

文章编号: 1000-5692(2007)02-0168-05

盐胁迫下舟山新木姜子 1 年生苗 形态变化及生理反应

王 慰¹, 黄胜利², 匡剑³, 黄有军⁴, 黄坚钦⁴, 郑炳松⁴

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省慈溪市林特推广中心, 浙江 慈溪 315300; 3. 浙江天泰园林建设有限公司, 浙江 绍兴 312400; 4. 浙江林学院 浙江省现代森林培育技术重点实验室, 浙江 临安 311300)

摘要: 为探明舟山新木姜子 *Neolitsea sericea* 的耐盐机制, 用水培的方式以氯化钠(NaCl)溶液作为渗透胁迫剂模拟盐胁迫环境, 试验了舟山新木姜子 1 年生苗的耐盐性。形态观察及生理指标测定表明, 随着盐质量浓度的升高, 游离脯氨酸质量分数升高(3.373~3.749 mg·g⁻¹), Na⁺ K⁺ 由 0.087 上升到 0.119, 膜透性增加(41.30%~61.42%), 叶绿素质量分数下降(14.08~11.03 mg·g⁻¹), 引起苗高生长量、地径生长量、新芽数和新根数明显下降; 随着胁迫时间的延长, 游离脯氨酸质量分数和电导率上升趋势, 叶绿素质量分数小幅回升。方差分析表明, 受试苗木在 9 g·L⁻¹NaCl 处理下生长受抑制, 达显著水平。舟山新木姜子能耐 6 g·L⁻¹NaCl 处理, 属中度耐盐树种。图 5 参 21

关键词: 植物学; 盐胁迫; 生理指标; 形态指标; 舟山新木姜子

中图分类号: S718.43 **文献标志码:** A

我国有各种盐渍土地约 9 913 万 hm², 潜在盐渍化土壤约 1 733 万 hm²[1]。浙江沿海也有盐渍土分布, 海涂面积 28 万 hm², 并以 90 hm²·a⁻¹的速度扩张[2]。滩涂围垦的土地由于含盐量高给城镇绿化带来极大的困难。但目前多数栽培绿化植物只耐轻度盐碱[3], 少数栽培绿化植物能耐中度盐碱(土壤盐质量浓度为 3~6 g·L⁻¹), 能耐高度盐碱(土壤盐质量浓度 6 g·L⁻¹以上)的绿化植物屈指可数。因此, 寻求开发耐盐碱的绿化植物成为当务之急。舟山新木姜子 *Neolitsea sericea* 为樟科 Lauraceae 常绿乔木, 舟山海岛特有树种, 国家二级保护植物, 树姿美观, 有“佛光树”之称, 生长于海岸石缝, 抗风, 耐盐碱, 耐瘠薄, 是很有推广前景的观赏树种。作者对舟山新木姜子进行盐胁迫试验, 测定它在盐胁迫环境下的各项形态及生理指标, 以期探明舟山新木姜子的耐盐机制, 旨在为海滨地区园林绿化及滩涂生态体系的优化提供科学依据, 也为开发及选育耐盐植物资源提供资料。

1 材料与方 法

1.1 材 料

受试的舟山新木姜子苗木(苗高为 15~20 cm)来自浙江省宁波市农业科学院, 于 2004 年 4 月移入

收稿日期: 2006-10-12; 修回日期: 2006-12-15

基金项目: 浙江省科学技术计划重点项目(2006C22058); 浙江省教育厅资助项目(2451001035); 浙江林学院学生科研创新基金资助项目(04-033)

作者简介: 王慰, 从事生物技术研究。E-mail: wei-w1985@yahoo.com.cn。通信作者: 郑炳松, 副教授, 博士, 从事植物分子生理生化等研究。E-mail: bszheng@zjfc.edu.cn

浙江林学院智能温室内进行水培。

1.2 方法

1.2.1 处理方法 以 Hiller 营养液作为水培完全营养液^[4] (pH 8.5), 并以真空泵进行不间断通气, 每隔 5 d 更换 1 次营养液。受试苗木在营养液中先培养 20~25 d, 待生长稳定后进行盐胁迫处理。胁迫分 4 个水平, 分别为 0, 3, 6 和 9 g·L⁻¹。每个水平 10 个重复。

