

## 盐胁迫对红鳞蒲桃苗木生长和生理特性的影响\*

# Effect of Salt Stress on Growth and Physiological Characteristics of *Syzygizan hancei* Seedlings

欧阳妮, 招礼军\*\*, 朱栗琼, 李仁山, 蒋欣

OUYANG Ni, ZHAO Li-jun, ZHU Li-qiong, LI Ren-shan, JIANG Xin

(广西大学林学院, 广西南宁 530004)

(College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

**摘要:**【目的】评价盐胁迫下红鳞蒲桃(*Syzygizan hancei*)苗木的生理耐受性。【方法】选择当年生红鳞蒲桃盆栽苗木为材料,研究6种NaCl盐分浓度(0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%)下红鳞蒲桃幼苗高生长、地径生长、叶片质膜透性、游离脯氨酸含量、可溶性糖含量、过氧化氢酶(CAT)活性、叶绿素含量的变化特征。【结果】随着NaCl浓度的增加,红鳞蒲桃苗木的高生长量逐渐降低,在浓度0.4%时下降显著;NaCl浓度对苗木的地径生长量影响不大;细胞质膜透性对盐胁迫具有较强的耐性,NaCl浓度在0.8%以下时,叶片的相对电导率差异不显著;游离脯氨酸和可溶性糖含量在NaCl浓度为0.4%时显著增加,其后维持在一定水平;CAT酶活性对盐胁迫较为敏感,在浓度0.2%时即显著增强;叶绿素含量则随着NaCl浓度的增加表现出先升后降的变化趋势。【结论】0.4% NaCl浓度是影响红鳞蒲桃苗木生理特性的关键。

**关键词:**红鳞蒲桃 盐胁迫 生理特性 生长 耐性

**中图分类号:**Q945 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2014)03-0176-05

**Abstract:**【Objective】*Syzygizan hancei* is one of dominant tree species of natural vegetation in Guangxi coastal. The physiological resistant potential of seedlings under salt stress is evaluated in this paper. 【Methods】One-year-old potted *S. hancei* seedlings were selected and treated with six NaCl concentrations (0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1.0%). The variation characteristics of height growth, ground diameter growth, and leaf membrane permeability, content of free proline, content of soluble sugar, catalase activity and chlorophyll content of seedlings were studied. 【Results】The results showed that with the increase of NaCl concentrations, the height increment of seedlings gradually reduced. The decrease was significant in 0.4% NaCl treatment. However, there were no significant differences in ground diameter increment among different NaCl concentrations treatments. The leaf membrane permeability of seedling had high salt-tolerance ability. The relative conductivity of seedling leaves were no significant differences under 0.8% concentration treatments. The contents of free proline and soluble sugar were obviously increased in 0.4% NaCl treatment and then kept within a certain range. CAT activity was sensitive to salt stress and evidently strengthened in 0.2% NaCl treatment. The content of chlorophyll increased first and then decreased with the increase of

NaCl concentrations. 【Conclusion】0.4% NaCl was the key concentration, which affected the physiological properties of *Syzygizan hancei* seedlings.

