

Na₂CO₃ 和 NaCl 处理对盐角草生长和抗氧化酶活性的影响

周峰 周泉澄 华春 陈全战 (南京晓庄学院生命科学系, 江苏南京211171)

摘要 [目的] 研究不同浓度Na₂CO₃ 和NaCl 处理的盐生植物盐角草生长和抗氧化酶活性的变化, 探究Na₂CO₃ 胁迫对盐生植物伤害的原因。[方法] 以盐角草为实验材料, 以相同Na⁺ 浓度的Na₂CO₃ 和NaCl 处理盐角草, 通过比较研究两种盐胁迫对盐角草生长和抗氧化酶系统的影响。[结果] NaCl 处理显著促进盐角草生长和提高抗氧化酶系统中的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD) 和过氧化氢酶(CAT) 的活性, 而相同Na⁺ 浓度的Na₂CO₃ 却明显抑制盐角草生长, SOD、POD 和CAT 的活性也受到抑制, 超氧阴离子(O₂⁻) 和丙二醛(MDA) 含量的增加程度明显高于等渗的NaCl 处理。[结论] Na₂CO₃ 处理下, 盐角草抗氧化酶活性的显著下降明显不同于NaCl 处理, 这是导致Na₂CO₃ 处理下盐角草生长量降低的原因之一。

关键词 盐角草; Na₂CO₃; NaCl; 生长; 抗氧化酶

中图分类号 Q946 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)36-11748-03

Effects of Na₂CO₃ and NaCl Treatments on the Growth and Antioxidant Enzyme Activity of *Salicornia europaea*

ZHOU Feng et al (Department of Life Science, Nanjing Xiaozhuang College, Nanjing, Jiangsu 211171)

Abstract [Objective] The purpose was to study the changes of growth and antioxidant enzyme activity of a halophyte *Salicornia europaea* treated with different concentrations of Na₂CO₃ and NaCl so as to explore the cause of Na₂CO₃ stress hurting halophyte. [Method] The tested material *S. europaea* was treated with the same Na⁺ concentration of Na₂CO₃ and NaCl, and the influences of the 2 kinds of salt stresses on the growth and antioxidant system of *S. europaea* were studied through comparison. [Result] NaCl treatment promoted the growth of *S. europaea* and enhanced the activities of SOD, POD and CAT in antioxidant system significantly. But Na₂CO₃ with the same Na⁺ concentration inhibit the growth of *S. europaea* obviously, the activities of SOD, POD and CAT were inhibited too, and the increase degrees of O₂⁻ and MDA contents were obviously higher than that of isotonic NaCl treatment. [Conclusion] Under Na₂CO₃ treatment, the significant decrease of antioxidant enzyme activity in *S. europaea* was obviously different from NaCl treatment. This is one reason causing the growth decrement of *S. europaea* under Na₂CO₃ treatment.

Key words *Salicornia europaea*; Na₂CO₃; NaCl; Growth; Antioxidant enzyme

土壤中的致害盐类除了以NaCl 为主的中性盐以外, 还有以Na₂CO₃ 为主的碱性盐。在我国日益扩大的内陆盐碱地中, 很大一部分就是以Na₂CO₃ 为主的苏打盐碱土^[1]。近年来, 有关植物抗盐方面的研究日趋深入, 但这些研究多以中性盐为主, 对碱性盐涉及不多。曲元刚等^[1]的研究表明, 盐生植物碱蓬对Na₂CO₃ 胁迫的抗性低于对NaCl 的抗性, 这可能与Na₂CO₃ 胁迫引起的Na⁺、K⁺ 严重失衡, 活性氧清除能力降低有关。汪月霞等^[2]的研究表明, 与NaCl 胁迫相比, Na₂CO₃ 胁迫使星星草幼苗渗透势和叶绿素含量下降幅度更明显; Na₂CO₃ 胁迫下的相对电导率、O₂⁻ 产生速率和MDA 含量高于NaCl 胁迫的。但是, 关于Na₂CO₃ 胁迫在抗氧化酶系统方面的报道较少, 所以有必要对Na₂CO₃ 对植物的胁迫效应及其机理作更进一步的研究。盐角草(*Salicornia europaea* Linn.), 藜科盐角草属, 是一种一年生双子叶草本盐生植物, 茎肉质、直立, 叶片退化成鳞片状。笔者以相同Na⁺ 浓度的Na₂CO₃ 和NaCl 处理盐角草, 通过比较研究两种盐胁迫对盐角草生长和抗氧化酶系统的影响, 进一步探究Na₂CO₃ 胁迫对盐生植物伤害的原因。

