

镉胁迫对麻疯树幼苗生理生化特性的影响

侯定基¹, 莫良玉¹, 曾小彪², 韦兰洁², 范稚莲¹, 潘达龙¹ (1. 广西大学, 广西南宁 530005; 2. 百色学院, 广西百色 533000)

摘要 [目的] 为研究了 Cd 胁迫处理对麻疯树幼苗生理生化指标的影响。[方法] 通过室内沙培试验, 测定丙二醛含量、根系活力、叶绿素含量、细胞膜透性、蛋白质含量、过氧化物酶活性、脯氨酸含量等的变化情况。[结果] 少量低浓度的镉(5 mg/L)对植物的生长无明显毒害作用。但随着镉浓度的增加(10~200 mg/L), 显示出一定的负效应, 表现为丙二醛和蛋白质含量的增加、电导率的增大、根系活力的下降、叶绿素和过氧化物酶活性的下降。[结论] 一定浓度的镉会影响或改变麻疯树部分生理生化特征, 从而对麻疯树的生长造成一定的危害。

关键词 镉胁迫; 麻疯树; 生理生化指标

中图分类号 S158.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)21-018-03

Effects of Cadmium Stress on Physiological and Biochemical Indices of *Jatropha* Seedlings

HOU Ding-ji¹, MO Liang-yu¹, ZENG Xiao-biao² et al (1. Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005; 2. Baise University, Baise, Guangxi 533000)

Abstract [Objective] The research aimed to study the effects of Cd stress on physiological and biochemical indices of the *Jatropha* seedlings. [Method] Sand culture was adopted to measure by the changes of MDA content, root activity, chlorophyll content, cell membrane permeability, protein content, peroxidase activity and proline content etc. [Result] There were no obvious toxic effects of a small amount of low concentrations of Cd (5 mg/L) on the growth of plants. But with the increase of Cd²⁺ concentration (10-200 mg/L), certain negative effects showed. The performance was that malondialdehyde and protein content increased, the conductivity increased, the root activity decreased, and chlorophyll and peroxidase activity declined. [Conclusion] A certain concentration of Cd affects or changes some physiological and biochemical characteristics of *Jatropha*, causing some damage to the growth of *Jatropha*.

Key words Cadmium stress; *Jatropha*; Physiological index

随着社会的发展与进步, 重金属污染已越来越普遍。金属冶炼和化工企业生产、灌水(污灌)、固体废弃物、农药和化学残留等都是重金属的主要来源。镉污染是重金属污染中较常见且污染严重的一种。当前我国受镉污染的耕地面积达1.33万 hm², 涉及11个省区的25个市县。在国内许多地方, 在粮食、蔬菜中已检测出含量超标及严重超标的砷、铅、镉、铜等^[1-3], 镉大米事件也常见报道。

过量的 Cd 在土壤中极易被植物吸收和积累, 对植物的生长发育造成较大影响, 最终造成农作物产量和品质的下降^[4]。镉对植物毒害机理十分复杂。它不但影响植物细胞生长和分裂^[4-5], 而且对叶绿素的合成和光合作用均有抑制作用^[6-7]。研究表明, 镉毒害使小麦叶片的光系统 I 受损严重; 也有研究表明, Cd 对光系统 I 和光系统 II 均有影响, 但对后者的影响更加显著。其机理主要是镉促使叶绿体中光系统 II 捕光叶绿素蛋白质复合物(LHCHII)的部分寡聚体解聚成单体, 且总量减少^[8-9]。另外, 镉对光合作用色素、光合组织等也有破坏作用^[10-12], 从而影响植物的光合效率^[13-14]。

麻疯树(*Jatropha curcus*) 在分类学上属大戟科(Euphorbiaceae)麻疯树属, 用途十分广泛, 生长速度很快, 可作为饲料、农药、医药、能源等的原料。尤为重要的是, 麻疯树具有耐旱瘠的特性, 可以作为干热河谷地区的生态林或水源林树种^[15], 是我国各地均推广的一个树种^[16-17]。近年来, 人们越来越重视对重金属污染环境的植物修复方法的研究^[18]。笔者采用盆栽试验, 研究土壤中不同浓度的镉胁迫污染对麻疯

