

汞 染 食 物 链 的 危 害

崔瑞平 马秀兰 满洪升
姚本基* 顾文兴* 夏其芳*

(遵 义 医 学 院)

本研究探讨了炼汞废水排入锦江后,对农、渔业环境的污染状况,作物和水生物对汞的积累、富集规律以及通过食物链对人体健康的危害程度。

一、研究 方 法

(一) 布点采样

在炼汞废水从排放口经 37 公里进入锦江的支流上共布设 8 个采样点,设污染断面 I 和 II(相距 17 公里),并在污染断面 I 的上游 17 公里设对照断面。此外还在含汞废水农灌的稻田设污染田采样点,在对照断面附近的清灌区设对照田采样点。

所有水样皆采表层水,连续采样 7 天。在水质采样期间同时完成采样点和断面的表层底质样以及稻田水采样点附近的耕作层土壤采样,全部样品均经阴干磨细过 60 目尼龙筛。

在锦江各断面采集鱼、鸭样;在稻田采稻谷、鳊鱼、田螺、青蛙样。

对在污染田附近居住三年以上的男女成年农民和在污染断面以渔为业平均渔龄为 29 年的渔民进行体检,并以对照田附近的农民作对照组,采尿、发样。

(二) 测定方法

以上样品中总汞的测定用冷原子吸收光度法,甲基汞的测定采用巯基棉-气相色谱法。

二、结果 与 讨论

(一) 污染源的排汞情况

对锦江及其支流造成汞污染的污染源是两大汞矿,共有六个炼汞车间每日总计 1370 吨的含汞废水排放,其含汞均值在 0.2972—32.6213 毫克/升之间,超过国家排放标准的 4.9—651.4 倍,每日计有 22.03 公斤的汞排入江河。

(二) 水环境汞污染

1. 锦江支流河溪的水汞和底质汞

在汞污染的支流河溪 8 个采样点采水样 112 个,底质样 112 份。1—8 号采样点的水质总汞均值在 0.0006—1.2216 毫克/升之间,各点底质总汞均值在 3.164—219.101 ppm 之间,超背景值 (0.189 ppm) 16.7—1159.3 倍。

2. 锦江断面的水汞、底质汞

在锦江的三个采样断面共采水样和底质样各 42 个。对照断面水质总汞背景值为 0.0005 毫克/升。由于锦江丰水期流量大,稀释能力强,两个污染断面的水质总汞均值与对照断面比较差异不显著 [$F=1.95 < F_{0.05}(2, 39)$, $p > 5\%$], 但底质汞均值却高达 3.636—4.848 ppm, 超过对照断面底质总汞背景值的 19.2—25.7 倍。底质汞均值是相应断面水汞均值的 9090 倍和 12120 倍,从而证实锦江水环境的汞污染仍很严重。本研究还测得污染断面底质甲基汞含量均值为 0.015 ppm, 为总汞的 0.32%。这证明被炼汞废水污染的锦江底质也有甲基化过程和提供甲基汞的能力。

3. 鱼类含汞量

* 为参加本工作的外单位负责同志。

本研究共采集 6 种 45 尾鱼样。测定结果表明,对照断面鱼类总汞背景值为 0.0806 ppm 湿重。污染江河鱼类总汞均值超鱼类含汞标准的 0.25—1.16 倍,超背景值 4.61—8.04 倍。经方差分析表明,对照、污染断面 I 和 II、污染河溪鱼的均值之间差别非常显著 ($P < 1\%$)。说明鱼汞含量与汞对水环境的污染有关。本研究测得 2 个污染断面鱼肉甲基汞均值为 0.1551—0.2118 ppm,分别为对照断面鱼肉甲基汞均值 (0.0593 ppm) 的 2.6—3.6 倍。甲基汞占总汞的 60—84%。

4. 水鸭含汞量

对照断面鸭总汞含量背景值为 0.0744 ppm,污染江河鸭总汞含量均值超背景值 1.34—10.52 倍。方差分析表明,对照、污染断面 I 和 II、污染河溪鸭总汞均值之间的差别非常显著 ($P < 1\%$)。证明水鸭富集了环境中的汞。

