

吉林镇赉养鱼场鱼池生态系的分析*

何 志 辉

(大连水产学院, 116024)

提 要 本文根据 1988—1990 年对吉林省镇赉渔场养鱼池的生态学调查材料, 论述了鱼池生态系统的非生物环境、生物群落、初级和次级生产量、有机碳的平衡、能流和生物能量收支。一年约有 28.3—51.4% 收入有机碳沉积池底。各池鱼产量约为总收入能量的 4.7—10.2%; 鲢产量约为浮游植物毛产量的 5.1—13.7%; 鲤产量约为人工饲料能量的 6.5—13.1%。浮游植物和细菌的能量有 55.2—81.4% 为浮游动物所利用, 18.4—22.4% 为鲢所利用, 仅 0.2% 为底栖动物所利用。

关键词 养鱼池生态系, 镇赉渔场

我国传统的池塘养鱼的特点就是通过人工干预最大限度地发挥生态系的功能。因此, 分析和研究我国高产塘生态系的结构和功能, 不仅有助于进一步发挥池塘渔业潜力和提高经济效益, 还是把群众宝贵的生产经验提高到科学理论的重要途径。关于我国高产鱼塘生态系的研究, 在非生物环境^[9,10]、浮游生物^[4,5]及其初级生产力^[9,11]、微生物的现存量和产量^[2,3,6,7]方面有过比较系统的工作。近年李思发^[14]曾对上海南汇养殖场能量的投入和产出及转化效率作过分析。但较系统地对鱼池生态系的结构和主要功能进行调查研究, 国内尚未见报道。

1988—1990 年我们在吉林镇赉渔场较系统地研究了高产塘水的理化特性、浮游生物、底栖动物和微生物的种、量和生产量以及鱼类的生长和产量, 在此基础上试对生态系中有机质收支和生物能量流动及转化效率进行分析。对水化学、浮游生物和底栖动物的采样和测定方法按“内陆水域渔业自然资源调查试行规范”, 细菌定量采用结晶紫琼脂片法^[6]。鱼类每月拉网一次随机测量 30 尾鱼的重量并以年死亡率作为常数计算各月存活率, 从而估算现存量 and 生产量。浮游动物生产量测定, 轮虫优势种按世代时间和指数增长法, 桡足类和枝角类按积累增长法, 原生动物和其它轮虫按 P/B 系数估计。

非 生 物 环 境

1. 鱼池形态 1988 年 6 个池面积 0.17—0.53 公顷, 平均水深 1.1—1.5 米; 1989 年 6 个池面积 0.2—0.8 公顷, 平均水深 1.3—2.5 米; 1990 年 7 个池面积 0.66—0.73 公顷。

* 水化学和初级生产力材料由雷衍之、朴文豪提供, 浮游生物由刘青、赵玉宝等提供, 底栖动物由谢祚萍等提供, 微生物由南春华等提供, 鱼类生长和产量由刘焕亮、赵兴文等提供, 作者深表谢意。

收稿年月: 1992 年 10 月; 同年 12 月修改。

平均水深2米。与南方池塘相较,面积与水深均较小,作为鲢鳙高产塘,水的深度稍欠不足。

2. 水温 1988年变动于15—28.3°C,饲养期131天;1989年变动于9.5—24.5°C,饲养期130天;1990年变动于11.0—26.5°C,饲养132天。

3. 透明度 1988年池均14—27.5cm,极值10—33cm;1989年池均14.1—19.3cm,极值6—28cm;1990年池均14.4—20.1cm,极值4—42cm。透明度偏低,极值甚至降到4—10cm,对养鱼比较不利,这点与当地多大风以及水浅和鲤的搅动底泥有关。

4. 水化学 从表1可见:①池水的含盐量、碱度、硬度都在养鱼的最适范围内;②离子系数较高,(Na+K)/(Ca+Mg)和Mg/Ca较无锡河埭口鱼池^[9]高2—4倍以上,但这些指标均未达到对养鱼不利的程度;③氮磷比接近于平衡,无机氮/活性磷平均值三年分别为17.4、10.6和13.5,总氮/总磷平均值三年分别为4.2、17.0和11.8。与我国大多数养鱼池相较,更接近于7—10:1的最适值。

表1 镇赉渔场试验塘水化学状况

Table 1 Hydrochemistry conditions of fish ponds of Zhenlai fish farm

项 目	1988		1989		1990	
	池均	极值	池均	极值	池均	极值
含盐量mg/l	353—539				418.4—448.8	
Na+K/Ca+Mg me/l	1.153—1.564				1.114—1.620	
Mg/Ca me/l	0.403—0.620				0.540—0.676	
总碱度 me/l	2.72—4.69	2.15—5.91	3.41—4.76	1.03—6.01	3.06—3.94	2.20—4.97
总硬度 me/l	1.90—2.83	1.20—3.43	1.92—2.69	1.38—3.36	1.87—2.16	1.30—2.50
pH 值	8.37—9.00	7.52—9.50	8.40—8.68	7.24—9.56	7.90—8.16	7.10—9.92
总 COD _{Cr} mgO ₂ /l	18.8—53.2	9.6—66.1	52.0—59.6	21.9—101.1	68.4—106.2	15.7—352.9
溶解 COD _{Cr} mgO ₂ /l			33.2—46.9	12.7—63.3	37.7—65.9	3.4—220.9
无机氮 mg/l	0.446—1.234	0.238—2.290	0.552—1.390	0.140—2.934	0.446—1.254	0.212—2.807
活性磷 mg/l	0.027—0.077	0.002—0.178	0.061—0.155	0.011—0.321	0.059—0.146	0.012—0.476
总氮 mg/l	2.14—3.80	0.99—10.83	5.24—6.39	3.17—14.27	4.90—8.71	1.46—15.60
总磷 mg/l	0.448—1.150	0.04—1.80	0.251—0.41	0.034—1.180	0.539—0.757	0.108—4.494

