

不同氮源对球形棕囊藻生长和囊体形成的影响

梁大勇,王小冬,王 艳*

(暨南大学 赤潮与海洋生物学研究中心, 广东 广州, 510632)

摘 要:棕囊藻引发的有害藻华已经成为一种全球性的自然灾害,给海洋环境以及渔业经济带来了严重的损失。棕囊藻存在两种生活史形态:游离的单细胞形态和囊体形态,但是不同形态之间的转换和囊体形成机制尚不清楚。营养盐是浮游植物生长和藻华发生的物质基础,棕囊藻藻华以往多发生在硝酸盐限制海区。但是近年来,尿素等有机氮在河口区域浓度不断提高,有机氮源的增加可能对棕囊藻生长和生活史转换产生显著的影响。通过添加硝酸盐、铵盐、尿素三种氮源,研究不同氮源对球形棕囊藻生长和囊体形成的影响。研究表明:球形棕囊藻可以在硝氮、尿素中迅速生长,形成囊体,但是氨氮对其却有明显的抑制作用;球形棕囊藻单细胞在硝氮中丰度比较高,最大可达到 $(444.21 \pm 64.97) \times 10^3$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$;在尿素中更容易形成囊体,最多能达到 (12.61 ± 6.5) 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 。球形棕囊藻可以利用硝酸盐和有机氮源使其具有更强的竞争力,尿素在海洋水体中浓度的提高,可能是近年来球形棕囊藻藻华在我国近海水域频发的原因之一。

关键词:球形棕囊藻;氮源;尿素;囊体形成

中图分类号:X55

文献标识码:A

文章编号:1671-6647(2018)02-0272-07

doi:10.3969/j.issn.1671-6647.2018.02.012

棕囊藻属(*Phaeocystis*)的浮游植物具有广温广盐的特性,普遍分布在从热带到南北两极的广大海域,在海洋碳、氮以及硫循环过程中具有重要的调控作用^[1]。球形棕囊藻(*P. globosa*)具有特殊的异型生活史,它们的生长阶段包括微小的单细胞形态以及巨大的囊体形态^[2-3]。游离单细胞一般为 $3 \sim 9 \mu\text{m}$,囊体大约几百微米,中国沿海发现的棕囊藻囊体直径甚至达到了 3 cm ^[4]。囊体外被为一层轻薄有弹性的半透膜,细胞分布于外被的内表层,内部没有细胞仅仅是一些液体^[5]。棕囊藻藻华发生时以囊体为主要形态,引发鱼类大量死亡^[6],同时释放二甲基丙磺酸和二甲基硫醚,对全球气候有一定调控作用^[7]。棕囊藻还会产生溶血性毒素,对海洋生物以及人体健康都会产生极大的危害^[8]。近年来,球形棕囊藻在我国沿海频繁发生藻华,严重影响了沿海经济的发展,成为我国亟待解决的生态环境问题之一。

氮源是制约棕囊藻藻华发生的关键因素^[9]。棕囊藻藻华的发生经常伴随着硝酸盐的大量消耗:波切棕囊藻藻华发生时硝酸盐浓度迅速降低,导致 $\text{N}:\text{P}$ 比迅速降低^[10]。每年春季,南极近岸水体中硝酸盐浓度大量降低,同时伴随着南极棕囊藻藻华发生^[11]。Riegman等研究表明球形棕囊藻仅在硝酸盐为唯一氮源时才会形成^[12]。然而其他形态氮源依然可能被利用,但是这些氮源对囊体形成的影响依旧未知。例如在比利时沿岸,球形棕囊藻藻华发生时对硝酸盐的利用率最高,但是随着其他氮源(铵盐)的增加,硝酸盐的利用率则会下降,说明球形棕囊藻也会利用其他形式的氮源^[13]。在胡章喜的研究中发现,包括球形棕囊藻在内的4种海洋微藻都能利用铵盐^[14]。尽管铵盐是海洋浮游植物最容易利用的营养盐,但是铵盐可能并不支持球形棕囊藻囊体的形成^[15]。

收稿日期:2017-05-26

资助项目:国家重点基础研发计划项目——我国近海致灾赤潮形成机理、监测预测及评估防治研究(2017YFC1404301);国家自然科学基金项目——异养甲藻的营养优化功能研究(41676144)

作者简介:梁大勇(1992-),男,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事浮游植物生理生态和功能方面研究. E-mail:1021137186@qq.com

