

海水养殖池塘溶氧平衡的实验研究*

徐 宁 李德尚 董双林

(青岛海洋大学, 266003)

摘 要 采用围隔实验法,研究了施肥养殖台湾红罗非鱼(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)和投饵养殖中国对虾(*Penaeus chinensis*)的海水池塘中溶氧的昼夜平衡。测定了浮游植物光合作用产氧量、水柱呼吸耗氧量和底泥呼吸耗氧量;用估测模型计算鱼、虾呼吸耗氧量及用差减法估计大气扩散作用引起的得氧或失氧。结果表明:在海水池塘溶氧的收入中,浮游植物光合作用产氧占90%以上,大气扩散溶入低于10%;在海水池塘溶氧的支出中,水呼吸耗率约占62.48%,鱼、虾呼吸耗氧约占18.18%,底泥呼吸耗氧约占19.35%。且施肥鱼池和投饵虾池的溶氧平衡状况不同。

关键词 海水养殖池塘, 溶氧, 平衡

研究养殖池塘溶氧浓度的平衡及变动规律对于基础科学和应用科学都十分重要,因而引起国内外许多生态学家和水产学家的高度重视。国内外学者对淡水养殖池塘的溶氧收支平衡^[1,2]和黎明溶氧最低值的预报都做了不少工作^[3,4],但在海水养殖池塘方面则相对较少。这一状况对于提高海水池塘管理的科学性十分不利。本研究于1995年6~9月在山东海阳县黄海水产集团公司第二养虾场进行。采用围隔实验法,较为系统地研究了海水养殖池塘溶氧收支平衡的基本情况。

1 实验材料

1.1 材料和方法

实验鱼为台湾红罗非鱼(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*),放养规格为(76.7 ± 10.9) g。罗非鱼在实验前经过盐度驯化:从盐度10开始,每

天增加3~5,经过1周达到30。实验虾为中国对虾(*Penaeus chinensis*),放养规格为(5.56 ± 0.53) cm。实验用肥料,有机肥为当地来源的鸡粪,无机肥为尿素和磷酸二铵;饵料为对虾颗粒饵料。

1.2 实验围隔

陆基围隔每个面积为5 m × 5 m,以高密度涂塑聚乙烯编织布为围隔幔,以木桩和青竹为支架,架设于实验池塘中。该池塘面积为2.67 hm²,水深约1 m。本实验以封闭型养殖为基础,实验中不换水,适时补充蒸发渗漏的水分。

实验共用4个围隔。1[#]、2[#]、3[#]号围隔施肥养殖台湾红罗非鱼。施肥方式分别为施有机肥、施无机肥和混合施肥。台湾红罗非鱼的放养密度为12 000尾/hm²,每个围隔放养30尾。4[#]围隔投饵养殖中国对虾。围隔内中国对虾的放养密度为90 000/hm²,共放养225尾。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 浮游植物光合作用产氧和水柱呼吸作用耗氧 采用黑白瓶测氧法同时测定浮游植物光合作用产氧和水柱呼吸作用耗氧。以6 h为时间间隔测定浮游植物光合作用和水柱呼吸作用的周日节律,得出校正系数,以便推算白天光合作用产氧量和周日水柱呼吸作用耗氧量。

收稿日期:1997-06-29

* 本文为国家攀登计划B:PD-B6-7-3专题“对虾池生态系及其结构与功能的优化”、国家自然科学基金重点项目(39430150号)“对虾池综合养殖生态系优化结构的研究”及山东省科委项目(鲁科计95-42号)“海水池塘无污染综合养殖的研究”的部分成果。

1) 雷思佳. 海水养殖台湾红罗非鱼(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)的能量学研究. 青岛海洋大学水产养殖专业博士学位论文,1997

1.3.2 鱼和虾的呼吸耗氧 海水养殖台湾红罗非鱼的耗氧率尚未见详细资料。据雷思佳的测定^[1], 体重 18 g, 在水温 28℃ 和盐度 21 下, 其摄食浮游植物的耗氧率为 0.505 mg/g·h, 摄食配合饲料时为 0.483 mg/g·h(本文暂借用此值)。

