

渝产独活中重金属含量分布特征及富集特性

孙年喜, 谭 均, 莫让瑜, 彭 锐*

重庆市中药研究院中药种植研究所 重庆市中药良种选育与评价工程技术研究中心, 重庆 400065

摘要:对重庆独活种植地土壤及植株中重金属 Cu、Pb、Cd、Hg 和 As 进行含量检测、分析。结果表明独活种植地土壤及药材中重金属 Cd 含量超标。不同器官中重金属元素的含量分布规律不一致, Pb 与 Cd 分布为根 > 茎 > 叶, Cu 为茎 > 根 > 叶, Hg 为茎 > 叶 > 根, As 含量为叶 > 根 > 茎。独活根、茎对 Cd 的富集能力最强, 富集系数大于 1, 其它元素富集系数均小于 1。相关分析表明, 土壤中 Cu 与茎、叶中 Cu 含量存在极显著相关性, 茎和叶中 Cu 含量呈显著负相关, 茎和根中 Hg 含量呈极显著正相关。

关键词:独活; 重金属; 分布; 富集

中图分类号: Q931

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.6.014

Distribution and Enrichment of Heavy Metals in *Angelica pubescens* Maxim. f. *Biserrata* Shan et Yuan from Chongqing

SUN Nian-xi, TAN Jun, MO Rang-yu, PENG Rui*

Institute of MateriaMedica Planting, Chongqing Academy of Chinese MateriaMedica, Chongqing Engineering Research Center for Fine Variety Breeding Techniques of Chinese MateriaMedica, Chongqing 400065, China

Abstract: The contents of heavy metals (Cu, Pb, Cd, Hg and As) in *Angelica pubescens* Maxim. f. *Biserrata* Shan et Yuan and soil from Chongqing were measured and studied. The results showed that Cd content in soil was exceeded the standard of *Environmental quality standard for soils* (GB15618-1995) and that in *Angelica pubescens* radix was exceeded the standard of *Green standards of medicinal plants and preparations for foreign trade and economy* (WM/T2-2004). The distribution was different among organs, the content of Pb and Cd showed the orders of root > stem > leaf, that of Cu was stem > root > leaf, that of Hg was stem > leaf > root, and that of As was leaf > root > stem. The enrichment capability of Cd was the best in root and stem, and the bioconcentration factors of Cd were both higher than 1, and the bioconcentration factors of other elements were lower than 1. The correlation analysis showed that there was extremely significant correlation between the Cu content in soil and that in stem and leaf, there was significant negative correlation between the Cu content in stem and in leaf, there was significant positive correlation between the Hg content in stem and in root.

Key words: *Angelica pubescens* Maxim. f. *Biserrata* Shan et Yuan; heavy metal; distribution; enrichment

独活为伞形科植物重齿毛当归 *Angelica pubescens* Maxim. f. *Biserrata* Shan et Yuan 的干燥根。有祛风除湿, 通痹止痛的功能, 用于风寒湿痹, 腰膝疼痛, 少阴伏风头痛, 风寒挟湿头痛^[1], 是我国常用的一味中草药。现今独活主产重庆、四川及鄂西一带, 为独活道地产区, 质优量大^[2]。目前对独活质量研究重在化学成分分析、比较^[3,4], 对影响出口的重要指标重金属含量分析很少。本文就重庆地区独活中重金属含量、分布及富集特性进行研究, 为独活栽培

中产地选择、质量控制提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

查阅文献^[5]及本单位中药资源普查结果, 于 10 月下旬在重庆城口、巫溪、巫山采集独活样品及对应土壤。每个样点采用“S”形法采集 5 个点的独活完整植株, 同时在每个点采集 0~20 cm 土壤样品, 混合后以四分法弃去多余土壤, 保留约 1 kg 土样带回实验室。

样品采回后经重庆市中药研究院彭锐研究员鉴定为重齿毛当归 *Angelica pubescens* Maxim. f. *Biserrata* Shan et Yuan。采样点信息如下表 1。

收稿日期: 2016-11-24 接受日期: 2017-03-10

基金项目: 重庆市自然科学基金 (cstc2013jcyjA10142)

