

2018 年度高等学校科学研究优秀成果奖(科学技术) 推荐项目公示

项目名称：蓝藻群体演变理论及其在水华预测预警上的应用

主要完成人：杨州，张利民，王国祥，阳振，张民，孔繁翔

主要完成单位：南京师范大学，中国科学院南京地理与湖泊研究所

申报类型：自然科学奖

推荐单位：南京师范大学

项目简介

在富营养化水体中蓝藻大量生长并聚积形成有毒水华，对水域生态系统及人类健康产生了极大风险，精准预测预警及时消除隐患显得尤为重要。蓝藻集聚成群体是水华形成的关键阶段，但蓝藻群体演变规律尚缺乏彻底的认识。本项目首次厘清了蓝藻群体增大与解离的演变规律，阐明了蓝藻不同形态特征的多方面差异，揭示了蓝藻群体集聚的多聚糖作用机制，采用蓝藻群体尺寸作为关键参数显著提高了水华预测预警精度。本项目主要科学发现包括以下四个方面：

1. 厘清了蓝藻群体增大与解离的演变规律及影响因素。

原位捕获式收集蓝藻表明，春季蓝藻群体尺寸以指数式快速增大，然后以大群体维持，秋冬季蓝藻群体逐步衰退解离。首次从种间关系角度的模拟实验发现，单细胞蓝藻在原生动物牧食作用下，能形成数百个蓝藻细胞组成的群体，且非生物因素与牧食作用对蓝藻群体大小存在耦合效应，产生类原位大群体，印证了野外原位蓝藻复苏期间群体大小的演变过程。这些群体能有效降低浮游动物的摄食率，证实了蓝藻形成群体是对牧食者产生的防御响应。

2. 阐明了蓝藻不同形态特征的多方面差异。

在表观形态和超微结构方面，群体蓝藻细胞表面光滑，而单细胞蓝藻表面存在凹陷。群体蓝藻细胞内部伪空胞较多，细胞表面多聚糖层明显增厚，而单细胞蓝藻细胞内部脂滴和多聚颗粒明显多于群体蓝藻。在生化组成方面，群体蓝藻细胞内的叶绿素、藻蓝素、酯酶活性显著高于单细胞蓝藻。在光合作用方面，群体蓝藻的相对最大电子传递速率、光合半饱和常数等均显著高于单细胞蓝藻。上述特征差异揭示了群体蓝藻通过部分功能增强以补偿群体细胞由于包裹效应在获取资源受到的限制。

3. 揭示了蓝藻群体集聚的多聚糖作用机制。

针对自然水体蓝藻群体的演变过程和牧食作用诱导形成的群体，通过检测形成群体前后藻细胞多聚糖含量的变化，确立了蓝藻群体形成的机制是由于藻细胞多聚糖分泌量增加促使藻细胞聚合，藻细胞聚合形成群体程度与多聚糖含量呈现正相关。通过调控碳氮代谢平衡促使藻类光合作用产物以碳水化合物为主，过量碳水化合物导致藻细胞多聚糖生成显著增加，有助于藻细胞群体形成与集聚，更加充分地揭示了蓝藻群体集聚的多聚糖作用机制。

4. 采用蓝藻群体尺寸作为重要参数提高了水华预测预警精度。

单细胞蓝藻即使在生物量很高的情况下，通常只均匀悬浮在水体中，不产生表层水华，只有当蓝藻群体大小增至阈值时，才会上浮形成水华。蓝藻群体尺寸比例，影响到蓝藻原位生长率、垂向分布、水平迁移，把该指标作为关键参数整合到预测预警模型中，显著提高了蓝藻水华的预测预警精度，有助于确定控制蓝藻水华的最佳时间窗口，为实现多手段精准控藻与水体修复提供科学指导。

本项目共发表 SCI 论文 68 篇，他引总计 1395 次 (SCI 他引 877 次)，10 篇代表性论文 Google 学术他引总计 542 次 (SCI 他引 361 次)，单篇最高 SCI 他引 80 次。该成果在蓝藻群体形成过程与机制的关键科学问题上取得了突破，创建了蓝藻群体演变理论，提高了水华预测预警精度，处于国际同类研究的领先水平。依托本项目，完成人扬州入选“万人计划”科技创新领军人才、科技部中青年科技创新领军人才、江苏省“333 工程”中青年科学技术带头人等称号，受邀担任 Scientific Reports、Fundamental and Applied Limnology、Frontiers in Physiology 等三种国际 SCI 刊物的编委。

