

## ·中药栽培·

本文引用:袁志鹰,周小江,黄惠勇,曾光,黄培,何卫波,许光明,陈乃宏.湖南卷丹百合适生地环境指数特征分析及风险评价[J].湖南中医药大学学报,2018,38(7):750-754.

## 湖南卷丹百合适生地环境指数特征分析及风险评价

袁志鹰<sup>1,2,3</sup>,周小江<sup>1,2</sup>,黄惠勇<sup>1,3\*</sup>,曾光<sup>1</sup>,黄培<sup>1</sup>,何卫波<sup>1</sup>,许光明<sup>1,2</sup>,陈乃宏<sup>1,2\*</sup>

(1.湖南中医药大学,湖南长沙410208;2.湖南省中药饮片标准化与功能工程技术中心,湖南长沙410208;  
3.湖南省药食同源功能性食品工程技术中心,湖南长沙410208)

**〔摘要〕**目的 对湘产药食两用植物卷丹百合的适生地环境中的土壤、灌溉水和空气进行多维度质量评价及风险评估。方法 采用野外采样和实验室分析,对湖南龙山县卷丹百合的育种基地和生产基地土壤和灌溉水中的镉(Cd)、铬(Cr)、汞(Hg)、砷(As)、铅(Pb)、铜(Cu)6种重金属元素的含量特征进行分析,并对龙山百合基地的大气环境中的SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>25</sub>6项基础指标进行测定。利用单项污染指数法、综合污染指数法、潜在生态风险指数评价方法对研究区域进行环境质量评价。结果 研究区土壤中Cd、Cr、Hg、As、Pb、Cu的含量范围分别为0.16~0.29、2.30~6.63、0.08~0.30、10.33~26.44、2.00~11.60、10.60~36.44 mg/kg,灌溉水Pb、Cd、Cr、Cu、As、Hg的含量范围分别为:0.000 2~0.002 0、0.000 2~0.000 9、未检出、1个样本为0.000 1(其余未检出)、0.000 3~0.001 0、0.000 1~0.000 5 mg/L;当地大气环境SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>25</sub>年平均值分别为16、13、60、34 μg/m<sup>3</sup>;CO 24 h平均值为0.9 mg/m<sup>3</sup>、O<sub>3</sub>日最大8 h平均值为94 μg/m<sup>3</sup>。龙山产地环境平均综合污染水平处于安全级别,污染水平为清洁级别,生态风险级别均为A级(低)。结论 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。但部分采样点土壤中Cd、Hg、As的P>1,或者接近临界值1,具有一定的潜在生态风险。

**〔关键词〕**卷丹百合;适生地环境;污染指数;风险评价;重金属

**〔中图分类号〕**R282.2

**〔文献标志码〕**A

**〔文章编号〕**doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2018.07.008

## Analysis of Environmental Characteristics and Risk Assessment in Hunan Production Base of *Lilium lancifolium*

YUAN Zhiying<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Xiaojiang<sup>1,2</sup>, HUANG Huiyong<sup>1,3\*</sup>, ZENG Guang<sup>1</sup>, HUANG Pei<sup>1</sup>, HE Weibo<sup>1</sup>,  
XU Guangming<sup>1,2</sup>, CHEN Naihong<sup>1,2\*</sup>

(1. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. Hunan Engineering Technology Center of Standardization and Function of Chinese Herbal Decoction Pieces, Changsha, Hunan 410208, China; 3. Hunan Engineering Technology Center of Functional Food Homology of Medicine, Changsha, Hunan 410208, China)

**〔Abstract〕** Objective To assess the environment of Hunan production base of *lilium lancifolium* by the index of the soil, irrigation water and air quality. Methods The content distribution characteristics of cadmium (Cd), chromium (Cr), mercury (Hg), arsenic (As), plumbum (Pb) and cuprum (Cu) in Longshan region soils and irrigation water of *lilium lancifolium* base in Hunan province were analyzed. The six basic indexes of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> and PM<sub>25</sub> in the atmospheric environment of Longshan *lilium lancifolium* base were determined. The environmental quality in research area was assessed by using single pollution

**〔收稿日期〕**2017-09-25

**〔基金项目〕**国家自然科学基金青年项目(81403206);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);湖南中医药大学大学生研究性学习和创新性实验计划课题(2017-23)。