初级生产力

1. 浮游植物生物量及其组成 1988年生物量总平均39.2(25.9—82.2)mg/l,1989年50.0(35.3—69.7)mg/l,1990年59.6(40.6—95.6)mg/l,均达到4—5级鱼池肥水标准^[6]。从组成来看,3年均以绿藻、硅藻和裸藻为主,个别鱼池蓝藻占绝对优势。各池的优势种也很集中,主要为隐藻、裸藻、衣藻、小球藻、菱形藻、舟形藻以及绿球藻类中的习见种,少数鱼池束丝藻、鱼腥藻、微囊藻、光甲藻占优势。与南方传统鱼池肥水相较^[4],生物量相近但组成上硅藻和裸藻的比重明显高得多。

2. 初级产量和P/B系数 从表2可见毛产量变动于5.52—7.92克O₂/米³·日,日P/B系数在0.17—0.73,呼吸量低于毛产量。我国传统肥水浮游植物毛产量多在5—10

表2 镇赉渔场7个池浮游植物生物量和生产量
Table 2 Biomass and production of phytoplankton in 7 fish ponds of Zhenlai fish farm

鱼池	生物量(B)		毛产量 克O ₂ /米 ² ·日	净产量P 克生物量/ 米 ² ·日	日P/B	年P/B	呼吸量(R) 克O ₂ /米 ² ·日
	毫克/升	克/米 ²					
南冬6号	57.0	114.0	6.47	31.6	0.28	96.4	4.57
南冬2号	45.4	102.2	6.52	31.8	0.31	40.3	6.05
南北10号	33.7	50.6	7.54	36.8	0.73	94.9	6.20
东3号	58.7	117.4	6.17	30.1	0.26	34.3	5.39
东4号	51.5	103.0	5.52	27.0	0.26	34.3	5.45
东11号	95.6	191.2	6.63	32.3	0.17	22.4	5.03
东12号	40.6	81.2	7.92	38.6	0.48	63.4	4.95

克O₂/米²·日^[8],少数施化肥的达到10—15克O₂/米²·日以上。与此相较,镇赉仅达到一般水平。北方生产期多晴天且日照时间较长,池水中营养盐浓度也不低,且N/P较合理,初级产量所以不高的原因主要是受过低的透明度的限制。

次级生产力

(一) 浮游动物

1. 生物量及其组成 1988年生物量总平均9.76(6.26—12.22)mg/l, 1989年7.85(3.58—11.87)mg/l, 1990年9.38(6.06—17.89)mg/l, 三年均值均不及10mg/l, 低于南方高产塘水平^[4,8]。这点首先与北方水温较低有关。

在生物量组成上各年度均以轮虫为主, 三年平均占总量的56.4—76.8%。原生动物在各年度的平均值中占8.1—24.6%, 枝角类占0.6—13.0%, 桡足类占4.6—14.1%。群落中的优势种类都是温带习见的普生种属, 主要为晶囊轮虫、臂尾轮虫、异尾轮虫、多肢轮虫、三肢轮虫、各种纤毛虫、蚤、秀体蚤以及镖水蚤类和剑水蚤类。无锡等地传统肥水中浮游动物量与浮游植物量的比值趋于1/4—1/3^[4], 镇赉鱼池趋于1/6。

江浙肥水浮游动物生物量中也是轮虫占绝对优势, 原生动物次之, 枝角类和桡足类均微不足道^[6,8], 看来, 这点是我国高产塘的通性。

2. 生产量(克/米²·日) 1990年6个池浮游动物日产量在5.16—11.1克/米²之间, 年产量631.1—1463.9克/米², 原生动物和轮虫分别占总量的49.4%和48.4%, 桡足类和枝角类仅占2.2%。根据P/B系数的估计, 广东、无锡和重庆等地高产塘浮游动物生产量在1.64—16.1^[9], 镇赉各池处于这个范围的中等水平。

3. P/B系数 1990年6个池日P/B均值为0.37(0.30—0.46), 年P/B值为43.2(39.6—60.7), 与浮游植物的P/B值相比较, 应该说是相当高的。这是因为, 在生产量组成中原生动物和轮虫平均占97.8%, 这两类小型浮游动物P/B值是较高的。

