

盐胁迫对多花木蓝幼苗生理特性的影响

徐隆辉¹, 舒世超², 赵良磊¹, 王文恩^{2*} (1. 武汉钢铁集团绿化公司, 湖北武汉 430083; 2. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北武汉 430070)

摘要 [目的]研究多花木蓝幼苗的耐盐性,为生产利用提供参考依据。[方法]选用不同浓度梯度的 NaCl 溶液对盆栽多花木蓝幼苗定时定量浇灌,每 3 d,采集各处理的叶片进行生理指标测定,直到出现盐害症状为止。[结果]在盐胁迫条件下,随着盐溶液浓度的上升和胁迫处理时间的延长,多花木蓝幼苗的相对电导率呈先下降后上升的趋势,叶绿素含量呈下降的趋势,可溶性蛋白质含量和 SOD 活力呈先上升后下降的趋势。[结论]从盐胁迫第 9 天开始,浓度大于 150 mmol/L 的 NaCl 溶液对所测生理指标的影响最大。

关键词 多花木蓝;幼苗;生理特性;盐胁迫

中图分类号 S718.43 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)34-0011-03

Effects of Salt Stress on Physiological Characteristics of *Indigofera amblyantha* Seedling

XU Long-hui¹, SHU Shi-chao², ZHAO Liang-lei¹, WANG Wen-en^{2*} (1. Landscaping Co., Ltd, Wuhan Iron and Steel Group, Wuhan, Hubei 430083; 2. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070)

Abstract [Objective] To research the salt stress of *Indigofera amblyantha* seedling, and to provide references for the application of *I. amblyantha*. [Method] *I. amblyantha* pot seedling were poured by NaCl solution with different concentration. Taking leaves of each treatment every 3 days to measure physiological indicators from the start date of salt stress until the salt injury symptoms appear. [Result] Under salt stress, with the increased concentrations of salt solution and days of stress, the value of *I. amblyantha* seedling's relative conductivity has a decreasing trend at first but then, has an increasing trend. The chlorophyll content has a decreasing trend, the soluble protein content and SOD activity have an increasing trend at first but then, both of this two indicators have a decreasing trend. [Conclusion] The NaCl solution with more than 150 mmol/L has the greatest influence on the measured physiological parameters from the ninth day of salt stress.

Key words *Indigofera amblyantha*; Seedling; Physiological characteristics; Salt stress

多花木蓝(*Indigofera amblyantha*)为豆科木兰属多年生落叶灌木,常生长于 1 200 m 以下的山坡,在林缘、路边、荒山阳面坡、灌丛较常见^[1]。多花木蓝抗病、抗虫能力强;生长速度快,早春时根颈、茎上的休眠芽可萌发出大量嫩枝,全株枝、叶、花、果牲畜喜食,是一种营养丰富的牧草资源;枝叶茂盛,覆盖度大,根系发达,寿命长,是生物围栏和水土保持的良好灌木^[2]。作为一种豆科灌木,多花木蓝根瘤菌能固定土壤中游离的氮,起到改良土壤、增加土壤肥力的作用^[3]。多花木蓝根系发达,能够深入土壤,使土壤中的盐分向下淋溶,增加土壤的通透性,从而改善土壤团粒结构,使其朝良性方向发展^[4]。

目前国内外学者对多种植物开展了耐盐性研究,但对多花木蓝幼苗耐盐性的相关研究还鲜有报道。笔者研究了多花木蓝幼苗在盐分胁迫下的生理特性变化,对多花木蓝耐盐性做出一定评价,为实际生产利用提供参考。

1 材料与与方法

1.1 材料 多花木蓝种子购于湖北省种子集团公司,经过清选后备用。

1.2 方法 试验于 2015 年 3 月 15 日—5 月 25 日在华中农业大学花卉基地玻璃温室内进行。选用 NaCl 溶液作为盐胁迫处理试剂,设置 4 个处理浓度,分别为 0、100、150、200 mmol/L。选择饱满、均匀、外观良好的种子,播于装有混合基质的 128 穴穴盘中,每穴 1 粒,待种子萌发、幼苗长出 4 片真叶后,移栽至口径为 25 cm 的塑料花盆中,每盆种植 6 株,栽培基质为草炭:珍珠岩:椰糠=3:1:1,在玻璃温室中种

