

舟山渔场鱼类毒物含量与海洋环境污染状况的关系研究

王建跃 仝振东 严剑波

【摘要】 目的 调查舟山渔场内主要经济鱼类中多种常见毒物含量水平,分析其与海洋环境污染状况之间的关系。方法 对舟山渔场生产的主要经济鱼类进行采样、检测分析,综合同时期该海域的海洋环境监测相关资料,通过典型相关分析,评价海洋环境污染和经济鱼类体内毒物蓄积的相关性。结果 舟山海域 9 种经济鱼类体内镍平均含量超过限量值 1.177 倍。1997-2003 年 7 年间舟山渔场 9 种主要经济鱼类体内除部分鱼类中镉、汞外的其他毒物含量水平间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。不同鱼类对各种毒物的富集系数从 101.80 至 71 210.97 不等。经济鱼类与海洋环境中铅、砷含量和六六六、滴滴涕含量两组变量间典型相关系数分别为 0.784、0.808,两者存在典型正相关关系 ($\chi^2 = 20.994, P < 0.01; \chi^2 = 38.017, P < 0.01$)。结论 近年来舟山海域生产的经济鱼类体内除镍外其他毒物的卫生质量指数在正常范围内。不同鱼类对各毒物的富集作用不同,经济鱼类中的毒物含量与海洋环境中相应毒物浓度之间呈现中高度正相关。

【关键词】 毒物; 海洋污染; 经济鱼类; 典型相关

Study on the relationship between contents of poison in fishes and the levels of ocean pollutants in Zhoushan Fishery WANG Jian-yue, TONG Zhen-dong, YAN Jian-bo. Center for Disease Control and Prevention, Zhoushan 316000, China

【Abstract】 Objective To investigate the contents of poison in fishes in the Zhoushan Fishery and to analysis its relationship with the degree of ocean pollution. **Method** Nine kinds of major fishes in the Zhoushan Fishery were sampled and tested. Canonical correlation was conducted to evaluate the correlation between contents of poison in fishes and the degree of ocean pollution. **Results** The average contents of nickel among 9 kinds of fishes exceeded normal value by 1.177 times. No significantly statistical differences were found between the levels of poison contents in nine kinds of major fishes during 1997 to 2003 in the Zhoushan Fishery (the P values are all less than 0.05), except that the levels of cadmium and hydrargyrum in some fishes (the P values are all more than 0.05). The coefficient of fishes accumulated from different poisons ranged from 101.80 to 71 210.97. The canonical correlation coefficients of the variables of the contents of plumbum, arsenic and benzene hexachloride, chlorophennothane between fishes and ocean were 0.784 and 0.808 respectively. Positive correlation between them was shown ($\chi^2 = 20.994, P < 0.01; \chi^2 = 38.017, P < 0.01$). **Conclusion** The sanitary quality indexes of all poisons which had been tested fell in the normal ranges except for nickel. The degrees of poisons accumulated among distinct fishes varied, showing the relationship of medium positive correlation between the poison contents of fishes and the degree of the ocean pollution.

【Key words】 Poison; Ocean pollution; Fishes; Canonical correlation

随着我国加入 WTO,国内水产品因达不到有关国际质量安全标准而出口连连受阻,产品出口的“技术壁垒”、“绿色壁垒”问题日益引起有关部门的重视。舟山地区素以“东海鱼仓”和“祖国渔都”著称,渔业是舟山市的基础产业,也是支撑社会经济发展的支柱产业。近年来海洋环境质量下降,舟山渔

场近海海域鱼类生存环境也发生明显变化,现阶段各种主产经济鱼类中某些毒物含量增加。本研究以舟山渔场出产的主要海洋经济鱼类为研究对象,探讨了主要经济鱼类体内毒物含量与海洋环境污染状况的关系。

材料与方法

1. 材料:

