

· 资源与鉴定 ·

天麻种植基地土壤与天麻中重金属及有害元素残留分析

孙佳^{1,2}, 朱迪³, 陆苑^{1,2}, 陈鹏程¹, 熊珂³, 兰燕宇^{2,3*}

(1. 贵阳医学院 贵州省药物制剂重点实验室, 贵阳 550004;

2. 贵阳医学院 药学院, 贵阳 550004;

3. 贵阳医学院 民族药与中药开发应用教育部工程研究中心, 贵阳 550004)

[摘要] 目的:评价贵州省大方县九洞天麻种植基地的土壤及天麻中重金属及有害元素残留量情况,完善对天麻种植的安全性的评价。**方法:**收集样品后,用原子吸收光谱法测定样品中铅、镉、铜含量,原子荧光分光光度法测定样品中汞、砷的含量。**结果:**被测定的5种重金属及有害元素分别在选定的范围内线性关系良好($r \geq 0.999$),铅、镉、铜、汞、砷的检出限分别为8, 0.03, 10, 4, 6 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,回收率 $\text{RSD} < 2.2\%$,精密度 $\text{RSD} < 1.3\%$,重复性 $\text{RSD} < 0.9\%$,表明该方法可行。采用所建立的方法对所持有样品中重金属及有害元素的含量进行了测定,结果土壤样品符合《土壤环境质量标准(GB15618-1995)》,药材样品低于《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》。**结论:**天麻种植基地土壤和药材符合中药材GAP标准中对铅、镉、铜、汞、砷的要求。

[关键词] 土壤;天麻;重金属及有害元素

[中图分类号] R282.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)12-0032-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2016120032

[网络出版地址] <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20160426.1027.018.html>

[网络出版时间] 2016-04-26 10:27

Analysis of Residues of Heavy Metals and Harmful Elements in Gastrodiae Rhizoma

SUN Jia^{1,2}, ZHU Di³, LU Yuan^{1,2}, CHEN Peng-cheng¹, XIONG Ke³, LAN Yan-yu^{2,3*}

(1. Key Laboratory of Pharmaceutics of Guizhou Province, Guiyang Medical College, Guiyang 550004, China;

2. School of Pharmacy, Guiyang Medical College, Guiyang 550004, China;

3. Engineering Research Center for Development and Application of Ethnic Medicine and Traditional Chinese Medicine Under Ministry of Education, Guiyang Medical College, Guiyang 550004, China)

[Abstract] **Objective:** To evaluate the residues of heavy metals and harmful elements in soil of Province County Jiulong County Gastrodia elata planting base and Gastrodiae Rhizoma, so as to improve the safety evaluation of *Gastrodia elata* planting. **Method:** After collecting samples, lead, cadmium and copper contents were determined by atomic absorption spectrometry, and mercury and arsenic contents were detected by atomic fluorescence spectrophotometry, which were adopted as the evaluation criteria for heavy metal content and harmful elements of all samples. **Result:** The five measured heavy metals and harmful elements in the selected range showed a good linear relationship ($r \geq 0.999$), detection limits of lead, cadmium, copper, mercury, arsenic were 8, 0.03, 10, 4, 6 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, with the recovery $\text{RSD} < 2.2\%$, precision $\text{RSD} < 1.3\%$, and repeatability $\text{RSD} < 0.9\%$, indicating that the method is feasible. The established method was used to determine heavy metals and

[收稿日期] 20150829(010)

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2013BAI11B01);贵州省中药现代化研究开发专项(黔科合重G字[2013]4001,黔科合重G字[2013]5062);贵州省重大专项(黔科合重大专项字[2011]6005)

[第一作者] 孙佳,硕士,讲师,从事中药新药研究开发研究,Tel: 15286066737,E-mail: 392828662@qq.com

[通讯作者] *兰燕宇,教授,从事中药新药研究开发研究,Tel:0851-6908899,E-mail:yanyu626@126.com

harmful elements of samples held. The results showed that the soil samples conformed to the *Soil Environmental Quality Standards* (GB15618-1995), and medicine samples were consistent with the *Green Industry Standard for Import and Export of Medicinal Plants and Preparations*. **Conclusion:** Soil and herbs in the *G. elata* planting base conform to GAP standards for lead, cadmium, copper, mercury and arsenic.

