



利用水生生物监测和指示水体污染

湖北省水生生物研究所

一、藻 类

七十年前,即有用藻类作为水体污染指标的尝试。本世纪的上半世纪,外国藻类学者的主要兴趣在于寻找被生活污水污染水体的指示藻类;其后的几十年围绕着确定特定的指示藻类进行了大量研究,但是,事实证明,仅以某种特殊的藻类去判定水体污染的性质和程度是非常困难的。如一种绿藻——小毛枝藻(*Stigeoclonium tenue*)通常被认为是江河生活污水污染的重要指示生物,很多人都将它作为各种系统有机污染的生物学评价指标;有人开始认为这种藻类是有机污染的 α —中污带的指示者,但后来又认为是腐生性的;还有人把它放在 α —和 β —中污带;或认为它是多污带(严重污染区)的指示生物。小毛枝藻能适应广泛的生态环境,并不限制在典型的有机污染区域。但是相关系数表明它在高营养水体中更为丰富,因此用它作为有机污染的预测时应:(1)要估计此种藻类的相对丰度值;(2)当此种藻类广泛存在时,观察小毛枝藻在春季的出现频率最具有代表性。以后研究指示藻类被研究指示群落所代替。由于群落定量分析的需要,逐渐引进了数理统计方法。

表1所记载的藻类对某些废水毒物的耐受能力,并非是经过深入研究的结论,藻类对废水中的有毒物质的耐受力是个复杂的问题。

有人将聚乙烯的基质取样与天然基质取样对比,研究西北 Miramichi 江系着生硅藻

群落对工矿酸性重金属废水的影响,发现在特定的季节内,绝大多数种的最高丰度只有在一定的 pH 值时才能达到;硅藻群落是 pH 值及其波动范围的可靠指示生物。因而在判断废水处理适当与否是非常有用的。

有趣的是刚毛藻在含汞废水中生长良好。试验表明,刚毛藻能吸收甲基汞,第二天吸收达到最高峰,吸收的最高值为 50 微克/升。有人认为刚毛藻吸收甲基汞是由于汞与硫化物有强的亲合力之故;甲基汞进入细胞后与含巯基蛋白质结合。

二、底栖动物

有人指出,作为指示生物的种类须具备以下特点:(1)必须容易为非专门的研究人员所识别;(2)必须在相当宽的地理区域内、在其所要求的生境中保持丰盛;(3)不论个体大小,在一定情况下必须具有相同的忍耐程度或指示出相同的条件;(4)必须相对地具有较长的寿命;(5)比较固着,至少不会为了避免暂时的不利环境而迅速迁徙。不少人认为底栖动物比较适于作为指示生物,它在分类方面,虽然至今仍有某些混乱,但个体较大,固定后变形少,较便于缺少专门仪器的非专业人员采集观察,这点在今后开展群众性环保工作上尤有价值。它的生命周期一般较长,据我们观察,原产我国的苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)的寿命通常可达一年;软体动物如螺类可达数年。即使是生命周期较短的摇蚊,一年中也只有四个世代。所以它

表 1 藻类对某些废水毒物的耐受能力

种 名	生态特性	对废水毒物的反应
小毛枝藻 (<i>Stigeoclonium terue</i>)	喜污的	抗铜、铬、其他金属毒物、酚
羽纹纺锤硅藻 (<i>Navicula viridula</i>)	喜污的	抗 铜
小异极硅藻 (<i>Gomphonema parvulum</i>)	喜污的	耐 酚
偏缝硅藻 (<i>Navicula palea</i>)	喜污的	抗锌、酚、铬
波纹硅藻 (<i>Cymalopleura solea</i>)	喜污的	抗 酚
梭形裸藻 (<i>Euglena acus</i>)	喜污的	耐 铬
尖尾裸藻 (<i>Euglena oxyuris</i>)	喜污的	抗铬及铝
合群裸藻 (<i>Euglena sociabilis</i>)	喜污的	耐 铬
绿裸藻 (<i>Euglena viridis</i>)	适污的	抗铬,能在酒精蒸馏废水中生长
实球藻 (<i>Pandarina morum</i>)	喜污的	能在造纸废水中生长
脆弱刚毛藻 (<i>Cladophora fracta</i>)	喜污的	超过0.1ppm的铊死亡,但能耐有机有毒物质
普生横隔硅藻 (<i>Diatoma vulgare</i>)	喜污的	在含油污水及造纸废水的出水中出现

