

百合药材、种植土壤及灌溉水中农药及重金属残留分析

袁志鹰^{1,2,3}, 张梦通¹, 陈乃宏^{1,2}, 谢舒平⁴, 裴刚^{1,2*}, 黄惠勇^{1,3*}, 邓湘波⁵

¹湖南中医药大学; ²湖南省中药饮片标准化及功能工程技术研究中心; ³湖南省药食同源功能性食品工程技术研究中心, 长沙 410208; ⁴南京中医药大学, 南京 210046; ⁵郴州市食品药品检验检测中心, 郴州 423000

摘要:对湘产药食两用植物卷丹百合的鲜药、干燥药材、产地土壤及灌溉水的安全性进行评价。采用气相色谱法对总六六六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清进行测定,并用 AFS-AAS 法测定 As、Hg、Pb、Cd、Cr 和 Cu 含量。结果显示,6 个采样区的土壤、灌溉水中六六六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱均未见残留,百菌清残留量为 ND~0.126 mg/kg;在百合鲜药、干燥药材中,六六六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清 5 种农药均未测出有残留,另除 G-1、D-4 样品中 Cd 残留量超标外,所有样品重金属均符合《植物和制剂对外贸易和贸易的绿色贸易标准》(WM/T2-2004)。根据污染指数评价,龙山具有优良的卷丹百合产地环境,适合生产符合现代质量要求的绿色百合。但研究发现百合对于土壤中镉的富集系数好,有必要加强百合主产区土壤改性进一步研究。

关键词:百合;农药;重金属;安全评价

中图分类号:R931.2

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.11.016

Analysis of Pesticide and Heavy Metal Residues in *Lilium lancifolium* Thunb., Soil and Irrigation Water

YUAN Zhi-ying^{1,2,3}, ZHANG Meng-tong¹, CHEN Nai-hong^{1,2}, XIE Shu-ping⁴,
PEI Gang^{1,2*}, HUANG Hui-yong^{1,3*}, DENG Xiang-bo⁵

¹Hunan University of Chinese Medicine;

²Hunan Engineering Technology Center of Standardization and Function of Chinese Herbal Decoction Pieces;

³Hunan Engineering Technology Center of Functional Food Homology of Medicine, Changsha 410208, China;

⁴Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210046, China;

⁵Chenzhou Center for Food and Drug Control, Chenzhou 423000, China

Abstract: To evaluate the safety of fresh, dry bulbs of *Lilium lancifolium* Thunb., soil and irrigation water of *Lilium lancifolium* Thunb. Base, gas chromatography was used to determine BHC, DDT, fenprothrin, chlorpyrifos and chlorothalonil. Meanwhile, the content of As, Hg, Pb, Cd, Cr and Cu was determined by AFS-AAS. In 6 *Lilium lancifolium* Thunb. bases, BHC, DDT, fenprothrin, chlorpyrifos of the soil, irrigated water were not detected, and chlorpyrifos remained at ND-0.126 mg/kg. The 5 pesticides were not detected in fresh and dry medicinal herbs. In the *Lilium lancifolium* Thunb. samples of 6 sampling areas, all the heavy metals in the samples were in accordance with the green trade standard for foreign trade and trade in medicinal plants and preparations (WM/T2-2004) except samples of G-1 and D-4 which exceeded the standard of the residual content of Cd. According to the evaluation of pollution index of heavy metals in the soil and water samples, Longshan county has excellent environment, suitable for the production of green *Lilium lancifolium* Thunb. It further confirms that standardized agricultural management makes high quality medicinal materials. However, it was found that the enrichment coefficient of Cd in soil was good. So it is necessary to strengthen the study of soil modification in the main producing area of *Lilium lancifolium* Thunb. for producing high quality medicinal materials.

