本文引用:韩光亮,李翠梅,张瑞芳,等. 河南省某市北郊土壤和麦苗重金属污染状况及评价[J]. 新乡医学院学报,2015,32(2):127-129,134.

【基础研究】

河南省某市北郊土壤和麦苗重金属污染状况及评价

韩光亮, 李翠梅, 张瑞芳, 赵英政, 徐光翠
(新乡医学院公共卫生学院,河南 新乡 453003)

摘要: 目的 探讨污水灌溉农田后土壤与麦苗中重金属的污染状况。**方法** 以典型抽样方法选择某市北郊污水灌溉农田,分别采集土壤与麦苗,样品经处理后分别采用石墨炉和火焰原子吸收光度法对样品中的重金属Cd、Cu与Pb进行测定。农田土壤重金属污染按照《国家土壤环境质量标准GB15618—2008》,单项污染指数采用二级标准中pH>7.5时的标准值以评价研究区域土壤Cu、Cd、Pb的污染情况;麦苗样品按照食品中蔬菜类(叶菜类)的重金属元素限量标准进行评价。**结果** 研究区域土壤样品中Cu和Pb均未超标;Cd超标率为84.3%,最高可达国家二级标准值的7.3倍,21.2%土壤样品Cd的单项污染指数超过3。麦苗样品中Cu和Cd均未超过限量标准,而Pb超标率为100%,最高可达食品中蔬菜类重金属元素限量标准的42.2倍。Pb的单项污染指数和综合污染指数均大于3。**结论** 研究区域土壤已经受到Cd污染,麦苗中Pb超标,均处于重污染水平。

关键词: 土壤;麦苗;重金属;污染
中图分类号: R124 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-7239(2015)02-0127-04

Heavy metal contamination status in soil and wheat seedlings in a northern suburb of Henan Province

HAN Guang-liang, LI Cui-mei, ZHANG Rui-fang, ZHAO Ying-zheng, XU Guang-cui
(*Department of Preventive Medicine, Xinxiang Medical University, Xinxiang* 453003, *Henan Province, China*)

Abstract: Objective To study the heavy metal contamination status in soil and wheat seedlings irrigated with polluted river water. **Methods** Soil and wheat seedlings were collected from a farmland which was irrigated with polluted river water. The concentration of cadmium(Cd), copper(Cu) and lead(Pb) in the samples were measured with graphite furnace atomic absorption spectrophotometry and flame atomic absorption spectrophotometry. The heavy metal concentration in soil was compared with GB15618-2008, while the results of wheat seedling samples were compared with the maximum permissible limits of heavy metal contaminants in vegetables. **Results** The results showed that 84.3% of Cd content in soil samples exceeded the standard, while Cu and Pb did not. The maximum value was 7.3 times of the national standard. In 21.2% of soil samples, the pollution index was over 3. Pb content in all wheat seedlings exceeded standard. The highest value was 42.2 times of the standard. The pollution index of lead contamination was over 3 in wheat seedlings. **Conclusion** The soil is heavily contaminated by Cd, while the wheat seedlings is heavily contaminated by Pb.

Key words: soil; wheat seedling; heavy metal; pollution

土壤是人类赖以生存的自然环境,随着工农业的迅速发展,土壤污染问题日益突出,而重金属是主要污染物之一。土壤的重金属污染具有隐蔽性、长期性、渐进性、区域性、难以逆转性等特点。土壤一旦遭到重金属污染,很难在短时间内恢复,重金属不仅可以通过食物链或大气扬尘危害人体健康[1],而且影响农作物的产量和质量[2]。据统计,我国每年因重金属污染导致的粮食减产达1 000余万吨,被污染的粮食多达1 200万吨,经济损失合计200亿元以上。土壤重金属污染的原因众多,污水灌溉是其原因之一。研究地区属于河南省重要的粮食蔬菜生产基地,某河流常年有工业废水排入,流经区域的部分农田采用该河水灌溉。经研究河水中铅污染严重,河水淤泥中Cu、Cd、Pb含量均超标,尤以镉污染突出[3]。长期应用污水灌溉有可能使土壤受到不同程度的污染,进而可能对农作物[4]和相应人群造成危害[5]。分析土壤中重金属的含量对了解和评价该地区的污染现状、制定防治土壤污染措施、提高农产品质量均有重要意义。本研究使用污染河水灌溉的土壤和麦苗为研究对象,研究该地区Cu、Cd和Pb的污染现状,以期为该地区环境质量评价和河水的安全利用提供科学依据。

