

三江平原沼泽地主养鲤鱼塘 能量转换效率研究

杨富亿

(中国科学院长春地理研究所, 长春 130021)

摘要 对1988~1992年三江平原沼泽地泥炭池主养鲤鱼生态系统的能量转换效率进行了研究分析。结果表明,一个生长期浮游植物毛初级生产力对太阳辐射能的转换效率为0.204~0.308%;鲢鳙净产量对浮游植物净产量的转换效率为1.195~4.815%;太阳能转换为鱼类总净产量的生态学效率为0.067~0.123%。总辅助能、总生物能和饲料辅助能转换为鱼类总净产量的效率分别为8.91~14.05%、10.96~17.20%和11.06~17.57%。在2500kg/hm²、3500kg/hm²及5000kg/hm²三个净产量级型池塘中,以5000kg/hm²产量级的能量转换效率为最佳型。

关键词 三江平原 沼泽地 鲤鱼 池塘生态系统 能量转换效率

近年来,利用精饲料不施肥主养鲤鱼已成为开发三江平原沼泽的重要途径之一。池塘多建在泥炭地上,且底部多为斜坡形,利用泥炭沼泽土较高的自然肥力,克服沼泽地低温冷浆、酸性等养鱼不利因素。目前,国内外学者对池塘生态系统能量转换效率的研究较多,但对高寒地区沼泽地泥炭池主养鲤鱼生态系统的能量转换效率研究报导尚少。1988~1992年作者初步研究了三江平原科技攻关宝清试验区3口主养鲤鱼塘的能量转换效率,旨在为不断改进和完善该养殖结构,充分发挥池塘生态系统功能提供理论依据,同时探讨提高能量转换效率的途径。

1 材料与方 法

1.1 研究地点及池塘

试验区位于46°19'N, 132°11'E,地处三江平原腹地的挠力河和七星河沼泽区。该区年均气温1.4~3.2℃,无霜期125~140d,日照时数2400~2500h,降雨量450~650mm。试验池塘3口,1985~1986年建于河漫滩泥炭沼泽地上,水面共6.5hm²。进行了6口塘次不同养殖结构的试验,其基本情况见表1。

1.2 测试分析内容

1.2.1 浮游植物初级生产量 采用黑、白瓶氧量法测定,在深水区和浅水区分2点定位挂

• “七五”科技攻关项目(A018601)部分内容。

收稿日期:1993年11月13日;接受日期:1994年4月25日。

作者简介:杨富亿,男,1964年生,助理研究员。1987年毕业于大连水产学院养殖系。现主要从事淡水鱼类增殖、渔业资源开发利用研究。发表论文20余篇,并参与编写专著2本。

表 1 池塘基本情况*

Tab. 1 General conditions of fish ponds

试验地点	年 份	泥炭层厚度 (cm)	池底坡降 (%)	常水位面积 (hm ²)	常水位深度 (m)	放养密度 (尾/hm ²)	毛产量 (kg/hm ²)	净产量 (kg/hm ²)						
东明村	1988	45.2	1.42	2.33	1.2	7155	3855	3476						
	1989	30.6	1.46	2.30	1.2	5605	3015	2682						
	1990	51.3	1.83	2.30	1.1	7320	4018	3614						
	1992	65.2	1.12	2.33	1.2	7630	5759	5009						
腰岗村	1989	63.7	1.31	1.87	1.3	5395	2807	2510						
	1990	67.4	1.36	1.87	1.3	7165	3570	3203						
试验地点	年 份	混养的每种鱼净产量(kg/hm ²)及其占总净产量的比例(%)												群体增 重倍数
		鲤		青鱼		鲢		鳊		鲫		鳊		
		净产量	比例	净产量	比例	净产量	比例	净产量	比例	净产量	比例	净产量	比例	
东明村	1988	2700	77.6	444	12.8	163	4.7	33	0.9	52	1.5	84	2.5	9.2
	1989	2079	77.5	315	11.7	135	5.0	36	1.5	60	2.2	57	2.1	8.0
	1990	2880	80.0	446	12.3	180	4.9	43	1.2	56	1.4	9	0.2	8.9
	1992	1710	34.1	590	11.8	298	5.9	285	5.7	972	19.4	1157	23.1	6.6
腰岗村	1989	1345	51.6	497	20.6	198	7.6	90	3.5	148	6.6	232	10.1	7.9
	1990	1562	46.0	465	13.4	300	9.2	171	5.2	278	11.6	463	14.6	8.7