* 通信作者 Tel: 86-23-89029186; E-mail: 1741259462@qq.com

表 1 独活采样地信息

Table 1 Source information of *A. pubescens*

编号 No.	采样地 Sampling position	海拔 Altitude (m)	经度 Longitude ($^{\circ}$ E)	纬度 Latitude ($^{\circ}$ N)
1	城口东安乡黄金村	1377	109 $^{\circ}$ 58"	31 $^{\circ}$ 43'5"
2	城口明中乡双桥村	1496	108 $^{\circ}$ 48'51"	31 $^{\circ}$ 43'31"
3	巫溪文峰镇黑草坝	1661	109 $^{\circ}$ 9'32"	31 $^{\circ}$ 26'47"
4	巫溪天元乡新田村	1627	109 $^{\circ}$ 1'5"	31 $^{\circ}$ 41'0"
5	巫溪通城镇夏步坪	1561	109 $^{\circ}$ 44'30"	31 $^{\circ}$ 25'20"
6	巫山官阳镇八树村	1689	109 $^{\circ}$ 52'59"	31 $^{\circ}$ 21'33"
7	巫山红椿乡红椿村	1803	109 $^{\circ}$ 41'42"	30 $^{\circ}$ 48'27"
8	巫溪兰英乡西安村	1627	109 $^{\circ}$ 52'42.4"	31 $^{\circ}$ 24'06.6"
9	巫山笃坪乡狮岭村	1328	110 $^{\circ}$ 7'56"	30 $^{\circ}$ 55'27"
10	开县满月乡狗儿坪	1529	108 $^{\circ}$ 29'19"	31 $^{\circ}$ 37'53"

植株样品带回后分部位洗净,去离子水清洗后 55 $^{\circ}$ C 烘箱中烘干,粉碎,过 60 目尼龙筛备用。土壤样品在室内自然风干,研碎,过 60 目尼龙筛备用。

1.2 样品分析方法

植物样品称取干样 0.2 g,加入 4 mL 硝酸,2 mL 氢氟酸进行消解;土样称取 0.5 g 样品,加入 2 mL 硝酸,6 mL 氢氟酸进行消解。消解以高通量密闭微波消解系统进行消解,消解液备用。

重金属含量测定参照《中国药典》中铅、镉、砷、汞、铜测定法^[6],铜、铅、镉采用通则-2321 电感耦合等离子体质谱法测定;汞、砷分别采用通则-2321 冷蒸气吸收法、氢化物法测定。

2 结果与分析

2.1 独活及其土壤中重金属含量分析

2.1.1 土壤中重金属含量分析

独活栽培土壤中重金属含量见下表 2,重金属

含量均值由大到小分别为:Cu > Pb > As > Cd > Hg,不同种植地重金属含量的变异 Cu 最大,为 102.59%,其它元素变异系数在 100% 以内。参考《土壤环境质量二级标准》(GB15618-1995 II, 6.5 < pH < 7.5)^[7]中对重金属限量标准,可看出种植地土壤中整体看仅 Cd 元素超标,含量平均为 0.35 mg/kg,超出了 0.3 mg/kg 的限量标准,且超标率 40%。Cu 均值 92.21 mg/kg,未超标,但有两个种植地土壤中 Cu 超出了限量标准。

2.1.2 独活药材中重金属含量分析

独活药材中重金属含量检测结果如下表 3。独活药材中 Cu 平均含量为 10.59 mg/kg, Pb 为 0.83 mg/kg, As 为 0.44 mg/kg, Cd 为 0.35 mg/kg, Hg 为 0.09 mg/kg,参考《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》^[8]中重金属标准可看出,独活中重金属超标元素为 Cd,超标率为 30%,Hg 总体不超标,有 2 处取样地药材超标,超标率为 20%。重金属含量均值

