

研究简报

池塘沉积物的理化性质和细菌状况的研究

STUDIES ON PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES AND BACTERIAL CONDITIONS IN SEDIMENT OF FISHPONDS

申玉春 张显华 王亮 毛玉泽

(内蒙古哲里木畜牧学院, 通辽 028042)

Shen Yuchun Zhang Xianhua Wang Liang Mao Yuze

(Zhe Li Mu Animal Husbandry College, Tongliao 028042)

关键词 池塘沉积物, 池塘环境控制**KEY WORDS** Sediment of fishpond, Environment control of fishpond

池塘沉积物是指池塘水体范围内发生的物理、化学及生物学过程所产生的沉降物质^[1], 是池塘生态系统的重要组成部分。沉积物的理化性质和细菌状况对整个池塘生态系统有重要的影响, 从而影响到养殖鱼类的生长和产量。本文从池塘环境的角度出发, 研究了池塘沉积物的沉积量、沉积物中营养元素的含量以及水平和垂直分布、有机质及其耗氧速率和细菌状况。

1 材料和方法

1.1 试验鱼池

内蒙古通辽市郊区渔场的四个鱼种越冬池和四个成鱼养殖池, 池塘的基本情况见表1。

表1 试验池的基本情况

Table 1 Basic conditions of the experimental fishpond

池号 Pond number	面积 Area (ha)	鲢鳙 Silver carp and Bighead		鲤 Common carp		合计 Total amount (kg/ha)	备注 Note
		密度(kg/ha)	规格(g)	密度(kg/ha)	规格(g)		
		Density	Specifications	Density	Specifications		
1	0.32	0	—	0	—	0	越冬期
2	1.00	1125	45	1500	20	2625	不施肥
3	1.00	525	50	2475	125	3000	不投饵
4	0.36	1200	50	1650	25	2850	
5	0.57	0	—	0	—	0	生长期
6	1.00	240	200	75	20	2475	投化肥、鸡粪
7	1.00	750	100	2700	125	3450	投精料、化肥
8	0.36	800	50	150	20	1050	投鸡粪、精料

1.2 沉积物样品的采集

取直径20cm、高25cm的塑料桶十个(其中五个用于测定沉积物的年积累量半年后取出)和直径10cm、

高 15cm 的磨口玻璃缸五个,置于池塘中心及四周底部。生长期每一个月,越冬期每两个月收集一次沉积物样品。

1.3 池塘沉积物中氮和磷含量的水平和垂直分布

水平分布测定是在池塘四角和中心处分别设采样点。垂直分布用雷衍之等^[2]设计的采泥器分层采样,分为表层、5cm、15cm 和 25cm 四层。样品烘干,研磨过筛后测定其氮和磷的含量。

1.4 定量方法

1.4.1 沉积物耗氧速率的测定 小心取出放置于池塘底部的磨口玻璃缸,用虹吸法将沉积物上覆水尽量排出,再用虹吸法缓缓注入经充分曝气的自来水,注满并溢出玻璃缸体积的一倍,盖紧缸口,将其放入与采样时底层水温一致的培养箱中,8 小时后测定上覆水的溶氧(DO₁)和空白试验瓶中的溶氧(DO₂),并测定玻璃缸上覆水的总体积(V)和横截面积(A)。按下式计算日耗氧速率 P(g/m²·d):

$$P = \frac{(DO_2 - DO_1) \cdot V}{8A} \times 24 \times 10^{-3}$$

1.4.2 沉积物中有机物含量的测定 将每次由塑料桶收集到的沉积物在 105℃ 下烘干,研磨过筛(筛孔 2mm)后,再烘至恒重。称取样品约 5g 置于瓷坩锅中(坩锅使用前灼烧、称重、编号)放入马福炉内 600℃ 灼烧至恒重。

1.4.3 沉积物中营养元素含量的测定 按《土壤农业化学分析手册》^[3]中的方法进行,测定其于重营养元素含量。此外含水量用烘干法,pH 值用 PS-29A 型酸度计测定。细菌定量用血球计数板计数法^[4]。

2 结果和讨论

2.1 沉积物的物理化学性质

2.1.1 沉积物的沉积量 见表 2。

表 2 沉积物的物理性状*
Table 2 Physics properties of sediment

池号 Pond number	水深(m) Depth of water	厚度(cm) Thickness	湿重(g) Wet weight	干重(g) Dry weight	含水率(%) Percentage of water	备注 Note
1	0.65	0.8	211	58	72.5	越冬期
2	1.24	1.4	263	74	71.9	
3	1.36	2.0	420	132	68.6	
4	1.10	1.5	318	85	72.8	
平均 Average	1.09	1.5	303	87	71.5	生长期
5	1.6	2.3	442	116	73.7	
6	2.1	7.6	1428	343	76.0	
7	2.4	4.2	796	225	71.7	
8	2.0	5.9	1164	316	72.6	
平均 Average	2.0	5.0	956	251	73.5	