(二) 底栖动物

1989年4个池生物量均值0.968(0.083—3.214)克/米²,极值0—8.480克/米²;1990年6个池均值0.184(0.124—0.315)克/米²,极值0—3.936克/米²。生物量主要由摇蚊幼虫组成,水蚯蚓仅占小部分。优势种有羽摇蚊幼虫、粗腹摇蚊幼虫、颤蚯蚓等。南方高产塘底栖动物情况还无系统的观测资料。苏联乌克兰不同气候带养鱼池底栖动物量均值在1.6—9.6克/米² [8],以色列高产塘底栖动物量平均3.7—10.9克/米² [6],相较之下可以说镇赉高产塘底栖动物是十分贫乏的,这点和鱼池面积小、鲤鱼放养密度大有关。

(三) 细菌和腐屑

1990年6个池的均值:细菌数量为759.4(730.2—807.5)万/毫升,生物量10.2(9.78—10.82)毫克/升,与无锡郊区高产塘细菌的数量(130—1530万/毫升) [2]相近。

Ванберг等 [16]提出:COD_{Cr}数值略等于有机质干重。浮游生物量一般可按1/7换算为干重值。因此根据总COD_{Cr}和溶解COD_{Cr}以及浮游生物干重之差,可以粗略计算出腐屑加细菌的现存量以及水层中各类有机质的相对含量。从表3可见,包括腐屑、细菌和浮游生物在内的悬浮有机质量约占总有机质量的20.0—58.8%,从两年均值来看,细菌加腐屑量为浮游生物的1.53—2.68倍,稍低于河埭口鱼池 [9]。

表3 镇赉试验塘水中各类有机质含量

Table 3 Contents of various types of organic matter in fish ponds of Zhenlai fish farm

鱼池	有机质总量		悬浮有机质		溶解有机质		浮游生物量		细菌+腐屑		细菌+腐屑 浮游生物
	毫克干重/升	%	毫克干重/升	%	毫克干重/升	%	毫克干重/升	%	毫克干重/升	%	
南冬6号	59.6	100	26.4	44.3	33.2	55.7	9.09	15.3	17.51	29.0	1.90
南冬2号	58.6	100	11.7	20.0	46.9	80.0	7.00	11.9	4.70	8.1	0.67
南北10号	52.0	100	16.7	32.1	35.3	67.9	5.58	10.7	11.12	21.4	1.99
1989年平均值	56.8	100	18.3	32.2	38.5	67.8	7.22	12.7	11.08	19.5	1.53
东3号	77.7	100	25.5	32.8	52.2	67.2	9.52	12.3	15.98	20.6	1.63
东4号	106.1	100	49.3	46.5	56.8	53.5	8.32	7.8	40.98	38.7	4.93
东9号	104.0	100	38.1	36.6	65.9	63.4	7.83	7.5	30.27	29.1	3.87
东10号	91.6	100	53.9	58.8	37.7	41.2	9.95	10.9	43.95	47.9	4.42
东11号	79.8	100	22.0	27.6	57.8	72.4	16.21	20.3	5.79	7.3	0.36
东12号	68.4	100	28.5	41.7	39.9	58.3	7.21	10.5	21.29	31.2	2.95
1990年平均值	87.9	100	36.2	41.2	51.7	58.8	9.84	11.2	26.36	30.0	2.68

鱼产力

(一) 年产量和日均产

从表4可见,单产最高的为1989年北冬2号(9.35克/米²·日),该池特点是密养小规模鱼种,产量中鲤占63%,鲢鳙占37%。其余4个高产塘鲤也占总产的60—70%。鲢鳙主

表4 镇赉渔场试验塘鱼产量和鲢鳙产量
Table 4 Total fish yields and yields of silver carp and bighead in fish ponds of Zhenlai fish farm

鱼池		鱼产量		鲢鳙产量	
		公斤/公顷·年	克/米 ² ·日	公斤/公顷·年	克/米 ² ·日
1988年	南冬2号	9081.5	6.92	2499	1.91
	南冬4号	7086	5.41	4159.5	3.18
	北冬2号	4888.5	4.04	3778.5	2.89
	南南11号	4082	3.56	1792.5	1.37
	北中8号	2368.5	2.37	1890	1.44
	北中9号	3654	3.65	2082.5	1.55
1989年	南冬2号	4251	3.27	1750.5	1.35
	南冬6号	8829	6.79	2550	1.96
	北冬2号	10290	9.35	3810	3.46
	南北10号	9192	8.15	1519.5	1.17
	北北11号	4320.5	4.33	1107	1.10
1990年	东3号	8374.5	6.34	3391.5	2.83
	东4号	5605.5	4.25	2911.5	2.43
	东6号	6940.5	5.26	2670	2.23
	东9号	8968.5	6.79	3715.5	3.10
	东10号	7687.5	5.82	3642	3.04
	东11号	6712.5	5.09	2568	2.14
	东12号	5451	4.13	1911	1.59

食浮游生物以及腐屑和细菌等天然饵料,其单产基本上反映了鱼池的天然鱼产力。南方鲢鳙高产记录多在 1.5—3.0 克/米²·日^[8], 国外不超过 2 克/米²·日^[9]。镇赉有 4 个池 (22%) 达到 3.04—3.46 克/米²·日, 9 个池 (50%) 在 1.55—2.89, 仅 5 个池 (28%) 低于 1.5 克/米²·日, 应该说天然鱼产力是不低的, 这点与兼养鲤、鲢、鳙兼食人工饲料有关。

