

云南农田土壤中铅、镉、铬水平及分布规律

张旭辉, 熊庆, 栗阳

云南省疾病预防控制中心环境卫生所, 云南 昆明 650022

摘要:

[目的] 近年来我国土壤污染状况调查表明全国整体土壤环境质量不容乐观, 部分地区土壤重金属污染较为严重, 土壤中重金属可被多种蔬菜和植物吸收、富集, 通过食物链直接威胁人们的健康。目前鲜见云南土壤中重金属含量的调查报道。本研究拟了解云南农田土壤中铅、镉和铬含量现状, 评估云南农田土壤环境质量状况, 为进一步开展相关调查研究和制订政策措施提供依据。

[方法] 按照分层随机方法抽取 16 个州(市) 45 个县的 897 个行政村进行调查并采集土壤样品, 每个行政村采集 1 份 5~20 cm 的深表层土壤, 在 1 m² 范围内, 按照 5 点取样法, 使用竹子和木质器材采集土样, 剔除石块和植物根系后搅拌混合, 采用四分法, 每个土样采集约 1 000 g, 共采集样品 897 份。检测土壤中铅、镉、铬含量和 pH 值, 并采用单因子和内梅罗综合指数对农田土壤进行评价。

[结果] 897 份土样中, 铅、镉和铬含量分别为 22.180、0.207、67.000 mg/kg。三种重金属的内梅罗综合污染指数 0.639, 单因子污染指数结果为: 镉 (0.540) > 铬 (0.357) > 铅 (0.078), 均为 I 级。三种重金属综合污染指数评价为 III 级及以上的监测点占 31.10%, 镉、铬和铅单因子污染指数评价为 III 级及以上的监测点分别占: 34.34%、9.92% 和 2.01%。

[结论] 云南农村土壤总体处于清洁安全状态, 在局部地区存在超标情况, 其中镉对云南农田土壤质量影响最大。下一步应明确超标原因和来源, 及时采取措施防止镉进一步污染农田土壤。

关键词: 农田; 土壤; 重金属; 铅; 镉; 铬

Concentrations of lead, cadmium, and chromium in farmland soil in Yunnan ZHANG Xu-hui, XIONG Qing, LI Yang (Environmental Hygiene Division, Yunnan Center for Disease Control and Prevention, Kunming, Yunnan 650022, China)

Abstract:

[Objective] Recent surveys of soil contamination in China show that the overall soil environmental quality is not optimistic, in that heavy metal pollution is serious in some areas and heavy metals in soil can be absorbed and enriched by various vegetables and plants, directly threatening people's health through the food chain. However, there are few reports on the investigation of heavy metals in soil in Yunnan Province. The purpose of this study is to evaluate the concentrations of soil lead (Pb), cadmium (Cd), and chromium (Cr) in Yunnan Province, assess the farmland soil environmental quality, and provide evidence for further research and policymaking.

[Methods] A total of 897 farmland soil samples were collected from 897 villages of 45 counties of 16 cities in Yunnan Province selected by stratified random sampling method. According to the five-point sampling method, for each soil sample, five subsamples were collected within 1 m² quadrat below surface at a depth of 5-20 cm with bamboo and wood sampling tools, and then quartered and mixed to get a representative sample weighing approximately 1 000 g after removing rocks and plant roots. A total of 897 soil samples were collected. Concentrations of Pb, Cd, & Cr and pH values were detected, and the farmland soil environmental quality was assessed by both single-factor pollution index and Nemerow comprehensive pollution index.

[Results] In the 897 soil samples, the concentrations of Pb, Cd, and Cr were 22.180, 0.207, and 67.000 mg/kg, respectively. The Nemerow comprehensive pollution index was 0.639, and the single-factor pollution index of Cd, Cr, and Pb in the soil samples were 0.540, 0.357, and 0.078 respectively, which were all determined as pollution grade I. The soil samples with a

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18529

基金项目

2017 中央财政转移支付项目 (国卫办疾控函 (2017) 395 号)

作者简介

张旭辉 (1978—), 男, 学士, 主管医师; E-mail: 66137976@qq.com

通信作者

栗阳, E-mail: 1045515173@qq.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2018-08-21

录用日期 2018-12-06

文章编号 2095-9982(2019)03-0238-04

中图分类号 R127

文献标志码 A

►引用

张旭辉, 熊庆, 栗阳. 云南农田土壤中铅、镉、铬水平及分布规律 [J]. 环境与职业医学, 2019, 36 (3): 238-241.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18529

Funding

This study was funded.

