

盐碱地池塘不同养殖模式的能量利用比较

李吉方,董双林,文良印,张美昭,张兆琪

(中国海洋大学水产学院,山东青岛266003)

摘要:于1998年4~9月采用围隔实验生态学方法,为鲤、草鱼、罗非鱼、淡水白鲳及鲢、鳙设计了4种混养模式。经测定,淡水白鲳模式(FP)、草鱼模式(CC)和罗非鱼模式(TH)模式的光能利用率都随吃食性鱼类放养密度的增大而升高,CC和TH的光能利用率相对较高;总能量转化率以鲤模式(CC)和FP较高,TH最低;饲料能转化效率在FP最高,TH最低,而且各放养模式都随吃食性鱼类放养密度的增大而下降;FP的N利用率很高,TH最低,N和P利用率在4种模式都随吃食性鱼类放养密度的增大而减小;各模式的产投比都随吃食性鱼类放养密度的增大而增大,CC、TH的产投比在吃食性鱼类放养密度最大时有所下降。

关键词:氯化物水型;盐碱地;养殖模式;生态效益;经济效益

中图分类号:S962.92

文献标识码:A

文章编号:1005-8737-(2003)02-0143-05

生态效益和经济效益是评价水产养殖系统优劣的重要指标。有关淡水池塘养鱼的生态和经济效益方面已有较多报道^[1-7],但对氯化物水型盐碱地池塘不同养殖模式的研究尚无报道。

氯化物水型盐碱地池塘水质含盐量、总碱度和pH较高,浮游生物组成和数量也有较大差异^[8-9]。虽然一般的淡水鱼类在大多数氯化物水型盐碱地池塘都能成活、生长,但它们对盐碱的耐受能力则有较大的不同^[10-12],其生态和经济效益值得研究。为此,作者于1998年4~9月采用围隔实验生态学方法对鲤、草鱼、罗非鱼和淡水白鲳等4种鱼类混养模式的能量转化率,以及N、P利用率等指标进行了测定分析,以期对盐碱地渔业利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验池塘、实验鱼、实验装置和实验管理同参考文献[13]。

收稿日期:2002-05-06。

资助项目:国家杰出青年科学基金资助项目(397259239);国家“九五”科技攻关专题资助项目(96-008-04-01);国家农业科技跨越计划资助项目(K2002-16)。

作者简介:李吉方(1964-),男,副教授,主要从事鱼类养殖学研究。

E-mail:lijf@mail.ouc.edu.cn

1.2 测定

初级生产力,按 $1\text{ g O}_2 = 6.1\text{ g}$ 浮游植物湿重,444.7 g浮游植物湿重=1 MJ折算为能量^[14]。光照强度用JD-3型照度计每5天测定1天(每小时测定1次光照,时间为5:00-18:00),每天记录天气情况。饲料、全鱼经烘干、粉碎后用于测定总氮(TN,硫酸消化,改良式微量凯氏定氮仪测定)、总磷(TP,硫酸-高氯酸消化,钼锑抗比色测定)、粗灰分(550℃燃烧)和粗脂肪(索氏抽提法)含量,能量根据其营养成分计算而得。饲料、鱼种、商品鱼价格按1998年当地实际价格计算。有关生态、生产参数的计算公式:

光能利用率 = 浮游植物毛产量 / 太阳辐射能

总能量转化效率 = 鱼净产量 / (浮游植物毛产量 + 饲料)

饲料能转化效率 = 鱼净产量 / 饲料

初级生产力转化效率 = 滤食性鱼类净产量 / 浮游植物毛产量

单位净产量耗总能($\text{GJ} \cdot \text{t}^{-1}$) = (浮游植物毛产量 + 饲料) / 鱼净产量

单位净产量耗饲料能($\text{GJ} \cdot \text{t}^{-1}$) = 饲料 / 鱼净产量

氮或磷利用率 = 鱼的氮或磷净产出 / 饲料氮或磷消耗

2 结果

2.1 营养成分

实验前后全鱼体及饲料的营养组成见表1。

2.2 不同放养模式的能量转化效率

从表2、3可见,淡水白鲳(FP)、草鱼(GC)和罗

非鱼(TH)模式的光能利用率都随吃食性鱼类放养密度的增大而升高,仅CC80%和CC100%围隔由于投饲最多、水质过肥反而抑制了光合作用。GC和TH模式的光能利用率相对较高。T1阶段的光能利用率较低。