DOI:10.7683/xxyxyxb.2015.02.009
收稿日期:2014-03-10
基金项目:河南省教育厅科学技术研究重点项目(编号:12B330002);新乡医学院博士启动基金资助项目(编号:10781)
作者简介:韩光亮(1963-),男,河南新乡人,博士,教授,研究方向:重金属毒理学。

1 材料与方法

1.1 样品采集 典型抽取某市北郊河水灌溉区为采样区域,以农田北端第 2 放水口为起点向南沿灌溉水流经路线从上游到下游布设采样点,共 51 个采样点。土壤采样深度 20 cm,直径 10 cm,每个样品约重 1 500 g;在土壤样品采集的同时,在与土壤样品采样地点相对应地点采集麦苗样品,采集麦苗高度约 15 cm,本研究仅采集麦苗的地上部分。各样品依次编号、记录,麦苗样品与土壤样品编号相对应。对照设置于河堤另一侧采用地下井水灌溉的麦田。采集的样品放置在聚乙烯(polyethylene,PE)塑料袋中封口带回实验室。

1.2 样品预处理

1.2.1 土壤样品 将采集的样品平铺在 PE 塑料袋上,置于干燥处自然风干,避免阳光直射,剔除碎砖瓦块、砾石、杂草等杂质。干燥后用 JSDF-70 实验室粉碎磨将每个样品磨碎为直径小于 1 mm 的细土颗粒,装袋放置。从每个已经初步磨碎混匀的土壤样品中取出大约 50 g 土壤,在玛瑙研钵中充分研磨至极细,过 120 目检验筛(国家统一标准),收集在 PE 塑料袋中备用。

1.2.2 麦苗样品 将采集的麦苗样品用去离子水清洗后平铺在无灰滤纸上,用 DHG-9070A 型电热恒温鼓风干燥箱依次将麦苗样品烘干。样品烘干条件为温度 105 ℃、120 min。将烘干的麦苗样品从干燥箱中取出粉碎并装在 PE 塑料袋中封口备用。

1.3 样品消化

1.3.1 土壤样品 准确称取约 1.000 g 样品放入 100 mL 锥形瓶中,加入少许双蒸水润湿土样,加入 3 ~ 4 粒小玻璃珠。加入 10 mL 浓硝酸[优级纯(guaranteed reagent,GR)],浸润整个样品,在电热板上以微沸状态加热 20 min。加入 30 mL 盐酸(GR),盖上漏斗,放在电热板上加热 2 h,保持王水处于明显的微沸状态,既可见到王水蒸气在漏斗壁上回流,但又要避免反应过于剧烈而导致的消化液溢出。移去漏斗,在电热板上赶掉全部酸液至湿盐状态,冷却,过滤至 50 mL 容量瓶中,以 0.5 mol · L^{-1} 的硝酸洗涤、过滤、定容,同时做试剂空白,放置待测。

1.3.2 麦苗样品 准确称取约 1.000 g 样品于石英坩埚内,并放置在可调式电热板上炭化至无烟状态,移入马弗炉中 600 ℃灰化 8 ~ 10 h,冷却,若个别样品灰化不彻底,则可加入 1 mL 混合酸 (4∶1 硝酸-高氯酸),在可调式电热板上小火加热,直到消化完全,冷却。用 0.5 mol · L^{-1} 的硝酸溶解灰分,并过滤于 25 mL 的容量瓶中,用 0.5 mol · L^{-1} 的硝酸少量多次洗涤石英坩埚,洗液过滤合并于容量瓶中定容,混匀放置待测,同时做试剂空白。

