

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 22 期
Vol.30 No.22
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 22 期 2010 年 11 月 (半月刊)

目 次

高温对水稻叶片蛋白质表达的影响·····	曹云英,段 骅,王志琴,等 (6009)
茶园间作柑桔杨梅或吊瓜对叶蝉及蜘蛛类群数量和空间格局的影响·····	叶火香,崔 林,何迅民,等 (6019)
鼠尾藻生长与生殖的权衡·····	张树宝,唐永政,王志芳,等 (6027)
不同氮素水平下超高产夏玉米冠层的高光谱特征·····	陈国庆,齐文增,李 振,等 (6035)
近 100 年植被破坏侵蚀环境下土壤质量退化过程的定量评价 ·····	郑粉莉,张 锋,王 彬 (6044)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤养分的空间异质性·····	邱开阳,谢应忠,许冬梅,等 (6052)
CO ₂ 浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗膜脂过氧化及抗氧化系统的影响 ·····	李清明,刘彬彬,艾希珍 (6063)
小兴安岭阔叶红松林粗木质残体空间分布的点格局分析·····	刘妍妍,金光泽 (6072)
光照对鄂东南 2 种落叶阔叶树种幼苗生长、光合特性和生物量分配的影响 ·····	杨 莹,王传华,刘艳红 (6082)
不同耕作和覆盖方式对紫色丘陵区坡耕地水土及养分流失的影响·····	林超文,罗春燕,庞良玉,等 (6091)
黄土残塬沟壑区流域次生植被物种分布的地形响应·····	王盛萍,张志强,张建军,等 (6102)
农村土地经营权流转对区域景观的影响——以北京市昌平区为例·····	刘 同,李 红,孙丹峰,等 (6113)
基于农户响应的北方农牧交错带生态改善策略·····	徐建英,柳文华,常 静,等 (6126)
滨岸不同植物配置模式的根系空间分布特征·····	仲启铖,杜 钦,张 超,等 (6135)
三江平原小叶章湿地剖面土壤微生物活性特征·····	杨桂生,宋长春,宋艳宇,等 (6146)
不同水分处理对湿地松幼苗生长与根部次生代谢物含量的影响·····	李昌晓,魏 虹,吕 茜,等 (6154)
生活污水慢渗生态处理对土壤及杨树生长的影响·····	白保勋,杨海青,樊 巍,等 (6163)
玉米连作及其施肥对土壤微生物群落功能多样性的影响·····	时 鹏,高 强,王淑平,等 (6173)
茶园 4 种半翅目主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	周夏芝,毕守东,柯胜兵,等 (6183)
采煤塌陷地不同施肥处理对土壤微生物群落结构的影响·····	李金岚,洪坚平,谢英荷,等 (6193)
典型区域果园表层土壤 5 种重金属累积特征·····	杨世琦,刘国强,张爱平,等 (6201)
工业园区氮代谢——以江苏宜兴经济开发区为例·····	武娟妮,石 磊 (6208)
公路绿化带对路旁土壤重金属污染格局的影响及防护效应——以山西省主要公路为例·····	王 慧,郭晋平,张芸香,等 (6218)
奥运期间北京 PM _{2.5} 、NO _x 、CO 的动态特征及影响因素 ·····	曾 静,廖晓兰,任玉芬,等 (6227)
新疆绿洲农田土壤-棉花系统 9 种矿质元素生物循环特征 ·····	韩春丽,刘 娟,张旺锋,等 (6234)
甘肃省黄土高原旱作玉米水分适宜性评估·····	姚小英,蒲金涌,姚茹莘,等 (6242)
基于粪便 DNA 的马鹿种群数量和性比 ·····	田新民,张明海 (6249)
专论与综述	
水生态功能分区研究中的基本问题·····	唐 涛,蔡庆华 (6255)
土壤水分遥感监测研究进展·····	杨 涛,官辉力,李小娟,等 (6264)
中国北方气候暖干化对粮食作物的影响及应对措施·····	邓振镛,王 强,张 强,等 (6278)
问题讨论	
城市物质流分析框架及其指标体系构建·····	陈 波,杨建新,石 焱,等 (6289)
研究简报	
湖南会同不同退耕还林模式初期碳密度、碳贮量及其空间分布特征 ·····	田大伦,尹刚强,方 晰,等 (6297)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 32 * 2010-11

典型区域果园表层土壤 5 种重金属累积特征

杨世琦, 刘国强, 张爱平, 王永生, 杨正礼*

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081)

