

# 不同浓度的 NaCl 胁迫对樱桃番茄幼苗生理生化指标的影响

孟长军

(西安文理学院 生命科学系 陕西 西安 710065)

**摘要:** 盐害是樱桃番茄设施栽培中面临的主要问题之一。该研究以耐盐性差异显著的 2 个品种“京丹 5 号”和“小圆枣”为试材,研究了不同浓度的盐胁迫对樱桃番茄幼苗生长发育的影响,以期为樱桃番茄抗盐育种及抗盐栽培提供理论依据。结果表明:204 mmol/L 的 NaCl 浓度可作为樱桃番茄抗盐筛选的合适浓度;在 204 mmol/L 的盐浓度下胁迫 15 d 后,樱桃番茄幼苗叶片的相对电导率、CAT 酶活和 POD 酶活的变化幅度相差明显,可作为抗性筛选指标。

**关键词:** NaCl 胁迫;樱桃番茄幼苗;生理生化指标

**中图分类号:** S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)14-0029-04

樱桃番茄(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasi forme* Alef.)原产于南美洲的秘鲁,为茄科(Solanaceae)番茄属(*Lycopersicon esculentum* Mill)半栽培亚种的变种,因其果实酷似樱桃而得名。据研究番茄在 3 a 以上的保护地内栽培,每年产量会降低 10%~20%,且病害逐年加重<sup>[1]</sup>。积盐严重时番茄叶片呈灰绿色,落花及“僵果”率明显增加。因此,樱桃番茄产业的发展将不可避免地遭遇到土壤盐渍化的制约。

但是面对严重的土壤盐渍化和土壤次生盐渍化问题,对于樱桃番茄耐盐性的系统研究却较为少见,尤其是对樱桃番茄耐盐性鉴定的盐度指标和理化指标仍不清楚,致使筛选耐盐材料缺乏基础性研究。为此,该试验以 NaCl 为胁迫盐,以高耐盐樱桃番茄品种为试材,

对盐胁迫下樱桃番茄苗期生理生化指标的变化规律进行研究,以了解樱桃番茄成苗过程的耐盐特性,探讨樱桃番茄的耐盐机理,找出衡量樱桃番茄苗期耐盐性评价的指标体系,为樱桃番茄耐盐种质资源的筛选和耐盐品种的选育提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以高耐盐的 2 个樱桃番茄品种“京丹 5 号”和“小圆枣”为试材。其中,“京丹 5 号”耐盐性较强<sup>[2]</sup>,由北京蔬菜研究中心生产;“小圆枣”耐盐性较弱<sup>[2]</sup>,由哈尔滨市兴农种子有限公司生产。所用 NaCl 为分析纯。

### 1.2 试验方法

将供试种子用浓度为 10%磷酸三钠浸泡 20 min,捞出洗净。再用 30℃清水浸泡 6 h。然后置于垫有双层滤纸的培养皿中(滤纸保持湿润),在 25℃的恒温条件下进行催芽,60%的种子“露白”后即可播种。用营养钵进行育苗(10 cm×10 cm),所用基质为洗净河砂。

**作者简介:** 孟长军(1980-),男,宁夏中卫人,硕士,助理实验师,主要从事蔬菜作物抗性生理和设施园艺研究工作。E-mail: alexander19800307@yahoo.com.cn.

收稿日期:2011-04-11

## Effects of 6-BA on Embryo Abortion and Bryo Culture of Thompson Seedless Grape

MA Li, ZHAO Wen-dong, SUN Ling-jun, GAO Sheng-hua, ZHAO Hai-liang, YANG Yan-min  
(Liaoning Academy of Pomology Science, Yingkou, Liaoning 115009)

**Abstract:** Effects of different concentrations of 6-BA on ovule abortion and embryo culture of Thompson seedless grape were researched. The results indicated that when treated by different concentrations of 6-BA before two weeks blossom and abortion, it would be delayed more than 5 days. Germination rate of embryo of 45 days after flowers treated by 6-BA was supreme, more than 6.9%, was 1.7 times of CK. It was said than 6-BA could delay the abortion, extended the selection of female parent, improved the breeding efficiency of seedless grape.

