

祝云龙,孙小舟,胡亚辉.大通湖及东洞庭湖菱蒿中重金属元素的含量特征[J].江苏农业科学,2014,42(2):248-250.

# 大通湖及东洞庭湖菱蒿中重金属元素的含量特征

祝云龙<sup>1</sup>,孙小舟<sup>1</sup>,胡亚辉<sup>2</sup>

(1.湖北文理学院地理科学系,湖北襄阳 441053; 2.河南省许昌环境工程研究有限公司,河南许昌 461000)

**摘要:**菱蒿是洞庭湖区分布广泛且有重大经济价值的食用作物,并且是大通湖及东洞庭湖区的主要水生植物。研究发现,洞庭湖区菱蒿的主要污染物是镉,其次是砷、铅、汞,东洞庭湖区菱蒿根、茎叶中镉的含量分别是国家农产品安全限量标准的25.4~47.6、18.6~37.6倍。菱蒿对重金属镉、铅、汞、砷的富集能力较强,且在同一植物的不同器官中对重金属的吸收富集能力有明显的差异,一般为根部大于茎叶部。

**关键词:**菱蒿;重金属;富集作用;含量特征

**中图分类号:**X835 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2014)02-0248-02

菱蒿(*Artemisia selengensis*)别称藜蒿、芦蒿、水艾、水蒿等,为菊科蒿属多年生草本植物,分布范围较广,主要生长在低洼潮湿的水沟边以及山坡、荒滩、沼泽淡水湖草滩地,其风味独特,营养丰富,富含多种生理活性物质和多种微量元素,具有较高的药用价值与食用价值。但菱蒿也是一种富集镉的植物,其食用部分镉的富集量基本与土壤中的镉含量接近<sup>[1]</sup>。

由于重金属元素具有难降解、易积累、毒性大<sup>[2]</sup>等特点,因此植物组织中的重金属含量与周边环境中的重金属元素的含量呈正相关关系。植物组织中的很多元素含量是周边环境中的几十甚至是上百倍<sup>[3]</sup>,并通过食物链的迁移和转化,最终对人的生命健康构成危害,如镉在人体内可长期滞留,半衰期长达40年,有致癌和致畸作用;砷会在人体的肝、肾、肺、骨骼、肌肉等部位积蓄,引起慢性中毒,进而导致神经系统、血液系统、消化系统受损,诱发皮肤癌、肺癌等疾病,潜伏期可长达几年至几十年;铅对肾脏和肝脏均有损害作用;汞不但能引起肾脏疾病,还能引起慢性中毒<sup>[4-5]</sup>。因此,选取人们经常食用的莲藕和菱蒿作为研究对象,通过分析植物体内的重金属含量,不但可以指示环境中的重金属含量,还可以为人们的食物提供品质参考,而且可以为采用改变种植模式来修复沉积物中的重金属污染提供依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 样品的采集

选择大通湖区、东洞庭湖南区、东洞庭湖北区3个具有代表性的采样区,于2005年11月进行采样,采集菱蒿的茎叶、根及根部周边的沉积物。菱蒿用不锈钢刀采集,沉积物放入聚乙烯塑料袋中密封并低温保存,带回实验室后立即进行预处理。

### 1.2 样品的处理和分析

将菱蒿根、茎叶分别用自来水冲洗干净,再用去离子水冲洗后剪碎,在80℃条件下烘干至恒重。称取5.00g样品于250mL三角烧杯中,分别加入5mL HClO<sub>4</sub>、20mL HNO<sub>3</sub>、2.5mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(50%),放置数小时后置于电热板上加热,若溶液变为棕色,应补加HNO<sub>3</sub>使有机物分解完全,冷却后加15mL水,再加热至冒白烟,定容。采用石墨炉原子吸收分光光度法测定植物样品中的镉、铅含量,采用非色散原子荧光光度法测定植物样品中的砷含量。称取1.00g左右的样品于聚四氟乙烯管中,加2~4mL HNO<sub>3</sub>浸泡过夜,再加2~3mL 30%过氧化氢。盖好内盖、旋紧不锈钢外套后放入恒温干燥箱中,于120~140℃保持3~4h,在箱内自然冷却至室温后将消化液全部洗入容量瓶中,定容至刻度后混匀备用。用冷原子吸收光谱法测定菱蒿样品中的总汞含量。

测定镉、铅所用的仪器为220FS 200Z型原子吸收分光光度计,检测限分别为0.01、0.2μg/L;测定铅、砷的仪器为AF-610A-2500型原子荧光光谱仪,检测限分别为0.001、0.02μg/L。

