

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.06.017

王雪娟,周毅,吴燕,等. 盐胁迫对盆栽滁菊生理特性的影响[J]. 广西植物, 2014, 34(6):828—832

Wang XJ, Zhou Y, Wu Y, et al. Influence of salt stress on physiological characteristics of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju[J]. *Guihaia*, 2014, 34(6): 828—832

## 盐胁迫对盆栽滁菊生理特性的影响

王雪娟, 周毅, 吴燕, 连洪燕, 刘洁

(安徽科技学院 城建与环境学院, 安徽 凤阳 233100)

**摘要:** 以滁菊扦插苗为材料, 采用不同盐浓度进行盆栽实验, 研究了在不同 NaCl 浓度 (0、100、200、300、400、500 mmol · L<sup>-1</sup>) 下, 滁菊的形态及叶绿素含量、可溶性糖含量、脯氨酸含量、MDA 含量、叶片伤害率和根系活力等生理指标的变化情况。结果表明: 叶绿素含量、根系活力随盐胁迫强度的增强而下降; 可溶性糖和 MDA 含量随盐胁迫强度的增强呈先升后降趋势; 叶片伤害率、脯氨酸含量随盐胁迫强度的增强而增加。研究发现滁菊扦插苗能耐受较低浓度的盐胁迫, 当盐浓度较高时, 其生长受到较大抑制。

**关键词:** 滁菊; 盐胁迫; 生理指标

**中图分类号:** Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)06-0828-05

## Influence of salt stress on physiological characteristics of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

WANG Xue-Juan, ZHOU Yi, WU Yan, LIAN Hong-Yan, LIU Jie

(College of Urban Construction and Environment, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

**Abstract:** Cutted seedlings of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju were treated with different concentrations of NaCl (0, 100, 200, 300, 400, 500 mmol · L<sup>-1</sup>) to probe the effects of salt stress. Morphological characteristics, root activity and contents of stress related components (such as chlorophyll, soluble sugar, proline, and MDA) were measured. The results indicated that with the increase of salinity, the chlorophyll content and root activity decreased gradually, and the contents of soluble sugar and MDA decreased after an initial increase, while the relative electrolytic leakage and proline content increased continuously. The above results suggested that the cutting seedlings of *C. morifolium* cv. Chuju could tolerate lower concentration NaCl stress, but under higher concentration of NaCl, its growth would be inhibited obviously.

**Key words:** *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju; salt stress; physiological indexes

滁菊 (*Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju) 是安徽省四大著名药材之一, 名列全国四大药菊之首, 其耐寒冷, 稍耐旱, 对气候适应性强, 喜温暖环境 (刘利, 2004), 对土壤要求不严, 在肥沃, 排水良好的沙壤土中适宜栽种, 黏土地, 低洼地和盐碱地不宜栽培, 土壤湿度过大易烂根。鉴于滁菊具有较高的药用价值与观赏价值以及环境生态价值, 滁菊的市场

前景良好, 研究其栽培养护技术就显得尤为重要。

目前关于滁菊的研究主要集中在滁菊的药用保健成分分析方面 (王松等, 2010; 谢越等, 2013), 而有关逆境条件对滁菊生理特性影响方面的研究尚不多见。所以此次研究针对盐胁迫对滁菊生理特性的影响进行一些具体的分析, 为从生理生态学角度认识滁菊在盐生环境的适应机制提供科学依据。

收稿日期: 2013-10-11 修回日期: 2014-01-11

基金项目: 安徽科技学院自然科学重点项目 (ZRC2013368); 国家自然科学基金青年基金 (31101598); 国家星火计划项目 (2013GA710076)。

作者简介: 王雪娟 (1974-), 女, 江苏泗洪人, 硕士, 副教授, 主要从事园林植物应用研究, (E-mail) wxj005@126.com。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

滁菊(*Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju)由安徽菊泰滁菊草本科 技有限公司滁州市施集基地扦插苗繁育而成。

