

防风种植基地土壤环境质量评价

王韶娟, 李 莉, 赵晓松

(吉林农业大学资源与环境学院, 吉林 长春 130118)

摘 要: 重金属污染、有机氯农药污染引起世界各国重视, 中药材中的重金属和有机氯农药残留已严重影响药材的质量, 也危害到了人类健康。本文对中药材防风及种植防风土壤中重金属及有机氯农药残留进行分析与评价。结果表明, 采样区土壤除重金属砷和有机氯农药六六六部分属于轻污染, 其他各污染物污染指数均小于 1, 属于非污染区; 各地区防风中除重金属铅含量超标, 其他各污染物污染指数均小于 1, 属于非污染。对防风与土壤中重金属、有机氯农药残留量关系进行分析, 得出其呈线性关系。并对重金属、有机氯农药污染提出对策建议。

关键词: 防风; 土壤; 环境质量评价; 重金属; 有机氯农药

中图分类号: X825 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2008)01-0254-06

Evaluation of Soil Environmental Quality of the Planting Bases of *Saposhnikovia*

WANG Shao-juan, LI Li, ZHAO Xiao-song

(College of Resource and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: The pollution of heavy metals and organochlorine pesticides has aroused recognition highly all over the world. The residual quantity and pollution of organic chlorine pesticide in Chinese herbal medicines have already affected the quality of the medicine. At the same time, it also is harmful to the human's health. The residual quantity of organochlorine pesticides and the content of heavy metals in soil and *Saposhnikovia* were determined and evaluated. The results indicated the contents of heavy metals and organochlorine pesticide in the majority of soil samples were not more than the standard, belonging to non-polluted regions. Except the pollution indexes of arsenic and BHC in some soil samples more than one, but less than two, the soil belonged to mild polluted regions. The contents of heavy metals and organochlorine pesticide in most *Saposhnikovia divaricata* were below the standards, belonging to non-polluted regions. The pollution of lead was very dangerous. There existed linear correlation between the contents of heavy metals and organochlorine pesticides in soil and *Saposhnikovia divaricata*. In addition, some countermeasures to the pollution of heavy metals and organochlorine pesticides were proposed.

Keywords: *Saposhnikovia*; soil; environmental quality evaluation; heavy metal; organochlorine pesticides

防风 (*Saposhnikovia divaricata* (Turz) Schischk) 为伞形科植物, 以未抽花茎植株的干燥根入药。药理试验表明, 防风具有解热、镇痛、镇静、抗炎、抗过敏、抗惊厥、抑菌、增强机体非特异性免疫等功能。近年来, 药用植物中的农药残留和重金属含量问题引起世界各国的广泛重视^[1-4], 很多国家相继提出了严格的中药材质量标准。中药材作为中成药生产的物质基础, 是“药材生产的第一车间”, 其质量的好坏直接影响到中成药的疗效和中医药在国际上的声誉。如果中药材

生产地环境受到污染, 必将直接影响中药材的产品质量, 也将成为中药材进入国际市场的障碍。可见, 中药材栽培地的环境质量比一般食品生产地的质量更为重要。我国的绿色食品生产已经建立了相应的机构以及生产地环境质量评价体系^[5-7], 关于无公害中药材栽培及环境质量评价体系仍需要进一步完善。建立规范系统的无公害中药材栽培及环境质量评价体系, 可确保中药材的安全种植, 从而保证中药材的药用价值。

本文对黑龙江、吉林、陕西、山西、内蒙古、甘肃等 9 个防风栽培基地进行土壤污染状况的调查, 并对要拟建无公害防风栽培基地的土壤环境质量现状进行了评价, 以为无公害防风栽培基地的建设及生产提供科学依据。

收稿日期: 2007-03-30

基金项目: 吉林省科技发展重大项目 (吉科合字 20050416)

作者简介: 王韶娟 (1982—), 硕士研究生, 主要从事非点源污染与防治研究。E-mail: wsj319922@163.com

通讯联系人: 赵晓松, 教授, E-mail: zxs0431@163.com

1 材料与方法

1.1 供试材料

采集全国 9 个防风种植地区的土壤和防风样品 (图 1)。各采样点按 1 点 /1 000 m² 的采样密度采集土壤样品,样品为各采样点混合样,采集深度 40 cm,同时采集防风样品。土壤样品经自然风干,研磨后全部通过 100 目尼龙筛。

