

不同氮源对铜绿微囊藻增殖的影响

张青田^{1,2}, 王新华², 林超³, 胡桂坤¹, 郭勇³

(1. 天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津科技大学, 天津 300457;
2. 南开大学生命科学学院, 天津 300071; 3. 海河流域水资源保护局, 天津 300170)

摘要:在实验室条件下, 利用单细胞藻一次性培养方法, 研究了硝酸氮、铵氮和尿素对铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 增殖的影响。结果表明: 以硝酸氮作为氮源时, 铜绿微囊藻增殖速率优于另外 2 种氮源条件下的, 其最适增殖浓度为 1.5 ~ 5.0 mmol/L。低浓度铵氮 (0.5 mmol/L) 即适宜铜绿微囊藻生长, 而高浓度时会抑制铜绿微囊藻生长。尿素氮浓度 0.5 ~ 1.5 mmol/L 时最利于铜绿微囊藻生长。试验结果提示在监测水体氮营养盐时应该包括多种无机氮和有机氮, 只测总氮难于准确预测水华。

关键词:硝酸盐; 铵盐; 尿素; 铜绿微囊藻; 增殖

中图分类号: X171.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2011)04-0115-06

近十年来, 水华不仅在我国南方的水库、湖泊经常爆发(孔繁翔等, 2009; 郑凌凌等, 2009), 而且在北方水域也时有发生, 给生产和经济带来灾害(杨希存等, 2009)。引起淡水水华的主要是蓝藻门和绿藻门生物, 湖泊、水库水华的优势种是微囊藻(万蕾等, 2007), 其中以铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 造成的灾害尤甚, 成为中国乃至世界的研究热点之一(Solis et al, 2009; Ghazali et al, 2010; Karadzic et al, 2010)。铜绿微囊藻为浮游性藻类, 夏季繁盛时可形成水华, 是中国乃至全世界最常见的水华蓝藻种类之一, 常产生微囊藻毒素, 对水产养殖对象和人类生活产生极坏影响。通常认为物理条件(温度、光照等)是水华季节演替的原因, 而长期的演替还是依赖高营养盐浓度(Soares, 2009; 丁飞飞等, 2010)。铜绿微囊藻是非固氮蓝藻, 而氮素是构成叶绿素的主要成分, 对植物光合速率、暗反应的主要酶以及光呼吸等都有明显的影响, 直接或间接影响着光合作用(Dawson, 1998)。因此, 氮营养盐就成为其生长的限制因素之一, 也成为人们研究水华发生的重点内容之一。

水华频繁爆发往往和水中氮、磷营养盐浓度升高而导致富营养化有关(Solis et al, 2009)。蓝藻

可以利用硝酸氮、亚硝酸氮、铵氮和尿素等多种氮源, 目前研究微囊藻的生长和毒素生产时, 培养基中多以硝酸氮为氮源。唐全民等(2008)研究认为铵氮不利于铜绿微囊藻生长, 藻细胞有最大比增长速率的铵氮浓度较低。张玮等(2006)认为正磷酸盐不变时, 铵氮浓度改变明显影响铜绿微囊藻的生长, 浓度为 1.83 ~ 18.3 mg/L 时叶绿素 a 含量最高; 铵氮浓度过高对铜绿微囊藻生长、生理和产毒具有抑制作用。硝酸氮是各种微藻培养液中常用的氮源, 连民等(2001)认为高浓度硝酸氮有利于铜绿微囊藻的生长和毒素合成, 但超过 245.1 mg/L 后对生长有轻微抑制。这可能和此微藻细胞内的亚硝酸盐累积有关, 因为 Chen 等(2009)在高、低浓度 CO₂ 条件下的试验表明, 高硝酸氮浓度(其试验硝酸盐范围为 3.57 ~ 21.43 mmol/L)时在细胞内累积亚硝酸盐, 抑制铜绿微囊藻生长。王爱业等(2008)发现 0.5 ~ 8.0 mg/L 的亚硝酸氮可激活铜绿微囊藻的亚硝酸氧化酶和亚硝酸还原酶, 进而促进铜绿微囊藻的生长。四尾栅藻因仅具亚硝酸还原酶而利用能力低于铜绿微囊藻。Moisander 等(2009)认为铵氮对铜绿微囊藻的生长作用最大, 而且该藻的丰度在铵氮、硝酸氮和尿素等作为氮源时均会增长; 氮是加利福尼亚州 Copco 和 Iron Gate 水库及 Klamath 河夏季微囊藻水华的主要限制因子。而美国密歇根州 Ford 湖微囊藻的水华动力学很大程度上受 NO₃⁻ 影响(Lehman et al, 2009)。目前关于有机氮对微藻生长影响的报道较少, 王兆新等(2001)探索了 3 种外源有机氮对铜绿微囊藻在异养状态下生长的影响。外加蔗糖溶液对铜绿微囊藻的生长有一定抑制作

