

微囊藻的昼夜垂直变化及其迁移^{*}

唐汇娟¹, 谢 平², 陈非洲²

(1. 中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275;

2. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 研究了浅水富营养湖泊中各理化因子和浮游植物(主要是微囊藻)的昼夜垂直变化, 研究结果表明各理化因子均表现出不同程度的昼夜变化。受到光照的影响, 在夜间, 微囊藻由于呼吸作用消耗细胞内的多糖等物质, 其细胞密度下降, 微囊藻呈现出向水表层迁移的趋势, 而在白天由于光合作用, 细胞密度上升, 导致微囊藻群体向水下层迁移。本实验还发现小群体的微囊藻在水下层停留的时间更长。同微囊藻所不同的是, 其它的藻类并没有明显的垂直分布。

关键词: 微囊藻; 迁移; 理化因子

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2003) S2-0236-04

形成水华的微囊藻的一个特点是, 它们都具有一种调节细胞沉降的结构—伪空胞, 通过动态调节伪空胞内的气囊数, 使蓝藻细胞能够控制它的浮力。伪空胞包括大量中空的亚显微圆柱体(直径为 70 nm)—气囊, 其蛋白质壁可让气体全部通过, 但其疏水的内面能阻止液体进入。气囊的破裂与组装, 为微囊藻提供了一个潜在的浮力调节机制^[1]。关于蓝藻的垂直分布在很多湖泊都有研究^[2-9], 但在浅而混浊的湖泊中的研究较少, 本研究的目的在于探讨微囊藻在浅水水体中的垂直分布, 比较微囊藻和其它藻类在浅水水体中分布的异同和影响因素。

1 材料与方法

本实验在富营养化十分严重的武汉东湖的一个围隔中进行, 从 8 月 5 日 17 时开始, 到 8 月 6 日 17 时结束, 历时 24 h, 实验期间风平浪静, 所以由于风浪搅动对浮游生物的垂直移动所造成的影响可以忽略不计。每隔 3 小时采样 1 次(其中 8 月 6 日凌晨 2 时没有采样), 共采样 8 次。采样分表层、中层(水下 0.9 m 处)和底层(水下 1.8 m)3 层进行, 分别采集每层浮游植物和水化学样品, 并同时测定各层的水温、pH、溶氧和消光系数(用 LI1400DATALOG 水下测光仪测定)。浮游植物的鉴定主要参照胡鸿钧等^[9]。其中微囊藻群体及大小的计数方法参照 Ibelings 等^[4]。

2 结 果

2.1 理化因子

各理化因子在围隔中也存在一定垂直差异(图 1), 从下午至晚上, 表层温度略高于中层, 与底层温差将近 0.5 °C, 在晚上 23 时, 表中底层几乎处于同一温度, 第二天凌晨时, 表层温度下降至最低, 此时水柱中的水温是表层<中层<底层, 而从 8 时到下午, 水温处于正分层。pH 值表现出较大的昼夜变化, 晚上 pH 下降, 到凌晨时水柱中 pH 值最低。白天 pH 从早上到下午持续升高, 一般情况下, 表层和中层的 pH 值比底层的高。溶氧的日变化与垂直变化都与 pH 值的变化类似, 往往是较高的 pH 对应着较高的溶氧, 这可能是由于溶氧和 pH 都与浮游植物的光合作用和呼吸作用有直接的关系, 水柱中的 pH 和溶氧相当高, 基本不存在缺氧情况。表层的光强显著高于中层和底层, 日变化较大, 一天之中, 从 8 时到 17 时光强较高, 以 11—14 时之间光强最高。表层和中层的光强除了在上午 11—14 时较高外, 其余时间都很低。

本次实验前后围隔中总氮和总磷分别为 1.26~1.44 mg/L 和 0.16~0.24 mg/L。图 2 反映了氨氮和反应性磷的垂直变化情况, 表层氨氮的浓度在夜间远远高于白天, 这可能与浮游植物的光合作用有关, 但为什么表层氨氮浓度高于底层和中层, 还不得而知。中、底层氨氮含量的昼夜变化不大, 且一直处于较低的水平。反应性磷的含量的昼夜垂直变

