

文章编号:1005-8737(2000)01-0107-03

·研究简报·

虾塘水体中溶解氧的补充量与消耗量及其季节变化

Supplement and consumption of dissolved oxygen and their seasonal variations in shrimp pond

孙耀, 陈聚法, 宋云利

(中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

SUN Yao, CHEN Ju-fa, SONG Yun-li

(Yellow Sea Fisheries Research Institute Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

关键词:溶解氧;补充量;消耗量;虾塘

Key words:DO; supplement; consumption; shrimp pond

中图分类号:S912;S968.22

文献标识码:A

溶解氧是对虾养殖生态环境中的重要指标之一,它直接或间接影响着养殖生物的生长。中国对虾养殖多属半精养方式,其特点是投饵和有限度的换水条件;近几年虾病的频繁爆发,促使养殖向封闭或半封闭养殖方式转化,从而使养殖水体中的溶解氧平衡管理成为对虾养殖中的焦点问题。本文在以往有关虾塘溶解氧收支或动态研究的基础上^[1-3],通过对收支过程的重新划分和过程定量方法的合理改进,定量了虾塘中溶解氧的各主要影响过程及其季节变化。

1 材料与方法

1.1 调查地点及对虾养殖条件

本调查在日照市十村对虾养殖场进行。实验虾塘具有10年养殖历史,养殖期间基本采用单一品种的半精养模式进行对虾养殖。调查期间的对虾养殖条件为:放养密度15万尾/hm²;饵料种类以配合饵料为主,投放量按农业部颁布的《中国对虾养成规范》(1989)方法计算;投饵方式沿虾塘边沿均匀投撒;虾塘内平均水深1.2 m,换水量一般在0~30 cm/d。

1.2 溶解氧补充与消耗过程及其定量方法

根据对虾养殖生态系统的特点,用石蜡封闭水面,以排除气-水界面的O₂交换影响,拟主要考虑以下过程:生物呼吸过程,其中包括对虾呼吸和浮游植物呼吸过程;异养细菌降解有机物过程;虾塘底质总耗氧过程;光合作用过程。

1.2.1 生物呼吸过程

对虾的呼吸耗氧量(DOD_{sh})系采用

室内模拟方法进行测定。浮游植物呼吸耗氧量(DOD_{chl-a})可根据虾塘中叶绿素a含量(C_{chl-a})的实际测定值,采用公式DOD_{chl-a} = β_t · C_{chl-a}进行估算^[4],式中:β_t为温度系数,可被表达为温度函数,即:β_t = β₂₀ · Q_{chl-a}(t - 20),其中β₂₀为水温20℃时的β_t实测值,(O₂)2.0 mg/[(chl - a) mg · h], Q_{chl-a}为常数(1.074),t为实测水温。

1.2.2 养殖水体中异养细菌降解有机物过程 异养细菌降解有机物过程的耗氧量(DOD_{bact})可根据虾塘水体中异养细菌总量(C_{bact})的实际测定值,采用公式DOD_{bact} = α_t · C_{bact}进行估算^[4],式中:α_t为温度系数;可被表达为温度函数,即:α_t = α₂₀ · Q_{bact}(t - 20),其中α₂₀为水温20℃时的α_t实测值,(O₂)0.8 × 10⁻⁹ mg/cells · h, Q_{bact}为常数(1.089)。

1.2.3 虾塘底质总耗氧过程 虾塘底质总耗氧量DOD_{sed}系采用自行设计的现场模拟方法^[5]测定。

1.2.4 光合作用过程 光合作用产氧量可通过C_{chl-a}和光合作用指数进行换算^[6]。根据光合作用反应式:6CO₂ + 6H₂O → (CH₂)₆ + 6O₂,如果反应物是葡萄糖,则还原1mol二氧化碳可产生1mol氧气;但光合作用产物通常还包括蛋白质和脂类化合物,一般认为实际产氧量可由初级生产量乘以0.8换算得到。初级生产量(P)按Cadee^[7]提供的公式计算:P = C_{chl-a} × Q × D,式中:D为每天的光照时间;Q为光合作用指数,虾塘的光合作用指数与水温密切相关^[6],两者关系满足下式:Q = 0.439t - 5.822。鉴于一般认为用¹⁴C示踪法测得的是净初级生产量的值,所以在考虑生物呼吸时,不考虑浮游植物在白天的呼吸作用。

2 结果

2.1 虾塘水体中溶解氧的消耗量及其季节变化

收稿日期:1998-07-23

作者简介:孙耀(1956-),男,山东青岛人,中国水产科学研究院黄海水产研究所研究员,从事海洋环境科学与实验生态研究。

2.1.1 对虾呼吸耗氧量及其随体重的变化 单位重量的对虾呼吸耗氧量[SOD, (O_2)mg/g·h]随对虾体重(W , g)增大而减速下降,二者之间的关系可用一对数曲线加以定量描述,即: $SOD = -0.12 \ln W + 0.52$, $R^2 = 0.9921$ 。SOD与单位养殖面积对虾重量及其季节变化的乘积即为对虾耗氧量(DOD_{shn})。