1 材料与方

选用盐角草为实验材料。将在湿沙中萌发的生长一致的盐角草幼苗移栽到装有细沙的塑料盆中, 每盆10 株, 用1/2 Hbagland 营养液(pH 值5.7) 浇灌, 培养室昼夜温度为(30 ± 2) / (23 ± 2), 相对湿度为60% ~ 80%, 光强度约为600

μmol / (m² s), 每天照光15 h, 幼苗长至5 ~ 6 cm 时, 分别用含不同浓度的NaCl (50、100 和200 mmol / L, pH 值分别为7.10、7.12 和7.15) 和Na₂CO₃ (25、50 和75 mmol / L, pH 值分别为10.24、10.52 和10.62) 的完全Hbagland 溶液进行处理, 对照为完全Hbagland 培养液(pH 值为7.03)。NaCl 处理液每天递增25.0 mmol / L, Na₂CO₃ 处理液每天递增12.5 mmol / L。每天浇灌两次, 早晚各1 次, 浇灌量为细沙流量的2 倍, 以保持Na₂CO₃ 和NaCl 浓度恒定。每个处理同一天达到终浓度, 达终浓度后再处理7 d, 测量其各种生理指标。

将植物从培养盆内取出后用去离子水快速冲洗干净, 再用吸水纸吸干称鲜重; 超氧化物歧化酶(SOD) 采用南京建成生物工程公司SOD 试剂盒测定, SOD 抑制率达50%, 为一个亚硝酸盐单位; 过氧化物酶(POD) 按李瑞智^[3]愈创木酚法测定; 过氧化氢酶(CAT) 参照李合生^[4]方法测定; 丙二醛(MDA) 含量参照Heath 等^[5]的硫代巴比妥酸比色法测定; 超氧阴离子(O₂⁻) 产生速率参照王爱国等^[6]的方法测定。

2 结果与分析

2.1 NaCl 和 KCl 处理对盐角草生长的影响 图1 表明, 一定浓度的NaCl 处理促进了盐角草的生长, 各浓度NaCl 处理条件下, 盐角草整株植物鲜重都高于对照, 150 mmol / L NaCl 处理时达最大值。25 mmol / L Na₂CO₃ 处理时, 盐角草整株鲜重显著下降($P < 0.05$), 75 mmol / L Na₂CO₃ 处理对盐角草伤害强烈, 明显抑制盐角草的生长, 鲜重仅为对照的47%。

2.2 NaCl 和 KCl 处理对盐角草SOD 活性的影响 SOD 酶是植物处于逆境中最主要的一种抗氧化酶, 它可以及时清除自由基和活性氧, 提高植物组织的抗氧化能力。由图2 可看出, 在50 mmol / L NaCl 处理时, SOD 的活性显著增加, 为对照的1.4 倍($P < 0.05$), SOD 的活性在150 mmol / L NaCl 处理时达到最大。在25 mmol / L Na₂CO₃ 处理时, SOD 的活性显著下

基金项目 江苏省高校自然科学基金面上项目(07KJD180126, 05KJD180118, 07KJD180125); 南京晓庄学院人才引进科研项目(2006NXY42); 南京晓庄学院生态学重点建设学科项目。

作者简介 周峰(1978 -), 男, 山东淄博人, 讲师, 从事植物生理生化研究。

收稿日期 2007-08-26

降($P < 0.05$), 并且随着 Na_2CO_3 处理浓度的增加而进一步下降, 75 mmol/L Na_2CO_3 处理下的 SOD 活性仅为对照的 42%。

