

# 黄龙风景区水生藻类生长影响因素研究\*

张金流<sup>\* \* 1 2</sup> 鲍祥<sup>1</sup>

(1. 合肥学院, 合肥 230601; 2. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

**摘要:**近年来,黄龙风景区水生藻类呈现加速生长的趋势,其附着钙华表面,死亡后致使钙华表面由黄变黑,严重影响了黄龙自然风景区钙华景观的观赏价值。为量化探究水藻加速生长的真正原因,采用野外仪器自动监测、手动采样及室内仪器分析相结合的方法并利用 SPSS 软件对实验数据进行相关性分析。结果发现:黄龙地表水中的磷酸盐浓度、水温两大环境变量与叶绿素浓度呈显著正相关性,是影响水藻生长的主要原因;近年来黄龙风景区水藻加速生长是全球气候变暖这一自然原因与旅游活动导致水体中磷酸盐浓度变化这一人为原因共同作用的结果。

**关键词:**水藻; 生长; 影响因子; 水温; 磷酸盐; 黄龙风景区

中图分类号: X172; Q143 文献标识码: A doi: 10.16507/j.issn.1006-6055.2015.05.011

## Study on Aquatic Algae Growth Impact Factors at Huanglong Scenic Spot\*

ZHANG Jinliu<sup>\* \* 1 2</sup> BAO Xiang<sup>1</sup>

(1. Hefei University, Hefei 230601; 2. Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002)

**Abstract:** Aquatic algae which attached to travertine surface showed accelerating propagation trend in recent years at Huanglong Scenic spot. Travertine surface color changed from yellow to black when aquatic algae died and landscape ornamental value was impacted seriously. To understand why aquatic algae accelerate growth in recent years, environmental parameter is logged by automatic logger, with water sample collected in situ and analyzed in laboratory for phosphate and nitrate concentration. The experimental data is analyzed by SPSS software for their correlation. The result shows that phosphate concentration, water temperature and Chlorophyll concentration show significant positive correlation and so are the main factors which impact aquatic algae growth. In the end, the conclusion is put forwarded that aquatic algae accelerating propagation is the joint action result of the natural reason of global warm and anthropogenic reason of tourist activity which leads to phosphate concentration changed.

**Key words:** aquatic algae; growth; impact factor; water temperature; phosphate; Huanglong scenic spot

## 1 引言

黄龙自然风景区因其无与伦比的钙华景观,每年吸引数以百万计的国内外游客前来游览,成为当地政府财政收入的重要来源,也是解决当地百姓就业的重要渠道;同时,钙华沉积物中蕴藏有丰富的古气候信息,是研究当地古气候变化的重要载体<sup>[1-2]</sup>,具有重要的科研价值。然而,近年来多处钙华景观由黄变黑,失去观赏价值,现场观察发现,这是因为钙华表面附着生长的大量水生藻类在死亡后,外观呈现出黑色,导致金黄色的钙华表面也由黄变黑;另据相关研究<sup>[3]</sup>,水生藻类对黄龙风景区钙华沉积具有一定的抑制作用,如果水藻大量生长,必将加速黄

龙钙华景观的退化。因此,急需对黄龙风景区水生藻类生长影响因素加以研究,以探究近年来水生藻类加速生长的起因,为黄龙自然风景区钙华景观的保护和可持续利用提供科学依据。

众所周知,水生藻类生长的影响因素有温度、pH 值、光照强度、N、P 等营养盐因素以及水流速度等。据相关研究<sup>[4-8]</sup>,近年来不断增强的旅游活动对黄龙风景区地表水水质产生了一定的影响,特别是 N、P 等营养盐;同时据笔者前期定性研究<sup>[6-7]</sup>,黄龙风景区地表水中磷酸盐含量变化影响了水藻生长,然而对黄龙风景区水藻生长影响因素的量化研究目前还未有相关报道;同时,在全球气候变暖大背景下,水温变化是否对黄龙水藻生长产生影响及其影响程度目前也未有相关报道。因此,本文将在相关研究基础上,通过实地调查研究并利用统计分析软件对影响水藻生长的相关因素进行分析,以求量化研究环境因素对黄龙水藻生长的影响。