*** 通讯作者:**王 艳(1970-),女,陕西西安人,研究员,博士,主要从事有害藻华动力学和生态系统结构和功能方面研究。

E-mail: yanwang7018@163.com

(王佳实 编辑)

尿素的存在可能显著影响着棕囊藻生长、生活史转换及藻华发生。近年来,河口及近岸海域尿素浓度随着尿肥的使用不断升高,这一趋势在未来的十几年还将一直维持^[16]。美国佛罗里达州南部的 Florida Bay 尿素浓度为 $0.36 \sim 1.7 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[17]。秦皇岛海域 5 月和 7 月尿素浓度分别为 $1.5 \sim 1.76 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.1 \sim 2.55 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 大亚湾海域夏季和秋季甚至高于无机氮浓度^[18], 表明我国部分海区尿素已经取代硝酸盐, 成为我国海区的重要氮源。海水中尿素浓度的升高, 有利于蓝细菌、甲藻等浮游植物类群旺盛生长, 形成有害藻华^[19-20]。Glibert 等发现在美国切萨皮克湾高浓度尿素会促进微小原甲藻藻华的发生^[21]。Collos 等在法国南部 Thau Lagloon 为期 15 个月的监测中发现, 当尿素浓度超过某一临界值时可能会引发链状亚历山大藻爆发^[20]。

我国海区形成藻华的球形棕囊藻不仅囊体体积大, 持续时间长, 而且会产生溶血性毒素^[6,8]。这些特点是否与南海水体中尿素浓度不断增高有关尚待研究。本次实验以常见有害藻华物种球形棕囊藻为研究对象, 将其分别置于硝氮、铵氮和尿素的培养液中培养, 观察生长以及囊体的形成和变化。本研究结果将有助于了解不同氮源对球形棕囊藻生长和囊体形成的影响, 提供的实验数据会进一步揭示其形成机理, 为防治和预测工作提供有力依据。

1 实验方法

1.1 实验前准备

球形棕囊藻采集于珠江口, 利用盐度 30 的 f/2 培养基进行培养, 培养条件: 温度 20°C , 光强 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光暗周期 12 h : 12 h。分别配置 3 种形态氮源的 f/2 培养基: 硝酸盐、铵盐和尿素, 氮的浓度均为 $8.82 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (其余营养盐浓度和种类同 f/2 相同)。取 20 mL 球形棕囊藻藻液加入到 50 mL 的离心管, $3000 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 10 min, 弃上清, 然后加入培养基冲洗到氮源分别是铵盐、尿素和硝酸盐的 f/2 培养基中进行驯化 (7 d), 使藻细胞完全适应不同氮源。

1.2 实验设计

将球形棕囊藻过滤通过 $10 \mu\text{m}$ 的筛绢除去囊体, 将其接种到 15 个锥形瓶 (500 mL) 中, 体积为 200 mL, 初始浓度为 $10^3 \text{个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。分别设置硝酸盐、铵盐和尿素三个实验组, 每组设置 5 个平行。将所有细胞培养瓶放置于温度 20°C , 光强为 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光暗周期为 12 h : 12 h 的培养室中培养, 实验周期为 22 d。

1.3 取样与测定

实验期间每天摇晃锥形瓶, 使球形棕囊藻在锥形瓶中分布均匀, 减少其黏附于锥形瓶壁。每隔 2 d 取 1 次样, 每次取样 5 mL, 加入 Lugol's 溶液固定。取 1 mL 藻样在倒置显微镜下利用计数框测定游离单细胞数量。取 1 mL 藻样至 24 孔细胞培养板中, 在倒置显微镜下计数囊体直径、数目以及囊体内细胞数 (囊体数多于 30 个计数 30 个, 少于 30 个则计全部)^[22]。

1.4 数据处理

用 SPSS 进行数据统计和显著性检验, 应用 One Way-ANOVA 分析不同组间囊体数量和直径的显著性, DUNN's 比较两组之间的差异性, 显著性水平设置为 $p < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 球形棕囊藻游离单细胞的变化

硝氮组中单细胞于 12 d 时丰度达到 $(444.21 \pm 64.97) \times 10^3 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$, 尿素组中单细胞丰度在 14 d 时达到 $(250.12 \pm 34.86) \times 10^3 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$, 显著低于硝氮组 ($p < 0.05$) (图 1)。铵盐组中单细胞丰度远远低于硝氮组和尿素组 ($p < 0.05$)。

