

李 强,何彦青,井伟业,等. 三色堇对土壤锰胁迫的生理响应[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):145-147.

# 三色堇对土壤锰胁迫的生理响应

李 强,何彦青,井伟业,李俊良,李 胜

(东北林业大学园林学院,黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要:**为研究城市土壤中锰(Mn)胁迫对城市园林花卉植物的影响,采用盆栽试验的方法,研究了土壤 Mn 胁迫对三色堇叶片生理特性的影响。结果表明:与对照相比,Mn 胁迫处理使三色堇叶片的叶绿素含量降低,质膜透性增大,丙二醛(MDA)含量上升;在土壤 Mn 浓度低于 0.6% 时三色堇可以适应胁迫,而高浓度 Mn 胁迫(浓度高于 0.6%)则会干扰其正常的生理代谢活动。

**关键词:** 锰胁迫;三色堇;生理响应;SOD

**中图分类号:** S681.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0145-03

土壤是人类维系自身生存的重要自然资源之一,也是构成地球生态系统的重要组成部分。随着城市和工业污染的加剧,以及各种农用化学药剂的大量使用,使土壤重金属污染日益严重。目前土壤重金属污染已成为全球范围内最重要的生态与环境问题之一<sup>[1]</sup>。锰(Mn)是一种生物毒性较大的重金属元素,城市是受 Mn 污染的主要区域,Mn 会随着工业废物、废水、生活垃圾等进入城市土壤中,Mn 在土壤中移动性小,不易被雨水淋溶,不为微生物降解<sup>[2]</sup>。土壤中的 Mn 会通过植物根系进入植物体内,并在植物体内累积,当植物体内的

Mn 达到一定浓度时,就会对植物产生毒害作用,破坏和干扰植物的正常生理代谢过程<sup>[3]</sup>。为了解土壤重金属污染对植物生长发育的影响,国内外学者在这一领域进行了大量研究<sup>[4-6]</sup>。目前关于土壤重金属污染的研究主要集中在矿区周边土壤,研究对象以林木和农业经济作物为主,有关土壤 Mn 污染对城市园林植物影响的研究相对较少,研究内容主要集中于乔木树种,对园林花卉的相关研究报道则更为匮乏,无法满足城市园林绿化的需要。

园林花卉种类繁多,用途广泛,在城市园林绿化中园林花卉植物是绿化、美化、彩化、香化的重要材料,是城市园林植物群落的重要组成部分,在城市园林生态系统中起着重要作用,对美化和改善城市环境、丰富园林景观以及保护城市绿地生物多样性等方面具有重要意义<sup>[7]</sup>。三色堇(*Viola tricolor*)为堇菜科、堇菜属植物,多年生草本,作 1~2 年生栽培,是北方

收稿日期:2012-10-26

基金项目:东北林业大学大学生创新训练项目(编号:201210225015)。

作者简介:李 强(1979—),男,四川丰都人,硕士,讲师,研究方向为园林植物栽培养护。E-mail:liqiang210041@163.com。

茎茶叶片的光响应曲线和不同遮阳处理对其净光合速率的影响还有待进一步研究。

相关分析结果表明,各生理生态因子中 PAR、RH、 $G_n$ 、 $T_a$ 和  $C_i$  对越南抱茎茶叶片的  $P_n$  影响较大。其中,影响越南抱茎茶叶片  $P_n$  的环境因子为 PAR 和 RH, $P_n$  与 PAR 呈极显著正相关( $P < 0.01$ ), $P_n$  与 RH 呈显著正相关( $P < 0.05$ ),因此,在日常栽培管理中,通过适当洒水、喷雾、遮阳等处理将有利于越南抱茎茶叶片净光合速率提高,促进植株茁壮生长。

## 参考文献:

- [1] 罗燕英. 越南抱茎茶在园林绿化中的应用[J]. 广西热带农业, 2009(6):77-78.
- [2] 熊忠臣,骆文华,王满莲,等. 金花茶与其伴生植物光合特性的比较研究[J]. 广西农业科学,2012,19(2):201-204.
- [3] 唐 茜,叶善蓉,单虹丽,等. 引进茶树品种光合特性的比较研究[J]. 四川农业大学学报,2006,24(3):303-308.
- [4] 文习成,姜卫兵,韩 键,等. 金叶女贞不同叶位叶片光合特性研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(11):168-172.
- [5] 程 鹏,马永春,肖正东,等. 不同林分内茶树光合特性及其影响因子和小气候因子分析[J]. 植物资源与环境学报,2012,21(2):79-83.