基金项目:卫生部科学研究基金资助项目(98-3-005)
作者单位:316000 浙江省舟山市疾病预防控制中心

(1) 主要经济鱼类样品: 1997-2003 年渔季采集北纬 $26^{\circ} \sim 32^{\circ}$ 、东经 $122^{\circ} \sim 126^{\circ}$ 范围内舟山渔场各海区出产的白姑鱼、鲳鱼、玉鲷、梅鱼、带鱼、鳗鱼、墨鱼、马鲛鱼、小黄鱼等 9 种经济鱼类。同时做好标记, 送实验室于 -21°C 低温保存。样品先去鳃、骨、刺及内脏, 用去离子水洗净, 放入组织捣碎机中捣碎、匀浆, 装入预先用酸处理洗净的塑料杯中, 密封、标记后低温储藏。按样品采集顺序, 以每批 20~25 份进行项目检测。

(2) 渔场海水样品: 由海洋环境监测部门在 1996-2002 年(考虑到海洋毒物蓄积至鱼体内的时间延迟) 渔季于相应海区设立的监测站点, 按照 GB 17378.3《海洋监测规范·样品采集、贮存和运输》的技术标准要求采集, 同时加采一定比例的现场空白样和现场平行样。

2. 方法:

(1) 样品检测方法^[1-3]: ① 鱼类样品中中毒物含量检测方法: 砷(As)测定按照 GB/T5009·11-1996 银盐法; 铅(Pb)测定按照 GB/T5009·12-1996 石墨炉原子吸收光谱法; 镉(Cd)测定按照 GB/T5009·15-1996 石墨炉原子吸收光谱法; 汞(Hg)测定按照 GB/T5009·17-1996 冷原子吸收光谱法; 铬(Cr)测定按照 GB/T14962-1994 石墨炉原子吸收光谱法; 镍(Ni)测定按照《食品生理想化检验标准手册》176 页石墨炉原子吸收光谱法; 六六六(BHC)、滴滴涕(DDT)测定按照 GB/T5009·19-1996 气相色谱法。② 海洋环境样品检测: 海洋环境水样中各相应项目检测按《海水水质标准》(GB 3097-1997)检测。

(2) 质量控制: 样品检测中, 每批同步带入国家标准物质参考样 GB W08001 茶叶成分分析标准物质对各金属毒物检测进行质量控制, As、Pb、Cd、Hg、Cr、Ni 标准差分别为 0.023、0.031、0.005、0.008、0.328 和 0.178; 其中 BHC、DDT 按标准加入法回收率控制, 其平均回收率分别为 95.47% 和 97.84%。检测的样品原始数据均由检测人员和复核人员进行双向复核, 结果数据均采用 Dixon 检验法进行验证、处理。两实验室间检测期间多次进行室间比对以保证数据的可比性。

(3) 数据处理方法: 数据录入采用 Epi Data 2.0 双份校验录入法, 采用 Excle 2002 及 SPSS 11.0 等软件进行统计分析, 其中典型相关分析采用 SPSS

编配的典型相关分析宏程序 (canonical correlation. sps) 进行。

结 果

1. 经济鱼类中各种毒物生物卫生质量指数: 根据生物卫生质量指数计算公式 $P = C/C_s$ (其中 P 为生物卫生质量指数; C 为某物质的实测值; C_s 为相应物质的食品卫生限量标准值) 计算 1997-2003 年舟山海域经济鱼类体内 As、Pb、Cd、Hg、Cr、Ni 和 BHC、DDT 8 种毒物的生物卫生质量指数, $P \leq 1$ 时生物卫生质量指数符合标准, 否则超标。结果显示, 舟山海域 9 种经济鱼类体内 Ni 平均含量超过限量值 1.177 倍, 其余指标均符合生物卫生质量标准。

2. 主要经济鱼类中各种毒物含量变化情况: 据统计分析, 1997-2003 年 7 年间舟山渔场 9 种主要经济鱼类体内除部分鱼类中 Cd、Hg 外的其他毒物含量水平间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。从表 1 可见, 各年间 Cd 在白姑鱼、梅鱼、带鱼、墨鱼、马鲛鱼、小黄鱼体内含量水平呈现逐年升高的趋势, 且各年间差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 可推知 Cd 在各种鱼中含量水平随时间的增长呈现不同程度的升高趋势; Hg 也存在同样的趋势, 但近两年其在各类鱼体内含量水平有不同程度的下降。

