

文章编号: 1000-5862(2013)03-0319-05

# 南昌市常见鸟类对环境中 Cu、Pb、Cd 重金属污染物的指示作用研究

张 丹<sup>1</sup>, 张 军<sup>2</sup>, 欧阳盼<sup>1</sup>, 宋鹏飞<sup>1</sup>, 倪才英<sup>1\*</sup>

(1. 江西师范大学鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 江西 南昌 330022;

2. 江西省科学院应用化学研究所, 江西 南昌 330027)

**摘要:** 鸟类是环境监测的代表性指示生物之一, 为研究南昌市 Cu、Pb、Cd 的重金属污染状况, 于 2009 年 4~11 月, 在南昌市鸟类主要林栖地收集了 6 种鸟类(牛背鹭、燕子、白鹭、斑鸠、麻雀、白头鹎), 用原子吸收法分别测定了这 6 种鸟类的心、肝、肺、肾、肌肉、绒羽和飞羽样品中 Cu、Pb、Cd 的含量。结果表明: 3 种重金属在这 6 种鸟体内的富集顺序是一致的, 即  $Cu > Pb > Cd$ ; 但重金属的富集存在明显的种间差异, 6 种鸟类的飞羽对这 3 种重金属富集量的大小各不相同, 且富集能力因组织和元素的种类不同而不同; 肝脏是 Cu 和 Cd 富集的目标器官, 肺是 Pb 富集的目标器官。相同组织中的重金属含量因鸟的年龄大小也有差异, 普遍规律是: 成鸟 > 幼鸟。经与其它地区比较, 发现南昌市白鹭的飞羽对 Cu、Cd 的富集量低于法国 Camargue 生物圈保护区, 而 Pb 的富集量高于厦门白鹭自然保护区、香港米埔自然保护区和法国 Camargue 生物圈保护区, 说明南昌市的 Pb 污染较严重, 而 Cu、Cd 的污染较轻。

**关键词:** 南昌市; 鸟类; 重金属; 富集系数; 环境指示

**中图分类号:** Q 958.12

**文献标志码:** A

## 0 引言

城市化和工业化的高速发展给城市生态系统带来巨大压力, 城市环境的质量日益面临着重大的威胁和挑战。环境中重金属含量是环境质量评价和管理的重要指标。城市鸟类与人类共居同一环境, 城市环境污染势必会对鸟类造成一定程度的影响, 重金属 Cu、Pb 和 Cd 在生物体内富集的毒理学效应明显<sup>[1-5]</sup>, 且重金属污染物在鸟体内的富集因不同的组织和器官而异<sup>[6-11]</sup>。城市林栖鸟体内重金属污染物主要来源于周围栖息环境中的物质, 如土壤、水体、植物、食物等。在鸟类主要林栖地研究其体内重金属污染物的富集特征, 对于环境监测具有预警价值。本文以南昌市常见的 6 种林栖鸟类(牛背鹭、斑鸠、白鹭、燕子、麻雀、白头鹎)为研究对象, 了解常见的重金属污染物 Cu、Pb、Cd 在这 6 种鸟体内组织和器官中的富集特征, 为开展南昌市重金属污染的鸟类监测提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

样品来源于 2009 年 4~11 月间在南昌市鸟类主要栖息地: 天香园(昌东)、828 翠林(昌南)、环球公园(昌北)、象湖公园(昌西)、江西师范大学瑶湖校区等林地, 通过观察形态特征, 收集牛背鹭、斑鸠、白鹭、燕子、麻雀、白头鹎, 每种各 3 只成鸟, 其中白头鹎还收集了 3 只幼鸟。林地周围多为河流、湖泊和居民地, 鸟类食物资源丰富。

### 1.2 样品前处理

鸟类样品采集后, 分离出心、肝、肺、肾、肌肉和羽毛(绒羽和飞羽)组织, 用蒸馏水、去离子水清洗分离出的组织后分别置于干净的已经称量过的称量瓶中, 然后放入恒温烘箱内, 在  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  下烘至恒重, 取出后放在干燥箱中冷却至室温, 称量。然后置于玛瑙研钵中研磨至粉末状制成干样, 装入聚乙

收稿日期: 2013-02-26

基金项目: 国家自然科学基金(41061037)、江西省教育厅科技课题(GJJ08150)和江西省科技厅课题(BSB09201)资助项目。

通信作者: 倪才英(1968-), 女, 江西鹰潭人, 教授, 博士, 主要从事湿地环境污染的监测研究。

烯自封袋中存放于干燥器中 待用.