(二) 月产量

从表 5 可见, 5 月份产量约占年产的 8%, 6 月份约占年产的 20%, 7 月份约占年产量的 30%, 8 月到 9 月初约占 40%。

鲤和鲢鳙在月产量的分配上又有一些差别。鲤在放养初期死亡率较大, 5 月产量仅占年产的 3% 左右, 个别鱼池甚至为负值。6 月占 20%, 7 月占 30%, 8—9 月几乎占年产的一半 (47%)。鲢鳙 5 月产量约占年产的 15%, 6 月与鲤相近, 7 月产量最高, 约相当于 8—9 月的产量。以上是总的趋势, 各池之间因具体情况和难免的采样误差又有所不同。

(三) P/B 系数

P/B 系数反映群体的生长率, 主要受食物、水温、水质和本身生物量 (密度) 的制约。从表 5 可见, 鲤的年 P/B 系数平均 1.815 (1.124—1.986), 最高值出现在 B 和 P 值都高的东 9 号池; 鲢鳙年 P/B 值平均 1.561 (1.226—2.225), 最高值出现在 B 和 P 值都最低

表5 镇赉1990年各月份鲤和鲢鳙的生物量和生产量

Table 5 Biomass and production of silver carp, bighead and carp in every month of Zhenlai fish farm

	5月 T=14-20℃			6月 T=20-25℃			7月 T=25℃			8-9月 T=24-18℃			生长期		
	B 克/米 ²	P 克/米 ² ·月	月P/ B	B 克/米 ²	P 克/米 ² ·月	月P/ B	B 克/米 ²	P 克/米 ² ·月	月P/ B	B 克/米 ²	P 克/米 ² ·年	月P/ B	B 克/米 ²	P 克/米 ² ·年	年 P/B
	鲤						鱼								
东3号	156.6	33.8	0.216	182.1	41.3	0.227	271.4	132.0	0.486	494.9	106.0	0.618	726.3	513.1	1.857
东4号	122.4	8.64	0.071	129.6	87.8	0.677	195.9	58.9	0.301	323.2	191.4	0.592	192.8	346.7	1.798
东9号	142.8	5.76	0.040	178.9	103.3	0.577	297.0	141.5	0.476	523.5	316.5	0.605	285.6	567.1	1.986
东10号	118.2	8.28	0.068	158.7	95.0	0.599	289.2	174.9	0.605	450.6	154.0	0.342	254.2	432.2	1.700
东11号	105.1	18.0	0.171	157.5	99.0	0.629	239.4	72.8	0.304	394.0	238.7	0.606	221.0	251.8	1.124
东12号	101	0		148.8	126.7	0.852	302.6	208.2	0.688	431.5	62.2	0.144	246.0	397.1	1.614
	鲢						鳙								
东3号	105.8	44.4	0.480	173.4	64.7	0.373	252.3	98.6	0.391	374.9	119.3	0.318	226.6	327.0	1.443
东4号	155.1	71.8	0.463	198.1	70.9	0.358	260.7	123.3	0.424	393.3	51.9	0.132	259.3	317.9	1.226
东9号	115.9	60.6	0.532	180.7	77.4	0.428	282.0	132.0	0.468	400.8	119.1	0.297	244.4	389.1	1.592
东10号	180.2	55.6	0.427	191.9	73.5	0.383	273.7	93.5	0.342	394.3	155.0	0.393	247.5	377.6	1.526
东11号	31.5	27.6	0.876	69.4	42.5	0.612	157.1	103.7	0.660	247.6	78.0	0.315	126.4	251.8	1.992
东12号	28.5	14.8	0.502	54.0	48.0	0.769	104.3	61.2	0.587	174.1	82.0	0.472	90.2	200.7	2.225

的东12号池。这点意味着鲢鳙的生长受本身密度的影响大于外界环境,而鲤的生长则主要受环境条件的制约。

月P/B系数均值鲤以5月最低,6月最高,以后稍下降;鲢鳙则是双峰型:5月因密度低个体生长迅速,P/B值较高,6月下降,7月随水温的上升P/B值又见升高,8-9月又下降到最低值。

有机物的收支与沉积

从表6可见,7个池年输入和合成的有机质总量在6763.5-10329公斤碳/公顷,其中人工饵料和有机肥料占总量50.3-70.3%,初级产量占29.7-49.7%。

有机质的年支出量在3752-5020.5公斤碳/公顷,其中水呼吸消耗最大,占总量43.9-64.8%;其余依次为鱼呼吸12.9-28.3%,鱼利用(鱼产量)9.5-18.6%,水底呼吸9.1-13.9%。所有7个池年收入均远大于年支出,一年有28.3-51.4%的收入碳沉积池中,较国外高产试验塘稍高^[15]。沉积率最低的为东3号池,最高的为南冬6号。

