

# 对虾池不同综合养殖系统效率和效益的比较研究

王吉桥 李德尚 董双林 王克行 田相利

(青岛海洋大学水产学院, 266003)

**摘 要** 利用 50 个  $5.0 \times 5.0 \times 1.8\text{m}$  陆基围隔研究了我国对虾与台湾红罗非鱼、海湾扇贝和缢蛭投饵或施肥混养及鲈鱼与中国对虾和台湾红罗非鱼混养最佳结构的生态效率、生产效果和经济效益。结果表明, 几种综合养殖系统最佳结构下各种养殖对象对 N 的绝对利用率由高至低依次为: 鲈鱼—对虾—罗非鱼(30.91%) > 对虾—海湾扇贝(21.09%) > 对虾—罗非鱼施肥混养(20.12%) > 对虾—罗非鱼投饵混养(17.81%) > 对虾—缢蛭(16.93%) > 单养对虾(11.52%); 对 P 的绝对利用率由高至低依次为: 对虾—缢蛭(16.08%) > 鲈鱼—对虾—罗非鱼(12.83%) > 对虾—罗非鱼投饵混养(12.63%) > 单养对虾(10.88%) > 对虾—海湾扇贝(6.01%) > 对虾—罗非鱼施肥混养(4.04%); 其产出投入比由高至低依次为: 对虾—罗非鱼投饵混养(1.99) > 对虾—罗非鱼施肥混养(1.98) > 对虾—海湾扇贝(1.53) > 单养对虾(1.38) > 鲈鱼—对虾—罗非鱼(1.30) > 对虾—缢蛭(1.23)。

**关键词** 对虾池, 综合养殖系统, 效果, 效益, 陆基围隔

我国广泛采用的单种类、高密度、过量投饵和大换水的对虾养殖方式很容易产生暴发流行病, 资源利用效率低, 对自然环境的破坏性大, 不利于对虾养殖业持续发展。封闭式(只注水不排水)综合养殖采用多种类混养, 增加了虾池生态系结构的时空成层性和生态灶的时空衔接, 提高了池塘中生物群落的多样性和环境的稳定性, 因而提高了投入物质的利用率, 增强了养殖水体的自净能力, 可能是振兴和持续发展我国对虾养殖业的重要途径之一。

早在 60 年代, 我国就开始对虾与贝类混养的生产试验[ 项福亭等 1994]。当时综合养殖的生态学意义尚未被人们所认识, 搭养其他种类进行合理混养的社会、生态和经济效益被湮没在单养对虾的高额利润中。进入 90 年代, 随着近海的富营养化和对虾流行病的猖獗, 大面积虾池被迫闲置, 人们开始用生态学原理来看待综合养殖, 着手改革传统的对虾养殖方式, 探索对虾池综合利用的途径, 提出了半封闭[ 王金山等 1994] 和封闭养虾方式[ 王克行等 1995], 获得了对虾成活率 40% ~ 80%, 产量达  $900 \sim 975 \text{ kg/hm}^2$  的初步成绩。迄今对虾至少已与 20 种鱼[ Eldani 1979, Eldani 和 Primavera 1981, Gonzales-corre 1988, 陈毕生等 1992, 乔振国等 1986, 吴剑锋和常抗美 1983, 王展鹏等 1987, 高立宝等 1982]、贝[ 刘祖祥 1989, 王宝勤 1994, 张起信和王大建 1990, 岳忠峰等 1992, 常建波等 1994, 刘永兴等 1992, 张德玉等 1991, 于志华等 1996, 朱明和阎斌伦 1996] 和藻类[ 王焕明 1993、1994, 张起信和王立超 1985] 进行了池塘混养试验。这些生产性试验条件缺乏一致性、严密性和规范性, 所得的养殖参数的可比

性和可行性差,效果不稳定,更未对不同混养方式的生态效率、生产效果和经济效益进行科学比较,所以,难以普遍推广应用。

提高生态、社会和经济效益是对虾池综合养殖的出发点和归宿。为此,作者于 1996 年利用 50 个围隔比较研究了中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 与台湾红罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)、海湾扇贝 (*Argo-pecten irradians*) 和缢蛭 (*Sinonovacula constricta*) 投饵或施肥混养及鲈鱼 (*Lateolabrax japonicus*) 与中国对虾和台湾红罗非鱼不同混养系统最佳结构的生态效率、生产效果和经济效益。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验池和围隔

