镉胁迫对金银花叶片含水量及微量元素吸收积累的影响*

刘周莉 陈 玮** 何兴元
(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘 要 采用土培试验方法,研究了不同浓度镉(Cd)胁迫下金银花的叶片含水量和体内微量元素含量的变化。结果表明:随着Cd处理浓度的增加,叶片含水量呈先上升后下降的变化趋势。在100和200 mg·kg^{-1} Cd处理下,叶片含水量分别为70.4%和65.3%,与对照相比虽有所降低,但并未表现出显著差异。从整体上看,Cd胁迫促进了根中Fe含量增加,而Mn、Cu和Zn含量均有所下降;与对照相比,叶中Cu含量降低,Fe、Mn和Zn含量均在低浓度Cd处理下增加,随着Cd处理浓度的增加而降低。

关键词 金银花; 镉; 含水量; 微量元素
中图分类号 X171.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)10-2077-04

Effects of cadmium stress on *Lonicera japonica* leaf water content and plant microelement uptake. LIU Zhou-li, CHEN Wei, HE Xing-yuan (*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang* 110016, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, **29**(10): 2077-2080.

Abstract: Taking *Lonicera japonica* as test object, a soil culture experiment was conducted to study its leaf water content and plant microelement uptake under the stress of different concentration cadmium (Cd). With the increasing Cd concentration in soil, the leaf water content decreased after an initial increase. Under the stress of 100 and 200 mg Cd·kg^{-1}, the leaf water content was 70.4% and 65.3%, respectively, and had no significant difference from the control. Cd stress promoted the Fe uptake by roots, but decreased the Mn, Cu, and Zn uptake. Compared with the control, Cd stress decreased the leaf Cu content. The leaf Fe, Mn, and Zn contents increased under low concentration Cd stress, but decreased with increasing Cd concentration.

Key words: *Lonicera japonica*; cadmium; water content; microelement.

近年来,随着采矿、冶金以及其他工业的迅猛发展,我国土壤中的镉污染日益严重(王兴明等,2006)。镉(Cd)是剧毒重金属元素之一,属IA级致癌物(Nawrot *et al.*,2006)。在Cd胁迫下,植物会表现出根系生长受阻,碳水化合物代谢失调,水分和养分的吸收受抑制及其他一系列生理代谢紊乱(孙光闻等,2005)。Cd还可以通过影响细胞质膜透性从而影响植物对一些矿质元素的吸收和积累,研究多集中在小麦(张国平等,2002)、水稻(程旺大等,2005)、玉米(刘建新,2005)、大豆(黄运湘等,2008)、豌豆(Sandalio *et al.*,2001)、白菜(方晓航等,2006)和烟草(袁祖丽等,2005)等粮食、蔬菜及经济作物上,而对城市绿化植物,尤其是藤本植物的研究甚少。

金银花(*Lonicera japonica*)是我国典型的藤本植物,它不仅具有很高的药用价值和经济价值,而且是广泛分布于热带和亚热带地区的优秀垂直绿化植物(Larson *et al.*,2007)。先前的研究,通过水培试验方法,发现金银花对Cd具有很强的耐性和富集能力(Liu *et al.*,2009)。本文通过土培试验,进一步验证水培试验结果,研究Cd胁迫对金银花叶片含水量及体内微量元素吸收和积累的影响,旨在探求其对土壤Cd污染的耐性机制和超富集潜力,并为藤

* 国家科技支撑计划资助项目(2008BAJ10B04)。
** 通讯作者 E-mail: chenwei5711@163.com
收稿日期: 2010-04-10 接受日期: 2010-06-08

本植物应用于城市Cd污染土壤植物修复技术开辟新途径提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

中国科学院沈阳应用生态研究所树木园位于沈阳市南运河的带状公园中段,地理位置在41°46′N,123°26′E,海拔41.6 m,占地面积5 hm^2。树木园地势平坦,土层深厚肥沃,具有地带性棕壤草甸土特征,pH 7.0。属暖温带半湿润季风型大陆性气候,四季分明,雨热同季。年平均气温7.8 ℃,极端平均低温(1月)为-12.7 ℃,极端平均高温(7月)24.6 ℃,年平均降水量734.5 mm。