5. 水环境中汞的生物富集

从以上结果看出,炼汞废水排入江河污染水体,可在底质中积累并转化为甲基汞而增强其毒性。在水环境生物圈中生存的浮游生物能把微量汞吸收、浓缩,鱼类通过食物链又能进一步把汞富集。本研究测得的富集系数 (鱼汞均值/水汞均值) 为:污染河溪鱼为 1247 (0.6483/0.0005)、污染断面 I 鱼为 1082 (0.4759/0.0004)、污染断面 II 鱼为 1012 (0.3745/0.0004)。还发现水汞均值为 0.0005 毫克/升的污染河溪,水汞由浮游生物吸收浓缩再被小鲫鱼吸食后,其鱼体含汞量富集到 1247 倍,吞食小鱼的鸭可使汞富集到 1505 (0.7828/0.0005) 倍,构成了较典型的富集关系图 (见图 1)。

(三) 农业环境汞污染

农业生产环境的样品采自对照田及污染田,计有:水样 28 个、稻田土壤 40 份、稻谷 40 份、鳊鱼 22 尾、田螺 20 个、青蛙 19 只。

1. 稻田水总汞浓度

对照田水质总汞背景值为 0.0009 毫克/

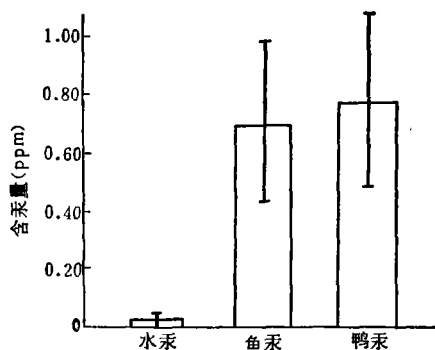


图 1 污染河溪水汞、鱼汞、鸭汞富集图

升,污染田水质总汞均值超过农灌水标准 41.4 倍,超背景值 47.6 倍,其总汞均值非常显著 ($p < 1\%$) 的高于对照田。

2. 稻田土壤总汞含量

对照田土壤总汞背景值为 0.269 ppm。污染田土壤总汞均值超背景值 613.9 倍,且非常显著 ($p < 1\%$) 的高于对照田。说明含汞废水农灌对稻田污染相当严重。

3. 稻米总汞含量

对照田大米总汞背景值是 0.0181 ppm。污染田大米总汞均值超粮食类含汞标准 (0.02 ppm) 的 17.2 倍,超背景值 20.1 倍。污染田与对照田比较,差异非常显著 ($p < 1\%$)。这证明汞污染土壤后,可通过土体向作物体转移,导致稻谷对汞的累积。

4. 稻田鳊鱼的总汞含量

对照田鳊鱼总汞背景值为 0.1454 ppm。污染田鳊鱼总汞均值超鱼类含汞标准的 12.6 倍,超背景值 28 倍,且非常显著 ($P < 1\%$) 的高于对照田。

5. 田螺的总汞含量

对照田田螺总汞背景值为 0.0752 ppm。污染田田螺总汞均值超水产品含汞标准的 12.9 倍,超背景值 55.3 倍,且非常显著 ($p < 1\%$) 的高于对照田。

6. 稻田青蛙总汞含量

对照田青蛙总汞背景值为 0.0501 ppm。污染田青蛙总汞均值超水产品含汞标准的

表 1 尿汞值百分位数及其 95% 可信限对比

	对 照 组	污染田农民	污染断面渔民
N	22	30	12
全距 (mg/l)	0.00111—0.00692	0.00209—0.05339	0.00386—0.01873
组距 (mg/l)	0.00050	0.00200	0.00200
P2.5	0.00078	0.00050	0.00120
.95f.1*	0.00005—0.00151	0—0.00107	0—0.00332
P50	0.00293	0.00733	0.00760
.95f.1*	0.00260—0.00326	0.00700—0.00766	0.00625—0.00895
P97.5	0.00673	0.05250	0.01940
.95f.1*	0.00600—0.00746	0.05177—0.05323	0.01728—0.02152

* 为 95% 可信限

表 2 三组尿汞值互相比较的非参数检验

三组间比较	<i>t</i>	<i>p</i>	显 著 性
污染田农民与对照组	4.19	$p < 1\%$	非常显著
污染断面渔民与对照组	4.32	$p < 1\%$	非常显著
污染田农民与污染断面渔民	0.56	$p > 5\%$	不 显 著

