

组织培养条件下不同番茄品种幼苗期的耐盐性比较

吴雪霞^{1,2}, 朱月林^{1*}, 朱为民², 陈建林², 李浩宇¹

(¹ 南京农业大学园艺学院, 南京 210095;

² 上海市农业科学院园艺研究所, 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201106)

摘要: 对 12 个番茄普通栽培品种和 3 个从日本引进的设施栽培专用耐盐砧木品种的幼苗分别进行系列浓度和高浓度($120 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) NaCl 胁迫处理, 10 d 后调查不同品种单株幼苗的生长特性和盐害程度。结果表明, 12 个普通栽培品种在幼苗期存在明显的耐盐性差异, 5 个为盐敏感品种, 4 个为中等耐盐品种, 3 个为较耐盐品种; 3 个砧木品种的耐盐性显著强于 12 个普通栽培品种, 且砧木“Support”耐盐性最强。以上结果为通过嫁接换根提高设施栽培番茄的耐盐性提供了理论基础。

关键词: 番茄; 组织培养; 耐盐性; 幼苗期

中图分类号: S641.2

文献标识码: A

1995 年以来, 随着设施蔬菜生产的发展, 设施内土壤次生盐渍化程度不断加重, 导致蔬菜产量和品质下降, 已成为设施栽培的限制性因素和设施生产可持续发展的严重障碍^[1]。番茄为设施栽培的主要蔬菜种类, 筛选耐盐番茄品种, 不仅具有实用价值, 而且在阐明耐盐机理等方面具有理论意义。植物组织培养技术的发展, 为选择培育耐盐植物提供了一条新的途径^[2]。然而, 通过组织培养途径研究番茄在盐胁迫下的生物学特性的报道主要集中于 NaCl 胁迫下番茄品种的发芽特性方面^[3-7], 而有关不同浓度 NaCl 胁迫下幼苗生长状况的研究鲜有报道。本研究选择有代表性的 12 个番茄普通栽培品种和 3 个从日本引进的番茄设施栽培专用耐盐砧木品种在组织培养条件下分别进行系列浓度和高浓度 NaCl 胁迫处理, 对幼苗的生长特性和盐害程度进行分析, 以期番茄耐盐种质资源的筛选和利用及设施耐盐栽培提供理论依据。本文报道该项研究结果。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 品种共 15 个, 其中 12 个为普通栽培品种(表 1); 另有 3 个为引自日本的设施栽培专用耐盐砧木品种: “影武者”(购自日本 Takii 种苗公司)、“Magnet”和“Support”(购自日本 Sakata 种苗公司)。

1.2 方 法

1.2.1 无菌催芽 供试品种种子经人工精选 300 粒, 用 75% 乙醇表面消毒 20 s, 然后用 0.1% HgCl_2 消毒 10 min, 无菌水漂洗 3~5 次, 接种于已灭菌、装有 20 mL 灭菌水的 100 mL 三角瓶中, 置于 100 r/min 的振荡培养箱中, 进行恒温(25 ± 1)℃ 振荡催芽, 直至胚根长度为 3~5 mm。

1.2.2 NaCl 胁迫处理

1.2.2.1 系列浓度 NaCl 胁迫处理: 将 12 个栽培品种的发芽种子在无菌条件下分别接种在 NaCl 浓度为 0、30、60、90、120、150、180 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 MS 培养基上, 培养容器为直径 6 cm, 高 9 cm, 体积 200 mL 的圆柱形玻璃瓶, 用组培专用耐高温透明薄膜封口。每浓度接种 30 粒发芽种子, 每瓶 5 粒(均匀分布于培养基表

收稿日期: 2005-05-11 初稿; 2006-03-14 二改稿

基金项目: 教育部高校博士点基金资助(20030307020); 江苏省科技厅资助(BC2003306, BE2002304); 教育部留学回国人员科研启动基金资助[(2001)498]

作者简介: 吴雪霞(1978-), 女, 博士研究生, 主要从事蔬菜栽培生理和生物技术研究, 联系电话: (025)84396472

* 通讯作者, E-mail: ylzhu@njau.edu.cn

面),共6瓶,分成3组,每组2瓶,在培养架上随机区组排列,3次重复。培养室温度为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$,光照时间 $12\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$,光照度 $56\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。NaCl胁迫后10 d,按下述方法调查幼苗的盐害情况。