实验于 1996 年 4~10 月在山东省黄海水产集团公司的 1.7 hm<sup>2</sup> 池塘中进行。池中设 50 个 5.0×5.0×1.8 m 围隔,其结构和安装同 Wang 等[1998]。

### 1.2 实验动物和实验设计

对虾来自本公司五场,体长 2.85±0.16cm,体重 0.552±0.041g。罗非鱼购自山东省胶州市金州淡水水产良种场,体重 70.0~193.8 g。海湾扇贝购自烟台市水产技术推广中心实验场,壳长 1.10±0.12 cm。缢蛭取自山东烟台市丁字湾,壳长 5.40±0.35 cm,体重 9.24±1.48g。鲈鱼种购自烟台市水产科学研究所实验站,体重 69.95±25.59 g。

各养殖系统的放养密度及实验设计见表 1,每个处理两个重复。罗非鱼养在直径 0.7m,高 1.2m,网目 3.0cm 的网箱中,每个围隔内放 4 个网箱,均匀地放在搅水机四周,每个网箱中 1~2 尾鱼。扇贝放于高 1.2m 的六层吊笼中。鲈鱼放养在 1.0×1.0×1.0m 浮网箱中,喂冻杂鱼;对虾散养于围隔中,不投喂;罗非鱼放养在网箱中。

表 1 各养殖系统的放养密度水平和实验设计

Tab. 1 Stocking rate in each polyculture and experimental design

STF	对虾 3 个密度水平(4.5, 6.0 和 7.5 尾/m <sup>2</sup> )×罗非鱼 4 个密度水平(0.16, 0.24 和 0.32 尾/m <sup>2</sup> )
STM	对虾 4 个水平(0.92, 1.40, 1.88 和 2.36 尾/m <sup>2</sup> )×罗非鱼 1 个密度水平(0.24 尾/m <sup>2</sup> )
SBS	对虾一个密度水平(6.0 尾/m <sup>2</sup> )×扇贝 4 个密度水平(0, 1.5, 4.5 和 7.5 粒/m <sup>2</sup> )
SSC	对虾一个密度水平(6.0 尾/m <sup>2</sup> )×缢蛭 4 个密度水平(0, 1.5, 4.5 和 7.5 粒/m <sup>2</sup> )
PST	鲈鱼 3 个密度水平(0.76, 1.52 和 2.28 尾/m <sup>2</sup> ), 对虾和罗非鱼各 1 个密度水平(2.28 尾/m <sup>2</sup> ; 0.24 尾/m <sup>2</sup> )

注: STF=对虾-罗非鱼投饵混养; STM=对虾-罗非鱼施肥(以鸡粪为主)混养; SBS=对虾-海湾扇贝投饵混养; SSC=对虾-缢蛭投饵混养; PST=鲈鱼-对虾-罗非鱼投饵混养。

上述各种综合养殖系统中,对虾产量和经济效益最高的一组,其养殖动物的放养数量及比例即为该系统的最佳结构。方差分析和显著性检验见高钦容[1987]。

### 1.3 生态效率、生产效果和经济效益的比较指标

饲养管理见 Wang 等[1998]。养殖对象对 N 和 P 的绝对利用率(%),按下列测定值进行计算:鸡粪含 N1.89%(占干物质重),P0.61%;尿素含 N45%;磷酸铵混合物含 N7%,P50%;对虾配合饲料含 N7.25%,P1.5%;罗非鱼,对虾,扇贝,缢蛭和鲈鱼含 N(%)9.79(占干物质重),11.07,13.82(占去壳干重),3.60 和 2.80%;P4.31,1.04,0.71,0.71 和 0.13[谢宗埔

1991]。

$N$  或  $P$  的绝对利用率(%)=养殖动物净产量的  $N$  或  $P$  含量 $\times 100$ /至养殖动物捕出止所投饵,施肥施入的  $N$  或  $P$  量

