

不同模式对虾养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐的变化特征及其影响因素*

The Variation Characteristic and Its Influence Factors of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ Contents in Different Modes of the Water Body for the Culture of Shrimp

何本茂¹, 童万平², 韦蔓新¹

He Benmao¹, Tong Wanping², Wei Manxin¹

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

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

摘要:于 2001 年 10 月 15~ 19 日在广西海洋研究所曲湾养殖基地, 选择养殖南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 的 8 个封闭式的工厂化养殖池和 4 个开放式的水泥底普通养殖池, 连续 5d 取样分析不同模式、不同密度、不同面积养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐的变化及其与环境因子之间的关系。结果表明, 工厂化养殖水体中, 硝酸盐和亚硝酸盐含量显著偏高, 平均值分别为 11.31mg/L 和 4.70mg/L; 硝酸盐和亚硝酸盐含量随时间增加而升高, 随养殖面积增大而下降。普通养殖水体中, 硝酸盐和亚硝酸盐含量显著偏低, 平均值分别为 0.017mg/L 和 0.060mg/L, 硝酸盐和亚硝酸盐含量在时间变化上无明显规律性。养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐含量与 COD 呈显著的正相关, 与叶绿素 a 含量呈显著负相关关系, 突出体现化学作用的输入影响及生物吸收的输出影响。

关键词: 对虾养殖 硝酸盐和亚硝酸盐 变化特征 影响因素

中图分类号: Q507 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2005)01-0076-04

Abstract In Quwang culture base of Guangxi Ocean Research Institute, we chose 8 close industrial culture pool which were culturing *Penaeus vannamei* and 4 open normal culture pool which had cement ground. We draw samples continuously for 5 days. An analysis on relationship between $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ content variation in different modes, density and area of the water body for the culture of shrimp dated on Oct. 15~ 19, 2001 and its environment factors has been carried out. The result shows that $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ contents in the water body for the industrial culture of shrimp presents remarkably high with a several average of 11.31 mg/L and 4.70 mg/L, namely, the contents are up as time goes on and are down dip as the culture area expands, while the contents present strikingly low in normal water body without any evident regularity with time variation. The average was severally 0.017mg/L and 0.060 mg/L. But COD and $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ contents in the water body present strong positive correlation while chlorophyll and $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ contents present strong negative correlation. This remarkably reflects the input effects of chemical reaction and the output effects of biological absorption.

Key words culture of shrimp, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$, variation characteristic, influence factor

氮元素既是海洋生物最基础的营养物质, 也是生物体的主要组成部分之一, 其在水体中的含量及其存在形式对水质质量影响极大。海水中尤以非保守性的

无机态氮元素 ($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4\text{-N}$) 最为重要, 因为它参与了海洋生态系统中营养物质循环, 是作为海洋初级生产力的浮游植物生长的限制性营养元素。因此, 无机态氮元素在氮的地球化学循环和海洋初级生产过程中起着十分重要的作用^[1~4]。养殖水体中硝酸盐、亚硝酸盐含量变化主要由生物活化的反应造成, 从含 N 有机物到作为无机氮稳定形式的硝酸盐,

收稿日期: 2004-08-23

作者简介: 何本茂 (1953-), 男, 广西合浦人, 工程师, 主要从事海洋化学研究。

* 广西自然科学基金 (桂科基 0144011) 资助项目。

其中经历了微生物分解、生物化学作用这样一个代谢作用与净化能力平衡的过程,在这复杂的动态循环中,水体中的环境因子是影响其转化率的关键因素^[2-4,6-7]。因此,本文利用2001年10月对不同模式养殖水体的分析测试结果,重点分析和探讨了不同模式、不同密度、不同面积养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐的变化特征及其影响因素,以便能更好地了解不同模式养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐的循环状况,为建立优化的对虾养殖模式提供参考依据。

1 研究方法

本研究于2001年10月15~19日在广西海洋研究所曲湾养殖基地进行,养殖的对虾品种为南美白对虾(*Penaeus vannamei*),在试验池的选择上,除选择4个有代表性的封闭式的对虾工厂化养殖A型池(A₂-1 A₂-2 A₇-1 A₇-2, 122m²)和4个B型池(B₄-1 B₄-2 B₄-1 B₄-2, 85m²)外,同时还选取了4个有代表性的开放式水泥底普通养殖池(2-2-1 2-2-2, 1467m²; 2-6-1 2-6-2, 1600m²)进行连续5d的对比分析,每天同时取样1次,除现场测定盐度(S)、pH值和COD外,叶绿素a及硝酸盐、亚硝酸盐均为现场抽滤固定,带回实验室分析,分析方法均按文献[5]中的方法进行。

