

几种河口生物对天津市污水及其若干组分的回避反应*

吴玉霖 崔可铎 赵鸿儒 侯兰英 娄清香
(中国科学院海洋研究所)

综合污水包括工业废水、生活污水和农业废水(含化肥、农药等)。据统计, 每年排入渤海湾的工业废水达 5.28 亿吨, 生活污水 1.4 亿吨, 它们绝大部分经排污河流入海, 造成了河口海域的污染。

鱼类等海洋生物具有敏锐的嗅觉和味觉, 在体表上亦分布有许多化学感受器, 能够感知许多低浓度的化学物质, 并发生回避反应, 这是海洋生物对水环境污染的一种保护性反应。我们利用梭鱼 *Mugil so-iuy*、鲈鱼 *Lateolabrax japonicus*、罗非鱼 *Tilapia mossambica* 和对虾 *Penaeus orientalis* 等几种河口生物对天津市南、北排污河综合污水及其主要有机污染物的回避反应进行了试验研究, 探讨综合污水及其几种主要有毒组分对海洋生物的毒性效应, 为海域环境管理提供科学依据。

一、材料与方 法

1. 试验装置与材料

选用国家水产总局太湖水产增殖科学试验基地姜礼燧设计的 TL-81 型鱼类回避槽, 其结构如图 1 所示。回避槽总长 110 cm, 高 18cm, 分四个支槽, 每个支槽长 40cm, 宽 10cm, 排水孔离槽底的垂直高度为 6cm。

试验用的综合污水于 1984 年 8,9 和 10 月份取自天津市南排污河万年桥附近和北排污河靠近黄港水库的河段。排入南、北排污河的主要有机污染物见表 1。南、北排污河污水中几种主要污染物的含量经测定列于表 2。

表 1 排入天津市南、北排污河的主要有机污染物总量 (t/a)

排入总量 排污河	污 染 物									
	甲醛	乙醛	丙烯醛	五酚氯钠	酚	硫化物	甲醇	乙二醇	阴离子表面活性剂	COD
南排污河	115	156.96		105	50	165	247.68	231.12	96.29	111 519
北排污河	23		0.55		98.3					23 332

注: 本表数据由塘沽区环保监测站提供。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1341 号。
收稿日期: 1986 年 6 月 24 日。

表2 天津市南、北排污河污

采样地点	pH 值	总碱度(°)	氯化物	重铬酸钾 耗氧量	氨 氮	亚硝酸氮	磷酸盐	石 油
北排污河	9.0	25.14	697	110.4	9.0	0.027	0.054	0.80
南排污河	8.3	131.30	7435	37.7	2.4	0.025	0.35	0.35

注: 1984年8月27日采样, 样品由塘沽区环境保护监测站分析测定。

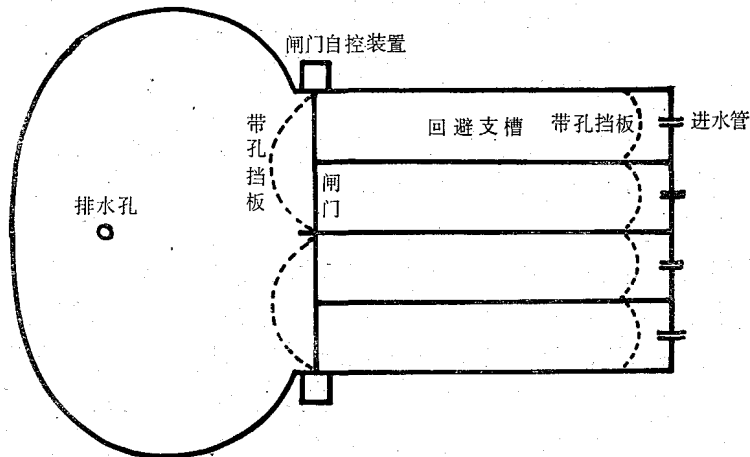


图1 TL-81型鱼类回避槽

试验用海水的几种主要水质指标见表3。

表3 试验用海水水质

试验时间, 地点	S(‰)	T(°C)	DO(mg/L)	pH 值
1984年8—10月, 塘沽	25.0	18—27.5	7.4	7.3—8.4
1985年6—8月, 青岛	34.0	20—27	6.5—7.0	8.0—8.1

