

# 盐胁迫对竹柳种苗形态及生理指标的影响

王文成<sup>1</sup> 郭艳超<sup>1</sup> 李克晔<sup>1</sup> 董文琦<sup>2</sup> 周汉良<sup>1</sup> 王玉花<sup>1</sup>

(1. 河北省农林科学院 滨海农业研究所 河北 唐海 063200; 2. 河北省农林科学院 科技处 河北 石家庄 050051)

**摘要:** 采用砂基培养法,研究了不同浓度 NaCl 胁迫对竹柳种苗形态指标及生理指标的影响。结果表明:随着 NaCl 浓度的升高,竹柳的株高、茎粗呈下降趋势,叶片有不同程度的干枯、发黄、生长势衰退等现象,与对照差异显著;叶片含水量、电导率、MDA 含量呈升高趋势;叶绿素、脯氨酸和可溶性糖含量均呈先上升后下降变化。通过对外观形态的观测以及生理指标的综合分析,推断出竹柳的耐盐阈值是 0.5%,存活阈值是 0.8%。该研究为竹柳在盐碱地的开发利用提供了理论依据。

**关键词:** 竹柳; NaCl 胁迫; 形态指标; 生理指标

中图分类号: S156 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0143-04

## Effects of NaCl Stress on the Morphological and Physiological Indexes of Zhuliu Plants

WANG Wen-cheng<sup>1</sup> GUO Yan-chao<sup>1</sup> LI Ke-ye<sup>1</sup> DONG Wen-qi<sup>2</sup> ZHOU Han-liang<sup>1</sup> WANG Yu-hua<sup>1</sup>

(1. Institute of Coastal Agriculture Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences Tang hai 063200 China;

2. Department of Science and Technology Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences Shijiazhuang 050051 China)

**Abstract:** The effects of different NaCl solutions on the morphological and physiological indexes of Zhuliu plants under sand-cultured were studied. The results showed that, with the increase of NaCl concentration, the height and the stem diameter decreased continuously, and significant difference was observed compared with the control. The leaves of Zhuliu appeared different degrees of dry rot yellowing, and growth vigor recession. And the water content, electrical conductance, MDA content increased gradually. The content of chlorophyll, proline, soluble sucrose were increasing at first and then declining later, showing regularity changes. The salt tolerant threshold of Zhuliu was deduced as 0.5% and survival threshold was 0.8% by observing visual form and analyzing physiological index. The research provided the scientific basis for exploitation and utilization of Zhuliu in saline-alkali land.

**Key words:** Zhuliu; NaCl stress; Morphological index; Physiological index

全世界有 1/3 的土地是盐碱地,我国约有 3 000 万  $\text{hm}^2$ ,主要分布在东北、华北和西北<sup>[1]</sup>。土壤盐化是影响和限制植物生长的重要环境因素之一。盐碱地理化性状差,植物生长不良甚至不能成活,难以建立植被,严重制约了农业生产和农林绿化,影响了生态环境。随着资源短缺日益加剧和生态保护的迫切需要,耐盐碱植物的利用越来越引起人们的重视和青睐,这不仅可以大大降低工程费用和养护管理费用,而且耐盐碱植物定植后可降低土壤盐分含量、提高土壤有机质含量,利于土壤改良<sup>[2]</sup>。

竹柳是杨柳科柳属植物,是美国寒竹、朝鲜柳、筐柳组合杂交选育的优良杂交品系<sup>[3]</sup>,兼具柳树与竹子的基因,为高大落叶乔木,其枝干笔直如柳,叶片狭长如竹。2007 年从美国引进,抗寒、抗旱、抗淹、抗盐碱,且移植成活率高,长势快,具有广阔的发展前景。

到目前为止,对竹柳的研究主要集中在繁殖、栽培技术及病虫害防治等方面。对竹柳的耐盐生理机制研究未见报道,本研究旨在通过对竹柳在不同盐浓度下生理生化指标的变化情况来评定其耐盐性,

收稿日期: 2011-03-15

基金项目: 河北省科技厅重大科技支撑计划项目(09227129Z); 国家科技支撑计划项目(2009BADA3B04-6)

