

长庆油田产油区周边农田重金属分布特征及生态风险评价

郭雯婕¹, 郭含旭², 张耀怡¹, 高艳鹏¹, 田恬¹, 罗斌¹, 雷纯阳³, 阮烨¹

1. 兰州大学公共卫生学院, 甘肃 兰州 730000

2. 庆阳市西峰区兰州路街道社区卫生服务中心, 甘肃 庆阳 745000

3. 庆阳市疾病预防控制中心实验室, 甘肃 庆阳 745000

摘要:

[背景] 随着国家能源开发布局的变化, 庆阳地区出现了石油开采和农业并重的局面, 如果不引起重视, 极易造成当地土壤污染。

[目的] 评价长庆油田主产区周边农田土壤重金属的分布特征、可能来源及生态风险。

[方法] 采集长庆油田主产区周边的庆阳市正宁县、镇原县、庆城县三县农田土壤样本 60 份, 按 GB15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》的方法检测农田土壤重金属铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)、砷(As)的质量分数(后称: 含量), 以甘肃省土壤背景值作为计算污染指数的分母, 采用单因子污染指数(P_i)法、内梅罗综合污染指数(P_N)法和潜在生态风险指数法评价农田土壤 5 种重金属的污染及生态特征。

[结果] 长庆油田周边农田土壤 5 种重金属中 Pb、As、Hg 以及庆城县 Cr、Cd 和正宁县 Cd 水平超过甘肃省土壤背景值, 但均低于国家土壤环境质量标准。单因子污染指数(P_i)分别为 Hg(2.14)、Pb(1.24)、As(1.13)、Cr(0.78)、Cd(0.67), 提示 Hg 属于中污染, Pb 和 As 属于轻污染, Cd 和 Cr 为未污染状态; 内梅罗综合污染指数(P_N)分别为 Cr(0.92)、Cd(1.08)、As(1.20)、Pb(1.68)、Hg(3.85), 提示 Cr 为尚清洁, Cd、Pb 和 As 属于轻度污染, Hg 属于重度污染。镇原县 Hg、Cd 和庆城县 Hg 含量值的变异系数分别为 60.00%、50.00%和 50.00%, 均大于 50%, 提示所在地相应重金属的污染受人为影响较大。农田土壤中 Pb、Cr、Cd、As 和 Hg 5 种重金属潜在生态风险指数(E_i)分别为 6.20、1.55、20.05、11.28 和 81.64, 即 Hg 属于强生态风险水平, 其余 4 种重金属属轻微生态风险水平; 综合潜在生态风险(R_{ri})为 124.48, 结合 Hg 的潜在生态风险指数, 认为当地农田土壤中 5 种重金属的综合潜在生态风险属强生态风险水平。

[结论] 长庆油田主产区农田土壤中 5 种重金属水平均值虽未超过国家土壤环境质量标准, 但已超过甘肃省土壤相应元素的背景值, 且存在人为影响的迹象和不同程度的潜在生态风险。

关键词: 庆阳市; 农田土壤; 重金属; 空间污染特征; 潜在生态风险评价

Distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in farmland around Changqing Oilfield GUO Wenjie¹, GUO Hanxu², ZHANG Yaoyi¹, GAO Yanpeng¹, TIAN Tian¹, LUO Bin¹, LEI Chunyang³, RUAN Ye¹ (1. School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. Lanzhou Road Community Health Service Center, Xifeng District, Qingyang, Gansu 745000, China; 3. Laboratory, Qingyang Center for Disease Control and Prevention, Qingyang, Gansu 745000, China)

Abstract:

[Background] With the change of the national energy development layout, Qingyang has seen a situation where oil exploitation and agriculture go hand in hand, which may lead to local soil pollution if not taken seriously.

[Objective] To evaluate the distribution characteristics, possible sources, and ecological risks of heavy metals in farmland soils around the main production areas of Changqing Oilfield.