1.2 试验材料

供试植物为苗龄60 d,生长健壮、长势一致的金银花幼苗。供试土壤采自中国科学院沈阳应用生态研究所树木园0~20 cm的表层土,土壤类型为棕壤草甸土,供试土壤理化性质如表1所示。

1.3 试验设计

试验共设定7个处理,每个处理3次重复,所设定的Cd^{2+}浓度梯度为:0(对照CK)、5、10、25、50、100和200 mg·kg^{-1}。供试土样经自然风干后,过3 mm筛,污染物以$CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$形式添加到土壤中并充分混匀,并用去离子水调节土壤湿度至田间持水量(WHC)的75%,待土样平衡4周后分装在直径为20.0 cm、深为15 cm的塑料盆中,每盆装土4.0 kg,每盆有3株植物。经Cd处理90 d,收获植物并进行测定。

1.4 样品分析

土壤的基本理化性质用常规法测定(鲁如坤,1999)。植物样品分为根、茎和叶3部分,反复用自来水将根冲洗干净,再用20 mmol·L^{-1}乙二胺四乙酸二钠(Na_2-EDTA)交换15 min,去除根系表面吸附的Cd^{2+},最后用去离子水冲洗干净,控干水分,在105 ℃杀青10 min之后,在70 ℃下烘干至衡重,将植物样品粉碎备用。叶片含水量采用烘干称重法测定(马剑英等,2008)。植物样品采用HNO_3-$HClO_4$法消化(二者体积比为3∶1),采用ICP-AES法测定样品中的Cd和微量元素(Fe、Mn、Cu和Zn)的含量。

表1 土壤基本理化性质

Tab.1 Physicochemical characteristics of tested soil

pH	阳离子交换量(CEC)(cmol·kg^{-1})	有机质(OM)(%)	全Cd含量(mg·kg^{-1})
7.0	21.3	2.68	0.16

1.5 数据分析

所得数据采用Microsoft Excel进行平均值和标准差运算,所有数据均为3次重复平均值,并采用最小显著差异法(LSD)进行植物样品差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 Cd胁迫对金银花叶片含水量的影响

经Cd处理90 d后,金银花幼苗并未表现出异常的毒害症状。随着土壤中Cd处理浓度的增加,一些叶片出现失绿症状,并从叶基沿叶脉向上蔓延,植株叶片中含水量呈先上升后下降的变化趋势(图1),说明高浓度的Cd胁迫对金银花体内水分平衡有一定影响。当Cd处理达到100和200 mg·kg^{-1}时,叶片含水量分别为70.38%和65.33%,与对照相比虽有所降低,但并未表现出显著差异。

2.2 Cd胁迫对金银花体内Cd积累的影响

土壤中施加的Cd浓度与根部和地上部中Cd积累量存在较显著的相关关系(图2)。随着土壤中Cd处理浓度的增加,植物体内根部和地上部Cd含量均有所增加,且吸收的Cd主要累积在根部,在植物体内呈现出明显的根部>地上部的分布格局。当Cd处理浓度为100 mg·kg^{-1}时,金银花地上部中Cd含量达到214.16 μg·g^{-1},远远高于Cd超富集植物的临界含量标准,即地上部分富集Cd超过100 μg·g^{-1}(Baker & Brooks,1989);而当土壤Cd处理浓度达到200 mg·kg^{-1}时,植物的生长指标并未发生较大变化,而其体内根部和地上部富集Cd含量达