中国对虾耗氧率参见文献[8]:

$$V = 0.299 + 7.94 \times 10^{-2} \times DO$$

其中, V 为对虾耗氧率/mg·g⁻¹·h⁻¹, DO 为溶解氧含量/mg·L⁻¹[5]。实验用对虾规格为 8 cm 左右, 水温范围(32±1)℃, 与研制模型所用的相近。

1.3.3 底泥呼吸耗氧 用自制的底泥呼吸测定器在不改变底泥耗氧条件的情况下现场测定底泥呼吸耗氧。该测定器的结构和使用方法参见文献[9]。

1.3.4 水体与大气的氧交换(溶入和释放) 用差减法求得, 即溶氧的总消耗量减去浮游植物光合作用产氧量。如观测的起始与结束溶氧水平有变动, 则将变动的差额也计算进去。

1.3.5 池塘溶解氧浓度(DO) 用 YSI 5739 型溶氧仪测定围隔的溶解氧浓度, 以 Winkler 法校正。

2 实验结果

2.1 池塘溶氧的来源

围隔中浮游植物光合作用毛产氧率和日产氧量测定结果见表 1。

表 1 浮游植物光合作用毛产氧率(A/g·m⁻²·h⁻¹)和日产氧量(B/g·m⁻²·d⁻¹)

Table 1 Gross oxygen producing rate and daily oxygen production of phytoplankton photosynthesis

日期 date	1#围隔 enclosure 1		2#围隔 enclosure 2		3#围隔 enclosure 3		4#围隔 enclosure 4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
6.30	0.795	7.73	0.382	3.71	0.786	7.64		
7.16	0.947	9.20	0.871	8.47	1.035	10.06		
7.24	1.053	10.24	0.525	5.10	0.661	6.24	0.226	2.20
7.30	0.377	3.66	0.647	6.29	0.397	3.86	0.298	2.90
8.01	0.361	3.51	0.810	7.87	0.821	7.98	0.508	4.94
8.05	0.849	8.25	0.947	9.20	0.461	4.49	0.779	7.57
8.10	0.710	6.90	0.624	6.07	0.781	7.59	0.587	5.71
8.14	1.251	12.16	1.069	10.39	1.229	11.95	0.712	6.92
8.19	0.595	5.78	0.691	6.72	0.389	3.78	0.850	8.26
8.24	0.668	6.49	0.857	8.33	0.721	7.01		
8.25	0.673	6.54	0.353	3.43	0.337	3.28	0.632	6.14
8.31	0.588	5.72	0.608	5.91	0.875	8.51	0.707	6.87
9.16	0.354	3.44	0.519	5.04	0.272	2.64	0.627	6.09
平均值 mean	0.709	6.89	0.626	6.51	0.685	6.66	0.604	5.87

由表 1 可见, 施肥池塘的浮游植物光合作用毛产氧率高于投饵池塘。通过测定围隔内光合作用产氧的周日节律, 得到毛产氧率转化为日毛产氧量的校正系数为 9.72, 由此可以计算出各围隔的日毛产氧量(见表 1)。施肥围隔浮游植物光合作用日产氧量也明显高于投饵围隔, 不同施肥方式的围隔浮游植物光合作用毛产氧量差距不大。

围隔光合作用日产氧量与采样日期的关系(图 1), 各围隔有相似的变化趋势。由此可见, 光合作用产氧量与外界环境条件(如光照、温度)关系极为密切。

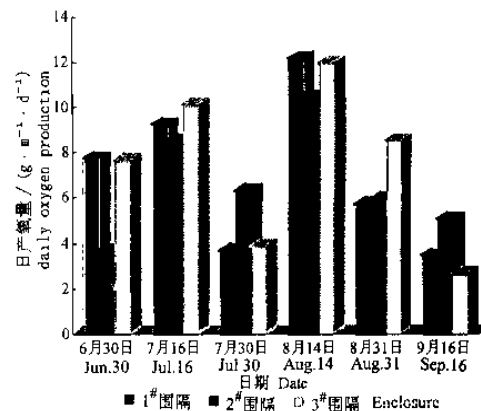


图 1 浮游植物光合作用日产氧量的变化

Fig.1 Fluctuation of daily oxygen production of phytoplankton photosynthesis

2.2 池塘溶氧的消耗

2.2.1 水呼吸 以黑白瓶测氧法测定 4 个围隔水柱呼吸的昼夜节律, 得到围隔夜间呼吸率的校正系数为 1.33。因此, 可根据白天的挂瓶实验结果计算出白天和夜间水柱呼吸耗氧量(表 2~5)。投饵对虾池的水呼吸耗氧量明显低于施肥鱼池。

