

## 不同产地三叶青中重金属和有机氯类农药残留的分析

王慧玉<sup>1</sup>, 刘帅英<sup>2#</sup>, 周淼英<sup>3</sup>, 张国勇<sup>4\*</sup>, 陈张金<sup>2</sup>, 陈丽妃<sup>1</sup>, 张晓芹<sup>1</sup>, 袁宙新<sup>1</sup>

1. 丽水市中医院, 浙江 丽水 323000
2. 丽水市质量检验检测研究院, 浙江 丽水 323000
3. 龙泉市人民医院, 浙江 龙泉 323700
4. 丽水市人民医院, 浙江 丽水 323000

**摘要:** 目的 检测不同产地三叶青 *Tetrastigma hemsleyanum* 中重金属元素 Pb、Cd、As、Hg、Cu 和 16 种有机氯类农药残留。方法 采用 ICP-MS 法测定不同产地三叶青中 5 种重金属元素的含量, 气相色谱法测定有机氯类农药残留。结果 样品中 Pb $\leq$ 4.167 7 mg/kg, Cd $\leq$ 0.194 6 mg/kg, As $\leq$ 0.455 0 mg/kg, Hg $\leq$ 0.042 4 mg/kg, Cu $\leq$ 7.892 5 mg/kg, 样品中有机氯农药残留较低。结论 三叶青药材重金属和有机氯类农药残留符合《中国药典》限量要求; 该方法简便、高效, 可作为三叶青的安全性评价。

**关键词:** 三叶青; 重金属; 农药残留; ICP-MS; 气相色谱法

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2020)19-5048-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.19.024

## Determination of heavy metals and organochlorine pesticides in *Tetrastigma hemsleyanum* from different place

WANG Hui-yu<sup>1</sup>, LIU Shuai-ying<sup>2</sup>, ZHOU Miao-ying<sup>3</sup>, ZHANG Guo-yong<sup>4</sup>, CHEN Zhang-jin<sup>2</sup>, CHEN Li-fei<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-qin<sup>1</sup>, YUAN Zhou-xin<sup>1</sup>

1. Lishui Hospital of Traditional Chinese Medicines, Lishui 323000, China
2. Lishui Institute for Quality Inspection and Testing, Lishui 323000, China
3. Longquan Peoples Hospital, Longquan 323700, China
4. Lishui Peoples Hospital, Lishui 323000, China

**Abstract: Objective** The content of 16 kinds of organochlorine pesticides including As, Hg, Pb, Cd, and Cu in *Tetrastigma hemsleyanum* from different places were determined. **Methods** The content of As, Hg, Pb, Cd, and Cu in *T. hemsleyanum* from different places were determined by ICP-MS, and organochlorine pesticides were determined by GC. **Results** The contents of heavy metals in *T. hemsleyanum* were Pb $\leq$ 4.167 7 mg/kg, Cd $\leq$ 0.194 6 mg/kg, As $\leq$ 0.455 0 mg/kg, Hg $\leq$ 0.042 4 mg/kg, Cu $\leq$ 7.892 5 mg/kg. Organochlorine pesticides were lower in *T. hemsleyanum*. **Conclusion** The method is simple, efficient and accurate, which can be used for the safety evaluation of *T. hemsleyanum*.

**Key words:** *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg; heavy metals; organochlorine pesticides; ICP-MS; GC

三叶青为葡萄科崖爬藤属植物三叶崖爬藤 *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg 的块根, 具有清热解毒、祛风化痰、活血止痛的功效<sup>[1]</sup>, 广泛用于多种中成药。近年来, 由于生长环境等因素造成的中药材中重金属、农药残留等不同程度超标, 既影响用药安全, 又限制中药材出口走向世界<sup>[2-3]</sup>。因

此测定 Pb、Cd、As、Hg、Cu 5 种有害元素及农药残留的含量对三叶青的质量控制及合理使用具有重要意义。本研究采用 ICP-MS 首次对不同产地三叶青中所含的 5 种重金属元素进行测定, 且首次测定 16 种有机氯类农药残留, 为全面精准评价三叶青质量奠定基础。