## 2 结果与分析

### 2.1 大通湖及东洞庭湖菱蒿中重金属元素的含量特征

从图1、表1中可以看出,东洞庭湖北区和南区菱蒿根中镉的平均含量分别为2.38、1.27mg/kg,分别是国家对农产品中重金属安全限量标准的47.6、25.4倍;并且北区菱蒿根中镉的含量是南区的1.87倍。由图2可以看出,东洞庭湖北区、南区菱蒿茎叶中的镉含量分别为1.88、0.93mg/kg,分别是国家对农产品中重金属安全限量标准的37.6、18.6倍;北区菱蒿茎叶中镉的含量是南区的2.02倍。由此可以看出,东洞庭湖北区菱蒿根、茎叶中的镉含量是东洞庭湖南区的1.9倍,菱蒿根中镉的含量是茎叶的1.3倍,说明东洞庭湖北区比南区的镉污染严重。

东洞庭湖北区、南区菱蒿根中铅的平均含量分别为9.05、4.34mg/kg,分别是国家对农产品中重金属安全限量标准的45.25、21.70倍;东洞庭湖北区菱蒿根中铅的含量是南区的2.1倍。东洞庭湖北区、南区菱蒿茎叶中铅的平均含量分别为5.24、4.36mg/kg,分别是国家对农产品中重金属安全限量标准的26.2、21.8倍;东洞庭湖北区菱蒿茎叶中铅的含量

收稿日期:20133-06-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:41151044);湖北省教育厅项目(编号:Q20122501)。

作者简介:祝云龙(1978—),男,河南太康人,博士,副教授,研究方向为湿地资源与环境。E-mail:zhylong78@163.com。

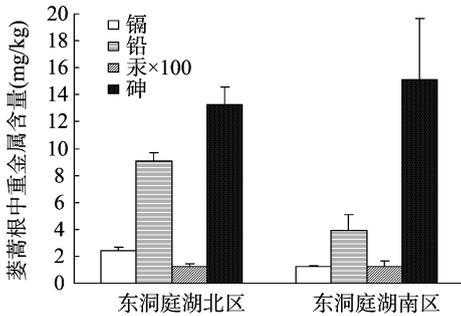


图1 不同采样点菱蒿根中的重金属含量

表 1 GB 18406.1—2001《农产品安全质量 无公害蔬菜安全要求》对农产品中重金属的限量安全要求

金属元素	含量 (mg/kg)
镉	0.05
铅	0.20
汞	0.01
砷	0.50

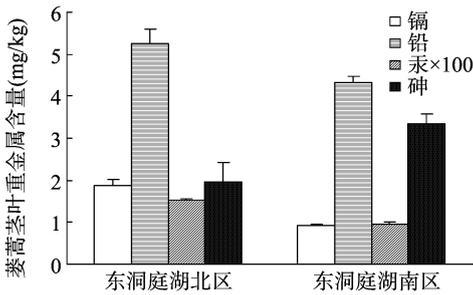


图2 不同采样点菱蒿茎叶中的重金属含量

是南区的 1.20 倍;菱蒿根中铅的平均含量是茎叶的 1.39 倍。

东洞庭湖北区、南区菱蒿根中汞的平均含量分别为 0.001 25、0.001 21 mg/kg,没有超过国家对农产品中重金属安全限量的标准,但北区菱蒿根中汞的含量仍然大于南区汞的含量;东洞庭湖北区、南区菱蒿茎叶中汞的平均含量分别为 0.001 53、0.000 96 mg/kg,也没有超过国家对农产品中重金属安全限量的标准,其中北区菱蒿茎叶中汞的含量是南区的 1.59 倍。菱蒿茎叶中汞的平均含量是根中的 1.01 倍,因此根与茎叶对汞的富集能力差异不大。

由图 1 可以看出,东洞庭湖北区、南区菱蒿根中砷的平均含量分别为 13.24、15.12 mg/kg,分别是国家对农产品重金属安全限量标准的 26.48、30.24 倍,且北区菱蒿根中砷的含量略小于南区。由图 2 可知,东洞庭湖北区、南区菱蒿茎叶中砷的平均含量分别为 1.95、3.34 mg/kg,分别是国家对农产品安全限量标准的 3.90、6.68 倍,并且南区菱蒿茎叶中砷的含量是北区的 1.71 倍;菱蒿根中砷的平均含量是茎叶中的 5.36 倍,说明根对砷的富集能力比茎叶强。