$N$  或  $P$  的相对利用率(%)=某系统  $N$  或  $P$  的绝对利用率/所有系统  $N$  或  $P$  的平均绝对利用率

综合效果指标=(产量 $\times$ 规格 $\times N$ 和  $P$ 相对利用率) $^{1/3}$

相对综合效果指标=某系统的综合效果指标/各系统的平均综合效果指标

纯收入=总收入-总支出

产出投入比=总收入/总支出。

## 2 结果与讨论

### 2.1 各养殖系统的生态效率

#### 2.1.1 各养殖系统最佳结构对 $N$ 的绝对利用率

各综合养殖系统的最佳结构对  $N$  的绝对利用率由高至低依次为: PST (30.91%) > SBS (21.09%) > STM (20.12%) > STF (17.81%) > SSC (16.93%) > S (11.52%) (表 2)。若以单养对虾的  $N$  绝对利用率为 100%, 则 SSC、STF、STM、SBS 和 PST 系统对  $N$  的绝对利用率分别提高了 46.96%、54.60%、74.65%、83.07% 和 168.32%。SSC、STF 和 STM 系统对  $N$  的绝对利用率均比杨红升[1996]用无机和有机肥混合施肥养罗非鱼的  $N$  利用率(11.79%)高。这可能与提早培养天然饵料以及投饵的效果比施肥的效果更好有关。PST 系统中  $N$  的绝对利用率高可能主要由于饲料多层次利用。STF、STM、SBS 和 SSC 系统中  $N$  的绝对利用率较高则可能与罗非鱼和贝类等短食物链滤食性动物对水体中浮游物,尤其是腐质的利用有关。投饵和施有机肥养殖的对虾池为异养型生态系,由于大量投饵、施肥和浮游生物滋生,池中常有大量有机颗粒物质。据 Alber[1996]测定,一个海湾扇贝每小时过滤 0.8~1.9L 水。如果每公顷放养 20000 粒扇贝,每小时就过滤 20 吨水,2 天即可将 1 米深的池水过滤一次。滤食性鱼、贝对这些物质加以利用,既净化了水质,又提高了养殖产量,体现了综合养殖的优越性。

各综合养殖系统最佳结构中对虾对  $N$  的绝对利用率由高至低依次为: STM (14.49%) > STF (14.01%) > SSC (12.13%) > SBS (11.97%) > S (11.52%) > PST (0.72%) (表 2)。PST 系统中对虾对  $N$  的利用率低主要是由于根据全系统投入的总  $N$  量计算的缘故,其中饵料  $N$  主要为鲈鱼所利用。SSC 系统中对虾对  $N$  的利用率居各投饵混养对虾系统之首,显示了缢蛭对改良池塘底质环境的作用。

各综合养殖系统最佳结构组搭养的鱼、贝对  $N$  的绝对利用率由高至低依次为: PST (30.19%) > SBS (9.04%) > STM (5.63%) > SSC (4.80%) > STF (3.80%), 总起来是,扇贝 > 罗非鱼 > 缢蛭(表 2)。这些搭养种类都是滤食性动物(悬浮滤食和沉积滤食)(罗非(代谢率)决定了对  $N$  的利用率。海湾扇贝因滤食率高、食谱广、生长速度快,所以对  $N$  的利用率高于罗非鱼和缢蛭,加之其苗种来源广,抗逆性强,易管理,价格高,在对虾综合养殖中不失为一种较好的搭养种类。

#### 2.1.2 各养殖系统最佳结构对 $P$ 的绝对利用率

各养殖系统最佳结构组养殖种类对  $P$  的总绝对利用率由高至低依次为: SSC (16.08%) > PST (12.83%) > STF (12.63%) > S (10.88%) > SBS (6.01%) > STM (4.04%) (表 2)。除

SBS 和 STM 外,综合养殖系统对 P 的利用率均高于单养对虾。若以单养对虾系统对 P 的利用率为 100%,则 SSC、PST 和 STF 系统对 P 的利用率分别为 147.79%、117.92% 和 116.08%。本实验中,除对虾—罗非鱼施肥混养系统中 P 的利用率(4.04%)低于杨红生[1996]施肥混养罗非鱼对 P 的利用率(5.27%)外,其余均比用有机肥养罗非鱼的 P 利用率高。对虾与缢蛭混养对 P 的利用率较高表明缢蛭对底部有机磷的利用率较高。PST 系统中 P 的利用率也较高主要是由于鲈鱼对饵料的利用率较高和罗非鱼、对虾又多次利用同一份饵料。养殖种类对 P 的利用率普遍低于对 N 的利用率主要是由于磷肥用量大和磷循环的特点,即易沉淀,易吸附所决定的。

