

# 花椰菜种子活力和抗氧化酶活性及幼苗光合色素对 NaCl 胁迫的响应

朱世杨 张小玲 罗天宽 刘 庆 唐 征 荆赞革

(温州市农业科学研究院, 浙南作物育种重点实验室, 浙江温州 325006)

**摘 要:** 以花椰菜银农 70 天自交系种子为材料, 研究了 7 个 NaCl 胁迫浓度 (0、34、68、102、136、170、204 mmol · L<sup>-1</sup>) 对种子活力和抗氧化酶活性及幼苗光合色素的变化特点。结果发现: ① 随着 NaCl 胁迫浓度的增加, 种子发芽率、发芽势、发芽指数、幼苗叶绿素 a/b (Chla/Chlb) 和类胡萝卜素/叶绿素 (Car/Chl) 值呈线性降低趋势, 丙二醛 (MDA) 含量呈线性增加趋势。② 种子超氧化物歧化酶 (SOD) 活性、幼苗干鲜质量以及 Chla、Chlb、Chl 和 Car 含量随 NaCl 胁迫浓度增加呈“钟形”抛物线变化规律, 在 68 ~ 136 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下出现最大值; 相对盐害率变化相反, 呈“倒钟形”变化特点, 在 34 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下出现最小值。③ 种子过氧化氢酶 (POD) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性均随 NaCl 胁迫浓度增加呈多项式变化规律, 即在中度 NaCl 胁迫 (136 mmol · L<sup>-1</sup>) 下活性升高, 而重度 NaCl 胁迫 (204 mmol · L<sup>-1</sup>) 下降。综合分析表明, 种子相对盐害率、抗氧化酶 (SOD、POD 和 CAT) 活性及幼苗 Chla、Chlb、Chl 和 Car 含量不仅能较好地指示 NaCl 胁迫对花椰菜种子活力及相关生理生化的伤害程度, 并且可反映其受 NaCl 胁迫伤害的强度水平, 但发芽率、发芽势、发芽指数、Chla/Chlb 和 Car/Chl 值则无法指示; 102 ~ 136 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫浓度是花椰菜种子活力及相关生理生化代谢受到伤害的盐胁迫阈值。

**关键词:** 花椰菜; 种子活力; 盐胁迫; 萌发; 抗氧化酶; 光合色素

中图分类号: S635.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 02-0041-07

## Response of Cauliflower Seed Vigor, Antioxidant Enzyme Activity and Seedling Photosynthetic Pigment to NaCl Stress

ZHU Shi-yang, ZHANG Xiao-ling, LUO Tian-kuan, LIU Qing, TANG Zheng, JING Zan-ge

(Wenzhou Institute of Agricultural Science, Key Laboratory of Crop Breeding in Southern Zhejiang, Wenzhou 325006, Zhejiang, China)

**Abstract:** The seed vigor, antioxidant enzyme activities and photosynthetic pigment of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) ‘Yinnong 70 tian’ were studied under NaCl stresses with concentration as 0, 34, 68, 102, 136, 170, 204 mmol · L<sup>-1</sup>. It was found that the seed germination percentage, germination energy, germination index, Chla/Chlb and Car/Chl ratio were reduced linearly under NaCl stresses, while malondialdehyde (MDA) content was just the opposite with NaCl stress. The parabola curves in superoxide dismutase (SOD) activity, seedling fresh and dry weight, Chla, Chlb, Chl and Car contents were observed with increasing NaCl stresses and the highest values were obtained under 68-136 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl stresses; while pattern of the relative ratio of salt disease was the

收稿日期: 2011-04-02; 接受日期: 2011-06-07

基金项目: 浙江省教育厅科研项目 (Y200906705), 浙江省科技计划项目 (2008C22094), 温州市科技计划 (N20100006, N20110001)

作者简介: 朱世杨, 硕士研究生, 讲师, 专业方向: 花椰菜遗传育种和植物生理, E-mail: zhushiyang2000@163.com

opposite and the lowest value was obtained under  $34 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl stress. The patterns of the peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities were displayed different response to salt stresses. Specially, the activities of POD and CAT increased under moderate salty stress, while decreased under severe stress ( $204 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ). It was suggested that the relative ratio of salt stress ( $136 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), SOD, POD, CAT activities and Chla, Chlb, Chl and Car contents were sensitive indicators that could effectively reflect the response pattern of the physiological and biochemical activities of cauliflower seeds under NaCl stress, but the germination percentage, germination energy, germination index, Chla/Chlb and Car/Chl ratios could not. For cauliflower seeds, the  $102\text{--}136 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl was the threshold at which the negative effect of salt stress on seed vigor and some physiological and biochemical characteristics.

