



71-78

# 渍涝洼地鱼塘中浮游动物的变化<sup>①</sup>

谷孝鸿

S963.214

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提要** 1987—1989年对山东省禹城渍涝洼地新开鱼塘水体中浮游动物进行了调查。1987、1988、1989年成鱼养殖期间共检出浮游动物种类分别为29、34、52种, 平均数量为11911、39366.1、77889.2个/L, 平均生物量为5.145、5.7675、9.6285mg/L。1988、1989年, 鱼塘水体中浮游动物的数量高峰在7月。新开鱼塘养鱼前, 只检出5种, 数量为600个/L, 生物量为0.0385mg/L。养鱼后三年来, 鱼塘水体中浮游动物种类、数量及生物量的逐年增加, 表明了新开鱼塘富营养化的演变程度。鱼塘施肥前后, 水体中原生动物与轮虫的数量均有明显变化, 其中原生动物变化更为明显。

**关键词** 渍涝洼地 鱼塘 浮游动物

饵料

鱼塘中浮游动物是饲养鱼类幼鱼及鲢鳙鱼等滤食性鱼类的主要饵料。有关浮游动物在淡水养鱼池塘中种群结构及数量变动等已有较多报道<sup>[1,2]</sup>, 但对渍涝洼地新开鱼塘中浮游动物方面的研究较少。1987—1989年, 我们在山东省禹城县试验渔场对渍涝洼地新开鱼塘浮游动物的变化规律进行了研究。

## 一、概 况

禹城县辛店洼是一封闭型季节性积水洼地, 面积374.4ha。洼地上部高程19—20m, 洼底高程17.5m(黄海), 高差1.5—2.5m。洼底沼泽化, 洼缘盐渍化, 整个洼地处于撩荒状态。1986年, 南京地理与湖泊研究所在治理黄淮海科研工作中, 根据“用中求治”的原则, 将高程17.5—19m洼区建成了一个“塘田”综合渔业生态基地。试验鱼塘面积3200m<sup>2</sup>左右, 水深1.5m左右, 容积约4800m<sup>3</sup>。塘水为地下水与引黄水, pH值7.45—8.80, 矿化度694.3—1497.7mg/L, 为重碳酸盐类钠组Ⅰ型水。底泥含盐量为0.18—0.30%。1987—1989年, 各试验塘以肥水鱼和吃食鱼并重放养。1987年放养了鲢、鳙、草、鲤、鲫及罗非鱼; 1988、1989年增加放养鳊鱼。1987、1988、1989年鲢、鳊鱼所占比率分别为17.0%、41.1%、35.4%。鱼产为4365、4425、8610kg/ha。

## 二、工作方法

浮游动物定性标本用13号网在池塘四角捞取, 加4%甲醛固定。枝角类、桡足类

① 国家重点科技攻关项目(75-04-01-01)。

本文承颜京松、周万平、胡文英先生审阅, 陈源高帮助部份修改并得到本组同志帮助和提供资料, 在此一并致谢。

(包括无节幼体)的定量水样,取 0.5m 深处水 5L 经 25 号网过滤浓缩,加 4% 甲醛固定,在计数皿内全部计数。原生动物、轮虫定量水样采 0.5m 深处水 1000mL,加鲁哥氏液固定,静置沉淀 24h 以上,浓缩到 30mL,摇匀取 0.1mL,在计数框中全部计数,重复一次,换算为每 L 水中的数量。根据各种(类)浮游动物平均个体重<sup>[3]</sup>,换算成生物量。

### 三、结 果

#### (一) 新开鱼塘中浮游动物的种类、数量及生物量

##### 1. 种类组成

1987 年 4 月在鱼种投放与施肥前,采集的水样中仅检出浮游动物 5 种(桡足类的无节幼体按 1 种计),其中原生动物 3 种,轮虫 1 种,桡足类 1 种。养鱼后,1987 年养殖期间共检出 29 种(原生动物 11 种,轮虫 11 种,桡足类 4 种,枝角类 3 种),1988 年养期间共检出 34 种(原生动物 12 种,轮虫 16 种,枝角类 2 种,桡足类 4 种),1989 年养殖期间共检出 52 种(原生动物 23 种,轮虫 17 种,枝角类 5 种,桡足类 7 种)。1988 年与 1987 年相比较,除轮虫增加 5 种外,其它各大类在种类数上基本相同。但 1989 年的结果揭示,各大类在种类数上都有不同程度的增加,尤其是原生动物种类数增加更为明显。三年养殖期间检出种类数都比未放养前要多得多。

