

不同对虾养殖水体中无机磷与叶绿素 a 的关系研究^{*}

Research on the Relationship between DIP and Chlorophyll-a in Different Model's Water of Shrimp Culture

童万平¹, 韦蔓新², 何本茂², 蔡德建¹, 杨家林¹

Tong Wanping¹, Wei Manxin², He Benmao², Cai Dejian¹, Yang Jialin¹

(1. 广西海洋研究所, 广西北海 536000; 2. 广西红树林研究中心, 广西北海 536000)

(1. Guangxi Institute of Oceanography, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要: 为了研究不同模式对虾养殖水体中无机磷与叶绿素 a 的关系, 于 2001 年 10 月 15~19 日在广西海洋研究所的养殖试验基地, 选取 8 个封闭式的对虾工厂化养殖试验池和 4 个水泥底普通的露天养殖池, 连续 5d 现场测定养殖水体的 pH 值和化学耗氧量(COD), 并现场抽滤固定水样, 带回实验室分析叶绿素 a 和无机磷的含量。工厂化养殖试验池采用高密度、高投饵的养殖模式, 普通养殖池采用低密度、少投饵的传统养殖模式。结果表明, 在工厂化养殖模式中, 无机磷含量为 0.82~1.59mg/L, 叶绿素 a 含量均在 1.71 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 以下, 水体环境呈高磷低植物生物量特征。在普通养殖模式中, 无机磷含量均在 0.041mg/L 以下, 叶绿素 a 含量为 3.94~6.86 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 水体环境呈低磷高植物生物量特征。在两种模式的养殖水体中, 无机磷与叶绿素 a 之间呈显著负相关 ($r = |-0.791| \sim |-0.927| > r_{0.01} = 0.708$), 与 COD 之间呈显著正相关关系 ($r = 0.818 \sim 0.904 > r_{0.01} = 0.708$), 与 pH 值之间有 3d 呈负相关关系 ($r = |-0.685| \sim |-0.750| > r_{0.05} = 0.576$)。光照度的强弱及营养盐补充源的多少对养殖水体中无机磷含量和叶绿素 a 含量起重要的影响作用。

关键词: 对虾 养殖 水体 无机磷 叶绿素 a

中图分类号: Q507 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2005)03-0227-03

Abstract: To study the correlation between DIP and chlorophyll-a(chl-a) in different model's water of shrimp culture, we tested the pH value and COD in 8 industrialized culture ponds and 4 normal ponds during 15th ~ 19th, Oct., 2001, and drew the water samples for DIP and chl-a analyse in laboratory. The industrialized shrimp culture model with high density, high forage-fed and the normal model with low density, low forage-fed, were undertaken at the culture base of Guangxi Institute of Oceanography. The DIP and chlorophyll-a contents of industrialized model were 0.82~1.59mg/L and 1.71 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ respectively, showing high DIP and low plant biomass in the environment of water. But in the normal model, the environment of water was characterized as low DIP and high plant biomass, while they presented as 0.041mg/L of DIP and 3.94~6.86 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ of chlorophyll-a. The results of correlation analysis showed that, in the two model's water, DIP and chl-a had a strong negative correlation ($r = |-0.791| \sim |-0.927| > r_{0.01} = 0.708$), at the same time, DIP and COD, had a strong positive correlation ($r = 0.818 \sim 0.904 > r_{0.01} = 0.708$), DIP and pH value, had 3d negative correlation ($r = |-0.685| \sim |-0.750| > r_{0.05} = 0.576$). The important effective factors to DIP and chl-a are the illumination and the nutrient salt.

Key words: shrimp, culture, water, DIP, chlorophyll-a

无机磷是海洋浮游植物繁殖生长最重要的三大营养盐之一, 也是海洋动物生长发育所必需的重要营

养元素。浮游植物可以直接吸收海水中的无机磷营养盐来合成自身所必需的成份, 然后通过生物链的传递作用进入生物体。海水虾类需求的磷主要从饲料中获得。水产养殖的对虾对饵料中磷的利用率只有 3.02%~16.08%, 剩余的磷以不同组合形式存在于水环境中。剩余在水环境中的大多数磷可以被池水

收稿日期: 2004-08-17

修回日期: 2005-05-16

作者简介: 童万平(1954-), 男, 广西博白人, 副研究员, 主要从事海水化学与海水养殖研究。

^{*} 广西自然科学基金(桂科基 0144011)资助项目。

中的浮游植物吸收利用,但是由于物质能量转化存在明显的差异性,水体中的无机磷含量会随着消耗与吸收速率的不同而改变,并对养殖生物的生长产生直接影响^[1-3]。因此,研究不同养殖水体中无机磷与表征浮游植物量的叶绿素 a 之间的关系,对了解不同养殖模式中营养盐与初级生产者的关系,建立优化的养殖模式具有重要意义。

