

模糊秀体溇 (*Diaphanosoma dubium*) 和奥氏秀体溇 (*D. orghidani*) 在广东水库中的分布特征*

陈花, 程丹, 徐磊, 林秋奇, 韩博平**
(暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

摘要: 秀体溇 (*Diaphanosoma* spp.) 是华南地区水库中枝角类的优势属. 于 2000 年对广东省 19 座大中型水库丰水期和枯水期 2 次采样和 2001–2006 年对飞来峡水库、新丰江水库和大镜山水库分别进行了 16、12 和 7 次采样. 这 19 座水库的样品中, 5 座水库仅有模糊秀体溇 (*D. dubium*), 8 座水库仅有奥氏秀体溇 (*D. orghidani*), 2 个种在 6 座水库中同时存在. 模糊秀体溇与奥氏秀体溇所占居的生境有明显差异, 以模糊秀体溇为优势种的水体主要为富营养化水库, 以奥氏秀体溇为优势种的水体则多为贫营养水体. 在数量上, 丰水期秀体溇的丰度高于枯水期. 模糊秀体溇和奥氏秀体溇在形态、食物需求和对鱼类捕食的逃避能力上的差别决定了它们在水库中的分布差异.

关键词: 模糊秀体溇; 奥氏秀体溇; 种群分布; 水库

Distribution of *Diaphanosoma dubium* and *D. orghidani* in reservoirs of Guangdong Province, southern China

CHEN Hua, CHENG Dan, XU Lei, LIN Qiuqi & HAN Boping
(Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, P. R. China)

Abstract: *Diaphanosoma* is a dominant genus of cladocera in South China, and widely distributes in lakes and reservoirs. To understand its regional population distribution, the animals were sampled in dry and flood seasons in 19 reservoirs of Guangdong Province during 2001 and 2006 monthly or seasonally in three reservoirs of Feilaixia, Xinfengjiang and Dajingshan, which have been under different trophic states. Adult *Diaphanosoma* was found in all reservoirs, where 5 reservoirs had only *D. dubium*, 8 reservoirs had only *D. orghidani*, and 6 reservoirs had the two species. The two species showed an apparent difference in niches. *D. dubium* mainly dominated in eutrophic reservoirs, while *D. orghidani* did in oligotrophic reservoirs. Distributions of *D. dubium* and *D. orghidani* in the reservoirs can be well explained by their differences in morphology, food selection and ability of avoiding predators.

Keywords: *Diaphanosoma dubium*; *D. orghidani*; population abundance; reservoirs

秀体溇 (*Diaphanosoma*) 隶属于枝角亚目、仙达溇科, 目前全世界已发现 40 余种. 除南极和新西兰外, 全世界广泛分布, 其中以热带和亚热带为主^[1-3]. 目前国内外对于秀体溇形态学的研究较少. 国内主要有蒋燮治等研究了武昌的秀体溇^[4] 以及 1979 年编写的《中国动物志》^[2] 中关于秀体溇的分类; 国际上主要以 Korovchinsky^[1] 对绝大多数秀体溇种类进行了形态学鉴定, 也是目前国际上广泛采用的分类标准. 而对于秀体溇生理生态和种群分布动态还缺少研究, 目前主要有黄祥飞对短尾秀体溇 (*D. brachyurum*) 的发育和生长进行的研究, 并调查了武汉东湖 1983–1985 年间短尾秀体溇的种群变动和生产量^[5-6]; Liu 等研究了徐家河水库中秀体溇的垂直迁移情况和种群动态^[7]; 韩士群等研究了长肢秀体溇 (*D. leuchtenbergianum*) 对富营养化水体藻类的生物操纵^[8]; Korovchinsky 等对东南亚 *D. senegal* 分布进行了研究^[9]; 尹娟等研究了食物浓度

* 国家自然科学基金项目 (30970467) 资助. 2010-10-12 收稿; 2011-01-24 收修改稿. 陈花, 女, 1985 年生, 硕士研究生; E-mail: chenhuachsh327@126.com.