* 收稿日期: 2003-07-08

作者简介: 唐汇娟(1973 年生), 女, 讲师, 博士; E-mail: eesthj@zsu.edu.cn

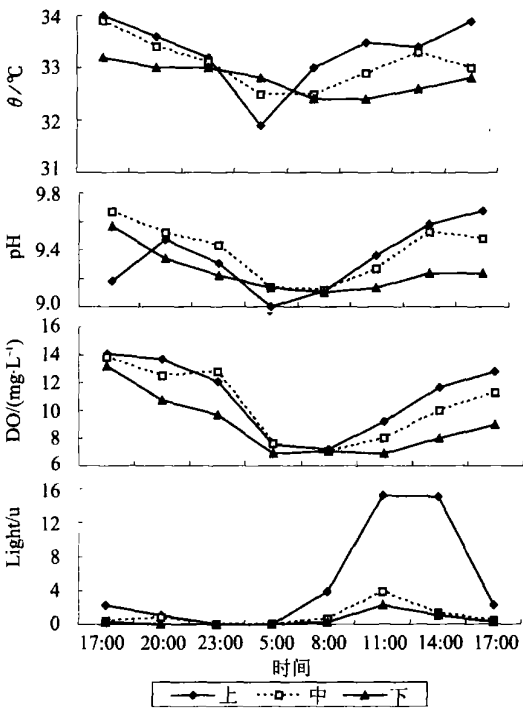


图1 温度、pH、溶解氧和光强的昼夜垂直分布
Fig.1 Diurnal changes in vertical distribution of temperature, pH, DO and light intensity

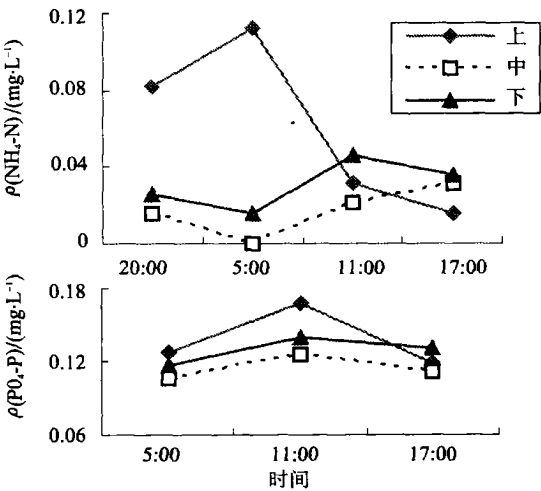


图2 氨氮和正磷酸盐含量昼夜垂直分布
Fig.2 Diurnal changes in vertical distribution of NH₄-N and PO₄-P concentration

化太明显。

2.2 浮游植物

2.2.1 微囊藻的变化 在本实验期间，微囊藻占浮游植物总生物量的90%以上。其昼夜垂直变化非常明显，下午5时，微囊藻的生物量的垂直分布为底层>中层>表层，从17时到晚上23时，由于下层生物量逐渐减少，上层的生物量逐渐增多，微

囊藻的生物量的垂直分布转变为底层<中层<表层，并且这种情况一致持续到第2天14时，并且在11时，表层微囊藻生物量增长很快。到17时，生物量又呈现为表层>中层>底层的分布。由图4还可以看出，大部分时间微囊藻在水表层的分布较多。

微囊藻群体个数与其生物量的垂直变化趋势基本一致(图3)，在17时，微囊藻的群体个数在表、中、底层分布非常的均匀，从晚上23时到第2天11时，微囊藻的群体个数是表层>中层>底层。

图4反映了微囊藻群体大小在17时和凌晨5时分别在表、中、底层的分布。由图可见，在下午17时，微囊藻群体在表层中的小群体(0~40 μm)所占的比重很小，40~80 μm的群体所占的比重最高，在中层，小型群体的个数增加，中型群体的个数相对减少，底层微囊藻的群体组成与中层相似。在凌晨5时，表层的小型群体同样很少，大型群体在表、中、底层所占的比重依次减小。