作者简介: 王文成(1961-),男,河北张家口人,副研究员,学士,主要从事盐土资源开发与利用研究。

通讯作者: 郭艳超(1974-),女,河北保定人,助理研究员,硕士,主要从事园林植物抗逆生理及分子育种方面的研究。

为竹柳在盐碱地区的开发利用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试验于 2010 年 6 月至 8 月中旬在河北滨海农业研究所十一场试验基地进行。供试材料为 1 年生竹柳扦插苗。选整齐一致、健壮、无病虫害 1 年生扦插苗,定植于装有干净粗砂的花盆中 粗砂用清水洗去泥土,室内测定粗砂的最大持水量(测定结果为 14%)。

### 1.2 方法

用 1/2Hoagland 营养液预培养 14 d 后开始处理。在 1/2Hoagland 营养液中加入 NaCl,制成含盐量分别为 0(对照) 0.25% 0.5% 0.75% 1.0% 的盐溶液,用盐溶液浇灌试验植株,每次 2 000 mL。为了避免应激效应,采用逐步增加盐质量分数的方法,即 NaCl 的浓度以每天 0.1% 递增,直到最高预定浓度,此时为正式处理第 1 天。每一处理 4 株,每个处理 3 次重复。花盆放于基地防雨棚内,晴天打开,人工遮雨。

### 1.3 测定指标

形态指标:在正式处理第 1 天及试验结束时测定已标记好的种苗高度和茎粗。株高从植株露土点量起,到生长点为止;茎粗在露土点测量。随时观察受害情况,并记录。

生理指标:烘干法测定叶片含水量<sup>[4]</sup>;电导法测定膜透性<sup>[4]</sup>;叶绿素采用丙酮-乙醇混合法<sup>[4]</sup>;蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[4]</sup>;酸性茚三酮比色法<sup>[4]</sup>测定游离脯氨酸含量;硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定<sup>[4]</sup>MDA(丙二醛)含量。

取样部位自生长点向下第 3~4 片完全展开叶。

### 1.4 数据处理

应用 SPSS12.0 软件分析数据,Excel 程序绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl 胁迫对竹柳株高、茎粗及形态的影响

不同盐胁迫处理对竹柳株高、茎粗及形态表征影响差异较大。由表 1 可以看出 0.25% 处理下的株高和茎粗与对照(0.00%)无显著差异,盐胁迫处理 0.50% 0.75% 1.00% 的株高和茎粗均与对照(0.00%)差异显著。当盐胁迫达到 0.75% 时,竹柳的观赏价值大为降低,进一步增大盐胁迫程度,竹柳的受害症状则进一步加重。

### 2.2 NaCl 胁迫对竹柳叶片含水量的影响

由图 1 可知,在 0.25% NaCl 溶液处理时,叶片含水量下降,为 66.6%,与对照水平相比无显著差

异( $P < 0.05$ )。随着盐胁迫的增大(0.5%)叶片含水量急剧增大,达到 74.3%,远高于对照水平,形成显著差异。可见,在整个 NaCl 溶液处理过程中,叶片含水量呈现先下降后升高的变化。

表 1 盐胁迫对竹柳形态指标的影响

Tab. 1 Effect of salt stress on the morphological indexes of Zhuliu

NaCl 浓度/% NaCl Concentration	株高/cm Height	茎粗/cm Stem diameter	形态症状 Form symptoms
0.00	46.5a	0.30a	生长旺盛
0.25	41.2a	0.25a	生长旺盛
0.50	33.8b	0.15b	生长旺盛
0.75	19.0c	0.15b	植株叶片发黄失绿,梢顶端干枯。
1.00	8.7d	0.06c	植株叶片黄化脱落,茎尖死亡。

注: a = 0.05 水平,字母标注不同代表差异显著。

Note: Significant at 5%, different letter label indicate significant.