** 通讯作者; E-mail: tbphan@jnu.edu.cn.

对模糊秀体溞生长和繁殖的影响^[3]. 由于国内对秀体溞的分类标准较模糊, 存在很多同物异名或误定的问题. 按照我国甲壳动物的分类系统^[2], 广东省水库中的秀体溞鉴定为长肢秀体溞、*D. birgei* 和短尾秀体溞^[10-11], 但根据 Korovchinsky 提出国际广泛采用的分类标准^[1], 广东省水库中秀体溞为模糊秀体溞和奥氏秀体溞. 而模糊秀体溞和奥氏秀体溞也是我国最常见的 2 个秀体溞种, 目前对这 2 个种的研究报道还比较少, 对其种群分布和动态尚不清楚.

模糊秀体溞和奥氏秀体溞雌性在形态上存在较大差别. 模糊秀体溞个体体长多数在 0.70 - 1.20 mm 之间, 头占体长约 1/2, 复眼直径约为 70 μm , 第二触角较大而粗壮, 食物阈值相对较高, 主要牧食水中的有机碎屑和微型浮游植物^[3]. 奥氏秀体溞个体体长多数在 0.50 - 0.75 mm 之间, 头占体长约 1/3, 复眼直径约为 50 μm , 第二触角较短仅占外壳长度的 2/3 左右^[1], 食物阈值相对较低, 趋于牧食更小的食物.

本文对广东省 19 座大中型水库的丰水期和枯水期的 2 次采样样品, 及对飞来峡水库、新丰江水库、公平水库、大镜山水库的多次采样样品进行整理与分析, 探讨秀体溞种群的分布和动态特征, 为更好地了解我国华南地区秀体溞的分布与种群动态提供基础数据.

1 材料与方法

1.1 采样时间与地点

于 2000 年 6 - 7 月 (丰水期) 和 11 - 12 月 (枯水期) 对广东省珠江流域水系的 19 座水库进行了采样, 详见文献^[10]. 其中飞来峡水库于 2001 - 2004 年进行了 16 次采样, 新丰江水库于 2001 - 2003 年进行了 12 次采样, 合水水库于 2001 - 2002 年进行了 6 次采样, 大镜山水库于 2005 - 2006 年进行了 7 次采样. 在水库的敞水区附近设置 3 个采样点. 水库基本概况及营养水平详见表 1^[12].

1.2 样品采集与分析方法

定性样品用孔径为 113 μm 的浮游生物网于水平及垂直方向拖网数次. 定量样品从表层 0.5 m 往下每隔 1 m 采取 5 L 水, 采水量 50 - 100 L, 水样用孔径为 64 μm 的浮游生物网现场过滤, 并用 5% 的福尔马林固定. 定量样品需在实验室用虹吸管浓缩, 并在解剖镜和显微镜下种类鉴定和计数, 种类鉴定参照文献^[1], 计数用 1 ml 计数框.

2 结果与分析

2000 年在 19 座水库的丰水期和枯水期的调查中, 均有秀体溞的出现. 5 座水库仅有模糊秀体溞, 8 座水库仅有奥氏秀体溞, 在 6 座水库中 2 个种类同时存在 (表 1). 在 2000 年 19 座水库的采样中, 丰水期和枯水期秀体溞的平均丰度分别为: 2.0 和 0.5 ind./L. 丰水期和枯水期的模糊秀体溞的变化范围分别为: 0 - 6.5 和 0 - 2.0 ind./L; 奥氏秀体溞的变化范围分别为: 0 - 2.1 和 0 - 0.9 ind./L. 契谷石水库和大镜山水库中, 枯

水期模糊秀体溞丰度远高于丰水期. 在高州水库和公平水库中, 枯水期的奥氏秀体溞丰度远高于丰水期; 在大水桥水库, 枯水期奥氏秀体溞丰度和丰水期的差别不大.

在 2000 年的采样中, 飞来峡水库的丰水期以模糊秀体溞为优势种, 但在 2001 - 2004 年在飞来峡水库 16 次采样中, 以奥氏秀体溞为主, 其丰度变化范围为 0.01 - 1.20 ind./L, 平均丰度为 0.3 ± 0.4 ind./L. 种群动态存在较大的年际变化, 除 2003 年外, 丰水期明显高于枯水期. 从 4 年的丰度来看, 2004 年 8 月达到最大值 1.2 ind./L, 较低值基本出现在 4 月和 12 月, 较高值出现在 6 月和 8 月, 季节变化较为明显 (图 1).