**Key words:** Cauliflower; Seed vigor; Salt stress; Germination; Antioxidant enzyme; Photosynthetic pigment

土壤盐碱化是世界性的环境问题,已成为限制农业生产的重要障碍因子(杨小环等,2011)。全世界盐渍土壤面积约占陆地面积的 7.6%,我国盐渍土壤面积约有 0.7 亿  $\text{hm}^2$ (李源等,2010),并且随着工业污水的任意排放,化肥的盲目增施及土壤的不科学管理,土壤盐碱化面积仍在进一步的扩大。如何开发利用如此大面积的盐碱地资源,对发展国民经济有着重要的战略意义。花椰菜(*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)为十字花科芸薹属甘蓝种的一个变种,其营养丰富,味道鲜美,具有抗癌防癌功效,在浙江、江苏、甘肃、河南等地均有种植,是人们餐桌上重要的蔬菜作物之一(陈珍,2009)。现阶段加强花椰菜盐胁迫的生理生态机制研究,对其在滩涂盐碱地的开发种植,为广大老百姓提供高品质健康蔬菜具有重要的指导意义;对开展花椰菜耐盐种质资源评价及抗盐品种选育亦具有深远的参考价值。前人对向日葵(Mehmet et al., 2006)、苜蓿(Wang & Han, 2009)和秋葵(Dkhil & Denden, 2010)等植物盐胁迫的研究较多。关于花椰菜,前人在干旱胁迫(陈国菊等,2002)、高温胁迫(汪炳良等,2004)和重金属胁迫(陈珍,2009)方面有少许研究报道,但花椰菜盐胁迫的生理生化研究尚未见报道。本试验初步研究了不同浓度 NaCl 胁迫强度对花椰菜种子活力和抗氧化酶活性及幼苗光合色素的变化特点,旨在探讨花椰菜萌发期盐胁迫的生理生化机制,为花椰菜盐碱地开发利用及耐盐种质筛选提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为 2009 年 5 月采收的花椰菜银农 70 天自交系种子( $10^\circ\text{C}$ 冰箱中贮藏),由温州市农业科学研究院生物工程技术研究所花椰菜课题组提供。试验于 2009 年 12 月在本课题组的培养室和细胞与基因工程研究室进行。

### 1.2 试验设计与处理

用双蒸馏水和分析纯 NaCl 配制  $34$ 、 $68$ 、 $102$ 、 $136$ 、 $170$ 、 $204 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 NaCl 处理液,对照为双蒸馏水( $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )。将两层滤纸垫入培养皿( $\Phi=9 \text{ cm}$ ),加入  $3 \text{ mL}$  NaCl 处理液使滤纸饱和吸水后作为发芽床。选取 100 粒发育饱满的种子整齐排列于发芽床上,培养皿盖上盖后置于全自动控制的培养室(杭州求是人工气候环境有限公司设计和安装)中连续培养 7 d。培养室温度设置为  $25^\circ\text{C}$ ,每天光照 12 h,黑暗 12 h。每天定时更换滤纸和盐溶液,以保持各处理 NaCl 浓度不变。发芽试验 4 次重复。

### 1.3 测定指标和方法

1.3.1 种子活力测定 种子萌发期间, 每天统计发芽的种子数, 2 d 统计发芽势, 7 d 统计发芽率并测定幼苗鲜质量和干质量 (每个处理每次重复测定 10 株)。发芽指数和相对盐害率参考苗春乐等 (2008) 的方法。

$$\text{发芽指数} = \sum (G_t / D_t)$$

$G_t$  为第  $t$  天发芽的种子数,  $D_t$  为相应的发芽天数。

$$\text{相对盐害率} (\%) = (\text{对照发芽率} - \text{NaCl 处理发芽率}) / \text{对照发芽率} \times 100\%$$