2.2.2 其它藻类的变化 其它生物量非常小的藻类，垂直变化及日变化都不太大(图5)，其中绿藻门的衣藻和卵囊藻在水层中几乎呈均匀分布。隐藻在大部分时间也呈均匀分布。不过在早晨8时，隐藻在水中层出现高峰，并且表层生物量在11~14时之间迅速下降。

3 讨论

有较多的研究者描述了群体蓝藻昼夜垂直分布，指出蓝藻群体在夜间向水表迁移^[7-9]。Wallace等^[10]发现在浅水富营养的Thomson湖，微囊藻在夜晚时集中在水表，而到了清晨，微囊藻失去浮力，导致水表层0.2~0.3 m的水柱中群体浓度下降了50%。在本实验中，微囊藻也是在夜间向上迁移，直到上午光强达到最高时，表层的微囊藻才开始下沉，而到17时，微囊藻又开始向上迁移。这表明在本实验中，微囊藻的垂直迁移可能主要受到光照的影响，在夜间由于呼吸作用消耗细胞内的多糖等物质，微囊藻细胞的密度下降而上升^[4]，而白天由于光合作用，细胞本身密度上升，引起微囊藻群体下沉。

在本实验中，无论是在凌晨还是黄昏，表层小型微囊藻群体所占的比重比下层和中层低得多，Reynolds等^[11]曾指出，较大的群体较之单细胞和小群体上浮得更快，对这一原理最有力的证明就是微囊藻大小的垂直分布：小型藻在深处停留的时间更长。这在本实验中也得到了证明。

