

不同单养和混养海水实验围隔浮游生物的研究*

王 岩 张鸿雁

(青岛海洋大学水产学院, 青岛 266003)

摘 要 1995年6~10月和1996年6~8月对中国对虾单养及其与台湾红非鲫、菲律宾蛤仔、海湾扇贝或缢蛏的不同混养实验围隔浮游生物的研究结果表明:养殖管理措施和放养种类对围隔浮游生物种类和生物量都会产生一定影响,其中前者往往具主要作用。投饵养殖时围隔浮游植物以20 μm 以下的种类为主,生物量较低,其中混养台湾红非鲫的围隔叶绿素a(Chl-a)相对较高,混养菲律宾蛤仔的围隔Chl-a较低;在投饵的基础上施肥后甲藻等鞭毛藻类易大量发生成为优势种,浮游植物生物量较单纯投饵时有所升高,但单养和混养对围隔Chl-a的影响不明显。非鲫捕食往往导致大型桡足类在浮游动物生物量中的比例下降,贝类则通过食物竞争同时使桡足类生物量降低和种类小型化,由于非鲫与海产贝类的食物灶存在一定分化,二者混养至少对贝类有利,因此鱼虾贝混养应较鱼虾混养或虾贝混养效果更好。

关键词 浮游生物,海水围隔,中国对虾,单养,混养

研究表明,在采取不同投饵或施肥等管理措施的淡水养鱼池中,浮游生物结构特点及其变动规律各具特色^[1]。关于海水养虾池浮游生物的报道目前尚不多见^[2]。鱼类下行效应(Top down effect)及其对浮游生物的影响是80年代以来湖泊生态学研究中的重要问题^[3],然而在养殖池塘中,不同放养种类和放养类型对池塘浮游生物群落结构的影响至今还不很清楚。研究对虾单养和不同混养海水实验围隔中浮游生物的结构特点及其演化规律,借以探讨不同放养模式对养虾池浮游生物可能产生的影响,对养虾池生态系统结构的优化具有指导意义。

1 材料和方法

围隔实验分别于1995年6~10月和1996年6~8月在山东省黄海水产集团养虾场进行,虾场位置和围隔结构详见文献[4]。1995年实验用12个围隔,其中p1、p2、p3和p4号围隔中分别按1.0、3.0、9.0和12.0万尾/ hm^2 的密度单养中国对虾(*Penaeus chinensis*)(简称对虾);pf1、pf2、pf3和pf4

号围隔中对虾密度均为1.5万尾/ hm^2 ,另外分别按0.2、0.4、0.8和1.2万尾/ hm^2 的密度混养台湾红非鲫(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)(简称非鲫);pfc1、pfc2、pfc3和pfc4号围隔中对虾和非鲫密度分别为1.5万尾/ hm^2 和0.4万尾/ hm^2 ,混养菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)(简称蛤仔)的密度分别为9、18、36和54万只/ hm^2 。1996年实验用12个围隔,其中P1、P2和P3号围隔中对虾密度分别为4.52、6.00和7.52万尾/ hm^2 ;PF、PS和PR系列围隔中对虾密度均为6.00万尾/ hm^2 ,其中PF21、PF22和PF23号围隔中分别按0.16、0.24和0.32万尾/ hm^2 的密度混养非鲫;PS1、PS2和PS3号围隔中分别按1.5、4.5和7.5万只/ hm^2 的密度混养海湾扇贝(*Argopecten irradians*)(简称扇贝);PR1、PR2和PR3号围隔中分别按10、15和20万只/ hm^2 的密度混养缢蛏(*Sinonovacula constricta*)。1995年放养规格对虾每尾约0.99 g,非鲫69~83 g,蛤仔每只2.9~3.3 g;1996年平均放养规格对虾每尾0.55 g,非鲫70~126.3 g,扇贝每只0.23 g,缢蛏1.76 g。2年实验中对虾均散养,非鲫和扇贝养在网箱或贝笼中,蛤仔和缢蛏撒播在底质上。