1.3.2 抗氧化酶活性和丙二醛 (MDA) 含量测定 超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 活性和丙二醛含量测定每个处理 3 次重复。酶液提取参考 Zhu 等 (2010) 的方法, 称取 30 粒种子置于相应 NaCl 处理液中 25 °C 萌动 24 h 后, 在 -20 °C 预冷的研钵中用 6 mL 0.05 mol · L<sup>-1</sup> pH 7.0 磷酸缓冲液研磨成匀浆, 然后将提取液 15 000 r · min<sup>-1</sup> 4 °C 离心 20 min, 上清液即为酶粗提液, 用于 SOD、POD 和 CAT 活性及 MDA 含量的测定 (李合生, 2000)。

1.3.3 光合色素含量的测定 光合色素含量测定每个处理 3 次重复。取发芽 7 d 幼苗子叶 0.5 g 置于丙酮酒精溶液 (乙醇: 丙酮: H<sub>2</sub>O=9 V: 9 V: 2 V) 中, 25 °C 黑暗条件下浸提 72 h, 浸提液用 Unico UV-2802PC 紫外可见分光光度计测定叶绿素 a (Chla)、叶绿素 b (Chlb) 和类胡萝卜素 (Car) 含量, 并计算总的叶绿素含量 (Chl) = Chla + Chlb 和叶绿素 a/b (Chla/Chlb) 及 Car/Chl 的值 (李合生, 2000; 王建成 等, 2004)。

### 1.4 数据分析

对不同 NaCl 胁迫浓度下各指标进行单因素方差分析 (ANOVA), 平均值之间的比较采用 LSD 检验; 并对各参数在 NaCl 胁迫浓度梯度上的变化趋势进行曲线拟合。所有数据分析采用 Microsoft Excel 2003 和方差分析软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同 NaCl 胁迫浓度对花椰菜种子活力和幼苗干鲜质量的影响

在 NaCl 胁迫浓度梯度上, 花椰菜种子的发芽率、发芽势和发芽指数变化趋势基本一致, 都随 NaCl 胁迫强度增加呈线性降低趋势 (图 1)。发芽率、发芽势和发芽指数在 34 ~ 68 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下与对照无显著差异, 但 102 ~ 204 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下随 NaCl 浓度增加显著降低。相对盐害率在 NaCl 胁迫浓度梯度上呈“倒钟形”抛物线变化 (图 1), 其中 34 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下出现最小值, 而 102 ~ 204 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下则比对照显著增加了 8.2% ~ 95.7%。幼苗鲜质量和干质量随 NaCl 胁迫浓度呈抛物线变化规律 (图 1), NaCl 浓度为 68 mmol · L<sup>-1</sup> 时出现最大值, 分别为 42.75、4.50 mg · 株<sup>-1</sup>; 在 34 ~ 102 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下幼苗鲜质量和干质量分别较对照增加 21.4% ~ 26.6% 和 21.7% ~ 36.8%, 而 136 ~ 170 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下则分别降低 15.6% ~ 26.0% 和 9.5% ~ 32.5%。

### 2.2 不同 NaCl 胁迫浓度对花椰菜种子抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响

图 2 显示了不同 NaCl 胁迫浓度下花椰菜种子抗氧化酶活性和 MDA 含量的变化情况。由图 2 可以看出, 不同抗氧化酶活性在 NaCl 胁迫浓度梯度上的变化趋势有所不同。SOD 活性随 NaCl 胁迫浓度梯度递增呈“钟形”抛物线变化规律, 102 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下 SOD 活性最高, 比对照提高了 83.8%; 而 204 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下 SOD 活性则降低了 28.4%, 差异极显著。在 NaCl 胁迫浓度梯度上 POD 与 CAT 活性表现出相似的趋势, 呈多项式变化特点, 且均在 136 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下活性最高, 分别比对照升高了 31.1% 和 41.5%; 而 204 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下则分别降低了 44.2% 和 51.9%, 差异极显著。MDA 含量随 NaCl 胁迫浓度增强呈线性递增趋势, 而且

NaCl 胁迫浓度越大, MDA 含量增加幅度越大, 尤其 102 ~ 204 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl 胁迫下 MDA 含量比对照增加 1.4 ~ 3.6 倍, 差异极显著。