[Methods] A total of 60 farmland soil samples were collected from Zhengning County, Zhenyuan County, and Qingcheng County of Qingyang City, and the contents of heavy metals such lead (Pb), mercury (Hg), chromium (Cr), cadmium (Cd), and arsenic (As) in farmland soil were



DOI 10.11836/JEOM21410

作者简介

郭雯婕(1996—), 女, 硕士生;
E-mail: guowj20@lzu.edu.cn

通信作者

阮烨, E-mail: ruany@lzu.edu.cn

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-09-05

录用日期 2022-03-15

文章编号 2095-9982(2022)05-0527-06

中图分类号 R124

文献标志码 A

引用

郭雯婕, 郭含旭, 张耀怡, 等. 长庆油田产油区周边农田重金属分布特征及生态风险评价[J]. 环境与职业医学, 2022, 39(5): 527-531, 538.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21410

Correspondence to

RUAN Ye, E-mail: ruany@lzu.edu.cn

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-09-05

Accepted 2022-03-15

To cite

GUO Wenjie, GUO Hanxu, ZHANG Yaoyi, et al. Distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in farmland around Changqing Oilfield[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(5): 527-531, 538.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21410

detected according to GB 15618-2018 Soil environmental quality—Risk control standard for soil contamination of agricultural land (on trial). The soil background value of Gansu Province was used as the denominator in the calculation of pollution index, and the pollution characteristics and ecological characteristics of selected five heavy metals in farmland soil were evaluated by single-factor pollution index (P_i), Nemerow comprehensive pollution index (P_N), and potential ecological risk index.

[Results] The levels of Pb, As, and Hg in farmland soils around Changqing Oilfield, the levels of Cr and Cd in Qingcheng County, and the level of Cd in Zhengning County were higher than the corresponding soil background values of Gansu Province, but lower than the national soil environmental quality standard. The single-factor pollution indexes (P_i) were: Hg, 2.14; Pb, 1.24; As, 1.13; Cr, 0.78; Cd, 0.67, which indicated that Hg were graded as moderate pollution, Pb and As were slight pollution, and Cd and Cr were not polluted. The Nemerow comprehensive pollution indexes (P_N) were: Cr, 0.92; Cd, 1.08; As, 1.20; Pb, 1.68; Hg, 3.85, which indicated that Cr was graded as no pollution, Cd, Pb and As were mild pollution, and Hg was severe pollution. The variation coefficients of Hg and Cd in Zhenyuan County and that of Hg in Qingcheng County were 60.00%, 50.00%, and 50.00%, respectively, which were all greater than 50%, indicating that the pollution of above heavy metals in the location was subject to human activities. The potential ecological risk indexes (E_i) of Pb, Cr, Cd, As, and Hg were 6.20, 1.55, 20.05, 11.28, and 81.64, respectively, indicating that Hg was graded as strong ecological risk, and the other four heavy metals were mild ecological risk. The comprehensive potential ecological risk index (R_{Pi}) was 124.48. Combined with the potential ecological risk index of Hg, the comprehensive potential ecological risk of the five heavy metals in local farmland soils was considered to be at a strong ecological risk level.

[Conclusion] Although the average values of selected five heavy metals in farmland soils surrounding the main production areas of Changqing Oilfield are qualified with the national soil environmental quality standards, they exceed corresponding soil background values of Gansu Province, and there are signs of human influence and potential ecological risks of different degrees.

Keywords: Qingyang City; farmland soil; heavy metal; spatial pollution characteristic; potential ecological risk assessment

