

砷对金鱼生长及发育影响的初步观察*

滕德兴 罗泽珣

(中国科学院动物研究所)

冶炼金属,硝皮制革,制造染料和农药及某些化学工业,均需用砷,然而砷对于人是一种强毒剂,且是积累性的毒物,小剂量持续地食入后,最终可达致死量(Buchanan, W. D., 1962)。其对鱼类的毒性,依威尔伯(Wilber, C. G., 1969)的综述看来,其说不一,许多报道提出:砷浓度达1或2ppm时,对鱼类即有害。还有人提出,砷浓度大于1ppm时,将对鱼类及饵料生物产生有害的影响。为此,于1974年8月至11月,用金鱼为材料,进行了砷的慢性毒性实验。结果如下。

实验方法

实验分4组进行:第1组将金鱼养在含2毫克/升(2ppm)三氧化二砷(As_2O_3)的砷溶液中;第2组用同浓度的砷溶液养金鱼,但每隔10天喂一次含砷食物,喂食方法是用微型注射器将每条摇蚊幼虫体内注入0.4微克砷,每条金鱼喂注砷的摇蚊两条,每次每条金鱼喂入0.8微克砷,其余各组同时喂以同等条数未注入砷溶液的摇蚊幼虫做对照;第3组将金鱼养在含16毫克/升氢氧化钠(NaOH)溶液中,此组系因用三氧化二砷配制砷溶液时(2ppm)需用16ppm的氢氧化钠,故须设对照;第4组为清水对照。每组实验液总量为40升。每10天换液一次。换水前,曾多次测定第1及第2组的砷含量,其砷含量保持在1.79—2.01ppm之间;另外,四组同时测pH值,第1—3组的pH值在8.1—8.3之间,第4组的pH值为8.0。由此指标

可以看出全部实验所用的实验液浓度基本保持一致。

实验所用的金鱼是本所细胞室自行孵化,幼鱼体重达0.3克左右,体长约17毫米时,供实验用。每组实验用鱼10条,健康程度佳。实验期间喂鲜鱼虫或干鱼虫。每隔10天左右(当时受“四人帮”干扰,难保证定时工作,时间的间隔见表1)称体重和量体长一次,共观察98天,画出体重和体长的生长曲线(图1、图2)。将天数换成对数值($\log X$),将曲线直线化,求出4个组的回归式。用协方差分析对比4个组体重和体长的差异,以分析无机砷对金鱼生长发育的影响,饲养398天后,由中国科学院高能物理研究所协助用中子活化法分析4组鱼肉内的砷含量。

