

NaCl 胁迫对红厚壳幼苗生长及生理特性的影响

陈娟^{1,2}, 陶忠良^{1,3,4}, 吴志祥^{1,3,4}

(1. 中国热带农业科学院 橡胶研究所, 海南 儋州 571737; 2. 海南大学 环境与植物保护学院, 海南 儋州 571737; 3. 农业部热带作物栽培生理学重点开放实验室, 海南 儋州 571737; 4. 农业部儋州热带农业资源与生态环境重点野外科学观测试验站 海南 儋州 571737)

摘要:以红厚壳盆栽幼苗为试验材料, 研究了 NaCl 胁迫对幼苗生长和生理特性的影响。结果表明: 1.5% 和 2.5% 浓度的 NaCl 胁迫时, 红厚壳幼苗生长更快, 叶绿素含量、CAT 和 SOD 活性均增加; 之后随着浓度的升高, 红厚壳生长减缓, 叶绿素含量减少, 脯氨酸和丙二醛含量显著增加, CAT、SOD 活性显著下降, POD 活性变化不明显。红厚壳幼苗可耐 3.5% 的 NaCl 胁迫, 在 2.5% 浓度时生长最好。

关键词: NaCl 胁迫; 红厚壳; 生长; 生理指标

中图分类号: S 181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)09-0026-04

红厚壳(*Calophyllum inophyllum* Linn), 又名海棠果、胡桐等, 为藤黄科(Guttiferae)红厚壳属(*Calophyllum* Linn)植物^[2], 是世界稀有物种之一, 也是我国珍贵的野生资源^[1-3]。红厚壳具有药用、油用、生态、材用、观赏等多方面的功能^[3], 是颇具发展潜力的一种稀有物种。特别是红厚壳作为半红树林植物^[4], 具有较好的耐盐性, 是海岸防护林的优秀备选树种。为了解其耐盐性, 因而进行了 NaCl 胁迫对红厚壳生长及生理特性的影响试验研究, 以研究红厚壳作为海岸防护林的适宜性。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 植物材料 试验用红厚壳幼苗为 6 月龄, 花盆口径 20 cm, 高 30 cm, 每盆装土 2 kg, 所用土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾的含量分别为 12.25 g/kg、0.73%、15.12 mg/kg、69.45 mg/kg。

1.1.2 主要试剂和药品 乙醇、茚三酮、冰乙酸、三氯乙酸、脯氨酸、硫代巴比妥酸、氯化硝基氮蓝四唑、萘酚、牛血清蛋白、浓硫酸。

1.1.3 仪器 UV-1102 紫外-可见分光光度计、高速冷冻离心机、恒温箱、冰箱、水浴锅。

1.2 试验设计

试验选取长势良好基本一致的幼苗, 放于离地约

30 cm 的铁架上, 防止地表温度、水分对其影响。在苗所在顶部搭盖透明塑料薄膜, 防止雨水对其影响。试验时苗高在 14~24 cm, 均无分枝。7 月下旬开始对幼苗进行盐胁迫处理, 试验共设 5 个 NaCl 质量分数分别为 1.5%、2.5%、3.5%、4.5%、6.0% 的处理, 以清水作为对照, 每个处理 20 株苗。每隔 5 d 浇 1 次 NaCl 溶液, 每株浇每盆失重的量(mL), 连续控制 1 个月。选取长势良好的红厚壳叶片, 用样品袋装好, 放入有冰袋的泡沫箱, 带回实验室进行各项指标的测定。

1.3 研究方法

1.3.1 生长记录 从盐胁迫开始, 每隔 2 d 记录每株红厚壳幼苗的株高、茎围、叶片数, 同时观察记录红厚壳叶片、茎秆萎蔫、叶色变化等外部特征, 连续记录 1 个月。

1.3.2 生理指标的测定 游离脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮的方法^[5]。丙二醛的浓度采用硫代巴比妥酸的方法测定^[6]。叶绿素含量、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)的活性采用《植物生理实验》上的方法测定^[7]。

1.3.3 数据处理 采用 Excel 2003 和 SAS 9.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对红厚壳幼苗生长的影响

