

养虾池半精养封闭式综合养殖的养殖容量实验研究*

AN EXPERIMENTAL STUDY ON CARRYING CAPACITY OF CLOSED SEMI-EXTENSIVE POLY-CULTURE SHRIMP PONDS

刘剑昭 李德尚 董双林 王伟良

(青岛海洋大学水产养殖开放研究实验室 266003)

关键词 养殖容量,半精养型养虾池,封闭式综合养殖,中国对虾,台湾红罗非鱼

 由于虾病的困扰,养虾业近几年来一直未见有较大的起色。人们也试验了各种不同的养虾模式:混养^[1]、地膜养虾^[2]、地下卤水养虾^[3]、充气养虾^[4]、卤水淡化养虾、封闭式养虾^[5,6]和高位池养虾^[7]。都取得了一定程度的成功。但是其局限性也是明显的:这些模式往往只适合于一定的地区,也就是说只有当具备某些特殊条件时才能进行特定模式的养殖。实际上,虾病的大规模爆发,在很大程度上是因为人们盲目追求高产量造成的。高密度放苗和大量投饵使养殖水环境持续恶化,从而严重地破坏了生态平衡。在这种情况下,养殖容量的研究就日益受到人们的重视。本研究旨在查明半精养条件下封闭式养虾池对中国对虾与台湾红罗非鱼综合养殖的养殖容量。

1 材料和方法

1.1 实验时间和地点

本研究于1998年在位于丁字湾畔的山东黄海水产集团公司养虾场的1号养虾池内进行(N36°40', E120°48')。

1.2 实验围隔

本研究在15个海水池塘陆基围隔中进行,围隔

* 国家攀登计划B专题“对虾池生态系及其结构与功能的优化”(PD973)及国家95攻关计划专题“滩涂池塘养殖系统养殖容量与优化技术”(969220202)的部分内容。

收稿日期:1999-12-03;修回日期:1999-12-16

是用双涂塑白聚乙烯编织布和木桩、竹竿、铁丝等构成^[8]。面积为 25 m² (5 m×5 m),水深为 1.0~1.2 m;每个围隔配备一台搅水机 (90 W) 和两个面积为 62 cm² 的投饵盘。搅水机的转速很低 (88 r/min),只为模拟大池中水的混合状况。熊邦喜于 1993 年进行的水库对投饵网箱养鱼负荷力的研究中通过试验表明其增氧效果甚微。

1.3 实验材料

虾苗购于北麻姑岛育苗厂,暂养至 3 cm 后放入围隔。台湾红罗非鱼购自胶州市罗非鱼良种站,规格为:100~200 g/尾。经过驯化,使适应盐度为 30 的海水。

1.4 实验设计

本研究共设 5 个实验组,分别用 I、II、III、IV、V 表示。每个实验组均为中国对虾和台湾红罗非鱼混养,进行封闭式综合养殖。中国对虾的放养密度分别为 28 000、56 000、84 000、112 000 和 140 000 尾/ha,台湾红罗非鱼的放养密度分别为 400、800、1 200、1 600 和 2 000 尾/ha。中国对虾与台湾红罗非鱼的设计毛产量之比为 1:0.3。每个实验组均为 3 个重复。以池塘条件所能提供的最佳养殖效果为标准判断半精养型(即不采取集约化的特殊管理措施)封闭式养虾池对综合养殖上述两种养殖动物的养殖容量。各个处理的放养情况见表 1。

表 1 各个实验组的放养情况

实验组	中国对虾的放养规格 (cm)	中国对虾的放养数量 (尾/ha)	台湾红罗非鱼的放养规格 (g)	台湾红罗非鱼的放养数量 (尾/ha)
I	3.61±0.32	28 000	108.33±62.92	400
II	3.61±0.32	56 000	96.67±20.21	800
III	3.61±0.32	84 000	168.34±16.08	1 200
IV	3.61±0.32	112 000	110.84±21.84	1 600
V	3.61±0.32	140 000	170.00±87.20	2 000

1.5 围隔进水

实验围隔于 1998 年 4 月 17 日进水,施半干鸡粪 1.5 kg/围隔作为基肥,然后根据透明度和水色的变化按 N:P=7:1 施尿素和磷酸二铵进行追肥。实验期间不换水,只补充蒸发和渗漏水。