2.1.2 浮游植物的夜间呼吸耗氧量及其季节变化 浮游植物在进行光合作用时产生氧气,但在夜间又通过呼吸耗氧,所以,浮游植物对养殖水体中溶氧量的影响具有两重性。因浮游植物的呼吸耗氧量与叶绿素a含量和温度呈正相关关系,故实际调查中其在叶绿素a和温度相对较高的7~8月份呈较高值(图1)。由于保持浮游植物的相对稳定历来被认为是调控对虾养殖水质关键因素,故本试验虾塘中叶绿素a的季节变化幅度不大。

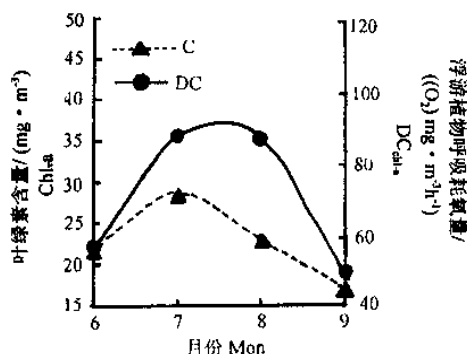


图1 叶绿素a及浮游植物呼吸耗氧量的季节变化

Fig.1 Chl-a and DOD_{chl} in shrimp pond and their seasonal variations

2.1.3 异养细菌降解有机物耗氧量及其季节变化 养虾水体中的异养细菌总量及其在降解有机物过程中的耗氧量在养殖期间呈指数增长,其增长规律可分别用下列指数曲线方

程加以描述,即: $DOD_{bact} = 0.0108e^{0.98t}$ ($R^2 = 0.9911$)和 $C_{bact} = 0.0135e^{0.91t}$ ($R^2 = 0.9737$),式中 t 为对虾养殖季节(Mon.)。

2.1.4 虾塘底质的总耗氧量及其季节变化 虾塘底质总耗氧量随测定季节和地点的不同而变化(图2);残饵污染区的该值明显高于非污染区,且随温度升高和养殖时间的推移而大幅度增大;但在非投饵区却未见其有显著的季节变化。由于本实验虾塘投饵区面积约占虾塘总面积的1/3,故从投饵区和非投饵区的值可求得虾塘底质的平均耗氧量,且其随季节变化规律可近似的用一线性方程描述: $DOD_{sed} = 0.27t - 0.42$, $R^2 = 0.9783$ 。

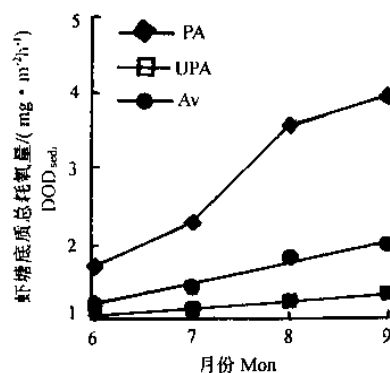


图2 虾塘底质总耗氧量及其季节变化

Fig.2 DOD_{sed} in shrimp pond and its seasonal variations

2.2 虾塘水体中溶解氧的补充量及其季节变化

本文中主要考虑浮游植物的产氧量(DOS_{photo})。表1列出了浮游植物的初级生产力和产氧量及其相应的估算参数。从文中可见,浮游植物产氧量与其耗氧量基本一致,也在叶绿素a和温度相对较高的7~8月份呈较高值。

表1 养虾水体的初级生产量及其估算参数和浮游植物产氧量

Table 1 P and its calculating parameters and DOS_{chl-a} in shrimp ponds

对虾养殖季节 Culturing season	$C_{chl-a}/(mg \cdot m^{-3})$	$D/(h \cdot d^{-1})$	$t^*/^{\circ}C$	$Q/((C)mg \cdot (chl-a)mg^{-1} \cdot h^{-1})$	$P/((C)mg \cdot m^{-3} \cdot d^{-1})$	$DOS_{photo}/(O_2)g \cdot m^{-3} \cdot d^{-1})$
6月 Jun.	21.84	14	25.6	4.54	1654.2	3.53
7月 Jul.	28.56	14	28.0	5.59	2588.8	5.52
8月 Aug.	23.12	13	30.8	6.82	2312.3	4.93
9月 Sep.	20.99	12	27.3	5.29	1551.6	3.31

t^* 为每天光照时间内平均水温。 t^* is average water temperature in light time every day.