防风样品依次用自来水和去离子水冲洗,吸水纸洗干,105 ℃杀青 10 min,65 ℃烘干,粉碎后过 80 目尼龙筛。

1.2 分析方法

称取土样和防风样品各 2.00 g,盐酸-硝酸-高氯酸消解,石墨炉原子吸收法测定防风中镉、铅,火焰原子吸收法测定土壤样品中镉、铅;硝酸-硫酸-五氧化二砷消解,冷原子吸收法测定汞;硫酸-硝酸-高氯酸消解,二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法测定砷;硫酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸消解后,高锰酸

钾氧化,二苯碳酰二肼光度法测定铬^[4,5]。

试验所用试剂均为分析纯,同时做试剂空白。

2 实验结果及讨论

2.1 土壤基本理化性质

土壤的基本理化性质对土壤中重金属含量和有机氯农药残留量有着密切的关系,对 9 个防风种植基地的土壤分别进行了 pH、有机质、全氮、碱解氮、有效磷和有效钾含量的测定,其结果见表 2。

2.2 防风种植基地土壤重金属有效态含量

土壤中可被植物吸附积累的多为重金属的有效态,重金属有效态含量越高,植物吸附累积量也就越高。对 9 个防风种植基地土壤中重金属有效态含量进行测定,其结果见表 3。

2.3 土壤及防风中重金属、有机氯含量分析

对 9 个防风种植基地的土壤及防风样品中 Cr、As、Cd、Pb、Hg 5 种重金属和六六六、滴滴涕和五氯硝基苯 (PCNB) 3 种有机氯农药含量进行测定,处理结

表 1 采样点分布及采样点数目

Table 1 Distribution and number of samples

采样点	黑龙江	内蒙古	河北	山西 1	陕西 1	陕西 2	甘肃	吉林	山西 2
代表符号	A	B	C	D1	E1	E2	F	G	D2
基地面积/m ²	7 600	6 750	5 860	4 700	5 870	4 680	6 830	5 670	4 920
采样点数	8	7	6	5	6	5	7	6	5

表 2 土壤基本理化性质

Table 2 Physical and chemical properties of the soil

采样点	A	B	C	D1	E1	E2	F	G	D2
pH	5.82	4.61	5.68	7.16	7.28	7.13	7.35	5.58	5.74
有机质含量/g·kg ⁻¹	25.41	14.35	14.35	7.854	10.45	9.251	13.66	19.84	8.541
全氮/g·kg ⁻¹	1.684	1.265	0.841	0.834	0.726	0.741	0.855	1.586	0.678
碱解氮/mg·kg ⁻¹	135.3	114.3	97.68	94.53	82.65	87.21	101.2	128.4	78.36
有效磷/mg·kg ⁻¹	20.76	16.82	17.35	15.74	13.89	15.26	18.26	19.89	14.27
有效钾/mg·kg ⁻¹	138.6	78.35	93.62	78.65	89.22	80.24	110.5	125.5	83.24

表 3 土壤中重金属有效态含量(mg·kg⁻¹)

Table 3 The content of effective heavy metals (mg·kg⁻¹)

采样点	有效态铬	有效态砷	有效态镉	有效态铅	有效态汞
A	19.34	7.340	0.032	3.870	0.000 635
B	3.509	6.934	0.095	2.510	0.003 176
C	5.483	5.156	0.100	2.705	0.001 905
D1	5.921	6.280	0.125	2.515	0.001 270
E1	6.800	6.707	0.107	2.675	0.000 635
E2	11.84	4.887	0.030	3.820	0.000 635
F	5.849	7.662	0.035	2.685	0.001 270
G	10.53	6.268	0.145	2.854	0.000 635
D2	10.53	3.390	0.035	2.380	0.0012 70