们的分布和丰度能传达环境污染的时间信息。另外,常见的底栖动物如颤蚓科 (*Tubificidae*) 寡毛类、软体动物以及一些水生昆虫往往都是作管、营巢或有壳的种类,因而在其生境中的相对位移较小。底栖动物的成员中既有对恶劣环境抗性很强的种类,又有对环境条件变化很敏感的种类,这也有利于对指示生物的探索。基于上述原因,半个世纪以来的污染生态学工作,有许多都是以大型底栖动物为对象来进行的。

表 2 是底栖动物对河流有机物污染作出反应的一个典型例子。可以看出,颤蚓类以

及某些红色摇蚊幼虫是嗜污性动物,而蜉蝣和石蚕蛾(毛翅目)昆虫幼虫则是对污染反应敏感的种类。

颤蚓类普遍见于污染水体,特别是在有机污染严重的条件下其数量的繁茂和种类的单纯,长期以来受到广泛的注意,认为这类动物的种类、数量变动情况是水体污染的有效指标。英国及北美的一些水体调查报告中,提到霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*) 和正颤蚓 (*Tubifex tubifex*) 是最严重污染区的优势种;其他如奥特开水丝蚓 (*L. udekemianus*) 和克拉泊水丝蚓 (*L. clapedianus*) 也能忍受

表 2 Fowlea 溪中排出的污水对 Trent 河水水质和动物区系的影响

Fowlea 溪 入口以下英里数	水 质					底 栖 动 物					
	溶氧量/ 饱和	氨氮(毫 克/升)	BOD ₅ 小 时(毫克/ 升)	Tar acid (毫克/ 升)	CN (毫克/ 升)	颤蚓类	摇蚊幼虫 (红色)	蜉类	软体动物	毛翅目 昆虫	蜉蝣目 昆虫
上游	107	0.2	3.6					5	11	24	7
2	0	9.1	13.0	1.25	0.22	4					
3	31	8.2	10.6	1.0		7					
5	19	14.0	10.3	0.7		未采					
8	34	11.5	8.3	0.4		50	7				
10	41	12.4	6.4	0.2		12	9				
13.5	40	11.5	7.0	0.04		30	24				
17	44	11.5	6.8			25	7	3			
22	64	5.6	4.3			2		7	3		
24	69	6.6	5.2			1		14	1		
27.5	70	3.6	4.9			2		5	24	6	
30	87	2.4	4.6			2		4		26	
35	77	0.9	4.6					7		27	

较严重的污染,而管水蚓(*Aulodrilus*)和河毛蚓(*Potamothenix*)属的种类则是中等污染区的颤蚓类。关于美国密执安湖寡毛类区系的报告中也提到类似情况,指出非污染区有凯斯勒颤蚓(*Tubifex kessleri*);中等污染区有美国管水蚓(*A. americanus*),*Pelosclex ferox*和*Potamothenix moldavienus*;而在严重污染区则是水丝蚓占优势,特别是霍甫水丝蚓。

由于颤蚓类在水体中普遍存在,而且在一定范围内其种群数量随污染的增加而增加,在有些地区可以达到极高的丰度,如伊利诺斯河曾调查到每平方码有350,000条颤蚓,还有报告易伯河受污染后每平方米有1700,000条尾鳃蚓。因而有人主张用单位面积中的颤蚓数量作为水体污染的指标。

