

# 氮、磷等营养物质对低洼盐碱地 鱼塘水质的影响<sup>\*</sup>

高 光 胡文英 李宽意

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提 要** 通过在实验围隔中添加不同浓度的氮、磷等营养物质,对黄淮海平原低洼盐碱地鱼塘中的水质变化情况进行了初步研究,结果表明:1)围隔水体中异养细菌数量的变动,与水体中氮、磷等营养物质的浓度及比例密切相关,尤其是水体中磷的浓度对异养细菌数量的影响更为显著。2)围隔水体中的氮、磷等营养浓度及比率,明显地影响着其中藻类的数量和生物量。在实验条件下,水体中磷对藻类生长的影响要大于氮对藻类生长的影响。水体中 N:P 比为 10:1 左右是比较适宜藻类生长的比例。3)围隔水体中氮、磷等营养盐的去除能力与其中藻类的生物量及水体中 N:P 的比率密切相关。当围隔水体中的 N:P 比为 10:1 左右时,围隔水体中的藻类生长最好,生物量增加最快,相应地其对 TN、TP 的去除率也是最高的。

**关键词** 氮 磷 营养物质 鱼塘 水质

**分类号** S931.3

鱼塘中水质的好坏直接影响到鱼类的生长。由于在养鱼过程中大量的残饵及鱼类、其它水生生物的代谢废物通过微生物的分解、转化,使得池塘中的氮、磷等营养物质的含量及比例发生变化,从而使得池塘的水质相应地也发生了变化。尤其是在夏季,常常导致池塘水质的恶化,造成鱼塘缺氧,同时也非常容易引起鱼病,最终导致池塘中鱼类的生长的停止,甚至死亡。

藻类作为鱼塘生态系统中的初级生产者,在生长过程中不仅能吸收水体中大量的氮、磷等营养物质,而且可以产生大量的氮,为异养细菌分解、矿化有机物质提供条件<sup>[1]</sup>。藻类的生长不仅受光照、温度、水的滞留时间等的影响,而且取决于水体中的营养盐的含量及比例<sup>[2]</sup>。有关氮、磷等营养物质对藻类生长的影响已有许多报道<sup>[3-5]</sup>,但氮、磷含量及其比例对池塘水质的影响的研究尚不多。本文尝试在实验围隔生态系统中,通过添加不同浓度及比例的氮、磷等营养物质,测定其对藻类生长以及围隔水质的影响,为低洼盐碱地鱼塘生态系统的水质变动规律及其池塘浮游植物生产力的研究提供一些基础资料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验围隔的设置

实验围隔设置在黄淮海平原禹城试区的辛店洼低洼盐碱地鱼塘中。鱼塘面积为 0.33hm<sup>2</sup>,平均水深 1.5m。实验过程中天气晴好,水温平均为 21.6-24.8℃。共设置实验围隔 5 个,每个围隔面积为 4×6m<sup>2</sup>。其中 1<sup>#</sup>围隔作为对照,2<sup>#</sup>围隔中加入 0.8kg 碳酸氢铵(含 N≥17.2%),

\* 国家“九五”攻关课题(95-008-04-02)资助项目。

收稿日期:2000-06-11;收到修改稿日期:2001-08-23。高光,男,1966年生,副研究员。

4<sup>#</sup>围隔中加入 0.2kg 过磷酸钙(有效磷 $\geq 18\%$ ),5<sup>#</sup>围隔中加入 0.8kg 碳酸氢铵及 0.2kg 过磷酸钙,6<sup>#</sup>围隔中加入 1.2kg 碳酸氢铵及 0.4kg 过磷酸钙(3<sup>#</sup>围隔由于底部亦用围隔材料与池塘的底泥分隔开,在本实验中未使用).在加入营养物质时,先用水将营养物质完全溶解,然后进行泼洒,使之在围隔水体中分布均匀.

## 1.2 样品的采集

水样均用事先灭过菌的无菌采水瓶分别采自表层(0.5m).样品采集完毕,立即送入实验中进行测定.

## 1.3 样品测定<sup>[6-8]</sup>

水体中溶解氧用碘量法测定;叶绿素用比色法测定;异养细菌总数采用营养琼脂培养基(BPA),以平皿法测定;TN、TP 用过硫酸钾氧化法测定; $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  用比色法测定;COD 用高锰酸钾法测定;藻类的数量用计数框计数,并根据藻类的细胞体积换算为藻类的生物量.