1995年苗种放养前向围隔施尿素和磷酸氢二

收稿日期:1997-11-11

* 国家攀登B专题(PDB-7-3)和国家自然科学基金(39430102)资助项目

胺培养基基础饵料,实验期间不换水,仅补充蒸发和渗漏损失的水量,每天向围隔内定量投对虾饲料;1996年放养前施鸡粪、尿素和磷酸氢二胺,实验中除投饵外还根据围隔透明度酌情施磷酸氢二胺和尿素。

实验期间定期在围隔中采样,1995年浮游生物和叶绿素 a(Chl-a)采样间隔时间分别为 9 d 和 4 d,1996 年分别为 7 d 和 3 d。每次浮游生物采样同时测定围隔中 NO_2-N 、 NO_3-N 、 NH_3-N 和 PO_4-P 等水化学指标。浮游植物和小型浮游动物采水 1.00 L,以 Lougl 液固定,大型浮游动物采水 10~30 L,以甲醛固定。水样浓缩后在显微镜下计数,根据实测生物体积换算为生物重量。Chl-a、 NO_2-N 、 NO_3-N 、 NH_3-N 和 PO_4-P 测定按海洋生物和化学调查规范方法进行。

2 年实验围隔壁上均附生丝状藻类,1995 年实验前后在每个围隔壁上分别选 2 点刮取附生藻,洗除附泥并用滤纸吸干藻丝表面水分后准确称重,计算其生物量;1996 年在围隔内挂附藻器,定期定量附生藻生物量。

2 结果

2.1 浮游植物

1995 年实验前期多数围隔中浮游植物以硅藻和绿藻为优势种,随水温升高转为兰藻和绿藻,后期又转为硅藻和绿藻。各围隔浮游植物种类差别不大,绝大多数藻细胞不超过 20 μm ,兰球藻属 (*Chroococcus*),小球藻属 (*Chlorella*) 和菱形藻属 (*Nitzschia*) 种类出现频次较高,沟环藻 (*Gymnodinium* sp.),海洋原甲藻 (*Prorocentrum micans*) 和隐藻 (*Cryptomonas* sp) 等鞭毛藻类偶尔也出现。从表 1 中可见,1995 年 pf 系列围隔 Chl-a 普遍较高, p 系列围隔中对虾密度较大的围隔 Chl-a 较高。1996 年实验前期多数围隔浮游植物以硅藻和金藻为优势种,中后期转为甲藻和隐藻,其中 PS3 号围隔内发生了严重的海洋原甲藻水华。另外,PS 系列围隔内 Chl-a 随扇贝密度增加反而升高。从表 2 可见,1996 年围隔中生物量超过 3.0 mg/dm^3 的除 PS1 号围隔外,甲藻均占总生物量的 60% 以上,而生物量低于 1.5 mg/dm^3 的围隔中则多以硅藻或隐藻为优势种。2 年相比,1996 年围隔中 Chl-a 明显高于 1995 年。

1995 年围隔水中悬浮大量碎屑,其大小为 3~60 μm , p、pf 和 pfc 系列围隔中碎屑数量分别为

$(625.74 \sim 3\ 162.87) \times 10^4$ 、 $(285.49 \sim 2\ 083.24) \times 10^4$ 和 $(262.06 \sim 505.02) \times 10^4$ 片/ dm^3 。

表 1 围隔中的叶绿素 a 含量(平均值±标准差)

Table 1 Concentration of chlorophyll a in enclosures(mean±SD)

1995 年		1996 年	
围隔 enclosure	Chl-a/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	围隔 enclosure	Chl-a/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
p1	2.63 ± 1.88	P1	11.55 ± 8.11
p2	2.60 ± 2.27	P2	6.28 ± 2.56
p3	3.95 ± 3.76	P3	7.75 ± 3.53
p4	4.23 ± 2.76	PF21	6.88 ± 3.44
pf1	4.65 ± 2.99	PF22	5.03 ± 2.74
pf2	4.10 ± 4.37	PF23	6.12 ± 4.02
pf3	3.07 ± 2.23	PS1	11.38 ± 7.27
pf4	4.83 ± 3.31	PS2	14.90 ± 9.18
pfc1	0.61 ± 0.56	PS3	89.51 ± 95.82
pfc2	2.23 ± 1.58	PR1	5.71 ± 1.50
pfc3	1.25 ± 0.63	PR2	5.98 ± 1.72
pfc4	0.97 ± 0.57	PR3	5.10 ± 1.73