但也有人认为单纯用水蚯蚓来评价水质是不够全面的,因而将研究对象扩大到别的类群以至整个底栖动物群落。美国威斯康星州卫生局等单位曾将生物分为三个类型以指示水体污染情况,即:(1)抗污染型(*Resistant forms*),能抵抗缺氧条件,底栖动物包括颤蚓类如颤蚓、食蚜蝇幼虫如*Eristalis sp.*和摇蚊幼虫等;(2)耐污染型(*Tolerant forms*),能忍受某种程度的氧气不足,包括肺螺类(瓶螺,扁卷螺等),划蝓(*Corixa*)等;(3)敏感型(*Sensitive forms*),典型的清水生物,包括毛翅目、蜻蜓目、积翅目的幼虫以及某些腹足类。日本有人在调查某处污染河段后认为:水丝蚓是严重污染区的优势种,摇蚊和四节蜉(*Baetis*)幼虫见于弱污染区;而毛翅目、其他蜉蝣、积翅目等昆虫幼虫则生活于水质清静区域。

除了象上面那样根据动物种类的更迭来评价水质污染程度外,还有主张用数量表示的办法即求出某种“指数”来表示污染情况。一个简易的数量指标——生物指数(*Biotic index*),公式为:

$$\text{生物指数} = 2(n\text{I类}) + (n\text{II类})$$

上式: n 是大型无脊椎动物的种类数(I或II类);

I类是生活于无明显污染条件的种类;

II类是忍受中等程度污染但非完全缺氧条件的种类。

根据美国佛罗里达州卫生局的经验,水体的生物指数净水为10—40,中等有机污染时为1—6,重污染区为0。

污染指数的另一个简单表示方法是:颤蚓类数量占整个底栖动物数量的百分比。假如颤蚓类占80%或更高时,就表明存在严重的有机污染或工业污染,若低于60%时,就大体上表明水体情况良好。

近年来,讨论得比较多的是群落的多样性指数(*Diversity index*)的问题,所谓多样性指数,实质上就是群落中的种数与个体数的比值。由于水体遭受污染后,群落中往往出现种类减少而某些抗性强的种类的个体却大量增加的倾向。不同污染区的上述比值也就不同,从而可以用这种指数来反映污染的情况。

首次提出的多样性指数公式为:

$$\bar{d} = \frac{(S - 1)}{\log eN}$$

式中 S 为种数 N 为个体总数

上面的公式是简单的,但缺点也是明显的,由于只考虑了 S 和 N 两个参数,因而当计算不同群落的 $\bar{d}$ 时,只要它们的种数和个体数彼此相等,就会得出相等的 $\bar{d}$,这样就掩盖了不同群落中种间个体数量的相对差异性。而且 $\bar{d}$ 值与样品的大小有关。为了克服以上缺点,有人给多样性指数的计算提出另一方程式:

$$\bar{d} = - \sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

式中: N 是样品中出现的总个体数

n_i 是样品中第 i 种的个体数

一般说来,这个方法优于前者,同时还可进一步求出多样性指数的最大、最小值,从而获得区间估计量。但也有人对多样性的概念提出过一些批评,并主张使用另外的表示方法。

十多年来,我们在大型底栖动物方面做过一些调查研究,初步看出我们的水体中,有不少情况与国外的报导是相似的。在种类方面,1960年在东北松花江的污染区域(既有生活污水,也有工业废水)进行过调查,看出底栖动物的优势种也是正颤蚓和霍甫水丝蚓。长江流域未见到正颤蚓的分布,霍甫水丝蚓就成为这些地区最突出的污水种。颤蚓类的种群密度方面,在武昌东湖的一些接纳生活污水较多的湖湾,每平方米有颤蚓类百条至数百条;在紧靠武汉市的一些长期排灌污水的湖圪,每平方米颤蚓类可达千条至数千条不等;个别污染特别严重的水体,每平方米颤蚓类甚至高达25,000条左右,且绝大部分都是霍甫水丝蚓个体。但是这种情况只大体上适用于淤泥底、湖水较浅的水体。在底栖动物群落方面,我们也曾注意到由于一定程度的污染而引起群落组成改变的现象。以武昌东湖为例,随着周围工厂、机关的逐年增加,加大了生活污水的排入量,加速了湖泊的富营养化;另一方面,近年来对于水草的过度利用,又降低了湖泊的自净能力,因而使敏感型底栖动物显著减少。六十年代初期我们曾在湖区找到过13种毛翅目昆虫,而现在则连比较普遍的 *Ecnomus* 和 *Setodes* 属的种类都已不易见到;寡毛类的种类也有减少的趋势,但其中颤蚓类的种群密度在近年来却增加了。可以看出,污染引起环境因素的改变已经在动物的分布和丰度上反映出来。