土壤是陆地生态系统的重要组成部分,也是人类生存和经济社会发展的重要资源^[1]。近年来,土壤环境质量呈持续性下降,且伴有污染的种类多、含量大、面积广、时间长、毒性强等特点^[2-4]。国内外研究学者关于土壤环境质量研究结果显示,目前造成土壤污染的主要原因是重金属污染,西北干旱、半干旱地区土壤环境相对脆弱,更易因人类活动引发污染,其中以耕地重金属的污染最为严重^[5-6]。由于如铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)、砷(As)等具有持久性、蓄积性、不易降解等特性的重金属在土壤中较常见,且这些污染物可向大气、水体迁移,最终经口、呼吸道和皮肤等途径进入人体,从而给身体带来了慢性甚至急性的健康危害^[7-8]。因此,土壤特别是耕地中以上重金属污染及其危害一直受到居民及学者的重视。庆阳市位于甘肃省东南部,该地区的长庆油田,目前已成为我国油气存储最大、最重要的油气田;而此前,庆阳还被当作“陇东粮仓”,农业用地面积大。随着国家能源开布局的变化,庆阳地区出现了石油开采和农业并重的局面,然而石油勘探、钻井、采油等过程产生的废水、废液以及油气集输过程的油气泄漏物中重金属含量较高且复杂,都可能通过灌溉、沉降等方式进入土壤中,如果不引起重视,极易造成当地土壤污染。为了解庆阳市长庆油田主产区周边农田土壤中重金属的含量、分布、来源及潜在的生态风险,我们以当地土壤背景值为评价标准,对庆阳市三县(庆城、镇原、正宁)农田土

壤中重金属 Pb、Hg、Cr、Cd、As 的含量,可能的污染源以及对生态环境的影响现状进行评价,为指导当地或同类型地区土壤污染物溯源,影响因素的探索和为持续科学地环境保护和治理提供可靠的依据和建议。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

甘肃省庆阳市属黄河中游内陆地区,是世界上面积最大、土层最厚、保存最完整的黄土原面,当地属温带大陆性季风气候,冬季多行西北风,夏季多行东南风。

1.2 土壤样品采集

选取位于庆阳市东南角的正宁县,西北角的镇原县和中部的庆城县三县为研究对象。采用随机布点法^[9]于 2020 年 8—9 月,分别在三县距离采油点 1000 m 处的东、南、西、北、中五个方位各取 1 个点,然后在每个采样点 50 m 范围内按“S”形采集 4 份农田表层土壤样品,每县采集样品各 20 份,干燥、通风、无污染转送至实验室。样品在实验室自然风干磨碎并过 100 目(孔径 150 μ m)筛后,测定 pH 值及重金属 Pb、Hg、Cr、Cd、As 的质量分数(后称:含量)。

1.3 土壤样品的测定和评价标准

土壤样品中 Pb、Hg、Cr、Cd、As 这 5 种重金属水平由庆阳市疾病预防控制中心实验室检测,其中,土样消解采用盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸混合酸在聚四氟乙烯坩埚中消化,采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-

MS)(德国安捷伦公司,7500 A型)测定。检测方法则依据 GB15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》^[10]规定的标准方法进行。与上述 GB15618—2018 标准中的污染物含量限值相比,甘肃省内 5 种重金属元素的土壤背景值^[11]明显小于国家土壤质量标准,因此,利用甘肃省土壤背景值作为污染物指数计算的分母,在提升评价要求的同时,也更能反映当地的土壤质量污染现状。见表 1。

表 1 污染物测定方法及标准

Table 1 Determination methods and standards of pollutants

检测元素	测定方法	甘肃土壤背景值 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	土壤环境质量标准 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Pb	石墨炉原子吸收分光光度法	18.80	170.00
Hg	原子荧光法	0.02	3.40
Cr	火焰原子吸收分光光度法	70.20	250.00
Cd	石墨炉原子吸收分光光度法	0.12	0.60
As	原子荧光法	12.60	25.00

1.4 评价方法

土壤重金属评价采用单因子污染指数(P_i)法、内梅罗综合污染指数(P_N)法和潜在生态风险指数法^[12-14],计算公式如下,土壤污染分级标准见表 2。

表 2 土壤污染不同评价方法的分级标准

Table 2 Grading standards of selected evaluation methods of soil pollution

单因子污染指数法		内梅罗综合污染指数法		潜在生态风险指数法	
P_i	污染等级	P_N	污染程度	单因子 E_r 或综合 R_{ri}	污染程度
≤ 1	未污染	≤ 0.7	清洁	< 40	< 150 轻微
$> 1 \sim 2$	轻污染	$> 0.7 \sim 1$	尚清洁	$40 \sim$	$150 \sim$ 中等
$> 2 \sim 3$	中污染	$> 1 \sim 2$	轻度污染	$80 \sim$	$300 \sim$ 强
$> 3 \sim 5$	重污染	$> 2 \sim 3$	中度污染	$160 \sim$	$600 \sim$ 很强
> 5	严重污染	> 3	重度污染	$320 \sim$	— 极强

