

# 伊乐藻、轮叶黑藻净化养鱼污水效果试验<sup>\*</sup>

高光

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**摘要** 在实验室条件下,对伊乐藻及轮叶黑藻净化养鱼污水的能力进行了比较研究。结果表明:(1)伊乐藻和轮叶黑藻对养鱼污水中的N、P等物质有较好的净化效果。在96h内,它们对TN、TP、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{NO}_3^--\text{N}$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 的平均净化率分别为:60.7%,53.6%,74.4%,59.7%,75.1%,63.2%;61.8%,54.2%,85.3%,81.8%,31.4%,33.5%。(2)水生植物在净化过程中,其效率受温度、光照、及水体中营养盐浓度等外界条件的制约。(3)微生物在水生植物净化养鱼污水的过程中起着重要的作用。

**关键词** 伊乐藻 轮叶黑藻 净化 养鱼污水

近年来由于湖泊网围养鱼的大量增加,在养鱼过程中残饵及鱼类的排泄物大量进入湖泊水体,造成湖泊水体污染,加速了湖泊富营养化进程。如何既保持一定规模的网围养鱼,同时又最大限度地保护湖泊水体不受污染,就成了一个亟待解决的问题。水生高等植物既可以吸收同化大量的营养物质,又可作为网围养鱼的饵料,从而减少外源性饵料的投入。此外,还可用打捞等简单的方法移出水体,使水质得到净化。为此用水生高等植物净化养鱼污水,是比较理想的。本实验以生长迅速又具有较好饲料价值的伊乐藻(*Elodea naltalii*)和常作养鱼饵料的轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)作为实验对象,在实验室条件下,对两者净化养鱼污水的能力进行了比较试验。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

(1)全部实验均在直径29cm的玻璃培养缸中进行。

(2)实验所用的水草均取自中国科学院南京地理与湖研究所东山站的网围养鱼试验区。选取生长良好的植株种入培养缸中,待生长正常后进行实验。

### 1.2 分析方法

水中 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{NO}_3^--\text{N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 、TN、TP的测定,参见文献[1,2];底泥中TN、TP的测定,参见文献[3];细菌总数用平板法测定<sup>[4,5]</sup>;水中COD用锰法测定<sup>[1,2]</sup>。

### 1.3 计算方法

$$R_{\text{净化率}}(\%) = \frac{(C_0V_0 + C_0'V_0') - (CV + C'V')}{C_0V_0 + C_0'V_0'} \times 100\%$$

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目(49070013)。

收稿日期:1994-08-29;接受日期:1994-12-05。

作者简介:高光,男,1964年生,助理研究员。1987年厦门大学微生物学专业毕业,1993年在中国科学院南京地理与湖泊研究所获硕士学位。主要从事湖泊微生物的生态研究,已发表相关论文多篇。

其中,  $C_0$ 、 $C$  为水中某种物质的起始浓度和终止浓度;  $V_0$ 、 $V$  为水的起始体积和终止体积;  $C'_0$ 、 $C'$  为底泥中某种物质的起始浓度和终止浓度;  $V'_0$ 、 $V'$  为底泥的起始体积和终止体积。

2 结果和讨论

2.1 不同水生植物对养鱼污水的净化效果

在直径为 29cm, 体积为 20L 的玻璃培养缸中, 按生态工程的要求, 分别植入 250g(鲜重)的伊乐藻及轮叶黑藻, 等生长正常后开始实验。实验时在培养缸中加入 12.5L 的养鱼污水, 使得植入的水生植物约占总容积的 2% 左右。室内自然光照, 培养 96h, 水温 23~25℃, pH7.44, 结果见表 1。

表 1 伊乐藻、轮叶黑藻净化养鱼污水效果(%)  
Tab. 1 The effect of *Elodea naltalii* and *Hydrilla verticillata* on purifying fishculture waste water

