

# NaCl 胁迫对 3 种木兰科植物幼苗 叶片部分生理指标的影响

沈徐悦<sup>1</sup>, 金荷仙<sup>1,①</sup>, 陈蓉蓉<sup>1</sup>, 申亚梅<sup>1</sup>, 张浪<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学风景园林与建筑学院, 浙江 杭州 311300; 2. 上海市园林科学规划研究院, 上海 200232)

**Effect of NaCl stress on some physiological indexes of leaves of seedlings of three species in Magnoliaceae** SHEN Xuyue<sup>1</sup>, JIN Hexian<sup>1,①</sup>, CHEN Rongrong<sup>1</sup>, SHEN Yamei<sup>1</sup>, ZHANG Lang<sup>2</sup> (1. School of Landscape and Architecture, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China; 2. Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2020, 29(4): 75-77

**Abstract:** The changes of some physiological indexes of leaves of seedlings of three species in Magnoliaceae (including *Magnolia denudata* Desr., *Magnolia biondii* Pampan., and *Michelia chapensis* Dandy) under 0 (the control), 100, 200, and 300 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl stresses were studied by nutrient solution culture method. The results show that with increase of NaCl concentration, chlorophyll content in leaves of *M. denudata* and *M. biondii* seedlings first increases and then decreases, while that of *M. chapensis* seedlings decreases, in which, chlorophyll content of three species under high concentration (300 mmol · L<sup>-1</sup>) of NaCl stress decreases significantly compared with the control. With increase of NaCl concentration, relative electric conductivity, and contents of malondialdehyde, soluble sugar, and soluble protein in leaves of seedlings of three species generally increase, in which, relative electric conductivity and malondialdehyde content under each concentration of NaCl stress are significantly higher than those of the control, and there is no significant difference in contents of soluble sugar and soluble protein with those of the control. With increase of NaCl concentration, proline content and activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) in leaves of seedlings of three species first increase and then decrease, in which, compared with the control, proline content of three species under medium concentration (200 mmol · L<sup>-1</sup>) of NaCl stress increases significantly, and activities of SOD and POD of three species under low (100 mmol · L<sup>-1</sup>) and medium concentrations of NaCl stress increase in different degrees. It is suggested that seedlings of three species tested in Magnoliaceae have a certain tolerance to low and medium concentrations of NaCl stress, while their cell membranes of leaves are irreversibly damaged under high concentration of NaCl stress.

**关键词:** 木兰科; 耐盐性; NaCl 胁迫; 生理指标

**Key words:** Magnoliaceae; salt tolerance; NaCl stress; physiological index

中图分类号: Q945.78; Q949.747.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2020)04-0075-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2020.04.11

上海市地处中国东南沿海,滨海盐渍土总面积约 630 km<sup>2</sup>,约占该市土壤资源的 15%以上,土壤含盐量较高,盐分组成以 NaCl 为主,1 m 土体平均含盐量为 0.4%~0.6%,局部表土含盐量高达 4.6%,适应生存的植物种类较少<sup>[1]</sup>,筛选出耐盐性较好的绿化物种对盐碱地绿化有重要意义。

玉兰 (*Magnolia denudata* Desr.)、望春玉兰 (*Magnolia biondii* Pampan.) 和乐昌含笑 (*Michelia chapensis* Dandy) 为木兰科 (Magnoliaceae) 植物中常用的春花乔木及砧木,观赏价值较高,是理想的风景树种。目前,木兰科植物中阔瓣含笑

