

3座热带亚热带水库枯水期浮游植物的脂肪酸组成特征

游江涛 顾继光 韩博平

(暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

摘要: 测定和分析了热带亚热带地区的3座大型水库——流溪河、飞来峡和公平水库枯水期浮游植物的脂肪酸组成, 探讨了热带亚热带地区浮游植物的群落特征与脂肪酸组成之间的关系以及脂肪酸组成特征与水体营养状态之间的关系。3座水库的浮游植物数量很低, 没有形成明显的优势种类, 但以硅藻的相对丰度较高。公平水库各门类浮游植物的数量均高于流溪河和飞来峡水库, 尤其是硅藻的数量。10月份3座水库的营养状态相差较大, 流溪河水库接近贫营养状态, 公平水库处于中营养状态, 而飞来峡水库则处于贫-中营养状态。12月份3座水库均处于中营养状态。3座水库的脂肪酸浓度较低, 处于 $1.783\text{--}9.808\mu\text{g/L}$ 之间。两次采样相比, 10月份流溪河水库和飞来峡水库的浮游植物脂肪酸种类较多, 各种脂肪酸的浓度也相对较高, 检测到EPA和DHA, 公平水库仅检测到饱和脂肪酸; 12月份, 3座水库的脂肪酸组成简单, 除飞来峡水库检测到2种单不饱和脂肪酸(C16:1和C18:1)外, 3座水库只检测到饱和脂肪酸。因此水库的脂肪酸组成特征反映了这3座水库的富营养化程度的差别。另外公平水库两次调查的浮游植物脂肪酸只有饱和脂肪酸, 浮游动物难以有效利用, 这有可能是该水库浮游植物生物量高的一个重要原因。从本研究结果来看, 应用脂肪酸组成对浮游植物群落结构和富营养化水平的指示是灵敏而可行的。

关键词: 脂肪酸; 浮游植物; 营养状态; 水库

中图分类号: Q178.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2005)06-0627-06

浮游植物是水域生态系统的初级生产者, 能合成脂肪酸, 尤其是高度不饱和脂肪酸(PUFAs), 如二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)等代谢所必需的脂肪酸, 并通过食物链向高营养级传递。浮游植物所含的不饱和脂肪酸是测定其作为食物质量的重要指标^[1,2], 并在水域生态系统中由浮游植物向浮游动物及其他动物的能量转化过程中起着关键的作用^[3,4]。由于不同藻类所含的不饱和脂肪酸不同, 因此自然水体中的不饱和脂肪酸种类和数量依赖于浮游植物的群落结构, 或浮游植物特征脂肪酸的组成与变化反映了水体中浮游植物的群落结构及其演替过程^[5]。在水体富营养化过程中, 富含高不饱和脂肪酸的浮游植物种类大为减少, 而以饱和脂肪酸为主的蓝藻等成为优势类群, 从而使得浮游植物向浮游动物的能量转移效率下降, 导致藻类的生物量大量积累, 这是藻华形成的重要因素之一。水体中脂肪酸的浓度和组成结构可以作为反映水体

富营养化水平和特征的生化指标。

在广东省, 天然湖泊面积很小, 仅为 13km^2 , 兴建水库成为对水资源时空分布调节的有效手段之一, 水库供水在粤港澳地区起着十分重要的作用。但随着人类活动对环境影响的加剧, 供水水库普遍存在富营养化问题, 浮游植物群落也有很大的变化。目前广东省水库主要的优势浮游植物种类为绿藻、蓝藻和硅藻^[6,7]。由于气候条件的影响, 广东省水库枯水期的富营养化程度要高于丰水期。本文通过在3座大型供水水库的枯水期(10月和12月)进行采样分析, 探讨了热带亚热带地区浮游植物群落特征与脂肪酸组成之间的关系以及脂肪酸组成特征与水体营养状态之间的关系。