树幼苗生理生化特性的影响, 为利用麻疯树修复重金属污染的环境的可行性提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试麻疯树种子从云南壮大科技有限公司购买。

1.2 试验方法

1.2.1 种子催芽。 先用清水浸泡 12 h, 再用 1:5 000 的 KMnO₄ 溶液消毒, 时间为 10 min。培养皿中垫 1 层湿润的棉花和 2 层滤纸, 种子平铺在滤纸上, 置入培养箱进行恒温培养, 培养温度为 25 ℃, 定时用蒸馏水喷洒, 以保持种子水分。

1.2.2 盆栽沙培处理。

1.2.2.1 播种育苗。 准备直径 8 cm 塑料杯作为栽培容器, 装入珍珠岩作为栽培基质。在种子开始露白后, 在培养基质上播种。每天以 1/2 霍格兰培养液浇淋, 以保持基质湿润。

1.2.2.2 胁迫处理。 设 6 个不同的镉浓度: 0、5、10、50、100、200 mg/L。每个处理 10 株麻疯树幼苗, 要求幼苗长势均匀、大小一致。每个处理用含不同浓度的 1/2 体积的培养液分别浇淋栽培基质。胁迫 7 d 后, 测定各种生理生化指标。

1.3 测定项目与方法 试验项目参照李玲等方法^[19-20]。采用无水丙酮提取、可见分光光度法测量的方法, 测定叶绿素的含量; 采用硫代巴比妥酸加热显色法, 测定丙二醛(MDA)含量; 采用考马斯亮蓝法, 测定可溶性蛋白的含量; 采用愈创木酚法, 测定过氧化物酶(POD)的活性; 采用氯化三苯四氮唑(TTC)法, 测定根系的活力; 通过测定外渗液电导率的变化, 测定检测植物细胞质膜的透性; 采用酸性茚三酮法, 测定脯氨酸含量。

1.4 数据处理 数据的整理、图表绘制都采用 Excel2003 软件。

作者简介 侯定基(1989-), 男, 广西桂林人, 硕士研究生, 研究方向: 作物生理与调控。

收稿日期 2015-05-25

2 结果与分析

2.1 镉胁迫对麻疯树幼苗丙二醛含量的影响 丙二醛是膜脂过氧化物的主要产物。它可以和氨基酸、核酸、蛋白质等活性物质交联,形成脂褐素(不溶化合物)沉积,干扰细胞的生命活动。其含量直接反映膜脂过氧化程度^[12]。从图1可以看出,在镉胁迫下,随着镉浓度的增加,丙二醛含量增加,而当镉浓度达100 mg/L时丙二醛含量开始下降。这说明低浓度重金属处理能够维持细胞膜的稳定,促进麻疯树幼苗的生长,而高浓度则使其受害程度加剧。

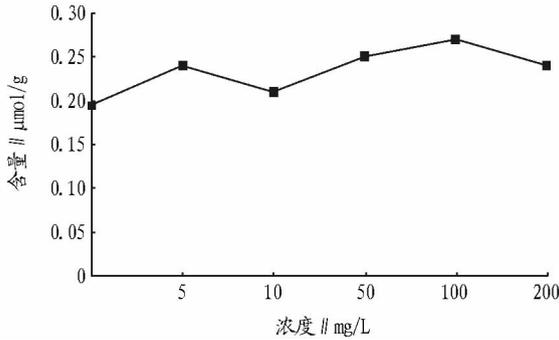


图1 镉胁迫对麻疯树幼苗丙二醛含量的影响

2.2 镉胁迫对麻疯树幼苗根系活力的影响 根系是植物的重要器官,供应植物生长所必需的矿物质和水分,与植物生长密切相关。根系活力一般指根系的吸收、合成、氧化和还原能力等。根系活力的大小与根系代谢强度有关,根系活力越高,则根系的代谢就越旺盛。这有利于整株植株的生长。从图2可以看出,在镉处理时,麻疯幼苗根系活力先降后升,当镉浓度为100 mg/L时根系TTC还原强度为最高。

