

# NaCl 胁迫对绣球生理指标的影响

汪霖

(江西财经大学 艺术学院 景观设计系, 江西 南昌 330039)

**摘要:**以绣球为试材,采用水培法研究了 0(CK)、0.01、0.05、0.1、0.5 g/L NaCl 胁迫浓度下绣球叶绿素含量、类胡萝卜素含量、MDA 含量、POD 活性、SOD 活性和 CAT 活性等指标的变化情况。结果表明:随着 NaCl 浓度的增加,叶绿素含量和类胡萝卜素含量均有所下降,MDA 含量有升高的趋势;在(0.01~0.05 g/L)低浓度 NaCl 处理下,保护酶 POD 活性低于 CK,在(0.10~0.50 g/L)高浓度 NaCl 处理下,POD 活性高于 CK。SOD 酶活性显著提高。随着 NaCl 浓度的增强,在(0.10~0.50 g/L)处理下 CAT 活性高于 CK 且显著增加。绣球具有一定的抗 NaCl 胁迫的能力与喜盐能力。

**关键词:**绣球;NaCl 胁迫;生理指标

**中图分类号:**S 682.2<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)24-0080-04

工矿企业的迅猛发展导致了环境污染加剧,同时,由于灌溉方法和施肥方法不当等人为因素使土壤盐渍化日趋严重。而土壤盐渍化是植物生长受抑的主要原因之一<sup>[1-3]</sup>。随着世界人口的增多,开发和利用盐渍土地已经迫在眉睫,土壤盐渍化是威胁人类赖以生存的有限土地资源的重要因素之一,它不同程度地影响了植物的正常生长。我国约有盐碱地 0.27 亿 hm<sup>2</sup>,其中耕地面积仅占 0.06 亿 hm<sup>2</sup>,造成了产量、经济和生态效益的巨大损失。我国盐渍地面积约 0.333 亿 hm<sup>2</sup>。受污染的粮食多达 1 200 万 t,合计经济损失至少 200 亿元<sup>[4-6]</sup>。改良盐碱地,不仅可以提高土地利用效率,还可美化环境,现在已受到专家广泛关注。

现针对盐胁迫下对绣球生长及抗性生理的影响进行研究,旨在探究盐胁迫下绣球生长及抗性生理机制,为绣球的抗盐性及其园林应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试材为当年播种的绣球(*Hydrangea macrophylla*)实生苗。

### 1.2 试验方法

绣球幼苗 10 cm 高时,选择生长势一致的幼苗用霍格兰营养液预培养 1 周,然后培养液中加入 NaCl,浓度为:0(CK)、0.01、0.05、0.1 和 0.5 g/L,共 5 个处理,3 次重复,每 4 d 换培养液 1 次,NaCl 处理 2 周后测定各项生理生化指标。

### 1.3 项目测定

叶绿素含量的测定采用丙酮提取法;丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法;过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法;超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用 NBT 光化还原法;过氧化氢酶(CAT)活性测定采用高锰酸钾标准溶液标定法。

采用 Excel 和 Spss 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl 胁迫对绣球叶绿素含量与类胡萝卜素含量的影响

由表 1 可知,随着 NaCl 处理浓度的升高,叶绿素含量均有所下降。0.01 g/L NaCl 处理下,叶绿素含量为 3.251 mg/g FW,是对照的 90.69%,0.05、0.1 g/L NaCl 处理下分别是对照的 77.84%、66.98%,在 0.5 g/L NaCl 处理下叶绿素含量最小,为对照的 60.02%。

类胡萝卜素含量也随着 NaCl 浓度的升高而降低,在 0.01、0.05、0.1、0.5 g/L NaCl 处理下,分别为对照的 75.33%、50.04%、33.85%、32.34%。经方差分析及多重比较表明,各处理的差异达到显著水平。

盐胁迫下,植物细胞色素系统遭到破坏,导致叶绿素含量降低<sup>[7]</sup>。使叶绿素分解,从而影响叶绿体的发育和光合作用中光能的吸收和转换。叶绿素和植物的光合作用密切相关,其含量在一定程度上体现了植物光合能力的大小<sup>[8-10]</sup>。