* 314cm² 水面的沉积量 Quantity of sediment in 314cm² water

(1)越冬期 自 1994 年 10 月 18 日将采样桶置于越冬池中心底部,到 1995 年 4 月 15 日取出,横截面积为 314cm² 的采样桶共收集沉积物湿重 303g,干重为 87g,平均含水率 71.5%。相当于每平方米水面积沉积物湿重 9.6kg,干重 2.8kg。整个越冬期(6 个月)积累沉积物厚度为 0.8-2.0cm,平均 1.5cm。

(2)生长期 自 1995 年 5 月 12 日将横截面积为 314cm² 的采样桶置于鱼池中心及四周底部,于 1995 年 10 月 20 日取出,每个采样桶平均收集沉积物湿重 957.5g,干重 250.5g,含水率 73.5%。相当于每平方米水面积沉积物湿重 30.5kg,干重 7.98kg。整个生长期(5 个月)积累沉积物厚度为 2.3-7.6cm,平均 5.0cm。

按上述结果累加推算,养鱼池年积累沉积物厚度约为 3.1-9.6cm,平均 6.5cm。相当于每平方米水面平均积累沉积物湿重 40.1kg,干重 10.8kg,含水率 73.1%。即每公顷池塘年积累沉积物湿重 402 000kg,干

重 108 138kg。

从表 2 的结果可以看出,越冬期和生长期池塘沉积物的积累量差异很大。表现为生长期明显多于越冬期。这是由于在整个越冬期鱼池没有施肥、投饵,水体绝大部分时间为冰层所覆盖,因而沉积物中外源性的物质很少,多为内源性的浮游生物、细菌、有机碎屑和泥沙;相反,生长期的鱼池,除 5 号池外,其它三个试验池都投入了大量的饲料和肥料,再加之外源性泥沙的输入以及雨季的地表径流的带入,必然导致沉积物的积累量大大增多。

不同类型的试验池之间沉积物的沉积量也存在一定程度的差异。表现为随水深、鱼种放养量、投饵和施肥数量的增加而增加。池深增大,整个水柱中内源性物质就增多,与鱼池沿岸带接触的面积也增大,淤积的沉积物就会越多。投入的饲料和肥料越多,没有被鱼类以及其它水生生物利用的残余物就越多,这些物质都会沉积到鱼池底部。放养鱼种数量多、个体大,鱼类自身的代谢废物就多,以及鱼在水中活动激起的泥沙量也会增多,特别是底层鱼类更是如此。1 号池和 5 号池没有投放鱼种,沉积物积累量最少,正好说明这一点。

2.1.2 沉积物的 pH 值 由表 3 可知,沉积物的 pH 值在 6.0-7.8 之间,平均为 6.68,基本处于中性。池塘沉积物的 pH 值直接影响被沉积物吸附的营养元素能否重新参与物质循环。据王关禄等研究,氮的有效性 pH 值为 6-8 之间,磷的有效性 pH 值在 6.5-7.5 之间,钾的有效性 pH 值为 6-10^[3]。本研究测定的试验池塘沉积物的 pH 值基本上处于上述营养元素有效性的范围内,即 pH 值不会限制沉积物中营养元素的释放。