2.2 附生藻和氮磷

围隔壁上附生藻类主要为刚毛藻 (*Cladophora* spp) 和浒苔 (*Enteromorpha* spp), 1995 年 p、pf 和 pfc 系列围隔中附生藻生物量分别为 391.5 ± 107.2 、 316.5 ± 159.7 和 399.8 ± 312.4 g/m^2 ; 1996 年 P2 号围隔、PF 和 PS 系列围隔中附生藻生物量分别为 52.0 、 75.3 ± 38.3 和 68.7 ± 29.4 g/m^2 。2 年实验围隔中氮磷浓度差别很大,1995 年氮高磷低, p、pf 和 pfc 系列围隔中 PO_4-P 浓度分别为 12.96 ± 20.51 、 7.22 ± 8.32 和 7.14 ± 8.51 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $\text{DIN}(\text{NO}_2-\text{N} + \text{NO}_3-\text{N} + \text{NH}_3-\text{N})$ 分别为 188.43 ± 42.57 、 151.15 ± 68.01 和 288.33 ± 42.11 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $\text{DIN}/\text{PO}_4-\text{P}$ 分别为 25.5 ± 7.2 、 12.5 ± 6.9 和 42.5 ± 13.2 ; 1996 年磷高氮低, P、PF、PS 和 PR 系列围隔中 PO_4-P 分别为 12.96 ± 20.51 、 69.87 ± 73.06 、 125.91 ± 105.65 和 33.76 ± 34.841 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, P、PF 和 PS 系列围隔中 DIN 分别为 45.07 ± 4.76 、 46.73 ± 12.78 和 37.63 ± 4.58 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $\text{DIN}/\text{PO}_4-\text{P}$ 分别为 0.47 ± 0.43 、 0.72 ± 0.26 和 0.31 ± 0.07 。1995 年围隔中 Chl-a 与 $\text{DIN}/\text{PO}_4-\text{P}$ ($r = -0.655$, $n = 12$) 和 DIN ($r = -0.639$, $n = 12$) 显著相关,但与附生藻生物量不相关 ($r = -0.174$, $n = 12$); 1996 年 Chl-a 与 DIN ($r = -0.517$, $n = 9$)、 $\text{DIN}/\text{PO}_4-\text{P}$ ($r = -0.258$, $n = 9$) 和附生藻生物量

($r = -0.504$, $n = 9$)均不相关。

2.3 浮游动物

从表 3 可见,1995 年长腹剑水蚤(*Oithona* sp)

为围隔浮游动物优势种,此外火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)和刺尾纺锤水蚤(*Acartia spinicauda*)也常大量出现,整个实验期间都观察到多毛类幼体,

表 2 1996 年围隔中浮游植物生物量及其组成

Table 2 Biomass of phytoplankton and composition of each group in total biomass in enclosures during 1996

围隔 enclosure	生物量 / ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) biomass	浮游植物总生物量中各类群组成/% percentage of each phytoplankton group in total biomass						
		蓝藻 cyanophyta	金藻 chrysophyta	硅藻 bacillariophyta	甲藻 pyrrophyta	裸藻 euglenophyta	绿藻 chlorophyta	隐藻 cryptophyta
P2	0.65 ± 0.41	20.43	7.97	42.68	2.75	9.50	3.08	13.47
PF21	3.04 ± 4.01	1.16	1.89	11.03	62.58	12.41	9.54	1.57
PF22	0.45 ± 0.54	9.91	24.42	28.82	6.47	2.24	3.64	24.50
PF23	0.91 ± 0.93	3.04	7.46	36.91	22.3	0.23	11.11	18.95
PS1	3.69 ± 3.60	0.99	0.22	52.99	39.58	1.43	3.52	1.27
PS2	3.15 ± 3.82	1.53	6.88	21.73	61.44	2.33	5.34	0.75
PS3	60.95 ± 72.09	0.00	0.17	1.75	97.86	0.16	0.05	0.01
PR1	2.56 ± 2.34	1.76	1.91	15.25	47.35	7.13	21.65	4.95
PR2	0.98 ± 0.79	10.71	4.41	20.94	21.55	0.68	8.14	33.57
PR3	1.24 ± 0.92	4.17	3.81	37.71	8.92	1.27	14.65	29.47

* 生物量以“平均值±标准差”表示(下同)。Biomass is expressed as mean ± SD (the same as below).