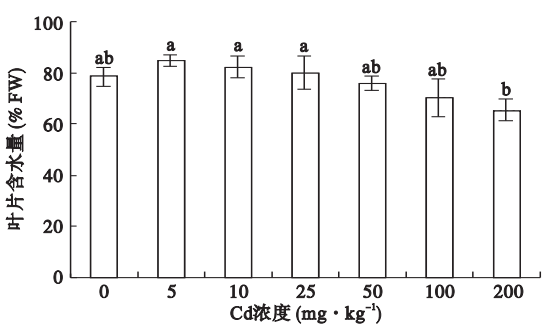


图1 不同浓度Cd处理对金银花叶片含水量的影响

Fig.1 Effects of different Cd concentrations on water content in leaves of *Lonicera japonica*

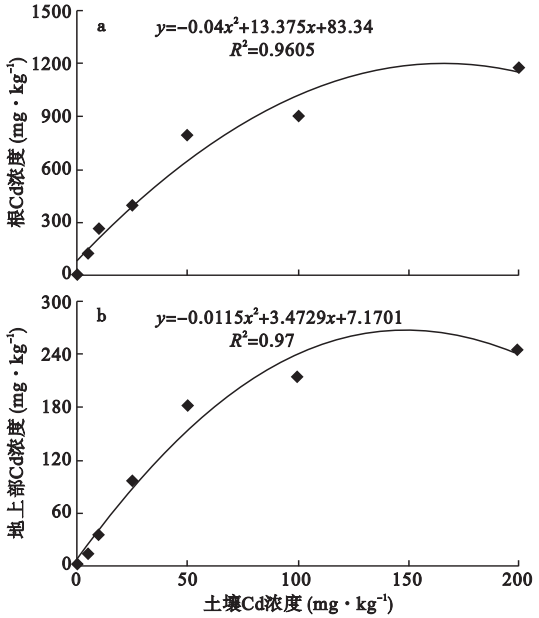


图 2 不同浓度 Cd 处理对金银花根部和地上部 Cd 含量的影响

Fig. 2 Effects of different Cd concentrations on Cd contents in roots and shoots of *Lonicera japonica*

到最大值,尤其根中 Cd 含量达到了 1180.83 μg·g^{-1}。可见,在较高浓度的 Cd 处理下,金银花仍然有很强的 Cd 积累能力。

2.3 Cd 胁迫对金银花微量元素吸收和积累的影响

图3显示了不同浓度的Cd处理对金银花体内微量元素 Fe、Mn、Cu 和 Zn 吸收和积累的影响。金银花幼苗根系比地上部积累了更多的 Fe、Mn、Cu 和 Zn 元素。从整体上看,随着土壤中 Cd 处理浓度的增加,根中 Fe 含量增加,而 Mn、Cu 和 Zn 含量均有所下降;与对照相比,叶中 Cu 含量降低,Fe、Mn 和 Zn 含量均在低浓度 Cd 处理下增加,而随着 Cd 处理浓度的增加而降低。

3 讨 论

Cd 作为一种重金属污染物,或与植物必需矿质元素竞争根部的吸收位点,或通过影响植物生理生化过程来影响植物对矿质元素的吸收来间接影响植物的正常生长(涂从等,1997)。本研究中,Cd 胁迫增强了根系对 Fe 的吸收而降低了对 Mn、Cu 和 Zn 的积累。许多研究报道了 Cd 胁迫对植物吸收和积累 Fe 元素的影响,比如番茄(Moral *et al.*,1994)、莴苣(Thys *et al.*,1991)、水稻(Liu *et al.*,2003)、大豆(Cataldo *et al.*,1983)、玉米(Siedlecka & Baszynski,1993)等蔬菜和粮食作物,但这些结果也不尽相同,能与植物种类、试验地点及培养条件等有关,而本试验中,Cd 与 Fe 之间的协同作用,与关伟等(2007)对 2 个桃树品种的研究结果一致。Cd 胁迫条件下,金银花幼苗体内的 Mn 元素主要积累在根部,这与 Hernández等(1998)研究结果相似,这可能由于Mn

