

颍上八里河自然保护区鹭卵 3 种重金属残留分析

周立志 李进华 张磊 仇文娜 于振伟 杨浅 陈春玲

(安徽大学生命科学学院生物多样性研究所 安徽省生物技术与生态工程重点实验室 合肥 230039)

摘要 :2005 年 5 月 ,采集了淮河地区颍上八里河集群繁殖的夜鹭(*Nycticorax nycticorax*)和小白鹭(*Egretta garzetta*)鸟卵共 18 枚 ,用原子吸收法测定了卵壳、内容物中重金属 Cd、Pb、Cr 的残留量。结果表明 ,所有卵壳样品中均检出一定水平的 Cd、Pb 和 Cr 残留量 ,夜鹭卵壳中重金属残留量为 $Pb > Cr > Cd$,小白鹭卵壳中重金属残留量为 $Cr > Pb > Cd$,卵壳中 Pb 和 Cr 残留量的种间差异都不显著 ,但 Cd 的种间差异显著 ;在 2 种鹭卵内容物中 ,Cr 都被检出 ,在夜鹭卵内容物样品中 ,Pb 只被部分检出 ,Cd 在 2 种鹭卵内容物样品中都没有被检出 ,3 种重金属在内容物中残留量的种间差异都不显著。2 种鹭卵壳中 Pb 和 Cd 残留量极其显著地高于卵内容物 ,但 Cr 的这种残留分布上的差异不显著。本研究进一步证明卵壳可用作重金属污染物的指示物 ,监测和评价湿地生态系统中重金属的污染状况。

关键词 :夜鹭 ;小白鹭 ;鸟卵 ;重金属残留 ;指示生物 ;生物监测

中图分类号 :Q494 文献标识码 :A 文章编号 :0250-3263(2006)02-48-05

Residues of Three Heavy Metals in Egret Eggs from Yingshang Balihe Reserve

ZHOU Li-Zhi LI Jin-Hua ZHANG Lei QIU Wen-Na YU Zhen-Wei
YANG Qian CHEN Chun-Ling

(Institute of Biodiversity , School of Life Science , Anhui University ; Anhui Key
Laboratory of Eco-engineering and Bio-techniques , Hefei 230039 , China)

Abstract :Eggs of Black-crowned Night Heron (*Nycticorax nycticorax*) and Little Egret (*Egretta garzetta*) were sampled in May of 2005 from Yingshang Balihe Reserve , Anhui Province. Residues of Cd , Pb and Cr were determined by atomic absorption spectrophotometer analysis. Results show that heavy metals could be detected in all eggshell samples. The residues of heavy metals in eggshells of Black-crowned Night Heron ranks as $Pb > Cr > Cd$, but in Little Egret as $Cr > Pb > Cd$. Interspecies differences of the residues of Cd are significant ; however Pb and Cr are not. In egg contents , Cr was detected in all samples , and Pb was detected in some of the samples , but Cd was not detected in any samples. Interspecies differences of the residues of the three heavy metals are significant. There are significantly higher residues of Pb and Cd in eggshells than in egg contents. However , there are no significant differences of Cr residues between in egg contents and eggshells. This study indicates again that eggshells could be used as an indicator to assess the pollution conditions of wetlands.

Key words :*Nycticorax nycticorax* ; *Egretta garzetta* ; Bird egg ; Heavy metal ; Biomonitoring ; Biological indicator

基金项目 安徽省教育厅自然科学基金(No. 2003kj002) ,国家自然科学基金(No. 30470257) ,安徽省生态工程与生物技术重点实验室湿地生态专项基金 ,安徽高校省级重点自然科学研究(No.2006KJ050A) ,安徽大学人才培养项目资助 ;

第一作者介绍 周立志 ,男 ,博士 ,教授 ,硕士生导师 ,研究方向 :鸟兽生物地理学与濒危水鸟的生物多样性保护 ;E-mail :zhoulz@ahu.edu.cn