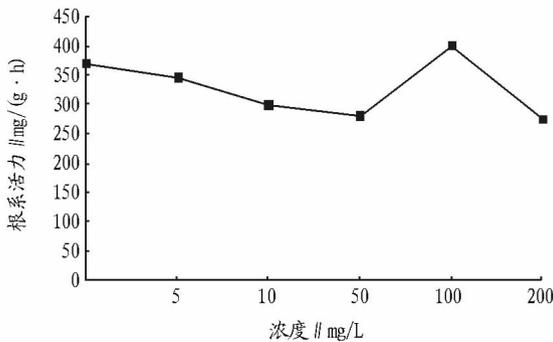


图2 镉胁迫对麻疯树幼苗根系活力的影响

2.3 镉胁迫对麻疯树叶绿素含量的影响 叶绿素的作用是进行光合作用,其含量与光合作用水平有正相关。光合作用弱,则植物的湿重会降低^[9-10]。从图3可以看出,叶绿素含量随着镉浓度的增加而降低,但当镉浓度为5 mg/L时,叶绿素含量出现上升趋势;当镉浓度超过50 mg/L时,叶绿素又开始呈下降趋势,说明镉破坏了叶绿素结构和功能活性,抑制光合作用,即叶绿素生长。

2.4 镉胁迫对麻疯树幼苗电导率的影响 植物细胞中的原生质膜在维持细胞内外离子的浓度差、物质的主动运输中起着非常重要的作用。细胞内外物质的交换和运输均由细胞膜调节和控制。细胞膜的选择透过性是评价植物对污染物

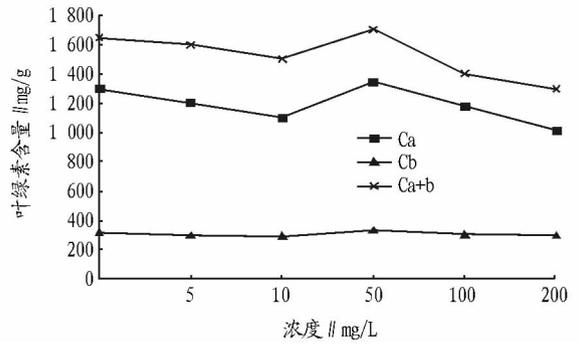


图3 不同镉离子浓度胁迫对麻疯树幼苗叶绿素含量的影响 反应的重要指标之一。从图4可以看出,在镉胁迫下,电导率总体呈先下降后上升。

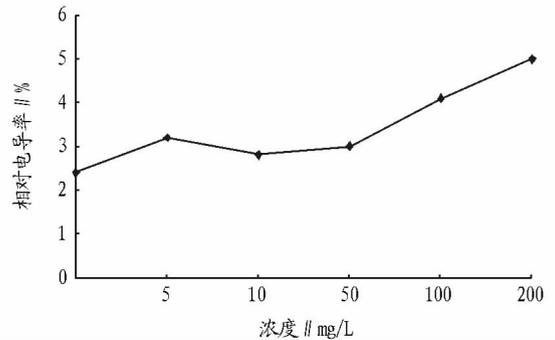


图4 镉胁迫对麻疯树电导率的影响

2.5 镉胁迫对麻疯树幼苗可溶性蛋白质含量的影响 植物体内的可溶性蛋白质大部分是参与各种代谢的酶类。可溶性蛋白质含量是一个重要的生理生化指标。人们可以通过其含量来了解植物体的总代谢水平。可溶性蛋白质含量的升高会使细胞渗透浓度升高,也会使功能蛋白数量增加,有利于细胞正常代谢的维持。

从图5可以看出,不同浓度 Cd^{2+} 胁迫对麻疯树幼苗叶片中的可溶性蛋白含量变化存在一定的影响。随着处理浓度的增加,可溶性蛋白的含量也增加,当 Cd 胁迫浓度达200 mg/L时,麻疯树幼苗叶片中可溶性蛋白达最大值。