3. 海洋环境监测情况: 表 2 显示舟山渔场海水中 Pb、As 等金属和 BHC、DDT 等农药类毒物 1996-2002 年各年间的含量水平, 表明该时期各年间舟山海域上述 4 种主要污染物含量水平间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。可计算出 1996-2002 年舟山海域海水中 Pb、As、BHC、DDT 的含量水平 (\bar{x} , $\mu\text{g/L}$) 分别为 0.334、1.356、2.626 和 2.660。

4. 舟山海域 9 种主要经济鱼类中中毒物含量与海洋环境污染关系:

(1) 各种鱼类对海洋污染物的富集作用: 由表 3 可见各种毒物的富集系数从 101.80 至 71 210.97 不等。

(2) 经济鱼类中中毒物含量与海洋环境污染物的相关性: 本研究分别以经济鱼类与海洋环境中常见的 Pb、As 金属毒物及 BHC、DDT 农药毒物含量水平为变量, 通过典型相关分析, 拟合了经济鱼类中中毒物含量与海洋环境污染物含量之间的相关关系, 结果见表 4。

表1 1997-2003 年各年间舟山渔场经济鱼类中主要毒物含量比较($\bar{x} \pm s, \text{mg/kg}$)

年份	Cd					
	白姑鱼	梅鱼	带鱼	墨鱼	马鲛鱼	小黄鱼
1997	0.004 ± 0.003	0.015 ± 0.005	0.012 ± 0.004	0.015 ± 0.003	0.002 ± 0.001	0.006 ± 0.003
1998	0.006 ± 0.003	0.017 ± 0.008	0.014 ± 0.007	0.017 ± 0.002	0.002 ± 0.001	0.008 ± 0.005
1999	0.010 ± 0.003	0.021 ± 0.007	0.018 ± 0.005	0.021 ± 0.005	0.004 ± 0.003	0.012 ± 0.000
2000	0.013 ± 0.003	0.024 ± 0.010	0.021 ± 0.010	0.024 ± 0.007	0.007 ± 0.005	0.015 ± 0.008
2001	0.015 ± 0.003	0.029 ± 0.003	0.026 ± 0.004	0.029 ± 0.010	0.012 ± 0.006	0.020 ± 0.007
2002	0.019 ± 0.010	0.029 ± 0.004	0.044 ± 0.006	0.025 ± 0.017	0.013 ± 0.008	0.018 ± 0.004
2003	0.015 ± 0.002	0.029 ± 0.003	0.024 ± 0.012	0.036 ± 0.011	0.012 ± 0.009	0.021 ± 0.016
F 值	6.441	7.933	15.559	3.058	4.966	2.839
P 值	0.000	0.000	0.000	0.026	0.003	0.035

年份	Hg				
	小黄鱼	白姑鱼	鲳鱼	梅鱼	带鱼
1997	0.008 ± 0.006	0.012 ± 0.005	0.049 ± 0.011	0.008 ± 0.006	0.020 ± 0.006
1998	0.010 ± 0.008	0.014 ± 0.005	0.051 ± 0.017	0.010 ± 0.008	0.022 ± 0.003
1999	0.013 ± 0.007	0.018 ± 0.004	0.055 ± 0.013	0.014 ± 0.003	0.026 ± 0.007
2000	0.017 ± 0.003	0.021 ± 0.005	0.058 ± 0.020	0.017 ± 0.005	0.029 ± 0.010
2001	0.022 ± 0.007	0.024 ± 0.006	0.063 ± 0.009	0.022 ± 0.009	0.034 ± 0.008
2002	0.023 ± 0.004	0.026 ± 0.007	0.035 ± 0.010	0.024 ± 0.004	0.035 ± 0.005
2003	0.018 ± 0.006	0.017 ± 0.003	0.049 ± 0.008	0.022 ± 0.006	0.003 ± 0.006
F 值	3.513	4.530	2.845	5.792	3.907
P 值	0.015	0.003	0.035	0.001	0.008

表2 1996-2002 年舟山渔场海水中主要污染物含量水平比较($\bar{x} \pm s, \mu\text{g/L}$)