1.4.1 污染指数法 (1)单因子污染指数法。单因子污染指数计算公式: $P_i = C_i/S_i$; 式中: P_i 为重金属元素 i 的污染指数; C_i 为重金属元素 i 的实测浓度; S_i 为重金属元素的评价标准值。(2)内梅罗综合污染指数法。内梅罗综合污染指数计算公式: $P_N = \sqrt{(P_{i\max}^2 + P_{i\text{ave}}^2)/2}$; 式中: P_N 为重金属元素 i 的综合污染指数, $P_{i\max}$ 和 $P_{i\text{ave}}$ 分别为重金属元素 i 的单因子污染指数的最大值和平

均值。

1.4.2 潜在生态风险指数法 单一金属潜在生态风险指数计算公式: $E_r^i = T_r^i C_r^i = T_r^i C_{\text{实测}}^i / C_n^i$; 综合潜在生态

风险指数计算公式: $R_{ri} = \sum_{i=1}^n E_r^i$; 式中: E_r^i 为重金属元素 i 的潜在生态风险指数, T_r^i 为重金属元素 i 的毒性响应系数, C_r^i 为重金属元素 i 的污染系数, $C_{\text{实测}}^i$ 为重金属元素 i 的实测含量, C_n^i 为重金属元素 i 的国家标准值, R_{ri} 为多金属综合潜在风险指数(R_i)的值。Hg、Cd、Pb、As、Cr 的 T_r 值分别为 40、30、5、10、2^[15]。

1.5 统计学方法

采用 Excel 2019 进行数据录入,并采用 SPSS 22.0 进行统计学分析。污染物检测数据经正态性检验,为正态分布数据;故采样点代表值用均数加减标准差($\bar{x} \pm s$)表示,离散程度用变异系数(CV)表示。

2 结果

2.1 长庆油田周边农田土壤重金属污染特征

庆城县、镇原县、正宁县以及三县合计的 5 种重金属水平均未超过国家土壤环境质量标准,但三县 Pb、As、Hg 以及庆城县 Cr、Cd 和正宁县 Cd 的部分样本水平超过甘肃省土壤背景值。镇原县 Hg、Cd 和庆城县 Hg 含量值的 CV 均大于 50%,三县 As 含量的 CV 均小于 5%。结果见表 3。

2.2 长庆油田周边农田土壤重金属污染情况

三县合计的单因子污染指数(P_i)均值从高到低分别为 Hg(2.14)、Pb(1.24)、As(1.13)、Cr(0.78)和 Cd(0.67);按单因子污染等级评价,Hg 属中污染,Pb 和 As 属于轻污染,Cd 和 Cr 为未污染状态。5 种重金属元素相应的内梅罗综合污染指数(P_N)从高到低分别为 Hg(3.85)、Pb(1.68)、As(1.20)、Cd(1.08)和 Cr(0.92),Hg 属于重度污染,Pb、As 和 Cd 属于轻度污染,Cr 为尚清洁状态。结果见表 4。

2.3 长庆油田周边农田土壤重金属潜在生态风险评价

长庆油田周边三县农田土壤 5 种重金属潜在生态风险指数(E_r)显示,Hg 属于强生态风险水平,其余 4 种重金属属轻微生态风险水平。其中,Hg 在三县农田土壤中 E_r 分别为 73.50、103.00 和 79.00,处于 $40 \leq E_r < 80$ 和 $80 \leq E_r < 160$ 区间,属中等至强生态风险水平;Cd、As、Pb、Cr 在三县农田土壤中 E_r 值均处于 $E_r < 40$ 区间属轻微生态风险水平;三县农田土壤中 5 种重金属综合潜在生态风险(R_{ri})平均值为 124.48,其中三县 R_{ri} 分别为 116.69、129.65、127.09。结果见表 5。