### 2.2 NaCl 胁迫对植株 MDA 含量与 POD 活性的影响

由图 1 可知,随着 NaCl 处理浓度的增加,叶片中 MDA 含量也呈增加的趋势。在 0.01、0.05、0.5 g/L NaCl 处理下分别是对照的 278.14%、331.14%、586.01%。经方差分析表明,各处理的差异达到显著水平。

作者简介:汪霖(1981-),男,硕士,讲师,现主要从事园林植物逆境生理与景观艺术设计应用研究工作。E-mail: wllanadsl@sina.com。

收稿日期:2011-09-01

表 1 NaCl 胁迫对绣球叶绿素含量的影响

Table 1 Effects of NaCl stress on the chlorophyll content of <i>Hydrangea macrophylla</i>				
处理 Treatment /g·L <sup>-1</sup>	叶绿素含量 Chlorophyll content/mg·g <sup>-1</sup> FW	与 CK 的比值 Ratio to CK/%	类胡萝卜素含量 Carotenoid content/mg·g <sup>-1</sup> FW	与 CK 的比值 Ratio to CK/%
0(CK)	3.585±0.061 a	100.00	0.346±0.055 a	100.00
0.01	3.251±0.197 b	90.69	0.260±0.060 b	75.33
0.05	2.754±0.270 c	77.84	0.173±0.011 c	50.04
0.10	2.401±0.155 d	66.98	0.117±0.010 d	33.85
0.50	2.151±0.060 e	60.02	0.112±0.014 e	32.34

注:表中的数据为平均值±标准差,n=3;不同小写字母表示它们之间有显著差异(P<0.05)。  
Note: The data in the table as mean±SD,n=3;different lowercase letters were significantly different between them(P<0.05).

MDA 是植物脂质过氧化的产物,其含量高低与植物受盐胁迫伤害程度的大小呈正相关,是检测植物膜伤害的一个重要的指标,其含量可以表示膜过氧化程度<sup>[11-14]</sup>。NaCl 胁迫后,绣球叶片中 MDA 含量随 NaCl 胁迫浓度的增加而逐渐增强。

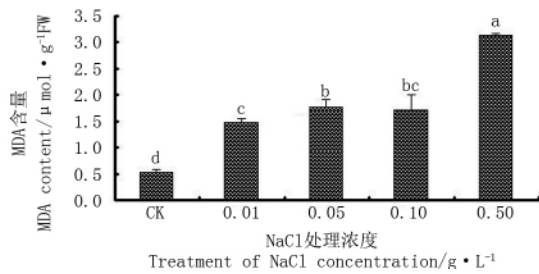


图 1 不同 NaCl 对绣球叶片 MDA 含量的影响  
Fig. 1 Effects of different NaCl treatment on MDA content of *Hydrangea*

由图 2 可知,NaCl 处理的 POD 活性变化呈现先下降后上升的趋势,0.01、0.05 g/L NaCl 处理均低于 CK,分别为 CK 的 38.53%和 72.48%。0.1、0.5 g/L NaCl 处理下 POD 活性显著高于对照,分别为 CK 的

188.53%、395.87%。经方差分析表明,各处理的差异达到显著水平。

过氧化物酶(POD)是一种含氧自由基清除剂,也是抗氧化防卫系统的酶之一,与植物的抗逆性有关,其含量高低在一定程度上反映了植物的抗性强弱<sup>[15-18]</sup>。POD 通过催化其它底物与过氧化氢反应以消耗过氧化氢<sup>[19-21]</sup>。能减轻细胞由于膜脂过氧化作用引起的伤害。

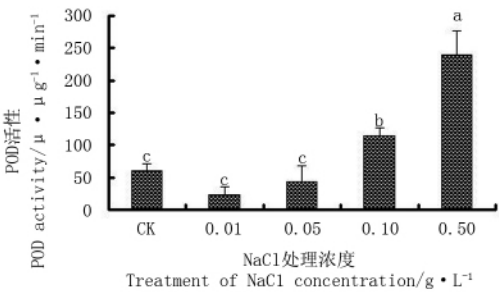


图 2 不同 NaCl 对绣球叶片 POD 活性的影响  
Fig. 2 Effects of different NaCl treatment on POD activities of *Hydrangea*