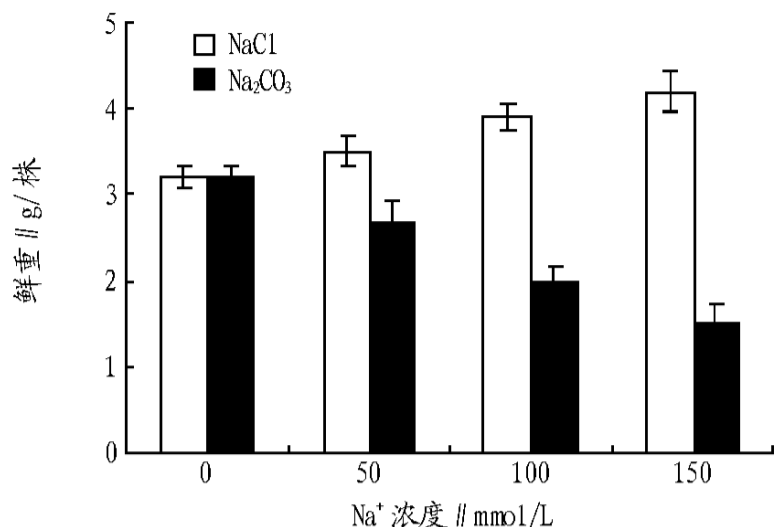


图1 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草整株植物鲜重的影响

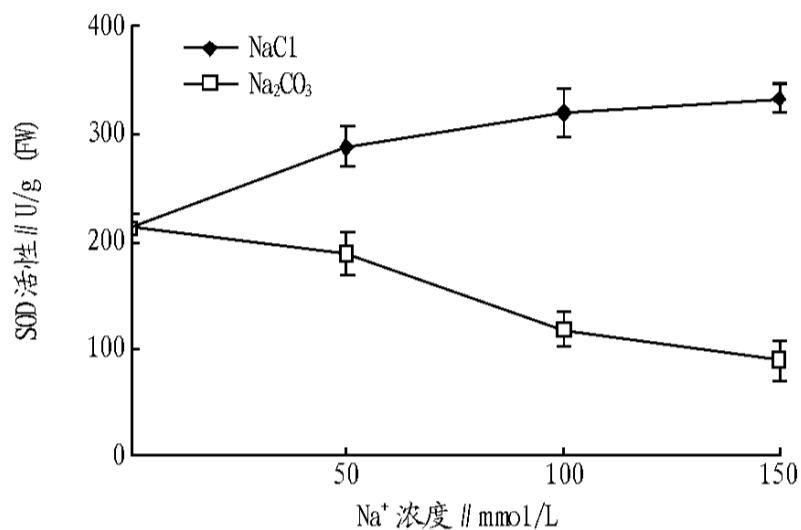


图2 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草 SOD 活性的影响

2.3 NaCl 和 KCl 处理对盐角草 POD 活性的影响 POD 主要与 CAT 共同作用以消除 SOD 作用产生的过量的过氧化氢, 使过氧化氢维持在一个较低的水平。如图 3 所示, NaCl 处理时, 盐角草 POD 的活性明显升高, 并且随 NaCl 处理浓度的增加而增加, 150 mmol/L NaCl 处理时的 POD 活性达到最高。 Na_2CO_3 处理时, 盐角草 POD 活性的变化与 NaCl 处理时的明显不同, 盐角草 POD 的活性随 Na_2CO_3 处理浓度的增加呈下降趋势, 在 75 mmol/L Na_2CO_3 处理时, POD 的活性最低。