表1 鱼体和饲料营养组成
Table 1 Nutrient composition of whole fish and feed

样品 Sample	取样时间 Sampling time	干重/g DW	TN/%	TP/%	Crude ash/%	Crude fat/%	Energy/ (kJ · g ⁻¹ FW)
TH	①实验开始	24.22	9.72	2.86	9.73	27.44	6.18
	②实验结束	27.94	8.41	2.51	8.74	37.06	7.62
BC	①实验开始	25.17	9.23	2.07	9.28	29.57	6.51
	②实验结束	28.75	8.19	1.70	8.40	38.68	7.94
SC	①实验开始	24.00	10.32	2.18	9.65	23.24	5.96
	②实验结束	28.04	8.40	1.76	8.21	36.43	7.64
CC	①实验开始	26.76	8.62	2.28	8.14	32.77	7.10
	②实验结束	31.26	7.53	2.01	7.65	41.35	8.78
GC	①实验开始	25.85	9.25	2.42	9.24	29.87	6.71
	②实验结束	30.37	8.03	2.13	7.81	39.23	8.44
FP	①实验开始	26.15	10.29	1.72	7.05	25.72	6.75
	②实验结束	30.85	8.42	1.33	6.16	40.20	8.77
颗粒饲料 Feed		90.90	5.03	1.31	7.36	8.02	18.02

注:Notes:TH - 罗非鱼 Tilapia;BC - 鳊 Bighead carp;SC - 鲮 Silver carp;CC - 鲤 Common carp;GC - 草鱼 Grass carp;FP - 淡水白鲳 Freshwater pomphret. The same below. 下同

①represents the beginning of the experiment;②represents the end of the experiment.

表2 实验期间各养殖系统能量的投入与产出量
Table 2 Input and output of energy in different cultural systems during the experiment

养殖模式 Cultural system	太阳辐射/(MJ · m ⁻²) Solar radiation		能量输入/(MJ · m ⁻²) Input						产出量/(MJ · m ⁻²) Output (Fish yield)		
			初级生产力 Primary productivity		饲料 Feed		鱼种 Fingerling	Total net yield		SC and BC net yield	
	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2		T1	T1 + T2	T1	T1 + T2
CC40%	1569	2545	6.44	13.31	5.31	11.94	0.48	2.15	4.54	0.97	2.18
CC80%	1569	2545	5.44	13.30	8.59	21.12	0.74	3.24	6.79	1.38	2.84
CC100%	1569	2545	5.53	11.83	10.30	24.60	0.85	3.65	7.47	1.47	2.97
GC40%	1569	2545	4.68	12.20	3.05	7.54	0.48	1.67	3.42	1.00	1.99
GC80%	1569	2545	7.09	15.84	6.20	15.87	0.74	2.43	5.24	1.10	2.42
GC100%	1569	2545	9.69	21.98	7.56	18.85	0.85	2.80	5.96	1.20	2.65
TH40%	1569	2545	4.52	11.83	4.29	9.47	0.49	1.67	3.42	0.80	1.69
TH80%	1569	2545	7.30	17.05	7.35	17.33	0.74	2.31	5.07	0.86	2.06
TH100%	1569	2545	9.22	20.09	8.65	20.23	0.85	2.72	5.74	1.06	2.36
FP40%	1569	2545	4.53	9.73	2.41	7.50	0.49	1.38	3.22	0.83	1.47
FP80%	1569	2545	5.91	13.43	3.38	12.11	0.74	1.76	4.88	0.97	2.14
FP100%	1569	2545	5.55	13.65	4.51	15.42	0.85	2.05	5.75	1.02	2.32

注:T1 - 第1实验阶段;T2 - 第2实验阶段。

Notes:T1 - The first period of experiment;T2 - The second period of experiment. The percentages in the first column mean the stocked ratios of the fish in number.

