

2-05-30

水生生物对水体自净
作用的研究 材料之一

*
* 污水养鱼塘水体自然净化作用的研究 *
*

王博君执笔

参加人员：刘金祿 吴爱民 李立贞 齐俊敏
程文英

天津市水产研究所

一九八二年十二月

目 录

引 言

一、试验材料和方法

1. 试验鱼塘基本情况

2. 采样时间和方法

二、试验结果

(一) 水质状况

1. 有机物质

2. 有害物质

3. 泵站、污水沟渠、沉淀池的水质成份与浮游生物状况

(二) 鱼体残留毒物

(三) 鱼塘底泥中有毒物质

(四) 浮游生物

1. 浮游生物数量

2. 浮游生物的种群

(五) 细菌数量的变化

1. 细菌总数量

2. 大肠肝菌指数

(六) 底栖生物

三、讨论

(一) 养鱼塘中污水的净化

(二) 污水沟渠、沉淀池的效能

(三) 水体自净作用的主要因素及内在联系

1. 水中细菌和浮游生物的关系

2. 温度对细菌、浮游生物的影响

3. 氨氮与细菌、浮游生物的关系

4. 化学耗氧量、生物耗氧量对细菌、浮游生物的影响

四、小结

参考资料

淡水养鱼，利用污水作肥源各地广泛采用。目前全国主要城市的郊区，污水养鱼水面约12万亩，单产比清水鱼池要高5—10倍，总产量占淡水鱼的10%左右。但是，随着工业的发展，排污量的增加，农业上药物的使用，城市污水成份日益复杂，各种有毒物质相应地有增无减，对人类和生物界带来了潜在的危害。如何保护渔业资源，发展淡水养殖，增加产量，有良好商品鱼供应市场，是涉及人民健康的大事。

国家水产总局为了解决这个问题，提出水生生物对水体自净作用的课题，我们根据总局的指示精神，拟通过水生生物自净作用，以去除和降解污水养鱼塘水体中主要有害物质，使鱼塘水质得到改善。鱼塘是个天然氧化塘，污水灌入鱼塘，经过风吹日晒等因子的影响，污水中的污染物，将会发生一系列的物理、化学、生物变化。为了观察了解上述现象，今年首先对污水养鱼塘水体的水质状况、鱼体残毒、浮游生物、底栖生物、微生物等项目，在自然净化作用中变化的情况进行了初步调查研究，现将材料综合如下：

一、试验材料和方法

1. 试验鱼塘基本情况

天津市郊区各个鱼塘，一般采用二种污灌办法，一种是每日少注，参加本项目工作还有胡国良、张福瑞及天津农学院水产系应届

毕业生刘金全、宋文平、张力、潘秀义、李国、钟有海等同志。

量灌入；另一种是看鱼塘的水色不定时灌入。按照这种情况，经过调查研究，我们选择了天津市污水成份复杂、污染严重、排污量最大的纪庄子泵站，排污流程最短的西郊黑牛城白莲窖鱼塘作为试验的基地，选用不同类型的二个鱼塘。成鱼塘和鱼种塘。成鱼塘面积约60亩，它是饲养鲢、鳊鱼类为主，坑塘的深度为1.5—2.5米，引灌污水设二个口分流入池。每日灌入量为0.6%左右。鱼种塘饲养水面约10亩，历年饲养大规格鲢、鳊鱼种，池深度为1.5—2米左右。采用五天为一周期，（试验）在第一天灌污，以后四天停止放入污水。

鱼塘引灌的污水，由纪庄子泵站排出后，流经过长400m的污水沟渠（沟深约0.8m，宽4m左右）然后流入约1.3亩的污水沉淀池进行沉淀。灌入鱼塘污水，是在白天进行，为了介氧化塘系统的自然净化过程中净化程度，又对污水泵站，污水沟渠及沉淀池三处设点取样进行调研，以充实本试验的内容。（材料之二）。