**〔作者简介〕**袁志鹰,男,在读博士研究生,助教,研究方向:中药分析及中医药膳学。

**〔通讯作者〕**\* 黄惠勇,男,博士,教授,E-mail: huanghy68@126.com;\* 陈乃宏,男,博士,教授,E-mail: chennh@imm.ac.cn。

index method, comprehensive pollution index method and potential ecological risk index. **Results** The content of Cd, chromium Cr, Hg, As, Pb and Cu of soil were in the range of 0.16~0.29, 2.30~6.63, 0.08~0.30, 10.33~26.44, 2.00~11.60, 10.60~36.44 mg/kg; the contents of Pb, Cd, Cr, Cu, As and Hg in the irrigated area were 0.000 2~0.002 0, 0.000 2~0.000 9, not detected, 0~0.000 1, 0.000 3~0.001 0 and 0.000 1~0.000 5 mg/L. The annual average values of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the local atmospheric environment were 16, 13, 60 and 34 g/m<sup>3</sup>, respectively. The average value of CO (24 hours) was 0.9 mg/m<sup>3</sup>, and the maximum 8 hours for O<sub>3</sub> was 94 μg/m<sup>3</sup>. According to the comprehensive pollution index and potential ecological risk index method, the average pollution level in Longshan area is in the security level, the pollution level is clean level, and the ecological risk grade is grade A (low). **Conclusion** Longshan has excellent production environment suitable for the growth of *Lilium lancifolium*. However, the Pi of Cd, Hg and As in some soil samples are more than 1, or close to the critical value of 1, which has some potential ecological risk.

[**Keywords**] *Lilium lancifolium*; adaptive environment; pollution index; risk assessment; heavy metals

百合(*Lilium 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.)的干燥鳞茎<sup>[1-4]</sup>。鳞茎含有百合甾体皂苷、百合多糖、生物碱类等活性成分,可食,亦可作药用,为中医方剂中常见药材<sup>[5-6]</sup>。百合在湖南省的主种植产地为湖南龙山和邵阳,也有部分野生资源。龙山县是湖南卷丹百合主要产区之一,产量占全省百合总产量70%左右,为国家科技部百合规范化种植研究基地<sup>[7-8]</sup>。龙山百合已获批准注册为国家地理标志证明商标,百合产业现已经成为龙山县的支柱产业<sup>[9]</sup>。

中药材产地环境是指与药用植物活动直接有关的空气、水、土壤、光照等生态因子的总称<sup>[10]</sup>。我国古代对药材产地已有很多论述,梁代陶弘景《本草经集注》云:“诸药所生,皆有境界。”宋代寇宗奭《本草衍义》序例云:“凡用药必须择土地所宜者,则药力具,用之有据。”这些都说明药材的产地环境与药材的质量、产量密切相关。从现代中药材质量安全控制的角度来看,重金属、农残之类的中药质量问题已严重影响到人民群众的用药安全<sup>[11]</sup>,成为制约中药行业发展的瓶颈,其中重要的影响因素之一就是中药材产地环境质量<sup>[12-13]</sup>。龙山作为我省百合的主产地,目前尚无人对龙山百合的产地环境进行多维度系统研究。本文依托于国家中医药管理局“玄参、百合2种中药饮片标准化项目”进行了湖南卷丹百合适生地环境进行分析和评价,以期制定卷丹百合产地环境标准,保证基地能够生产出安全、有效、可控的卷丹百合药材,对于推动百合产业和湖南省龙山县经济发展具有重大意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

育种基地位于湖南省龙山县洛塔乡龙山百合高山生产种植基地(北纬 N29°12'12", 东经 E109°

30'26"),海拔 1 011 m,年平均气温 14.5 ℃,极端最高气温 38.8 ℃,极端最低气温-7.5 ℃,年平均降雨量 1 278.5 mm,年均日照时数 1 097.3 h,全年无霜期 269 d。

生产基地主要位于湖南省龙山县洗洛乡(北纬 N29°24'2", 东经 E109°28'28") 497 m、桶车乡(北纬 N29°29'23", 东经 E109°33'34") 539.4 m、石碑镇(北纬 N29°32'52", 东经 E109°34'26") 501.7 m、白羊乡(北纬 N29°26'16.70", 东经 E109°25'0.01) 603 m、茨岩塘镇(北纬 N29°24'58.98", 东经 E109°35'52.22") 818 m、三元乡(北纬 N29°34'9.26", 东经 E109°30'26.10") 485 m、召市镇(北纬 N29°14'19.11", 东经 E109°25'8.47") 637 m、农车乡(北纬 N29°11'49.20", 东经 E109°38'29.36") 722 m,海拔 497~818 m,年均气温 15.8 ℃,极端最高气温 39.5 ℃,极端最低气温-6.9 ℃,年平均降雨量 1 308.1 mm,年均日照时数 1 153.6 h,全年无霜期 285 d。