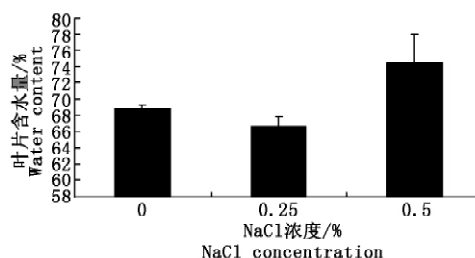


图 1 NaCl 胁迫对竹柳叶片含水量的影响

Fig. 1 Effects of NaCl stress on water content in the leaves of Zhuliu

### 2.3 NaCl 胁迫对竹柳叶片叶绿素的影响

叶绿素含量是反映光合能力的重要指标。叶色是反映植物健康状况和营养情况的敏感指标。叶绿素是重要的光合作用物质,对盐胁迫最敏感。叶绿素含量的多少在一定程度上反映了植物光合作用强度的高低,从而影响植物的生长<sup>[5]</sup>。

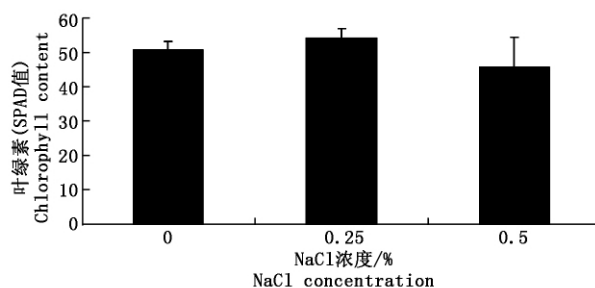


图 2 NaCl 胁迫对竹柳叶片叶绿素的影响

Fig. 2 Effects of NaCl stress on chlorophyll content in leaves of Zhuliu

从图 2 可以看出,竹柳叶片的叶绿素含量变化整体趋势表现为短期低盐刺激下略有上升,随着胁迫强度的增大而大幅下降。表明较低的盐浓度并不

影响竹柳叶片的光合潜力; 当盐浓度达到 0.50% 时, 叶绿素含量出现下降, 表明竹柳叶片的光合潜力受到抑制。

#### 2.4 NaCl 胁迫对竹柳叶片细胞膜透性和丙二醛含量的影响

细胞膜是植物细胞内外物质和信息交流的界膜, 具有选择透性, 任何对膜的伤害都将导致膜透性增大, 因此膜透性的测定常作为植物抗性研究的一个重要生理指标<sup>[6]</sup>。膜透性(以相对电导率表示)可用来间接地表示细胞膜的受伤程度。测定结果(图3)显示: 不同盐处理下, 随盐浓度的增加, 竹柳叶片的电导率呈现增加趋势, 在 0.5% NaCl 处理时达到最高值, 但与对照相比差异不显著。

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的产物, 其含量(以干质量计)与膜系统的伤害程度密切相关<sup>[7]</sup>。它可以反映膜脂氧化的程度和植物对逆境的反应情况<sup>[8]</sup>。由图4可知, 在低盐胁迫(0.25%)条件下, 竹柳植株叶片丙二醛含量呈下降趋势, 变化较平稳, 而在盐浓度为 0.5% 时, 叶片丙二醛含量增加, 但差异并不显著。

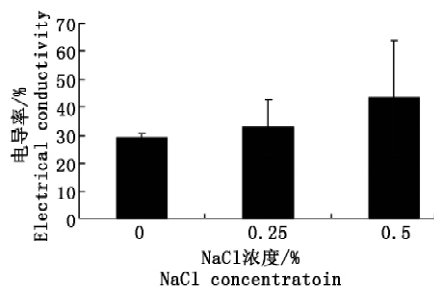


图3 NaCl 胁迫对竹柳叶片电导率的影响

Fig.3 Effects of NaCl stress on the electrical conductivity in the leaves of Zhuliu