1987 年一些季节性优势种为砂壳虫、栉毛虫、晶囊轮虫、异尾轮虫、萼花臂尾轮虫及无节幼体等。1988 年为砂壳虫,似铃壳虫、焰毛虫、筒壳虫、异尾轮虫、角突臂尾轮虫。1989 年为砂壳虫、焰毛虫、栉毛虫、刺盖异尾轮虫、针簇多肢轮虫。三年中,有些种类一直属于常见种,如砂壳虫、栉毛虫、晶囊轮虫、异尾轮虫、萼花臂尾轮虫及无节幼体等。

##### 2. 数量及生物量

在 1987 年 4 月鱼种放养及施肥前,塘水中浮游动物数量与生物量分别为 600 个/L、0.0585mg/L。其中个体小、生物量低的原生动物占 75%,轮虫占 25%,枝角类、桡足类在定量水样中未见到。养鱼后,浮游动物的数量、生物量明显增高(表 1)。养殖期间,1987 年浮游动物平均数量达 11911 个/L,9 月份数量达到高峰为 25800.6mg/L;平均生物量达 5.145mg/L,6 月份最大,为 9.753mg/L。1988 年平均数量为 39366.1 个/L,高峰在 7 月,达 61200.4 个/L;平均生物量 5.7675mg/L,4 月份最大,15.2776mg/L。1989 年平均数量为 77889.2 个/L,7 月份出现高峰达 98917 个/L;平均生物量 9.6285mg/L,8 月份最大,达 30.8395mg/L。1988 年与 1989 年 4 月塘水中浮游动物种类、数量和生物量均比鱼种投放前的 1987 年 4 月明显增多。

#### (二) 施肥前后浮游动物数量与生物量的变化

1989 年 8 月 23 日在试验塘施  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 、 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  各 20kg,相当于  $4.17\text{g}/\text{m}^3$ 。观测了施肥后浮游动物的变化规律,并于施肥前采水样一次作对对照样。施肥后每天在同一时间同一地点采样,共计 11 次。施肥前后水体中浮游动物表底层的数量、生物量变化情况见表 2。

池塘施肥后,表层总生物量在第九天达到高峰,为施肥前的 2.6 倍;底层生物量在第十天达到高峰,为施肥前的 3.0 倍。施肥后浮游动物中数量显著增加的只是一些单细

表1 试验塘养殖期间浮游动物的数量(个/L)和生物量(mg/L)  
Tab. 1 Zooplankton abundance (Ind/L) and biomass (mg/L) in testing pond during the culture