植 30 d 后开始进行盐胁迫处理,每个盐浓度水平设置 3 次重复,每重复 8 盆,共 96 盆。每盆浇灌 50 mL NaCl 溶液,每 10 d 浇灌 1 次,浇灌 NaCl 后视土壤情况定量补充水分,以保持土壤含水率维持在 70%~80%。从开始盐胁迫处理之日起,每 3 d,取各处理的叶片进行生理指标测定,直到出现盐害症状为止。

1.3 调查指标及方法 相对电导率、叶绿素含量、可溶性蛋白含量测定方法参考王学奎主编的《植物生理生化实验原理和技术》^[5];SOD 活力采用超氧化物歧化酶测试盒(南京建成生物工程研究所生产)测量法。

1.4 数据分析 试验数据用 Excel 和 SAS 软件进行方差和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对多花木蓝幼苗相对电导率的影响 由表 1 可知,盐胁迫处理下 4 个 NaCl 浓度水平的幼苗叶片相对电导率从大到小为 200、150、100、0 mmol/L,且 200、150 mmol/L 处理的叶片相对电导率与 0 mmol/L 处理差异显著,100 mmol/L 处理与 0 mmol/L 处理的叶片相对电导率差异不显著。随着胁迫天数的增加,各 NaCl 浓度处理在叶片相对电导率的变化趋势上一致,都呈先下降后上升的变化趋势,幼苗叶片相对电导率表现为盐胁迫第 3~9 天下降,盐胁迫第 9~15 天上升(图 1)。

随着 NaCl 溶液浓度的增加,同一时间测定的叶片相对电导率增加。与对照组 0 mmol/L 相比,在盐胁迫处理第 3 天时,100 mmol/L 处理的叶片相对电导率增加了 10.58%,150 mmol/L 处理增加了 104.69%,200 mmol/L 处理增加了 145.18%;在盐胁迫处理第 12 天时,与对照组相比,100 mmol/L 处理的相对电导率增加了 19.96%,150 mmol/L

作者简介 徐隆辉(1966-),男,湖北武汉人,高级工程师,从事园林植物栽培与应用研究。* 通讯作者,高级工程师,硕士,从事园林植物遗传改良与栽培生理研究。

收稿日期 2016-09-22

处理增加了 49.09%, 200 mmol/L 处理增加了 90.20%; 在盐胁迫处理第 15 天时, 与对照组相比, 100 mmol/L 处理相对电导率增加了 10.50%, 150 mmol/L 处理增加了 108.90%, 200 mmol/L 处理增加了 161.02%。

表 1 不同浓度盐溶液中各指标平均值

Table 1 Average on each measure under different salt concentrations

浓度 Concentration mmol/L	相对电导率 Relative conductivity %	叶绿素含量 Chlorophyll content mg/g	可溶性蛋白含量 Soluble protein content mg/g	SOD 活力 SOD activity U/mL
200	40.40 ± 7.45 a	1.25 ± 0.04 c	4.21 ± 1.01 a	4.91 ± 0.42 b
150	33.96 ± 5.52 b	1.28 ± 0.02 c	3.93 ± 0.97 a	6.43 ± 0.56 ab
100	23.09 ± 1.10 c	1.37 ± 0.03 b	3.28 ± 0.22 b	6.31 ± 0.40 ab
0	21.83 ± 0.89 c	1.48 ± 0.04 a	2.99 ± 0.38 b	7.31 ± 0.29 a

注: 同列数据后小写字母不同表示 0.05 水平上差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters following the data within the same column showed significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$).

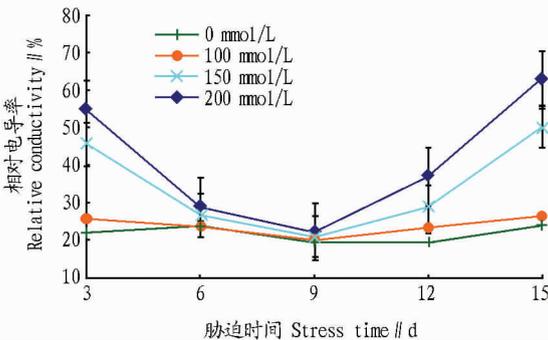


图 1 盐胁迫下叶片相对电导率变化

Fig. 1 The change of leaf relative conductivity under salt stress

由表 2 可知, 幼苗在盐胁迫第 3~9 天过程中, 出现了叶片相对电导率下降的现象, 并在第 9 天达到谷值, 与对照组的相对电导率基本一致, 之后又出现处理组叶片相对电导率上升的现象, 其原因在于 NaCl 溶液是分 2 次浇灌的, 2 次相隔 10 d, 且为维持基质土壤含水率一致, 每天依土壤情况定时补水, 在这段时间内, 基质所含的 NaCl 溶液浓度随时间降低, 盐胁迫环境也逐渐缓和, 所以造成胁迫处理的相对电导率趋近对照组的现象。