摘要:在我国典型果业生产区域的黄土高原、胶东半岛和北京郊区选择 11 个采样区的 99 个果园, 利用 GPS 定位仪共采集 0—20 cm 表土样品 99 份, 测定了铅、砷、铜、锌和铬等 5 种主要重金属的土壤累积数量, 并对土壤重金属累积数量的环境安全性、土壤累积差异性以及区域分布特点进行了分析讨论。结果表明: (1) 果园表层土壤 5 种重金属累积浓度未超过国家土壤环境质量标准, 处于环境安全状态; (2) 不同重金属在果园表层土壤中累积特征不同, 重金属铅累积相对明显; 其次是铜; 再其次是锌、铬和砷; (3) 不同区域果园表层土壤的重金属累积情况不尽一样, 经济发达、或城市郊区或果园发展历史长的地区, 果园表层土壤重金属累积相对显著一些。

关键词:果园; 表层土壤; 重金属; 典型区域

Analysis on accumulation characters of 5 kinds of heavy metals in orchard topsoil in typical production zone in China

YANG Shiqi, LIU Guoqiang, ZHANG Aiping, WANG Yongsheng, YANG Zhengli*

Key Laboratory of Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: Accumulated heavy metals that can cause soil pollution are mainly derived from industrial smoke and dust, chemical species from car exhaust by dry and wet deposition, fertilizers, pesticides, organic matter, waste water and sewage effluent used in irrigation. Aiming to control soil heavy metal pollution, we carried out the field-scale study to determine the accumulation character and distribution pattern of heavy metals in orchard topsoil. With the help of GPS, totally 99 samples of 0—20 centimetre topsoil were collected from 99 orchards representing 11 sampling zones located in the major fruit producing regions in China, including the Loess Plateau, Jiaodong Peninsula and suburb of Beijing city. Using these samples, we measured the accumulation of heavy metals such as As, Cu, Zn, Pb and Cr, and evaluated the environmental safety, variation of accumulation and the regional distribution of heavy metals in topsoil. The orchards were classified into 3 groups according to orchard ages: 5—10, 10—15 and over 15 years, and 3 orchards were chosen from each orchard group with an area of about 0.25—2.5 hm²/orchard. Meanwhile, the crop fields close to orchard were used as controls with the average dimension ranging from 0.1 to 0.5 hm². The sampling period was from early October to early November in 2007. The methods of measurement and analysis for heavy metals were in accordance with the Environmental Quality Standard for Soil (GB15618—1995). The testing result shown as follows are the average, minimum and maximum value of concentration, respectively, including Pb: 30.32, 7.14 and 99.59 mg/kg; Cu: 28.51, 8.74 and 69.63 mg/kg; Zn: 78.13, 24.23 and 99.16 mg/kg; Cr: 65.24, 25.91 and 79.04 mg/kg; and As: 14.75, 3.73 and 16.51 mg/kg. Coefficients of Variance of all heavy metals clearly indicate that orchard topsoil is polluted by various exogenous heavy metals, predominantly by Pb, and also by Cu as the second leading cause of the pollution. Pb is 7.6% higher than the average value, and such values for Cu, Zn, Cr, and As are 9.8%, 16.7%, 12.9%, and 13.6%, respectively. These results reveal the different accumulation patterns among heavy metals in orchard topsoil. Analysis based on One-Way

基金项目:中央级公益科研基金; 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD09B04)

收稿日期:2010-05-07; **修订日期:**2010-08-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shiqiyang@126.com

ANOVA and Hierarchical cluster by using SPSS software demonstrate that there are significant differences in metal accumulation among different metal types as well as different regions. According to the significance of the heavy metal accumulation, Pb is the major sources of the metal pollution in topsoil. Cu has less effect than Pb, but more important than the other metals such as Zn, Cr and As. Additionally, the sampling regions were classified into 4 groups base on the extent of pollution status varying from high to low which are Qixia county, Muping county, Tongzhou county, Changping county, Luochuan county, Xunyi county, Taigu county, Wugong county, Ruicheng county, Baishui county and Baota county. In summary, the conclusions drawn from this study are: (1) the concentrations of the assayed 5 heavy metals in orchard topsoil are all at the environmentally safe level according to the Environmental Quality Standard for Soil. (2) the accumulation levels of the heavy metals are different, among which Pb is the most abundant heavy metal in orchard topsoil; whereas the other 4 metals Cu, Zn, Cr and As show the accumulation levels with a decreasing trend in turn. (3) the heavy metal accumulations have a regional dependent variation. Orchard topsoil samples from developed areas, suburb and areas with long history of fruit industry have relative higher level of accumulation than those from remote areas or underdeveloped regions.

