

对虾养殖池塘氮磷收支的实验研究

齐振雄 李德尚 张曼平¹ 董双林

(青岛海洋大学水产学院, 266003)

(青岛海洋大学化学化工学院, 266003)¹

摘 要 用六个面积 25m², 不同对虾放养水平: 52 000、60 000、75 200 尾/hm² 的池塘围隔进行了本实验研究。结果表明: 实验中投放的饵料、肥料分别占氮总输入的 49.7%~54.5% 和 47.5%~50.1%; 占磷总输入的 30.0%~34.7% 和 65.1%~69.9%。在支出项目中, 收获对虾占氮磷总输入百分比分别为 9.06%~11.5% 和 3.02%~3.94%。沉积氮磷量为其主要支出项目, 分别占总输入的 19.4%~64.6% 和 21.7%~95.9%。底泥中氮磷的渗漏只占其支出的很小部分, 分别占其输入的 5.0% 和 0.5% 左右。

关键词 氮磷收支, 对虾养殖池塘, 围隔实验

化学收支的研究有助于说明进入生态系统各营养物质的归宿, 进而评价不同营养来源的相对重要性。氮磷对水体生物的生长十分重要, 被认为是浮游生物生长的限制性营养元素。在养殖生产上, 系统对进入其中氮磷的利用率及氮磷在其中的积累情况常作为评价养殖水平和养殖模式的重要指标。世界养虾业目前面临前所未有的困境, 环境污染和虾病的流行是重要原因。运用陆基围隔进行封闭式对虾养殖实验是解决这一难题的有效途径。对于氮磷收支的围隔实验研究, 旨在探讨不同对虾放养水平下, 养殖系统对氮磷的利用率和氮磷在系统中的积累情况, 因而是进行对虾池综合养殖生态系结构优化的重要内容。

1 材料与方法

1.1 实验设计

本实验于 96 年 4~10 月在山东省海阳市黄海水产集团公司第 80 号养虾池进行。实验用陆基围隔由不透水的 PVC 布围成, 面积为 5m × 5m。围隔经鸡粪有机肥培肥后, 放入体长为 2.8 ± 0.16cm, 体重为 0.552 ± 0.04g 的虾苗, 放苗密度分别为 A1: 52 000 尾/hm², A5: 60 000 尾/hm², A9: 75 2000 尾/hm²。每水平各设一重复, 分别为 A1'、A5'、A9'。

实验期间混合施用鸡粪与无机肥(磷酸铵+尿素), 水质透明度保持在 40cm 左右。

1.2 采样及测定方法

分别于放虾、收获前同时采集水样、泥样和虾体样本, 幼虾和成虾各采集 15 尾和 5 尾。泥样用内径为 2cm 的有机玻璃柱直接采取后, 先用虹吸法移出上覆水, 再由下至上顶出底泥, 然后截取全部软泥。泥样、饲料、有机肥和虾体于 60℃ 烘干测定含水率, 研细并通过 60 目分样筛, 再分别测定其总氮(TN)、总磷(TP)含量。

底泥 TP 经 $H_2SO_4-K_2Cr_2O_7$ 消化, 以改良式微量凯氏定氮仪测定; TN 经 $H_2SO_4-HClO_4$ 消化, 以钼锑抗比色法测定[中国科学院南京土壤所 1978]。

实验期间水化指标按常规方法采集、测定[国家标准技术监督局 1991]。

水样 TN、TP 以 $K_2S_2O_8$ 氧化法同时测定[Parson 等 1984], NH_4^+-N 以次溴酸钠氧化法测定。 $NO_3^- - N$ 以铜- 镉还原、对氨基偶氮法测定。 $PO_4^{3-} - P$ 以硫酸- 钼锑抗比色法测定。

2 结果与讨论

2.1 实验围隔中投放物的干重及氮磷含量

实验期间投施饲料、有机肥、无机肥及虾体的 N、P 含量见表 1。表中可以看出, 施用的有机肥 N、P 含量很高, 分别为 3.94% 和 1.56%。成体虾 N、P 含量略高于幼体。实验中施用的磷酸铵为磷酸二氢铵与磷酸氢铵的混合物, 其 N、P 含量分别为 14.0% 和 21.3%。