**Key words:** *Syzygizan hancei*, salt stress, physiological characteristics, growth, tolerance

收稿日期:2014-04-10

作者简介:欧阳妮(1987-),女,硕士研究生,主要从事森林生态、植物生理研究。

\*国家自然科学基金项目(31360093),广西自然科学基金项目(2013GXNSFAA019057)资助。

\*\*通讯作者:招礼军(1970-),男,博士,副教授,主要从事森林生态、植物生理研究。E-mail:zhlj-70@163.com。

【研究意义】由于我国存在大面积的盐碱地,海

岸带滩涂面积大,并且有逐年增加的趋势<sup>[1]</sup>,所以研究不同植物在盐胁迫条件下的生理反应,筛选出耐盐植物,对提高我国沿海土地利用效率,改善滩涂立地环境具有重要意义<sup>[2]</sup>。【前人研究进展】目前许多盐胁迫的研究都取得了很大的进展,如盐浓度的高低对紫荆花的花粉萌发有一定的影响<sup>[3]</sup>;盐胁迫在高浓度时抑制互花米草的生长,并对其光合作用各指标和参数均有影响<sup>[4]</sup>。红鳞蒲桃(*Syzygizan hancei* Merr. et perry)又名小花蒲桃、红车木,为桃金娘科蒲桃属常绿乔木,主产于我国的福建、广东、广西、海南等省区,是南亚热带雨林<sup>[5]</sup>和北热带季雨林<sup>[6]</sup>的建群种之一。红鳞蒲桃是广西海岸带重要的防风树种,对滨海植被恢复和生态环境建设具有重要意义。由于强烈的人为干扰,群落的破碎化严重<sup>[7]</sup>。目前已开展了红鳞蒲桃开花物候<sup>[8]</sup>、光合作用<sup>[9]</sup>、生理生化<sup>[10]</sup>等方面的研究,主要进行了红鳞蒲桃的抗热性和抗旱性<sup>[11]</sup>,季雨林的物候变化规律观测研究<sup>[12]</sup>,过渡带红鳞蒲桃群落的多样性<sup>[13]</sup>研究。【本研究切入点】红鳞蒲桃耐盐性的研究还未见有报道,而且从已有的调查研究中可知,红鳞蒲桃对土壤的适应性范围较广,从酸性的砂质至壤质粘土<sup>[5]</sup>,到含盐量较大的流动性沙土或固定而无层次结构沙土<sup>[7]</sup>都可以生长。【拟解决的关键问题】以当年生的红鳞蒲桃苗木为试验材料,研究不同的盐分浓度对苗木的生长和生理指标的影响,探讨红鳞蒲桃的抗盐能力和对盐胁迫的生理响应,为红鳞蒲桃群落的保护和恢复,以及滨海沙地的植被建设提供理论依据和指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料采自广西防城港东兴市江平镇红鳞蒲桃群落中的当年生林下更新苗,将苗木带回广西大学林学院校内苗圃温室中进行盆栽培养。盆栽容器为直径20cm、高30cm的圆形塑料花盆,栽培基质由2:1的森林表土和河沙混合,每盆1株。培养2个月后,于2012年7月20日选择生长一致的苗木(平均高度为20±2cm)进行试验。

### 1.2 试验方法

采用单因素完全随机试验设计,设置0.0%(CK)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%共6个NaCl浓度处理,每个处理10株苗,每7d定量(200mL)以预定的NaCl溶液浇灌,共5次。以防止盐分流失,盆下放塑料托盘。试验期间,每天浇少量

水,平衡蒸发量,采用称重法使含水量控制在土壤田间持水量的75%~80%,并对苗木进行常规管理。处理30d后测定各项指标。

### 1.3 测定指标及方法

苗高地径的测定:处理前、处理结束时分别用钢卷尺测定苗高(精确到0.1cm)、用电子游标卡尺测定地径(精确到0.01mm)。苗高/地径增长量=处理结束的苗高/地径-处理前的苗高/地径。

叶片生理生化指标的测定参照高俊凤<sup>[14]</sup>的方法:细胞质膜透性采用电导仪法,游离脯氨酸含量采用酸性茚三酮法,可溶性糖含量采用蒽酮比色法,过氧化氢酶活性(CAT)采用愈创木酚比色法,叶绿素含量采用丙酮-乙醇提取法。每个处理选择3株,每株3个重复。

### 1.4 数据处理

用Excel 2007进行绘图,SPSS19.0进行数据处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同盐分浓度处理对苗木生长的影响

由图1可知,随着盐浓度的增加,红鳞蒲桃苗木的高增长量逐渐减少。盐分浓度为0.2%时,高增长量比对照下降了20%,但差异不显著;随着盐胁迫的加强,苗木的高生长产生了一定的抑制作用( $P < 0.05$ ):当浓度在0.4%~0.6%时,增长率下降了36%;当盐分浓度达到0.8%以上,苗高增长量已不到2cm,下降幅度超过74%。而不同盐分浓度对苗木的地径增长量的影响差异不显著(图2),各处理的地径增长量保持在0.33~0.45mm。