Key Words: orchard; topsoil; heavy metal; typical region

农田土壤重金属污染累积主要来源有工矿烟尘以及交通工具产生尾气的干湿沉降、化肥、农药、有机肥与城市废弃物、以及污水灌溉等。磷肥中含有微量的砷、铬重金属元素。饲料添加剂常含有高含量的铜和锌伴随畜禽粪便作为有机肥进入土壤。污灌导致土壤重金属含量的增加比较普遍。矿业和工业固体废弃物在堆放或处理过程中受日晒、雨淋、风力、水洗等因素影响发生辐射状或漏斗状位移向周围土壤扩散。国内在农田土壤重金属安全性与评价方法等方面进行了大量研究^[1-6]。十几个省市的农田土壤及其农产品中进行抽样检测表明, Cd、Hg 和 Pb 含量高于国家相关标准^[7]。近郊菜地中镉含量高于远郊粮棉地, 远郊粮棉地由于施用含汞农药导致土壤汞含量明显增高^[8]。经济发达地区的土壤重金属污染严重且集中, 经济欠发达地区污染轻且分散; 污灌农田土壤重金属空间分布与地表水系呈现明显相关^[9-10]; 矿区农田土壤重金属明显高于非矿区, 城区明显高于郊县农田, 菜地高于农田^[11]。矿区小麦与玉米籽粒中重金属含量明显高于对照^[12]。河南省不同利用类型土壤的重金属排序呈现果园 > 水田 > 菜地 > 其它农田^[13]。同一农场的大田与菜地土壤的重金属研究表明, 菜地与大田的重金属有较大的差异, 大田之间没有显著差异^[14]。上海郊区农田土壤除 As 外, 各重金属平均含量均高于其背景含量; Cu、Zn、Cd、Cr、Hg 和 As 的浓度均有个别地方的含量超过了国家《土壤环境质量标准》二级标准限值; 合格率为 94.9%, 土壤重金属以城镇建设用地为中心, 圈层状分布特征明显^[15]。铅汽油是铅污染的主要途径, 公路边农田土壤 Pb、Zn、Cd、Ni、Cu、Cr 和 Mn 含量与对照相比达到显著差异^[16], 距路基 25—100 m 范围内土壤铅累积达显著水平, 并随距路基距离的增加而降低^[17]。不同功能区土壤重金属含量存在明显差异, 矿区周边农田污染最严重, 污灌地和公路沿线农田其次, 工厂周边农田土壤污染相对较小^[18]。土壤受污水灌溉时间越长, 污水浓度越高, 土壤积累 Pb 的含量越高。农作物不同器官中的富集系数差异明显, 其积累量的变化规律为根系 > 茎叶 > 果实^[19]。耕层土壤(0—20 cm) 重金属含量明显高于亚耕层(20—40 cm), 大多数重金属离子富集于土壤表层, 且随着土壤深度的增加含量迅速减少^[20-21]。在污灌条件下, 玉米富集重金属 Cd 和 Pb 高于农田, 作物不同器官富集有高到低的顺序根茎叶^[22]。太湖某地的稻田土和菜地中的重金属 Cd、Pb 污染严重导致农产 Cd、Pb 含量全部超过国家食品限量卫生标准^[23]。

在区域尺度上对果园土壤重金属累积的关注较少, 本文针对果业生产典型区域, 在农田区域尺度上分析表层土壤重金属累积特征及其分布规律, 为农田土壤重金属累积控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

选择果业生产的典型区域黄土高原和胶东半岛, 北京近郊进行果园土壤重金属累积研究。黄土高原是世界上两大苹果适宜产区之一, 苹果种植面积是全国的 35.1%, 产量是全国的 31.5%。胶东半岛属暖温带湿

润季风气候,热量充足,光照好,降水适量。夏季冷凉、秋季长,光照充足,是我国中、晚熟苹果的最佳生产区域。北京昌平与通州北依燕山山脉,光照充足,降水与土壤等条件适宜苹果的生长,是北京苹果市场的重要组成部分。

1.2 土壤样品采集方法

五点法土壤采样,取表层土壤 0—20cm,样品充分混合后采用四分法取 700—800g。研究区域包括黄土高原苹果主产区的陕西旬邑、武功、白水、宝塔和洛川,山西太谷和芮城典型果园,胶东半岛的栖霞与牟平县,北京昌平与通州。果园分成 5—10 a、10—15 a 和 15a 以上 3 个园龄段,每园龄段各选 3 个果园,果园面积 0.25—2.5hm²。同时,在果园附近选择普通作物农田作为对照,农田面积 0.1—0.5 hm²。取样时间 2007 年 10 月上旬—11 月上旬,采用 GPS 定位系统,总共取得土壤样品 132 份。土壤采样信息见表 1。

土壤重金属测定方法和执行标准依据土壤环境质量标准(GB15618—1995),土样经硫酸-硝酸-高氯酸消解后,砷采用二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法,铜、铅、铬和锌采用火焰原子吸收分光光度法,由中国农科院农业环境与可持续发展研究所测试中心承担土样检测。