工业毒物对水体污染与一般有机物污染性质不同,底栖动物对这两类污染的反应也就有所不同。有机污染的基本问题在于引起水中缺氧,加上某些条件的改变而使一些种类无法忍受,所以群落中种类减少,但有机污染又为耐性强的种类提供了丰富的能源,因而少数种类得以大量增殖起来,使个体数量达到很高的丰度。和有机污染不同,有毒物质直接对所有种类造成毒害,假如浓度到达一定的水准时,不论何种毒物都可能消灭任何

种类的动物。但当其浓度通过水流稀释、底质吸附作用等而逐渐降低时,耐性最强的种类便重新出现。然后视动物耐性的大小逐步出现别的物种,使群落的多样性又逐步扩大。在一些生态系中也可能出现某个种类数量增加的情况,这是由于毒物除去了一些敏感的种类,从而使抗性强的物种在较少竞争者的条件下得以发展。因而不论是敏感种类的消失还是抗性种类数量的增加,在一定程度上都有希望作为存在某种毒物的生物指标。

重金属 有人研究过某河铜污染对生物区系的影响,指出铜厂上游河段每平方米有颤蚓类2752—5000条以上,红色摇蚊幼虫238—2400条,铜厂下游河段中,水中含铜量0.6—1.2 ppm时,所有底栖动物均消失,只存在4种硅藻,2种绿藻和1种蓝藻;10哩后,铜的浓度下降至0.12ppm时,开始出现小型绿色摇蚊幼虫和少数毛翅目、蜉蝣目昆虫,30哩以后才出现少量软体动物,而颤蚓类和红色摇蚊幼虫都并未重新出现。这似乎说明颤蚓类以及红色摇蚊幼虫对铜污染缺乏抗性。还有人认为寡毛类以及一些体质柔软的种类(扁虫、软体动物、蛭类等)对重金属离子的耐性较节肢动物为低。但是一些实验结果表明这种看法并不完全符合实际,除软体动物和某些扁形动物抗性的确很低外,资料表明寡毛类的抗性并不低。毒性试验发现颤蚓类(正颤蚓和霍甫水丝蚓不成比例混合)对铅和锌有很高的耐性,对铅的24小时平均忍受限当pH为6.5时是9ppm, pH为8.5时是27.5ppm。锌的平均忍受限当pH为7.5时是46ppm。还有试验也曾证明正颤蚓对铜和铅的混合毒液有很高的忍受限,溶液中铜含量高达1885ppm时仍能存活略长的时间。因此可以认为,上述某河水中铜的含量在历史上曾经出现过相当高的浓度,而颤蚓类的消失就传达了这样的信息。

对遭受铅矿污染的河流进行研究后指

出,软体动物和鱼类对溶解性铅盐的毒性极敏感;并认为软体动物的消失是溪流遭受铅矿污染的第一个指标.另一条河中调查铅污染对动物区系的影响时也得到相同的结论.实验证明软体动物是对重金属离子高度敏感的动物,以一种瓶螺(*Physa heterostroph*)为例,当温度为 $70 \pm 2^{\circ}\text{F}$, pH 大于 7 时,对铜的 96 小时平均忍受限,成体为 0.069ppm (硬水);幼体为 0.034ppm (软水)及 0.05ppm (硬水).对锌的 96 小时平均忍受限,成体为 1.11 ppm (软水)及 3.16ppm (硬水),幼体则为 0.434ppm (软水)及 1.70ppm (硬水).