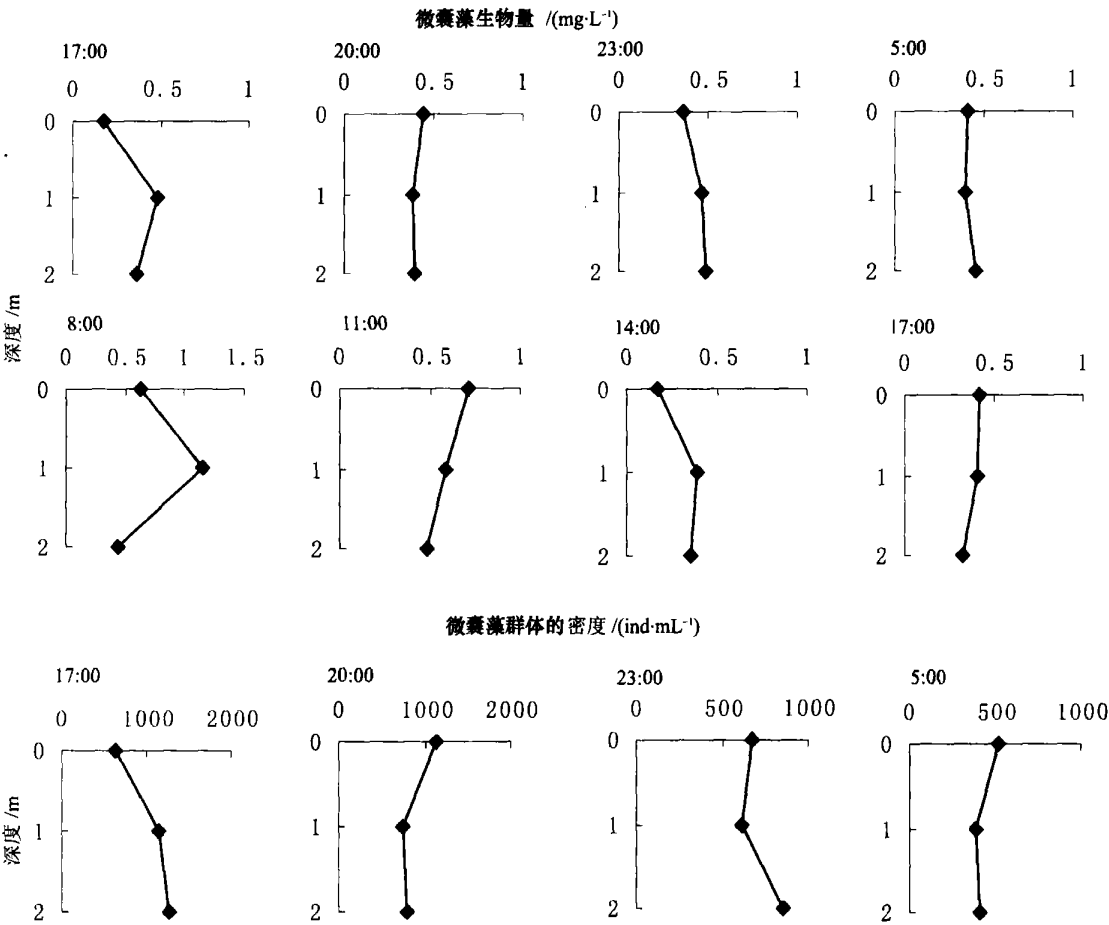


图 3 生物量和群体密度的昼夜垂直分布

Fig 3 Diurnal changes in vertical distribution of *Microcystis* biomass and colonial density

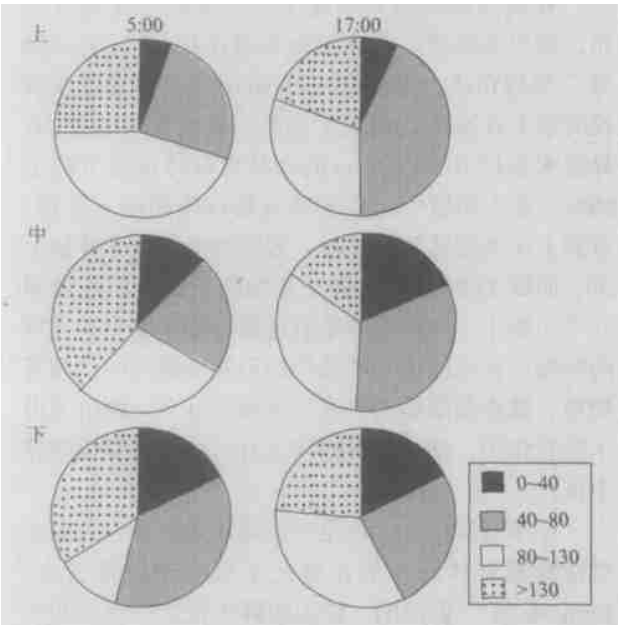


图 4 5: 00 和 17: 00 时微囊藻群体大小的垂直分布

Fig 4 Size-class vertical distribution for *Microcystis* colonial at 5: 00 and 17: 00

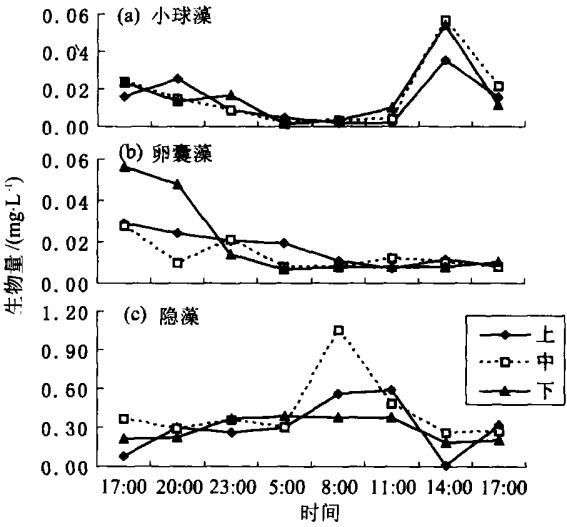


图 5 藻类生物量的昼夜垂直分布

Fig 5 Diurnal changes in vertical distribution of *Chlamydomonas*, *Oocystis* and *Cryptomonas* biomass

