

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2015.09.2015020602

周浓,张杰,郭冬琴,等.三峡库区栽培重楼中重金属元素的含量与评价[J].环境化学,2015,34(9):1758-1760

三峡库区栽培重楼中重金属元素的含量与评价*

周 浓 张 杰 郭冬琴 丁 博** 杨丝丝 黄 均

(重庆三峡学院生命科学与工程学院, 重庆, 404000)

摘 要 采集了三峡库区不同产地重楼药材种植基地的根际土壤及其药材,研究了土壤中重金属镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)、铜(Cu)和铅(Pb)的含量及其在药材中重金属残留量状况,对照相应标准,分析评价各类土壤和重楼药材中重金属含量的污染现状和富集系数.结果表明,不同产地重楼栽培土壤重金属残留量差异显著,Cd、Hg、As、Cu、Pb 的平均含量为 0.19、0.07、0.07、25.70、59.34 mg·kg⁻¹,Hg、As、Cu、Pb 含量均未超过国家二级土壤环境质量标准,但城口县栽培基地 Cd 含量超过国家二级土壤环境质量标准.不同产地重楼药材中重金属残留量差异较大,Cd、Hg、As 含量均低于《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》的限量标准,渝北区和城口县岚天乡重楼药材中 Cu、Pb 含量高于国家限量标准.同时,不同产地重楼对土壤重金属的累积能力存在明显差异,部分产地重楼对 Hg、Cu 的富集系数>1,但均显著低于超富集植物的临界含量标准(1000 mg·kg⁻¹).对不同产地重楼栽培土壤重金属含量进行风险评估及分级发现,除城口县栽培土壤主要受到重金属 Cd 的污染,达到轻污染或警戒级外,其余栽培均为安全级.

关键词 三峡库区, 重楼, 土壤, 重金属, 残留量, 富集特性, 污染现状.

三峡库区是我国重楼属药用植物的地理分布中心之一,药材品种较为丰富.重楼从土壤中吸收植株所需的水分和营养物质,若栽培地土壤环境受到污染,污染物也会沿这一途径进入重楼体内,因此,土壤环境条件的优劣成为重楼品质形成的重要限制因子,也是重楼栽培过程中必须解决的关键问题之一.有研究资料表明,不同产地和品种的药用植物对土壤中重金属元素的吸收具有选择性.为此,本文通过对三峡库区栽培重楼基地的药材和根际土壤进行重金属残留量分析,以为市售重楼药材的重金属残留量与药材质量安全性、人工规范化种植基地环境条件筛选等提供依据.

1 材料与方法

重楼新鲜根茎及根际土壤采集于重庆市开县满月乡关坪村 1 组等地,由中国科学院昆明植物研究所李恒研究员鉴定(表 1).Cd、Cu、Pb 采用原子吸收光谱法测定,Hg、As 采用原子荧光光谱法测定^[1].土壤污染现状评价方法采用单因子污染指数和综合污染指数法进行评价^[2],土壤污染现状评价标准采用《土壤环境质量标准(GB15618—1995)》的二级标准^[2]:在 pH<6.5, Cd≤0.30 mg·kg⁻¹、Hg≤0.30 mg·kg⁻¹、As≤40 mg·kg⁻¹、Cu≤50 mg·kg⁻¹、Pb≤250 mg·kg⁻¹;在 pH 值为 6.5—7.5, Cd≤0.30 mg·kg⁻¹、Hg≤0.50 mg·kg⁻¹、As≤30 mg·kg⁻¹、Cu≤100 mg·kg⁻¹、Pb≤300 mg·kg⁻¹.

2 结果与讨论

2.1 种植土壤中的重金属残留量

5 种有害元素(Cd、Hg、As、Cu 和 Pb)在 16 个土壤样本中均检出,各有害元素平均含量高低排列顺序为 Pb>Cu>As>Cd>Hg;不同栽培重楼品种的种植土壤中重金属有害元素含量具有较大的差异,各有害元素总含量平均值高低排列顺序为长药隔重楼>巴山重楼>卵叶重楼>小重楼>五指莲重楼>毛重楼>狭叶重楼>华重楼>滇重楼>花叶重楼,相差近 3 倍;同时,不同重楼种植基地土壤中重金属有害元素含量亦具有较大的差异,各有害元素总含量平均值高低排列顺序为重庆市渝北区>重庆市城口县>重庆市开县>重庆市石柱县>重庆市万州区,相差近 3 倍;与全国土壤重金属元素背景值^[3]比较,Cd 和 Cu 部分样品接近全国平均值,As 远远低于全国平均值,而 Hg、Pb 元素的平均含量为其背景值的 2 倍,表明 Hg、Pb 元素存在不同程度的累积和富集,结果见表 1.

同时,根据中华人民共和国土壤环境质量标准(GB15618—1995)要求的各项污染物的浓度限值,除重庆市城口县重楼栽培基地的 Cd 元素含量超标外,其余产地各元素均符合国家二级土壤环境质量标准,可能与城口地区土壤中 Cd 富集

2015 年 2 月 6 日收稿.