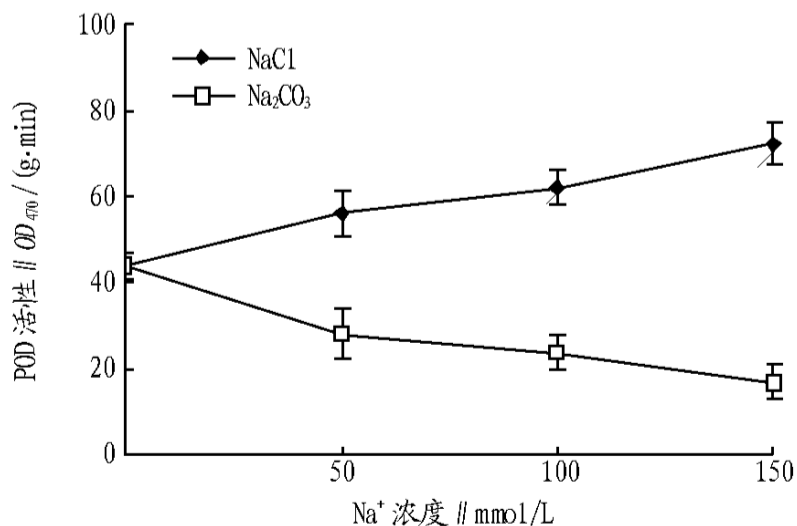


图3 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草 POD 活性的影响

2.4 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草 CAT 活性的影响 CAT 能有效清除植物体内过氧化氢对细胞的氧化作用, 因此, 植物体内存在 CAT 是其保护自身免受活性氧自由基毒害的关键。盐处理时盐角草的 CAT 活性变化见图 4。 NaCl 处理时, 盐角草 CAT 的活性呈上升趋势, 在 150 mmol/L NaCl 处理时, CAT 的活性达到最高, 是对照的 1.5 倍。与 NaCl 处理明显不

同, 在 Na_2CO_3 处理时, 盐角草 CAT 的活性呈下降趋势, 在 75 mmol/L Na_2CO_3 处理时, CAT 的活性最低, 为对照的 55%。

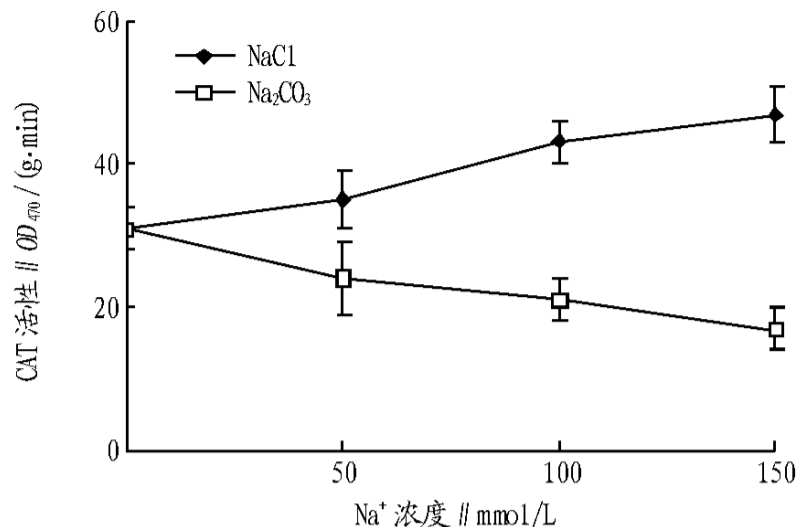


图4 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草 CAT 活性的影响

2.5 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 含量的影响 植物代谢过程中产生的超氧阴离子具有很强的氧化能力, 对很多生物功能分子有破坏作用, 包括引起膜的过氧化作用。图 5 表明, NaCl 处理后, 盐角草幼苗体内 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率变化不显著 ($P > 0.05$)。 Na_2CO_3 处理时, 盐角草 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率呈上升趋势, 在 75 mmol/L 达到最高, 而且 Na_2CO_3 处理时的盐角草 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率高于同浓度的 NaCl 处理, 这表明 Na_2CO_3 处理对盐角草幼苗造成的胁迫要大于同浓度的 NaCl 处理。