**Key words:** 6-BA; Thompson seedless; embryo; bryo culture

真叶破心后,将营养钵转置于盛有 1/2 山崎营养液的周转槽中,培养至四叶一心期开始进行盐胁迫。选取长势一致的幼苗,分别置于含 NaCl 0(CK)、51、102、153 和 204 mmol/L 的 1/2 山崎营养液中进行培养。每处理设 3 次重复,每重复 20 株幼苗。整个试验过程中,每 2 d 更换 1 次含盐营养液。在相同环境条件下进行管理。在胁迫的第 15 天测定相关生理生化指标。

### 1.3 指标测定方法

统一选取第 3 片真叶,以电导法测定电导率,用相对电导率表示<sup>[3]</sup>;丙二醛(MDA)含量测定按照高俊凤的方法进行<sup>[3]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)活力测定采用氮蓝四唑(NBT)光化学反应法<sup>[4]</sup>;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法<sup>[4]</sup>;过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外分光光度法<sup>[4]</sup>;可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝法测定,用牛血清蛋白做标准曲线<sup>[4]</sup>。

### 1.4 数据处理

试验数据采用 DPS 数据分析处理系统进行方差分析和 Duncan 新复极差法分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对叶片细胞膜的影响

2.1.1 对叶片相对电导率的影响 相对电导率反映细胞膜透性的大小,而膜透性又直接反映植物细胞对细胞内环境的稳定能力和对外界环境的适应和抵御能力,是抗渗透胁迫的主要生理指标之一。相对电导率越大,膜透性越大,质膜受损伤的程度越高。从表 1 可以看出,“京丹 5 号”与“小圆枣”在正常条件下的相对电导率没有明显的差异。随着盐胁迫浓度的增高,“京丹 5 号”和“小圆枣”的相对电导率均呈升高趋势,而且与对照相比都达到极显著水平。当盐分浓度为 51、102、153、204 mmol/L 时,“京丹 5 号”叶片的相对电导率分别比对照提高了 54.13%、85.95%、149.72%、179.08%;而“小圆枣”叶片的相对电导率则分别比对照提高了 95.62%、128.74%、213.42%、258.11%。由此可以看出,樱桃番茄幼苗叶片的相对电导率对盐胁迫较为敏感。在 NaCl 胁迫 15 d 后,耐盐性不同的 2 个樱桃番茄品种叶片的相对电导率存在着差异;盐胁迫对耐盐性较弱的“小圆枣”叶片细胞质膜的伤害程度始终高于耐盐性较强的“京丹 5 号”,204 mmol/L 的盐胁迫下,耐盐性不同的 2 个樱桃番茄品种间差异最大;在 204 mmol/L 的盐胁迫下处理 15 d 后的幼苗叶片中的相对电导率能更好地区分出樱桃番茄品种间的耐盐性。

2.1.2 对叶片丙二醛含量的影响 丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的产物,其含量可用来间接表示细胞膜的受伤程度。从表 1 可看出,“京丹 5 号”和“小圆枣”在正常生长条件下的丙二醛含量没有明显的差异。在

NaCl 胁迫 15 d 后,随着盐胁迫浓度的增大,2 个品种叶片中丙二醛含量均呈升高趋势,且与对照相比,均达极显著水平。当盐分浓度为 51、102、153、204 mmol/L 时,“京丹 5 号”的丙二醛含量分别比对照增加了 22.63%、47.45%、90.51%、132.85%;“小圆枣”丙二醛的含量分别比对照增加了 28.06%、53.24%、103.60%、152.52%。由此可知,盐胁迫下,耐盐性不同的樱桃番茄品种间幼苗叶片中 MDA 含量表现出一定的差异。耐盐性较弱的“小圆枣”叶片的膜脂过氧化程度始终高于耐盐性较强的“京丹 5 号”。

表 1 不同浓度的 NaCl 胁迫对樱桃番茄

幼苗叶片相对电导率和丙二醛含量的影响

NaCl 浓度 /mmol·L <sup>-1</sup>	相对电导率/%		丙二醛含量/mm <sup>ol</sup> ·g <sup>-1</sup> (FW)	
	京丹 5 号	小圆枣	京丹 5 号	小圆枣
0(CK)	15.87 eE	14.61 eE	1.37 eE	1.39 eE
51	24.46 dD	28.58 dD	1.68 dD	1.78 dD
102	29.51 cC	33.42 cC	2.02 cC	2.13 cC
153	39.63 bB	45.79 bB	2.61 bB	2.83 bB
204	44.29 aA	52.32 aA	3.19 aA	3.51 aA