[**Key words**] soil; *Gastrodiae Rhizoma*; heavy metals and harmful elements

土壤是直接影响中药材生长发育以及产量品质的基础,是中药材生态环境系统中的关键性因子,影响道地中药材的产量和品质。近年来,随着中医中药的不断发展以及其优势的不断凸显,中药日益受到人们的追捧,但环境的污染也使人们对中药安全问题格外留意。目前国际上广泛反应中药材存在重金属和有害元素超标等问题。中药中重金属及有害元素残留问题也越来越受到人们的重视。铅(Pb),镉(Cd),汞(Hg),砷(As),铜(Cu)等重金属元素被人体吸收后,蓄积一定量后可以引起神经、内分泌系统、肝脏、肾脏及免疫系统等功能损害,出现严重的健康问题^[1-4]。而药材中重金属、有害元素和种植地的土壤息息相关,研究土壤与药材中重金属及有害元素的含量对中药现代化有重要意义。培育无公害天麻是中药材生产质量管理规范(GAP)的重要内容,同时,也是天麻生产质量管理规范(GMP)的要求。我国的绿色食品生产已经建立了相应的机构以及产地环境质量评价体系,关于无公害中药材栽培及环境评价体系仍需要进一步完善^[5-13]。

天麻 *Gastrodia elata* 为兰科多年生草本植物,是贵州省“十大地道药材”之首。贵州是我国天麻主产地之一,其得天独厚的土壤条件、地理环境和气候环境造就了天麻优良的品质^[14]。本文以贵州大方九洞天麻种植基地的土壤和其种植的天麻药材为研究对象,建立天麻药材和土壤中重金属、有害元素含量测定方法,不仅旨在提高天麻药材的质量,也为贵州省建立天麻规范化种植体系起到探索作用。

1 材料

1.1 主要仪器及设备 AA800 型原子吸收光谱仪(含铅、镉空心阴极灯,配置石墨炉和自动进样器,美国 Perkin-Elmer 公司),AFS-8220 型原子荧光光谱仪(含汞、砷空心阴极灯,北京吉天仪器有限公司),SP-3520AAPC 型原子吸收分光光度计(含铜空心阴极灯,上海光谱仪器有限公司),EH 20A plus 型电子温控加热板(北京莱伯泰科仪器股份有限公司),聚四氟乙烯高压消解罐(南京瑞尼克科技开发有限公司),AE-240 型电子分析天平(瑞士 METTLER 公司),WP-UP-II-10 型超纯水机(四川

沃特尔科技发展有限公司)。

1.2 试剂及试药 硝酸(国药集团化学试剂有限公司,批号 20131106,优级纯),氢氧化钠(成都金山化学试剂有限公司,批号 20130801,分析纯),盐酸(重庆川东化工集团有限公司,批号 20130918,优级纯),硼氢化钠(国药集团化学试剂有限公司,批号 20130411,分析纯);镉对照溶液($1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, GSB 04-1721-2004),铅对照溶液($1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, GSB 04-1742-2004),铜对照溶液($1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, GSB 04-1725-2004),汞对照溶液($1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, GSB 04-1729-2004)均由国家有色金属及电子材料分析测试中心提供;砷对照溶液($1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,批号 1030006),由环境保护部标准样品研究所提供。

1.3 样品信息 天麻样品采自贵州省大方县九洞天麻种植基地,土壤为天麻种植基地的土壤,基地划分区块进行随机布设采样点以便采样;土壤的采样则按多点混合法(如同 1 个地点采 3~5 个样品,然后合为 1 个样本),土壤采样后需要经过自然风干后除去砂砾、植物根系等异物处理,处理后将样品压碎,再用研钵研磨,过 100 目筛,保存待测^[15]。