Key words: *Lilium lancifolium* Thunb.; pesticides; heavy metals; safety assessment

收稿日期:2018-04-17 接受日期:2018-09-27

基金项目:国家中医药管理局科研项目(ZYBZH-Y-HUN-24);长沙市科技局重点项目(K1406032-11);国家自然科学基金青年项目(81403206);湖南省中药饮片标准化及功能工程技术研究中心开放基金(2018-02)

* 通信作者 E-mail:huanghy68@126.com, peigang@hotmail.com

随着中医药法的出台,中药种植业迎来新的发展时期^[1,2]。但由于长期以来中药材产地环境缺乏标准,药农难以规范种植,致使部分药材农药和重金属残留超标^[3,4],严重影响到人民群众的用药安全。农药对人体危害主要表现为免疫毒性、神经毒性、慢

性细胞毒性及基因毒性^[5,6],而重金属对人的造血系统、神经系统具有蓄积性毒副作用^[7,8]。药材产地土壤重金属还会对药用植物生长形成胁迫,影响药材活性成分的生源代谢^[9,10]。

百合(*Lilii Bulbus*)来源于卷丹百合(*Lilium lancifolium* Thunb)、百合(*Lilium broumii* F. E. Brown var. *viridulum* Baker)、细叶百合(*Lilium pumilum* DC.)3种的干燥鳞茎^[11,12]。百合药食均可,具有清心安神、滋阴润肺之功效,常见于中医方剂配伍之中^[13]。目前,市场药用百合以卷丹为主,而卷丹百合主产区集中在湖南龙山县^[14]。随着人们对中药材及食品安全的重视,有必要对百合主产区土壤、灌溉水、鲜药及干燥药材中有机氯农药、常用的甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清等农药以及重金属进行残留量分析,而目前专门对卷丹主产区环境及百合中重金属、农药残留的研究少见报道。因此本研究运用气相色谱仪、原子吸收仪、原子荧光仪对卷丹百合鲜药、干燥药材、土壤及灌溉水中农药、重金属残留进行测定,开展药材种植环境质量分析以及药材品质安全评估,为制定百合的产地环境标准、推动百合产业和当地经济社会发展具有重大意义。

1 实验材料

1.1 样品采集及预处理

供试品土壤采自湖南龙山县百合种植基地与高山育种基地。在种植基地中设5个采样区,分别用D-1、D-2、D-3、D-4、D-5表示,高山育种基地中设置1个采样区,用G-1表示。每个采样区采用蛇形采样法分别采集耕作层(0~30 cm)土样10个,每个点上取的土壤样品约1.0 kg,混匀后采用四分法得1.0 kg土样,经木锤碾碎,摊成薄层,经室内风干后,去除样品中植株根系和可见侵入体,用木滚研磨过100目尼龙筛,分装于塑料自封袋中,备用。同时设置百合种植基地灌溉水源2个采样区,分别用S1、D1表示,育种基地水源1个采样区,用G1表示,采集灌溉水样,样品按GB/T 5750.9-2006测定。

笔者于2017年7月在百合药材的主产区湖南龙山县前述的百合种植与高山育种基地内分别设置5个采样区和1个采样区,每个采样区随机采集10株百合地下新鲜鳞茎,取1/2清洗晾干表面水渍后作为鲜品百合备用,5个种植基地的百合鲜药分别用D-1、D-2、D-3、D-4、D-5表示,高山育种基地G-1表示。每个采样区另外1/2的百合鳞茎清洗,经蒸

煮杀青及60℃烘干,过60目筛备用,种植基地的干燥百合药材分别用D1、D2、D3、D4、D5表示,高山育种基地的干燥百合药材用G1表示。药材样品由湖南中医药大学中药鉴定教研室周小江教授鉴定为卷丹百合(*Lilium lancifolium* Thunb)的鳞茎。

1.2 仪器与试剂

AFS-230E原子荧光光度计(北京海光仪器公司,中国),AA-7000原子吸收分光光度计(岛津公司,日本),MARS XPRESS微波消解仪(培安科技有限公司,美国),GC-2010气相色谱仪(岛津公司,日本),SMART2PURE智能一体化超纯水系统(赛默飞世尔科技公司,美国),METTLER TOLEDO ML204电子分析天平(0.1 mg, METTLER TOLEDO公司,瑞士),0.1~1 mL可调移液枪(Gilson公司,美国)。其余试剂均为分析纯,纯度≥99%,经检测确认,符合农药残留和重金属含量检测的要求。

2 实验方法

2.1 有机氯农药、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清残留测定

土壤中有机氯含量参照GB/T 14550-2003的方法进行,土壤中甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清参照文献^[15,16]方法进行测定;鲜药和干燥药材农药残留分别参考NYT 761-2008、《中国药典》(2015年版)一部附录IX Q的方法测定。灌溉水中农药残留参照GB/T 5750.9-2006的方法进行。