表 2 不同胁迫时间下各指标平均值

Table 2 Average on each measure under different stress time

胁迫时间 Stress time d	相对电导率 Relative conductivity %	叶绿素含量 Chlorophyll content mg/g	可溶性蛋白含量 Soluble protein content mg/g	SOD 活力 SOD activity U/mL
3	36.99 ± 7.97 a	1.32 ± 0.03 b	2.75 ± 0.29 c	6.76 ± 0.48 a
6	25.91 ± 1.42 b	1.42 ± 0.05 a	2.60 ± 0.18 c	7.19 ± 0.45 a
9	20.18 ± 0.42 c	1.35 ± 0.06 ab	5.85 ± 1.25 a	5.75 ± 0.44 a
12	26.83 ± 3.76 b	1.35 ± 0.08 ab	3.31 ± 0.10 b	5.94 ± 0.73 a
15	39.19 ± 8.98 a	1.30 ± 0.07 b	3.50 ± 0.10 b	5.56 ± 0.80 a

注: 同列数据后小写字母不同表示 0.05 水平上差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters following the data within the same column showed significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$).

2.2 盐胁迫对多花木蓝幼苗叶绿素含量的影响 由表 1 可知, 盐胁迫处理下 4 个 NaCl 溶液浓度的幼苗叶片叶绿素含量由大到小依次为 0、100、150、200 mmol/L, 各浓度处理叶片叶绿素含量与 0 mmol/L 处理差异显著, 200、150 mmol/L 处理与 100 mmol/L 处理叶片叶绿素含量差异显著, 200 mmol/L 与 150

mmol/L 处理叶片叶绿素含量差异不显著。

随着胁迫时间的延长, 各胁迫浓度下的幼苗叶片叶绿素含量总体为先增加后降低的趋势, 具体表现为胁迫第 3~6 天上升, 胁迫第 6 天以后开始降低 (图 2)。对照组叶片叶绿素含量变化趋势较为平缓, 第 6~15 天的叶片叶绿素含量基本保持稳定, 第 3~6 天有明显上升趋势, 可能是由幼苗叶片生长所致, 随着幼苗叶片的生长和成熟, 叶片叶绿素含量随之上升; 100 mmol/L 处理叶片叶绿素含量呈波动变化, 基本在平均值上下小范围波动, 原因可能是多花木蓝幼苗具有一定的抗盐性, 在 100 mmol/L NaCl 溶液胁迫处理下, 没有明显的伤害性表现; 150 mmol/L 和 200 mmol/L 处理的叶片叶绿素含量都表现为先上升后下降的趋势, 但 200 mmol/L 浓度水平的叶片叶绿素含量在第 6 天达到峰值后下降趋势较快, 150 mmol/L 浓度水平的叶片叶绿素含量在第 9 天达到峰值, 下降趋势小于 200 mmol/L 浓度水平。由于幼苗对不同浓度盐溶液的胁迫处理敏感性不一致, 因此不同浓度出现峰值及下降趋势的时间不一致。

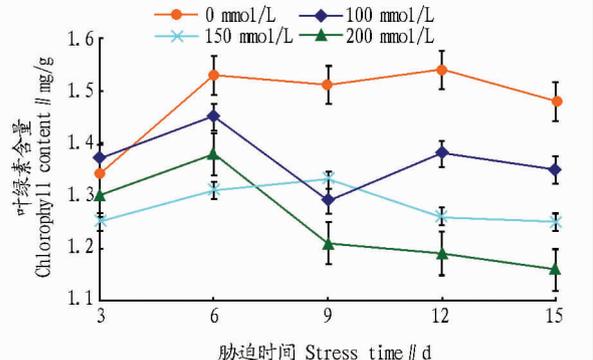


图 2 盐胁迫下叶片叶绿素含量变化

Fig. 2 The change of leaf chlorophyll content under salt stress

随着 NaCl 溶液浓度的增加, 同一时间测定的叶绿素含量总体呈降低趋势。与对照组相比, 3 个浓度处理组第 6~15 天叶片叶绿素含量均低于对照组, 可见盐胁迫条件下幼苗叶片叶绿素含量会下降。