收稿日期 2005-08-09 ,修回日期 2006-01-15

重金属是重要的环境污染物,在生物体内富集较为明显,往往表现较强的毒理学效应^[1-5]。由于重金属常常可以通过食物链转移,从而产生严重的生态危害。近年来,湿地生态系统食物链上重金属富集的研究受到普遍关注,不同营养级的许多生物都可作为指示生物,对湿地生态系统进行监测和评估^[6-9]。鹤形目(Ciconiiformes)等水鸟在湿地生态系统中是顶级捕食者,作为环境污染的指示生物,更具有预警意义^[7,10-17]。

重金属在水鸟羽毛、卵中富集的浓度较高,因此,羽毛和卵中重金属的检测是进行生物监测的有效途径^[7,14,17-20],通过测定卵中污染物,可以间接地评价湿地的污染状况。

淮河流域是我国主要的农副产品加工和商品粮棉基地,同时又是经济发展水平相对滞后的地区。近年来由于流域内的造纸、制革、化工、酿造等工业污染源较多,使流域的生态环境质量呈逐年恶化的趋势,进行环境污染对生物影响的评价对于淮河流域的污染治理具有重要意义。近年来对这一流域的重金属污染物进行过一些化学监测^[21,22],通过指示生物进行生态监测十分必要。

本研究选择淮河流域安徽颍上八里河保护区的夜鹭(*Nycticorax nycticorax*)和小白鹭(*Egretta garzetta*)作为湿地重金属的指示生物,并检测湿地生态系统常见的重金属 Cr、Cd、Pb 在 2 种鹭卵不同部分的残留水平,了解重金属在水鸟体内的富集特征。

1 材料与方法

1.1 样品采集 样品采集于淮河流域颍上八里河省级自然保护区(116°38'E,32°27'~32°54'N)。采集地点位于保护区北部的一个人工小岛,岛上树木为人工阔叶树,树高约 5~10 m,每年大群的鹭鸟前来林中营巢繁殖。由于保护区位于淮河和颍河的交汇处,岗坡、湖洼交错,圩区纵横,沼泽遍布,湿地、沼泽地面积较大,野生动植物资源丰富,从而为鹭类繁殖提供丰富的食物资源。

样品采集于 5 月中旬鹭鸟产卵期,通过野外调查,对巢树进行标记,随机选择夜鹭和小白鹭的巢 5 个以上,并从每巢中随机挑选 1 枚卵作为样品。所有样品在处理前均置于冰箱内冷藏。

1.2 样品前处理 用蒸馏水、去离子水清洗卵样,将每只卵的内容物和卵壳分别置于洁净的称量瓶中,并将每只卵的内容物用玻棒搅匀,然后放入恒温烘箱内在(105±5)°C 下烘至恒重,取出后在研钵中研磨至粉末状,称量后将称量瓶存放于聚乙烯瓶中并置于干燥器中待测。

1.3 样品的消化 样品在测定分析前,称取卵壳、卵内容物样品 0.5~1.0 g 置于洁净的烧杯中,每个烧杯中加入 16 ml 的浓 HNO₃(优级纯),6 ml 的 HClO₄(优级纯)进行消化,消化完毕后,用 25 ml 容量瓶定容待测。

1.4 样品测定 样品中 Cd、Pb、Cr 等重金属的测定采用原子吸收法,其中 Cd、Pb 的测定使用 TAS-986 原子吸收光谱仪,壳中 Cd、Pb 的测定采用火焰法,内容物中 Cd、Pb 的测定采用石墨炉法。Cr 的测定使用美国 LEEMAN 公司 PLASMA-SPEC ICP-ACS 原子吸收光谱仪。检测限为 0.001 μg/ml。

1.5 数据处理 数据用 SPSS 8.0 软件进行处理,通过 *t*-检验确定样品每种鹭卵的不同部分以及种间重金属残留水平的差异。用于对照的合肥地区鹭卵重金属污染物残留量数据于 2004 年测得^[21]。