表 3 长庆油田周边农田土壤 5 种重金属含量及其变异情况

Table 3 Distribution of heavy metal contents and associated variations in farmland soils around Changqing Oilfield

重金属元素	重金属元素质量分数/(mg·kg ⁻¹)												变异系数/%			
	庆城(n=20)			镇原(n=20)			正宁(n=20)			三县合计(n=60)			庆城	镇原	正宁	合计
	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s$	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s$	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s$	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s$				
Pb	21.00	38.00	24.60±4.01	7.00	23.00	15.35±3.98	24.00	37.00	29.95±3.97	7.00	38.00	23.30±7.23	16.30	25.93	13.26	31.03
Cr	38.00	73.00	51.65±9.03	34.00	62.00	49.85±7.79	56.00	67.00	61.75±3.24	34.00	73.00	54.42±8.78	17.48	15.63	5.25	16.13
Cd	0.05	0.16	0.09±0.03	0.01	0.08	0.04±0.02	0.05	0.14	0.11±0.02	0.01	0.16	0.08±0.04	33.33	50.00	18.18	50.00
As	14.00	16.00	15.30±0.66	13.00	15.00	13.35±0.59	13.00	15.00	14.00±0.46	13.00	16.00	14.22±0.99	4.31	4.42	3.29	6.96
Hg	0.014	0.09	0.04±0.02	0.02	0.10	0.05±0.03	0.02	0.06	0.04±0.01	0.01	0.09	0.04±0.02	50.00	60.00	25.00	50.00

表 4 长庆油田周边农田土壤重金属单因子污染指数及综合污染指数

Table 4 Single-factor pollution indexes and comprehensive pollution indexes of heavy metals in farmland soils around Changqing Oilfield

重金属元素	庆城(n=20)				镇原(n=20)				正宁(n=20)				合计(n=60)			
	P_i			P_N	P_i			P_N	P_i			P_N	P_i			P_N
	最小值	最大值	均数		最小值	最大值	均数		最小值	最大值	均数		最小值	最大值	均数	
Pb	1.12	2.02	1.31	1.70	0.37	1.22	0.82	1.04	1.28	1.97	1.59	1.79	0.37	2.02	1.24	1.68
Cr	0.54	1.04	0.74	0.90	0.48	0.88	0.71	0.80	0.80	0.95	0.88	0.92	0.48	1.04	0.78	0.92
Cd	0.43	1.38	0.77	1.12	0.09	0.69	0.33	0.54	0.43	1.21	0.91	1.07	0.09	1.38	0.67	1.08
As	1.11	1.27	1.21	1.24	1.03	1.19	1.06	1.13	0.11	1.19	1.11	1.15	0.11	1.27	1.13	1.20
Hg	0.50	4.50	1.85	3.44	1.00	5.00	2.60	3.98	1.00	3.00	2.00	2.55	0.50	5.00	2.14	3.85

表 5 长庆油田周边农田土壤重金属潜在生态风险指数

Table 5 Potential ecological risk indexes of heavy metals in farmland soils around Changqing Oilfield

指标		庆城			镇原			正宁			合计		
		最小值	最大值	均数	最小值	最大值	均数	最小值	最大值	均数	最小值	最大值	均数
E_i	Pb	5.59	10.11	6.54	1.86	6.12	4.08	6.38	9.84	7.97	1.86	10.11	6.20
	Cr	1.08	2.08	1.47	0.97	1.77	1.42	1.60	1.91	1.76	0.97	2.08	1.55
	Cd	11.90	41.90	23.90	2.84	20.90	9.85	13.90	36.90	27.30	11.90	41.90	20.05
	As	11.10	12.70	12.10	10.30	11.90	10.60	10.30	11.90	11.10	10.30	12.70	11.28
	Hg	28.00	178.00	73.50	44.00	196.00	103.00	40.00	126.00	79.00	28.00	196.00	81.64
R_{RI}		116.69			129.65			127.09			124.48		