果见表 4 和表 5。

在这 9 个防风种植基地土壤中 Cr 含量在 76.27~144.5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, As 含量 10.81~48.93 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Cd 含量 0.226~0.515 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Pb 含量 21.22~49.51 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Hg 含量 0.068~0.141 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; PCNB 含量 6.14×10^{-3} ~ 14.6×10^{-3} $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; DDT 含量 20.9×10^{-3} ~ 70.1×10^{-3} $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 六六六含量 117×10^{-3} ~ 834×10^{-3} $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。参照土壤环境质量标准(GB15618—1995)中的二级标准,调查区内 A、D1 和 F3 个地区的土壤中 As 超过标准值;调查区内 A、C、D1、F、G 地区的土壤中六六六超过标准值;调查区土壤中 Cr、Cd、Pb、Hg 及 DDT 含量均符合标准。

防风中 Cr 含量 0.439~0.912 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; As 含量 0.276~0.807 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Cd 含量 0.112~0.268 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Pb 含量 0.628~1.863 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Hg 含量 0.019~0.092 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; PCNB 含量 0.284×10^{-3} ~ 6.980×10^{-3} $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; DDT 含量 0.952×10^{-3} ~ 26.98×10^{-3} $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 六六六含量 0.680×10^{-3} ~ 24.35×10^{-3} $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。根据药用植物及制剂进出口绿色行业标准,调查区内有 9 个地区的防风样品中 Pb 超过标准值,铅污染较严重;调查区防风中 As、Cd、Hg 及六六六、DDT、PCNB 含量均符合标准。

2.4 防风与土壤中重金属、有机氯农药残留量关系

根据土壤、防风样品中有机氯农药残留量、重金属含量,绘制土壤—防风中重金属、土壤—有机氯农药含量关系图、相关方程,如图 1、图 2 所示。

结果表明,防风中 Cd、Cr、As、Pb、Hg 含量与相应地区土壤中重金属含量呈正相关,相关系数 R 值在 0.376 3~0.653 8 之间。防风中六六六、DDT、PCNB 含量随土壤中残留量正相关,相关系数 R 值在 0.605 4~0.779 7 之间。

根据表 2 中各采样点 pH 值、表 4 中土壤中重金属、有机氯农药含量及表 5 中防风中重金属及有机氯农药含量可以看出,土壤中重金属和有机氯农药含量与防风对重金属和有机氯的吸收量在 pH 值为 4~6 之间时,高于 pH 值在 7~8 之间;而且从表 3 土壤中重金属有效态含量与表 4 土壤中重金属、有机氯农药含量可以得出, pH 值为 4~6 之间时,土壤中重金属有效态含量要高于 pH 值在 7~8 之间时重金属有效态含量值。所以,得出 pH 值越低,土壤中重金属有效态含量占总量比重越大,土壤中重金属含量越高,防风对重金属吸收量也就越多。

2.5 防风与种植地土壤中重金属、有机氯污染评价

2.5.1 评价标准

表 4 土壤中重金属、有机氯农药含量($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Table 4 The content of heavy metals and organochlorine in soil($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

采样点	Cr	As	Cd	Pb	Hg	PCNB($\times 10^{-3}$)	DDT($\times 10^{-3}$)	BHC($\times 10^{-3}$)
A	99.95	48.93	0.226	25.93	0.092	14.6	58.8	816
B	88.33	19.42	0.389	23.57	0.068	8.80	37.3	169
C	144.5	10.81	0.515	28.29	0.117	6.14	29.1	521
D1	138.0	40.63	0.515	33.01	0.092	8.33	31.0	834
E1	76.27	19.42	0.327	49.51	0.117	9.11	70.1	771
E2	140.8	15.42	0.364	35.36	0.092	7.37	20.9	335
F	87.89	41.86	0.339	21.22	0.092	8.56	43.4	529
G	142.7	22.19	0.339	23.57	0.092	6.61	31.6	561
D2	138.0	23.42	0.276	23.57	0.141	8.54	40.7	117

表 5 防风中重金属及有机氯农药含量($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Table 5 The content of heavy metals and organochlorine in Saposhnikovia($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