注:同一列数据后小写字母不同者表示差异显著( $P < 0.05$ ),大写字母不同者表示差异极显著( $P < 0.01$ ),下同。

### 2.2 对叶片保护酶系统的影响

2.2.1 对叶片 SOD 活性的影响 由表 2 可看出,“京丹 5 号”和“小圆枣”在正常生长条件下的 SOD 酶活没有明显的差异,盐胁迫 15 d 后,“京丹 5 号”和“小圆枣”的 SOD 酶活均表现为随着盐浓度的增大而逐渐升高,且在 102 mmol/L 时达到最大值,以后随着盐浓度的加大又呈逐渐下降的趋势,各浓度处理间差异极显著。当达到最大值后,耐盐性较强的“京丹 5 号”SOD 酶活的下降幅度要小于不耐盐品种“小圆枣”,在 153 mmol/L 和 204 mmol/L 的盐浓度下依然能够维持较高的酶活。在 153 mmol/L 的盐胁迫下,“京丹 5 号”的 SOD 酶活比对照高出 43.55%,而“小圆枣”的 SOD 酶活则比对照高出 26.81%。在 204 mmol/L 的盐浓度下,“京丹 5 号”的 SOD 酶活比对照高出 26.81%;而“小圆枣”的 SOD 酶活则比对照下降了 6.60%。这就说明,随着盐浓度的增加,耐盐性不同的樱桃番茄品种间幼苗叶片 SOD 活性表现出一定的差异,并且在 204 mmol/L 盐胁迫下的差异相对较为明显。

2.2.2 对叶片 POD 活性的影响 由表 2 可以看出,随着盐胁迫浓度的增高,耐盐性较强的“京丹 5 号”的 POD 酶活呈升高趋势,而且与对照相比都达到了极显著水平。耐盐性较弱的“小圆枣”POD 酶活则表现为先升高后下降的趋势,在 153 mmol/L 的盐胁迫下达到最大值,处理间差异极显著。耐盐性较强的“京丹 5 号”POD 酶活的增高幅度大于耐盐性较弱的“小圆

枣”。在 153 mmol/L 的盐胁迫下,“京丹 5 号”POD 的酶活比对照增加了 104.24%,而“小圆枣”POD 的酶活比对照增加了 90.76%;在 204 mmol/L 的盐胁迫下,“京丹 5 号”POD 的酶活比对照增加了 122.81%,而“小圆枣”POD 的酶活仅比对照增加了 60.98%。此结果表明,随着盐胁迫浓度的升高,耐盐性不同的樱桃番茄品种间幼苗叶片中 POD 活性表现出一定差异,在 204 mmol/L 的盐浓度下胁迫 15 d 后,幼苗叶片中 POD 活性能更好地区分出樱桃番茄品种间的耐盐性。

2.2.3 对叶片 CAT 活性的影响 由表 2 可以看出,“京丹 5 号”与“小圆枣”在正常生长条件下的 CAT 酶活相差不大。经过 15 d NaCl 胁迫处理后,“京丹 5 号”和“小圆枣”叶片中的 CAT 活性均呈先升高后降低的趋势,除“小圆枣”在 204 mmol/L 盐胁迫下的 CAT 活性与对照相比差异不显著外,其余处理与对照相比差

表 2 不同浓度的 NaCl 胁迫胁迫对樱桃番茄幼苗叶片中 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

浓度 /mmol·L <sup>-1</sup>	SOD/U·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup>		POD/U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>		CAT/U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	
	京丹 5 号	小圆枣	京丹 5 号	小圆枣	京丹 5 号	小圆枣
0(CK)	593.30 eE	600.12 dD	69.15 eE	61.80 eE	18.56 dD	19.13 cC
51	790.32 cC	762.76 cC	88.71 dD	68.25 dD	25.18 cC	22.87 bB
102	995.21 aA	947.37 aA	117.89 cC	88.54 cC	33.96 aA	31.22 aA
153	851.67 bB	769.87 bB	141.23 bB	117.89 aA	36.51 aA	30.01 aA <sup>II</sup>
204	752.36 dD	560.53 eE	154.07 aA	105.47 bB	31.12 bB	20.55 cC

### 2.3 对叶片可溶性蛋白含量的影响

由表 3 可以看出,盐胁迫 15 d 后,随着盐胁迫浓度的增大,“京丹 5 号”和“小圆枣”幼苗叶片中可溶性蛋白含量均呈上升趋势,且与对照相比,均达到极显著水平。当盐浓度为 51、102、153、204 mmol/L 时,“京丹 5 号”可溶性蛋白含量分别比对照增加了 5.89%、