收稿日期: 2010-09-03

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目(200801135); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2006CB403408)。

通讯作者: 王新华, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: xhwang@nankai.edu.cn

作者简介: 张青田, 1974 生, 男, 博士, 副教授, 现从事水生生物学相关研究。E-mail: qtzhang@163.com

用;25~75 mg/L的果糖或者75~125 mg/L的乙酸钠可作为利于异养生长的阈值;而果糖和乙酸钠在各以75 mg/L等量混合的溶液中更适宜生长。滇池分离的铜绿微囊藻可以用丙氨酸、亮氨酸和精氨酸作为唯一氮源;而谷氨酸、天门冬氨酸和赖氨酸不能被快速利用,尽管其能够快速进入细胞。并且认为尿素和谷氨酸不能促进铜绿微囊藻生长,而甘氨酸、硝酸钠和氯化铵则能(Dai et al, 2009a)。

不同形态氮盐对铜绿微囊藻的增殖影响是比较复杂的,试验条件不同也会引起结果差异,已有的结论并不完全一致。硝酸氮和铵氮为无机氮,是水体中氮营养盐存在的常见形式;尿素是有机态氮,常被作为农作物的肥料,也可能随水流进入河流、湖泊,目前国内还未见关于尿素对铜绿微囊藻增殖影响的专门报道。本研究选用硝酸氮(NaNO_3)、铵氮(NH_4Cl)和脲(即尿素, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)3种氮源作为试验用氮,以期比较不同类型的氮源对铜绿微囊藻增殖的影响,为蓝藻水华预测提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及日常管理

试验用铜绿微囊藻(*M. aeruginosa* FACHB-905)购自中国科学院水生生物研究所淡水藻种库,采用该藻种库提供的BG-11培养基进行培养。试验中,用柠檬酸铁代替了原配方中的柠檬酸铁胺,以消除其中氮的影响。保种用铜绿微囊藻培养液按照BG-11培养基配置,置于光照培养箱中保存,定期进行接种,保证试验使用。培养条件为:温度25℃, pH 7.5~8.5, 光暗周期为14 h: 10 h, 光照强度2 500~3 000 lx。每天早晚各摇瓶1次。

1.2 灭菌和消毒方法

在微藻培养和试验中,对容器、用具和用水等须进行灭菌处理,以防止藻种混杂和原动物滋生造成培养和试验的失败。根据灭菌和消毒对象不同,主要采用了高压湿热灭菌(锥形瓶、营养盐母液和移液器具等)、烧灼灭菌(接种环等)、煮沸灭菌(实验用水等)、化学药物消毒(高锰酸钾和酒精对桌面、烧杯等消毒)以及紫外线消毒(试验环境)等方法(陈明耀, 1995)。