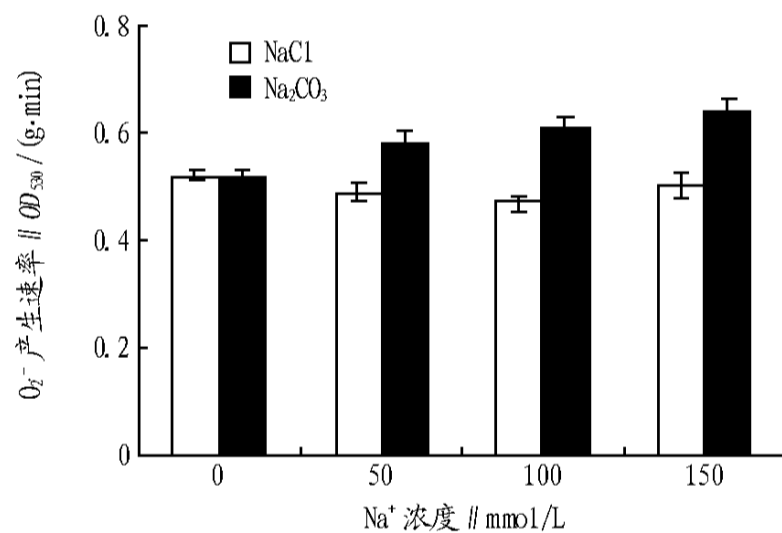


图5 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率的影响

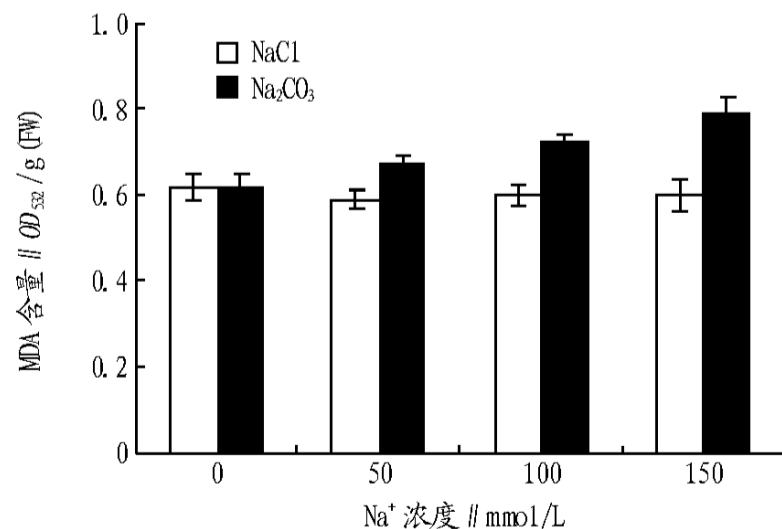


图6 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对 MDA 含量的影响

2.6 NaCl 和 Na_2CO_3 处理对盐角草 MDA 含量的影响 MDA 为膜脂过氧化的产物, 而且 MDA 的积累还会对机体细胞产生毒害作用, 使膜结构和功能受到破坏。如图 6 所示, NaCl 处理时, MDA 含量基本保持稳定。 Na_2CO_3 处理时, 盐角草 MDA 含量都明显高于对照, 到 75 mmol/L 处达最大值, 而且 Na_2CO_3 处理时的盐角草 MDA 含量要明显高于同浓度的

NaCl 处理。

3 讨论

Na^+ 的主要生理作用是增大植物细胞的渗透势,提高原生质的亲水性, Na^+ 还是某些盐生植物的有益元素,而其他非盐生植物并不需要 Na^+ ^[7]。一般认为,植物能耐受 NaCl 胁迫而不能耐受相同 Na^+ 浓度的 Na_2CO_3 胁迫。曲元刚等^[1] 的研究表明,盐生植物碱蓬对 Na_2CO_3 胁迫的抗性低于对 NaCl 的抗性,这可能与 Na_2CO_3 胁迫引起的 Na^+ 、 K^+ 严重失衡,活性氧清除能力降低有关。汪月霞等^[2] 的研究表明, Na_2CO_3 胁迫比 NaCl 胁迫使星星草幼苗渗透势和叶绿素含量下降幅度更明显; Na_2CO_3 胁迫下的 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率和 MDA 含量高于 NaCl 胁迫的。

植物在环境胁迫下,活性氧会大大增加, $\text{O}_2^{\cdot-}$ 就是其中的一种,对植物有着强烈的毒害作用^[8]。MDA 是膜脂过氧化产物,能强烈地与细胞内各种成分发生反应,引起酶和膜的损伤,并导致膜结构和生理机能的破坏^[9]。一般情况下,活性氧之所以不对植株产生明显毒害,是由于植株体内活性氧的产生与清除处在一种动态平衡之中。一旦植物受到环境胁迫,这种平衡体系就会受到破坏,自由基积累,膜通透性增加、代谢紊乱,致使植物受伤害^[10]。植物细胞内存在清除氧自由基的酶促保护系统和非酶促的保护系统,SOD、POD 和 CAT 是酶保护系统中的重要组成。SOD 能催化超氧阴离子自由基的歧化反应而形成氧分子和过氧化氢,CAT 和 POD 则进一步分解过氧化氢形成水。只有 SOD、POD、CAT 三者协调一致,才能使植物体内活性氧自由基维持在较低的水平,从而避免或减轻自由基对生物大分子如核酸和蛋白质等的降解破坏及对生物膜的损害,使植物进行正常的生长和代谢。

