

# 几种菊科植物对矿区土壤重金属的吸收研究

李庚飞

(渭南师范学院 化学与生命科学学院, 陕西 渭南 714000)

**摘要:**以潼关县黄金生产区及附近菊科植物(金盏银盘、叉枝蒿和白蒿)为研究对象,采用火焰原子吸收光谱法对其铜、镉和锌等重金属含量进行了测定,以便确定建立人工生态系统的植物种类。结果表明:在3种植物中,金盏银盘的根对Cu的吸收效果最好,其值为98.58 mg/kg,叶片对Zn的吸收效果较好,茎对Cd的吸收效果最好,且金盏银盘地上部分对Cd的富集能力达到405.9 mg/kg。

**关键词:**菊科;重金属;金矿

**中图分类号:**S 682.1<sup>+</sup>9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2012)06-0072-03

随着城市化进程的加快及工业的发展,尤其是采矿业的发展,大量未经处理的城市垃圾、工业排放的废水及大气沉降物不断进入土壤,使环境中重金属污染日趋严重<sup>[1]</sup>。由于土壤重金属污染具有隐蔽性、长期性、累积性、不可逆性等特点<sup>[2-3]</sup>,导致土壤重金属污染治理困难,已经成为我国乃至全球面临的重大环境问题,2011年全国环境保护工作会议指出,国务院已经批复《重金属污染综合防治“十二五”规划》,可见,重金属污染的防治将是未来我国环境保护工作的重点。长期以来国内外学者对重金属污染治理进行了大量研究,取得了一定的治理效果,但目前传统的物理化学方法投资昂贵,修复成本极高,很难大面积推广应用<sup>[4-5]</sup>。在这种背景下重金属污染人工生态修复技术应运而生,为重金属污染土壤的治理提供了新途径<sup>[6]</sup>。而人工生态修复的重点是植物的筛选,现对金矿排水沟周围植物进行调查,在室内进行重金属含量测定,寻找各种重金属的超富集植物,为矿区建立人工生态系统处理重金属做准备。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

于2011年10月,在潼关县桐峪镇金矿废水沟周围选取生长期接近的3种植物样品(金盏银盘、叉枝蒿和白蒿)为试材。

### 1.2 试验方法

将采集回的植物标本按照种类分开,并将每种植物的根、茎、叶分别用蒸馏水洗干净,置于105℃恒温箱中2 h

烘干,用FW80-微型高速万能试样粉碎机粉碎成粉末状,将其置于干净的袋子里并贴上标签。分别称取粉碎后的每种植物的根、茎、叶1 g左右,将其转至50 mL的锥形瓶中,并分别加入30 mL的消解液,过夜。第2天将加入消解液的锥形瓶置于可调电炉上恒温加热,至锥形瓶内的液体剩余3 mL左右,再加入5 mL的浓HNO<sub>3</sub>,继续加热直至锥形瓶内出现白色粘稠状固体时停止加热。待其冷却后,用蒸馏水将其分别定溶至25 mL,定溶后溶液为待测液,并用(1+99)HNO<sub>3</sub>作为对照。

### 1.3 指标测定

1.3.1 仪器工作条件 各元素采用空气-乙炔火焰原子吸收光谱法进行测定,仪器的工作条件参数见表1。

表1 各元素的仪器工作参数

元素	波长/nm	狭缝/nm	灯电流/A	负高压/MP
Cd	228.8	0.4	3	0.25
Zn	213.9	0.4	3	0.25
Cu	324.7	0.4	3	0.25

1.3.2 标准曲线绘制 将3种金属元素的标准储备溶液稀释,分别配制成标准系列溶液,根据仪器条件进行测定,元素的曲线线性关系良好,回归方程和相关系数见表2。

表2 线性方程及相关系数

元素	线性方程	相关系数
Cu	$y=0.0131x+0.0004$	0.999
Cd	$y=0.0438x-0.0003$	0.999
Zn	$y=0.0077x-0.0555$	0.997