* 各池还混养了少量团头鲂和罗非鱼。1991年试验区受水灾,池塘跑鱼较多,本文未报。

瓶。每隔 15d 左右选晴天和多云天各测 1 次,每次挂瓶 24h^①,深度分别为透明度的 0 倍、0.5 倍、1.0 倍、1.5 倍和 2.0 倍及池底。以 2 次测定的水柱日产氧量平均值作为该月水柱日均产氧量,据此计算各月及全生长期产氧量。

1.2.2 次级生产量及鱼产量 池塘浮游细菌生物量以直接镜检法测定;浮游动物与底栖动物的生物量均按目前通用的常规方法测定,每月 2 次,取其平均值作为该月日均生物量,再以 P/B 系数法估算其次级生产量。鱼的生产量用试验期间的总生物量表示。

1.2.3 沉积物与腐屑 在池塘四角及中央各将一只 0.5×0.2×0.1m³ 自制的敞口铁皮箱沉于池底,根据 5 只箱沉积物量的平均值,测出一个生长期沉积物量。悬浮有机腐屑的测定采用重铬酸钾耗氧量法估算^[1]。

1.2.4 主要生态因子 水温、透明度、pH 值、DO、COD、CO₂、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、PO₄³⁻-P 等,采用文献[2]的方法测定。每月与初级生产量同时采样测定。生长期太阳辐射能量采用宝清县气象站资料。

1.3 投入与产出统计

试验池所有投入与产出均折算为能量(J)。池养鱼类、饲料、劳力、柴油、机械等的能量按其能值折算,折算系数引自文献[3,4]。

2 结果与讨论

2.1 初级生产量及次级生产量

试验池一个生长期浮游植物初级生产量和浮游动物、底栖动物、浮游细菌等次级生产量

① 24 小时挂瓶虽然目前在高产精养塘已不再可行,但本试验池因单产水平不高,池水肥度不大,故仍采用此法,所测数据仍有可能比实际初级生产量偏低。

以及悬浮有机腐屑、沉积物量的测定结果见表 2。所用 P/B 系数及其能量折算系数均引自文献[4,5]。

表 2 主养鲤鱼塘年初级生产量和次级生产量

单位:GJ/hm²·

Tab. 2 The annual primary production and secondary production in ponds cultured mainly with common carp

试验地点	年份	浮游植物净初级生产量	浮游动物					底栖动物	浮游细菌	悬浮有机腐屑	沉积物
			原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	小计				
东明村	1988	41.281	6.777	9.444	0.130	0.150	16.504	0.089	15.216	320.28	177.99
	1989	61.926	6.685	10.618	0.196	0.101	17.601	0.109	15.888	498.79	208.22
	1990	62.343	7.287	8.920	0.249	0.196	16.652	0.091	10.921	460.45	204.79
	1992	51.717	5.447	7.071	0.260	0.188	12.966	0.096	14.290	334.98	191.42
腰岗村	1989	51.142	9.137	9.274	0.180	0.103	18.694	0.101	18.845	377.55	184.77
	1990	61.119	6.321	9.105	0.275	0.172	15.873	0.090	21.012	459.14	214.97