采样点	Cr	As	Cd	Pb	Hg	PCNB($\times 10^{-3}$)	DDT($\times 10^{-3}$)	BHC($\times 10^{-3}$)
A	0.557	0.807	0.112	1.039	0.019	6.553	26.98	10.33
B	0.735	0.348	0.156	0.628	0.043	6.980	17.32	1.970
C	0.761	0.486	0.234	1.863	0.092	0.284	12.86	9.090
D1	0.498	0.359	0.223	1.039	0.043	0.649	0.952	17.59
E1	0.439	0.276	0.223	1.863	0.019	1.040	26.88	24.35
E2	0.701	0.461	0.223	0.828	0.068	0.598	8.62	7.250
F	0.439	0.749	0.129	1.039	0.043	3.054	23.66	7.210
G	0.912	0.415	0.156	1.039	0.068	1.895	8.491	0.680
D2	0.735	0.456	0.268	1.451	0.092	1.028	5.506	8.730

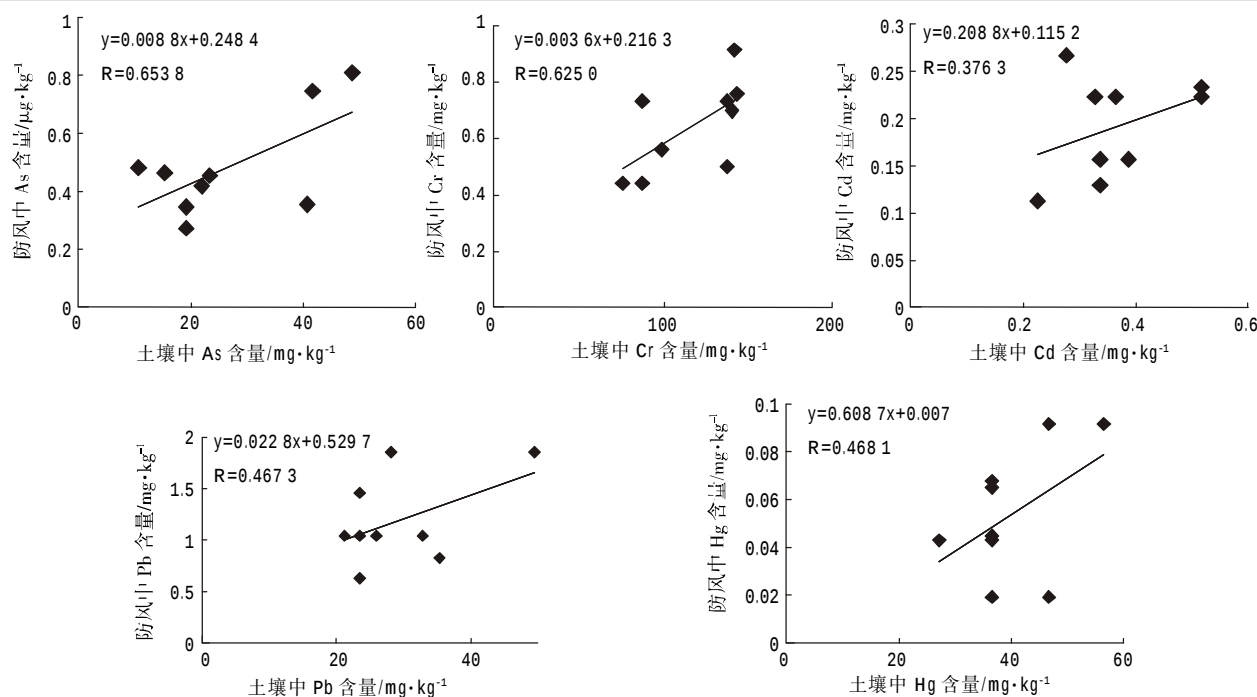


图 1 土壤-防风中重金属含量关系图

Figure 1 The correlation between heavy metals content in Saposhnikovia and soil

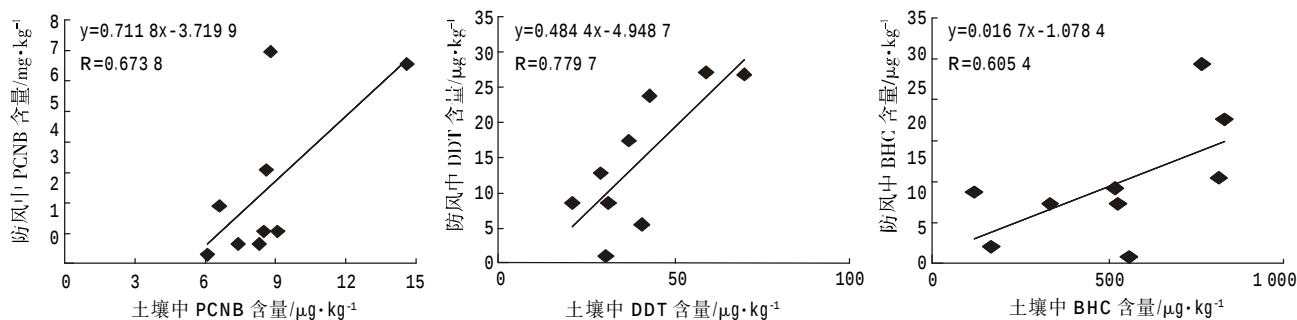


图 2 土壤-防风中有机氯农药含量关系图

Figure 2 The correlation between the content of organic chlorine pesticide in Saposhnikovia and soil

评价工作参照 GB15618—1995 土壤环境质量标准中的二级标准对土壤重金属和有机氯农药污染进行评价。标准规定铬 (Cr) $\leq 200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 砷 (As) $\leq 30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 铅 (Pb) $\leq 300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 镉 (Cd) $\leq 0.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 汞 (Hg) $\leq 0.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 六六六 (BHC) $\leq 0.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 滴滴涕 (DDT) $\leq 0.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [5]。