1.2.2 测定方法 形态指标部分: 用卷尺测量苗高, 苗高生长量为前后 2 次测量值之差, 精确到 0.1 cm; 地径用游标卡尺测量, 地径生长量为前后 2 次测量值之差, 精确到 0.01 cm; 新根数和发芽数均采用观察统计的方法。生理指标部分: 采摘新鲜叶片, 用丙酮比色法测定叶绿素质量分数^[5]; 用酸性茚三酮法测定游离脯氨酸质量分数^[5]; 用外渗电导法 (DDS-II 电导仪) 测定细胞膜透性^[6]; 用硫酸-高氯酸消煮法消化处理^[5], 原子吸收分光光度计 (日本岛津 AA-6650) 测定钠 (Na⁺) 和钾 (K⁺) 质量摩尔浓度, 并计算 Na⁺/K⁺。试验所得数据用 Microsoft Excel 2000 作图, 用 SAS 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫下舟山新木姜子的生长变化

从图 1 可见: 苗高生长量随盐质量浓度的增高而减小, 不同时期内 0 和 3 g·L⁻¹ 处理的苗高生长量变化稳定, 6 g·L⁻¹ 处理下苗高生长量先下降而后上升, 9 g·L⁻¹ 处理下苗高生长量逐渐下降; 在 4 个处理时期内, 与 0 g·L⁻¹ 处理相比, 3 g·L⁻¹ 处理的苗高生长量没有显著差异, 6 和 9 g·L⁻¹ 处理下苗高生长受到明显抑制 (图 1-A)。地径生长量随盐质量浓度的增高而减小, 不同时期内 0, 3 和 6 g·L⁻¹ 处理的地径生长量从盐胁迫处理开始至 20 d 变化稳定, 但 9 g·L⁻¹ 处理的地径生长量变化逐渐下降。在 4 个处理时期内, 与 0 g·L⁻¹ 处理相比, 3 g·L⁻¹ 处理的地径生长量没有显著差异, 6 和 9 g·L⁻¹ 处理下地径生长明显受到抑制 (图 1-B)。新芽数和新根数随盐质量浓度的增高而减小, 不同时期内 0, 3 和 6 g·L⁻¹ 处理的新芽数变化稳定, 但 9 g·L⁻¹ 处理下明显下降。在 4 个处理时期内, 与 0 g·L⁻¹ 处理相