年 限	塘 号	采 样 日 期	浮游动物		原生动物				轮 虫				枝角类和桡足类				
			总 数 量	总 生 物 量	数 量	占 总 数 量 %	生 物 量	占 总 生 物 量 %	数 量	占 总 数 量 %	生 物 量	占 总 生 物 量 %	数 量	占 总 数 量 %	生 物 量	占 总 生 物 量 %	
一 九 八 七 年	二 排 一 号	4.6	600	0.0585	450	75	0.0185	23.08	150	25	0.045	76.92					
		5.18	2700	0.3285	1950	72.22	0.0585	17.81	750	27.78	0.27	82.18					
		6.23	7200	9.753	5100	70.83	0.153	1.57	2100	29.17	9.60	98.43					
		7.23	1354.2	0.5894					1350	99.69	0.525	89.07	4.2	0.31	0.0644	10.93	
		8.20	22500	5.8095	12150	54	0.3645	6.27	10350	46	5.445	93.73					
一 九 八 八 年	四 排 四 号	9.22	25800.6	9.2427	20550	79.65	0.6165	6.67	5250	20.34	8.625	93.31	0.6	0.01	0.0012	0.92	
		4.20	54003.2	15.2776	48600	89.99	1.458	9.54	5400	10.0	13.71	89.24	3.2	0.01	0.1096	0.72	
		5.22	57154	9.4528	46200	80.83	1.386	13.92	10800	18.90	3.99	40.09	154	0.27	4.5768	45.99	
		6.21	30302.2	7.5704	26400	67.32	0.612	8.08	9900	32.67	6.93	91.54	2.2	0.01	0.0284	0.38	
		7.22	61200.4	3.423	56700	92.64	1.701	49.69	4500	7.35	1.71	49.96	0.1	0.01	0.012	0.35	
		8.20	38700.2	1.7161	37200	96.12	1.116	65.02	1500	3.87	0.6	34.95	0.2	0.01	0.0004	0.03	
		9.20	17400.2	1.6654	13500	77.58	0.405	21.32	3900	22.41	1.26	75.66	0.2	0.01	0.0004	0.02	
		10.21	16802.6	0.7668	16200	96.41	0.186	63.38	600	3.57	0.24	31.30	2.6	0.02	0.1168	5.32	
		4.26	31358.4	1.4035	30000	95.66	0.9	64.12	1359.2	4.33	0.4975	35.41	0.2	0.01	0.006	0.11	
		5.27	32804.6	3.8699	27750	84.59	0.8325	21.40	5031.1	15.34	2.0342	52.29	23.2	0.07	1.0232	3.45	
一 九 八 九 年	二 排 一 号	6.24	97510.4	5.6372	89850	92.14	2.6955	47.81	7659.8	7.85	2.9301	51.98	0.6	0.01	0.0116	0.21	
		7.27	198917	15.8924	175550	87.24	5.2065	32.76	25365.2	12.75	0.6039	66.72	1.8	0.01	0.082	0.52	
		8.24	86338	30.8395	48600	55.02	1.458	4.73	39738	44.98	29.3815	95.27					
		9.27	63027.4	15.1005	54000	85.67	1.62	10.73	9027.2	14.32	13.4705	89.21	0.2	0.01	0.01	0.06	
		10.25	55954.8	2.3137	54300	97.04	1.629	70.41	1654	2.95	0.6631	28.66	0.8	0.01	0.0216	0.93	
			55203.2	1.9514	54600	98.90	1.638	83.94	1.09	0.2726	13.97	1.2	0.01	0.0108	2.09		

表 2 试验塘施肥前后 (1989. 3. 13-23) 浮游动物数量 (个/L) 及生物量 (mg/L)  
 Tab. 2 Zooplankton abundance (ind./L) and biomass (mg/L) after fertilizing in testing pond on 13-23 of August 1989

水 温 样 本 日 期	表层 (距水面 0.2m)										底层 (距底泥 0.2m)									
	水温 (°C)	总数量		原生动物		轮 虫		甲壳类		水 温 (°C)	总数量		原生动物		轮 虫		甲壳类			
		数量	生物量	数量	生物量	数量	生物量	数量	生物量		数量	生物量	数量	生物量	数量	生物量	数量	生物量	数量	生物量
8. 13 施肥前	29.5	10419	13.1381	0.693	17278.8	12.7391	0.2	0.006	29.6	11270.2	12.3811	24250	0.6975	18010.1	11.6651	0.8	0.0188			
8. 14	28.7	19961.2	7.728	1.014	15161	0.674	0.2	0.01	28.6	58270.6	12.1309	40350	1.2105	17917.6	11.1156	3	0.1018			
8. 15	28.9	115172.6	12.4599	2.1165	21621.8	10.0310	0.8	0.012	28.8	101130.2	14.1941	81000	2.52	23130	11.6733	0.2	0.0008			
8. 16	26.3	122907.4	21.6847	2.889	26907	18.7941	0.1	0.0016	29.4	110038.6	20.3131	82200	2.46	27838.4	18.0166	0.2	0.006			
8. 17	26.7	128759.6	18.2975	3.015	28229.6	15.2825			26.7	166107.1	19.5567	135750	4.0725	20357	15.4682	0.4	0.016			
8. 18	26.7	143355.2	20.3857	3.2715	31281.8	17.1126	0.4	0.0016	26.5	129271.1	21.0203	95850	2.8755	33121	21.5288	0.1	0.016			
8. 19	27.1	152130	23.1367	3.4335	37679.6	19.6302	0.4	0.0016	27.1	127896.2	28.1558	88850	2.6935	38045	25.4095	1.2	0.0508			
8. 20	26.5	115810.6	14.8027	2.898	19210.4	11.8917	0.2	0.01	26.5	121319.2	22.882	99150	2.9715	22228.8	19.9059	0.1	0.0016			
8. 21	26.1	111766.2	16.2176	3.7305	20116.2	12.3981			26	117292	21.6736	97950	2.7385	19252	18.7351					
8. 22	25.6	134186.6	35.0938	2.898	37586.2	32.1758	0.4	0.02	25.5	134391.2	21.5305	102400	3.087	31191	18.4355	0.2	0.01			
8. 23	24.2	87299.6	19.8379	1.557	35339.2	18.2681	0.4	0.0108	26	83235.1	37.0233	48000	1.11	35234.8	35.5373	0.6	0.029			