总能量转化率以鲤(CC)模式和FP模式较高,TH模式最低;饲料能的转化效率在FP模式(尤其是在T1阶段)最高,TH模式最低,而且各放养模式都是随吃食性鱼类放养密度的增大而下降。初级生产力的转化效率在初级生产力较高的围隔(GC100%、TH100%、TH80%)较低,在CC100%和CC80%较高。每吨鱼净产量的总能耗以GC和TH模式较高;每吨鱼净产量的饲料能耗FP模式(尤其在T1阶段)明显低,而且各模式都随吃食性鱼类放养密度的增大而增大。

2.3 饲料系数及氮、磷利用率

由表4可见,在CC、GC和TH模式中,吃食性

鱼类的饲料系数在T2阶段都高于T1阶段,而FP模式则相反,其饲料系数明显比其余3种模式低,只有2.18;GC和CC模式最高,达2.53和2.79。FP模式的饲料系数在T1阶段低于T2阶段,而其余3种模式在两个实验阶段相近;FP模式的总饲料系数也较其余3种模式的低。

FP模式的N利用率最高(尤其是在T1阶段),TH最低,4种模式的N利用率都随吃食性鱼类放养密度的增大而减小;4种模式的P利用率也都随吃食性鱼类放养密度的增大而减小,但在不同模式间差异较小,FP模式在T1阶段大于T2阶段。

表3 各放养模式的能量转换效率和能耗

Table 3 Energy conversion efficiency and energy consumption of the cultural systems

养殖模式 Cultural system	光能利用率/% Light energy efficiency		能量转化率/% Energy conversion efficiency						能耗/(GJ·t ⁻¹) Energy consumption			
			总能量 Total		饲料能 Feed		初级生产力 Primary production		总能量 Total		饲料能 Feed	
	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2	T1	T1 + T2
CC40%	0.41	0.52	18.27	17.98	40.45	38.04	15.10	16.38	47.89	47.03	21.63	22.24
CC80%	0.35	0.52	23.08	19.72	37.70	32.13	25.44	21.37	38.03	43.25	23.28	26.54
CC100%	0.35	0.46	23.06	20.50	35.44	30.36	26.61	25.08	38.23	41.76	24.87	28.20
GC40%	0.30	0.48	21.58	17.32	54.69	45.35	21.36	16.32	39.90	47.90	15.75	18.29
GC80%	0.45	0.62	18.27	16.54	39.15	33.04	15.48	15.29	47.93	50.68	22.37	25.37
GC100%	0.62	0.86	16.24	14.60	37.05	31.62	12.37	12.04	54.06	57.53	23.69	26.56
TH40%	0.29	0.46	18.90	16.07	38.81	36.15	17.73	14.28	43.52	49.34	21.20	21.93
TH80%	0.47	0.67	15.79	14.74	31.47	29.24	11.80	12.07	52.19	53.67	26.18	27.06
TH100%	0.59	0.79	15.22	14.24	31.45	28.38	11.53	11.73	54.04	55.57	26.15	27.89
FP40%	0.29	0.38	19.94	18.69	57.35	42.96	18.43	15.16	44.95	46.10	15.63	20.06
FP80%	0.38	0.53	18.95	19.09	52.08	40.25	16.48	15.93	48.55	45.20	17.67	21.43
FP100%	0.35	0.54	20.36	19.79	45.40	37.32	18.44	16.96	45.51	43.77	20.40	23.21

注:T1-第1实验阶段;T2-第2实验阶段。

Note: T1 - The first period of experiment; T2 - The second period of experiment. The percentages in the first column mean the stocked ratios of the fish in number.