### 1.2 实验设计

实验于 2012 年 4 月 14 日在安徽科技学院西区种植园实验基地开始进行。4 月 15 日在穴盘中对滁菊进行扦插,5 月 16 日选择生根状况良好,性状基本一致的扦插苗进行盆栽移植,采用经过筛洗、晾晒处理的河沙作为栽培基质,进行盆栽实验,盆的规格为 12 cm×10 cm×10 cm,每盆盛河沙 0.6 kg,盆底部放置托盘,共 60 盆,随机排列。栽培期间每隔 7 d 用 1/2 Hoagland 100 mL 营养液进行 100 mL 浇灌,处理期间其他养护同常规管理。

共设 6 个 NaCl 胁迫处理,盐浓度分别为 CK:0 mmol·L<sup>-1</sup>、A:100 mmol·L<sup>-1</sup>、B:200 mmol·L<sup>-1</sup>、C:300 mmol·L<sup>-1</sup>、D:400 mmol·L<sup>-1</sup>、E:500 mmol·L<sup>-1</sup>。不同浓度的盐分别溶于 1/2 Hoagland 100 mL 营养液中。2012 年 6 月 24 日开始进行盐处理,每 3 d 处理 1 次,共 3 次,每次每盆定量浇灌 100 mL 溶

液,对照组(CK 组)浇灌 1/2 Hoagland 100 mL 营养液浇灌,加盐过程中尽量减少盐分的损失(秦丽凤等,2010)。盐胁迫期间,滁菊在自然状态下生长,采用常规方式管理。处理结束 3 d 后开始观测形态和生理指标。

### 1.3 测定方法

1.3.1 生理性状测定 用乙醇溶液分光光度法测量叶片的叶绿素(高俊凤,2006);蒽酮比色法测定可溶性糖(王学奎,2000);脯氨酸含量用酸性茚三酮比色法测定(王学奎,2000);用巴比妥酸法测定丙二醛含量(高俊凤,2006);TTC 法测定根系活力(王学奎,2000)。

1.3.2 数据统计分析 采用 Excel2003 和 SPSS11.5 软件进行数据分析和图表制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫对滁菊生长及叶绿素含量的影响

经过盐胁迫处理后,处理 CK、A 的滁菊均未出现叶片萎蔫现象,新叶呈现黄绿色,植株生长良好;处理 B 和 C 的滁菊老叶出现轻微萎蔫,而新叶颜色为暗绿色,植株较为矮小;处理 D 和 E 的叶片则出现明显的萎蔫,植株低矮(图 1)。



图 1 盐胁迫浓度对滁菊生长的影响

Fig. 1 Effects of salt stress on growth of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

当 NaCl 浓度为 100 和 200 mmol·L<sup>-1</sup>时,叶绿素含量与对照相比略有增加,增幅分别为 6.78%和 4.89%;当 NaCl 浓度为 300、400 和 500 mmol·L<sup>-1</sup>

时,叶绿素含量与对照相比逐渐降低,降幅依次为 14.40%、27.70%、38.70%。叶片叶绿素含量与盐胁迫浓度之间呈极显著的负相关关系( $n=4, r_{0.01} =$

0.811)(图2),进一步证实较强的盐胁迫会降低滁菊叶片叶绿素含量,胁迫越强降幅越大。

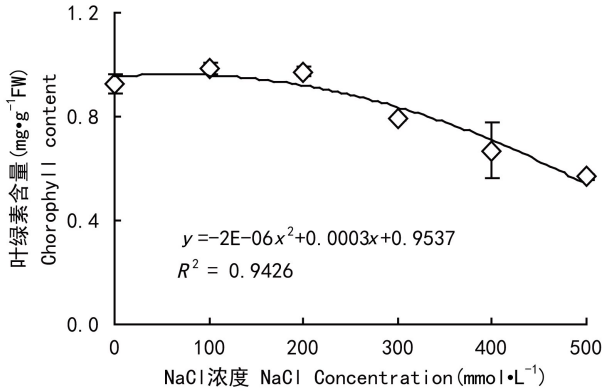


图2 盐胁迫浓度对滁菊叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effects of salt stress on chlorophyll content of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

## 2.2 盐胁迫对滁菊叶片可溶性糖含量的影响

与对照相比,各处理的滁菊叶片的可溶性糖含量均高于对照,增加量依次为 53.75%、81.09%、110.00%、56.09%、31.88%。盐浓度低于 300 mmol·L<sup>-1</sup>前,胁迫越强可溶性糖含量越大,盐浓度高于 300 mmol·L<sup>-1</sup>后,可溶性糖含量降低,叶片可溶性糖含量与盐胁迫浓度之间呈极显著的二次函数关系( $n=4, r_{0.01}=0.811$ )(图3)。

