

太湖环棱螺对两种常见沉水植物生长的影响*

白秀玲^{1,2}, 谷孝鸿^{1**}, 张 钰^{1,2}

(1: 中科院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

(2: 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 环棱螺(*Bellamya* sp.) 是太湖常见的一类软体动物. 本研究通过室内实验, 探讨环棱螺对轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata* Royle) 和伊乐藻(*Elodea nuttalli* ST John) 生长的影响及水体营养盐含量的变化. 结果表明, 三种处理情况下, 单位质量伊乐藻增加的数量分别为: H 组 0.475 g, L 组 0.106 g, C 组 0.021 g, 单位质量轮叶黑藻增加的数量分别为: H 组 0.704 g, L 组 0.663 g, C 组 0.478 g. 从实验前后两种沉水植物的长度和分蘖数变化来看, H 组最高, L 组与 C 组分别次之, 所以不论生物量、长度还是分蘖数的变化量, 与环棱螺共存的伊乐藻和轮叶黑藻的变化都高于对照组中两种沉水植物的变化. 环棱螺新陈代谢促进水体中溶解态氮磷含量增加, 三种情况下水生植物的初级生产力都相当, 由此可推测环棱螺通过新陈代谢, 一定程度上促进了两种沉水植物的生长.

关键词: 环棱螺; 伊乐藻; 轮叶黑藻; 沉水植物; 太湖

The effects of *Bellamya* sp. on the growth of two submerged macrophytes in Lake Taihu

BAI Xiuling^{1,2}, GU Xiaohong¹ & ZHANG Yu^{1,2}

(1: Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China)

(2: Graduate School, CAS, Beijing 100039, P. R. China)

Abstract: *Bellamya* sp. snails are very common in Lake Taihu. The effects of snail(*Bellamya* sp.) on the growth of *Hydrilla verticillata* Royle and *Elodea nuttalli* ST John and dissolved nutrition elements were examined in a laboratory. After a week of exposure of snail and aquatic plant in a experiment, increments of the per unit of *Hydrilla verticillata* Royle in three groups were: H: 0.475 g, L: 0.106 g, C: 0.021 g and increments of the per unit of *Elodea nuttalli* ST John were H: 0.704 g, L: 0.663 g, C: 0.478 g respectively. In addition, the change of length and node of *Hydrilla verticillata* Royle and *Elodea nuttalli* ST John with snail were higher than those without snail. It could be concluded that the increase of nutrition by snail in water could stimulate the growth of *Hydrilla verticillata* Royle and *Elodea nuttalli* ST John, because the metabolism of *Bellamya* sp. increased the nutrition of water and the primary productivity of aquatic plant were similar in three situations with the same experiment environment.

Keywords: *Bellamya* sp.; *Elodea nuttalli* ST John; *Hydrilla verticillata* Royle; submerged macrophytes; Lake Taihu

沉水植物是湖泊水生态系统中重要的初级生产者, 其生长受多种生物因子和非生物因子的影响, 如摄食、光照、营养盐、水温等^[1]. 在水生态系统中, 沉水植物也是大型脊椎动物和无脊椎动物的重要食物源^[2,3], 其中大型无脊椎动物通过摄食、消化和排泄等活动影响水生植物的生长及其水质环境^[4]. 螺是太湖常见的一种大型无脊椎动物, 其对沉水植物的影响既有通过加速水体营养盐循环而产生的直接影响, 亦有通过刮食植物茎、叶表层的附着藻类而产生的间接影响. 富营养化湖泊中的初级生产者以沉水植物或浮游藻类为主, 其水生态系统的稳定性取决于系统中各营养级间相互作用性质的强度和性质, 其中包括了螺类与沉水植物之间的相互影响^[5]. 已有实验证明, 螺能促进金鱼藻的生长^[6], 螺不取食金鱼藻, 但能刮食其表层的

* 国家“863”重大科技专项(2002AA601011-04-02)和江苏省自然科学基金(BK2002148)联合资助. 2005-11-17 收稿; 2006-03-05 收修改稿. 白秀玲, 女, 1980 年生, 硕士; E-mail: xlbai@niglas.ac.cn.

