

不同施肥组合对盐碱地凡纳滨对虾池塘中浮游生物的影响

孙卫明^{1,2}, 董双林¹, 赵夕旦¹, 介子林¹, 张乐春³, 张汉文³

(1. 中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 烟台大学 海洋学院, 山东 烟台 264005; 3. 东营市水产技术推广站, 山东 东营 257000)

摘要: 本实验在山东省东营市黄河口毛蟹繁育中心的养殖池塘的12个陆基围隔(5.5 m×5.5 m)中进行。在N施加量相等、N/P质量比为10:1的情况下, 实验共设4个处理, 分别为全部施加无机肥(NN)、1/3有机肥和2/3无机肥(NO)、2/3有机肥和1/3无机肥(ON)以及全部施加有机肥(OO)。凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)的放养密度均为33 ind/m²。实验结果表明, 全部施加无机肥的水体中浮游植物生物量显著高于其他组合, 其浮游动物生物量高峰维持时间最短; 2/3有机肥与1/3无机肥混施的水体中浮游植物生物量最稳定, 而且浮游动物高峰维持时间最长, 与其他组合相比能显著提高对虾的净产量; 全部施加有机肥的水体中浮游植物多样性指数显著高于其他组合。[中国水产科学, 2007, 14(7): 30-34]

关键词: 施肥组合; 凡纳滨对虾; 盐碱地; 浮游动物; 浮游植物

中图分类号: Q178.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-8737-(2007)07-030-05

在池塘中施加无机肥和有机肥, 可以通过对浮游生物的影响来调节养殖水体的生态条件, 提高养殖动物的产量。在对虾养殖前期, 通过施肥来维持池塘中适量的浮游生物, 对于补充对虾生长所需营养、减少整个养成阶段商品性饲料投放量以及稳定水质环境等方面都有重要意义。已有的研究表明, 不同施肥种类对养鱼池塘中浮游生物群落结构的影响是不同的^[1-5], 在不同水质成分的池塘中施肥对浮游生物群落结构也会产生不同影响^[6]。但在N/P比值相同、N施加量相等的情况下, 针对不同比例无机肥和有机肥组合对盐碱地对虾池塘浮游生物的影响的研究尚未见报道。本研究在具有较高的含盐量、碱度和pH值等特点的氯化物水型盐碱地对虾池塘中进行。实验设施为起始条件基本一致的围隔半人工生态系统, 旨在探索不同的施肥组合对盐碱地凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)前期养殖池塘中浮游生物群落结构的影响, 为盐碱地对虾池塘养殖的施肥技术提供借鉴和依据。

1 材料与方法

1.1 实验设计

本实验于2004年6月10日至8月14日在山

东省东营市黄河口毛蟹繁育中心的养殖池塘中进行, 其总碱度为1.08~3.80 mmol/kg, pH值为8.09~10.02, 水温为22.5~31.8℃。设置围隔的池塘面积约为1000 m², 平均水深1.3 m。围隔以双面涂塑的高密度聚乙烯编织布为围幔, 围隔的面积为5.5 m×5.5 m。采用封闭式养殖方式, 实验期间不换水不投饵。2004年6月10日纳水后于6月21日施肥。

以鸡粪作为有机肥并在施加前发酵30天以上, 鸡粪中氮的量按齐振雄等^[7]计算, 干物质含量以自测量计算。在N施加量相等、N/P质量比为10:1的情况下, 实验共设4个处理, 分别为全部施加无机肥(NN)、1/3有机肥和2/3无机肥(NO)、2/3有机肥和1/3无机肥(ON)以及全部施加有机肥(OO), 每个处理设3个重复。7月3日投放虾苗。

凡纳滨对虾的放养规格为(7.88±6.18) mg, 放养密度均为33 ind/m²。施肥种类及施肥量见表1, 其中所列为整个实验期间的总施肥量, 根据透明度、天气等条件平均分7次施加。经40天的对虾前期养殖后于8月14日将水全部排干, 收获所有的对虾并测量称重(表1)。

收稿日期: 2006-03-22; 修订日期: 2006-09-21.

基金项目: 国家农业跨越计划项目(K2002-15)资助.