表 3 沉积物的化学性状和细菌状况

Table 3 Chemical properties and bacterial condition in sediment

采样日期 Sampled date	鱼池 Fish pond	pH	有机物(%) Organic matter	耗氧速率(g/m ² ·d) Oxygen consumption rate	细菌数(×10 ⁷ ind/g) Bacterial quantity	总氮(%) Total N	有效氮(mg/kg) Efficient N	有效磷(mg/kg) Efficient P	有效钾(mg/kg) Efficient K
1994.12.20	1	6.5	16.6	0.43	12.6	1.23	396	96	351
	2	6.7	5.9	0.41	5.4	0.44	122	34	161
	3	6.5	14.2	0.61	8.2	1.12	328	81	265
	4	6.5	5.2	0.27	13.7	0.32	126	65	175
1995.02.24	1	6.3	17.5	0.46	14.5	1.21	285	42	315
	2	6.5	7.2	0.42	—	0.54	191	29	195
	3	6.7	16.1	0.62	—	1.20	236	53	—
	4	6.8	4.6	0.26	2.5	0.25	218	29	161
1995.04.15	1	6.3	19.1	0.48	26.7	1.29	282	72	291
	2	6.3	6.3	0.55	10.2	0.35	182	54	212
	3	6.4	18.1	0.74	21.5	1.34	357	—	298
	4	7.2	6.7	0.38	11.6	0.34	172	34	183
1995.06.15	5	7.3	15.3	0.62	95	1.25	372	84	321
	6	6.9	11.2	0.71	62	0.98	244	76	189
	7	6.9	12.3	0.43	43	0.76	261	53	245
	8	7.0	5.6	0.35	26	0.21	235	68	263
1995.07.18	5	7.0	16.7	0.89	142	1.34	416	—	—
	6	6.8	12.8	0.92	79	1.12	367	—	—
	7	6.9	11.2	0.62	82	0.61	301	—	—
	8	7.8	12.7	1.24	95	0.54	298	—	—
1995.08.13	5	6.5	21.2	1.95	218	1.51	437	98	368
	6	6.3	9.8	1.21	124	0.72	386	64	196
	7	6.2	7.6	1.02	116	0.36	297	72	214
	8	6.5	22.6	2.86	241	1.62	321	81	252
1995.09.20	5	6.5	18.4	1.34	197	1.54	293	—	—
	6	6.1	10.2	0.91	136	0.85	276	—	—
	7	6.0	11.7	0.76	129	1.23	253	—	—
	8	6.7	21.8	2.91	115	1.41	261	—	—
1995.10.20	5	6.6	14.1	0.34	102	1.18	314	52	342
	6	6.7	5.6	0.86	63	0.24	248	41	216
	7	6.1	7.9	1.51	24	0.67	294	36	227
	8	6.9	19.1	1.31	86	1.66	226	45	201
平均 Average		6.68	12.7	0.89	76.7	0.92	283	59	246

2.1.3 沉积物的有机物含量和耗氧速率 从表 3 可看出,沉积物中的有机物含量变化在 4.6-22.6% 之间,平均为 12.7%。越冬期鱼池沉积物耗氧速率在 0.26-0.74g/m²·d 之间,平均为 0.47g/m²·d。生长期的

耗氧速率在 $0.43 - 2.86 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 之间, 平均为 $1.4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。越冬期沉积物的耗氧速率比生长期的低得多。越冬期冰下水体, 因氧气的补给条件较差, 即使这样低的耗氧速率 ($0.47 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$) 每天消耗氧气的量仍然是很可观的。对生长期的鱼池来说, 沉积物耗氧也构成鱼池氧气消耗的主要因素之一。但由于池塘沉积物中实际溶氧量低, 特别是夏季处于分层停滞状态的水体, 沉积物中实际溶氧量则更低, 故沉积物的实际耗氧量仍然很小, 绝大部分理论耗氧值以“氧债”的形式存在, 对养殖生产构成潜在的威胁。

沉积物中有机物含量(X)与耗氧速率(Y_1)之间存在中等的正相关关系。相关方程为: $Y_1 = 0.069X + 0.017$ ($r = 0.57, n = 32$)。这说明沉积物耗氧并不完全受沉积物中有机物含量的支配, 而主要取决于沉积物与水的接触面积, 耗氧仅在二者界面处进行^[2]。

2.1.4 沉积物中的营养元素 由表3可知, 沉积物中总氮含量在 $0.21 - 1.66\%$ 之间, 平均为 0.92% 。沉积物中总氮含量(Y_2)与有机物含量(X)之间存在极显著的正相关关系, 回归方程为: $Y_2 = 0.08X - 0.091$ ($r = 0.94, n = 32$)。说明池塘沉积物中含氮有机物的含量比较高而且稳定。沉积物中有效氮的含量在 $122 - 437 \text{ mg/kg}$ 之间, 平均为 283 mg/kg , 占总氮含量的 3.1% 。沉积物中有效磷的含量在 $29 - 98 \text{ mg/kg}$ 之间, 平均为 59 mg/kg 。沉积物中的氮磷比为 4.8 , 比浮游植物要求的氮磷比 $6 - 7$ 低得多, 说明水体中磷比氮更容易沉淀且易损失。沉积物中有效钾的含量在 $161 - 368 \text{ mg/kg}$ 之间, 平均为 246 mg/kg 。浮游植物对钾的需求量不是很大, 所以池塘水体一般不会缺钾。

2.2 沉积物中氮和磷含量的水平和垂直分布

2.2.1 水平分布 从表4可以看出, 池塘沉积物中氮和磷的水平分布特点是中心处略高于四角处, 水平分布的差异不十分明显。这主要是因为池塘面积较小仅 1 ha , 无论是投饵施肥, 还是池鱼的分布都是比较均匀。仅在四角处由于受沿岸冲击泥沙的影响, 表现为沉积物中氮和磷的含量略低于池塘中心。6号池的1号采样点的氮和磷含量较其它采样点氮和磷的含量都高, 这主要是因为该采样点距池角堆肥点较近。