* 1GJ=10⁹J,以下同。

2.2 能量转换效率

2.2.1 太阳辐射能在能量转换中的生态学效率 太阳辐射能是池塘生态系统的主要自然能源。自养生物(主要是浮游植物)通过光合作用将部分太阳能转换为化学能而进入养殖生产的总能流过程。既为养殖鱼类直接提供基础饵料和氧量,又使系统熵值不断地减少,负熵和有序性、稳定性不断增加,从而促进系统良性循环和资源再生。本试验池浮游植物毛初级生产量对太阳总辐射能的利用效率为 0.204~0.308%;鲢鳙净产量对净初级生产量的利用效率为 1.195~4.815%;太阳能转换为养殖鱼类总净产量及鲢鳙净产量的生态学效率分别为 0.054~0.123%和 0.0024~0.0095%(表 3)。

表 3 主养鲤鱼塘浮游植物初级生产力在能量转换中的生态学效率

Tab. 3 Ecological efficiencies in ponds cultured mainly with common carp

试验地点	年份	生长期间太阳总辐射能量(GJ/hm ²)	生长期间浮游植物毛产氧量(GJ/hm ²)	生长期间浮游植物净产氧量(GJ/hm ²)	毛初级生产量对太阳辐射能量的利用效率(%)	鲢鳙净产量对净初级生产量的利用效率(%)	太阳总辐射能量转换为鲢鳙净产量的生态学效率(%)	太阳辐射能量转换为鱼类总净产量的生态学效率(%)
东明村	1988	25892.4	52.92	41.28	0.204	1.744	0.0024	0.089
	1989	26443.9	79.39	61.93	0.300	1.195	0.0028	0.067
	1990	25936.7	79.93	62.34	0.308	1.317	0.0032	0.093
	1992	26272.4	66.30	51.72	0.252	4.815	0.0095	0.123
腰岗村	1989	26120.8	65.57	51.42	0.259	2.092	0.0041	0.062
	1990	25669.3	78.35	61.12	0.305	3.845	0.0091	0.078

本试验池上述四项指标低于南方主养鲢草鱼池(分别为 0.46%、8.48%、0.135%和 0.039%)[3]、主养鲢鳙池(分别为 1.15%、4.16%、0.067%和 0.05%)[4]、主养青鱼池(分别为 0.76~1.11%、3.49~5.64%、0.186~0.283%和 0.028~0.055%)[6]以及主养鲢鳙非鲫池(分别为 0.86~1.64%、8.64~15.56%、0.082~0.179%和 0.085~0.156%)[7]。这显然是养殖结构、施肥投饲与管理措施和水体富营养化程度等差异所致。同湖泊水库相比,本试验池太阳能利用效率低于武汉东湖(0.34~0.40%)[8]与某些热带湖泊水库[5],而高于洪湖

(0.15%)^[9];鲢鳙鱼净产量对浮游植物净初级生产量的利用效率高于武汉东湖(0.54~1.48%)^[8]和洪湖(0.33%)^[9];太阳能转换为鲢鳙鱼净产量的生态学效率低于东北地区湖泊水库(0.03~3.70%)^[10],而高于武汉东湖(0.0010~0.0044%)^[8]和洪湖(0.0005%)^[9]。

本试验池浮游植物初级生产量较低,是导致太阳能利用效率不高的主要原因。从该区沼泽泥炭地的自然环境和养殖结构等方面分析,在影响浮游植物初级生产量的外因和内因中,氮、磷浓度是主要限制因素。试验期间,水层中有效氮含量为0.226~0.942mg/L(平均0.451mg/L);有效磷含量为0.063~0.087mg/L(平均0.072mg/L)。有效氮低于主养青鱼池(1.70~5.52mg/L)、主养鲢鳙非鲫池(1.47~7.78mg/L)、河埭口高产池(0.97~2.06mg/L)以及我国混养塘的一般水平(1~2mg/L);而有效磷含量显著高于上述池塘(0.001~0.090mg/L,平均0.024~0.031mg/L)。根据氮、磷浓度分别在0.26~1.3mg/L以下和0.018~0.098mg/L以下均可成为藻类生长繁殖限制因素的一般性结论,本试验池氮、磷均是浮游植物初级生产量的限制因素,而氮比磷更缺乏。可初步认为,有效氮是该区沼泽地泥炭池不施肥主养鲤鱼生态系统浮游植物初级生产量的主要限制因子。