1.2.2.2 高浓度 NaCl 胁迫处理:将12个栽培品种和3个砧木品种,共15份材料的发芽种子分别接种在NaCl浓度为 $120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的MS培养基上,每个品种接种30粒发芽种子,培养容器、培养条件、分组排列方法及调查时间同上。

1.2.3 盐害调查和盐胁迫指数计算 NaCl胁迫处理后10 d调查盐害级别,按幼苗叶片的受害程度和侧根数目的多少将盐害程度由轻至重分成0~4级,分级标准参考王海英等^[8]的方法并稍作修改。0级:正常生长;1级:植株生长略有抑制,侧根数目多(≥ 7 条);2级:植株生长受到轻微抑制,侧根数目较多(4~6条);3级:植株生长受到抑制,侧根数目较少(2~3条);4级:植株生长受到严重抑制,无侧根。根据盐害级别计算盐胁迫指数(Salt stress index, SSI)。

盐胁迫指数(SS I) = $\Sigma(\text{代表级值} \times \text{株数}) / (\text{最高级值} \times \text{总株数}) \times 100$

1.3 统计分析

用SAS软件将NaCl浓度作为自变量(x)、盐胁迫指数作为应变量(y),进行线性回归分析,建立回归方程 $y = a + bx$,求出盐胁迫指数为50时的NaCl浓度,以此值作为半致死盐浓度,并对平均数用Duncan's新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 系列浓度 NaCl 胁迫对不同番茄品种盐胁迫指数的影响

由表1可知,在未受到NaCl胁迫时,12个供试栽培品种均能正常生长。随着NaCl浓度的增加,各品种幼苗的盐胁迫指数均呈升高趋势。同一盐浓度胁迫下,不同品种的盐胁迫指数存在明显差异。当NaCl浓度为 $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,大禹中蔬4号、宝大903、江蔬14号、美国大红亲黄、番茄大红的盐胁迫指数均高于50,为盐敏感品种,其中大禹中蔬4号盐胁迫指数最高,为69.3,耐盐性最弱;中蔬4号、日本大粉皇后、宝粉、粉宝18号、大禹天津白果、苏红2003、白果强丰的盐胁迫指数均低于50,为较耐盐品种,其中白果强丰盐胁迫指数最低,为18.3,耐盐性强。当NaCl浓度为 $180\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,12个供试栽培品种的盐胁迫指数均大于90,幼苗生长受到严重抑制,表明在 $180\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下,供试品种均为盐敏感品种。除白果强丰外,其余11个供试栽培品种当NaCl浓度在 $0\sim 120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 范围内递增时,盐胁迫指数均快速

表1 NaCl浓度对不同番茄品种幼苗期盐胁迫指数的影响

Table 1 Effects of NaCl concentrations on the salt stress indexes (SSI) of tomato seedlings of different cultivars