[*Michelia cavaleriei* var. *platypetala* (Hand.-Mazz.) N. H. Xia]<sup>[2]</sup>、金叶含笑 (*Michelia foveolata* Merr. ex Dandy)<sup>[2]</sup>、乐东拟单性木兰 [*Parakmeria lotungensis* (Chun et C. Tsoong) Law]<sup>[2]</sup>、灰木莲 (*Manglietia glauca* Blume)<sup>[3]</sup>、深山含笑 (*Michelia maudiae* Dunn)<sup>[4]</sup> 和台湾含笑 [*Michelia compressa* (Maxim.) Sarg.]<sup>[5]</sup> 等已有耐盐性方面的研究,而有关玉兰、望春玉兰和乐昌含笑抗性生理方面的研究主要集中在抗旱性<sup>[6-8]</sup>和抗旱性<sup>[9]</sup>,对其耐盐性尚缺乏深入研究。为探讨玉兰、望春玉兰和乐昌含笑的耐盐生理机制,以这 3 种植物的 1 年生实生苗为研究对象,分析不同浓度 NaCl 胁迫下叶片部

收稿日期: 2020-03-16

基金项目: 上海市绿化和市容管理局项目 (G190201); 上海市科学技术委员会科研项目 (19DZ1203300); 浙江省“十三五”林木新品种选育重大科技专项 (2016C02056-12)

作者简介: 沈徐悦 (1996—),男,浙江嘉兴人,硕士研究生,主要从事植物逆境生理方面的研究。

①通信作者 E-mail: lotusjhx@zafu.edu.cn

分生理指标的变化,为这3种植物在盐碱地的推广种植提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试玉兰和乐昌含笑由嵊州市秋叶苗木开发有限公司提供,望春玉兰由河南省南召县林业局花卉苗木产业办公室提供,均为1年生实生苗。于2019年4月定植于上口径6 cm、下口径5 cm、高8 cm的花盆中,栽培基质为泥炭土、珍珠岩和蛭石(体积比1:1:1),每盆1株,然后放置于浙江农林大学园林学院教学实验基地温室内,常规管理。

### 1.2 方法

1.2.1 处理方法 于2019年6月挑选生长基本一致的幼苗,置于上口径6 cm、下口径6 cm、高14 cm的玻璃培养瓶中,每瓶1株,采用1/2Hoagland营养液进行培养。实验在人工气候室中进行,培养条件为光照度2 200~3 000 lx、光照时间14 h·d<sup>-1</sup>、光下温度28℃、暗中温度25℃、空气相对湿度68%~75%,每3 d更换1次1/2Hoagland营养液。待幼苗恢复正常生长后,于2019年7月进行NaCl胁迫处理,NaCl处理液采用1/2Hoagland营养液配制,设置0(CK)、100(T1)、200(T2)和300(T3) mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 4个处理,每处理5株,3次重复。胁迫期间每3 d更换1次相应浓度的NaCl处理液。于处理第9天清晨,采集各处理植株从下至上的第3至第7位叶片,同一处理5株植株的叶片混合后进行生理指标测定。

1.2.2 叶片部分生理指标测定 采用乙醇提取法<sup>[10]134-137</sup>测定叶绿素含量,采用电导仪法<sup>[10]261-263</sup>测定相对电导率,采用硫代巴比妥酸法<sup>[10]260-261</sup>测定丙二醛含量,采用蒽酮比色

法<sup>[10]195-197</sup>测定可溶性糖含量,采用考马斯亮蓝G-250染色法<sup>[10]184-185</sup>测定可溶性蛋白质含量,采用碘基水杨酸法<sup>[10]258-260</sup>测定脯氨酸含量,采用氮蓝四唑法<sup>[10]167-169</sup>测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,采用愈创木酚法<sup>[10]164-165</sup>测定过氧化物酶(POD)活性。各指标重复测定3次。

### 1.3 数据处理

使用EXCEL 2010和SPSS 22.0软件对数据进行处理,采用Duncan's新复极差法进行多重比较。

## 2 结果和分析

不同浓度NaCl胁迫下玉兰、望春玉兰和乐昌含笑幼苗叶片部分生理指标的变化见表1。

随着NaCl浓度的提高,玉兰幼苗叶片中叶绿素含量先升后降,但与0 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl(CK,对照)处理无显著差异;望春玉兰的叶绿素含量也先升后降,其中,100(T1)和200(T2) mmol·L<sup>-1</sup> NaCl处理下显著高于对照;乐昌含笑的叶绿素含量呈下降趋势,各浓度NaCl处理下显著低于对照,其中,300(T3) mmol·L<sup>-1</sup> NaCl处理下较对照下降29.92%。