试验结果表明, 随着 NaCl 浓度的增加, 红厚壳幼苗的株高、茎围、叶片数生长量均呈现出差异。在 1.5% 和 2.5% NaCl 浓度时, 株高生长量分别比对照增加了 11.33% 和 8.02%。而在 3.5%、4.5%、6.0% NaCl 浓度时, 株高生长量分别降低了 12.94%、52.57%、76.84%, 与对照之间差异均达极显著水平。茎围和叶片也呈现出同样的差异, 而且 2.5% 浓度时, 增加量比 1.5% 浓度更大。由数据可以看出, 红厚壳幼苗的株高在 1.5%

第一作者简介: 陈娟(1983-), 女, 江西高安人, 硕士, 主要研究方向为农业生态学。E-mail: chenjuan309@163.com。

通讯作者: 陶忠良(1968-), 男, 博士, 副研究员, 现主要从事农业生态学和农业气象学及生态资源评价等方面的工作。

基金项目: 中国热带农业科学院重点基金资助项目(Rykj0008)。

收稿日期: 2009-04-20

NaCl 浓度时增长量达到最大,茎围、叶片增长量(数)均在浓度为 2.5%浓度时达到最大。此时红厚壳生长旺盛,叶片青绿,枝条粗壮。而后期随着浓度的升高,红厚壳的生长逐渐减慢,株高、茎围增长量减少,叶片增长数也随之减少。在高 NaCl 浓度下,随着胁迫时间的延长,红厚壳出现叶片脱落萎蔫、枝条变细等症状,说明低 NaCl 浓度对红厚壳有一定的促进作用,而过高的 NaCl 浓度会抑制红厚壳的生长。

表 1 NaCl 胁迫对红厚壳幼苗生长的影响

Table 1 Effect of NaCl stress on growth of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings

NaCl 浓度 NaCl concentration/%	CK	1.5	2.5	3.5	4.5	6.0
株高增长量 Height growth/cm	19.32	21.51	20.87	16.82	8.95	4.37
茎围增长量 Stem growth/cm	0.427	0.441	0.442	0.354	0.246	0.166
叶片增长数 Leaves growth/片	23.9	24.1	24.6	20.8	14.8	8.5

2.2 NaCl 胁迫对红厚壳幼苗叶绿素含量的影响

试验结果表明,盐胁迫 60 d 后,随着 NaCl 浓度的增加,红厚壳幼苗中的叶绿素含量出现先增加后减少的趋势。当 NaCl 浓度为 1.5%、2.5%时,叶绿素 a 和 b 的含量均明显高于对照及其他胁迫。随着浓度的增加,红厚壳幼苗中叶绿素 a 及叶绿素 b 的含量均逐渐减少,到 6.00%浓度时,叶绿素 a 和 b 的含量减至最低,说明红厚壳出现较大的盐害。

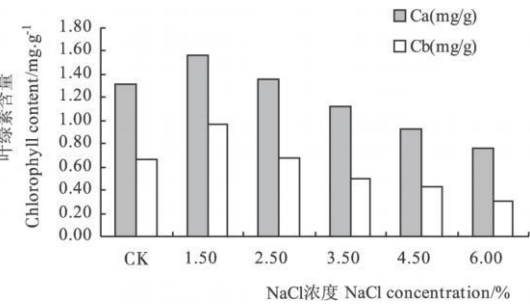


图 1 NaCl 胁迫下叶绿素含量变化

Fig. 1 The chlorophyll content of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings on NaCl stress

2.3 NaCl 胁迫对红厚壳幼苗脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物体内的渗透调节物质,对于植物在逆境中的适应,减少伤害起着非常重要的作用。试验结果表明,不同浓度的 NaCl 胁迫下,红厚壳幼苗中脯氨酸积累的量均比对照增加,1.5%、2.5%、3.5%浓度下,脯氨酸含量差异不显著。随着时间的延长,低浓度胁迫下,脯氨酸含量无太大变化,说明此时红厚壳已经适应了这种胁迫,依然能够正常生长。但高浓度胁迫下,脯氨酸含量逐渐增加,增加的幅度也逐渐增大,此时红厚壳已经受到盐害,生长受到一定的抑制。