## 1.4 TN、TP 的去除率

$$\text{TN、TP 去除率} = \frac{\text{水体中 TN、TP 的起始浓度}^{\text{①}} - \text{实验结束时水中 TN、TP 的浓度}}{\text{水体中 TN、TP 的起始浓度}} \times 100\%$$

## 1.5 蓝、绿藻变化率、生物量增加比率

$$\text{蓝、绿藻变化率} = \frac{\text{实验结束时蓝、绿藻的数量} - \text{实验起始时蓝、绿藻的数量}}{\text{实验起始时蓝、绿藻的数量}} \times 100\%$$

$$\text{藻类生物量增加率} = \frac{\text{实验结束时藻类的生物量} - \text{实验起始时藻类的生物量}}{\text{实验起始时藻类的生物量}} \times 100\%$$

# 2 结果与分析

## 2.1 营养盐对围隔水体中异养细菌数量的影响

围隔水体中的异养细菌数量的变动,与水体中氮、磷等营养物质的浓度及比例密切相关,尤其是水体中磷的浓度的影响更为明显(图 1).实验第二天,异养细菌数量与实验开始时相比,在只加入氮的 2<sup>#</sup>围隔中,只增加了 1.1 倍;到实验的第六天,异养细菌数量达到最大值,为开始时的 8.3 倍.而在只加入磷的 4<sup>#</sup>围隔中,则分别增加了 20.6 倍和 145.6 倍.而在同时加入氮、磷及加入 1.5 倍氮、2 倍磷的 5<sup>#</sup>及 6<sup>#</sup>围隔中,实验第二天,异养细菌数量与实验开始时相比,分别增加了 22.4 及 45.5 倍.

## 2.2 营养盐对围隔水体中藻类生长的影响

围隔水体中的氮、磷等营养盐浓度及比例显著地影响着其中藻类的生长.实验过程中,叶绿素含量及藻类数量的变化情况如图 2、图 3 所示.

图 2 表明,在同时加入氮、磷及加入 1.5 倍氮、2 倍磷的 5<sup>#</sup>及 6<sup>#</sup>围隔中,实验第二天,叶绿素含量与实验开始时相比,分别增加了 1.19 及 1.29 倍;而在第六天达到最大值时,分别是起始时的 2.2 及 4.27 倍.远大于只加入氮的 2<sup>#</sup>围隔(1.43 倍)及只加入磷的 4<sup>#</sup>围隔(1.02 倍).

实验围隔中生长的藻类,从其数量的组成看,主要是蓝藻和绿藻.在 N:P 比为 10:1 左右的 5<sup>#</sup>围隔中,蓝藻及绿藻的数量增加最多,大于或小于这个比例时,蓝、绿藻的生长均受到影

① 此处的起始浓度,是指加入了氮、磷等营养物质后,水体中的 TN、TP 浓度.