1 材料与方法

1.1 水体概况 流溪河水库、飞来峡水库和公平水库为广东省的大型水库。流溪河水库和公平水库均

收稿日期: 2004-05-17; 修订日期: 2005-05-15

基金项目: 教育部青年教师资助计划和国家自然科学基金项目资助

作者简介: 游江涛(1977—), 女, 广东湛江人, 暨南大学水生生物研究所博士研究生, E-mail: youyou163@tom.com

通讯作者: 韩博平, E-mail: tbphan@jnu.edu.cn

建于 20 世纪 50 年代末。流溪河水库位于广东省从化市境内, 东经(E) $113^{\circ}46'$, 北纬(N) $23^{\circ}45'$; 处于珠江三角洲平原东北部海拔较高的山地高丘陵区中, 有两条主要的入库河流: 玉溪河及吕田河。该水库位于水源区, 森林植被完好, 人类活动较少。公平水库处于粤东滨海平原上, 东经(E) $115^{\circ}23'$ 至 $115^{\circ}30'$, 北纬(N) $23^{\circ}3'$ 至 $23^{\circ}8'$, 距离南海大约 40km。公平水库水面开阔而水体较浅, 主要的入库河流有平东河及黄羌河。飞来峡水库于 1997 年建成使用, 处于广东省北江中下游地区, 东经(E) $113^{\circ}9'$ 至 $113^{\circ}14'$, 北纬(N) $23^{\circ}43'$ 至 $23^{\circ}46'$, 是北江重要的水利枢纽工程, 属于典型的河流型水库。3 座水库的主要特征参数如表 1。

表 1 流溪河、飞来峡、公平水库的特征参数

Tab. 1 Characteristic parameters of three reservoirs

水库名 Reservoir	流溪河水库	飞来峡水库	公平水库
集水面积 Catchment area/ km ²	539	3.4×10^4	317
正常库容 Normal volume/ m ³	3.25×10^8	19.04×10^8	1.63×10^8
平均深度 Mean depth/m	21.3	27	4.5
径流量 Runoff/ m ³ / a	6.98×10^8	—	4×10^8
湖(库)区面积 Water area/ km ²	15.25	70.3	36.1
滞留时间 Retention time/d	170	15	133

1.2 采样与分析方法 在水库的大坝处设置采样点, 于 2002 年 10、12 月对水库进行采样。浮游植物的计数样品和水化、叶绿素 a 样品的采集与测定参考标准方法; 脂肪酸样品的采集是取表层水, 立即用孔径为 $110\mu\text{m}$ 的筛绢过滤掉大型浮游动物及悬浮颗粒物质, 然后再经玻璃纤维滤膜(Whatman GF/F)滤出浮游植物。滤膜置于干冰中带回实验室, 经冻干机冷冻干燥后, 置 -20°C 冰箱中保存备用。

由于自然水体中的微藻脂肪酸浓度较少, 参考彭兴跃^[8]等的方法将微藻脂肪酸甲酯化。采用美国 ThermoFinnigan 公司的 TRACE GG MS 气相色谱-质谱联用仪进行脂肪酸的色谱-质谱分析。色谱条件: 色谱柱为 DB-5 石英毛细管柱, 柱长 25m, 柱内径 0.25mm。载气为高纯氦气, 柱流量 $1.2\text{mL}/\text{min}$; 进样口温度 280°C ; 柱温 $60-250^{\circ}\text{C}$, 以 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度程序升温。质谱条件: 电离方式为 EI, 电离电压为 70EV。

1.3 Shannon-Weaver 多样性指数(H') 根据计算公式, 评价 3 座水库的水质状况

$$H' = - \sum_{i=1}^s (N_i/N) \times \log_2 (N_i/N)^2$$

以 H' 表示浮游植物脂肪酸多样性指数, N 为脂肪酸种类数, N_i 为第 i 种脂肪酸浓度; HP' 表示浮游植物物种多样性指数, N 为物种种类数, N_i 为第 i 种个体数。