作者简介: 孙卫明(1965-), 男, 博士, 副教授, 主要从事养殖生态学研究. E-mail: sunwm9@126.com

通讯作者: 董双林. E-mail: dongsl@mail.ouc.edu.cn

表1 不同处理的施肥组合及有关养殖生态学指标
 Tab.1 Experimental design and ecological parameter of different treatments

项目 Item	处理 Treatments			
	NN	NO	ON	OO
施肥量/(g·enclosure ⁻¹)				
碳酸氢铵 NH ₄ HCO ₃	720	480	240	0
磷酸二氢钠 N _a H ₂ PO ₄	63.3	42.2	21.1	0
鸡粪 Chicken manure	0	2400	4800	7200
成活率/% Percent survival	45±2	42±3	43±2	42±1
收获规格/g Final mean weight	1.69±0.03	2.02±0.04	2.11±0.07	1.93±0.11
净产量/(g·enclosure ⁻¹) Net yield	609.20±20.20 ^{a*}	673.40±23.8 ^{ab}	722.9±31.7 ^c	647.3±31.6 ^a
浮游植物总体平均生物量/(mg·L ⁻¹) All average phytoplankton biomass	134.80±22.42 ^a	73.25±13.53 ^b	72.54±18.39 ^b	71.95±21.78 ^b
浮游动物总体平均生物量/(mg·L ⁻¹) All average zooplankton biomass	1.00±0.11	0.78±0.15	0.95±0.14	0.93±0.24
浮游植物多样性指数 Phytoplankton diversity	0.31±0.02 ^a	0.30±0.01 ^a	0.31±0.02 ^a	0.40±0.05 ^b
透明度值/cm Secchi depth	74.47±2.34	87.60±4.41	83.92±7.09	71.80±11.00
TN/(μmol·L ⁻¹)	169.74±9.56	165.14±10.14	166.60±5.35	164.24±10.65
TP/(μmol·L ⁻¹)	2.49±0.18	2.41±0.35	2.80±0.32	2.52±0.63

注: 上角字母不同表示差异显著 ($P < 0.10$); 放养密度 33 ind/m²; 放养规格 (7.88±6.18)mg.

Note: Different subscripts within a row mean significant difference ($P < 0.10$); Stocking density 33 ind/m²; Stocking length (7.88±6.18)mg.

1.2 采样与检测方法

每个围隔的采样开始于对虾放养的当天(实验第0天)。以后每10天采样一次。采样时间一般为上午8:00~10:00。浮游生物样品的采集处理及测量按照黄祥飞的方法进行^[8]。

同时测定养殖水体的透明度(SD)、总磷(TP)、总氮(TN)、pH值以及水温。

浮游植物多样性指数采用 Shannon-Wiener 指数计算,其公式为: $H' = - \sum (n_i/N) \log_2(n_i/N)$ 。

式中: H' - 多样性指数; N - 浮游植物总个体数; n_i - 浮游植物种数中第 i 种的个体数。

1.3 统计分析

不同施肥组合效应的差异显著性采用 one-way ANOVA 进行统计检验,多重比较采用 Duncan 法。鉴于本实验中每个处理所设置的重复数量较少,为了减少犯第二类错误的可能性,显著性水平定为 $\alpha = 0.10$ ^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同施肥组合对浮游植物的影响

从图1可以看出,整个实验期间浮游植物生物

量组成中始终以绿藻为主,其次为蓝藻。施加无机肥的 NN 处理中,蓝藻生物量所占百分比为 (3.60±2.72)%,是所有处理中最低的。绿藻生物量所占百分比最大值出现在 NO 处理中,为 (89.90±5.58)%。在所有处理中,ON 的硅藻和裸藻生物量百分比都是最高的,分别为 (5.19±6.78)% 和 (8.29±9.00)%。但是,不同门的浮游植物生物量在 4 个处理之间均没有表现出显著差异 ($P > 0.10$)。

全部施加无机肥的 NN 处理中浮游植物平均生物量显著高于其他处理 ($P < 0.10$),多重比较结果表明其他处理之间差异不显著 ($P > 0.10$),详见表1。实验期间浮游植物生物量的波动很大(图2),实验第0天与第10天时,不同处理之间浮游植物生物量之间没有显著差异 ($P > 0.10$)。自第20天开始,NN 处理中的浮游植物生物量总是最高,显著高于其他3个处理,而其他3个处理之间的差异不显著 ($P > 0.10$)。

实验期间浮游植物生物多样性指数最高的是 OO 处理(表1)。实验第0天和第10天,所有处理之间多样性指数差异都不显著(图3)。第20天以后,OO 处理中的浮游植物多样性指数一直显著高于其他处理 ($P < 0.10$)。