年份	Pb	As	BHC	DDT
1996	0.335 ± 0.004	1.335 ± 0.077	2.614 ± 0.081	2.646 ± 0.029
1997	0.331 ± 0.005	1.383 ± 0.009	2.641 ± 0.030	2.642 ± 0.011
1998	0.334 ± 0.003	1.364 ± 0.020	2.646 ± 0.027	2.658 ± 0.011
1999	0.333 ± 0.006	1.354 ± 0.008	2.622 ± 0.010	2.653 ± 0.023
2000	0.335 ± 0.003	1.358 ± 0.007	2.600 ± 0.010	2.686 ± 0.015
2001	0.332 ± 0.005	1.355 ± 0.003	2.601 ± 0.010	2.675 ± 0.044
2002	0.334 ± 0.009	1.345 ± 0.004	2.654 ± 0.010	2.661 ± 0.009
F 值	0.333	1.215	1.900	2.218
P 值	0.914	0.328	0.116	0.071

表3 舟山渔场 9 种经济鱼类主要 4 种毒物的富集系数

鱼类	Pb	As	BHC	DDT
白姑鱼	871.26	1 548.67	1 654.14	1 904.04
鲳鱼	649.70	1 713.13	5 369.38	8 758.57
玉鲷	101.80	3 617.26	6 626.05	3 046.46
梅鱼	101.80	1 564.90	6 092.92	22 856.05
带鱼	622.75	1 382.01	5 178.98	7 996.95
鳗鱼	1 479.04	9 166.67	7 616.15	6 473.72
墨鱼	889.22	5 426.25	16 146.23	71 210.97
马鲛鱼	467.07	1 069.32	6 816.45	3 046.46
小黄鱼	1 137.72	2 151.92	2 513.33	761.61

通过典型相关分析发现,经济鱼类中 Pb、As 含量之间的相关系数为 0.576,提示两者之间存在某种程度的伴随关系;海洋环境中两者之间也存在类似关系。同时统计结果还显示:两组变量间典型相关系数为 0.784,冗余度分析结果表明该相关系数能解释原变量变异的 83.6%,表明两者存在典型正相关关系($\chi^2 = 20.994, P < 0.01$)。通过统计拟合提取出典型变量,其与各组变量之间的转换公式:鱼类组

表4 舟山渔场经济鱼类中主要金属毒物、农药毒物与海洋环境污染浓度相关性分析

分 组	两组单变量间相关系数								
		鱼 类				海洋环境			
		Pb	As	BHC	DDT	Pb	As	BHC	DDT
鱼类	Pb	1.000				0.718	0.445		
	As		1.000			0.517	0.693		
	BHC			1.000	0.306			0.836	0.300
	DDT				1.000			0.281	0.772
海洋环境	Pb					1.000	0.495		
	As						1.000		
	BHC							1.000	0.253
	DDT								1.000

注:金属毒物典型相关系数 = 0.784, $wilk's \chi^2 = 0.378, \chi^2 = 20.994, P = 0.000$; 农药毒物典型相关系数 = 0.808, $wilk's \chi^2 = 0.411, \chi^2 = 38.017, P = 0.000$

$F_1 = 0.919Pb_1 + 0.414As_1$; 海洋环境组 $O_1 = 0.773Pb_2 + 0.591As_2$ 。同理可知两者存在典型正相关关系($\chi^2 = 38.017, P < 0.01$), 但 BHC 与 DDT 之间未表现出象 Pb、As 间同等程序的伴随关系。通过统计拟合提取出典型变量, 其与各组变量之间的转换公式: 鱼类组 $F_2 = 1.300BHC_1 + 0.414DDT_1$; 海洋环境组 $O_2 = 0.773BHC_2 + 0.591DDT_2$ 。

讨 论

本研究描述了 1997-2003 年舟山渔场 9 种主要经济鱼类中 8 种主要毒物含量水平。从结果分析可知 7 年间舟山渔场主要的经济鱼类中各种毒物含量除 Ni 外均未超出现行国际限量标准, 而 Ni 在各品种、各种规格鱼类中的含量均超出国标限量, 提示我们应关注海洋环境中 Ni 的污染问题。本次研究发现舟山海域 9 种经济鱼类对海洋中各种污染物的富集作用均很强, 但不同鱼类对各种毒物有不同程度的富集作用。其中 9 种鱼类对 BHC、DDT 等农药类毒物的富集作用尤其显著, 墨鱼对 DDT 的富集系数高达 71 210.97, 马鲛鱼对 As 有较小的富集作用, 墨鱼表现出对 BHC、DDT 有极强的富集作用, 小黄鱼对两者有弱富集性。同时 7 年间舟山渔场 9 种主要经济鱼类中大部分毒物含量在研究期间未表现出显著变化趋势, 只有 Cd 含量在白姑鱼、梅鱼、带鱼、墨鱼、马鲛鱼、小黄鱼中呈现不同程度的升高, 而 Hg 在小黄鱼、白姑鱼、鲳鱼、梅鱼、带鱼中含量水平各年间存在相同趋势, 但近两年有不同程度的下降。