农药 甲壳类对杀虫剂很敏感,1ppb 浓度的滴滴涕就可使虾类致死或昏迷.在水生昆虫方面,据记载,每英亩喷洒 1 磅滴滴涕时,水生昆虫的个体数减少约 50%,体积减少 43%;施药后各类昆虫的减少情况为:摇蚊 62%,蠓 49%,蜉蝣 65%,石蝇 47%,石蚕 60%.第一年 6 月施药,次年仲秋时,摇蚊、蠓和蜉蝣种群即有明显恢复,而对毛翅目则有较大影响.还有一些报告也提到农药对毛翅目的影响最为严重.如在一山间小溪中施放滴滴涕,其浓度只有 4—11ppb,在短期内即将石蚕幼虫全部消灭,在以后一段时间中还看到石蝇和蜉蝣死亡.

与昆虫相反,蠕形动物一般说来对农药都有较高的耐性,受绵羊消毒药水(含六六六)污染的小溪中,据调查出现许多寡毛类如正颤蚓、带丝蚓(*Lumbriculus variegatus*),还有 *Eiseniella tetraedra* 和仙女虫(*Nais* sp.)的个体;另外还有一些三肠类涡虫如 *Crenobia alpina* 和 *Polycelis felina*,而昆虫和甲壳类则几乎绝迹.毒性试验也表明寡毛类、蛭类对有机氯农药有很高的耐性.滴滴涕对颤蚓简直无毒,它们可以存活在 100ppm 以上的溶液中;日本医蛭, *Hirudinaria manillensis* 和 *Poecilobdella* sp. 对滴滴涕的百分之五十死亡浓度在 100ppm 以上.寡毛类对毒杀芬的耐性

也比昆虫大,密执安州二个湖内曾施放毒杀芬(剂量 0.1ppm)以除去野杂鱼,结果只有软体动物(珠蚌科、豆蛭科和腹足类)及颤蚓类未受伤害.在科罗拉多州北部水库中施放毒杀芬和鱼藤酮时,发现 0.1ppm 浓度的毒杀芬三天内将摇蚊幼虫全部毒杀,对幽蚊幼虫(*Chaoborus*)影响较小,对寡毛类则无影响.寡毛类对其他农药的耐受限有高有低,但总的看来仍比昆虫高.当前普遍认为若水体中蠕虫比节肢动物的数量相对说来大为丰盛,且蠕虫种类的多样性又大的话,往往就指示出水体受到了杀虫剂的污染.

从以上的论述大体可以看出,一些耐有机污染的种类往往也是对有毒物质抗性较强的种类,反之亦然.近年来,从我们对某些明显遭受工业毒物污染的水体调查中也基本上看到了这样的相似性.在这些水体中,颤蚓类往往也是大量发展,且种类比较单纯,以数种水丝蚓占优势,也有一些管水蚓;在昆虫方面,以一些摇蚊幼虫为主;同时也有少数肺螺类软体动物.

综上所述,在底栖动物方面,我们对于今后的工作提出几点看法:

1. 在耐有机污染的动物类群中探索能指示毒物污染的种类 施用有机肥料以提高水体生产力是我国的传统方法,故一定程度的有机污染对我国来说并不造成公害,因此对于生物指标的探索无疑应着重于工业毒物的污染方面.但是,正因为许多容易遭受毒物污染的水体早已高度富营养化,许多敏感动物早已不能生存,因此即使它们有可能准确指示毒物的存在,在这样的水体中也无法发挥作用.同时,当前工业废水中通常都包含大量的有机排出物如生活污水等,故有机污染和毒物污染在实际上往往是同时存在的.因此用移入某种敏感生物以监测毒物污染的方法也不一定有效,因为它们很可能在尚未对毒物污染作出反应时就由于无法忍受有机污染(如引起缺氧)而死亡.因此,我们认为,

