

[4] TADHANI M B, PATEL V H, SUBHASH R. *In vitro* antioxidant activities of *Stevia rebaudiana* leaves and callus[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007, 20(3/4): 323-329.

[5] 熊亮. 江苏沿海重盐土区土壤盐分动态与耐盐植物筛选研究[D]. 南京: 南京林业大学森林资源与环境学院, 2008.

[6] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. *土壤学报*, 2008, 45(5): 837-845.

[7] 李彦, 张英鹏, 孙明, 等. 盐分胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(1): 258-265.

[8] 王聪, 朱月林, 杨立飞, 等. 菜用大豆耐盐品种的筛选及其耐盐生理特性[J]. *江苏农业学报*, 2009, 25(3): 621-627.

[9] 杜莉莉, 於丙军. 栽培大豆和滩涂野大豆及其杂交后代耐盐性、农艺性状与籽粒品质分析[J]. *中国油料作物学报*, 2010, 32(1): 77-82.

[10] GOEL D, SINGH A K, YADAV V, et al. Transformation of tomato with a bacterial codA gene enhances tolerance to salt and water stresses[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2011, 168(11): 1286-1294.

[11] 李彦邦, 王玉成, 班巧英, 等. 转二色补血草 LbDREB 基因烟草耐盐胁迫能力分析[J]. *植物生理学报*, 2011, 47(4): 385-391.

[12] 何祯祥, 王伟, 阮成江, 等. 江苏省耐盐生物质能源植物选育和生物柴油制备研究[J]. *生物质化学工程*, 2006, 40(S1): 335-340.

[13] 绳仁立, 佟海英, 柴翠, 等. NaCl 胁迫对甜菊不同品种幼苗生长的影响[J]. *植物资源与环境学报*, 2010, 19(2): 60-67.

[14] 原海燕, 绳仁立, 黄苏珍. 甜叶菊不同品种对盐胁迫的生理响应[J]. *江苏农业科学*, 2011(1): 106-109.

[15] 绳仁立, 原海燕, 黄苏珍. Na₂CO₃ 胁迫对甜菊不同碱耐性品种生理代谢的影响[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(33): 20306-20309.

[16] 刘繁桂. 甜菊种子育苗技术[J]. *农业科技通讯*, 1996(12): 11.

[17] 韩玉林, 黄苏珍, 汪洪江, 等. 甜菊扦插繁殖快速成苗的研究[J]. *特产研究*, 2001, 23(2): 36-37.

[18] 吴广文, 王其斌, 简善亮, 等. 甜菊杂种优势利用和制种技术研究[J]. *安徽农学通报*, 2005, 11(1): 73-74.

[19] 李辛雷, 陈发棣. 菊花自交不亲和性初步研究[J]. *武汉植物学研究*, 2007, 25(6): 591-595.

[20] 杜永, 潘启民, 徐大勇, 等. 水稻白化苗性状的遗传分析[J]. *植物遗传资源科学*, 2002, 3(1): 20-22.

[21] 孙跃, 杨仲南, 崔永兰. 拟南芥白化突变体 EMS30 的基因定位与分析[J]. *植物生理学报*, 2011, 47(3): 263-268.

[22] 罗庆云, 於丙军, 刘友良, 等. 栽培大豆耐盐性的主基因+多基因混合遗传分析[J]. *大豆科学*, 2004, 23(4): 239-244.

(责任编辑: 佟金凤)