收稿日期: 2020-06-03

基金项目: 丽水市科技计划项目 (2017ZDYF16)

作者简介: 王慧玉, 女, 副主任药师。Tel: 13606698900 E-mail: 517669321@qq.com

\*通信作者 张国勇, 男, 副主任药师。Tel: (0578)2780183 E-mail: 2812015881@qq.com

#并列第一作者 刘帅英, 女, 硕士, 副主任药师。Tel: (0578)2155869 E-mail: whyu20091006@126.com

## 1 仪器与试剂

Agilent 7900 型电感耦合等离子体质谱仪 (美国 Agilent 科技有限公司); mLLi-Q Advan-tage A10 超纯水系统 (美国 MERCK mLLIPORE 公司); CEMMARSXPERSS 微波消解仪 (美国 CEM 公司); XS105 型十万分之一电子天平 (美国梅特勒-托利多公司); Agilent 6890N 型气相色谱 (美国 Agilent 科技有限公司); 8512 型氮吹仪; AgilentDB-1701 毛细管柱 (30 m×0.32 mm×0.25 μm) (美国); Sigma1-14 小型超高速离心机 (德国); DL-360D 型智能超声波清洗器 (上海精宏实验设备有限公司)。

Cu、As、Pb、Cd、Hg 标准液 (批号分别为 16103、16052、12075、16074、16084; 规格: 1 000 μg/mL) 购自中国计量科学研究院; Bi、Ge、In、Au 单元素标准物质溶液 (样品唯一性编号分别为 GSB 04-1719-2004、04-1728-2004、04-1731-2004、04-1715-2004; 规格: 1 000 μg/mL) 购自国家有色金属及电子材料分析测试中心; 浓硝酸 (优级纯, 默克公司); 超纯水由二次去离子水经 mLLi-Q 超纯水系统处理而得 (电阻率 ≥18.2 MΩ)。六六六 (α-BHC、β-BHC、γ-BHC、δ-BHC)、滴滴涕 (p,p'-DDE、p,p'-DDD、o,p'-DDT、p,p'-DDT)、五氯硝基苯、六氯苯、七氯、环氧七氯、艾氏剂、顺式氯丹、反式氯丹标准液的批号分别为 2276、2277、2278、2279、2280、2281、2282、2283、1845、1846、2316、2317、2320、064、065, 均购自农业部环境保护监测所; 氧化氯丹标准液 (批号 20181205) 购自北京北方伟业计量技术研究院。三叶青经浙江省丽水市中医院验收鉴定组副主任中药师蓝艳鉴定为葡萄科崖爬藤属植物三叶崖爬藤 *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg 的块根, 具体见表 1。

表 1 样品信息

Table 1 Information of samples

编号	产地	编号	产地
1	浙江温州乐清	12	浙江遂昌安口乡 2 年生
2	浙江龙泉八都	13	广西西林
3	广西河池	14	浙江庆元玉竹
4	福建省霞浦	15	云南文山
5	浙江大港头	16	浙江龙泉河村 3 年生
6	浙江遂昌金竹镇 2 年生	17	浙江遂昌
7	贵州兴义	18	浙江丽水莲都
8	浙江遂昌梅山村 2 年生	19	浙江遂昌安口乡 3 年生
9	福建三明	20	浙江遂昌金竹镇 3 年生
10	浙江遂昌梅山村 3 年生	21	浙江龙泉河村 1 年生
11	浙江温州永嘉		

## 2 方法与结果

### 2.1 三叶青中重金属含量的测定<sup>[4-8]</sup>

**2.1.1 仪器参数** 射频功率 1 500 W; 等离子体气体积流量 15.00 L/min; 辅助气体积流量 0.90 L/min; 载气体积流量 1.09 L/min; 采样锥孔径 1.0 mm; 截取锥孔径 0.8 mm; 雾化温度室温; 真空压力: 1.21 μPa; 采样深度 8 mm; 采样时间 10 s; 分析模式为定量。