2 结果与分析

2.1 硝酸盐的变化特征

表1结果显示,不同模式、不同面积、不同密度养殖水体中硝酸盐的含量变化差异较大。在不同模式中,以工厂化养殖水体的硝酸盐含量显著偏高(平均为11.31 mg/L),普通养殖水体则显著偏低(平均只有0.017 mg/L),而相应的叶绿素a含量则以前者

表1 不同模式对虾养殖水体中硝酸盐、亚硝酸盐、叶绿素a化学需氧量的变化范围及平均值

Table 1 The variation range and mean of NO₃-N, NO₂-N, chl. a and COD contents in different modes of the water body for the culture of shrimp

池号 Ponds	密度 Density (尾/m ²)	面积 Area (m ²)	硝酸盐 NO ₃ -N (mg/L)		亚硝酸盐 NO ₂ -N (mg/L)		叶绿素 a chl. a (ug/dm ³)		化学需氧量 COD	
			变化范围 Variation range	平均值 Mean	变化范围 Variation range	平均值 Mean	变化范围 Variation range	平均值 Mean	变化范围 Variation range	平均值 Mean
A ₂ -1	260	122	9.09~ 11.81	10.34	4.73~ 5.39	5.13	0.26~ 1.71	0.80	9.60~ 14.59	12.40
A ₂ -2	260	122	8.79~ 11.57	10.34	4.80~ 5.43	5.21	0.17~ 1.16	0.75	10.75~ 14.59	12.59
A ₇ -1	420	122	6.60~ 10.09	8.33	3.59~ 4.33	4.08	0.47~ 1.16	0.60	9.45~ 12.67	11.72
A ₇ -2	420	122	6.49~ 10.33	8.39	3.66~ 4.31	4.09	0.42~ 1.18	0.78	11.52~ 13.82	12.36
B ₄ -1	350	85	8.91~ 14.83	12.85	2.69~ 2.97	2.89	0.77~ 1.42	1.09	7.30~ 11.14	9.76
B ₄ -2	350	85	10.69~ 15.36	13.25	2.70~ 2.96	2.88	0.25~ 1.24	0.70	8.83~ 10.75	10.06
B ₁₄ -1	460	85	12.05~ 15.06	13.40	5.93~ 7.07	6.64	0.35~ 0.77	0.56	11.14~ 12.67	12.21
B ₁₄ -2	460	85	12.11~ 15.54	13.61	5.99~ 7.18	6.69	0.11~ 1.24	0.74	9.22~ 12.29	11.52
2-2-1	49	1467	0.0015~ 0.057	0.015	0.00082~ 0.0018	0.027	1.83~ 5.73	4.18	7.22~ 9.37	8.17
2-2-2	49	1467	△~ 0.064	0.039	△~ 0.98	0.21	2.36~ 5.48	3.94	6.91~ 9.98	7.99
2-6-1	53	1600	△~ 0.027	0.0095	△~ 0.0011	0.00077	1.83~ 6.09	4.39	7.22~ 9.68	8.23
2-6-2	53	1600	△~ 0.0092	0.0030	△~ 0.00067	0.0014	3.66~ 8.53	6.86	7.22~ 9.06	8.05

△表示未检出。△ Not detected.

(0.75μg/dm³)明显低于后者(4.84μg/dm³),体现了对虾工厂化养殖水环境高氮低植物生物量特征和普通养殖水环境低氮高植物生物量特征。而在2种不同模式的养殖水体中,硝酸盐含量均具有随养殖面积增大而下降的良好规律,说明养殖空间的大小对硝酸盐含量变化具有明显的影响作用;但养殖密度的大小对硝酸盐含量的影响在2种不同模式的养殖水体中却未显示出明显的规律性,这可能与水体中异养细菌的多少及硝化作用的强弱有关。