表 1 采样基本信息

Table 1 The basic information of sampling region

采样点 Sampling region	土壤类型 Soil type	降水量/mm Precipitation	海拔/m Altitude	地理坐标 Geography coordinate
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	黑垆土	600	1202—1215	N35°(06—07)'E108°(13—14)'
陕西武功 Wugong, Shaanxi	棕褐土	633	552—557	N34°(23—24)'E108°(04—06)'
陕西白水 Baishui, Shaanxi	黑垆土	568	957—966	N35°(15—16)'E109°(29—30)'
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	黄绵土	500	1069—1237	N36°(31—32)'E109°(29—30)'
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	黑垆土	622	1258—1280	N35°(51—53)'E109°(32—33)'
北京昌平 Changping, Beijing	褐土	576	77—85	N 40°13'E 116°18'
北京通州 Tongzhou, Beijing	潮土	620	8—12	N 39°47'E 116°(53—52)'
山东栖霞 Qixia, Shandong	棕壤	754	202—212	N 37°30'E 121°04'
山东牟平 Muping, Shandong	棕壤	760	73—79	N 37°12'E 121°15'
山西太谷 Taigu, Shanxi	灰褐土	450	822—841	N37°(20—22)'E112°(26—30)'
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	棕褐土	513	546—555	N34°(42—43)'E110°(40—41)'

2 结果与分析

2.1 表层土壤重金属累积数量特征分析

全部取样点果园表层土壤重金属累积数量的描述性统计见表 2。可以看出,土壤砷检测平均值、最小值与最大值分别为 14.75、3.73、16.51 mg/kg,铜 28.51、8.74、69.63 mg/kg、锌 78.13、24.23、99.16 mg/kg、铅 30.32、7.14、99.59 mg/kg、铬 65.24、25.91、79.04 mg/kg。参照土壤 pH 值(山东栖霞土壤 pH 值 6.0—6.7,其它采样点土壤 pH 值均大于 7.5),对照国家土壤环境质量二级标准,结果表明 5 种重金属均未出现超标问题

表 2 果园表层土壤重金属累积数量特征

Table 2 The quantitative attribute of heavy metal cumulation in orchard topsoil

元素 Elements	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	标准差 Std.	变异系数 Coefficient of Variance	偏度系数 Skewness	峰度系数 Kurtosis	K-S 值 K-S value	Sig.
As	3.73	16.51	12.10	2.907	24.0	-0.636	-0.297	1.42	0.035
Cu	8.74	69.63	23.31	9.6337	41.3	2.617	9.670	1.99	0.001
Zn	24.23	99.16	63.98	13.244	20.7	0.417	1.148	1.13	0.159
Pb	7.14	99.59	24.75	21.521	87.0	2.796	6.399	4.25	0.000
Cr	25.91	79.04	53.46	10.975	20.5	-0.150	-0.237	0.49	0.968

(当土壤 pH 值大于 7.5 时,砷、铜、锌、铅和铬的标准值是 25、100、300、350、250mg/kg, 土壤 pH 小于 6.5 时,砷、铜、锌、铅和铬的标准值是 40、50、200、250、150mg/kg。)。砷、铜和铅的表层土壤累积数量符合正态分布,锌和铬的表层土壤累积数量接近正态分布。检测的全部重金属的变异系数表明,土壤均可能受到一定的外源重金属污染,尤其是铅,其次是铜。表层土壤砷含量高于平均值占 16.7%、铜 13.6%、锌 9.8%、铅 7.6%、铬 12.9%,反映不同区域农田(其中果园土壤样品占总样品的 75%)表层土壤的重金属累积之间具有一定的差异性,分析这种差异性原因对掌握果园表土重金属累积规律以及预防土壤重金属累积具有重要意义。

2.2 果园与农田表层土壤重金属累积差异性分析

果园与农田分别看做两个处理,不考虑果园园龄,进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),观察农田土壤与果园土壤之间的重金属累积差异性。由于统计分析表格太多,结果合并整理见表 3。从表中反映的结果看,绝大多数区域的果园与农田土壤在重金属累积方面没有达到显著性差异,仅有山东栖霞与牟平以及山西太谷 3 个采样点的两种重金属砷与锌达到显著性差异。

表 3 果园与农田表层土壤重金属累积差异性分析

Table 3 The difference of heavy metals accumulation between orchard and cropland subsoil

	F/Sig.				
	As	Cu	Zn	Pb	Cr
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	0.081/0.783	0.789/0.379	0.008/0.930	1.927/0.199	2.832/0.127
陕西武功 Wugong, Shaanxi	0.872/0.378	0.518/0.492	0.904/0.370	0.597/0.462	1.429/0.266
陕西白水 Baishui, Shaanxi	0.554/0.478	0.941/0.360	2.385/0.161	1.417/0.268	1.534/0.251
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	0.271/0.617	1.312/0.285	3.317/0.106	0.119/0.740	0.044/0.839
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	2.346/0.164	0.475/0.510	0.000/0.994	1.797/0.217	0.145/0.713
北京昌平 Changping, Beijing	0.249/0.631	0.697/0.428	0.021/0.887	0.254/0.628	1.370/0.276
北京通州 Tongzhou, Beijing	2.053/0.190	2.441/0.157	7.788/0.024	0.000/0.994	1.742/0.223
山东栖霞 Qixia, Shandong	15.893/0.004	2.781/0.134	5.869/0.042	0.378/0.556	3.665/0.092
山东牟平 Muping, Shandong	3.718/0.090	3.328/0.108	21.594/0.002	4.196/0.075	1.351/0.279
山西太谷 Taigu, Shanxi	14.572/0.005	3.181/0.112	7.352/0.027	3.699/0.091	0.254/0.628
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	0.728/0.418	1.683/0.231	0.763/0.408	0.594/0.463	0.280/0.611