- [6] 韦 霄,王满莲,蒋运生,等. 显脉金花茶的光合生理特性研究[J]. 植物研究,2007,27(4):434-438.
- [7] 杨颖婕,常 玮,胡 虹. 云南山茶三个园艺品种光合生理特性的研究[J]. 北方园艺,2011(21):65-69.
- [8] 娄 娜,汪 婷,郭雅丹. 川西茶区 3 个主栽茶品种光合特性的研究[J]. 西南农业学报,2012,25(3):870-874.
- [9] 赵 康,肖正东,余诚祺,等. 栽培模式对茶树叶片光合生理及茶叶品质的影响[J]. 安徽农业大学学报,2012,39(6):1-6.
- [10] 赵鸿杰,乔龙巴图,殷爱华,等. 13 种山茶属植物花粉活力测定方法的比较[J]. 中南林业科技大学学报,2010,30(3):105-107.
- [11] 汪梅蓉. 四季茶花新品种引种及生产关键技术[D]. 临安:浙江农林大学,2011.
- [12] 苏培玺,张立新,杜明武,等. 胡杨不同叶形光合特性、水分利用效率及其对加富 CO<sub>2</sub> 的响应[J]. 植物生态学报,2003,27(1):34-40.
- [13] 宋 娜,郭世伟,沈其荣. 不同氮素形态及水分胁迫对水稻苗期水分吸收、光合作用及生长的影响[J]. 植物学通报,2007,24(4):477-483.
- [14] 阎秀峰,孙国荣,李敬兰,等. 羊草和星星草光合蒸腾日变化的比较研究[J]. 植物研究,1994,14(3):287-291.
- [15] 张 颖,呼天明. 普那菊苣夏季光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 西北农业学报,2007,16(5):184-187.

园林绿化常用的花卉植物,但有关城市土壤 Mn 污染胁迫对三色堇生理的影响尚未见报道。本研究以盆栽三色堇为材料,研究土壤 Mn 胁迫下三色堇的生理响应与适应,以为城市园林绿化中花卉植物的选择提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试土壤为黑色泥炭土,购自黑龙江省哈尔滨市花卉大市场,经自然风干,研磨,过 2 mm 筛,按照 1:1:1 比例将泥炭土、蛭石、珍珠岩混合均匀制成培养基质,按照每盆 3 kg 的标准装入带托盘的花盆中备用。培养基质的 pH 值为 8.1,土壤有机质含量为 124 g/kg,全 N 含量为 4.5 g/kg,全 P 含量为 13.1 g/kg,全 K 含量为 27.3 g/kg,总 Mn 含量为 22.28 mg/kg。

供试三色堇种子由哈尔滨市和平园林绿化有限公司提供。

### 1.2 盆栽试验

盆栽试验于 2011 年 3 月在东北林业大学园林学院进行。6 月 5 日将温室中预先培育的生长状况良好、发育基本一致的三色堇幼苗洗净根部,按照每盆 5 苗的标准栽入花盆,并进行日常养护。6 月 20 日开始进行 Mn 胁迫试验。施用  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,配成 Mn 含量(以  $\text{Mn}^{2+}$  计)分别为 0.1% (T1 处理)、0.2% (T2 处理)、0.4% (T3 处理)、0.6% (T4 处理)、0.8% (T5 处理)的 5 个处理,以不加 Mn 作为对照(CK),每个处理重复 3 次。分别在胁迫处理 7、15、30、60 d 后采集植物叶片,测定叶片各项生理指标。