### 1.2 样品采集

按卷丹百合育种基地和生产基地集中程度,分别在 9 个基地采集代表性的土壤样品和水样。对选定的每块土壤采用蛇形采样法取 6 个采样点,每个点上取 0~30 cm 的土壤样品 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,用木滚研磨过 100 目尼龙筛,分装于塑料自封袋中,备用。同时采集基地内大气样和灌溉水样,各样品分别按照土壤环境质量标准、农田灌溉水质标准和大气环境质量标准测定。

### 1.3 环境质量评价方法<sup>[14]</sup>

本文利用单项污染指数法、综合污染指数法、潜在生态风险指数评价方法对研究区域进行环境质量评价。

#### 1.3.1 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。

### 1.3.2 综合污染指数法

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

式中,  $P_{\text{综}}$  为土壤(水)综合污染指数,  $P_{\text{max}}$  为单项污染指数最大值,  $P_{\text{ave}}$  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”。

式子中,  $\max(P_{ij})$  为参与评价的最大单因子指数,  $\text{ave}(P_{ij})$  为参与评价的单因子指数平均值,  $P_{\text{综}} \leq 0.6$  时表示未受污染, 大气的污染等级为安全级别“清洁”。

### 1.3.3 潜在生态风险指数评价方法

$$E_r^i = T_r^i \frac{C_i}{C_n^i}, \quad RI = \sum_{i=1}^n T_r^i \frac{C_i}{C_n^i}$$

潜在生态风险指数法为 Hakanson 提出, 式中,  $C_i$  为元素  $i$  的浓度,  $C_n^i$  为元素的评价标准浓度,  $T_r^i$  为重金属毒性响应系数, 为重金属单项污染潜在生态危害系数,  $RI$  为重金属综合污染潜在生态风险指数。其中镉(Cd)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、铜(Cu)、砷(As)的毒性  $E_r^i$  响应系数分别为 30、5、40、2、5、10; 重金属潜在生态风险指数的分为 A、B、C、D、E 5 个级别, 当  $E_r^i \leq 40, RI \leq 150$  时, 风险级别为 A 级(低); 当  $40 < E_r^i < 80, 150 < RI < 300$  时, 风险级别为 B 级(中等);  $80 < E_r^i < 160, 300 < RI < 600$  时, 风险级别为 C 级(重);  $160 < E_r^i < 320, 600 < RI < 1200$  时, 风险级别为 D 级(严重); 当  $E_r^i > 320, RI > 1200$  时, 风险级别为 E

级(极严重)。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤环境质量评价

从表 1 可知, 10 个采样点土壤中的 pH 值、Cd、Cr、Hg、As、Pb、Cu 含量差异性非常明显。10 个土样的 pH 值介于 5.66~8.33, 测定值与《土壤环境质量标准》GB 15618-1995 标准值比较发现, 各种重金属含量均在二级标准限量范围内。根据单项污染指数法, 10 个采样点中, 2 号采样点土壤 As 元素单项污染指数为 1.057 6, 其他采样点土壤各单项污染指数均小于 1; 由综合污染指数法评价发现, 2 号采样点土壤综合污染指数为 0.782 1, 其他采样点土壤综合污染指数均小于 0.7; 从整体上来看, 龙山卷丹百合产地土壤平均综合污染水平处于安全级别, 污染水平为清洁级别, 见表 2。根据潜在生态风险指数法, 各采样点生态风险级别均为 A 级(低), 表示当地土壤受到人为影响较小, 见表 3。

表 1 百合产地土壤环境质量检测结果 ( $n=3, \text{mg/kg}$ )