### 1.4 富集系数计算方法

富集系数是指植物中某污染物含量占土壤中该污染物含量的百分比,计算公式为 $K=C_a/C_s$ 其中: $C_a$ 为受检植物体内某种重金属元素的残留量; $C_s$ 为受检植物所在土壤环境中重金属的实测浓度; $K$ 值大小表明受检植物对环境中重金属的富集能力,富集系数越大,则植

**作者简介:**李庚飞(1978-),女,内蒙古通辽人,硕士,讲师,现主要从事园艺植物生物学等研究工作。

**基金项目:**陕西省教育厅科研资助项目(11JK0763)。

**收稿日期:**2011-12-19

物越易从土壤中吸收该元素,即该元素的迁移性越强。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物体内各部分重金属含量分析结果

植物体内各部分重金属含量分析结果见表3。

表3 植物各部分及根际土壤重金属浓度平均值及其富集系数的比较

植物种类	重金属	根际土壤 中重金属 质量浓度 平均值 /mg·kg <sup>-1</sup>	根中重金 属质量浓 度平均值 /mg·kg <sup>-1</sup>	茎中重金 属质量浓 度平均值 /mg·kg <sup>-1</sup>	叶中重金 属质量浓 度平均值 /mg·kg <sup>-1</sup>	K <sub>i</sub>		
						K <sub>根</sub>	K <sub>茎</sub>	K <sub>叶</sub>
金盏银盘	Cu	145.3	98.58	20.14	41.31	0.6783	0.1385	0.2842
	Cd	73.00	25.12	386.5	19.47	0.3441	5.2940	0.2667
	Zn	1 895	375.8	623.9	1 083	0.1982	0.3292	0.5716
叉枝蒿	Cu	145.3	50.83	30.65	52.59	0.3497	0.2108	0.3618
	Cd	73.00	7.816	13.31	19.96	0.1071	0.1824	0.2734
	Zn	1 895	558.1	702.8	822.0	0.2945	0.3709	0.4337
白蒿	Cu	145.3	20.19	10.73	41.34	0.1389	0.0738	0.2845
	Cd	73.00	6.953	5.859	0.1704	0.0952	0.0803	0.0023
	Zn	1 895	422.8	590.5	635.0	0.2231	0.3116	0.3351

### 2.2 不同植株体内重金属含量及富集系数比较

不同植株体内重金属含量及富集系数比较见表4。由表4可知,金盏银盘对Cu和Cd 2种重金属的吸收效果最好,对重金属富集能力的大小表现为金盏银盘>叉枝蒿>白蒿的趋势。其中金盏银盘对Cd的吸收能力最强,体内浓度达到436.02 mg/kg,富集系数达到5.973,金盏银盘对上述3种重金属的吸收能力依次为: Cd>Cu≈Zn。叉枝蒿对Zn的吸收能力最强,体内浓度达到2 144 mg/kg,其富集系数达到1.132 mg/kg,对重金属的吸收能力依次为 Zn>Cu>Cd。白蒿相对于金盏银盘和叉枝蒿的吸收能力要弱,Zn和Cu在体内的浓度分别为1 657 mg/kg和72.69 mg/kg,Cd的吸收能力最弱,只有13.07 mg/kg。

表4 3种重金属含量及富集系数的比较

种类	含量/mg·kg <sup>-1</sup>			K <sub>i</sub>		
	Cu	Cd	Zn	K <sub>Cu</sub>	K <sub>Cd</sub>	K <sub>Zn</sub>
金盏银盘	161.2	436.0	2 099	1.109	5.973	1.108
叉枝蒿	138.1	42.18	2 144	0.9501	0.5778	1.132
白蒿	72.69	13.07	1 657	0.5002	0.1791	0.8747
土壤	145.3	73	1 895			