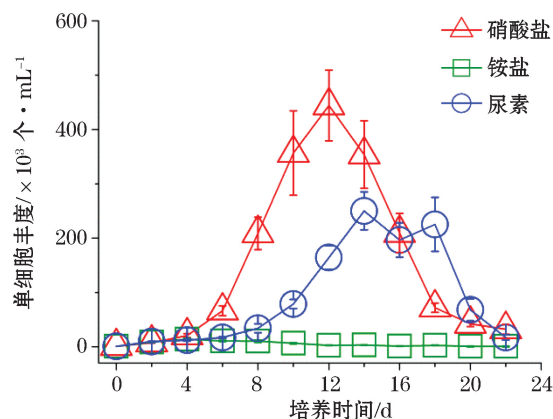


图 1 硝氮组、氨氮组和尿素组游离单细胞数量变化

Fig.1 Solitary cells abundances of *P. globosa* with nitrate, ammonia and urea

2.2 球形棕囊藻囊体数目变化

当以硝酸盐和尿素为氮源时,球形棕囊藻形成囊体,其中尿素组囊体数目明显高于硝氮组 ($p < 0.05$) (图 2)。整个实验周期中铵盐组中球形棕囊藻没有形成任何囊体。

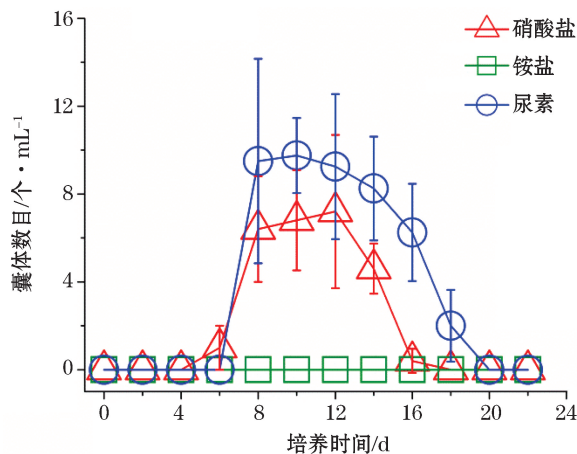


图 2 硝氮组、氨氮组和尿素组囊体数目的变化

Fig.2 Colony abundance of *P. globosa* with nitrate, ammonia and urea

2.3 球形棕囊藻囊体直径变化

在 8~14 d 期间硝氮组和尿素组囊体直径并无显著性差异($p>0.05$),硝氮组和尿素组中球形棕囊藻直径最高可达到 $(108.15\pm49.15)\mu\text{m}$ 以及 $(128.46\pm50.44)\mu\text{m}$ (图 3)。

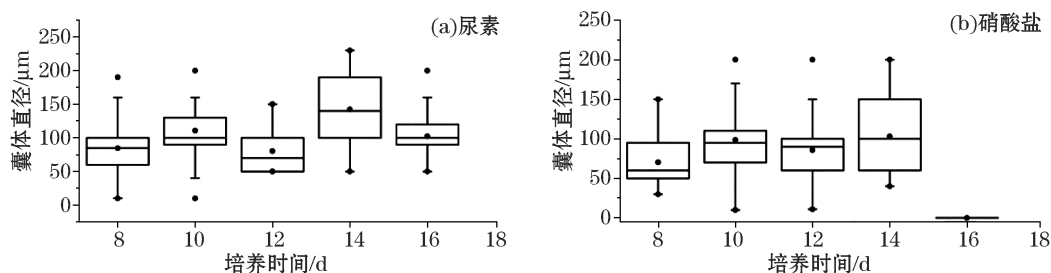


图 3 尿素组、硝酸盐组中球形棕囊藻囊体直径变化

Fig.3 Colony diameters of *P.globosa* with urea and nitrate

2.4 囊体内细胞占总细胞百分比的变化

硝氮组中囊体细胞所占百分比显著低于尿素组($p<0.05$)。硝氮组和尿素组细胞所占百分比都是在第 8 天达到最高,硝氮组在第 8 天时最高达到 0.92%,而尿素则为 9.5%(图 4)。