1.3 样品的消化

准确称取 0.5 g 干样置于洁净的三角烧瓶(烧瓶用体积分数为 5% 的稀硝酸浸泡 24 h 后风干)中,用几滴超纯水润湿后,加入 10 mL 浓盐酸于三角烧瓶中,将烧瓶密封静置过夜,次日将三角烧瓶置于电热板上低温加热至近干后取下冷却;再加入 10 mL 浓硝酸继续加热蒸至近干,冷却;如此反复多次,直至样品消化殆尽(溶液澄清);最后加入 3 mL 高氯酸,并加热至白烟冒尽后将样品取下冷却,最后用体积比为 1:1 的稀盐酸稀释定容于 50 mL 的容量瓶中待测.为了达到良好的消化效果及受热均匀,在消化过程中应经常轻摇三角烧瓶.

1.4 样品测定

样品中 Cu、Pb、Cd 重金属的测定采用石墨炉原子吸收光谱仪(美国 Varian-AA240Z),Cu、Pb 的最小检出限为  $0.01\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ,Cd 的最小检测限为  $0.2\text{pg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

2 结果与讨论

2.1 Cu、Pb、Cd 在不同鸟体内富集的差异

同一组织不同鸟种重金属残留水平不同,即存在种间差异.羽毛是鸟类排出体内积累过多重金属的重要途径之一,鸟类羽毛的重金属浓度可以反映其所处环境中重金属的污染状况,所以本文选择飞羽作为研究对象进行种间差异性分析.由表 1 可知,在牛背鹭、斑鸠、白鹭、燕子、麻雀和白头鸢的飞羽组织中 Cu、Pb、Cd 的检出率均为 100%,飞羽对 Cu 的富集大小为:牛背鹭/麻雀 > 白头鸢 > 白鹭 > 燕子/斑鸠.飞羽对 Pb 的富集大小为:白鹭 > 麻雀 > 白头鸢 > 燕子 > 牛背鹭/斑鸠.飞羽对 Cd 的富集大小为:麻雀 > 斑鸠 > 白头鸢 > 牛背鹭 > 白鹭 > 燕子,Cu、Pb、Cd 在这 6 种鸟类飞羽中的富集大小不同表明重金属的残留存在明显的种间差异.由于生境不同,其羽毛的重金属残留量存在地区差异.以白鹭的羽毛为例,南昌市白鹭成鸟羽毛的 Cu 含量( $8.000\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )高于厦门白鹭自然保护区白鹭成鸟羽毛 Cu 的含量( $7.269\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ),低于法国 Camargue 生物圈保护区的白鹭成鸟羽毛的 Cu 含量( $22.000\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ );南昌市白鹭成鸟羽毛的 Pb 含量( $24.000\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )高于厦门白鹭自然保护区、香港米埔自然保护区和法国 Camargue 生物圈保护区白鹭成鸟羽毛 Pb 含量( $6.029$ 、 $4.400$  和  $2.000\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )<sup>[7,12-13]</sup>;南昌市白鹭成鸟羽毛的 Cd 含量( $0.020\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )低于

厦门白鹭自然保护区、香港米埔自然保护区和法国 Camargue 生物圈保护区白鹭成鸟羽毛的 Cd 含量( $0.356$ 、 $0.048$  和  $0.035\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )<sup>[7,11-12]</sup>.相比之下,南昌市白鹭体内的 Pb 重金属含量较高,其原因除考虑其食性与栖息地对它的影响外,可能与该城市含铅燃油量激增导致周围环境物质(土壤与植物)中重金属 Pb 含量的升高有关.

