

葫芦岛锌厂周围蜘蛛体内的汞含量及分布

张仲胜^{1,2}, 吕宪国¹, 王起超¹, 郑冬梅^{1,2}, 郑娜^{1,2}, 张新艳^{1,2}, 张秀武^{1,2}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所湿地生态与环境重点实验室, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:以葫芦岛锌厂周围草地中的蜘蛛为研究对象,研究了汞在蜘蛛体内的含量及分布规律。结果表明,蜘蛛体内汞含量范围为6.72~185.01 ng·g⁻¹,平均60.19 ng·g⁻¹,远高于对照地区蜘蛛。不同采样点蜘蛛体内汞含量之间存在较大差异,距离锌厂远近对蜘蛛汞含量影响明显。蜘蛛体内总汞含量、头胸部及腹部汞含量分别同蜘蛛体重、对应器官重量之间呈显著负相关关系。蜘蛛不同器官中汞含量差异显著,表现出头胸部>足>腹部的规律。但是同其他昆虫相比,蜘蛛对汞的富集程度并不明显。

关键词:汞;蜘蛛;头胸部;腹部;足;葫芦岛市

中图分类号:X835 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)03-0481-04

Mercury Contents and Distributions in Spiders Around the Zinc Smeltery in Huludao City

ZHANG Zhong-sheng^{1,2}, LV Xian-guo¹, WANG Qi-chao¹, ZHENG Dong-mei^{1,2}, ZHENG Na^{1,2}, ZHANG Xin-yan^{1,2}, ZHANG Xiu-wu^{1,2}

(1.Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment,Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS. Changchun 130012, China; 2.Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Compared with the aquatic ecosystems, few are available on heavy metal transferring and accumulating through the terrestrial food chains. A great deal of mercury-contained waste are brought in the course of metals smelting process and would cause mercury contents rise in the soil, water, and air around the smeltery, but mercury contents in terrestrial biota, especially in insects, are deficiency to be discussed. Spiders are common and representative predators in summer grasslands. In order to study the distribution and accumulation characteristics of mercury in spiders, total mercury contents were analyzed with cold atomic absorption technique using samples collected around the zinc smeltery in Huludao City. Results indicated that mercury contents in spiders on wet basis were 6.72~185.01 ng·g⁻¹ with the average values of 60.19 ng·g⁻¹, which were much higher than those in the contrast areas. Mercury contents in spiders of different sites varied with and were remarkably affected by the distances to the zinc smeltery. Mercury contents in the whole body, the cephalothorax and the abdomen were negatively correlated with their corresponding weights, respectively. It showed that the biomass increasing would reduce total mercury contents in spiders. Mercury contents in parts of spiders significantly differed and ordered as the cephalothorax>the legs>abdomen. But spiders did not show higher mercury accumulation abilities than other insects.

Keywords: mercury; spiders; cephalothorax; abdomen; leg; Huludao City

汞是一种全身性有毒重金属,进入环境中后不能被降解,只能在各种环境介质中迁移转化。通过多种暴露途径,汞易于在生物体内发生累积。例如飞蝗能够吸收并且累积其食物中的汞^[1];鸟类富集汞的能力也很高^[2-3],并且随着营养级的升高,鸟类体内的汞含量也在增加^[4]。汞在水生生态系统中的分布及富集规

律,历来受到人们的重视,研究较为广泛;而关于陆生生物中汞的含量及分布规律,相关资料并不多。一些研究发现,在陆生生态系统中,存在汞的生物放大作用,表现出食草动物<杂食性动物<食肉动物的规律,这表明肉食性动物可能具有更高的富集汞的能力^[5]。

有色冶金是目前环境重金属的主要来源之一。冶炼过程中排放出的“三废”,经常导致冶炼厂周围土壤、水体、植物及动物体内重金属含量的升高^[6-7]。一些冶炼厂周围的肉食性昆虫,由于具有较高富集重金属的能力而成为环境重金属污染的生物标志物^[8]。但是总体而言,关于这方面的研究较少。蜘蛛是草地中常