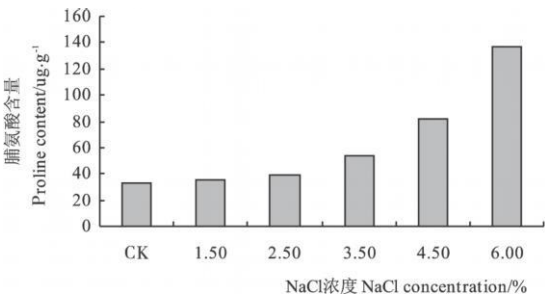


图 2 NaCl 胁迫下脯氨酸含量变化

Fig. 2 The proline content of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings on NaCl stress

2.4 NaCl 胁迫对红厚壳幼苗丙二醛含量的影响

不同浓度的 NaCl 胁迫下,红厚壳幼苗的丙二醛含量均逐渐增加,1.5%、2.5%浓度下,增加幅度不大,与对照差异不显著。随着浓度的升高,丙二醛含量逐渐增加,增加幅度也较大,与对照呈现出极显著差异。

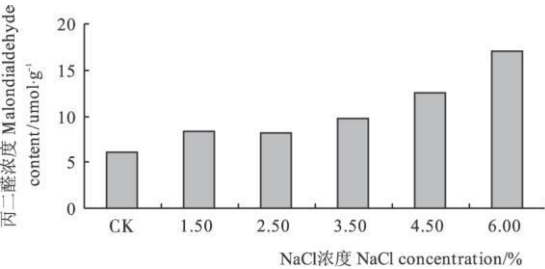


图 3 NaCl 胁迫下丙二醛含量变化

Fig. 3 The malondialdehyde content of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings on NaCl stress

2.5 NaCl 胁迫对红厚壳幼苗 CAT、POD、SOD 活性的影响

在逆境条件下,植物由于代谢受阻产生大量的活性氧 O₂⁻、H₂O₂ 和 OH⁻ 等,这些活性氧浓度的提高破坏了活性氧产生与清除之间的动态平衡,在此过程中植物主动或被动地调动抗氧化酶类如 SOD、POD、CAT、GR 等和抗氧化物质如 GSH、AsA 等来清除这些活性氧和自由基,以减缓和抵御细胞伤害^[15]。从图 4、5、6 可以看出,随着 NaCl 浓度的不同,红厚壳幼苗中 CAT、POD、SOD 呈现出不同程度的增加或减少。

随着 NaCl 浓度的升高,红厚壳中过氧化氢酶活性 (CAT) 出现先增加后减少的趋势。但浓度为 1.5%、2.5%时, CAT 和 SOD 均增加。到 3.5%时, CAT 和 SOD 增加到最大,幼苗表现出较强的抗氧化能力,说明此时红厚壳受到较大的盐胁迫。而随着浓度的进一步升高,红厚壳中 CAT、SOD 均减少,说明此时红厚壳已

经受到毒害,不足以形成足够的酶来调节其平衡。在所有抗氧化酶中,POD的含量在1.5%和3.5%时达到最高,但与2.5%和4.5%时差异不显著,说明NaCl处理红厚壳幼苗,POD活性较为稳定。

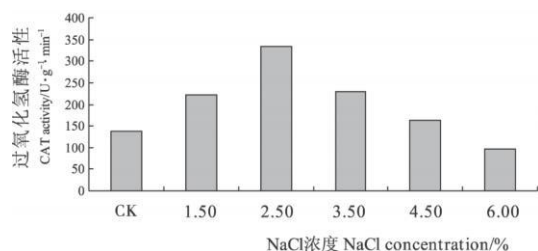


图4 NaCl胁迫下红厚壳幼苗过氧化氢酶活性变化

Fig.4 The CAT activity of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings on NaCl stress

