

三叶草对重金属镉的富集特性研究

刘 燕, 谢阿娜

(贵阳学院, 贵州 贵阳 550005)

摘要: 研究了不同质量浓度镉胁迫下三叶草对重金属的富集特性。结果表明, 在试验所设定的镉质量浓度范围内, 三叶草的根、茎、叶各部均未出现明显的镉毒害症状, 说明三叶草对镉胁迫有一定的耐受性。在不同质量浓度镉胁迫下, 三叶草根、茎、叶各部的镉含量均出现了不同程度的变化, 不论是地上部分或是地下部分, 其富集系数均随着镉质量浓度的增加呈现下降趋势, 富集系数均大于 1; 镉富集的临界含量均大于 $100\mu\text{g/g}$, 平均转运系数为 1.0258, 其中, 当镉质量浓度低于 25mg/L 时, 三叶草在不同镉质量浓度下的转运系数基本接近 1 或大于 1。说明在一定质量浓度镉胁迫下, 三叶草表现出富集植物的特性。

关键词: 三叶草; 镉; 富集特性; 富集系数; 转运系数

中图分类号: X171.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)01-0082-03

Enrichment Features of *Trifolium pratense* L. under Cadmium Stress

LIU Yan, XIE A-na

(Guiyang College, Guiyang 550005, China)

Abstract: The enrichment features of *Trifolium pratense* L. under cadmium stress were studied. The results showed that roots, stems and leaves of *Trifolium pratense* L. did not display obvious poisoning symptoms and had partial tolerance to cadmium stress under certain concentration of Cd. The content of Cd in the three parts of *Trifolium pratense* L. varied under cadmium stress of different concentration. The bioaccumulation factor of overground part and underground part showed a downward trend with increasing concentration of Cd. The coefficient of enrichment was greater than 1 for all. At different levels the critical content of cadmium enriched by *Trifolium pratense* L. was greater than $100\mu\text{g/g}$ and the average transfer coefficient was 1.0258. When the concentration of cadmium was below 25mg/L , the transfer coefficient was close to or greater than 1. The results demonstrated that *Trifolium pratense* L. had enrichment features under cadmium stress.

Key words: *Trifolium pratense* L.; Cd; Enrichment features; Bioaccumulation factor; Transfer coefficient

镉(Cd)是一种迁移性较强、生物毒性大的重金属, 容易被植物吸收和积累, 对植物产生明显的毒害作用^[1], 而且极易通过食物链进入人体, 干扰人体正常的代谢机能^[2]。目前, 我国土壤中的镉污染日益严重, 尤其是城市土壤的镉污染状况更加令人担

忧^[3-4]。三叶草^[5] (*Trifolium pratense* L.) 是豆科、车轴草属地被植物, 具有繁殖易、生长快、寿命长、抗性强、适应性广、对土壤要求不严等特点, 作为绿地植物被广泛应用, 在人口剧增、空间日益减少的城市中, 种植三叶草不仅可以增加绿化量、美化环境, 而且

收稿日期: 2010-09-21

基金项目: 贵州省科学技术基金资助(黔科合字[2008]2066号); 贵州省教育厅资助(黔教科[2008]20); 贵州省高等学校重点支持学科资助

作者简介: 刘 燕(1968-), 女, 贵州黔西人, 教授, 硕士, 主要从事污染生物化学研究工作。E-mail: gyl68@sina.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在大气污染物监测、环境治理和修复等方面也具有重要的应用价值^[9]。

重金属富集系数(bio-accumulation factor, BF)是指植物某一部位的元素含量与土壤中相应元素含量之比,它在一定程度上反映着沉积物—植物系统中元素迁移的难易程度,说明重金属在植物体内的富集情况。本研究通过水培试验^[7],探讨重金属镉在三叶草植株中的富集特性,为进一步研究三叶草对不同含量镉胁迫的响应以及三叶草应用于城市镉污染土壤的修复和绿地建设提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

试验用植物三叶草取自贵阳学院理化实验楼旁;试剂:氯化镉、浓盐酸、乙二醇四乙酸钠、硝酸均为分析纯;仪器:梅特勒 PL303 精密天平, 3510 型原子吸收分光光度计。

1.2 方法

1.2.1 植株培养 选取长势相同的三叶草,用水冲洗干净,经 0.3% KMnO_4 溶液对其根部消毒后,再用自来水和蒸馏水依次冲洗数次,用营养液进行水培。分为 5 个组,每组 5 株植物,镉(Cd^{2+})共设定 5 个质量浓度梯度: 0 mg/L (CK)、5 mg/L (T1)、10 mg/L (T2)、25 mg/L (T3)和 50 mg/L (T4)。置室温下,每隔 24 h 添加 1 次去离子水以保持滤纸培养液质量浓度,观察植株生长情况,15 d 后采样检测。