表 1 不同鸟类的飞羽中 3 种重金属的平均富集量  
单位:  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

样品( $n=21$ )	Cu	Pb	Cd
牛背鹭	16.000	1.000	0.030
斑鸠	5.000	1.000	0.417
白鹭	8.000	24.000	0.020
燕子	5.000	2.000	0.010
麻雀	16.000	15.000	0.456
白头鸢	10.000	5.000	0.214

\*  $n$  表示样本数; 统计学意义上显著差异:  $P < 0.05$ .

表 2 白鹭的肝脏与食物、栖息地环境中的重金属浓度  
单位:  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

元素	白鹭肝 ( $n=9$ )	底泥 ( $n=9$ )	小鲤鱼 ( $n=9$ )	水体 ( $n=9$ )
Cu	41.000	10.500	35.790	3.121
Pb	6.210	3.400	4.065	1.623
Cd	1.012	0.009	0.010	0.001

\*  $n$  表示样本数; 统计学意义上显著差异:  $P < 0.05$ .

表 3 斑鸠食物与栖息地环境中重金属浓度

元素	斑鸠肝 ( $n=9$ )	火把果 ( $n=9$ )	樟树果 ( $n=9$ )	土壤 ( $n=9$ )
Cu	36.000	2.002	2.572	11.118
Pb	6.000	1.218	1.411	1.805
Cd	1.292	0.009	0.006	0.004

\*  $n$  表示样本数; 统计学意义上显著差异:  $P < 0.05$ .

鸟类对重金属的富集大小与其食性、栖息地等有关<sup>[14-15]</sup>.重金属污染物通过食物链或空气传递进入生物体内,新陈代谢靠血液循环,重金属由血液循环带到肝脏沉积下来且难以排出体外.有研究表明,肝脏是重金属富集的目标器官.白鹭是食鱼类鸟,小鲤鱼是其主要食物之一,如表 2 所示,与食物链上的小鲤鱼相比,白鹭肝中的 Cu、Pb 和 Cd 浓度高于小鲤鱼 Cu、Pb 和 Cd 平均含量(分别为 1.1、1.5 和 101.2 倍),小鲤鱼体内的 Cu、Pb 和 Cd 浓度高于水中 Cu、Pb 和 Cd 平均含量(分别为 11.5、2.5 和 10.0 倍)与底泥中 Cu、Pb 和 Cd 平均含量(分别为 3.4、1.2 和 1.3 倍),其富集系数均大于 1.而斑鸠是杂食性动物,以稻谷、果实为主食,在南昌市火把果和樟树果是其主要食物.如表 3 所示,斑鸠肝脏中的 Cu、Pb 和 Cd 浓度高于火把果中 Cu、Pb 和 Cd 平均含量

(分别为 17.9、4.9 和 143.5 倍) ,高于樟树果中 Cu、Pb 和 Cd 平均含量(分别为 13.9、4.3 和 215.3 倍) ,其富集系数均大于 1. 研究表明 ,重金属沿白鹭与斑鸠食物链的传递及富集系数体现出重金属在生物体内富集放大的毒性效应和食物链越高层其生物富集的浓度就越高<sup>[16]</sup>. Cu、Pb、Cd 在鸟类的肝脏组织中的平均富集量存在统计学意义上显著差异 ( $P < 0.05$ ) ,这反映了重金属污染物在不同鸟体内的富集量存在种间差异 ,其差异与鸟类的食性和栖息地环境有关 ,而食物链中的营养级越高 ,鸟体内残留的重金属含量就越高 ,本研究中食鱼的鸟类( 白鹭) 较杂食性鸟( 斑鸠) 富集的重金属含量更高 ,这与前人的研究结果一致<sup>[17-21]</sup>.