序号	采样点	pH	Cd	Cr	Hg	As	Pb	Cu
1	洗洛 1	8.33	0.26	4.10	0.30	23.21	2.00	10.60
2	洗洛 2	7.84	0.29	5.00	0.24	26.44	5.80	12.65
3	桶车	6.59	0.24	5.41	0.19	10.33	3.28	27.93
4	白羊	8.02	0.28	2.30	0.12	13.49	4.13	35.28
5	茨岩塘	7.92	0.26	5.68	0.14	16.46	3.71	36.44
6	三元	5.83	0.20	6.63	0.12	12.40	3.01	34.52
7	召市	5.66	0.19	6.02	0.14	11.78	2.55	30.89
8	农车	6.14	0.19	2.88	0.08	11.22	2.81	25.56
9	洛塔 1	5.93	0.18	4.31	0.23	11.58	11.6	17.58
10	洛塔 2	5.82	0.16	4.53	0.26	17.61	9.10	20.32

表 2 百合产地土壤环境单项污染指数及综合污染指数结果

采样点	$P_i$						$P_{\text{综}}$	污染水平
	Cd	Cr	Hg	As	Pb	Cu		
1	0.433 3	0.016 4	0.300 0	0.928 4	0.005 7	0.106 0	0.689 5	清洁
2	0.483 3	0.020 0	0.240 0	1.057 6	0.016 6	0.126 5	0.782 1	轻微污染
3	0.800 0	0.027 0	0.380 0	0.344 3	0.010 9	0.279 3	0.605 9	清洁
4	0.466 7	0.009 2	0.120 0	0.539 6	0.011 8	0.352 8	0.420 5	清洁
5	0.433 3	0.022 7	0.140 0	0.658 4	0.010 6	0.364 4	0.503 6	清洁
6	0.666 7	0.044 2	0.400 0	0.310 0	0.012 0	0.690 4	0.548 6	清洁
7	0.633 3	0.040 1	0.466 7	0.294 5	0.047 2	0.617 8	0.511 6	清洁
8	0.633 3	0.019 2	0.266 7	0.280 5	0.011 2	0.511 2	0.491 7	清洁
9	0.600	0.028 7	0.766 7	0.289 5	0.046 4	0.351 6	0.595 1	清洁
10	0.533 3	0.030 2	0.866 7	0.440 2	0.036 4	0.406 0	0.670 7	清洁
均值	0.568 3	0.025 8	0.394 7	0.514 3	0.020 9	0.380 6	0.460 3	清洁

表 3 百合产地 10 个采集点土壤环境综合潜在生态风险指数

采样点	$P_i$						RI	生态风险级别
	Cd	Cr	Hg	As	Pb	Cu		
1	12.999 0	0.032 8	12.000 0	9.284 0	0.028 5	0.530 0	34.874 3	A(低)
2	14.499 0	0.040 0	9.600 0	10.576 0	0.083 0	0.632 5	35.430 5	A(低)
3	24.000 0	0.054 0	15.200 0	3.443 0	0.054 5	1.396 5	44.148 0	A(低)
4	14.001 0	0.018 4	4.800 0	5.396 0	0.059 0	1.764 0	26.038 4	A(低)
5	12.999 0	0.045 4	5.600 0	6.584 0	0.053 0	1.822 0	27.103 4	A(低)
6	20.001 0	0.088 4	16.000 0	3.100 0	0.060 0	3.452 0	42.701 4	A(低)
7	18.999 0	0.080 2	18.668 0	2.945 0	0.236 0	3.089 0	44.017 2	A(低)
8	18.999 0	0.038 4	10.668 0	2.805 0	0.056 0	2.556 0	35.122 4	A(低)
9	18.000 0	0.057 4	30.668 0	2.895 0	0.232 0	1.758 0	53.610 4	A(低)
10	15.999 0	0.060 4	34.668 0	4.402 0	0.182 0	2.030 0	57.341 4	A(低)
均值	17.049 6	0.051 5	15.787 2	5.143 0	0.104 4	1.903 0	40.038 7	A(低)

## 2.2 灌溉水重金属含量及评价

从表 4-6 可知,灌溉水中的重金属含量都在规定值之间,平均值 Pb 为 0.001 0 mg/L,Cd 为 0.000 5 mg/L,Cu 为 0.000 025 mg/L,As 为 0.000 7 mg/L,Hg 为 0.000 4 mg/L,Cr 未检出,均远低于农田灌溉水水

质国家标准。水污染指数评价结果表明,P 综 $\leq$ 0.7 为清洁水质,所有样点的灌溉水质 P 综均低于 0.7,综合潜在生态风险指数 RI $\leq$ 150,生态风险级别低,表明未受到人为污染,能满足龙山百合灌溉水质的要求。