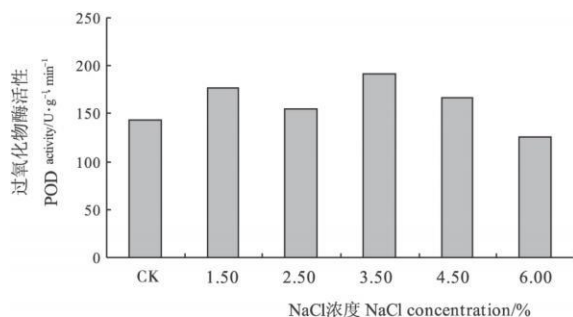


图5 NaCl胁迫下红厚壳幼苗过氧化物酶活性变化

Fig.5 The POD activity of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings on NaCl stress

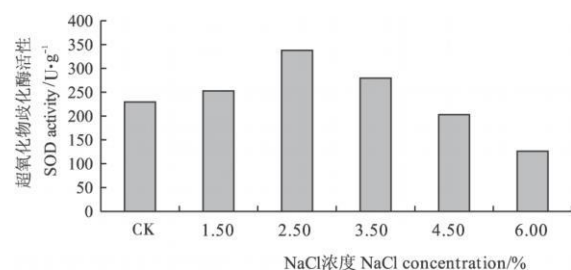


图6 NaCl胁迫下红厚壳幼苗超氧化物歧化酶活性变化

Fig.6 The SOD activity of *Calophyllum inophyllum* L. seedlings on NaCl stress

3 结论与讨论

由试验结果得知,红厚壳是一种耐盐性植物,在NaCl浓度为3.5%时依然能够正常生长,在NaCl浓度为2.5%时生长比对照更好,各增长量更高,说明红厚壳更适合在盐分条件下生长。当NaCl浓度进一步升高时,红厚壳生长则开始减慢,在4.5%NaCl浓度下开始显示出一些盐害的症状,幼苗茎秆变细,株高变小,叶片

出现轻度萎蔫。到6.0%NaCl浓度时,红厚壳幼苗植株矮小,基本停止生长,并且叶片失绿黄化,甚至个别叶片干枯脱落,表明高浓度NaCl胁迫抑制了红厚壳幼苗的生长。

大多数情况,植物受到盐分胁迫时,往往造成植物生长受阻和组织伤害,植物体内则产生一些生理物质来减轻这些伤害,如脯氨酸、丙二醛及CAT、POD、SOD活性等^[8-10]。由试验分析结果可以看出,脯氨酸和丙二醛含量随着NaCl浓度的升高逐渐增加,在高浓度下,增加的幅度也逐渐增大,6.0%NaCl浓度时,脯氨酸含量比对照增加了308.9%。丙二醛的含量与脯氨酸呈现出相似的变化,NaCl浓度为4.5%和6.0%时,丙二醛含量比对照分别增加了90.67%和157.39%。试验结果表明,浓度高时,红厚壳细胞的膜系统可能受到了伤害,已经不能合成更多的脯氨酸和丙二醛来维持渗透平衡。该试验中,随着NaCl浓度的升高,红厚壳幼苗中的CAT和SOD活性呈现先增加后减少的趋势,而POD活性则变化相对不显著,这可能是红厚壳幼苗对NaCl胁迫的适应性表现。但高浓度胁迫下,超过了幼苗自身的忍耐程度,CAT、SOD活性则下降,不能有效地清除氧自由基,从而启动膜脂过氧化作用,破坏了膜的结构,可能是造成幼苗盐害的重要原因。

从以上结果分析得知,红厚壳幼苗的生长在2.5%NaCl时达到最好,叶绿素含量在2.5%时达到最高,脯氨酸和丙二醛的含量在2.5%时,与对照差异不显著,说明此时基本没有受到盐害,而CAT、SOD活性在2.5%时也达到最大,此时红厚壳幼苗本身能产生足够的酶物质来清除氧自由基,从而达到减轻植物伤害的效果,最终认为,红厚壳幼苗在NaCl为2.5%时生长最好,在NaCl浓度为3.5%时仍能正常生长,低浓度NaCl胁迫对红厚壳幼苗不造成盐害,浓度逐渐增加,则出现盐害症状。一般的海水盐分浓度约为3.5%,随着海水作用强度的递减,海岸带土壤盐分呈平行线由近海岸到陆地逐渐降低。靠近海岸线附近土壤全盐量为2.3%~2.8%,平均为2.61%^[11]。说明红厚壳幼苗可耐海岸的盐分,可以作为海岸防护林栽培。