2 结果

2.1 卵壳重金属残留量 八里河自然保护区的小白鹭和夜鹭卵样品中,卵壳中 3 种重金属的检出率都达到 100%。夜鹭卵壳中,Pb 的残留量最高达 26.08 μg/g 干重,Cr 为 18.14 μg/g,Cd 仅为 0.35 μg/g;小白鹭卵壳中,Cr 的残留量最高达 22.01 μg/g 干重,Pb 为 15.07 μg/g,Cd 仅为 0.18 μg/g。夜鹭和小白鹭 Pb 和 Cr 残留量的差异都不显著($t_{Pb} = 1.986$, $df_{Pb} = 16$, $P_{Pb} = 0.065$; $t_{Cr} = -0.990$, $df_{Cr} = 14.387$, $P_{Cr} = 0.338$),但 Cd 的种间差异显著($t = 2.275$, $df = 16$,

$P = 0.037$)

2.2 卵内容物重金属残留量 卵内容物中 3 种重金属不同程度地被检出 ,Cr 在 2 种鹭卵内容物中检出率为 100% ,Cd 在 2 种鹭的卵内容物中都没有被检出 ,Pb 在夜鹭卵内容物中的检出率为 75% ,在小白鹭的检出率为 100%。Cr 在 2 种鹭卵内容物中都较高 ,在小白鹭中最高 ,达 20.61 $\mu\text{g/g}$ 干重 ;Pb 在 2 种鹭中都较低 ,在夜鹭中仅为 0.37 $\mu\text{g/g}$ 。3 种重金属在内容物中残留量的种间差异都不显著($t_{\text{Pb}} = -1.495$, $df_{\text{Pb}} = 10.822$, $P_{\text{Pb}} = 0.163$; $t_{\text{Cr}} = -0.326$, $df_{\text{Cr}} = 16$, $P_{\text{Cr}} = 0.749$; $t_{\text{Cd}} = -0.733$, $df_{\text{Cd}} = 13.456$, $P_{\text{Cd}} = 0.453$)

2.3 卵壳和卵内容物重金属残留量的比较

将 2 种鹭卵壳和卵内容物中的重金属残留量相

比较(表 1,图 1),可以看出 Pb 和 Cd 卵壳中的重金属残留量都极显著地高于卵内容物(夜鹭 : $t_{\text{Cd}} = 4.485$, $df_{\text{Cd}} = 7$, $P_{\text{Cd}} = 0.003$; $t_{\text{Pb}} = 4.905$, $df_{\text{Pb}} = 7$, $P_{\text{Pb}} = 0.002$;小白鹭 : $t_{\text{Cd}} = 6.140$, $df_{\text{Cd}} = 9$, $P_{\text{Cd}} = 0.000$; $t_{\text{Pb}} = 5.117$, $df_{\text{Pb}} = 5.117$, $P_{\text{Pb}} = 0.001$) ,夜鹭卵壳中的 Cr 低于卵内容物 ,但 Cr 在 2 种鹭卵壳和卵内容物的残留量差异并不显著(夜鹭 : $t_{\text{Cr}} = -0.279$, $df_{\text{Cr}} = 7$, $P_{\text{Cr}} = 0.788$;小白鹭 $t_{\text{Cr}} = 0.235$, $df_{\text{Cr}} = 9$, $P_{\text{Cr}} = 0.819$)。将 2 种鹭的检测数据作为一个整体进行分析 ,结果亦相同($t_{\text{Cr}} = 0.117$, $df_{\text{Cr}} = 17$, $P_{\text{Cr}} = 0.908$; $t_{\text{Cd}} = 5.928$, $df_{\text{Cd}} = 17$, $P_{\text{Cd}} = 0.000$; $t_{\text{Pb}} = 6.372$, $df_{\text{Pb}} = 17$, $P_{\text{Pb}} = 0.000$)