2.2 Cu、Pb、Cd 在鸟的不同组织中的残留

邹发生等检测了广州市白云山风景区的白头鹎、暗绿绣眼鸟、大山雀和白眉 4 种鸟的飞羽、胸肌和肝脏中 Cu、Pb、Cd 的残留量 ,Cu 在这 3 种组织中残留量大小为: 飞羽 > 胸肌 > 肝脏 ,Pb 在这 3 种组织中残留量大小为: 肝脏 > 飞羽 > 胸肌 ,Cd 在肝脏和飞羽组织中残留量大小为: 肝脏 > 飞羽; 周晓平等检测了厦门白鹭自然保护区鸡屿岛白鹭成鸟的肌肉和羽毛组织中 Cu、Pb、Cd 的残留量 ,白鹭成鸟肌肉和羽毛组织 Cu 的残留量大小为: 肌肉 > 羽毛 ,Pb 的残留量大小为: 羽毛 > 肌肉 ,Cd 的残留量大小为: 肌肉 > 羽毛. 这些研究表明 ,鸟的不同组织对不同元素的积累能力是存在差异的. 本研究以牛背鹭为例 ,从表 4 中可以看出 ,重金属 Cu 在牛背鹭的 7 个组织样品中 100% 被检出; 不同组织中 Cu 污染物残留量大小为: 肝 > 肺 > 绒羽 > 飞羽 > 肌肉 > 心 > 胗; 肝脏中的残留量最高 ,为  $52.000\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ,胗中的残留量最低 ,为  $10.000\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . 重金属 Pb 在牛背鹭的 7 个组织样品中都 100% 被检出; 肺部的残留量最高 ,为  $41.000\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ,胗、肌肉、绒羽和飞羽中的含量最低都为  $1.000\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 各组织富集 Pb 的水平从高到低依次为: 肺 > 肝 > 心 > 胗/肌肉/绒羽/飞羽. 重金属 Cd 在牛背鹭各组织样品中的残留量虽然较低 ,但依然能被检出 ,富集量从高到低依次为: 肝 > 胗 > 肺 > 绒羽 > 肌肉 > 飞羽 > 心. 在牛背鹭的 7 个组织中 ,肝对重金属 Cu 和 Cd 的富集量最高 ,肺对 Pb 的富集量最高. 这些结果表明: 不同组织对同一种重金属的富集能力不同 ,同时也因重金属种类的变化而变化. 鸟体内重金属含量的高值对其生存环境的污染程度有一定的指示作用 ,6 种鸟类中 ,以牛背鹭组织对重金属的富集最高值为例 ,牛背鹭高度富集 Cu、Pb、Cd 组织( 肝、肺、肝) 中的重金属含量均明显高于栖息地土壤中 Cu、Pb、Cd 的含量( 牛背鹭

与白鹭的采样点相同) ,但由于牛背鹭不属于留鸟 ,其体内重金属的含量不能完全真实地反映出南昌市重金属的污染状况. 斑鸠的肝是所采集的留鸟( 斑鸠、麻雀和白头鹎) 中对 Cu、Pb、Cd 富集量最高的( 分别为  $36.000$ 、 $6.000$ 、 $1.292\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 留鸟 ,而斑鸠栖息地的土壤中 Cu 的含量为  $11.100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ,Pb 的含量为  $1.800\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ,Cd 的含量为  $0.004\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ,斑鸠肝中的 Cu、Pb、Cd 含量明显高于栖息地土壤中 Cu、Pb、Cd 的含量 ,斑鸠对南昌市的 Cu、Pb、Cd 重金属污染具有代表指示性.

综合 Cu、Pb、Cd 在牛背鹭与斑鸠组织中的富集情况 ,可知肝脏是重金属富集的主要目标器官 ,这与前人的研究结果一致<sup>[6-10,13-14]</sup>. 从表 4 中还可以看出各组织中 ,除肺部以外 ,牛背鹭的心、肝、胗、肌肉和羽毛组织对 Cu 的富集量均比对 Pb 的富集量高 ,肺部富集 Pb 含量过高的主要原因是铅主要来源于大气污染 ,沉积在呼吸系统的 Pb 较高. 这 3 种重金属在牛背鹭组织中的富集总量大小的顺序都是:  $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$  ,这与前人的结果一致<sup>[7-9,22-24]</sup>.