### 2.3 不同植株不同组织中重金属含量的比较

由图1可知,金盏银盘的根对Cu的吸收是3种植物不同组织中吸收效果最好的器官,其值为98.58 mg/kg,叉枝蒿、白蒿的各个器官及金盏银盘的茎和叶对Cu的吸收效果一般,吸收范围在20~50 mg/kg附近波动,而白蒿茎的吸收效果最差,其值为10.73 mg/kg。由图2可知,金盏银盘的叶片对Zn的吸收是3种植物不同组织中吸收效果最好的器官,其值为1 083 mg/kg,叉枝蒿和白蒿的叶片对Zn的吸收效果也比根和茎效果好,对于3种植物各器官吸收效果比较结果为:叶片>茎>根。由图

3可知,金盏银盘的茎对Cd的吸收是3种植物不同组织中吸收效果最好的器官,且吸收效果明显高于其它2种植物,其值为386.5 mg/kg,富集系数达到5.973 mg/kg,叉枝蒿和白蒿对Cd的吸收效果一般,其值在1~20 mg/kg附近波动,而白蒿的叶片对Cd几乎没有吸收,其值仅为0.1704 mg/kg。

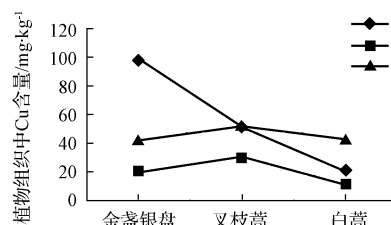


图1 不同植株体内各器官中Cu含量的比较

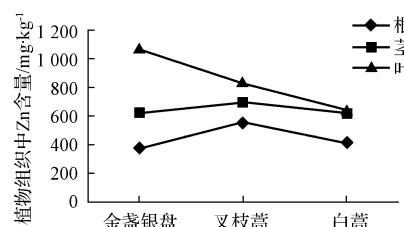


图2 不同植株体内各器官中Zn含量的比较

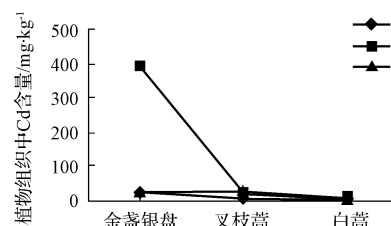


图3 不同植株体内各器官中Cd含量的比较

## 3 结论与讨论

根据Brooks R<sup>[7]</sup>对超富集植物的定义,植物的地上部分(DW)能富集100 mg/kg的Cd,1 000 mg/kg的Pb、Cu、Ni和10 000 mg/kg的Zn,则称之为超富集植物。该研究3种植物中,金盏银盘的地上部分对Cd的富集能力达到405.91 mg/kg>100 mg/kg。因此金盏银盘可以称之为超富集植物(对Cd),叉枝蒿和白蒿重金属的含量则远低于这一标准。对矿区进行人工生态修复,筛选修复植物时,金盏银盘可以作为首选植物,叉枝蒿对Zn也具有相对较高的吸收能力,也可作为矿区生态修复的植物之一。

### 参考文献

- [1] Dan T V. Phytoremediation of metal contaminated soils: metal tolerance and metal accumulation in *Pelargonium* sp. [D]. Guelph: The University of Guelph, 2001.
- [2] 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 1-35.
- [3] 周启星, 宋玉芳. 污染土壤修复原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 316-320.

