

丛藓科湿地藓属植物对环境的指示作用

朱秀敏

(邢台学院, 河北 邢台 054001)

摘要:选取 Cu、Zn、Cd、Pb 等主要重金属化学元素为营养富集指标, 测定河北省邢台县云梦山丛藓科湿地藓属植物体内及土壤中的重金属含量, 并对其进行分析。结果表明: 丛藓科湿地藓属植物花状湿地藓、尖叶湿地藓、芽胞湿地藓对 Pb、Cu、Cd、Zn 有较强的吸收能力; 植物体内重金属元素含量较高, 对重金属具有富集能力, 不同植物富集不同重金属的能力各不相同, 且与其生长的基质有一定的相关性。

关键词: 苔藓; 丛藓科; 重金属; 电位溶出法; 营养富集

中图分类号: S 682.39 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)22-0027-04

苔藓植物(Bryophytes)是一种结构相对简单的绿色高等植物, 是水生向陆生的过渡植物, 能忍受恶劣的环境条件, 在其它陆生植物难以生存的环境中繁衍, 被誉为先锋植物和拓荒者, 在整个植被生态系统中具有重要作用。由于苔藓的植物体矮小, 长期以来苔藓植物在自然界中的生态功能以及苔藓植物对化学元素的营养富集不被人们所重视, 长期处于被忽略、甚至被排挤的边缘地位。研究显示, 苔藓植物具有独特的生理和代谢特征, 对环境变化的反应较为敏感, 具有很强的吸附和保留重金属的能力, 十分有利于环境中污染物质在其体内富集^[1], 其重金属元素含量同该元素的环境浓度及沉积率之间具有良好的相关性, 常被用来监测环境重金属污染物质及污染程度的变化, 因此同时也是一种良好的环境监测植物。苔藓植物虽然没有真正的根, 但是某些种类对其基质有一定的选择性, 故可作为农业上的指示植物, 丛藓科植物小丛藓、扭藓等是盐地的指示植物^[2]。

丛藓科(Pottiaceae)是藓纲真藓亚纲丛藓目的一个科, 是已知藓类属数量最多的一科, 植物体多直立而密集成丛或垫状生长。丛藓科是河北省南部山地藓类植被的重要组成部分, 丛藓科共有 87 属, 我国有 34 属^[3], 湿地藓属是该科植物较重要的属之一, 植株矮小, 密集丛生, 茎直立, 稀分枝。丛藓科植物喜着生在向阳多碱性林地、土壁、岩面及墙上, 部分植物较耐干旱。对环境

质量的监测具有重要意义, 可作为良好的生物指示植物。

作为生长基质, 土壤对苔藓植物重金属离子的富集能力的影响作用, 一直备受国内外学者的关注。土壤是一个国家最重要的自然资源, 它是农业发展的物质基础。没有土壤就没有农业, 也就没有人们赖以生存的衣、食等基本原料。土壤一旦遭受污染, 特别是重金属的污染(环境污染中所说的重金属主要指 Cd、Pb、Zn、Hg 和类金属 As 等几种生物毒性显著的元素以及 Mn、Ni、Cu 等常见元素)很难修复。重金属不能被生物降解, 但具有生物累积性, 可以直接威胁高等生物包括人类, 有关专家指出, 重金属对土壤的污染具有不可逆转性, 已受污染的土壤没有治理价值, 只能调整种植品种来加以回避。

土壤中重金属污染不仅降低土壤肥力和作物的产量与品质, 而且使环境恶化, 并通过食物链危及人类的生命和健康, 如日本的痛骨病就是典型的例证。由于重金属污染毒性机制和生物效应的复杂性, 重金属污染一直是当前研究的热点^[4]。每年因重金属污染带来的粮食减产达 1 000 多万 t, 被重金属污染的粮食每年达 1 200 万 t, 年经济损失在 200 亿元以上^[5]。

1 材料与方法

1.1 仪器与药品

仪器: 山东电讯七厂生产的 MP-2 溶出伏安分析仪; 玻碳电极; 232 型饱和甘汞电极。药品: 浓硫酸、硝酸、高氯酸、盐酸、乙酸、乙酸钠(以上试剂均为分析纯); 各种元素标准溶液均按《分析化学手册》介绍方法配制成 1 mg/mL 的溶液, 配制用水为二次重蒸水。