3 讨论

土壤中重金属污染主要来源于人类活动,土壤重金属超标不仅会破坏土壤生态系统平衡,也会通过食物链的生物富集作用威胁居民健康^[16]。庆阳市大部分地区是原油主产区,石油的燃料生产量大。石油燃料加工作业过程中产生的重金属废弃物排放到河流、大气、土壤中后通过迁移、沉降、蓄积作用可能导致土壤中重金属含量超标。因此,了解当地的土壤污染状况及对当地生态环境的影响,对于防止该地区土壤污染恶化,实现能源开发与自然环境的和谐共存,以保护人群健康,显得尤为重要。

本研究对 5 种重金属在甘肃省庆阳市庆城县、镇原县、正宁县农田土壤中的含量进行了检测。结果显示,庆城县、镇原县、正宁县三县农田土壤中 5 种重

金属含量平均值均未超过国家土壤环境质量标准,但 Pb、Hg 和 As 在三县农田土壤含量都高于甘肃省土壤背景值(分别为 18.80 mg/kg、0.02 mg/kg 和 12.60 mg/kg),说明近年来当地部分耕地土壤中以上 3 种重金属存在污染迹象。一般情况下,当出现土壤重金属变异系数大时,反映其空间分布不均匀,提示可能存在人为活动的影响^[17]。为了解 5 种重金属的来源,本研究对其变异系数进行了分析,结果显示,镇原县 Hg、Cd 和庆城县 Hg 含量值的变异系数均大于 50%,呈较强变异,三县 As 含量值变异系数均小于 5%,呈弱势变异,其余各重金属含量值的变异系数介于 5%~33%之间,呈中等变异。以上结果显示三县农田土壤中 Hg 和 Cd 受人为活动影响大,根据当地工农业生产特点,考虑可能与长期农药化肥的广泛使用和近年来原油化工

生产等活动有关。单因子污染指数(P_i)评价结果显示,长庆油田周边三县农田中 5 种重金属 P_i 分别提示 Hg 属于中污染, Pb 和 As 属于轻污染, Cd 和 Cr 为未污染状态。三县 Hg 的 P_i 分别为 1.85、2.60 和 2.00, 污染程度最高, 属轻度到中度污染; Pb 在三县基本属于轻度到中度污染, As、Cd 和 Cr 在三县为轻度或未污染状态。内梅罗综合污染指数(P_N)用来综合反映多种污染物区域污染状况, 本研究中 5 种重金属对三县农田土壤的综合评价结果显示, Hg 的 P_N 值为 3.85, 属于重度污染, 需引起关注。

长庆油田周边三县农田土壤 5 种重金属潜在生态风险指数(E_r)结果中, Hg 的 E_r 值为 81.64, 属于强生态风险水平, 其余 4 种重金属属轻微生态风险水平; 综合潜在生态风险(R_{ri})为 124.48, 但结合 Hg 的潜在生态风险指数, 认为当地农田土壤中 5 种重金属的综合潜在生态风险属强生态风险水平。Hg 在三县农田土壤中 E_r 分别为 73.50、103.00 和 79.00, 处在 $40 \leq E_r < 160$ 区间, 属于中等至强生态风险水平; Cd、As、Pb、Cr 在三县农田土壤中 E_r 值均处于 $E_r < 40$ 区间, 属轻微生态风险水平; 三县农田土壤中 5 种重金属综合潜在生态风险(R_{ri})平均值分别为 116.69、129.65、127.09, $R_{ri} < 150$, 但结合 Hg 的潜在生态风险指数, 认为三县农田土壤中 5 种重金属的综合潜在生态风险属强生态风险水平。以上结果提示, 5 种重金属在当地农田土壤中的含量并不高, 但对当地的生态仍有一定程度的影响, 其中对三县的生态影响可能性较大的是 Hg, Cd、As、Pb、Cr 对三县的生态威胁较小, 但也应引起环境保护工作的重视。

本研究针对目前我国新开发的最大产油区农田土壤中 5 种重金属元素污染情况进行了生态风险评估, 对实现能源开发和生态环境保护并重有现实意义。作为最早开始研究当地土壤生态风险的工作, 采样点没有囊括全部县区, 只能说明该研究区域农田土壤环境质量的特征, 缺乏整个油田主产区农田土壤污染状况资料。在以后的工作中, 除增加采样县区外, 还应开展当地空气、水体以及土壤污染的相关研究, 为区域污染物溯源、转归及科学防治积累基础性资料。