鱼产量和收入有机质之比是物质和能量转化效率的重要指标。鱼产量和总收入碳之比在4.7-10.2%,东3号最高,北10号最低;鲤产量和人工饵料碳之比在6.5-13.1%,东3号最高,东4号最低;鲢鳙产量与初级毛产量之比在5.1-13.7%,东3号又最高,北10号最低。

根据生长期中鱼利用碳和鱼同化碳(利用碳加呼吸碳)之比,可以计算出各池鲤和鲢

表6 镇赉渔场7个试验塘有机质(碳)收支(公斤碳/公顷)

Table 6 Organic carbon budgets in seven fish ponds of Zhenlai fish farm (Kg C/ha)

试验塘	收 入			支 出					沉 积	
	人工饲料和有机肥料	初 级 产 量	收 入 总 计	鱼利用	鱼呼吸	水呼吸	水底呼吸	支 出 总 计	公斤/公顷	占收入%
南冬6号	7257	3072	10329	984.5	1422	2306.5	457.5	5020.5	5208.5	51.4
南冬2号	8730.5	3033	6763.5	460.5	544.5	2893.5	538.5	4477	2226.5	34.4
南北10号	3594	2574.5	7168.5	441	793.5	2956.5	471	4662	2506.5	35.0
1989年平均	4860.5	3226.5	8087	612	920	2685.5	489	4706.5	3380.5	41.8
东3号	3834	2970	6804	904.5	1078.5	2418	475.5	4876.5	1927.5	28.3
东4号	4185	2656.5	6841.5	619.5	876	2581.5	462	4589	2302.5	33.7
东11号	4197	3130.5	7327.5	721.5	729.5	1750.5	520.5	3782	2655.5	49.5
东12号	3873	3811.5	7684.5	583.5	711	2437.5	421.5	4158.5	3581	45.9
1990年平均	4022.3	3157.1	7179.4	707.3	851.3	2296.9	469.9	4224.4	2854	39.8

Zur 1981

鲤7000尾/公顷	6233	4510	10743	859	1164	5130	1000	8153	2590	24.1
鲤10000尾/公顷	10425	5730	16205	1091	1940	7020	1000	11051	5154	31.8
鲤20000尾/公顷	18319	8660	21979	1873	3326	6990	1000	13079	8900	40.5

注:人工饲料和有机肥料每公斤碳值(公斤C)为¹¹:鱼粉0.553,酵母粉0.471,全小麦粉0.390,玉米粉0.432,麸皮粉0.392,大豆饼粉0.466,牛马羊粪0.0105。初级产量1克O₂≈0.375克碳。1公斤鱼≈0.12克碳。鱼呼吸系根据不同时期鱼的生物量、平均水温和耗氧率计算的,水呼吸系根据黑瓶中呼吸量计算的;水底呼吸根据底泥耗氧率计算。

鲤的净生长效率(K₂)。从表7可见,鲤的K₂值为0.35—0.45,东11号最高,南冬6号最低。鲢鲤K₂值为0.34—0.58,以东12号和东11号最高,北10号最低。东11号和东12号都是鲢鲤负载量很低的两个池,由此再次看出密度对鲢鲤群体生长的重要影响。

从上述几项指标的衡量,东3号应是7个池中生产管理最好、生态效率最高的池。该

表7 镇赉渔场7个鱼池鱼产量和收入有机质之比

Table 7 The ratio of fish production with respect to input organic carbon

试验塘	鱼产量 公斤C/ 公顷	鱼产量/ 总收入 %	鲤产量 公斤C/ 公顷	鲤产量/ 人工饲料 %	鲢产量 公斤C/ 公顷	鲢产量/ 初级 产量%	鱼产量/ 初级产 量%	K ₂	
								鲤	鲢 鲤
南冬6号	934.5	6.95	628.5	8.67	306	9.96	30.4	0.349	0.551
南冬2号	460.5	5.23	250.5	6.73	210	6.92	15.2	0.415	0.486
南北10号	441	4.72	258	7.20	183	5.12	12.3	0.374	0.386
东3号	904.5	10.23	498	13.1	406.5	13.68	30.5	0.446	0.470
东4号	619.5	3.06	270	6.49	349.5	13.16	23.3	0.296	0.430
东11号	721.5	9.77	324	9.92	307.5	9.64	22.6	0.450	0.568
东12号	583.5	7.59	354	9.20	229.5	6.02	15.3	0.395	0.575

Zur 1981

鲤7000尾/公顷	859	8.0	859	17.4			19.1	0.425	
鲤10000尾/公顷	1091	6.7	1091	11.9			13.9	0.340	
鲤20000尾/公顷	1873	8.5	1873	15.6			21.6	0.360	

池外来有机质约为初级产量的1.3倍,输入和合成的有机质有70%以上参与生物物质循环,其中约50%消耗于水呼吸,约40%为鱼类同化利用并有15%转化为鱼产量。

两年的指标加以比较,可以看出:1990年总有机质的利用率、鱼类的同化效率和物质转化效率均高于1989年,也就是说生产管理有所提高。

7个鱼塘的单产虽然低于Zur^[15]的高密度养鲤塘,但1990年3个鱼池的能量转化效率高于国外试验塘。

生物能量平衡和能量效率

为了计算试验塘中生物能量平衡,将所有生物量和生产量按下列比例换算为能量单位(千焦耳 kJ):1克 O₂ = 14.6kJ; 1克浮游植物鲜重 = 2.428kJ; 1克浮游动物鲜重 = 2.343kJ; 1克底栖动物鲜重 = 3.347kJ; 1克细菌鲜重 = 2.51kJ; 1克鲤鲜重 = 4.184kJ; 1克鲢鲜重 = 5.02kJ; 1kJ ≈ 0.025克C。