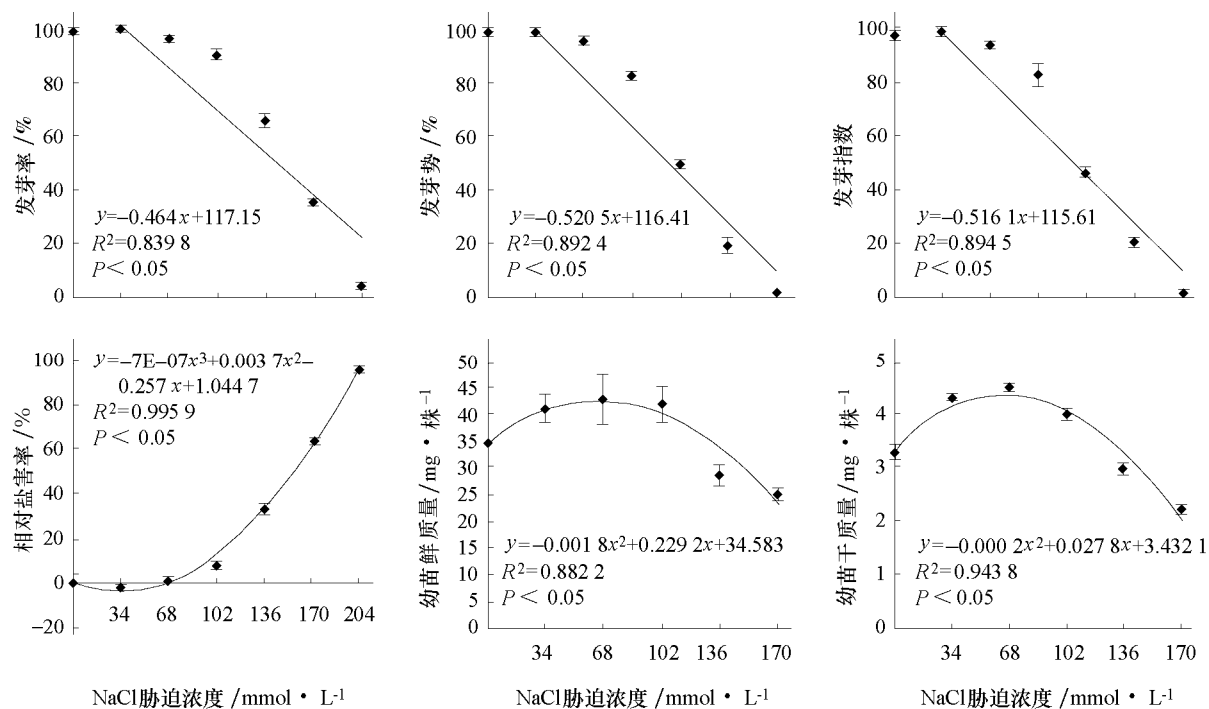


图 1 不同 NaCl 胁迫浓度下花椰菜种子活力、幼苗干质量和鲜质量的变化

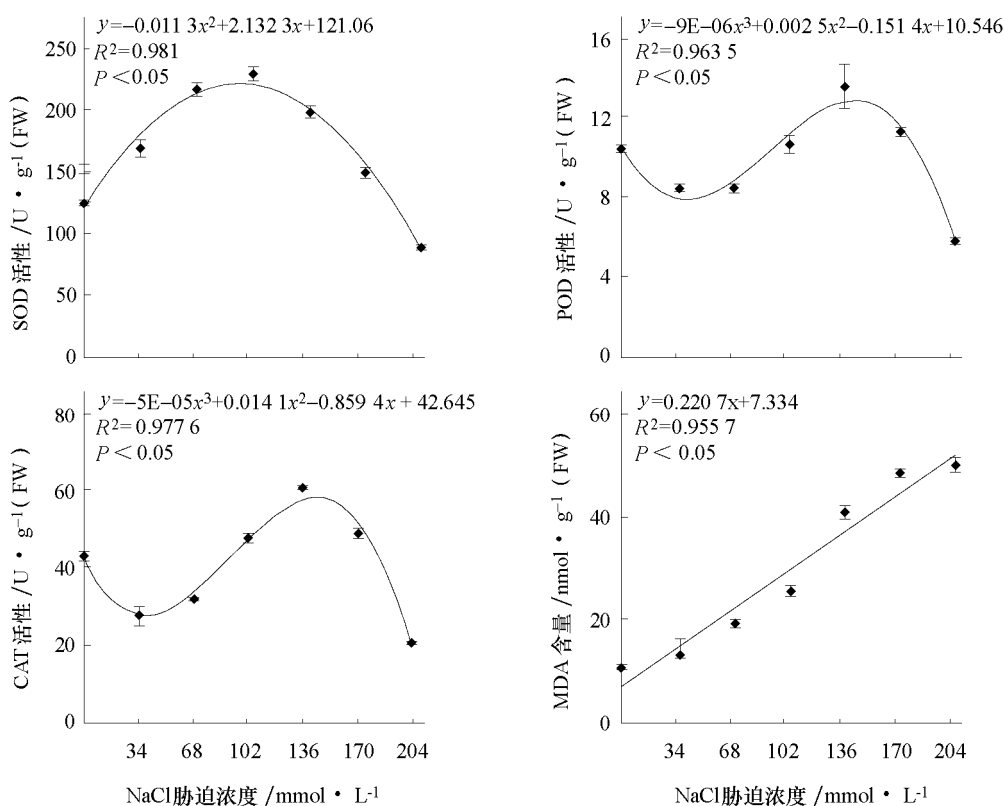


图 2 不同 NaCl 胁迫浓度下花椰菜种子 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量的变化

### 2.3 不同 NaCl 胁迫浓度对花椰菜幼苗光合色素含量的影响

由图 3 可看出, 花椰菜幼苗子叶中 Chla、Chlb、Chl 和 Car 含量随 NaCl 胁迫浓度递增呈抛物线变化; 其中 Chla、Chlb 和 Chl 含量于  $102 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下出现峰值, 分别为  $7.85$ 、 $3.82$ 、 $11.67 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  (FW), 比对照增加了  $58.4\%$ 、 $87.4\%$  和  $66.9\%$ , 差异极显著; Car 含量则于  $68 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下出现峰值, 为  $1.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  (FW), 较对照增加了  $39.5\%$ , 差异极显著。Chla/Chlb 和 Car/Chl 值在 NaCl 胁迫浓度梯度上呈线性降低趋势 (图 3), 在  $34 \sim 170 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下, Chla/Chlb 和 Car/Chl 值分别比对照降低  $6.7\% \sim 23.2\%$  和  $12.2\% \sim 38.9\%$ 。