表 2 NaCl 胁迫对绣球 MDA 含量方差分析

Table 2 Variance analysis of MDA content of <i>Hydrangea macrophylla</i> on NaCl stress					
方差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 Sig.
相关模型 Corrected model	10.344(a)	4	2.586	118.365	0.000
交互 Intercept	44.724	1	44.724	2 047.002	0.000
处理 Treatment	10.344	4	2.586	118.365	0.000
误差 Error	0.218	10	0.022		
总计 Total	55.287	15			
修正总计 Corrected total	10.563	14			

注:R Squared=0.979(Adjusted R Squared=0.971)。

表 3 NaCl 胁迫对绣球 POD 活性方差分析

Table 3 Variance analysis of POD activities of <i>Hydrangea macrophylla</i> on NaCl stress					
方差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 Sig.
相关模型 Corrected model	90 713.824(a)	4	22 678.456	46.414	0.000
交互 Intercept	139 201.474	1	139 201.474	284.890	0.000
处理 Treatment	90 713.824	4	22 678.456	46.414	0.000
误差 Error	4 886.144	10	488.614		
总计 Total	234 801.443	15			
修正总计 Corrected total	95 599.969	14			

注:R Squared=0.949(Adjusted R Squared=0.928)。

### 2.3 NaCl 胁迫对保护酶 SOD 和 CAT 活性的影响

由图 3 可知, SOD 活性随 NaCl 处理浓度增加而升高。各处理均高于对照, 0.01、0.05、0.1、0.5 g/L NaCl 处理分别为对照的 125.53%、127.15%、139.98% 和 156.66%。经方差分析表明, 各处理的差异达到显著水平。SOD 活性的大小与植物体的抗性是密切相关的<sup>[22]</sup>。SOD 是植物在逆境胁迫下, 的保护酶类之一, 它可以及时清除自由基和含量氧, 提高植物组织的抗氧化能力。在盐胁迫下能增强或维持较高的水平, 才使得绣球在盐胁迫条件下能有效地清除自由基对膜系统的伤害, 保持一定的耐盐性<sup>[24]</sup>。

表 4 NaCl 胁迫对绣球 SOD 活性方差分析

Table 4 Variance analysis of SOD of *Hydrangea macrophylla* under NaCl stress

方差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 Sig.
相关模型 Corrected model	3 417.350(a)	4	854.338	7.643	0.004
交互 Intercept	165 756.159	1	165 756.159	1 482.808	0.000
处理 Treatment	3 417.350	4	854.338	7.643	0.004
误差 Error	1 117.853	10	111.785		
总计 Total	170 291.363	15			
修正总计 Corrected total	4 535.204	14			

注: Squared=0.754(Adjusted R Squared=0.655)。

由图 4 可知, 各处理的 CAT 活性分别为 CK 的 247.9%、360.8%、373.9% 和 269.6%, 均高于对照。经方差分析表明, 各处理的差异达到显著水平。绣球植株体内 CAT 活性对 NaCl 胁迫反应较敏感, CAT 主要存在于植物的过氧化物体或乙醛酸循环体中, 其主要功能是清除光呼吸或脂肪酸  $\beta$ -氧化过程中形成的  $H_2O_2$ , 活力的升高有助于清除细胞代谢所产生的  $H_2O_2$ 。绣球在盐胁迫后叶片中 CAT 含量增加, 并且随着盐处理时间的延长, 其差异逐渐增大, 在 NaCl 胁迫后, 对照的叶片中 CAT 含量就与各处理存在显著差异。

表 5 NaCl 胁迫对绣球 CAT 活性方差分析

Table 5 Variance analysis of CAT of *Hydrangea macrophylla* under NaCl stress

方差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 Sig.
相关模型 Corrected model	839.219(a)	4	209.805	19.182	0.000
交互 Intercept	3 318.984	1	3 318.984	303.450	0.000
处理 Treatment	839.219	4	209.805	19.182	0.000
误差 Error	109.375	10	10.938		
总计 Total	4 267.578	15			
修正总计 Corrected total	948.594	14			