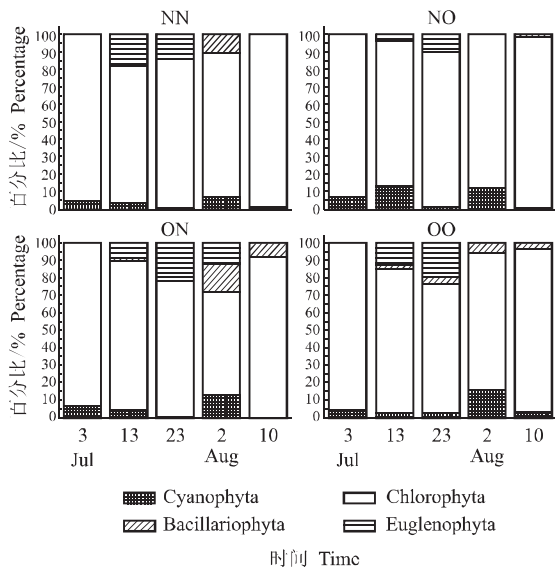


图 1 实验期间不同处理围隔中不同门的浮游植物平均生物量百分比组成

Fig.1 Biomass distribution of major algal groups in different treatment enclosures throughout the experimental period

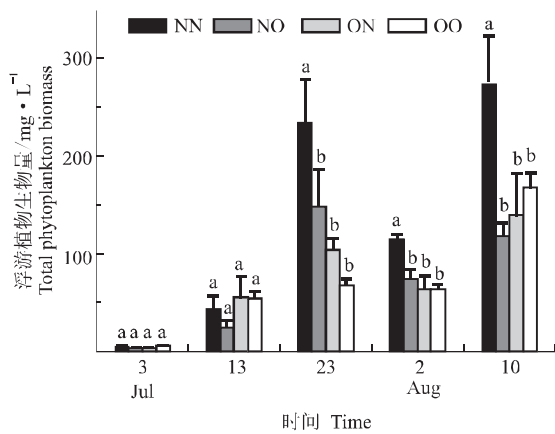


图 2 实验期间不同处理围隔中浮游植物生物量的变动

Fig.2 Total phytoplankton biomass in different treatment throughout the experimental period

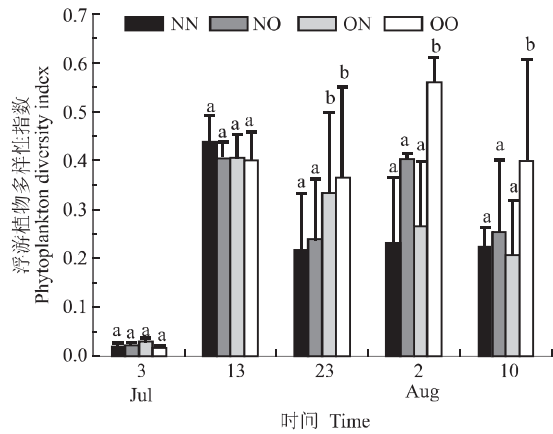


图 3 不同处理围隔中浮游植物多样性指数的变动

Fig.3 Phytoplankton diversity indices (Shannon-Weiner diversity, $\sum p_i \log p_i$) in different treatment throughout the experimental period

2.2 不同施肥组合对浮游动物的影响

盐碱地凡纳滨对虾池塘中浮游动物组成主要是桡足类和轮虫,还有少量的原生动物。本实验不同施肥组合对浮游动物平均生物量没有显著影响 ($P > 0.10$), 详见表 1, 但对浮游动物生物量变动过程的影响是明显的(图 4)。实验第 10 天时全部施用无机肥的 NN 处理中浮游动物生物量最高, 显著高于 ON 和 OO ($P < 0.10$); 第 20 天时, 全部施用有机肥的 OO 处理中浮游动物生物量最高, 显著高于其他施肥组合的处理 ($P < 0.10$)。其他几次采样时, 所有处理