1.6 日常观测和管理

每天 5:00 测溶解氧(DO),10:00 测水温(WT),16:00 测酸碱度(pH)和透明度(SD)。投饵时

用投饵盘,每天投饵 4 次,时间为:5:00,9:00,14:00,18:00,根据对虾的摄食情况和胃的饱满程度以及水温和天气情况及时调整日投饵量。每半月测化学耗氧量(COD)和总氮(TAN)各一次。但养殖后期(9月4日以后)TAN每 5 d 测一次,TAN 和 COD 在收获前(9月14日)测一次。其中 DO 用上海雷磁仪器厂生产的 RSS-5100 型测氧仪测得,其余指标均按海洋调查规范中的方法测定。

表 2 养殖实验结果

实验组	对虾收获规格 (cm)	对虾成活率 (%)	对虾产量 (kg/ha)	饵料系数	罗非鱼收获 规格(g)	罗非鱼产量 (kg/ha)	罗非鱼成活率 (%)
I	11.46	94.29	473.22	1.46	500.00	200.00	100
	±0.19	±22.99	±123.21	±0.05	±66.14	±26.46	
II	11.27	85.00	872.23	1.63	375.00	300.00	100
	±0.10	±5.01	±21.80	±0.08	±25.00	±100.01	
III	11.18	83.34	952.33	1.79	467.78	561.00	100
	±0.41	±12.09	±291.19	±0.14	±70.05	±84.06	
IV	10.64	85.83	1 455.51	1.81	447.92	742.00	100
	±0.19	±6.51	±97.01	±0.25	±109.75	±141.75	
V	10.04	75.58	1 142.76	2.24	462.50	925.00	100
	±0.50	±9.29	±168.13	±0.51	±38.89	±55.02	

2 实验结果与分析

2.1 养殖结果

围隔中放养 3 cm 左右的虾苗,放养时间为 6 月 16 日,罗非鱼鱼种经过逐步驯化,使之适应盐度为 30 的海水,并于 6 月 23 日放养于围隔中。实验于 9 月中旬结束,历时 3 个月。收虾时间为 9 月 12~16 日。罗非鱼的收获时间为 9 月 23~24 日。养殖结果见表 2。

从表 2 中可以看出,对虾的收获规格 $I > II > III > IV > V$,与放养密度成反比。经单因子方差检验 (ANOVA),IV 与 I,II 差异极显著 ($P < 0.01$),与 III、V 差异不显著 ($P = 0.68, 0.34$);IV 实验组的对虾产量是最高的,经单因子方差检验 (ANOVA),IV 与 III、V 差异显著 ($P < 0.05$),IV 与 I、II 差异极显著 ($P < 0.01$);对虾成活率由高至低的顺序为 $I > IV > II >$

$III > V$,经单因子方差检验 (ANOVA),IV 与其他各处理之间差异不显著 (P 分别为 0.77, 0.84, 0.32, 0.19);台湾红罗非鱼的产量由高至低的顺序为 $V > IV > III > II > I$,经单因子方差检验 (ANOVA),IV 与 I,

2.2 实验中对虾生长的变化

各实验组对虾的生长情况见表 3。

表 3 各实验组对虾的瞬时增长率 (IGR)

实验组	ICR(%/ d)					
	时间(月.日)					
	7.02	7.17	8.01	8.06	8.31	9.14
I	8.53	4.40	3.11	2.36	3.01	1.69
II	8.60	4.33	3.77	1.59	2.40	2.07
III	8.16	3.99	3.17	2.47	2.32	1.86
IV	7.60	4.49	2.97	2.24	2.94	1.36
V	8.13	3.66	3.23	2.34	2.45	1.33