Correspondence to

Li Yang, E-mail: 1045515173@qq.com

Competing interests None declared

Received 2018-08-21

Accepted 2018-12-06

►To cite

ZHANG Xu-hui, XIONG Qing, LI Yang. Concentrations of lead, cadmium, and chromium in farmland soil in Yunnan [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(3): 238-241.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18529

comprehensive pollution index of grade I and above accounted for 31.10%, and the samples with a single-factor pollution index of Cd, Cr, and Pb graded III and above accounted for 34.34%, 9.92%, and 2.01%, respectively.

[Conclusion] The farmland soil in Yunnan is generally clean and safe, notwithstanding substandard soil in some areas, and Cd is the dominant pollutant. Future work should include confirming the causes and sources of pollution, as well as adopting prompt actions to control further Cd pollution in farmland soil.

Keywords: farmland; soil; heavy metal; lead; cadmium; chromium

土壤是经济社会可持续发展的重要物质,近年来我国土壤污染状况调查表明全国整体土壤环境质量不容乐观,部分地区土壤重金属污染较为严重^[1],土壤中重金属可被莲藕、辣椒等多种植物^[2-5]吸收、富集,并通过食物链直接威胁人体健康。为保护土壤环境,推进生态文明和维护国家生态安全,2016年5月,国务院印发了《土壤污染防治行动计划》,要求各地开展土壤污染调查,掌握土壤环境质量状况。目前对云南土壤中重金属含量的调查尚不多见。因此,本研究对云南省农田土壤中铅、镉、铬含量开展了检测与分析,从而全面了解云南省农田土壤重金属污染水平。

1 材料与方法

1.1 监测对象

监测覆盖云南省全部16州(市),共抽取45个县(占34.88%,45/129),每个县随机抽取5个非城关镇,每个乡镇随机抽取4个行政村(乡镇不足5个或行政村不足4个则全部纳入监测)。

1.2 样品采集

每个行政村采集1份土样,以农田土壤为采集重点。采集5~20 cm深表层土壤,在1 m²范围内,按照5点取样法,使用竹子和木质器材采集土样,剔除石块和植物根系后搅拌混合,采用四分法,每个土样采集约1 000 g。最终共采取样品897份,有效检测pH值897份,铅897份,镉897份,铬877份。

1.3 土样检测

铅、镉的测定按照《土壤质量铅、镉的测定石墨炉原子吸收分光光度法》(GB/T 17141—1997)或《土壤质量铅、镉的测定KI-MIBK萃取火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 17140—1997)进行。铬的测定按照《土壤总铬的测定火焰原子吸收分光光度法》(HJ 491—2009)进行。

1.4 土壤质量评价

铅、镉、铬含量采用《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)二级标准评价。

根据以下公式(1)(2)分别进行单因子污染指数

评价和内梅罗综合污染指数评价^[6],检测水浇地的铬含量评价时参照旱地标准进行。

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中: P_i 为第*i*种污染物的单因子污染指数; C_i 为第*i*种污染物的实测含量,mg/kg; S_i 为第*i*种污染物的环境质量标准。当 $P_i \leq 1$ 时,表示土壤未受污染; $P_i > 1$ 时,表示土壤受到污染,且 P_i 值越大,则污染越严重。

$$P_n = \sqrt{(P_{i\text{最大}}^2 + P_{i\text{均值}}^2) / 2} \quad (2)$$

式中: P_n 为第*i*个监测点的内梅罗综合污染指数;式中 $P_{i\text{均值}}$ 和 $P_{i\text{最大}}$ 分别是第*i*个监测点平均单项污染指数和最大单项污染指数。当 $P_n \leq 0.7$ 时,划为I级[清洁(安全)];当 $0.7 < P_n \leq 1.0$ 时,划为II级[尚清洁[警戒线)];当 $1.0 < P_n \leq 2.0$ 时,划为III级(轻度污染);当 $2.0 < P_n \leq 3.0$ 时,划为IV级(中度污染);当 $P_n > 3.0$ 时,划为V级(重污染)。