表 1 鹭卵中 3 种重金属的残留量($\mu\text{g/g}$ 干重)

Table 1 Residues of three heavy metals in egret eggs($\mu\text{g/g}$ DW)

样品 Sample	项目 Item	Cd		Pb		Cr	
		卵壳 Eggshell	内容物 Egg content	卵壳 Eggshell	内容物 Egg content	卵壳 Eggshell	内容物 Egg content
夜鹭 Black-crowned Night Heron ($n = 8$)	残留量 Residue($\bar{X} \pm SD$)	0.35 \pm 0.22	nd	26.08 \pm 14.82	0.37 \pm 0.26	18.14 \pm 5.75	18.98 \pm 3.29
	残留量范围 Residue range	0.12 ~ 0.79	nd	12.06 ~ 51.67	nd ~ 0.84	8.71 ~ 24.49	12.31 ~ 23.10
	检出率 Occurrence rate(%)	100	0	100	75	100	100
小白鹭 Little Egret ($n = 10$)	残留量 Residue($\bar{X} \pm SD$)	0.18 \pm 0.09	nd	15.07 \pm 8.52	0.81 \pm 0.89	22.01 \pm 10.53	20.61 \pm 13.75
	残留量范围 Residue range	0.08 ~ 0.37	nd	6.61 ~ 34.05	0.07 ~ 3.08	7.33 ~ 36.59	0.22 ~ 43.22
	检出率 Occurrence rate(%)	100	0	100	100	100	100

“ nd ”表示未检出。

“ nd ” means not being detected.

表 2 八里河地区与合肥地区鹭卵重金属水平的比较($\mu\text{g/g}$ 干重)

Table 2 Comparison of heavy metal residues in egret eggs of Balihe with those of Hefei($\mu\text{g/g}$ DW)

地点 Site	种类 Species	卵壳 Eggshell			卵内容物 Egg content		
		Cd	Pb	Cr	Cd	Pb	Cr
八里河地区 Balihe	夜鹭 Black-crowned Night Heron	0.35	26.08	18.14	nd	0.37	19.98
	小白鹭 Little Egret	0.18	15.07	22.01	nd	0.81	20.61
合肥地区 Hefei	夜鹭 Black-crowned Night Heron	6.47	11.19	15.46	0.17	2.30	3.56
	小白鹭 Little Egret	6.56	12.63	20.07	0.15	1.78	2.64

“ nd ”表示未检出。

“ nd ” means not being detected.