2 结果与分析

在 3 座水库中, 飞来峡水库的营养盐浓度相对较高, 而公平水库的营养盐浓度则相对较低(表 2)。飞来峡水库的 TN 浓度在两次采样均在 1.0mg/L 以上, 明显高于其他两个水库, 而且其无机氮的浓度占总氮的 50% 以上。公平水库的无机氮盐浓度很低, 尤其是硝酸盐氮的浓度低于 0.05mg/L , 无机氮仅占总氮的 20%。流溪河水库的无机氮占总氮浓度的 30%—50%。流溪河和飞来峡水库的无机氮盐中均以硝酸盐氮为主, 而公平水库的硝酸盐氮的浓度非常低, 与氨氮浓度相差不大。总体来说 12 月份 3 座水库的营养盐浓度要高于 10 月, 这主要是由于 12 月份水库水量明显少于 10 月份, 水温下降, 水柱混合更为充分, 导致水库的营养盐水平提高。3 座水库的叶绿素 a 浓度在 $1.238-7.454\text{mg/m}^3$ 之间, 其中公平水库的浓度较高, 飞来峡水库和流溪河水库较低。综合营养状态指数(TSI) 计算值为 37.9—43.0, 而且 10 月份高于 12 月份, 表明 3 座水库处于中度高营养化水平。

表 2 流溪河、飞来峡和公平水库的营养盐浓度(mg/L)、叶绿素 a 浓度(mg/m^3)及 TSI 指数

Tab. 2 The TSI indices and the concentrations of nutrients (mg/L) and chlrophylla (mg/m^3) in the three reservoirs

水库	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP	Chla	TSI
10月	流溪河	0.270	0.042	0.649	0.014	1.238
	飞来峡	0.620	0.02	1.169	0.038	2.161
	公 平	0.014	0.021	0.632	0.019	7.454
12月	流溪河	0.282	0.000	0.942	0.024	1.592
	飞来峡	0.647	0.052	1.212	0.026	2.029
	公 平	0.045	0.027	0.562	0.019	4.45

尽管 3 座水库的营养盐水平相差明显, 但由于不同的水动力学条件, 特别是滞留时间上的差别, 浮游植物与营养盐水平并不一致。飞来峡水库是典型的河流型水库, 浮游植物难以积累; 公平水库是平原性浅水水库, 其营养盐浓度与流溪河水库相当, 但生物量(叶绿素 a) 明显要高。总的来说, 3 座水库的浮游植物数量很低, 没有形成明显的优势种(图 1)。3 座水库的浮游植物群落均以硅藻、绿藻和蓝藻为主,

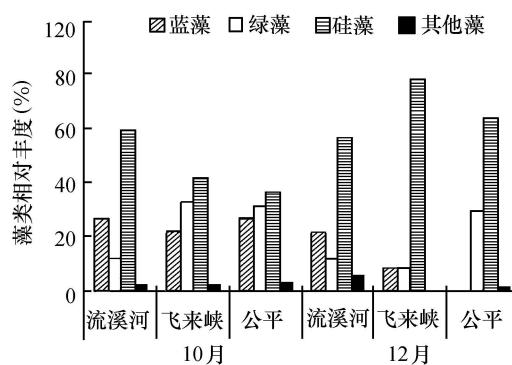


图1 流溪河、飞来峡和公平水库的浮游植物分布

Fig. 1 Distribution of phytoplankton in three reservoirs

尤其是硅藻的数量最高。流溪河水库两次采样的浮游植物数量均很低,数量相对较多的种属有小环藻(*Cyclotella* sp.),舟形藻(*Navicula* sp.),纤维藻(*Ankistrodesmus* sp.),捏团粘球藻(*Gloeocapsa magma*)和蓝纤维藻(*Dactylococcopsis* sp.)等。飞来峡水库10月份浮游植物数量很低,12月份变异直链藻(*Melosira varians*)数量相对较多,而模糊直链藻(*Melosira ambigua*),小环藻,舟形藻和针杆藻(*Syndra* sp.)数量也较高,因此硅藻的数量较流溪河水库明显增加。公平水库的浮游植物数量明显高于其他两座水库,其优势种属的优势度更为明显。公平水库12月份的硅藻数量就达到 106.9×10^4 cells/L,此时硅藻门的小环藻成为主要种属,数量达到 61.3×10^4 cells/L,颗粒直链藻(*Melosira granulata*)和长刺根管藻(*Rhizosolenia longiseta*)也有较高的数量。公平水库蓝藻的数量则很低,仅有 1.5×10^4 cells/L。3座水库的浮游植物种类多为中营养型指示种,富营养型指示种类较少。