表 1 实验中饵料、肥料和虾体的干物质及氮磷含量

Tab. 1 The content of dry matter, nitrogen and phosphorus in feed, fertilizer and shrimp body in the experiment

指 标	饵 料	鸡 粪	磷酸铵	尿 素	放入虾	收获虾
干物质 (%)	91.2	86.3			16.9	20.3
N (% 干重)	6.83	3.94	14.00	46.60	6.71	11.07
P (% 干重)	1.19	1.56	21.30		0.80	1.04

2.2 实验期间围隔的水化学指标

养殖期间, 围隔盐度为 26.1~ 36.1; 水温为 19.5~ 32.3 $^{\circ}C$; pH: 8.0~ 9.2。表 2 列出了实验期间各围隔水化学指标均值及标准差。TN 为 2.29~ 2.35mg/L, TP 为 0.063~ 0.161mg/L, 各围隔 TN 相差不大, 而 TP 变化很大。 $PO_4^{3-} - P$ 与 TP 变化趋势一致, 说明 TP 与 $PO_4^{3-} - P$ 一定程度上受施肥的影响。三氮指标均较低, $NO_3^- - N$ 略占优势。图 1 列出了实验期间各围隔三氮的变动情况, 这种无规律的变动可能是施肥和水体内氮转化的条件(如溶氧)所决定的。

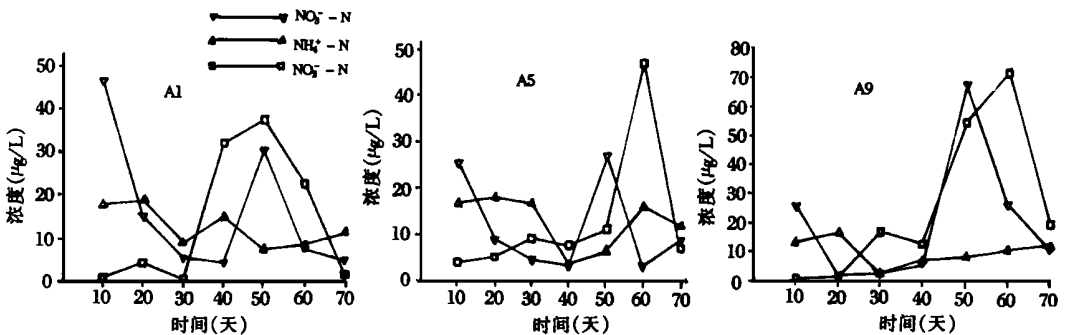


图 1 实验期间 $NO_3^- - N$ 、 $NH_4^+ - N$ 、 $NO_2^- - N$ 的变动情况

Fig. 1. Fluctuation of $NO_3^- - N$, $NH_4^+ - N$, $NO_2^- - N$ during the experiment

表 2 实验期间围隔水化学指标均值

Tab. 2 Mean values of hydrochemical indices in enclosures during experiment

变 量	对虾放养密度(尾/hm ²)					
	A1	A1'	A5	A5'	A9	A9'
TN(mg/L)	2.35±0.42	2.49±0.30	2.31±0.25	2.29±0.25	2.29±0.09	2.47±0.31
NH ₄ ⁺ -N(μg/L)	13.7±3.9	11.8±4.8	12.9±5.2	14.0±7.0	11.8±4.3	10.5±6.3
NO ₃ ⁻ -N(μg/L)	30.7±12.0	21.6±15.0	26.6±15.0	36.9±2.7	33.4±21.0	37.7±14.0
NO ₂ ⁻ -N(μg/L)	14.5±12.0	2.29±0.7	14.4±14.9	3.6±2.5	20.9±24.0	6.7±5.9
TP(mg/L)	0.10±0.04	0.12±0.06	0.16±0.05	0.09±0.02	0.12±0.03	0.06±0.02
PO ₄ ³⁻ -P(μg/L)	45.7±27.0	85.4±69.0	82.9±52.0	23.8±21.0	71.3±36.0	19.9±12.0

2.3 实验前后围隔底泥干物质及 N、P 含量

表 3 列出了实验前后围隔底泥干物质及 N、P 含量。可见,底泥干物质含量变化很小,为 78.0% 左右,但底泥中 N、P 均有所积累。其中, N 的百分含量变化很小,相比较而言, P 在底泥中沉积多。这是因为系统沉积物中的氮可经矿化而再利用或经硝化作用中介的解氮作用散失,而磷为沉积型循环,较大部分以难溶形式在底泥中沉积。各围隔中,磷在 A5 的沉积量最少,在 A9 沉积量多, A1 中氮的积累多。