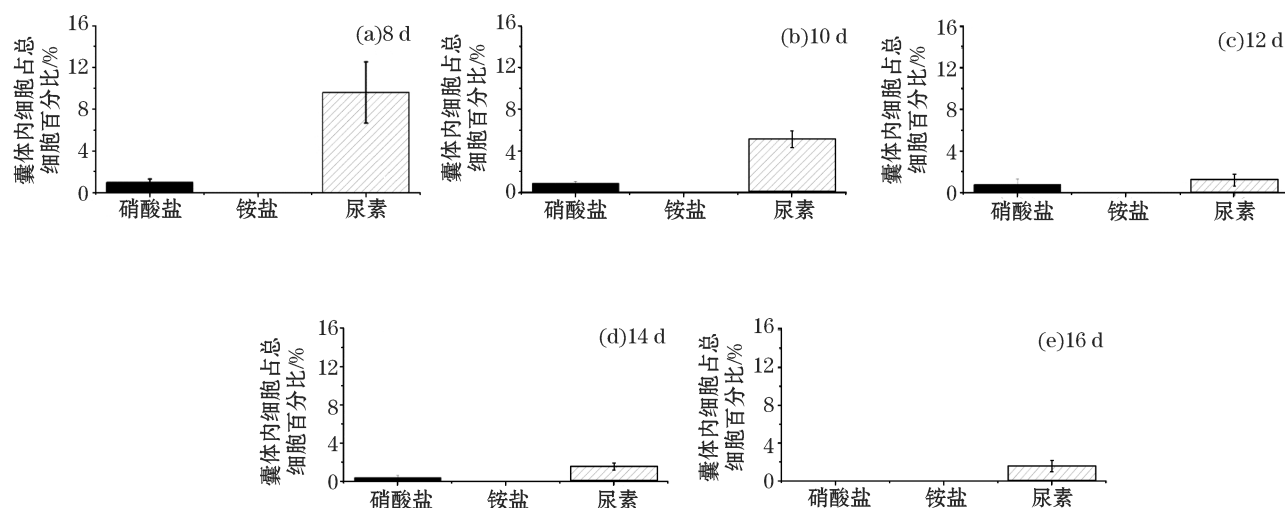


图 4 囊体内细胞占总细胞百分比

Fig.4 The percentages of colonial number to the total cell abundance

3 讨 论

氮是浮游植物生存的主要营养物质,对细胞内蛋白质、核酸以及磷脂的形成有重要作用^[23]。通常认为浮游植物先吸收 NH_4^+-N ,通过转氨基作用直接合成氨基酸,而 NO_3^--N 则必须经过硝酸还原酶形成 NH_4^+-N ^[24],尿素则需要在脲酶的参与下以 NH_3 的形式被利用^[25]。Balode 对波罗的海 Riga 湾夏季自然水体进行营养盐加富实验,发现多数情况下铵盐是先于硝酸盐被吸收的,只有在铵盐还剩 $7.5\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的时候硝酸盐才会被消耗^[26]。王艳等研究了硝酸盐对球形棕囊藻生长的影响,结果表明在培养基中添加不同浓度的硝

酸盐,对球形棕囊藻的生长有极显著的影响,含有较高硝酸盐的富营养化海域有利于球形棕囊藻细胞的持续生长^[27]。在 Wang 的研究中也发现,球形棕囊藻在硝酸盐中可以形成较多的单细胞和囊体^[15]。在本实验中球形棕囊藻可以很好的利用硝酸盐,并且形成囊体。实验结果印证了硝酸盐可以被球形棕囊藻很好的吸收利用,并且在球形棕囊藻生长和囊体形成中扮演了重要角色。