2.2 重金属残留的测定

灌溉水、土壤、鲜药和干燥药材中重金属残留参照相关国家标准及文献方法分析样品中As、Hg、Pb、Cd、Cr和Cu含量。灌溉水参照GB 5084-2005,土壤按GB 15618-1995进行测定。鲜药和干燥药材按GB 5009.15-2014、GB 5009.123-2014、GB 5009.12-2017、GB 5009.13-2017及文献^[17]进行测定。

2.3 土壤、灌溉水污染指数评价

采用单项污染指数法、综合污染指数法对龙山百合种植基地和育种基地土壤、水进行环境质量评价。

2.3.1 单项污染指数法

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中 P_i 为土壤、水中污染物 i 的单项污染指数, C_i 为土壤、水中污染物 i 的实测值, S_i 为污染物 i 的评价标准。当 $P_i < 1$,表示未污染, $P_i > 1$ 表示受

污染, P_i 值越大, 污染越严重。

2.3.2 综合污染指数法

$$P_{\text{综}}(\text{土壤、水}) = \sqrt{\frac{P_{\text{max}}^2 + P_{\text{ave}}^2}{2}}$$

式中, $P_{\text{综}}$ 为土壤(水)综合污染指数, P_{max} 为单项污染指数最大值, P_{ave} 为单项污染指数平均值, 当 $P_{\text{综}} \leq 0.7$ 时表示未污染, 污染等级为安全级别“清洁”。

土壤、灌溉水污染评价参数为 As、Hg、Pb、Cd、Cr 和 Cu; 评价标准采用《土壤环境质量标准》GB 15618-1995, 农田灌溉水水质国家标准 GB 5084-2005 进行生态安全评价。

2.4 百合鳞茎安全性评价

参照 WM/T2-2004 行业标准及环境-药材关联

性对百合鳞茎中重金属及农药残留量进行评价。

3 结果与分析

3.1 土壤中的有机氯农药、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清残留量分析

百合药材的主产区龙山种植基地和高山育种基地土壤中六六六, 滴滴涕, 甲氰菊酯, 毒死蜱 4 种成分均未测出有残留, 百菌清的残留为 ND ~ 0.126 mg/kg, 6 个采样区土壤中百菌清的含量存在明显差异, 其含量为 D-5 > G-1 > D-4 > D-1 > D-3 > D-2。六六六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清最低检测限分别为 0.000 8、0.001、0.005、0.02、0.005 mg/kg (见表 1)。

表 1 百合药材生长土壤的农药残留量比较 ($n=3, \text{mg/kg}$)

Table 1 Study of pesticide residues in the growing soil of *Lilium* ($n=3, \text{mg/kg}$)

类别 Category	编号 Number	六六六 BHC	滴滴涕 DDT	甲氰菊酯 Fenpropathrin	毒死蜱 Chlorpyrifos	百菌清 Chlorothaloni
土壤 Soil	D-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.014 8
	D-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.005 4
	D-4	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.017 2
	D-5	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.126
	G-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.054 6
检测限 Detection limit		0.000 8	0.001	0.005	0.02	0.005

3.2 药材及灌溉水中农药残留量分析

百合种植基地和高山育种基地中六大采样区的鲜百合、干燥百合药材以及三个主要灌溉水源取样

中六六六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清均未检测出(见表 2、3)。

表 2 百合农药残留量比较 ($n=3, \text{mg/kg}$)

Table 2 Study of pesticide residues in *Lilium* ($n=3 \text{ mg/kg}$)

类别 Category	编号 Number	六六六 BHC	滴滴涕 DDT	甲氰菊酯 Fenpropathrin	毒死蜱 Chlorpyrifos	百菌清 Chlorothaloni
干百合 Dried <i>Lilium</i>	D1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D4	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D5	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	G1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
鲜百合 Fresh <i>Lilium</i>	G-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D-3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D-4	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D-5	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
检测限 Detection limit		0.000 8	0.001	0.005	0.02	0.005

表3 灌溉水农药残留量比较($n=3$)Table 3 Study of pesticide residues in irrigated water($n=3$)

类别 Category	编号 No.	六六六 BHC	滴滴涕 DDT	甲氰菊酯 Fenpropathrin	毒死蜱 Chlorpyrifos	百菌清 Chlorothaloni
水 Water	S1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	G1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	D1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
检测限 Detection limit		0.03	0.08	0.1	2	0.4