在时间变化上,不同的养殖模式具有明显不同的变化特征。在工厂化养殖模式中,无论养殖池的面积大小、密度高低,8个养殖池水体的硝酸盐含量均具有随时间增加而上升的良好规律(见图1),其变化幅度为2.72~5.92 mg/L,尤以密度居中的B₄池和A₇池变幅较大,密度最低的A₂池变幅最小;而普通养殖模式的养殖池则没有这种规律性,4个普通养殖池中已有3个出现了零值分布,整个水体氮限制状况已极为显著。

2种模式养殖水体中硝酸盐分布特征的形成,主要与氮源的供应大小有关。这是因为工厂化养殖采用的是高密度、高投饵的养殖模式,来源于饵料溶出、残饵腐解和对虾排泄所产生的硝酸盐,而水体中作为消费者的现存浮游植物量——叶绿素a含量却明显偏低,补充速率远大于消耗速率,从而使该养殖模式水体显示出高硝酸盐含量特征,而普通养殖采用的是低密度、低投饵的养殖模式,无论是来源于饵料溶出、残饵腐解还是来源于对虾排泄所产生的硝酸盐,其量值均明显偏低,而水体中作为消费者的现存浮游植物量——叶绿素a含量却明显偏高,消耗速率远大于补充速率,从而显示出低硝酸盐含量特征。

2.2 亚硝酸盐的变化特征

在不同模式的养殖水体中,亚硝酸盐的含量变化与硝酸盐极为一致,仍以工厂化养殖水体显著高于普通养殖水体,其平均值分别为 4.70mg/L 和 0.060mg/L,但随面积和密度的变化均无明显规律性。

在时间变化上,虽然工厂化养殖水体中的亚硝酸盐含量与硝酸盐一样亦具有随时间增加而升高的良好规律(见图 1),但这种良好规律仅出现在前 4 天,第 5 天开始多数养殖池已出现下降现象,但幅度较小;而普通养殖水体中的亚硝酸盐含量与硝酸盐一样均没有这种规律性,而且多数养殖池的亚硝酸盐含量已接近分析零值,未检出状况已在 3 个养殖池出现。这种氮循环特征的形成,显然与水体中氮的输入和输出有关。

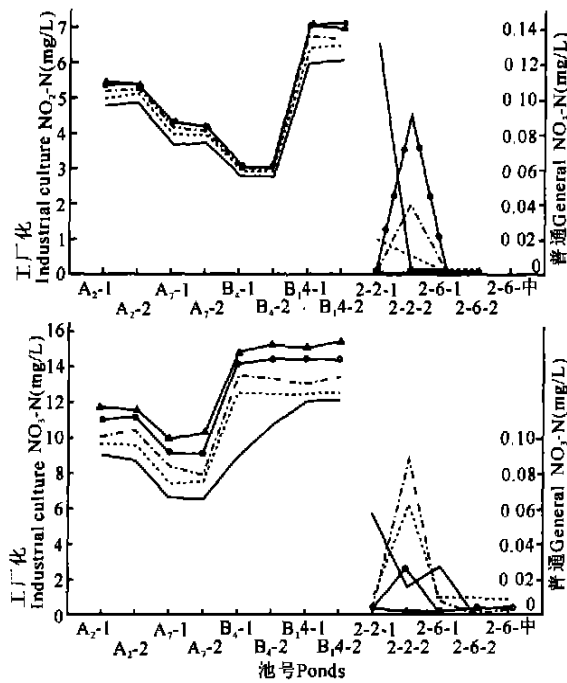


图 1 不同模式对虾养殖水体中硝酸盐、亚硝酸盐含量的变化特征

Fig. 1 The variation characteristic of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ contents in different modes of the water body for the culture of shrimp.

—▲—: 19日; —○—: 18日; —°—: 17日; —: 16日; —: 15日
—▲—: 19th; —○—: 18th; —°—: 17th; —: 16th; —: 15th

表 2 硝酸盐、亚硝酸盐含量与环境因子的相关系数

Table 2 The correlation factor of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ contents vs environment factor

相关因子 Correlation factor	15日 15th		16日 16th		17日 17th		18日 18th		19日 19th	
	NO_3^-	NO_2^-	NO_3^-	NO_2^-	NO_3^-	NO_2^-	NO_3^-	NO_2^-	NO_3^-	NO_2^-
S	0.337	0.468	0.090	0.185	0.389	0.511	0.311	0.462	-0.362	-0.390
pH	-0.410	-0.442	-0.556	-0.624	-0.573	-0.633	-0.342	0.322	-0.607	
COD	0.275	0.521	0.703	0.804	0.802	0.897	0.729	0.927	0.817	0.803
Chl. a	-	-	-0.820	-0.842	-0.895	-0.849	-0.775	-0.746	-0.818	-0.750