在耐有机污染的动物类群中寻找那些“指示”毒物污染的种类,是当前解决我国污染生物指标问题的较为切实可行的途径。

2. 在生物学结构的各个层次上去探索污染生物学指标 由于废水可能包含有机物和毒物两方面的成分,因此,在污染问题上如果我们只停留于研究动物在丰度和分布方面的反应,就可能仅仅得到有无污染的简单结论,而难于搞清楚是什么性质的污染。要指示出污染的性质,在我们看来,除了研究动物的种类数量变化以外,还要探索由于污染而引起的其他生物学改变。这种改变可在生物学结构的任何层次上一细胞、个体、种群、群落出现。例如曾报导牡蛎和蚌类幼体的非正常发育是毒性的灵敏指标。就淡水底栖动物而言,我们还缺乏这方面的资料,但可以从一些现象上得到某些启发。水丝蚓在不同环境中有不同的“型”,在污水中就常常出现大量所谓 *parvus* (小)型的个体;尾虫虫(*Dero*)或管盘虫(*Aulophorus*)的鳃盘及鳃的结构常因环境的改变而出现很大变化;摇蚊(如 *Teny-pus*)的体色也有很大的变异幅度。如果我们深入研究这一类情况,也许能通过比较形态学的方法摸索出一套较能有效指示毒物污染的生物学指标。

3. 加强底栖动物污染生态的调查研究工作 关于这一点我们认为有三个方面的工作应该加紧进行。第一是对目前尚未遭受明显污染的水体进行调查,取得底栖动物的本底资料,以便同已污染的相似水体进行比较,也便于今后该水域遭受污染时对生物前后情况进行对比分析。第二是对不同污染性质(如重金属、农药等)的水体作广泛调查,收集底栖动物在不同污染条件下出现的种种反应,以便通过比较分析,从错综复杂的现象中摸索出指示某类物质污染时的关键性反应。第三是扩大国内的调查地区,因为我国幅员辽阔,不同地区的底栖动物区系差别很大,自然环境也颇不相同,只有通过广泛的调查,才有

可能求得较有普遍意义的污染生物学指标。

三、鱼 类

鱼类急性中毒试验可测定鱼在短时间内(一般为 48—96 小时)的死亡率,以便结合水体的稀释能力,预报污染可能造成的危害,而采取相应的预防措施。这种生物检测法,国外仍在大量应用,重点放在重金属、农药、石油化工和表面活性物质等废水的致毒作用上。近年来,在各种毒物毒性普查的基础上,加强了关于各种理化因素(水温, pH, 硬度, 溶解氧等)对毒物影响的研究,两种或多种污染物混合后的毒性的研究,不同鱼类、不同生活阶段对污染物质的敏感性的研究。

以制定安全浓度为目的的慢性中毒试验,能弥补急性中毒试验结果在实际上应用的困难。这类性质的慢性中毒试验一般从幼鱼开始,以 4—5 个不同浓度的污染物质和 1 个对照试验在实验室条件下养到性成熟和产卵、孵化,鱼苗再养 90 天为止。整个试验历时 10 个月到一年以上。从试验开始的 1—2 个月起计算生长率,以后分别计算产卵率、孵化率和鱼苗存活率,数据均用统计处理。不同作者对铜、锌、镉、马拉硫磷、西维因和洗涤剂慢性中毒试验的主要结果见表 3。

从表上马拉硫磷对两种不同鱼的试验可以看出,同一种毒物对不同的鱼类,毒性差别很大,但应用因子却相当接近。这便表明有可能从那些能在实验室里进行这类试验的种类得出的应用因子 $\left(= \frac{\text{安全浓度}}{\text{平均忍受限}}\right)$,乘以那些不能在实验室里作这类试验的鱼的平均忍受限值(或同一种鱼在另种水里的平均忍受限值),便能估计出另一种鱼(或另一种废水)的安全浓度。例如在某一种废水(X)中某种鱼(A)的平均忍受限值为 100 毫克/升,慢性中毒试验所得的安全浓度为 5 毫克/升,最低不安全浓度为 10 毫克/升,则其应用因子幅度为 $5/100 - 10/100 = 0.05 - 0.1$,通过同样