表 4 养殖后期各实验组的水质状况

实验组	水质因子	时间(月.日)										
		9.02	9.03	9.04	9.05	9.06	9.07	9.08	9.09	9.10	9.11	9.14
I	DO	4.38	4.87	4.31	4.55	4.67	4.02	3.25	3.25	2.85	3.30	-
	SD	51.67	50.00	46.67	50.00	36.67	38.33	41.67	46.67	40.00	36.67	-
	pH	8.32	8.28	8.20	8.23	8.19	8.19	8.46	8.25	8.11	8.10	-
	TAN	-	-	0.017	-	-	-	-	0.002	-	-	0.014
	COD	-	-	-	-	-	-	-	2.96	-	-	3.52
II	DO	3.78	4.26	3.91	3.76	4.36	3.82	3.19	3.31	3.47	3.38	-
	SD	30.00	33.33	31.36	30.00	30.00	31.67	26.67	30.00	30.00	30.00	-
	pH	8.64	8.55	8.49	8.55	8.59	8.46	8.47	8.44	8.39	8.31	-
	TAN	-	-	0.017	-	-	-	-	0.052	-	-	0.060
	COD	-	-	-	-	-	-	-	3.01	-	-	3.58
III	DO	3.54	5.19	4.02	4.51	4.07	2.39	2.94	2.77	2.58	2.84	2.84
	SD	31.67	28.33	21.67	25.00	25.00	26.67	16.67	20.00	20.00	20.00	20.00
	pH	8.45	8.27	8.18	8.16	8.33	8.20	8.22	8.24	8.10	8.02	8.02
	TAN	-	-	0.013	-	-	-	-	0.047	-	-	0.042
	COD	-	-	-	-	-	-	-	4.71	-	-	5.68
IV	DO	4.73	4.73	3.88	4.13	4.11	2.67	3.19	3.29	2.98	2.89	2.89
	SD	28.33	28.33	18.33	21.67	23.33	28.33	25.00	30.00	23.33	26.67	26.67
	pH	8.12	8.02	7.93	7.95	7.79	7.83	8.01	7.79	7.80	7.72	7.72
	TAN	-	-	0.047	-	-	-	-	0.098	-	-	0.077
	COD	-	-	-	-	-	-	-	4.92	-	-	5.78
V	DO	3.44	4.04	4.03	4.21	4.60	3.59	1.31	1.45	1.26	1.23	1.23
	SD	20.00	15.00	15.00	15.00	16.67	16.67	20.00	16.67	13.33	16.67	16.67
	pH	8.11	8.20	8.20	8.27	8.12	8.01	8.23	8.26	8.07	7.81	7.81
	TAN	-	-	0.045	-	-	-	-	0.079	-	-	0.120
	COD	-	-	-	-	-	-	-	5.98	-	-	6.31

注:(1)各水质因子的单位:DO(mg/ L),SD(cm),TAN(mg/ L),COD(mg/ L)。(2)“-”表示该项未测。

II 之间差异极显著 ($P < 0.01$), IV 与 III, V 之间差异不显著 ($P = 0.13, 0.11$); 饵料系数由高至低顺序为 $V > IV > III > II > I$, IV 与其他各实验组之间差异不显著 (P 分别为 $0.36, 0.92, 0.49, 0.26$)。

2.3 养殖后期各实验组水质状况的变化

养殖负荷量对水质的影响只有到实验后期投饵量较大时才显现出来,并可据以判断养殖容量。养殖

后期各实验组的水质状况见表 4。

由表 4 可以看出,到养殖后期 DO, SD 和 pH 随着养殖密度的增大和养殖时间的推移而降低,总氮氮 (TAN), COD 则正相反。到实验结束时, V 实验组的 DO, SD 和 COD 已明显超出正常值^[14]。

2.4 各实验组的经济效益比较

各实验组的经济效益见表 5。

表 5 各实验组的经济效益

实验组	总成本 (元)	对虾产值 (元)	罗非鱼产值 (元)	总产值 (元)	纯利润 (元)	产出投入比 (%)
I	14 677.68	24 746.40 $\pm 7 392.71$	2 400.00 ± 317.49	27 146.40 $\pm 7 332.20$	12 468.72 $\pm 7 332.20$	175.00 ± 102.21
II	30 399.36	52 334.82 $\pm 1 308.00$	3 600.00 $\pm 1 200.01$	55 934.82 $\pm 2 508.00$	25 535.46 $\pm 2 508.00$	184.00 ± 87.89
III	35 321.04	57 139.80 $\pm 1 747.55$	6 736.08 $\pm 1 008.17$	63 882.40 $\pm 1 771.33$	28 561.36 $\pm 1 771.33$	171.00 ± 103.07
IV	45 642.72	87 330.40 $\pm 5 820.11$	8 904.00 $\pm 1 700.96$	96 234.40 $\pm 4 665.86$	50 591.68 $\pm 4 665.86$	211.00 ± 112.00
V	55 964.40	69 259.68 $\pm 10 087.93$	10 405.92 ± 660.01	79 665.60 $\pm 9 511.04$	23 701.20 $\pm 9 511.04$	141.00 ± 76.13

注:成本及产值核算标准:(1)以 1 ha 池塘为核算单位;(2)虾苗价格:60 元/ 10^4 尾;(3)罗非鱼鱼种价格:20 元/kg;(4)鸡粪价格:0.03 元/kg;(5)化肥价格:2.5 元/kg;(6)配合饵料价格:6 元/kg;(7)池租:2 250 元/ha;(8)管理费用:1 500 元/ha。(9)水电费:500 元/ha;(10)商品虾价格:60 元/kg;(11)商品鱼价格:12 元/kg。