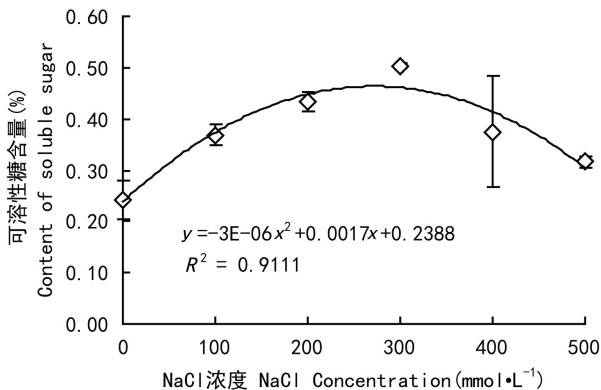


图3 盐胁迫浓度对滁菊叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Effects of salt stress on soluble sugar content of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

## 2.3 盐胁迫对滁菊叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸具有避免细胞质脱水,稳定细胞蛋白质结构,防止酶变性失活和保持氮含量等作用,是重要的有机渗透调节物质。

各处理滁菊叶片的脯氨酸含量均高于对照,增

加量依次为 54.19%、235.80%、301.42%、335.81%、322.51%。盐浓度低于 400 mmol·L<sup>-1</sup>时,胁迫越强,脯氨酸含量越高,当盐浓度超过 400 mmol·L<sup>-1</sup>,脯氨酸的含量开始降低,叶片脯氨酸的含量与盐胁迫浓度之间呈极显著的二次函数关系( $n=4, r_{0.01}=0.811$ )(图4)。

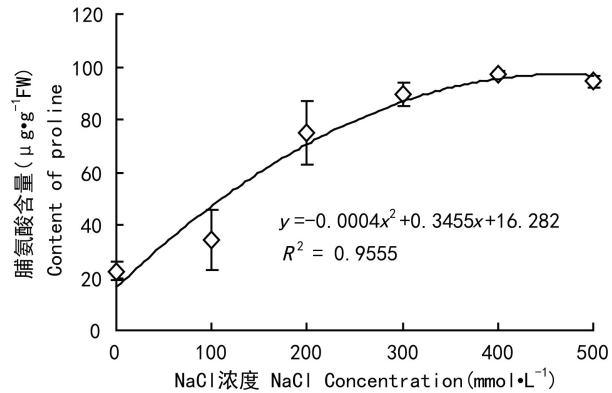


图4 盐胁迫浓度对滁菊叶片脯氨酸含量的变化

Fig. 4 Effects of salt stress on leaves proline content of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

## 2.4 盐胁迫对滁菊叶片丙二醛含量的影响

在逆境条件下(高温、盐碱以及强光等),植物会产生膜脂过氧化,过氧化产物之一的丙二醛(MDA)可以与膜上的蛋白质、酶等结合,引起蛋白质分子内和分子间的交联,使之失活,破坏生物膜的结构和功能,从而使生物表现出伤害状态(张亚冰等,2006)。丙二醛含量越高,说明植物细胞膜脂过氧化程度越高,细胞膜受到的伤害越严重。

各处理滁菊叶片的MDA含量均高于对照,增加量依次为 96.18%、199.98%、232.70%、138.39%、129.17%。当盐浓度低于 300 mmol·L<sup>-1</sup>之前,MDA含量随着盐胁迫增强而增加,当盐浓度高于 300 mmol·L<sup>-1</sup>后,MDA含量出现降低,叶片MDA含量与盐胁迫浓度之间呈极显著的二次函数关系( $n=4, r_{0.01}=0.811$ )(图5)。

## 2.5 盐胁迫对滁菊叶片伤害率的影响

植物在受到逆境或者其它损伤的情况下,植物的细胞膜容易破裂,导致细胞质的胞液外渗。故而,叶片是反映植物膜系统状况的一个重要生理生化指标。

随盐胁迫强度增加,滁菊叶片的伤害率总体呈现先下降上升趋势,当盐浓度低于 200 mmol·L<sup>-1</sup>前,伤害率低于对照,降幅依次为 28.15%、10.07%、