表 2 各养殖系统最佳结构的生态和生产效率比较

Tab. 2 A comparison of the ecological and productive efficiencies among the structure-optimized polycultural systems

项 目	SBS	STM	STF	SSC <sup>*3</sup>	S	PST
N 的总绝对利用率(%)	21.01	20.12	17.81	16.93	11.52	30.91
虾对 N 的绝对利用率(%)	11.97	14.49	14.01	12.13	11.52	0.72
鱼对 N 的绝对利用率(%)		5.63	3.80			30.19 <sup>*1</sup>
贝对 N 的绝对利用率(%)	9.04			4.80		
P 的总绝对利用率(%)	6.01	4.04	12.63	16.08	10.88	12.83
虾对 P 的绝对利用率(%)	5.43	2.90	9.90	15.20	10.88	0.40
鱼对 P 的绝对利用率(%)		1.14	2.73			12.43 <sup>*1</sup>
贝对 P 的绝对利用率(%)	0.58			0.88		
N 的总相对利用率(%)	1.07	1.02	0.90	0.86	0.58	1.57
虾对 N 的相对利用率(%)	0.61	0.73	0.71	0.62	0.58	0.04
鱼对 N 的相对利用率(%)		0.29	0.19			1.53 <sup>*1</sup>
贝对 N 的相对利用率(%)	0.51			0.27		
P 的总相对利用率(%)	0.58	0.39	1.21	1.54	1.05	1.23
虾对 P 的相对利用率(%)	0.52	0.28	0.95	1.46	1.05	0.04
鱼对 P 的相对利用率(%)		0.11	0.26			1.19 <sup>*1</sup>
贝对 P 的相对利用率(%)	0.06			0.08		
对虾的产量(kg/hm <sup>2</sup> )	525.7	241.1	585.5	473.8	487.3	58.4
总产量 <sup>*2</sup>	535.1	258.5	606.1	506.8	487.3	1070.1
对虾的体重(g/尾) <sup>*4</sup>	10.79	13.84	11.94	12.71	11.28	19.85
综合效果指标	21.20	17.15	24.81	24.91	20.77	38.86
相对综合效果指标	0.86	0.70	1.01	1.02	0.84	1.58

注: \*<sub>1</sub>指两种鱼的数值; \*<sub>2</sub>为实际产量和由搭养种类换算的对虾当量之和; \*<sub>3</sub>为消除虾病影响后的数值; \*<sub>4</sub>由于对虾捕出的时间不同,为便于比较,我们假定对虾的生长在短时间内为匀速的,用各组最后一次测量体重计算出的日生长值校正为同一天的体重。

几种养殖系统中最佳结构组的对虾对 P 的绝对利用率由高至低依次为: SSC(15.20%) > S(10.88%) > STF(9.90%) > SBS(5.43%) > STM(2.90%) > PST(0.40%) (表 2)。除鲈鱼—对虾—罗非鱼系统外,本实验中几种养殖系统对虾对 P 的绝对利用率均高于杨红生[1996]用无机肥(2.90%),有机肥(5.06%)和无机、有机肥混合(5.27%)养罗非鱼对 P 的利用率。缢蛭能有效地清除沉积物,因此,SSC 系统中对虾对 P 的绝对利用率显著高于单养对虾。至于其他各综合养殖系统之所以低于单养对虾,则主要由于混养系统中施肥量较大,而肥料的 P 利用率远低于饲料,而且主要为搭养的滤食性动物所利用。

各综合养殖系统中最佳结构组因搭养种类的不同对 P 的绝对利用率由高至低依次为: PST(12.43%)>STF(2.73%)>STM(1.14%)>SSC(0.88%)>SBS(0.58%)(表 2)。排在 P 利用率前三位的均为搭养罗非鱼的系统,其次为缢蛭,海湾扇贝最低。

