

几种苔藓植物对五种重金属富集能力的比较

朱秀敏, 王僧虎, 李 丽

(邢台学院, 河北 邢台 054001)

摘 要:采用原子吸收光谱法,对 5 种不同苔藓植物体内的 Cu、Pb、Zn、Cr、Cd 5 种重金属元素含量进行测定。结果表明:不同种类的苔藓植物对同一种重金属富集能力不同,同种苔藓植物对不同种类重金属富集能力也不相同,其中真藓科丛生真藓和绢藓科的绢藓可以作为一种良好的重金属检测环境指示生物进一步研究。

关键词:苔藓;重金属;富集能力;原子吸收光谱法

中图分类号:S 682.39 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)23-0088-03

环境重金属污染是当今面积最广、危害最大的环境污染之一。苔藓植物(Bryophytes)是高等植物中最原始的类群,具有分化程度低、结构简单、富集能力强、易对污染因子作出反应等优点。苔藓植物作为一类对环境污染反应敏感的指示植物在世界各国得到广泛使用^[1-2],常被用来监测环境中重金属污染物质及污染程度的变化^[3]。苔藓植物可以较好地指示大气中的污染物来源,用苔藓植物指示城市环境质量及其变化是一种简便实用的方法^[4]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2010 年 10 月 8 日采集于河北省邢台沙河市秦王湖风景区海拔 800 m 高处阴坡处。同时,按标准采样法^[5]收集样品的生长基质作为样品进行分析比较。经过鉴定,得到 5 种藓类分别是真藓科丛生真藓(*Bryum caespitium*)、绢藓科绢藓(*Entodon cladorrhizans*)、绢

藓科细绢藓(*Entodon girldii*)、绢藓科密叶绢藓(*Entodon compressus*)、丛藓科四川湿地藓(*Hyophila setchuanica*)。

仪器:TAS-990 火焰型原子吸收仪器(北京普析通用);纱布、烘干机、烧杯、表面皿、烧杯、研钵、蒸发皿、玻璃棒、真空抽滤机、25 mL 容量瓶;HClO₄ 和 HNO₃ 均为优级纯、蒸馏水。

1.2 试验方法

将处理样品时所用的所有玻璃器皿用硝酸浸泡 24 h 清洗和消毒。

1.2.1 植物样品处理 用蒸馏水冲洗样品 3~5 次,洗去附于植物体上的泥土和浮尘颗粒,清洗后,用洁净的纱布将样品上的水吸干,用表面皿盖上,放入干燥箱烘干 8~10 h,然后用陶瓷研钵研碎,洁净密封保存。

1.2.2 土壤样品处理 将土壤基质样品除杂,用陶瓷研钵研磨,用土壤筛(<1 mm)筛过后,至于 90℃ 恒温烘箱中干燥至恒重,密封于干燥器中。

1.2.3 样品硝化 称取各种苔藓植物和土壤样品各 0.5 g,用 1:4 HClO₄ 和 HNO₃ 混合溶液浸泡 48 h,进行“湿法灰化”,此过程中轻摇几次以期与混合酸充分接触使“灰化”效果更好^[6]。然后,用真空过滤器过滤,将滤液

第一作者简介:朱秀敏(1966-),女,硕士,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

收稿日期:2012-08-27

Abstract: Putting the *Tagetes patula* seeds which was conducted by 0 (CK), 2, 4, 8, 12 g/L these five different concentrations of NaCl solution into (25±1)℃ light incubator to do a salt stress experiment, and the germination rate, germination potential, germination index, the fresh weight of index and other indexes were determined. The results showed that comparing to the condition of when the NaCl solution was 12 g/L, the germination was only 13.15%, which stated that the fresh weight of index and low concentration of salt solution could promote seed germination, and the high concentration of salt solution would postpone seed germination. When the concentration of NaCl solution was higher than 2 g/L, the seed germination potential decreased obviously. With the increasing of the NaCl concentration, the *Tagetes patula* seeds' germination rate, the germination potential, germination index and other indexes had a obvious trend of decreasing, while the average germination time would extend as the NaCl solution concentration increased.

Key words: *Tagetes patula*; salt stress; seed germination

在调温电热板上进一步消煮,至溶液刺鼻气味消失并白烟干净后停止硝化。冷却后,加蒸馏水稀释定容于 25 mL 容量瓶。

1.3 项目测定

采用原子吸收光谱法对真藓科丛生真藓、绢藓科绢藓、绢藓科细绢藓、绢藓科密叶绢藓、丛藓科四川湿地藓植物体及土壤中 Cu、Pb、Cd、Zn、Mn 5 种重金属元素的含量进行测定。依据公式重金属富集系数(C)=植物体内某金属元素的平均含量/植物体生长的土壤基质中某金属元素的平均含量,对苔藓植物的金属富集能力进行比较分析。当 $C \geq 3$ 时,表示强烈富集;当 $1.5 \leq C < 3$ 时,表示相对富集;当 $0.5 \leq C < 1.5$ 时,表示二者属同一水平;当 $0.1 \leq C < 0.5$ 时,表示相对贫乏; $C < 0.1$ 时,表示强烈贫乏^[7-8]。

