



不同水域中水葫芦对铅、镉、铬、汞的富集规律研究

纪苗苗, 林波, 吴跃明, 刘建新

(浙江大学奶业科学研究所教育部分子营养学重点实验室, 浙江 杭州 310029)

摘要: 试验主要研究不同水域的水葫芦 (*Eichhornia crassipes*) 对铅、镉、铬、汞的吸收规律。采集浙江金华、绍兴等地 8 处不同水域的水葫芦样品及水样, 采用原子吸收光谱法和原子荧光光谱法测定该 4 种重金属含量。结果表明: 水污染严重区域, 水葫芦中重金属含量较高。被调查地区水中铅、镉含量显著高于铬及汞含量 ($P < 0.05$)。水葫芦根中各重金属含量总体高于茎叶, 茎叶中镉的含量显著低于铬的含量 ($P < 0.05$), 而根中镉含量也低于铬但差异不显著 ($P > 0.05$)。在试验条件下, 随着水中铅、镉含量的增加, 根与茎叶中相应金属含量有上升趋势。

关键词: 水葫芦; 重金属; 不同水域; 茎; 叶; 根

中图分类号: Q946-33; S555⁺.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2010)07-0001-04

*¹ 水葫芦学名凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*), 属雨久花科凤眼兰属, 原产巴西^[1]。水葫芦属多年生水生草本植物, 以匍匐茎无性繁殖为主, 具有广泛的适应性。它于 20 世纪 30 年代传入我国, 在饲料粮短缺时曾作为畜禽饲料而大力推广^[2]。此外, 很多研究报道水葫芦对水中的重金属有很强的富集能力^[3-4]。近年来随着水体日益富营养化, 导致水葫芦泛滥, 造成了一系列的危害^[5-6]; 堵塞河道, 影响航运; 造成生态链失衡, 破坏水域生态环境; 水葫芦在生长过程中消耗大量的溶解氧, 腐烂后又造成二次污染, 加剧了水体的富营养化。因此已被列为世界十大害草之一。

研究通过采集 8 处不同水域中生长的水葫芦样本及水样, 分别检测了水葫芦茎叶和根及生长水中的铅、镉、铬、汞含量, 旨在探明不同水域的水葫芦吸收水中重金属的规律和特性, 为深度开发和利用水葫芦, 合理治理水葫芦提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 采集金华、绍兴等地包括河流、江、池塘 3 种水域的水葫芦样品及水样。水葫芦要求为生长成熟期, 每个点均匀采样, 2 个平行样间有一定距离, 打捞后装入有河水的样品袋中。水样是在对应点处水下约 15 cm 采集, 各地采样方法一

致。样品采集均在 9 月上旬, 样品采好后尽快送至实验室进行预处理。不同水域的环境 (污染情况、水深度、水流速度) 及水葫芦的具体形态见表 1。

1.2 样品预处理 取回的水葫芦先用自来水冲洗干净, 再用去离子水清洗, 去除表面金属离子。分成根和茎叶两部分, 在 115 °C 烘箱中杀青 10 min, 然后将烘箱温度调至 70 °C, 烘至恒质量。粉碎后装瓶, 保存在干燥器中备用。水样中滴入 5 滴 1:1 盐酸溶液, 置于冰箱内冷藏。

1.3 样品测定 处理过的水葫芦样品及水样送至浙江大学饲料所检测。采用原子吸收光谱法^[7]检测其中铅、镉、铬的含量, 检测仪器为 iCE3500 型原子吸收光谱仪; 采用原子荧光光谱法^[8]测定汞的含量, 仪器为 AFS-920 型双道原子荧光光度计。金属元素含量用每千克干物质及每升水中某元素的质量 (mg) 表示^[9]。

1.4 数据处理 利用 SAS2002 版软件分析不同水样和水葫芦样中各种重金属含量的差异显著性及水葫芦茎叶和根的金属含量波动的差异显著性。

收稿日期: 2009-12-09

作者简介: 纪苗苗 (1986-), 女, 江苏宿迁人, 硕士, 研究方向为水葫芦的饲料资源开发与利用。
E-mail: jimiaos@sina.com

表 1 水环境及水葫芦形态

样品	地区	水域种类	水环境	水葫芦形态
1	金华上陈村	池塘	部分工业污染流入,池水深,静止	根发达,茎短,分枝多
2	金华二仙桥	池塘	旁边有猪场污水排入,池水浅,静止	根发达,茎稍长
3	金华长湖	河流	河道两旁工业污染严重,河水浅,流动缓	根发达,茎长
4	绍兴护城河	河流	生活污水排入严重,河水深,流动缓	根不发达,茎短,分枝多
5	绍兴快阁苑	河流	生活污水排入,河水浅,流动缓	根不发达,茎稍长
6	湖州	池塘	印染厂排污,池水浅,静止	根发达,茎长
7	嘉兴	河流	生活污水排入严重,河水浅,静止	根发达,茎长
8	杭州	江	污染较轻,水深,流动	根不发达,茎短