同微囊藻所不同的是，其它的藻类并没有明显的垂直分布。在芬兰的 Horkkajarvi 湖，Arvola^[12] 观察到卵形隐藻下午向下移动，而在早晨向上移动。但与上述趋光性所不同的是，Tilzer^[13] 在奥地利的一个湖泊中观察到隐藻在夜间向表层移动，而在日间向下层移动。这表明了浮游植物的垂直迁移受到诸多因子的影响而在各湖泊表现不同。在本研究中，隐藻的昼夜垂直迁移不是很明显，不过在 11:00—14:00 之间隐藻表现出向下移动的趋势，这暗示隐藻对此时表层较高的光强可能有一定的回避。

参考文献：

[1] OLIVER R, GANF G G. Freshwater blooms//WHITTON B A, POTTS M, eds. The ecology of Cyanobacteria [M] . 2000: 149—194.

[2] WALSBY A E, MACALLISTER G K. Buoyancy regulation by Microcystis in Lake Okaro [J] . NZ J Mar Freshwater Res, 1987, 21: 521—524.

[3] WALSBY A E, REYNOLDS C S, OLIVER R, et al. The role of gas vacuoles and carbohydrate content in the buoyancy and vertical distribution of *Anabaena minutissima* in lake Rotongao, New Zealand [J] . Arch Hydrobiol, 1989, 32: 1—25.

[4] IBELINGS B W, MUR L M, WALSBY A E. Diurnal changes in buoyancy and vertical distribution in population of *Microcystis* in two shallow lakes [J] . J Plankton Res, 1991, 14: 419—436.

[5] TADONLEKE R D, JUGNIA L B, SIMENGANDO T, et al. Short-term vertical distribution of phytoplankton populations in a shallow tropical lake (Lake Municipal, Yaounde, Cameroon) [J] . Arch Hydrobiol, 1998, 82: 469—485.

[6] 胡鸿钧, 李尧英, 魏印心, 等. 中国淡水藻类 [M] . 上海: 上海科学技术出版社, 1979.

[7] KONOPKA A E, BROCK T D, WALSBY A E. Buoyancy regulation by Aphanizomenon in Lake Mendota [J] . Arch Hydrobiol, 1978, 83: 524—537.

[8] GANF G G, OLIVER R L. Vertical separation of light and available nutrients as a factor causing replacement of a green alga by blue green algae in the plankton of a stratified lake [J] . J Ecol, 1982, 70: 829—844.

[9] VINER A B, KKEMP L. The effect of vertical mixing on the phytoplankton of Lake Rotongaio (July 1979—January 1981) [J] . N Z J Mar Freshwater Res, 1983, 17: 407—422.

[10] WALLACE B B, BAILEY M C, HAMILTON D P. Simulation of vertical position of buoyancy regulating *Microcystis aeruginosa* in a shallow eutrophic lake [J] . Aquatic Sciences, 2000, 62: 320—333.

[11] REYNOLDS C S, WALSBY A E. Water blooms. Biological Review [M] . 1975, 50: 437—481.

[12] ARVOLA L. Diel variation in primary production and the vertical distribution of phytoplankton in a polymictic lake [J] . Arch Hydrobiol, 1984, 101: 503—519.

[13] TILZER M M. Diurnal periodicity in the phytoplankton assemblage of a high mountain lake [J] . Limnol Oceanogr, 1973, 18: 15—30.

Diurnal and Vertical Migration Pattern of *Microcystis* in a Shallow Hypereutrophic Lake

TANG Hui juan¹, XIE Ping², CHEN Fei zhou²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: The migration pattern of *Microcystis* and physiochemical changes through time and depth were measured in a shallow hypereutrophic lake over 24 hours period. It was found that temperature, pH, DO and light intensity showed obvious diurnal and vertical change. *Microcystis* colonies tended to descend to the lower layer during the day, probably due to photosynthesis of polyglucose which resulted in increases of cells intensity during the day. For the same reason, *Microcystis* colonies tended to move up to the surface layer during the night due to the consumption of polyglucose. However, phytoplankton except *Microcystis* did not show similar diurnal migration pattern.

Key words: *Microcystis*; migration; physiochemical changes