总的来说,水库的脂肪酸浓度较低,处于 $1.783\text{--}9.808\mu\text{g/L}$ 之间(图2)。最高的脂肪酸浓度出现在公平水库的10月份样品中,与该水样的高叶绿素a浓度相对应。除了流溪河水库10月份样品外,其余样品的总脂肪酸浓度,饱和脂肪酸浓度均与叶绿素a浓度有较好的对应关系,高的叶绿素a浓度对应高的脂肪酸浓度。公平水库的脂肪酸浓度最高,其次是流溪河水库,而飞来峡水库的脂肪酸最低。从时间上来看,10月份的脂肪酸浓度要高于12月份,尤其是公平水库和流溪河水库的脂肪酸浓度变化更明显。飞来峡水库两次采样均检测到饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸;公平水库则只有饱和脂肪酸;流溪河水库则在10月份有饱和及不饱和脂肪酸,在

12月份只有饱和脂肪酸。

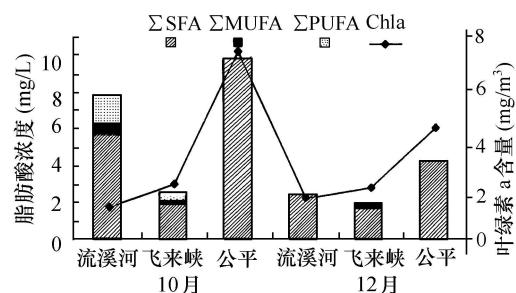


图2 流溪河、飞来峡和公平水库各类脂肪酸和叶绿素a的浓度分布

Fig. 2 The distribution of fatty acid groups in the three reservoirs

注:SFA表示饱和脂肪酸;MUFA表示单不饱和脂肪酸;PUFA表示多不饱和脂肪酸

在已检测出的脂肪酸中,各样品均以C16:0的浓度最高,约占脂肪酸总量的53%以上,其次是C18:0。从3座水库的各种脂肪酸浓度分布来看(表3),流溪河水库和飞来峡水库的脂肪酸组分分布特征比较相似。这两座水库在10月份脂肪酸的种类较多,检测到各种饱和脂肪酸,单不饱和脂肪酸以及多不饱和脂肪酸。脂肪酸以饱和脂肪酸为主,单不饱和脂肪酸的浓度很低。这两个样品均检测到EPA,流溪河水库还检测到DHA。而12月份,两座水库所检测到的脂肪酸组成简单,种类较少,碳链较短,C20的脂肪酸只有C20:0一种。脂肪酸以饱和脂肪酸为主,单不饱和脂肪酸种类较少且浓度较低,

表3 流溪河、飞来峡和公平水库的各种脂肪酸浓度分布($\mu\text{g/L}$)

Tab. 3 The concentration of fatty acids in three reservoirs

	10月			12月		
	流溪河	飞来峡	公平	流溪河	飞来峡	公平
C16:0	4.383	1.347	7.329	1.72	1.139	3.116
C16:1	0.08	0.037	—	—	0.195	—
C18:0	1.246	0.502	2.186	0.602	0.464	0.929
C18:1	0.356	0.128	—	—	0.073	—
C18:2	0.813	0.265	—	—	—	—
C18:3	0.024	—	—	—	—	—
C20:0	0.152	0.046	0.293	0.144	0.078	0.191
C20:1	0.057	0.031	—	—	—	—
C20:2	—	—	—	—	—	—
C20:3	—	—	—	—	—	—
C20:4	0.106	0.046	—	—	—	—
C20:5	0.309	0.135	—	—	—	—
C22:6	0.274	—	—	—	—	—