2.3 盐胁迫对多花木蓝幼苗可溶性蛋白含量的影响 由表 1 可知, 盐胁迫处理下 4 个 NaCl 溶液浓度的幼苗叶片可溶性蛋白含量由大到小依次为 200、150、100、0 mmol/L, 其中 200、150 mmol/L 处理可溶性蛋白含量与 100、0 mmol/L 处理具有显著性差异, 100 mmol/L 处理与 0 mmol/L 处理可溶性蛋白含量无显著性差异。

由图 3 可知, 随着胁迫时间的增加, 150、200 mmol/L 胁迫条件下可溶性蛋白质含量的变化趋势基本一致, 都呈先上升后下降的趋势, 2 个水平可溶性蛋白质含量均在胁迫第 9 天达到峰值, 150 mmol/L 处理的可溶性蛋白质含量最大值为 7.76 mg/g, 200 mmol/L 处理的最大值为 8.24 mg/g, 相比对照组分别增加了 94.97% 和 107.26%。100 mmol/L 处理的可溶性蛋白质含量与对照组基本一致, 可知多花木蓝幼苗对较低盐溶液浓度的胁迫环境抗性较好, 无明显反应; 对较高盐溶液浓度 (150、200 mmol/L) 的胁迫环境反应敏感, 可溶性

蛋白含量明显增加,这是植物在盐胁迫的诱导下产生抗逆性蛋白以维持植物细胞较低的渗透势,从而避免受到盐分伤害的表现。但是随着胁迫时间延长,150、200 mmol/L 处理的可溶性蛋白质含量明显下降,原因是在胁迫条件下植物的蛋白质发生了降解和变性,胁迫对植物造成了伤害。

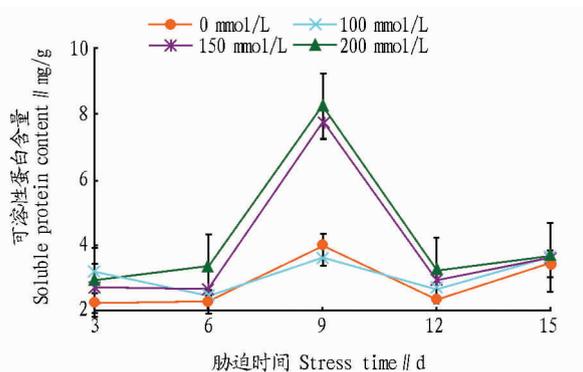


图3 盐胁迫下叶片可溶性蛋白含量变化

Fig. 3 The change of leaf soluble protein content under salt stress

2.4 盐胁迫对多花木蓝幼苗 SOD 活力的影响 由表 1 可知,盐胁迫处理下 4 个浓度的幼苗叶片 SOD 活力由大到小依次为 0、150、100、200 mmol/L,其中 100、150 mmol/L 处理的 SOD 活力与对照组无显著性差异,200 mmol/L 处理的 SOD 活力与 150、100 mmol/L 处理无显著性差异,200 mmol/L 处理 SOD 活力与对照组间呈显著性差异。

由图 4 可知,除对照组外,200、150、100 mmol/L NaCl 处理随着胁迫时间的推移,幼苗叶片 SOD 活力变化趋势基本都是先上升后下降,胁迫第 3~6 天上升,在第 6 天达到峰值(分别为 6.22、8.15、7.72 U/mL),相比起始水平(胁迫第 3 天)分别增加了 13.09%、12.41%、17.68% (表 2),胁迫第 6~9 天下降,第 9~12 天上升,第 12~15 天下降,但各个测量时间点的 SOD 活力无显著性差异。

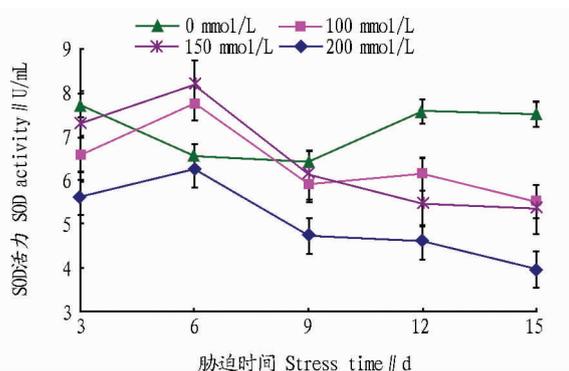


图4 盐胁迫下叶片 SOD 活力变化

Fig. 4 The change of leaf SOD activity under salt stress

在较低浓度的盐胁迫条件下,多花木蓝幼苗产生的活性氧含量增加,为维持代谢平衡,SOD 活力值上升,从而维护了细胞膜的稳定性,使植株表现出良好的抗盐性。当 SOD 活