### 2.1.3 各养殖系统最佳结构组对 N 和 P 的总利用率

在所研究的几种养殖系统中, N 和 P 的相对利用率之和由高至低依次为: PST(2.80)>SSC(2.40)>STF(2.11)>SBS(1.65)>S(1.63)>STM(1.41)(表 2)。这证明,对虾综合养殖的生态效率明显高于单养;就搭养种类而言,缢蛭最佳,罗非鱼和海湾扇贝次之。罗非鱼—对虾施肥混养系统(STM)的生态效率低于投饵单养对虾与 STM 系统施肥量大,对虾密度低和饲养期短(产量低)有关。但是,综合养殖生态系的效率仍有进一步提高的潜力。受条件制约,本实验中仅将对虾与悬浮滤食者(海湾扇贝)或沉积滤食者(缢蛭)单独混养,如果将其中的悬浮滤食者和沉积滤食者二者或三者,即罗非鱼—缢蛭或海湾扇贝—缢蛭与对虾混养在一起,生态效率可能更高。

## 2.2 各养殖系统的生产效率

### 2.2.1 各养殖系统最佳结构组对虾的出塘规格和产量

几种养殖系统最佳结构组,对虾出塘时的体重(克/尾)由高至低依次为: PST(19.85)>STM(13.84)>SSC(12.71)>STF(11.94)>S(11.28)>SBS(10.79)。PST、STM 中对虾的规格大是因放养密度和成活率较低。相同密度下,STF 和 SSC 系统中对虾的出塘规格大于 SBS。

几种综合养殖系统的最佳结构组对虾的实际产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )由高至低依次为: STF(585.5)>SBS(525.7)>S(487.3)>SSC(473.8)>STM(241.1)>PST(58.4)。对虾与罗非鱼、海湾扇贝或缢蛭投饵混养系统中对虾产量均高于或接近单养对虾。

### 2.2.2 各养殖系统最佳结构组搭养鱼、贝的产量、总产量及综合效益

表 3 列出了几种综合养殖系统最佳结构组搭养的罗非鱼、海湾扇贝和缢蛭的产量。为了便于比较,我们将这些搭养种类的净产量依 1996 年的价格比换算成对虾当量:5 kg 罗非鱼、50 kg 海湾扇贝、6kg 缢蛭、2kg 鲈相当于 1kg 对虾。依换算成的对虾当量计,几种综合养殖系统最佳结构组搭养种类的产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )从高至低依次为: PST(997)>SSC(33.0)>STM(30.5)>STF(30.0)>SBS(9.4)>(表 3)。将对虾产量和换算成的搭养种类的对虾当量合计,几种综合养殖系统的净产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )由高至低依次为: PST(1055.6)>STF(606.1)>SBS(535.1)>SSC(506.8)>S(487.3)>STM(258.8)(表 2)。几种养殖系统最佳结构的相对综合效果指标排序为: PST(1.58)>SSC(1.02)>STF(1.01)>SBS(0.86)>S(0.84)>STM(0.70)>(表 2)。这表明中国对虾与罗非鱼、海湾扇贝、缢蛭混养的效果均好于单养对虾。

## 2.3 几种养殖系统的经济效益

以各系统中最佳结构组的纯收入(万元/ $\text{hm}^2$ )排序,由高至低依次为(表 4): PST(2.57)>STF(1.62)>SSC(0.91)>STM(0.81)>SBS(0.76)>S(0.54)。这表明对虾综合养殖的纯收入均高于单养对虾;鲈鱼饲料和鱼种成本高,鲈鱼的价格也高,所以,鲈鱼—中国对虾—罗非鱼系统属高投入高产出类型。按各系统的产出投入比由高至低来排序则为: STF(1.99)>STM(1.98)>SBS(1.53)>S(1.38)>PST(1.30)>SSC(1.23)。在本实验中,造成 PST 和 SSC 系统相对收益低的原因是蛭苗和鲈鱼种过大,成本过高(占总成本的 71.3~77.7%)。如果采用

目前生产上广泛采用的 2.0 cm 的蛭苗和适宜规格的鲈鱼种, 则 PST 和 SSC 系统的纯收入和产出投入比肯定会提高。综观 S、STF 和 SBS 系统支出项目中, 饲料和管理费用约占总成本的 80%~90%。因此, 改进饲料配方, 合理投喂, 提高管理水平就成为提高对虾综合养殖经济效益的根本途径。