随着NaCl浓度的提高,玉兰、望春玉兰和乐昌含笑幼苗叶片的相对电导率呈上升趋势,各浓度NaCl处理下3种植物的相对电导率总体上显著高于对照,其中,T3处理下分别较对照升高69.66%、173.15%和114.21%;玉兰、望春玉兰和乐昌含笑的丙二醛含量也呈上升趋势,各浓度NaCl处理下玉兰和望春玉兰的丙二醛含量显著高于对照,乐昌含笑的丙二醛含量仅在T3处理下显著高于对照,T3处理下3种植物的丙二醛含量分别较对照升高50.66%、30.87%和51.58%。

随着NaCl浓度的提高,玉兰、望春玉兰和乐昌含笑幼苗

表1 不同浓度NaCl胁迫下玉兰、望春玉兰和乐昌含笑幼苗叶片部分生理指标的比较( $\bar{X} \pm SE$ )<sup>1)</sup>

Table 1 Comparison on some physiological indexes of leaves of seedlings of *Magnolia denudata* Desr., *Magnolia biondii* Pampan., and *Michelia chapensis* Dandy under NaCl stress with different concentrations ( $\bar{X} \pm SE$ )<sup>1)</sup>

NaCl 浓度/(mmol·L <sup>-1</sup> ) Conc. of NaCl	叶绿素含量/(mg·g <sup>-1</sup> ) Chlorophyll content	相对电导率/% Relative electric conductivity	丙二醛含量/(μmol·g <sup>-1</sup> ) Malondialdehyde content	可溶性糖含量/(mg·g <sup>-1</sup> ) Soluble sugar content	可溶性蛋白质含量/(mg·g <sup>-1</sup> ) Soluble protein content	脯氨酸含量/(μg·g <sup>-1</sup> ) Proline content	超氧化物歧化酶活性/(U·g <sup>-1</sup> ) Superoxide dismutase activity	过氧化物酶活性/(U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) Peroxidase activity
玉兰 <i>Magnolia denudata</i>								
0	1.525±0.058ab	34.031±1.640c	5.146±0.117b	7.773±1.094a	13.536±0.290a	37.371±2.459b	228.049±10.227a	1 427.467±53.052b
100	1.689±0.184a	40.075±2.499bc	7.004±0.277a	7.980±0.666a	14.290±0.402a	47.383±0.828ab	236.992±3.879a	1 704.933±37.880a
200	1.554±0.042ab	42.768±1.783b	7.522±0.603a	8.135±1.001a	14.686±0.480a	52.304±2.252a	244.309±6.655a	1 594.867±18.466a
300	1.346±0.067b	57.736±2.761a	7.753±0.810a	8.190±0.370a	15.401±1.004a	42.685±2.869b	232.927±4.283a	1 457.333±27.884b
望春玉兰 <i>Magnolia biondii</i>								
0	1.709±0.067b	18.005±2.626c	9.102±0.357b	15.166±1.087a	16.995±0.486b	41.678±1.397b	112.121±6.083c	2 055.533±17.807c
100	1.999±0.123a	28.692±2.262b	10.885±0.737a	16.456±1.367a	18.686±0.571ab	52.136±3.267a	170.606±14.204b	2 771.667±51.150a
200	1.956±0.041a	35.677±3.760b	11.061±0.440a	17.385±1.107a	20.184±0.528a	56.331±2.333a	206.667±10.515a	2 850.133±22.060a
300	1.588±0.035b	49.181±2.382a	11.912±0.269a	18.512±0.752a	18.010±0.357b	50.291±3.982ab	93.636±6.385c	2 333.133±37.767b
乐昌含笑 <i>Michelia chapensis</i>								
0	1.732±0.106a	22.078±1.714c	4.002±0.260b	8.789±0.585b	16.560±0.698b	38.322±1.559b	224.561±10.706a	799.200±23.104c
100	1.312±0.162b	32.911±2.193b	4.798±0.457ab	9.523±0.478ab	17.208±0.793b	42.069±0.879b	249.123±5.776a	1 002.000±49.231ab
200	1.221±0.060b	44.381±4.019a	5.237±0.539ab	9.515±0.890ab	18.184±0.403ab	47.942±1.203a	245.965±2.301a	1 041.133±28.652a
300	1.214±0.125b	47.292±3.612a	6.066±0.306a	11.008±0.634a	19.652±0.435a	42.629±2.087b	229.825±10.391a	922.333±8.832b