* 重庆市教委科学技术研究项目(KJ131109);万州区科委自然科学基金(201301024);国家自然科学基金(81260622)资助.

** 通讯联系人,E-mail:229424275@qq.com

程度较高有关^[4],有待进一步深入地跟踪调查研究.

表 1 土壤中重金属残留量的比较(mg·kg⁻¹)

No.	种名	采集地点	Cd	Hg	As	Cu	Pb
S1	华重楼 <i>Paris polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	开县满月乡关坪村 1 组	0.12	0.04	0.54	22.60	49.63
S2	小重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>minor</i>	开县满月乡关坪村 1 组	0.18	0.08	0.60	31.67	74.15
S3	华重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	开县满月乡关坪村 4 组	0.13	0.07	0.57	21.92	47.46
S4	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	开县满月乡马营村	0.09	0.04	0.62	9.92	34.64
S5	毛重楼 <i>P. mairei</i>	开县满月乡马营村	0.18	0.08	0.67	21.29	71.29
S6	巴山重楼 <i>P. bashanensis</i>	城口县岚天乡	0.40	0.15	0.71	63.58	58.71
S7	狭叶重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>stenophylla</i>	城口县咸宜乡	0.59	0.09	1.20	23.74	97.95
S8	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	城口县咸宜乡	0.36	0.01	1.20	23.31	76.56
S9	卵叶重楼 <i>P. delavayi</i> var. <i>petiolata</i>	石柱县马武镇	0.22	0.02	0.57	44.56	65.44
S10	狭叶重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>stenophylla</i>	石柱县马武镇	0.04	0.04	0.58	18.83	24.88
S11	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	石柱县马武镇	0.13	0.14	0.50	23.60	45.64
S12	花叶重楼 <i>P. marmorata</i>	石柱县马武镇	0.22	0.12	0.49	16.11	43.57
S13	长药隔重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>pseudothibetica</i>	渝北区兴隆镇	0.22	0.05	0.71	50.57	117.07
S14	五指莲重楼 <i>P. axialis</i>	渝北区兴隆镇	0.13	0.09	0.46	17.72	78.63
S15	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	万州区铁峰乡	0.04	0.03	0.45	12.68	17.50
S16	华重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	万州区铁峰乡	0.04	0.03	0.51	9.12	46.36
	均值		0.19	0.07	0.07	25.70	59.34

2.2 药材中重金属残留量分析

从表 2 可知,除 Cd 和 Pb 在部分样本中未检出外,其余 3 种重金属有害元素均检出,16 批中药材中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 的含量范围分别为 nd—0.10 mg·kg⁻¹、0.03—0.16 mg·kg⁻¹、0.06—0.44 mg·kg⁻¹、0.40—61.13 mg·kg⁻¹、nd—17.52 mg·kg⁻¹,不同品种、不同产地重楼药材之间重金属含量水平存在明显差异,除重庆市渝北区和重庆市城口县岚天乡栽培重楼药材中 Cu、Pb 元素及重金属总含量超标外,其余重楼药材样品检测结果均符合《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》(WM/T2—2004)中重金属的限量要求,均远低于最高限量标准(重金属总量≤20.0 mg·kg⁻¹、砷≤2.0 mg·kg⁻¹、汞≤0.2 mg·kg⁻¹、镉≤0.3 mg·kg⁻¹、铅≤5.0 mg·kg⁻¹、铜≤20.0 mg·kg⁻¹).

表 2 药材中重金属残留量的比较(mg·kg⁻¹)

测定元素	栽培药材															
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Cd	0.03	—	0.03	0.03	0.05	—	0.03	0.07	0.03	0.03	—	0.03	0.07	0.10	0.02	0.03
Hg	0.16	0.05	0.05	0.03	0.10	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
As	0.13	0.08	0.16	0.14	0.17	0.14	0.08	0.10	0.25	0.19	0.11	0.06	0.44	0.24	0.17	0.11
Cu	0.65	0.52	2.15	6.12	7.38	36.05	3.85	2.47	4.12	2.62	0.73	0.40	61.13	20.05	1.01	7.72
Pb	—	—	—	—	0.22	10.87	1.91	—	3.40	—	—	—	17.52	3.46	—	2.05
总量	0.97	0.65	2.39	6.32	7.92	47.10	5.91	2.69	7.86	2.88	0.90	0.54	79.22	23.90	1.25	9.96

2.3 药材对重金属富集系数

可以用富集系数来衡量药用植物对重金属积累能力的强弱.由表 3 可知,不同品种重楼富集系数的差异意味着其对重金属元素不同的吸收、积累特征,如在相同的种植土壤条件下长药隔重楼中 Pb 元素含量可是五指莲重楼的 5 倍(表 2).结果表明,三峡库区栽培重楼对土壤中重金属 Cd、As、Pb 的富集能力较弱,而在能够检出的部分重楼品种中对 Hg、Cu 的富集能力偏高,但均显著低于超富集植物的临界含量标准(1000 mg·kg⁻¹)^[5].因此,在对中药材 GAP 基地建设土壤条件的评价中,特别是土壤环境质量评价标准的制定和选择上,不能忽视种植中药材自身对于特定重金属的积累特征.

