

三角帆蚌清除富营养化水体中叶绿素 a 的研究

费志良<sup>1 2</sup> ,严维辉<sup>2</sup> ,赵沐子<sup>2</sup> ,郝忱<sup>2</sup> ,唐建清<sup>2</sup>

( 1. 南京师范大学地理科学学院 ,江苏 南京 210097 )  
( 2. 江苏省淡水水产研究所 ,江苏 南京 210017 )

[ 摘要 ] 研究了三角帆蚌滤食富营养化水体中藻类的能力.发现三角帆蚌能有效地清除水体中的叶绿素 a.通过方差分析的方法得出在 96 h 即达到显著的清除效果,并且当蚌密度在 18.75 只/m<sup>3</sup> 时( 本实验水体中藻类密度为 10<sup>6</sup> 个/mL 左右 )清除的效果最佳.还对实验的结果进行了函数的拟合,发现在贝类滤食过程中叶绿素 a 含量和时间之间存在对数函数关系.本文提示利用双壳贝类净化富营养化水体是一条可行的途径.

[ 关键词 ] 三角帆蚌,叶绿素 a,藻类

[ 中图分类号 ] Q959.9 [ 文献标识码 ] A [ 文章编号 ] 1001-4616( 2006 )03-0099-04

Studies on Purification of Chlorophyll – a in Eutrophic Water  
by *Hyriopsis cumingii* Lea

Fei Zhiliang<sup>1 2</sup> ,Yan Weihui<sup>2</sup> ,Zhao Muzi<sup>2</sup> ,Hao Chen<sup>2</sup> ,Tang Jianqing<sup>2</sup>

( 1. School of Geographical Science ,Nanjing Normal University ,Nanjing 210097 ,China )  
( 2. Freshwater Fishery Research Institute of Jiangsu Province ,Nanjing 210017 ,China )

**Abstract** *Hyriopsis cumingii* Lea 's ability to filter algae in eutrophic water was studied. *Hyriopsis cumingii* Lea was found to be able to eliminate chlorophyll-a in water efficiently. By analysis of variance , we concluded that the effect of elimination was remarkable after 96 h , and that when the density of mussels was 18.75 per m<sup>3</sup> while the density of algae was about 10<sup>6</sup> per mL , the effect of elimination was the best. The function analogue of the experimental results indicated that the content of chlorophyll – a and the time had a logarithm function relation during the purifying process. The study suggested that it was a feasible way to purify eutrophic water with bivalves.

**Key words** *Hyriopsis cumingii* Lea , chlorophyll-a , algae

0 引言

近年来 ,由于国民经济的迅猛发展和人口剧增 ,许多工业废水和生活污水大量排入江河湖泊中 ,使水体中的营养负荷增加 ,许多湖泊出现了富营养化的现象.以江苏的太湖为例 ,每年夏季都会爆发“ 水华 ”,即以蓝藻为主的藻类大量生长 ,藻类死亡之后产生的藻类毒素对人体危害极大.湖泊的富营养化问题已经引起国内外专家学者的高度重视. Tantichodok 等( 1988 )<sup>[ 1 ]</sup>研究指出 ,贝类的食物源是浮游植物和有机碎屑 ,而对浮游植物的吸收高于有机碎屑.因此有学者利用贝类对水体中无机物及有机物的吸收作用来净化水质<sup>[ 2-4 ]</sup> ,这就是目前国际上流行的生物操纵法.三角帆蚌( *Hyriopsis cumingii* Lea )为我国特有的滤食性贝类 ,滤水的能力很强.本文通过方差分析的方法研究其对富营养化水体中藻类的清除能力 ,藻类的密度用叶绿素 a 的含量来度量.

