

在太湖中栽种沉水植物能使水变清吗?

刘敬群, 陈家长*

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏无锡 214081)

摘要:浅水湖泊富营养化修复是环境科学领域的前沿研究。在富营养化的太湖中栽种沉水植物能使水变清,进而“向后跃变”为“草型湖泊”吗?回答是几乎不可能。原因在于藻类和沉水植物之间存在着竞争。在湖泊中决定沉水植物能否生长的关键是水体的光照条件。在富营养化的湖泊中,藻类对沉水植物有明显的“遮光效应”,从而降低了它的竞争能力。另一种情况,枝角类的消失或者数量减少对藻类有利。“下行效应”在浅水湖泊中可能更为重要,因此浅水湖泊中滤食性鱼类对浮游动物的捕食控制可能更强,导致枝角类几乎不可能通过牧食控制藻类的生长。在这样的状况下,沉水植物的恢复几乎是不可能的。如果沉水植物再遭受其它的损害或者恶劣的天气,就会突然一下子全部消失。因此在富营养化的湖泊中栽种沉水植物的成活率是很低的。这与浅水湖泊二种替代性稳定状态概念是相一致的。

关键词:遮光效应;缓冲机制;竞争机制;二种替代性稳定状态;下行效应

文章编号:1000-0933(2009)05-2764-03 中图分类号:Q178,X171 文献标识码:A

Can planting submerged plants make the water clear in Lake Taihu?

LIU Jing-Qun, CHEN Jia-Zhang*

Chinese Academy of Fishery Sciences, Freshwater Fisheries Research Center, Wuxi 214081, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2764 ~ 2766.

Abstract: Shallow lake restoration is a pilot research in Environmental Sciences. Can planting submerged plants make the water clear and lead the reverse switches to plant dominance in eutrophic Lake Taihu? The answer is less possible, because there is competition between phytoplankton and submerged plants. Whether the submerged plants can grow in waters is dependent on the light availability. Phytoplankton has strong shading effects on plants in eutrophic lakes, and thus decreases the plants' competitive abilities. Alternatively, the Cladocera may be disappeared or reduced in numbers for the phytoplankton to gain advantage. Top-down effects are likely to be more important in shallow lakes. Therefore, fish's predatory control on zooplankton is higher in shallow lakes, resulting in less possibility of grazer control of algae by the Cladocera. Under such condition, the colonization of submerged plants is less possible. If the plants are further damaged or meet bad weather, they may be suddenly loss together. Hence, the survival rate of submerged plants is very low in eutrophic lakes. All these correspond to the Alternative Stable States Concept of shallow lakes.

Key Words: shading effects; buffer mechanisms; competitive mechanisms; alternative stable states; top-down effects

富营养化目前已经成为世界上所有在集约化农业和人口密集的平原上的湖泊和河流所面临的最严重的问题。它使淡水生态系统结构遭受重大损失, Begon 认为富营养化就是指水体中植物营养元素增多,通常导致整个生物群落被浮游植物所控制^[1]。富营养化使水质急剧下降,同时蓝藻水华会分泌毒素,并通过饮水水和食物链得以广泛扩散。太湖作为我国非常重要的淡水资源,也是太湖流域 2000 多万居民的饮用水水源地,具有极高的保护价值。20 世纪 80 年代以来,太湖富营养化越来越受到政府和社会的广泛关注,其修复势在

基金项目:中央级基本科研业务费专项(2007JBFB20)

收稿日期:2009-01-22; 修订日期:2009-04-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenjz@ffrc.cn

必行。本文就沉水植物在太湖富营养化修复中的应用谈一点理解和认识。

1 藻类和沉水植物之间的竞争

太湖是大型浅水型湖泊。它的面积达到 2,338 km²,形似一只爬上岸的海龟,湖岸线确定,水量稳定。太湖的平均水深为 2.12 m,最大水深 3.3 m^[2]。对浅水湖泊而言,潜在地,它的大部分湖底被沉水植物所覆盖。沉水植物是浅水湖泊中的优势群落,能显著地影响生物群落的结构^[3],并具有保持湖泊清水状态的功能,它的消失可能对浅水湖泊生态系统产生严重的后果。在太湖的五里湖,20 世纪 60 年代后期开始放养草食性鱼类,水生植物迅速消失,水质趋于富营养化,自 20 世纪 80 年代以来,污染的加剧加速了富营养化的发展,到 20 世纪 90 年代初已达到重富营养水平^[4]。在“太湖富营养化现状及原因分析”的调查报告中指出,2005 ~ 2006 年太湖除了在东太湖,胥口湾和贡湖湾的东南沿岸^[5]仍有水草分布外(但已有退化的迹象),其余水域的沉水植物均以消失。显然地,沉水植物的恢复是浅水湖泊富营养化修复的目标,然而,在太湖中直接栽种沉水植物能使水体变清,进而修复其富营养化吗? 回答是几乎不可能。原因在于藻类和沉水植物之间存在着竞争^[6],而这并不是一件简单的事情。