表4 池塘沉积物中氮和磷含量的水平分布

Table 4 The level distributions of N and P Contents in sediment of fish ponds

采样点 Sampling station		四角 Surround				中心 Centre
		1	2	3	4	5
氮的含量(mg/kg) Contents of N	6号池 No.6	267	221	206	218	242
	7号池 No.7	202	196	187	214	236
磷的含量(mg/kg) Contents of P	6号池 No.6	82	64	61	49	72
	7号池 No.7	53	49	67	52	59

2.2.2 垂直分布 图1、图2的结果表明, 池塘沉积物中氮和磷的含量有明显的垂直分布不均匀现象。总的表现为其含量随深度的增加而降低。15 - 25cm 层的平均含量仅占 0 - 5cm 层平均含量的一半左右(氮 $51.3\% - 59.5\%$, 磷 $47\% - 54.8\%$), 也就是说在 15cm 以下氮和磷的含量明显降低。一般的鱼池年积累沉积物厚度为 $3.1 - 9.6 \text{ cm}$, 以高限计算, 15cm 以下已经不是当年积累的沉积物, 而且随着时间的推移受其底质特有的理化与生物因素的影响越大, 氮和磷向水层中释放的积累量也越大, 这样就必然表现为氮和磷含量比上层的少。7号池表层氮和磷含量低于 5cm 层可能是底层鱼类活动不断地激起表层沉积物, 从而加速了表层沉积物中氮和磷向水中释放(该池塘放养主要以鲤鱼为主), 导致其氮和磷的含量降低。

2.3 沉积物的细菌状况

沉积物中细菌数量变化在 $2.5 - 218 \times 10^7$ 个/克之间, 平均为 76.7×10^7 个/克。将上述结果进行统计分析表明, 沉积物中有机物含量(X)与细菌数量(Y_3)之间呈中等正相关关系, 其相关方程为:

$$Y_3 = 6.35X - 4.14 (r = 0.53, n = 30)。$$

总之, 池塘沉积物中含有丰富的氮、磷、钾等生物营养元素, 细菌和有机质。如果这些物质和能量得以

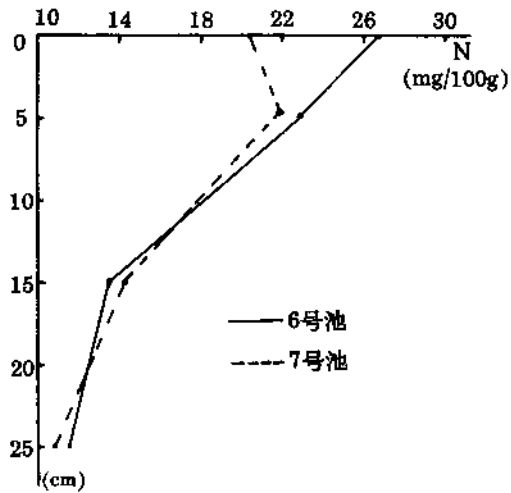


图1 池塘沉积物中氮含量的垂直分布

Fig.1 The Overtical distributions of N contents in sediment of ponds

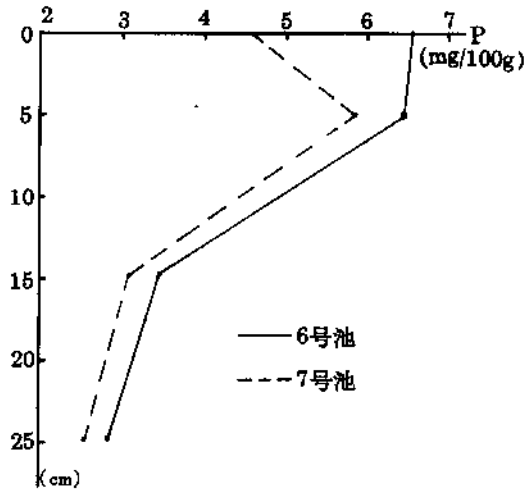


图2 池塘沉积物中磷含量的垂直分布

Fig.2 The Overtical distributions of P contents in sediment of ponds

重新利用,不仅能减少池塘的耗氧因子,降低氧债,而且能提高池塘的初级生产力。

参 考 文 献

- [1] 申玉春、王明学,1995。越冬池冰下水体沉积物理化性质的初步研究。水产科技情报,22(4):173-176。
- [2] 雷衍之等,1992。养鱼池底泥耗氧速率的研究。大连水产学院学报,6(3,4):6-13。
- [3] 劳家桢,1988。土壤农业化学分析手册,240-280。农业出版社(北京)。
- [4] 刘国才等,1992。池塘底泥中细菌的初步研究。水生生物学报,16(3):284-286。