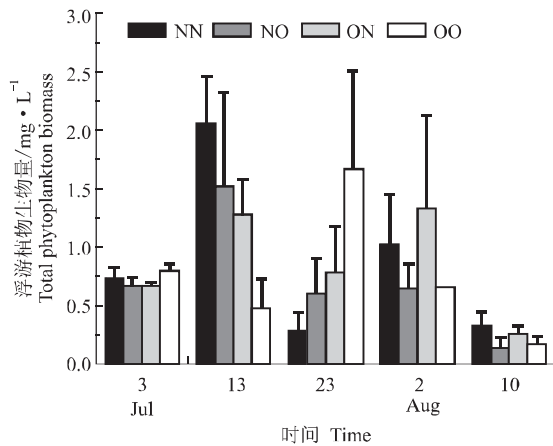


图 4 不同处理围隔中浮游动物生物量的变动

Fig.4 Total zooplankton biomass in different treatment throughout the experimental period

中的浮游动物生物量都没有显著差异 ($P > 0.10$)。值得注意的是,混合施肥的 NO 和 ON 处理中的浮游动物生物量自第 10 天开始一直保持较高的水平,而 NN 和 OO 处理中虽然都有高峰出现,但持续时间较短。

3 讨论

在对虾养殖前期施肥的目的,一是促进浮游植物的生长,提高池塘的初级生产力、调节水体的透明度、增加溶解氧的含量;二是增加浮游动物的生物量,为对虾的前期生长提供天然动物性饵料。另外,对于本实验的盐碱地水体还有促进浮游植物快速繁殖以抑制大型植物(包括芦苇、大型丝状藻类等)生长的效果。一般来说,施肥能增加浮游植物的生物量和初级生产力,同时也会增加浮游动物的丰度^[10-11]。但是,不同施肥组合的效果有着较大的差异^[5]。

许多研究者对 N/P 比对水体中浮游植物的种类组成和动态变化给予了极大关注^[14]。Smith^[15]认为较高的 N/P 比 (>20) 会抑制蓝藻的生长而使绿藻及其他微藻占优势,因为过量的 N 使得固氮性的蓝藻失去竞争优势^[15]。本实验所有处理中 N/P 比都相同,因而不同的施肥组合没有影响不同门的浮游植物生物量的组成。但是,由于无机肥和有机肥对浮游生物的影响途径不同^[16],因而对浮游生物变动会产生不同的影响。本实验结果表明:全部施加无机肥(NN)的浮游植物生物量显著高于其他组合,这与施无机肥会引起“水华”的结论是一致的^[16]。Brummett^[3]在罗非鱼池塘中用象草(*Pennisetum purpureum*)作为有机肥与施用无机肥进行比较,在 N 和 P 施加量相等的情况下,也得出了施用无机肥的浮游植物密度比施有机肥要高的结论。

浮游植物生物多样性在很大程度上影响到群落的稳定性,浮游植物的过度繁殖引起群落“崩溃”会严重影响对虾的正常生长甚至导致死亡^[16]。本研究表明,全部施加有机肥(OO)与其他施肥组合相比可以显著提高浮游植物的生物多样性,有利于养殖水体水质的稳定。

虽然浮游动物总体平均生物量在不同的施肥组合之间差异不显著,但是,从整个实验过程的变化动态来看,与其他施肥组合相比,施加无机肥(NN)的围隔中浮游动物生物量出现高峰的时间早但持续时间短,而混合施肥则既可以使浮游动物生物量高峰

较早出现,又能在较高水平上保持较长时间。4 种施肥组合中浮游动物种类组成并没有出现显著差异,这与 Brummett 的结论不同^[3],可能是由于盐碱地池塘中浮游动物群落的初始结构与之不同所致。

无论是以对虾的净产量还是以个体质量来衡量,均以施加 2/3 有机肥(ON)的围隔中对虾生长最好(表 1),主要原因可能是与实验期间围隔中浮游动物生物量在相对较高水平上维持时间较长有关。

根据本实验的研究结果,综合考虑浮游植物和浮游动物生物量的变动情况,对盐碱地凡纳滨对虾养殖前期的施肥策略提出如下初步建议:虾苗投放前 20 天左右施加无机肥肥水,以期在放养虾苗时达到适宜的透明度并且有充足的浮游动物饵料。提前 10 天左右时再施加有机肥,则可以在不使浮游植物生物量剧烈增加的情况下使浮游动物生物量继续满足虾苗的摄食要求。放养虾苗后再根据水色和浮游生物的生物量情况适时追肥,追肥的组合应为 2/3 有机肥加 1/3 无机肥。施肥量应在本实验施肥量的基础上,根据初始营养盐含量和浮游生物生物量调节。