表 3 NaCl 胁迫对樱桃番茄幼苗叶片可溶性蛋白含量的影响

品种	NaCl 浓度/mmol·L <sup>-1</sup>					μg/g(FW)
	0(CK)	51	102	153	204	
京丹 5 号	832.46 dD	881.52 cC	885.27 cC	981.97 bB	1 087.23 aA	
小圆枣	760.76 dD	802.37 cC	815.92 cC	865.97 bB	955.44 aA	

## 3 结论与讨论

该试验中,除可溶性蛋白质含量这个指标外,耐盐性不同的 2 个樱桃番茄品种的其它生理生化指标在正常生长条件下均相差不大。胁迫 15 d 后,随着盐胁迫浓度的增加,耐盐性不同的樱桃番茄品种各指标的变化均存在一定程度的差异。但只有在 204 mmol/L 的胁迫浓度下,耐盐性不同的 2 个樱桃番茄品种的相对电导率、CAT 酶活、POD 酶活等指标的变化幅度相差最大。因此,204 mmol/L 的 NaCl 浓度可作为樱桃番茄苗期抗盐筛选的较优浓度。

盐胁迫能直接影响细胞的膜脂和膜蛋白,使膜系统受损,膜脂透性增大和膜脂过氧化<sup>[5]</sup>,从而影响了膜的正常生理功能。肖雯等的研究证实膜透性的大小,

异均极显著。但是耐盐性较强的“京丹 5 号”的 CAT 活性始终高于“小圆枣”。其中,“京丹 5 号”在 153 mmol/L 的 NaCl 胁迫下达到最大值,而“小圆枣”则在 102 mmol/L 的 NaCl 胁迫下达到最大值。达到最大值后,“京丹 5 号”的 CAT 活性虽然开始下降,但下降非常缓慢,在 204 mmol/L 的 NaCl 胁迫下,其酶活依然比对照高出 67.67%;“小圆枣”的 CAT 活性达到最大值后便开始急剧下降,在 204 mmol/L 的 NaCl 胁迫下,不耐盐品种“小圆枣”的 CAT 活力仅比对照高出 7.42%,而在 51、102、153 mmol/L 的盐胁迫下,2 个品种 POD 活性增加幅度的差别较小乃至接近。此结果表明,随着盐浓度的增高,耐盐性不同的樱桃番茄品种幼苗叶片 CAT 酶活存在着一定的差异;在 204 mmol/L 的盐浓度下胁迫 15 d 后,幼苗叶片中 CAT 活性能明显区分出樱桃番茄品种间的耐盐性。

6.34%、17.96%、30.60%;而耐盐性较弱的“小圆枣”可溶性蛋白含量则分别比对照增加了 5.47%、7.25%、13.83%、25.59%。由此可知,在盐胁迫下,盐浓度越大,可溶性蛋白含量的增加幅度越大,但耐盐性不同的 2 个樱桃番茄品种幼苗叶片中可溶性蛋白含量的增幅相差不大。

μg/g(FW)

直接反映质膜受损伤的程度,数值越大膜受到的伤害也越大,并认为植物细胞膜透性在揭示植物耐盐指标中有一定的参考意义<sup>[6]</sup>。该研究结果表明,204 mmol/L 的 NaCl 胁迫 15 d 后,耐盐性不同的 2 个樱桃番茄品种叶片的相对电导率差异较大;在 204 mmol/L 的盐胁迫下处理 15 d 后的幼苗叶片中的相对电导率能更好地区分出樱桃番茄品种间的耐盐性。由此可知,质膜透性对盐胁迫较为敏感,相对电导率适宜作为抗性筛选指标来区分樱桃番茄品种间的耐盐性。丙二醛是膜脂过氧化的产物。在一定胁迫强度内,细胞的各种保护机制使得丙二醛含量维持在一定的水平,但胁迫强度超过特定阈值后,细胞内代谢失调,自由基积累,膜脂过氧化作用加大,丙二醛含量升高,因此在一定程度

上丙二醛含量的高低可以表示细胞膜脂质过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱<sup>[7]</sup>。该试验中,盐胁迫下耐盐性较弱的“小圆枣”叶片的膜脂过氧化程度始终高于耐盐性较强的“京丹5号”,但是盐胁迫下2个品种丙二醛含量的增加幅度差别较小或者接近。因此,盐胁迫下,樱桃番茄幼苗叶片中的丙二醛含量不太适宜作为抗性筛选指标。