表 4 牛背鹭组织中 3 种重金属的平均富集量

单位: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$			
样品( $n=21$ )	Cu	Pb	Cd
肺	28.000	41.000	0.108
心	12.500	2.500	0.011
肝	52.000	4.000	2.165
胗	10.000	1.000	0.398
肌肉	14.000	1.000	0.061
绒羽	23.000	1.000	0.072
飞羽	16.000	1.000	0.030

\*  $n$  表示样本数; 统计学意义上极显著差异:  $P < 0.01$ .

2.3 重金属在成鸟与幼鸟组织中的富集特征

J. Burger<sup>[25]</sup> 指出 ,大多数成鸟组织中的 Hg 和 Pb 浓度比幼鸟相应组织的 Hg、Pb 浓度高 ,北京地区成年麻雀体内的 Hg、Cd、Pb 和 Cu 的浓度都高于幼鸟<sup>[26]</sup>. 前人研究表明 ,相同组织中的重金属含量因鸟的年龄大小而异. 雀形目鸟类是鸟纲中种类最多的类群 ,在野外数量丰富 ,样本容易得到 ,其活动范围小 ,能反映当地的环境背景状况<sup>[9]</sup> ,以白头鹎为例 ,如表 5 所见 ,成年白头鹎各组织中的 Cu、Pb、Cd 含量均大于幼鸟对应组织中的富集量. 研究表明 ,白头鹎成鸟组织中的 Cu、Pb、Cd 含量比幼鸟组织中的含量高 ,随着年龄的增长 ,鸟类的各个部位对重金属的富集是不断加强的 ,年龄越大所富集的重金属就越多. 白头鹎对 3 种重金属的富集总量大小顺序都为:  $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$ ; 与其它地区相比 ,南昌市白头鹎成鸟飞羽的 Cu、Pb、Cd 含量( 分别为  $10.000$ 、 $5.000$  和  $0.214\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 明显低于广州市白云山白头鹎成鸟

飞羽 Cu、Pb、Cd 含量(分别为 14.300、6.600 和 0.400  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) ,反映出南昌市白头鹳栖息地(江西师范大学瑶湖校区)受 Cu、Pb、Cd 污染物的污染相对较轻。

表5 白头鹳(成鸟/幼鸟)组织中3种重金属的平均富集量  
单位:  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

样品( $n=36$ )	Cu	Pb	Cd
成鸟心	28.571	13.000	0.590
幼鸟心	13.000	7.143	0.010
成鸟肝	19.000	5.000	1.196
幼鸟肝	5.000	3.000	1.171
成鸟绒羽	13.000	7.000	0.175
幼鸟绒羽	8.000	4.000	0.161
成鸟飞羽	10.000	5.000	0.214
幼鸟飞羽	6.000	4.000	0.106
成鸟胗	6.250	2.500	1.594
幼鸟胗	2.500	1.000	0.899
成鸟肌肉	12.000	2.000	0.096
幼鸟肌肉	9.000	1.000	0.065

\*  $n$  表示样本数; 统计学意义上极显著差异:  $P < 0.01$ .

### 3 结束语

Cu、Pb、Cd 3 种重金属在南昌市常见的 6 种林栖鸟类(包括牛背鹭、斑鸠、白鹭、燕子、麻雀、白头鹳) 7 类组织中的富集顺序是一致的,即  $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$ ; 同一组织不同鸟种的重金属残留量存在种间差异,6 种鸟类的飞羽组织对 Cu、Pb、Cd 重金属的富集量各不相同; 鸟的不同组织对同一种重金属的富集能力不同,同时也因重金属种类的变化而变化,肝脏是鸟类重金属富集的目标器官; 重金属 Cu、Pb、Cd 沿鸟类食物链的传递及富集系数的大小体现出重金属在生物体内富集放大的毒性效应和营养级越高其生物富集的浓度就越高; 斑鸠是所采集的留鸟中肝对 Cu、Pb、Cd 富集量最高的留鸟,斑鸠对南昌市 Cu、Pb、Cd 重金属污染有代表性指示作用。相同组织中的重金属含量因鸟的年龄大小而异。