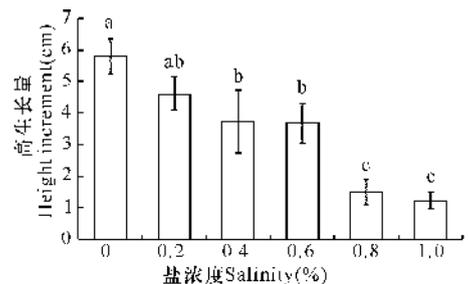


图1 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的高增长量  
Fig.1 High-growth of seedlings under salt stress

### 2.2 不同盐分浓度处理对叶片质膜透性的影响

一般用相对电导率来表示细胞质膜透性。由图3可知,盐分浓度在0%~0.8%范围内,红鳞蒲桃幼苗叶片相对电导率相对稳定,各处理间差异不显著,盐胁迫对苗木的细胞质膜透性没有产生不利的影响;当浓度达到1.0%时,相对电导率显著增大( $P$

$<0.05$ ),为CK的1.70倍,说明细胞内电解质大量外渗,细胞膜已受到一定程度的伤害。

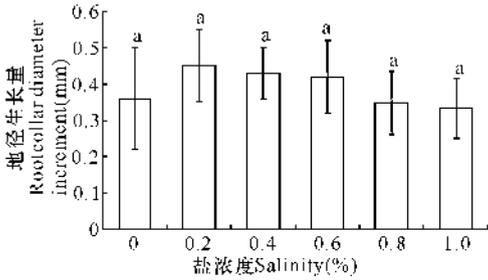


图2 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的地径增长量

Fig. 2 Diameter-growth of seedlings under salt stress

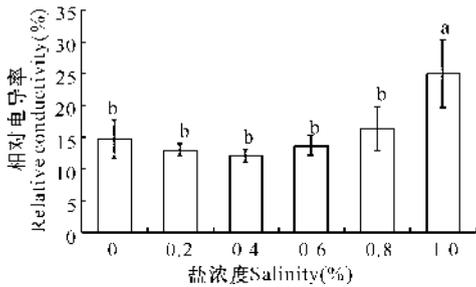


图3 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的相对电导率

Fig. 3 The membrane permeability of seedlings under salt stress

### 2.3 不同盐分浓度处理对叶片游离脯氨酸含量的影响

由图4可知,随着盐分浓度的增加,红鳞蒲桃幼苗叶片的游离脯氨酸含量逐渐增加。当盐分浓度达到0.4%以上时,叶片中的游离脯氨酸大量累积并维持一定水平,达到对照含量的1.4~1.6倍,显著差异( $P < 0.05$ )。这表明红鳞蒲桃苗木对0.4%盐分浓度较为敏感,开始累积大量的脯氨酸来抵抗盐胁迫的影响。

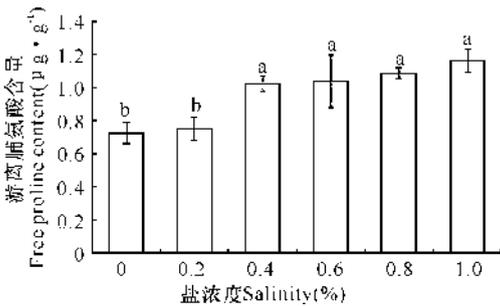


图4 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的游离脯氨酸含量

Fig. 4 The free proline content of seedlings under salt stress

### 2.4 不同盐分浓度处理对叶片可溶性糖含量的影响

由图5可知,红鳞蒲桃幼苗叶片的可溶性糖含量随盐分浓度增加而增加。0.2%浓度和对照处理

间的含量差异不显著,当盐分浓度达到0.4%时,可溶性糖含量显著增加( $P < 0.05$ ),达到对照的1.66倍;当盐胁迫程度加大,可溶性糖含量继续增加,1.0%浓度时的含量是CK的2.1倍。这也表明红鳞蒲桃苗木叶片的可溶性糖含量对0.4%盐分浓度较为敏感。