2 方法与结果

2.1 仪器工作条件 原子吸收光谱仪工作条件参数见表 1,原子荧光光谱仪工作条件参数见表 2。

表 1 原子吸收光谱仪工作条件参数

条件	Pb	Cd	Cu
波长/nm	283.3	228.8	324.8
干燥温度/℃	110	110	110
干燥持续时间/s	30	25	20
灰化温度/℃	950	800	1 200
灰化持续时间/s	20	25	20
原子化温度/℃	1 600	1 700	1 900
原子化持续时间/s	5	5	5
机体改进剂/ μL	3	3	3

2.2 方法学考察^[16-17]

2.2.1 铅对照溶液的制备 精密吸取铅对照溶液($1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, GSB 04-1742-2004) 1 mL 置 100 mL 量瓶,用水稀释至刻度,得铅储备液($10\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$);精密量取铅储备液 0.5 mL 置 50 mL 量瓶,用水稀释

表 2 原子荧光光谱仪工作条件参数

Table 2 Working conditions of atomic fluorescence spectrometer

条件	Hg	As
光电倍增管负高压/V	300	300
空心阴极灯电流/mA	80	80
原子化温度/℃	800	800
原子化器高度/mm	8	8
载气流量/mL·min ⁻¹	400	400
屏蔽气流量/mL·min ⁻¹	1	1
还原剂	取氢氧化钠 2.5 g, 加入超纯水适量, 待完全溶解后加入硼氢化钠 10 g, 溶解后用超纯水稀释至 500 mL, 摇匀	
载流	浓盐酸 50 mL 置于 1 000 mL 量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀	

至刻度, 得铅使用液(100 μg·L⁻¹)。

2.2.2 镉标对照液的制备 精密吸取镉对照溶液(1 000 mg·L⁻¹, GSB 04-1721-2004)0.25 mL 置 50 mL 量瓶, 用水稀释至刻度, 得镉储备液(5 mg·L⁻¹); 精密量取镉储备液 0.2 mL 置 50 mL 量瓶, 用水稀释至刻度, 得镉使用液(20 μg·L⁻¹)。

2.2.3 铜对照溶液的制备 取铜对照溶液(1 000 mg·L⁻¹, GSB 04-1725-2004)0.5 mL 置 50 mL 量瓶, 用水稀释至刻度, 得铜储备液(5 mg·L⁻¹); 精密量取铜储备液 0, 1, 2, 4, 8, 10 mL, 分别置 50 mL 量瓶, 用水稀释至刻度, 得铜对照系列溶液(相当于含铜质量浓度 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.0 mg·L⁻¹)。

2.2.4 汞对照溶液的制备 精密吸取汞对照溶液(1 000 mg·L⁻¹, GSB 04-1729-2004)0.25 mL 置于 50 mL 量瓶中, 加入浓盐酸 2.5 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀, 得汞储备液(5 mg·L⁻¹); 吸取汞储备液 1 mL, 置 100 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀后, 得汞使用液(50 μg·L⁻¹), 分别精密吸取汞的使用液 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 2.0 mL 置 100 mL 量瓶, 加入浓盐酸 5.0 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀, 得汞对照系列溶液(相当于含汞质量浓度 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.0 μg·L⁻¹)。

2.2.5 砷对照溶液的制备 精密吸取砷的对照溶液(1 000 mg·L⁻¹, 130006)0.25 mL 置于 50 mL 量瓶中, 加入浓盐酸 2.5 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀, 得砷使用液(5 mg·L⁻¹)。吸取砷储备液 10 mL, 置 100 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀后, 得砷使用液(500 μg·L⁻¹), 分别精密吸取砷使用液 0, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0, 4.0 mL 置 100 mL 量瓶, 加入浓盐酸 5.0 mL 和 10% 硫脲溶液 10 mL, 用水稀释至刻度, 摇匀, 得砷对照系列溶液(相当于含砷质量浓度为 0, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0 μg·L⁻¹)。