1.4 测定指标 土壤 pH 测定时水土比为 2.5∶1.0,用 pHS-25C 数显酸度计进行测定。用原子吸收分光光谱仪(北京普析通用仪器有限责任公司,TAS-990 型)测定 Cu、Cd、Pb 3 种重金属的含量。

1.5 评价标准 农田土壤重金属单项污染指数的评价标准依据国家土壤环境质量标准(GB15618-2008)。本研究采用第 2 级标准中农业用地 pH > 7.5 时旱地的标准值以评价研究区土壤 Cu、Cd、Pb 的污染情况;麦苗样品则按照谷物及其制品的重金属元素限量标准进行评价,具体限量值分别为:Cu 10 mg · kg^{-1} (GB15199-1994), Cd 0.1 mg · kg^{-1} (GB2762-2012),Pb 0.2 mg · kg^{-1} (GB2762-2012)。

1.6 评价方法 分别采用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法进行评价。单因子污染指数计算公式为:$P_i = C_i/S_i$。式中 P_i 为土壤中污染物的环境质量指数,C_i 为污染物的实测值(mg · kg^{-1}),S_i 为污染物的评价标准(mg · kg^{-1})[6]。单因子污染指数法分级标准:$P_i \leq 1$ 为非污染,$1 < P_i \leq 2$ 为轻污染,$2 < P_i \leq 3$ 为中污染,$P_i > 3$ 为重污染。内梅罗综合污染指数法。其计算公式为:

$$P_{综} = \{[(C_i/S_i)^2_{max} + (C_i/S_i)^2_{ave}]/2\}^{1/2}$$

式中 $P_{综}$ 为内梅罗综合污染指数;$(C_i/S_i)_{max}$ 为最大单项污染指数;$(C_i/S_i)_{ave}$ 为单项污染指数平均值。其评价标准见表 1[7]。

表 1 土壤内梅罗污染指数评价标准

Tab.1 Assessment of soil contamination by Nemerow pollution index

等级	$P_{综}$	污染等级	污染水平
1	$P_{综} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{综} \leq 1.0$	警戒级	尚清洁
3	$1.0 < P_{综} \leq 2.0$	轻污染	土壤作物已受污染
4	$2.0 < P_{综} \leq 3.0$	中污染	土壤作物已受中度污染
5	$P_{综} > 3.0$	重污染	土壤作物已受严重污染

1.7 统计学处理 应用 SPSS 18.0 软件分别分析 3 种重金属在土壤及麦苗中含量的极值以及平均值。对土壤中 3 种重金属的污染来源及土壤与麦苗的重金属含量之间的关系进行线性相关分析。$P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究区域土壤 pH 通过测定,土壤样品的 pH 值为 8.29 ± 0.25。

2.2 研究区域样品中 Cu、Cd、Pb 的含量 结果见表 2。研究区域土壤样品中 Cu 和 Pb 均无超标样品;Cd 有 43 个超标样品,超标率为 84.3%,最高可

达国家二级标准值的 7.3 倍,表明研究区域土壤已受到 Cd 污染。麦苗样品中 Cu 和 Cd 均未超过限量标准,而 Pb 全部超过限量标准,超标率为 100.0%,最高可达食品中蔬菜类重金属元素限量标准的 42.2 倍,说明麦苗已受到 Pb 的污染。对照土壤样品的 Cu、Cd 和 Pb 元素的含量分别为 15.4、0.6、62.1 mg·kg^{-1},均未超过国家二级标准值。对照麦苗样品的 Cu、Cd 和 Pb 元素含量分别为 1.70、0.01、2.50 mg·kg^{-1},其中 Cu 和 Cd 元素的含量均未超过限量标准,而 Pb 元素的含量已超过限量标准,高达限量标准的 12 倍。

表 2　研究区土壤和麦苗样品中重金属含量

Tab. 2　Concentration of heavy metals in soil and wheat seedlings

重金属	土壤/(mg·kg^{-1})				麦苗/(mg·kg^{-1})			
	平均值	最大值	最小值	超标率/%	平均值	最大值	最小值	超标率/%
Cu	26.9	58.1	15.4	0.0	2.2	4.3	1.4	0.0
Cd	1.8	5.9	0.1	84.3	0.0	0.1	0.0	0.0
Pb	47.3	57.1	32.2	0.0	4.2	8.4	3.1	100.0