表 4 基地灌溉水环境质量监测结果

(n=3,mg/mL)

水样	采样点	pH	Pb	Cd	Cr	Cu	As	Hg
1	洗洛	8.28	0.002 0	0.000 3	-	-	0.001 0	0.000 4
2	桶车	7.89	0.000 2	0.000 2	-	-	0.000 3	0.000 1
3	洛塔	7.64	0.001 0	0.000 7	-	-	0.000 9	0.000 4
4	洛塔	7.21	0.000 8	0.000 9	-	0.000 1	0.000 7	0.000 5
均值			0.001 0	0.000 5	-	0.000 025	0.000 7	0.000 4

注:由于当地地形复杂,只选取了洗洛育种基地和百合种植基地面积较大的洛塔、桶车的灌溉水源作为采样点。

表 5 基地灌溉水环境质量单项污染指数及综合污染指数结果

采样点	$P_i$						$P_{综}$	污染水平
	Cd	Cr	Hg	As	Pb	Cu		
1	0.010 0	0.030 0	0.000 0	0.000 0	0.010 0	0.400 0	0.287 8	清洁
2	0.001 0	0.020 0	0.000 0	0.000 0	0.003 0	0.100 0	0.072 2	清洁
3	0.005 0	0.070 0	0.000 0	0.000 0	0.009 0	0.400 0	0.288 5	清洁
4	0.004 0	0.090 0	0.000 0	0.000 1	0.007 0	0.500 0	0.360 6	清洁
均值	0.005 0	0.052 5	0.000 0	0.000 025	0.007 3	0.350 0	0.252 3	清洁

表 6 基地灌溉水环境质量综合潜在生态风险指数

采样点	$P_i$						RI	生态风险级别
	Cd	Cr	Hg	As	Pb	Cu		
1	0.050 0	0.900 0	0.000 0	0.000 0	0.100 0	16.000 0	17.050 0	A(低)
2	0.005 0	0.600 0	0.000 0	0.000 0	0.030 0	4.000 0	4.635 0	A(低)
3	0.025 0	2.100 0	0.000 0	0.000 0	0.090 0	16.000 0	18.215 0	A(低)
4	0.020 0	2.700 0	0.000 0	0.000 5	0.070 0	20.000 0	22.790 5	A(低)
均值	0.025 0	1.575 0	0.000 0	0.000 1	0.072 5	14.000 0	15.672 6	A(低)

## 2.3 大气环境质量评价

空气监测结果表明龙山县百合基地空气样品中各检测指标的浓度均符合《环境空气质量标准》

GB3095-2012 二级标准的要求,其中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub> 4 个指标达到一级标准的要求。以各污染项目年平均值的二级标准值为参比标准,O<sub>3</sub> 以日最大 8 h

平均值,CO以24 h平均值的二级标准值为参考标准。当地大气环境SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>年平均值分别为16、13、60、34 μg/m<sup>3</sup>;CO 24 h平均值为

0.9 mg/m<sup>3</sup>、O<sub>3</sub>日最大8 h平均值为94 μg/m<sup>3</sup>。P(SO<sub>2</sub>)、P(NO<sub>2</sub>)、P(CO)、P(O<sub>3</sub>)、P(PM<sub>10</sub>)、P(PM<sub>2.5</sub>)均小于1, P综为0.723 4,属轻微污染级别,见表7和表8。

表7 龙山百合基地大气环境监测结果

序号	污染物项目	平均浓度/(μg/m <sup>3</sup> )		
		1年	24 h	1 h
1	二氧化硫(SO <sub>2</sub> )	16	8	28
2	二氧化氮(NO <sub>2</sub> )	13	7	33
3	一氧化碳(CO)	-	900	700
4	臭氧(O <sub>3</sub> )	-	94*	112
5	PM <sub>10</sub> (粒径小于等于10 μm)	60	53	-
6	PM <sub>2.5</sub> (粒径小于等于2.5 μm)	34	28	-

注:大气环境监测数值为龙山县平均值;\*日最大值为8 h。

表8 龙山百合基地大气环境质量评价结果

P(SO <sub>2</sub> )	P(NO <sub>2</sub> )	P(CO)	P(O <sub>3</sub> )	P(PM <sub>10</sub> )	P(PM <sub>2.5</sub> )	P <sub>综</sub>	级别
0.266 7	0.325 0	0.225 0	0.587 5	0.857 1	0.971 4	0.723 4	轻微污染