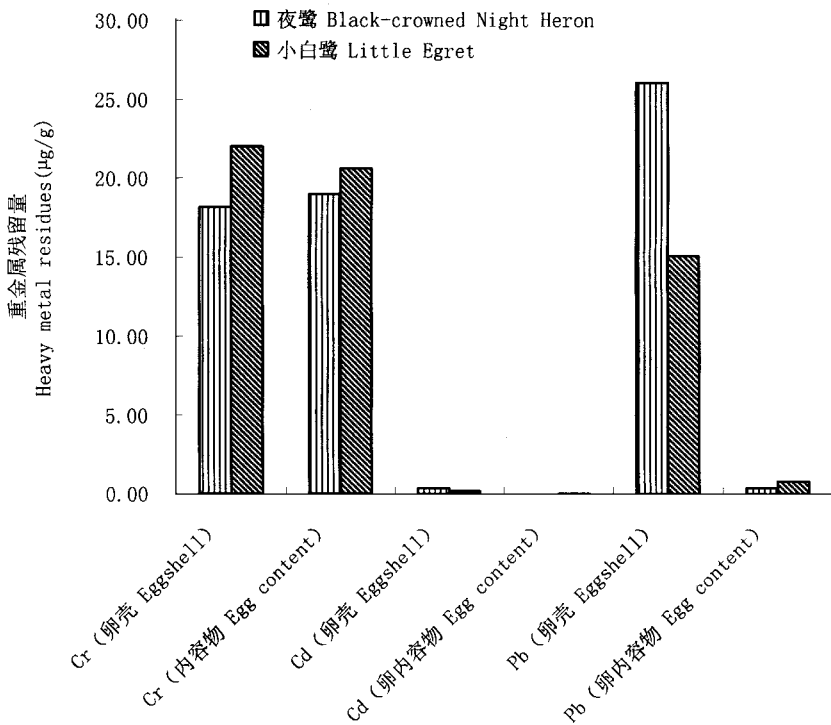


图 1 鹭卵不同部分重金属污染物残留量

Fig. 1 Heavy metal residues in different parts of egret eggs

3 讨论

Pb、Cd 和 Cr 是环境中 3 种常见的重金属污染物。Pb 和 Cd 在夜鹭羽毛中的残留量相对较高, Cr 在肝脏中的残留量很高^[14], 小白鹭、夜鹭等鹭鸟骨骼中的 Pb 和 Cd 也很高^[21]。近年来的研究表明, 鹭卵不仅是有机污染物富集的一个重要场所^[10-13], 对重金属富集作用也十分明显。在合肥地区, 除了夜鹭卵壳中的 Pb 低于骨骼中的外, 卵壳中的 3 种重金属基本上都较骨骼和肝脏之中的残留水平高^[21], 表明卵壳可以用来监测重金属环境污染物。在八里河, 除夜鹭卵壳中的 Cr 外, 3 种重金属在鹭鸟卵壳中的残留量都超过卵内容物, 进一步证明卵壳在环境生物监测中的意义。

淮河流域颍上八里河的夜鹭和小白鹭卵壳中的 Pb 和 Cr 高于合肥地区, Cd 却相对较低。2 种鹭卵内容物中 Cr 远高于合肥地区, 但 Pb 和 Cd 较合肥地区低, 表明重金属污染物的分布表现地区之间差异(表 2)。淮河干流 Pb、Cd 和

Cr 3 种重金属在底泥中的含量分别为 24.9 ~ 44.5、0.4 ~ 0.8、41.2 ~ 92.0 $\mu\text{g/g}$ 干重^[22-23], 高的重金属元素环境背景值是导致卵壳中这些元素富集水平较高的重要原因。

鸟的卵细胞在卵巢中成熟, 自卵巢排出后, 坠入体腔, 进入输卵管后, 在向后移动的过程中, 经过蛋白分泌部时外包蛋白, 在子宫中外包以卵壳膜和蛋壳。家禽的鸟卵在卵巢中卵黄开始迅速沉时, 约 7 ~ 8 d 就达到性成熟时的大小。自卵巢排出后, 约需 25 h 通过输卵管各区段, 在子宫内停留的时间大约为 18 ~ 20 h, 蛋壳主要是在这段时间内形成的^[24]。相对于骨骼、肝脏和羽毛等, 整个过程的时间较短, 因此重金属污染物在这一部位的富集时间是比较短的。卵在形成过程中所富集的重金属污染物或者是来源于内脏器官中贮存的重金属, 或者是来源于摄入的营养物质。本研究所揭示的重金属在鹭卵中分布的不均衡, 表明重金属污染物在雌鸟生殖腺以及生殖管道的不同部位中的分泌是有差异的, 卵在子宫中经历的时间虽短, 但分泌