2.2.2 鱼和虾的呼吸 根据雷思佳的测定结果计算台湾红罗非鱼的呼吸率(实验期间, 10 d 左右测定 1 次鱼重)。随着鱼的生长, 鱼呼吸耗氧量逐渐增加。2 次测定日期之间的鱼呼吸耗氧量取二者的中值(表 2~4)。

对虾呼吸耗氧量根据对虾呼吸耗氧率(V)与溶解氧(DO)的关系式来计算, 利用平均溶氧浓度及围

隔的虾载量可求得围隔内每平方米水面下虾的日耗氧量。2 次测定日期之间的对虾耗氧量取二者的中值(表 5)。

2.2.3 底泥呼吸 现场测定底泥呼吸的结果见表 2~5。实验表明,施有机肥的围隔中底泥呼吸高于施无机肥、混合施肥的养鱼围隔和投饵养虾围隔。

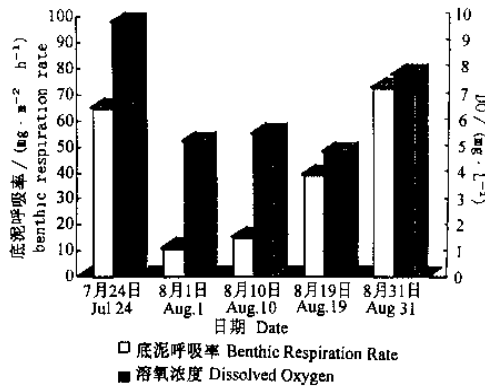


图 2 3[#]围隔底泥呼吸率和溶氧浓度的变化

Fig. 2 Fluctuation of benthic respiration and dissolved oxygen concentration in enclosure 3

底泥呼吸耗氧率与池塘溶氧浓度关系密切;当

溶氧浓度降低时,底泥耗氧率会明显下降;而当溶氧浓度升高时,底泥耗氧率也会成倍地增加(图 2)。由此可见,池塘溶氧浓度低于某一临界水平会抑制底泥呼吸,使其呼吸率明显下降,而当溶氧浓度升高后,底泥呼吸恢复正常,呼吸率又会很快增大。

2.3 池塘溶氧的平衡

池塘溶氧的收入和支出决定着池塘的溶氧平衡。各围隔的计算结果见表 2~5。

在溶氧的消耗中,水呼吸耗氧在 4 个围隔中分别占各围隔溶氧支出的 63.1%, 67.3%, 69.7%, 58.5%, 平均值为 64.7%;鱼、虾呼吸耗氧分别占 16.7%, 16.1%, 16.9%, 13.7%, 平均值为 15.9%;底泥呼吸耗氧分别占 20.2%, 16.6%, 13.4%, 18.9%, 平均值为 17.3%。可见,水呼吸耗氧占池塘溶氧消耗的大部分,鱼虾呼吸耗氧量和底泥呼吸耗氧量相差不多,都占总耗氧量的 15% 强。

测定时围隔溶氧日间变动不显著,可忽略不计,故可将表 2~5 的最后一栏视为水体与大气交换的结果,即当该值 < 0 时,表明池塘通过大气扩散作用失氧;当该值 > 0 时,表明池塘通过大气溶解而得氧。1[#]、2[#]、3[#] 围隔中大气交换作用得氧分别占溶氧收入的 5.3%、8.7% 和 7.8%, 而 4[#] 围隔中大气交换作用失氧占溶氧支出的 6.3%。施肥鱼池通过大气扩散作用得氧,投饵虾池则通过大气扩散作用失氧。