注: R Squared=0.885(Adjusted R Squared=0.839)。

### 3 结论与讨论

试验结果表明, 随着盐浓度的增加, 绣球的叶绿素总含量下降。这主要是由于 NaCl 胁迫使叶片中的离子平衡及细胞结构遭到破坏, 产生毒性物质, 叶绿素含量和光酶含量下降<sup>[23]</sup>。MDA 是膜质过氧化作用的最终产物, 也是膜系统受伤害的重要标志之一<sup>[24]</sup>。盐处理后, 植株叶片中的 MDA 含量随着胁迫处理时间及

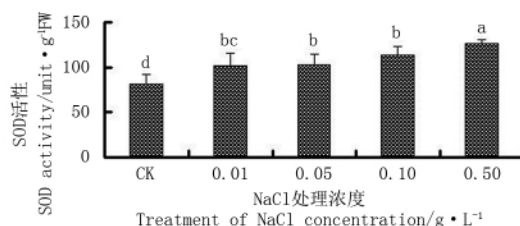


图 3 不同 NaCl 对绣球叶片 SOD 活性的影响

Fig. 3 Effects of different NaCl treatment on SOD activities of *Hydrangea*

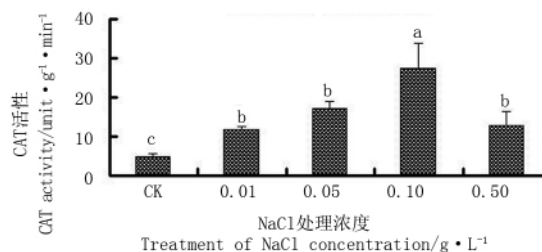


图 4 不同 NaCl 对绣球叶片 CAT 活性的影响

Fig. 4 Effects of different NaCl treatment on CAT activities of *Hydrangea*

胁迫浓度的增加而增加, 但是植物本身为了避免进一步伤害, 启动了自身的防御系统, 膜质过氧化在一定程度上得到抑制, 变化趋势, 明显说明其抗盐能力较强。对于 SOD 活性来说, SOD 的活性直接影响到光合作用, 从图中可以看出好的效果说明抗盐光合能力较强, 能为植株的生长发育提供较充足的能量<sup>[25]</sup>。POD 主要清除过氧化物自由基。而当植物处于逆境胁迫时,

抗氧化酶的含量受到影响,致使一些含量氧积累,能减轻细胞由于膜脂过氧化作用引起的伤害。CAT 能有效的清除植物叶片中的过氧化氢对细胞的氧化作用,因此,植物叶片中存在 CAT 是其保护自身免受羟自由基(OH·)毒害的关键。POD 也是通过清除  $H_2O_2$  保护植株免受伤害。通过对酶相对含量的比较可以看出,NaCl 胁迫下,绣球叶片中 POD、SOD 与 CAT 3 种活性含量均随盐浓度的升高而升高。从中发现三者均保持较高含量水平,在清除含量氧、防止膜脂过氧化方面起着主要作用,对盐胁迫能立即产生反应,保护膜结构。试验表明,绣球具有一定的抗 NaCl 潜力。该研究所用的绣球是绣球属植物,该属中还有许多栽培变种和品种,其抗盐性特点尚无研究,其在环境中的生态修复功能有待进一步研究探讨。