项 目	TN		TP		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		COD <sub>Mn</sub>	
起始浓度(mg/L)	4.104		1.029		0.44		3.082		0.384		14.84	
水草种类	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
培养时间												
12h	10.3	9.6	6.0	6.3	12.1	10.2	6.3	4.3	35.5	24.7	11.9	7.0
24h	23.2	22.3	16.1	13.9	20.0	14.3	11.4	14.5	47.4	30.3	17.3	13.8
36h	29.1	26.2	21.9	18.8	27.7	21.5	23.6	21.9	71.7	55.8	21.7	17.7
48h	38.9	35.9	30.4	33.3	42.1	38.5	39.4	29.5	76.6	66.6	23.6	20.7
72h	45.4	40.6	48.2	46.1	59.4	45.8	46.3	36.3	82.3	71.7	21.7	25.6
96h	60.7	53.6	74.4	59.2	75.1	63.2	61.8	54.2	85.3	81.8	31.4	33.5

\* 是平行样的平均数; (1) 伊乐藻; (2) 轮叶黑藻。

从表 1 可见: (1)伊乐藻及轮叶黑藻对养鱼污水的净化效果基本相同, 其中以伊乐藻的净化效果略好。 (2)NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的净化速率要大于 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 及 TN 的净化速率, 这主要是水生植物首先吸收 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 之故。 (3)PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 的净化速率也大于 TP 的净化速率, 这主要是由于水生植物的生长需要吸收 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P。

2.2 温度对净化效果的影响

为了对比不同温度下的净化效果, 实验中选择了 6~8℃、12~15℃、17~19℃、23~25℃ 4 个温度条件, 分别测定了其 96h 内的净化率, 其结果如表 2 所示:

表 2 不同温度下伊乐藻、轮叶黑藻净化率(%)  
Tab. 2 The influence of temperature for purifying effects of *Elodea naltalii* and *Hydrilla verticillata*

项 目	TN		TP		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		COD <sub>Mn</sub>	
水草种类	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
温度												
6~8℃	6.4	3.8	7.0	6.8	18.3	15.1	6.0	5.4	8.3	10.4	6.9	3.6
12~15℃	27.1	18.1	37.2	22	61.3	51.7	47.5	40.4	65.1	50.9	30.0	14.7
17~19℃	47.9	29.7	62.1	51.5	67.8	53.6	52.9	41.5	76.9	64.7	32.9	22.7
23~25℃	60.7	53.6	74.4	59.2	75.1	63.2	61.8	54.2	85.3	81.8	31.4	33.5

(1) 伊乐藻; (2) 轮叶黑藻。

从表中可知: (1) 温度对水生植物的净化效果影响很大。在 6~8℃ 范围内, 随着温度的降低, 伊乐藻及轮叶黑藻对污水的净化率显著降低。 (2) 在实验所设定的条件下, 23~25℃ 时, 伊乐藻及轮叶黑藻对污水的净化效果最好。

上述结果说明,真正与净化率有关的是水生植物的生长状况。在 23~25℃ 的水温下,伊乐藻及轮叶黑藻处于生长旺盛期,此时它们吸收的营养最多,同时生产量也最大,因而有较高的净化率。而随着水温的逐渐降低,伊乐藻及轮叶黑藻的生长受到抑制,新陈代谢活动减慢,因而它们吸收的营养成分也减少,自然净化能力也随之降低。由于伊乐藻及轮叶黑藻是属于同科的水生植物,它们的生长及生理特性有着许多共同之处,温度对其净化率的影响在一定程度上也有相似的影响。

2.3 污水中 N、P 的含量与净化率的关系

为了定量地研究养鱼污水中 N、P 等物质的含量与水生植物净化率之间的关系。在网围养鱼试验区的养鱼污水中分别加入 5mg/L、10mg/L、20mg/L 的 KNO<sub>3</sub>、NH<sub>4</sub>Cl、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 配制成实验用污水进行实验。实验温度 17~19℃,pH7.44~7.51,96h 内的净化率见表 3。