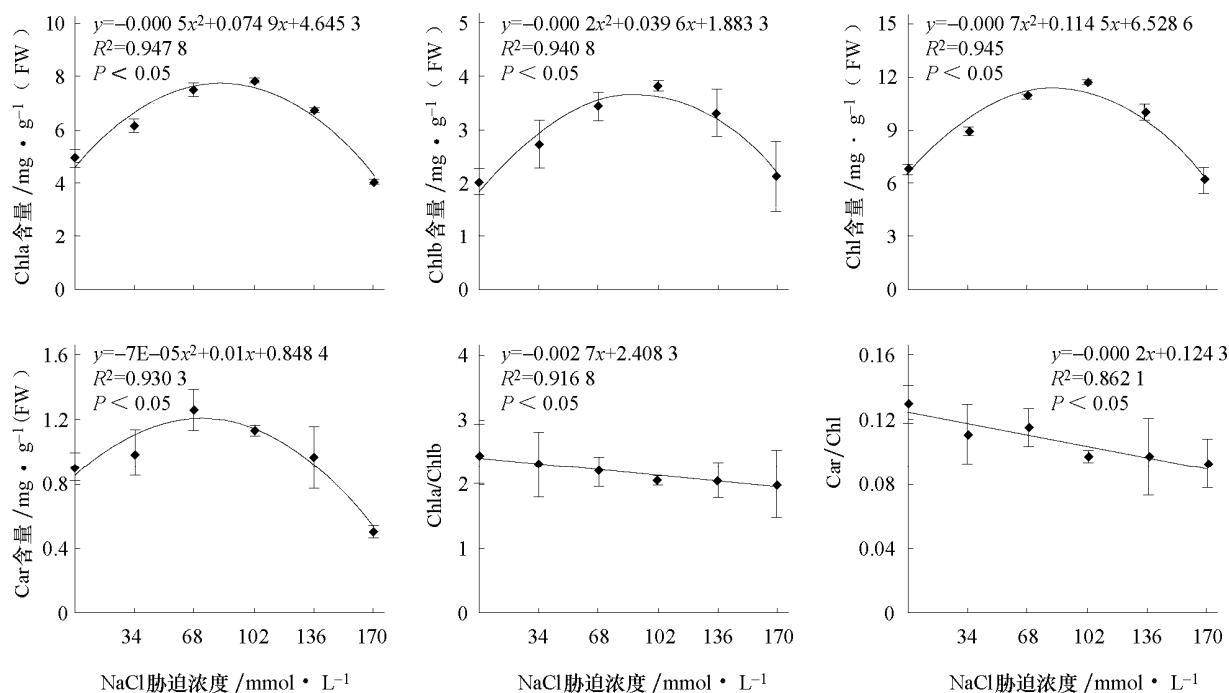


图 3 不同 NaCl 胁迫浓度下花椰菜幼苗子叶中 Chla、Chlb、Chl 和 Car 含量及 Chla/Chlb 和 Car/Chl 值的变化

## 3 结论与讨论

种子萌发期是植物生活史中最为关键的生长阶段, 也是其生活史中抗逆性最为薄弱的环节 (Pujari & Chanda, 2002)。盐胁迫对植物种子造成毒害, 降低了种子的发芽率和发芽速度, 影响了幼苗的生长和发育 (乔绍俊 等, 2009)。本试验中, 花椰菜种子发芽率、发芽势和发芽指数随盐胁迫浓度增加呈线性降低变化规律, 其中  $34 \sim 68 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下各发芽指标较对照无显著差异, 但  $136 \sim 204 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下却极显著降低; 相对盐害率在  $102 \sim 204 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下明显增加; 幼苗干、鲜质量虽在  $34 \sim 102 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下有所提高, 但  $136 \sim 170 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下显著降低。这可能与高浓度 NaCl 导致种子吸水受抑制而影响种子萌发和幼苗生长有关, 亦可能与高浓度 NaCl 引起的离子毒害作用有关。这与李建设等 (2009) 在燕麦盐胁迫研究中的发现类似。

盐胁迫下植物细胞内  $\text{O}_2^-$ 、 $-\text{OH}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  等活性氧自由基大量积累, 引发膜脂过氧化作用导致细胞受氧胁迫伤害; MDA 是膜脂过氧化作用的主要产物, 其含量反映了细胞受氧胁迫伤害的程度 (Gulen et al, 2006; 董涛 等, 2009; 李建设 等, 2009; 乔绍俊 等, 2009; 徐玉伟 等, 2010)。本试验发现, MDA 含量在 NaCl 胁迫浓度梯度上呈线性递增变化趋势, 表明高 NaCl 胁迫浓度使

种子中膜脂过氧化作用加剧,从而使细胞原生质膜破坏程度增强(Gulen et al., 2006)。抗氧化酶SOD、POD和CAT是植物主要的保护酶类,它们能有效地清除 $O_2^-$ 、 $-OH$ 、 $H_2O_2$ 等活性氧自由基,从而保护细胞免受氧胁迫伤害(Gulen et al., 2006; 李建设等, 2009; 乔绍俊等, 2009; 杨平和吴凤芝, 2011)。本试验中,NaCl胁迫浓度梯度上3种抗氧化酶活性变化趋势有所差异;其中CAT与POD活性的反应变化趋势一致,均随NaCl胁迫浓度梯度表现出先下降后上升再降低的多项式变化特点;SOD活性则呈先上升后降低的抛物线变化规律。表明,NaCl胁迫下花椰菜种子抗氧化酶清除活性氧自由基的作用机制有所差异,总体表现为低浓度NaCl胁迫时种子通过增强酶的活性以增强其抗盐性,但是当NaCl胁迫浓度过高时则由于盐离子毒害作用而导致酶的活性愈来愈弱,进而导致种子失去活力。这与江珊等(2009)在园林树木种子萌发期耐盐性研究中的发现有一定的相似之处。