1.2.2 样品处理及检测

1.2.2.1 样品处理 植株样品分为根、茎和叶三部分,分别用自来水将其冲洗干净,再用 20 mmol/L 乙二醇四乙酸钠($\text{Na}_2\text{-EDTA}$)交换 15 min,去除表面吸附的 Cd^{2+} ,最后用去离子水冲洗干净;在烘箱里用 70℃ 烘干 5 h,粉碎,称取 0.5 g 样品置于 25 mL 烧杯中,加入 5 mL 硝酸,在电热板上低温(<120℃)加热,出现红棕色烟雾,待蒸至近干时,取下稍冷;加入 2.5 mL 硝酸—高氯酸继续加热,直至不出现棕色,白烟将冒尽时再加入 2.5 mL 硝酸,蒸干;然后加入现配制的 5 mL 盐酸—硝酸,加热至约 2.5 mL 时取下,移入 25 mL 容量瓶中, $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 法消化,双蒸水定容、摇匀、过滤。

1.2.2.2 标准溶液配置 配制标准溶液: 1 $\mu\text{g/L}$ 、5 $\mu\text{g/L}$ 、10 $\mu\text{g/L}$ 、16 $\mu\text{g/L}$ 、28 $\mu\text{g/L}$

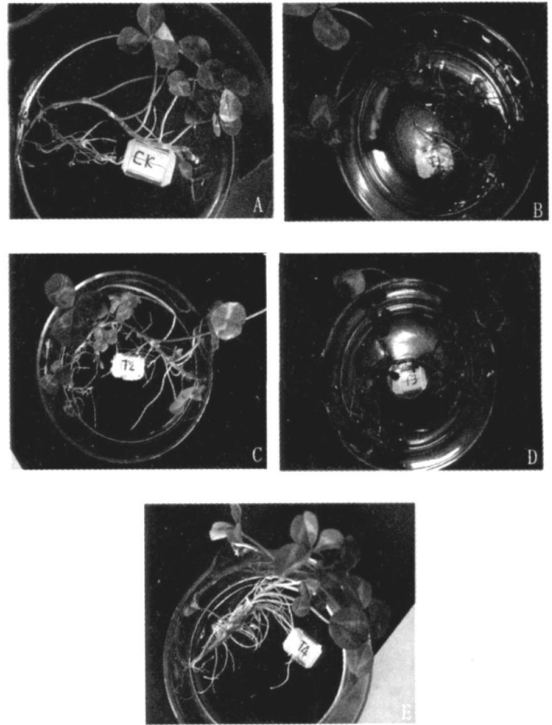
1.2.2.3 样品检测 用 3510 型原子吸收分光光度计测定植株各部位镉的含量。

1.2.3 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。

2 结果与分析

2.1 镉处理后对植株的毒害症状

从图 1 可看出,在试验所设定的镉质量浓度范围内,水培 15 d 后观察发现,三叶草的根、茎、叶各部均未出现明显的镉毒害症状,说明三叶草对镉胁迫有一定的耐受性。



A、B、C、D、E 分别是镉为 0、5、10、25、50 mg/L 时的生长状况

图 1 不同镉处理三叶草植株生长状况

2.2 不同镉处理下三叶草根中镉含量和富集系数

由于所采三叶草生活环境中土壤存在轻微镉污染,水培后空白对照植株各部分均检出了镉的存在,因而在计算三叶草对镉的富集系数时扣除了本底镉含量。

富集系数 = $C_{\text{植物}} / C_{\text{培养基}}$, 式中 $C_{\text{植物}}$ 和 $C_{\text{培养基}}$ 为植物和培养基中 Cd 含量($\mu\text{g/mL}$)。

从图 2 可看出,随着处理镉含量的增加,三叶草植株中镉含量出现了不同程度的变化。当镉含量低于 10 mg/L 时,三叶草根、茎、叶各部对镉的吸收随着镉含量的增加而增加,其中根部对镉的吸收量在三者之中为最高,茎部的吸收量随镉含量增加变幅最大;当镉含量高于 10 mg/L 后,三叶草各部对镉的吸收出现了分化,根部对镉的吸收仍然随着镉含量的增加而增加,而茎、叶部对镉的吸收量基本维持