在现场对综合污水的回避试验中, 供试生物有梭鱼(体长 6.9—10.2cm, 体重 3.2—8.0g)、鲈鱼(体长 5.5—8.3cm, 体重 3.0—7.0g)、罗非鱼(体长 6.0—8.6cm, 体重 5.3—12.5g), 均取自塘沽北塘养虾场和青砣子养殖场。对单一有机污染物的回避试验中, 供试生物有梭鱼(体长 6.5—8.7cm, 体重 3.0—5.7g)、罗非鱼(体长 5.3—8.2cm, 体重 3.5—9.3g)和对虾(体长 5.6—7.8cm, 体重 1.1—3.0g), 主要取自青岛及其附近地区。

2. 试验步骤

回避槽分为两组(每组两个支槽), 每组放鱼(或对虾) 10 尾, 用新鲜海水驯养约半小时, 待生物活动较为自然和适应后, 在每组的两支槽内分别放入试验溶液(或污水)和新鲜海水(作为对照), 流量均控制在每分钟 500mL, 10min 后正式开始试验, 每次试验 10min, 记录下清水槽和试液槽内的生物个数, 重复试验 8 次, 按下式进行数据处理:

$$\text{回避率} = \frac{E - A}{T} \times 100\%$$

水中主要污染物含量 (mg/L)

酚	氰化物	砷	汞	铬	铅	锌	镉	666	DDT
0.028	0.01	0.01	0.0001	未检出	未检出	0.016	未检出	0.0015	未检出
0.116	0.008	未检出	0.00012	未检出	未检出	0.009	未检出	0.0154	未检出

E 为进入清水槽内的生物个数, A 为进入试液槽内的生物个数, T 为进入清水槽和试液槽内的生物总个数。

根据回避率与试液浓度之间的关系, 计算线性回归方程, 并作图, 得出 50% 回避率浓度。

二、结果和讨论

1. 鱼类对综合污水的回避反应

试验结果表明, 两条排污河综合污水均引起鱼类的行为回避反应(见表 4), 说明这些污水对鱼类的正常生命活动是有害的。其中南排污河污水的毒性效应要比北排污河的高得多。以 1984 年 10 月的试验结果为例, 梭鱼对 50% 浓度的北排污河污水的回避率仅为 5.08%, 而对 5% 浓度的南排污河污水的回避率达 51%。这与排入南排污河的废水组分多、浓度大有关(见表 1)。我们从两条排污河综合污水对梭鱼、鲈鱼和罗非鱼急性致毒试验结果(见本集崔可铎等文), 可以看出, 南排污河污水对鱼类的 24h TLm 值均比北排污河污水低, 例如 10 月份, 南排污河污水对梭鱼的 24h TLm 浓度值为 15% 左右, 而北排污河污水的 24h TLm 浓度值却大于 60%。两种试验结果一致显示出南排污河污水的

表 4 生物对南、北排污河综合污水的回避率(%)

污水来源	采样日期	污水浓度 (%)	回避率		
			梭鱼	鲈鱼	罗非鱼
南排污河	1984年9月	12.5	-8.8	22.2	26.8
		25.0	12.1	30.0	17.6
		50.0	34.5	30.6	28.8
	1984年10月	1.0	5.9		
		2.5	32.3		
		5.0	51.0		
北排污河	1984年8月	12.5	-4.4	-32.4	
		25.0	3.2	5.0	
		50.0	16.7	9.1	
	1984年10月	12.5	-6.9		
		25.0	1.4		
		50.0	5.1		

毒性比北排污河高。

2. 鱼类对不同季节污水回避反应的差异

通过试验表明,鱼类对不同季节污水的回避反应有着明显的差异。1984年8月是丰水期,天津地区连降大雨,南排污河水泛滥,致使污水浓度大大降低,鲈鱼、梭鱼和罗非鱼对50%以下各浓度的南排污河污水的回避率接近于零。9月,雨量减少,污水毒效明显上升,上述三种鱼类对50%浓度南排污河污水的回避率均达到30%左右(见表4)。10月是平水期,污水的毒性进一步增大,梭鱼对12.5%浓度的南排污河污水的回避率高达72%。根据回避率与污水浓度之间的回归关系图(图2,3),可得出梭鱼对9,10月份南排污河污水的50%回避率浓度分别为62.5%和7.2%,差异是显著的。急性致毒试验的结果也表明,10月份南排污河污水的毒性要比8月份高得多。例如8月份南排污河污