收稿日期 :2005-05-28.  
基金项目 :国家“ 863 ”计划资助项目( 2002AA601011 – 02 – 2 ).  
作者简介 :费志良 ,1962— ,博士研究生 ,研究员 ,主要从事水产品加工与质量的学习与研究 ,E-mail :jsfish@jlonline.com  
通讯联系人 :唐建清 ,1962— ,研究员 ,主要从事水生生物学的研究. E-mail :jstjq@163.com

# 1 材料与方法

## 1.1 材料

三角帆蚌( *Hyriopsis cumingii* Lea ) 均重  $120 \pm 5$  g.  
实验用水体 :富营养化的池塘水 ,镜检主要是蓝藻、绿藻、裸藻、隐藻等 ,藻类密度在  $10^6$  个/mL 左右.  
实验池 :14 个水泥池(  $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0.6\text{ m}$ /个 ).  
试剂 :90% 丙酮.  
仪器 :0.45  $\mu\text{m}$  滤膜 ,碾磨器 ,722 型分光光度计.

## 1.2 方法

在 14 个实验池中注入 3/4 体积的含藻类的池塘水 ,依次将 15 只、30 只、45 只、60 只、75 只、90 只三角帆蚌用塑料漏袋挂于水体中层( 2 只蚌/袋 ) ,同时做空白对照( 记录为 0 只 ) ,每个生物量水平设 1 个重复. 每天早晚各暴气 1 h ,每隔 24 ~ 48 h 采集 1 次水样 ,共采 5 次. 采样方式是采集随机分布在池四角和中部的 5 个点的水样 ,混合均匀 ,总体积为 1 000 mL ;采样位置在水体中层. 采集的水样在 24 h 内即测定其中叶绿素 a 的含量. 叶绿素 a 的测定用丙酮提取、分光光度计比色分析的方法. 实验过程中水温在 22 ~ 28℃ 之间变化.

# 2 结果

三角帆蚌各生物量水平的叶绿素 a 的测定结果记录见表 1 ,表中每格的两个数据为两次重复. 图 1 是根据表 1 的数据绘成的曲线图 ,图中的每一个点取两次重复的平均数.

表 1 水体中叶绿素 a 的含量(  $\mu\text{g/L}$  )

	0 h	24 h	48 h	96 h	144 h
0 只	38.36	28.56	25.55	18.55	17.9
	38.36	29.32	22.66	16.26	13.82
15 只	38.36	13.25	18.21	4.18	11.60
	38.36	7.85	13.70	2.77	4.20
30 只	38.36	20.95	13.69	5.09	10.45
	38.36	12.90	19.01	5.48	8.36
45 只	38.36	10.00	4.51	2.53	2.44
	38.36	15.28	15.63	3.70	2.19
60 只	38.36	17.07	13.69	5.47	5.07
	38.36	16.60	23.23	5.38	2.00
75 只	38.36	18.21	17.75	7.00	6.78
	38.36	27.56	20.15	6.12	7.95
90 只	38.36	22.89	18.56	6.62	4.93
	38.36	20.15	19.52	6.75	6.59

# 3 分析与讨论

## 3.1 贝类滤食藻类能力的研究

贝类是滤食性动物 ,通过瓣鳃滤水来摄取食物. 贝类的滤水能力极强 ,Smaal 等( 1989 )<sup>[5]</sup>报告乌斯特车尔德河口区的贻贝( *Mytilus Edulis* )种群每 4 ~ 5 天可对整个水体过滤一次. Tantichodok 等( 1988 )<sup>[1]</sup>研究指出 ,贝类的食物源是浮游植物和有机碎屑 ,而对浮游植物的吸收高于有机碎屑. Shpigel 等( 1991 )<sup>[6]</sup>在对一个养殖池牡蛎滤取率的研究中发现 ,牡蛎能滤取新鲜海水中 50% 的藻类 ,显示出极强的摄食能力. 龚世圆等( 1997 )<sup>[7]</sup>曾对绢丝丽蚌的食性进行了研究 ,发现其食物主要是浮游植物 ,多达 6 门 22 属. 绿藻门最多 ,其次是硅藻门、裸藻门、蓝藻门 ,在绢丝丽蚌消化道中还存在无固定形态的有机碎屑. 贝类摄食的藻类和有机碎屑部分被消化利用 ,部分以假粪便的形式沉积下来. 滤食性贝类对浮游植物总生物量的影响机制有两个方面 :一是滤食作用使浮游植物的生物量下降( Smith ,1985<sup>[8]</sup> ;卢敬让等 ,1997<sup>[3]</sup> ) ;二是滤食性贝类的代谢产物可增加水体中营养物质 ,特别是 N、P 的含量并促进其循环 ,从而促进浮游植物的生长<sup>[9]</sup>. 但从大量实验的结果来看 ,滤食作用对浮游植物生物量的压制是主要的.