品种 Cultivar	来源 Source	NaCl 浓度 (NaCl concentration) ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)						
		0	30	60	90	120	150	180
大禹中蔬4号 Dayu Zhongshu 4	中国农科院蔬菜花卉所 Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences	0	38.3a	69.3a	88.3a	98.3a	100a	100a
宝大903 Baoda 903	上海宝大种苗有限公司 Shanghai Baoda Seed Company Limited	0	36.7ab	65.8a	81.7ab	96.8a	100a	100a
江蔬14号 Jiangshu 14	江苏省江蔬种苗科技有限公司 Jiangsu Jiangshu Seed Company Limited	0	32.5abc	55.0abc	73.3abc	96.7a	100a	100a
美国大红亲黄 American Dahong Qinhuang	大连舜红蔬菜良种所 Dalian Jihong Vegetable Seed Institute	0	35.8abc	55.0abc	60.7bc	95.0ab	100a	100a
番茄大红 Tomato Dahong	上海长征良种实验场 Shanghai Changzheng Experimental Seed Farm	0	35.0abc	53.3abc	60.0bc	92.0ab	100a	100a
中蔬4号 Zhongshu 4	河北省青县青丰种苗有限公司 Hebei Qingxian Qingfeng Seed Company Limited	0	17.5bcd	48.8abc	57.8cd	92.5ab	100a	100a
日本大粉皇后 Japanese Dafen Queen	大连舜红蔬菜良种所 Dalian Jihong Vegetable Seed Institute	0	15.0bcd	37.5c	57.0cd	92.5ab	98.3a	100a
宝粉 Baofen	上海宝大种苗有限公司 Shanghai Baoda Seed Company Limited	0	13.3cd	30.0cd	55.8cd	79.2abc	91.7ab	100a
粉宝18号 Fenbao 18	西安和嘉种苗有限公司 Xi'an Hejia Seed Company Limited	0	3.3d	29.8cd	56.3cd	78.3abc	87.5ab	95ab
大禹天津白果 Dayu Tianjin Baiguo	天津市蔬菜研究所大禹种业有限公司 Dayu Seed Company Limited, Tianjin Institute of Vegetables	0	3.2d	29.2cd	46.7b	78.3bcd	87ab	95ab
苏红2003 Suhong 2003	江苏省江蔬种苗科技有限公司 Jiangsu Jiangshu Seed Company Limited	0	3.1d	27.5cd	49.2cd	74.2bcd	85ab	95ab
白果强丰 Baiguo Qiangfeng	河北省青县青丰种苗有限公司 Hebei Qingxian Qingfeng Seed Company Limited	0	2.2d	18.3d	20.0e	46.2e	80bc	90bc

注:同列数值不同字母表示差异达5%显著水平。

Note: Values followed by different letters in the same column mean significantly different at $P = 5\%$.

增加。在 NaCl 浓度为 $120 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,有 7 个品种的盐胁迫指数高于 90,生长受到严重抑制,另有 4 个品种的盐害指数介于 70~80 之间,生长受到抑制,惟有白果强丰的盐害指数低于 50,表现出一定的耐盐性。

由表 2 可知,供试品种的 NaCl 浓度与盐胁迫指数呈极显著正相关。大禹中蔬 4 号、宝大 903、江蔬 14 号、美国大红亲黄、番茄大红的半致死盐浓度均小于 $70 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,耐盐性较弱,其中大禹中蔬 4 号的半致死盐浓度最小,为 $51.61 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,耐盐性最弱;中蔬 4 号、日本大粉皇后、宝粉、粉宝 18 号的半致死盐浓度均在 $70 \sim 90 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间,为中等耐盐性品种;大禹天津白果、苏红 2003、白果强丰的半致死盐浓度均大于 $90 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,耐盐性较强,其中白果强丰的半致死盐浓度最高,为 $118.91 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,耐盐性最强。

综合系列浓度 NaCl 胁迫时的盐胁迫指数和半致死盐浓度认为,大禹中蔬 4 号、宝大 903、江蔬 14 号、美国大红亲黄、番茄大红为盐敏感品种;中蔬 4 号、日本大粉皇后、宝粉、粉宝 18 号为中等耐盐性品种;大禹天津白果、苏红 2003、白果强丰的耐盐性较强。大禹中蔬 4 号耐盐性最弱,白果强丰耐盐性较强。

表 2 不同番茄品种 NaCl 浓度与盐胁迫指数的线性回归分析

Table 2 Linear regression analysis between salt concentrations and salt stress indexes of different tomato cultivars

品种 Cultivar	线性回归方程 $y = a + b \cdot x$ Linear regression equation		相关系数 Coefficient of correlation	半致死盐浓度 (SSI = 50) Semilethal salt concentration
	a	b		
大禹中蔬 4 号 (Dayu Zhongshu 4)	0.2213	0.0054	0.9241**	51.61d
宝大 903 (Baoda 903)	0.1968	0.0054	0.9023**	56.15cd
江蔬 14 号 (Jiangshu 14)	0.1429	0.0057	0.9437**	61.57cd
美国大红亲黄 (American Dahong Qinhuang)	0.1361	0.0056	0.9592**	64.98c
番茄大红 (Tomato Dahong)	0.1376	0.0055	0.9703**	65.89c
中蔬 4 号 (Zhongshu 4)	0.0471	0.0061	0.9675**	74.25bc
日本大粉皇后 (Japanese Dafen Queen)	0.0130	0.0061	0.9695**	78.55bc
宝粉 (Baofen)	-0.0128	0.0060	0.9903**	85.47b
粉宝 18 号 (Fenbao 18)	-0.0018	0.0059	0.9774**	86.75b
大禹天津白果 (Dayu Tianjin Baiguo)	-0.0528	0.0058	0.9813**	92.13ab
苏红 2003 (Suhong 2003)	-0.0538	0.0059	0.9744**	93.86ab
白果强丰 (Baiguo Qiangfeng)	-0.1421	0.0054	0.9422**	118.91a