2. 采样时间和方法

根据渔业生长季节的温度差异，规定三个试验温度段，具体时间为：（一）8月1—5日（温度30—35℃）；（二）8月25—29日（温度25—30℃）；（三）9月8—12日（温度20—25℃）。样品采集，每个坑塘距离污水进口较远设二个样品点，采取化学分析水样及生物样品，隔日采取样品，每个温度阶段采集三次，样品在室内分析鉴定。

3. 各种测试方法

水质化学、毒物分析按 1980 年科学出版社环境污染分析方法中有关章节规定进行。

浮游生物，用 25 号生物网在近水表层捞取，浮游植物定性样品。定量样品用 1000 ml 容量的塑料桶在表中水层采集。均用 15% 鲁哥氏液固定。定量水样静置 24 小时浓缩为 100ml，继续浓缩成 30ml 的原试液。用一般常规方法观察鉴定。

细菌总数、大肠杆菌的测定用平板计数法。

二、试验结果

(一) 水质状况

1. 有机物质

测定了 DO、COD、BOD、NH₄、PH 及透明度等，各个周期每次的水样检出值是有出入的。这说明鱼塘的水质在自然条件下，进行自净作用。

苗种鱼塘水质在各个试验周期之内，各次检出值变化较为明显，COD 的检出值 25.97—24.47 毫克/升，平均下降 5.78%，BOD₅ 数值 18.36—16.13 毫克/升，下降 12.69%；氨氮检出值 0.983—0.74 毫克/升，下降 24.01%；溶解氧 7.07—7.33 毫克/升，增加 3.17%；透明度 20.43—20.77 cm，增加 1.66%；pH 值在 8.4—8.9 范围之内，各周期各次数值由表 1 所示。

表 1: 苗种塘水质化学状况

单位: 毫克/升

试验 次数	时 间	透明度		氨 氮		溶解氧		C O D		B O D ₅		P H 值
		数量 (0.1m)	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	
一	8月1日	17.5		0.99		11.2		32		17.36		8.5
	3日	16	-28.58	1786	-13.13	3.2	-7.13	23.6	-26.25	9.87	-43.15	8.5
	5日	72.3	+27.42	1.01	+12.1	3.2	-7.143	23.18	-27.56	10.40	-40.09	8.4
	平均	18.6		0.953		5.87		26.26		12.54		
二	8月25日	23.3		0.75		4		22.40		20.53		8.5
	27日	17.5	-24.9	0.35	-53.2	7.6	+90	24.30	+52.12	16.23	-20.94	8.7
	29日	19	-18.45	0.16	-78.67	10	+4	28.88	+28.43	24.10	+17.39	8.9
	平均	19.93		0.42		7.2		28.53		20.28		
三	9月8日	22		1.21		6		23.50		17.20		8.6
	10日	24	+9.1	0.91	-24.79	8.8	+146.70	17.96	-23.57	15.85	-7.85	8.6
	12日	21	-4.5	1.07	+11.55	8.8	+146.70	21.36	-9.11	13.81	-126	8.6
	平均	22.33		1.063		7.9		20.94		15.62		
总计平均		20.29		0.812		6.98		25.24		16.16		
其 中	第一次	20.43		0.983		7.07		25.97		18.36		
	二 "	19.67	-1.85	0.707	-28.88	6.53	-7.60	25.29	-2.52	13.98	-23.88	
	三 "	20.77	+1.66	0.747	-24.01	7.33	+3.10	24.47	-5.78	16.23	-12	

注: 其中第一次样品即: 8月1日、8月25日、9月8日三次试验平均值。

第二次样品即: 8月3日、8月27日、9月10日三次试验平均值。

第三次样品即: 8月5日、8月29日、9月12日三次试验平均值。

成鱼塘水质成份的检出值范围和苗种塘基本相同，透明度
 20.17—21.75 O_m ，氮氮0.867—1.27毫克/升，溶解氧
 6.27—7.5毫克/升，COD24.62—26.98毫克/升，BOD₅
 17.86—21.19毫克/升，pH值8—8.8，这些物质在水体中
 的含量对浮游生物的繁殖有利，各试验周期每次检出量由表二示之。