表 2 独活种植土壤中重金属含量分析

Table 2 Heavy metal content in soil for planting *A. pubescens*

元素 Element	平均值 Mean (mg/kg)	变异系数 Coefficient of Variation (%)	超标率 Over-standard rate (%)	标准* Standard (mg/kg)
Cu	92.21 \pm 94.60	102.59	20.0	100
Pb	3.60 \pm 1.61	44.71	0.0	300
Cd	0.35 \pm 0.17	47.85	40.0	0.3
Hg	0.26 \pm 0.11	44.33	0.0	0.5
As	2.59 \pm 1.87	72.23	0.0	30

注:*指土壤环境质量二级标准

Note: * means soil environmental quality standard II

由大到小分别为:Cu > Pb > As > Cd > Hg,与土壤中一致。不同采样点重金属元素变异情况为除 Cu 的

变异系数为 31.35% 外,其他元素变异系数较大,均超过 100%,其大小依次为 Cd > Pb > As > Cu。

表 3 独活药材中重金属含量分析

Table 3 Heavy metal content in *A. pubescens*

元素 Element	平均值 Mean (mg/kg)	变异系数 Coefficient of Variation (%)	超标率 Over-standard rate (%)	标准* Standard (mg/kg)
Cu	10.59 ± 3.32	31.35	0.0	20
Pb	0.83 ± 0.90	108.55	0.0	5
Cd	0.35 ± 0.39	111.03	30.0	0.3
Hg	0.09 ± 0.13	133.59	20.0	0.2
As	0.44 ± 0.45	101.11	0.0	2

注: * 指药用植物及制剂进出口绿色行业标准

Note: * means green standards of medicinal plants and preparations for foreign trade and economy (WM/T2-2004)

2.2 独活原植物不同器官重金属含量分布

独活器官中重金属含量分布规律不一致。图 1 为同一器官中不同重金属元素的含量,根、茎、叶中均为 Cu 含量最高,分别为 11.35 mg/kg、12.07 mg/kg、8.88 mg/kg,其它重金属元素含量,根和茎中含量大小顺序一致,为 Pb > Cd > As > Hg,叶中为 As > Pb > Hg > Cd。从图 2 中看出,独活中不同重金属元素在根茎叶中的分布不同,其中 Pb 与 Cd 分布规律一致,为根 > 茎 > 叶,Cu 为茎 > 根 > 叶,Hg 为茎 > 叶 > 根,As 为叶 > 根 > 茎。

2.3 独活原植物对重金属的富集特性

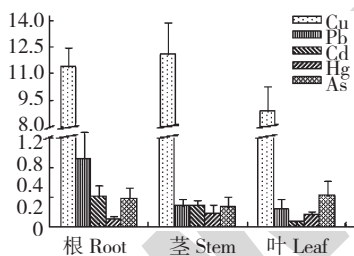


图 1 同一器官中不同重金属元素的含量

Fig. 1 Content of different heavy metal in the same organ of *A. pubescens*

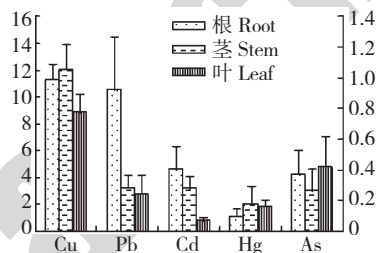


图 2 同一重金属元素在不同器官的分布

Fig. 2 Distribution of heavy metal content in different organs of *A. pubescens*

为反映植株对土壤中重金属元素的积累能力,采用富集系数 (Bioconcentration factor, BCF),即植物体内某种重金属含量与土壤中该元素含量的比值^[9],BCF 越小,则植物对种重金属的积累能力越弱,抗土壤重金属污染能力越强。

独活不同器官对重金属的富集能力不同,如表 4,根对 Cd 的富集最强,其次为 Cu 和 Pb,茎中也是对 Cd 的富集最强,其次为 Hg 和 As,叶中富集最强为 Hg。5 种重金属元素中以 Cd 的富集能力最强,其根和茎的富集系数大于 1,其它元素富集系数均小于 1。

表 4 独活原植物不同器官重金属富集系数

Table 4 Bioconcentration factor of heavy metal content in different organs of *A. pubescens*

