

盐胁迫对芨芨草生理响应的比较研究

倪细炉, 岳延峰, 沈效东, 彭 励

(种苗生物工程国家重点实验室, 宁夏 银川 750004)

摘 要:以芨芨草为试材, 用浓度分别为 3、6、9、12、15、18 g/kg 的 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 处理芨芨草 12 d, 将 3 种不同钠盐对芨芨草的胁迫效应进行比较, 以探讨不同盐分对芨芨草胁迫的影响。结果表明:随着盐浓度的增加, 芨芨草叶绿素(Chl)含量呈下降的趋势;丙二醛(MDA)含量和脯氨酸含量呈上升的趋势;超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物歧化酶(POD)的活性不同程度地呈现先上升后下降的趋势。NaHCO₃ 对芨芨草的伤害最大, Na₂SO₄ 次之, NaCl 最小。

关键词:芨芨草; NaCl; Na₂SO₄; NaHCO₃; 盐胁迫

中图分类号:S 647 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)03-0018-04

芨芨草(*Achnatherum splendens* (Trin) Nevski.) 为盐生旱中生密丛型高禾草多年生草本植物, 具有很强的抗盐碱能力^[1-3]。土壤盐碱化是影响和限制植物生长的重要环境因素之一。针对盐分胁迫对植物的影响已有大量的研究, 也取得了巨大的成就, 为生产实际提供了许多理论依据^[4-6], 但芨芨草的研究主要集中在利用价值

上, 而对其耐盐机理方面的研究较少^[2,7-8]。现对芨芨草耐盐碱生理生化特征进行较为系统的研究, 即不同盐分处理下, 芨芨草叶绿素、丙二醛、脯氨酸、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶的活性变化, 以探讨芨芨草对不同盐胁迫的生理机制。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2008 年 6~8 月在银川植物园的试验田中进行, 芨芨草种子用 0.1% 的 HgCl₂ 浸泡 10 min, 无菌水浸泡冲洗 6~8 次, 将种子播种于经过消毒的基质上, 并置于温室中, 保持相对湿度 60%~80%, 采用自然光照, 昼夜温度 24℃/16℃, 每隔 4 d 浇 1 次水。出苗后, 将苗移栽到室外以沙土为基质的 33 cm×40 cm 花盆中, 盆土重约 15 kg, 每盆移栽 4 棵, 共 57 盆。

第一作者简介:倪细炉(1982-), 男, 助理研究员, 现主要从事植物抗性生理研究工作。E-mail: nixilul10@163.com。

通讯作者:彭励(1962-), 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向为植物抗性生理。E-mail: pengli1124_g@163.com。

基金项目:宁夏回族自治区自然科学基金资助项目(NZ08163); 宁夏科技基础平台建设资助项目; 林业公益性行业科研专项资助项目(200804007)。

收稿日期:2009-10-20

The Relieving Effects of Ca(NO₃)₂ on Tomato Plant under NaCl Stress

YANG Xiao-ling, GUO Jin-yao

(Key Laboratory of Marine Biotechnology of Jiangsu Province, School of Marine Science and Technology of Huaihai Institute of Technology, Lianyungang, Jiangsu 222005)

Abstract: It was studied that helpful effects of Ca(NO₃)₂ on tomato plant under NaCl stress, to seeked condition of reducing tomato plant under NaCl stress. The results showed that relieving effects of Ca(NO₃)₂ of different concentration on tomato plant under NaCl stress were small differences, when NaCl was a same concentration. When Ca(NO₃)₂ was in a concentration of 0.05%, activity of SOD can be increased; disturbance to tomato plant was relieved during seed germination under NaCl stress; cell division and growth of roots was improved; made chlorophyll content of seedling to increase and promote photosynthesis; ensured cell growth and material accumulation of tomato plant to do. In brief, Ca(NO₃)₂ relieving Ca(NO₃)₂ on tomato plant under NaCl stress, increased salt tolerance of tomato plant under NaCl stress from 0.3% to 1.0%.