根据文献资料^[15,17],选用各类生物的净生长效率(K₂)和食物的同化效率如下(括号内前一数字为K₂,后一数字为同化效率):浮游动物(0.4;0.6),底栖动物(0.4;0.6),细菌(0.25;0.8),鲤(实测;0.8),鲢(实测;0.5)。

从表8和图1可见,东3号池浮游植物产量和细菌产量共11606.1kJ/m²,浮游动物摄食9445.8kJ/m²,尚余2160.3kJ/m²。

鲢摄食量为6920kJ/m²,上述浮游植物和细菌的余额加上浮游动物产量2267kJ/m²,可为鲢提供天然饵料4427.3kJ/m²,尚需摄食人工饵料2492.7kJ/m²,也就是

表8 镇赉两个鱼池生物能量平衡(kJ/m²·年)

Table 8 Biological energy balance in two fish ponds of Zhenlai fish farm (kJ/m²·year)

生物	生物量 B	生产量(净产量) P	P/B	代谢量 A	同化量 A	摄食量 C
东 3 号 池						
浮游植物	285.0	9212.6	41.7	2378.2	11890.8	
细菌	25.95	2398.5	92.2	7180.5	9574.0	11967.5
浮游动物	37.3	2267.0	60.9	3400.5	5667.5	9445.8
底栖动物	0.45	4.5	10	6.75	11.25	18.75
鲤	1156	1992	1.86	2474.5	4466.4	5583
鲢	1131.5	1626	1.44	1834	3460	6920
东 12 号 池						
浮游植物	191.2	12210.7	61.9	3052.7	15263.4	
细菌	20.84	1876	90	5627.6	7502.6	
浮游动物	46.3	1864.9	40.3	2797.4	4662.3	7770.5
底栖动物	0.553	5.55	10	8.32	13.87	23.1
鲤	1029.3	1416	1.38	2169	3585	4481
鲢	452.8	918	2.03	679	1597	3194

注:东3号池投入人工饵料14784kJ/m²;东12号池投入人工饵料14940kJ/m²。

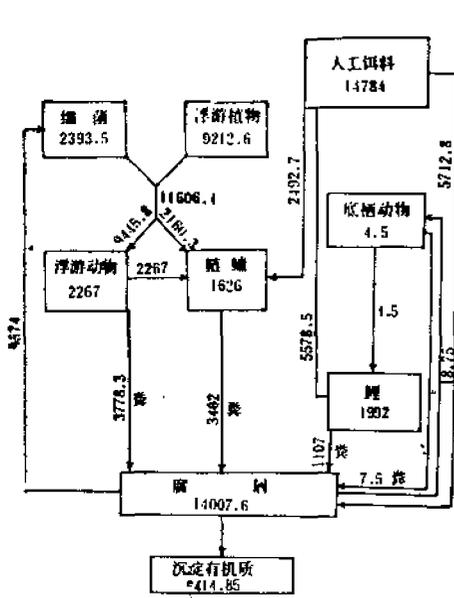


图1 吉林镇赉渔场东3号池1990年能流与物流(kJ/m²·年)

Fig. 1 Annual flow of energy and matter in pond East 3 of Zhenlai fish farm (1990)(kJ/m²·year)

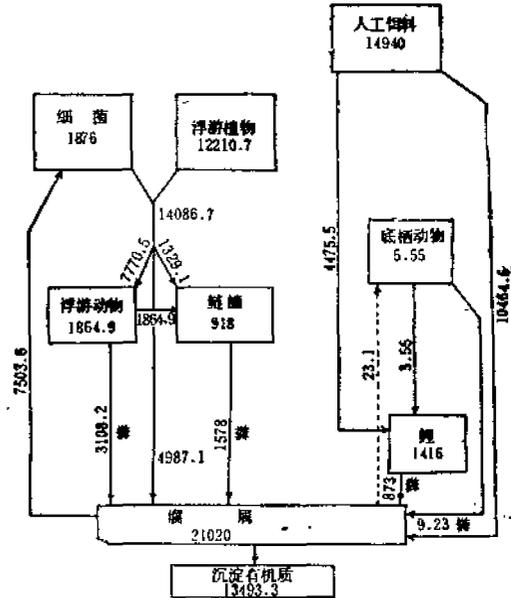


图2 吉林镇赉渔场东12号池1990年能流与物流(kJ/m²·年)

Fig. 2 Annual flow of energy and matter in pond East 12 of Zhenlai fish farm (1990)(kJ/m²·year)