**2.1.2 标准溶液的制备** 精密吸取 Pb、As、Cd、Cu 标准溶液适量, 用 2%硝酸稀释成含 Pb、As、Cd、Cu 质量浓度分别为 1、1、0.5、10 μg/mL 的标准溶液。分别精密吸取上述配制的 Pb、As、Cd、Cu 标准溶液适量分别置于同一量瓶中, 用 2%硝酸稀释至刻度, 制成含 Pb、As 质量浓度均为 0、1、5、10、20 μg/L, 含 Cd 质量浓度为 0、0.5、2.5、5.0、10.0 μg/L, 含 Cu 质量浓度为 0、50、100、200、500 μg/L 的混合对照品溶液。精密吸取 Hg 标准溶液适量制成含 Hg 为 0.1 μg/mL 的标准溶液, 精密吸取上述标准溶液 0、0.2、0.5、1、2、5 mL 分别置于 100 mL 量瓶中, 用 2%硝酸制成系列 Hg 标准溶液。

**2.1.3 内标液的制备** 精密吸取 Ge、Bi、In 标准溶液各 0.1 mL 置同一 100 mL 量瓶中, 用 2%硝酸稀释至刻度, 摇匀, 作为内标溶液。

**2.1.4 供试品溶液的制备** 精密称取三叶青粉末 0.2 g, 置聚四氟乙烯消解罐内, 其中加硝酸 8.0 mL, 混匀, 浸泡过夜, 置微波消解仪内进行消解, 程序为由室温经 5 min 升至 120 °C, 保持 3 min; 经 5 min 升至 150 °C, 保持 10 min; 再经 10 min 升至 180 °C, 保持 30 min。消解完成后, 消解液冷却至 60 °C 以下, 取出消解罐, 放冷, 将消解液转入 50 mL 量瓶中, 用少量水洗涤消解罐 3 次, 洗液合并于量瓶中, 加入 1 μg/mL 的 Au 单元素标准溶液 200 μL, 用超纯水稀释至刻度, 摇匀, 即得。

**2.1.5 试样空白溶液的制备** 精密吸取硝酸 8.0 mL 置聚四氟乙烯消解罐内, 除不加 Au 单元素标准溶液外, 按“2.1.4”项下方法制备试样空白溶液。

**2.1.6 线性关系考察** 取上述配制好的各浓度标准溶液, 按照“2.1.1”项下条件进行测定。以标准溶液浓度为横坐标, 测量值为纵坐标, 绘制标准曲线, 得到 Pb、As、Cd、Cu、Hg 各元素标准曲线方程分别为  $Y=0.002\ 9\ X+0.011\ 3$ ,  $r=0.999\ 6$ ;  $Y=0.005\ 9\ X+8.442\ 8\times 10^{-5}$ ,  $r=1.000\ 0$ ;  $Y=0.004\ 5\ X+4.260\ 5\times 10^{-5}$ ,  $r=1.000\ 0$ ;  $Y=0.0800\ X+0.007\ 6$ ,

$r=1.000\ 0$ ;  $Y=0.002\ 0X+7.023\ 3\times 10^{-6}$ ,  $r=0.999\ 1$ 。

**2.1.7 精密度试验** 取标准溶液及内标溶液, 连续进样 6 次, Pb、As、Cd、Cu、Hg 各元素的 RSD 值分别为 1.7%、0.6%、0.7%、0.3%、1.8%。

**2.1.8 重复性试验** 取同一批三叶青(广西河池), 平行取样 6 份, 按照“2.1.4”项下方法制备相应供试品溶液, 按照“2.1.1”项下条件测定样品中 Pb、As、Cd、Cu、Hg 各元素的含量, 测定值分别为 0.823、0.262、0.102、3.270、0.015  $\mu\text{g/g}$ , RSD 分别为 1.7%、1.5%、1.0%、0.9%、1.9%。

