

烟台浅海区不同养殖系统养殖效果的比较

杨红生 王健 周毅 张涛 王萍 何义朝 张福绥
(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

摘要 于1998年4月5日至6月23日,在山东省烟台市四十里湾海区进行了3种养殖模式养殖效果比较的模拟实验。在该海区岸边建立了栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)单养,栉孔扇贝和海带(*Laminaria japonica*)混养,栉孔扇贝、海带和刺参(*Apostichopus japonicus*)混养等3个系列、9个养殖系统和1个对照系统(5.0m × 2.0m × 1.0m,日换水量100%),进行对比实验。定期观测环境和营养盐的变化,栉孔扇贝、海带和刺参的存活和生长状况等。初步研究结果表明,扇贝单养和贝藻参混养模式栉孔扇贝的生产力分别为:0.56g/m²·d和0.78g/m²·d;贝藻参混养模式刺参的生产力为0.70g/m²·d。单养栉孔扇贝生长速度比贝藻混养和贝藻参混养模式中栉孔扇贝的生长速度要慢,贝藻参混养的生态效益和经济效益明显高于扇贝单养和贝藻混养。如不考虑其它滤食性动物的影响,从测得的养殖容量可以推算,单养和贝藻参混养模式中栉孔扇贝养殖密度可达21个/m²和23个/m²。贝藻混养和贝藻参混养模式中海带适宜的养殖密度为0.68棵/m²和0.71棵/m²,刺参的适宜放养密度为2.0个/m²。

关键词 栉孔扇贝, 海带, 刺参, 混养, 养殖效果

Comparasion of effeciencies of different culture systems in the shallow sea along Yantai

Yang Hongsheng, Wang Jian, Zhou Yi, Zhang Tao, Wang Ping, He Yichao, Zhang Fusui
(Institute of Oceanology, CAS, Qingdao 266071)

ABSTRACT In this paper, the efficiencies of different culture systems in Sishiliwan Bay, Yantai, China, were comparatively semi-*in situ* studied from April 5, 1998 to June 23, 1998. In the experiment, one control and nine culture systems, established (5 m × 2 m × 1 m in volume) near the bay, in which *Chlamys farreri*, *Laminaria japonica*, *Apostichopus japonicus* with different densities were stocked. Water exchanging quantity was 100% per day in each system. The results show that the productivities of *C. farreri* in monoculture system and in polyculture system of shellfish, seaweed and sea cucumber are 0.56g/m²·d and 0.78g/m²·d respectively, and that of *A. japonicus* in polyculture system is 74.7 g/m². The growth rate of *C. farreri* in monoculture system was slower than that in two kinds of polyculture systems. The efficiency of shellfish, seaweed and sea cucumber polyculture system is better than that of shellfish monoculture and shellfish and seaweed polyculture systems. The optimal scallop stocking densities in monoculture system, and polyculture system of shellfish, seaweed and sea cucumber are 21.0 and 23.0 ind/m² respectively, and the optimal densities for kelp in polyculture system of shellfish and seaweed, and in the mixed system of shellfish, seaweed, and sea cucumber

国家重点科技项目(攻关)计划资助(浅海养殖系统养殖容量与优化技术),96-922-02-04号和中国科学院重大资助项目(典型湖泊、海湾渔业资源调控及优质高效模式研究),KZ951-A1-102-02号及国家重点基础研究发展规划项目(海水养殖环境清洁工程的生态学原理与关键技术),G1999012012号。中国科学院海洋研究所科学技术研究论文报告第3481号。

第一作者简介:杨红生,男,1964年12月生,博士,研究员。电话:0532-2879062-4203, E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:1999-04-17

are 0.68 ind/ m² and 0.71 ind/ m² respectively, and that of sea cucumber in polyculture system of shellfish, seaweed and sea cucumber is 2.0 ind/ m².