注:α=0.05

2.3 果园不同园龄表层土壤重金属累积差异性分析

按照果园 5—10 a、10—15 a 和 15a 以上 3 个园龄段,每个园龄段看作一个处理,进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),观察不同园龄段果园土壤之间的重金属累积差异性。由于统计分析表格太多,结果合并整理见表 4。从表中反映的结果看,有 7 个采样点在不同重金属累积上达到显著性差异,分别是陕西旬邑与武功果园表层土壤的铅、陕西洛川果园表层土壤的砷与铜、北京通州果园表层土壤的铜与锌、山东栖霞与牟平果园表层土壤的全部重金属、山西太谷果园表层土壤的铜与锌等累积达到显著性差异。陕西白水和宝塔、北京的昌平、以及山西的芮城果园表层土壤所有重金属的累积没有达到显著性差异。

2.4 果园表层土壤重金属累积聚类分析

利用 SPSS 软件的 Hierarchical Cluster 过程对果园表层土壤重金属累积数量进行聚类分析,分类结果如图 1。可以看出果园表层土壤重金属累积数量呈现的规律是:铅的累积明显不同于其它 4 种重金属,成为果园表层土壤主要累积的重金属,其次是铜,再其次是锌,最后是铬与砷。此 5 种果园表层土壤重金属如果分成 3 类,第一类是铅,第二类是铜,第三类是锌、铬和砷。

2.5 果园表层土壤重金属累积典型区域聚类分析

利用 SPSS 软件的 Hierarchical Cluster 过程对果园表层土壤重金属累积数量进行区域聚类分析,分类结果如图 2。可以看出,如果分成两类地区是山东栖霞与其余采样点;如果分成 3 类地区是山东栖霞、牟平和其余采样点,如果分成四类地区是山东栖霞、牟平、北京通州和其余采样点。区域分类的基础是果园表层土壤的重

表 4 果园不同园龄段表层土壤重金属累积差异性分析
Table 4 The difference of heavy metals among different orchard years

	F/Sig				
	As	Cu	Zn	Pb	Cr
陕西旬邑 Xunyi, Shaanxi	4.383/0.067	2.179/0.194	3.666/0.091	5.572/0.043	0.645/0.558
陕西武功 Wugong, Shaanxi	4.942/0.054	1.939/0.224	1.470/0.302	5.512/0.050	0.052/0.950
陕西白水 Baishui, Shaanxi	1.147/0.379	0.234/0.799	1.027/0.414	0.194/0.829	0.774/0.502
陕西宝塔 Baota, Shaanxi	0.345/0.721	0.139/0.873	0.034/0.967	0.598/0.580	0.907/0.453
陕西洛川 Luochuan, Shaanxi	7.726/0.022	28.040/0.001	0.297/0.753	0.071/0.932	0.287/0.760
北京昌平 Changping, Beijing	0.158/0.858	0.192/0.830	0.473/0.645	3.629/0.093	0.000/1.000
北京通州 Tongzhou, Beijing	0.561/0.598	83.053/0.000	7.784/0.022	0.987/0.426	3.630/0.093
山东栖霞 Qixia, Shandong	31.114/0.001	20.631/0.002	42.450/0.000	7.740/0.022	6.791/0.029
山东牟平 Muping, Shandong	115.197/0.000	100.379/0.000	10.379/0.010	10.624/0.011	35.479/0.000
山西太谷 Taigu, Shanxi	0.043/0.959	7.353/0.024	40.316/0.000	4.501/0.064	0.043/0.958
山西芮城 Ruicheng, Shanxi	1.551/0.286	1.163/0.374	0.619/0.569	0.096/0.910	1.076/0.399

注: $\alpha=0.05$

金属累积数量,因此能够得出,山东栖霞、牟平和北京通州的重金属累积数量高于其它采样点,属于表层土壤重金属累积的重点区域。

3 讨论

3.1 果园表层土壤重金属累积差异性讨论

果园表层土壤累积主要是肥药投入引起的。从结果看,绝大多数的农田与果园表层土壤重金属累积没有显著差异,表明从化肥、农药以及有机肥的投入管理上,普通农田与果园没有明显区别,仅占采样点的 27.3%,涉及的重金属只有砷和锌,其中砷涉及山东栖霞和山西太谷,锌涉及山东栖霞、牟平和山西太谷。少数果园表层土壤在个别重金属累积上与普通农田相比产生明显差异,表明不同果园管理水平存在差异,可能的原因是农药或化肥类型或品种、施用量等方面不尽相同造成的。