<sup>1)</sup> 同一植物同列中不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ) Different lowercases in the same column of the same species indicate the significant ( $P < 0.05$ ) difference.

叶片中可溶性糖含量以及玉兰和乐昌含笑幼苗叶片中可溶性蛋白质含量总体上呈上升趋势,但大多与对照无显著差异,仅 T3 处理下乐昌含笑的可溶性糖和可溶性蛋白质含量分别较对照显著升高 25.24% 和 18.67%;望春玉兰的可溶性蛋白质含量先升后降,仅 T2 处理下较对照显著升高 18.76%;玉兰、望春玉兰和乐昌含笑的脯氨酸含量先升后降,T2 处理下分别较对照显著升高 39.96%、35.16% 和 25.10%。

随着 NaCl 浓度的提高,玉兰、望春玉兰和乐昌含笑幼苗叶片中 SOD 活性先升后降,各浓度 NaCl 处理下 3 种植物的 SOD 活性总体上与对照无显著差异,仅 T1 和 T2 处理下望春玉兰的 SOD 活性分别较对照显著升高 52.16% 和 84.32%;玉兰、望春玉兰和乐昌含笑的 POD 活性也先升后降,各浓度 NaCl 处理下 3 种植物的 POD 活性总体上较对照显著升高,其中,T1 处理下玉兰的 POD 活性较对照升高 19.44%,T2 处理下望春玉兰和乐昌含笑的 POD 活性分别较对照升高 38.66% 和 30.27%。

### 3 讨论和结论

本研究中,玉兰和望春玉兰幼苗叶片中叶绿素含量在高浓度 ( $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) NaCl 胁迫下较中低浓度 ( $100$  和  $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) NaCl 胁迫有所下降,说明中低浓度 NaCl 胁迫促进这 2 种植物叶绿素的合成以适应胁迫环境,也可能是 NaCl 胁迫使植物生长受阻,叶片失水产生的浓缩效应间接导致叶绿素含量升高,而高浓度 NaCl 胁迫下,过量 NaCl 进入植物细胞,叶绿素合成受到抑制。3 个 NaCl 处理下乐昌含笑幼苗叶片中叶绿素含量均较对照 ( $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl) 显著降低,可能是其叶绿素酶对 NaCl 胁迫敏感,促进叶绿素分解。随着 NaCl 浓度的提高,供试 3 种木兰科植物的相对电导率和丙二醛含量呈上升趋势,说明其细胞膜受到不同程度损伤。

盐胁迫会导致渗透胁迫,植物细胞内通过可溶性糖、可溶性蛋白质和脯氨酸等小分子有机物的合成和积累降低水势,进行渗透调节<sup>[11-12]</sup>。本研究中,随着 NaCl 浓度的提高,供试 3 种木兰科植物幼苗叶片中可溶性糖含量呈上升趋势,说明其通过增加可溶性糖含量进行渗透调节;玉兰和乐昌含笑的可溶性蛋白质含量呈上升趋势,而望春玉兰的可溶性蛋白质含量在高浓度 NaCl 胁迫下较中低浓度 NaCl 胁迫有所下降,但与对照相比仍略有升高,这有助于维持自身细胞的渗透势;供试 3 种木兰科植物的脯氨酸含量在高浓度 NaCl 胁迫下总体上较中低浓度 NaCl 胁迫有所下降,且与对照接近,说明该 NaCl 浓度超出了细胞调节渗透压的限度,植物体内不再积累脯氨酸。