1.3 生长速率计算

试验采用一次性培养方式进行,在处理后的纯净水中接入适量试验用铜绿微囊藻,然后加入培养液;在光照培养箱中进行培养,达到指数生长期末期

时结束试验。分析比较不同水平的环境因子对微藻生长的影响时,常采用生长速率作为数理分析指标。本研究采用以下公式计算生长速率(陈明耀, 1995):

$$K = \frac{\ln N - \ln N_0}{t} \quad (1)$$

式中: N_0 和 N 为初始微藻细胞密度和经过时间 t 后的微藻细胞密度; t 为一段生长时间; K 为相对生长常数,表示生长速率。在良好的环境条件下培养,微藻生长繁殖迅速,相对生长速率数值高,反之则低。

1.4 试验设计

根据已有相关报道和经验(连民等, 2001; 张玮等, 2006; 唐全民等, 2008),选定5个浓度梯度作为试验用氮的处理水平,以 N 计分别为0.1、0.5、1.5、2.0、5.0 mmol/L,依次记为1~5水平。为便于比较,3种氮的浓度水平设置一致,分别进行单因素试验。

将试验用铜绿微囊藻在无氮水体中饥饿2 d,然后取适量的铜绿微囊藻接种入已灭菌的纯净水中,加入除氮外的营养元素,选用 K_2HPO_4 作为磷源,浓度为0.1 mmol/L(以 P 计),其他元素按照BG-11配方浓度配置,摇匀后用移液管将100 mL藻液移入250 mL锥形瓶中。然后分别加入相应氮母液使各处理达到设置氮浓度,每处理设置3个平行。摇匀后开始培养。每隔1 d用血球计数板测定1次细胞数量;根据微藻的生长曲线计算各浓度水平的生长速率,用DPS(Data Processing System)软件进行数理统计分析等(唐启义等, 2006)。

2 结果与分析

2.1 试验期间铜绿微囊藻生长情况

3个氮盐试验中铜绿微囊藻的生长情况如图1所示,由于铜绿微囊藻细胞的初始密度较小,生长延迟期较长。硝酸氮试验中,进入指数生长期后,各浓度水平的藻细胞生长情况发生变化,浓度为2.0 mmol/L时生长最快,藻细胞数积累也最多;浓度为0.1 mmol/L时生长最差。表明不同硝酸氮浓度对铜绿微囊藻的生长产生了明显影响。

铵氮试验中,浓度0.5 mmol/L时该藻表现出良好的生长趋势,但是指数生长时间和最终细胞密度要小于硝酸氮试验的。较高和较低的铵氮浓度时,铜绿微囊藻生长较差。铵氮不同浓度对铜绿微囊藻

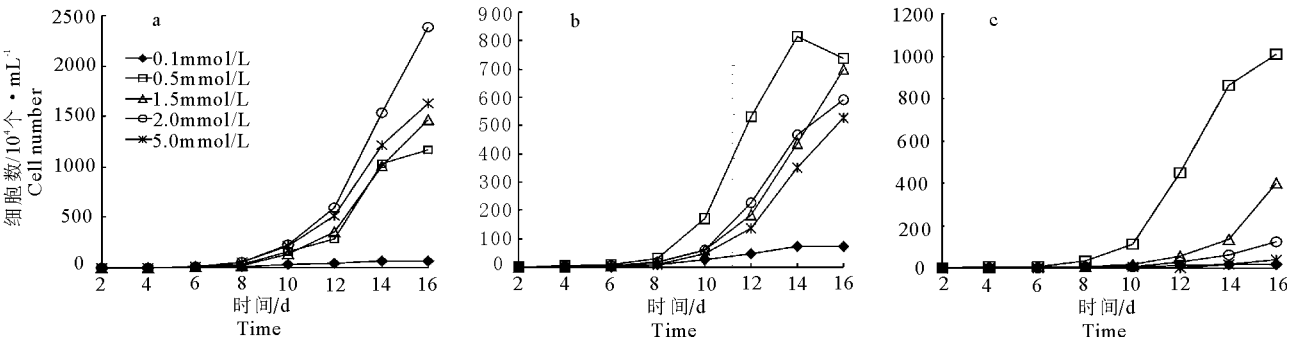


图1 试验中铜绿微囊藻生长曲线(a:硝酸氮;b:铵氮;c:尿素)