2.2.6 测定天麻药材中汞、砷元素的供试品溶液的

制备 取天麻药材粉末(40 目)0.5 g, 精密称定, 置于高压消解罐内罐中, 加硝酸 7 mL, 盖上内盖, 放入不锈钢套中, 旋紧密封, 置于电热鼓风干燥箱内加热, 170℃ 保持 3 h, 取出冷却至室温, 将消解罐置控温电热板上 170℃ 加热, 将红棕色气体挥尽, 至溶液约 1 mL, 冷却, 转移至 50 mL 量瓶中, 加浓盐酸 2.5 mL, 再用水稀释至刻度, 摇匀, 即得。

2.2.7 测定土壤样品中汞、砷元素的供试品溶液制备 取土壤 0.2 g, 精密称定, 置于高压消解罐内罐中, 加硝酸 5 mL, 氢氟酸 1 mL 置于控温电热板上 170℃, 预消解 30 min, 放冷后再加入 2 mL 硝酸, 盖上内盖, 放入不锈钢套中, 旋紧密封, 然后置于电热鼓风干燥箱内加热, 160℃ 保持 3 h 时, 取出冷却至室温, 将消解罐置控温电热板上 170℃ 加热, 将红棕色气体挥尽, 至溶液约 1 mL, 转移至 50 mL 量瓶中, 加浓盐酸 2.5 mL, 再用水稀释至刻度, 摇匀, 即得。

2.2.8 测定天麻药材中铅、镉、铜元素的供试品溶液的制备 取天麻药材粉末(40 目)0.25 g, 精密称定, 置于高压消解罐内罐中, 加硝酸 7 mL, 盖上内盖, 放入不锈钢套中, 旋紧密封, 然后置于电热鼓风干燥箱内加热, 170℃ 保持 3 h, 取出冷却至室温, 将消解罐置控温电热板上 170℃ 加热, 将红棕色气体挥尽, 至溶液约 1 mL, 冷却, 转移至 50 mL 量瓶中, 加浓盐酸 2.5 mL, 再用水稀释至刻度, 摇匀, 即得。

2.2.9 测定土壤样品中铅、镉、铜元素的供试品溶液制备 取土壤 0.2 g, 精密称定, 置于聚四氟乙烯的高压消解罐内罐中, 加硝酸 5 mL, 氢氟酸 1 mL 置于控温电热板上 170℃, 预消解 30 min, 放冷后再加入 2 mL 硝酸, 盖上内盖, 放入不锈钢套中, 旋紧密封, 然后置于电热鼓风干燥箱内加热, 160℃ 保持 3 h, 取出冷却至室温, 将聚四氟乙烯内罐置控温电热板上 170℃ 加热, 将红棕色气体挥尽, 至溶液约 1 mL, 转移至 50 mL 量瓶中, 加浓盐酸 2.5 mL, 再用水稀释至刻度, 摇匀, 即得。

2.2.10 基体改进剂 测定铅、镉、铜均采用 0.5% 硝酸镁[Mg(NO₃)₂]溶液。

2.2.11 还原剂的制备 称取氢氧化钠 5.0 g, 加入适量超纯水, 待完全溶解后加入硼氢化钠 20 g, 溶解后用水稀释至 1 000 mL, 摇匀, 即得。

2.2.12 载流液的制备 量取浓盐酸 25 mL 置于 500 mL 量瓶中, 用超纯水稀释至刻度, 摇匀, 即得。

2.2.13 硫脲溶液的制备 称取 10 g 硫脲, 至 100 mL 量瓶中, 加水至刻度, 于水浴上微热溶解即得含 10% 硫脲, 现配现用。

2.3 标准曲线的绘制 按 2.2 项下方法制备镉、铅、汞、铜、砷对照溶液,按 2.1 项下仪器条件,分别测定吸光度 A 和荧光值,以相应的 A 或荧光值为纵坐标,以对照溶液浓度做横坐标,分别进行线性回归。结果表明本方法在一定浓度范围内线性关系良好,结果见表 3。