Chla、Chlb、Chl和Car是植物主要的光合色素,它们的含量和比例是反映光合能力的重要指标;Car还是内源抗氧化剂,具有抗氧化功能,能够防止细胞膜脂过氧化作用(陈健妙等, 2009; 秦景等, 2009)。本试验中,不同NaCl胁迫浓度梯度下,花椰菜幼苗子叶中4种光合色素的含量变化规律一致,在NaCl胁迫浓度梯度上均呈抛物线的变化趋势。可能是低浓度NaCl胁迫下花椰菜通过增加光合色素合成以提高自身的抗盐性,而高浓度NaCl胁迫强度下光合色素合成受阻,降解加快,从而导致光合色素含量迅速下降。同时,高浓度NaCl胁迫下Car含量的降低也抑制了其活性氧自由基的清除作用,进一步加剧了叶绿体膜的破坏,造成叶绿素的快速降解,进而影响到叶片的光合能力(陈健妙等, 2009; 秦景等, 2009)。花椰菜幼苗干、鲜质量在NaCl胁迫下的变化趋势或许与光合色素的变化特点有关。这与前人在沙棘(秦景等, 2009)、麻风树(陈健妙等, 2009)盐胁迫研究中的发现相一致。Chla/Chlb值的变化能反映植物光合活性的强弱(秦景等, 2009),Car/Chl值与植物清除活性氧能力和忍受逆境能力有关(陈健妙等, 2009)。本试验中发现,Chla/Chlb和Car/Chl在NaCl胁迫浓度梯度上呈线性降低趋势,表明NaCl胁迫下花椰菜子叶中Chla破坏程度大于Chlb,且Car含量大幅度下降,降低了幼苗抵抗氧化胁迫的能力,增强了活性氧胁迫对叶绿体膜的伤害,从而导致其幼苗的光合能力降低。

植物的耐盐性是一个受多种因素影响的复杂数量性状;不同的物种对某一具体指标的耐盐性反应不一定相同;单一指标难以全面准确地反映耐盐性的强弱(江珊等, 2009)。综合分析发现,花椰菜种子抗氧化酶(SOD、POD和CAT)活性、相对盐害率及Chla、Chlb、Chl和Car含量在NaCl胁迫浓度梯度上具有明显的反应拐点,说明这些指标能够在一定程度上指示NaCl胁迫对花椰菜种子活力和抗氧化酶活性及幼苗光合色素伤害的强度水平;这些参数的变化拐点一般在NaCl胁迫浓度处于 $102 \sim 136 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,表明 $102 \sim 136 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl胁迫下花椰菜种子生理及幼苗光合色素受到显著影响,可作为花椰菜耐盐性评价的生理生化阈值,以供盐渍土壤开发利用及耐盐种质评价参考。

#### 参考文献

- 陈国菊, 杨暹, 吴筱颖. 2002. 干旱胁迫对花椰菜叶片细胞保护酶及超微结构的影响. 中国蔬菜, (2): 8-11.
- 陈健妙, 郑青松, 刘兆普, 隆小华, 刘联. 2009. 麻疯树(*Jatropha curcas* L.)幼苗生长和光合作用对盐胁迫的响应. 生态学报, 29(3): 1356-1365.
- 陈珍. 2009. 水杨酸对镉胁迫下花椰菜种子萌发及幼苗生长的影响. 种子, 28(2): 39-42.
- 董涛, 张志刚, 尚庆茂. 2009. 水杨酸和壳聚糖对黄瓜幼苗耐盐性的共诱导作用. 中国蔬菜, (2): 46-50.
- 江珊, 张文辉, 刘新成. 2009. 3种园林树木种子萌发期耐盐性研究. 西北植物学报, 29(4): 733-741.
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社: 164-167.
- 李建设, 沈国伟, 任长忠, 胡银岗, 刘春贵. 2009. 燕麦种子萌发和幼苗生长对不同盐胁迫的反应. 麦类作物学报, 29(6): 1043-1047.
- 李源, 刘贵波, 高洪文, 孙桂枝, 赵海明, 谢楠. 2010. 紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应. 草业学报, 19(4):

79-86.

苗春乐, 郝丽珍, 王萍, 杨忠仁, 李红艳, 王六英, 赵清岩. 2008. NaCl 胁迫对沙葱种子生活力及抗氧化酶活性的影响. 华北农学报, 23 (4): 172-175.

乔绍俊, 李会珍, 张志军, 张鑫. 2009. 盐胁迫对不同基因型紫苏种子萌发、幼苗生长和生理特征的影响. 中国油料作物学报, 31 (4): 499-502.

秦景, 董雯怡, 贺康宁, 陈静, 于洋, 王占林. 2009. 盐胁迫对沙棘幼苗生长与光合生理特征的影响. 生态环境学报, 18 (3): 1031-1036.