在富营养化的湖泊中,藻类占据优势,如果将沉水植物直接栽种下去,对沉水植物是非常不利的。在湖泊中决定沉水植物能否生长的关键是水体的光照条件。在富营养化的湖泊中,绝大多数藻类漂浮在沉水植物的上层,它们比沉水植物更易获得光照。由于藻类对光线的吸收和散射,会使得湖泊的“透光层(euphotic zone)”变得很浅。透光层是水面入射光的大约 1% 所能达到的水深,通常认为只有在这一水深之上植物才有可能进行光合作用。太湖水体很浑浊,透明度多年都非常低,在夏秋季只有 30 几个 cm,那么它的透光层就只有 60 多 cm 到最多 1m 之间。以太湖五里湖为例,2002 年对全湖进行了疏浚,平均水深达到 2.10 m,离岸 5 ~ 25 m 处的水深已达 1.6 ~ 2.1 m^[7],几乎都在透光层之下,沉水植物将无法生存。那么那些栽种在湖滨带透光层之中的沉水植物呢? 藻类会附着在植物的叶子上,阻断其进行光合作用的光源,使叶子枯萎凋落。于是大型沉水植物为了避免藻类的“遮光效应”,会迅速地生长至水面,例如太湖五里湖的“水生植物重建区”中的穗花狐尾藻就是这样。它漂浮在湖面的茎上长着叶子,但是如果你将它的茎轻轻拔起,就会看到它水面以下的长长的茎上没有一片叶子,处于这种状态的沉水植物其实已经很脆弱。如果再遭遇其它的损害或者恶劣的天气,如故意使用或者意外流失的除草剂,船舶损害,被引进的鸟类和鱼类,如鹅、鸭子、鲤鱼和草鱼所牧食,杀虫剂的渗漏,盐度的增加,水位上升和暴风雪等^[8],就会突然一下子全部消失。五里湖“水生植物重建区”中的沉水植物,就是因为 2008 年初的那场大雪,以及其后五里湖水位的上升,而全部消失了。因此直接栽种沉水植物的成活率是很低的。

另一种情况,枝角类的消失或者数量减少对藻类有利。“下行效应”在浅水湖泊中可能更重要^[10],也就是说滤食性鱼类对浮游动物的捕食控制可能更强。深水湖泊中枝角类可能在深水层中找到“隐蔽所”,然而,浅水湖泊中鱼类的捕食在几乎整个水体都是可能的。沉水植物能为枝角类和其它的牧食群落提供黑色的隐蔽所,在那里鱼类对牧食群落的捕食效率比较低,因而它们的数量能得以保存^[9]。但是浅水湖泊的富营养化一方面会导致沉水植物的消失,沉水植物一旦消失,枝角类就失去了躲避鱼类捕食的隐蔽所,变得“无处藏身”。另一方面富营养化又会导致鱼食性鱼类的消亡,而鱼食性鱼类的消亡会使滤食性鱼类的数量大量增加。因此在富营养化的湖泊中,枝角类几乎不可能通过牧食控制藻类的生长^[10]。目前在太湖五里湖中,浮游动物数量很少,以桡足类为主,枝角类基本上已经消失。在这样的状况下,沉水植物的恢复几乎是不可能的。为什么呢? 因为沉水植物需要枝角类通过牧食藻类来保持湖泊的清水状态,为其生长创造条件,特别是在它生长的脆弱时期,如春天,当它刚刚开始生长时,和秋天,当它不得不去生产过冬的种子或者冬芽时。如果枝角类不足以起到这个作用,尤其在春天,藻类比沉水植物生长得更早,在更低的温度下,得以利用水体中丰富的营养而大量生长,就会阻碍沉水植物的萌发,使其分布受到限制,出现前面所谈到的藻类对沉水植物的“遮光效应”,进而导致沉水植物被藻类所替代。