3 讨论

综合各围隔实验结果可以看出,浮游植物的光能利用率的高低与营养物质(投饲)输入量有关,本研究的光能利用率为0.38%~0.86%,在投饲最少的围隔最低。在T1阶段投饲较少,浮游植物生物量不够高,光能利用率只有0.29%~0.62%。在CC100%和CC80%围隔,营养物质输入(投饲)很多,有机负荷过大,加上鲤对底泥的强烈扰动作用增

加了沉积物的再悬浮,浮游生物的自荫作用和强烈的呼吸作用致使浮游生物出现了几次水花崩溃,其光能利用率反而降低。光能利用率的高低实际上是初级生产力相对高低的表现。Hepher^[15]也发现,施肥很多时,浮游生物生物量过大造成的自荫作用会导致初级生产力下降。

虽然是氯化物盐碱地条件下(含盐量为5.3 g/L),但与我国淡水池塘的有关报道^[2-7]相比较,本研究的总能量转化效率、饲料能转化效率较高,能耗

相对较低;与单养系统^[16-18]相比,本研究系统鱼总净产量的饲料系数较低,N、P 利用率较高,比如 CC100%、CC40% 2 模式初级生产力较低,但其中的鲢鳙大量摄食残饲、腐屑,生长仍然很好。

表4 各放养模式的饲料系数和 N、P 利用率

Table 4 Feed conversion coefficient and N or P utilizing efficiency in different cultural systems

养殖模式 Cultural system	饲料系数 FCC for all fish			吃食性鱼的饲料系数 FCC for feed - feeding fish			氮利用率/% N utilizing efficiency			磷利用率/% P utilizing efficiency		
	T1	T2	T1 + T2	T1	T2	T1 + T2	T1	T2	T1 + T2	T1	T2	T1 + T2
CC40%	1.20	1.26	1.23	2.32	2.72	2.53	42.83	40.79	41.70	39.28	36.98	38.01
CC80%	1.29	1.63	1.47	2.41	2.92	2.69	39.89	31.62	34.98	36.81	29.33	32.37
CC100%	1.38	1.73	1.56	2.47	3.00	2.75	37.37	29.73	32.93	34.71	27.71	30.64
GC40%	0.87	1.14	1.02	2.35	2.77	2.58	59.59	45.83	51.40	52.66	41.54	45.70
GC80%	1.24	1.54	1.41	2.40	3.04	2.75	42.31	34.04	37.27	38.82	31.66	34.14
GC100%	1.31	1.60	1.47	2.44	3.09	2.79	40.00	32.70	35.63	36.94	30.52	32.78
TH40%	1.18	1.25	1.22	2.23	2.52	2.38	43.48	41.06	42.16	42.66	42.71	41.18
TH80%	1.45	1.54	1.50	2.30	2.71	2.52	35.24	33.41	34.19	35.93	35.89	34.42
TH100%	1.45	1.63	1.55	2.39	2.83	2.62	35.31	31.59	33.18	35.73	34.04	33.35
FP40%	0.87	1.29	1.11	2.45	2.07	2.18	60.58	42.61	48.39	43.29	29.09	33.51
FP80%	0.98	1.30	1.19	2.55	2.18	2.27	53.55	42.17	45.34	37.77	29.01	31.30
FP100%	1.13	1.37	1.29	2.59	2.20	2.30	46.59	40.13	42.02	32.39	27.41	28.72

参考文献:

- [1] 王德建,徐琪,刘元昌. 草基—鱼塘生态系中能量转化与经济效益分析[J]. 生态学杂志,1993,12(2):29-30.
- [2] 何志辉. 吉林省养鱼场鱼池生态系分析[J]. 水产学报,1993,17(1):24-35.
- [3] 沈成钢,李梦河,何志辉. 海城市西四渔场高产塘生态学分析[J]. 大连水产学院学报,1994,9(4):10-20.
- [4] 陈立桥,陈英鸿,倪达书. 池塘饲养鱼类优化结构及其增产原理 II. 池塘主养鱼类合理群落结构及其能量转换效率[J]. 水生生物学报,1993,17(3):197-205.
- [5] 王祖望. 能量生态学—理论、方法与实践[M]. 长春:吉林科技出版社,1993. 274-282.
- [6] 姚宏禄,徐文学,章剑,等. 高产鱼池养殖结构与能量转换效率[J]. 淡水渔业,1990,3:8-12.
- [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[J]. 生态学报,1993,13(3):272-279.
- [8] 张兆琪,董双林,董双林,等. 氯化物型盐碱地池塘水化学特征的研究[J]. 青岛海洋大学学报,2000,30(1):68-74.
- [9] 赵文,董双林,李德尚,等. 氯化物水型盐碱地池塘浮游植物的季节演替[J]. 中国水产科学,2000,7(2):43-50.
- [10] 章征忠,张兆琪,董双林. 鲢鱼幼鱼对盐碱耐受性的研究[J]. 青岛海洋大学学报,1999,29(3):441-446.
- [11] 章征忠,张兆琪,董双林. 淡水白鲢幼鱼盐碱耐受性的初步研究[J]. 青岛海洋大学学报,1998,28(3):393-398.
- [12] 雷衍之,董双林,沈成钢. 碳酸盐碱度对鱼类毒性作用的研究[J]. 水产学报,1985,9(2):171-183.
- [13] 李占力,董双林,文良印,等. 盐碱地池塘4种养殖模式的鱼产量及负荷力[J]. 中国水产科学,2002,9(4):340-345.
- [14] 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[J]. 水生生物学集刊,1981,7(3):295-311.
- [15] Hephher B. Primary production in fish ponds and its application to fertilization experiments[J]. Limnol Oceanogr, 1962,7: 131-136.
- [16] Acosta - Nassar M V, Morell J M, Corredor J E. The nitrogen budget of a tropical semi - intensive freshwater fish culture pond[J]. J World Aqu Soc, 1994,25(2): 261-270.
- [17] DSilva A M, Maughan O E. Effects of density and water quality on red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. urolepis hornorum*) in pulsed-flow culture systems[J]. J Appl Aqu, 1995, 5(1): 69-75.
- [18] Huisman E A, Valentijn P. Conversion efficiencies in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Val.) using a feed for commercial production[J]. Aqu, 1981, 22: 279-288.

Comparison of economic and ecological efficiency for different fed polyculture systems of fish in saline-alkaline chloride water ponds

LI Ji-fang, DONG Shuang-lin, WEN Liang-yin, ZHANG Mei-zhao, ZHANG Zhao-qi

(Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: With land-based experimental enclosures set in one saline-alkaline chloride water pond, the productive performances of four kinds of fed polyculture systems with different fish combinations were comparatively studied from April to September 1998. The results indicated that: the overall synthetic efficiency for solar radiation increased with the increase of stocking density of feeding fishes in FP-system (freshwater pomphret), CC-system (grass carp) and TH-system (tilapia hybrid). The overall synthetic efficiency for solar radiation in CC-system and TH-system was higher than that in the other systems. The conversion efficiency for total energy was higher in CC-system (common carp) and FP-system and the lowest in TH-system. The conversion efficiency for feed energy was the highest in FP-system and the lowest in TH-system, and decreased with the increase of stocking density of feeding fishes in each fed polyculture system. The N and P utilizing efficiency all decreased with the increase of stocking density of feeding fishes in each fed polyculture system. The net income of the four systems and the ratios of output to input of FP-system in economy all increased with the increase of stocking density of feeding fishes. The ratios of output in economy in enclosures with the highest stocking density of feeding fish of CC-system and TH-system reduced a little. The net income in economy was the highest in FP-system, followed by TH-system, CC-system and GC-system in order.

Key words: chloride type of water; saline-alkaline land; polyculture system; economic efficiency; ecologic efficiency