在低镉含量的吸收水平,说明在三叶草植株中,根部对镉的吸收能力最强。

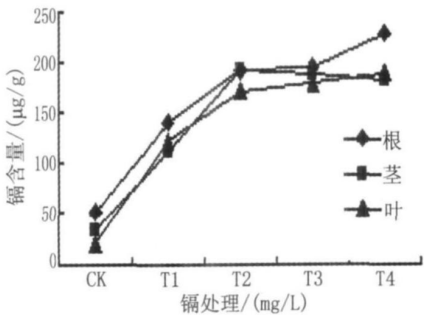


图 2 不同处理下三叶草各部镉含量

从图 3 可看出,三叶草地下部分对镉的吸收明显强于地上部分,当镉含量在 50 mg/L 范围内,地下部分对镉的吸收随着镉质量浓度的增加而增加;而地上部分对镉的吸收在质量浓度为 10mg/L 时达到最大。

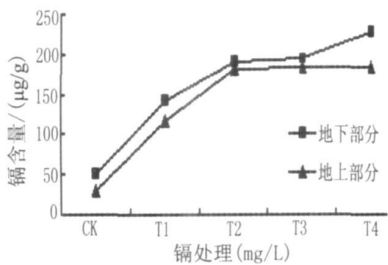


图 3 不同处理下三叶草地上、地下部分镉含量

富集系数反映了植物将重金属吸收转移到体内能力的大小。从表 1 可看出,三叶草不论是地上部分或是地下部分,其富集系数都呈现相同的特点,即富集系数随着镉质量浓度的增加呈现下降趋势,说明三叶草对镉的富集也存在一定限度。

表 1 三叶草对镉的富集系数

镉处理/(mg/L)	地上部分	地下部分
5	17.671	17.879
10	15.280	13.840
25	6.173	5.684
50	3.107	3.495

目前关于超富集植物的衡量标准基本趋于一致,即超富集植物至少应同时具有 2 个基本特征:其一是临界含量特征,广泛采用的参考值是植物地上部(主要指茎或叶)中重金属富集的临界含量镉为 100 μ g/g;其二是转运特征,即地上部重金属含量大于其根部重金属含量^[8]。由表 2 可看出,在不同处理镉胁迫下,三叶草各部重金属富集的临界含量镉均大于 100 μ g/g。由表 1 可看出,三叶草富集系数

均大于 1,说明在一定量的镉胁迫下,三叶草可表现出富集植物的特征。由表 3 可看出,三叶草在不同质量浓度镉胁迫下,其平均转运系数(transfer coefficient)为 1.0258,特别是在镉质量浓度低于 25 mg/L 时,其在不同质量浓度阶段的转运系数基本接近 1 或大于 1,更加说明了三叶草具有镉富集植物的特点。

表 2 不同镉处理下三叶草根、茎、叶镉的含量 μ g/L

三叶草	镉处理/(mg/L)				
	0	5	10	25	50
根	51.15	140.31	189.66	193.24	225.88
茎	34.88	111.70	181.33	187.37	179.32
叶	21.14	121.33	170.37	177.39	187.35

表 3 三叶草对镉的转运系数

镉处理/(mg/L)	转运系数
5	0.988
10	1.104
25	1.086
50	0.889

3 结论与讨论

从三叶草植株的生长情况来看,在短时间内增大镉质量浓度的情况下,三叶草各部吸收的镉并未大幅提高,说明三叶草对重金属镉胁迫存在一定的耐受性,本试验结果为胁迫 15d 调查数据,但长时间增加镉胁迫对三叶草的影响还有待于进一步研究。

参考文献:

[1] 何振立. 污染及有益元素的土壤化学平衡[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998: 77-86.

[2] 吴燕玉, 余国营, 王新, 等. Cd, Pb, Cu, Zn, As 复合污染对水稻的影响[J]. 农业环境保护, 1998, 17(2): 49-54.

[3] 何翠屏, 王慧忠. 植物根系对镉毒害的防御及其代谢[J]. 重庆环境科学, 2003(5): 25-29.

[4] 钱暑强, 刘铮. 污染土壤修复技术介绍[J]. 化工进展, 2000(4): 5-9.

[5] 白瑞琴, 等. 重金属镉胁迫对蜀葵、二月蓝种子萌发和幼苗生长的毒害效应研究[J]. 华北农学报, 2009, 24(2): 134-138.

[6] 刘天晖. 苹果园白三叶草栽培的效果研究[J]. 科技信息, 2009(33): 1141.

[7] 刘燕. 硒对镉胁迫下油菜生物学特性的影响[J]. 河南农业科学, 2008(3): 47-50.

[8] 汤叶涛, 等. 镉对超富集植物滇苦菜抗氧化系统的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(2): 0324-0332.