2 结果与分析

2.1 藓类植物体内重金属含量比较

由图 1 及表 1 可知,Cu 的含量范围为 0.310~0.624 $\mu\text{g/mL}$,吸附能力最强的是真藓科丛生真藓,其次是绢藓科绢藓,其体内的 Cu 含量分别为绢藓科密叶绢藓、丛藓科四川湿地藓的 1.5~2 倍,同时,同是绢藓科的绢藓、细绢藓、密叶绢藓也有明显的差异。Pb 元素在 5 种苔藓中的含量为 0.624~2.093 $\mu\text{g/mL}$,富集能力最强的是真藓科丛生真藓,它体内的 Pb 含量约是其它苔藓的 2~4.1 倍。Cd 元素的富集能力显著,含量是 0.011~0.057 $\mu\text{g/mL}$,真藓科丛生真藓对 Cd 的富集能力明显高于其它几种。Zn 在苔藓植物体内也具有不同的富集能力,Zn 元素含量范围是 0.349~1.057 $\mu\text{g/mL}$,在各种藓类中真藓科丛生真藓同样也是富集能力最强的。Mn 元素的含量范围是 3.113~3.466 $\mu\text{g/mL}$,对 Mn 的富集能力却不及绢藓科绢藓的富集能力,真藓科丛生真藓、绢藓科绢藓、绢藓科细绢藓、绢藓科密叶绢藓、丛藓科四川湿地藓对 Mn 的含量几乎是丛藓科、尖毛口藓的 3 倍。由于苔藓植物生活在秦王湖,是地处沙河市的多矿旁边,所以对于 Mn 的含量的富集相对于别的重金属要多。真藓科丛生真藓对 Cu、Pb、Cd、Zn 4 种富集能力最强。

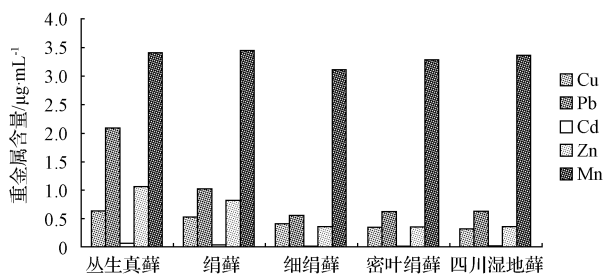


图 1 藓类植物体内 5 种重金属含量的比较

表 1 5 种苔藓植物及土壤中重金属含量的测定结果 $\mu\text{g/mL}$

样品	Cu	Pb	Cd	Zn	Mn
真藓科丛生真藓	0.624	2.093	0.057	1.057	3.409
绢藓科绢藓	0.526	1.025	0.032	0.815	3.446
绢藓科细绢藓	0.407	0.553	0.015	0.353	3.110
绢藓科密叶绢藓	0.343	0.617	0.011	0.349	3.200
丛藓科四川湿地藓	0.310	0.624	0.014	0.357	3.360
藓类平均值	0.442	0.982	0.026	0.586	3.333
土壤	0.376	1.031	0.019	0.534	1.531

2.2 藓类植物体内与土壤中重金属含量的关系

将 5 种重金属元素在 5 种苔藓植物及土壤中的含量进行对比,并进行富集能力研究(表 2 和图 2),表明苔藓植物具有明显的金属富集能力。

表 2 重金属在苔藓植物体内的富集系数比较

种类	Cu	Pb	Cd	Zn	Mn
真藓科丛生真藓	1.659	2.030	3.000	1.979	2.227
绢藓科绢藓	1.399	0.994	1.684	1.526	2.250
绢藓科细绢藓	1.140	0.563	0.789	0.661	2.033
绢藓科密叶绢藓	0.912	0.598	0.579	0.654	2.141
丛藓科四川湿地藓	0.824	0.623	0.737	0.669	2.197
平均值	1.044	0.856	1.240	0.991	1.818

注:富集系数=苔藓植物体内重金属含量/相应土壤中重金属含量。

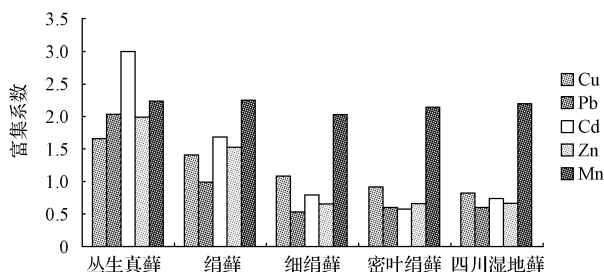


图 2 重金属在苔藓植物体内的富集系数比较

2.2.1 同种藓类植物对不同种重金属的富集 通过表 2 和图 2 分析发现,真藓科丛生真藓对 Cd 的富集能力最强,重金属富集系数 $C=3$,对 Cu、Mn、Pb、Zn 均有一定的富集能力,重金属富集系数 $1.5 \leq C < 3$;绢藓科绢藓对 Pb 的富集能力属同一水平在 $0.5 \leq C < 1.5$,对 Cu、Mn、Cd、Zn 均有一定的富集能力;绢藓科细绢藓和密叶绢藓对 Mn 有一定的富集能力,对其它重金属的富集能力较弱;丛藓科四川湿地藓对 Mn 的富集能力最强,对 Cd 的富集能力最弱;丛藓科芒尖毛口藓对 Cd 的富集能力最强,对 Mn 的富集能力最弱。通过比较分析表明,苔藓植物对重金属富集的能力很强,苔藓植物体内的重金属含量高出土壤含量的 0.477~3 倍。苔藓植物的富集基质是植物体的细胞,富集的是空气中和雨水中的重金属,但是也不排除少量的重金属富集来自土壤的表层。土