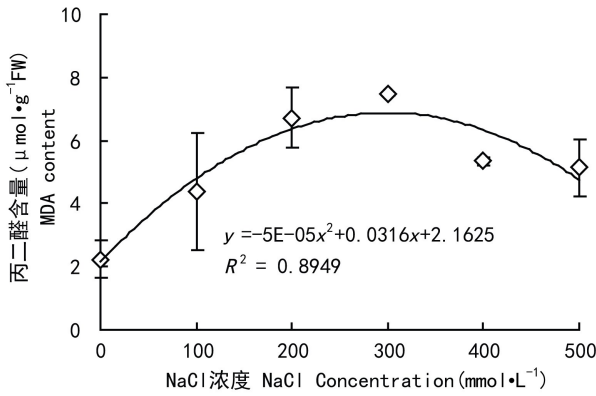


图 5 盐胁迫浓度对滁菊叶片丙二醛含量的影响  
Fig. 5 Effects of salt stress on MDA content of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

当盐浓度高于 200 mmol/L 后,伤害率高于对照,增幅依次为 116.50%、144.62%、156.09%。叶片伤害率与盐胁迫浓度之间呈极显著的二次函数关系( $n=4, r_{0.01}=0.811$ )(图 6),由此说明,当盐胁迫较强时,随着盐浓度的增加,滁菊叶片的细胞膜受害程度加重,电解质渗透量增多。

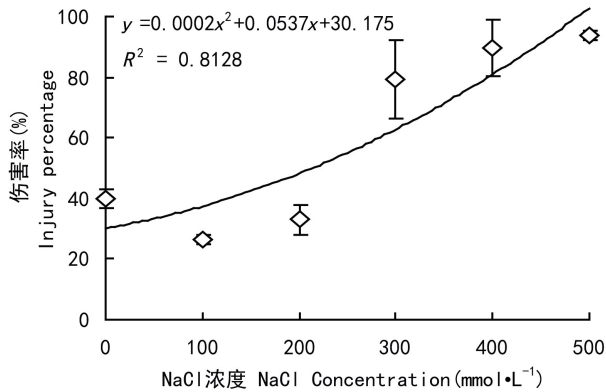


图 6 盐胁迫浓度对滁菊叶片伤害率的影响  
Fig. 6 Effects of salt stress on leaves injury percentage of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

## 2.6 盐胁迫对滁菊根系活力的影响

根是直接接触含高浓度盐分的土壤溶液的器官。因此,可能也是植株受盐胁迫伤害最严重的部位。此外,植物的根与地上部分的生长具有相关性。因此,根的生长情况和活力水平直接影响地上部的生长(陈炳东等,2008)。

随着盐胁迫浓度的增加,滁菊的根系活力总体呈现明显的下降趋势,与对照相比,降幅依次为 18.39%、40.12%、38.67%、62.17%、78.27%(图 7),进一步的分析表明,根系活力与盐胁迫浓度之间呈

极显著的负相关关系。

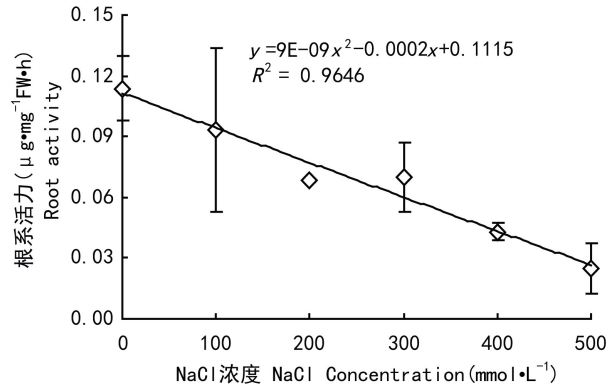


图 7 盐胁迫浓度对滁菊根系活力的影响  
Fig. 7 Effects of salt stress on root activity of *Chrysanthemum morifolium* cv. Chuju