1 研究方法

于 2001 年 10 月 15 日~19 日在广西海洋研究所的养殖试验基地选取 8 个封闭式的对虾工厂化养殖试验池和 4 个水泥底普通的露天养殖池,连续 5d 现场测定养殖水体的 pH 值和化学耗氧量(COD),并现场抽滤固定水样,带回实验室分析叶绿素 a(chl-a)和无机磷(DIP)的含量,分析方法按文献[4]进行,每天观测 1 次。8 个封闭式对虾工厂化养殖试验池中,4 个为 A 型池,分别编号为: A₂₋₁、A₂₋₂、A₇₋₁、A₇₋₂,面积均为 122m²;4 个为 B 型池,分别编号为: B₄₋₁、B₄₋₂、B₁₄₋₁、B₁₄₋₂,面积均为 85m²。4 个普通养殖池为对照池,分别编号为: 2-2-1、2-2-2、2-6-1 和 2-6-2,其中 2-2-1 号池和 2-2-2 号池的面积分别为 1600m²,2-6-1 号池和 2-6-2 号池的面积分别为 1647m²。8 个封闭式对虾工厂化养殖试验池采用高密度、高投饵的养殖模式,4 个普通养殖池采用传统的养殖模式,养殖密度低、投饵量少。

2 结果与分析

2.1 不同养殖模式无机磷的变化特征

由图 1 和表 1 可见,8 个封闭式对虾工厂化养殖池水体中的无机磷含量普遍较高,均在 0.82~1.59mg/L 之间,而且无论养殖面积大小、密度高低,

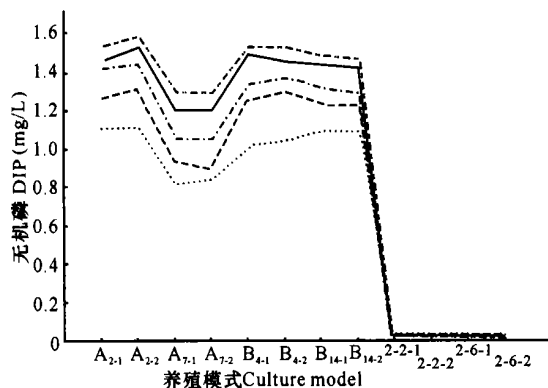


图 1 不同养殖水体中无机磷的变化特征

Fig. 1 The variation of DIP in different culture water

—: 19 日; - - -: 18 日; ···: 17 日; - · - ·: 16 日; —: 15 日
- - -: 19th; - - -: 18th; ···: 17th; - · - ·: 16th; —: 15th

水体中的无机磷含量均具有随时间增加而升高的趋势,各池的递增幅度也较为相近,均在 0.38~0.51mg/L 之间。4 个普通养殖池水体中的无机磷含量普遍很低,均在 0.04mg/L 以下,其中 2-2-1 号池和 2-6-1 号池连续 2d 几乎出现无机磷的零值分布,而且无论在时间上还是在量值上均无明显的规律性。这可能是与养殖池中无机磷含量低,磷可能成为净生产力的限制因素有关。

2.2 不同养殖模式水体中叶绿素 a 的变化特征

图 2 和表 1 的结果显示,8 个封闭式对虾工厂化养殖池水体中,叶绿素 a 的含量普遍较低,均在 1.71 μ g/dm³ 以下,个别养殖池甚至出现接近分析零值状况,除个别养殖池的平均值大于 1.00 μ g/dm³ 外,绝大部分养殖池的叶绿素 a 含量均在 0.80 μ g/dm³ 以下,低植物生物量状况极为明显。4 个普通养殖池水体中,叶绿素 a 含量明显偏高,各养殖池的平均含量均在 3.94~6.86 μ g/dm³ 之间,个别养殖池甚至出现 8.0 μ g/dm³ 以上的高含量分布,高植物生物量表现尤为突出。

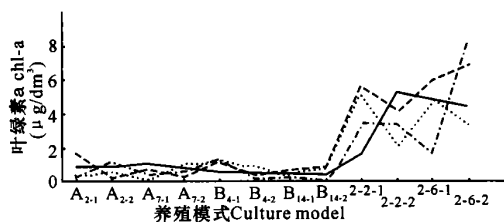


图 2 不同养殖水体中叶绿素 a 的变化特征

Fig. 2 The variation of chl-a in different culture water

—: 19 日; - - -: 18 日; ···: 17 日; - · - ·: 16 日
—: 19th; - - -: 18th; ···: 17th; - · - ·: 16th

2.3 无机磷含量与叶绿素 a 含量的关系

表 2 的相关分析结果显示,在本研究不同模式的养殖水体中,无机磷与 chl-a 的相关性最为显著,4d 连续检测结果的相关系数均在 -0.791~-0.927 之间,置信水平均在 99% 以上,而且均以显著负相关出现,说明各养殖池水体中无机磷含量的变化均与浮游植物的摄取有关,也就是说,水体中无机磷含量的高低具有随浮游植物的贫富而变化的规律。受有机物氧化分解影响的 pH 值与无机磷含量的负相关性虽不及 chl-a 那样显著,但其负相关趋势已极为明显,其中有 3d 的置信水平已在 95% 以上,说明生物作用在不同养殖系统对无机磷含量的影响是显著的,尤其在光照充足的普通养殖水体中,由于浮游植物繁殖较快,其代谢活动明显加强,对无机磷的消耗速度加快,近半水体的无机磷含量已在 0.010mg/L 以下。作为有机物相对含量指标的 COD,在水体中与无机磷的