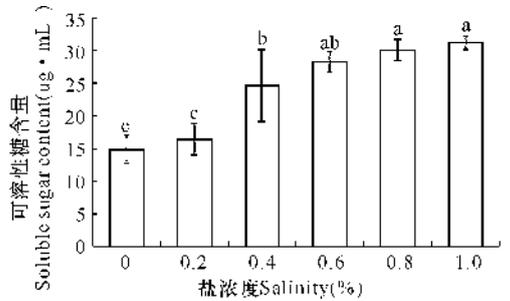


图5 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的可溶性糖含量

Fig. 5 The soluble sugar content of seedlings under salt stress

### 2.5 不同盐分浓度处理对叶片过氧化氢酶活性(CAT)的影响

由图6可知,红鳞蒲桃苗木叶片的CAT酶活性对盐胁迫较为敏感,在浓度为0.2%时,其CAT酶活性就显著地增加( $P < 0.05$ ),以清除体内产生的 $H_2O_2$ ,防止细胞受到伤害。当盐胁迫程度加大后(浓度1.0%),叶片中CAT酶活性降低,说明高浓度的盐胁迫对苗木造成了一定的伤害。

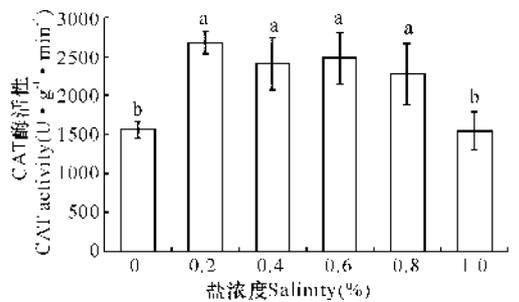


图6 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的CAT酶活性

Fig. 6 The catalase activity of seedlings under salt stress

### 2.6 不同盐分浓度处理对叶绿素含量的影响

由图7可知,不同盐分浓度处理之间的红鳞蒲桃幼苗叶片叶绿素含量差异显著( $P < 0.05$ )。在盐分浓度为0.2%时,叶绿素含量最大,此后,随着盐胁迫的增加,叶绿素含量逐渐减少,在1.0%浓度下的含量最低。这表明盐分浓度对红鳞蒲桃叶片的叶绿素含量影响较为显著。

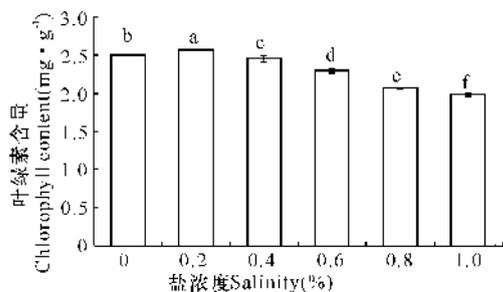


图7 不同盐浓度下红鳞蒲桃苗木的叶绿素含量

Fig. 7 The chlorophyll content of seedlings under salt stress

### 3 讨论

盐分胁迫对植物最普遍、最显著的效应是抑制其生长<sup>[15]</sup>。本试验结果表明,盐胁迫对红鳞蒲桃苗木的高生长的抑制作用要强于地径生长,当盐分浓度达到0.4%时苗木的高生长显著地降低。植物受到逆境伤害后细胞膜的结构受到破坏,电解质外渗,引起组织浸泡液的电导率发生变化<sup>[16]</sup>。从结果看,当盐分浓度小于0.8%时,叶片电导率相对稳定,盐胁迫对苗木的细胞质膜透性的影响不大;当浓度达到1.0%时,相对电导率才显著增大,说明红鳞蒲桃的细胞质膜透性对盐胁迫具有较强的抗性。体内脯氨酸的积累是植物为了抵抗胁迫而采取的一种保护性措施<sup>[17]</sup>。本研究中,红鳞蒲桃叶片中的游离脯氨酸含量随盐胁迫的加大而明显增加,对盐分的敏感度比较强,当盐胁迫达到一定程度后( $\geq 0.4\%$ ),其含量变化大,说明红鳞蒲桃自身的防御系统在盐胁迫下能迅速响应,并且在短时间内可以得到修复。可溶性糖是很多非盐生植物的主要渗透调节剂,起保护酶类的作用<sup>[18]</sup>。从试验结果看,红鳞蒲桃苗木叶片中的可溶性糖含量与游离脯氨酸含量的表现一致;当盐浓度超过0.4%时,可溶性糖含量明显增加并维持一定水平,植株通过提高叶片中可溶性糖的含量来增加植物体内的渗透性,以维持代谢平衡。CAT酶可以清除由于植物在逆境条件下体内活性氧代谢加强产生的 $H_2O_2$ 累积,减缓细胞的衰老和解体,使细胞体免受损害<sup>[16]</sup>。而本试验结果表明,当红鳞蒲桃苗木收到盐胁迫后,CAT酶活性显著增加,苗木通过保持一定的自身调节能力来抵抗盐胁迫的伤害。而当苗木受到较高盐浓度(1%)胁迫时,活性氧对苗木的伤害加剧,使苗木自我调节能力逐渐减弱,致使CAT随之下降,与盐浓度表现为极显著的负相关关系。