表3 几种毒物对鱼类的慢性中毒试验

毒 物	试验鱼	96小时平均 忍受限 (毫克/升)	安全浓度 (毫克/升)	最低不安全 浓度 (毫克/升)	应用因子幅度	最敏感反应
铜	鲱鱼	0.43	0.015	0.033	0.03—0.07	产卵率
锌	鲱鱼	9.2	0.03	0.18	0.003—0.02	产卵率
马拉硫磷	鲱鱼	10.45	0.02	0.58	0.019—0.057	畸 形
马拉硫磷	蓝鳃鱼	0.110	0.0036	0.0074	0.043—0.090	畸 形
洗涤剂 LAS	鲱鱼	4.5	0.63	1.2	0.14—0.28	鱼苗存活率
西维因	鲱鱼	9	0.21	0.68	0.023—0.075	产卵率孵化率
镉	鲱鱼	7.2	0.037	0.057	0.005—0.008	胚胎孵化率

的试验得知另一种鱼(B)在同样的废水(X)中的应用因子幅度为0.04—0.08,那么A,B两种鱼在X水中应用因子的总幅度为0.04—0.1,取其低限0.04为准;现在假定鱼类C,D和E在X水中只做过急性中毒试验,其平均忍受限值分别为200毫克/升,50毫克/升和10毫克/升,那么在不能进行慢性中毒试验的情况下,可将各平均忍受限值乘0.04,得出C、D、E种鱼在X水中的安全浓度分别为8毫克/升,2毫克/升和0.4毫克/升。又假定C种在另一废水(Y)中的平均忍受限值已知为25毫克/升,在不进行慢性中毒试验的情况下,C种在Y水中的安全浓度就可按 $25 \times 0.04 = 1$ 毫克/升计算。

毒物对某种鱼类全生活周期的慢性中毒试验提供了制订安全浓度最可靠的资料。但是,这类试验需要的时间相当长,这就提出了用短期检测的方法预报长期影响的必要性。这方面的试验(着重在安全与最低不安全浓度之间进行试验)近年来在国外进展较快,主要研究水质变化引起鱼类在行动习性、生理活动、生化指标、形态变化及病理等方面的改变。

比较明确提出可用于水体污染生物监测的项目有:

1. 活动型式的变化,用于监测重金属污染。
2. 游泳行为的变化,用于监测热污染。
3. 呼吸频率和咳嗽频率的变化,用于监

测重金属、农药、造纸等废水。

4. 条件反射活动的变化,用于监测金属、农药等污染。

5. 鱼脑胆碱酯酶的变化,用于监测有机磷农药污染。

下面是部分例子:

英国 Trent 河水质监测系统中包括了鱼,将河水泵入水族箱,用光电装置记录鱼的活动型式;多年来也用鱼监测了 Lea Marston 附近的“河流净化湖”出水的毒性。

欧洲的 Emscher 河(工业出水河)与 Lippe 河(工业用水河)都广泛应用鱼类以查明有毒废水(两河都流入莱茵河)。监测站用金鱼放在稀释的河水中作毒性试验,如毒性过高,就立即采取措施使河水中的毒物达到必要的稀释度。

在美国大西洋沿岸曾用鱼脑胆碱酯酶活性的测定监测有机磷农药污染,认为此法既简易(一人一天可测25个样品),结果又明显,如能定期取样,不仅可以监测污染程度,而且可以监测污染范围的扩展。

有人根据鱼的活动型式(用光束遮断法)检出锌的致毒最低浓度为2.93—3.65毫克/升,根据呼吸信号(用多种描记器记录)检出的是2.55毫克/升,因此建议将鱼的活动型式和呼吸信号结合监测。