相对于球形棕囊藻可以很好的利用硝酸盐,我们发现球形棕囊藻也可以很好的利用尿素,而且可以形成更多的囊体。伴随着营养生理学的不断发展,研究者发现浮游植物和异养细菌一样可以直接利用小分子量的 DON^[28]。Glibert 等发现尿素浓度超过 $1 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 尿素可能会变成浮游植物一种重要氮源^[16]。在美国 Chesapeake 湾,一年中的大多数时候,尿素对浮游植物氮营养的贡献率达到 $60\% \sim 80\%$ ^[29]。在东海长江口,当米氏凯伦藻赤潮发生时,浮游植物对尿素的吸收速率要明显大于硝酸盐和铵盐,可达到 $0.031 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[30]。Riegman 等认为球形棕囊藻在饱和光强下对 DON 的吸收要高于其他浮游植物,尿素可以同时作为浮游植物的氮源和碳源,并且具有良好的稳定性^[31]。在 Wang 的研究中,CCMP627, CCMP1528, CCMP629 在尿素实验组中单细胞和囊体生长都会受到抑制^[15],与我们的实验结果截然相反。原因可能是上述研究所用的球形棕囊藻分别取自南大西洋和北太平洋,而我们取自珠江口区域。尿素的吸收利用也依赖于株系的差异,尿素浓度的提高可能提高南海株系的生物量和分布。珠江口区域 DON 占总氮的大约 80% ^[32],不同海区的营养成分可能有所差异,所以球形棕囊藻在利用氮源的策略方面会有所差异。我们研究的球形棕囊藻株系在尿素中形成的囊体更多,而且在尿素实验组中囊体维持的时间要明显高于在硝酸盐实验组,这也可能是我国海区发生球形棕囊藻藻华并且持续时间较长的原因之一。

在铵盐实验组中,我们可以明显看到棕囊藻单细胞和囊体的生长被抑制。过高的铵盐可能会起解偶联作用,降低类囊体薄膜两侧的 PH 差,从而影响 ATP 的合成。或者利用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 可能使碳进入囊体黏液过程中形成阻碍,使囊体不稳定或者不能保持囊体的完整性。球形棕囊藻单细胞是镶嵌在黏液中的, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 通过黏液太慢,不足以提供细胞生长所需的能量。我们的研究数据还不能解释囊体结构上的差异,还必须从动力学方面进行更深入的研究才能作出解释。

4 结 语

通过研究发现珠江口采集的棕囊藻株系在意境细胞和囊体对氮源利用方面有不同的策略。在高浓度的铵氮中却受到明显的抑制,最高细胞丰度只有 $(13.81 \pm 2.17) \times 10^3$ 个/mL,在培养至到 12 天时细胞全部死亡,并且自始至终滑 形成囊体。单细胞和囊体都可以利用无机氮硝酸盐和有机氮尿素。单细胞更适应硝氮,最高细胞密度可达到 $(44.42 \pm 67.97) \times 10^4$ 个/mL。而囊体则更适应尿素作为氮源,囊体的数目可达到 (12.61 ± 6.5) 个/mL,并且囊体可以一直持续存在到培养的第 18 天。本研究提供了直接的证据证明尿素可以被单细胞和囊体利用,对于具备利用可溶性有机氮能力的球形棕囊藻而言,无疑扩展了其氮营养来源,在可溶性无机氮缺乏的水体中,大大提高其生存率和竞争力。另外,根据本研究中球形棕囊藻生活史在尿素中的调控规律,我国海区形成藻华的球形棕囊藻不仅囊体体积大,持续时间长,这些特点可能会与南海水体中尿素含量不断增高有直接的关系。

参考文献(References):

- [1] SMITH W O, CODISPOTI L A, NELSON D M, et al. Importance of *Phaeocystis* blooms in the high-latitude ocean carbon cycle[J]. Nature, 1991, 352(6335): 514-516.
- [2] ROUSSEAU V, VAULOT D, CASOTTI R, et al. The life cycle of *Phaeocystis*, (Prymnesiophyceae): evidence and hypotheses[J]. Journal of Marine Systems, 1994, 300(1): 23-39.
- [3] ROUSSEAU V, CHRETIENNOTDINET M J, JACOBSEN A, et al. The life cycle of *Phaeocystis*: state of knowledge and presumptive role in ecology[J]. Biogeochemistry, 2007, 83(1): 29-47.