注: x 为盐浓度,范围为 $0 \sim 180 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; y 为盐胁迫指数; ** 为 1% 极显著水平。

Notes: x is salt concentration and between $0 \sim 180 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; y is salt stress index; ** means significant at 1% probability level.

2.2 高浓度 NaCl 胁迫对不同番茄品种幼苗期盐胁迫指数的影响

由表 3 可见,在 12 个番茄栽培品种中,除白果强丰盐胁迫指数为 46.2 外,其余品种的盐胁迫指数均大于 50,耐盐性较弱;3 个砧木品种(“影武者”、“Magnet”和“Support”)的盐胁迫指数分别为 22.2、17.1、16.7,绝大部分幼苗能正常生长,耐盐性显著强于 12 个普通栽培品种。大禹中蔬 4 号的盐胁迫指数最高,为 98.3,耐盐性最弱;3 个砧木品种中,“Support”盐胁迫指数最低,为 16.7,耐盐性最强。

表 3 高浓度 NaCl 胁迫对不同番茄品种幼苗期盐胁迫指数的影响

Table 3 Effects of high concentration NaCl stress on the salt stress indexes of tomato cultivars' seedlings

品种 Cultivar	盐胁迫指数 Salt stress index	品种 Cultivar	盐胁迫指数 Salt stress index	品种 Cultivar	盐胁迫指数 Salt stress index
大禹中蔬 4 号 Dayu Zhongshu 4	98.3a	中蔬 4 号 Zhongshu 4	92.5ab	苏红 2003 Suhong 2003	74.2bcd
宝大 903 Baoda 903	96.8a	日本大粉皇后 Japanese Dafen Queen	92.5ab	白果强丰 Baiguo Qiangfeng	46.2e
江蔬 14 号 Jiangshu 14	96.7a	宝粉 Baofen	79.2abc	“影武者” “Kagemusya”	22.2f
美国大红亲黄 American Dahong Qinhuang	95.0ab	粉宝 18 号 Fenbao 18	78.3abc	“Magnet”	17.1gf
番茄大红 Tomato Dahong	92.0ab	大禹天津白果 Dayu Tianjin Baiguo	78.3abc	“Support”	16.7g

注: 不同字母表示差异达 5% 显著水平。

Note: Values followed by different letters indicate significantly different at 5% probability level.

3 讨 论

本研究表明,番茄不同品种在幼苗生长期的耐盐性存在明显差异,这与前人在其他植物上的耐盐性比较结果相一致^[9-13]。在 15 个供试品种中,大禹中蔬 4 号耐盐性最弱,3 个从日本引进的砧木品种“影武者”、“Magnet”和“Support”的耐盐性很强,且砧木品种耐盐性均显著高于普通栽培品种;在 12 个普通栽培

品种中,大禹中蔬 4 号、宝大 903、江蔬 14 号、美国大红亲黄、番茄大红为盐敏感品种;中蔬 4 号、日本大粉皇后、宝粉、粉宝 18 号为中等耐盐品种;大禹天津白果、苏红 2003、白果强丰为较耐盐品种。除发芽期外,幼苗期也是植物对盐胁迫最敏感的时期^[14-16]。因此,幼苗期的耐盐性可以在很大程度上反映出该品种在其他时期的耐盐性。

土壤次生盐渍化是设施蔬菜生产上普遍发生的现象,盐分浓度过高影响蔬菜产量和品质。研究表明,嫁接栽培可以增强蔬菜作物的抗逆性,是克服盐害的一条有效途径^[17]。本试验中证实砧木品种的耐盐性显著高于栽培品种,因此,可通过嫁接换根提高栽培品种的耐盐性,克服土壤次生盐渍化。