力达到峰值后,随着盐胁迫处理时间的延长,植株体内的平衡体系再次被打破,体内代谢出现紊乱,导致 SOD 活力下降。由图 4 可知,200 mmol/L 处理的 SOD 活力明显低于 100、150 mmol/L 处理,150 mmol/L 处理的 SOD 活力下降趋势亦明显大于 100 mmol/L 处理的下降趋势(胁迫第 9~15 天)。3 个盐胁迫处理组的 SOD 活力均低于对照组;在胁迫第 6 天时,100、150 mmol/L 处理的值均比对照组高,且相比第 3 天的值均有明显上升,200 mmol/L 处理的值仍低于对照组,但相比于第 3 天有上升趋势,原因可能在于较高浓度的盐胁迫处理溶液对多花木蓝幼苗胁迫伤害较大,使 SOD 活力降至较低水平;胁迫第 9~15 天,3 个盐胁迫处理组的 SOD 活力均低于对照组,且 SOD 活力值随着盐胁迫处理溶液浓度的上升而降低,这与上文分析结果一致。综上分析,随着 NaCl 溶液浓度的上升以及盐胁迫处理时间的延长,多花木蓝幼苗叶片的 SOD 活力呈先上升后下降的趋势,且随着盐胁迫强度和时间的增加,下降值越大。

3 结论与讨论

通过设置不同浓度的 NaCl 溶液模拟不同的盐胁迫环境,初步研究了多花木蓝幼苗的耐盐性,结果表明从胁迫第 9 天开始,浓度大于 150 mmol/L 的 NaCl 溶液对所测生理指标的影响最大。植物的耐盐性属于一种非常复杂的特性,受到多个因素影响,耐盐机理比较复杂。除了植物自身耐盐性的差异,外界环境因素,如干旱、强光照、高温也会加剧盐胁迫对植物的影响,且人类活动,如栽培措施、灌溉方式也能影响植物耐盐性^[6]。

该试验选用草炭、椰糠、珍珠岩的混合基质作为栽培基质,存在难以控制土壤含盐浓度的问题,但除胁迫时间及浓度因素外,该研究保持了误差一致性的控制原则,且土壤基质栽培比营养液栽培更接近实际应用,因此该试验结果能为多花木蓝的耐盐性研究与实际应用提供一定的参考价值。

参考文献

- [1] 李平,杨特武. 一种新的饲料资源——多花木蓝[J]. 湖北农业科学, 1990(11):34-35.
- [2] 李维俊,李昌桂,洪齐. 多花木蓝驯化栽培及应用研究[C]//洪维曾,任继周. 草业与西部大开发:草业与西部大开发学术研讨会暨中国草原学会 2000 年学术年会论文集. 北京:中国农业出版社,2000:89-95.
- [3] 吴新江,徐弘. 鄂西多花木蓝的性状特征及其栽培应用技术[J]. 四川草原,2005(5):58.
- [4] 李志丹,干友民,泽柏,等. 牧草改良盐渍土壤理化性质研究进展[J]. 草业科学,2004,21(6):17-21.
- [5] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006:3-299.
- [6] 李晓燕,宋占午,董志贤. 植物的盐胁迫生理[J]. 西北师范大学学报(自然科学版),2004,40(3):106-111.
- [7] 崔雪梅. NaCl 对草坪型高羊茅和多年生黑麦草发芽的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2009.
- [8] 王文恩,孟盛旺,张莎,等. 水引发和非生物胁迫对多花木蓝种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学,2016,44(5):180-184.
- [9] 张建锋,宋玉民,邢尚军,等. 盐碱地改良利用与造林技术[J]. 东北林业大学学报,2002,30(6):124-129.
- [10] 盖如玉. 大豆种质资源的耐盐性鉴定和多样性分析[D]. 北京:中国农业科学院,2007.
- [11] GORHAM J, JONES R G W, MCDONNELL E. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants[J]. Plant and soil, 1985, 89(1):15-40.