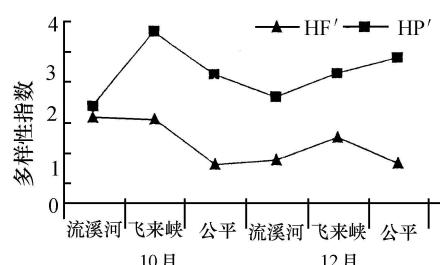


图 3 脂肪酸及浮游植物的多样性指数

Fig. 3 The diversity index of fatty acid and phytoplankton community in the three reservoirs

注: HF' 表示浮游植物脂肪酸多样性指数; HP' 表示浮游植物物种多样性指数

未检测到多不饱和脂肪酸。流溪河水库的总脂肪酸浓度及各种单一的脂肪酸浓度均高于飞来峡水库的脂肪酸。公平水库的脂肪酸组成分布特征与其他两座水库不同, 两次采样只检出 3 种饱和脂肪酸, 未检测到不饱和脂肪酸。

多样性脂数是反映生态系统中生物群落结构的一个重要指标。通常, 在富营养化程度较低的水体, 一般藻类种类数较多且种间比例较均匀, 因而多样性指数较大, 均匀度指数较高, 而在富营养化程度较高的水体中则相反。比较 3 座水库的浮游植物多样性指数和其脂肪酸多样性指数可以看出(图 3), 水体中的浮游植物多样性指数和脂肪酸多样性指数变化趋势大致相同, 浮游植物多样性高的水样中其脂肪酸多样性也较高, 这也说明了自然水体中的不饱和脂肪酸种类和浓度依赖于浮游植物的群落结构, 或浮游植物特征脂肪酸的变化及其分布特征反映了水体中浮游植物的群落结构及其演替过程, 从理论上说, 利用浮游植物的脂肪酸组成来分析水体的富营养化问题或许是可行的。

3 讨论

脂肪酸是浮游植物的基本生化组成, 每一类藻都有特定的脂肪酸组成特征, 因此一些不常见的脂肪酸, 典型的脂肪酸和一些脂肪酸的比率都可用作化学分类标志物。不同藻类所含的脂肪酸组成不同, 水体中的脂肪酸分布特征取决于浮游植物的群落结构。一般来说, 蓝藻的脂肪酸组成中饱和脂肪酸(SFA)浓度较高, 而多不饱和脂肪酸(PUFA)含量很低^[9]。C16: 0 是动植物中含量最高的脂肪酸之一, 也是本文 3 个水库水样中浓度最高的脂肪酸, 占总脂肪酸浓度的 53%—75%, 其浓度与蓝藻的数量

成显著正相关($R^2 = 0.79, P < 0.05$)。硅藻的主要脂肪酸为 C16: 0、C16: 1 和 EPA, 硅藻的 EPA 含量较高也是在水产养殖业上广泛采用这类藻作为饵料的主要原因^[10—12]; 金藻具有独特的脂肪酸特征, 是同时含有 EPA 和 DHA 的少数藻类, 而绝大多数藻类中 DHA 含量很低^[13]。在本文中, 3 座水库的脂肪酸组成在种类和浓度上都有差别。公平水库的脂肪酸浓度最高, 但种类很少, 只有饱和脂肪酸; 流溪河水库的脂肪酸种类较多, 不饱和脂肪酸浓度是 3 座水库中最高的; 飞来峡水库的脂肪酸多样性也较高。这种脂肪酸组成的差别反映了浮游植物群落结构的差异。另一方面, 公平水库的硅藻和绿藻数量明显高于流溪河和飞来峡水库, 同时也有一定数量的金藻存在。但是流溪河水库和飞来峡水库的 10 月样品均可检测到多种不饱和脂肪酸, 其中以 EPA 和 DHA 为主, 而公平水库只检测到饱和脂肪酸, 不饱和脂肪酸未检出。公平水库的脂肪酸特征与预期结果不相符合, 这可能是由于藻类的生理状态不同所致。浮游植物群落的脂肪酸组成不仅决定于藻类组成, 同时也受环境因子的影响。营养状况、温度、pH 值、光周期、光强度以及光质量等也会影响微藻细胞的脂肪酸构成^[14]。公平水库的有机污染较严重, 水体多腐殖质, 可能抑制了藻类 PUFA 的合成。同时这也说明了自然水体中浮游植物的脂肪酸组成是非常复杂的, 对其的了解是非常有限的。