Fig.1 Growth curves of *M. aeruginosa* in each experiments (a: nitrate; b: ammonium; c: urea)

的生长产生了明显影响,但和硝酸氮的影响有差异。铜绿微囊藻能利用尿素进行生长,但是利用能力较差。在低尿素浓度 0.5 mmol/L 时,铜绿微囊藻生长较好,也能达到较高的细胞密度;试验开始 10 d 后,尿素氮浓度为 1.5 mmol/L 时的铜绿微囊藻生长加速;其他浓度的则生长延迟期很长,生长均很差。

2.2 生长速率的方差分析

按照公式(1)计算不同浓度水平时的铜绿微囊藻生长速率,然后进行方差分析和 LSD(Least-significant difference)多重比较,方差分析结果见表 1。

表 1 各试验方差分析结果

Tab.1 ANOVA results of nitrogen experiments						
氮源	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
硝酸氮	处理间	0.1597	4	0.0399	142.414	0.0001
	处理内	0.0028	10	0.0003		
	总变异	0.1625	14			
	处理间	0.0775	4	0.0194	52.158	0.0001
铵 氮	处理内	0.0037	10	0.0004		
	总变异	0.0813	14			
	处理间	0.2131	4	0.0533	58.222	0.0001
尿 素	处理内	0.0092	10	0.0009		
	总变异	0.2223	14			

方差分析结果表明,所选 3 种氮源的浓度变化对铜绿微囊藻的生长均有极显著影响($P < 0.01$)。因而,可以从多重分析结果中寻找最适宜铜绿微囊藻生长的氮浓度,并可以作为水华易爆发的参考阈值。多重比较的结果依次见表 2 至表 4。

从表 2 可知,硝酸氮浓度为 2.0 mmol/L 时铜绿微囊藻生长最好,1.5 ~ 5.0 mmol/L 时表现出较好的生长趋势,高浓度的硝酸氮并没有表现出抑制铜绿微囊藻的生长。这可能是众多微藻培养基选择硝酸氮作为氮源的原因之一,因为培养基中的氮量均很高。水平 2(0.5 mmol/L)也表现出了和水平 3、5 影响相近的倾向,综合图 1 分析,该浓度下,铜绿微囊藻也表现较好的生长,只是后期生长变慢,可能和

营养盐消耗较快有关。

表 2 硝酸氮试验多重比较

Tab.2 Multiple compare of nitrate experiment						
水平	4	3	5	2	1	分组结果
4	0.5190	0.3299	0.0134	0.0030	0.0001	a A
3	0.5050	0.0140	0.0765	0.0165	0.0001	ab AB
5	0.4780	0.0410	0.0270	0.3882	0.0001	bc AB
2	0.4657	0.0533	0.0393	0.0123	0.0001	c B
1	0.2383	0.2807	0.2667	0.2397	0.2273	d C

注:表中下三角数字为均值差,上三角数字为显著水平。分组结果中小写字母为 5% 显著水平;大写字母为 1% 显著水平。

表 3 铵氮试验多重比较

Tab.3 Multiple compare of ammonium experiment						
水平	2	3	5	4	1	分组结果
2	0.5877	0.0033	0.0001	0.0001	0.0001	a A
3	0.5273	0.0603	0.0227	0.0142	0.0001	b B
5	0.4850	0.1027	0.0423	0.7887	0.0001	c B
4	0.4807	0.1070	0.0467	0.0043	0.0001	c B
1	0.3683	0.2193	0.1590	0.1167	0.1123	d C

注:注:表中下三角数字为均值差,上三角数字为显著水平。分组结果中小写字母为 5% 显著水平;大写字母为 1% 显著水平。

表 4 尿素试验多重比较

Tab.4 Multiple compare of urea experiment						
水平	2	3	4	5	1	分组结果
2	0.4947	0.1052	0.0013	0.0001	0.0001	a A
3	0.4507	0.0440	0.0240	0.0001	0.0001	a AB
4	0.3850	0.1097	0.0657	0.0027	0.0001	b B
5	0.2870	0.2077	0.1637	0.0980	0.0005	c C
1	0.1630	0.3317	0.2877	0.2220	0.1240	d D