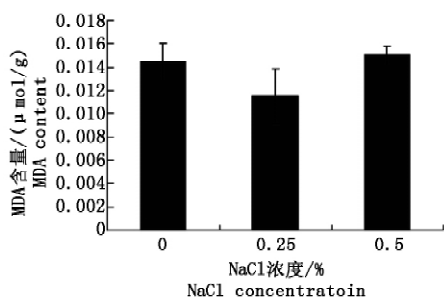


图4 NaCl 胁迫对竹柳叶片 MDA 的影响

Fig.4 Effects of NaCl stress on MDA content in leaves of Zhuliu

#### 2.5 NaCl 胁迫对竹柳叶片脯氨酸和可溶性糖的影响

脯氨酸是一种重要的有机渗透调节物质, 具有平衡液泡中的高浓度盐分、避免细胞质脱水、防止酶变性失活和保持氮含量等作用。正常条件下, 植物体内的游离 Pro 含量并不高, 但在逆境胁迫下, 游离

Pro 含量会发生适应性的变化<sup>[9]</sup>。

从图5可以看出, 竹柳叶片的脯氨酸积累(以干质量计)随盐胁迫程度的加大整体上呈上升后下降的趋势, 但与对照无显著差异。

可溶性糖也是植物体内重要的渗透调节物质之一, 对于适应逆境, 减少伤害起着非常重要作用。从图6可以看出, 竹柳叶片中可溶性糖含量(以干质量计)的变化趋势也是先上升后下降趋势, 在胁迫处理过程中可溶性糖含量无明显变化, 保持较稳定状态。

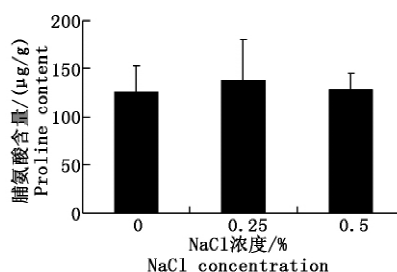


图5 NaCl 胁迫对竹柳叶片脯氨酸的影响

Fig.5 Effects of NaCl stress on the proline content in the leaves of Zhuliu

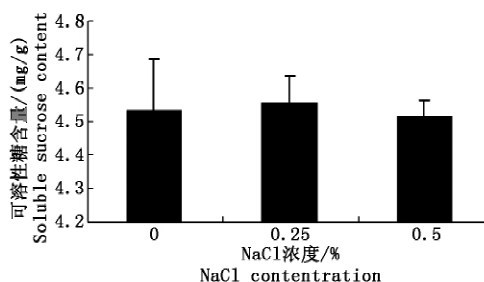


图6 NaCl 胁迫对竹柳叶片可溶性糖的影响

Fig.6 Effects of NaCl stress on the soluble sucrose content in the leaves of Zhuliu

### 3 结论与讨论

盐胁迫对植物生长的影响涉及渗透胁迫、离子毒害和矿质亏缺等综合反应, 在盐胁迫下, 由于植株碳同化量减少、渗透调节能耗和维持生长能耗增加等原因, 常导致植株生长量减少<sup>[10]</sup>。本试验中, 竹柳的株高和茎粗随盐胁迫程度的加大, 呈显著减少趋势。能量过分消耗的代价是生长的降低, 但这是有限度的, 当盐胁迫超过某一阈值时, 植物体通过降低生长还不足以维持各种代谢平衡时, 植物叶片和生长点受损严重, 植株停止生长。

盐液浓度升高, 水势降低, 使植物吸水困难, 严重时, 植株体内的水分会外渗, 正常的生理过程受到干扰, 甚至受到伤害, 植株体内的相对含水量会有所降低。本试验中, 随着盐胁迫的加大, 竹柳叶片的相对含水量呈现先下降后升高的趋势, 但降幅不大, 竹

柳植株生长没有受到明显影响,能正常生长。

竹柳的叶绿素含量在低盐处理下,有所升高,随着盐胁迫的加大,叶绿素含量略有降低,表明在盐分胁迫下,竹柳的叶绿素含量比较稳定,细胞膜系统未受到伤害。

植物遭受逆境胁迫时首先会导致细胞膜受到伤害。肖雯等<sup>[11]</sup>的研究证实细胞膜透性的大小反映膜受到伤害的程度,数值越大膜受到的伤害也越大。本试验中,随NaCl浓度的增加,叶片质膜透性也显著增加。因此细胞膜透性可作为评定竹柳叶片耐盐性的生理指标之一。