胞的原生动物，而较大型的轮虫数量则增加较缓慢，更大型的甲壳类在施肥后的观察期内没有大的变化。施肥后，表、底层轮虫数量从第二天即开始增加，第六天达到高峰，约为施肥前的 2.2 倍；表层原生动物在第九天达到高峰，为施肥前的 5.4 倍；底层原生动物数量在第四天达到高峰，约为施肥前的 5.8 倍（图 1）。

从施肥后表、底层浮游动物的分布看，在这一类型池塘中，由于塘口面积小、水浅、鱼类活动及风力搅动等原因，浮游动物数量、生物量分层不明显。

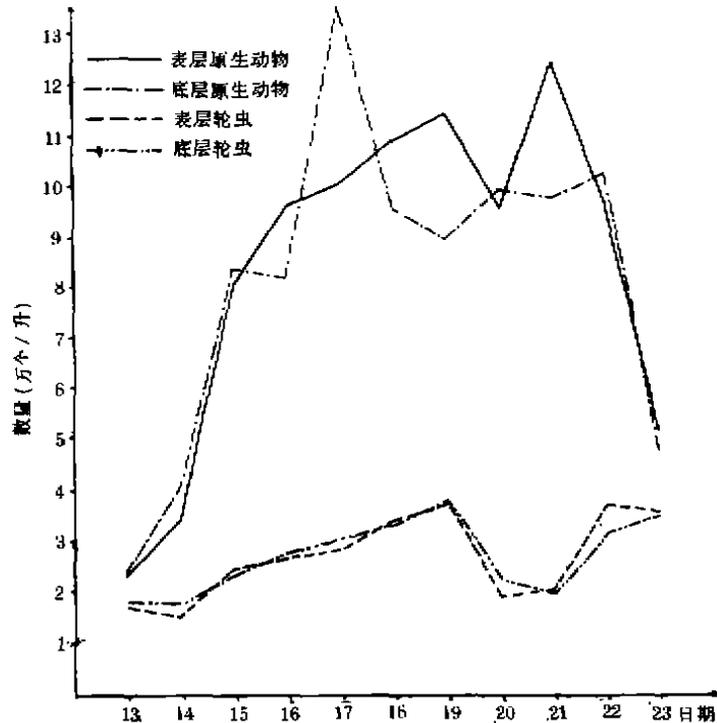


图 1 1989 年 8 月 13-23 日试验塘施肥后浮游动物的数量变化

Fig. 1 Zooplankton abundance after fertilizing the testing pond on 13-23 of August 1989

## 四、讨 论

### 1. 浮游动物的演变与新开鱼塘的富营养化

新开鱼塘三年来浮游动物的数量、生物量在每年中虽有一定的波动性，但总的趋势是增加的。其数量和生物量，1988 年是 1987 年的 3.3 倍和 1.1 倍，1989 年是 1987 年的 6.5 倍和 1.9 倍。

原生动物种类和数量的迅速增加是富营养化的重要指标之一。1987 年试验塘原生动物为 11 种，其年平均数量为 7950 个/L；1988 年为 12 种，内有前未有过的 5 种，其年平均数量为 34114 个/L；1989 年原生动物为 23 种，年平均数量达 66581 个/L。三年来，原生动物种类数在逐年增加，其中一些优势种群如栉毛虫、砂壳虫、栉毛虫等，数量在成倍增长。富营养水体指示种——草履虫，1987 年在定性、定量水样中均未发现，1988 年