2.2.2 辅助能转换效率 辅助能是养殖生产过程中人为投入的辅助能源,是形成鱼产量的重要能量组成部分。本试验池辅助能的投入量为180~260GJ/hm²,明显低于主养青鱼池(400~870GJ/hm²)^[11]。总辅助能、总生物能和饲料辅助能转换为鱼的净产效率分别为8.91~14.05%、10.96~17.20%及11.06~17.57%,约等于或低于主养青鱼池,低于主养鲢鳙非鲫池^[12],但显著高于南汇渔场主养鲢鳙池;净产吨鱼总辅助能消耗量为47.59~73.74GJ/t,一个生长期鱼的生产量为1.795~3.807MJ/m²①,分别高于和低于上述池塘;饲料转换效率和饲料蛋白质效率分别为29.76~46.09%及15.01~27.80%(表4、5),均低于主养鲢鳙非鲫池。

表4 主养鲤鱼塘投入辅助能和鱼类产出能

单位:GJ/hm²

Tab. 4 Input of subsidies energy and output of fishes energy in ponds cultured mainly with common carp

试验地点	年份	生物能			工业能			总辅助能	鱼类产出能	
		饲料	鱼种	小计	柴油机械	人工管理	小计		毛产	净产
东明村	1988	211.64	2.00	213.64	41.49	0.92	42.41	256.05	25.37	23.37
	1989	153.13	1.80	154.93	43.24	0.90	44.14	199.07	19.17	17.84
	1990	179.32	2.19	181.51	39.69	0.86	40.55	222.06	26.69	24.12
	1992	190.11	3.47	193.58	43.64	0.72	44.36	237.94	38.07	33.36
腰岗村	1989	133.82	1.43	135.25	44.36	0.95	45.31	180.56	17.95	16.06
	1990	149.34	1.68	151.02	45.52	0.84	46.36	197.38	23.47	20.51

1992年东明试验池总辅助能、总生物能的转换效率均高于南方主养青鱼池和主养鲢鳙非鲫池;饲料辅助能的毛、净转换效率分别为20.04%和17.57%,高于主养青鱼池而约等于主养鲢鳙非鲫池。上述三项指标明显高于本试验的其它各池。该池辅助能转换效率较高的原因,主要是合理的混养、密养,在物质和能量上多层次分级利用了池塘生态系统中各个生态位(空间位、时间位和营养位),并在养殖管理过程中,合理地投入工业能(如科学的投饲、

① 1MJ=10⁶J,以下同。

表 5 主养鲤鱼塘辅助能转换效率

Tab. 5 Conversion efficiency of subsidics energy in ponds cultured mainly with common carp

试验地点	年份	项 目	转换效率(%)		能量消耗(GJ/t)		鱼的生产力 (MJ/m ²)	饲料转化 效率(%)	饲料蛋白质 效率(%)
			毛产	净产	毛产	净产			
东明村	1988	总辅助能	9.92	9.14	65.67	73.17	2.537	29.76	15.01
		总生物能	11.90	10.96	54.77	61.03			
		饲料辅助能	12.01	11.06	54.10	59.46			
	1989	总辅助能	9.65	8.94	56.36	73.74	1.917	31.95	16.13
		总生物能	12.40	11.52	51.64	57.37			
		饲料辅助能	12.54	11.63	51.05	56.70			
	1990	总辅助能	12.02	10.85	55.52	61.70	2.669	36.23	19.54
		总生物能	14.71	13.28	45.40	50.41			
		饲料辅助能	14.90	13.45	44.83	49.80			
	1992	总辅助能	16.02	14.05	41.01	47.59	3.807	46.09	27.80
		总生物能	19.68	17.26	33.38	38.72			
		饲料辅助能	20.04	17.57	32.78	38.02			
腰岗村	1989	总辅助能	9.96	8.91	64.28	72.24	1.795	30.30	18.84
		总生物能	13.30	11.88	48.32	54.12			
		饲料辅助能	13.45	12.03	47.80	53.52			
	1990	总辅助能	11.91	10.38	54.83	61.68	2.347	35.46	22.68
		总生物能	15.56	13.58	41.94	47.18			
		饲料辅助能	15.74	13.73	41.50	46.65			
总体平均值		总辅助能	11.58	10.38	57.95	65.02	2.512	34.25	21.09
		总生物能	14.59	13.08	45.91	51.47			
		饲料辅助能	14.78	13.25	45.34	50.86			