### 1.3 生理指标与测定方法

叶绿素(Chl)含量采用便携式叶绿素计 SPAD-520 测定<sup>[8]</sup>;质膜相对透性采用电导法<sup>[8]</sup>测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)紫外分光光度法<sup>[9]</sup>测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法<sup>[9]</sup>测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 锰胁迫对三色堇叶绿素含量的影响

如图 1 所示,三色堇叶片的叶绿素含量随着土壤 Mn 胁迫浓度的增大而降低。在各 Mn 胁迫处理中,除 T5 处理在 7、15 d 的三色堇叶片叶绿素含量与 30、60 d 有显著差异( $P < 0.05$ )外;其他各处理在同时期以及同一处理在不同时期的叶绿素含量差异不显著( $P > 0.05$ )。

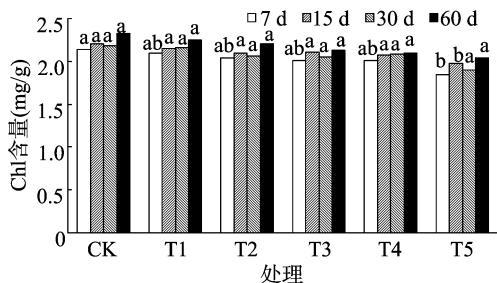


图1 锰胁迫对三色堇叶片叶绿素含量的影响

### 2.2 锰胁迫对三色堇叶片质膜相对透性的影响

如图 2 所示,随着 Mn 胁迫浓度增大和胁迫时间延长,三

色堇叶片的膜透性增加,胁迫处理 60 d 时的叶片质膜相对透性比胁迫处理 7 d 时质膜相对透性增加了 91.37%。与对照相比,T4、T5 处理在 7、15、30 d 的叶片质膜相对透性与其他处理相同时期的叶片质膜相对透性差异显著( $P < 0.05$ ),T5 处理与其他处理在 60 d 时的质膜相对透性差异显著( $P < 0.05$ )。

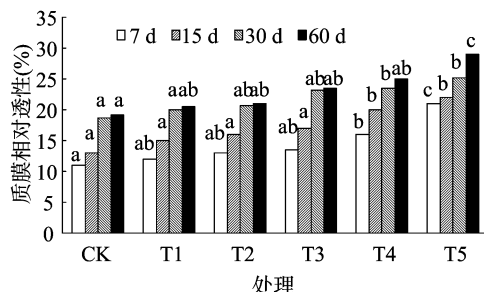


图2 锰胁迫对三色堇叶片相对电导率的影响

### 2.3 锰胁迫对三色堇叶片 MDA 含量的影响

由图 3 可见,三色堇叶片 MDA 含量随着 Mn 胁迫浓度的增大和胁迫时间延长而逐渐增加。与对照相比,T1 处理对三色堇叶片 MDA 含量的影响不显著( $P > 0.05$ ),T4、T5 处理在 30 d 时的叶片 MDA 含量与对照差异显著( $P < 0.05$ ),T2、T3、T4、T5 处理在 60 d 时的叶片 MDA 含量与对照差异显著( $P < 0.05$ )。

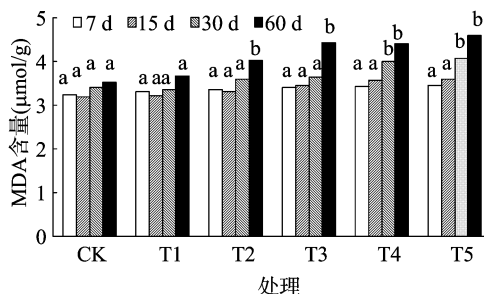


图3 锰胁迫对三色堇叶片MDA含量的影响

### 2.4 锰胁迫对三色堇叶片 SOD 活性的影响

由图 4 可见,在低浓度 Mn 胁迫下,相同处理时期内三色堇叶片 SOD 酶活随着 Mn 胁迫浓度增大而逐渐上升,至 T4 处理时达到最大值;Mn 胁迫浓度超过 0.6% 时,三色堇叶片 SOD 活性开始下降。同时,随着各处理胁迫时间的延长,相同处理下 15、30、60 d 时的叶片酶活性都高于 7 d。与对照相比,除 T5 和 T1 处理外,其他各胁迫处理在 30 d 时 SOD 活性差异显著( $P < 0.05$ ),T3、T4 处理在 60 d 时的 SOD 活性差异