**2.1.9 稳定性试验** 取同一批三叶青(广西河池), 按照“2.1.4”项下方法制备相应供试品溶液, 分别于 0、2、6、8、12、16、24 h 测定, Pb、As、Cd、Cu、Hg 各元素的 RSD 分别为 1.2%、1.4%、1.9%、1.1%、2.0%。

**2.1.10 加样回收率试验** 取已测定的三叶青(广西河池) 6 份, 分别精密加入一定量的对照品溶液, 按照“2.1.4”项下方法制备相应的供试品溶液, 按照“2.1.1”项下条件测定各元素, 计算得各元素的加样回收率为 90.01%~99.20%, RSD 均 $\leq$ 2.0%。

**2.1.11 样品测定** 取各批次样品约 0.2 g, 各 2 份, 精密称定, 按“2.1.4”项下方法制备供试品溶液, 按“2.1.1”项下条件测定, 计算各元素质量分数, 结果见表 2。

## 2.2 三叶青中农药残留的测定

**2.2.1 GC 色谱条件** AgilentDB-1701 毛细管柱(30 m $\times$ 0.32 m $\times$ 0.25  $\mu\text{m}$ ), 63Ni-ECD 电子捕获检测器, 进样口温度 230  $^{\circ}\text{C}$ , 检测器温度 300  $^{\circ}\text{C}$ , 载气体积流量 1.5 mL/min, 不分流进样, 程序升温: 初始温度 60  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 0.3 min, 以 60  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 170  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , 再以 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 220  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , 保持 10 min, 再以 1  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 240  $^{\circ}\text{C}$ , 15  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 280  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , 保持 5 min。进样量 1  $\mu\text{L}$ 。

**2.2.2 混合对照品溶液的制备** 精密吸取 BHC、DDT 各异构体、五氯硝基苯、六氯苯、七氯、环氧七氯、艾氏剂、顺式氯丹、反式氯丹和氧化氯丹对照品适量, 用正己烷稀释制成含农药 5.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的贮备液。精密量取上述各对照品贮备液 1 mL, 置于 50 mL 量瓶中, 用正己烷稀释至刻度, 摇匀, 作为混合对照品贮备液。

**2.2.3 供试品溶液的制备** 取供试品于 60  $^{\circ}\text{C}$  干燥 4 h, 粉碎成中粉(过四号筛 65 目)。精密称取 2 g, 置 100 mL 具塞锥形瓶中, 加水 20 mL 浸泡过夜,

表 2 三叶青样品中 5 种重金属元素测定结果 ( $n=2$ )

Table 2 Five heavy metal content in samples ( $n=2$ )

编号	质量分数/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$				
	Pb	As	Cd	Cu	Hg
1	0.291 6	0.216 2	0.084 2	2.489 5	0.010 0
2	4.028 0	0.455 0	0.205 2	5.563 3	0.021 0
3	0.823 0	0.262 5	0.101 5	3.269 6	0.015 0
4	0.755 4	0.221 5	0.133 5	2.673 0	0.013 0
5	1.073 0	0.139 6	0.147 6	2.961 7	0.011 0
6	0.552 6	0.061 6	0.150 6	1.887 8	0.025 1
7	3.136 1	0.355 0	0.091 5	2.800 0	0.022 5
8	1.516 3	0.020 4	0.033 7	3.300 2	0.027 6
9	3.770 5	<0.001	0.396 1	5.262 8	0.015 2
10	2.970 2	0.171 3	0.063 4	4.535 5	0.015 4
11	1.380 9	<0.001	0.111 9	4.605 1	0.042 4
12	2.420 1	<0.001	0.143 6	4.350 5	0.012 9
13	1.004 3	0.207 3	0.133 8	2.470 1	0.030 6
14	0.553 9	0.367 7	0.180 3	4.282 5	0.019 7
15	0.162 6	<0.001	0.064 6	2.916 8	0.021 9
16	3.997 7	0.054 1	0.159 4	7.892 5	0.017 6
17	3.834 6	<0.001	0.194 6	6.045 4	0.014 3
18	1.561 6	0.096 6	0.360 2	2.677 4	<0.001
19	4.128 7	0.193 5	0.133 3	5.190 8	<0.001
20	4.167 7	0.140 0	0.190 3	5.333 6	<0.001
21	3.318 1	0.338 7	0.080 5	4.345 2	<0.001