表2 成鱼塘水质化学状况 单位：毫克/升

试验 温度段	时 间	透 明 度		氮 氮		溶 解 氧		C O D		B O D ₅		P H 值
		数量 O_m	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	
一	8月1日	16.5		0.89		10.8		25.40		17.74		8.5
	8月3日	16.5		0.4	55.06	4.8	45.6	24.8	2.36	1.6	9.81	8.5
	5日	10.7	1.2	0.34	61.80	4.4	59.26	23.41	7.83	14.60	17.30	8.5
	平 均	16.67		0.543		6.67		24.54		16.11		
二	8月25日	23		0.85		5.2		24.32		27.52		8.5
	27日	23		0.92	44.75	7.6	146.2	39.20	6.18	22.30	13.37	8.7
	29日	17.5	24.91	0.46	45.88	9.2	176.92	27.20	41.60	28.84	14.76	8.7
	平 均	21.17		0.753		7.33		30.24		26.55		
	9月8日	22		1.64		6.4		24.72		18.30		8.8
三	10日	21	4.53	1.25	23.78	9.8	453.12	16.36	33.82	14.35	21.8	8.6
	12日	21	4.53	2.5	157.43	5.2	81.25	23.24	5.99	11.95	34.72	8
	平 均	21.33		1.797		7.13		21.44		14.87		
总计平均		20.81		1.031		7.08		25.41		19.18		
其 中	第一次	20.5		1.177		7.47		24.81		21.19		
	二 "	20.17	1.01	0.817	25.07	7.50	10.4	10.79	17.98	17.88	15.62	
	三 "	21.15	46.1	1.100	2.4	6.27	16.06	24.67	0.71	18.46	12.88	

2. 有害物质

汞、砷、铜、铅、镉、铬、酚、六六六、滴滴涕等九种毒物在鱼塘水体中均有检出，其中汞、砷、铜、镉、六六六的含量是比较高的。

苗种塘水质汞的检出值 $0.55-0.71$ 微克/升，砷值 $1.212-2.43$ 微克/升，下降 79.85% ，铜 $36.3-24$ 微克/升，下降 33.88% ，铅 $36.7-21.3$ 微克/升，镉 $47.7-5.9$ 微克/升下降 87.63% ，铬 $64-26.3$ 微克/升，下降 58.91% ，六六六 $1.184-0.283$ 微克/升，滴滴涕未检出，以渔业标准衡量，汞超标 0.4 倍，砷 3.72 倍，铜 1.49 倍，镉 4.2 倍，六六六 31.1 倍，具体数量由表3所示。（第8页）

成鱼塘水体中的有毒物质汞的检出平均值 0.5 微克/升，砷值 613 微克/升，超出渔业标准 5.13 倍，铜值 25 微克/升，超标 1.5 倍，铅 4.7 微克/升，镉值 72 微克/升，超标 0.44 倍，铬值 40 微克/升，酚值 3.3 微克/升，六六六值 792 微克/升，超标 38.5 倍，检出值由表4示之。