10 篇代表性论文、专著

序号	论文、专著 名称/刊名/作者	影响 因子	年卷页码 年(卷):页 码	发表 年月	通讯作者/ 第一作者 (中文名)	SCI 他引次 数	他引 总次数	是否 国内 完成
1	Morphological response of <i>Microcystis aeruginosa</i> to grazing by different sorts of zooplankton/ <i>Hydrobiologia</i> / Yang Zhou* , Kong FX* , Shi XL, Cao HS.	2.05 6	2006, 563: 225-230	200 6.06	杨州、孔 繁翔/杨州	80	118	是
2	Effects of wind and wind-induced waves on vertical phytoplankton distribution and surface blooms of <i>Microcystis aeruginosa</i> in Lake Taihu/ <i>Journal of Freshwater Ecology</i> / Cao HS, Kong FX* , Luo LC, Shi XL, Yang Z , Zhang XF, Tao Yi.	0.94 2	2006, 21(2): 231-238.	2006. 06	孔繁 翔/曹焕生	53	78	是
3	A mosaic community of macrophytes for the ecological remediation of eutrophic shallow lakes/ <i>Ecological Engineering</i> / Wang GX* , Zhang LM , Chua H, Li XD, Xia MF, Pu PM.	2.91 4	2009, 35(4): 582-590.	2006. 08	王国 祥/王国祥	47	73	是
4	Biochemical, morphological and genetical variations in <i>Microcystis aeruginosa</i> due to colony disaggregation/ <i>World Journal of Microbiology and Biotechnology</i> / Zhang Min , Kong FX* , Tan X, Yang Zhou , Cao HS, Xing P.	1.65 8	2007, 23: 663-670.	2007. 05	孔繁 翔/张民	33	52	是
5	Benefits and costs of the grazer-induced colony formation in <i>Microcystis aeruginosa</i> / <i>Annales de Limnologie-International Journal of Limnology</i> / Yang Zhen , Kong FX* , Yang Zhou , Zhang Min , Yu Y, Qian SQ.	1.16 1	2009, 45: 203-208.	2009. 07	孔繁 翔/阳振	31	42	是

6	Formation of large colonies: a defense mechanism of <i>Microcystis aeruginosa</i> under continuous grazing pressure by flagellate <i>Ochromonas</i> sp./ <i>Journal of Limnology</i> / Yang Zhen, Kong FX* .	1.45 1	2012, 71: 61-66.	2012. 01	孔繁 翔/阳振	30	46	是
7	Combined effects of temperature, light intensity, and nitrogen concentration on the growth and polysaccharide content of <i>Microcystis aeruginosa</i> in batch culture/ <i>Biochemical Systematics and Ecology</i> / Yang Zhou* , Geng LL, Wang W, Zhang J.	0.92 9	2012, 41: 130-135.	2012. 04	杨州/ 杨州	28	51	是
8	Aggregate formation and polysaccharide content of <i>Chlorella pyrenoidosa</i> Chick (Chlorophyta) in response to simulated nutrient stress./ <i>Bioresource Technology</i> / Yang Zhou* , Liu Y, Ge J, Wang W, Chen YF, Montagnes DJS.	5.65 1	2010, 101: 8336- 8341.	2010. 11	杨州/ 杨州	26	29	是
9	Variation in colony size of <i>Microcystis aeruginosa</i> in a eutrophic lake during recruitment and bloom formation./ <i>Journal of Freshwater Ecology</i> / Cao HS, Yang Z* .	0.94 2	2010, 25: 331-335.	2010. 09	杨州/ 曹焕生	18	29	是
10	Combined effects of nitrogen content in media and <i>Ochromonas</i> sp. grazing on colony formation of cultured <i>Microcystis aeruginosa</i> ./ <i>Journal of Limnology</i> / Wang W, Liu Y, Yang Zhou* .	1.45 1	2010, 69: 193-198.	2010. 08	杨州/ 汪伟	15	24	是