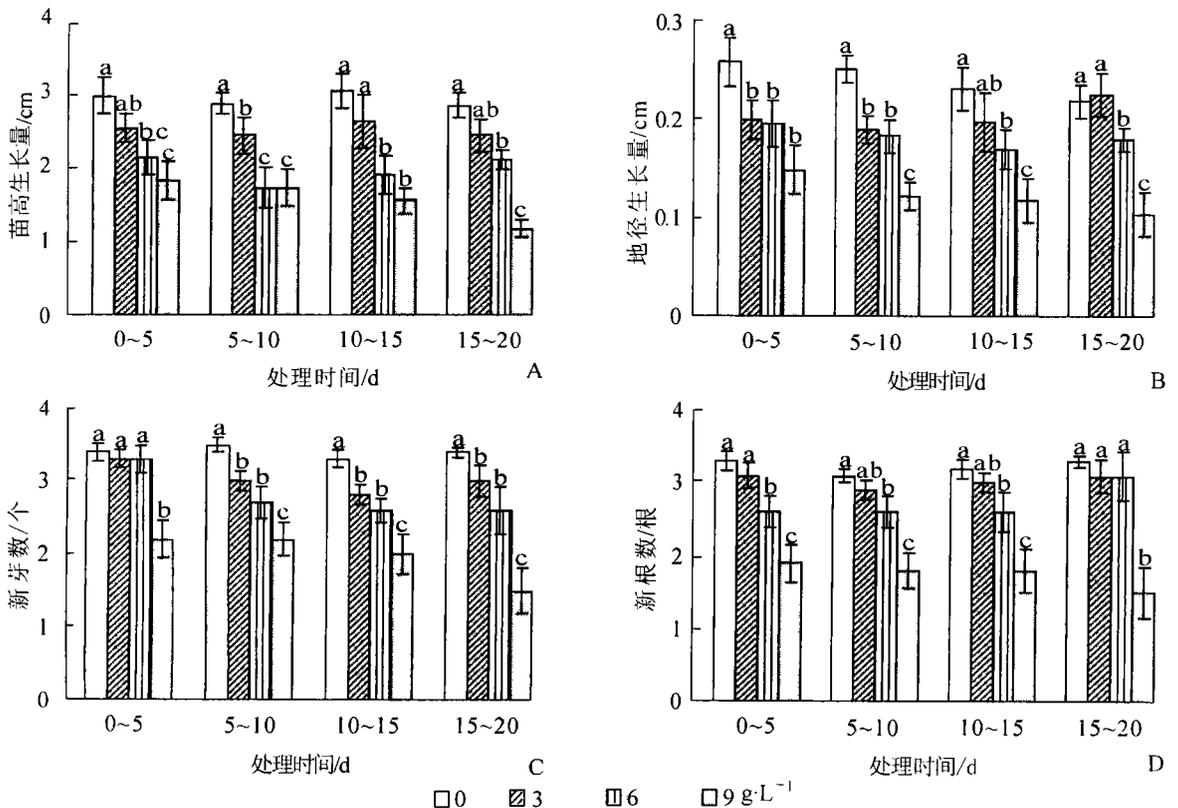


图 1 氯化钠处理对舟山新木姜子形态指标的影响

Figure 1 Effects of NaCl treatment on *Naolitsea sericea*'s morphological indexes

比, 3 和 $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理没有显著差异, $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下苗高生长明显受到抑制(图 1-C, D)。分析表明, 舟山新木姜子不能耐受 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐胁迫处理。

2.2 叶绿素质量分数的变化

从图 2 结果看: 盐质量浓度越高叶绿素质量分数越低, 舟山新木姜子在 $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下, 叶绿素质量分数能维持在一个稳定的水平(约 $15.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$); 3 和 $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下, 叶绿素质量分数不断下降($6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下降的更为明显), 15 d 后叶绿素质量分数都有较大幅度的回升, 但仍低于同期 $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理; $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下叶绿素质量分数迅速下降, 15 d 后虽然也有回升的现象但回升程度很小。结果表明, 与 $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理相比, 舟山新木姜子苗木在 3 和 $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下叶绿素遭到一定程度的破坏, 但在 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下叶绿素遭到严重破坏, 15 d 时叶绿素质量分数下降至 $10.67 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右。

2.3 游离脯氨酸质量分数的变化

由图 3 可见: 舟山新木姜子在 $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下游离脯氨酸质量分数基本没有变化, 维持在一个稳定的低水平(约 $0.076 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$); 与 $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理相比, 3, 6 和 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下游离脯氨酸质量分数迅速升高(10 d 内约增长了 4.88 倍), 3 和 $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下游离脯氨酸质量分数在 15 d 后增长趋于平缓, $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理仍在增长, 说明舟山新木姜子苗木能迅速对盐胁迫作出反应, 快速合成游离脯氨酸起渗透调节作用。

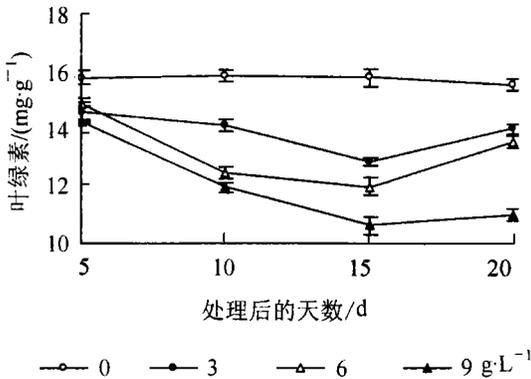


图 2 NaCl 处理期间舟山新木姜子叶片叶绿素质量分数的变化

Figure 2 Change of chlorophyll content in *Neolitsea sericea* during NaCl treatment