表三

苗种塘水体有毒物质数量

单位：微克/升

试验 周期	时间	汞		砷		铜		铅		镉		铬		酚		六六六		滴滴涕
		数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量
一	8月1日	0.48		12.70		6.4		6.6		4.3		3.2		3.6		48.5		
	3日	0.6	11.5	4	14.9	/		2.8	7.5	7.2		2.8	12.5	2.2	2.8	31.6	3.4	"
	5日	0.64	13.3	/		/		1.6	3.16	9.4	16.14	2.4	1.5	2.8	1.7	42.2	4.70	"
	平均	0.57		12.5		4.3		3.67		17.5		2.8		2.9		10.63		"
二	8月25日	1.16		22.10		/		2.1		9.2		5.2		0.8		9.52		"
	27日	1.6	43.8	60	91.4	30		6.8	28.8	7.0	28.8	4.0	2.08	1		24.1	7.15	"
	29日	1.48	12.5	/		3.1		3.8	40.8	2.2	4.4	5.2	0	1.6	100	2.5	9.32	"
	平均	1.41		7.93		2.3		4.27		6.4		4.8		1.2		39.3		"
三	9月8日	/		4.6		4.5		2.3		5.3		10.8		2.5		23.68		"
	10日	/		/		1.4	6.5	4.3	2.6	/		2.8	7.1	2.8	1.2	8.97	11.7	"
	12日	/		7.30	28.70	4.1	8.5	10	5.65	7.2		/		3.5	140	9.04	3.17	"
	平均	1		2.59		3.3		2.2		1.8		4.33		2.7		12.37		"
总计	第一次样品	0.55		12.12		36.3		36.7		41.1		6.44		7		1.1847		"
	二 "	0.74	14.5	2.1	8.27	14.3	6.1	4.63	26.1	2.3	5.1	3.2	50			4.61	6.107	"
	三 "	0.71	13.18	24.3	79.8	2.4	7.8	2.13	41.9	5.9	9.6	24.3	15.8			28.35	7.61	"
	平均	0.70		47.25		24.9		34.8		25.7		4.1		2.5		64.35		"
渔业标准		0.5		100		10		100		5		1000		5		20		
与渔标比较倍		0.4		0.372		1.49		/		4.2		/		/		3.1		

表 4 成鱼塘水体有毒物质数量 单位：微克/升

试验 周期	时 间	汞		砷		铜		铅		镉		铬		酚		六六六		滴滴涕 数量
		数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	
一	8月1日	0.32		3510		-		16.0		痕		2.3		2.4		404		
	3日	0.10	125	20	99.9	-		62	11.25	"		1.2	15.71	0.8	66.67	9633	0.17	"
	5日	-		-		-		6	96.25	1		12	57.14	2.4	0	2448	100.1	"
	平均	0.23		1.17				76		"		31		17		285		"
二	8月25日	1.48		270		-		10		"		24		5.6		1701		"
	27日	1.18	424	240	11.24	51		21	11.0	29		16	10.33	6.4	40.27	5232	13.38	"
	29日	1.12	2432	710	14.13	-		6	40	-		116	4383	2.4	27.14	858	9.42	"
	平均	1.24		413		17		12		13		52		4.6		5278		"
三	9月8日	-		263		100		88		12		48		4.1		1817		"
	10日	-		208	20.91	25	25	26	16.13	55	14.2	40	25.7	2.8	21.71	1772	22.22	"
	12日	-		280	18.6	47	53	42	57.24	7.5	38.5	24	50	21.4	0.46	-	58.1	"
	平均	-		220		57		53		8.3		373		3.1		1091		"
总计	第一次样品			1354		33		87		4		333				1304		"
	第二次"			115	8.48	25	14.24	37	37.47	11.5	18.75	36	18	1		837	5.81	"
	第三次"			340	3.63	16	51.59	15	29.31	6.2	25.5	347	43.25			2163	34.44	"
	平均	0.5		613		25		47		7.2		40		3.3		771.8		"
渔业标准		0.5		100		10		100		5		1000		5		20		"
与渔业标准数倍				4513		41.5		-		46.44		-		-		435		"

3. 泵站、污水沟渠、沉淀池的水质成份与浮游生物状况

现将测定的主要成份及浮游生物情况综合表5概述。

表5 泵站、污水沟渠、沉淀池水质状况

项 目	泵 站 口	污 水 沟 渠	沉 淀 池
透 明 度	40m	4.60m	7.30m
氨 氮	25毫克/升	17.85毫克/升	16.30毫克/升
溶 解 氧	0	0	0
COD	422.5毫克/升	195毫克/升	160.82毫克/升
BOD ₅	221.5 "	215.15毫克/升	166.82 "
酚	4.2 "	3.8 "	1.76 "
汞	1.06 "		
铜	0.24 "	0.032 "	0.030 "
镉	0.005"	0.046 "	0.011 "
铬	0.44 "	0.164 "	0.18 "
浮游植物	628万个/L	859.79万个/L	1273.37万个/L
浮游动物	2550个/L		3120个/L