与此同时,不同园龄段果园(基本对应于果园的少年期、青年期和老年期)表层土壤重金属累积的差异性明显要高于果园与普通农田表层土壤的重金属累积差异,占果园采样点的 64.6%,涉及了检测的全部重金属。从采样点和重金属交叉看,砷涉及 3 个采样点,铜涉及 5 个,锌涉及 4 个,铅涉及 4 个,铬涉及 2 个。不同园龄段果园表层土壤重金属累积的差异性原因是果园在不同时期的管理有较大的差别,少年期肥药投入相对较少,青年期肥药用量相对较大,到了老年期肥药投入有所降低。对于部分果园,不同园龄段表土重金属累积并未出现显著差异的原因:一是园龄段只是一个范围,不是准确的数字,难免存在园龄段错位问题;二是确实存在不同园龄段果园肥药管理差别不大的问题(例如肥药一致高或者一致低);三是由于抽样果园属于不同的农户,存在某一少年期果园管理水平与另一青年期管理相似或相同的问题,掩盖了园龄管理上的差异性等。

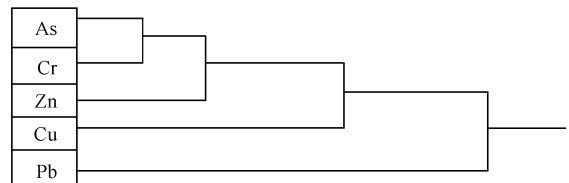


图 1 果园表层土壤 5 种重金属累积数量聚类结果示意图
Fig. 1 Map of cluster on 5 heavy metals accumulation in orchard topsoil

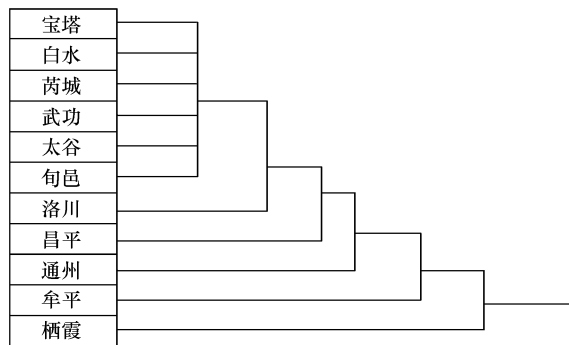


图 2 果园表层土壤重金属累积典型区域聚类结果示意图
Fig. 2 Map of cluster on regions of heavy metals accumulation in orchard topsoil

3.2 果园表层土壤重金属累积特征讨论

从果园表层土壤累积的重金属类型看,数量比较多的是铅,其次是铜,再其次是锌、铬和砷。由于铅的来源比较广,交通工具燃料中普遍添加铅,排放尾气通过干湿沉降进入土壤,导致铅的在表层土壤中的累积显著不同于其它重金属。其它重金属的累积主要通过农药、化肥、有机肥(家畜饲料)以及其它生物制剂进入土壤。例如磷肥中普遍含有微量的砷、铬重金属元素,因此磷肥是土壤砷、铬重要来源之一;饲料添加剂常含有高含量的铜、锌和砷,导致畜禽粪便的铜、锌和砷含量也明显增加并随着有机肥进入土壤。我国土壤有机质普遍较低,土壤磷素也普遍偏少,因此,家畜粪便与磷肥的投入增加是导致土壤重金属累积的重要原因之一。另外,从调查资料看,土壤重金属累积水平与果园产量高度相关,高产果园的土壤重金属累积偏高,其主要原因是化肥与有机质施用量较高;另外园龄也是土壤重金属累积的重要原因。化肥中重金属问题较早的受到关注,欧洲化肥制造商协会(EFMA)和欧共体委员会为了减少磷肥中镉的含量,磷肥中镉的含量限定为 $0.062\text{g/kg P}_2\text{O}_5$ 。加拿大通过限制肥料和添加剂中的金属含量来控制土壤重金属含量。2009 年底中国正式颁布了《肥料中砷、镉、铅、铬、汞生态指标》GB/T23349—2009 国家标准。

从果园表层土壤重金属累积区域看,经济发达地区和城市郊区的果园表层土壤累积数量较大,例如山东栖霞、牟平以及北京的通州,偏远山区以及经济欠发达地区要少,例如陕西的宝塔与白水;相比较而言果园发展历史长以及适生区的表层土壤累积数量相对要多一些,例如陕西的旬邑和洛川。经济发达地区农户在果园管理上投入较多的肥药;城市郊区除了肥药投入外,还有大气干湿沉降、城市生产生活污水灌溉等影响因素;在果业产业较好的地区尽管地理位置偏远,但果园肥药投入仍然较大。