2 试验结果

2.1 水中重金属含量 不同水域中重金属含量见图 1。水样 1、3 和 7 中除汞外,其余重金属含量较高。其中以金华长湖污染最严重。不同水域中铅和镉变化基本一致,铬和汞波动较小。水中各金属含量差异分析见表 2,不同水域中铅含量显著高于其余 3 种金属含量 ($P < 0.05$),且镉含量显著高于铬及汞含量 ($P < 0.05$),铬与汞含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

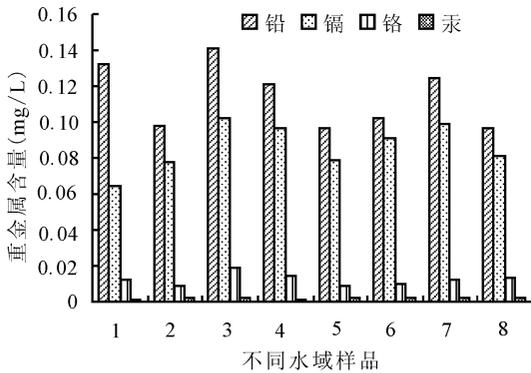


图 1 不同水域水中重金属的含量

表 2 水及水葫芦中重金属含量的差异分析

金属	水中 (mg/L)	茎叶中 (mg/kg)	根中 (mg/kg)
铅	0.114±0.018a	0.949±0.081a	1.386±0.216a
镉	0.087±0.013b	0.05±0.005c	0.174±0.035bc
铬	0.012±0.003c	0.164±0.031b	0.251±0.042b
汞	0.002±0.0005c	0.026±0.005c	0.045±0.009c

注:表中同列同因素数据不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

2.2 水葫芦根与茎叶中重金属含量 茎叶与根中重金属含量分别见图 2、图 3。水葫芦根中重金属含量总体高于茎叶中重金属含量。由表 2 中

差异分析可以看出,水葫芦无论茎叶或根中铅的含量均显著高于其他金属含量 ($P < 0.05$)。茎叶中镉的含量显著低于铬的含量 ($P < 0.05$),而根中镉含量也低于铬但差异不显著 ($P > 0.05$)。茎叶和根中汞的含量均最低且与镉含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

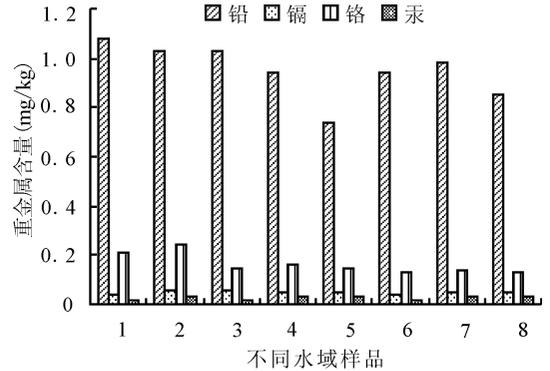


图 2 不同水域水葫芦茎叶干物质中重金属的含量

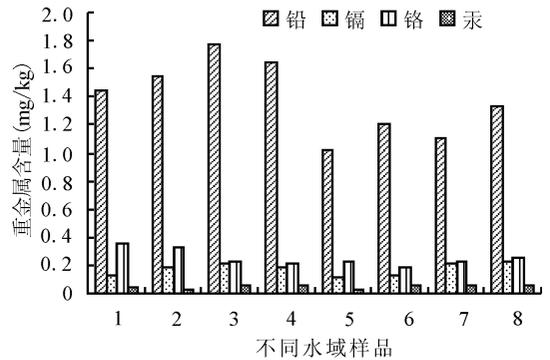


图 3 不同水域水葫芦根干物质中重金属的含量

2.3 水葫芦中重金属含量与水中重金属的关系 图 4、图 5 是以水中铅、镉含量为横坐标,水葫芦根和茎叶中对应金属含量为纵坐标而作的点图,并分别作了线性相关趋势线。从图 4 中可以看出茎叶铅和根铅总体有上升趋势,根的线性