壤作为苔藓植物的生长基质对苔藓植物重金属富集能力的影响,以及苔藓植物对环境污染物的敏感度及富集能力的影响已经证实^[9]。有研究发现,苔藓植物的重金属富集能力受土壤基质影响明显^[10],浙江金华土壤环境背景值的差异造成不同样地苔藓植物体内重金属含量差异极大。但是,也有研究认为苔藓植物结构简单,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,从而使得苔藓植物对大气重金属污染富集、检测作用优于依赖根吸收的种子植物^[10]。

2.2.2 不同藓类植物对同种重金属的富集 通过表2和图2分析发现,植物体中Cu的富集系数平均1.659~0.824,Pb的富集系数平均是0.477~2.030,但是除了真藓科丛生真藓平均富集系数是2.030,而其它物种的富集系数都小于1,对于同是绢藓科的3种藓类来说,它们的含量比值差值较小;对于Cd元素来说,只有真藓科丛生真藓的富集系数是3,真藓科丛生真藓是绢藓科绢藓的2倍,而这2种藓类分别约是其它4种的1.5倍和2倍,但是对于同是绢藓科的3种藓类都具有很大的差异,几乎为3倍,说明即使是同科苔藓不同属对于同种重金属的吸附能力具有显著差异。Zn元素的富集系数对比除了真藓科丛生真藓和绢藓科绢藓外,其它3种的富集系数相差不大,前二者是后三者的1.5~2倍;而Mn元素在体内的富集系数相差不大。

3 结论与讨论

该试验结果表明,真藓科丛生真藓和绢藓科绢藓对于5种重金属的富集能力大于其它藓类富集能力的平均值,所以这2种的富集能力比较强,尤其是真藓科丛

生真藓对Cd的富集,富集系数为3,因此,真藓科丛生真藓和绢藓科绢藓可以用作环境指示生物进一步研究。同为绢藓科的3个不同属中,各种重金属在绢藓属的含量大于另外2个属,细绢藓属和密叶绢藓属的富集能力却相差很少,更加证明了同科中不同的属对于相同的重金属富集能力是不同的。

对于样品的采集点秦王湖风景区及其周边的环境的监测,以及秦王湖风景区周边城市(秦王湖风景区位于河北省沙河市西部山区,距沙河市约40 km,距邯郸市、邢台市分别为60 km和50 km,有裕石公路从湖北岸穿过)与检测地点的距离之间的关系还有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] 胡人亮. 苔藓植物学[M]. 北京:高等教育出版社,1985:465.
- [2] 高谦,曹同. 苔藓植物对西南部分地区大气污染(包括酸雨)的指示意义的初步研究[J]. 应用生态学报,1992,3(1):81-89.
- [3] 陈彤,王江,张崇邦. Pb/Zn尾矿上3种苔藓植物对重金属富集能力的比较[J]. 安徽农业科学,2009,37(18):8666-8668.
- [4] 郭宇,游钦,张欣. 矿山环境中苔藓植物重金属元素的地球化学特征[J]. 地质科技情报,2009,28(4):121-126.
- [5] 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.
- [6] 安丽,曹同,俞膺浩. 不同苔藓植物对重金属富集能力的比较[J]. 上海师范大学学报(自然科学版),2006,35(6):66-69.
- [7] 陈彤,王江,张崇邦. Pb/Zn尾矿上3种苔藓植物对重金属富集能力的比较[J]. 安徽农业科学,2009,37(18):8666-8668.
- [8] 陈代演,邹振西,任大银. 地质植物法在黔西南滥木厂铀(汞)矿床的初步应用[J]. 贵州工业大学学报,2000,29(5):32-38.
- [9] 朱秀敏. 丛藓科植物重金属含量对环境的指示作用[J]. 安徽农业科学,2010(33):27-30.
- [10] 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.

Several Species of Bryophytes Heavy Metal Accumulation

ZHU Xiu-min, WANG Seng-hu, LI Li
(Xingtai University, Xingtai, Hebei 054001)

Abstract: By atomic absorption spectrometry, on the five different lake native bryophytes body of Cu, Pb, Zn, Cr, Cd contents of five heavy metals were determined. The results showed that the different types of species of bryophytes had a different accumulation ability of heavy metal, the same species of bryophytes accumulation ability was not the same, among which *Bryum caespitium* and *Entodon cladorrhizans* could be used as a good environment for heavy metal detection of environment for further study.

Key words: bryophytes; heavy metals; enrichment capacity; atomic absorption spectrometry