饲养398天后,4组均换成清水,继续观察金鱼是否产卵,所产卵能否孵化,分析砷对于金鱼对繁殖的影响。

结 果

(一) 砷对金鱼生长发育的影响

1. 砷对金鱼在生长发育期间体重的影响

以每组10条金鱼体重的平均值做全组体重的代表值,结果见表1。分别制出4组金鱼在生长发育期间体重增长曲线(图1)。将天数换算成对数值后,使曲线直线化,再求出4个组

* 本项工作承蒙中国科学院高能物理研究所用中子活化法测定了肉内的砷含量;许培礼和谭燕翔等同志协助部分工作;黄玉瑶同志提供了宝贵的意见,特此致谢。

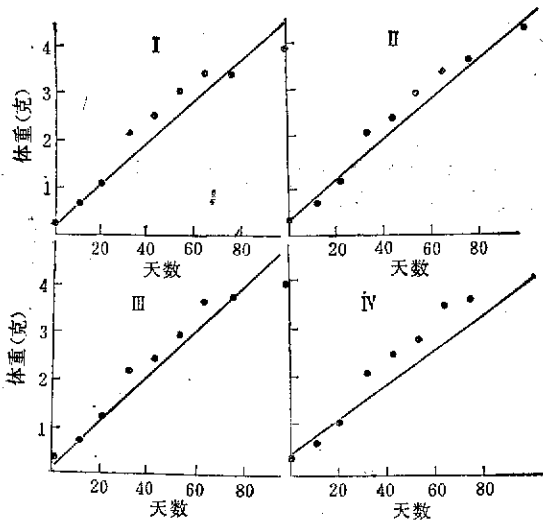


图1 砷对金鱼重量增长的影响

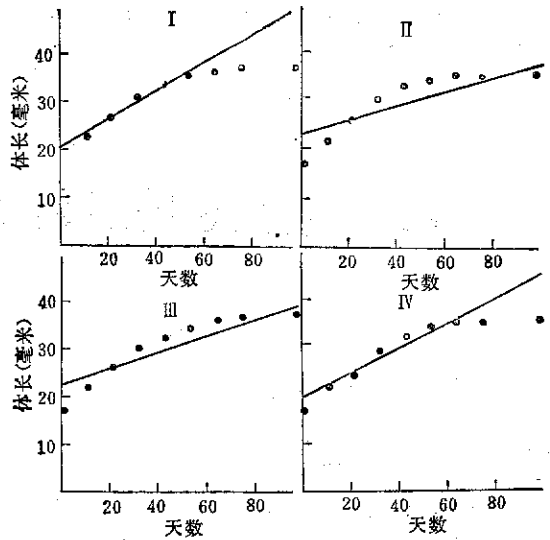


图2 砷对金鱼长度增长的影响

表1 砷对金鱼在生长发育期间体重的影响
(单位: 克)

饲养天数 (X)	第I组 2ppm 砷溶液 (Y ₁)	第II组 2ppm 砷 溶液喂含 砷食物 (Y ₂)	第III组 NaOH溶 液对照组 (Y ₃)	第IV组 清水对照组 (Y ₄)
1	0.29	0.31	0.32	0.32
11	0.69	0.64	0.70	0.65
21	1.10	1.10	1.20	1.10
32	2.20	2.10	2.20	2.10
43	2.50	2.40	2.40	2.50
53	3.00	2.90	2.90	2.80
64	3.60	3.40	3.60	3.50
75	3.60	3.60	3.70	3.60
98	3.90	3.80	4.00	3.90

的回归式如下:

$$\text{I 组: } Y_1 = 1.95 \log X_1 - 0.47$$

$$\text{II 组: } Y_2 = 1.88 \log X_2 - 0.44$$

$$\text{III 组: } Y_3 = 1.95 \log X_3 - 0.45$$

$$\text{IV 组: } Y_4 = 1.91 \log X_4 - 0.46$$

将4个组的回归式进行协方差分析, 结果回归系数(b)的F值为0.20, $F < F_{0.05}$, 表明回归系数无组间差异。进一步检验4个组的回归线高度, F值为0.006, $F < F_{0.05}$, 表明4个组回归线的高度差异也不显著。

2. 砷对金鱼在生长发育期间体长的影响
以每组10尾体长的平均值作为全组体长的代表值, 结果见表2。

表2 砷对金鱼在生长发育期间体长的影响
(单位: 毫米)

饲养天数 (X)	第I组 2ppm 砷溶液 (Y ₁)	第II组 2ppm 砷 溶液喂含 砷食物 (Y ₂)	第III组 NaOH溶 液对照 (Y ₃)	第IV组 清水对照 (Y ₄)
1	17.0	17.3	17.0	17.0
11	23.2	22.6	22.6	21.6
21	26.3	26.3	25.7	24.3
32	31.4	30.3	30.0	29.1
43	33.6	33.6	32.6	32.1
53	35.4	34.8	34.4	34.4
64	36.2	35.6	35.6	35.0
75	36.8	35.9	36.3	35.3
98	37.2	36.3	36.7	35.6