# GC-MS 法测定杨树叶中挥发性物质研究

朱敬芳, 周永斌

(沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:**采用 GC-MS 方法分析用水蒸气蒸馏法提取的杨树叶中的挥发性物质。结果表明:杨树叶共检测出 28 种挥发性化合物,包括烷烃类、烯烃类、酚类、酯类、萜类、酮类、醛类、酸类、胺类、抗氧化剂 BHT。其中除一些常见的烷烃类外还有 14 种化合物,其中酚类有 3 种,分别是苯酚、对乙烯基愈疮木酚、丁香酚;酯类有 3 种,分别是苯甲酸叶醇酯、棕榈酸乙酯、亚麻酸乙酯;1,2-环己二酮;2-羟基苯甲醛;萜类物质叶绿醇;Nonahexacontanoic acid;1-十九烯;2,6-二叔丁基对甲酚;还有 1-溴二十二烷和邻异丙基苯胺。这些挥发性物质中的丁香酚、苯酚、亚麻酸乙酯等对杨树的抗病性起一定作用。

**关键词:**杨树;水蒸气蒸馏法;挥发性物质;GC-MS

**中图分类号:**S 792.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)06-0074-03

杨树为杨柳科(Salicaceae)杨属(*Populus* L.)高大乔木,是我国重要的速生树种,在我国种植的大约就有 50 多种。随着科技的发展,人们对杨树全树的开发利用进行了全方位的研究,并取得了显著的进展,也提出了杨树周身是宝的说法<sup>[1-2]</sup>。对杨树叶的生理生化指标方面的研究不少,其中有测定杨树叶片中蛋白质含量的变化的<sup>[3]</sup>、内源激素变化的<sup>[4]</sup>、总酚与黄酮类次生代谢物含量

变化的<sup>[5]</sup>等。目前从整体出发,系统地、全面地研究杨树中所有的小分子物质方面的研究还比较欠缺<sup>[6]</sup>。虽然有用气相色谱-质谱仪分析杨树树皮中的挥发性物质及酚类化合物<sup>[7-8]</sup>、有机溶剂提取杨树芽中溶性物质<sup>[9]</sup>、杨树木醋液化学成分<sup>[10]</sup>,但目前用气相色谱-质谱仪测定杨树叶中的所有小分子物质方面的研究还比较少。现采用气相色谱质谱仪分析杨树叶片中的小分子物质,旨在找出何种小分子化合物对杨树抗病性起作用。近年来随着杨树种植面积的不不断扩大,由栅锈菌属(*Melampsora* Cast)引起的杨树锈病的蔓延日趋严重。感染锈病的叶片背面呈现黄色的粉堆,严重时形成大片的枯斑,严重影响叶片正常的生长,还会造成叶片提前

**第一作者简介:**朱敬芳(1987-),女,在读硕士,研究方向为森林培育。E-mail:zhujingfang2008@163.com。

**责任作者:**周永斌(1970-),女,博士,教授,现主要从事森林生态学的教学与研究工作。E-mail:yyzyb@163.com。

**收稿日期:**2011-12-21

[4] 韩照祥.植物修复污染水体和土壤的研究进展[J].水资源保护,2007,23(1):9-12.

[5] 张建梅.植物修复技术在环境污染治理中的应用[J].环境科学技术,2003,26(6):55-57.

[6] 魏树和,周启星.重金属污染土壤植物修复基本原理及强化措施探讨[J].生态学杂志,2004,23(1):65-72.

[7] Brooks R R. Plants that hyperaccumulate heavy metals[M]. Wallingford: CAB International, 1998.

## Study on the Contents of Heavy Metals in Several Compositae Plants in Gold Area

LI Geng-fei

(College of Chemical and Life Sciences, Weinan Teachers University, Weinan, Shanxi 714000)

**Abstract:** Taking 3 Compositae plants, *Bidentis bipinnate*, *Artemisia divaricata* and *Artimisiae sieversianae* around the gold area as test materials, the contents of the heavy metals such as Cu, Cd and Zn were determined. The results showed that the root of *Bidentis bipinnate* had the highest contents of Cu and it was 98.58 mg/kg, and the leave of *Bidentis bipinnate* had the highest contents of Zn, and stalk of *Bidentis bipinnate* had the highest contents of Cd. Overground part of *Bidentis bipinnate* had a strong absorptive capacity for Cd, and it was 405.9 mg/kg.

**Key words:** Compositae; heavy metal; gold area