盐胁迫下,植物体通过增加 SOD 和 POD 等活性氧清除剂的活性维持植物体内活性氧代谢平衡,维护膜结构完整

性<sup>[13-15]</sup>。本研究中,供试 3 种木兰科植物幼苗叶片中 SOD 和 POD 活性在高浓度 NaCl 胁迫下较中低浓度 NaCl 胁迫有所下降,说明中低浓度 NaCl 胁迫下这 3 种植物通过增加自身的酶活性清除产生的活性氧,缓解氧化伤害,而高浓度 NaCl 超出了 3 种植物叶片细胞忍耐活性氧的极限,细胞膜系统受到破坏,SOD 和 POD 活性下降。

综上所述,NaCl 胁迫下,3 种植物的细胞膜系统受到一定破坏;中低浓度 NaCl 胁迫下,3 种植物可通过调节叶片渗透调节物质和抗氧化酶活性减轻 NaCl 胁迫带来的伤害;而高浓度 NaCl 胁迫下叶片细胞膜受到不可逆损伤。

### 参考文献:

- [1] 魏凤巢,夏瑞妹,沈哲东.上海市滨海盐渍土改良技术的研究与实践[J].中国园林,2008(2):85-89.
- [2] 郝胜大.盐胁迫对木兰科树种和杨梅苗光合生理特性的影响[D].南京:南京农业大学园艺学院,2009:9-39.
- [3] 李俊贞,覃静,邓力,等.盐分胁迫对灰木莲苗木生长及生理指标的影响[J].西部林业科学,2011,40(2):40-43.
- [4] 严理,陈铭显,刘延男,等.盐胁迫对深山含笑苗木生长及生理指标的影响[J].林业科技,2013,38(4):14-17.
- [5] 华建峰,杜丽娟,王菁丰,等.混合盐胁迫对江苏省沿海常用绿化树种生长的影响及耐盐性评价[J].植物资源与环境学报,2015,24(3):41-49.
- [6] 陈辉,周成玲,胡来宝,等.苏北地区4种常绿阔叶树种引种栽培适应性分析[J].西南林业大学学报(自然科学),2019,39(4):149-154.
- [7] 梁大伟,马履一,贾忠奎,等.自然降温对红花玉兰抗寒生理指标的影响[J].林业科技开发,2010,24(2):23-26.
- [8] 李晓靖,贾彦龙.白玉兰与紫叶李抗寒性研究[J].山东林业科技,2018,48(5):57-60.
- [9] 李晓储,何开跃,黄利斌,等.木兰科6个树种抗旱性及其抗氧化指标的测定[J].江苏林业科技,2006,33(5):1-4.
- [10] 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.
- [11] 薛腾笑,任子蓓,任士福.NaCl胁迫对美国金钟连翘生理特性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(11):104-108.
- [12] 杜长霞,李娟,郭世荣,等.外源亚精胺对盐胁迫下黄瓜幼苗生长和可溶性蛋白表达的影响[J].西北植物学报,2007,27(6):1179-1184.
- [13] 付娆,张海洋,梁晓艳,等.蒲公英对NaCl单盐和海水复合盐胁迫的生理响应[J].山东农业科学,2020,52(2):33-37.
- [14] 陈段芬,李宪松,邸葆,等.甲醛对5种花卉质膜透性和保护酶活性的影响[J].华北农学报,2007,22(3):84-87.
- [15] 王建华,刘鸿先,徐同.超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用[J].植物生理学通讯,1989(1):1-7.

(责任编辑:张明霞)