表 3 2 年间围隔中浮游动物生物量和组成

Table 3 Biomass of zooplankton and composition of each group in total biomass in enclosures during two years

围隔 enclosure	生物量 ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) biomass	浮游动物总生物量中各类群组成/% percentage of each zooplankton group in total biomass							
		哲水蚤 calanoida	剑水蚤 cyclopoida	猛水蚤 harpacticoida	无节幼体 nauplius	轮虫 rotifera	多毛类幼体 polychaeta	原生动物* protozoa	其它种类 others
1995 年									
p1	0.61±0.41	44.60	41.28	0.00	12.84	0.00	1.28	—	0.00
p2	0.81±0.04	10.75	55.32	0.62	30.86	1.00	1.07	—	0.38
p3	0.47±0.09	15.00	60.79	0.00	17.61	0.23	5.91	—	0.46
p4	0.15±0.31	18.98	51.59	0.07	18.55	0.98	9.43	—	0.40
pf1	0.72±0.41	36.43	40.63	0.71	17.69	0.17	4.37	—	0.00
pf2	0.54±0.30	23.33	64.12	0.43	8.41	0.29	3.41	—	0.01
pf3	0.55±0.45	2.61	82.67	0.03	10.73	0.00	3.83	—	0.13
pf4	0.88±0.42	3.15	77.55	0.02	13.62	0.00	5.85	—	0.11
pfc1	0.11±0.21	14.94	23.71	0.21	35.50	0.00	25.64	—	0.00
pfc2	0.09±0.07	2.39	44.87	4.77	42.00	0.00	4.52	—	1.45
pfc3	0.21±0.11	12.10	11.90	1.50	73.67	0.50	0.19	—	0.14
pfc4	0.24±1.54	1.20	20.22	0.06	71.52	0.00	7.00	—	0.00
1996 年									
P2	3.38±2.87	72.14	8.99	1.83	5.77	0.00	4.32	6.92	0.03
PF21	1.15±1.65	61.90	1.30	6.35	5.30	0.35	0.35	22.96	1.49
PF22	3.26±3.81	78.30	0.15	1.17	3.25	0.02	6.10	10.00	0.00
PF23	1.47±1.25	47.28	22.54	0.76	13.88	0.00	5.31	10.20	0.03
PS1	1.04±1.20	58.85	31.32	0.19	4.42	1.06	0.04	3.93	0.19
PS2	0.90±1.18	33.33	47.80	2.67	7.14	4.18	0.10	4.66	0.12
PS3	3.29±1.60	90.32	1.56	0.70	3.56	1.28	0.06	2.52	0.00
PR1	0.65±1.60	56.48	2.28	2.54	4.54	3.08	1.23	29.23	0.62
PR2	1.76±1.25	57.35	0.84	0.94	34.91	0.17	1.70	3.92	0.17
PR3	3.31±3.75	63.71	25.02	0.24	9.21	0.00	0.41	0.79	0.62

* 1995 年未定量原生动物。Protozoa was not quantitated in 1995.

褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*) 在 7 月下旬至 8 月下旬间曾大量发生,但其生物量不到浮游动物生物量的 1%;p、pf 和 pfc 系列围隔中浮游动物生物量分别为 0.67 ± 0.16 、 0.51 ± 0.28 和 0.16 ± 0.17 mg/dm³,其中 pf 系列中非鲫密度较高的围隔剑水蚤比例相对较高,哲水蚤比例相对较低,pfc 系列中哲水蚤比例相对较低,桡足类无节幼体的比例随蛤仔密度增加而升高。1996 年围隔浮游动物种类与 1995 年相似,但火腿许水蚤和刺尾纺锤水蚤为优势种,生物量也普遍高于 1995 年,其中 P2 号围隔和 PF、PS、PR 系列围隔中浮游动物生物量分别为 3.38、 1.96 ± 1.14 、 1.74 ± 1.34 和 1.91 ± 1.33 mg/dm³。1995 年围隔浮游动物生物量与 Chl-a 显著相关($r = 0.603$, $n = 12$),1996 年二者不相关($r = 0.289$, $n = 10$)。