收稿日期:2008-06-13

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-437)

作者简介:张仲胜(1982—),男,山东莱阳人,硕士研究生,主要研究方向为污染物的环境行为及其控制。E-mail:zzslycn@163.com

通讯联系人:王起超 E-mail:wangqichao@neigae.ac.cn

见肉食性昆虫,活动范围有限,其食物主要为各种小型节肢动物,生活习性比较特殊^[9]。本实验通过采集葫芦岛地区蜘蛛,测定其体内及不同器官中的汞含量,研究了汞在蜘蛛体内的含量及分布规律。

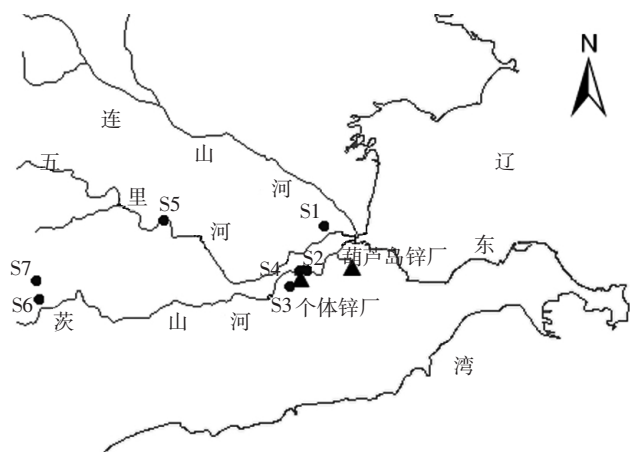
1 材料及方法

1.1 研究区概况

葫芦岛地区是我国重要的化工及有色冶金基地,市内主要的有色金属冶炼企业为葫芦岛锌厂及个体锌厂。工业生产活动造成了本地区严重的汞污染。葫芦岛市表层土壤平均汞含量为 $1.44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高于区域土壤背景值 38 倍^[10]。当地木本植物叶片中平均汞含量为 $0.182 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 处于较高水平^[11], 蔬菜、谷类及一些昆虫中的汞含量也很高^[12-13]。

1.2 样品采集

在锌厂、个体锌厂周围于 2007 年 7、9 月份采集蜘蛛样品(图 1),捕获后立即用酒精杀死,密封冷冻带回实验室。用去离子水冲洗蜘蛛表面以去除表面所粘附的污物,滤纸吸干表面水分后密封于聚乙烯封口袋中,置于冰柜中 $-4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻保藏。采集长春市城市绿化带中的蜘蛛作为对照。对照区内无明显汞污染源,汞主要来源于冬季采暖期燃煤汞排放。



S1 稻田;S2 茨山南桥;S3 茨山屯;S4 个体锌厂后;
S5 五里河大桥;S6 高速公路入口;S7 老河台

图 1 采样点

Figure 1 Sample sites

1.3 样品分析及质量控制

将蜘蛛称重后,分为头胸部、腹部及足三部分。采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{--HNO}_3\text{--V}_2\text{O}_5$ 方法消解, Tekran2600 测定,方法的检出限为 $0.02 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。样品取平行样测定。蜘蛛总体汞含量由各部分的重量及汞含量求得绝对量后

除以体重求得,测定结果以湿基表达。

总汞测定采用人发标准参考物质(GBW—07601)进行验证,标样的汞含量为 $(0.36 \pm 0.05) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 验证的结果为 $(0.40 \pm 0.01) \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 测定值在标准值范围之内。

实验使用的仪器依据痕量金属的操作规范进行,所用的玻璃器皿使用前均用 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硝酸浸泡过夜。化学试剂均为优级纯,数据处理采用 SPSS12.0、Excel 软件,制图采用地理信息系统软件 Arcgis 完成。

2 结果与讨论

2.1 不同地点蜘蛛汞含量

葫芦岛地区蜘蛛体内汞含量范围为 $6.72 \sim 185.01 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 平均值为 $60.19 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ (表 1)。从表 1 中可以看出,葫芦岛地区蜘蛛体内汞含量为对照点的 41 倍。说明受到汞污染之后,蜘蛛体内的汞含量明显升高。