### 3 讨论与分析

湖南省卷丹百合传统种植区土壤Cd、Cr、Hg、Hs、Pb、Cu的含量范围分别为0.160 0~0.290 0、2.300 0~6.630 0、0.080 0~0.300 0、10.330 0~26.440 0、2.000 0~11.600 0、10.600 0~36.440 0 mg/kg,种植区灌溉水Pb、Cd、Cr、Cu、Hs、Hg的含量范围分别为:0.000 2~0.002 0、0.000 2~0.000 9、未检出、1个样本为0.000 1(其余样本未检出)、0.000 3~0.001 0、0.000 1~0.000 5 mg/L;从卷丹百合生长适宜区大气环境质量监测结果可知,当地大气环境SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>年平均值分别为16、13、60、34 μg/m<sup>3</sup>;CO 24 h平均值为0.9 mg/m<sup>3</sup>、O<sub>3</sub>日最大8 h平均值为94 μg/m<sup>3</sup>。各检测指标的浓度均符合《环境空气质量标准》二级标准的要求,其中SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>共4个指标达到一级标准的要求。根据单项污染指数法和综合污染指数法计算结果发现,当地大气环境各项指标污染指数均小于1, P综为0.723 4,属轻微污染级别,适宜生产绿色无公害中药材。

龙山卷丹百合产地环境中的土壤、水、空气质量分别符合GB15618-1995, GB5084-2005, GB3095-2012,根据综合污染指数法和综合潜在生态风险指数法评价,龙山卷丹百合产地环境整体未受到人为污染,保证了优质卷丹百合的抚育及栽培。产地环境具有独特的小气候,形成了百合适宜生长的独特生态环境,适合国家中药材标准化项目所规定的中药材安全生产要求。

根据上述结果分析得出,龙山土壤整体未受到

人为污染,但是部分采样点土壤中Cd、Hg、As的P<sub>i</sub>>1,或者接近临界值1,具有一定的潜在生态风险,值得我们去重视并保护好龙山卷丹百合的产地。为保护好龙山百合基地良好的生态环境,应严禁在基地周围地区开办污染企业,减少外来污染源。

### 参考文献:

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[S].一部.北京:中国医药科技出版社,2015:221.
- [2] 高淑怡,李卫民,高英.HPLC法测定百合、卷丹、细叶百合中3种甾体皂苷的含量[J].中药新药与临床药理,2012,23(6):675-678.
- [3] 童巧珍,周日宝,刘湘丹,等.百合种质资源间亲缘关系及RAPD指纹图谱分析[J].湖南中医药大学学报,2010,30(3):32-36.
- [4] 张慧芳,蔡宝昌,张志杰,等.百合不同炮制品中多糖的测定[J].中草药,2006,37(11):1675-1677.
- [5] 高淑怡,李卫民,帅颖,等.药用植物百合甾体皂苷研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2012,18(16):337-343.
- [6] 李艳,苗明三.百合的化学、药理与临床应用分析[J].中医学报,2015,30(7):1021-1023.
- [7] 史艳霞.湘产百合药材皂苷元提取物HPLC指纹图谱研究[D].长沙:湖南中医药大学,2010.
- [8] 王心中,吴志科,吕昆坤,等.龙山百合种植气候适宜性分析[J].安徽农业科学,2014(21):7126-7127.
- [9] 杨茜.龙山县百合种植现状及增产提质政策与技术研究[D].长沙:湖南农业大学,2014.
- [10] 陶曙红,吴凤镔.生态环境对药用植物有效成分的影响[J].天然产物研究与开发,2003,15(2):174-177.
- [11] 杨锡辉,孔维军,杨美华,等.量子探针技术在外源性残留物快速检测中的应用进展及其在中药中的前景展望[J].中国中药杂志,2013,38(23):3997-4005.
- [12] 李瑞琴,于安芬,白滨,等.食用百合——土壤体系中镉、铅和汞的潜在生态和健康风险[J].食品科学,2016,37(5):186-191.
- [13] 魏俊岭,郜红建,张自立,等.亳州中药材及产地土壤和地下水中氟化物含量[J].环境化学,2011,30(2):454-458.
- [14] 王文华,张邦喜,秦松,等.贵州白及生长适宜区产地环境质量评价[J].贵州农业科学,2014,42(4):207-210.