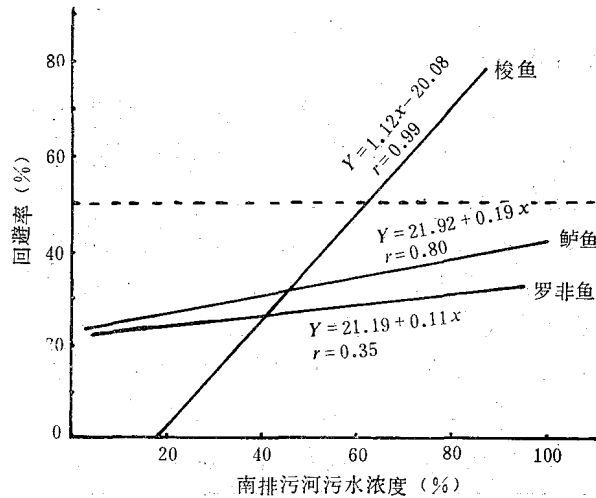


图2 海洋生物对1984年9月南排污河污水的回避反应

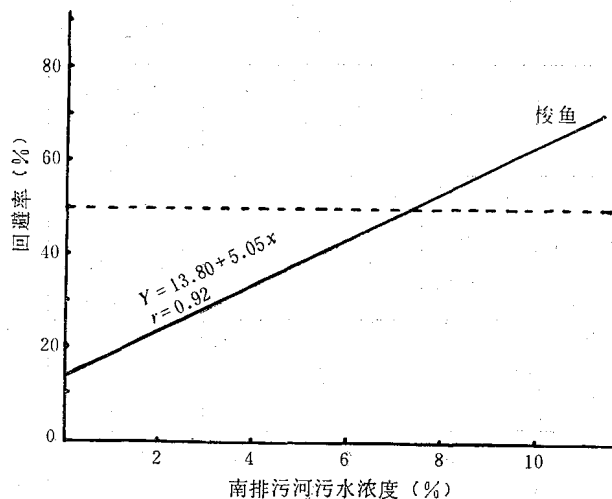


图3 海洋生物对1984年10月南排污河污水的回避反应

水对鲈鱼的 48h TLm 浓度值大于 25%，而 10 月份 TLm 浓度值仅为 5%。鱼类对 8, 9, 10 月份南排污河污水回避率的变化与南排污河污水中 COD 含量的变化趋势相一致（见表 5）。然而，梭鱼对 8 月份北排污河的回避率反比 10 月份的高，其原因有待进一步探讨。

表 5 1984 年天津市南、北排污河污水中 COD 含量 (mg/L)

COD 含量 / 月份	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
南排污河	—	700.7	498.8	—	455.3	929.1	131.9	79.3	218.8	721.1	938.4	684.5
北排污河	—	497.2	425.0	—	298.8	223.1	123.0	—	117.1	390.5	378.3	440.5

注：本表数据由塘沽区环保监测站提供。

3. 鱼、虾类对五氯酚钠、阴离子表面活性剂(十二烷基磺酸钠)和敌百虫均具有明显的回避反应

鱼、虾对几种有机污染物的回避率见表 6。从有机污染物浓度与生物回避率间的线性回归关系图上(图 4, 5)可以看出,梭鱼对五氯酚钠的起始回避浓度为 0.1mg/L,罗非鱼为 0.35mg/L。鱼类对阴离子表面活性剂的起始回避浓度很低,对虾约为 2.4 mg/L。值得指出的是,梭鱼和罗非鱼对 20mg/L 以下各浓度的敌百虫溶液的回避率是随着浓度的增高而增大,而对 20mg/L 以上浓度的敌百虫溶液,回避率反而下降,这可能是由于较高浓度的敌百虫溶液对鱼类的神经活动起了抑制作用。

表 6 生物对有机污染物的回避率 (%)

有机污染物	浓度 (mg/L)	回避率		
		罗非鱼	梭鱼	对虾
五氯酚钠	0.4	2.20		
	0.7	16.67		
	1.0	40.59	15.22	
	2.0		22.35	3.03
	4.0		56.52	11.45
	8.0			7.69
阴离子表面活性剂	2.5	12.00	19.30	
	5.0	28.57	26.32	2.22
	10.0	33.33	57.57	14.28
	20.0			27.56
敌百虫	10.0	19.54	4.96	
	15.0		20.35	
	20.0	27.45	32.14	-1.52
	30.0		24.07	
	40.0	21.84	1.23	10.42
	60.0			15.94