对防风中重金属、有机氯农药污染参照《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》[6], 具体规定为砷 (As) $\leq 2.0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 铅 (Pb) $\leq 0.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 镉 (Cd) $\leq 0.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 汞 (Hg) $\leq 0.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 六六六 (BHC) $\leq 0.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 滴滴涕 (DDT) $\leq 0.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 五氯硝基苯 (PCNB) $\leq 0.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

2.5.2 评价方法

采用单项污染指数法, 即 $P_i = C_i / S_i$ 进行评价 [7], P_i 为土壤污染物 i 的污染指数; C_i 为污染物 i 的实测值; S_i 为污染物 i 的标准。当污染指数 $P_i \leq 1$ 时, 属非污染; $1 < P_i \leq 2$ 时, 轻污染; $2 < P_i \leq 3$ 时, 中度污染; $P_i > 3$ 时, 重污染。

2.5.3 评价结果

根据表 4、表 5 土壤与防风中重金属及有机氯农药含量, 参照土壤及防风中重金属及农药限值标准, 单项污染指数评价结果见表 6 和表 7。由于 GB15618—1995 土壤环境质量标准中没有对五氯硝基苯含量做出规定, 表 6 不包括五氯硝基苯的污染指

表 6 土壤中重金属及有机氯农药污染指数

Table 6 Pollution index of heavy metals in soil

	铬(Cr)	砷(As)	镉(Cd)	铅(Pb)	汞(Hg)	六六六 (BHC)	滴滴涕 (DDT)
A	0.500	1.631	0.753	0.086	0.184	1.632	0.069 8
B	0.442	0.647	0.200	0.079	0.136	0.338	0.173 2
C	0.723	0.360	0.172	0.094	0.234	1.042	0.128 6
D1	0.690	1.354	0.172	0.110	0.184	1.668	0.009 5
E1	0.381	0.647	0.109	0.165	0.234	0.342	0.268 8
E2	0.704	0.514	0.121	0.118	0.184	0.670	0.136 2
F	0.439	1.395	0.113	0.071	0.184	1.058	0.236 6
G	0.713	0.740	0.113	0.079	0.184	1.122	0.084 9
D2	0.690	0.781	0.184	0.079	0.282	0.234	0.055 1

数;《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》中没有对防风中铬含量做出规定,故表 7 不包括铬的污染指数。