表 2 1[#]围隔的溶氧昼夜平衡状况

Table 2 Diel balance of dissolved oxygen in enclosure 1

测定日期 date	溶氧的来源 浮游植物光合作用 resource of DO phytoplankton photosynthesis	溶氧的消耗 consumption of DO			与大气交换及溶 氧水平变动* oxygen exchange with atmosphere and variation of DO level
		水呼吸 water column respiration	鱼呼吸 fish respiration	底泥呼吸 benthic respiration	
6.30	7.73(85.2%)	6.71(74.0%)	0.88(9.7%)	1.48(16.3%)	+1.34(+14.8%)
7.16	9.20(100%)	4.52(64.5%)	1.01(14.4%)	1.48(21.1%)	-2.19(-23.8%)
7.24	10.24(92.3%)	8.55(77.0%)	1.01(9.1%)	1.54(13.9%)	+0.86(+7.7%)
7.30	3.66(77.7%)	2.10(44.6%)	1.13(24.0%)	1.48(31.4%)	+1.05(22.3%)
8.01	3.51(68.6%)	3.17(61.9%)	1.22(23.8%)	0.73(14.3%)	+1.61(+31.4%)
8.05	8.25(100%)	3.98(59.6%)	1.22(18.3%)	1.48(22.2%)	-1.57(-19.0%)
8.10	6.90(99.7%)	3.89(56.2%)	1.30(18.8%)	1.73(25.0%)	+0.02(+0.3%)
8.14	12.16(100%)	6.62(69.8%)	1.38(14.6%)	1.48(15.6%)	-2.68(-22.0%)
8.19	5.78(52.5%)	7.64(69.4%)	1.45(13.2%)	1.92(17.4%)	+5.23(+47.5%)
8.31	5.72(100%)	1.98(40.0%)	1.48(30.0%)	1.48(30.0%)	-0.78(-13.6%)
9.16	3.44(70.6%)	1.89(38.8%)	1.50(30.8%)	1.48(30.4%)	+1.43(+29.4%)
平均值 mean	6.96(94.7%)	4.64(63.1%)	1.23(16.7%)	1.48(20.2%)	+0.39(+5.3%)

* "+"表示增加(来源), "-"表示减少(支出)。 "+" means increase(source), "-" means decrease(expense).

表3 2[#] 圈隔的溶氧量昼夜平衡状况

Table 3 Diel balance of dissolved oxygen in enclosure 2

测定日期 date	溶氧的来源 浮游植物光合作用 resource of DO phytoplankton photosynthesis	溶氧的消耗 consumption of DO			与大气交换及溶 氧水平变动* oxygen exchange with atmosphere and variation of DO level
		水呼吸	鱼呼吸	底泥呼吸	
		water column respiration	fish respiration	benthic respiration	
6.30	3.71(100%)	1.28(36.5%)	1.02(29.1%)	1.21(34.4%)	-0.20(-5.4%)
7.16	8.47(89.5%)	7.18(75.9%)	1.07(11.3%)	1.21(12.8%)	+0.99(+10.5%)
7.24	5.10(69.9%)	4.80(65.8%)	1.07(14.7%)	1.43(19.6%)	+2.2(+30.1%)
7.30	6.29(100%)	3.33(58.8%)	1.12(19.8%)	1.21(21.4%)	-0.63(-10.0%)
8.01	7.87(100%)	4.40(64.6%)	1.17(17.2%)	1.24(18.2%)	-1.06(-13.5%)
8.05	9.20(100%)	2.14(47.3%)	1.17(25.9%)	1.21(26.8%)	-4.68(-50.9%)
8.10	6.07(69.5%)	6.43(73.7%)	1.21(13.9%)	1.09(12.5%)	+2.66(+30.5%)
8.14	10.39(91.5%)	8.92(78.5%)	1.23(10.8%)	1.21(10.7%)	+0.97(+8.5%)
8.19	6.72(90.1%)	4.64(62.2%)	1.25(16.8%)	1.57(21.0%)	+0.74(+9.9%)
8.25	3.43(31.9%)	8.29(77.0%)	1.26(11.7%)	1.21(11.3%)	+7.33(+68.1%)
8.31	5.91(100%)	2.52(56.4%)	1.27(28.4%)	0.68(15.2%)	-1.44(-24.4%)
平均值 mean	6.65(91.3%)	4.90(67.3%)	1.17(16.1%)	1.21(16.6%)	+0.63(+8.7%)

* 同表2。The same as table 2.