从上述数据中可以看出,三种有机污染物所引起的生物行为回避反应有着明显的差

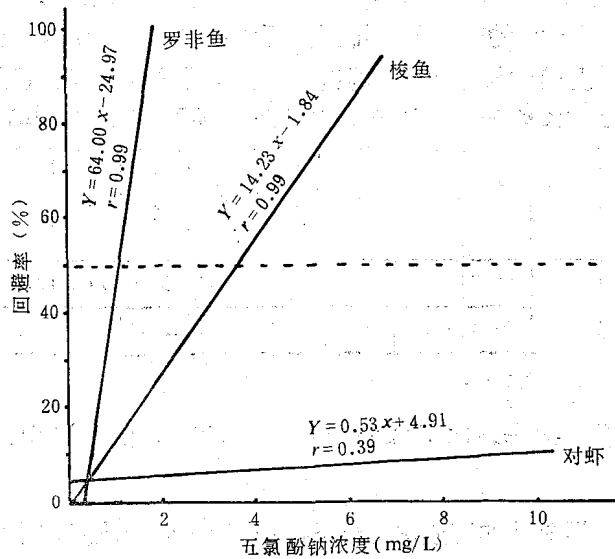


图4 海洋生物对五氯酚钠的回避反应

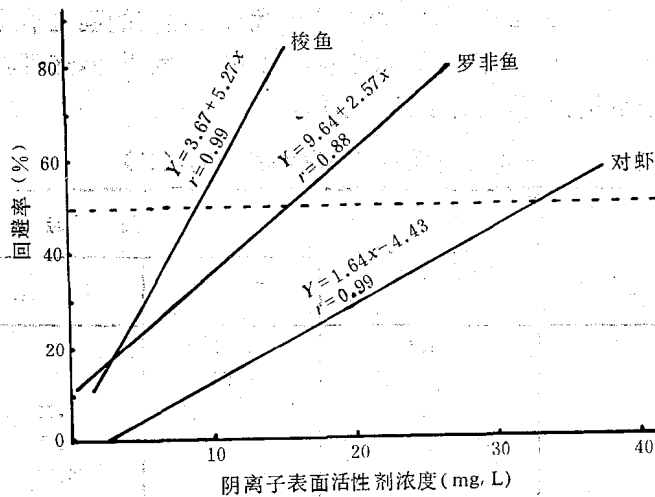


图5 海洋生物对阴离子表面活性剂的回避反应

异,按所引起回避率的大小,它们的顺序为:五氯酚钠>阴离子表面活性剂>敌百虫。

4. 不同生物类群对不同污染物忍受能力的差异

表6所列试验数据清楚地表明,不同生物对各种有机污染物的行为反应敏感程度是不同的,罗非鱼对五氯酚钠的回避反应最敏感,梭鱼次之,对虾较弱。对阴离子表面活性剂和敌百虫,则以梭鱼反应最为敏感,其次为罗非鱼,对虾较为迟钝。看来,鱼类对有机污染物的回避反应敏感性要比对虾强得多,也可以说鱼类对污染物的忍受能力要比对虾弱得多。这可能与鱼类在进化系统上比对虾高级,具有较完善的感觉器官和组织以及神经系统有关。我们从综合污水及五氯酚钠对梭鱼、鲈鱼、罗非鱼和对虾的急性致毒试验上得

知,鱼类对污染物的 24h TLm 浓度值要比对虾低得多,例如,五氯酚钠对罗非鱼和梭鱼的 24h TLm 浓度值分别为 0.9mg/L 和 0.12mg/L,而对虾却大于 3.5 mg/L,这与回避试验结果颇为一致。

5. 有机污染对渤海湾河口区海洋生物的影响

如以 COD 含量变化作为综合污水进入河口后被稀释降解而发生浓度变化的指标,经推算得知,南排污河口外近岸海域海水中所含综合污水浓度对生物仍具有不利的影响。例如 1984 年 10 月,南排污河污水中 COD 含量为 721.08 mg/L,而 12 号站(见图 6)海水中 COD 含量为 14.08 mg/L (塘沽监测站数据),相当于含有 1.95% 浓度的南排污河污水,在此浓度下,梭鱼的回避率可达 25% 左右。

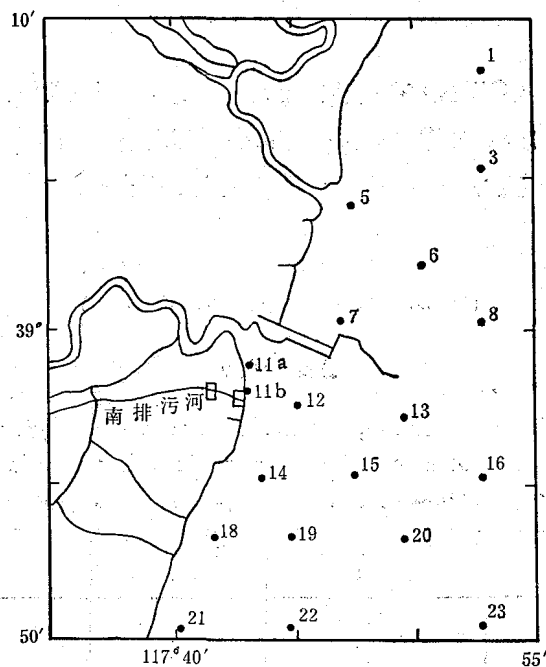


图 6 海河口区调查站位

另据本集吴景阳等文,1984 年 10 月在永定新河河口段的 A 和 B 站,检出的阴离子表面活性剂的含量分别为 1.4 和 1.8mg/L,亦达到引起鱼类明显回避浓度。