本实验过程中,由于贝类的摄食和自然沉降的原因,各实验组的透明度都随时间呈现逐渐变大的趋势,测得的叶绿素 a 含量都随时间呈逐渐下降的趋势。从图 1 中可以直观的看出叶绿素 a 含量的下降趋势,同时可以看出挂蚌池的下降程度要明显高于空白对照池。揭示三角帆蚌具有强大的清除藻类的能力,这与 Smith(1985)<sup>[8]</sup>、卢敬让等(1997)<sup>[3]</sup>的研究是一致的。

3.2 最佳蚌密度和最佳挂蚌时间的选择

蚌对藻类的滤食是个复杂的过程,蚌在滤食藻类的同时,藻类的种群也在增长。蚌的密度过低,则难以短时间内压制藻类的生长速度。而如果蚌的密度过大,迅速滤食掉较多的藻类之后降低了藻类的密度,这使藻类的种群内竞争压力也降低了,导致藻类的增长反而加快,密度又开始增大。选择最佳的挂蚌密度才能达到最佳的滤食效果。随着时间变长,藻类的密度降低,达到多长时间时藻类的密度已经显著降低是值得考查的,这对工程有指导意义。

为了回答上述两个问题,将挂蚌池生物量水平 15 只、30 只、45 只、60 只、75 只、90 只作为因素 A,将时间水平 0、24、48、96、144 h 作为因素 B 对表 1 中的数据进行一次双因素方差分析,结果见表 2。可以得出,蚌生物量各水平之间差异极显著( $\alpha=0.01$ ),时间各水平之间差异也极显著( $\alpha=0.01$ ),两因素之间的交互作用不显著。为了比较各水平之间的两两差异,使用 Duncan 多范围检验法做了 2 次多重比较。因为交互作用不显著,每次多重比较只要任取一个因素的一个水平即可。

首先,将时间水平固定在 48 h,蚌生物量的 6 个水平 15 只、30 只、45 只、60 只、75 只、90 只的多重比较,结果见表 3。从表 3 可以得出,45 只水平的池中叶绿素 a 的含量最低,且和 60 只、75 只、90 只有显著差异,说明 45 只蚌是最佳生物量水平。此池中三角帆蚌的密度为 18.75 只/m<sup>3</sup>。

其次,将蚌生物量水平固定在 45 只,时间的 5 个水平 0、24、48、96、144 h 的多重比较的结果见表 4。可以得出,24 h 以后的叶绿素 a 含量已经和初始时有极显著的差异,说明蚌在 24 h 之后就发挥了巨大的滤食作用,到了 48 h 之后的各时间水平,叶绿素 a 的含量只存在显著差异,96 h 之后的各时间水平差异已经不明显,说明挂蚌时间到 96 h 时已经达到最佳效果,叶绿素 a 的含量已经降到极低,时间上已经没有再延长的必要。

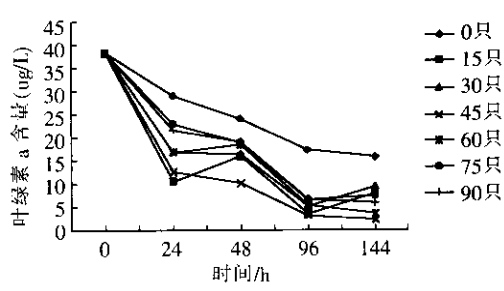


图 1 水体中叶绿素 a 含量的变化曲线

表 2 双因素方差分析(n=2)