表4 3[#] 圈隔的溶氧量昼夜平衡状况

Table 4 Diel balance of dissolved oxygen in enclosure 3

测定日期 date	溶氧的来源 浮游植物光合作用 resource of DO phytoplankton photosynthesis	溶氧的消耗 consumption of DO			与大气交换及溶 氧水平变动* oxygen exchange with atmosphere and variation of DO level
		水呼吸	鱼呼吸	底泥呼吸	
		water column respiration	fish respiration	benthic respiration	
6.30	7.64(79.0%)	7.78(80.5%)	0.92(9.5%)	0.97(10.0%)	+2.03(+21.0%)
7.16	10.06(100%)	7.83(79.9%)	1.02(10.4%)	0.97(9.9%)	-0.24(-2.4%)
7.24	6.42(60.9%)	7.97(75.6%)	1.02(9.7%)	1.55(14.7%)	+4.12(+39.1%)
7.30	3.86(91.7%)	2.12(50.4%)	1.12(26.6%)	0.97(23.0%)	+0.35(8.3%)
8.01	7.98(89.9%)	7.43(83.7%)	1.20(13.5%)	0.25(2.8%)	+0.90(+10.1%)
8.05	4.48(35.9%)	10.30(82.6%)	1.20(9.6%)	0.97(7.8%)	+7.99(+64.1%)
8.10	7.59(100%)	4.08(71.6%)	1.27(22.3%)	0.35(6.1%)	-1.89(-24.9%)
8.14	11.95(100%)	5.66(71.3%)	1.31(16.5%)	0.97(12.2%)	-4.01(-33.6%)
8.19	3.78(80.9%)	2.38(51.0%)	1.35(28.9%)	0.94(20.1%)	+0.89(+19.1%)
8.24	8.33(100%)	4.59(66.3%)	1.36(19.7%)	0.97(14.0%)	-1.41(-16.9%)
8.25	3.28(95.1%)	1.12(32.5%)	1.36(39.4%)	0.97(28.1%)	+0.17(+4.9%)
8.31	8.51(100%)	2.45(44.1%)	1.37(24.6%)	1.74(31.3%)	-2.95(-34.7%)
9.16	2.64(66.5%)	1.61(40.6%)	1.39(35.0%)	0.97(24.4%)	+1.33(+33.5%)
平均值 mean	6.66(92.2%)	5.03(69.7%)	1.22(16.9%)	0.97(13.4%)	+0.56(+7.8%)

* 同表2。The same as table 2.

表 5 4[#] 围隔的溶氧昼夜平衡状况

Table 5 Diel balance of dissolved oxygen in enclosure 4

测定日期 date	溶氧的来源 浮游植物光合作用 resource of DO phytoplankton photosynthesis	溶氧的消耗 consumption of DO			与大气交换及溶 氧水平变动* oxygen exchange with atmosphere and variation of DO level
		水呼吸 water column respiration	鱼呼吸 fish respiration	底泥呼吸 benthic respiration	
7.24	2.20(53.1%)	3.01(72.7%)	0.30(7.2%)	0.83(20.1%)	+1.94(+46.9%)
7.30	2.90(88.7%)	1.84(56.3%)	0.35(10.7%)	1.08(3.30%)	+0.37(+11.3%)
8.01	4.94(100%)	3.03(73.9%)	0.40(9.8%)	0.67(16.3%)	-0.84(-17.0%)
8.10	5.71(100%)	3.61(74.6%)	0.61(12.6%)	0.62(12.8%)	-0.87(-15.2%)
8.14	6.92(100%)	4.19(69.9%)	0.72(12.0%)	1.08(18.1%)	-0.93(-13.4%)
8.19	8.26(88.9%)	6.71(72.2%)	0.82(8.8%)	1.76(19.0%)	+1.03(+11.1%)
8.24	7.01(100%)	2.28(51.8%)	1.04(23.6%)	1.08(24.6%)	-2.61(-37.2%)
8.25	6.14(100%)	1.75(45.2%)	1.04(26.9%)	1.08(27.9%)	-2.27(-37.0%)
8.31	6.87(100%)	2.49(47.6%)	1.26(24.1%)	1.48(28.3%)	-1.64(-23.9%)
9.16	6.09(89.0%)	4.50(65.8%)	1.26(18.4%)	1.08(15.8%)	+0.75(+11.0%)
平均值 mean	5.70(100%)	3.34(58.2%)	0.78(13.7%)	1.08(18.9%)	-0.51(-8.9%)