器官 Organ	Cu	Pb	Cd	Hg	As
根 Root	0.34	0.35	1.53	0.24	0.23
茎 Stem	0.29	0.09	1.21	0.87	0.87
叶 Leaf	0.33	0.05	0.21	0.54	0.15

2.4 相关性研究

2.4.1 独活不同器官中重金属含量与土壤中相应元素的相关性分析

由表 5 可见,在各元素中只有土壤中 Cu 元素与

独活茎、叶中 Cu 元素含量存在极显著相关性,其中独活茎中 Cu 与土壤中 Cu 含量为极显著正相关,叶中 Cu 与土壤中 Cu 存在极显著负相关,其他元素植株中的含量与土壤中的含量不存在相关性。

表5 独活不同器官中重金属含量与土壤中相应元素的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between the content of heavy metals in the organs of *A. pubescens* and the contents in the soil

器官 Organ	Cu	Pb	Cd	Hg	As
根 Root	-0.2976	-0.1581	-0.0305	0.3613	0.0127
茎 Stem	0.9003 **	0.5604	-0.4211	0.3489	-0.5687
叶 Leaf	-0.9499 **	-0.5688	0.1571	0.4446	-0.0379

注: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。

Note: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。

2.4.2 独活不同器官间重金属含量相关性分析

由表6可见,同一重金属元素在不同器官间含量分布相关性不强,只有Cu在茎和叶中含量呈显

著负相关(相关系数-0.8243, $P < 0.05$), Hg在茎和根中含量呈极显著正相关(相关系数0.9013, $P < 0.01$)。

表6 独活不同器官间重金属元素含量相关性系数

Table 6 Correlation coefficient of the content of heavy metals among different organs of *A. pubescens*

	Cu		Pb		Cd		Hg		As	
	根 Root	茎 Stem	根 Root	茎 Stem	根 Root	茎 Stem	根 Root	茎 Stem	根 Root	茎 Stem
根 Root	1.0000		1.0000		1.0000		1.0000		1.0000	
茎 Stem	-0.2428	1.0000	-0.2422	1.0000	0.1801	1.0000	0.9013 **	1.0000	-0.2738	1.0000
叶 Leaf	0.1653	-0.8243 *	-0.0421	0.0346	-0.0245	-0.2886	0.4758	0.4070	0.7548	-0.2611

注: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。

Note: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。

3 讨论与结果

中药材中重金属超标影响到药材品质及药材的出口。本文对重庆地区独活产地土壤及药材、不同器官中重金属进行研究。土壤是药材中重金属的主要来源之一。已有研究显示重庆三峡库区耕地土壤重金属中Cd超标最严重,存在区域性轻度污染^[10,11]。对独活种植土壤中重金属含量检测结果也表明,土壤中Cd超标,其它重金属元素未超标。独活药材中重金属也为Cd超标,其它元素不超标,但独活中重金属含量与土壤中相应元素的相关性不强。

不同器官中重金属元素均以Cu含量最高,其它元素在不同器官的含量分布不一致。不同重金属元素在器官中的分布为Pb与Cd在根中积累最多,Cu、Hg在茎中积累最多,As在叶中积累最多。莫争等^[12]研究认为,重金属在植物体内的分布规律是在新陈代谢旺盛的器官蓄积量较大,而营养储存器官,如果实、籽粒、茎叶中的蓄积量则较少。本研究独活中不同重金属的分布规律不同,且同一重金属元素在不同器官间含量分布相关性不强,表明独活对重金属的吸收、累积与环境条件、土壤性质、土壤中重金属含量、存在形态、活性及植株对不同重金属的吸收、运输特性均有关^[13]。