## 3 讨论

抗盐性是植物对于盐胁迫的适应性反应。叶绿体是绿色植物细胞内进行光合作用的结构。许多研究表明(翁锦周等,2007;杨帆等,2008),在盐渍条件下,受盐分影响最敏感的是叶绿体。正常条件下,叶绿素与叶绿体蛋白紧密结合,高浓度盐胁迫下它们之间的结合变得松弛,叶绿素遭到破坏,在高浓度盐胁迫下叶片中的叶绿素含量降低。当盐浓度较低时,叶绿素含量略高于对照,这与王宝增等(2009)的研究结果相似,说明在低浓度盐胁迫下,叶绿素含量的提高能够保证植物对光能的充分利用,这种生理反应是滁菊耐盐能力的表现,随着盐胁迫增强,滁菊的叶绿素含量呈总体下降趋势,说明滁菊受到较强盐胁迫的影响,细胞色素系统遭到破坏,使叶绿素合成受阻,降解加速,从而影响光合作用中光能的利用和转换,进而削弱了植物的光合能力。本研究表明,根系活力随盐胁迫增加,总体呈下降趋势,但当滁菊处于低浓度盐胁迫时,滁菊的根系活力下降幅度较小,而当滁菊处于高浓度盐胁迫时,其根系活力下降幅度明显增加。说明根系与盐分直接接触,其受胁迫影响较大,但滁菊在较低浓度盐分胁迫下,根系仍具有一定的吸收与运输矿质营养与水分的能力,而高盐的胁迫处理会造成根系受损强度增加,根系活力明显下降,从而会影响到地上部分的生长发育,进而可能会抑制滁菊的整体生长发育,这可能是滁菊叶片表现明显受害症状的根本原因之一。

植物为了适应逆境条件,如干旱,低温,会主动积累一些可溶性糖,降低渗透势和冰点,以适应外界环境的变化(王学奎,2006)。可溶性糖是植物遭受逆境时主要的渗透调节物质,它对细胞膜和原生质胶体有稳定作用,而且还可以作为合成其它有机溶质的碳架和能量来源。在细胞内有机离子浓度过高时起保护酶类的作用。逆境胁迫下,植物积累的可溶性糖越多,其抗逆性越强(王玉祥等,2009)。

可溶性糖和游离脯氨酸是植物体内重要的有机渗透调节物质,MDA 是膜质过氧化水平的标志(邹丽娜等,2011),叶片伤害率是以质膜相对透性来反映植物的质膜系统状况。研究表明当盐浓度较低时,滁菊叶片的可溶性糖含量和脯氨酸含量呈上升趋势,说明这个阶段在根系活力下降的情况下,滁菊不断的积累可溶性糖和脯氨酸,增强渗透调节能力,防止脱水,使叶片伤害率保持在较低水平,植株生长良好,但不能有效减缓叶片膜脂过氧化进程,脂质过氧化产物 MDA 含量呈上升趋势,并达到峰值;当盐浓度较高时,可溶性糖含量和脯氨酸含量出现下降,而脯氨酸含量下降出现的略迟,说明当盐浓度较低时,滁菊可能通过同时增加可溶性糖和脯氨酸含量以提高其渗透调节能力,是植物抵抗渗透胁迫的有效方式,而随盐浓度增加,主要以增加脯氨酸含量来提高其渗透调节能力,但随着盐胁迫进一步加强,两者均已无法有效的进行渗透调节,随着盐浓度的增加,对滁菊叶片细胞膜造成了较大的伤害,叶片伤害率急剧增加,严重地抑制植株生长,而 MDA 含量出现先增加后下降的趋势,这与于爽等(2010)的研究结果吻合,从而从另一角度证明  $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 浓度是盆栽滁菊的耐受极限。

本研究主要通过不同浓度盐胁迫对于滁菊相关生理指标的变化来探讨滁菊的抗盐性。在一定程度上了解滁菊抗盐性的强弱,为研究滁菊在如今盐碱化日益严重的土壤中适应生长提供了理论依据,为建立地被植物抗盐性评价体系提供了借鉴。

## 参考文献:

Chen BD(陈炳东),Huang GB(黄高宝),Chen YL(陈玉梁),*et al.* 2008. Effects of salt stress on root activity and seedling growth of oil-sunflower(盐胁迫对油葵根系活力和幼苗生长的影响)[J]. *Chin J Oil Crop Sci*(中国油料作物报),**30**(3):327-330

Gao JF(高俊凤). 2006. Experimental Guidance of Plant Physiology(植物生理学实验指导)[M]. Beijing(北京): Chinese Agriculture Press(中国农业出版社),144-148;210-211