Key words: Ca(NO₃)₂; tomato plant; NaCl stress; relieving effects

1.2 试验方法

芨芨草幼苗分别用浓度为 3、6、9、12、15、18 g/kg 的 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 等 3 种盐溶液处理,每种盐设 6 个浓度处理,对照组不含处理盐,每个盐浓度 3 次重复。处理 12 d 后,取芨芨草叶片进行测定。

1.3 指标测定

叶绿素含量采用 95% 乙醇提取法^[9];丙二醛(MDA)含量按照赵世杰的方法进行测定^[9];游离脯氨酸按照酸性水合茚三酮法进行测定^[10];保护酶活性按照张昌楠的方法测定^[11]。生理指标测定均设 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同钠盐处理对叶绿素含量的影响

叶绿素是光合作用过程中最重要的色素,在植物光合作用中对光能的吸收、传递和转化起着极为重要的作用,其含量高低与光合作用密切相关。由图 1 可见,随 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 浓度的增加,芨芨草叶绿素含量均下降。15 和 18 g/kg NaCl、Na₂SO₄、NaHCO₃ 处理的芨芨草叶绿素含量分别为对照的 57.76%、44.0599%、56.6799%、31.7152%、18.4774%、17.7089%。NaHCO₃ 胁迫下,芨芨草下部老叶干枯脱落,生长受到严重的抑制,NaHCO₃ 对芨芨草叶绿素含量下降影响最大,其次为 NaCl 和 Na₂SO₄。

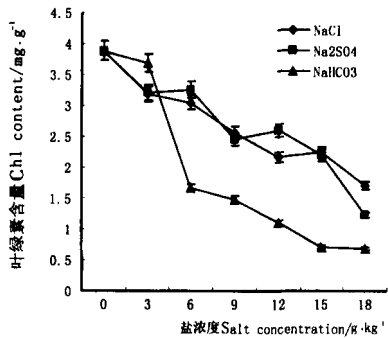


图 1 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫对芨芨草叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress on chl content of *Achnatherum splendens*

2.2 不同钠盐处理对叶片 MDA 含量的影响

丙二醛(MDA)是膜质过氧化作用的主要产物之一,它是反映膜质过氧化导致膜损伤的主要指标。图 2 可见,不同浓度的 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫下,MDA 含量都呈上升趋势,且高于对照。在 Na⁺ 浓度为 15 g/kg 和 18 g/kg 时,NaHCO₃ 胁迫下,MDA 含量为对照的 1.994 和 2.026 倍,明显高于 Na₂SO₄ 和 NaCl 胁迫下的 1.759 和 1.909 倍及 1.545 和 1.642 倍。这表明 NaHCO₃ 胁迫下造成的膜质过氧化程度明显高于 NaCl 和 Na₂SO₄ 胁迫。

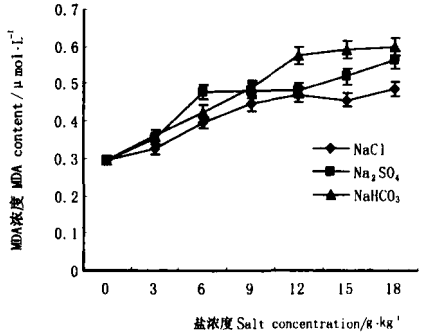


图 2 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫对芨芨草 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effects of NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress on MDA content of *Achnatherum splendens*

2.3 不同钠盐处理对叶片 Pro 含量的影响

植物处在盐胁迫下,体内积累脯氨酸已多有报道。图 3 可见,在 NaCl 浓度为 15 和 18 g/kg 条件下,叶片中脯氨酸含量分别是对照的 32.7 和 33.57 倍。而在 Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫下,叶片中脯氨酸含量增加趋势较 NaCl 处理缓慢,其含量分别为对照的 22.32、24.29 倍和 17.54、18.41 倍。以上结果显示,在高浓度(15、18 g/kg)NaCl 胁迫下,芨芨草叶片积累大量脯氨酸,胁迫对芨芨草伤害程度远小于 Na₂SO₄ 和 NaHCO₃。