KEYWORDS *Chlamysfarreri*, *Laminaria japonica*, *Apostichopus japonicus*, polyculture, culture efficiency

70年代中期,贝藻套养或轮养技术已在我国北方海区得以逐步推广,养殖海区的产量和产值都有不同程度的提高,同时对维持水域的生态平衡也起到了有益的作用^[1~4]。90年代初,浅海综合养殖技术研究得以重视,着重强调研究养殖生物的种间关系,开展立体养殖,收到一定的效果^[5]。近年来,由于种种原因,浅海养殖出现了栉孔扇贝等贝类大规模死亡等新问题,因此有关浅海养殖系统的养殖种类搭配、放养密度、种间关系以及养殖生物对养殖系统的贡献或对环境的影响等基础理论亟待进一步研究。

四十里湾(37°25' ~ 37°40' N, 121°20' ~ 121°40' E)是我国开展浅海筏式养殖较早的海湾之一。目前,筏式养殖主要的对象有贻贝(*Mytilus edulis*)、栉孔扇贝(*Chlamysfarreri*)、海湾扇贝(*Argopecten irradians*)和海带(*Laminaria japonica*)。此外,局部海区开展了刺参(*Apostichopus japonicus*)底播增养殖。本研究利用模拟养殖系统,比较了栉孔扇贝单养、栉孔扇贝和海带混养、栉孔扇贝与海带和刺参混养3种养殖模式的养殖效果,并提出较为适宜的搭配方式和放养密度。

1 材料与方 法

1.1 养殖系统的建立

蓄水池:蓄水池为长方形,面积为10 m²,水深1.5 m。位于两个养殖池之间,用于提供稳定的水源和 水流。共5个。

养殖池:养殖池为长方形,面积为10 m²,水深1.0 m。共10个,其中1个为对照池。

流水系统:用水泵从金沟湾海区定时取水,海水首先进入蓄水池,再通过虹吸管从蓄水池取水,由养殖池一端底部进入,出水由另一端上部排出。每日换水量100%。

1.2 养殖生物与放养情况

栉孔扇贝、海带和刺参均由烟台市水产研究所提供。放养情况见表1、4、5。

1.3 实验管理

实验从1998年4月5日开始,6月23日结束,历时80天,此间水温9~19℃,盐度为31~32。

每日向蓄水池注水4次,时间分别为涨潮和落潮中期。每日在清晨5:00和下午17:00检查养殖生物生长和死亡等情况各一次,每日清除蓄水池池底沉积物一次。

1.4 数据测定

观测项目有水温、盐度、pH、DO及其它19项水质指标。前4项每日监测2次(5:00和17:00),其余各项每15天监测1次。同时,每15天测定一次栉孔扇贝、海带和刺参的生长,栉孔扇贝肥满度,栉孔扇贝、海带和刺参日产量等一系列数据。文中栉孔扇贝的肥满度采用下列公式计算:

干贝指数(%) = 干贝重/干壳重 × 100;

干贝得率(%) = 干贝重/扇贝重 × 100;

肉柱得率(%) = 肉柱重/扇贝重 × 100;

干内脏指数(%) = 干内脏重/干壳重 × 100;

内脏得率(%) = 内脏重/扇贝重 × 100。

1.5 养殖效益的判断

为了对各养殖系统的养殖效果进行评判,本文使用“养殖效果指标”、“相对养殖效果指标”和“贝藻参总综合效果指标”,分别定义为:

$$\text{养殖效果指标} = (\text{净产量} \times \text{规格})^{1/2};$$

$$\text{相对养殖效果指标} = \text{试验池“养殖效果指标”} / \text{全部试验池的“平均养殖效果指标”};$$

$$\text{贝藻混养总效果指标} = (\text{扇贝的“相对养殖效果指标”} + a \times \text{海带的“相对养殖效果指标”}) / (1 + a)$$

其中 $a = \text{海带价格} / \text{扇贝价格}$, 本文暂定 $a = 0.5$;

$$\text{贝藻混养总效果指标} = (\text{扇贝的“相对养殖效果指标”} + a \times \text{海带的“相对养殖效果指标”} + b \times \text{刺参的“相对养殖效果指标”}) / (1 + a + b),$$

其中: a 同上, $b = \text{刺参价格} / \text{扇贝价格}$, 本文暂定 $b = 15$ 。

2 结果与分析

2.1 养殖生物的生长

2.1.1 栉孔扇贝的生长和肥满度

3种养殖模式中栉孔扇贝放养和收获时的平均体重和成活率见表1。在同一模式中,放养不同密度对栉孔扇贝的生长影响很大,不同养殖模式间也有一定的差异,成活率与放养量成反比($r^2 = 0.9440$)。放养密度中等的贝2号池和贝藻参2号池以及贝藻1号池等养殖系统中栉孔扇贝的生长较快。各养殖模式中栉孔扇贝的平均干贝重、干内脏重、软体部总湿重和总干重及肥满度指数见表2,3。同一模式中,放养密度较小的实验池中栉孔扇贝的平均干贝重、干内脏重和肥满度指数都较高。不同模式间,栉孔扇贝的平均干贝重、干内脏重和肥满度指数差异不明显。