2015-03-10 收稿 2015-04-22 接受

\* 国家自然科学基金(40872168),安徽高校省级自然科学研究重点项目(KJ2014A214),合肥学院人才基金(13RC04),重点学科项目(2014XK01),学科带头人培养对象项目(2014dtr02)资助

\*\* 通讯作者, E-mail: zhanggolden@163.com; Tel: 0551-62158455

## 2 研究方法

每年 12 月到次年 6 月是黄龙风景区枯水期,水藻处于休眠状态,无法开展水藻生长相关研究。因此,于 2009 年 7~11 月,采用野外自动监测、手动采样与室内仪器分析相结合的方法对各监测点进行监测和采样,具体监测和采样项目如下。

### 1) 叶绿素自动监测

据相关研究<sup>[9-11]</sup>,叶绿素大约占水藻生物量的 1%~2%,因此,水藻叶绿素浓度变化可以用来指示水藻生物量的变化;本研究利用德国产多参数水质自动记录仪( SEBA MPS 572) 自动监测黄龙风景区湫漭湖中叶绿素浓度的季节性动态变化。

### 2) 水温、pH 值自动监测

水温、pH 值由 SEBA 水质记录仪自动记录。

### 3) 光照强度自动监测

本研究利用安装于湫漭湖边的美国产 HOBO 小气象站自动记录黄龙风景区光照强度的变化。

### 4) 磷酸盐、硝酸盐采样分析

每周采集叶绿素自动监测点湫漭湖水样并定期送往中科院地球化学研究所用离子色谱法分析水体中磷酸盐、硝酸盐浓度;样品采集及保存方法按照《水和废水监测分析方法》<sup>[12]</sup>要求进行。自动监测及采样点位置如图 1 所示。

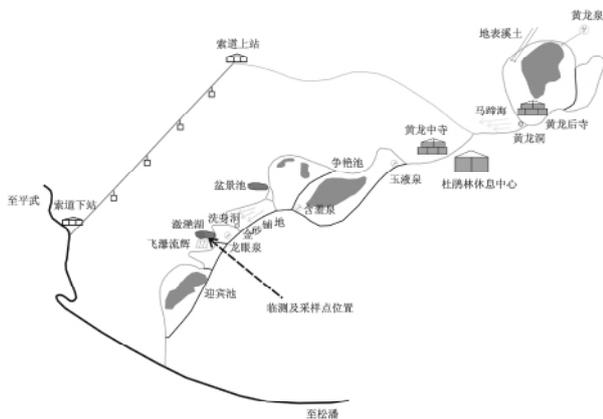


图 1 监测点位置示意图

## 3 结果与讨论

### 3.1 叶绿素浓度与环境因子相关性分析

利用 SPSS 统计分析软件逐一分析叶绿素浓度与环境因子之间的相关性(具体监测数据见文章附录)结果如表 1 所示。从表中可以看出,除 pH 值之外,其它几个环境因素与叶绿素浓度都呈正相关性,其中水温、磷酸盐与叶绿素浓度呈显著正相关

性,说明水温、磷酸盐两环境因子对黄龙水藻生长起明显促进作用,这与已有相关淡水生态系统的研究是一致的<sup>[13]</sup>;另外,硝酸盐、太阳辐射与叶绿素浓度呈正相关性,但不显著,说明在黄龙风景区氮营养元素对水藻生长起到一定的促进作用,但不是水藻生长限制性营养因子;而太阳辐射对水藻生长的促进作用与叶绿素浓度关系不显著可能与实验数据的监测方法有关(太阳辐射量是直接在大体中测定的,而叶绿素浓度是在水体中测定的,如果直接在水体中测太阳辐射可能相关性会更强)。因此认为,近年来黄龙风景区水藻的加速生长可能与水体温度、磷酸盐含量变化有关。此外,在全球气候变暖大背景下,大气温度呈现上升趋势,特别是上世纪 90 年代后更为明显(图 2),这可能是导致黄龙风景区水生藻类加速生长的自然因素;而近年来不断增强的旅游活动影响了黄龙自然风景区地表水水质<sup>[4-8]</sup>(类似现象在九寨沟风景区也有报道<sup>[14]</sup>),特别是由此导致的水体中磷酸盐等营养盐浓度发生变化,可能是加速黄龙自然风景区水生藻类生长的人类活动因素。