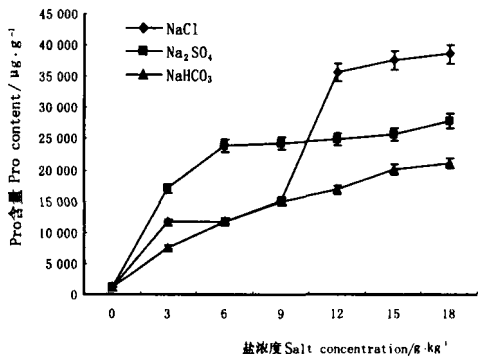


图 3 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫对芨芨草 Pro 含量的影响

Fig. 3 Effects of NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress on Pro content of *Achnatherum splendens*

2.4 不同钠盐处理对叶片 SOD 活性的影响

由图 4 可知,随着盐分浓度的增加,SOD 活性呈先升高后下降的趋势。相同盐分浓度胁迫下,NaCl 处理的 SOD 活性明显强于 Na₂SO₄ 处理和 NaHCO₃ 处理。在 NaCl 胁迫下,SOD 活性缓慢升高并在盐浓度到 12 g/kg 达到最大值。在 Na₂SO₄ 胁迫下,SOD 活性在盐浓度到 9 g/kg 达到最大值,然后急剧下降。在 NaHCO₃ 胁迫下,SOD 活性在盐浓度到 12 g/kg 达到最大值,然后迅

速下降。低浓度盐胁迫可以促进 SOD 活性增强,而高浓度盐胁迫却抑制 SOD 的活性。

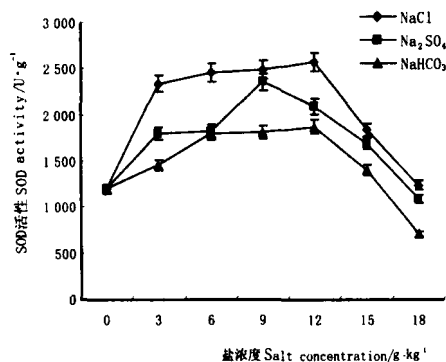


图 4 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫对
芡草 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effects of NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress on SOD activity of *Achnatherum splendens*

2.5 不同钠盐处理对叶片 CAT 活性的影响

由图 5 可以看出,3 种盐分处理下,NaCl 处理的 CAT 活性高于 Na₂SO₄ 和 NaHCO₃。CAT 活性随着处理浓度的增加呈先升高后下降的趋势,在 NaCl 胁迫下,CAT 活性在盐浓度到 9 g/kg 达到最大值,然后急剧下降。在 Na₂SO₄ 胁迫下,CAT 活性在盐浓度到 12 g/kg 达到最大值,然后急剧下降。在 NaHCO₃ 胁迫下,CAT 活性在盐浓度到 9 g/kg 达到最大值,然后缓慢下降。NaCl 处理的 CAT 活性高于 Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 处理。说明低浓度盐胁迫引起芡草 CAT 活性的增加,而高浓度盐胁迫使其 CAT 活性降低。

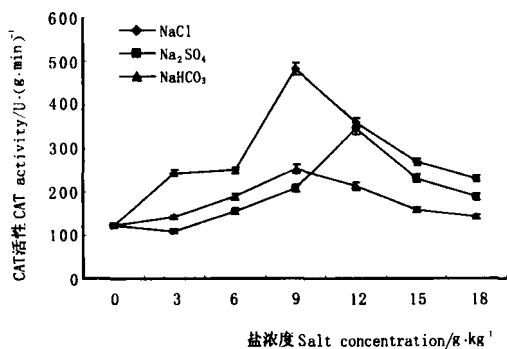


图 5 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫对
芡草 CAT 活性的影响

Fig. 5 Effects of NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress on CAT activity of *Achnatherum splendens*

2.6 不同钠盐处理对叶片 POD 活性的影响

由图 6 可以看出,NaCl 处理的 POD 活性随着盐浓度的增加而升高,Na₂SO₄ 处理和 NaHCO₃ 处理 POD 活性呈先升高后下降。在 NaCl 胁迫下,POD 活性缓慢升