表1 实验前后栉孔扇贝规格及成活率

Tab.1 Average weight and the survival rate of *C. farreri*

池号	放养密度(个/m ²)	放养重量(g/m ²)	放养规格湿重(g/个)	养殖天数	成活率(%)	收获湿重规格(g/个)
贝1	10	48.0	4.80±1.52	80	89.0	8.08±1.79
贝2	20	88.0	4.40±1.02	80	84.5	7.86±1.72
贝3	40	160.7	4.02±0.98	80	79.0	5.84±1.25
贝藻1	20	72.0	3.60±0.79	80	86.5	7.76±0.79
贝藻2	20	86.5	4.32±0.99	80	84.5	8.07±0.84
贝藻3	20	79.6	3.98±0.87	80	81.5	7.85±1.28
贝藻参1	10	39.0	3.90±0.94	80	90.0	8.63±1.75
贝藻参2	20	66.0	3.35±0.85	80	86.0	7.21±1.55
贝藻参3	30	156.0	3.90±0.92	80	85.8	5.88±1.08

表2 栉孔扇贝的平均干贝重、干内脏重、软体部总湿重和总干重

Tab.2 Average weights of dried adductor muscle and dried viscera, and total fresh and dried soft body tissues of *C. farreri*

模式类型	贝1	贝2	贝3	贝藻1	贝藻2	贝藻3	贝藻参1	贝藻参2	贝藻参3
平均干贝重(g/ind)	0.175	0.108	0.092	0.102	0.146	0.128	0.176	0.114	0.076
平均干内脏重(g/ind)	0.237	0.144	0.130	0.166	0.200	0.160	0.214	0.150	0.118
软体部总干重(g/m ²)	2.884	4.259	7.015	4.636	5.847	4.694	3.159	4.541	6.654
软体部总湿重(g/m ²)	14.00	23.70	35.40	22.70	25.01	21.52	13.45	21.33	29.50

表3 不同养殖系统中栉孔扇贝的肥满度

Tab.3 Condition index of *C. farreri* in different culture systems

模式类型	贝1	贝2	贝3	贝藻1	贝藻2	贝藻3	贝藻参1	贝藻参2	贝藻参3
干贝指数	3.87	3.13	2.84	3.13	3.22	3.28	3.97	3.05	2.70
干内脏指数	5.26	4.17	3.34	4.26	4.41	4.10	4.77	4.01	4.18
肉柱得率	7.43	7.00	5.67	6.82	7.47	6.88	7.51	6.93	5.73
干贝得率	1.67	1.60	1.26	1.57	1.82	1.63	1.83	1.58	1.28
内脏得率	11.71	10.7	10.66	10.04	10.95	9.93	9.80	10.26	8.76

2.1.2 海带的生长

不同养殖模式中海带的放养和收获时的平均体重和成活率见表4。贝藻混养模式中,海带的生长速度明显较慢,而在贝藻参混养系统中的海带生长较快。养殖后期,部分养殖系统中海带出现负生长。

表4 实验前后海带规格

Tab.4 Average weight of *L. japonica* at the beginning and the end of the experiment

池号	放养密度(棵/m ²)	放养重量(g/m ²)	放养规格湿重(g/棵)	养殖天数	成活率(%)	收获湿重规格(g/棵)
贝藻1	10	76.0	76.0±7.8	54	100	83.0±8.8
贝藻2	15	89.6	59.7±6.0	54	100	60.1±6.4
贝藻3	20	108.8	54.4±5.6	54	100	50.9±6.0
贝藻参1	10	52.0	60.2±6.1	54	100	75.9±7.1
贝藻参2	15	95.8	63.9±6.6	54	100	67.2±6.9
贝藻参3	20	90.2	45.1±5.4	54	100	53.4±7.4

2.1.3 刺参的生长

贝藻参混养系统中,刺参的放养和收获时的平均体重和成活率见表5。刺参在实验前期生长较快,5月9日以后,生长速度明显减慢,主要原因是饵料的不足。5月24日(48天)以后平均体重急剧下降,这与部分刺参繁殖及夏眠(停止摄食)有关。