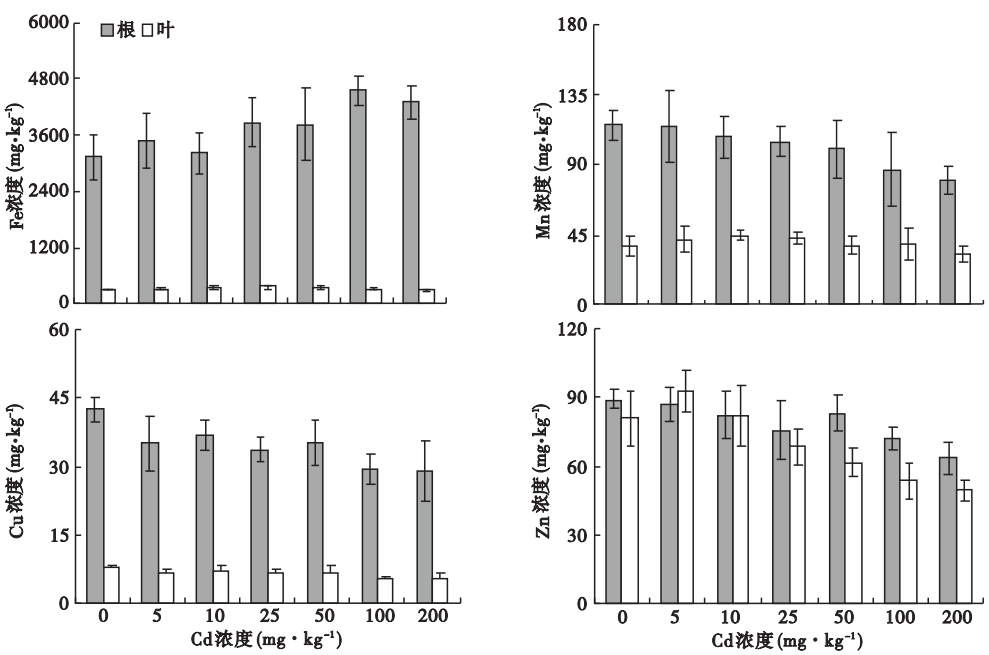


图 3 不同浓度 Cd 处理对金银花根和叶中 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量的影响

Fig. 3 Effects of different Cd concentrations on Fe, Mn, Cu and Zn contents in roots and leaves of *Lonicera japonica*

容易与植物根系内的 Mn 金属蛋白相结合的缘故。据张国平等(2002)报道,土壤中 Cd 浓度的增加会抑制 Mn 元素的吸收,这与本试验的研究结果相似。由于 Cd 与 Cu 为电子价位相同的金属元素,存在竞争位点,因此 Cd 对 Cu 元素的吸收具有一定的抑制作用,从而导致金银花幼苗根部和叶片中 Cu 含量的减少。Cd 与 Zn 属于同族元素,具有相近的离子半径和相同的价态,化学性质相似,二者可能发生相互拮抗作用,这与刘建新(2005)对玉米的研究结果相似。本研究表明,低浓度 Cd 处理对金银花叶片含水量的影响并不大,而随着 Cd 处理浓度的增加,植物的叶片含水量开始降低,但与对照相比并无显著差异,表明金银花对 Cd 具有较强的耐性。通过对 Cd 胁迫下金银花体内 Cd 积累量进行分析发现,金银花体内地上部和根中 Cd 积累量都很高,而且地上部中 Cd 积累量明显高于 Cd 超富集植物临界含量标准,表明金银花具有一定的超富集潜力。Cd 与 Fe、Mn、Cu 和 Zn 4 种微量元素之间的交互作用比较复杂,对金银花幼苗来说有可能是一种遭受逆境的耐受机制,有待进一步探讨。

致谢 感谢陶大立研究员在论文修改过程中给予帮助。

参考文献

程旺大, 姚海根, 张国平, 等. 2005. 镉胁迫对水稻生长和营养代谢的影响. 中国农业科学, **38**(3): 528-537.

方晓航, 曾晓雯, 于方明, 等. 2006. Cd 胁迫对白菜生理特征及元素吸收的影响研究. 农业环境科学学报, **25**(1): 25-29.