偶尔出现, 1989年则是常见种, 其数量也大大增加, 4月份达1350个/L。

从图2可知, 三年中原生动物、轮虫的年平均变化趋势, 原生动物的增长幅度远大于轮虫。经过三年, 原生动物现已成为池塘中浮游动物的绝对优势种群, 反映新开鱼池富营养化过程的极其迅速。

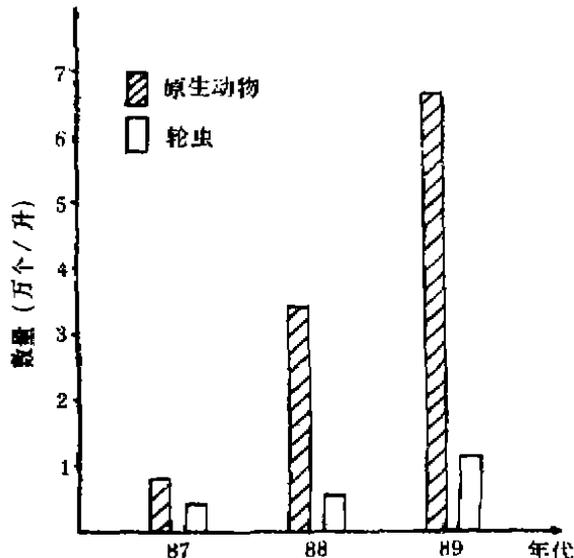


图2 试验塘原生动物、轮虫的年平均变化

Fig. 2 Average changes of protozoa and rotifera abundance in testing pond

三年来, 在试验塘中, 大型的轮虫、枝角类、桡足类数量一直较低, 这与放养鱼类的食性及放养密度有关。一般精养池塘浮游动物常年主要优势种群都是个体微小的原生动物和小型轮虫。据 Andersson, et al. (1977) 的报道, 在鱼类颇为密养的情况下, 会增加水体营养, 出现强烈“水花”, 增加总磷浓度, 使大的浮游动物消失。

原生动物中碳、氮、磷的含量占体重的百分比一般较其它浮游动物为高<sup>[4]</sup>。盐渍洼地中新开的池塘, 由于面积较小, 塘水较浅, 鲢鳙鱼的放养比例可较大。由于放养量的增大, 使鱼的群体对整个食物的摄食能力提高, 从而促进了初级产量的利用率, 加快了物质循环。鱼群中氮、磷含量只占总氮、总磷的极少部分, 大部分仍滞留在池塘中, 所以水中氮、磷含量的增加, 促

进了浮游植物密度的提高<sup>[6]</sup>, 也加速了原生动物的代谢、生长和繁殖, 导致了池塘水体的逐渐富营养化。

从表3中试验塘三年来的生物、化学变化来看, 随着池塘养鱼时间的延长, 水体中速效氮、速效磷、浮游动物的数量、生物量以及池塘底泥中的有机质、全氮、全磷却在逐年增加。塘泥的氧化还原电位值逐年降低, 由中度还原到强还原状态。

表3 1987—1989三年间试验塘生物、化学的年平均变化情况

Tab. 3 Biological and chemical parameter in testing pond in 1987, 1988 and 1989

年份	浮游动物数量 (个/L)	浮游动物生物量 (mg/L)	塘泥 Eh (mV)	塘泥含盐量 (%)	塘泥有机质 (%)	塘泥全氮 (%)	塘泥全磷 (%)	水中速效氮 (mg/L)	水中速效磷 (mg/L)
1987	11911	5.145	+73	0.23	1.144	0.071	0.149	0.226	0.04
1988	39366.1	5.7675	-36	0.18	1.263	0.083	0.168	0.490	0.024
1989	77889.2	9.6285	-63	0.18	1.463	0.093	0.183	0.602	0.077