污水在这个流程内，有机物及毒物一般是下降的现象，浮游生物数量是上升的趋势，表明水质在净化中。

(二) 鱼体残留毒物

鱼类在饲养过程中，能将水域中的有害物质积累在鱼体，鱼体中

残留毒物的量，是决定鱼货品质优劣的主要依据。为了了解污水养鱼塘鱼品质量，我们选用三龄鲢鱼及二龄大规格鲢鱼鱼种，对九种有毒物质进行测定，除镉以外，其他的毒物都有检出，其残留量还是较低，汞、六六六、滴滴涕等没有超出卫生食用标准，这可能与饲养时间较短有关，具体测定值分别由表6（苗种塘鱼体残留量）及表7（成鱼塘鱼体残留量）所示。

表 6

苗种塘鱼体残留毒物状况

单位：毫克/公斤

周 期	时 间	汞	砷	铜	铅	镉	铬	酚	六六六	滴滴涕
一	8月1日	0.023	0.02	0.105	0.002	—	0.463	0.09	0.2105	
	5日	0.021	0.3	0.096	0.056	—	0.625	0.04	0.5713	0.1179
	平均	0.022	0.16	0.4005	0.04	—	0.544	0.005	0.391	
二	8月25日	0.023	0.1	0.562	0.26	—	0.55	0.07	0.4998	0.2522
	29日	0.014	0.3	0.125	0.014	—	2.463	0.035	0.6688	0.1522
	平均	0.018	0.2	0.3425	0.132	—	0.507	0.053	0.5843	0.1522
三	9月8日	0.0165	0.1	0.260	0.042	—	0.15	0.025	1.5272	0.1696
	12日	0.0135	1.65	0.132	0.076	—		0.005	0.6572	0.1696
	平均	0.015	0.875	0.198	0.059	—	0.075	0.015	1.092	0.1696
总计	第一次样	0.0205	0.073	0.5103	0.108	—	0.388			
	第二次样	0.0160	0.75	0.121	0.049	—	0.363			
	第三次样	0.0183	0.017	0.3156	0.0785	—	0.3735	0.0443	0.6892	0.1466
食 品 标 准		0.3							2	1

表7

成鱼塘鱼体残留毒物状况

单位:毫克/公斤

周期	时间	汞	砷	铜	铅	镉	铬	酚	六六六	滴滴涕
一	8月1日	0.0135	0.03	0.246	0.095	—	0.30	0.08	0.5791	0.1522
	5日	0.015	0.1	0.313	0.035	—	0.35	0.025	0.446	0.1098
	平均	0.064	0.08	0.253	0.065	—	0.325	0.053	0.5127	0.131
二	8月25日	0.021	0.02	0.239	0.033	—	0.425	0.04	0.5211	0.6522
	29日	0.01	—	0.291	0.053	—	1.038	0.03	0.4525	0.0773
	平均	0.066	0.01	0.265	0.046	—	0.732	0.035	0.4870	0.1148
三	9月8日	0.021	0.19	0.091	0.081	—	0.05	0.04	0.9597	0.2545
	12日	0.0245	0.11	0.082	0.038	—	—	0.025	0.9044	0.3645
	平均	0.023	0.15	0.0865	0.0595	—	0.025	0.03	0.9322	0.3045
总计	第一次样	0.0185	0.09	0.192	0.0713	—	0.258			
	第二次样	0.0165	0.07	0.229	0.042	—	0.463			
	平均	0.0177	0.08	0.2103	0.0567	—	0.361	0.0393	0.6439	0.1834
食品标准		0.3							2	1