作物在田间的生长受到环境因子的综合影响,在鉴定某一性状时,环境条件是否一致直接影响到鉴定结果的可靠性。本研究将发芽整齐的种子接种于附加不同浓度 NaCl 的 MS 培养基上,这样除 NaCl 胁迫因子以外的培养基组成和环境条件都严格一致,为鉴定结果的可靠性提供了保证。此外,组培条件下的耐盐性鉴定具有幼苗生长快、鉴定周期短、重复性好等优点。

参 考 文 献

- [1] 张云起,刘世琦,杨凤娟.耐盐西瓜砧木筛选及其耐盐机理的研究[J].西北农业学报,2003,12(4):105-108.
- [2] 林定波,潘增光.体细胞无性系变异及其在果树新种质创造中的应用[J].山东农业大学学报,2000,31(2):221-226.
- [3] 姜冷若,张振华,胡永华.不同浓度胁迫对番茄种子发芽特性的影响[J].江苏农业科学,2002(5):41-42.
- [4] 陈火英,张才喜,庄天明,等.NaCl胁迫对不同品种番茄种子发芽特性的影响[J].上海农学院学报,1998,16(3):209-212.
- [5] Foolad M R, Lin G Y. Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon* species[J]. Hortscience, 1997,32:296-300.
- [6] Norlyn J D, Epstein E. Variability in salt tolerance of four triticale lines at germination and emergence[J]. Crop Science, 1984, 24: 1090-1092.
- [7] Jones R A. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination[J]. Euphytica, 1986,35:575-582.
- [8] 王海英,孙建设,马宝醜.苹果砧木组培苗耐盐筛选技术研究[J].果树科学,2001,17(3):188-191.
- [9] 安守芹,于卓,孔丽娟,等.花棒等四种豆科植物种子萌发及苗期耐盐性的研究[J].中国草地,1995(6):29-32.
- [10] 李磊,赵檀方,胡延吉.大麦苗期耐盐性鉴定指标的研究[J].广西科学,1998,5(1):62-65.
- [11] 叶梅荣,刘玉霞.NaCl对吸胀后小麦种子发芽和幼苗生长的影响[J].安徽农业技术师范学院学报,2000,14(2):35-36.
- [12] 刘虎俊,郭有桢,王继和,等.二十八个冷季型草坪品种的耐盐性比较[J].草业学报,2001,10(3):52-59.
- [13] 阮松林,薛庆中.盐胁迫条件下杂交水稻种子发芽特性和幼苗耐盐生理基础[J].中国水稻科学,2002,16(3):281-284.
- [14] 沈禹颖,王锁民,陈亚明.盐胁迫对牧草种子萌发及其恢复的影响[J].草业学报,1999,8(3):54-60.
- [15] 董晓霞,赵树慧,孔令安.茅状羊茅盐胁迫下生理效应的研究[J].草业科学,1998,15(5):10-13.
- [16] 米海莉,许兴,马雅琴.小麦品种耐盐性的研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):134-138.
- [17] 于贤昌,王立江.蔬菜嫁接的研究与应用[J].山东农业大学学报,1998,29(2):249-256.

The comparison of salt tolerance between tomato cultivars' tissue-cultured plantlets

WU Xue-xia^{1,2}, ZHU Yue-lin¹, ZHU Wei-min², CHEN Jian-lin², LI Hao-yu¹

(¹ College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

² Horticultural Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences;
Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology, Shanghai 201106, China)

Abstract: The tissue-cultured plantlets of 12 common cultivars and 3 salt tolerant rootstock cultivars introduced from Japan were treated under different concentration NaCl stress, and 10 days later, the growth characteristics and salt injury of the plantlets were surveyed. The results showed that salt tolerances of 12 common cultivars at seedling stage were significantly different, and among them 5 cultivars were salt sensitive, 4 cultivars fairly salt tolerant, and the rest comparatively salt tolerance. The salt tolerances of 3 rootstock cultivars were significantly higher than those of 12 common cultivars and the rootstock cultivar "support" showed the highest salt tolerance. The above results laid down a theoretical basis for improving the salt tolerance of tomatoes under protected culture through grafting.

Key words: Tomato; Tissue culture; Salt tolerance; Seedling stage