** 通讯作者: 谷孝鸿; E-mail: xhgu@niglas.ac.cn.

附生藻类和细菌,提高金鱼藻吸收营养物质和光合作用的能力,同时螺类的分泌物和排泄物,在一定程度上为金鱼藻的生长提供了营养物质^[7-9]。但关于环棱螺(*Bellamya* sp.)对轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata* Royle)和伊乐藻(*Elodea nuttalli* ST John)的影响,目前国内鲜有报道。本实验旨在通过太湖环棱螺对两种常见沉水植物生长影响的研究,为富营养化湖泊中水生植被的恢复实践提供理论依据。

1 实验与方法

1.1 实验材料

伊乐藻、轮叶黑藻和环棱螺均取自太湖。实验所用环棱螺个体均匀、健康,轮叶黑藻和伊乐藻植株健康、叶面无明显伤痕。环棱螺称重前,用软毛刷将其表层附着生物刷掉,清水洗净,将其表层水分吸干。实验用水选用 Whatman GF/C 膜过滤湖水与自来水按 1:1 配制而成。培养容器为 2.5 L 的广口瓶。

1.2 实验设计

2.5 L 广口瓶注入实验用水 2.2 L,根据太湖螺和水生植物分布情况^[10],每种沉水植物均有 3 种处理方式,即放 5 个和 10 个环棱螺,分别命为 L 组和 H 组,均设 4 个平行样,还有一种不放环棱螺,命为 C 组,设 2 个平行样。同时设有一个仅放环棱螺(5 个),不放水生植物的对照组,设 2 个平行样。环棱螺湿重的个体范围在 2.32~4.04 g 之间,5 个螺的总湿重 15.993 ± 0.729 g,10 个螺的总湿重 33.902 ± 0.590 g。在轮叶黑藻的 3 种处理中,每个实验容器放置的轮叶黑藻湿重为 8.009 ± 0.282 g,在伊乐藻的 3 种处理中,每个实验容器放置的伊乐藻湿重为 $7.720 (\pm 0.485)$ g。为更好地反映沉水植物变化情况,实验前在每个容器里任意选择两株植物做标记,并记录标记植株的长度和分蘖数。实验在自然光照射下进行。实验期间温度范围在 28.5~31℃ 之间。培养时间为一周。

1.3 测定参数

测定伊乐藻和轮叶黑藻实验前后的总湿重、标记植株的长度及分蘖数。同时,测量实验水体营养盐的变化,用醋酸纤维微孔滤膜过滤的水样测定溶解性总氮(DTN)、溶解性总磷(DTP)、氨氮(NH_4^+ -N)和磷酸根(PO_4^{3-} -P)。未过滤的水样测定总氮(TN)、总磷(TP)。为进一步反映环棱螺对沉水植物生长的潜在影响,实验结束时,测定两种沉水植物在 3 种情况下的初级生产力。

1.4 测定方法

植株生物量选用精度为 0.01 g 的电子天平测量,长度测定选用精度为 1 mm 的卷尺,总氮(TN)、溶解性总氮(DTN)、总磷(TP)、溶解性总磷(DTP)采用过硫酸钾消解法测定,氨氮(NH_4^+ -N)采用纳氏试剂法测定,磷酸根(PO_4^{3-} -P)采用钼锑抗比色法测定,初级生产力采用黑白瓶法测定,测定方法均按湖泊调查规范^[11]进行。

2 结果与分析

2.1 不同处理情况下实验前后水体营养盐的变化

环棱螺分别与伊乐藻和轮叶黑藻相互作用实验前后水体营养盐含量的变化情况如表 1。可看出,在仅有沉水植物存在的 C 组中,水体中的营养盐含量明显低于实验水体的初始值,这表明沉水植物对水体营养盐具有一定的消减作用。而在沉水植物与环棱螺共存的 L 组与 H 组中,沉水植物虽对水体的营养盐起到了消减作用,但由于环棱螺的存在,使得水体中的营养盐含量普遍高于实验初始值,此表明,在短期实验中,环棱螺释放的营养盐对水体营养盐含量的增加不容忽视。且随着环棱螺的个数与生物量的增加,水体中的营养盐含量亦随之升高。

同时在放有等数量环棱螺的情况下,仅有环棱螺的对照组水体中 DTN 和 DTP 含量分别为 7.01 mg/L 和 0.139 mg/L,而添加伊乐藻的水体中 DTN 和 DTP 的含量为 5.30 mg/L 和 0.083 mg/L,添加轮叶黑藻水体中的 DTN 和 DTP 含量为 4.68 mg/L 和 0.031 mg/L(图 1),显而易见,添加伊乐藻或轮叶黑藻水体中的营养盐含量低于仅有环棱螺存在的对照组,两种情况下的浓度差应是由轮叶黑藻和伊乐藻的吸收所致。而实际上,沉水植物通过光合作用可增加水体中的溶解氧,进而促进环棱螺的新陈代谢^[12,13],因此,与沉水植物共存的环棱螺实际释放的营养盐要高于对照组,也就是说,伊乐藻和轮叶黑藻对水体中营养盐的实际吸收量

要超过图 1 所示的浓度差.