说鲢鳙食物中天然饵料占64%，人工饵料占36%。鲢鳙的毛生长效率 K_1 约为 0.23。

投入人工饵料计 14784kJ/m²，除去鲢鳙摄食的尚有 12291.3 kJ/m²。鲤摄食量共 5583kJ/m²，除少量底栖动物(4.5kJ/m²)外，需摄食人工饵料 5578.5kJ/m²。鲤鱼的 K_1 值为 0.36。

人工饵料尚剩 5712.8，加上鲤粪 1107，鲢鳙粪 3402，浮游动物粪 3778.3，底栖动物粪 7.5，总计有 14007.6kJ/m²，其中细菌同化利用 9574，底栖动物利用 18.75，尚剩 5414.9kJ/m² 积累池底，约占投入和合成总能量(23996.6kJ/m²)的22.6%。

从表 9 和图 2 可见，东 12 号池浮游植物和细菌产量共 14086.7kJ/m²，浮游动物摄食 7770.5kJ/m²，鲢鳙摄食 1329.1kJ/m²，尚余 4987.1 kJ/m²。鲢鳙的 K_1 值约为 0.29。

鲤的摄食量为 4481 kJ/m²，除食底栖动物 5.55 kJ/m² 外，尚需摄食人工饵料 4475.5kJ/m²，鲤的 K_1 值约为 0.32。

表9 镇赉两个试验塘次级产量与初级生产量的百分比

Table 9 Percent of secondary productions to primary production in two fish ponds of Zhenlai fish farm

鱼池	细菌产量/初级产量	浮游动物产量/初级产量	底栖动物产量/初级产量	鱼产量/初级产量	鲢鳙产量/初级产量	Σ动物产量/初级产量
东3号	26.0%	24.6%	0.05%	38.1%	17.6%	63.9%
东12号	15.4%	15.3%	0.05%	19.1%	7.5%	33.9%

投入的人工饵料计 $14940\text{kJ}/\text{m}^2$, 除鲤利用外尚余 $10464.5\text{kJ}/\text{m}^2$, 加上剩余的浮游植物和细菌 4987.1 , 鲤粪 873 , 鲢鳙粪 1578 , 浮游动物和底栖动物粪 3117.4 , 共有 $21020\text{kJ}/\text{m}^2$ 。这些能量中 $7503.6\text{kJ}/\text{m}^2$ 为细菌利用, $23.1\text{kJ}/\text{m}^2$ 为底栖动物利用, 尚剩 $13493.3\text{kJ}/\text{m}^2$, 为投入和合成总能量的 49.7% 。

根据有机质收支平衡计算, 上述两池沉积碳量分别为输入和合成碳总量的 28.3% 和 45.9% (表 6), 而按能量平衡计算值仅较此相差 5.7 和 3.8 个百分点。可见 K_2 和同化效率的假定值是接近实际的。

水域中最基本的天然饵料——浮游植物 + 细菌被各类动物的利用效率如下: 东 3 号池浮游动物利用了 81.4% , 底栖动物利用了 0.2% , 鲢鳙利用了 18.4% ; 东 12 号池浮游动物利用了 55.2% , 底栖动物利用了 0.2% , 鲢鳙利用了 22.4% 。

据 ITO 等^[12]的试验, 鲢对鱼池浮游生物氮的利用率为 23.8% , 与上述鲢鳙对碳的利用率相近。

一般以次级产量和初级产量的比值作为能量转化效率的指标。从表 9 可见, 初级净产量转化为细菌的百分比和转化为浮游动物的很相近: 东 3 号池为 26.0% 和 24.6% , 东 12 号池为 15.4% 和 15.3% 。鱼产量和初级净产量的比值东 3 号为东 12 号的一倍。东 3 号池鲢鳙产量与初级净产量的比值达到 17.6% , 与初级毛产量的比值亦达到 13.7% , 远高于南方池塘 $5-7.7\%$ ^[9] 的比值。然而前已指出: 东 3 号池鲢鳙食物中人工饵料占 34.9% , 假定人工饵料和天然饵料的能量转化率相等, 那么除去人工饵料所提供的鱼产量外, 从初级毛产量到鲢鳙产量的能量转化率为 8.9% , 高于一般高产水平。从初级净产量到鲢鳙产量的能量生态效率达 11.1% , 稍高于 10% 的转化率。

东 3 号池生物生产量总值为 $17495.6\text{kJ}/\text{m}^2$, 其中初级净产量占 52.7% , 次级产量占 47.3% 。总呼吸量为 $17474.5\text{kJ}/\text{m}^2$, 与生产量几乎相等, 其中浮游植物占 13.6% , 细菌占 41.1% , 浮游动物占 19.5% , 底栖动物占 0.1% , 鱼类占 24.7% 。

东 12 号池生物生产量总值为 $18291.2\text{kJ}/\text{m}^2$, 其中初级净产量占 66.8% , 次级产量占 33.2% 。总呼吸量为 $14334.0\text{kJ}/\text{m}^2$, 低于生产量, 其中浮游植物占 21.3% , 细菌占 39.3% , 浮游动物占 19.4% , 底栖动物占 0.1% , 鱼类占 19.9% 。