2.3　污染指数分析　结果见表 3。土壤样品中 Cu 和 Pb 的单污染指数均小于 1,处于非污染状态。21.2% 土壤样品 Cd 的单污染指数超过 3,属于重污染;从综合污染指数来看,Cd > Pb > Cu,其中 Cu 和 Pb 的综合污染指数均不超过 0.7,处于安全状态;而 Cd 的综合污染指数大于 3,表明 Cd 已经处于重污染水平。麦苗样品中 Cu 和 Cd 的单污染指数均小于 1,综合污染指数均小于 0.7,表明 Cu 和 Cd 处于非污染状态;而 Pb 的单污染污染指数和综合污染指数都远大于 3,说明 Pb 处于重污染水平。

表 3　研究区土壤和麦苗样品重金属元素的污染指数及污染水平

Tab. 3　Contamination status & pollution index of heavy metals in soil and wheat seedlings

元素	测定范围	污染指数 P_i	污染指数 $P_{综}$	$P_{综}$ 污染等级
Cu(土壤)	15.4 ~ 58.6	0.2 ~ 0.6	0.5	安全
Cd(土壤)	0.1 ~ 5.9	0.1 ~ 7.3	5.4	重污染
Pb(土壤)	32.2 ~ 57.1	0.4 ~ 0.7	0.7	安全
Cu(麦苗)	1.4 ~ 4.3	0.1 ~ 0.4	0.3	安全
Cd(麦苗)	0.0 ~ 0.1	0.0 ~ 0.6	0.4	安全
Pb(麦苗)	3.1 ~ 8.4	15.5 ~ 42.2	33.4	重污染

2.4　相关性分析　结果见表 4。相关性分析显示,研究区域土壤样品中重金属元素 Cu 与 Cd 呈正相关(r = 0.815, P < 0.01),提示 Cu、Cd 可能具有相同来源;而 Pb 与二者之间无相关性;土壤和麦苗样品相同重金属元素间均无明显相关性。

表 4　研究区土壤和麦苗样品中重金属元素间的相关性

Tab. 4　Relationship of heavy metals in soil and wheat seedlings　(r)

元素	Cu(土壤)	Cd(土壤)	Pb(土壤)	Cu(麦苗)	Cd(麦苗)	Pb(麦苗)
Cu(土壤)	1.000			-0.143		
Cd(土壤)	0.815[a]	1.000			0.001	
Pb(土壤)	-0.118	-0.109	1.000			0.207

注:[a]P < 0.01。

3　分析与讨论

我国土壤受重金属污染较为严重,如不采取积极有效的措施,将直接影响到生态环境及农业的可持续发展。研究显示使用污水灌溉可以使植物受到一定程度的污染,并表现出累积效应[8]。重金属在水稻各部位的分布情况为根 > 茎叶 > 谷子,显示金属离子不易向地上部位迁移。本研究结果显示,土壤和麦苗样品相同元素间并无相关性,研究区域土壤样品 Cd 84.3% 超标,污染突出,而在麦苗中 Cd 却未超标,与上述结论相符。这一方面可能与土壤的 pH 及 Cd 在土壤中的存在形态有关,土壤 pH 值的变化影响土壤中重金属元素的活性及化合物的溶解度,从而影响农作物对重金属的吸收,大多数重金属元素在酸性环境中活性增加,而测量土壤样品的 pH 值为 8.05 ~ 8.56,平均 8.29 ± 0.25。另一方面也可能与植物的不同部位重金属含量不同有关,小麦各部位重金属含量范围变化幅度较大,Cd 在根部含量最多,而 Pb 含量则是叶 > 根 > 穗 > 茎。本实验结果表明,土壤中 Pb 虽然未超标,但麦苗中 Pb 的超标率却为 100%,提示麦苗 Pb 的来源不是土壤,可能有其他污染源如空气污染、汽车尾气等。