本研究未发现海洋污染物含量有明显随时间增加的趋势, 可能是由于监测时间短所致。研究中分

别以经济鱼类与海洋环境中常见的 Pb、As 金属毒物及 BHC、DDT 农药毒物含量水平为变量, 通过典型相关分析发现, 经济鱼类中的毒物含量与海洋环境中相应物质浓度之间呈现中高度正相关, 两者中金属毒物和农药毒物含量的典型相关系数分别为 0.784 和 0.808 ($P < 0.001$), 两者标化的典型变量中金属毒物变量: $F_1 = 0.919Pb_1 + 0.414As_1$, $O_1 = 0.773Pb_2 + 0.591As_2$; 农药毒物变量: $F_2 = 1.300BHC_1 + 0.414DDT_1$, $O_2 = 0.773BHC_2 + 0.591DDT_2$ 。

另外, 本研究还发现经济鱼类和海洋环境两组变量内部 Pb、As 含量之间也分别存在某种程度的相关性, 其提示两者间存在着伴随关系, 即两者的污染可能源于同一污染源。而经济鱼类和海洋环境两组变量内部 BHC、DDT 之间则未呈现明显的相关性。这一结果与 Han 等^[4]研究发现贝类中 As 的浓度与铜、锌呈正相关($r = 0.77, 0.77; P < 0.05$)的结果类似。

参 考 文 献

- 1 杨惠芬, 主编. 食品卫生理化检验标准手册. 第 1 版. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- 2 冯志权, 马明辉, 关春江, 等. 长江以北毛蚶体内 Hg、Cd、Pb、As 残留量研究. 海洋环境科学, 2000, 19: 2.
- 3 Krelowska KM. Content of some metals in mean tissue of salt water and fresh water fisher and their products. Nahrung, 1995, 39: 166-172.
- 4 Han BC, Jeng WL, Kao LT. Rock shells as an indicator of As, Cu, and Zn contamination on the Putai coast of the black foot disease area in Taiwan. Ach Environ Contam Toxicol, 1997, 32: 456.

(收稿日期: 2004-04-09)

(本文编辑: 张林东)

· 消息 ·

《中华流行病学杂志》2005 年征订启事

《中华流行病学杂志》是由中华医学会主办的流行病学及其相关学科的高级专业学术期刊、国内预防医学和基础医学核心期刊、国家科技部中国科技论文统计源期刊, 并被美国国立图书馆医学文献联机数据库收录。读者对象为预防医学、临床医学、基础医学及流行病学科研与教学工作者。征稿内容: 重点或新发传染病现场调查与控制; 慢性非传染病的病因学及流行病学调查(含社区人群调查)、干预与评价; 环境污染与健康; 食品安全与食源性疾病; 流动人口与疾病; 行为心理障碍与疾病; 分子流行病学、基因学与疾病控制; 我国西部地区重点疾病的调查与控制等。本刊设有述评、重点原著、疫情监测、现场调查、实验研究、临床流行病学、疾病控制、基础理论与方法、国家重点课题总结、文献综述、问题与探讨等重点栏目。

本刊每期 80 页, 全年出版 12 期, 每期定价 9 元(含邮费), 全年 108 元, 由全国各地邮局统一订阅, 邮发代号: 2-73。本刊编辑部常年办理邮购。地址: 北京昌平流字五号《中华流行病学杂志》编辑部, 邮编: 102206, 电话(传真): 010-61739449, Email: lxbonly@public3.bta.net.cn 欢迎广大读者踊跃投稿, 积极订阅。

本刊编辑部