1.4 质量控制

开展监测工作前,全省统一培训,不具备检测能力的县,制备好土样后送州(市)级疾控中心监测,所有参与检测的实验室都确保仪器设备在检定区内,并定期校准,云南省疾控中心购置标准土壤发放到各检测实验室进行质控。

1.5 数据处理与分析

监测数据通过“全国农村环境卫生监测信息管理系统”上报,经云南省疾控中心逻辑审核后,导出数据,铅、镉和铬含量经Shapiro-Wilk正态性检验, $P < 0.01$,数据呈偏态性分布,使用R3.5.1基础包进行一般描述性统计和卡方检验,列联表中的理论预期值小于5时,使用Fisher精确法计算*P*值。

2 结果

2.1 概况

采集水田土样25份(占2.79%),水浇地土样202份(占22.52%),旱地土样670份(占74.69%),共897份。其中pH值<6.5的土壤366份(占40.80%)、6.5 ≤ pH值 ≤ 7.5的土样338份(占37.68%)、pH值>7.5的土样193份(占21.52%)。

2.2 重金属污染水平

云南农田酸性、中性和碱性土壤样品铅、镉和铬含量的中位数均未超过《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995) 二级标准, 各类土样的铅、镉和铬合计含量中位数为 22.180、0.207、67.000 mg/kg, 见表 1。云南农田中铅、镉和铬单因子污染指数评价结果分别为 0.078、0.540 和 0.357, 内梅罗综合污染指数为 0.639, 均为 I 级, 见表 2。

表 1 云南农田不同 pH 值土壤中三种重金属水平 (mg/kg)								
指标	pH 值 < 6.5		6.5 ≤ pH 值 ≤ 7.5		pH 值 > 7.5		合计	
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>M</i>
铅	366	19.525	338	21.730	193	30.410	897	22.180
镉	366	0.128	338	0.258	193	0.293	897	0.207
铬	365	57.460	334	74.530	178	70.900	877	67.000

表 2 云南农田土壤中三种重金属的污染指数					
污染指数 <i>P_i</i>	百分位数				
	<i>P₅</i>	<i>P₂₅</i>	<i>M</i>	<i>P₇₅</i>	<i>P₉₅</i>
铅	0.000	0.024	0.078	0.156	0.537
镉	0.017	0.139	0.540	1.417	4.174
铬	0.012	0.169	0.357	0.658	1.285
综合	0.065	0.301	0.639	1.202	3.355

2.3 重金属指数评价超标情况

云南农田土壤中铅、镉和铬单因子污染指数评价为 III 级及以上的监测点占比分别为 2.01%、34.34% 和 9.92%, 综合污染指数评价为 III 级及以上的监测点占比 31.10%, 见表 3。

表 3 云南农田土壤中重金属污染指数评价超标情况							
指标	<i>n</i>	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	III 级及以上占比 (%)
铅	897	865	14	15	3	0	2.01
镉	897	497	92	158	70	80	34.34
铬	877	679	111	67	8	12	9.92
综合	897	490	128	163	62	54	31.10

各州(市)土壤重金属污染统计结果显示, 铅含量在 0.001~68.650 mg/kg 之间, 单因子评价结果为 I 级; 镉含量在 0.010~0.615 mg/kg 之间, 单因子评价结果为 III 级及以上的州(市)有临沧市、迪庆州和昆明市; 铬含量在 0.250~147.325 mg/kg 之间, 单因子评价结果是曲靖市为 II 级, 其余州(市)为 I 级; 综合污染指数评价为 I 级的有 8 个州(市), 评价为 II 级的有 6 个州(市), 评价为 III 级的有 2 个州(市), 分别为临沧市和迪庆州, 见表 4。