### 参考文献

- [1] 陈年来,马国军,张玉鑫,等. 甜瓜种子萌发和幼苗生长对 NaCl 胁迫的响应[J]. 中国沙漠,2006,26(5):814-819.
- [2] 万超文,邵桂花,陈一舞,等. 盐胁迫下大豆耐盐性与籽粒化学品质的关系[J]. 中国油料作物学报,2002,24(2):67-72.
- [3] Davenport S B, Gallego S M, Benavides M P, et al. Behaviour of antioxidant defense system in the adaptive response to salt stress in *Helianthus annuus* L. cells[J]. Plant Growth Regulation, 2003, 40(1): 81-88.
- [4] 任艳芳,何俊瑜. NaCl 胁迫对莴苣幼苗生长和光合性能的影响[J]. 华北农学报,2008,23(4):149-153.
- [5] Meng H G, Li Z, Liu Y J. Investigation on characteristics of greenhouse soils in Shengyang region[J]. Chin. J. Soil Sci., 2000, 31(2): 70-71.
- [6] 刘正鲁,朱月林,胡春梅,等. 氯化钠胁迫对嫁接茄子生长、抗氧化酶含量和活性的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(3):537-541.
- [7] 郭艳茹,詹亚光. 植物耐盐性生理生化指标的综合评价[J]. 黑龙江农业科学,2006(1):66-70.
- [8] Storey R, Waiker R R. Citrus and salinity[J]. Sci. Hort., 1999, 78: 39-81.
- [9] 戴伟民,蔡润,何欢乐,等. 盐胁迫对番茄幼苗生长发育的影响[J]. 上海农业学报,2001,18(1):58-62.
- [10] 张云起,刘世琦,杨凤娟,等. 耐盐西瓜砧木筛选及其耐盐机理的研究[J]. 西北农业学报,2003,12(4):105-108.
- [11] 史雨刚,吴治国,马金虎. 不同浓度 NaCl 胁迫对高粱幼苗 SOD、POD 酶含量的影响[J]. 山西农业科学,2007,12(3):1064-1068.
- [12] Fu J, Huang B. Involvement of antioxidants and lipidperoxidation in the adaption of two cool-season grasses to localized drought stress[J]. Environmental and Experimental Botany, 2001, 45:105-114.
- [13] 赵可夫,邹琦,李德全. 盐分和水胁迫对盐生和非盐生植物细胞膜脂过氧化作用的效应[J]. 植物学报,1993,35(7):519-525.
- [14] 李彦,张英鹏,孙明,等. 盐分胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展[J]. 中国农学通报,2008,24(1):258-265.
- [15] 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(自然科学版),2003,27(3):11-14.
- [16] 毛桂莲,张春梅,许兴. NaCl 胁迫对枸杞幼苗含量氧的产生和保护酶含量的影响[J]. 农业科学研究,2005,26(4):21-25.
- [17] Liang Y C, Chen Q, Liu Q, et al. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduce lipidperoxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160:1157-1164.
- [18] Bowler C, van Montagu M, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1992, 43:83-96.
- [19] 杨秀红,李建民,董学会,等. 盐胁迫对甘草幼苗生长及其生理指标的影响[J]. 华北农学报,2006,21(4):39-42.
- [20] Ahmed S, Nawata E, Hosokawa M. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities ofmungbeansubjected to waterlogging [J]. Plant Sci, 2002, 163:117-123.
- [21] 林植芳,李双顺,林桂珠. 过氧化物在衰老叶片和叶绿体中的积累与膜脂过氧化物的关系[J]. 植物生理学报,1988,14(1):12-16.
- [22] Nolte K D, Hanson A D, Gage D A. Proline accumulation and methylation to proline betaine in citrus: implications for genetic engineering of stress resistance [J]. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1997, 122:8-13.
- [23] 王宝增,赵可夫. 低浓度 NaCl 对玉米生长的效应[J]. 植物生理学通讯,2006,42(8):628-632.
- [24] Scandalios L G. Oxygen stress and superoxide dismutase [J]. Plant Physiology, 1993, 101:7-12.
- [25] 廖祥儒,朱新产. 含量氧代谢和植物抗盐性[J]. 生命的化学,1996, 16(6):19-23.

## Effect of NaCl Stress on Physiological Response of *Hydrangea*

WANG Lin

(Department of Landscape Architecture, College of Art, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, Jiangxi 330039)

**Abstract:** The effects of NaCl stress on the physiological of *Hydrangea* with the treatment of soilless culture were studied, in which the concentration of NaCl were 0 (CK), 0.01, 0.05, 0.1 and 0.5 g/L respectively. The content of chlorophyll, Carotenoid and Malondialdehyde (MDA) were tested, as well as the activities of POD, CAT and SOD were determined. The results indicated that both the chlorophyll and Carotenoid were reduced as NaCl concentration increased gradually. MDA content had the increased tendency gradually when NaCl concentration increased. The POD activities were lower than CK that was treated by NaCl concentration among 0.10 g/L and 0.50 g/L. Height concentration of NaCl treatment had stronger POD activities than CK. SOD activities notably increased that was treated by NaCl concentration among 0.10 g/L and 0.50 g/L. Height concentration of NaCl treatment had stronger CAT activities than CK. *Hydrangea* had a certain NaCl stress ability and *Halophila* ability.

**Key words:** *Hydrangea*; NaCl stress; physiological response