表 1 不同处理情况下实验前后水体营养盐的变化 (mg/L)
Tab. 1 Variation of nutrition of water with different situation (mg/L)

	环棱螺与伊乐藻				环棱螺与轮叶黑藻			
	DTN	DTP	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ⁻ -P	DTN	DTP	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ⁻ -P
L	5.30	0.083	1.14	0.082	4.68	0.031	0.43	0.024
H	5.19	0.092	1.51	0.084	5.46	0.054	0.59	0.023
C	3.35	0.019	0.06	0.006	3.02	0.023	0.25	0.005
初始值	4.48	0.030	0.35	0.020	4.48	0.030	0.35	0.020

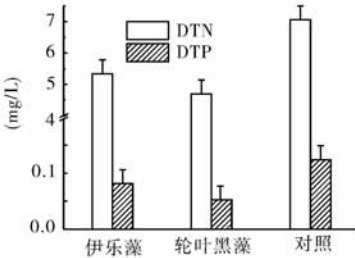


图 1 实验后三种情况下水体中 DTN 和 DTP 的差别

Fig. 1 the difference of DTN and DTP of water with different treatment after experiment

2.2 伊乐藻和轮叶黑藻生物量的变化情况

在环棱螺的个数和生物量均不相同,与其共存的伊乐藻和轮叶黑藻的单位质量增加量也不相同. 在 L 组,实验前后伊乐藻和轮叶黑藻单位质量的增加量分别为 0.106 g 和 0.663 g,在 H 组,伊乐藻和轮叶黑藻单位质量的增加量分别为 0.475 g 和 0.704 g,而对照 C 组,伊乐藻和轮叶黑藻单位质量的增加量分别为 0.021 g 和 0.478 g(图 2). 可见,实验前后两种沉水植物单位质量的增加量均以 H 组最大,L 组次之,C 组最小. 从实验前后两种沉水植物标记植株的长度和分蘖数变化来看(表 2),伊乐藻的长度增加以 H 组最大,增加 3.00 cm,L 组与 C 组分别增加 1.17 cm 和 1.00 cm,但三组的分蘖数均未发生变化. 实验中,轮叶黑藻长度增加较多,H 组为 7.63 cm,L 组为 5 cm,C 组为 4.75 cm,分蘖数 H 组平均增加 1.29 个,L 组增加 1 个,C 组增加 0.75 个. 由此可见,伊乐藻和轮叶黑藻在环棱螺的作用下,实验前后单位质量的变化量、标记植株的长度和分蘖数的变化,增加最多的均为放有 10 个环棱螺的 H 组,其次是放有 5 个环棱螺的 L 组,变化最小的是未放环棱螺的 C 组,表明环棱螺对伊乐藻与轮叶黑藻的生长均具有一定的促进作用. 同时发现,在相同的条件下,伊乐藻的生物量、标记植株的长度、分蘖数均少于轮叶黑藻的变化量,这表明环棱螺与轮叶黑藻的共生,更有利于促进轮叶黑藻的生长. 同时由于实验期间水温在 28.5℃ - 31℃,伊乐藻在夏季的高温期生长趋于停滞,几乎进入休眠状态,而轮叶黑藻正是喜温耐热的水生植物^[14],两种沉水植物生理习性的差别在一定程度上也影响其在不同处理情况下生长的差别.