汪炳良, 徐敏, 史庆华, 曹家树. 2004. 高温胁迫对早熟花椰菜叶片抗氧化系统和叶绿素及其荧光参数的影响. 中国农业科学, 37 (8): 1245-1250.

王建成, 胡晋, 张新觉, 徐群, 周胜利, 徐盛春. 2004. 盐引发对不同水分条件下油菜种子发芽成苗的影响. 种子, 23 (1): 6-8, 12.

徐玉伟, 郭世荣, 程玉静, 熊银锋, 黄海桃. 2010.  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  对盐胁迫下黄瓜幼苗生长及膜质过氧化的影响. 中国蔬菜, (4): 14-18.

杨平, 吴凤芝. 2011. 不同化感效应小麦根系分泌物对黄瓜苗叶片保护酶活性及渗透调节物质的影响. 中国蔬菜, (12): 32-36.

杨小环, 马金虎, 郭数进, 李新基, 李盛. 2011. 种子引发对盐胁迫下高粱种子萌发及幼苗生长的影响. 中国生态农业学报, 19 (1): 103-109.

Dkhil B B, Denden M. 2010. Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* L. Moench seeds. African Journal of Agricultural Research, 5 (6): 408-415.

Gulen H, Turhan E, Eris A. 2006. Changes in peroxidase activities and soluble proteins in strawberry varieties under salt-stress. Acta Physiologiae Plantarum, 28 (2): 109-116.

Mehmet D K, Gamze O, Mehmet A, Yakup C, Ozer K. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295.

Pujari D S, Chanda S V. 2002. Effect of salinity stress on growth, peroxidase and IAA oxidase activities in vigna seedlings. Acta Physiologiae Plantarum, 24 (4): 435-439.

Wang X S, Han J G. 2009. Changes of proline content, activity, and active isoforms of antioxidative enzymes in two alfalfa cultivars under salt stress. Agricultural Sciences in China, 8 (4): 431-440.

Zhu S Y, Hong D L, Yao J, Zhang X L, Luo T K. 2010. Improving germination, seedling establishment and biochemical characters of aged hybrid rice seed by priming with  $\text{KNO}_3$  + PVA. African Journal of Agricultural Research, 5 (1): 78-83.

## · 信息 ·

" 2012 "

在经济全球化背景下, 人类的城市化进程已经不可逆转, 预计到 2050 年, 世界城市化率将高达 70%。在只占地球面积不到 1% 城市中间要提供一定自给率的农产品, 必须要依靠现代科技, 克服城市在土地、水资源、生物及非生物污染、劳动力成本等方面的劣势, 充分利用城市有限的空间实现最大化的生产, 并在满足一定农产品需求的同时, 营造生态生活和谐的城市未来, 现代无土栽培技术将会是都市现代农业特别是设施农业的关键技术之一。

2012 年现代无土栽培国际研讨会由国际园艺学会、中国园艺学会和上海市农业科学院主办, 会议将于 2012 年 5 月 22 ~ 25 日在上海举办。本届大会围绕“现代无土栽培技术让生活更美好”, 以都市农业为主要对象, 但不局限于都市农业。大会初步设定以下专题。

**议题一:** 都市无土栽培技术的战略研究。包括都市无土栽培技术的历史、现状、发展趋势等, 都市无土栽培技术的经济、生态、社会功能等。

**议题二:** 现代无土栽培方式研究。包括 NFT、DFT、Aeroponic planting 等无土栽培体系以及高新技术如信息技术、LED 技术的应用等。

**议题三:** 鱼菜共生体系的应用。充分利用城市水产养殖的水面以及富营养化的水质开展蔬菜生产, 并将经栽培后的水循环用于水产养殖。

**议题四:** 植物工厂。包括使用工厂化生产的蔬菜和食用菌种类、体系以及关键技术和装备等。

**议题五:** 基质及营养液。包括基质和营养液的配方、监测、循环使用以及其对产量、品质以及环境的影响。

**议题六:** 植物生理及非生物胁迫。

大会邀请国内外本领域专家担任学术委员会成员, 其中大部分专家将出席本次大会并作主题报告。热忱欢迎国内外同行专家学者参加本次会议, 会议详情请查阅: <http://www.icesc-2012.com/index.html>

会议联系人: 许爽

电话: 18918162193

E-mail: wtzp05@163.com