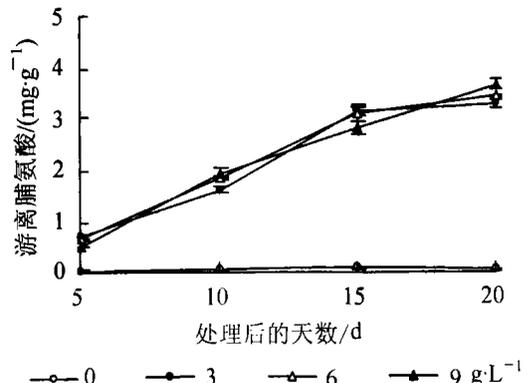


图 3 NaCl 处理期间舟山新木姜子叶片脯氨酸质量分数的变化

Figure 3 Chang of proline content in the leaves of *Neolitsea sericea* during NaCl treatment

2.4 细胞膜透性的变化

从图 4 结果看: 盐质量浓度越高, 相对电导率就越高, 膜透性就越大, 盐胁迫处理后 5 d, $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下相对电导率较 $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下只增加了 2.5 倍, 但在盐胁迫后 20 d 增加了近 4 倍; $0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下舟山新木姜子的细胞质膜透性稳定, 维持在一个较低的水平(15.42%), 3, 6 和 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下, 细胞质膜透性逐渐升高。

2.5 盐胁迫下 Na^+ , K^+ 质量摩尔浓度以及 Na^+/K^+ 的变化

从图 5 结果看: 舟山新木姜子在 0, 3 和 $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下, Na^+ 和 K^+ 质量摩尔浓度同时增大, Na^+/K^+ 呈现逐步上升, 随着 Na^+ 质量摩尔浓度的升高, 舟山新木姜子竞争性吸收 K^+ , 以维持机体内的 Na^+ , K^+ 平衡。 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下 Na^+ 的增长超过了 K^+ 的增长, 导致 Na^+/K^+ 增大, 耐盐性减弱, 说明在 $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐胁迫下, 舟山新木姜子能对离子选择性吸收, 维持正常的 Na^+/K^+ , 超过 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 会遭受盐害。

3 讨论

舟山新木姜子苗木在盐胁迫下细胞膜通透性增加(图 4), 这与盐胁迫下脂膜损伤使电解质和有机

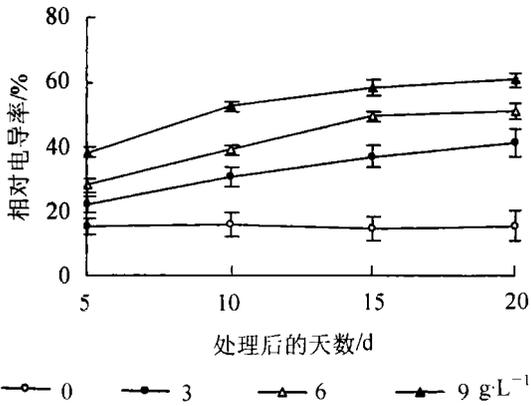


图 4 NaCl 处理期间舟山新木姜子苗木叶片细胞质膜透性的变化

Figure 4 Change of permeability of plasma membrane in the leaves of *Nalitsxa sericea* during NaCl treatment