参考文献

- [1] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴(II) [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [2] 吴德邻. 海南及广东沿海岛屿植物名录 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [3] 陈娟, 陶忠良. 红厚壳野生资源的开发型保护途径分析 [J]. 资源开发与市场, 2007, 23(11): 1029-1031.
- [4] 陶忠良, 方佳, 赖齐贤. 红厚壳在海南岛的分布及其生长习性 [J]. 资源与开发市场, 2003, 19(2): 85-87.
- [5] 王三根. 植物生理研究技术 [M]. 重庆: 西南农业大学, 2000.
- [6] 魏鹏. 茶树抗旱性部分生理生化指标的研究 [D]. 重庆: 西南农业大学硕士学位论文, 2003.

[7] 郝再彬, 苍晶, 徐仲, 等. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.

[8] Foyer C H. Ascorbic acid[A]. In: Alscher RG, Hess JL, eds. Antioxidants in higher plants[M]. Boca Raton: CRC Press, 1993: 31-58.

[9] 王瑞刚, 陈少良, 刘力源, 等. 盐胁迫下 3 种杨树的抗氧化能力与耐盐性研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(3): 86-89.

[10] A Levent Tuna, Cengiz K, Muhammad A. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress[J]. Journal of Arid Environments, 2006, 67: 715-720.

[11] 张玉铭, 刘金铜, 韩庆华. 淤泥质海岸带土壤盐分空间分布规律初探[J]. 生态农业研究, 1997, 5(4): 54-57.

(致谢: 该试验得到了曹建华、王令霞、蔡明道、占胜利、戴进用、陈晏飞等同志的帮助, 在此一并表示感谢。)

Effect of NaCl Stress on Growth and Physiological Characteristics of *Calophyllum inophyllum* L Seedlings

CHEN Juan^{1,2}, TAO Zhong-liang^{1,3,4}, WU Zhi-xiang^{1,3,4}

(1. China Rubber Research Institute, CATAS, Danzhou, Hainan 571737, China; 2. Hainan University Environment and Plant protective College, Danzhou, Hainan 571737, China; 3. Ministry of Agriculture Key Laboratory for Tropical Crops Physiology, Danzhou, Hainan 571737, China; 4. Ministry of Agriculture Danzhou Key Field Station of Observation and Research for Tropical Agricultural Resources and Environments, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: Using *Calophyllum inophyllum* L. seedlings as material, the growth and physiological characteristics of the seedlings were studied under NaCl stress. The results were as follows: under 1.5‰ and 2.5‰ concentration NaCl stress, *Calophyllum inophyllum* L. seedlings grew more quickly, chlorophyll content, CAT and SOD activity were all increasing; then along with the content increasing, *Calophyllum inophyllum* L. grew more slowly, chlorophyll content decreased, proline and MDA content increased, CAT, SOD activity increased distinctly, POD activity changed non constant. *Calophyllum inophyllum* L. seedlings can tolerate stress of 3.5‰ NaCl, *Calophyllum inophyllum* L. seedlings grew better under 2.5‰ NaCl.

Key words: NaCl stress; *Calophyllum inophyllum* L.; Growth; Physiological characteristics

中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊

《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊, 为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊。该刊为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊, 又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据中国期刊引证研究报告统计, 2007 年度《植物遗传资源学报》影响因子达 0.914。

报道内容为大田、园艺作物, 观赏、药用植物, 林用植

物、草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如, 种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新, 信息学、管理学等; 起源、演化、分类等系统学; 基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊, 大 16 开本, 128 页。定价 20 元, 全年 120 元。各地邮局发行, 邮发代号: 82-643。国内刊号 CN11-4996/S, 国际统一刊号 ISSN1672-1810。

本刊编辑部常年办理订阅手续, 如需邮挂每期另加 3 元。

地址: 北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部 邮编: 100081
电话: 010-82105794 010-82105796(兼传真) E-mail: zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@sina.com