$r_{0.05} = 0.553, r_{0.01} = 0.684, n = 13$

2.3 影响硝酸盐、亚硝酸盐含量变化的主要因素

表 2 的相关分析结果显示,在本研究中,无论是工厂化养殖模式还是普通养殖模式,水体中的环境因子对硝酸盐、亚硝酸盐含量的影响均突出表现在化学作用的输入影响和生物吸收的输出影响。化学作用的影响程度主要从作为有机物相对含量指标的 COD, 其在水体中的含量变化状况及其与硝酸盐、亚硝酸盐之间的相关程度体现出来。从连续 5 d 的观测结果可以看到,除第 1d COD 含量与硝酸盐、亚硝酸盐的含量相关性不显著外,其余 4d 均呈现出显著的正相关关系,也就是说水体中的硝酸盐、亚硝酸盐含量均具有随 COD 含量增加而升高的良好规律。说明本研究水体中无论是来源于残饵的腐化分解、水中生物的代谢废物还是含氮有机物的矿化、扩散等化学过程所产生的氮化物,其对水体中的硝酸盐和亚硝酸盐均具有重大的贡献作用,是养殖水体中氮的重要补充源。生物吸收的影响程度主要从表征浮游植物量的叶绿素 a 含量变化状况及其与硝酸盐、亚硝酸盐之间的相关程度体现出来,4d 连续观测的分析结果显示,叶绿素 a 含量与硝酸盐、亚硝酸盐的相关性与 COD 同样显著,所不同的是,叶绿素 a 含量与硝酸盐、亚硝酸盐含量之间呈现的是显著的负相关关系,亦即水体中的硝酸盐、亚硝酸盐含量具有随叶绿素 a 含量增加而下降的良好规律。说明虾池中作为氮营养盐主要控制因子的浮游植物,其对水体硝酸盐、亚硝酸盐的吸收是对虾养殖水体中氮去除的一个重要途径,尤其在浮游植物量大,氮来源不足和普通养殖水体中,氮的损失量会更大,零值分布时有发生,氮以至成为浮游植物生长的限制性因素。pH 值的改变对水体中硝酸盐、亚硝酸盐含量的影响虽没有 COD 和叶绿素 a 那样显著,但它们之间的关系也较为密切,多数情况下显示出良好的负相关性,而与叶绿素 a 之间则多以良好正相关出现,说明浮游植物的繁殖生长不仅大量消耗无机氮,也会大量消耗水体中的 CO_2 ,从而导致 pH 值升高。盐度的变化对水体中硝酸盐、亚硝酸盐含量影响最

小,相关性也最差,这与养殖池换水量较小、盐度变化不大有关

3 结束语

本研究中,养殖水体中的硝酸盐、亚硝酸盐含量以工厂化养殖水体显著偏高,所有试验池均具有随时间增加而升高的良好规律。但该养殖水体中叶绿素 a 含量却明显偏低,高氮低植物生物量特征极为明显,可能与养殖水体中有机污染物明显积累、水质状况欠佳有关。而普通养殖水体中的硝酸盐、亚硝酸盐含量显著偏低,以致出现零值分布,但与之相应的叶绿素 a 含量却明显偏高,低氮高植物生物量特征极为显著,氮限制状况已极为明显,而且在时间变化上没有明显规律性。

相关分析结果表明,影响养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐含量的主要因素以化学作用的输入和生物吸收的输出为主,前者从与 COD 之间的显著正相关中体现,后者则从与叶绿素 a 的显著负相关中体现。

(上接第 75 页 Continue from page 75)