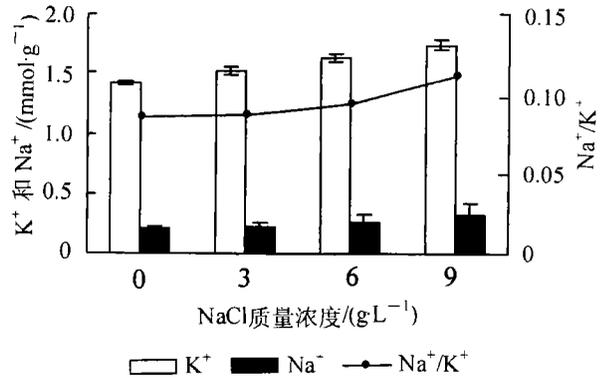


图 5 不同 NaCl 处理下 Na⁺, K⁺ 质量摩尔浓度及 Na⁺/K⁺

Figure 5 Na⁺, K⁺ contents and Na⁺/K⁺ under different NaCl treatments

质大量外渗有关^[7], 膜透性的变化会导致细胞间和细胞内的各种微环境发生改变, 从而使酶和基质间的平衡丧失^[8], 各种代谢过程失调最终导致植物苗高生长量和地径生长量减慢, 新芽和新根数量减少(图 1)。这与张立钦等^[9]在黑杨派无性水培苗中的研究一致。细胞膜的损伤导致细胞内 Na⁺ 升高(图 5), 植物体对盐的敏感性和其地上部分的 Na⁺ 质量摩尔浓度成正相关, 抗盐性大小取决于地上部的拒 Na⁺ 能力^[10], Na⁺/K⁺ 越大说明抗盐性越弱^[11, 12], Na⁺ 的吸收与 K⁺ 的内流相伴进行^[13], K⁺ 吸收系统也介导 Na⁺ 内流^[14]。过量的 Na⁺ 渗入细胞后使原生质凝聚导致叶绿素破坏(图 2)^[15], 叶绿素质量分数下降^[16], 这与许兴等^[17]认为盐破坏了生长在干旱区盐碱地上的小乔木和灌木细胞中的色素-蛋白质-脂类复合体, 导致其叶片中叶绿素含量下降的研究结果一致。细胞膜遭受损伤的同时游离脯氨酸质量分数迅速升高(图 3), 脯氨酸作为一种渗透调节物质大量积累^[18], 保护膜与酶的结构, 从而缓解了胁迫压力^[19], 改善细胞膜和其他高分子物质的水环境, 增强细胞结构的稳定性^[20], 调节胞质 pH 值, 阻止氧自由基产生^[21], 经过一段时间后(约 15 d), 叶绿素质量分数出现小幅度回升, 细胞膜透性也不再增加, 游离脯氨酸增长趋于缓慢, 长势良好, 盐害在一定程度上得到缓解。长期生长于舟山群岛的舟山新木姜子可能在雨水不充足时, 由于海水倒灌导致其生长环境由低盐环境转变为高盐环境, 存在着能对盐胁迫作出反应的耐盐特性, 而这种特性就是它对生长环境长期自然选择的结果。

舟山新木姜子苗木在氯化钠质量浓度为 6 g·L⁻¹ 溶液作为渗透物质的条件下培养 20 d 后生长基本正常, 各项形态及生理指标呈现规律性变化, 在不同盐质量浓度下形成体内新的物质代谢平衡, 因此, 舟山新木姜子属中度耐盐树种。

参考文献:

- [1] 赵可夫, 范海, 宋杰, 等. 中国盐生植物的种类、类型、植被及其经济潜势[M] // 刘小京, 刘孟雨. 盐生植物利用与区域农业可持续发展. 北京: 气象出版社, 2002: 1—9.
- [2] 李彬, 王志春, 孙志高, 等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 154—158.
- [3] 刘会超, 孙振元, 彭镇华. 盐碱土绿化植物的应用与评价[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(5): 30—33.
- [4] 赵和文, 柳振亮, 刘建斌, 等. 无土栽培营养液 pH 值对黄连木幼苗生长及营养元素吸收的影响[J]. 北京农学院学报, 2004, 19(4): 48—50.
- [5] 林栖凤. 耐盐植物研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 334—336; 342.
- [6] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 142—148.
- [7] 司怀军, 戴朝曦, 于品华, 等. 菊花幼嫩花瓣愈伤组织的诱导和植株再生[J]. 甘肃农业大学学报, 1998, 33(2): 175—177.
- [8] 高开珂, 赵勃, 丁国勋, 等. 菊花茎叶外植体苗生体系的研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(1): 32—33.
- [9] 张立钦, 郑勇平, 吴纪良, 等. 黑杨派无性系水培苗对盐胁迫反应的研究[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(2): 121

— 125.