不同地点所采集的蜘蛛体内汞含量也不相同(图 2)。锌厂周围采样点中(S1~S4),蜘蛛体内汞含量要明显高于距离锌厂较远的采样点(S5~S7),说明锌厂对

表 1 蜘蛛平均体重(g)及汞含量($\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$)

Table 1 Mercury contents and body weight of spiders

地点	样本数/个	汞含量/ $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$	标准差	平均重量/g
S1	3	63.97~155.59(109.78)	64.78	0.33
S2	35	36.83~107.27(72.05)	49.80	0.25
S3	10	21.88~185.01(70.77)	59.55	0.26
S4	16	60.61~67.51(64.05)	4.87	0.34
S5	9	10.09~71.22(40.65)	43.23	0.36
S6	13	24.08~46.04(35.06)	15.53	0.49
S7	18	6.72~8.79(7.75)	1.46	1.02
对照点	9	1.03~1.84(1.46)	0.25	—

注:“—”表示未测定,括号内为汞含量的平均值。

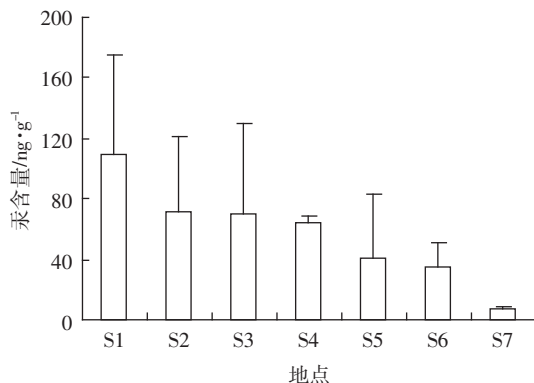


图 2 不同地点蜘蛛体内汞含量

Figure 2 Mercury contents in spiders of different sites

蜘蛛体内汞含量的影响明显。其中 S1 蜘蛛体内汞含量最高,最低点为 S7,S1 处蜘蛛体内汞含量约是 S7 处的 75 倍。

2.2 蜘蛛总汞、不同部位汞含量与体重、对应组织质量的关系

蜘蛛体内总汞含量与其体重之间存在显著的负相关关系($r=-0.691, P=0.006$),体型较大的蜘蛛,其体内的汞含量要低于较小的蜘蛛,说明较大的蜘蛛能有效降低体内的汞含量,这与 Pennuto 等的研究结果相同^[14]。从图 3 中可以看出,蜘蛛体内总汞含量随着体重的增加而下降。二者之间并没有表现出线性关系,而是呈现出负指数曲线的关系。体重反映了蜘蛛不同的发育阶段,随着蜘蛛的发育,蜘蛛体内汞含量逐渐降低。一方面可能是随着蜘蛛的发育,汞的排泄能力加强;另一方面个体的发育,体重的增加,使生物量稀释作用逐渐表现出来;此外蜘蛛在发育过程要经历多次蜕皮,这也可能降低蜘蛛体内汞含量。

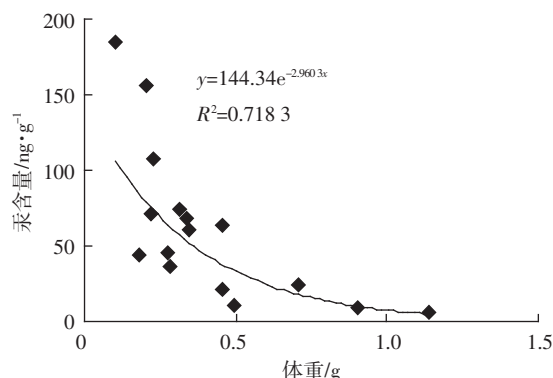


图 3 蜘蛛体重同汞含量的关系

Figure 3 Relationship between mercury contents and body weight of spiders

蜘蛛头胸部、腹部、足中汞含量均分别与其对应部位重量呈现出负相关关系(表 2)。其中头胸部、腹部

表 2 蜘蛛不同部位汞含量($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$)及质量(g)Pearson 相关矩阵