高并在盐浓度到 18 g/kg 达到最大值。在 Na₂SO₄ 胁迫下,POD 活性在盐浓度到 12 g/kg 达到最大值,然后急剧下降。在 NaHCO₃ 胁迫下,POD 活性在盐浓度到 9 g/kg 达到最大值,然后下降。NaCl 处理的 POD 活性不断升高,分解芡草产生的过氧化氢。

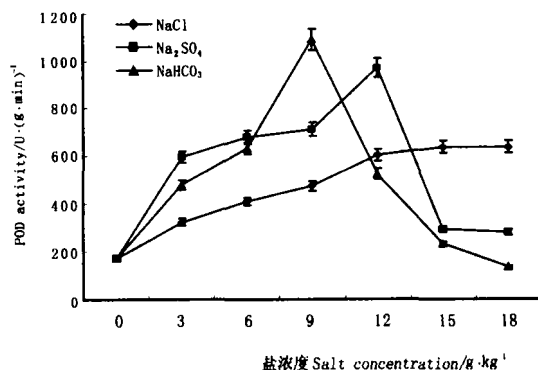


图 6 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 胁迫对
芡草 POD 活性的影响

Fig. 6 Effects of NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress on POD activity of *Achnatherum splendens*

3 结论与讨论

盐胁迫促使植物叶片中叶绿素含量下降^[11-14],可能是由于叶绿体结构被破坏,自由基积累并氧化叶绿素^[15]。该研究结果表明,芡草叶绿素含量随盐分浓度的增加而降低,抑制芡草生长。NaHCO₃ 对芡草叶绿素影响显著,相同浓度盐胁迫下,NaHCO₃ 处理的叶绿素含量较低。表明与其它 2 种盐分相比,NaHCO₃ 中盐碱相互作用对芡草的伤害最严重。

近年来,有关 MDA 与植物抗逆性关系的研究不断深入,许多研究表明 MDA 含量高低是膜伤害的重要指标,MDA 含量的多少可以直接反应植物在逆境胁迫下受害的程度,含量越高,受害的程度就越大^[16-18]。研究结果表明,低浓度盐胁迫时,芡草 MDA 含量差异不显著,而高浓度盐胁迫时,NaHCO₃ 处理的芡草 MDA 含量高于其它处理。因此,NaHCO₃ 对芡草的伤害最大。

多数研究表明盐胁迫下脯氨酸大量积累,并通过调节细胞内的渗透势,稳定蛋白质结构,保护细胞膜结构的稳定,因此脯氨酸积累被作为衡量植物耐盐性的指标^[14,16,19]。该试验结果表明,在盐胁迫下,芡草叶片的脯氨酸含量增加,在低浓度盐胁迫时,NaHCO₃ 处理的脯氨酸含量高于其它 2 种盐分处理,而在高浓度盐胁迫时却低于 NaCl 处理。这一结果表明,与 Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 相比,芡草对 NaCl 有更强的耐受性。

试验中保护酶系统 SOD,CAT 和 POD 活性都随着 NaCl、Na₂SO₄ 和 NaHCO₃ 处理浓度的增大先增加后下降,表明芡草在遭受盐胁迫时,产生的自由基不断积

累,为了抵御盐胁迫对植物造成的伤害,保护酶活性增加,以便清除氧自由基,减少膜脂过氧化;但处理浓度过大时,SOD活性下降,MDA含量升高、膜质过氧化作用加强,可能导致细胞器甚至整个细胞结构崩溃,这与杨凤英等在本溪山樱叶片上研究结果一致^[19]。

综上所述,NaHCO₃对芨芨草的伤害程度最高,NaHCO₃作用下,芨芨草生理变化比NaCl和Na₂SO₄处理下更为显著,盐碱混合胁迫的作用大于单因素作用;芨芨草对Cl⁻的忍受性比SO₄²⁻要强。