表 4 云南各州(市)土壤中三种重金属检测水平(中位数 *M*)及污染指数和评价结果

州(市)	<i>n</i>	铅		镉		铬		综合	
		<i>M</i> (mg/kg)	<i>P_i</i>	<i>M</i> (mg/kg)	<i>P_i</i>	<i>M</i> (mg/kg)	<i>P_i</i>	<i>P_n</i>	级别
西双版纳州	20	3.725	0.013	0.042	0.132	27.915	0.158	0.134	I 级
普洱市	80	15.050	0.055	0.109	0.328	22.550	0.138	0.324	I 级
文山州	60	17.200	0.057	0.115	0.384	44.875	0.223	0.359	I 级
玉溪市*	80	38.750	0.130	0.092	0.202	65.875	0.316	0.363	I 级
楚雄州	80	22.861	0.089	0.112	0.333	71.500	0.465	0.500	I 级
怒江州	20	68.650	0.199	0.250	0.709	0.250	0.002	0.559	I 级
大理州	80	0.100	0.000	0.010	0.033	85.520	0.438	0.622	I 级
昭通市	60	4.770	0.015	0.340	0.684	55.865	0.253	0.627	I 级
德宏州	37	61.670	0.233	0.217	0.724	63.110	0.316	0.716	II 级
保山市	40	37.900	0.135	0.245	0.764	100.200	0.534	0.745	II 级
红河州	100	36.100	0.109	0.373	0.802	100.650	0.484	0.760	II 级
曲靖市	60	25.700	0.086	0.170	0.533	147.325	0.752	0.761	II 级
丽江市	40	21.730	0.073	0.270	0.895	93.050	0.469	0.930	II 级
昆明市	60	60.100	0.183	0.555	1.167	71.300	0.369	0.945	II 级
迪庆州	20	56.419	0.174	0.590	1.467	49.900	0.250	1.345	III 级
临沧市	60	4.700	0.017	0.615	2.050	53.875	0.338	1.546	III 级

[注]*: 玉溪市铅、镉样品数为 80 份, 铬样品数为 60 份。

3 讨论

本次调查结果显示, 云南农田中三种重金属的综合污染指数 0.639, 铅、镉和铬单因子污染指数评价均为 I 级, 说明云南农田土壤总体处于清洁安全状态。单因子污染指数结果提示镉 (0.540) > 铬 (0.357) > 铅 (0.078), 说明在三种重金属中, 镉对云南农田土壤质量影响最大。研究表明我国耕地土壤镉总含量中约 56% 来源于农业活动, 镉是对我国土壤污染面积最大、危害最突出的重金属污染元素^[3]。四川^[7]、福建^[8]、宁夏^[9]的调查也显示土壤镉污染问题也较为突出。镉是严重危害人体健康的重金属之一, 对消化系统、呼吸系统、骨骼系统、心血管系统、泌尿系统、内分泌系统、血液系统、生殖系统等均可造成损害^[10], 镉通过取代金属酶内的必需元素锌, 而引起癌症、神经退化性疾病和代谢综合征等疾病^[11]。多种蔬菜对土壤中的铅、镉均有富集作用^[2-5], 因此加强蔬菜等常见农作物的重金属监测十分必要。

虽然云南农田土壤总体处于清洁安全状态, 但镉、铬和铅单因子污染指数评价为 III 级及以上的监测点占比分别为: 34.34%、9.92% 和 2.01%, 综合污染指数评价为 III 级及以上的监测点占比 31.10%。三种重金属污染存在明显地区差异, 镉超标主要分布在临沧市、迪庆州和昆明市, 曲靖市单因子铬污染指数最大。不同地区重金属的来源不同, 即使是同一种重金属,

其来源也不尽相同。研究显示农业用地土壤重金属污染来源可能是污染物的大气沉降、生活污水和工业废水灌溉、固体废弃物,以及农药、化肥或畜禽粪便的施用等^[12]。遗憾的是此次未开展超标原因和农田土壤中重金属来源方面的调查,下一步应再次采集土样复检确认,开展土壤质量专项调查,明确超标原因和重金属来源。

本研究仅检测分析了铅、镉、铬三种重金属,而研究表明,砷是农药和化肥污染土壤的重要指示元素^[13]。多项研究中已提示汞、镍、铜、锌污染情况也较为突出^[1-3, 8, 12-14],因此下一步开展云南农田土壤质量调查时,将会适当增加检测的重金属指标,尤其是砷和汞。重金属的总量相同而形态分布不同时,其产生的生物效应与环境效应也会不同^[15],条件成熟时将会开展土壤重金属形态以及各形态间转化规律方面的研究。