物的重金属残留水平相当高。卵内重金属的富集特征对于进一步研究重金属污染物在动物体内的转移规律具有重要的意义。

致谢 样品采集得到颍上八里河湿地自然保护区的大力支持,样品测试得到安徽大学分析测试中心的桂学琴和严睿文二位老师的帮助。

参 考 文 献

- [1] 黄德军,张迎梅,赵东芹等.重金属镉对花背蟾蜍蝌蚪生长发育的影响.兰州大学学报(自然科学版),2004,40(2):81~83.
- [2] 周中平,彭双清.重金属铅致高血压形成的作用机制.中国预防医学杂志,2004(3):236~239.
- [3] Bergman A, Bergstrand A, Bignert A. Renal lesions in Baltic Grey Seals (*Halichoerus grypus*) and Ringed Seals (*Phoca hispida botnica*). *AMBIO*, 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. *AMBIO*, 2002, 31(6):478~481.
- [5] Hoffman D J, Heinz G H. Effects of mercury and selenium on glutathione metabolism and oxidative stress in mallard ducks. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1998, 17(2):161~166.
- [6] Odsjo T, Roos A, Johnels A G. The tail feathers of osprey nestlings (*Pandion haliaetus* L.) as indicators of change in mercury load in the environment of southern Sweden (1969~1998): a case study with a note on the simultaneous intake of selenium. *AMBIO*, 2004, 33(3):117~121.
- [7] 阮祿章,张迎梅,赵东芹等.白鹭作为无锡太湖地区环境污染指示生物物研究.应用生态学报,2003,14(2):263~269.
- [8] Turle R, Collins B. Validation of the use of pooled samples for monitoring of contaminants in wildlife. *Chemosphere*, 1992, 25:463~469.
- [9] Burger J, Gochfeld M. Biomonitoring of heavy metals in the pacific basin using avian feathers. *Environ Toxicol Chem*, 1995, 14:1233~1239.
- [10] 董元华,安琼,龚钟明等.太湖湿地生态系统有机氯污染的夜鹭生物指示.应用生态学报,2002,13(2):209~212.
- [11] 安琼,董元华,王辉等.不同年龄夜鹭卵中有机氯农药污染的生物指示.环境科学学报,2004,24(1):139~143.
- [12] 龚钟明,董元华,安琼等.无锡鼋头渚夜鹭卵中有机氯农药残留及其环境指示意义.环境科学,2001,22(2):110~113.
- [13] 龚钟明,董元华,安琼.夜鹭卵中的集中多氯联苯(PCBs)的残留特征.中国环境科学,2001,21(2):124~127.
- [14] 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.应用生态学报,2002,13(2):213~216.
- [15] Custer T W, Hines R K, Melancon M J, et al. Contaminant concentrations and biomarker response in Great Blue Heron eggs from 10 colonies on the upper Mississippi River, USA. *Environ Toxicol Chem*, 1997, 16:260~271.
- [16] Elliott J E, Harris M L, Wilson L K, et al. Monitoring temporal and spatial trends in polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in eggs of great Blue Heron (*Ardea herodias*) on the coast of British Columbia, Canada, 1983~1998. *AMBIO*, 2001, 30(7):416~428.
- [17] 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.厦门大学学报(自然科学版),2004,43(3):412~415.
- [18] Kushlan J A. Colonial waterbirds as bioindicators of environmental change. *Colonial Waterbirds*, 1993, 16(2):223~251.
- [19] Nicholson J K. The comparative distribution of zinc, cadmium and mercury in selected tissues of the Herring Gull (*Larus argentatus*). *Comp Biochem Physiol*, 1981, 68C:91~94.
- [20] Berg W, Johnels A G, Sjostrand B, et al. Mercury content in feathers of Swedish birds from the past 100 years. *Oikos*, 1996, 17:71~83.
- [21] 周立志,李进华,尹华宝等.三种重金属元素在鹭卵中富集特征的初步研究.应用生态学报,2005,16(10):1932~1937.
- [22] 郁亚娟,黄宏,王晓栋等.淮河沉积物中重金属的测定和污染评价.环境科学研究,2003,26(3):207~231.
- [23] 黄宏,郁亚娟,王晓栋等.淮河沉积物中重金属污染及潜在生态危害评价.环境污染与防治,2004,26(3):207~208,231.
- [24] 罗克.家禽解剖学与组织学.福州:福建科学技术出版社,1983,134~138.