参考文献

- [1] 解新明.芨芨草—盐碱滩之宝[J].植物杂志,1995(3):19.
- [2] 陈世锦.内蒙古芨芨草盐化草甸的资源、特性和对策的研究[J].内蒙古草业,1997(4):1-4.
- [3] 王果平,康喜亮,陶锦,等.不同盐浓度对芨芨草种子萌发过程中几种生理指标的影响[J].干旱地区农业研究,2006(2):139-142.
- [4] 姜珊,张文辉,刘新成.3种园林树木种子萌发期耐盐性研究[J].西北植物学报,2009(4):733-741.
- [5] 哈玲津,徐智,Yujisakai,等.盐胁迫下4种盐生植物生长及耐盐性研究[J].安徽农业科学,2009,37(12):5466-5467.
- [6] 穆俊丽,杨静慧,丁密超,等.7个草木樨品种的耐盐性研究[J].西北农林科技大学学报,2009,37(1):73-78.
- [7] 董社琴.芨芨草的生物学特性与生态经济效益[J].科技情报开发与经济,2004(4):190-191.
- [8] 于渲.浅谈芨芨草在鄂尔多斯市水土流失治理中的作用[J].内蒙古水利,2005(1):68-69.
- [9] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].2版.北京:高等教育出版社,2006:134-136,278-281.
- [10] 张昌楠,郭瑞,石连旋.松嫩盐碱化羊草草甸草原羊草生长及保护酶活性研究[J].长春师范学院学报:自然科学版,2008,27(1):67-72.
- [11] 翁锦周,林江波,林加耕,等.盐胁迫对桉树幼苗的生长及叶绿素含量的影响[J].热带作物学报,2007,28(4):15-20.
- [12] 毛明艳,方正.NaHCO₃胁迫对燕麦幼苗生长及相关生理指标的影响[J].安徽农业科学,2009(10):4468-4470.
- [13] 白文波,李品芳,李保国.NaCl和NaHCO₃胁迫下马蔺生长与光合特性的反应[J].土壤学报,2008(2):328-335.
- [14] 王学文,蔺彩虹,李小峰,等.NaHCO₃胁迫对大叶紫花苜蓿生理特征的影响[J].草业科学,2007(2):26-29.
- [15] 郑世英,商学芳,王丽燕,等.盐胁迫对玉米叶片叶肉细胞生物膜超微结构的影响[J].植物研究,2009,29(3):299-302.
- [16] 魏志刚,杨传平,王艳敏,等.NaHCO₃处理对西伯利亚蓼叶细胞膜脂过氧化和活性氧清除酶活性的影响[J].植物研究,2007(6):674-678.
- [17] 汪月霞,孙国荣,王建波,等.NaCl胁迫下星星草幼苗MDA含量与膜透性及叶绿素荧光参数之间的关系[J].生态学报,2006,26(1):122-129.
- [18] 张倩,何婧,王桢,等.中华芦荟在不同胁迫下的丙二醛和可溶性糖含量的变化[J].西南民族大学学报(自然科学版),2009,35(2):290-292.
- [19] 杨凤英,吕德国,秦嗣军.NaCl和NaHCO₃处理对本溪山樱保护酶及相关指标的影响[J].沈阳农业大学学报,2007(3):287-290.

Comparative Studies on Physiological Response of *Achnatherum splendens* under NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ Stresses

NI Xi-lu, YUE Yan-feng, SHEN Xiao-dong, PENG Li

(Key National Laboratory of Seedling Bioengineering, Yinchuan, Ningxia 750004)

Abstract: A hydroponical culture experiment of *Achnatherum Splendens* (Trin) Nevski. was conducted to explore responses of the plants to NaCl, Na₂SO₄ and NaHCO₃ stress for 12 days in chlorophyll content, MDA content, Pro content, SOD activity, CAT activity and POD activity. The salt concentration were respectively 3, 6, 9, 12, 15 and 18 g/kg. Results indicated that with more salt concentration chlorophyll content decreased. MDA and Pro content had raised with increasing salts stress, and its content increased rapidly under NaHCO₃ stress. SOD activity, CAT activity and POD activity raised firstly, and then decreased with salts stress. And the effect of NaHCO₃ stress was stronger than Na₂SO₄ stress, NaCl was the minimum.

Key words: *Achnatherum Splendens*; NaCl; Na₂SO₄; NaHCO₃; salt stress