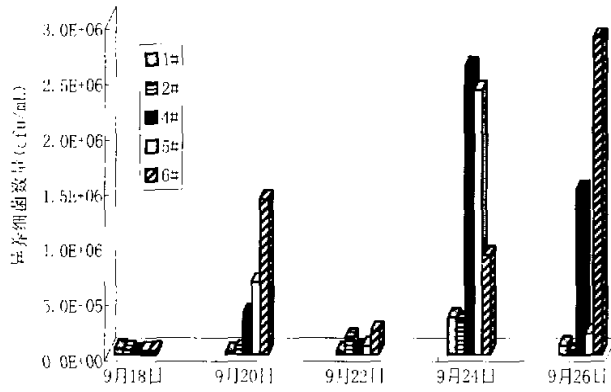


图 1 实验围隔中异养细菌数量的变化

Fig. 1 The distribution of heterotrophic bacteria number in the tested enclosure

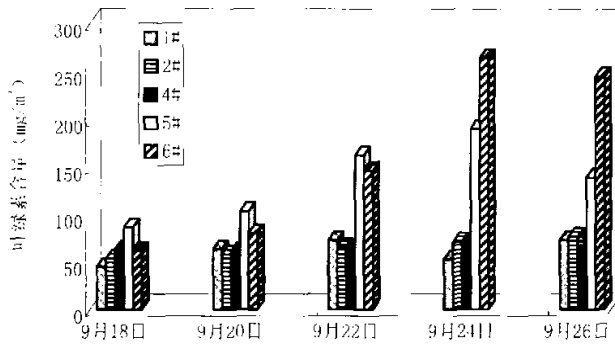


图 2 围隔中叶绿素含量的变化

Fig. 2 The variation of Chl-a in the tested enclosure

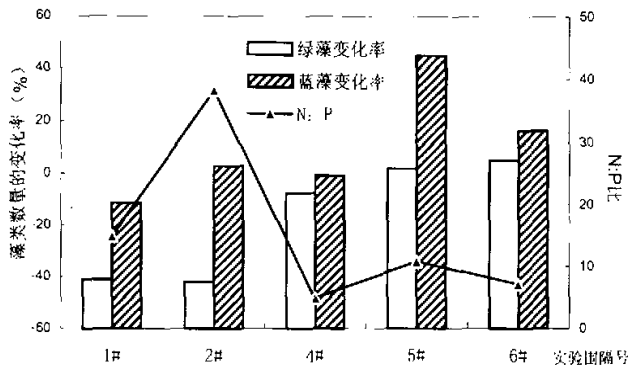


图 3 水体中 N:P 对藻类生长的影响

Fig. 3 The effect of N:P ratio on algae growth

响(图3),表明N:P比为10:1左右是围隔中藻类生长比较适宜的比例。

### 2.3 围隔水体中TN、TP的去除

实验过程中,由于人为地在围隔水体中加入了大量的氮、磷等营养物质,使得水体中的总氮、总磷的浓度发生了急剧的变化。水体中TN、TP的去除率,显著地受到水体中TN、TP的浓度及比例的影响。在同时加入氮、磷的5#围隔中,其TN、TP的去除率,远高于分别加入相同浓度氮、磷的2#、4#围隔。但当水体中的氮、磷浓度超过一定限度后,TN、TP的去除率不仅没有随之增加,反而减少。围隔水体中的TN、TP的去除率随水体中TN、TP浓度及其比例变动的情况如图4所示。

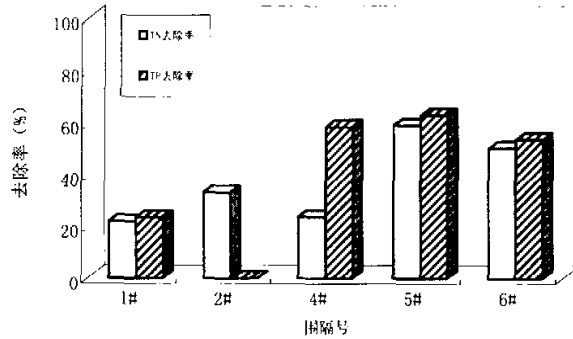


图4 围隔水体中TN、TP的去除率

Fig. 4 The removing rate of TN, TP in the tested enclosure

## 3 讨论

(1)池塘作为一个半人工的封闭的生态系统,水体中除了自然地或随着施肥、投饵等一起进入鱼塘的外源性氮、磷等营养物质外,鱼塘中由于藻类的生长,浮游动物及鱼类的代谢活动过程也会产生大量的有机物质,通过水体中微生物的代谢,这些有机物质或迟或早地要分解及矿化,重新进入鱼塘生态系统的物质循环<sup>[9-11]</sup>。当水体中的氮、磷等营养物质的浓度及比例发生变化时,将会对水体中的浮游植物的生长代谢产生影响。一般认为藻类生长的适宜范围是: N的浓度不低于0.1mg/L, P的浓度不低于0.009mg/L,且N、P的浓度均不超过45mg/L。虽然在本实验过程中,围隔水体中的N、P的浓度均未超过藻类生长的适宜范围,但由于实验中N:P的比例差异较大,导致围隔中藻类的数量和生物量也发生了较大的变化。(图4)表明N:P比为10:1左右是藻类生长比较适宜的比例。大于或小于这个比例时,蓝、绿藻的生长均受到影响。这与Ghilarov在研究生物氧化塘时提出的C:N:P=100:10:1的最适比例基本是一致<sup>[12]</sup>。

(2)水体中氮、磷等营养盐的去除能力与其中藻类的生物量密切相关。高玉荣等在研究磷对藻类生长及污水净化的影响时,指出:污水的净化效果与藻类的净生产量有密切关系。在TN:TP为20:2.5的条件下,藻类净生产量最高,污水净化效果最好<sup>[13]</sup>。这与本实验的结果基本一致(图5)。