精密加丙酮 40 mL, 称定质量, 超声处理 30 min, 放冷, 再称定质量, 用丙酮补足减失的质量, 再加氯化钠约 6 g, 精密加二氯甲烷 30 mL, 称定质量, 超声 15 min, 再称定质量, 用二氯甲烷补足减失的质量, 静置使分层, 将有机相迅速移入装有适量无水硫酸钠的具塞锥形瓶中, 放置 4 h, 精密量取 35 mL, 于 40  $^{\circ}\text{C}$  水浴上氮吹至近干, 加少量石油醚(60~90  $^{\circ}\text{C}$ )如前反复操作至二氯甲烷和丙酮除净, 用石油醚(60~90  $^{\circ}\text{C}$ )溶解并转移至 10 mL 具塞刻度离心管中, 加石油醚(60~90  $^{\circ}\text{C}$ )精密稀释至 5 mL, 小心加入硫酸 1 mL, 振摇 1 min, 离心(3 000 r/min) 10 min, 精密量取上清液 2 mL, 氮吹至适量, 精密稀释至 1 mL, 摇匀, 即得。

**2.2.4 标准曲线的绘制** 分别精密量取上述混合对照品贮备液 1 mL 分别置 100、50、20、10、5、2、1 mL 量瓶中, 用正己烷制成分别含 1、2、5、10、20、50、100 ng/mL 的溶液, 即得。取混合标准溶液, 进样量为 1  $\mu\text{L}$ , 按上述色谱条件进样, 每个进样量进样 3 次, 取 3 次峰面积的平均值。以峰面积和对照品的浓度绘制标准曲线, 并计算回归方程, 结果见表 2。

**2.2.5 精密度试验** 取混合对照品溶液, 连续进样 6 次, 六氯苯、六六六、五氯硝基苯、 $\gamma$ -BHC、七

表 3 线性关系方程

农药组分	回归方程	r
六氯苯	$Y=38.920\ 15\ X$	0.999 5
$\alpha$ -BHC	$Y=54.785\ 73\ X$	0.999 8
五氯硝基苯	$Y=44.866\ 23\ X$	0.999 4
$\gamma$ -BHC	$Y=52.010\ 63\ X$	0.999 7
七氯	$Y=45.027\ 06\ X$	0.999 7
艾氏剂	$Y=51.185\ 27\ X$	0.999 6
$\beta$ -BHC	$Y=23.013\ 55\ X$	0.999 1
$\delta$ -BHC	$Y=49.096\ 58\ X$	0.999 6
氧化氯丹	$Y=41.235\ 43\ X$	0.999 3
环氧七氯	$Y=50.379\ 65\ X$	0.999 5
反式氯丹	$Y=6.692\ 68\ X$	0.999 5
顺式氯丹	$Y=12.365\ 46\ X$	0.999 3
p,p'-DDE	$Y=44.290\ 76\ X$	0.999 4
o,p'-DDT	$Y=28.719\ 20\ X$	0.999 9
p,p'-DDD	$Y=43.417\ 37\ X$	0.999 0
p,p'-DDT	$Y=26.914\ 46\ X$	0.999 8