表 3 实验前后围隔底泥干物质及氮磷含量

Tab. 3 The content of dry matter, nitrogen and phosphorus in bottom soil before and after experiment

指 标		对虾放养密度(尾/hm ²)					
		A1	A1'	A5	A5'	A9	A9'
干物质(%)	前	78.3	78.5	78.3	79.0	78.5	78.4
	后	76.8	77.2	76.5	76.6	77.3	77.5
N(%干重)	前	0.100	0.078	0.090	0.080	0.092	0.098
	后	0.108	0.094	0.094	0.083	0.095	0.104
P(mg/kg干重)	前	479.56	447.69	521.04	437.80	478.72	455.26
	后	522.32	503.48	535.56	470.37	527.16	510.21

2.4 各围隔的氮磷收支情况

三个放养水平下围隔的 N、P 收支情况见表 4。其中饵料占氮磷总输入分别为 49.0% ~ 53.9% 和 27.1% ~ 50.3%, 而肥料分别为 45.3% ~ 50.7% 和 66.9% ~ 72.7%。

实验前后水层中 TN、TP 含量有变化,但氮磷收支项目中意义不大。各围隔对虾的收获量为 326.3~576.9kg/hm², 则氮磷的利用率分别为 5.76% ~ 9.71% 和 2.50% ~ 3.18%。这比 Marco 等[1994]报道的非鲫养殖池对氮的利用率 17.5% 低, Boyd[1985]报道了淡水沟鲈养殖池对氮磷利用率分别为 26.8% 和 30.1%。可见,单养虾生态系统氮磷利用率很低,即对虾养殖池混养的潜力很大。

在支出项目中,氮磷在底泥中的沉积分别占总输入的 19.39% ~ 64.63% 和 39.52% ~ 91.92%, 尤其是放养水平为 45 200 尾/hm² 的围隔,氮磷沉积达 60% ~ 70%, 60 000 尾/hm² 围隔沉积较少,放养密度最高组围隔磷的沉积最多,达 91.92%。

养殖池中营养物通过底泥的渗漏常被认为是其损失的途径之一,但有关其测定方法尚不成熟。Harry 等[1994]报道了含沙量高的海岸线区域营养物日渗漏达 5cm, Krom 等[1985]研究海水养殖池塘日渗漏为 1.3cm, Boyd[1985]认为淡水沟鲈养殖池每天渗漏为 0.78cm。

本实验池塘位于黄海丁字湾海边, 池塘养殖历史有十几年, 塘中软泥层达十几厘米, 因而取每天渗漏 1.5cm。实验测得底泥间隙水总溶解氮(TSN)、总溶解磷(TSP)浓度分别为 2.07mg/L 和 0.077mg/L, 则各围隔氮磷日渗漏量分别占总输入的 4.9%~5.3% 和 0.42%~0.47%。

表 4 不同实验围隔氮磷收支情况

Tab. 4 Nitrogen and phosphorus budget in different enclosures

变 量	对虾放养密度(尾/hm ²)						
	N		P		N		P
输 入							
总输入(g)	258.19	81.96	275.25	83.09	281.31	80.79	
饵料(g)	126.54	22.05	169.73	25.22	152.75	26.56	
鸡粪(g)	73.10	28.95	73.10	28.95	73.10	28.95	
无机肥(g)	57.88	30.89	56.48	20.76	54.38	25.56	
放入虾(g)	0.71	0.08	0.94	0.11	1.18	0.14	
水层(mg/L)	2.44	0.048	2.21	0.085	2.33	0.048	
输 出							
收获虾(g)	23.01	1.98	27.38	2.17	27.06	2.54	
水层(mg/L)	2.22	0.103	2.07	0.097	2.23	0.091	
渗漏(%收入)	5.31	0.47	5.02	0.46	4.90	0.42	
沉积物积累(g)	166.63	70.84	53.36	33.85	61.10	74.32	
沉积物积累(%输入)	64.63	86.48	19.39	39.52	21.68	91.92	