3.3 土壤中重金属残留量分析

六个采样区中砷含量范围为 0.84 ~ 6.2 mg/kg, 存在明显差异: G-1 > D-4 > D-5 > D-1 > D-3 > D-2, 汞含量范围为 0.08 ~ 0.15 mg/kg, D-3 > D-4 > G-1 > D-2 > D-1 > D-5, 铅含量范围为 6.3 ~ 10.7 mg/kg, 其中 D-1 > D-3 > D-2 > G-1 > D-5 > D-4, 镉含量

范围为 0.057 ~ 0.12 mg/kg, D-3 > G-1 > D-5 > D-1 > D-2 > D-4, 铬含量范围为 4.0 ~ 4.9 mg/kg, G-1 > D-1 > D-5 > D-4 > D-3 > D-2, 铜含量范围为 1.9 ~ 12.8 mg/kg, D-3 > D-2 > G-1 > D-5 > D-1 > D-4。样品所有指标均达到国家土壤环境质量二级标准 (GB15 618) (见表 4、图 1)。

表4 百合类药材生长土壤的重金属残留量比较($n=3$, mg/kg)Table 4 Study of heavy metal residues in the growing soil of *Lilium* ($n=3$, mg/kg)

类别 Category	编号 Number	pH	砷 As	汞 Hg	铅 Pb	镉 Cd	铬 Cr	铜 Cu
土壤 Soil	D-1	6.44	2.23	0.09	10.7	0.082	4.8	2.2
	D-2	7.78	0.84	0.11	9.2	0.081	4	7.4
	D-3	6.27	2.21	0.15	10.4	0.12	4.2	12.8
	D-4	5.96	5.91	0.14	6.3	0.057	4.3	1.9
	D-5	7.25	5.42	0.08	7.1	0.093	4.6	2.8
	G-1	7.96	6.2	0.13	8.5	0.097	4.9	5.0
检测限 Detection limit			0.01	0.003	0.04	0.003	0.03	0.05

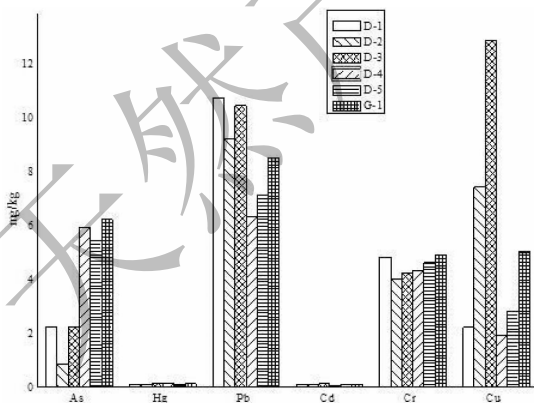


图1 不同采样区百合生长土壤重金属分析图

Fig. 1 Analysis of heavy metals in soil in different sampling areas

3.4 灌溉水中重金属残留量分析

3个灌溉水源样品中砷含量范围为 0.004 1 ~ 0.004 2 mg/L, G1 = D1 > S1, 汞含量范围为 0.000 4

~ 0.001 8 mg/L, S1 > D1 > G1, 铅、铬、铜在 3 个样品中均未被检测到, 镉的含量范围为 0.000 63 ~ 0.000 87 mg/L, G1 > D1 > S1。其中 S1 样品汞含量超标, 其它样品样品所有指标均达到国家农田灌溉水质标准 (GB5084-2005) (见表 5)。

据单项污染指数法, 6 个采样区土壤重金属单项污染指数均小于 1, 由综合污染指数法评价发现, 所有的采样区土壤综合指数均小于 0.7, 平均综合污染水平处于安全级别。3 个灌溉水源样品根据单项污染指数法分析, S1 样品 P_i (汞) 达到了 1.8, 其他元素单项污染指数均小于 1; 由综合污染指数法评价发现, S1 样品水源综合污染指数大于 0.7, 表示该灌溉水源受到了污染, 其他 2 个水源污染水平为清洁级别 (见表 6)。

3.5 药材中重金属残留量分析

六个采样区药材样品中, 除 G-1、D-4 样品 Cd

表4 百合药材灌溉水的重金属残留量比较 ($n=3, \text{mg/kg}$)Table 5 Study of heavy metal residues in irrigation water of *Lilium* ($n=3, \text{mg/kg}$)