表 3 发汞值百分位数及其 95% 可信限对比

	对 组 照	污染田农民	污染断面渔民
N	17	27	10
全距 (ppm)	1.07—2.45	2.74—11.15	3.92—21.07
组距 (ppm)	0.10	0.50	2.00
P2.5	0.46	1.02	1.00
.95f.1	0.34—0.58	0.63—1.41	0—2.94
P50	1.68	7.88	11.00
.95f.1	1.48—1.88	6.61—9.15	7.90—14.10
P97.5	2.46	11.16	21.50
.95f.1	2.34—2.58	10.36—11.96	19.56—23.44

表 4 三组发汞值互相比较的非参数检验

三组间比较	<i>t</i>	<i>p</i>	显 著 性
污染田农民与对照组	5.53	$p < 1\%$	非常显著
污染断面渔民与对照组	4.27	$p < 1\%$	非常显著
污染田农民与污染断面渔民	2.64	$p < 1\%$	非常显著

1.1 倍,超背景值 12.7 倍,且非常显著 ($p < 1\%$)的高于对照组。

(四) 环境汞污染对健康的影响

通过对在汞染环境中生活和工作的农民

和渔民体检发现(除有几例被检者呈与甲基汞慢性影响有关的症状和体征外),被检者均出现尿汞和发汞的升高。

关于发汞内甲基汞占总汞比率平均为

63.7%，污染田农民发汞的比率为 79.2%。本结果接近于其他作者测得的渔民发汞分析比值为 60.6—73.8% 的报道。头发中甲基汞的检出，证明在农业和渔业两种汞污染环境中生活的人群，长期以来通过食物链摄入了甲基汞，并有体内蓄积现象。

三、结 语

本研究初步查明炼汞废水排入江河后，

对水环境和农业环境的污染状况和迁移转化规律；探讨了汞污染环境所致水、底质、土壤含汞量增加以及农作物对汞的吸收、水生物和水鸭对汞的富集情况和相互关系；初步摸清了如上各类样品的背景值；揭示了环境汞污染通过食物链对渔民和农民健康的危害程度，为进一步开展有关环境质量评价和环境污染的综合防治等工作提供科学依据。

土壤背景值的布点和数值检验*

杨 学 义 杨 国 治

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤背景值可以看成是自然成土过程中土壤固有的化学特征，也有人称之为土壤地球化学背景值^[1]。土壤背景值工作之所以日益受到产业及科研等部门的重视，概括起来有以下几方面的原因：(1) 积累环境要素的基本数据、资料；(2) 有利于环境生态的研究；(3) 为开展区域环境质量评价提供参数；(4) 便于探索地方病的环境病因；(5) 丰富并充实土壤科学的研究内容^[2-4]；(6) 直接为矿业等部门服务。

本文是在总结中国科学院土壤背景值协作组近几年来工作经验的基础上完成的。

一、土壤背景值调查中的布点采样原则

土壤背景值采样点的选择应考虑到三个因素^[5]：(1) 代表当地的主要成土母质类型；(2) 代表当地的主要土壤类型；(3) 远离已知的污染源。

母质是形成土壤的基本材料，也是土壤中无机元素的主要来源。Ure 等^[6]测定了苏格兰十种不同母质土壤中 62 种元素的含量，发现元素含量与母质有密切的关系。我们研

究了南京地区土壤背景值与母质的关系^[7]，即使土壤类型相同，母质的差别对元素背景值的影响还是主要的。例如玄武岩发育的黄棕壤，多数被测元素含量高于花岗岩发育的同类土壤(见表 1)，尤其是过渡元素 Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn 等的含量，二者相差更为悬殊。

我国华南分布较广的赤红壤，是母质类型较多的地带性土壤，而同一地带的石灰土母质较为单一。在各种成土因素的强烈影响下，土壤剖面中的化学元素也发生了显著地分异。但是，母质对土壤背景值的影响仍然存在。由于母质的多样性，赤红壤中 15 种元素的变异系数大都大于石灰土(见表 2)。

在以近代冲积物或沉积物为母质的地区，土壤母质虽然相同，但是，土壤质地对元素背景值却产生了深刻的影响。例如在天津地区，由近代冲积物发育的潮土，其砂质与粘质的若干元素的背景含量高低相差一倍左右(见表 3)。所以，在这类地区布点采样必须充分注意土壤质地类型。

* 本文得到唐诵六同志的指导，引用的数据系中国科学院土壤背景值协作组测定。