表 1 叶绿素浓度与环境因子相关性分析

	水温	太阳辐射	pH 值	磷酸盐	硝酸盐
相关系数	0.877 <sup>1)</sup>	0.413	-0.118	0.497 <sup>2)</sup>	0.139
显著性水平	0.000	0.1	0.653	0.041	0.595

- 1) 相关性在 0.01 显著性水平上是显著的(两侧);
- 2) 相关性在 0.05 显著性水平上是显著的(两侧)。

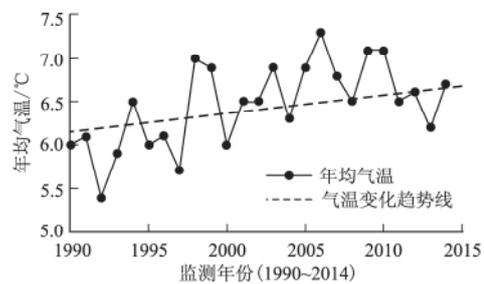


图 2 近 25 年黄龙地区大气温度变化

### 3.2 叶绿素浓度与正影响因子回归方程

为进一步明确 3.1 小节中的推测并量化研究正相关影响因子对黄龙风景区水藻生长的影响,利用 SPSS 统计软件回归叶绿素浓度与水温、磷酸盐之间的线性相关回归方程,结果如表 2 所示。从表中可以看出,与水温变化相比,磷酸盐浓度的变化对水藻生长的影响更为敏感(回归系数较水温回归系数大);而从回归方程综合 F 值来看,叶绿素浓度与水温、磷酸盐浓度两环境因素间的回归方程是可信的

(综合  $F = 43.768$  远大于 1)。

表 2 叶绿素浓度与正相关因子回归方程

回归方程	复相关系数	综合 $F$ 值
叶绿素 = $-1.381 + 0.328[\text{水温}] + 1.273 [\text{PO}_4^{3-}]$	0.929	43.768

### 3.3 水藻生长主导因子筛选

为明确水温、磷酸盐两因子对水藻生长影响的贡献率,进一步利用 SPSS 软件进行主成分分析,结果见表 3:水温对水藻生长的贡献率(61.425%)大于磷酸盐(38.575%),是影响黄龙风景区水藻生长的主导因子。

表 3 理化因子对水藻生长的贡献率(%)

理化指标	贡献率百分比	累计贡献率
水温	61.425	61.425
磷酸盐	38.575	100

由此可见,影响黄龙水藻生长的主导因子是水温,而旅游活动等人为因素导致水体中磷酸盐浓度的变化则进一步促进了水藻生长。据此推断,近年

来黄龙风景区水藻加速生长是全球气候变暖这一自然因素与旅游活动这一人为因素共同作用的结果。

## 4 结论

通过实地自动监测、采样及室内分析,并利用 SPSS 软件对相关实验数据进行统计分析,结果发现在所有影响黄龙自然风景区水藻生长的环境因子中,水体磷酸盐、水温与叶绿素浓度呈显著正相关性,说明水温、磷酸盐两环境因子的变化很可能是引起近年来黄龙水藻加速生长的真正原因;在相关性分析的基础上,利用 SPSS 软件分析得到黄龙风景区水藻生长与环境因子磷酸盐、水温间的逐步回归方程及影响水藻生长的主导因子,从中可以看出,水体中磷酸盐浓度的变化对黄龙水藻生长的影响较为敏感,而水温是影响水藻生长的主导因子。据此判断,近年来黄龙风景区水藻加速生长是全球气候变暖这一自然原因与旅游活动导致水中磷酸含量发生变化这一人为原因共同作用的结果。