- [4] QI Y Z, CHEN J F, WANG Z H, et al. Some observations on harmful algal bloom (HAB) events along the coast of Guangdong, southern China in 1998. *Hydrobiology*[J]. *Hydrobiologia*, 2004, 512(1-3): 209-214.
- [5] HAMM C E, SIMSON D A, MERKEL R, SMETACEK V. Colonies of *Phaeocystis globosa* are protected by a thin but tough skin[J]. *Marine Ecology Progress*, 1999, 187(3): 101-111.
- [6] CHEN J F, XU N, JIANG T J, et al. A report of *Phaeocystis globosa* bloom in coastal water of Southeast China[J]. *Journal of Jinan University(Natural Science)*, 1999, 20(3): 124-129. 陈菊芳, 徐宁, 江天久, 等. 中国赤潮新记录种——球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)[J]. 暨南大学学报(自然科学版), 1999, 20(3): 124-129.
- [7] WANG Y, QI Y Z, SHEN P P, et al. Effects of temperature and salinity on DMSP production in *Phaeocystis globosa*[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(4): 367-371. 王艳, 齐雨藻, 沈萍萍, 等. 温度和盐度对球形棕囊藻细胞 DMSP 产量的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(4): 367-371.
- [8] HE J K, SHI Z X, ZHANG Y H, et al. Morphological characteristic and toxins of *Phaeocystis* CF. *pouchetii*[J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1999, 30(2): 172-179. 何家菀, 施之新, 张银华, 等. 一种棕囊藻的形态特征与毒素分析[J]. 海洋与湖沼, 1999, 30(2): 172-179.
- [9] VASAS V, LANCELOT C, ROUSSEAU V, et al. Eutrophication and overfishing in temperate near shore pelagic food webs: a network perspective[J]. *Marine Ecology Progress*, 2007, 336(12): 1-14.
- [10] BATJE M, MICHAELIS H. *Phaeocystis pouchetii*, blooms in the East Frisian coastal waters (German Bight, North Sea)[J]. *Marine Biology*, 1986, 93(1): 21-27.
- [11] COCHLAN W P, BRONK D A. Nitrogen uptake kinetics in the Ross Sea, Antarctica[J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2001, 48(19-20): 4127-4153.
- [12] RIEGMAN R, NOORDELOOS A A M, CADEE G C. *Phaeocystis* blooms and eutrophication of the continental coastal zones of the North Sea[J]. *Marine Biology*, 1992, 112(3): 479-484.
- [13] TUNGARAZA C, ROUSSEAU V, BRION N, et al. Contrasting nitrogen uptake by diatom and *Phaeocystis*-dominated phytoplankton assemblages in the North Sea[J]. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, 2003, 292(1): 19-41.
- [14] HU Z X, XU N, DUAN S S. Effects of nitrogen sources on the growth of *Heterosigma akashiwo*, *Karenia* sp., *Phaeocystis globosa* and *Chaetoceros* sp.[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 19(10): 2452-2457. 胡章喜, 徐宁, 段舜山. 不同氮源对 4 种海洋微藻生长的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(10): 2452-2457.
- [15] WANG X D, WANG Y, WALKER O, et al. The role of nitrogen on the growth and colony development of *Phaeocystis globosa* (*Prymnesiophyceae*)[J]. *British Phycological Bulletin*, 2011, 46(3): 305-314.
- [16] GLIBERT P M, HARRISON J, HEIL C, et al. Escalating worldwide use of urea—a global change contributing to coastal eutrophication [J]. *Biogeochemistry*, 2006, 77(3): 441-463.
- [17] GLIBERT P M, HEIL C A, HOLLANDER D, et al. Evidence for dissolved organic nitrogen and phosphorus uptake during a cyanobacterial bloom in Florida Bay[J]. *Marine Ecology Progress*, 2004, 280(1): 73-83.
- [18] ZHANG Y. Comparative study on the ecophysiological responses of different groups of phytoplankton to urea[D]. Guangzhou: Jinan University, 2013. 张云. 不同类群代表性浮游植物对尿素的生理生态响应[D]. 广州: 暨南大学, 2013.
- [19] ANDDERSON D M, GLIBERT P M, BURKHOLDER J M. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences[J]. *Estuaries and Coasts*, 2002, 25(4): 704-726.
- [20] COLLOS Y, VAQUER A, LAABIR M, et al. Contribution of several nitrogen sources to growth of *Alexandrium catenella*, during blooms in Thau lagoon, southern France[J]. *Harmful Algae*, 2007, 6(6): 781-789.
- [21] GLIBERT P M, MAGNIEN R, LOMASM W, et al. Harmful algal blooms in the Chesapeake and coastal bays of Maryland, USA: Comparison of 1997, 1998, and 1999 events[J]. *Estuaries and Coasts*, 2001, 24(6): 875-883.
- [22] WANG X, TANG K W, WANG Y, et al. Temperature effects on growth, colony development and carbon partitioning in three *Phaeocystis* species[J]. *Aquatic Biology*, 2010, 9(3): 239-249.
- [23] BERMAN T. Dissolved organic nitrogen utilization by an *Aphanizomenon* bloom in Lake Kinneret[J]. *Journal of Plankton Research*, 1997, 19(5): 577-586.
- [24] MULHOLLAND M R. Enzymes and nitrogen cycling[M]//CAPONE D G, BRONK D A, MULHOLLAND M R, et al. Nitrogen in the Marine Environment. Holand: Elsevier, 2008: 1385-1444.
- [25] WAWEIK B, CALLAGHAN A V, BRONK D A. Use of inorganic and organic nitrogen by *Synechococcus* spp. and diatoms on the west Florida shelf as measured using stable isotope probing[J]. *Applied & Environmental Microbiology*, 2009, 75(21): 6662-6670.
- [26] BALODE M, PURINA I, BEECHEMIN C, et al. Effects of nutrient enrichment on the growth rates and community structure of summer phytoplankton from the Gulf of Riga, Baltic Sea[J]. *Journal of Plankton Research*, 1998, 39(12): 184-193.