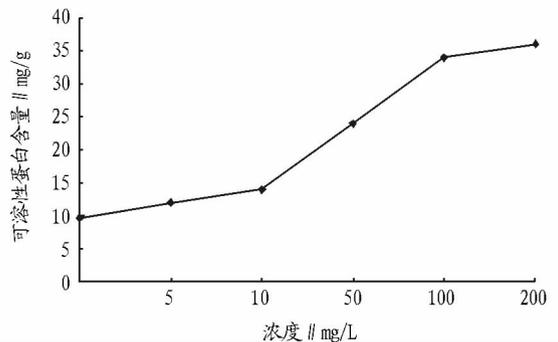


图5 镉胁迫对麻疯树可溶性蛋白的影响

2.6 镉胁迫对麻疯树幼苗过氧化物酶活性的影响 过氧化物酶是一种含铁的酶,能够促进 H_2O_2 氧化酶类反应,使得植物免受伤害。其作用类似于氢的受体,在植物体的呼吸代谢中起着重要的作用。

从图6可以看出,在镉胁迫下,POD活性都随浓度升高先缓慢上升后缓慢下降。当镉浓度为10 mg/L时,POD活性达到最高值;当镉浓度为200 mg/L时,POD活性达到最小值。这表明当镉浓度较低时,它能诱导过氧化物酶消除胁迫下产生的活性氧。但是,它维持系统稳定的能力并不是无限的。当胁迫达到一定强度时,这种能力会渐渐丧失。

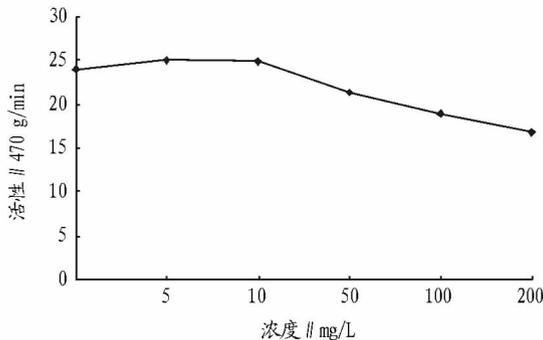


图6 镉胁迫对麻疯树过氧化物酶的影响

2.7 镉胁迫对麻疯树幼苗脯氨酸含量的影响 脯氨酸的积累与逆境胁迫程度、植物的抗逆性有关。在逆境条件下,植物体内常有游离脯氨酸的积累,参与渗透调节过程,从而对细胞膜和生理代谢过程起到保护的作用。

从图7可以看出,在5.0 mg/L镉胁迫下,脯氨酸含量增大;当镉浓度为10 mg/L时,脯氨酸含量变小,为对照组的68.32%,说明10 mg/L镉阻碍了麻疯树体内脯氨酸的合成;当镉浓度达50、100、200 mg/L,脯氨酸含量呈上升趋势,分别为对照组的114.68%、165.66%、208.92%。

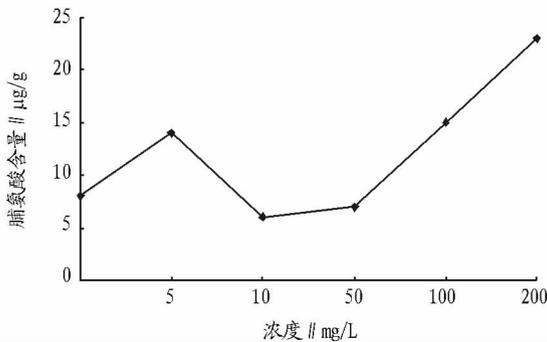


图7 镉胁迫对麻疯树脯氨酸含量的影响

3 讨论

镉对植物毒害机理十分复杂,不但影响植物细胞生长、分裂,而且对植物光合作用产生影响且较复杂。镉对叶绿素的合成和光合作用均有抑制作用。活性氧代谢平衡对植物的生长发育起着至关重要的作用,而镉在植物体内的积累可以破坏活性氧代谢平衡,使得活性氧浓度超过一定阈值,产生连锁反应,结果使得像脂肪酸之类的大分子物质发生氧化