## 附表

黄龙风景区涪滟湖景点水藻叶绿素浓度及相关环境因子

日期	7-2	7-9	7-20	7-27	8-3	8-10	8-18	8-25	9-4	9-11	9-18	9-25	9-30	10-15	10-26	11-5	11-15
叶绿素/(mg/l)	0.574	0.910	1.020	1.320	1.220	1.320	1.440	1.540	1.420	1.400	1.550	1.450	1.320	1.180	0.887	0.998	0.574
水温/°C	6.863	6.822	6.978	7.621	7.677	7.691	7.899	7.969	8.032	8.124	7.952	8.023	7.777	7.132	6.367	6.002	5.715
太阳辐射/( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ )	118.8	325.5	265.7	286.5	235.7	261.7	330.5	241.7	264.3	186.5	148.3	228.7	237.0	148.1	154.8	171.1	143.4
pH	7.695	7.716	7.718	7.677	7.745	7.773	7.783	7.798	7.821	7.840	7.870	7.873	7.890	7.926	7.966	7.980	7.997
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /(mg/l)	0.118	0.251	0.163	0.261	0.180	0.143	0.170	0.133	0.169	0.134	0.132	0.097	0.136	0.198	0.161	0.118	0.069
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /(mg/l)	0.0302	0.0367	0.0489	0.1202	0.0378	0.0586	0.1557	0.1252	0.1472	0.1099	0.3444	0.1770	0.1623	0.1523	0.1370	0.1738	0.1119

## 参考文献

- [1] PENTECOST A. The quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor [J]. Quaternary Science Reviews, 1995, 14(10): 1005-1028.
- [2] FORD T D, PEDLEY H M. A review of tufa and travertine deposits of the world [J]. Earth-Science Reviews, 1996, 41(3): 117-175.
- [3] LU G, ZHENG C, DONAHOE R J, et al. Controlling processes in a CaCO<sub>3</sub> precipitating stream in Huanglong Natural Scenic District, Sichuan, China [J]. Journal of Hydrology, 2000, 230(1): 34-54.
- [4] 王海静. 四川黄龙沟钙华沉积溪流的水化学和同位素的时空变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [5] WANG Haijing, LIU Zaihua, ZHANG Jinliu, et al. Spatial and temporal hydrochemical variations of the spring-fed travertine-depositing stream in the huanglong ravine, Sichuan, SW China [J]. Acta Carsologica, 2010, 39(2): 247-259.
- [6] 张金流, 王海静, 刘再华. 旅游活动对黄龙景区磷酸盐浓度和水藻生长的影响[J]. 地球学报, 2011, 32(4): 463-468.
- [7] 张金流, 王海静, 董立, 等. 世界遗产——四川黄龙钙华景观退化现象、原因及保护对策分析[J]. 地球学报, 2012, 33(1): 111-120.
- [8] 张金流, 尹必霞, 王海静. 旅游活动对黄龙风景区水质的影响: 以 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 离子为例 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41(23): 9678-9683.
- [9] 吕洪刚, 张锡辉, 郑振华, 等. 原水藻与叶绿素 a 定量关系的研究 [J]. 给水排水, 2005, 31(2): 26-31.
- [10] 戴荣继, 佟斌, 黄春, 等. HPLC 测定饮用水中藻类叶绿素含量 [J]. 北京理工大学学报, 2006, 26(1): 87-89.
- [11] 丛海兵, 黄廷林, 周真明, 等. 藻类叶绿素测试新方法 [J]. 给水排水, 2007, 33(6): 28-32.
- [12] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [13] JICKELLS T D. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone [J]. Science, 1998, 281(5374): 217-221.
- [14] 王晶, 包维楷, 何丙辉, 等. 旅游活动对九寨沟地表径流氮磷流失的影响研究 [J]. 生态环境, 2006, 15(2): 284-288.