Liu HC(刘会超),Jia WQ(贾文庆). 2008. Study on some physiological characteristics of *Trifolium repens* leaves under salt stress(盐胁迫对白三叶幼苗叶片叶绿素含量和细胞膜透性的影响)[J]. *Guangdong Agric Sci*(广东农业科学),**12**:58-60

Liu L(刘利). 2004. Cultivation techniques and management of *Chrysanthemum morifolium*(滁菊的栽培技术与管理)[J]. *Anhui Med Pharm*(安徽医药),**8**(6):473-474

Qin LF(秦丽凤),Shi GY(石贵玉),Li JM(李佳枚). 2010. Effects of salt stress on some physiological characteristics of *Spartina anglica* seedling(盐胁迫对大米草幼苗某些生理指标的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物),**3**:265-268

Wang BZ(王宝增),Liu YJ(刘玉杰). 2009. Physiological effects of low concentration of NaCl on nonhalophyte *Triticum aestivum*(低浓度 NaCl 对非盐生植物小麦的生理效应)[J]. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报),**32**(2):15-19

Wang S(王松),Bao FY(鲍方印),Zheng YH(郑玉华),*et al.* 2010. Extraction optimization of total flavonoids from the flowers of *Dendranthema morifolium* cv. Chuju(滁菊中黄酮类化合物提取条件的优化)[J]. *Food Sci*(食品科学),**12**:80-82

Wang XK(王学奎). 2000. Principle and Technology of Plant Physiology and Biochemistry(植物生理生化实验原理和技术)[M]. Beijing(北京): Higher Education Press(高等教育出版社),202-204;278-279;118-119

Wang XY(王喜艳),Zhang HM(张恒明),Zhang YL(张玉龙),*et al.* 2009. Effect of silicon on leaf antioxidase activity and malondialdehyde content of cucumber under salt stress(盐胁迫下硅对黄瓜叶片抗氧化酶活性和膜脂过氧化物的影响)[J]. *Ecol & Environ Sci*(生态环境学报),**18**(4):1455-1459

Wang YX(王玉祥),Wang T(王涛),Zhang B(张博). 2009. Effects of salt stress on enzyme activity and soluble sugar content of transgenic alfalfa(盐胁迫下转基因紫花苜蓿同工酶活性和可溶性糖含量的变化)[J]. *J Xinjiang Agric Univ*(新疆农业大学学报),**32**(3):22-25

Xie Y(谢越),Yu H(俞浩),Wang JF(汪建飞),*et al.* 2013. Simultaneous determination of nine phenolic acids in *Dendranthema morifolium* cv. Chuju samples by high performance liquid chromatography(高效液相色谱法同时测定滁菊样品中的 9 种酚酸)[J]. *Analyt Chem*(分析化学),**3**:383-388

Yang F(杨帆),DF(丁菲),Du TZ(杜天真),*et al.* 2008. Effects of salinity stress on characteristics of seedling physiology in *Broussonetia papyrifera*(土壤盐胁迫对构树幼苗生理特性的影响)[J]. *J Jiangxi Agric Univ*(江西农业大学学报),**30**(4):684-688

Yu S(于爽),Ren YL(任玉兰),Wang JJ(王晶晶),*et al.* 2010. Effect of NaCl on the physiological characteristics of balsam pear seedling(NaCl 对苦瓜子幼苗生理特性的影响)[J]. *J Northeast Agric Univ*(东北农业大学学报),**41**(3):43-47

Zhang YB(张亚冰),Liu CH(刘崇怀),Pan X(潘兴),*et al.* 2006. Changes of MDA and proline contents in grape rootstocks under NaCl stress(盐胁迫下不同耐盐性葡萄砧木丙二醛和脯氨酸含量的变化)[J]. *J Jiangxi Agric Sci*(河南农业科学),**4**:84-86

Zou LN(邹丽娜),Zhou ZY(周志宇),Yan SY(颜淑云),*et al.* 2011. Effect of salt stress on physiological and biochemical characteristics of *Amorpha fruticosa* seedlings(盐分胁迫对紫穗槐幼苗生理生化特性的影响)[J]. *Acta Pratac Sin*(草业学报),**3**:84-90