相关性较茎叶差,但上升幅度较茎叶大。图5中显示,随着水中镉含量的增加,茎叶中镉的增加不明显,根中镉总体有增加趋势,两者线性相关性均较差。茎叶中铅、镉的含量波动均显著低于根中($P < 0.05$),如表3所示。铬和汞由于水中含量低且不同水域中含量差异小,规律不明显,在此不作讨论。

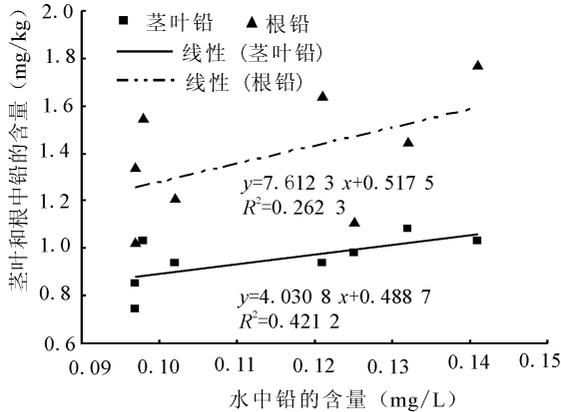


图4 水葫芦根和茎叶干物质中铅含量随水中铅含量的变化

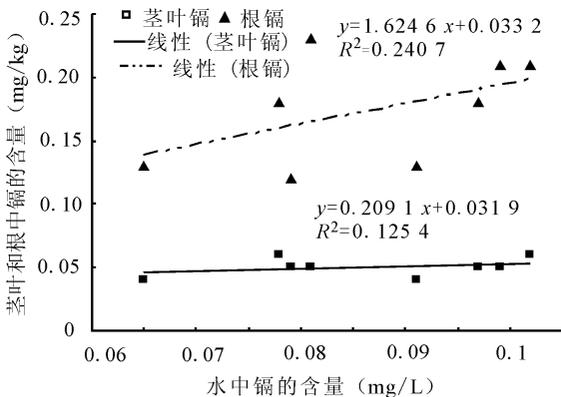


图5 水葫芦根和茎叶干物质中镉含量随水中镉含量的变化

表3 水葫芦茎叶和根的金属含量波动差异分析

金属	茎叶	根	SEM
铅	0.081b	0.216a	0.038
镉	0.005b	0.035a	0.005
铬	0.031a	0.042a	0.011
汞	0.005b	0.009a	0.001

3 讨论

3.1 水环境对水葫芦重金属吸收的影响

试验表明,污染严重的水域所含的重金属含量高

于污染较轻的水域。金华长湖由于河道两旁工业污染严重,导致其中铅、镉、铬含量均最高。而只有生活污水排入或是流动较广的水域如富春江等其中所含重金属则较少。结果显示随着水中金属含量(铅、镉)的增加,水葫芦吸收的金属含量有增加趋势。但在此试验中,由于没有控制环境的各种影响因素,如其他金属的含量、水体pH值^[10]、水葫芦形态及生长期等因素,而导致增加幅度有不同程度的波动。如地域2中虽然水中金属含量不高,但水葫芦茎叶和根中的铅、镉含量均较高,可能是由于附近猪场长期排污,池底淤泥中有金属沉积,而池水又较浅,根可以从淤泥中吸收大量金属而导致。据Soltan和Rashed^[11]报道,在同一存活时间内的水葫芦金属吸收量随溶液金属浓度增加而增加,本试验结果与之一致。

3.2 重金属在水葫芦各部位的富集 水葫芦随着生长不断吸收重金属,其萎焉时金属的吸收会降低,死亡则会释放出大量金属元素,致使其他生物死亡。因而不同生长期的水葫芦对金属的吸收能力是有差异的。同一时期的水葫芦根中的重金属含量高于茎叶,因为根是直接接触溶液的吸收器官,茎叶中的金属含量是从根中转移而来。蔡顺香等^[12]也报道,根部重金属含量为茎叶中的1~8倍。根由于形态不同,吸收能力有差别,使得根对重金属的吸收较茎叶不稳定。根的表面常常覆盖一层红褐色物质,包括一些粘液和微粒如泥土,还有各种微生物,包括细菌、原生动物和硅藻类。这些物质可以吸附大量的重金属,所以如果根能清洗,则可去除相当多的重金属元素。据陈瑛等^[13]研究:未清洗的根其金属含量比清洗过的根要高出19%~76%。