注:表中下三角数字为均值差,上三角数字为显著水平。分组结果中小写字母为 5% 显著水平;大写字母为 1% 显著水平。

表 3 显示,5 个处理水平可以分为 3 个组别(1% 显著水平)。铵氮浓度为 0.5 mmol/L 时铜绿微囊藻生长最好,1.5 ~ 5.0 mmol/L 时表现出相似的生长趋势,但高浓度的铵氮在一定程度上抑制铜绿微囊藻的生长。和生长图的直观分析一致,最低浓度时,铜绿微囊藻生长最差,自成一组。因此,当水体中铵氮浓度接近 0.5 mmol/L 时应关注水华的

发生。

表4显示,尿素浓度为0.5 mmol/L时铜绿微囊藻生长最好。不同浓度间的影响差别大,分组较多。浓度水平3的影响在5%显著水平上和水平2一致,而在1%显著水平上介于水平2和4之间,这和该处理水平的铜绿微囊藻在后期数量增加较多有关。由生长曲线和多重比较结果可以认为最适宜铜绿微囊藻生长的尿素浓度为0.5~1.5 mmol/L。

3 讨论

3.1 有利铜绿微囊藻生长的氮浓度

试验结果表明,所选3种氮源均能促进铜绿微囊藻增殖,应该作为水华预警的监测对象。3者的影响情况并不相同:硝酸氮浓度为1.5~5.0 mmol/L时适宜铜绿微囊藻生长;低浓度铵氮(0.5 mmol/L)适宜铜绿微囊藻生长,浓度升高则会抑制生长;而尿素氮浓度0.5~1.5 mmol/L时最利于铜绿微囊藻生长。这些铜绿微囊藻生长最快的浓度范围可以视为水华易爆发的阈值范围,若水体中的营养盐浓度处于此范围时应给与高度重视,铜绿微囊藻水华即将迅速爆发。作为天津、唐山2市水源地的潘家口、大黑汀和于桥水库的氮浓度已经处于适宜蓝藻生长的范围,必须引起有关政府部门的重视(郑丽娜等,2008;邢海燕等,2009)。

3.2 不同氮源对藻类的作用效果

藻类对不同氮的利用不同,而铵氮是藻类能够优先利用的氮源;但是铵氮浓度过高对铜绿微囊藻生长、生理和产毒具有抑制作用(Kameyama et al, 2002;崔力拓等,2006;张玮等,2006)。有报道藻细胞最大比增长速率的铵氮浓度为0.2 mmol/L(唐全民等,2008),与本研究一致,而结果稍低,这个浓度是本研究设置的2个相邻水平间的浓度。张玮等(2006)认为铵氮浓度为1.83~18.3 mg/L时叶绿素a含量最高,其铵氮适宜范围宽于本研究。一些报道(连民等,2001;Chen et al,2009)的结果和本研究情形类似,都表现出硝酸氮利于铜绿微囊藻生长的浓度范围大,很高的浓度才产生抑制现象。这也可能是很多营养配方中选用硝酸氮作氮源的原因之一。关于有机氮的研究较少,本试验表明尿素对铜绿微囊藻的增殖有明显促进作用,尽管其作用远小于硝酸氮。这和Dai等(2009a)的结果不一致。由于尿素等有机氮盐是常用的肥料,难免会随水流进入河流、湖泊,故在水华预警中应该引起重视。

目前,涉及的氮源研究越来越多(Dai et al,

2009a;2009b),而实际中流入湖泊、河流的氮形式也在增加,氮源之间也存在转换,因此应增强氮源研究的深度和广度。同时,也应该关注环境的综合作用。Wang等(2010)发现在有浮游动物时,添加氮、磷营养盐会促进水表层微囊藻水华;水华和温度、浮游动物和氮、磷营养盐有关。再者,现场调查表明,低营养盐浓度时蓝藻占优势;而室内试验显示高营养盐适合铜绿微囊藻生长,低营养盐时,铜绿微囊藻的竞争力强(Zhu et al,2010)。