两池在有机质分解中, 都是细菌的作用最大, 鱼类或浮游生物的呼吸次之。

发挥渔业潜力的几个途径

1. 镇赉鱼池水质良好, 营养盐类丰富且氮磷比较接近平衡, 但初级生产力仅达到肥水的一般水平, 主要原因是受低透明度的限制。水浅和当地常刮大风是池水透明度降低的原因, 因此增加池水深度和采取一些挡风措施是提高鱼池初级生产力的有效途径。水的深度增加由于扩大池鱼的生活空间, 本身又是一项增产措施。养鱼池初级生产力既是天然饵料的基础, 又是溶氧的主要供应者, 提高初级产量不仅提高鱼池的天然鱼生产力, 还由于增加氧气有可能投入更多的人工饵料从而同时增加人工鱼生产力。

2. 试验塘输入的有机质每年有 $28-51\%$ 沉淀池底未参与生物生产过程, 且大量消耗氧气导致生态系的老化。根据东 3 号和东 12 号两池的分析, 人工饵料有 38.6% 和 70%

未被鱼类直接利用,因此改善人工饵料的投喂方式及提高其利用率应是当务之急。混养一定数量的鲫、非鲫、鲢属等善于利用腐屑的鱼类,既能增产又有改良环境的作用。

3. 在7个试验塘中,东3号池有机质沉积率最低,鱼产量和输入有机质之比,鲤产量与投入人工饵料之比,鲢产量与初级产量之比以及鲤的净生长效率 K ,都最高,表明这个池生产管理好,生态效率最高。因此,应将东3号池的放养和管理作为镇赉渔场高产塘的模式,加以推广。

参 考 文 献

- [1] 中国农业科学院畜牧研究所等,1985. 中国饲料成分及营养价值表,1—118. 农业出版社(京)
- [2] 方秀珍等,1989. 高产鱼池中异养细菌的初步研究. 水产学报,13(2):101—107.
- [3] 刘国才等,1992. 鱼塘内细菌数量消长和季节变动. 水产学报,16(1):24—31.
- [4] 何志辉等,1988. 无锡市河埭口高产塘水质研究 II, 浮游生物. 水产学报,7(4):287—300.
- [5] 何志辉,1985. 从“看水”经验论养鱼水质的生物指标. 水生生物学报,9(1):89—98.
- [6] 南春华等,1988. 浮游细菌计数方法的探讨. 大连水产学院学报,(3—4):81—88.
- [7] 郭贤楨等,1984. 动物粪肥养鱼池水中细菌区系分析及其消长规律初步研究. 淡水渔业,(1):31—34.
- [8] 张扬宗等,1989. 中国池塘养鱼学,40—88. 科学出版社(京)
- [9] 雷衍之等,1983. 无锡市河埭口高产塘水质研究 I, 水化学和初级生产力. 水产学报,7(9):185—198.
- [10] 姚宏禄,1988. 综合养鱼高产池塘的溶氧变化周期. 水生生物学报,12(3):199—210.
- [11] 姚宏禄等,1990. 主养青鱼高产塘的初级生产力及其能量转化为鲢产量效率. 水生生物学报,14(2):114—128.
- [12] Ito T. et al., 1973. Productivity of communities in fish culturing ponds. *JIBP-PF Report*.
- [13] Le Cren E. D. et al., 1980. *The functioning of freshwater ecosystems*,455—479. Cambridge University Press, New York.
- [14] Li Sifa, 1987. Energy structure and efficiency of a typical Chinese integrated fish farm. *Aquaculture*, 65: 105—118.
- [15] Zur O., 1981. Primary production in intensive fish ponds and a complete organic carbon balance in the ponds, *ibid.*, 23: 197—210.
- [16] Вяльберг Г. Г., Ляхнович В. П., 1965. *Удобрение Прудов*, 144. Издательство “Пищевая промышленность”. Москва.
- [17] Харитонова Н. Н., 1984. *Биологические основы интенсификации прудового рыболовства*, 163—172. Издательство “Наука Думка”, Киев.

ANALYSIS ON THE FISH POND ECOSYSTEMS IN ZHENLAI FISH FARM OF JILIN PROVINCE

He Zhihui

(Jelian Fisheries College, 116024)

ABSTRACT Based on the data of ecological surveys made in 1988—1990 in fish ponds of Zhenlai fish farm of Jilin Province, the abiotic environments, biotic communities, primary and secondary productions, organic carbon balance, flow of energy and the biological energy budgets in the fish pond ecosystems were described and discussed in this paper.

By the estimation of organic carbon balance from 7 ponds, total input were

6804—10329kgC/ha and the output were 3732—5020.5kgC/ha. There were about 28.3—51.4% input organic carbon to be deposited on the bottom in the year. Total fish yields were 2369.5—10290kg/ha which about 4.7—10.2% of total input energies. Yields of silver carp and bighead were 1107—4159.5kg/ha, which about 5.1—13.7% of phytoplankton gross productions. Yields of carp were 468.5—6480 kg/ha, which about 6.5—13.1% of input artificial diets. According to the analysis of biological energy budgets in two ponds, 55.2—814% energy of phytoplankton and bacteria were utilized by zooplankton, 18.4—22.4% by silver carp and bighead, only 0.2% by zoobenthos.

KEYWORDS fish pond ecosystem, Zhenlai fish farm