Table 2 Pearson correlations of mercury contents($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$) and weight of different tissues of spiders(g)

	头胸部汞	腹部汞	足汞	头胸重	腹重	足重
头胸部汞	1					
腹部汞	-0.14	1				
足汞	0.917**	-0.252	1			
头胸重	-0.563*	-0.261	-0.417	1		
腹重	-0.205	-0.524*	-0.197	0.195	1	
足重	-0.533*	-0.083	-0.416	0.701*	0.012	1

注:* 在 $\alpha=0.05$ 水平下显著;** 在 $\alpha=0.01$ 的水平下显著。

汞含量与其对应部位重量之间达到显著性相关水平。

表 3 中列出了蜘蛛不同部位汞含量。头胸部汞含量最高,腹部汞含量最低。说明汞主要分布于蜘蛛的头胸部。方差分析表明,蜘蛛头胸部、腹部及足之间汞含量差异显著($F=3.338, P=0.045$)。

表 3 蜘蛛不同部位汞含量($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$)

Table 3 Mercury contents in different tissues of spiders($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$)

器官	汞含量	标准差
头胸部	186.92	203.25
腹部	61.22	83.24
足	98.76	99.60

虽然蜘蛛的消化道中肠位于蜘蛛的腹部内,但是腹部的汞含量却最低(表 3)。头胸部汞含量同腹部汞含量之间并不存在显著相关性,反而与足部汞含量之间存在显著的相关性(表 2)。这可能与蜘蛛的生活习性及其蜘蛛消化系统特殊性有关。蜘蛛的头胸部、腹部及足部中均分布有消化器官。蜘蛛的头胸部中分布有口、咽、食道和吸吮胃,其中咽和吸吮胃主要的作用是将液态食物吸入体内。腹部分布有蜘蛛中肠,而在足部则分布有盲囊用于储存液体食物^[9]。蜘蛛的食量不大,一般每个月只进食一到两次,最长可以绝食两个月。蜘蛛腹部内一般不会存有液态食物,而是将食物贮存于足部的盲囊,这使得头胸部汞含量与足部汞含量之间存在显著的相关性,二者关系如图 4。摄食量较少可能是造成蜘蛛体内的汞含量较低的重要原因。

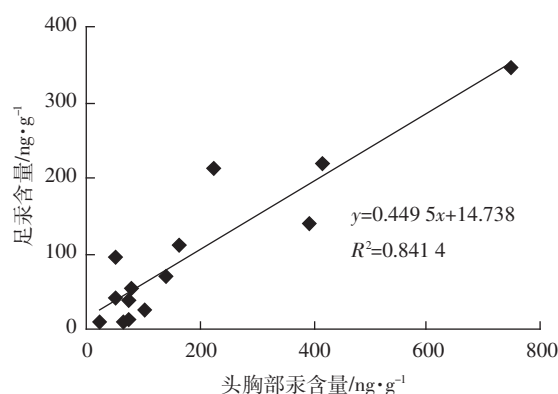


图 4 蜘蛛头胸部汞含量与足汞含量间的关系

Figure 4 Relationship between mercury contents in cephalothorax and legs of spiders

2.3 同其他生物汞含量的比较

葫芦岛地区飞蝗、中华蚱蜢平均总汞含量分别为 107、95 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$,螳螂总汞含量为 148~305 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ^[13]。蜘

蛛体内平均汞含量为 $60.19 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 不仅远远低于螳螂, 同样低于东亚飞蝗与中华蚱蜢, 未对东亚飞蝗及中华蚱蜢中的汞表现出富集作用, 说明汞在蜘蛛体内累积程度并不高。