氯、艾氏剂、 $\beta$ -BHC、 $\delta$ -BHC、氧化氯丹、环氧七氯、反式氯丹、p, p'-DDE、o, p'-DDT、p, p'-DDD、p, p'-DDT RSD 值分别为 1.8%、1.2%、0.7%、0.8%、0.7%、0.8%、0.7%、0.6%、0.5%、0.5%、0.5%、0.5%、0.8%、0.4%、0.5%。

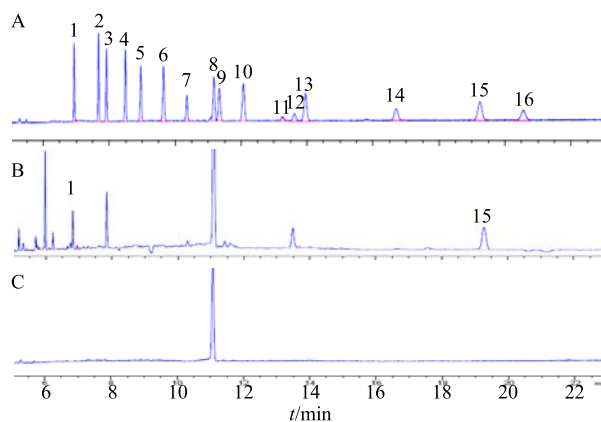
**2.2.6 重复性试验** 精密称取 4 号样品 2 g，平行取样 6 份，六氯苯和 p,p'-DDD 分别为 2.375 2、50.112 ng/mL，RSD 分别为 1.7%、1.4%。

**2.2.7 稳定性试验** 取 4 号样品溶液，分别于 0、2、6、8、12、16、24 h 测定，结果表明农药残留在 24 h 内稳定，六氯苯和 p,p'-DDD 的 RSD 为 2.8%、3.2%。

**2.2.8 加样回收率试验** 取已测定的 4 号样品 6 份，分别精密加入一定量的标准品溶液，按照样品测定项下方法制备，按照“2.2.1”项下条件测定，重复 3 次。结果六氯苯、五氯硝基苯、七氯、环氧七氯、 $\gamma$ -BHC 和 p,p'-DDD 的回收率为 89.10%~96.31%，RSD 为 1.9%~3.7%。

**2.2.9 样品测定** 按“2.2.3”项下方法对不同产地三叶青样品进行处理，按照“2.2.1”项下色谱条件进行检测。结果，在所有样品中 1、8、11、14、15、17、18、20 号样品未检出有机氯农药残留（低于检出限）；2、9、16、21 号检出环氧七氯，分别为 0.003 2、0.002 8、0.001 6、0.010 5 mg/kg；3、6 号检出七氯，分别为 0.025 8、0.007 9 mg/kg；4、5、7、10、12、13、16 号检出六氯苯，分别为 0.005 9、

0.002 2、0.005 3、0.002 1、0.002 9、0.002 2、0.002 6 mg/kg；7 号检出  $\gamma$ -BHC，为 0.001 7 mg/kg；12 号检出五氯硝基苯，为 0.016 5 mg/kg；4、5、6、13、19 号样品检出 p,p'-DDD，分别为 0.125 3、0.002 5、0.022 8、0.003 7、0.046 7 mg/kg。但其残留量均低于《中国药典》2015 年版第一增补本中参照人参项下规定，总 BHC $\leq$ 0.2 mg/kg、总 DDT $\leq$ 0.2 mg/kg、PCNB $\leq$ 0.1 mg/kg、六氯苯 $\leq$ 0.1 mg/kg、七氯 $\leq$ 0.05 mg/kg、艾氏剂 $\leq$ 0.05 mg/kg 和氯丹 $\leq$ 0.1 mg/kg。色谱图见图 1。