表 3 各养殖系统最佳结构中搭养种类的净产量及其相当的对虾产量(kg/hm<sup>2</sup>)

Tab. 3 Net yields (kg/hm<sup>2</sup>) of the auxiliary species and their equivalence with that of the shrimp in the structure-optimized system

STF		SBS		SSC		STM		PST			
罗非鱼	当量	扇贝	当量	缢蛭	当量	罗非鱼	当量	罗非鱼	当量	鲈鱼	当量
150.0	30.0	470	9.4	198	33.0	152.4	30.5	73.7	14.7	1994	997

表 4 各养殖系统最佳结构组经济效益分析(万元/hm<sup>2</sup>)

Tab. 4 An economic analysis of the systems (× 10<sup>4</sup> yuan RMB/hm<sup>2</sup>)

项 目	S	STF	SBS	SSC	STM	PST
支出	1.41	1.63	1.43	3.52	0.83	9.78
饲料	0.99	0.96	0.98	0.94		1.40
肥料	0.02	0.03	0.04	0.001	0.04	0.03
虾苗	0.11	0.09	0.09	0.09	0.04	0.03
扇贝苗			0.03			
缢蛭苗				2.49		
鲈鱼种						7.60
罗非鱼种		0.26			0.46	0.43
水电	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
管理	0.24	0.24	0.24	0.26	0.24	0.24
收入	1.95	3.25	2.19	4.43	1.64	12.35
对虾	1.95	2.34	2.10	1.90	0.96	0.23
罗非鱼		0.91			0.68	0.13
扇贝			0.09			
缢蛭				2.53		
鲈						11.99
纯收入	0.54	1.62	0.76	0.91	0.81	2.57
产出投入比	1.38	1.99	1.53	1.23	1.98	1.30

## 参 考 文 献

- 于志华, 姚国兴, 宋晓春. 1996. 对虾与文蛤混养及其有关因子的初步研究. 水产养殖, (4): 14~16
- 王克行, 马 翀, 潘鲁清等. 1995. 封闭内净养虾技术试验报告. 齐鲁渔业, 40: 20~23
- 王宝勤. 1994. 缢蛭与对虾混养技术. 中国水产, 7: 34
- 王金山, 孙希平, 段美平等. 1994. 半封闭养虾技术研究. 齐鲁渔业, (3): 13~15
- 王焕明. 1993. 江篱与新对虾、青蟹混养试验. 水产学报, (4): 273~280
- 王焕明. 1994. 藻虾混养的研究. I. 江篱与新对虾、青蟹在鱼塘中混养的试验. 海洋湖沼通报, 3: 52~59
- 王展鹏, 任付从, 潘俊杰等. 1987. 罗非鱼与东方对虾混养技术研究. 黄渤海海洋, 5(4): 6~7
- 朱 明, 阎斌伦. 1996. 半封闭式人工生态养殖对虾. 水产养殖, (2): 15~17