总之,林栖鸟类作为食物链的顶级生物,其组织可选择性地富集某些重金属,用南昌市的常见鸟类(牛背鹭、斑鸠、白鹭、燕子、麻雀、白头鹳)作为其环境质量监测的生物指示物有一定的可行性。南昌市常见林栖鸟类虽然地处环境相对良好的园林区,但对其样品的分析表明,重金属在样品中的残留量依然能被检出,相同样品中 Cu、Pb、Cd 的重金属残留量与其他地区相比,Pb 的含量相对较高,Cu、Cd 含量相对较低,Pb 的含量相对较高主要是受近年来南昌市交通高速发展,燃油量激增导致 Pb 污染严重。由于鸟类对生境具有选择性,使鸟类活动范围经常

变更,导致鸟体内的重金属含量不一定就能真实地反映出南昌市采样点的重金属污染状况,但环境具有整体性,所采样的鸟类活动范围相对固定在南昌市境内与周边,对南昌市重金属污染状况具有一定的指示性作用。

### 4 参考文献

- [1] Hoffman D J, Heinz G H. Effects of mercury and selenium on glutathione metabolism and oxidative stress in mallard ducks [J]. Environ Toxicol and Chem, 1998, 17(2): 161-166.
- [2] 常学秀, 文传浩, 王焕校. 重金属污染与人体健康 [J]. 云南环境科学, 2000, 19(1): 59-61.
- [3] Bergman A, Bergstrand A, Bignert A. Renal lesions in Baltic grey seals (*Halichoerus grypus*) and ringed seals (*Phoca hispida botnica*) [J]. AMB IO, 2001, 30(7): 397-409.
- [4] Nordberg G, Jin T, Bernard A, et al. Low bone density and renal dysfunction following environmental cadmium exposure in China [J]. AMB IO, 2002, 31(6): 478-481.
- [5] Zhang Hui. Heavy metal pollution and arseniasis in Hetao, China [J]. AMB IO, 2004, 33(3): 122-114.
- [6] 董元华, 龚钟明, 王辉, 等. 无锡鼋头渚夜鹭体内重金属残留与分布特征 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(2): 213-216.
- [7] 周晓平, 陈小麟, 方文珍, 等. 厦门白鹭保护区白鹭体内重金属含量的分析 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2004, 43(3): 412-415.
- [8] 杨琼芳, 邹发生, 陈桂珠. 用鸟体组织监测环境中的重金属污 [J]. 广州环境科学, 2004, 19(3): 37-39.
- [9] 邹发生, 杨琼芳, 谢美琪. 广州市白云山 4 种雀形目鸟类重金属残留分析 [J]. 农村生态环境, 2005, 27(7): 57-54.
- [10] 李峰, 丁长青. 重金属污染对鸟类的影响 [J]. 生态学报, 2007, 27(1): 297-301.
- [11] Burger J, Gochfeld M. Heavy metal and selenium levels in feathers of young egrets and herons from Hong Kong and Szechuan, China [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1993, 25(3): 322-327.
- [12] Cosson R P, Amiard J, Amiard Triquet C. Trace elements in little egrets and flamingos of Camargue [J]. France Ecotoxicology and Environmental Safety, 1988, 15(1): 107-116.
- [13] 吕尤, 宫茜茜, 李自亲. 城市鸟类体内重金属含量与环境污染相关性的研究 [C]. 上海: 野生动物生态与资源保护第 3 届全国学术研讨会论文摘要集, 2006.
- [14] 周立志, 张磊, 仇文娜. 夜鹭雏鸟 3 种重金属污染物的富集特征 [J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2009, 33(5): 80-90.
- [15] Boukhemza M, Doumandji S, Voisin C, et al. Food resources availability and exploitation by the Cattle Egret