将表2中的4个组数据制图(如图2所示), 将饲养天数换算成对数值($\log X$), 求出4个组的回归式如下:

$$\text{I 组: } Y_1 = 11.16 \log X_1 + 14.83$$

$$\text{II 组: } Y_2 = 10.63 \log X_2 + 15.10$$

$$\text{III 组: } Y_3 = 10.82 \log X_3 + 14.63$$

IV 组: $Y_4 = 10.52 \log X_4 + 14.34$

通过协方差分析 4 个组迴归线的迴归系数 (b) 所求得 F 值为 0.202, 此值 $F < F_{0.05}$, 表明 4 组迴归系数无显著性差异; 另外迴归线的高度, 所求得的 F 值为 0.06, $F < F_{0.05}$, 表明 4 个组迴归线的高度也没有显著性差异。

由此可以看出 4 组的迴归线无论斜率和高度均没有显著性差异, 表明在 98 天的观察中, 砷对于金鱼在生长过程中体重和体长均没有明显的影响。

(二) 经过 398 天实验后砷含量的对比

自 1974 年 8 月 6 日至 1975 年 9 月 8 日的 398 天中, 金鱼饲养于上述 4 个组的砷实验液和对照液里。取鱼肉样品, 由中国科学院高能物理研究所用中子活化法测定金鱼的砷含量, 结果见表 3。

表 3 经 398 天在砷溶液及对照液中饲养后金鱼肌肉内砷含量的对比

组 别	砷含量(毫克/公斤)
第 I 组 2ppm 砷溶液	0.29
第 II 组 2ppm 砷溶液并喂含砷食物	0.34
第 III 组 NaOH 溶液对照	0.10
第 IV 组 清水对照	0.15

由表 3 中可以看出如下的事实:

1. 砷可以在金鱼体内积累, 实验组比对照组的鱼肉砷含量高 2—3 倍。
2. 砷虽能在金鱼体内积累, 然而所积累量的绝对值并不高, 未超过鱼肉食用卫生标准(各国规定的标准不一致, 但均在 0.2—2.0 毫克/公斤)。

取鱼肉样品时, 经大体解剖, 4 个组均未发现明显病变。

(三) 砷对金鱼繁殖的影响

经 398 天实验后, 发现 2ppm 的砷溶液对

金鱼的繁殖并无明显的影响。于 1975 年 9 月 8 日 I 至 IV 组均换成清水, 将每组所剩下的 5 尾金鱼继续饲养观察, 至 1976 年 5 月, 4 个组的金鱼均产卵, 而孵化后, 所孵出的幼鱼发育正常, 并未发现畸形的个体。

讨论与小结

通过本次实验, 可以看出: 2ppm 的砷溶液对金鱼的生长发育 (以体重和体长两项指标为依据), 并无明显影响; 经 1 年以上 (共 398 天) 的时间在砷溶液中饲养, 对金鱼的繁殖也看不出明显影响。这与威尔伯 (Wilber, C. G., 1969) 所提出的: “砷浓度大于 1ppm 时, 将对鱼类及饵料生物产生有害影响” 的论点有出入。

经 398 天在砷溶液及对照液中饲养后, 通过中子活化法进行的金鱼肌肉砷含量的分析, 由表 3 所示, 可以看出两组含砷的试验液中所饲养的金鱼, 肌肉内的砷含量显然高于两对照组, 比对照组高 2—3 倍; 但虽如此, 其积累总量不高, 未达到影响鱼类生长和繁殖的程度, 亦未超过国际一般规定的食用标准。因此, 可以初步认为砷在水中含量达到 2ppm 时, 对鱼类基本无害, 也不影响食用。

另外, 以饲养在 2ppm 的砷溶液中, 并喂以含砷食物的第 II 组金鱼肉含砷量最高。由此看来, 砷可以通过消化道在肌肉内积累。然而, 结合第 I 组的结果看来, 砷主要是通过鳃及皮肤的途径在肌肉中积累。

本次实验, 限于人力与设备, 虽然仅采用一个浓度组 (2ppm), 但也初步对砷对金鱼的毒性及其积累途径有了一些新的认识。

参 考 文 献

- Buchanan, W. D. 1962 Toxicity of Arsenic Compounds. New York, Elsevier.
Wilber, C. G. 1969 The Biological Aspects of Water Pollution. Charles C Thomas, Publisher, Springfield, Illinois, U. S. A.