结果表明,被调查的 9 个防风种植基地土壤中铬、镉、铅、汞及 DDT 的污染指数均小于 1,属于非污染区;B、C、E1、E2、D2 和 G 防风种植地土壤中砷的污染指数小于 1,A、D1 和 F 防风种植地土壤中砷污染指数 $1 < P_i \leq 2$,属于轻污染区;B、E1、E2、D2 防风种植地土壤中六六六污染指数小于 1,属于非污染区;A、C、D1、F、G 地区土壤中六六六污染指数 $1 < P_i \leq 2$,属于轻污染区。

施用含有铅、汞、镉、砷等的农药和不合理地施用化肥,都可以导致土壤中重金属的污染。一般过磷酸盐中含有较多的重金属 Hg、Cd、As、Zn、Pb,磷肥次之,氮肥和钾肥含量较低,但氮肥中铅含量较高,其中 As 和 Cd 污染严重^[8]。本次调查中部分防风种植基地砷含量较高,导致调查区砷含量较高的原因可能是这些地区使用了杀虫剂、杀鼠剂,从而导致部分地区的砷污染。由于六六六杀虫效果好,曾广泛使用,但其结构较稳定,生物体内酶难于降解,所以消失缓慢。这正是导致调查区内六六六污染严重的一个原因。

表 7 结果表明,防风中砷、镉、汞、滴滴涕、六六六

及五氯硝基苯的污染指数均小于 1,属于非污染区;调查区 B、E2 种植的防风中铅的污染指数 $2 < P_i \leq 3$,属于中度污染;A、C、D1、E1、F、G 和 D2 防风种植基地种植的防风中铅的污染指数 $P_i > 3$,属于重污染。

通过本次对防风种植基地土壤环境及防风质量状况的调查可以看出,防风种植基地土壤没有受到铅的污染,但防风铅含量较高,由此可以得出:防风对重金属铅的吸附能力较其他重金属物质强很多。

3 结论

对全国 9 个防风种植地区的土壤和防风中重金属和有机氯农药残留的分析与评价结果表明:

(1) 土壤中重金属铬、镉、铅、汞及有机氯农药滴滴涕的污染指数均小于 1,属于非污染区;B、C、E1、E2、D2 和 G 防风种植地土壤中砷的污染指数小于 1,A、D1 和 F 防风种植地土壤中砷污染指数 $1 < P_i \leq 2$,属于轻污染区;B、E1、E2、D2 防风种植地土壤中六六六污染指数小于 1;A、C、D1、F、G 地区土壤中六六六污染指数 $1 < P_i \leq 2$,属于轻污染区。

(2) 防风中重金属砷、镉、汞及有机氯农药滴滴涕、六六六及五氯硝基苯的污染指数均小于 1,属于

表 7 防风中重金属及有机氯农药的污染指数

Table 7 Pollution index of organic chlorine pesticide in Saposhnikovia

	砷 (As)	镉 (Cd)	铅 (Pb)	汞 (Hg)	六六六 (BHC)	滴滴涕 (DDT)	五氯硝基苯(PCNB)
A	0.404	0.373	3.463	0.095	0.103	0.270	0.006 6
B	0.174	0.520	2.917	0.215	0.020 0	0.173	0.070 0
C	0.243	0.780	6.210	0.460	0.091	0.129	0.002 8
D1	0.180	0.743	3.463	0.215	0.176	0.110	0.006 5
E1	0.138	0.743	6.210	0.095	0.244	0.269	0.010 4
E2	0.231	0.743	2.092	0.340	0.073	0.086	0.006 0
F	0.375	0.430	3.463	0.215	0.072	0.237	0.030 5
G	0.358	0.520	3.463	0.340	0.007	0.085	0.019 0
D2	0.228	0.893	4.837	0.460	0.087	0.155	0.010 3

非污染区;调查区 B、E2 种植的防风中铅的污染指数 $2 < P_i \leq 3$, 属于中度污染;A、C、D1、E1、F、G 和 D2 防风种植基地种植的防风中铅的污染指数 $P_i > 3$, 属于重污染。防风中铅含量较高。