(三) 鱼塘底泥中有毒物质

它来源于引灌污水内的有毒物质，经过沉淀长期积累的产物。因污水成份含量不同，沉淀物质也有差异，水体含量低沉淀少，含量的沉淀物相应的要多。苗种塘和成鱼塘的底泥重金属量很高，汞、砷、铜、铅、镉、铬等有害物质，检出率100%，检出量的次序为汞<镉<铅<砷<铬<铜。测定值比水体中的含量一般要高10—300倍。具体数值由表8示之。

表3 苗种塘底泥有害物质 单位：毫克/公斤

期别	时间	汞	砷	铜	铅	镉	铬
一	8月1日	0.143	20.6	16.78	8.51	0.877	101.94
	5日	0.152	3.8	14.04	5.63	3.77	58.65
	平均	0.148	12.2	15.41	7.07	6.27	80.295
二	8月25日	0.173	10.6	10.93	9.64	—	68.97
	29日	0.149	12.8	224.33	16.53	0.93	118.88
	平均	0.161	11.7	117.63	13.09	0.365	93.925
三	9月8日	0.155	14	19.92	9.3	—	55.92
	12日	0.132	12.2	40.92	12.01	—	29.34
	平均	0.144	13.1	26.92	10.66	—	42.63
总平均数		0.151	12.333	24.915	10.27	1.413	72.84

表 9

成鱼塘底泥有害物质

单位：毫克/公斤

试验 周期	时间	汞	砷	铜	铅	镉	铬
一	8月1日	0.113	5	25.32	30.270	—	72.75
	5日	0.153	1.34	7.32	10.37	1.93	60.45
	平 均	0.123	3.165	16.345	20.32	0.965	66.6
二	8月25日	0.061	1.8	15.43	4.55	—	113.82
	29日	0.067	5.6	31.93	11.84	—	52.57
	平 均	0.064	3.7	23.68	8.20		83.175
三	9月8日	0.090	11.44	13.05	7.77	2.01	54.98
	12日	0.031	10.9	29.02	14.74	12.14	82.47
	平 均	0.061	11.17	21.035	11.26	7.025	68.715
总平均数		0.086	6.012	20.35	13.257	2.68	65.15

表 8—9 分析：二种类型鱼塘底泥含量有害物质数值相差不多。成鱼塘底泥中有害物质含量次序为汞<镉<砷<铅<铜<铬，它和水中重金属的数值顺序基本上是一致的。从底泥内有毒物质含量看，污染是严重的。它能够向水体中释放毒物影响鱼塘水质，影响底栖生物的生长，使生物体积累毒物，所以在鱼类养殖中，尤其是对底层鱼类是不可忽视的。

(四) 浮游生物

1. 浮游生物数量

污水养鱼塘的水体，一般营养物质丰富，适宜浮游生物的繁殖，但是鱼塘水体的净化程度，对生物数量相应的变化，按照今年三个周期九次试验的测定结果变动的范围：浮游植物为

18253万个/升—5603万个/升，浮游动物60008—13053个/升，二个鱼塘变动数量是不一样的。

苗种鱼塘浮游生物量的增减取决于水质的净化程度，灌入污水的第一天，浮游植物的数量较低，第三天增多，第五天也有一些增加，有关数量由表10所示。

表 10

苗种塘浮游生物数量

单位：个/L

试验 周期	时间	植 物		动 物		附记
		数量 $\times 10^4$	%	数 量	%	
一	8月1日	18190.80		51907		
	3日	17502.80	-3.78	60008	+15.61	天阴小雨
	5日	12535.01	-31.09	35260	-32.07	天阴小雨
	平 均	16076.20		49058		
二	8月25日	11033.12		36211		
	27日	14787.92	+34.03	25954	-28.33	
	29日	20679.96	+87.44	20122	-44.43	
	平 均	15500.35		27420		
三	9月8日	5603.20		18604		
	10日	7162.86	+27.84	15450	-16.95	
	12日	7798.27	+39.18	25806	+38.71	
	平 均	6854.78		19953		
总 计	第一次样	11609.04		35574		
	二 "	13356.19	+15.05	33804	-4.98	
	三 "	13671.08	+17.62	27062.7	-23.93	
	平 均	12812.44		32146.9		