4 结论

4.1 果园表层土壤重金属累积最明显的是铅,其次是铜,锌、铬和砷在果园表层土壤中的累积不明显。

4.2 总体而言,果园都存在表层土壤重金属累积问题。一般重金属的土壤累积的主要途径是化肥和有机肥,对于铅而言,干湿沉降也是重要原因之一。从地域分布看,经济发达地区或城郊的果园表层土壤重金属累积相对严重,经济欠发达地区或者偏远山区的果园表层土壤累积较少。

4.3 以上的结果分析表明,果园表层土壤重金属累积数量没有超出土壤环境质量标准,目前还没有达到环境危害的程度。由于重金属在食物链转移中存在显著的生物放大作用,尽管目前还没有表现生物危害性,但并不意味着未来也是安全的。对于可逆性较差的土壤重金属累积而言,尤其不能忽视。由于土壤重金属累积途径较多,控制难度较大,重视和加强预防显得非常重要。

References:

- [1] Cai B S, Hen T B, Lao X Y, Xie H, Xiao X Y, Lei M, Zhang G P. Concentrations in soils and vegetables and their risk assessments in highly contaminated area in Hu nan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (4): 711-717.
- [2] Aleem A, Isar J, Malik A. Impact of long-term application of industrial wastewater on the emergence of resistance traits in *Azotobacter chroococcum* isolated from rhizospheric soil. *Bioresource Technology*, 2003, 86: 7-13.
- [3] Zhao Y F, Shi X Z, Huang B, Zhu E. Spatial distribution of heavy metals in agricultural soils of an industry-based periurban area in Wuxi, China. *Pedosphere*, 2007, 17(1): 44-51.
- [4] Hu K L, Zhang F R, Li H, Feng H, Li B G. Spatial patterns of soil heavy metals in urban-rural transition zone of Beijing. *Pedosphere*, 2006, 16 (6): 690-698.
- [5] Shen Q G, Lu Y H, Bi J W, Shen Q G. Preliminary analysts on environmental quality of main vegetable farms in Shanghai. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2002, 18(4): 74-78.
- [6] Shen Q G, Lu Y T, Bi J W, Zhu E. Analysis and Evaluation of Soil Environmental Quality of Orchards in Suburb of Shanghai. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)*, 2005, 23(2): 168-171.
- [7] Wang Q R, Dong Y, Cui Y, Liu X. Instances of soil and crop heavy metal contamination in China, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 2001, 19(5): 497-510.
- [8] Wang Y G, Wang W. Distribution Characters of heavy metals on soil and Sediment at Delta of Yangtz River. *Journal of Agro-Environment Science*, 1987, 4: 23-26.
- [9] Hu D W, Bian X M, Li S M, Feng J F, Wang S Y. Analysis of Spatial Distribution of Soil Heavy Metals in Farmland Based on Artificial Neural

- Networks. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(1): 216-223.
- [10] Zhao Y F, Guo H L, Sun Z Y, Shi X Z, Wu K N. Principle Component Analyses Based on Soil Knowledge as a Tool to Indicate Origin of Heavy Metals in Soils. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(1): 45-50.
- [11] Xu L C, Li Y X, Su Q H, Wu J, Xiong X, Song B, Zhen G D, Chen Y C. Contents and spatial distribution patterns of heavy metals in farmland soils of Fuxin City. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(7): 1510-1517.
- [12] XU Y N, Zhang J H, Liu R P, Ke H L, Li Y J. Environmental effects of heavy metal pollution of farmland soils in gold mining areas. *Geology in China*, 2007, 34(4): 716-722.
- [13] Zheng Y P. On Heavy Metal Pollution Status and Its Assessment for the Farmland Soil of Henan Province. *Journal of Environmental Management College of China*, 2007, 17(3): 14-16.
- [14] Lu A X, Wang J H, Pan Y C, Ma Z H, Zhao C J. Multivariate Geostatistical and GIS-based Approach to Study the Spatial Distribution of Soil Heavy Metals in Field Scale. *Environmental Science*, 2007, 28(7): 1578-1583.
- [15] Meng F, Liu M, Shi G T. Evaluation on Environmental Quality of Heavy Metals in Agricultural Soils of Shanghai. *Environmental Science*, 2008, 29(2): 428-433.
- [16] Page A L, Gange T J. Accumulation of lead in soil for regions of high and low motor vehicle traffic density. *Environ. Sci. Tech*, 1970, 1.4, 140-143.
- [17] Zhang Y C, Sun L, Su G F, Jiang S X, Zhu S J, Fan L, Hu Y H. Accumulation of Heavy Metals in Roadside Farmland Soil and Crops. *Jiangsu J. of Agr. Sci.*, 2005, 21(4): 336-340.
- [18] Chen Y H, Huang S H, Liu S H, Wang G P, Ding F, Shao Z C, Shen Z G. Study of the heavy metal contamination in soils and vegetables in Nanjing area. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(3): 256-360.
- [19] Li M H, Li X, Song R S, Li Q. Accumulation of Lead(Pb) in Crops Grown in Polluted Farmland. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(S): 109-113.
- [20] Ma C L, Wang H Y, Zhou J M, Du C W, Huang B. Investigation and Evaluation of the Heavy Metal Pollution in Farmland of A Typical County in Yangtze River Delta. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(3): 751-755.
- [21] She G Y, Xu B, Guo K Z. Moving Law of Soil heavy Metal on Condition of Polluted Water Irrigation. *Inner Mongolia Water Resources*, 2006, 2: 26-28.
- [22] Nan Z R, CHENG G D. Behaviors of Heavy Metals (Cd and Pb) in Crops Grown in Land of Arid Regions Irrigated by Wastewater. *Agro-environmental Protection*, 2001, 20(4): 210-213.
- [23] Liu H L, Li Y H, Li L Q, Jin L, Pan G X. Pollution and risk evaluation of heavy metals in soil and agro-products from an area in the Taihu Lake region. *Journal of Safety and Environment*, 2006, 6(5): 60-63.