菱蒿根、茎中的重金属元素镉、铅、汞的含量为北区大于

南区,而砷的含量是南区大于北区。从菱蒿中重金属元素的含量分析结果可以看出,菱蒿能作为地区环境中重金属元素的指示植物,能有规律地反映地区环境中重金属元素的时空差异,指示信息较强。从菱蒿的指示作用可看出,镉、铅、汞的含量是北区大于南区,而砷的含量是南区大于北区,有地带性差异,这与潘静娴等得出的结论<sup>[1]</sup>是一致的。

菱蒿根对重金属镉、铅、砷的富集能力比茎叶强,但在对汞的富集能力方面,根与茎叶相差不大。这是由于根中重金属的迁移主要是在质外体中进行,所以向地上部分的转移主要受到内皮层细胞凯氏带的限制,并且在重金属的压迫下,植物会合成植物螯合肽,可以强烈地螯合重金属离子或者作为一种运输工具把过多的重金属离子从细胞质中运送到液泡中,从而保护植物的新陈代谢功能并减少重金属向地上部分迁移。植物根系在呼吸作用、根系分泌物和根际微生物活动的共同作用下,沉积物一般呈酸性和氧化性,在氧化作用下部分重金属以氧化物的形式沉淀下来,从而减少植物对重金属的进一步吸收<sup>[6]</sup>。

### 2.2 植物对重金属元素的富集作用及评价

富集系数是衡量植物对重金属积累能力大小的一个重要指标,富集系数越大,植物对重金属的富集能力越强。不同植物及同一植物的不同器官对重金属的吸收富集能力都有明显的差异。富集系数一方面反映了植物本身的富集特性,另一方面也反映了重金属在植物体内的迁移能力。本研究采用大通湖及东洞庭湖沉积物中的重金属质量分数的平均值作为背景值来估算菱蒿根和茎的富集系数,其计算公式为:

$$F = \frac{C_w}{C_p}$$

式中: $F$ 为水生植物的富集系数; $C_p$ 为植物中某元素的质量分数(干重),mg/kg; $C_w$ 为土壤中某元素的质量分数(风干重),mg/kg。

环境中的重金属含量与植物组织中的重金属含量呈正相关,植物组织中很多元素的含量是环境中的几十甚至是上百倍,因此可以通过分析植物体内的重金属来指示环境中的重金属水平。以大通湖和东洞庭湖底泥中重金属元素的平均含量<sup>[7]</sup>(洞庭湖沉积物中镉、铅、汞、砷的含量分别为 2.38、61.95、0.28、34.53 mg/kg)作为研究莲子、藕和菱蒿中重金属含量的背景浓度,计算莲子、藕和菱蒿的富集系数(表 2)。

由表 2 可知,菱蒿根对重金属镉、铅、汞、砷富集能力的排序为镉 > 砷 > 铅 > 汞;菱蒿茎叶对镉、铅、汞、砷的富集能力的排序为镉 > 铅 > 砷 > 汞。在湿生植物菱蒿中,镉、铅、砷主要积累在根部,而汞在根、茎叶中的积累量相差不大。在水生植物莲藕中,铅、砷主要积累在根部,在果实中的积累较少,镉、汞在莲子和藕中的积累程度相差不大。本试验结果表明:同一水生植物的不同器官对各种重金属的吸收富集能力有明显的差异。

表 2 菱蒿不同部位重金属的平均含量及富集系数

部位	镉		铅		汞		砷	
	平均含量 (mg/kg)	富集系数	平均含量 (mg/kg)	富集系数	平均含量 (mg/kg)	富集系数	平均含量 (mg/kg)	富集系数
菱蒿根	1.80	0.756	7.00	0.113	0.012	0.042 9	13.99	0.405 2
菱蒿茎叶	1.63	0.680	4.88	0.079	0.013	0.046 0	2.50	0.070 0

夏昊云, 乔秋菊. 微波消解-浊点萃取原子吸收光谱法测定粮食中的铜[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(2): 250-252.

# 微波消解-浊点萃取原子吸收光谱法测定粮食中的铜

夏昊云<sup>1</sup>, 乔秋菊<sup>2</sup>

(1. 南京理工大学泰州科技学院, 江苏泰州 225300; 2. 泰州疾病预防控制中心, 江苏泰州 225300)

**摘要:**建立以8-羟基喹啉(8-HQ)为络合剂、TritonX-114为表面活性剂的浊点萃取火焰原子吸收光谱法测定痕量金属铜的分析方法,对影响金属离子萃取率的主要试验条件进行优化。结果表明,在最佳条件下,该方法检出限为0.60 μg/L,相关系数为0.9986, RSD为3.1%,富集倍数为15倍。结合微波消解的预处理技术,将其应用于粮食中痕量铜(II)的测定,加标回收率为97.6%~100.8%。