3.3 不同重金属在水葫芦中的积累量 试验中所选水域中4种重金属的高低排列顺序为铅>镉>铬>汞。而水葫芦不论根或茎叶中金属含量顺序则都为铅>铬>镉>汞。水中镉的含量较高,但水葫芦中镉的含量却较低,说明水葫芦对镉的吸收能力有限。Soltant和Rashed^[11]也报道:水葫芦中镉的含量低于铅、铬,水葫芦在100 mg/L的高镉溶液中将迅速死亡。水葫芦中的高铅含量可以推断出水葫芦对铅具有强的抗性,这

是因为被吸收的铅大多吸附在植物的细胞壁上,阻止了其作为一种强代谢抑制物的作用。Soltan和Rashed^[11]指出水葫芦在100 mg/L的高铅溶液中可以正常生长。

4 小结

水葫芦中重金属含量受水质影响较大,水污染严重区域,水葫芦中重金属含量较高。采样地区水中铅、镉含量显著高于铬及汞含量。随着水中铅、镉含量的增加,水葫芦根和茎叶中相应金属含量有上升趋势。水葫芦根中重金属含量总体高于茎叶中重金属含量,根与茎叶中均出现高铅低镉现象。

本试验主要是采集不同地域某一时间点的水葫芦及水样进行分析铅、镉、铬、汞4种重金属的含量,所得结论具有局限性,例如对某一重金属污染严重区域则应具体分析。而对于水葫芦在不同生长期或是在不同浓度吸收液中重金属的吸收规律则有待进一步研究。

参考文献

- [1] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴(第五册)[M]. 北京:科学出版社,1983:405.
- [2] 段惠,强胜,吴海荣,等. 水葫芦[Eichhornia crassipes (Mart.) solms.][J]. 杂草科学,2003(2):39-40.
- [3] 周泽江,杨景辉. 水葫芦在污水生态处理系统中的作

用及其利用途径[J]. 生态学杂志,1984(5):36-40.

- [4] Zhou H Y. Mercury accumulation in freshwater fish with emphasis on dietary influence[J]. Water Research,2000,34(17):4234-4242.
- [5] 郑再就. 水葫芦的危害及在污水处理中的应用[J]. 水利科技,2006(1):51-51.
- [6] 王云,周国庆,周国峰,等. 洞庭湖区水葫芦分布及危害的评价[J]. 草业科学,2008,25(3):97-101.
- [7] 杨佐毅,刘敬勇,邓海涛,等. 原子吸收光谱法测定食用菌重金属含量[J]. 现代农业科技,2009(13):85-86.
- [8] 陈晋红,汤毅珊,刘大伟,等. 姜黄药材中6种重金属残留量测定[J]. 中药新药与临床药理,2009,20(5):457-459.
- [9] 杜占池,樊江文,钟华平. 红三叶和鸭茅重金属元素含量动态及其相关性研究[J]. 草业科学,2007,24(3):46-50.
- [10] 谢鸿志,胡友彪. 不同pH条件对城市污泥中重金属生物有效性的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(5):2163-216.
- [11] Soltan M E, Rashed M N. Laboratory study on the survival of water hyacinth under several conditions of heavy metal concentrations[J]. Advances in Environmental Research,2003(7):321-334.
- [12] 蔡顺香,颜明娟,黄东风,等. 水葫芦富集砷、汞、铅、镉、铬含量分析[J]. 福建农业科技,2005(3):49-50.
- [13] 陈瑛,金叶飞,王秀珍,等. 水葫芦各部位富集能力的研究[J]. 环境保护科学,2004,30(3):32.

Study on the enrichment patterns of Pb, Cd, Cr and Hg in water hyacinth in different water areas

Ji Miao-miao, LIN Bo, WU Yue-ming, LIU Jian-xin

(Key Laboratory for Molecular Animal Nutrition of Education Ministry,

Institute of Dairy Science, Zhejiang University, Zhejiang Hangzhou 310029, China)

Abstract: The patterns of water hyacinth absorbing 4 heavy metals (Pb, Cd, Cr and Hg) in different water areas were studied and the tested water hyacinth and water samples were collected from 8 different water areas in Zhejiang Province through atomic absorption spectrometry and atomic fluorescence spectrometry. The results showed that the contents of heavy metals in water and water hyacinth were high in the seriously polluted water areas. The contents of Pb and Cd in water samples were significantly higher than those of Cr and Hg ($P < 0.05$). The contents of heavy metals in roots were generally higher than in those in stem and leaf of water hyacinth. Cd content was significantly lower than Cr in stem and leaf ($P < 0.05$) and it was similar in root but the difference was not significant ($P > 0.05$). Under the lab conditions, the contents of Pb and Cd in root, stem and leaf showed an increasing trend with the increase of heavy metal contents in water.

Key words: water hyacinth; heavy metal; different water areas; stem; leaf; root