作为主要的初级生产者, 浮游植物的脂肪酸组成在很大程度上决定了水生食物网的相互关系、生物个体和种群的生长。Muller-Navarra、Wacker 和 Von Elert 等认为必需的 PUFA, 如 EPA、DHA 可能对高营养级的消费者非常重要, 而这已经得到了实验证实^[15]。在浮游生物食物网中, 如果浮游植物的 PUFA 含量高, 则滤食性浮游动物/浮游植物生物量比值高; 而浮游植物的 PUFA 含量低时, 则滤食性浮游动物的生物量就低。浮游植物的季节性演替模式也与浮游植物的 PUFA 含量有关。当浮游植物是富含 PUFA 的种类时, 浮游动物摄食强度提高, 浮游植物生物量和叶绿素 a 浓度比较低^[3]。流溪河水库两次采样的叶绿素 a 浓度较低可能也是由于这个原因。本文的研究结果说明脂肪酸的组成特征可在一定程度上反映水体的营养状态, 如在 10 月份, 3 座水库的营养状态相差较大, 流溪河水库接近贫营养状态, 公平水库处于中营养状态, 而飞来峡水库则处于贫-中营养状态。公平水库的浮游植物数量较高, 其脂肪酸浓度也较高, 但其脂肪酸组成只有 3 种饱

和脂肪酸,未检测到不饱和脂肪酸。流溪河水库的脂肪酸种类很多,可检测到各种饱和及不饱和脂肪酸,同时还含有营养价值高的EPA和DHA,各种PUFA浓度也相对较高。飞来峡水库的脂肪酸种类组成与流溪河水库相差不大,但未检测到DHA,而且各种脂肪酸的浓度均低于流溪河水库的。在12月份,3座水库的营养状态相差不大,其脂肪酸组成特征很相近,除飞来峡水库检测到2种单不饱和脂肪酸(C16:1和C18:1)外,3座水库均只检测到3种饱和脂肪酸。公平水库两次调查的浮游植物脂肪酸只有饱和脂肪酸,因此浮游动物的生产量可能受食物质量的限制,浮游植物到浮游动物之间的能量传递效率下降,浮游植物的生物量容易累积下来。

与温带水库相比也可得出类似的结论。如Bugach水库是一个温带小型淡水水库($N56^{\circ}03' E92^{\circ}43'$)。Olesia^[17]曾报道过该水库8月期间的浮游植物群落脂肪酸组成。虽然该文给出的是脂肪酸浓度的半定量数据(百分含量),与本文的定量数据单位不一样,但可以就其脂肪酸的分布趋势作一粗略比较。Bugach水库的pH值很高(7.7—9.5),采样期间水温是20.3—22.5℃,叶绿素a浓度是69.9—107.7mg/m³。该水库的营养盐特点是氨氮浓度高而硝氮浓度较低,磷盐浓度较高,其富营养化状态较本文中的3座水库高。该水库的浮游植物群落在夏季是蓝藻占优势,水华束丝藻和席藻是优势种。所检测到的浮游植物脂肪酸以饱和脂肪酸为主,占总脂肪酸的60%以上;PUFA浓度和种类都很少。3次采样的样品中EPA仅检测到1次,未检测到DHA。本文所调查的3座水库是热带地区的大型水库,其叶绿素a浓度在1.238—7.454mg/m³。流溪河和飞来峡水库10月份的脂肪酸种类比Bugach水库的要多一些,而12月份3座水库几乎仅检测到饱和脂肪酸,比该水库的脂肪酸种类要少很多。这表明浮游植物群落的脂肪酸组成与营养状态密切相关。Bugach水库的富营养化程度较高,浮游植物以蓝藻占优势,因此其PUFA的种类和浓度相对较少,尤其是EPA和DHA;而本研究中的3座水库的富营养化水平较低,浮游植物群落均是以硅藻和绿藻为主,所以其样品中的EPA和DHA浓度较高。