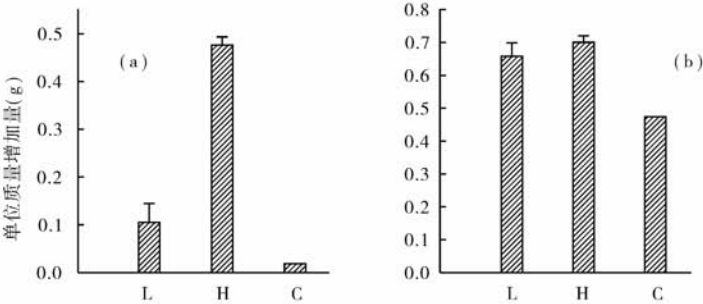


图 2 实验期间单位质量伊乐藻和轮叶黑藻的变化量(a:伊乐藻,b:轮叶黑藻)

Fig. 2 The biomass changes of *Elodea nuttalli* and *Hydrilla verticillata* during the experiment
(a: *Elodea nuttalli*, b: *Hydrilla verticillata*)

2.3 实验后三种情况下伊乐藻和轮叶黑藻初级生产力的比较

初始生产力是指初级生产者通过光合作用或化学合成的方法来制造有机物的速率. 对三种情况下伊乐

藻和轮叶黑藻的初级生产力进行分析(表 2),结果表明,伊乐藻和轮叶黑藻均为 H 组初级生产力最大,C 组最小,但差异不明显.然实验前后,伊乐藻和轮叶黑藻在不同的情况下生物量、长度和分蘖数的变化均有明显差异.三种情况下水体的物理环境因子相同,其差异表现在水体营养盐含量及底栖动物环境的存在.可见,在实验水体生态系统中,伊乐藻和轮叶黑藻的生长以及生物量的变化主要受制于底栖动物环棱螺的影响及由此导致的水体中的营养盐变化.

3 讨论

实验表明,不同种类的螺对水生植物的影响方式存在差异^[6,15-16].环棱螺个体较大,一般生活在水体底部,以底部的着生藻类为食.而纹沼螺和长角涵螺个体较轻,通常附于沉水植物表面,并刮食其茎、叶表面的附着藻类.螺对水生植物的影响既有通过刮食其表层的附着生物,提高沉水植物的光合作用能力及营养盐吸收能力^[4],也有通过新陈代谢调节局部水环境以达到刺激水生植物生长,还有通过直接取食水生植物嫩叶以延缓水生植物的生长^[17].本实验选用环棱螺与伊乐藻和轮叶黑藻进行研究,并在实验前对水生植物表层的附着藻类予以去除,以消除环棱螺刮食附着藻类给沉水植物带来的间接影响,实验结果显示,在与环棱螺共存的伊乐藻和轮叶黑藻组(L 组和 H 组)中,无论是单位质量生物量还是分蘖数与长度,其变化量均明显高于对照组(C 组),而且两组中水体的营养盐含量也明显高于对照组(C 组),其中,以被植物直接吸收的离子态氮、磷含量增加最为明显.表明,环棱螺的新陈代谢活动能够增加水体中的营养盐含量,进而促进了两种沉水植物的生长.

表 2 实验前后伊乐藻和轮叶黑藻长度和分蘖数的变化及实验后两者的初级生产力情况
Tab. 2 Variation of length and node of *Elodea nuttalli* ST John and *Hydrilla verticillata* Royle and the primary productivity of them after experiment

	伊乐藻			轮叶黑藻		
	长度变化 (cm)	分蘖数变化 (个)	初级生产力 (mg/(g·h))	长度变化 (cm)	分蘖数变化 (个)	初级生产力 (mg/(g·h))
L	1.17	0	0.470(±0.046)	5.00	1.00	0.462(±0.003)
H	3.00	0	0.486(±0.018)	7.63	1.29	0.481(±0.041)
C	1.00	0	0.461(±0.001)	4.75	0.75	0.331(±0.014)

同样,相同种类的螺对不同种类的水生植物影响亦有所不同.实验证明,椭圆萝卜螺对刺苦草的生长有着明显的负面效应,而对金鱼藻却有着显著的促进作用^[6].也有实验证明,*Lymnaea(Galba) turricula* 对金鱼藻的生长及其生物量的变化都有明显的促进作用,但对眼子菜科水生植物的生长却有着明显的负面效应^[16].而本实验研究的环棱螺在对伊乐藻和轮叶黑藻的生长上均有明显的促进作用,然若从三种条件下单位质量生物量的变化情况来看,环棱螺对轮叶黑藻的促进作用要明显大于伊乐藻.

沉水植物作为水生生态系统中的一个重要部分,其存在对水体中的营养盐起到了一定的消解作用,但当与螺类共存时,两者对水体的影响又将如何?通过实验发现,仅有沉水植物存在时,水体中的营养盐含量明显低于实验本底值,但当沉水植物与环棱螺共存时,水体中营养盐含量却明显高于实验本底值,这表明实验中环棱螺释放的营养盐对水体营养盐含量的增加起到不容忽视的作用,也表明实验中环棱螺的新陈代谢促使局部水环境发生改变.在与环棱螺共存的伊乐藻和轮叶黑藻,其生物量的变化与对照组有着明显的差别,但两种水生植物的生产力在三种情况下基本相当,这进一步说明了水生植物生物量变化的差异是水体中营养盐含量的差异所致.即环棱螺通过释放营养盐在一定程度上促进了两种沉水植物的生长.