作者简介: 朱秀敏(1966-), 女, 硕士, 副教授, 现主要从事营养均衡及营养富集研究工作。E-mail: zxm31919@126.com。
基金项目: 河北省邢台市自然科学基金资助项目(2009SP110)。
收稿日期: 2010-09-19

1.2 试验材料

试验材料均于 2009 年 9 月 8 日采集于河北省邢台县云梦山(位于河北省南部邢台县境内,东距邢台市 66 km,云梦山最高峰海拔 1 520 m)。选取丛藓科湿地藓属植物花状湿地藓 *Hyophila rosea* Williams; 尖叶湿地藓 *Hyophila acubifolia* Saito.; 芽孢湿地藓 *Hyophila propagulifera* Brot 为试材。丛藓科是河北省邢台县云梦山苔藓植物区系的第一大科,湿地藓属是该区系的优势属之一^[9]。同时,按标准采样法^[7]收集样品材料的生长基质作为样品进行分析比较。

1.3 试验方法

1.3.1 植物和土壤样品预处理 植物样品预处理:先把植物样品中的杂物清理干净,用自来水冲洗,洗去附于苔藓上的泥土和浮尘颗粒,再用去离子水及二次蒸馏水冲洗 3~4 次,用干净纱布将样品上的水吸干,最后在 60~80℃干燥箱内烘干 24 h 至恒重,研碎,洁净密封保存。土壤样品预处理:土壤样品除去杂质后,置于 85℃恒温烘箱中干燥至恒重,研磨,用土壤筛(孔径为 2、1、0.25 mm)逐级筛选后,取其细碎部分在洁净密封处保存。

1.3.2 样品消化处理 准确称取预处理后的植物或土壤样品 1.0 g 装入 50 mL 的小烧杯中,各加 10 mL 浓 HNO₃, 10 mL HClO₄。盖上表面皿,放置 12 h 后在电热板上先低温消煮,待剩余液体较少时,再加浓硫酸 0.5 mL 以及 5 mL 浓硝酸,提高电热板温度进一步消煮,至溶液澄清并冒白烟至尽干停止消化,冷却后用二

次重蒸水反复洗涤,转移到 50 mL 具塞比色管中,用水定容至刻度。每个样品均做平行双样,以期平均和比较,同时配制空白试剂作为对比。

1.3.3 样品的测定 准确移取样品溶液 10 mL 于干燥洁净的小烧杯中,加入 0.5 mol/L 的 CH₃COOH 及 0.5 mol/L 的 CH₃COONa 溶液各 5 mL。将其置于电解池托盘上,插入三电极体系与仪器接通。按照表 1 设定试验参数,首先测定样品的锌峰高,然后每次加入 5 μL(相当于 5 μg 锌),测定峰高。于测定锌后的体系中加入 6 mol/L 的盐酸 0.2 mL,然后每次加入 1 μL(相当于 1 μg 镉),测定峰高。于测定镉后的体系中,每次加入 1 μL(相当于 1 μg 铅),测定峰高。于测定铅后的体系中,每次加入 1 μL(相当于 1 μg 铜),测定峰高。每种金属元素的峰高测定时,连续加标测定 3 次,按标准加入法(或外推法)计算金属的含量。

表 1 试验参数				
Table 1 Experimental parameter				
参数 Parameter	锌(Zn)	镉(Cd)	铅(Pb)	铜(Cu)
电解电位(E _电)V(VSSCE)	-1.4	-1.2	-1.2	-0.9
上限电位(E _上)V	-1.2	-0.9	-0.9	-0.6
下限电位(E _下)V	-0.6	-0.2	-0.2	+0.1
清洗电位(E _洗)V	+0.0	+0.05	+0.05	+0.15
清洗时间(t _洗)s	30	30	30	30
搅拌富集时间(t _富)s	40	90	40	120
灵敏度(Sen)/mA·μg ⁻¹	0.50	0.10	0.20	1.00