水滨湿地附近蜘蛛体内的汞含量很高, 最高达到 $400 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 对食物中汞的富集倍数为 1.5~2.4, 表现出较强的汞富集能力^[14], 这与本文的研究结论并不一致。这主要是由于研究中蜘蛛所采集的地点及食物构成差异造成的。水滨湿地中的蜘蛛主要捕食蚊蠓, 而此次研究的蜘蛛采集于草地之中, 其食物构成主要为一些陆生小型节肢动物。这也表明了汞在陆生及水生生态系统中的富集情况是不同的。

3 结论

(1) 葫芦岛地区蜘蛛汞含量范围为 6.72~185.01 $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 平均值为 $60.19 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 远远高于对照地区蜘蛛, 说明汞污染增加后, 蜘蛛体内汞含量也会随之升高。

(2) 不同地点所采集的蜘蛛体内汞含量存在较大差异, 其中稻池蜘蛛体内汞含量最高, 锌厂对蜘蛛体内汞含量影响明显。

(3) 蜘蛛体内汞含量同蜘蛛体重、蜘蛛不同部位汞含量及对应组织质量均表现出负相关关系。说明随着个体的发育, 蜘蛛体内汞含量逐渐降低。生物量稀释作用的增强, 降低了蜘蛛体内的汞含量。

(4) 蜘蛛不同器官中汞含量差异显著, 表现出头胸部>足>腹部的规律。其中头胸部汞含量及质量同对应的足部汞含量及体重之间存在显著的正相关关系。

参考文献:

- [1] Devkota B, Schmidt G H. Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 78: 85-91.
- [2] Tapio S, Martin. Feathers of birds of prey as indicators of mercury contamination in Southern Finland[J]. *Holarctic Ecology*, 1990, 13(3): 229-237.
- [3] Delbeke K, Joiris C, Decadt G. Mercury contamination of the Belgian Avifauna 1970-1981[J]. *Environmental Pollution (Series B)*, 1984, 7(3): 205-221.
- [4] Zillioux E J, Porcella D B, Benoit J M. Mercury cycling and effects in freshwater wetland ecosystems[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1993, 12(12): 2245-2264.
- [5] Wren C D. A review of metal accumulation and toxicity in wild mammals, I. mercury[J]. *Environ Res*, 1986, 40(1): 210-244.
- [6] WANG Qi-chao, YAN Bai-xing, ZHANG Shao-qing. Distribution characteristics of mercury in the region contaminated by zinc smelting and chlor-alkali production[M]//Trindade R B E, Melamed R, Sobral L G L, et al. VIII international conference on heavy metals in the environment. Rio De Janeiro, Brazil: CETEM/MCT, 2005: 199.
- [7] Hylander L D, Goodsite M E. Environmental costs of mercury pollution[J]. *Science of the Total Environment*, 2006, 368(1): 352-370.
- [8] Nummelin M, Lodenius M, Tulisalo E, et al. Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution[J]. *Environmental Pollution*, 2007, 145(1): 339-347.
- [9] 武汉大学, 南京大学, 北京师范大学. 普通动物学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1978. 203-204.
- [10] 郑冬梅, 王起超, 郑娜, 等. 锌冶炼—氯碱厂生产复合污染区土壤汞的空间分布[J]. *土壤通报*, 2007, 38(2): 361-364.
- [11] 郑冬梅, 王起超, 郑娜. 锌冶炼—氯碱厂复合污染区木本植物中的汞[J]. *环境科学*, 2007, 28(1): 189-193.
- [12] 郑娜, 王起超, 郑冬梅. 锌冶炼厂周围重金属在土壤—蔬菜系统中的迁移特征[J]. *环境科学*, 2007, 28(6): 1349-1354.
- [13] 郑冬梅, 王起超, 张仲胜, 等. 节肢动物体内的总汞和甲基汞含量研究[J]. *环境科学*, 2007, 28(11): 2586-2590.
- [14] Pennuto C, Smith M. Riparian zone spiders as mercury sentinels[C]//eighth international conference on mercury as a global pollutant. Madison, Wisconsin. DES Tech Publications, Inc. 2006: M-58.