1-六氯苯 2- $\alpha$ -BHC 3-五氯硝基苯 4- $\gamma$ -BHC 5-七氯 6-艾氏剂 7- $\beta$ -BHC 8- $\delta$ -BHC 9-氧化氯丹 10-环氧七氯 11-反式氯丹 12-顺式氯丹 13-p,p'-DDE 14-o,p'-DDT 15-p,p'-DDD 16-p,p'-DDT  
1-hexachlorobenzene 2- $\alpha$ -BHC 3-pentachloronitrobenzene 4- $\gamma$ -BHC 5-heptachlor 6-aldrin 7- $\beta$ -BHC 8- $\delta$ -BHC 9-chlordane oxide 10-heptachlor epoxy 11-trans chlordane 12-cis-chlordane 13-p,p'-DDE 14-o,p'-DDT 15-p,p'-DDD 16-p,p'-DDT

图 1 混合对照品 (A)、样品 (B) 和阴性样品 (C) 的气相色谱图

Fig. 1 GC chromatograms of referencesubstances (A), sample (B), and negative sample (C)

### 3 讨论

本实验采用气相色谱法对浙江、广西、云南、贵州、福建 5 个省份不同产地的 21 批三叶青进行了 16 种有机氯农药残留分析，采用 ICP-MS 法检测了上述三叶青药材中 Pb、Cd、As、Hg、Cu 5 种重金属元素含量，方法具有简便、快速、灵敏度高的特点，能够满足样品分析。参照《中国药典》2015 年版及 2015 年国际标准化组织颁布的《中医药-中药材重金属限量》国际标准 [ISO18664: 2015 (E)]<sup>[6]</sup> 中对中药的重金属及有害元素限度：Pb $\leq$ 5 mg/kg，Cd $\leq$ 0.3 mg/kg，As $\leq$ 2 mg/kg，Hg $\leq$ 0.2 mg/kg，Cu $\leq$ 20 mg/kg，结果 21 批样品中 Pb $\leq$ 4.167 7 mg/kg，Cd $\leq$ 0.194 6 mg/kg，As $\leq$ 0.455 0 mg/kg，

Hg $\leq$ 0.042 4 mg/kg, Cu $\leq$ 7.892 5 mg/kg, 均在限度范围内。显示三叶青重金属含量较低, 整体质量较好。在所有样品中, 虽有部分检出有机氯残留, 但其含量均远低于《中国药典》2015 年版的限量要求, 表明所测三叶青药材能够保证临床用药安全性。

中药材的重金属来源可能来自环境的污染、工业三废对其的直接或间接污染、药材运输加工过程中的污染等, 重金属和农药残留是中药材的重要污染物。有机氯类农药脂溶性强, 易在脂肪体中蓄积, 可致神经、肝、肾损伤; 重金属导致体内蛋白质变性, 损害组织细胞的功能。本研究通过对不同地区三叶青样品中 5 种重金属元素含量和 16 种有机氯农药残留进行测定分析与比较研究, 可为三叶青的重金属元素标准、农药残留标准制定提供依据, 为其饮片生产和临床用药安全提供参考。

#### 参考文献

[1] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编-上册

[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1975.

- [2] 王怀豫, 郭晓蕾, 朱龙平, 等. 不同产地灵芝中重金属和有机氯类农药残留含量比较 [J]. 中药材, 2011, 34(11): 1672-1674.
- [3] 郭红丽, 张 硕, 王鹏娇, 等. 不同前处理法测定灵芝提取物中金属含量的对比研究 [J]. 中国药学杂志, 2016, 51(2): 96-100.
- [4] 黄卫平, 唐红芳, 金 锋, 等. “浙八味”药材重金属和有机氯农药残留分析 [J]. 中华中医药学刊, 2013, 31(3): 624-627.
- [5] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [6] 邱学伟, 张春辉, 吴爱英. 不同产地板蓝根中重金属元素的含量测定及分析 [J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(5): 715-718.
- [7] 刘 姣, 刘雪峰, 樊宝娟, 等. GC-MS 法测定 18 种药材中的农药残留量 [J]. 西北药学杂志, 2017, 32(1): 9-13.
- [8] 岳 媛, 杨晓阳, 肖佳佳, 等. ICP-MS 法测定川明参中 6 种重金属元素 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1595-1600.