- [10] WU S J, DING L, ZHU J K. SOS1, a genetic locus essential for salt tolerance and potassium acquisition [J]. *Plant Cell*, 1996, **8**: 617.
- [11] SCHACHTMAN D P, BLOOM A J, DOVORAK J. Salt-tolerant *Triticum* × *Lophopyrum derivatives* Limit the accumulation of sodium and chloride ions under saline stress [J]. *Plant Cell Environ*, 1989, **12**: 47–55.
- [12] SCHACHTMAN D P, MUNNS R. Sodium accumulation in leaves of *Triticum* species that differ in salt tolerance [J]. *Aust J Plant Physiol*, 1992, **19**: 311–340.
- [13] 刘静, 王林和, 王兴. 土壤及地下水含盐量对小美旱杨可溶盐离子质量分数的影响[J]. 浙江林学院学报, 2005, **22** (1): 33–39.
- [14] BLUMWALD E, AHARON C S, APSE M P. Sodium transport in plant cells [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2000, **1465**: 140–151.
- [15] 赵明范, 葛成, 翟志中. 干旱地区次生盐碱地主要造林树种抗盐指标的确定及耐盐能力的排序[J]. 林业科学研究, 1997, **10** (2): 194–198.
- [16] 王树风, 陈益泰, 潘红伟, 等. 土壤盐胁迫下柃木 8 个无性系生理特性的变化[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (1): 19–23.
- [17] 许兴, 李树华, 惠红霞, 等. NaCl 胁迫对小麦幼苗生长、叶绿素含量及 Na⁺, K⁺ 吸收的影响[J]. 西北植物学报, 2002, **22** (2): 278–284.
- [18] ANA A C, MANUEL A, ANA R, *et al.* Short-term salt tolerance mechanisms in differentially salt tolerant tomato species [J]. *Plant Physiol Biochem*, 1999, **37** (1): 65–71.
- [19] 王萍, 殷立娟, 李建东. 东北草原区 C₃, C₄ 植物的生态分布及其适应盐碱环境的生理特性[J]. 应用生态学报, 1997, **8** (4): 407–411.
- [20] 彭志红, 彭克勤, 胡家金, 等. 渗透胁迫下植物脯氨酸积累的研究进展[J]. 中国农学通报, 2002, **18** (4): 80–83.
- [21] MANUEL J, REIGOSA R. *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques* [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001: 365–383.

Morphological and physiological changes accompanying the induction of salt tolerance in *Neolitsea sericea* seedlings

WANG Wei¹, HUANG Sheng-li², DING Guo-jian³, HUANG You-jun⁴, HUANG Jian-qin⁴, ZHENG Bing-song⁴

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forestry Special Products Promotion Center of Cixi City, Cixi 315300, Zhejiang, China; 3. Zhejiang Tiantai Landscaping Co. Ltd., Shaoxing 312400, Zhejiang, China; 4. Provincial Key Laboratory for Modern Silvicultural Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To understand the mechanism of salt tolerance in *Neolitsea sericea* (sericeous newlitse), physiological and morphological expression studies were done. Water culture of sericeous newlitse's one year old seedlings were conditioned by a stepwise increase in NaCl (from 0 to 9 g °L⁻¹) added to the nutrient solution (Hiller) over 20 days respectively. The results showed that the proline, Na⁺ K⁺ and membrane permeability were increased, chlorophyll were decreased and the growth of stem and base diameter, the number of new shoots and roots were reduced. But the proline, conductivity and chlorophyll recovered lightly over time. Analysis of variance showed that the one-year-old seedling's growth in 9 g °L⁻¹ NaCl were inhibited and significantly different ($P < 0.05$) contracted with other treatments. Sericeous newlitse is a moderated salt tolerated tree species. [Ch, 5 fig. 21 ref.]

Key words: botany; salt tolerance; physiological index; morphological index; *Neolitsea sericea*