从表 5 可以看出, IV 实验组的纯利润和产出投入比都是最高。IV 实验组的纯利润为 50 591.68 元/ha,远高于其他实验组,经单因子方差检验 (ANOVA) IV 与 I, II 差异极显著 ($P < 0.01$), IV 与 III 差异不显著 ($P = 0.09$), IV 与 V 差异显著 ($P < 0.05$)。产出投入比也是 IV 实验组最高 (2.11),经单因子方差检验 (ANOVA), IV 与 V 差异极显著 ($P < 0.01$),而与 I, II, III 差异不显著 ($P = 0.37; 0.09; 0.34$)。

2.5 养殖容量的判断

本研究判断养殖容量的标准有以下 3 个:(1)养殖期间水质能够保持正常;(2)在养殖后期对虾的生长趋近于停滞;(3)获得最佳养殖效果。

由表 3 可知,各实验组对虾的生长在养殖后期都变慢,其中 IV 和 V 实验组对虾生长的变慢尤其显著,几近停滞;由表 4 可以看出除了 V 实验组外,其他实验组的水质基本正常,而 V 实验组的 DO, SD 与 COD 已超出正常范围,其中 DO 到了影响对虾生长的下限^[9]。下面作者对所有实验组的养殖效果进行综合评价。

2.5.1 生物学效果综合指数 本研究把生物

学效果综合指数定义为对虾毛产量、养成规格和饵料效率三者相对值的几何平均数,用公式表示为: $SI = (Y \times S \times K)^{1/3}$

式中:SI——生物学效果综合指数;Y——对虾毛产量;S——对虾收获规格;K——饵料效率(%)。

生物学效果综合指数可分为绝对指数和相对指数。

2.5.2 养殖效果综合指数 养殖效果综合指数定义为生物学效果综合指数、纯利润和产出投入比三者的几何平均数。用公式表示为:

$$CI = (SI \times P \times R)^{1/3}$$

式中:CI——养殖效果综合指数;P——纯利润;R——产出投入比

各实验组的综合评价结果见表 6。

由表 6 可以看出,生物学效果综合指数 (SI) 和养殖效果综合指数 (CI) 都是 IV 实验组最佳。综上可知:IV 实验组满足养殖容量的上述评判标准,所以,可将 IV 实验组的毛产量 (中国对虾 1 455.51 kg/ha,台湾红罗非鱼 742 kg/ha) 作为本研究的养殖容量。

表 6 各实验组的养殖效果评价

实验组	生物学效果综合 指数(绝对)	生物学效果综合 指数(相对)	绝对纯利润 (元)	相对纯利润 (%)	养殖效果综合 指数(绝对)	养殖效果综合 指数(相对)
I	15.47	100.00	12 468.72	100.00	47.97	100.00
II	18.20	117.68	25 535.46	205.00	63.21	132.00
III	18.19	117.64	28 561.36	229.00	67.17	140.00
IV	20.28	131.11	50 591.68	406.00	78.62	164.00
V	17.45	112.86	23 701.20	190.00	66.44	139.00

3 讨论

3.1 关于养殖容量的定义及研究方法

关于养殖容量,不同的学者给出了不同的定义^[10]。笔者认为养殖容量概括地说应该是特定的水域,单位水体养殖对象在不危害环境、保持生态系统相对稳定、保证经济效益最大,并且符合可持续发展要求的最大产量。但对于不同的养殖水体,该定义应有所不同。对于某些共同使用和影响较广、较深远的水域来说,应注意生态环境的限制,而对于影响面较小的小型养殖水体来说则应以养殖的经济效益及其可持续性为标准。因此求养殖容量的方法亦有所不同。对于封闭式养殖的池塘来说,则以取得养殖的最大可持续效益为主。本研究使用了围隔实验法,其优点为可控性和可比性较高,可以得出较确切的数据。但其缺点则是它只相当于中试,与生产尚有一定差距。因此,为得出最后可信赖的数据,尚需经过生产池扩大实验的验证。