很多研究表明,受盐分影响比较敏感的是叶绿

素,当植物收到盐胁迫时,其含量下降。本研究中,红鳞蒲桃叶片中叶绿素在盐分浓度0.2%时含量最高,说明一定浓度的盐分有促进叶绿素合成的作用;随着盐胁迫的增强,叶绿素含量逐渐减少,从而影响到植物的光合作用,最终造成植物生长的减缓。红鳞蒲桃作为滨海树种,盐分对红鳞蒲桃幼苗生长与生理特性有一定的影响,从生理角度对幼苗的耐盐性看,当用盐分浓度为0.4%处理苗木时,多项生理指标产生较为显著地变化,表明该浓度是影响红鳞蒲桃生理特性的关键。而从红鳞蒲桃的对盐分的敏感程度看,其各项生理指标对盐分浓度的适应性要优于观光木<sup>[19]</sup>、油楠<sup>[20]</sup>、巨尾桉<sup>[21]</sup>等树种,因此在滨海沙地的植被恢复中具有较大的优势性。然而不同植物甚至同种植物不同生长发育阶段对盐胁迫的响应机理及抗盐能力是有差异的,因此对红鳞蒲桃在不同生长阶段的抗盐性还有待进一步的研究,以便为确定和筛选出更适合的沿海区域进行植被恢复提供依据。

#### 参考文献:

- [1] 宋丹,张华新,耿来林,等.植物耐盐种质资源评价及耐盐生理研究进展[J].世界林业研究,2006,19(1):37-44.  
Song D,Zhang H X,Geng L L,et al. Plant salt-tolerant germplasm resources evaluation and salt tolerance physiology research progress[J]. World Forestry Research,2006,19(1):37-44.
- [2] 陈兴龙,安树青,李国旗,等.中国海岸带耐盐经济植物资源[J].南京林业大学学报,1999,23(4):80-84.  
Chen X L,An S Q,Li G Q,et al. China coastal salt-tolerant economic plant resources[J]. Journal of Nanjing Forestry University,1999,23(4):80-84.
- [3] 徐芬芬,王爱斌,韩金多.  $GA_3$ 对盐胁迫下紫荆花粉萌发的影响[J].南方农业学报,2012,43(48):1121-1123.  
Xv F F,Wang A B,Han J D. Effects of  $GA_3$  on pollen germination of bauhinia under salt stress[J]. Journal of Southern Agriculture,2012,43(48):1121-1123.
- [4] 康浩,石贵玉,李佳枚. NaCl胁迫对互花米草光合作用及其参数的影响[J].广西科学,2009,16(4):451-454.  
Kang H,Shi G Y,Li J M. Effects of NaCl stress on photosynthesis and parameters of *Spartina alterniflora* [J]. Guangxi Sciences,2009,16(4):451-454.
- [5] 林鹏,丘喜昭.福建南靖县和溪的亚热带雨林[J].植物生态学与地植物学报,1987,11(3):161-169.  
Lin P,Qiu X Z. Subtropical rainforest of Hexi in Nan-