2 浅水湖泊的二种替代性稳定状态

在一个相当大的营养负荷的范围内,水生植物占据优势的清水状态,中文中简称为草型湖泊,和浮游植物

占据优势的浊水状态,即藻型湖泊,能作为二种替代性状态而存在,每一种状态都通过缓冲机制而得以稳定^[11]。这就是浅水湖泊二种替代性稳定状态概念,也可理解为基本原理。浅水湖泊的修复理念就是以二种替代性稳定状态概念为基础的。

只有在非常低的营养负荷条件下,湖泊可能单一(unique)被水生植物控制。因为植物能从底泥中获取养份,营养的可用性对它不是问题。但是藻类是严格地被营养所限制的,因此在非常高的营养条件下,藻类能占据优势,以至于植物被永久地排除了。这中间,在一个相对广的营养负荷范围内,就是这二个群落相互替代的范围。总体而言,营养负荷越高,浮游植物控制的稳定性就越强,而营养负荷越低,水生植物控制的稳定性就越高。

在富营养化中,有时候从植物占据优势到藻类占据优势的改变会发生得相当迅速。一旦这个改变发生,藻类就能利用丰富的营养,建立起一套新的稳定的缓冲机制,抵抗环境的改变,如营养负荷的减少,载种的沉水植物等。从一种状态转换到另一种状态,需要有“开关式”的转换操作^[12]。从草型湖泊到藻型湖泊是“正向转换”,从藻型湖泊到草型湖泊则是“反向转换”,需要进行生物操纵。

其实,沉水植物也拥有相当大的缓冲能力,保持浅水湖泊的清水状态,抵抗严重的富营养化。沉水植物床是很多生物群落的栖息地和繁殖地,特别地,它能为枝角类和其它的牧食群落提供躲避鱼类捕食的隐蔽所。沉水植物能稳固底泥,减少泥沙再悬浮,这一点对于太湖具有重要的意义。此外,它还能吸收多余的营养,特别是“氮”,并能分泌化感物质抑制藻类的生长。然而,很重要地,沉水植物的这些缓冲能力只有在它是湖泊的优势群落,并且完整如初(intact)时才能够发挥作用,而不是在其受到损害时。沉水植物的恢复需要在生物操纵后。当水体变清,沉水植物会自然萌发,或者不得不被再次引进,但无论是哪一种,都是在水体变清之后。

References:

- [1] Begon M, Harper J L, Townsend C R. Ecology: Individuals, Populations and Communities (2nd Edition). Blackwell Scientific Publications, 1990.
- [2] Fan C X, Wang C X. Environmental geochemistry and eutrophication of the lakes in the middle and lower reaches of the Yangtse River. Beijing: Science Press, 2007.
- [3] Wetzel R G. Limnology. Saunders, Philadelphia, 1987.
- [4] Li W C. Biological and environmental succession in Wuli Bay of Taihu Lake along with the eutrophication processes. Journal of Lake Sciences, 1996, 8: 37—45.
- [5] Zhu G W. Eutrophic status and causing factors for a large, shallow and subtropical Lake Taihu, China. Journal of Lake Sciences, 2008, 20 (1): 21—26.
- [6] Moss B. Ecology of Freshwaters: Man and Medium, Past to Future. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1998.
- [7] Chen K N, Bao X M, *et al.* Ecological restoration engineering in Lake Wuli, Lake Taihu: a large enclose experiment. Journal of Lake Sciences, 2006, 18 (2): 139—149.
- [8] Moss B. The art and science of lake restoration. Hydrobiologia, 2007, 581:15—24.
- [9] Moss B. Ecology of Freshwaters: Man and Medium, Past to Future. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1998.
- [10] Moss B. Ecology of Freshwaters: Man and Medium, Past to Future. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1998.
- [11] Moss B. Ecology of Freshwaters: Man and Medium, Past to Future. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1998.
- [12] Moss B. Ecology of Freshwaters: Man and Medium, Past to Future. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1998.

参考文献:

- [2] 范成新,王春霞. 长江中下游湖泊环境地球化学与富营养化. 北京:科学出版社,2007. 19.
- [4] 李文朝. 五里湖富营养化过程中水生生物及生态环境的演变. 湖泊科学,1996,8(增刊):37~45.
- [5] 朱广伟. 太湖富营养化现状及原因分析. 湖泊科学,2008,20(1):21~26.
- [7] 陈开宁,包先明,等. 太湖五里湖生态重建示范工程-大型围隔试验. 湖泊科学,2006,18(2) 139~149.