2.3 虾塘水体中溶解氧的收支平衡状态及其季节变化

从图3可见,在养殖前期,由于对虾个体较小、虾塘自身污染程度等等原因,使得该养殖水体中溶解氧的补充量大于消耗量,其结果必然使溶解氧值呈现相对高值;8月份以后,

由于对虾个体逐渐增大,以及虾塘自污程度加剧,引起对虾呼吸耗氧、水体中异养细菌分解有机质耗氧和底质总耗氧等量值的大幅度增加,致使该水体中溶解氧的总消耗量大于补充量。对试验虾塘的实际监测结果也表明,养殖前期溶解氧

多处于接近饱和或饱和状态, 而养殖中后期溶解氧却经常处于较低水平。

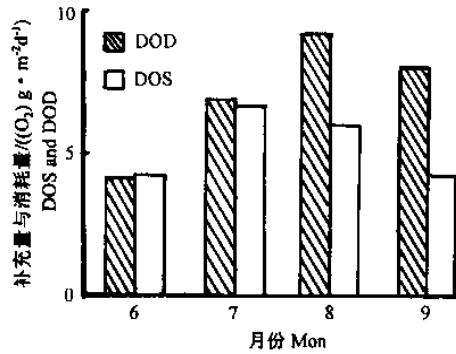


图3 溶解氧的收支平衡状态及其季节变化

Fig.3 Budget condition of DO and its seasonal variations

3 讨论

在不同养殖季节中, 各个耗氧过程的耗氧量在总耗氧量中所占有的比率不同(表2)。从表2中可见, 对虾自身耗氧量始终相对较小。而虾塘水体中微小生物耗氧量则是该养殖环境中溶解氧的主要影响因素, 约占虾塘总耗氧量的64.1%~74.1%; 其中, 异养细菌降解有机物耗氧量在对虾养殖前期还较大幅度的低于浮游植物呼吸耗氧量, 但随水温和养殖水体中自污程度的增高, 至养殖中后期已占总耗氧量的近50%; Madenjian等^[3]曾报道, 对虾养殖环境中的底质总耗氧量约占总耗氧量的52%, 本研究结果大大低于该值, 仅为19.1%~28.8%, 其原因可能与本试验对虾养殖密度较小, 虾塘底部有机质污染程度相对较轻有关。

浮游植物对水体中溶解氧的影响, 具有光合作用产氧和呼吸作用耗氧两重性; 但据估算, 在正常的日照条件下, 浮游植物的呼吸耗氧量仅约占光合作用产氧量的1/5。因此, 在对虾养殖中后期, 通过适当增加浮游植物密度, 就能大大改善该环境中的溶解氧状况。但此方法仅适用于光照条件较好的天气; 而在连续阴雨时, 其结果却恰恰相反, 此时就必须

借助于其它增氧手段。

表2 对虾养殖环境中主要耗氧过程的耗氧百分率

Table 2 Percentage of oxygen demand during different process in shrimp ponds

月份 Mon.	耗氧百分率/% Percentage of oxygen consumption			
	DOD _{bact}	DOD _{chl-a}	DOD _{shn}	DOD _{sed}
6	28.1	38.6	4.6	28.7
7	35.4	36.8	6.2	21.6
8	48.5	25.6	6.8	19.1
9	43.9	20.2	10.7	25.2

在养殖期间, 随对虾生长和投饵量增大, 残饵等可溶性有机质在虾塘内不断积累, 结果必然造成该环境中异养细菌的大量繁殖^[8]和底质总耗氧量的增加。由于异养细菌降解有机质耗氧量和底质总耗氧量从养殖前期至养殖中后期分别增加了约4倍和1.7倍, 显然, 通过控制养殖有机质自污, 也可以大大改善养殖水体的溶解氧状况。

参考文献:

- [1] 卢迈新, 欧阳海, 等. 池塘生态系统中溶氧动态和管理[J]. 淡水渔业, 1992, (4): 3-6.
- [2] 臧维玲, 等. 中国对虾池溶解氧的收支平衡状态[J]. 海洋学报, 1995, 17(4): 137-141.
- [3] Madenjian C P. Patterns of oxygen production and consumption in intensively managed marine shrimp ponds [J]. Aquac Fish Manage, 1990, 21(4): 407-417.
- [4] 门协秀策, 田中启阳. 海水の酸素消費速度の内容構成[J]. 水产养殖(日), 1994, 42(2): 267-272.
- [5] 孙 耀, 等. 虾塘底质总耗氧量及其季节变化[J]. 应用生态学报, 1996, 7(1): 110-112.
- [6] 沈国英, 林均民, 等. 对虾养殖早期虾池初级生产力及其作用的调查研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1992, 31(2): 188-193.
- [7] Cadée G C. Primary production of the Guyana coast [J]. Netherlands J of Sea Res, 1975, 4(1): 128-143.
- [8] 高尚德, 陈旭仁, 等. 中国对虾养成期间虾池水体和底质中细菌含量的变化[J]. 水产学报, 1994, 18(2): 138-142.