由于排污河综合污水的排入,永定新河河口段和大沽口区水域溶解氧含量很低,这又加重了对生物的危害。但污水入海后,由于河口环境的自净作用,污染程度被迅速削弱,危害性也大大降低,以致看不出对近海海域生物的正常生命活动有明显的影晌。

综上所述,可以看出:(1) 几种河口生物对天津市南、北排污河综合污水具有明显的行为回避反应,对南排污河综合污水尤为敏感,这清楚表明,生物回避率的大小与污水所含有毒组分及其浓度的大小有关;(2) 生物对三种不同有机污染物回避反应敏感程度不同,对五氯酚钠最敏感,阴离子表面活性剂次之,敌百虫最弱;(3) 不同生物对有机污染行为回避敏感程度不同,本试验结果表明,鱼类要比对虾敏感得多;(4) 本试验结果与我们

用同样污染物所做鱼类毒性试验的结果相比较,趋势颇为一致,说明生物的回避反应试验可作为监测水质污染程度的一个良好手段。

参 考 文 献

- 姜礼燾、潘炳炎, 1982。鱼类对重金属及农药的回避反应研究。环境科学 3(6): 1—7。
- Cherry, D. S. and C. J. John., 1982. Preference and avoidance studies. In: Biological Monitoring in Water Pollution (Edited by John Cairns Jr. et al.): Pergamon press, Oxford., pp. 263—301.
- Dinnel, P. A., Q. J. Stober & D. H. DiJulio., 1979. Behavioral responses of shiner perch to chlorinated primary sewage effluent. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 22(4, 5): 708—714.
- Fava, J. A. & Chu-fa Tsai., 1976. Immediate behavioral reactions of blacknose dace, *Rhinichthys atratulus*, to domestic sewage and its toxic constituents. *Trans. Am. Fish. Soc.* 105(3): 361—502.
- Jones, J. R. E., 1964. Fish and River Pollution. Butterworth, London. pp. 27—38.
- Whitmore, C. M., C. E. Warrn & P. Dondoroff., 1960. Avoidance reactions of salmonid and sentrarchid fishes to low oxygen concentrations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 89: 17—26.

AVOIDANCE REACTIONS OF SEVERAL ESTUARINE ORGANISMS TO SEWAGE FROM TIANJIN AND ITS SOME CONSTITUENTS*

Wu Yulin, Cui Keduo, Zhao Hongru, Hou Lanying and Lou Qingxiang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Avoidance reactions of *Mugil so-iny*, *Lateolabrax japonicus*, *Tilapia mossambica* and *Penaeus Orientalis* to sewage and some of its constituents were investigated using channeled avoidance

Table 1 The avoidance indexes of organisms to organic pollutants

Organic pollutants	Concentration (mg/L)	<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Mugil so-iny</i>	<i>Penaeus orientalis</i>
Pentachlorophenol sodium salt	0.4	2.20		
	0.7	16.67		
	1.0	40.59	15.22	
	2.0		22.35	3.03
	4.0		56.52	11.45
	8.0			7.69
Dodecyl sulphonic acid sodium salt	2.5	12.00	19.30	
	5.0	28.57	26.32	2.22
	10.0	33.33	57.57	14.28
	20.0			27.56
Dipterex	10.0	19.54	4.96	
	15.0		20.35	
	20.0	27.45	32.14	-1.52
	30.0		24.07	
	40.0	21.84	1.23	10.42
	60.0			15.94

trough. Avoidance index was computed by formula:

$$\text{Avoidance index} = \left(\frac{E - A}{T} \right) 100\%$$

Where T was the total number of organism observed in all channels (experimental and control). E and A were the numbers of organisms observed in the control and experimental channel respectively.

The results suggest that organism avoided markedly mixed sewage (industrial waste water and domestic sewage). Avoidance indexes of organisms to three organic pollutants were shown in table 1.

The results showed that avoidance indexes of estuarine organisms to three organic pollutants were significant. However, the avoidance reaction of the fish was more sensitive than that of the crustacean.