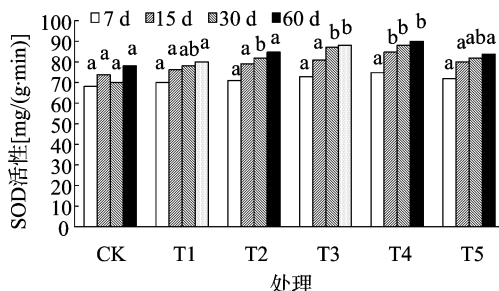


图4 锰胁迫处理对三色堇叶片SOD活性的影响

显著( $P < 0.05$ )。

### 3 结论与讨论

叶绿素是植物光合作用的主要色素,是植物进行光合作用的物质基础<sup>[10]</sup>。本研究表明,Mn 胁迫下三色堇叶片的叶绿素含量降低,叶绿素含量减少会使植物光合效率降低,使植物体内营养状况恶化,从而导致生长缓慢,甚至停止生长,严重影响园林花卉在城市园林绿化中的美化效果。

Mn 胁迫下叶绿素含量降低的原因可能是捕光 Chla/b - Pro 复合体在叶绿体片层中合成受到抑制。植物体内摄入过量的 Mn 很可能改变参与此合成过程的某些酶的构象,使酶失活,进而造成叶绿素含量下降<sup>[11]</sup>;或是因为高浓度 Mn 胁迫下影响了氨基 - 卟酮酸的合成和破坏了叶绿素合成过程中叶绿素酸酯还原酶的活性,从而降低了植物叶绿素含量,抑制了植物光合作用<sup>[12]</sup>;也可能是因为叶绿素分子中的  $Mg^{2+}$  可被 Mn 等多种重金属元素取代,导致叶绿素含量下降<sup>[13]</sup>;此外,重金属胁迫条件下叶绿素含量减少也可能是由叶绿体结构的破坏所导致<sup>[14]</sup>。

植物叶片电导率是反映植物膜系统状况的重要生理生化指标之一,当植物处于逆境胁迫时,细胞质膜透性增加,相对电导率随之升高,植物受伤害程度越严重,相对电导率就越高<sup>[15]</sup>。

植物组织中的 MDA 是硫代巴比妥酸与膜脂过氧化作用后产生的化合物,其含量反映了膜脂过氧化程度<sup>[16]</sup>。MDA 在胁迫环境下可以通过渗透调节作用抵御膜脂过氧化作用,使细胞免受过氧化作用破坏或削弱破坏程度,稳定细胞的大分子结构,是植物对逆境的一种质膜应激反应<sup>[17]</sup>。本研究表明,土壤 Mn 胁迫下,三色堇叶片的质膜相对透性和 MDA 含量会随着土壤 Mn 胁迫时间延长和浓度增大而增加,表明三色堇生长和发育受到抑制的程度会随着土壤 Mn 胁迫程度的增加和胁迫时间的延长而增加。

重金属胁迫下,膜损伤主要是由植物体内活性氧水平升高引起的膜脂过氧化加剧所导致<sup>[18]</sup>。植物体内存在 SOD、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等3种清除活性氧的抗氧化酶类,其中 SOD 在抗氧化酶系统中处于核心地位,SOD 催化快速歧化反应,是极为重要的金属酶。Mn 胁迫条件下,植物体内保护酶活性的升高是适应胁迫环境的重要机制,这有利于清除细胞内的自由基和活性氧(ROS)<sup>[19]</sup>。本研究表明,当土壤 Mn 胁迫浓度低于 0.6% 时,三色堇叶片的 SOD 活性会随着土壤 Mn 浓度的增大而增加,但在土壤 Mn 胁迫浓度超过 0.6% 时,在长时间土壤 Mn 胁迫下,作为植物防御体系的酶活性开始下降,使植物体内的 ROS 无法被及时清除,导致植物的抗逆性下降<sup>[20]</sup>。本研究表明,三色堇能适应一定浓度范围内的土壤 Mn 胁迫,但当土壤 Mn 浓度超过一定程度时,植物体内的保护酶系统活性开始下降,植物细胞可能因此受到损伤,随着土壤 Mn 胁迫时间延长,植物受伤害的程度越严重。