3 讨论

3.1 围隔中浮游植物结构特点及影响因素

养殖池塘浮游植物生物量变化很大,淡水高产鱼池中浮游植物现存量可达 20~300 mg/dm³[1];部分养虾池浮游植物现存量为 5~35 mg/dm³[2,6],Chl-a 为 7~139.8 mg/dm³[5,6]。本实验中除 1996 年 PS3 号围隔因发生了海洋原甲藻水华使浮游植物生物量异常升高以外,其它围隔 Chl-a 均不超过 26 mg/m³,围隔浮游植物生物量较低的原因之一是养虾密度较低,投饵和施肥量也相应较低;之二是围隔内水体混合运动较弱;之三是围隔壁上附生藻吸收磷[7],对浮游植物产生一定的负影响。

本实验表明:当围隔中只投饵时 PO₄-P 浓度往往很低,微型或小型的绿球藻和菱形藻成为浮游植物的主要种类,且生物量较低;在投饵基础上施肥后围隔内 PO₄-P 浓度明显升高,甲藻和隐藻等鞭毛藻类易大量发生,浮游植物生物量相对较高。早期研究指出微型浮游生物在海洋沿岸带生态系统中的作用非常重要,但在海水养虾池浮游植物中微型藻类的比例尚未见报道。闫喜武等[2]发现部分浮游植物生物量较高的北方养虾池中甲藻为优势种,生物量较低的则以小型的蓝藻或绿藻为优势种,本实验结果与此基本相符,这是否意味着贫营养型虾池中浮游植物通常以微型或小型种类为优势种还有待进一步探讨。

海洋沿岸带水域、内陆湖泊以及淡水鱼池水体中悬浮着大量腐屑,其数量常超过浮游植物。1995

年围隔水中含大量腐屑,腐屑表面往往与小型藻类粘合形成藻屑团,表明养虾池中腐屑很可能成为滤食性鱼类或贝类的重要食物。

Drenner 等[8]和 Vinyard 等[9]指出非鲫可压制大型浮游生物,而对小型特别是微型浮游生物种类有促进作用。1995 年 Chl-a pf 系列围隔较高,pfc 系列围隔最低,鉴于围隔 Chl-a 与附生藻现存量不相关,上述现象看来系因混养非鲫和蛤仔所致,即非鲫和蛤仔分别对浮游植物产生了促进或压制作用,这在部分程度上与 Drenner 等的观点一致。1996 年 PS 系列围隔 Chl-a 最高,单养和混养对围隔浮游植物影响不明显,可能与该年养殖中施肥不均有关。鱼类下行效应与施肥等对浮游生物的影响很难截然分开[10],在人工养殖池塘中,浮游植物演化实际上同时受管理措施和放养种类下行效应双重制约,当管理调控作用较强时,放养种类下行效应便难以充分表现出来。

实验中发现混养非鲫的围隔水色都较鲜活,而混养贝类的围隔水面则往往形成浮膜,这是由于非鲫的活动有助于打破水体分层状态。1995 年 Chl-a 较高的 pf 系列围隔中 PO₄-P 也相对较高,证实放养鱼类确能够影响水体的氮磷浓度[3,7];Chl-a 与 DIN/PO₄-P 相关,则表明 pf 系列围隔中浮游植物生物量较高应主要归因于混养非鲫使水体中 PO₄-P 的浓度增加。

多数海产贝类可滤食大于 4 μm 的藻类,部分种类甚至可滤食 1 μm 以下的藻类[11],而体长 4~19 cm 的兰非鲫(*O. aurea*)过滤的食粒通常大于 25 μm[3],因此非鲫与海产贝类的食物灶存在一定分化,前者主要摄食较大的藻类、浮游动物或腐屑,后者主要摄食小型藻类或腐屑。从利用食物资源和改良水质的角度看,鱼虾贝适度混养应比鱼虾混养或虾贝混养效果更好。