关系多以显著正相关出现,在5d的测试中,除1d无明显相关性外,其余4d的相关系数均在0.818~0.904之间,置信水平均在99%以上。说明无论是来自基础饵料生物的大量繁殖还是来自投饵等人为因素产生的有机物,在氧化分解过程中所产生的无机磷对养殖生态系统均具有重大的贡献作用,从而使养殖水体中的无机磷含量在浮游植物大量繁殖消耗的情况

下得到源源不断地补充。这种增补作用在工厂化养殖水体中表现最为突出,而且具有随时间增加呈规律性的递增趋势。这种增补作用在普通的养殖水体中并不明显,而且随时间变化没有明显规律性,这与该养殖系统无机磷的输入量相对较少而浮游植物现存量明显偏高有关。

Table 1 The variation and average of DIP and chl-a in different culture model

养殖模式 Culture model	池号 Ponds	密度 Density (尾/m ²)	面积 Area (m ²)	虾长 Shrimp length (cm)	无机磷 DIP(mg/L)		叶绿素 a chl-a($\mu\text{g}/\text{dm}^3$)	
					变化范围 Variation range	平均值 Mean	变化范围 Variation range	平均值 Mean
工厂化 Industrial culture	A ₂₋₁	260	122	7	1.10~1.54	1.36	0.26~1.71	0.80
	A ₂₋₂	260	122	7	1.11~1.59	1.40	0.17~1.16	0.75
	A ₇₋₁	420	122	7	0.82~1.30	1.06	0.47~1.16	0.60
	A ₇₋₂	420	122	7	0.85~1.30	1.06	0.42~1.18	0.78
	B ₄₋₁	350	85	7	1.02~1.53	1.33	0.77~1.42	1.09
	B ₄₋₂	350	85	7	1.05~1.53	1.34	0.25~1.24	0.70
	B ₁₄₋₁	460	85	7	1.11~1.49	1.32	0.35~0.77	0.56
	B ₁₄₋₂	460	85	7	1.11~1.49	1.32	0.11~1.24	0.74
普通 General	2-2-1	49	1467	7~8	0.003~0.039	0.016	1.83~5.73	4.18
	2-2-2	49	1467	7~8	0.010~0.018	0.014	2.36~5.48	3.94
	2-6-1	53	1600	11.5	0.003~0.014	0.0091	1.83~6.09	/
	2-6-2	53	1600	11.5	0.008~0.041	0.028	3.66~8.53	6.86

表2 无机磷与 chl-a、pH 值和 COD 的相关系数

Table 2 The correlation coefficient of DIP and chl-a pH value, COD

相关因子 Correlation factor	相关系数 Correlation coefficient		
	DIP-chl-a	DIP-pH	DIP-COD
15日 15th	—	-0.508	0.232
16日 16th	-0.860	-0.685	0.823
17日 17th	-0.927	-0.716	0.904
18日 18th	-0.791	-0.423	0.818
19日 19th	-0.836	-0.750	0.873

$r_{0.05} = 0.576, r_{0.01} = 0.708; n = 12$

3 结束语

研究表明,在高密度、高投饵的对虾工厂化养殖水体中,作为主要营养元素的无机磷含量普遍较高,而且具有随时间增加而升高的规律,作为浮游植物生物量指标的叶绿素 a 的含量变化则与此相反。这种变化特征的出现,一方面与该模式养殖的对虾密度高,对饵料的摄取量大,所产生的代谢物及残饵增加明显,无机磷的补充速度远大于消耗速度有关;另一方面与该模式是以全遮光的顶棚为实验条件,光照度较小,在一定程度上抑制了浮游植物的生长有关。

在密度低、投饵量少的普通养殖水体中,无机磷含量普遍偏低,叶绿素 a 含量普遍偏高,说明充足的光照条件对该模式虾池浮游植物的繁殖生长起到了明显的促进作用。丰富的浮游植物及明显偏少的营养盐补充源是导致该模式虾池无机磷含量显著偏低的重要原因。两种模式养殖水体中无机磷含量与环境因子之间具有极为密切的关系,尤其是以与 chl-a 的负相关性及其与 COD 的正相关性最为显著,与 pH 值的负相关性次之。这也体现了生物过程和化学过程消耗与补充的重大影响作用。

参考文献:

- [1] 杨清良,陈其焕,林金美,等. 厦门马銮湾富营养化水域浮游植物群落的生态特征[J]. 海洋学报, 1998, 20(1): 101-112.
- [2] 赵卫红,焦念志,赵增霞. 烟台四十里湾养殖水域营养盐的分布及动态变化[J]. 海洋科学, 2000, 24(4): 31-34.
- [3] 张道波,马琳,马生生. 中国对虾仔虾对磷需要量的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(1): 63-67.
- [4] 国家海洋局. 海洋监测规范[S]. 北京: 海洋出版社, 1998.

(责任编辑: 邓大玉)