表 3 伊乐藻、轮叶黑藻对不同含量氮、磷的净化率(%)  
Tab. 3 The purifying rate of *Elodea naltalii* and *Hydrilla verticillata* for different content of nitrogen and phosphorus

项 目 水草种类	TN		TP		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		COD <sub>Mn</sub>	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
自然污水	47.9	29.7	62.1	51.5	67.8	53.6	52.9	41.5	76.9	64.7	32.9	22.7
外加 5mg/L	68.2	45.6	74.6	64.0	88.0	65.9	70.8	61.8	88.8	80.5	33.6	27.7
外加 10mg/L	60.6	35.9	54.6	48.3	75.1	30.9	75.8	51.8	87.3	50.9	30.0	30.6
外加 20mg/L	38.1	24.8	51.5	32.0	59.5	34.8	34.8	46.2	69.2	37.6	34.9	41.1

(1) 伊乐藻; (2) 轮叶黑藻。

从表 3 可知:(1) 在一定的浓度范围内,水生植物的净化率随水体中 N、P 等物质的含量增加而增大。(2) 在外加 5mg/L N、P 等物质的条件下,轮叶黑藻的净化率比伊乐藻的净化率增加的幅度要大,这可能是由于轮叶黑藻比伊乐藻更能耐受污染。(3) 随着水中 N、P 浓度的不断增大,超过一定限度后,水生植物的净化率反而减小。(4) 随水中 N、P 等物质含量的增加,轮叶黑藻对 COD<sub>Mn</sub> 的净化率逐渐增大。

2.4 光对水生植物净化效果的影响

光对水生植物的生长有着重要的作用,因而对水生植物的净化效率也会产生影响。在实验过程中,分别将一组伊乐藻及轮叶黑藻用黑布遮盖起来,使之无光照;另一组则在室内自然光的条件下进行培养。其它条件完全一致,96h 内其对养鱼污水的净化效果见表 4。

表 4 光对伊乐藻、轮叶黑藻净化率的影响(%)  
Tab. 4 The influence of light for purifying rate of *Elodea naltalii* and *Hydrilla verticillata*

项 目 水草种类	TN		TP		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		COD <sub>Mn</sub>	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
有光照	46.0	28.3	60.5	55.8	67.8	56.7	59.1	51.2	84.5	70.4	33.3	32.4
无光照	12.3	9.3	26.4	15.0	21.6	15.8	4.7	5.8	16.7	11.4	11.3	9.4

(1) 伊乐藻; (2) 轮叶黑藻。

表 4 中的结果表明:光对水生植物的净化效果起着决定性的作用。原因主要是在没有光照的条件下,水生植物不能进行光合作用,因而其生长受到抑制,新陈代谢活动减慢,水生植物从水体中吸收的营养物质也就自然地减少,从而导致了净化效率的降低。

2.5 微生物与水生植物净化养鱼污水的关系

微生物在水体中的物质转化过程中有着重要的作用。实验时在一组伊乐藻及轮叶黑藻中分别加入链霉素、青霉素、氯霉素和放线菌酮,抑制其中微生物的生长;另一组伊乐藻及轮叶黑藻则作为对照,分别测定其在 96h 内的净化效率(表 5、图 1)。

表 5 微生物对伊乐藻、轮叶黑藻净化率的影响(%)

Tab. 5 The influence of microbe for purifying rate of *Elodea naltalii* and *Hydrilla verticillata*

项 目 水草种类	TN		TP		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N		COD <sub>Mn</sub>	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
无菌	4.4	3.2	15.1	19.9	20.0	14.6	6.0	7.0	22.7	28.4	5.4	6.9
对照	65.3	64.0	68.0	51.5	79.3	63.9	56.2	40.8	76.4	65.3	26.8	31.1