表 3 5 种重金属及有害元素回归方程、相关系数、线性范围
Table 3 Five kinds of heavy metals and harmful elements of Regression equation, correlation coefficient, linear range

元素	回归方程	相关系数	线性范围 / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
镉	$A = 5.50 \times 10^{-2}C - 2.00 \times 10^{-4}$	0.999 4	2 ~ 20
铅	$A = 1.60 \times 10^{-3}C + 3.00 \times 10^{-3}$	0.999 8	10 ~ 100
汞	$A = 1.05 \times 10^{-2}C + 3.00 \times 10^{-4}$	0.999 8	0.1 ~ 1
铜	$A = 2.10 \times 10^{-3}C + 2.50 \times 10^{-3}$	0.999 5	50 ~ 800
砷	$A = 2.40 \times 10^{-3}C + 1.10 \times 10^{-3}$	0.999 9	1 ~ 20

2.4 检测限 按 2.1 项下测定条件,分别连续测定汞、砷空白溶液的荧光值和铅、镉、铜空白溶液的 A_{12} 次,分别以 A 的 3 倍,荧光强度的 3 倍与斜率的比值作为检测限。铅、镉、铜、汞、砷的检测限分别为 8, 0.03, 10, 4, 6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

2.5 精密度试验^[16]

2.5.1 铅 取每 1 mL 含铅 100 ng 的使用液适量,置自动进样器上,按 2.1 项下测定条件,设置自动进样器,分别吸取铅工作液 4 μL ,基体改进剂 3 μL ,连续测定 A 6 次,结果铅 RSD 1.1%,表明仪器精密度良好。

2.5.2 镉 取每 1 mL 含镉 20 ng 的使用液适量,置自动进样器上,按 2.1 项下测定条件,设置自动进样器,分别吸取镉工作液 10 μL ,基体改进剂 3 μL ,连续测定 A 6 次,镉 RSD 1.3%,表明仪器精密度良好。

2.5.3 铜 取每 1 mL 含铜 10 ng 的工作溶液,按 2.1 项下仪器条件,分别连续测定 A 6 次。结果 RSD 0.7%,表明仪器精密度良好。

2.5.4 汞 取每 1 mL 含汞 0.4 ng 的工作溶液,按 2.1 项下仪器条件分别连续测定荧光值 6 次。结果 RSD 0.9%,表明仪器精密度良好。

2.5.5 砷 取每 1 mL 含砷 5 ng 的工作溶液,按 2.1 项下仪器条件分别连续测定荧光值 6 次。结果 RSD 0.6%,表明仪器精密度良好。

2.6 重复性试验 分别精密称定天麻药材、土壤样品各 6 份,分别按 2.2 项下供试品溶液的制备方法制备样品,并按 2.1 项下仪器条件分别测定镉、铅、

汞、铜、砷的值。在天麻药材中铅、镉、铜、汞、砷的 RSD 分别为 0.7%, 0.5%, 0.5%, 0.9%, 0.6%, 在土壤中镉、铅、铜、汞、砷的 RSD 分别为 0.3%, 0.4%, 0.7%, 0.9%, 0.9%, 说明重复性良好。

2.7 加样回收率试验 精密称定来源于贵州省大方县九洞天麻种植基地的土壤及天麻药材共各 9 份,天麻药材每份 0.25 g,基地土壤每份 0.1 g,分成 3 组,每组分别精密加入适量的铅、镉、铜、汞、砷的对照溶液,按 2.2 项下供试品溶液的制备方法制备样品,并按 2.1 项下仪器条件测定汞、砷的荧光值和铅、镉、铜的 A 。以回收率计算该方法准确度,结果回收率均在 98.38% ~ 101.01%, RSD 0.4% ~ 2.1%,表明该方法准确度良好。