目前,在富营养湖泊的生态恢复与治理过程中,通过引进大型软体动物种群来延缓富营养化进程、促进湖泊生态恢复是较为常见的生态操纵措施之一,然这些大型软体动物的生长和繁殖又与水生植被的恢复情况密切相关^[18].环棱螺是太湖常见的大型软体动物,实验证明环棱螺对伊乐藻和轮叶黑藻的生长具有一定的促进作用,因此,在水生生态系统中,如果对环棱螺与这两种水生植物进行合理搭配,在一定程度上有利于

富营养化湖泊的治理与修复.

4 参考文献

- [1] Carpenter S R & Lodge D M. Effects of submerged macrophytes on ecosystem processes. *Aquat Bot*, 1986, **26**:341 – 370.
- [2] Knapton R W & Petrie S A. Changes in distribution and abundance of submerged macrophytes in the Inner Bay at Long Point, Lake Erie : implications for foraging waterfowl. *J Great Lakes Res*, 1999, **25**:783 – 798.
- [3] Steinman A D. Effects of grazes on freshwater benthic algae. In: Stevenson R J, Bothwell M L & Lowe R L eds. *Algal Ecology*. San Diego: Academic Press, 1996:341 – 373.
- [4] Bronmark C & Vermaat J E. Complex fish-snail-epiphyton interactions and their effects on submerged freshwater macrophytes. In Jeppesen E, Søndergaard M, Søndergaard M & Christoffersen K eds. *The Structuring Role of submerged Macrophytes in Lakes*. New York: Springer Verlag, 1998:47 – 68.
- [5] 由文辉. 螺类与着生藻类的相互作用及其对沉水植物的影响. *生态学杂志*, 1999, **18**(3):54 – 58.
- [6] 徐新伟, 于 丹, 刘春花等. 椭圆萝卜螺对两种沉水植物的影响. *水生生物学报*, 2002, **26**(6):719 – 721.
- [7] Bronmark C. Interactions between macrophytes, epiphytes and herbivores: an experimental approach. *Oikos*, 1985, **45**:26 – 30.
- [8] Underwood G J C. Growth enhancement of the macrophyte *Ceratophyllum demersum* in the presence of the snail *Planorbis planorbis* : the effect of grazing and chemical conditioning. *Freshwater Biology*, 1991, **26**:325 – 334.
- [9] Sand-Jensen K. Effect of epiphytes on eelgrass photosynthesis. *Aquatic Botany*, 1997, **3**:55 – 63.
- [10] 孙顺才, 黄漪平. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993:159 – 195.
- [11] 金相灿. 中国湖泊富营养化. 北京: 中国环境科学出版社, 1990:185 – 194.
- [12] Childress J J. The effect of pressure, temperature and oxygen on the consumption rate of the midwater copepod *Grausius princeps*. *Mar Biol*, 1977, **39**:19 – 34.
- [13] 魏阳春, 濮培民. 太湖铜锈环棱螺对氮磷的降解作用. *长江流域资源与环境*, 1999, **8**(1):88 – 93.
- [14] 连光华, 张圣照. 伊乐藻等水生高等植物的快速营养繁殖技术和栽培方法. *湖泊科学*, 1996, **8**(增刊):11 – 16.
- [15] 刘建康. 高级水生生物学. 北京: 科学出版社, 2002:241 – 259.
- [16] 许巧情, 王红铸, 张世萍. 河蟹过度放养对湖泊底栖动物群落的影响. *水生生物学报*, 2003, **27**(1):41 – 46.
- [17] Agnieszka Pinowska. Effects of snail grazing and nutrient release on growth of the macrophytes *Ceratophyllum demersum* and *Elodea Canadensis* and the filamentous green alga *Cladophora* sp. *Hydrobiologia*, 2002, **479**:83 – 94.
- [18] 刘保元, 邱东茹, 吴振斌. 富营养浅湖水生植被重建对底栖动物的影响. *应用与环境生物学报*, 1997, **3**(4):323 – 327.