类别 Category	编号 Number	pH	砷 As	汞 Hg	铅 Pb	镉 Cd	铬 Cr	铜 Cu
水 Water	S1	7.01	0.004 1	0.001 8	N. D.	0.000 63	N. D.	N. D.
	G1	8.31	0.004 2	0.000 4	N. D.	0.000 87	N. D.	N. D.
	D1	7.42	0.004 2	0.000 9	N. D.	0.000 86	N. D.	N. D.
检测限 Detection limit			0.001	0.000 1	0.004	0.000 3	0.003	0.005

表6 土壤、水重金属安全评价 (mg/kg)Table 6 Safety assessment of heavy metals in soil and water (mg/kg)

类别 Category	土壤 Soil					水 Water				
	编号 Number	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	G-1	S1	G1	D1
P_i (As)		0.055 8	0.033 6	0.055 3	0.147 8	0.180 7	0.248 0	0.082 0	0.084 0	0.084 0
P_i (Hg)		0.300 0	0.110 0	0.500 0	0.466 7	0.160 0	0.130 0	1.800 0	0.400 0	0.900 0
P_i (Pb)		0.042 8	0.026 3	0.041 6	0.025 2	0.023 7	0.024 3	-	-	-
P_i (Cd)		0.270 0	0.081 0	0.400 0	0.190 0	0.155 0	0.097 0	0.063 0	0.087 0	0.086 0
P_i (Cr)		0.032 0	0.016 0	0.028 0	0.028 7	0.023 0	0.019 6	-	-	-
P_i (Cu)		0.044 0	0.074 0	0.256 0	0.038 0	0.028 0	0.050 0	-	-	-
平均 mean		0.124 1	0.056 8	0.213 5	0.149 4	0.095 1	0.094 8	0.324 2	0.095 2	0.178 3
$P_{\text{综}}$ ($P_{\text{comprehensive}}$)		0.229 6	0.087 5	0.384 4	0.346 5	0.144 3	0.187 7	1.293 2	0.290 7	0.648 8
污染水平 Pollution level		清洁 Clean	清洁 Clean	清洁 Clean	清洁 Clean	清洁 Clean	清洁 Clean	污染 Polluted	清洁 Clean	清洁 Clean

残留含量超标,其余样品所有重金属指标均符合《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》(WM/T2-2004)的有关规定。于百合中,砷含量范围为0.016~0.028 mg/kg, $D4 > D1 > D3 > G1 = D5 > D2$;汞残留,除D5残留量为0.004 mg/kg外,其他样品未检出;铅残留含量范围为ND~0.7 mg/kg, $D5 > D3 > D4 > G1$, D1、D2样品中未检测出铅残留;镉含量范围为0.05~0.2 mg/kg, $D1 > G1 > D2 > D5 > D4 > D3$;铬含量范围为ND~0.44 mg/kg, $D2 > D4 > D3 > D5 > G1$, D1样品未检测出铬残留;所有样品均未

检测到铜残留。鲜百合中:砷含量范围为0.011~0.032 mg/kg,存在明显差异; $D-3 > D-4 > D-5 > D-2 > G-1 > D-1$;汞含量范围为ND~0.006 mg/kg, $D-5 > D-2 > D-1 > D-4$, D-3、G-1未检测出汞残留;铅含量范围为0.067~0.52 mg/kg, $D-4 > D-3 > D-1 > D-5 > G-1 > D-2$;镉含量范围为0.06~0.45 mg/kg, $G-1 > D-4 > D-5 > D-2 > D-3 > D-1$;铬含量范围为0.04~0.26 mg/kg, $D-4 > D-3 > G-1 > D-2 > D-5 > D-1$;所有样品均未检测到铜残留(见表7、图2)。

表7 百合药材重金属残留分析 ($n=3, \text{mg/kg}$)Table 7 Analysis of heavy metal residues in *Lilium* ($n=3, \text{mg/kg}$)

类别 Category	编号 Number	砷 As	汞 Hg	铅 Pb	镉 Cd	铬 Cr	铜 Cu
干燥百合 Dried Lilium	D1	0.024	N. D.	N. D.	0.2	N. D.	N. D.
	D2	0.016	N. D.	N. D.	0.097	0.44	N. D.
	D3	0.02	N. D.	0.42	0.05	0.3	N. D.