相比普遍降低,这说明静电处理可以增加膜的稳定性,从而提高其抗性。

(2) SOD、POD 与对照相比普遍降低,说明 SOD、POD 的启动依赖于 MDA 的积累。

(3) 与对照组相比,处理组苜蓿苗的 SOD、POD 值均没有明显变化,从而推断静电处理对未发生胁迫的苜蓿幼苗酶活性的影响不大。

另外,由于根据愈创木酚法测定 POD 的酶活性,要求酶液在 pH 值 5.5 的磷酸缓冲液中提取,但从文献 [13, 14] 中我们发现,POD 的提取对 pH 值的要求不高,所以在粗酶提取时,采取了一次性用 pH 值 7.0 的提取介质提取粗酶。为了进一步了解 pH 值的变化所造成的影响,我们又做了一个对比的实验,即用 pH 值 5.5 和 pH 值 7.0 的不同提取介质进行酶液的提取,分别测定 POD,两组 (3 个平行的) 平均值分别为 367、422,不存在差异,这又验证了 pH 值对 POD 酶活性影响不大这一结论。

参考文献:

- [1] 中国饲用植物志编辑委员会. 中国饲用植物志 [M]. 第 1 卷. 北京: 农业出版社, 1987.
- [2] 内蒙古植物志编辑委员会. 内蒙古植物志 [M]. 第 3 卷. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989.
- [3] 邓鸿模, 虞锦岚, 周艾民, 等. 高压静电植物速成栽培技术的研究 [J]. 现代静电科学技术研究, 2000, 9: 202-205.
- [4] 陈德恩. 生物静电效应的利用与开发 [J]. 氨基酸和生物

参考文献:

- [1] 刘梦霞, 刘 岗. 水产养殖生产中水质的监测与控制 [J]. 海水养殖综述, 2000, (55): 41-46.
- [2] 李兰生, 李 冰, 林 洪, 等. 半封闭虾池中三氮与溶解氧含量关系的数学模型 [J]. 海洋湖沼通报, 2000, (1): 52-59.
- [3] 石 强, 陈江麟, 李崇德. 渤海硝酸盐氮和亚硝酸盐氮季节循环分析 [J]. 海洋通报, 2001, 20(6): 32-39.
- [4] 舒廷飞, 温琰茂, 汤叶涛. 养殖水环境中氮的循环与平衡 [J]. 水产科学, 2002, 21(2): 30-34.
- [5] GB17378. 4-1998, 海洋监测规范 [S].
- [6] 李兰生, 林 洪, 卢敬让, 等. 虾池生态系的氮平衡及氨水平的生物调控虾池中三氮的动态趋势 (I) [J]. 海洋湖沼通报, 1999, (4): 53-57.
- [7] 王 宪, 秦爱红, 李文权. 网箱养殖区底层水 N 的硝化作用分析 [J]. 海洋环境科学, 2003, 22(2): 37-39.

(责任编辑: 邓大玉)

资源, 2002, 24(2): 26-30.

- [5] 征 荣, 许月英, 杨体强, 等. 电场处理苜蓿种子对其幼苗期生长的影响 [J]. 内蒙古大学学报 (自然科学版), 2002, 33(3): 359-362.
- [6] 杨体强, 侯建华, 苏恩光, 等. 电场对油菜种子苗期干旱胁迫后生长的影响 [J]. 生物物理学报, 2000, 16(4): 780-784.
- [7] 郑 林, 朱世威. 高压静电场对马尾松、黑松种子活力的影响 [J]. 生物物理学报, 2000, 3(1): 32-36.
- [8] 王 梓, 李肃华, 伟 红, 等. 高压静电场对月见草种子萌发的生物学效应 [J]. 生物物理学报, 1997, 13(4): 665-670.
- [9] 赵 剑, 杨文杰, 马福荣. 高压电场对苜蓿叶片愈伤组织诱导的影响 [J]. 生物物理学报, 1996, 12(3): 517-521.
- [10] 赵 剑, 杨文杰, 马福荣, 等. 静电场对苜蓿愈伤组织抗寒能力的影响 [J]. 生物物理学报, 1997, 13(4): 406-412.
- [11] 范 青, 田世平, 汪 沂, 等. 高压静电场对柑桔青、绿霉病菌的抑制效果 [J]. 生物物理学报, 2000, 16(3): 634-638.
- [12] 张晓岗, 李洪山. 梭梭幼苗抗旱性与生物自由基、膜伤害关系初探 [J]. 新疆大学学报 (自然科学版), 1994, 11(3): 87-90.
- [13] 李合生, 孙 群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 刘 宁, 高玉葆, 贾彩霞, 等. 渗透胁迫下多花黑麦草叶内过氧化物酶活性和脯氨酸以及质膜相对透性变化 [J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(1): 11.

(责任编辑: 邓大玉)