- Bubulcus ibis in Kabylia ,Algeria [J]. Revue de Biologie- Terre et la vie 2000 55(4): 361-381.
- [16] 李枫 张微微 刘广平. 扎龙湿地水体中金属沿食物链的生物累积分析 [J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(1): 44-46.
- [17] Rikuo D ,Hideki O ,Masazumi H. Mercury in feathers of wild birds from mercury-polluted area along the shore of Shiranui Sea [J]. The Science of The Total Environment , 1984 40: 155-167.
- [18] Hahn E ,Hahn K ,Stoeppler M. Bird feathers as bioindicators in areas of the German Environmental Specimen Bank-bioac of mercury in food chains and exogenous deposition of atmospheric pollution with lead and cadmium [J]. Sci Total Environ ,1993 49: 259-270.
- [19] Joanna B ,Michael G. Heavy metal and selenium levels in birds at Agassiz National Wildlife Refuge ,Minnesota: Food chain differences [J]. Environmental Monitoring and Assessment ,1996 43(3): 267-282.
- [20] Joanna B ,Michael G. Interspecific and locational differences in heavy metal levels in four species of birds near Sydney ,Australia [J]. Environmental Monitoring and Assessment ,1999 58(1): 105-119.
- [21] Boncompagni E ,Muhammad A ,Jabeen R. Egrets as monitors of water contamination in wetlands of Pakistan [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology , 2003 45(3): 399-406.
- [22] 王翠榆 陈虎 方译 等. 不同地点及性别的白鹭、池鹭羽毛的重金属含量分析 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版 2008 47(2): 246-249.
- [23] 吕尤 宫茜茜 李自亲. 牡丹江市工业区麻雀体内重金属残留分析 [J]. 生态与农村环境学报 2008 24(3): 94-96.
- [24] 刘庆 陈美 陈小麟. 厦门几种猛禽体内的重金属分布 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版 2006 45(2): 280-283.
- [25] Burger J. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution [J]. Review of Environmental Toxicology ,1994 5: 203-211.
- [26] Chao Pan Zheng Guangmei Zhang Zhengwang et al. Metal contamination in tree sparrows in different locations of Beijing [J]. Bull Environ Contam Toxicol ,2003 71(1): 142-147.

## The Environment Indicative Function of Cu ,Pb ,Cd Heavy Metal Pollutants in Common Birds at Nanchang

ZHANG Dan<sup>1</sup> ZHANG Jun<sup>2</sup> ,OUYANG Pan<sup>1</sup> ,SONG Peng-fei<sup>1</sup> ,NI Cai-ying<sup>1,2\*</sup>

( 1. Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research Ministry of Education Jiangxi Normal University Nanchang Jiangxi 330022 China; 2. The Institute of Applied Chemistry Jiangxi Academy of Sciences ,Nanchang Jiangxi 330027 ,China)

**Abstract:** The bird is one of the representative biological indicators in the environment monitoring. In order to research the content of heavy metal pollution levels about Cu ,Pb and Cd in Nanchang ,six kinds of bird samples including Cattle Egret( *Bubulcus ibis* ) ,Swallow( *Hirundines* ) ,Egrets( *Egretta garzetta* ) ,Turtle Dove( *Streptopelia turtur* ) ,Sparrow( *Passer montanus* ) and Chinese Bulbul( *Pycnonotus sinensis* ) and collected from main forests in Nanchang city from April to November 2011 are studied. Samples of hearts ,livers ,lungs ,gizzards ,muscles ,down feathers and remigess were tested for residues of Cu ,Pb and Cd by atomic absorption spectrometry analysis. Results showed that three heavy metals concentration ordered as Cu > Pb > Cd in six kinds of birds. There were significant differences of interspecies among birds ,involved the birds remigess in the three heavy metals ,which concentration were different in each other and the enrichment capability varied by organs and elements. Livers were the object organs for accumulation of Cu and Cd ,lungs were the object for accumulation of Pb. In the same organs ,heavy metal contents were altered by birds age ,the common regular pattern showed by adults were larger than young. Compared with other regions by remigess of *Egretta garzetta* in Nanchang ,it is found that the Cu ,Cd enrichment levels were lower Camargue of France ,while Pb enrichment levels were higher Egret Nature Reserve of Xiamen ,Maipo of Hong Kong and Camargue of France. It's indicated that the pollution of Pb was more serious in Nanchang ,while Cu and Cd pollution were less.

**Key words:** Nanchang city; birds; heavy metals; enrichment coefficient; environment bioindicator

( 责任编辑: 刘显亮)