值得注意的是,尽管两次采样均在枯水期进行,但流溪河及飞来峡水库的浮游植物群落结构在两次采样中均有明显差异,其脂肪酸组成也不同。这两座水库在10月份脂肪酸的种类较多,检测到各种饱和脂肪酸,单不饱和脂肪酸以及多不饱和脂肪酸,包

括EPA和DHA。而在12月份,两座水库所检测到的脂肪酸组成简单,种类较少,基本以饱和脂肪酸为主。这说明脂肪酸的组成对浮游植物群落结构和富营养化水平的指示是很灵敏的。

参考文献:

- [1] Ahlgren G, Lundsted L, Brett M T et al. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters [J]. *J. of Plankton Res.*, 1990, **12**(4): 809—818
- [2] Muller-Navarra D C. Evidence that a highly unsaturated fatty acid limits Daphnia growth in nature [J]. *Ardh. Hydrobiol.*, 1995, **132**(3): 297—307
- [3] Brett M T, Muller-Navarra D C. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes [J]. *Freshwat. Biol.*, 1997, **38**: 483—499
- [4] Muller-Navarra D C, Brett M T, Anne M. A highly unsaturated fatty acid predicts carbon transfer between primary producers and consumers [J]. *Nature*, 2000, **403**(6): 74—77
- [5] Napolitano G E, Ricardo D P, Gayoso A M, et al. Fatty acids as trophic markers of phytoplankton blooms in the Bahia Blanca Estuary (Buenos Aires, Argentina) and in Trinity Bay (Newfoundland, Canada) [J]. *Bioche. Syst. and Ecol.*, 1997, **25**(8): 739—755
- [6] Lin Q Q, Hu R, Duan S S, et al. Reservoir trophic states and the response of plankton in Guangdong Province [J]. *Acta Ecol. Sinica*, 2003, **23**(6): 1101—1108[林秋奇, 胡韧, 段舜山等. 广东省大中型供水水库营养现状及浮游生物的响应. 生态学报, 2003, 23(6): 1101—1108]
- [7] Hu R, Lin Q Q, Wang Z H, et al. Phytoplankton composition and distribution in typical reservoirs of Guangdong Province [J]. *Acta Ecol. Sinica*, 2002, **22**(11): 1939—1944[胡韧, 林秋奇, 王朝晖, 等. 广东省典型水库浮游植物组成与分布特征. 生态学报, 2002, 22(11): 1939—1944]
- [8] Peng X Y, Wang D Z, Xu L, et al. Fast separation and measurement of fatty acids in microalgae sample in milligram [J]. *J. of Oceanogr. in Taiwan Strait*, 1998, **7**(3): 289—293[彭兴旺, 王大志, 徐立等. 毫克级微藻样品中脂肪酸的分离及测定. 台湾海峡, 1998, 7(3): 289—293]
- [9] Ahlgren G, Gustafsson I B, Boberg M. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae [J]. *J. Phycol.*, 1992, **28**: 37—50
- [10] Cohen Z, Vonshak A, Richmond A. Fatty acid composition of spirulina strains grown under various environmental conditions [J]. *Phytochemistry*, 1987, **26**(8): 2255—2258
- [11] Cao J X, Li D S, Wang J Q. Studies on biochemical composition of 10 species of common freshwater phytoplankton [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatsenii*, 1997, **36**(2): 22—27[曹吉祥, 李德尚, 王金秋. 10种淡水常见浮游藻类营养组成的研究. 中山大学学报(自然科学版), 1997, 36(2): 22—27]
- [12] Jiang X M, Zheng Y Z. Total lipid and fatty acid composition of 14 species of microalgae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, **27**(3): 243—247[蒋霞敏, 郑亦周. 14种微藻总脂含量和脂肪酸组成