2.8 样品含量测定 对天麻样品和土壤样品按 2.2 项下制备样品,并按 2.1 项下仪器条件进行测定,结果见表 4。

表 4 天麻、土壤样品中重金属及有害元素测定
Table 4 Determination results of heavy metals and harmful elements in samples $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

No.	名称	重金属及有害元素质量分数			
		Pb	Hg	As	Cu
1	天麻-1	nd	0.023	-	-
2	天麻-2	nd	0.033	-	2.53
3	天麻-3	nd	0.020	0.04	5.20
4	天麻-4	nd	0.021	0.05	3.75
5	天麻-5	nd	0.024	0.07	2.54
6	土壤-1	5.06	0.243	7.57	25.8
7	土壤-2	4.98	0.205	9.27	27.3
8	土壤-3	3.72	0.221	5.45	15.8
9	土壤-4	5.12	0.207	10.0	27.3
10	土壤-5	4.97	0.197	3.21	16.7

注: nd 表示含量低于检出限, Cd 均低于检出限。检出限 (LOQ) 为铅 0.008 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 镉 0.01 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 铜 0.11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 砷 0.01 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 汞 0.02 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 定量限 (LOD) 为铅 0.25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 镉 0.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 铜 2.5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 砷 0.2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 汞 0.02 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

根据《土壤环境质量标准 (GB15618-1995)》^[15] 规定: $\text{As} \leq 40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Hg} \leq 1.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Cd} \leq 1.0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Pb} \leq 500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Cu} \leq 400 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 以及外经贸部《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》中对药材中 $\text{As} \leq 5.0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Hg} \leq 0.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Cd} \leq 0.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Pb} \leq 5.0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Cu} \leq 20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的规定, 该基地的土壤所含重金属及有害元素的含量均未超过中限量指标, 天麻药材所含重金属及有害元素的含量未超过中华人民共和国商务部

“药用植物及制剂外经贸绿色行业标准”(WM/T 2-2004)中限量^[17]。

3 讨论

天麻的生长比较特殊,无根,无绿色叶片,在海拔 1 640 m 的自然条件下,天麻种子萌发至新种子成熟的生活史约需 36 个月,常年以块茎潜居于土中。营养方式特殊,专从侵入体内的蜜环菌菌丝取得营养^[19-21]。因此本文用 SPSS 18.0 对所测的天麻药材和土壤之间重金属及有害元素结果进行分析,并未发现之间存在相关性。但由于天麻药材用药部位是地下的块茎,长年累月生长于土壤之下,土壤质量很容易影响天麻的品质,测定天麻其中重金属及有害元素还是很有必要的。本文结果表明贵州省大方县九洞天麻种植基地的土壤中铅含量在 3.72 ~ 5.06 mg·kg⁻¹,汞含量在 0.197 ~ 0.243 mg·kg⁻¹,砷含量在 3.21 ~ 10.0 mg·kg⁻¹,铜含量在 15.8 ~ 27.3 mg·kg⁻¹,并未检出镉元素,各个重金属及有害元素含量均低于《土壤环境质量标准(GB15618-1995)》的规定,而所测定的该基地所产的天麻药材中汞含量在 0.020 ~ 0.033 mg·kg⁻¹,砷含量在 0 ~ 0.07 mg·kg⁻¹,铜含量在 2.53 ~ 5.20 mg·kg⁻¹,并未检出、铅元素和镉元素,各个重金属及有害元素均低于《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》的规定值,表明该基地土壤为植物的生长提供了良好的环境,适宜作为药材生长的 GAP 基地。