续表 7 (Continued Tab. 7)

类别 Category	编号 Number	砷 As	汞 Hg	铅 Pb	镉 Cd	铬 Cr	铜 Cu
鲜百合 Fresh Lilium	D4	0.028	N. D.	0.28	0.076	0.36	N. D.
	D5	0.017	0.004	0.7	0.092	0.2	N. D.
	G1	0.017	N. D.	0.1	0.19	0.13	N. D.
	G-1	0.017	N. D.	0.089	0.45	0.18	N. D.
	D-1	0.011	0.005	0.12	0.06	0.04	N. D.
	D-2	0.019	0.005	0.067	0.13	0.056	N. D.
	D-3	0.032	N. D.	0.25	0.12	0.23	N. D.
	D-4	0.026	0.004	0.52	0.41	0.26	N. D.
	D-5	0.021	0.006	0.09	0.15	0.05	N. D.
检测限 Detection limit		0.01	0.003	0.04	0.003	0.03	0.05

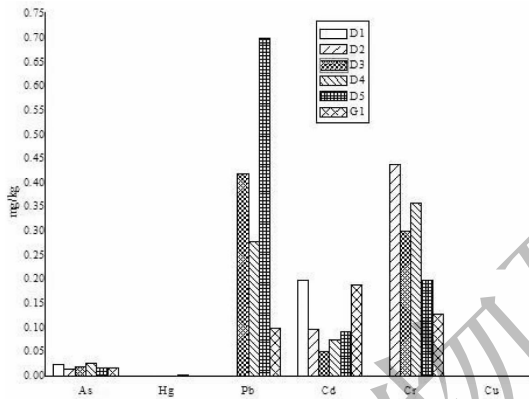


图 2 不同采样区百合干燥药材重金属分析图

Fig. 2 Analysis of heavy metals in dried bulbs of *Lilium* in different sampling areas

3.6 药材对重金属富集系数研究

为进一步探讨百合药材中各重金属吸收特点,采用富集系数法来描述。在 6 个采样区干燥药材对土壤样品重金属元素富集系数中,镉偏高,其中 D1、D2、D4、G1 大于 1,分别为:2.439 0、1.197 5、1.333 3、2.043 0,其余均小于等于 1(见表 8)。

4 结论

龙山作为我国最大的卷丹百合种植基地,长期以来为国家科技部百合规范化种植研究基地,在选择农药时得到了湖南省科技特派员及湖南中医药大学的长期规范化指导。本研究结果显示,6 个主产区的土壤、灌溉水中六六六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱均未见残留。在鲜药百合、干燥百合药材中六六

表 8 百合对重金属的富集系数

Table 8 Concentration coefficient of heavy metals in *Lilium*

编号 Number	砷 As	汞 Hg	铅 Pb	镉 Cd	铬 Cr	铜 Cu
D1	0.010 76	-	-	2.439 0	-	-
D2	0.019 05	-	-	1.197 5	0.11	-
D3	0.023 81	-	0.040 38	0.416 7	0.071 43	-
D4	0.004 7	-	0.044 44	1.333 3	0.083 72	-
D5	0.031 37	0.05	0.098 59	0.989 2	0.043 48	-
G1	0.002 742	-	0.011 76	2.043 0	0.061 2	-

六、滴滴涕、甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清 5 种成分亦未测出有残留,证实了当地土壤环境优越。产区常施农药百菌清在土壤中虽有残留,但三个水源样品以及百合样品中均未检测到百菌清残留,当地使用的甲氰菊酯、毒死蜱、百菌清三种农药既可以防治百合

病害,改善药材植株品质,又具有低毒易降解的特点,具有现实意义。

6 个采样区土壤样品中重金属残留指标均达到国家土壤环境质量二级标准(GB15 618)。进一步利用单项污染指数法、综合污染指数法进行环境

(土壤、灌溉水源)质量评价,结果表明6个采样区土壤平均综合污染水平处于清洁级别。3个灌溉水源样品中除S1样品受到了污染,其他2个水样污染水平为清洁级别。S1样品主要受汞含量超标影响,可能受污水排放有关,由此应当加强污水排放控制。药材样品中,除G-1、D-4样品Cd残留含量超标,其余样品所有重金属指标均符合《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》(WM/T2-2004)的有关规定。

在鲜百合和干燥百合药材共计12个样品中,从同一百合鲜品和干品重金属元素含量变化分析可知,干燥药材中汞元素减少非常明显,这与汞受热分解有重要关系,这也进一步启示我们药材干燥的方式的重要性。此外百合药材的重金属富集系数表明,百合对于土壤中镉的富集系数好,因此有必要加强卷丹百合主产区土壤改性研究。本研究首次对我国最大的百合种植基地进行系统的产地环境及药材品质安全研究,为制定百合的产地环境标准,生产出更优质的百合药材作出实践性探索。