研究. 水生生物学报, 2003, 27(3): 243—247]

- [13] Zhan D M, Sun S Y, Liang Y. The total contents and composition of fatty acids in 19 strains of marine Chrysophyceae [J]. *Marine Culture*, 2000, 55: 28—32/ 詹冬梅, 孙世英, 梁英. 十九株海洋金藻的总脂含量及脂肪酸组成. 海水养殖, 2000, 55: 28—32/
- [14] Yongmanitchai W, Ward O P. Growth of and omega-3 fatty acid production by Phaeodactylum tricornutum under different culture conditions [J]. *Appl. Envir. Microbiol.*, 1991, 57(2): 419—425
- [15] Wacker A, Von E E. Polyunsaturated to fatty acids: evidence for non-
- substitutable biochemical resources in *Daphnia galeata* [J]. *Ecol.*, 2001, 82: 2507—2520
- [16] von Elart E. Determination of limiting polyunsaturated fatty acids in *Daphnia galeata* using a new method to enrich food algae with single fatty acids [J]. *Limnol. Oceanogr.*, 2002, 47: 1764—1773
- [17] Olesia N M, Galena S K, Michail I G. A comparison of the fatty acid composition of *Gammarus lacustris* and its food sources from a freshwater reservoir, Bugach, and the saline Lake Shira in Siberia, Russia [J]. *Aquatic Ecol.*, 2003, 37: 159—167

COMPOSITION OF PHYTOPLANKTON FATTY ACIDS OF THREE TROPICAL-SUBTROPICAL LARGE RESERVOIRS IN A DRY SEASON

YOU Jiang-Tao, GU Ji-Guang and HAN Bo-Ping

(Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632)

Abstract: We reported the composition of phytoplankton fatty acids and the relationships between the fatty acid composition and phytoplankton communities, the fatty acid contents and trophic states in three tropical-subtropical reservoirs: Liuxihe Reservoir, Feilaixia Reservoir and Gongping Reservoir in the dry season (October and December) of 2002. In three reservoirs, the abundances of phytoplankton were low and there were no distinct dominant species but the relative abundance of Bacillariophyceae were high. The abundance of all phytoplankton in Gongping Reservoir was higher than that in the other two reservoirs, especially the abundance of Bacillariophytes was much higher. In the October, the trophic states of three reservoirs were different, the Liuxihe Reservoir was near to oligotrophic, Gongping Reservoir was mesotrophic and Feilaixia Reservoir was oligo-mesotrophic. In the December, all the three reservoirs were mesotrophic. The concentrations of fatty acids in the water was low, ranging from 1.783 to 9.808 μg/L. In the October, the fatty acid species were rich and the concentration was high in the Liuxihe Reservoir and Feilaixia Reservoir. EPA and DHA were detected in the two reservoirs, while only saturated fatty acids were detected in the Gongping Reservoir. In the December, the composition of fatty acids was simple and only the saturated fatty acids were detected in the three reservoirs with the exception of two species of monounsaturated fatty acids (C16: 1 and C18: 1) in the Feilaixia Reservoir. Thus, the composition of fatty acids reflected the difference of the trophic states in the three reservoirs. It needs to be pointed out that only the saturated fatty acids were detected in Gongping Reservoir in the two sampling periods. Regarding of the high chlorophyll a concentration in the reservoir, it may suggest that the phytoplankton without unsaturated fatty acids were difficult to be grazed and utilized effectively by the zooplankton, being accumulated in the water. Generally speaking, the fatty acid was sensitive and feasible to indicate the change in the phytoplankton community and trophic state of the reservoirs.

Key words: Fatty acid; Phytoplankton; Trophic state; Reservoir