7~8月生长旺季用抽水机械注水培养等)来调控水体中溶解氧等生态条件,确保鱼类正常代谢,促进营养盐与有机物的分解及其被利用,加速能流物流,使悬浮有机腐屑和沉积物产量下降,能量与物质的损失减少(如1992年二者产量比1989年分别下降了32.9%及8.2%,损失的氮量分别减少33.3%及8.1%),从而提高了辅助能转换效率。可见,池塘养鱼的优化结构与管理,实质上就是辅助能的合理投入,如鱼类合理的放养结构,饲料的合理投施以及溶解氧、营养盐等水质生态条件的改善,都需要池塘生态系统从外界连续不断地引入负熵流,使系统的总熵减少,信息量增加,结构与功能方面的有序性、稳定性得到维持和提高,养殖系统始终处于最佳运行状态,从而达到高效低耗的目的。

本研究结果表明,辅助能转换效率随着池养鱼类净产量的增加而提高。在净产量为2500kg/hm²、3500kg/hm²和5000kg/hm²的3个级型中,以5000kg/hm²产量级的能量转换效率为最佳型。该产量级的总辅助能、总生物能和饲料辅助能转换为鱼的净产量效率分别为14.05%、17.26%及17.57%;饲料转换效率和饲料蛋白质效率各为46.09%及27.80%。

研究结果还表明,辅助能转换效率也与池塘混养、投饲结构有关。本试验在提高鲤鱼放养比例的同时,讲究合理混养、密养;改变只投施一种精料为多种精料混合投施,可较显著地提高辅助能特别是饲料辅助能的转换效率。本试验辅助能转换效率最佳型塘的投饲结构为豆饼:玉米:小麦麸=57.4:23.7:18.9,粗蛋白质水平为26.67%;鱼类混养结构为总净产量中鲤鱼占34.1%,滤食性鱼类(鲢、鳙鱼)占11.6%,杂食性鱼类(鲫、鳊鱼)占42.5%,

草食性鱼类(草鱼等)占 11.8%。这种混养结构,使滤食者、吞食者、草食者、肉食者、杂食者、上层鱼、中层鱼、底层鱼等不同养殖生物学特性的鱼类之间有一定的比例,可保持相对平衡,在饵料、能量上多层次分级地利用池塘各个生态位,从而提高辅助能转换效率。

2.3 能流

本试验池都是多层次分级利用物质与能量的混养结构,各池能流途径基本相似,只是不同产量级池塘中能量流量和贮量不同。现以净产量为 $5000\text{kg}/\text{hm}^2$ 的池塘为例(图 1)。