塘泥的氧化还原电位值逐年降低, 由中度还原到强还原状态。

综观新开池塘三年来的生物、化学变化, 池塘已由“生塘”转化成“熟塘”。虽然养

鱼池塘不需有一个限定的富营养化指标, 但新开池塘养鱼三年来的变化则说明了这一变化趋势和演变程度。

## 2. 浮游动物的年际变化特征及其与浮游植物、细菌在食物链中的关系

养鱼池塘中, 由于每天都定时定量投喂饵料, 相应水体中的浮游植物、浮游动物所需营养物质也可得到保证。在饵料丰富的条件下, 浮游动物的生长、发育、繁殖主要是受季节温度变化的影响。从浮游动物的分析结果来看, 新开池塘经过一年养殖后, 由于养殖条件逐渐相似, 各种变化也趋于一致。1988、1989 两年, 浮游动物数量的高峰期都是在 7 月。但是, 由于诸年浮游动物种群结构的差异, 浮游动物生物量出现的高峰期就没有明显的变化规律。

从池塘施肥结果看, 施肥后第二天原生动物及细菌数量急剧增加, 浮游植物数量只是从第四天才明显提高。48 小时内细菌总数增加了 3 倍, 细菌作为原生动物的主要饵料, 促进了原生动物的生长和大量繁殖, 从而显示了原生动物对细菌在食物链中的依赖性。一般情况下, 浮游动物一年中摄食的细菌只占水体中细菌产量的 1—10%, 细菌的产量比被食的细菌量高得多<sup>[7]</sup>。试验塘细菌的年平均生物量(干重)约为 15.8mg/L(高光, 1989), 这一生物量指标已远超过池塘中原生动物的年平均生物量。这说明池塘中原生动物虽然对细菌在食物链中有依赖性, 但通常情况下细菌不会成为原生动物的饵料限制因子。另外, 水体中也有一部分光合自养的原生动物可直接吸收水中的营养物质, 达到其快速生长繁殖的目的。一般情况下, 浮游植物的增减会影响到浮游甲壳类的消长, 因为单细胞藻类对枝角类有颇大的饵料意义<sup>[5]</sup>, 而对原生动物的影响不大, 这说明了原生动物与浮游植物在食物链关系中的非依赖性。

## 参 考 文 献

- [1] 许典球. 高产池塘浮游生物种群结构的初步分析. 淡水渔业, 1987, (1).
- [2] 卢国萍. 不同养殖方式池塘浮游生物的初探. 湖北渔业, 1986, (1).
- [3] 何志辉. 淡水浮游生物的生物量. 动物学杂志, 1979, (4).
- [4] 林婉莲、刘鑫洲. 武汉东湖优势浮游动物元素含量分析. 水生生物学报, 1985, 9 (3).
- [5] 蒋夔治. 中国动物志——节肢动物门, 甲壳纲, 淡水枝角类, 北京, 科学出版社, 1979.
- [6] O'Brien, W. J. & F. denoyelles, Relationship between nutrient concentration, phytoplankton density, and zooplankton density in nutrient enriched experimental ponds. *Hydrobiologia*, 1974. 44 (1): 125-129.
- [7] Pedros-Alio, C. & T. D. Brock, The impact of zooplankton feeding on the epilimnetic bacteria of a eutrophic lake. *Freshwater Biology*, 1983. 13: 227-239.

## CHANGES OF THE ZOOPLANKTON IN THE FISH POND OF LOW-LYING SALINE—ALKALI WETLAND

Gu Xiaohong

( *Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia-Sinica, Nanjing 210008* )

### Abstract

Zooplankton in a newly-dug fish pond in the saline-alkali wetland in Yucheng County of Shandong Province from 1987-1989 was studied. During the 3 years, investigation the species of zooplankton were ascendant, the amount and the biomass were also incremental. In 1987, 1988 and 1989, the species of zooplankton were as follows; 29 species, 33 species and 52 species separately, the average amount of zooplankton: 11911 ind/L, 39366.1 ind/L and 77889.2 ind/L, and the average biomass: 5.145mg/L, 5.7675mg/L and 9.6285mg/L. From 1988 to 1989, the peak amount of the zooplankton appeared in July.

The successive increase in the species, the total amount and the biomass of the zooplankton during the three years showed the variation of eutrophication in the newly-dug fish pond.

The amounts of protozoa had an obvious variation before and after fertilizing the fish pond. The increasing tendency of the amounts of zooplankton led to the conclusion that phytoplankton had equated the changes of the bacteria, showing that the protozoa were dependent on the phytoplankton but independent on the bacteria in the food chains.

**key words** Low-lying saline-alkali wetland, fish pond, zooplankton