* 同表 2。The same as table 2.

3 讨论

3.1 底泥呼吸耗氧率的测定方法一直是个难题。我们在实验中使用自己设计的底泥呼吸测定器,在不改变底泥呼吸的自然条件下进行现场测定,得到了满意的结果。底泥呼吸率的平均值分别为:1[#] 围隔 61.7 mg/m²·h、2[#] 围隔 50.0 mg/m²·h、3[#] 围隔 40.3 mg/m²·h、4[#] 围隔 44.7 mg/m²·h。可见,施有有机肥围隔的底泥呼吸率较高。有关底泥呼吸率的测定结果在国外有零星报道。精养叉尾鲷池塘的底泥呼吸率为 8~114 mg/m²·h,而在以色列施粪肥、投颗粒饲料的鲤鱼池,底泥呼吸率为 42~125 mg/m²·h^[6],Boyd 等取他们报道数据的中值 61 mg/m²·h 作为底泥呼吸率的定值,这一结论与我们的测定结果基本吻合^[3]。

3.2 实验结果显示,浮游植物光合作用产氧量占海水池塘溶氧收入的 91.3%~100%,是池塘中氧的主要来源。大气扩散作用在池塘溶氧收入中所占比例较小,在 5.3%~7.8% 之间。高产淡水鱼池在晴到多云天、晴天的溶氧收入分别为:浮游植物光合作用产氧占 86.0% 和 95.3%,大气扩散溶入占 14.0% 和 4.7%^[1],与我们的结论相近。

围隔中浮游植物光合作用毛产氧量的平均值是 6.40 g/m²·d,低于无锡河埭口高产淡水鱼池的水柱毛产氧量(9.41~10.09 g/m²·d)^[2]和江苏省综合养鱼高产淡水池塘的水柱毛产氧量(29.93 g/m²·d)^[1],而与杭州湾畔中国对虾的水柱毛产氧量(4.

16~13.42 g/m²·d) 相近^[7]。不同围隔的水柱毛产氧量也有差异:施肥养鱼围隔中水柱毛产氧量(6.65~6.96 g/m²·d)明显高于投饵养虾围隔(5.70 g/m²·d),平均高 1.06 g/m²·d。

3.3 池塘通过大气扩散作用得氧或失氧,其净结果取决于池塘溶氧的饱和度。施肥养鱼围隔中,大气扩散作用的净结果是使围隔增氧,增氧量约占溶氧总收入的 5.5%。投饵养虾围隔中,大气扩散作用的净结果是使围隔失氧,失氧量约占总耗氧量收入的 8.9%。实验期间池塘水面以上 3 m 高处的风速为 0~7 m/s,实验结果表明,在此风速范围内,大气扩散组分的溶氧得失在池塘溶氧收支中所占比例较小,因而对池塘溶氧的变化影响也较小。

3.4 养殖池塘溶氧的支出主要包括水呼吸、鱼虾呼吸、底泥呼吸。各围隔中水呼吸在溶氧支出中所占比例相近,变动范围是 63.1%~69.7%。鱼呼吸在溶氧支出中所占比例是 16.1%~16.9%,高于虾呼吸(13.7%)。底泥呼吸在溶氧支出中所占比例为 13.4%~18.9%,各围隔大体相近。无锡河埭口淡水鱼池的溶氧消耗中,水柱呼吸占 70%,池鱼占 20%,底质占 10%^[2]。与我们的测定结果相比,水呼吸所占比例较高,而底泥呼吸所占比例较低。杭州湾畔中国对虾池 1990 年的溶氧支出中,水呼吸耗氧占 58.2%,虾呼吸耗氧占 25.2%,底质耗氧占 16.6%^[7],池塘溶氧支出各组分所占比例与我们的测定结果相近。