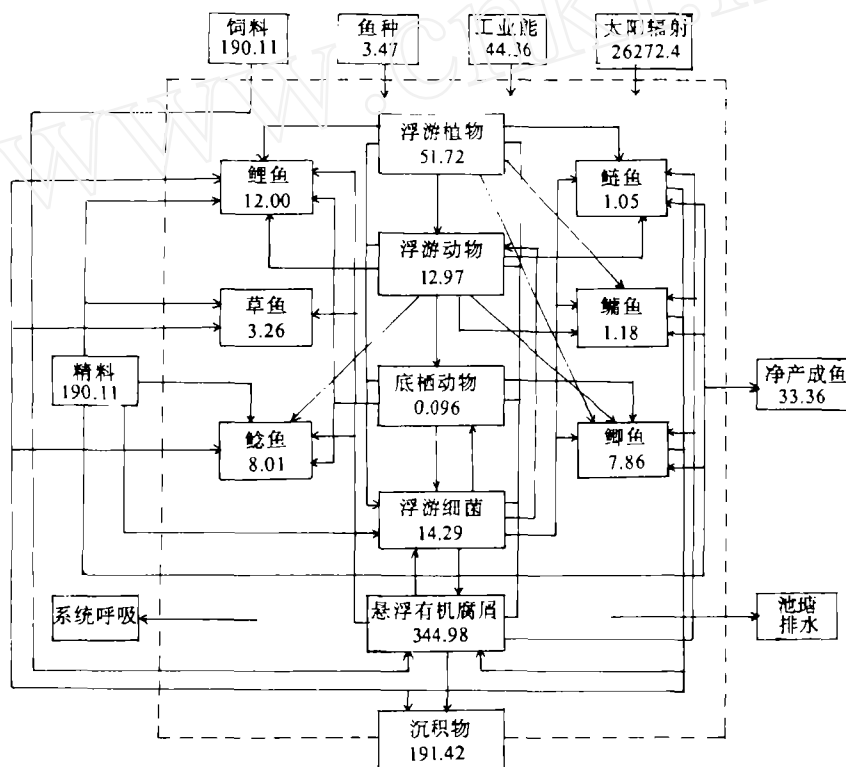


图 1 净产 $5000\text{kg}/\text{hm}^2$ 池塘能量流动框图(单位: GJ/hm^2)

Fig. 1 Energy flow in net production of $5000\text{kg}/\text{hm}^2$ of pond (unit: GJ/hm^2)

从图中可以看出,按目前的混养、投饲结构,根据能量在该池塘生态系统食物链网间流转的主要途径,一个生长期池中悬浮有机腐屑和浮游细菌的生产量约为浮游植物与浮游动物生产量的 5.5 倍,它们作为滤食性鱼类饵料基础中的一部分有效能,其利用效率均不高。如将该池鲢鳙鱼净产量提高到鱼产潜力 ($9.13\text{GJ}/\text{hm}^2$) 的 50%, 即 $4.57\text{GJ}/\text{hm}^2$, 则总辅助能、饲料辅助能和太阳辐射能转换为鱼类净产量的效率分别为 15.12%、18.81% 及 0.136%, 较现有水平分别提高 7.63%、7.12% 及 10.63%。这表明,进一步增加鲢鳙鱼混养密度可提高该池能量转换效率。同时,还可以看出,在鱼类生产的总能流过程中,太阳辐射能仅占 17.8%, 辅助能占 82.2%。鱼产量主要来自人工辅助能,这也是三江平原沼泽区乃至整个东北地区以人工饲料的高投入主养鲤鱼池塘的共同特点。

致谢 宝清县水产局、环保局承担大部分测试工作,谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 雷衍之,于淑敏,徐捷.无锡市河埒口高产鱼池水质研究(I:水化学和初级生产力).水产学报,1983,7(3):185~199
- 2 湛江水产专科学校主编.淡水养殖水化学.北京:农业出版社,1983.172~250
- 3 康春晓,雷慧情,覃玉钧.以草鱼、鲢为主养鱼的池塘能量转换效率初探.水产科技情报,1990,17(2):47~49
- 4 Li Sifa. Energy structure and efficiency of a typical Chinese integrated fish farm. *Aquaculture*, 1987,65:105~118
- 5 大连水产学院主编.淡水生物学(下册).北京:农业出版社,1985.156~176
- 6 姚宏禄,吴乃薇,顾月兰等.主养青鱼高产池塘的初级生产力及其能量转化为鲢、鳙产量的效率.水生生物学报,1990,14(2):114~128
- 7 姚宏禄.主养鲢鳙非鲫高产鱼塘的初级生产力与能量转化效率的研究.生态学报,1993,13(3):272~279
- 8 王骥,沈国华.武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因素的关系.水生生物学集刊,1981,7(3):295~311
- 9 陈一骏.洪湖渔业生态系统分析.水产学报,1983,7(4):331~342
- 10 何志辉.中国湖泊水库的初级生产力及其能量转化效率.水产科学,1987,6(1):24~30
- 11 吴乃薇,边文冀,姚宏禄.主养青鱼池塘生态系统能量转换率的研究.应用生态学报,1992,3(4):333~338
- 12 姚宏禄.主养鲢鳙非鲫高产池塘的能量转换效率.农村生态环境,1990,(3):42~46