土壤中重金属的活性受土壤酸碱度影响较大,如 pH 升高可增加土壤表面负电荷对重金属离子的吸附且易生成沉淀。本研究中土壤的 pH 平均为 8.29 ± 0.25,不利于重金属元素向植物体的迁移,导致麦苗与土壤中 Cd 含量之间不存在相关性。虽然研究结果提示土壤中的重金属不能很容易地向植物转移,但污染严重的土壤对于农作物还是具有潜在危害,需要进行积极治理。

污水灌溉时,污水中所含的重金属元素可因土壤的吸附等作用而存留于土壤中,并发生富集。重金属作为一种持久性污染物,进入土壤后不能被生物降解,不仅可通过淋洗和径流等污染地表水和地下水,对水环境造成潜在危害,而且表层土壤中的重金属易进入人体,对人体健康造成威胁。当人体摄

(下转第 134 页)

胞增殖[1,12-13],在肿瘤治疗中多用于辅助治疗,其对免疫抑制因子的抑制机制少见报道。本实验表明 ART 作用后,所培养的 HeLa 上清液可显著逆转 PHA 诱导的淋巴细胞增殖抑制、部分恢复 CTL 细胞毒作用及上调 $CD3^+$、$CD4^+$、CD_{25}^+、$CD4^+CD_{25}^-$ 细胞的百分率,而这些都与其下调免疫抑制因子分泌有关,可能为 ART 抗瘤作用机制之一。本研究发现 ART 的抗瘤机制可能为下调上清液中 TGF-β_1、IL-10 及 PGE2 的水平,即 ART 下调了 HeLa 细胞分泌免疫抑制因子,减少对 CTL 杀瘤活性的抑制,同时通过某种机制降低 $CD4^+CD_{25}^+$ 表达,上调 $CD3^+$、$CD4^+$、CD_{25}^+、$CD4^+CD_{25}^-$,可在一定程度上逆转 HeLa 细胞的肿瘤免疫抑制。因此,在宫颈癌患者术前、术中及术后加用 ART,可部分逆转宫颈癌免疫抑制,增强疗效,甚至可以预防肿瘤复发。但免疫抑制因子如何引起免疫细胞表达的变化,其机制目前尚未明确,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 迟寅秀,高福莲. 青蒿琥酯对胃癌耐药细胞 SGC7901/mdrl 阿霉素耐药性的影响[J]. 新乡医学院学报,2014,31(8):619-621.

[2] Torres-Poveda K, Bahena-Román M, Madrid-González C, *et al*. Role of IL-10 and TGF-β_1 in local immunosuppression in HPV-associated cervical neoplasia[J]. *World J Clin Oncol*, 2014, 5(4): 753-763.

[3] Cheng Y X, Qi X Y, Huang J L, *et al*. Toll-like receptor 4 signaling promotes the immunosuppressive cytokine production of human cervical cancer[J]. *Eur J Gynaecol Oncol*, 2012, 33(3): 291-294.

[4] Chaqas B S, Gurgel A P, da Cruz H L, *et al*. An interleukin-10 gene polymorphism associated with the development of cervical lesions in women infected with human papillomavirus and using oral contraceptives[J]. *Infect Genet Evol*, 2013, 19: 32-37.

[5] Zhang L X, Liu Z N, Ye J, *et al* Artesunate exerts an anti-immunosuppressive effect on cervical cancer by inhibiting PGE2 production and Foxp3 expression[J]. *Cell Boil Int*, 2014, 38(5): 639-646.

[6] Chen Z, Ding J, Pang N, *et al*. The Th17/Treg balance and the expression of related cytokines in Uygur cervical cancer patients[J]. *Diagn Pathol*, 2013, 15(8): 61-64.

[7] Chen Z Y, Xu Q, Ding J B, *et al*. $CD4^+CD_{25}^+Foxp3^+$ Treg and TGF-beta play important roles in pathogenesis of Uygur cervical carcinoma[J]. *Eur J Gynaecol Oncol*, 2012, 33(5): 502-507.

[8] Adurth S, Mukherjee G, Krishnamurthy H, *et al*. Functional tumor infiltrating TH1 and TH2 effectors in large early-stage cervical cancer are suppressed by regulatory T cells[J]. *Int J Gynecol Cancer*, 2012 22(7): 1130-1137.