比较2#围隔、4#围隔中藻类生物量增加的比率,发现:在仅加入氮的2#围隔中,藻类生物

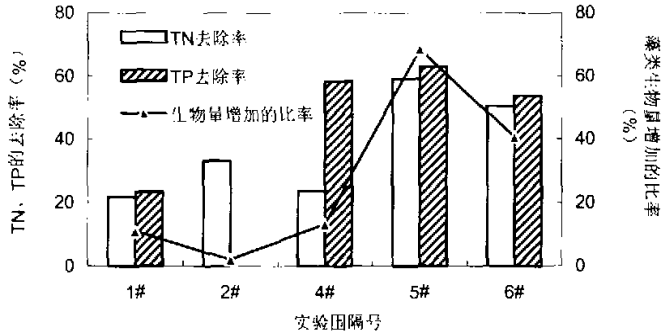


图5 藻类生物量对 TN、TP 去除率的影响

Fig.5 The effect of algal biomass on TN and TP purifying rates

量增加的比率最少,其对 TP 的去除率也是最低的;在仅加入磷的 4# 围隔中,藻类生物量增加的比率大于 2# 围隔,其对 TP 的去除率也大于 2# 围隔.由于蓝藻大量生长需要消耗水体中大量的磷,而在实验条件下,围隔水体中磷的含量较少,不能完全满足藻类大量生长的要求,故其对藻类生长的影响要大于氮对藻类生长的影响.在 N:P 比较为适宜的 5# 围隔中,藻类的生物量增加最多,明显地高于其它围隔,相应地其 TN、TP 的去除率也是最高的.

#### 4 小结

(1) 围隔水体中异养细菌数量的变动,与水体中氮、磷等营养物质的浓度及比例密切相关,尤其是水体中磷的浓度对异养细菌数量的影响更为显著.

(2) 围隔水体中的氮、磷等营养盐浓度及 N:P 比例,明显地影响着其中藻类的数量和生物量.在实验条件下,水体中磷对藻类生长的影响要大于氮对藻类生长的影响.水体中 N:P 比为 10:1 左右是藻类生长比较适宜的比例.

(3) 围隔水体中氮、磷等营养盐的去除能力与其中藻类的生物量及水体中 N:P 的比率密切相关.当围隔水体中的 N:P 比为 10:1 左右时,围隔水体中的藻类生长最好,生物量增加最快,相应地其对 TN、TP 的去除率也是最高的.

## 参 考 文 献

- 1 上海石化总厂,中科院水生生物研究所.藻类氧化塘的初步研究.环境污染与生态学文集.南京:江苏科学技术出版社, 1981. 181 - 188
- 2 Azov Y and Scheffé G. Operation of high rate oxidation ponds: Theory and experiments. *Water Res*, 1982, 16:1153 - 1160
- 3 Bierhuizen J F H and Prepas E E. relationship between nutrients, dominations and phytoplankton standing crop in prairie saline lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1985, 42(10):1588 - 1593
- 4 Smith V H. Predictive models for the biomass of bluegreen algae in lakes. *Water Resour Bull*, 1985, 21(3):433 - 430
- 5 Ibelings B W, Mur L R, Walsby A E. Diurnal changes in buoyancy and vertical distribution in populations of *Microcystis* in two shallow lakes. *J Plankton Res*, 1991, 13:481 - 488
- 6 金相灿等编著.湖泊富营养化调查规范(第二版).北京:中国环境科学出版社,1990.138 - 316
- 7 美国公共卫生协会等编著.水和废水标准检验法(第14版).北京:中国建筑工业出版社,1985.324 - 830
- 8 陈绍铭等编著.水生微生物学实验法.北京:海洋出版社,1985.198 - 247
- 9 Сметанина И Ю. 集约化养鱼池中浮游细菌的矿化作用.国外水产,1982,3:42 - 44
- 10 Oude P J den, Gulati R D. Phosphorus and nitrogen excretion rates of zooplankton from the eutrophic loosdrecht lakes, with notes on other P sources for phytoplankton requirements. *Hydrobiologia*, 1988, 169:379 - 390
- 11 Lehman J T. Release and recycling of nutrients between planktonic algae and herbivores. *Limnol Oceanogr*, 1980, 25:620 - 632
- 12 Ghilarov A M. Report on eutrophication studies in the U.S.S.R. *Water Research*, 1983, 17(6):607 - 611
- 13 高玉荣等.磷对藻类生长及污水净化的影响.应用生态学报,1991,2(4):355 - 360

## The Effects of Nitrogen and Phosphorus on Water Quality of the Low-wetland Fishponds

GAO Guang    HU Wenyong    LI Kuanyi

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

### Abstract

The variance of water quality was studied by adding different concentration of nitrogen and phosphorus into the tested enclosure. The results show that: (1) There existed strong relationship between the heterotrophic bacteria abundance and the concentration of nitrogen and phosphorus, especially the phosphorus. (2) The nitrogen and phosphorus concentration and ratio of N to P significantly affected the algae abundance and biomass. The suitable N:P value for algae growth was 10:1. (3) There existed significant relationship between the nitrogen and phosphorus removing capacity and the algae biomass and the N:P value. When the N:P value was 10:1, the algae grew well and the biomasses were increased most quickly. In this case, the nitrogen and phosphorus removing capacity was the highest.

**Key Words** Nitrogen, phosphorus, nutrient, low-wetland fishponds, water quality