由此可见,施肥养鱼围隔和投饵养虾围隔的溶

氧收支平衡状况有明显差异:施肥鱼池的浮游植物光合作用产氧量低于全池呼吸作用耗氧量,不足部分由大气扩散作用补充;而投饵虾池的浮游植物光合作用产氧量高于全池呼吸作用耗氧量,超出部分通过大气扩散作用逸出。产生差异的主要原因在于以下几点:首先,水柱净产氧量不同。由实验结果可知,施肥鱼池的水柱毛产氧量比投饵虾池高 $1.06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。然而,施肥鱼池的水呼吸耗氧量为 $4.64 \sim 5.03 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$,投饵虾池的水呼吸耗氧量为 $3.34 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$,施肥鱼池的水呼吸耗氧量平均比投饵虾池高 $1.52 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。因此,投饵虾池的水柱净产氧量高于施肥鱼池,平均高 $0.46 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。其次,鱼群体和对虾群体的呼吸耗氧量不同。施肥鱼池中鱼群体的呼吸耗氧量为 $1.17 \sim 1.23 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$,投饵虾池中对虾群体的呼吸耗氧量为 $0.78 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。鱼群体的呼吸耗氧量明显高于对虾群体的呼吸耗氧量,平均高 $0.43 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。此外,施肥鱼池的底泥呼吸耗氧量($1.22 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$)也略高于投饵虾池($1.08 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$)。

参 考 文 献

1 姚宏禄.综合养鱼高产池塘的溶氧变化周期.水生生物学报,

1988,12(3):199~211

- 2 雷衍之,等.无锡市河圩口高产鱼池水质研究 I 水化学和初级生产力.水产学报,1983,7(3):185~199
- 3 Boyd C E. Predicting early morning dissolved oxygen concentration in channel catfish ponds. Trans Am Fish Soc, 1978, 107:484~492
- 4 Maddenjian C P, et al. Predicting nighttime dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii; Part I. Evaluation of traditional methods. Aquacult Eng, 1987a, 6:191~208
- 5 Maddenjian C P, et al. Predicting nighttime dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii; Part II. A new method. Aquacult Eng, 1987b, 6:209~225
- 6 Schroeder, et al. Nighttime material balance for oxygen in fish ponds receiving organic wastes. Barnidgeh, 1975, 27:65~74
- 7 臧维玲,等.中国对虾池溶解氧的收支平衡状态.海洋学报,1995,17(4):137~141
- 8 臧维玲,等.中国对虾瞬时耗氧速率与海水比重及溶氧水平的关系.水产科技情报,1992,19(4):100~103
- 9 李德尚,等.一种用于现场测定的池塘底泥呼吸器.青岛海洋大学学报,1998,28(2):205~332

Diel balance of DO in mariculture ponds*

Xu Ning Li Deshang Dong Shuanglin
(Ocean University of Qingdao, 266003)

Abstract The diel balance of DO were systematically studied with experimental enclosures in seawater ponds where red Taiwanese tilapia hybrid (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) were cultured by fertilizing and Chinese shrimp (*Penaeus chinensis*) were fed with diet, respectively. The experiments were carried out in Haiyang, Shandong province, 1995. Photosynthesis by phytoplankton, water column respiration (in situ light/dark BOD incubations) and benthic respiration (with benthic respiration metre) were monitored periodically. Fish and shrimp respiration were calculated by predicting models. Atmosphere diffusion was estimated by subtraction method. The results revealed that, in the mariculture ponds, the contribution of photosynthesis of phytoplankton to the total DO averaged more than 90%, but the contribution of atmosphere diffusion averaged less than 10%. The DO loss in the ponds is approximately: water column respiration, 62.48%; fish(or shrimp) respiration, 18.18%; benthic respiration, 19.35%. The balance of DO in fertilized fish ponds was different from that in fed shrimp ponds.

Key words mariculture ponds, DO, balance