### 参考文献:

- [1] 曹志平. 土壤生态学[M]. 北京:化学工业出版社,2007: 211 - 213.
- [2] 和莉莉,李冬梅,吴 钢. 我国城市土壤重金属污染研究现状和展望[J]. 土壤通报,2008,39(5):1210 - 1216.
- [3] 章明奎,符娟林,黄昌勇. 杭州市居民区土壤重金属的化学特性及其与酸缓冲性的关系[J]. 土壤学报,2005,42(1):44 - 50.
- [4] 田学军,郭亚力,李春燕,等. 锰胁迫对甘蓝型油菜(*Brassica napus* L.) 种子活力和幼苗抗氧化系统的影响[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2012,37(2):77 - 81.
- [5] Wang T P, Wang J, Sun X Y. Effects of manganese stress on POD activities and isozymes of soybean [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2011, 12(1): 33 - 36.
- [6] 姜玉久. 大豆种子萌发受锰的影响初探[J]. 农业与技术,2004, 24(1):31 - 33.
- [7] 陈雅君,毕晓颖. 园林花卉学[M]. 北京:气象出版社,2010:14 - 15.
- [8] 张立军,樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:42 - 43.
- [9] 孔祥生,易现峰. 植物生理学实验技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2008:55 - 56.
- [10] Wang C L, Xing D, Chen Q. A novel method for measuring photosynthesis using delayed fluorescence of chloroplast[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2004, 20(3):454 - 459.
- [11] 刘拥海,俞 乐,陈奕斌,等. 不同荞麦品种对铅胁迫的耐性差异[J]. 生态学杂志,2006,25(11):1344 - 1347.
- [12] Prasad D D K, Prasa A R K. Effect of lead and mercury on chlorophyll synthesis in mung bean seedlings[J]. Phytochemistry, 1987, 26(4):881 - 883.
- [13] Küpper H, Küpper F, Spiller M. Environmental relevance of heavy metal - substituted chlorophylls using the example of water plants [J]. J Exp Bot, 1996, 47(2):259 - 266.
- [14] 任立民,刘 鹏. 锰毒及植物耐性机理研究进展[J]. 生态学报,2007,27(1):357 - 367.
- [15] 刘碧英,潘远智,赵杨迪,等. 藿香蓿(*Ageratum conyzoides*) 对土壤铅胁迫的生理响应[J]. 应用与环境生物学报,2011,17(5): 651 - 655.
- [16] 李牡丹. 重金属 Pb 对茛苳草种子萌发及其幼苗生长的影响 [D]. 北京:北京林业大学,2008.
- [17] 陈开宁,陈小峰,陈伟民,等. 不同基质对四种沉水植物生长的影响[J]. 应用生态学报,2006,17(8):1511 - 1516.
- [18] 史庆华,朱祝军,李 娟,等. 高锰胁迫与低 pH 对黄瓜根系氧化胁迫和抗氧化酶的复合效应[J]. 中国农业科学,2005,28(5): 999 - 1004.
- [19] 闵 焕,祖艳群,李 元. Pb 胁迫对圆叶无心菜(*Arenaria rotundifolia* Bieberstein) 生长和生理特征的影响[J]. 农业环境科学报,2010,29(增刊):15 - 19.
- [20] 严重玲,洪业汤,付舜珍,等. Cd、Pb 胁迫对烟草叶片中活性氧清除系统的影响[J]. 生态学报,1997,17(5):488 - 492.