表5 实验前后刺参规格

Tab.5 Average weight of *A. japonicus* at the beginning and the end of the experiment

池号	放养密度(个/m ²)	放养重量(g/m ²)	放养规格湿重(g/个)	养殖天数	成活率(%)	收获湿重规格(g/个)
贝藻参1	1	16.1	16.1±4.98	48	100	39.2±7.08
贝藻参2	2	34.5	17.3±5.03	48	100	34.0±6.98
贝藻参3	3	50.0	16.7±5.24	48	100	25.8±6.45

2.2 养殖生物的生产力

本研究以同一模式养殖系统中养殖期的最高日产量代表养殖生物的生产力。不同养殖模式中,养殖生物的成活率、日产量和现存量等有关数据见表6、7、8。初步研究结果表明,养殖系统中,单养和贝藻参混养模式栉孔扇贝的生产力分别为:0.56g/m²·d和0.78g/m²·d(表6);贝藻参混养模式刺参的生产力为0.70g/m²·d(表8)。

2.3 不同养殖模式养殖效果的评判

分析结果表明(表9),贝藻参混养的总养殖效果指标最高,贝藻混养次之,单养扇贝最低。单养栉孔扇贝中贝2号池的扇贝相对养殖效果指标最高(1.05);贝藻混养模式中贝藻1号池的扇贝相对养殖效果指标最高(1.23);贝藻参混养模式中贝藻参2号池的扇贝相对养殖效果指标最高(1.14)。因此,可以初步认为,在此养殖系统条件下,单养扇贝模式和贝藻参混养模式中一龄扇贝适宜的放养密度为20粒/m²;贝藻参混养模式中刺参适宜的放养密度为2个/m²。

表6 栉孔扇贝的总产量、净产量和日产量

Tab. 6 Gross yield, net yield and daily production of *C. farreri*

池号	总产量(g/m ²)	净产量(g/m ²)	日产量(g/m ² ·d)
贝1	72.7	24.7	0.31
贝2	132.9	44.9	0.56
贝3	184.6	23.9	0.30
贝藻1	134.2	62.2	0.78
贝藻2	136.3	49.8	0.62
贝藻3	128.0	48.4	0.61
贝藻参1	77.7	38.7	0.48
贝藻参2	124.0	58.0	0.73
贝藻参3	201.7	45.7	0.57

表7 海带的总产量、净产量和日产量

Tab. 7 Gross yield, net yield and daily production of *L. japonica*

池号	总产量(g/m ²)	净产量(g/m ²)	日产量(g/m ² ·d)
贝藻1	79.6	3.6	0.01
贝藻2	90.2	0.6	0.01
贝藻3	101.8	-7.0	-0.13
贝藻参1	60.2	7.8	0.29
贝藻参2	97.4	1.6	0.03
贝藻参3	106.8	16.6	0.31

表8 刺参的总产量、净产量和日产量

Tab. 8 Gross yield, net yield and daily production of *A. japonicus*

池号	总产量(g/m ²)	净产量(g/m ²)	日产量(g/m ² ·d)
贝藻参1	39.2	23.1	0.48
贝藻参2	67.9	33.4	0.70
贝藻参3	74.7	24.7	0.51

表9 不同养殖模式养殖效果的评判

Tab. 9 Assessment of culture efficiencies in the different systems

模式类型	贝1	贝2	贝3	贝藻1	贝藻2	贝藻3	贝藻参1	贝藻参2	贝藻参3
扇贝养殖效果指标	14.1	18.8	11.8	22.0	20.0	19.5	18.3	20.4	16.4
扇贝相对养殖效果指标	0.79	1.05	0.66	1.23	1.12	1.09	1.02	1.14	0.92
海带养殖效果指标				17.3	6.0	-18.9	24.3	10.4	29.8
海带相对养殖效果指标				1.50	0.52	-1.64	2.11	0.90	2.59
刺参养殖效果指标							30.1	33.7	25.3
刺参相对养殖效果指标							1.01	1.13	0.85
单养扇贝总效果指标	0.79	1.05	0.66						
贝藻混养总效果指标				2.73	1.64	-0.55			
贝藻参混养总效果指标							4.14	3.17	4.36