- jing county of Fujian province[J]. Acta Phytocologicae Geobotanica Sinica, 1987, 11(3): 161-169.
- [6] 王献溥, 李俊清, 李信贤. 广西酸性土地地区季节性雨林的分类研究[J]. 植物研究, 2001, 21(4): 481-503.  
Wang X B, Li J Q, Li X X. The classification of the acidic soil area in Guangxi seasonal rainforest[J]. Plant Research, 2001, 21(4): 481-503.
- [7] 曾聪, 李蕾鲜, 范航清. 广西滨海红鳞蒲桃资源现状与群落特征[J]. 广西科学, 2011, 18(3): 283-288.  
Zeng C, Li L X, Fang H Q. Resource status and community characteristics of *Syzygium hancei* along the coast of Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2011, 18(3): 283-288.
- [8] 顾克潇, 赖家业, 汪洋. 红鳞蒲桃开花物候特性研究[J]. 广西农业科学, 2009, 40(5): 552-555.  
Gu K X, Lai J Y, Wang Y. Flowering phenology characteristics of *Syzygium hancei* [J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2009, 40(5): 552-555.
- [9] 招礼军, 李森, 谢伟东. 2种培养基质红鳞蒲桃苗木的光合生理日变化初探[J]. 中国农学通报, 2010, 26(2): 141-144.  
Zhao L J, Li M, Xie W D. Photosynthetic physiological diurnal variation of *Syzygium hancei* Seedling in two filter media[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(2): 141-144.
- [10] 蓝燕, 谢伟东, 莫小香, 等. 广西滨海植物红鳞蒲桃的生理特征分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(5): 123-127.  
Lan Y, Xie W D, Mo X X, et al. Study on physiological characteristic of *Syzygium hancei* in coastal ecotone of Guangxi[J]. Journal of South University of Forest and Technology, 2010, 30(5): 123-127.
- [11] 莫竹承, 姜恒, 张秀国. 广西海岸红鳞蒲桃林主要树种的温度胁迫[J]. 广西科学, 2013, 20(1): 48-51.  
Mo Z C, Jiang H, Zhang X G. Extreme temperature stress on dominant trees of *Syzygium hancei* along Guangxi coast [J]. Guangxi Sciences, 2013, 20(1): 48-51.
- [12] 莫竹承, 徐剑强, 陈树宇. 红鳞蒲桃季雨林重要树种的物候特征[J]. 广西科学, 2013, 20(3): 193-198.  
Mo Z C, Xu J Q, Chen S Y. Phenological characters of dominant trees in *Syzygium hancei* monsoon forest[J]. Guangxi Sciences, 2013, 20(3): 193-198.
- [13] 李蕾鲜, 范航清, 曾聪. 广西防城港滨海过渡带红鳞蒲桃群落多样性研究[J]. 广西科学, 2011, 18(1): 69-72.  
Li L X, Fang H Q, Zeng C. Community diversity of *Syzygium hancei* in coastal ecotone of Fangchenggang of Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2011, 18(1): 69-72.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.  
Gao J F. Plant physiology experimental guidance. [M]. Beijing: China Higher Education Press, 2006.
- [15] Storey R, Walker R R. Citrus and salinity [J]. Scientia Horticulturae, 1999, 78: 39-81.
- [16] 林栖凤, 李冠一. 植物盐胁迫研究进展[J]. 生物工程进展, 2000, 20(2): 20-25.  
Lin Q F, Li G Y. Research progress in salt tolerance in plants [J]. Developments of Biotechnology, 2000, 20(2): 20-25.
- [17] Santa-Cruz A, Acosta M, Rus A, et al. Short-term salt tolerance mechanisms in differentially salt tolerant tomato species [J]. Plant Physiology Biochemistry, 1999, 37(1): 65-71.
- [18] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993.  
Zhao K F. Plant salt resistant physiology [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1993.
- [19] 谢安德, 王凌晖, 潘启龙, 等. 盐分胁迫对观光木幼苗生长及生理特性的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(2): 22-25.  
Xie A D, Wang L H, Pan Q L, et al. Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of *Tsoongiodendron odorum* seedlings [J]. Journal of Northwest Forest University, 2012, 27(2): 22-25.
- [20] 梁惠萍, 雷利堂, 王凌晖, 等. 盐胁迫对油楠幼苗生长及生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2013(12): 51-54.  
Liang H P, Lei L T, Wang L H, et al. Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of *Sindora glabra* seedlings [J]. Northern Horticulture, 2013(12): 51-54.
- [21] 王凌晖, 施福军, 朱宏光, 等. 盐分胁迫下巨尾桉苗期生长与生理特性的变化[J]. 福建林学院学报, 2009, 29(2): 97-102.  
Wang L H, Shi F J, Zhu H G, et al. Growth and physiological changes of *Eucalyptus grandis* and *E. wrophylla* under salt stress [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2009, 29(2): 97-102.