本研究采用了 4 种不同的方案来对土壤样品进行处理。第 1 种方案,在土壤样品 0.2 g 中加入硝酸 5 mL 进行预消解 30 min,冷却后,分别在样品中加入氢氟酸 1 mL,硝酸 2 mL 在 160 °C 消解 3 h;第 2 种方案,在土壤样品 0.2 g 中加入硝酸 5 mL 进行预消解 30 min,冷却后,在分别在样品中加入氢氟酸 2 mL,硝酸 7 mL 在 160 °C 消解 3 h;第 3 种方案,在土壤样品 0.2 g 中加入硝酸 5 mL 进行预消解 30 min,冷却后,在分别在样品中加入氢氟酸 1 mL,高氯酸 0.5 mL,硝酸 7 mL 在 160 °C 消解 3 h;第 4 种方案,在土壤样品 0.2 g 中加入硝酸 5 mL 进行预消解 30 min,冷却后,分别在样品中加入氢氟酸 2 mL,高氯酸 0.5 mL,硝酸 7 mL 在 160 °C 消解 3 h。经研究比较这 4 种方法,第 1 种方案可行性高,消解完全,实验结果好,因此在最终的方法确定中,选择了第 1 种方案作为实验方法。

[参考文献]

[1] 南京中医药大学. 中药大辞典(上册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005:939-941.

[2] 邹天才. 贵州药用植物资源的调查和开发利用研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(5): 305-308.

[3] 曹治权. 微量元素与中医药[M]. 北京:中国中医药出版社,1996:154.

[4] 秦樊鑫,胡继伟,张明时,等. 贵州省 GAP 基地 26 种中药材重金属含量调查与评价[J]. 中成药, 2007, 29(10): 1483-1487.

[5] 林芎华,刘佳敏. 福建漳州市橡胶园土壤重金属污染调查分析[J]. 亚热带植物科学, 2011, 40(1): 31-33.

[6] 顾丽贞,段颖健. 中成药中铅镉汞砷 4 种有害元素的含量测定及其意义[J]. 微量元素与健康研究, 1998, 15(1): 44-45.

[7] 戴军. 广州菜地生态环境的污染特征[J]. 土壤通报, 1995, 26(3): 102-104.

[8] 李其林,黄昀,赵中金,等. 重庆市蔬菜基地土壤重金属含量情况[J]. 土壤, 2001, 33(3): 159-162.

[9] 李莉,赵晓松. 吉林省东部山区人参栽培基地土壤污染现状与评价[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 403-406.

[10] 薛朝金,海市,舒光明,等. 半夏与土壤中重金属含量相关性研究[J]. 中药材, 2010, 33(3): 331-333.

[11] 任德权,周荣汉. 中药材生产质量管理规范(GAP)实施指南[S]. 北京:中国农业出版社,2003.

[12] 李红英,潘平,安晓骥,等. 土壤和植物中重金属元素含量与土壤性质关系探讨[J]. 宁夏农林科技, 2007(4): 14-15.

[13] 史贵涛,陈振楼,许世远,等. 上海市区公园表层土壤铅含量及其污染评价[J]. 土壤, 2006, 38(3): 287-291.

[14] 袁崇文. 中国天麻[M]. 贵阳:贵州科技出版社, 2002:3.

[15] 国家质量监督检验检疫总局. GB15618-2008. 土壤环境质量标准[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[16] 朱迪,谢玉敏,谭丹,等. 不同来源白及药材中重金属及有害元素含量测定及其评价[J]. 中国卫生检验杂志, 2015, 4(25): 471-476.

[17] 陈思颖,兰波,朱迪,等. 高压消解-原子荧光光谱法测定天麻药材及全天麻胶囊中硒的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(12): 102-105.

[18] 中华人民共和国外经贸行业. WM/T 2-2004. 药用植物及制剂进出口绿色行业标准[S]. 北京:中国标准出版社,2001.

[19] 胥献宇,邓泽声. 黔西北野生天麻资源及人工栽培天麻现状[J]. 中国食用菌, 1997, 16(4): 23-24.

[20] 徐锦堂. 我国天麻栽培 50 年研究历史回顾[J]. 食用菌, 2013, 21(1): 58-63.

[21] 张博华,刘威,赵致,等. 贵州仿野生栽培红天麻的生活史及物候期研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(22): 4311-4316.

[责任编辑 邹晓翠]