3 讨论

3.1 养殖海区适宜养殖模式

研究表明,贝藻参混养的生态效益和经济效益明显高于贝藻混养和单养栉孔扇贝,具体表现在栉孔扇贝和海带生长快、日产量高。刺参在养殖系统中起到了池底“清道夫”的作用,实验中,可以观察到放养刺参的养殖系统与未放养刺参的池底有着很大的差别,放养刺参的养殖系统池底沉积物明显减少,这是刺参对池底沉积物多次利用的结果。贝藻混养的效果也优于扇贝单养,单养扇贝养殖系统中,浮游植物的丰度波动较大,实验中期还出现了中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)繁殖高峰,这可能是因为水温上升导致池底沉积物中营养盐加速释放的结果;而放养有海带的养殖系统中,海带可以充分利用养殖系统中的营养盐,从而维持了养殖系统的稳定。

3.2 养殖海区栉孔扇贝、海带和刺参适宜的放养密度

方建光等提出桑沟湾栉孔扇贝适宜的放养密度为:壳高3~4cm, 90粒/m²;壳高4~5cm, 60粒/m²;壳高5~6cm, 30粒/m²[6]。在自然条件下,虾夷扇贝生物量达到1.0kg/m²以上,其个体生长率就受密度制约。日本底播养殖虾夷扇贝达到商品规格需2.5~3年,密度为5~6个/m²,当虾夷扇贝密度超过5~6个/m²时,生长就下降[7]。值得注意的是高密度扇贝捕捞场的平均密度很少超过5~10个/

$\text{m}^{2[8]}$ 。不同的是底播养殖,扇贝可以出现补丁式分布,而筏式养殖的密度是一定的。本研究结果养殖表明,20个/ m^2 扇贝的生长速度最快。在不考虑其它滤食性动物的条件下,从测得的容量(738.4 g/ m^2 和806.8 g/ m^2)和一般养成规格(35g/个)可以推算,单养和贝藻参混养模式中栉孔扇贝的适宜的养殖密度分别为21个/ m^2 和23个/ m^2 。从测得的养殖容量(407.2 g/ m^2 和427.2 g/ m^2)和一般养成规格(600g/棵)可以推算,单养和贝藻参混养模式中海带适宜的养殖密度分别为1 696棵/ hm^2 和1 780棵/ hm^2 。本研究初步查明,对刺参养殖容量为59.8g/ m^2 ,放养密度以2.0个/ m^2 较为合理。李元山等调查威海小石岛海区刺参的自然分布,结果表明距岸较近礁石发达的地带,刺参的平均密度为1.5个/ m^2 ;在马尾藻繁茂的岩礁及附近泥沙底质的大叶藻丛里,刺参的平均密度为4.1个/ $\text{m}^{2[5]}$ 。由此可见,本研究的结果与上述报道较为吻合,但真正应用到海区,扇贝、海带和刺参养殖密度还需进一步调整。尤其是对扇贝而言,不少海区其它大型滤食性动物(如贻贝、柄海鞘和玻璃海鞘等)生物量实在惊人,甚至与养殖的扇贝生物量差不多,这必定影响扇贝的生长和肥满度,放养量也会大大降低。

参 考 文 献

- 1 李庆彪,李梦笔. 关于贝、藻间养增产原理的讨论. 海洋科学, 1996, (2): 64~ 66
- 2 秦友义,王世田,刘永兴. 大面积贝藻间养面临的问题与对策. 齐鲁渔业, 1991, 8(4): 26~ 28
- 3 张福绥. 海湾扇贝引进中国 10 周年. 齐鲁渔业, 1993, 10(5): 9~ 12
- 4 张福绥,何义朝,马江虎等. 海湾扇贝与海带轮养试验报告. 海洋科学, 1987, (6): 1~ 6
- 5 李元山,牟绍敦,冯月群等. 海珍品综合增养殖中的种间关系和生态容纳量的研究. 海洋湖沼通报, 1996, (1): 24~ 30
- 6 方建光,匡世焕,孙慧玲等. 桑沟湾栉孔扇贝养殖容量的研究. 海洋水产研究, 1996, 17(2): 18~ 31
- 7 Ventilla R F. The scallop industry in Japan. Adv Mar Biol, 1982, 20: 309~ 382
- 8 Shumway S E. Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. ELSEVIER, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1991, 809~ 824