ENERGY CONVERSION EFFICIENCY OF PONDS CULTURED MAINLY WITH COMMON CARP IN THE MARSHLAND OF THE SANJIANG PLAIN

Yang Fuyi

(Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

Abstract

The energy conversion efficiency of solar radiation and subsidies energy on ponds ecosystem cultured mainly with common carp in the marshland of the Sanjiang Plain during 1988~1992 was analyzed. The results showed that during the growing season, the net phytoplankton production in energy was 56.534GJ/hm², 54.915GJ/hm² and 51.717GJ/hm² respectively in common carp ponds with net fish yields of 2500 kg/hm², 3500 kg/hm² and 5000 kg/hm². In the aforementioned ponds, corresponding with three net fish yields, productions in energy of zooplankton, zoobenthos and plankton were 18.148 GJ/hm², 16.343 GJ/hm² and 12.966GJ/hm² of zooplankton, 0.105GJ/hm², 0.090 GJ/hm² and 0.096GJ/hm² of zoobenthos, 17.367 GJ/hm², 15.716 GJ/hm² and 14.290 GJ/hm² of plankton respectively, while the productions in energy were 437.67 GJ/hm², 413.26 GJ/hm² and 334.98 GJ/hm² of suspended detritus, 196.50 GJ/hm², 199.31 GJ/hm² and 191.42 GJ/hm² of deposition respectively.

The annual input of solar radiation was 25670~26440 GJ/hm². The efficiency of

converting solar radiation to gross primary productivity ranged from 0.204~0.308%, and of converting net phytoplankton production to net yield of silver carp and big-head 1.195~4.815%, which showed that the ecological efficiency of converting solar radiation to total net yield of fish was 0.067~0.123%. The primary productions of the experiment ponds in the Sanjiang Plain were lower than those of other kinds of fish culture pattern in the south, because the solar radiation converses less efficiently in the marshland area.

The effective nitrogen was the main restrictive factor of primary productivity on peat ponds ecosystem cultured mainly with common carp. The conversion efficiencies of subsidies energy input and output in the ponds and their relations with pond conditions, fish yield, feed structures and the administration measures were further given. The results showed that the annual input of subsidies energy was 180~260GJ/hm², the energy conversion efficiencies of total subsidies energy (bioenergy and industrial energy), total bioenergy (feed energy and fingerlings energy) and feed energy converted into net production of fish were 8.91~14.05%, 10.96~17.20% and 11.06~17.57% respectively. The fish productivity, feed conversion efficiency and feed protein conversion efficiency were 1.795~3.807 MJ/hm², 30.03~46.09% and 15.01~27.80%. The energy conversion efficiency of the ponds was 14.05%.

The optimum fish production for the ponds cultured mainly with common carp was 5760 kg/hm², with a corresponding fish productivity of 3.807 MJ/hm², feed conversion efficiency of 46.09% and feed protein conversion efficiency of 27.80%, which were higher than those of other kinds of fish culture pattern. The energy cost (equal to the input energy divided by the fish yield) was 47.95GJ per ton fish, which was also lower than that of other kinds of fish culture pattern.

Considering three different net production levels of 2500 kg/hm², 3500kg/hm² and 5000kg/hm², the net production of 5000kg/hm² is an optimal one. In the process of total energy flow of fish production, the solar energy accounted for a mere 17.8%, while the subsidies energy for 82.2%.

Key Words Sanjiang Plain, marshland, common carp, pond ecosystem, energy conversion efficiency