毒物在食物链上的积累和转移问题,愈来愈受到人们的关心。水生生态系中的“初级生产者”(藻类和高等植物)直接从水和空气

里把某些毒物吸收到体内,而依次各营养级上的各种动物,主要是通过食料生物而把毒物摄入体内,进一步浓缩和积累起来,再通过食物链(或食物网)转移到最后一个营养级(主要是鱼类和贝类),后者被人们食用后,就会危害人体健康。近年来国外关于鱼体残毒和毒物在生物体内浓缩、积累、转移以及毒物引起鱼的组织学、病理学、组织化学和细胞培养方面的改变都有研究报告。

在鱼类方面,对于今后的工作,提出几点看法:

1. 以鱼为对象的生物检测,国内、外都已做了大量工作,目前尚待解决的问题:一是如何结合我国情况,使检测工作规范化,以便生产部门广泛使用;二是生物检测的结果如何应用于保护天然水体的问题。目前采用的应用因子为 96 小时平均忍受限值的 0.1—0.01,“因子”本身就有 10 倍的差幅,所以在应用因子的选择上,有进一步提出科学依据的必要。此外,诸如理化因素对毒物毒性影响,两种以上毒物的混合毒性以及比较不同种类的鱼和同种鱼不同发育阶段对毒物的耐受性等方面的工作也急需开展。

2. 鱼类作为水污染监测手段,应着重于研究能预报长期影响的短期测试方法,即建立早期警报系统,以便于在形成污染之前,有关部门即能采取措施,防患于未然。这方面

我们已经有了良好的开端,如有机磷农药污染引起鱼胆碱酯酶活性的降低,水质变化引起鱼类的回避反应,均可作为污染监测手段。研究在亚致死毒物浓度下,鱼类行为习性、生理、生化、病理等方面的改变,用作污染监测是值得探索的方向。

3. 要深入开展毒物在食物链上积累、转移规律的研究。有些在环境中难于分解的化合物,如滴滴涕、六六六、聚氯联苯等,即使在环境中的浓度不致引起急性中毒,也可通过食物链在生物体内逐级浓缩、放大,从而引起慢性中毒,危害人体健康。汞、镉等重金属也可通过水环境和食物链进入人体,致使出现神经中毒,骨萎缩、弯曲、软化等症状。通过实验研究,找出生物吸收这类毒物的途径、吸收效率、排泄和代谢速度等规律,从而做到监测污染防止危害,保护人民身体健康。

4. 继续开展天然水体鱼类污染生态的调查。实验研究和野外观察是控制污染的两个不可缺少的手段。离开了野外观察的实验研究往往陷于无的放矢,也无法检验其应用的效果。只作野外观察而不注重必要的实验研究,往往也难于阐明规律,解决问题。生物检测、生物监测的工作,最终还是要回到天然水体中去得到检验。开展鱼类污染生态的调查,寻求水质状况与鱼类种群之间的关系,也许能取得指示水污染最直接的“信息”。

* * *

(上接第 3 页)我们还有许多工作要做。除了旧社会的遗迹和我们在建设中缺乏经验之外,刘少奇、林彪反党集团,特别祸国殃民的王洪文、张春桥、江青、姚文元“四人帮”的干扰破坏,在我国政治上、经济上,也在环境保护方面造成了严重危害。

现在,八亿中国人民正在英明领袖华国锋主席的领导下,深入揭发批判“四人帮”的滔天罪行,肃清他们在各个方面,包括在环境保护方面的流毒。全国各族人民意气风发、斗志昂扬,抓纲治国,全国形势一片大好。我们将继续沿着社会主义大道奋勇前进。我国的环境保护也将出现一个新的局面。

我们在保护和改善环境方面虽然做了一些工作,但是,我们还缺乏经验、缺乏知识,工作中还存在不少缺点。我们还要继续努力,并且愿意向各国学习一切好的做法和经验。我们已经学习了一些,我们今后还要继续学习,以便把我国的环境保护工作做得更好一些。谢谢。