2 结果与分析

以丛藓科湿地藓属植物尖叶湿地藓属、花状湿地藓、芽孢湿地藓为试验材料,逐一进行测试,结果见表 2。

表 2 湿地藓属植物体和土壤重金属含量及其比值												
Table 2 Wetland moss plants and soil heavy metal content and ratio												
类别 Category	Zn			Cd			Pb			Cu		
	植物体 Plant	土壤 Soil	比值 Ratio	植物体 Plant	土壤 Soil	比值 Ratio	植物体 Plant	土壤 Soil	比值 Ratio	植物体 Plant	土壤 Soil	比值 Ratio
尖叶湿地藓 Acutifoliate marsh moss	387.83	157.91	2.46	0.497	0.274	1.81	262.87	214.62	1.25	64.96	57.39	1.13
芽孢湿地藓 Spore marsh moss	175.45	155.27	1.13	0.368	0.255	1.44	197.95	199.34	0.99	67.41	63.28	1.07
花状湿地藓 Anthogram marsh moss	360.30	161.02	2.24	1.037	0.293	3.53	403.13	211.06	1.91	66.52	69.37	0.96
平均 Average	307.86	158.07	1.94	0.634	0.274	2.26	287.98	205.67	1.38	66.30	63.35	1.05

2.1 植物体重金属含量

由表 2 可知,丛藓科湿地藓属植物尖叶湿地藓、花状湿地藓、芽孢湿地藓对 Pb、Cu、Cd、Zn 有较强的吸收能力,植物体内重金属元素含量较高,对重金属元素具有指示作用。湿地藓属植物植株内不同的重金属元素的含量有一定的差异(表 2),铅的总平均含量最高(287.98 mg/kg),而镉最低,为 0.634 mg/kg。同一种植物对不

同金属离子的累积能力有显著性差异(图 1~4),不同植物体内同一种金属离子的含量不同(表 2),尖叶湿地藓体内 Zn 的含量最高(387.83 mg/kg),花状湿地藓体内 Pb、Cd 的含量最高(403.13 mg/kg、1.037 mg/kg),芽孢湿地藓体内 Cu 的含量最高(67.41 mg/kg)。其主要原因是不同种苔藓植物对重金属污染敏感度及富集能力不同。这与 Shaw 等的研究结果相同,苔藓植物对不同

种类及不同浓度重金属污染物的敏感度和富集能力有差异^[8]。Kapur 等^[9] 在研究重金属元素对反纽藓生长过程中的影响时也发现不同种类、不同浓度的重金属离子在苔藓体内富集的浓度不同, 即敏感度不同, 产生的毒害程度亦不同。

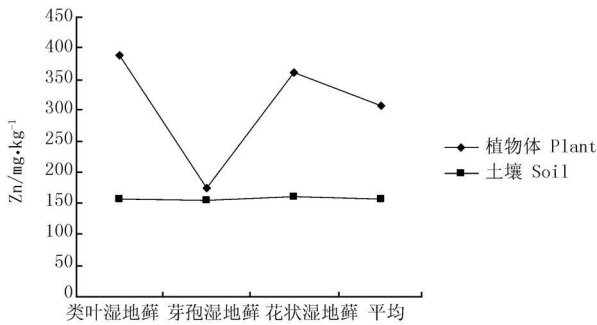


图1 湿地藓属植物对重金属离子锌 Zn 的富集比较
Wetland moss plants of heavy metal ion concentration of Zn

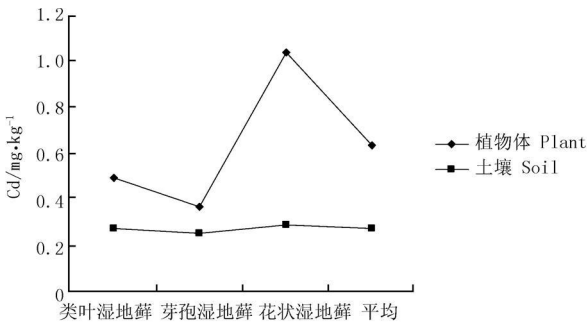


图2 湿地藓属植物对重金属离子镉 Cd 的富集比较
Fig. 2 Wetland moss plants of heavy metal ion concentration of Cd