变差来源	平方和	自由度	均方	F
蚌生物量 A	209.05	5	41.81	4.485 41 **
时间 B	8 607.18	4	2 151.795	230.846 3 **
AB	234.45	20	11.722 5	1.257 599
误差	279.64	30	9.321 33	
总和	9 330.32	59		

\*  $\alpha=0.05$ , \*\*  $\alpha=0.01$

表 3 多重比较一

	45 只	15 只	30 只	60 只	75 只
90 只	8.97 *	3.08	2.69	0.58	0.09
75 只	8.88 *	2.99	2.6	0.49	
60 只	8.39 *	2.5	2.11		
30 只	6.28	0.39			
15 只	5.89				

\*  $\alpha=0.05$

表 4 多重比较二

	144 h	96 h	48 h	24 h
0 h	36.04 **	35.24 **	28.29 **	25.72 **
24 h	10.32 **	9.52 **	2.57	
48 h	7.75 *	6.95 *		
96 h	0.8			

\*  $\alpha=0.05$ , \*\*  $\alpha=0.01$

3.3 叶绿素 a 含量变化曲线的拟合

如果对图 1 绘出的折线图进行平滑曲线的拟合 ,可以发现各条曲线之间呈现一致性 ,它们的函数都可以用一个对数模式来表示 ,即

$$Y = a \times \ln( X ) + b$$

其中 Y 代表叶绿素 a ,X 代表时间. a、b 为常数 ,随曲线不同而不同 ,但是在相同的实验条件下应该在一个区间内变动. 本实验中拟合出来的 6 个方程的参数见表 5( 叶绿素含量单位为 μg/L ,时间单位为 h ).

表 5 叶绿素 a 变化曲线拟合方程的参数

生物量水平( 只 )	a	b	R
15	-6.56	37.01	0.896 9
30	-6.30	38.16	0.951 4
45	-7.41	37.87	0.992 7
60	-6.83	39.19	0.943 9
75	-6.37	39.96	0.933 1
90	-6.52	39.89	0.940 5

[ 参考文献 ]

[ 1 ] Tantichodok P , Lopez G R. Relative importance of phytoplankton and organic detritus as food source for the suspension-feeding bivalve , Mytilus edulis , in Lond Island[ J ]. J Shellfish Res ,1988 ,7( 1 ) :178.

[ 2 ] Reeders H H , Bij De Vaate A. Zebra mussel( *Dreissena polymorpha* ) :a new perspective for water quality management[ J ]. Hydrobiologia ,1990 ,200 :437 - 450.

[ 3 ] 卢敬让 ,李德尚 ,杨红生 ,等. 海水池塘鱼贝施肥混养生态系中贝类与浮游生物的相互影响[ J ]. 水产学报 ,1997 ,21( 2 ) :158 - 164.

[ 4 ] 钱伟平 ,许梓荣. 水体生态系统中藻类、河蚌、细菌互相关系的实验研究[ J ]. 淡水渔业 ,2002 ,32( 3 ) :40 - 43.

[ 5 ] Smaal A C , Vonck W , Prins T C. The functional role of mussels in the Oosterschelde Estuary[ J ]. J Shellfish Res ,1990 ,9( 2 ) :472.

[ 6 ] Shpigel M , Blaylock R A. The pacific oyster as a biological filter for a marine fish aquaculture pond[ J ]. Aquaculture ,1991 ,92( 2/3 ) :187 - 197.

[ 7 ] 龚世园 ,朱子义 ,杨学芬 ,等. 网湖绢丝丽蚌食性的研究[ J ]. 华中农业大学学报 ,1997 ,16( 6 ) :589 - 593.

[ 8 ] Smith D W. Biological control of excessive phytoplankton growth the enhancement of aquacultural production[ J ]. Can J Fish Aquat Sci ,1985 ,42 :1940 - 1945.

[ 9 ] 王俊 ,姜祖辉 ,董双林. 滤食性贝类对浮游植物群落增值作用的研究[ J ]. 应用生态学报 ,2001 ,12( 5 ) :765 - 768.

[ 责任编辑 孙德泉 ]