- [27] WANG Y, TANG H R, JIANG L, et al. Effects of nitrate on the growth and nitrate reductase activity in *Phaeocystis globosa*[J]. Journal of Botany, 2006, 23(2): 138-144. 王艳, 唐海溶, 蒋磊, 等. 硝酸盐对球形棕囊藻生长和硝酸还原酶活性的影响[J]. 植物学报, 2006, 23(2): 138-144.
- [28] MULHOLLAND M R, LOMAS M W. Nitrogen uptake and assimilation[M]//CAPONE D G, BRONK D A, MULHOLLAND M R, et al. Nitrogen in the Marine Environment. Holand; Elsevier Science & Technology, 2008: 1385-1444.
- [29] GLIBERT P M, MAGNIEN R, LOMAS M W, et al. Harmful algal blooms in the Chesapeake and coastal bays of Maryland, USA: comparison of 1997, 1998, and 1999 events[J]. Estuaries and Coasts, 2001, 24(6): 875-883.
- [30] LI J, GLIBERT P M, ZHOU M. Temporal and spatial variability in nitrogen uptake kinetics during harmful dinoflagellate blooms in the East China Sea[J]. Harmful Algae, 2010, 9(6): 531-539.
- [31] RIEGMAN R, NOORDELOOS A A M, CADEE G C. *Phaeocystis*, blooms and eutrophication of the continental coastal zones of the North Sea[J]. Marine Biology, 1992, 112(3): 479-484.
- [32] WANG X W, WEN W Y, LIU C M. Study on distribution of chemical species of nitrogen in summer in Pearl River Estuary and adjacent sea area[J]. Marine Science, 2003, 27(4): 49-53. 王先伟, 温伟英, 刘翠梅. 珠江口及附近海域夏季氮的化学形式分布研究[J]. 海洋科学, 2003, 27(4): 49-53.

Effects of Different Nitrogen on the Growth and the Formation of Colony in *Phaeocystis globosa*

LIANG Da-yong, WANG Xiao-dong, WANG Yan

(Research Center for Harmful Algal and Marine Biology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The harmful algal bloom caused by *Phaeocystis* has become a global natural disaster, which bring serious losses of the marine environment and marine fisheries. *Phaeocystis* has a complex polymorphic life cycle, exhibiting alternation between free-living cells and colony. However, the mechanism regulating alternation remains unknown. Nutrients play a key role in regulating phytoplankton growth and algal blooms. *Phaeocystis* bloom often occurred in the marine systems where nitrate was limited. In recent years, increased urea concentration has been observed frequently in the estuary area due to the use of chemical fertilizers. Different forms of nitrogen may have significant impacts on the life cycle of *P. globosa*. Growth and colony formation of *P. globosa* as a function of nitrate, urea and ammonium were examined. The results show that free-living cells abundances of *P. globosa* were significantly promoted by urea and nitrate that maximum abundances were $(444.21 \pm 64.97) \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$, but inhibited by ammonia. Colony formation was supported by urea and the maximum colony abundance with urea were $(12.61 \pm 6.5) \text{ colonies} \cdot \text{mL}^{-1}$. *P. globosa* could utilize inorganic and organic nitrogen, thus providing *P. globosa* with competitive advantage. The increased urea concentration may be responsible for the occurrence of the *P. globosa* bloom in China coastal area in recent years.

Key Words: *Phaeocystis globosa*; nitrogen; urea; colony formation

Received: May 26, 2017