参考文献:

- [1] 蔡保松, 陈同斌, 廖晓勇, 谢华, 肖细元, 雷梅, 张国平. 土壤砷污染对蔬菜砷含量及食用安全性的影响. *生态学报*, 2004, 24(4): 711-717.
- [3] 沈秋光, 陆贻通, 毕经纬, 朱恩. 上海果园土壤质量分析与评价. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2005, 23(2): 168-171.
- [5] 陈德明, 张瑞明, 朱恩, 沈秋光. 上海市主要蔬菜园艺场环境质量现状初步分析. *上海农业学报*, 2002, 18(4): 74-78.
- [6] 沈秋光, 陆贻通, 毕经纬, 朱恩. 上海果园土壤质量分析与评价. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2005, 23(2): 168-171.
- [8] 汪雅各, 王玮. 长江口农田土壤和底泥中的重金属分布特征. *农业生态环境*, 1987, 4: 23-26.
- [9] 胡大伟, 卞新民, 李思来, 冯金飞, 王书玉. 基于神经网络的农田土壤重金属空间分布分析. *农业环境科学学报*, 2007, 26(1): 216-223.
- [10] 赵彦锋, 郭恒亮, 孙志英, 史学正, 吴克宁. 基于土壤学知识的主成分分析判断土壤重金属来源. *地理科学*, 2008, 28(1): 45-50.
- [11] 徐理超, 李艳霞, 苏秋红, 吴娟, 熊雄, 宋波, 郑国邸, 陈玉成. 阜新市农田土壤重金属含量及其分布特征. *应用生态学报*, 2007, 18(7): 1510-1517.
- [12] 徐友宁, 张江华, 刘瑞平, 柯海岭, 李育敬. 金矿区农田土壤重金属污染的环境效应分析. *中国地质*, 2007, 34(4): 716-722.
- [13] 郑燕平. 河南农田土壤重金属污染状况及其评价. *中国环境管理干部学院学报*, 2007, 17(3): 14-16.
- [14] 陆安祥, 王纪华, 潘瑜春, 马智宏, 赵春江. 小尺度农田土壤中重金属的统计分析与空间分布研究. *环境科学*, 2007, 28(7): 1578-1583.
- [15] 孟飞, 刘敏, 史同广. 上海农田土壤重金属的环境质量评价. *环境科学*, 2008, 29(2): 428-433.
- [17] 张永春, 孙丽, 苏国锋, 蒋顺洋, 朱述君, 樊磊, 胡永红. 公路两侧农田土壤及作物中重金属的累积. *江苏农业学报*, 2005, 21(4): 336-340.
- [18] 陈亚华, 黄少华, 刘胜环, 王桂萍, 丁锋, 邵志成, 沈振国. 南京地区农田土壤和蔬菜重金属污染状况研究. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(3): 256-360.
- [19] 李铭红, 李侠, 宋瑞生, 李青. 受污农田中农作物对重金属 Pb 的富集特征研究. *农业环境科学学报*, 2006, 25(增刊): 109-113.
- [20] 马成玲, 王火焰, 周建民, 杜昌文, 黄标. 长江三角洲典型县级农田土壤重金属污染状况调查与评价. *农业环境科学学报*, 2006, 25(3): 751-755.
- [21] 余国英, 徐冰, 郭克贞. 污灌条件下农田土壤中重金属的运转规律研究. *内蒙古水利*, 2006, 2: 26-28.
- [22] 南忠仁, 程国栋. 干旱区污灌条件下农田作物系统重金属 CdPb 生态行为研究. *农业环境保护*, 2001, 20(4): 210-213.
- [23] 刘洪莲, 李艳慧, 李恋卿, 金亮, 潘根兴. 太湖地区某地农田土壤及农产品中重金属及风险评价. *安全与环境学报*, 2006, 6(5): 60-63.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 22 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 22 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元