黄运湘, 廖柏寒, 王志坤. 2008. 镉胁迫对大豆生长及籽粒中营养元素含量的影响. 安全与环境学报, **8**(2): 11-15.

关 伟, 王有年, 师光禄, 等. 2007. 两个桃树品种对土壤中不同镉水平的响应. 生态学杂志, **26**(6): 859-864.

刘建新. 2005. 镉胁迫下玉米幼苗生理生态的变化. 生态学杂志, **24**(3): 265-268.

鲁如坤. 1999. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社.

马剑英, 陈发虎, 夏敦胜, 等. 2008. 荒漠植物红砂 (*Reaumuria soongorica*) 叶片元素和水分含量与土壤因子的关系. 生态学报, **28**(3): 983-992.

孙光闻, 陈日远, 刘厚诚, 等. 2005. 镉对植物光合作用及氮代谢影响研究进展. 中国农学通报, **21**(9): 234-237.

涂 从, 郑春荣, 陈怀满. 1997. 土壤-植物系统中重金属与养分元素交互作用. 中国环境科学, **17**(6): 526-529.

王兴明, 涂俊芳, 李 晶, 等. 2006. 镉处理对油菜生长和抗氧化酶系统的影响. 应用生态学报, **17**(1): 102-106.

袁祖丽, 马新明, 韩锦峰, 等. 2005. 镉胁迫对烟草营养器官发育及矿质元素的影响. 河南科学, **23**(5): 679-682.

张国平, 深见元弘, 关本根. 2002. 不同镉水平下小麦对镉及矿质养分吸收和积累的品种间差异. 应用生态学报, **13**(4): 454-458.

Baker AJM, Brooks RR. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, **1**: 811-826.

Cataldo DA, Garland TR, Wildung RE. 1983. Cadmium uptake kinetics in intact soybean plants. *Plant Physiology*, **73**: 844-848.

Hernández LE, Lozano-Rodriguez E, Gúrate A, *et al*. 1998. Influence of cadmium on the uptake, tissue accumulation and subcellular distribution of manganese in pea seedlings. *Plant Science*, **132**: 139-151.

Larson BMH, Catling PM, Waldron GE. 2007. The biology of Canadian weeds. 135. *Lonicera japonica* Thunb. *Canadian Journal of Plant Science*, **87**: 423-438.

Liu JG, Liang JS, Li KQ, *et al*. 2003. Correlations between cadmium and mineral nutrients in absorption and accumulation in various genotypes of rice under cadmium stress. *Chemosphere*, **52**: 1467-1473.

Liu ZL, He XY, Chen W, *et al*. 2009. Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in a potential hyperaccumulator *Lonicera japonica* Thunb. *Journal of Hazardous Materials*, **169**: 170-175.

Moral R, Gomez I, Pedreno JN, *et al*. 1994. Effects of cadmium on nutrient distribution, yield and growth of tomato grown in soilless culture. *Journal of Plant Nutrition*, **17**: 953-962.

Nawrot T, Plusquin M, Hogervorst J, *et al*. 2006. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: A prospective population-based study. *The Lancet Oncology*, **7**: 119-126.

Sandalio LM, Dalurzo HC, Gómez M, *et al*. 2001. Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, **52**: 2115-2126.

Siedlecka A, Baszynski T. 1993. Inhibition of electron flow around photo system Ⅰ in chloroplast of Cd-treated maize plants is due to Cd-induced iron deficiency. *Plant Physiology*, **87**: 149-202.

Thys C, Vanthomme CP, Schrevens E, *et al*. 1991. Interactions of Cd with Zn, Cu, Mn and Fe for lettuce in hydroponic culture. *Plant, Cell & Environment*, **14**: 713-717.

作者简介 刘周莉,女,1983 年生,博士。主要从事植物生理及环境污染修复等方面的研究。E-mail: liuzhouli@hotmail.com

责任编辑 魏中青