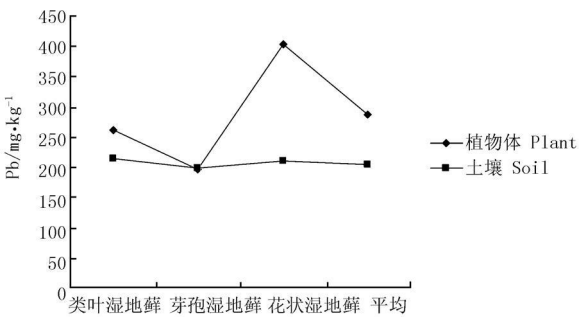


图3 湿地藓属植物对重金属离子铅 Pb 的富集比较
Fig. 3 Wetland moss plants of heavy metal ion concentration of Pb

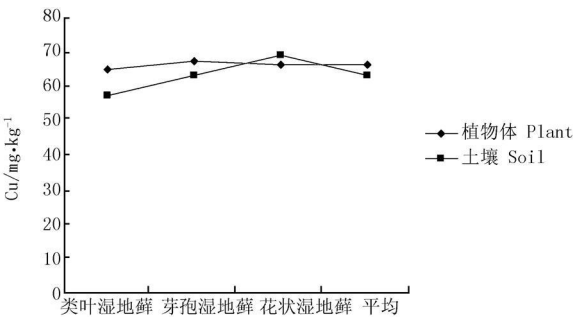


图4 湿地藓属植物对重金属离子铜 Cu 的富集比较

Fig. 4 Wetland moss plants of heavy metal ion concentration of Cu

2.2 土壤样品中重金属含量

根据土壤样品的重金属含量浓度(表 2), 对比国家环保总局颁布的《土壤环境质量标准 (GB15618-1995)》^[10] 发现 $Cu(\leq 400\text{ mg/kg})$ 、 $Zn(\leq 500\text{ mg/kg})$ 、 $Cd(\leq 0.30\text{ mg/kg})$ 、 $Pb(\leq 500\text{ mg/kg})$, 土壤基本没有地受到重金属污染。

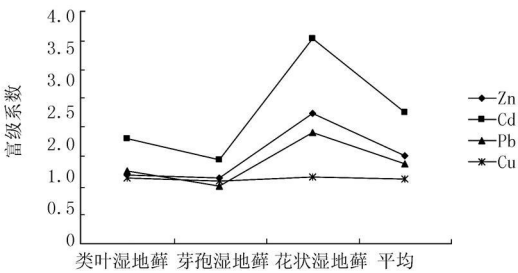


图5 湿地藓属植物对不同重金属离子的富集能力(富集系数)比较

Fig. 5 Wetland moss plants grow in different heavy metal ion concentration of enrichment ability (Enrichment coefficients)

2.3 植物体与土壤重金属含量的关系分析

将 4 种重金属元素在植物体及土壤中的含量进行对比, 进行富集能力的研究(表 2), 表明丛藓科湿地藓属植物具有明显的重金属富集能力, 其体内的平均含量为土壤含量的 1~3 倍不等。并且对同一种苔藓而言, 不同的重金属元素在体内的富集效果也不同, 总体看来镉元素的富集能力最强, 铜元素富集能力最弱(图 2、4)。不同植物体对同一种金属离子的累积能力也不同(图 5)。尖叶湿地藓、花状湿地藓、芽孢湿地藓均采集于河北省邢台县云梦山, 但对重金属的积累能力有显著性差异, 花状湿地藓对镉的富集能力最强(表 2、图 5), 苔藓植物的种间差异早已成为了影响监测试验敏感度的一个

主要的影响因素。一些试验研究结果说明,不同种苔藓植物对重金属污染敏感度及富集能力不同。Folkeson^[1]研究发现,即使在同一块样地内,不同种类的苔藓植物体内所富集的重金属物质含量也有一定区别。许多研究均已证实,生长基质能够影响苔藓植物对环境污染物的敏感度及富集能力。一般来讲,从基质状况来对大气污染敏感度强弱进行分类,其敏感度从土生到石生再到树干附生呈递增趋势^[2]。Φkland 等^[3]证明苔藓组织中重金属元素 Cd 的含量受其基质土壤营养状况影响严重。苔藓植物对于生长基质中的元素具有一定的吸收和同化作用,而生长基质对于苔藓植物监测的敏感性和富集污染物的能力也存在一定影响^[4]。黄朝表等研究发现,浙江金华土壤环境背景值的差异造成同样地苔藓植物体内重金属含量差异极大,认为苔藓植物的重金属富集能力受土壤基质影响明显^[15]。但是,也有研究者认为,由于苔藓植物结构简单,仅有假根,并且近轴端腐烂,不能与基质表面接触,导致苔藓植物体富集重金属物质的能力受土壤基质的影响较小,因而认为其植物体内重金属物质主要来源于大气沉降。还有研究表明,苔藓植物富集重金属的能力与雨水径流、植物生物量、生长速率、含水量、pH 值变化、生长季节等因素有关。