3.2 围隔中浮游动物结构特点及影响因素

1995 年围隔浮游动物生物量很低且与 Chl-a 显著相关,Chl-a 较高的 p、pf 系列围隔浮游动物生物量高于 Chl-a 较低 pfc 系列围隔,说明该年浮游植物生物量较低是浮游动物生物量低的重要原因。pf 系列围隔中非鲫密度高的围隔哲水蚤的比例较低可能因非鲫捕食所致,pfc 系列围隔中桡足类无节幼体的比例随蛤仔密度增加而升高则主要由于蛤仔与桡足类存在食物竞争,结果导致桡足类发育过程中死亡率增加。由此看来,非鲫和蛤仔对桡足类

的影响机制有所不同,非鲫捕食大型桡足类;蛤仔则通过食物竞争同时使桡足类生物量降低和个体小型化。1996 年各国隔浮游动物种类和生物量变化较无规律,除了非鲫密度较低外,还与该年围隔浮游植物变动特点有关,看来改变管理措施对浮游植物的影响能通过食物链进一步传递到浮游动物上。

3.3 管理措施和放养种类对围隔浮游生物的影响

早期研究表明鱼类下行效应强度与鱼类生物量有关^[10],并且下行效应往往是在上行效应的基础上发挥作用^[3]。比较 2 年围隔实验结果可以看出,当管理措施调控作用较弱且相对稳定,混养非鲫或贝类的密度较大时,放养种类对围隔浮游生物结构和数量的影响较明显。反之,当管理措施调控作用较强且其变化较大,混养非鲫或贝类的密度较小时,放养种类对浮游生物的影响便往往被管理措施所掩盖而无法充分表现出来。所以,尽管不同放养种类和放养类型能够对围隔浮游生物结构和数量产生一定的影响,但与施肥等管理措施的作用相比通常显得微弱,管理措施的变化往往是决定海水养虾池浮游生物群落结构及其演化方向的主要动力。

致谢:李德尚先生设计了围隔养殖实验,王吉桥博士承担围隔养殖日常工作,谨此感谢。

参 考 文 献

- 1 何志辉.养鱼池的生态学.见:张扬宗,谭玉钧,欧阳海.中国池塘养鱼学.北京:科学出版社,1989.68~70

- 2 闫喜武,何志辉.庄河青堆虾池的浮游生物.大连水产学院学报,1992,7(4):9~24.
- 3 Northcote T G. Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: A "Top-down" view. Can J Fish Aquat Sci, 1988, 45: 361~379.
- 4 王 岩,张鸿雁,齐振雄.海水养殖实验围隔中海洋原甲藻水华的发生及其影响.水产学报,1998,22(3):218~222
- 5 高尚德,吴以平,王怡杰,等.中国对虾养成过程中虾池水质的变化 II - 不同虾池不同时期水体中叶绿素 a 的变化.海洋与湖沼通报,1994,3:45~52
- 6 臧维铃,戴习林,朱正国,等.对虾池塘溶解氧收支平衡状态.海洋学报,1995,17(4):137~142
- 7 Havens K E. Fish-induced sediment resuspension effects on phytoplankton biomass and community structure in a shallow hypereutrophic lake. Journal of Plankton Research, 1991, 13(6): 1 163~1 178
- 8 Drenner R W, Hambright K D, Vinyard G L, et al. Experimental study of size-selective phytoplankton grazing by a filter-feeding cichlid and the cichlid's effect on plankton community structure. Limnol Oceanogr, 1987, 32:1 140~1 146
- 9 Vinyard G L, Drenner R W, Gophen M, et al. An experimental study of the plankton community impacts of two omnivorous filter-feeding Cichlids, *Tilapia galilada* and *Tilapia aurea*. Can J Fish Aquat Sci, 1988, 45: 685~690
- 10 Threlkeld S T. Planktivory and planktivore biomass effects on zooplankton, phytoplankton, and the trophic cascade. Limnol Oceanogr, 1988, 33(6): 1 362~1 375
- 11 Shumway S E. Particle selection, ingestion and absorption in filtering-feeding bivalves. J Exp Mar Biol, 1985, 91: 77~92