3.2 生态效益和环境方面

因为本文研究的是封闭式的池塘养殖,故其基本的生态效益为封闭式降低了对大环境的污染,排出水中 N 的含量只占总输入的 20%左右^[11]。至于小环境(池塘水质方面)则主要以虾池的重要水质因子为指标,而以农业部《中国对虾养殖技术规范》(以下简称技术规范)中提出的水环境指标为判断依据。IV 实验组在养殖后期 DO 达到 2.89 mg/L(9 月 14 日)高于技术规范中规定的黎明时不低于 2 mg/L 的要求;SD 变动于 20~30 cm 之间,略低于技术规范中最低 30 cm 的要求;pH 在 9 月 12 日为 7.8,9 月 13,14 降到 7.72,也略低于技术规范中要求的 7.8 的低限;TAN 则远小于技术规范中规定的 0.6 mg/L 的高限;COD 只是于 9 月 14 日达到 5.78 mg/L,略高于技术规范中规定的 5 mg/L 的标准,但未超出孙舰军^[12]提出的

2.0~6.9 mg/L 的适宜范围。在养虾池塘中,对中国对虾影响最为直接的水质因子是 DO 和 TAN,IV 实验组的 DO 和 TAN 都符合《中国对虾养殖技术规范》的要求,只是到了养殖后期,个别水质因子略超出规范的标准,这恰恰是影响对虾正常生长的一部分原因。但总的来看,IV 实验组的水质是正常的,但是其已经处于正常与非正常间的临界状态。

3.3 养殖效果方面

由表 5 的分析可以看出,当放养密度低于 IV 实验组时,个别实验组的纯利润与 IV 实验组相比虽然差异显著(IV 与 I, II),但是投入产出比差异不显著;当放养密度高于 IV 实验组时,纯利润和投入产出比与 IV 实验组相比均差异显著。所以当放养密度超过 IV 实验组时经济效益的降低是很明显的。养殖生产一定要符合养殖容量的要求,如果进行超养殖容量的生产,那由此可见就会造成经济损失(因为成本增加而收益减少);如果低于养殖容量,则会使收益减少并增加养殖成本(因为投入产出比较低)。由表 6 可以看出,IV 实验组的养殖效果是最好的(CI 和 SI 均大于其他各实验组)。

3.4 小结

从实验结果来看,IV 实验组对虾的产量最高,且经济效益最好;更应该注意的是本实验为封闭式养殖,基本不排污,因此这个放养密度对环境无破坏性影响,所以可以把这个放养密度下的毛产量作为条件类似的半精养型养虾池封闭式综合养殖的养殖容量。即中国对虾的养殖容量为 1 455.51 kg/ha,台湾红罗非鱼的养殖容量为 742 kg/ha。中国对虾的产量略低于张言怡 1992 年报道的于丁字湾获得的 1 960.5 kg/ha 的产量,这是因为本研究是在封闭条件下进行,并且实验围隔水深较浅(1.0~1.2 m),亦未采取集约化管理措施(如增氧、加水质改良剂等),但相对于丁字湾虾塘 750 kg/ha 的历年产量,已经相当高了。台湾

红罗非鱼的产量低于杨红生得出的 $2\,150\text{ kg/ha}$ 的负荷力^[13], 因为本研究以中国对虾为主要养殖对象, 一切服从对虾养殖的利益, 罗非鱼只起净化水质的作用, 按照中国对虾与台湾红罗非鱼毛产量 $1:0.3$ 的比例放养台湾红罗非鱼, 因而使得其产量较低。需要指出的是, 养殖容量不是一个固定不变的值, 它会因地理位置、供水的水质、生产条件以及管理水平和养殖生物结构的不同而改变。故在生产实践中应该根据各自的实际情况确定其养殖容量, 以达到对虾养殖业高效和持续发展的目的。👉

参考文献

1 王立超等。齐鲁渔业, 1997, 14(2): 30 ~ 31

- 2 孙承波等。中国水产, 1999, 3: 40 ~ 41
- 3 李群峰等。齐鲁渔业, 1997, 14(4): 22 ~ 24
- 4 刘永兴。齐鲁渔业, 1995, 12(3): 12 ~ 13
- 5 王克行等。齐鲁渔业, 1995, 12(4): 20 ~ 23
- 6 刘正佑等。齐鲁渔业, 1997, 14(3): 9 ~ 10
- 7 林金忠等。现代渔业信息, 1999, 14(6): 18 ~ 21
- 8 李德尚等。青岛海洋大学学报, 1998, 28(2): 199 ~ 203
- 9 严方明。水产科技情报, 1997, 24(2): 90 ~ 91
- 10 董双林等。青岛海洋大学学报, 1998, 28(2): 253 ~ 258
- 11 齐振雄等。水产学报, 1998, 22(2): 124 ~ 128
- 12 孙舰军。海洋科学, 1997, 2: 24 ~ 25
- 13 杨红生等。水产学报, 1997, 21(2): 152 ~ 157

(本文编辑: 刘珊珊)