**关键词:**铜;微波消解;浊点萃取;火焰原子吸收光谱法;粮食

**中图分类号:** O657.31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)02-0250-03

铜是人体必需微量元素之一<sup>[1]</sup>,对人体内分泌、造血细胞的生长都有一定的生理作用,但摄入过量也会引起多种疾病。我国国家标准中规定粮食中铜含量不得高于10 mg/kg,因此了解天然食物中含铜量对人们合理安排膳食具有重要意义。当非离子表面活性剂的水溶液加热超过某一温度时,溶液出现浑浊和相分离,这种现象称为浊点现象,此时的温度称为浊点温度。浊点萃取(cloud point extraction, CPE)以非离子表面活性剂胶束水溶液的溶解性和浊点现象为基础,通过改变试验参数引发疏水性物质和亲水性物质的分离。因为表面活性剂相的体积远小于水相,所以分析物在与基体分离的同

时也得到了一定程度的富集。与传统液-液萃取技术相比较,它不使用挥发性有机溶剂,对环境无污染<sup>[2]</sup>,满足了绿色分析发展的需要<sup>[3]</sup>。

目前测定微量铜的常见方法有分光光度法<sup>[4]</sup>、火焰原子吸收光谱法<sup>[5-7]</sup>、石墨炉原子吸收光谱法<sup>[8]</sup>、电感耦合等离子体发射光谱法<sup>[9]</sup>。火焰原子吸收光谱法操作简便、分析速度快,结合浊点萃取的预处理技术,大大提高了测定灵敏度,改善了分析性能。本研究以8-羟基喹啉为络合剂,以TritonX-114为表面活性剂,采用浊点萃取与火焰原子吸收光谱联用法测定微波消解后粮食中的痕量铜,结果表明该方法能够获得较低的检出限和较高的萃取率,用于实际样品分析,结果令人满意。

收稿日期:2013-05-28

基金项目:江苏省高等学校大学生实践创新训练计划(编号:201313842014Y)。

作者简介:夏昊云(1980—),女,江苏泰州人,硕士,讲师,主要从事痕量分析及其应用研究。E-mail: xiahaoyun@163.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

大米、玉米、荞麦、绿豆样品,为市售。

用SPSS软件对底泥中的重金属含量与菱蒿中重金属的含量作了相关分析,结果表明,底泥中的镉、铅、汞、砷含量与菱蒿根、茎叶中的镉含量没有相关性,说明底泥环境中镉、铅、汞、砷的含量对菱蒿根茎叶的影响不显著;菱蒿根与茎叶中的镉含量达到了显著的相关性( $P < 0.05$ ),相关系数为0.915,其他金属元素之间没有达到显著的相关性。

## 3 小结

东洞庭湖区菱蒿根、茎叶中镉的含量分别是国家对农产品安全限量标准的25.4~47.6、18.6~37.6倍;菱蒿根、茎叶中砷的含量分别是国家对农产品安全限量标准的26.48~30.24、3.90~6.68倍;菱蒿根、茎叶中铅的含量分别是国家对农产品安全限量标准的21.70~45.25、21.8~26.2倍;菱蒿根、茎叶中汞的含量分别是国家对农产品安全限量标准的0.096~0.153、0.121~0.125倍。菱蒿中镉、铅、砷主要积累在根部,而汞在根和茎中的积累量相差不大。

洞庭湖区菱蒿对重金属镉、铅、汞、砷的富集能力较强,且同一植物的不同器官对各种重金属的吸收富集能力有明显差异,一般是根部的吸收富集能力大于茎叶部。

## 参考文献:

- [1] 潘静娟,戴锡玲,陆劭俊. 菱蒿重金属富集特征与食用安全性研究[J]. 中国蔬菜, 2006(1): 6-8.
- [2] 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.
- [3] Ćeburnis D, Steinnes E. Conifer needles as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: comparison with mosses and precipitation, role of the canopy [J]. Atmospheric Environment, 2000, 34(25): 4265-4271.
- [4] Luckey T D, Venugopal B. Metal toxicity in mammals [M]. New York: Plenum Press, 1977.
- [5] Marchand C, Lallier - Vergès E, Baltzer F, et al. Heavy metals distribution in mangrove sediments along the mobile coastline of French Guiana [J]. Marine Chemistry, 2006, 98(1): 1-17.
- [6] Sundby B, Vale C, Caçador I, et al. Metal-rich concretions on the roots of salt marsh plants: mechanism and rate of formation [J]. Limnology Oceanography, 1998, 43(2): 245-252.
- [7] 祝云龙,姜加虎,孙占东,等. 洞庭湖沉积物中重金属污染特征与评价[J]. 湖泊科学, 2008, 20(4): 477-485.