由于本实验是在不投饵养殖对虾的情况下进行的,所以从水体透明度的变动情况来看(表 1),总施肥量偏低。进一步的研究需要针对不同水质类型对虾池塘的特征,探索最佳的施肥策略(包括施肥总量、施肥组合以及施肥频率等),并对不同施肥策略情况下水体中浮游植物和浮游动物优势种的变动规律做进一步探索。

参考文献:

- [1] Boyd C E, Musig Y, Tucker L. Effects of three phosphorus fertilizers on phosphorus concentrations and phytoplankton production [J]. *Aquaculture*. 1981, 22: 175 - 180.
- [2] Edwards P, Pacharaparakiti C, Yomjinda M. An assessment of the role of buffalo manure for pond culture of tilapia. I. On-station experiment [J]. *Aquaculture*. 1994, 126: 83 - 95.
- [3] Brummett R. Food organism availability and resource partitioning in organically or inorganically fertilization *Tilapia rendalli* ponds [J]. *Aquaculture*. 2000, 183: 57 - 71.
- [4] Hansson L A, Gyllstrom M, Atahl-Delbanco A. Responses to fish predation and nutrients by plankton at different levels of taxonomic resolution [J]. *Freshw Biol*. 2004, 49: 1 538 - 1 550.
- [5] Mischke C C, Zimba P V. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery ponds under various fertilization regimes [J]. *Aquaculture*. 2004, 233: 219 - 235.
- [6] Sierp M T, Qin J G. Effects of fertilizer and crayfish on plankton

- and nutrient dynamics in hardwater ponds [J]. *Hydrobiologia*, 2001, 462: 1–7.
- [7] 齐振雄, 李德尚, 张曼平, 等. 对虾养殖池塘氮磷收支的实验研究 [J]. *水产学报*, 1998, 23: 124–128.
- [8] 黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [9] Winer B J. *Statistical Principles in Experimental Design* [M]. New York: McGraw-Hill, 1991.
- [10] Boyd C E. Summer algal communities and primary productivity in fish ponds [J]. *Hydrobiologia*, 1973, 41: 357–390.
- [11] Parmley D C, Geiger J G. Succession patterns of zooplankton in fertilized culture ponds without fish [J]. *Progr Fish-Cultur*, 1985, 47: 183–186.
- [12] Hephher B. *Nutrition of Pond Fishes* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- [13] 赵文, 董双林, 郑伟刚, 等. 罗非鱼对盐碱池塘围隔浮游生物群落的影响 [J]. *动物学研究*, 2000, 21: 108–114.
- [14] Schindler D W. Evolution of phosphorus limitation in lakes [J]. *Science*, 1977, 195: 260–262.
- [15] Smith V H. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton [J]. *Science*, 1983, 221: 669–671.
- [16] Boyd C E. *Water Quality in Ponds for Aquaculture* [M]. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, 1990.

Plankton community responses to various fertilization combinations in saline-alkaline pond of shrimp (*Penaeus vannamei*)

SUN Wei-ming^{1,2}, DONG Shuang-lin¹, ZHAO Xi-dan¹, JIE Zi-lin¹, ZHANG Le-chun³, ZHANG Han-wen³

(1. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Ocean School, Yantai University, Yantai 264005, China; 3. The Fishery Technical Extension Center of Dongying, Dongying 257000, China)

Abstract: The experiment was carried out in 12 land-based enclosures. Four fertilization combinations (inorganic only (NN), 1/3 organic (NO), 2/3 organic (ON) and organic only (OO)) were set with 3 replicates. Shrimps (*P. vannamei*) stocked in all the enclosures were at a density of 33 ind. · m⁻². The phytoplankton biomass of treatment NN was higher significantly than others ($P < 0.10$) and the phytoplankton diversity in treatment OO was the highest in all the treatments ($P < 0.10$). The zooplankton biomass did not show any statistically significant differences among the treatments. The peak time of zooplankton biomass in treatment NN was earlier than OO and the continuance time of higher zooplankton biomass was longer in NO and ON. The effect of ON (2/3 organic) was the best of all the fertilization combinations according whether the net productivity or the size of shrimp. Based upon this information, a fertilization strategy in saline-alkaline ponds of shrimp is proposed. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14 (7): 30–34]

Key words: fertilization combination; *Penaeus vannamei*; saline-alkaline pond; zooplankton; phytoplankton

Corresponding author: DONG Shuang-lin. E-mail: dongsl@mail.ouc.edu.cn