[9] 付燕,高晓唯,李文静,等. 未成熟树突状细胞在大鼠高危角膜移植免疫排斥反应中的作用[J]. 眼科新进展,2013,33(2):130-134.

[10] 张琴,张兰芳,赵劭懂,等. 脓毒症患儿血 $CD4^+CD_{25}^+$ T 淋巴细胞上烟碱样乙酰胆碱受体 a7 表达的变化[J]. 中华实用儿科临床杂志,2013,28(22):1706-1709.

[11] 黄惠君,杨军,王国兵,等. $CD4^+CD_{25}^+$ 调节性 T 淋巴细胞与 Thl7 细胞在新生儿脓毒症炎性免疫反应中的作用[J]. 中华实用儿科临床杂志,2013,28(9):676-678.

[12] Zuo W, Wang Z Z, Xue J. Artesunate induces apoptosis of bladder cancer cells by miR-16 regulation of COX-2 expression[J]. *Int J Mol Sci*, 2014, 15(8): 14298-14312.

[13] 崔澂,金玉祥,王雅卓,等. 不同类别抗瘤中药制剂体外影响直肠癌细胞生长增殖的结局比较[J]. 白求恩医学杂志,2014,12(2):107-110.

(本文编辑:李胜利 英文编辑:王 燕)

(上接第 129 页)

入或吸入过量的 Cd 会引起身体各器官一系列的病变,导致生活在 Cd 污染区的人群骨密度降低和骨折发生率增加等。人体长期暴露在低剂量的 Cd 环境中还可引起肾功能损伤、钙排泄增加及生殖毒性。

分析土壤中重金属的来源比较复杂,目前主要采用定性描述和相关分析,相关性分析结果显示,土壤样品 Cu 和 Cd 之间存在显著相关性,提示 Cu、Cd 可能具有相同来源,而 Pb 与二者之间无显著相关性,提示其可能有不同来源。土壤 Pb 未超标,但是麦苗中 Pb 却全部超标,强烈提示其另有污染源,估计与周围的高速公路有关,需要引起有关方面的关注。土壤中 Cd 和麦苗中 Pb 均为重污染,其污染是否影响周围人群的健康,作者将会继续关注。

参考文献:

[1] Nica D V, Bura M, Gergen I, *et al*. Bioaccumulative and conchological assessment of heavy metal transfer in a soil-plant-snail food chain[J]. *Chem Cent J*, 2012, 6(1): 55.

[2] Sinnett D E, Lawrence V K, Hutchings T R, *et al*. Plants growing on contaminated and brownfield sites appropriate for use in organisation for economic cooperation and development terrestrial plant growth test[J]. *Environ Toxicol Chem*, 2011, 30(1): 124-131.

[3] 席景砖,李翠梅,王守英,等. 河南某市河水和污泥中重金属污染状况及评价[J]. 卫生研究,2010,39(6):767-769,773.

[4] 刘岭,贺浪冲,梁晓聪,等. 陕西省 2002 ~ 2007 年食品中镉污染现状及分析[J]. 现代预防医学,2010,37(18):3447-3451

[5] Orisakwe O E, Nduka J K, Amadi C N, *et al*. Heavy metals health risk assessment for population via consumption of food crops and fruits in Owerri, South Eastern, Nigeria[J]. *Chem Cent J*, 2012, 6(1): 77.

[6] 辛蕊,张思冲,周晓聪,等. 大庆城区土壤重金属污染及相关性分析[J]. 农业资源与环境科学,2008,24(9):416-420.

[7] 刘峰,黄先飞,秦樊鑫,等. 贵州省艾纳香种植基地土壤重金属污染现状评价[J]. 安徽农业科学,2009,37(9):4249-4253.

[8] Henson T M, Cory W, Rutter M T. Extensive variation in cadmium tolerance and accumulation among populations of Chamaecrista fasciculata[J]. *PLoS One*, 2013, 8(5): e63200.

(本文编辑:杨 博 英文编辑:杨 博)