(1) 伊乐藻;(2) 轮叶黑藻。

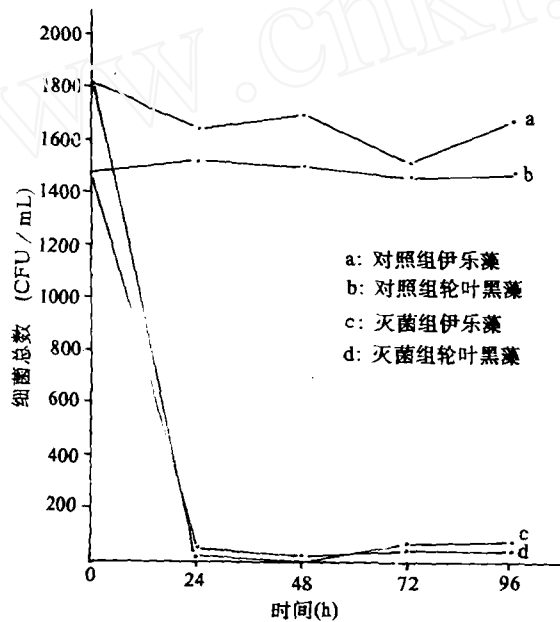


图 1 水体中细菌总数的分布

Tab. 1 The distribution of total bacteria numbers in water body

从表 5 中可见:(1)在无菌条件下,水生植物对养鱼污水的净化率大为降低。这主要是因为实验组中的细菌数量要远小于对照组中的细菌数量,因而其转化养鱼污水中 N、P 等物质的能力要远低于对照组,从而影响了水生植物对 N、P 等物质的吸收能力。(2)灭菌处理对水生植物净化 TN 的影响,要大于对净化 TP 的影响;而且对净化 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 的影响要大于对净化 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 的影响。

3 结论

通过上述的实验,可以得出以下结论:

(1) 伊乐藻和轮叶黑藻对养鱼污水中的 N、P 等物质有着较好的净化效果。虽然伊乐藻的净化能力略高于轮叶黑藻,但两者之间并无显著的差异。

(2) 水生植物在净化过程中,其效率受温度、光照条件,及水体中营养盐浓度等条件的制约。

(3) 微生物在水生植物的净化过程中起着重要的作用。它通过将 N、P 等有机物质转化成易被植物所吸收的形式,从而使水体得到净化。

由于水生植物具有净化能力,因而进行适度规模的围网养鱼,配合种植一定密度的水生植物,就可以有效地控制污染。

### 参 考 文 献

- 1 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
- 2 美国公共卫生协会等编著. 水和废水标准检验法. 北京:中国建筑工业出版社,1985. 324~830
- 3 钱君龙等. 过硫酸盐法测定土壤全氮、全磷. 土壤. 1990, 22(5): 258~262
- 4 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
- 5 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著. 土壤微生物研究法. 北京:科学出版社,1985. 43~51

## EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EFFECT OF PURIFICATION OF FISHCULTURE WASTE WATER BY *ELODEA NATTALII* AND *HYDRILLA VERTICILLATA*

Gao Guang

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

### Abstract

The treatment effect of fishculture waste water by *Elodea nattalii* and *Hydrilla verticillata* undertaken in laboratory is studied and compared. The results show as follows: (1) *Elodea nattalii* and *Hydrilla verticillata* have strong capacity of purification on nitrogen and phosphorus, etc. in fishculture waste water. After 96 hours, treated with *Elodea nattalii*, the average loss rate of total nitrogen, total phosphorus, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and chemical oxygen demand is 60.7%, 53.6%, 74.4%, 59.7%, 75.1%, and 63.2%; while treated with *Hydrilla verticillata*, the average loss rate is 61.8%, 54.2%, 85.3%, 81.8%, 31.4% and 33.5%. (2) The purification capacity of the two macrophytes is restricted by water temperature, light and the content of nutrient. (3) Microbe plays an important role in the purifying process of fishculture waste water by the water plants.

**Key Words** *Elodea nattalii*, *Hydrilla verticillata*, purification, fishculture waste water