作用,并且产生重要的脂质过氧化物丙二醛,丙二醛的积累又会引起蛋白质变性失活,破坏核酸等生物大分子,最终使细胞膜渗透性增加,一些小分子物质及电解质外渗,导致细胞间物质交换失去平衡^[17]。

镉使麻疯树幼苗MDA含量增加;抑制根系的发育,导致根系活力降低,从而抑制营养物质的吸收;影响叶绿体的合成,降低叶绿素含量,从而抑制光合作用;破坏叶片膜结构和功能,增大细胞膜透性,提高可溶性蛋白的含量;降低过氧化物酶活性。由于碳源矿物质的积累速度降低,苗期生长速度降低,脯氨酸含量增加,导致膜结构遭到破坏。

综上所述,低浓度镉对作物生长有促进作用,但是随着幼苗的生长,镉在植物体内积累,逐渐表现出抑制作用,使得麻疯树幼苗受到毒害。

参考文献

- [1] 杨苏才,南忠仁,曾静静. 土壤重金属污染现状与治理途径研究进展[J]. 安徽农业科学,2006,34(3):549-552.
- [2] 徐应明,李军幸. 新型功能膜材料对污染土壤铅汞钝化作用研究[J]. 农业环境科学学报,2003,22(1):86-89.
- [3] 王凯荣. 我国农业重金属污染现状及其治理利用对策[J]. 农业环境保护,1997,16(6):174-178.
- [4] 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染[M]. 北京:科学出版社,1996:71-125.
- [5] 刘海亮,崔世民,李强,等. 镉对作物种子萌发、幼苗生长及氧化酶同工酶的影响[J]. 麦类作物学报,2005,25(5):88-91.
- [6] 陈桂珠. 重金属对黄瓜籽苗发育影响的研究[J]. 植物学通报,1990,7(1):34-39.
- [7] 洪仁远,蒲长辉. 镉对小麦幼苗的生长和生理生化反应的影响[J]. 华北农学报,1991,6(3):70-75.
- [8] 慈敦伟,姜东,戴廷波,等. 镉毒害对小麦幼苗光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 麦类作物学报,2005,25(5):88-91.
- [9] 杨丹慧,许春辉,王可玢,等. 镉离子对菠菜叶绿体色素蛋白质复合物及激发能分配的影响[J]. 植物学报,1990,32(3):198-204.
- [10] 秦天才,阮捷,王腊娇. 镉对植物光合作用的影响[J]. 环境科学与技术,2000(S1):33-35,44.
- [11] GUPTA A, SINGHAL G S. Inhibition of PS II activity by copper and its effect on spectral properties on intact cells in *Anacystis nidulans* [J]. Environ Exper Bot, 1995, 35:435-439.
- [12] OUZOUNIDOU G. Copper-induced changes on growth, methal content and photosynthetic function of *Al yssum montanum* plants [J]. Environ Experi Bot, 1994, 34(2):165-172.
- [13] 王友保,刘登义. Cu、As 及其复合污染对小麦生理生态指标的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(5):773-776.
- [14] 林义章,徐磊. 镉污染对高等植物的生理毒害作用研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):201-204.
- [15] CARGNELUITTI D, TABALDI L A, SPANEVELLO R M, et al. Mercury toxicity induces oxidative stress in growing cucumber seedlings [J]. Chemosphere, 2006, 5(3): 999-1006.
- [16] 何文淑,肖荣贵,杨晓琼,等. 麻疯树在贫困地区农村发展和生态建设中的开发前景[J]. 中国中医药信息杂志,2002,7(10):56.
- [17] 魏琴,赖家业,周锦霞,等. 干旱胁迫下麻疯树毒蛋白的 Western 杂交分析[J]. 北京林业大学学报,2004,3(5):23.
- [18] 母波,韩善华,张英慧,等. 汞胁迫对植物细胞结构与功能的影响[J]. 中国微生态学杂志,2007,19(1):112-118.
- [19] 李玲. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [20] 张志良,瞿伟菁,李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2009.