在氮的收支中, 具异形孢蓝藻的固氮作用常是氮收入的组成部分, 有时能够达到很大比例[Howath 等 1988]。本实验期间蓝藻含量少, 也未见到蓝藻为主的水华发生, 因而没有考虑水层的固氮作用。在氮的支出项目中, 以硝化作用为中介的解氮作用是氮损失的形式之一, 但通常认为其主要在缺氧环境下, 且有充足的 $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$ 基质时发生。氮的另一损失形式为水层氮的挥发作用, 它取决于总氮浓度和 pH 值。

实验期间围隔水层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量一直很低, 加上搅水机的搅水作用, 缺氧情况几乎没有发生, 因而本研究中解氮及氮的挥发作用很小。

从氮磷收支情况可以看出, 在以施肥、投饵为主的对虾人工养殖模式下, 重要营养元素 P 在底泥的沉积为其主要支出项目; 对 N, 不同放养模式下其积累的程度有很大差异。值得提出的是, 实验中由于部分围隔管理不善, 围隔的附生藻对系统的氮磷收支研究有一定影响, 而围隔内外营养物的交换是进一步研究所必须考虑的内容。

本研究得出, 对虾放养密度为 60 000 尾/hm² 下, N、P 的沉积较少, 且系统对 N、P 的利用率高于密度为 52 000 尾/hm² 组; 密度为 75 200 尾/hm² 组 P 在沉积物中的积累量高。因而建议进一步围隔实验选择对虾放养密度为 60 000 尾/hm² 为宜。

本研究为国家自然科学基金重点项目 39430102 号“对虾池综合养殖生态系优化结构的研究”、国家攀登 B 计划 PD-B6 - 7-3 专题“对虾池生态系及其结构与功能的优化”与海水池塘无污染综合养殖的研究, 鲁科计(93)第 42 号。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤所. 1978. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社. 96~ 110.
- 国家标准技术监督局. 1991. 中华人民共和国国家标准, GB 12763. 491- 海洋调查规范(海水化学要素观测). 1~ 24.
- Boyd C E. 1985. Chemical budgets for channel catfish ponds. Transactions of the American Fisheries Society, 114: 291~ 298.
- Harry V, Danieels, Boyd C E. 1994. Chemical budgets for polyethylene-lined, Brackishwater ponds. J World Aquac Soc, 20 (2): 53~ 60.
- Howarth R W, Marino R, Jane J. 1988. N fixation in freshwater, estuarine and marine ecosystem. 1. Rates and importance. Limnology and Oceanography, 33(4): 669~ 687.
- Krom M D, Porter C, Gordin H. 1985. Nutrient budget of a marine fish pond in Eilat, Israel. Aquaculture, 51: 65~ 80.
- Marco V. A costa-Nassar, Juliom, Morell, Jorge E. Corredor. 1994. Nitrogen budget of a tropical semi-intensive freshwater fish culture pond. J World Aquac Soc, 25(2): 261~ 269.
- Parson T R, Maitac Y, Lalli M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon press 3~ 5.

EXPERIMENTAL STUDIES ON NITROGEN AND PHOSPHORUS BUDGETS OF SHRIMP CULTURE POND

QI Zhen-Xiong, LI De-Shang, ZHANG Man-Ping¹, DONG Shuang-Lin

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

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of Qingdao, 266003)¹

ABSTRACT Nitrogen and phosphorus budgets of shrimp culture pond were studied in six enclosures stocked with *Penaeus chinensis* at three levels, i. e, 52 000 ind./hm², 60 000 ind./hm² and 75 200 ind./hm², respectively. The main results were as follows: The largest percentages of N and P input were feed and fertilizer, 49.7%~ 54.5% and 47.5%~ 50.1% for N, 30.0%~ 34.7% and 65.1%~ 69.9% for P. Among the items of N and P outputs, the shrimp harvest comprising 9.06%~ 11.05% of total N input and 3.02%~ 3.94% of total P inputs. Uptake by muds represented the major loss of N and P, comprising 19.4%~ 64.6% of N input and 21.7%~ 95.9% of P input, while the loss through seepage only comprising small percentage of the total inputs of N and P, i. e, 5.0% for N and 0.5% for P.

KEYWORDS Nitrogen and phosphorus budgets, Shrimp culture pond, Enclosure experiment