(3) 防风中重金属含量和有机氯农药含量与土壤中重金属、有机氯农药含量呈正相关。

4 对策建议

土壤重金属污染首先应从源头抓起, 控制污染源, 土壤重金属的污染已经达到相当严重的程度, 要充分认识土壤重金属污染的长期性、隐匿性、不可逆性以及不能完全被分解或消逝的特点。土壤质量问题是经济可持续发展和社会全面进步的战略问题, 它直接影响土壤质量及水质状况、作物生长、农业产量、农产品品质等, 并通过食物链对人体健康造成危害。

农业治理是因地制宜的改变一些耕作管理制度来减轻重金属的危害, 在污染土壤上种植不进入食物链的植物。主要有: (1) 控制土壤水分, 通过控制土壤水分来调节其氧化还原电位 (Eh), 达到降低重金属污染的目的; (2) 选择化肥, 是指在不影响土壤供肥的情况下, 选择最能降低土壤重金属污染的化肥; (3) 增施有机肥, 是指利用有机肥能够固定土壤中多种重金属以降低土壤重金属的措施。合理地利用农业生态系统工程措施, 也可以保持土壤的肥力, 改良和防治土壤重金属污染, 提高土壤质量, 并能与自然生态循环和系统协调运作。例如可以在污染区公路两侧尽可能多种树、种花、种草或经济作物, 种植草皮或观赏树木, 移栽繁殖, 不但可以美化环境, 还可以净化土壤。

虽然我国在脱除残留农药方面的研究取得了一些进展, 但上述均为被动的补救措施。要生产出合格的中药材, 建立绿色中药材生产基地才是根本的解决措施, 具体包括: (1) 根据中药材及中成药的特点, 建立一套快捷、简便、可靠、易普及的科学的农药残留量测定法, 对全国各种药材的农药残留量进行测定, 根据结果制订相应的限量标准, 成立监控机构, 严格执行标准, 对不合格产品应采取销毁并对相关人员及机

构予以处罚的措施; (2) 由于中药材的有机氯农药主要来源于土壤, 选择药材生产基地应对土壤农药残留情况进行分析, 建立优质中药材规范化生产基地, 有计划、有组织地开发利用天然药物资源及开展中药材的人工种植, 避免将中药材和果树、蔬菜、农作物间种、套种, 避免农药污染, 严格按国家制定的 GAP 生产, 以提高药材的质量; (3) 加强 GAP 法规宣传, 提高药材种植人员农药使用知识, 树立保护天然资源, 改善生态环境, 尽量不使用或使用低毒、无残留农药的观念, 杜绝使用已禁用的高毒和伪劣农药, 拓宽相应防治病虫害途径, 如采用生物技术选育和推广中药材的抗病虫害品种, 提倡生物防治法, 使用生物农药, 加大对中药材无公害防治和病虫害发生规律研究的资金和人员投入; (4) 改善中药加工的设备和仓储条件, 加工高品质的绿色药用经济作物, 禁止引入化学污染物。只有这样, 我国药材生产才能进入有序的良性发展轨道, 确保中药材、中成药质量及人类健康和患者用药安全, 同时有利于增强我国中药材及中成药在国际市场上的竞争力^[9]。

参考文献:

- [1] 张 炜, 张汉明, 郭美丽, 等. 几种中成药中有机氯农药的残留分析[J]. 第二军医大学学报, 1999, 18(2): 267.
- [2] 徐晓白. 有毒化学品安全性评价[M]. 北京: 中国高等科学技术中心, 2001. 134.
- [3] 杨利民, 陈长宝, 王秀全, 等. 长白山区参后地生态恢复与再利用模式及其存在的问题[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(5): 546-549.
- [4] 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.
- [5] 国家环境保护局, 土壤环境监测分析方法编写编委会. 土壤环境监测分析方法[M]. (第四版), 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 国家环境保护局, 国家技术监督局. 土壤环境质量标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [7] 中华人民共和国对外贸易经济合作部. 《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》[S]. 2001.
- [8] 王焕校. 污染生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 188-213.
- [9] 马虹英. 谈中药中有机氯农药残留问题[J]. 中国药房, 2005, 16(21): 1667-1669.