参考文献

- 1 Wu YX(吴颖雄). Discussion of basic problems in the construction of the law of traditional Chinese medicine[J]. *Chin J Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2015, 26: 681-683.
- 2 Zhang JH(张俊华), Zhang BL(张伯礼). Follows the law of Chinese medicine and ensures all-round development by reading the Chinese medicine law[J]. *Chin J Tianjin J Tradit Chin Med* (天津中医药), 2017, 34(1): 1-2.
- 3 Zhang P(张鹏), Li XW(李西文), Dong LL(董林林), et al. Study on botanical pesticides and its application in production of traditional Chinese medicine[J]. *Chin J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2016, 41: 3579-3586.
- 4 Yang WZ(杨婉珍), Kang CZ(康传志), Ji RF(纪瑞锋), et al. Situation analysis and standard formulation of pesticide residues in traditional Chinese medicines[J]. *Chin J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2017, 42: 2284-2290.
- 5 Wang X(汪霞), Gao XL(郜兴利), He BN(何炳楠), et al. Research progress on the immunotoxicity of pyrethroids[J]. *Chin J Pest Sci* (农药学报), 2017, 19(1): 1-8.
- 6 Chen J(陈洁), Zhang JR(张积仁). Progress in mechanism of pesticide-induced cytotoxicity and genotoxicity[J]. *Chin J Asi J Ecotoxi* (生态毒理学报), 2017, 12(1): 82-88.
- 7 Chen YH(陈宇航), Guo QS(郭巧生), Zhang XX(张贤秀), et al. Analysis on residues of organochlorine pesticides

- and heavy metals in planted soil and medicinal materials of *Prunella vulgaris*[J]. *J Plan Res Env* (植物资源与环境学报), 2012, 21(2): 60-63.
- 8 Yang MM(杨咪咪), Wang Q(王旗). Progress in toxicology of heavy metals in traditional Chinese medicine[J]. *Chin J Chin J Phar Toxi* (中国药理学与毒理学杂志), 2016, 30: 1359-1368.
 - 9 Wei JF(魏金凤), Li GY(李光勇), Wang JX(王俊霞), et al. Analysis of changes of physiological indices and volatile constituents of coriandrum sativum under heavy metal conditions[J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2013, 25: 1376-1380.
 - 10 Feng YY(冯莹莹), Zhang ZX(张钟秀), Dong XJ(董先娟), et al. Expression analysis of allene oxide synthase gene from *Aquilaria sinensis*[J]. *Chin J Acta Pharm Sin* (药学学报), 2017, 52: 1962-1969.
 - 11 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部)[M]. Beijing: China Medical Science Press, 2015, 132.
 - 12 Zhang HQ(张黄琴), Yan H(严辉), Qian DW(钱大玮), et al. Analysis and evaluation of eight active ingredients in *lilium lancifolium* from different regions[J]. *Chin J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2017, 42: 311-318.
 - 13 Fu CY(傅春燕), Liu YH(刘永辉), Li MJ(李明娟), et al. Quantitative determination of contents of two steroidal saponins in *lilium brownii* by HPLC[J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2012, 24: 1250-1252.
 - 14 Yang Q(杨茜). Lily cultivation, yield and quality improving policy and technology in Longshan county [D]. Changsha: Chin J Hunan Agricultural University (湖南农业大学), 2014.
 - 15 Yu L(余磊), Gan JQ(阚建全), Huang RH(黄荣茂). Study on residues of 20% fenprothrin EC in Chinese cabbage[J]. *Chin J Guizhou Agr Sci* (贵州农业科学), 2008, 36: 113-114.
 - 16 Zhou W(周威). Dissipation of carbendazim, chlorothalonil and chlorpyrifos in vegetables and soil inside and outside outside the greenhouse [D]. Chin J Hanzhou: zhejiang University (浙江大学), 2013.
 - 17 Yuan ZY(袁志鹰), Chen NH(陈乃宏), Zhou XJ(周小江), et al. Content determination of As and Hg of *lilium lancifolium* samples from Longshan County by AFS[J]. *Chin J Inf Tradit Chin Med* (中国中医药信息杂志), 2018, 3(3): 90-93.