- 刘永兴, 秦友义, 王世恩. 1992. 虾池混养海湾扇贝试验报告. 齐鲁渔业, (4): 15~16
- 刘祖祥. 1989. 对虾缢蛭混养技术的研究. 海洋科学, (3): 70
- 乔振国, 耿隆坤, 卢怡等. 1986. 对虾和鱼混养技术的初步研究. 海洋渔业, (3): 8~9
- 吴剑锋, 常抗美. 1983. 鲮鱼、尼罗罗非鱼、对虾海水池塘混养试验. 海洋水产科技, (1): 10~12
- 岳忠峰, 刘恩忠, 张慧等. 1992. 对虾混养非律宾蛤仔技术研究. 齐鲁渔业, (6): 7~9
- 杨红生. 1996. 海水池塘施肥综合养殖的基础研究. 青岛海洋大学, 博士论文, 4~5
- 项福亭, 杨静, 张益额等. 1994. 论虾贝混养的生态调控. 齐鲁渔业, (2): 31~33
- 张起信, 王大建. 1990. 虾贝混养技术. 海洋科学, 4: 73
- 张起信, 王立超. 1985. 虾藻混养技术的研究. 海洋科学, 9(3): 32~35
- 张德玉, 王志清, 邸永俊. 1991. 对虾与海湾扇贝混养试验. 河北渔业, (2): 21~23
- 陈毕生, 李国荣, 杨芑芑. 1992. pH 改变对墨吉对虾生长的影响. 海洋科学, (1): 12~14
- 高立保, 于德生, 阮修春. 1982. 梭鱼与对虾混养. 海洋科学, (3): 15~16
- 高钦容. 1987. 概率论与数理统计. 大连: 东北财经大学出版社, 192~222
- 常建波, 张玉玺, 于义德等. 1994. 养虾池底播魁蚶技术的研究. 齐鲁渔业, (6): 5~8
- 谢宗墉. 1991. 海洋水产品营养与保健. 山东: 青岛海洋大学出版社, 92
- Alber M, Valiela I. 1996. Utilization of microbial organic aggregates by bay scallops *Argopecten irradians* (Lamarck). J Exp Mar Bio Eco, 195: 71~89
- Eklani A A. 1979. Polyculture of milkfish (*Chanos chanos* Forsk.) and prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) at different stocking combinations in brackishwater ponds. University of the Philippines Systems, M. S. Thesis, 72
- Eklani A, Primavera J H. 1981. Effect of different stocking combinations on growth, production and survival of milkfish (*Chanos chanos* Forsk.) and prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) in polyculture in brackishwater ponds. Aquaculture, 23: 59~72
- Gonzales-corre K. 1988. Polyculture of the tiger shrimp (*Penaeus monodon*) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackishwater fishponds. 15~20. In R S V Pullin, T Bhukaswan, K Tonguthai and J L Maclean (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines.
- Wang Ji-Qiao, Desheng L, Shuanglin D, et al. 1998. Experimental studies on polyculture in closed shrimp ponds. I. Intensive polyculture of Chinese shrimp (*Penaeus chinensis*) with tilapia hybrids. Aquaculture, 163: 11~27

# COMPARATIVE STUDIES ON CULTURAL EFFICIENCY AND PROFITS OF DIFFERENT POLYCULTURAL SYSTEMS IN PENAEID SHRIMP PONDS

WANG Ji-Qiao, LI De-Shang, DONG Shuang-Lin, WANG Ke-Xing, TIAN Xiang-Li  
(Fisheries College, Ocean University of Qingdao, 266003)

**ABSTRACT** Comparative studies on ecological efficiency, production and economic profits of different polyculture systems of Chinese shrimp (*Penaeus chinensis* Osbeck) with red Taiwan tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*), bay scallop (*Argopecten irradians*), common sea-perch (*Lateolabrax japonicus*) and constricted tagelus (*Sinonovacula constricta*) as auxiliary members separately in closed seawater ponds were conducted by using 50 land-based enclosures of each  $5.0 \times 5.0 \times 1.8$  m in 1996. In results, the nitrogen conversion efficiencies by the animals cultivated, the polyculture systems were ranged in a descending order as: “common sea-perch—Chinese shrimp—tilapia polyculture” (PST) (30.91%) > “Chinese shrimp-bay scallop polyculture” (SBS) (21.01%) > “extensive Chinese shrimp-tilapia polyculture” (STM) (20.12%) > “intensive Chinese shrimp-tilapia polyculture” (STF) (17.81%) > “Chinese shrimp-constricted tagelus polyculture” (SCC) (16.93%) > monoculture of Chinese shrimp (S) (11.52%), suggesting that ecological efficiencies of the polyculture systems were higher than those of the monoculture ones. By ratio of output to input, the polyculture systems were ranged in a descending order as: STF (1.99) > STM (1.98) > SBS (1.53) > S (1.38) > PST (1.30) > SSC (1.23). While by the net incomes (× 104 yuan RMB/hm<sup>2</sup>), the polyculture systems were ranged in a descend order as: PST (2.57) > STF (1.62) > SSC (0.91) > STM (0.81) > SBS (0.76) > S (0.54). All the results indicate that polyculture of the shrimp with tilapia, bay scallop or constricted tagelus is characterized by better benefit than monoculture is.

**KEYWORDS** Penaeid shrimp pond, Polyculture system, Efficiency, Benefit, Land-based enclosure