2.4 土壤中重金属污染评价

以中华人民共和国《土壤环境质量标准 GB15618—1995》为评价标准对调查土壤采用单因子污染指数和综合污染指数法进行评价,结果见表 4.表 4 表明,不同重楼栽培基地土壤 Hg、As、Cu、Pb 的单项污染指数均<1,没有受到污染;6、7、8 号产地(重庆市城口县)土壤中 Cd 的单项污染指数均≥1,表明土壤受到轻度污染.不同重楼栽培基地的综合污染指数

中,8 号栽培基地 $0.7 < P_{\text{综合}} \leq 1$,土壤等级为 2 级,处于警戒级;6、7 号栽培基地, $1 < P_{\text{综合}} \leq 2$,土壤等级为 3 级,轻污染,说明土壤质量不符合 GAP 无公害中药材生产基地的环境要求.

表 3 药材对重金属的富集系数($n=3$)

测定元素	栽培药材															
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Cd	0.26	—	0.24	0.37	0.26	—	0.05	0.19	0.14	0.83	—	0.14	0.31	0.80	0.54	0.78
Hg	4.41	0.72	0.79	0.67	1.29	0.23	0.38	4.02	2.25	0.97	0.40	0.43	1.19	0.54	1.73	1.66
As	0.24	0.13	0.28	0.22	0.25	0.20	0.07	0.08	0.44	0.33	0.23	0.11	0.62	0.52	0.38	0.21
Cu	0.03	0.02	0.10	0.62	0.35	0.57	0.16	0.11	0.09	0.14	0.03	0.03	1.21	1.13	0.08	0.85
Pb	—	—	—	—	0.01	0.19	0.02	—	0.05	—	—	—	0.15	0.04	—	0.04

表 4 土壤重金属污染评价

栽培药材	P_i					$P_{\text{综合}}$		栽培药材	P_i					$P_{\text{综合}}$
	Cd	Hg	As	Cu	Pb				Cd	Hg	As	Cu	Pb	
S1	0.40	0.12	0.01	0.45	0.20	0.36		S9	0.74	0.05	0.02	0.45	0.22	0.56
S2	0.59	0.15	0.02	0.32	0.30	0.46		S10	0.13	0.14	0.01	0.38	0.10	0.29
S3	0.43	0.22	0.01	0.44	0.19	0.36		S11	0.43	0.28	0.02	0.24	0.15	0.35
S4	0.28	0.14	0.02	0.20	0.14	0.23		S12	0.74	0.24	0.02	0.16	0.15	0.55
S5	0.59	0.27	0.02	0.43	0.29	0.47		S13	0.74	0.10	0.02	0.51	0.39	0.58
S6	1.34	0.30	0.02	0.64	0.20	1.01		S14	0.43	0.30	0.01	0.36	0.32	0.37
S7	1.95	0.31	0.03	0.48	0.39	1.45		S15	0.13	0.05	0.02	0.13	0.06	0.11
S8	1.19	0.04	0.03	0.47	0.31	0.89		S16	0.13	0.10	0.01	0.18	0.19	0.16

3 结 论

(1)三峡库区重楼种植土壤及其药材中的重金属元素残留量具有较大的差异,除城口县重楼栽培基地土壤中 Cd 含量超过国家土壤环境质量二级标准以及渝北区和城口县岚天乡重楼药材中 Cu、Pb 含量高于国家限量标准外,其余产地均低于国家相应标准的限量值.

(2)不同产地重楼药材对重金属元素的富集能力存在差异,重楼对土壤中重金属元素 Cd、As、Pb 的富集能力较弱,而渝北区等地重楼药材对 Hg、Cu 具有较强的生物积累作用.因此,种植在“合格”土壤上的中药材也可能会出现重金属超标的情况,Hg、Cu 是今后优先控制的对象.

(3)以国家土壤环境质量二级标准作为评价标准,三峡库区栽培重楼土壤中重金属元素除城口县的 Cd 元素的单项污染指数及综合污染指数>1 外,其余基地土壤污染等级属安全级,污染水平属清洁级,符合种植无公害重楼药材的土壤环境要求.

参 考 文 献

[1] 陈晋红,汤毅珊,刘大伟,等. 姜黄药材中 6 种重金属残留量测定[J]. 中药新药与临床药理, 2009, 20(5): 457-460

[2] 秦樊鑫,张明时,张丹,等. 贵州省道地药材 GAP 基地土壤重金属含量及污染评价[J]. 土壤, 2008, 40 (1): 135-140

[3] 魏复盛,杨国治,蒋德珍,等. 中国土壤元素背景值基本统计量及其特征[J]. 中国环境监测, 1991, 7 (1): 1-6

[4] 程军,程礼军. 重庆城口地区下寒武统黑色岩系重金属富集特征及其生态环境效应[J]. 地球与环境, 2012, 40(1): 93-99

[5] 缪福俊,孙浩,陈玲,等. 兰坪铅锌尾矿区土壤与自然发生的 5 种植物的研究[J]. 环境工程学报, 2011, 5(1): 189-194