综上, 以甘肃省土壤背景值为标准对农田土壤中 Hg、As、Pb、Cr 和 Cd 共 5 种重金属的现状、影响因素及生态风险进行评价显示, 目前庆阳地区的三县中, 农田土壤中 Hg、As、Pb、Cr 和 Cd 的平均浓度均未超标, 但已经有人为影响下增加的趋势, 其中 Hg 和 Cd 受人为活动影响大, 根据当地工农业生产特点, 考虑可能与

长期农药化肥的广泛使用和近年来原油化工生产等活动有关; 对三县的生态影响评估显示, 重金属的存在会对当地生态产生一定影响但目前影响尚不明显。

参考文献

- [1] 任晓辉, 高宗军, 安永会, 等. 张掖市甘州区北部土壤重金属污染特征及生态风险评价[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(7): 163-169.
REN X H, GAO Z J, AN Y H, et al. Pollution characteristics and ecological risk assessment of soil heavy metals in northern Ganzhou district, Zhangye city[J]. J Arid Land Resour Environ, 2020, 34(7): 163-169.
- [2] 庄国泰. 我国土壤污染现状与防控策略[J]. 中国科学院院刊, 2015, 30(4): 477-483.
ZHUANG G T. Current situation of national soil pollution and strategies on prevention and control[J]. Bull Chin Acad Sci, 2015, 30(4): 477-483.
- [3] 陈世宝, 王萌, 李杉杉, 等. 中国农田土壤重金属污染防治现状与问题思考[J]. 地学前缘, 2019, 26(6): 35-41.
CHEN S B, WNAG M, LI S S, et al. Current status of and discussion on farmland heavy metal pollution prevention in China[J]. Earth Sci Front, 2019, 26(6): 35-41.
- [4] 纪文贵, 王珂, 蒙建波, 等. 中国土壤重金属污染状况及其风险评价[J]. 农业研究与应用, 2020, 33(5): 22-28.
JI W G, WANG K, MENG J B, et al. Distribution characteristics and risk assessment of soil heavy metal pollution in China[J]. Agric Res Appl, 2020, 33(5): 22-28.
- [5] ASKARI M S, ALAMDARI P, CHAHARDOLI S, et al. Quantification of heavy metal pollution for environmental assessment of soil condition[J]. Environ Monit Assess, 2020, 192(3): 162.
- [6] 王美娥, 彭驰, 陈卫平. 宁夏干旱地区工业区对农田土壤重金属累积的影响[J]. 环境科学, 2016, 37(9): 3532-3539.
WANG M E, PENG C, CHEN W P. Impacts of industrial zone in arid area in Ningxia province on the accumulation of heavy metals in agricultural soils[J]. Environ Sci, 2016, 37(9): 3532-3539.
- [7] 麦尔哈巴·图尔贡, 麦麦提吐尔逊·艾则孜, 王维维. 吐鲁番盆地葡萄园土壤重金属污染及其潜在健康风险[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(6): 558-565.
TURHUN M, EZIZ M, WANG W W. Contamination and potential health risk of heavy metals in vineyard soil in Turpan Basin[J]. J Environ Occup Med, 2020, 37(6): 558-565.
- [8] KHAN K, LU Y, KHAN H, et al. Heavy metals in agricultural soils and crops and their health risks in Swat District, northern Pakistan[J]. Food Chem Toxicol, 2013, 58: 449-458.
- [9] 土壤环境监测技术规范: HJ/T 166—2004[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
The Technical specification for soil environmental monitoring: HJ/T 166—2004[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2004.
- [10] 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行): GB 15618—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
Soil environmental quality—Risk control standard for soil contamination of agricultural land (on trial): GB 15618—2018[S]. Beijing: China Standard Press, 2018.
- [11] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
China National Environmental Monitoring Center. Background value of soil elements in China[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.

(下转第 538 页)