Studies on plankton in seawater experimental enclosures with different monoculture or polyculture

Wang Yan Zhang Hongyan

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

Abstract Experiments were carried out in land-based seawater enclosures from June to September, 1995 and June to August, 1996, to evaluate the effect of different types of monoculture or polyculture on composition and biomass of plankton. The results showed that the community structure of phytoplankton and zooplankton in the experimental enclosures was affected by both daily activity of management and stocked species, in which daily managing measures, such as feeding and fertilizing, generally played a more important role than top-down effect of stocked species. When feeding was adopted only, species of algae, whose size is below 20 μm , made up the main composition of the phytoplankton, resulting in low biomass of phytoplankton in experimental enclosures. Concentration of chlorophyll a was usually relatively higher in the enclosures polycultured with *Oreochromis mossambicus* $\times$ *O. niloticus*, and lower in those polycultured with *Ruditapes philippinarum*. When fertilizing was adopted on the base of feeding, flagellate algae usually dominated and biomass of phytoplankton was higher, but the effect of monoculture and polyculture on chlorophyll a was obscured. Percentage of copepod

species with larger body size in composition of zooplankton decreased in enclosures stocked with tilapia in high density, while biomass decreased and body size of copepods was miniaturized in the enclosures stocked with bivalves as a result of food competition. Particles filtered by tilapia were larger in size than those collected by bivalves, suggesting that polyculture of tilapia and bivalve at least benefited bivalve, and the effect of polyculture with *Penaeus chinensis*, tilapia and bivalve together will be superior to that with *P. chinensis* and tilapia, or with *P. chinensis* and bivalves.

Key words plankton, seawater enclosure, *Penaeus chinensis*, monoculture, polyculture

2000 年度《中国水产文摘》征订启事

本刊系我国水产系统唯一的全面报道国内水产科技文献的综合性检索期刊,由中国水产科学研究院渔业综合信息研究中心主办。其宗旨是全面、及时地报道全国各地公开发行的水产科技文献,为读者快速、方便地检索国内水产科技文献服务。本刊为全国优秀水产刊物,并 1 次获得全国科技文献检索期刊二等奖,3 次获得全国科技文献检索期刊三等奖,2 次获全国水产优秀期刊一等奖。为了更好地发挥科技检索期刊传递科技信息快的特点,实现期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,本刊现已入网“万方数据”(ChinaInfo)系统(电子期刊)。

本刊所收录的文献类型有期刊、专著、汇编、会议录、科技报告、技术标准等。按以下主要类目编排:(1)水产总论;(2)水产基础科学;(3)水产资源和环境保护;(4)水产捕捞;(5)海水养殖;(6)淡水养殖;(7)水产生物病害及防治;(8)饲料和肥料;(9)水产品保鲜及加工;(10)渔业机械仪器和渔船;(11)渔业经济。年报道量 3000 条以上。每年第 1 期刊登本刊引用主要期刊一览表。年终编辑出版本年度主题索引、著者索引。本刊还有自 1985 年创刊以来的数据和各年及 1998 年的最新数据的《中国水产文献数据库》光盘和软盘,并能根据用户的要求,进行专题检索。有意者来函联系。本刊为双月刊,逢双月底出版,国内外公开发行。标准刊号:ISSN 1002-1612, CN11-3035/S。每期定价 12.00 元,全年 6 期共 72.00 元。邮发代号 18-126,请广大新、老订户和读者及时到当地邮局办理订阅手续。如在当地邮局订阅不便,可向本刊编辑部办理邮购。读者也可上因特网进入 ChinaInfo 系统(网址: <http://www.chinainfo.gov.cn/periodical>)查询检索本刊内容和《中国水产文献数据库》,也欢迎各界朋友通过 ChinaInfo 系统向本刊提出宝贵意见、建议或征订本刊。编辑部地址:北京市永定路南青塔村 150 号,邮政编码:100039,联系电话:(010)68673921。