独活对不同重金属的富集能力不同,除Cd外,其它元素的富集系数小于1。独活根和茎中Cd的富集系数均大于1,结合种植土壤中Cd含量超标情况,在重庆栽种独活,要充分考虑环境条件,其中土壤中重金属Cd含量控制是保证独活质量的一个重要方面。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典). Beijing: China Medical Science Press, 2015. Vol I, 263.
- 2 Shan F(单锋), Yuan Y(袁媛), Hao JD(郝近大), et al. Herbal textual research on origin and development of traditional Chinese medicine "Duhuo" and "Qianghuo". *Chin J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2014, 39: 3399-3403.
- 3 Hu TD(胡太德), Chen SC(陈绍成), Tan J(谭君). Comparative study on the main medical component contents of *Angelica pubescens* in famous region Chongqing and other domestic areas in China. *China Pharm* (中国药房), 2015, 26: 4711-4713.
- 4 Zhang XL(张学良), Wang XY(王霞英), Yang TS(杨天寿), et al. Quality analysis of cultivated angelica in Ningxia. *Ningxia Med* (宁夏医学杂志), 2012, 34: 449-450.
- 5 Li XJ(李雄建), Yuan GX(袁桂香). Resources and identi-

- fication of Radix Angelicae Pubescentis. *J Tradit Chin Med* (基层中药杂志), 1998, 12(2):5-6.
- 6 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典). Beijing: China Medical Science Press, 2015. Vol IV, 205-206.
- 7 General Administration of quality supervision, inspection and quarantine of the People's Republic of China (国家质量监督检验检疫总局). Environmental Quality Standard for Soils (GB15618-1995). Beijing: China Standard Press, 1995.
- 8 Foreign economic and trade of the people's Republic of China (中华人民共和国外贸). Green Standards of Medicinal Plants and Preparations for Foreign Trade and Economy (WM/T2-2004). Beijing: China Standard Press, 2004.
- 9 Gu YQ(顾燕青), Gu YL(顾优丽), Bai Q(白倩), et al. Heavy metals accumulation characteristics of vegetables in Hangzhou City, China. *J Agric Resour Environ* (农业资源与环境学报), 2015, 32:401-410.
- 10 Xu SJ(许书军), Wei SQ(魏世强), Xie DT(谢德体). Characteristics of heavy metals distribution in cultivated soil in three Gorge Reservoir Area(TGRA). *J Soil Water Conserv* (水土保持学报), 2003, 17(4):64-66.
- 11 Tang J(唐将), Wang SJ(王世杰), Fu SH(付绍红), et al. Soil environment quality evaluation of the three-gorgesreservoir region. *Acta Petrol Sin* (土壤学报), 2008, 45:601-607.
- 12 Mo Z(莫争), Wang CX(王春霞), Chen Q(陈琴), et al. Distribution and enrichment of heavy metals of Cu, Pb, Zn, Cr and Cd in Paddy Plant. *Environ Chem* (环境化学), 2002, 21(2):110-116.
- 13 Luo CL(罗春玲), Shen ZG(沈振国). The mechanisms of heavy metal uptake and accumulation in plants. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 2003, 20:59-66.

《天然产物研究与开发》青年编委会

青年编委(以姓氏笔划为序)

Members

丁克	王红兵	戈惠明	尹文兵	尹胜	吕兆林
DING Ke	WANG Hongbing	GE Huiming	YIN Wenbing	YIN Sheng	LV Zhaolin
伍婉卿	刘相国	孙昊鹏	孙桂波	孙黔云	李芸霞
WU Wanqing	LIU Xiangguo	SUN Haopeng	SUN Guibo	SUN Qianyun	LI Yunxia
李良成	李国友	邱莉	汪海波	沐万孟	张炳火
LI Liangcheng	LI Guoyou	QIU Li	WANG Haibo	MU Wanmeng	ZHANG Binghuo
陈益华	林茂祥	林昌俊	欧阳杰	易华西	罗应刚
CHEN Yihua	LIN Maoxiang	LIN Changjun	OU Yangjie	YI Huaxi	LUO Yinggang
周文	胡友财	袁涛	夏永刚	高慧敏	唐金山
ZHOU Wen	HU Youcai	YUAN Tao	XIA Yonggang	GAO Huimin	TANG Jinshan
黄胜雄	韩淑燕	蓝蔚青	廖晨钟	潘卫东	薛永波
HUANG Shengxiong	HAN Shuyan	LAN Weiqing	LIAO Chenzhong	PAN Weidong	XUE Yongbo