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)作为植物内源的活性氧清除剂,属于保护酶系统。三者协调一致,在逆境中维持较高的酶活,才能使生物体内自由基、活性氧维持在较低水平,防止膜脂过氧化,以减轻盐胁迫对植物细胞的伤害<sup>[8]</sup>。张美云<sup>[9]</sup>等通过聚类分析发现,在众多的生理指标中,苗期在逆境条件下,以酶活力因子抗逆作用最大。因此,保护酶活性的高低在一定程度上能够反映植物抗盐性的强弱。该试验研究发现,耐盐性不同的樱桃番茄品种的保护酶系统对盐胁迫的反应存在着差异。耐盐性较强品种在盐胁迫下,特别是在较高浓度的盐胁迫下,仍维持着较高的保护酶活,且这种差异在204 mmol/L NaCl胁迫下更明显。尤其是204 mmol/L NaCl处理第15天时品种间POD活性差异较大,能明显区分樱桃番茄品种间的耐盐性;盐胁迫15 d后品种间CAT活性差异也较明显,亦能明显区分樱桃番茄品种间的耐盐性。但是需要注意的是,植物对盐胁迫的适应性反应是一个非常复杂的生理生态学问题。在众多的生理指标中,某个材料在某个时期可能某个指标占了主导地位,很难用单一的指标来衡量抗性。因此,樱桃番茄抗性筛选指标的标准化还有待于进一步的深入研究<sup>[9]</sup>。

植物在逆境条件下,打破了体内原有的微环境平衡(酶活性、离子、电子平衡等),造成碳水化合物代谢产物的变化,随着胁迫浓度的加深,与渗透压相关的调节物质的积累趋势明显<sup>[10]</sup>。该试验中,随着胁迫浓度的加大和胁迫时间的延长,2个耐盐性不同的樱桃番茄幼苗叶片中可溶性蛋白的含量均明显增加。这主要是因为盐胁迫下,蛋白质合成受到抑制,而蛋白质分解被促进所造成的。高含量的可溶性蛋白有利于植物细胞维持较低的渗透势,增强其渗透调节能力,从而缓解因盐离子大量进入细胞和植株失水带来的伤害及由此造成的一系列次生伤害。

#### 参考文献

- [1] 王学军. 保护地土壤次生盐渍化分析[J]. 北方园艺, 1998(2): 12-13.
- [2] 孟长军, 邹志荣, 钱卫鹏, 等. 不同樱桃番茄品种种子萌发期的耐盐性研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(3): 169-174.
- [3] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 196-201.
- [4] 陈建勋, 王小峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002: 24-25, 68-69, 72-73.
- [5] Moran J F, Becana M, Iturke-onnaetxe I, et al. Drought induces oxidative stress in pea plants[J]. Planta, 1994, 94: 343-352.
- [6] 肖雯, 李恢先, 蒲陆梅. 几种盐生植物抗盐生理指标的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5): 818-825.
- [7] 龚明. 盐胁迫下大麦和小麦叶片膜脂过氧化伤害与超微结构变化的关系[J]. 植物学报, 1989, 31(11): 841-846.
- [8] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 9-10.
- [9] 张美云, 钱吉, 钟扬, 等. 野生大豆若干耐盐生理指标的研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2002, 41(6): 669-673.
- [10] 王正加, 黄有军, 龚宁, 等. 厚藤耐盐生理指标研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(2): 264-267.

## Effects of NaCl Stress of Different Concentration on Physiological and Biochemical Parameters of Cherry Tomato Seedlings

MENG Chang-jun

(Department of Life Science, Xi'an University of Arts and Science, Xi'an, Shaanxi 710065)

**Abstract:** Salt injury was one of the prominent problems suffered in protected farming of cherry tomatoes. In order to provide salt-resistance breeding and salt damage prevention and control in protected farming of cherry tomatoes with theoretical basis and references, using the two varieties 'Jingdan No. 5' and 'Xiaoyuanzao' as materials, the effects of salt stress of different concentration on physiological and biochemical parameters of cherry tomatoes seedlings were studied. The results showed that 204 mmol/L concentration could be adopted as the optimal concentration of NaCl for biochemical and physiological testing of salt resistance of cherry tomato. After the two varieties were stressed under NaCl of 204 mmol/L for 15 days, the range abilities of relative electric conductivity, POD and CAT activity in cherry tomato seedling leaves were different greatly. So they could be adopted as the select index of salt-resistance.

**Key words:** NaCl stress; cherry tomato seedlings; physiological and biochemical parameters