3.3 对水华监测的建议

水华预测预报通常以总氮、总磷作为监测指标(崔力拓等,2006),由本研究可知,这不利于水华预报和分析。水体中不同形态的氮存在相互转换的动态过程,即使总氮量相同时,各态氮的量很可能不同,水华藻类的增殖情况也会不同。再者,藻类生长是多种环境因子综合作用的结果,室内试验和现场情况也有不同,建议在室内试验的基础上,选择合适的湖泊、水库开展长期、连续的多种氮源和其他环境要素监测,以获得准确的水华预测模型。

参考文献

- 陈明耀. 1995. 饵料生物培养[M]. 北京:中国农业出版社.
- 崔力拓,李志伟. 2006. 氮、磷营养盐组成对铜绿微囊藻生长的影响[J]. 河北渔业, (5): 12-15.
- 丁飞飞,黄鹤忠,陈金凤,等. 2010. 不同磷源及其配比对铜绿微囊藻生长和摄磷效应的影响[J]. 水生生态学杂志, 3(3): 32-36.
- 孔繁翔,马荣华,高俊峰,等. 2009. 太湖蓝藻水华的预防、预测和预警的理论与实践[J]. 湖泊科学, 21(3): 314-328.
- 连民,刘颖,俞顺章. 2001. 氮、磷、铁、锌对铜绿微囊藻生长及产毒的影响[J]. 上海环境科学, 20(4): 166-170.
- 唐启义,冯明光. 2006. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及模型优化[M]. 北京:科学出版社: 82-132.
- 唐全民,陈峰,向文洲,等. 2008. 铵氮对铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*) FACHB 905 的生长、生化组成和毒素生产的影响[J]. 暨南大学学报:自然科学版, 29(3): 290-294.
- 万蕾,朱伟,赵联芳. 2007. 氮磷对微囊藻和栅藻生长及竞争的影响[J]. 环境科学, 28(6): 1230-1235.
- 王爱业,吉雪莹,陈卫民,等. 2008. 亚硝态氮对铜绿微囊藻和四尾栅藻生长的影响[J]. 安全与环境学报, 8(4): 12-15.
- 王兆新,袁峻峰,杨红军,等. 2001. 3种有机物对铜绿微囊藻异养生长的影[J]. 上海师范大学学报:自然科学版, 30(1): 97-98.