该试验证明了苔藓植物丛藓科湿地藓属植物对重金属具有富集能力,不同植物富集不同重金属的能力各不相同,且与其生长的基质有一定的相关性,但苔藓植物体内重金属含量与土壤基质中重金属的关系还应进一步研究。今后还应进一步研究重金属在苔藓体内的吸附、运转及代谢过程,从生理生化角度对苔藓植物与重金属污染物以及土壤的关系进行深入研究。

参考文献

[1] 吴鹏程. 苔藓植物生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-328.

- [2] 彭纪鹏, 卢龙. 苔藓植物在环境中的监测指示作用 [J]. 江西科学, 2008, 26(3): 479-483.
- [3] 于淑玲. 丛藓科 3 种苔藓植物原丝体发育特征分析 [J]. 江苏农业科学, 2010(3): 433-435.
- [4] Ferná ndez J A, Aboal J R, Couto J A, et al. Moss bioconcentration of trace elements around a Fe-Si smelter: Modeling and cellular distribution [J]. Atmos. Environ. 2004, 38(26): 4319-4330.
- [5] 王学礼, 马祥庆. 重金属污染植物修复技术的研究进展 [J]. 亚热带农业研究, 2008, 1: 100-105.
- [6] 唐伟斌, 赵建成. 冀南云梦山苔藓植物区系 [J]. 广西植物, 2005, 25(3): 201-205.
- [7] 杭州大学化学与分析化学教研室. 分析化学手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1997: 1-308.
- [8] Shaw J E, Jules S, Beer S C. Effects of metals on growth morphology and reproduction of *Ceratodon purpureus* [J]. Bryologist, 1991, 94(3): 270-279.
- [9] Kapur A, Chopra R N. Effects of some metal ions on protonemal growth and bud formation in the moss *Timmia lanomala* grown in aseptic cultures [J]. J. Hattori Bot. Lab. 1989, 66: 283-298.
- [10] 国家技术监督局. 土壤环境质量标准 (GB15618-1995) [M]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [11] Folkeson L. Interspecies calibration of heavy metal concentrations in nine mosses and lichens: Applicability to deposition measurement [J]. Water Air Soil Poll. 1979, 11: 253-260.
- [12] 崔明昆. 附生苔藓植物对城市大气环境的生态监测 [J]. 云南师范大学学报, 2001, 21(3): 54-57.
- [13] Φkland T, Φkland R H, Steinnes E. Element concentrations in the boreal forest moss *Hylocomium splendens* variation related to gradients in vegetation and local environmental factors [J]. Plant Soil. 1999, 209: 71-83.
- [14] Bargagli R. The elemental composition of vegetation and the possible incidence of soil contamination of samples [J]. Sci. Total Environ. 1995, 176: 121-128.
- [15] 黄朝表, 郭水良, 李海斌. 浙江金华市郊苔藓植物体内重金属离子含量测定与分析 [J]. 上海交通大学学报 (农业科学版), 2004, 22(3): 231-236.

Study on Indicate Action of Pottiaceae Marsh Moss Genus Plants to Environment

ZHU Xiu-min

(Xingtai University, Xingtai, Hebei 054001)

Abstract: Choose Cu, Zn, Cd, Pb and other metal element for nutrition indicators enriched, determination the content of heavy metal in the pottiaceae hyophila plants of the Yun Meng mountain of Hebei province Xingtai county and the soil and analyzed. The results showed that the tonalin it had great absorption capacity of the pottiaceae hyophila of anthogram marsh moss, acutifoliate marsh moss, spore marsh to moss to Cu, Zn, Cd, Pb, the heavy metal element in the plants was heavy oil, it had enrichment ability to heavy metal, it was different that enrichment ability to heavy metal for different plants, it was relation to that matrix for acervate.

Key words: bryophytes; pottiaceae; heavy metal; electric potential stripping method; nutrition enrich