参考文献

- [1] 梁琼, 王玉霞, 倪霞, 等. 甘肃土壤重金属元素含量及潜在生态危害评价 [J]. 国外医学 (医学地理分册), 2017, 38 (4): 336-338.
- [2] 王婧文, 姚欣, 李有志, 等. 东洞庭湖莲藕种植区土壤重金属污染及其对莲藕重金属含量的影响 [J]. 生态科学, 2017, 36 (4): 46-51.
- [3] 麦麦提吐尔逊·艾则孜, 阿吉古丽·马木提, 艾尼瓦尔·麦麦提. 新疆焉耆盆地辣椒地土壤重金属污染及生态风险预警 [J]. 生态学报, 2018, 38 (3): 1075-1086.
- [4] 陈伟, 陈焰. 分析农田土壤和蔬菜重金属的含量特征分析 [J]. 东方食疗与保健, 2017 (3): 20.
- [5] 周宁晖, 季国军. 蔬菜与土壤环境中铅镉含量相关性调查 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19 (3): 23-24.
- [6] 土壤环境监测技术规范: HJ/T 166—2004 [S]. 北京: 中国环境出版社, 2004.
- [7] 金立坚, 李向龙, 印悦, 等. 2011年四川省农村土壤中铅和镉含量调查 [J]. 环境与健康杂志, 2012, 29 (12): 1112-1115.
- [8] 严登峰. 菜地土壤重金属污染风险评价 [J]. 海峡科学, 2017 (7): 6-9, 25.
- [9] 刘凤莲, 吴惠忠, 许秉忠. 宁夏部分农村土壤镉和铅含量调查 [J]. 环境与健康杂志, 2013, 30 (9): 843.
- [10] 金媛媛, 周蓉, 匡兴亚. 镉致肾损伤机制的研究进展 [J]. 环境与职业医学, 2018, 35 (2): 180-184.
- [11] TINKOV AA, AJSUVAKOVA OP, AASETH J, 等. 镉对生命活动的毒作用机制 [J]. 环境与职业医学, 2018, 35 (5): 460-470.
- [12] 李庆波, 赵小学, 李红萍, 等. 气型污染农田土壤中重金属含量及潜在生态风险评价 [J]. 郑州大学学报 (医学版), 2016, 51 (6): 718-722.
- [13] 罗庆方, 张菊, 蒋磊, 等. 聊城市水岸带土壤重金属含量及污染评价 [J]. 生态科学, 2017, 36 (1): 209-214.
- [14] 曹露, 张华, 李明月, 等. 碧流河下游农田土壤重金属污染状况分析与评价 [J]. 生态科学, 2017, 36 (6): 8-15.
- [15] 曹勤英, 黄志宏. 污染土壤重金属形态分析及其影响因素研究进展 [J]. 生态科学, 2017, 36 (6): 222-232.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 邱丹萍)

(上接第 237 页)

- [46] WANG Y, XUE K, GUAN Y, et al. Long noncoding RNA LINC00261 suppresses cell proliferation and invasion and promotes cell apoptosis in human choriocarcinoma [J]. Oncol Res, 2017, 25 (5): 733-742.
- [47] SHI D, ZHANG Y, LU R, et al. The long non-coding RNA MALAT1 interacted with miR-218 modulates choriocarcinoma growth by targeting Fbxw8 [J]. Biomed Pharmacother, 2018, 97: 543-550.
- [48] MUYS BR, LORENZI JC, ZANETTE DL, et al. Placenta-enriched lincRNAs MIR503HG and LINC00629 decrease migration and invasion potential of JEG-3 cell line [J]. PLoS One, 2016, 11 (3): e0151560.
- [49] NI S, ZHAO X, OUYANG L. Long non-coding RNA expression profile in vulvar squamous cell carcinoma and its clinical significance [J]. Oncol Rep, 2016, 36 (5): 2571-2578.
- [50] ZHOU J, YANG L, ZHONG T, et al. H19 lncRNA alters DNA methylation genome wide by regulating S-adenosylhomocysteine hydrolase [J]. Nat Commun, 2015, 6: 10221.
- [51] JOH RI, PALMIERI CM, HILL IT, et al. Regulation of histone methylation by noncoding RNAs [J]. Biochim Biophys Acta, 2014, 1839 (12): 1385-1394.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 汪源)