- 邢海燕,暴柱,宁文辉. 2009. 潘家口、大黑汀水库水源地水质现状评价与保护对策[J]. 海河水利, 3: 24 – 27.
- 杨希存,王素凤,霍长友,等. 2009. 秦皇岛洋河水库微囊藻毒素污染状况初探[J]. 环境与健康杂志, 26(1): 54 – 55.
- 张玮,林一群,郭定芳,等. 2006. 不同氮、磷浓度对铜绿微囊藻生长、光合及产毒的影响[J]. 水生生物学报, 30(3): 318 – 322.
- 郑丽娜,温圣宇,程君敏. 2008. 于桥水库水源地富营养化的调查及分析评价[J]. 工程与建设, 22(5): 604 – 606.
- 郑凌凌,宋立荣,吴兴华,等. 2009. 汉江硅藻水华优势种的形态及18S rDNA序列分析[J]. 水生生物学报, 33(3): 562 – 565.
- Chen W M, Zhang QM, Dai SG. 2009. Effects of nitrate on intracellular nitrite and growth of *Microcystis aeruginosa* [J]. Journal of Applied Phycology, 21(6): 701 – 706.
- Dai R H, Liu H J, Qu J H, et al. 2009a. Effects of amino acids on microcystin production of the *Microcystis aeruginosa* [J]. Journal of Hazardous Materials, 161(2/3): 730 – 736.
- Dai R H, Liu H J, Qu J H. 2009b. The effects of different nitrogen compounds on the growth and microcystin production of *Microcystis aeruginosa* [J]. Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua, 58(4): 277 – 284.
- Dawson. 1998. The toxicology of microcystins [J]. Toxicon, 36: 953 – 962.
- Ghazali E, Saqrane S, Carvalho A P, et al. 2010. Effects of the microcystin profile of a cyanobacterial bloom on growth and toxin accumulation in common carp *Cyprinus carpio* larvae [J]. Journal of Fish Biology, 76(6): 1415 – 1430.
- Kameyama K., Sugiura N., Lsoda H., et al. 2002. Effect of nitrate and phosphate concentration on production of microcystins by *Microcystis viridis* N1ES102 [J]. Aquatic Ecosystem Health & Management, 5(4): 443 – 449.
- Karadzie V, Subakov-Simic G, Krizmanic J, et al. 2010. Phytoplankton and eutrophication development in the water supply reservoirs Garasi and Bukulja (Serbia) [J]. Desalination, 255(1/3): 91 – 96.
- Lehman E M, McDonald K E, Lehman J T. 2009. Whole lake selective withdrawal experiment to control harmful cyanobacteria in an urban impoundment [J]. Water Research, 43(5): 1187 – 1198.
- Moisander P H, Ochiai M, Lincoff A. 2009. Nutrient limitation of *Microcystis aeruginosa* in northern California Klamath River reservoirs [J]. Harmful Algae, 8(2): 889 – 897.
- Soares M C S, Rocha M I D, Marinho M M, et al. 2009. Changes in species composition during annual cyanobacterial dominance in a tropical reservoir: physical factors, nutrients and grazing effects [J]. Aquatic Microbial Ecology, 57(2): 137 – 149.
- Solis M, Poniewozik M, Mencfel R. 2009. Bloom-forming cyanobacteria and other algae in selected anthropogenic reservoirs of the Leczna-Wlodawa Lakeland [J]. Oenological and Hydrobiological Studies, 38(Suppl. 2): 71 – 78.
- Wang X D, Qin B Q, Gao G, et al. 2010. Nutrient enrichment and selective predation by zooplankton promote *Microcystis* (Cyanobacteria) bloom formation [J]. Journal of Plankton Research, 32(4): 457 – 470.
- Zhu W, Wan L, Zhao L F. 2010. Effect of nutrient level on phytoplankton community structure in different water bodies [J]. Journal of Environmental Sciences-CHINA, 22(1): 32 – 39.

(责任编辑 杨春艳)

Effects of Different Nitrogen on Proliferation of *Microcystis aeruginosa*

ZHANG Qing-tian^{1,2}, WANG Xin-hua², LIN Chao³, HU Gui-kun¹, GUO Yong³

(1. Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China;

2. College of life science, Nankai University, Tianjin 300071, China;

3. Water Resources Protection Bureau of Haihe River Basin, Tianjin 300170, China)

Abstract: Three nitrogen forms, nitrate, ammonium and urea, were selected to perform the growth experiments in the laboratory respectively. One of the preponderant cyanobacteria species, *Microcystis aeruginosa*, was studied with the algal batch culture method. The results showed that nitrate was superior to the other two nitrogen salt for this cyanobacterium to growth, and its optimal concentration for cell proliferation was 1.5 – 5.0 mmol/L. However, lower concentration of ammonium, 0.5 mmol/L, was optimal for the cyanobacterium to grow; and higher ammonium concentration would restrain the growth of *M. aeruginosa*. In addition, the optimal growth concentration of urea was 0.5 – 1.5 mmol/L, which was also lower than that of nitrate. These results not only offered scientific foundation for water bloom forecasting, but also enlightened us that only to monitor total nitrogen was not an appropriate method for forecasting the cyanobacteria blooms.

Key words: nitrate; ammonium; urea; *Microcystis aeruginosa*; proliferation