NaCl 处理时,幼苗抗氧化酶 SOD、POD 和 CAT 的活性呈逐渐上升趋势(图 2~4), $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率和 MDA 含量基本保持稳定(图 5、6),与对照相比无显著变化,这表明盐角草在一定范围内可通过应激性地提高抗氧化酶活性来消除 NaCl 胁迫产生的伤害。盐生植物盐角草 SOD、POD 和 CAT 三者能协调一致,共同完成活性氧类的清除,促进植株生长(图 1),这表明盐角草幼苗耐受 NaCl 胁迫能力较强。与 NaCl 处理明显不同, Na_2CO_3 处理的盐角草幼苗的抗氧化酶活性呈下降趋势(图 2~4),这表明 Na_2CO_3 产生的胁迫效应超过了植株的承受能力,幼苗抗氧化酶活性下降,此时幼苗体内的 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 产生速率和 MDA 含量也急剧上升(图 5、6),上升程度要明显大于

同浓度的 NaCl 处理。这可能是在 Na_2CO_3 胁迫下,SOD、POD 和 CAT 三者不能协调一致,导致 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 的产生量增加,从而干扰盐角草正常生长和代谢,使幼苗生长受到严重抑制(图 1)。这与张玉霞等^[11] 的研究不同,他们的结果显示, Na_2CO_3 胁迫下,芦笋抗氧化酶 SOD、POD 和 CAT 的活性均明显增加,高于中性盐 NaCl 处理的。而笔者的研究结果与毛桂莲等^[12] 在盐生植物枸杞中的研究结果一致,NaCl 胁迫下,枸杞 SOD 活性和 POD 活性都增加; Na_2CO_3 胁迫下,枸杞 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 、MDA 含量增加,但 SOD 活性和可溶性蛋白含量呈下降趋势。

Na_2CO_3 处理没有促进盐角草生长反而抑制其生长,这说明尽管盐生植物盐角草的生长需要 Na^+ ,但是由于 Na_2CO_3 高 pH 值的影响,使得植物细胞内离子均衡遭到极大破坏, Na^+ 区域化能力的提高受到限制,活性氧清除能力显著减小,使膜系统受到严重损害^[13]。总之, Na_2CO_3 处理时,盐角草抗氧化酶活性显著下降,这与 NaCl 处理明显不同,是导致 Na_2CO_3 处理的盐角草生长量降低的原因之一。

参考文献

- [1] 曲元刚,赵可夫. NaCl 和 Na_2CO_3 对盐地碱蓬胁迫效应的比较[J]. 植物生理与分子生物学学报,2003,29(5):387-394.
- [2] 汪月霞,孙国荣,王建波,等. Na_2CO_3 与 NaCl 胁迫下星星草幼苗叶绿体保护酶活性的比较[J]. 草业学报,2007,16(1):81-86.
- [3] 李瑞智. SO_2 对作物叶片过氧化物酶的影响[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,1984(3):114-116.
- [4] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:164-169.
- [5] HEATH R L, PACKER L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation [J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125(1):189-198.
- [6] 王爱国,罗广华. 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯,1990,26(6):55-57.
- [7] 周峰,李平华,王宝山. K^+ 营养与植物耐盐性的关系[J]. 植物生理学通讯,2003,39(1):67-70.
- [8] QUARTI O, BOUSSAMA N, ZARROUK M, et al. Cadmium and copper-induced changes in tomato membrane lipids [J]. Phytochemistry, 1997,45:1343-1350.
- [9] 华春,周泉澄,王小平,等. 外源 GA_3 对盐胁迫下北美海蓬子种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 南京师范大学学报:自然科学版,2006,30(1):82-87.
- [10] KANAZAWA S, SANO S, KOSHIBA T, et al. Changes in antioxidative in cucumber cotyledons during natural senescence comparison with those during dark-induced senescence [J]. Physiol Hart, 2000,109(2):211-216.
- [11] 张玉霞,谭巍巍,王艳树,等. 盐碱胁迫对芦笋抗氧化酶活性的影响[J]. 内蒙古民族大学学报:自然科学版,2006,21(2):165-168.
- [12] 毛桂莲,许兴,杨涓. NaCl 和 Na_2CO_3 对枸杞的胁迫效应[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(2):100-104.
- [13] 曲元刚,赵可夫. NaCl 和 Na_2CO_3 对玉米生长和生理胁迫效应的比较研究[J]. 作物学报,2004,30(4):334-341.