丙二醛是膜脂过氧化分解的产物,在一定胁迫强度内,细胞的各种保护机制使得丙二醛含量维持在一定的水平,膜脂过氧化作用加大,丙二醛含量升高。在本试验中,随盐浓度的升高,竹柳叶片中丙二醛含量逐渐升高,但在低盐浓度下变化较平稳,当NaCl处理浓度高于0.25%时丙二醛含量有所增加,说明随盐浓度的升高,竹柳叶片膜脂过氧化程度升高,受害加重。

逆境下植物积累脯氨酸和可溶性糖具有普遍性,脯氨酸可以提高植物的抗逆性,作为渗透调节剂降低细胞的水势,维持细胞质的水分状况<sup>[12]</sup>。积累的可溶性糖,可以用于渗透调节,以维持植株正常生长。植物在逆境中碳水化合物积累的作用机制尚难肯定,可能与渗透调节有关,也可能是胁迫作用对代谢干扰的结果。本试验中,脯氨酸和可溶性糖均呈现先上升后下降趋势,变化比较平缓,

赵可夫等<sup>[13]</sup>提出,植物的存活阈值是指植株生长在一定盐浓度的土壤中,植株死亡数超过50%时的土壤盐浓度。笔者以此为标准,对NaCl胁迫下竹柳的存活率进行统计。结果表明,竹柳在土壤含盐量为0.75%时有50%以上植株枯萎死亡。由此可推断,竹柳在盐胁迫下的存活阈值为土壤含盐量0.8%左右。张玉等<sup>[14]</sup>提出植物耐盐阈值,即植株生长在一定盐分的土壤中,其外部形态表现为不影响园林观赏效果的土壤盐浓度,即观赏价值跌落的临界值。在盐碱地绿化中,可按照植物的耐盐阈值

适地适树,无需客土或少量客土即能生长且不影响盐碱地绿化景观质量,减少绿化投入,实现盐碱地的可持续发展。依照该标准,笔者通过对外观形态的观测以及生理指标的分析得出,竹柳的耐盐阈值是0.5%。超过该阈值,就会对生长产生显著影响,生长势衰退,观赏价值大大降低。

#### 参考文献:

- [1] 刘行,张彦广,安军超,等.金露梅耐盐生理特性的研究[J].河北农业大学学报,2009,32(2):34-41.
- [2] 白善军,李玉娟,张健,等.沿海滩涂竹柳直插造林技术[J].现代农业科技,2010,13:241.
- [3] 王子成.速生树种—美国竹柳[J].科学种养,2008(8):50.
- [4] 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.
- [5] 汪贵斌,曹福亮.盐胁迫对落羽杉生理及生长的影响[J].南京林业大学学报,2003,27(3):11-14.
- [6] 张宝泽,曹子谊,赵可夫.盐分胁迫下沙枣某些生理特性的研究[J].林业科学,1992,28(2):167-169.
- [7] 赵可夫,范海.盐生植物及其对盐渍生境的适应生理[M].北京:科学出版社,2005.
- [8] 闫永庆,朱虹,刘兴亮,等.盐胁迫对紫穗槐生长发育及生理特性的影响[J].东北农业大学学报,2008,39(12):31-35.
- [9] 周兴元.几种暖季型草坪草耐盐及耐荫性研究[D].南京:南京林业大学,2004.
- [10] 管志勇,陈发棣,滕年军,等.5种菊花近缘种属植物的耐盐性比较[J].中国农业科学,2010,43(4):787-794.
- [11] 王华芳.花卉无土栽培[M].北京:金盾出版社,1997:178-181.
- [12] 肖雯,贾恢先,蒲陆梅.几种盐生植物抗盐生理指标的研究[J].西北植物学报,2000(5):818-825.
- [13] 赵可夫,范海.盐生植物及其对盐渍生境的适应生理[M].北京:科学出版社,2005.
- [14] 张玉,芦建国,廖勇.NaCl胁迫对花蔺蒲叶片生长及几种生理指标的影响[J].安徽农业科学,2009,37(23):10976-10978.