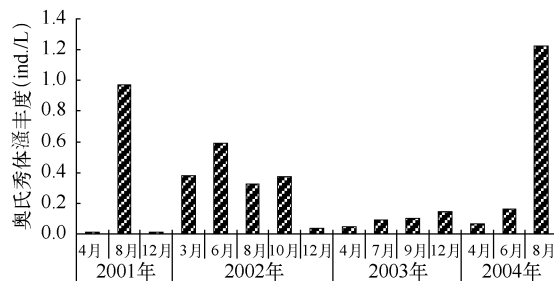


图 1 2001 - 2004 年飞来峡水库中奥氏秀体溞的丰度

Fig. 1 Abundance of *Diaphanosoma orghidani* in Feilaixia Reservoir from 2001 to 2004

表1 广东省典型水库中模糊秀体溞与奥氏秀体溞丰度(ind./L)及水库的营养状态*

Tab. 1 Distribution and abundance (ind./L) of *D. dubium* and *D. orghidani* in reservoirs of Guangdong Province

水库	总氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	Chl. a (µg/L)	丰水期		枯水期	
				模糊秀体溞	奥氏秀体溞	模糊秀体溞	奥氏秀体溞
汤溪水库	0.67	0.05	4.45	6.50	-	0.40	-
大沙河水库	0.86	0.05	3.73	4.20	1.20	-	0.40
飞来峡水库	0.93	0.03	3.18	3.40	0.70	0.01	0.30
河溪水库	1.04	0.04	3.90	3.00	-	0.01	-
鹤地水库	1.21	0.08	12.04	2.80	1.20	-	0.70
大水桥水库	0.99	0.03	6.00	2.20	0.20	-	0.30
石岩水库	7.15	0.19	24.50	2.00	-	0.50	-
契谷石水库	2.00	0.13	14.90	0.90	-	2.00	-
高州水库	0.74	0.01	2.20	0.80	0.01	-	0.90
大镜山水库	1.01	0.03	5.84	0.50	-	1.40	-
赤石径水库	1.07	0.02	2.18	0.01	2.10	0.01	-
新丰江水库	0.50	0.00	0.90	-	0.70	-	0.30
公平水库	0.61	0.02	1.44	-	0.01	-	0.70
赤沙水库	0.42	0.03	3.15	-	0.01	-	-
小坑水库	0.75	0.02	1.00	-	0.01	-	-
合水水库	0.88	0.04	3.23	-	1.00	-	0.50
流溪河水库	0.45	0.01	0.86	-	1.40	-	0.80
沙田水库	0.35	0.01	1.38	-	1.10	-	0.40
白盆珠水库	0.15	0.03	0.38	-	1.90	-	0.01
平均值	1.15 ± 1.51	0.04 ± 0.05 (n = 19)	5.01 ± 6.03	2.40 ± 1.90 (n = 11)	0.82 ± 0.71 (n = 14)	0.62 ± 0.79 (n = 7)	0.489 ± 0.27 (n = 11)

* - 表示未检测到该种.

在2001-2003年新丰江水库12次采样中,仍以奥氏秀体溞为优势种,其丰度变化范围为0.01-6.6 ind./L,平均丰度为1.1 ± 1.8 ind./L.存在较大的年际变化,2001年4月达到最大值6.6 ind./L.总体上,枯水期高于丰水期,较高值出现在4月或者10月(图2).

在2005-2006年对大镜山水库的7次采样中,以模糊秀体溞为主,丰度变化范围为0.01-2.7 ind./L,平均丰度为0.5 ± 0.8 ind./L.季节变化明显,丰水期高于枯水期,最大值出现在9月,其次为7月.相比2005年,2006年模糊秀体溞丰度有明显的增加(图3).

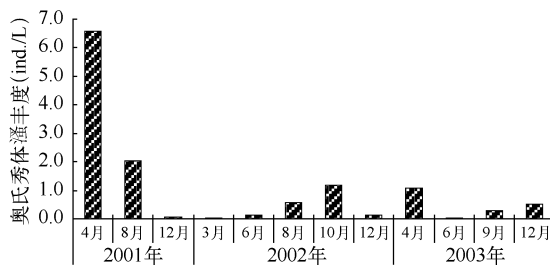


图2 2001-2003年新丰江水库中奥氏秀体溞的丰度

Fig. 2 Abundance of *Diaphanosoma orghidani* in Xinfengjiang Reservoir from 2001 to 2003

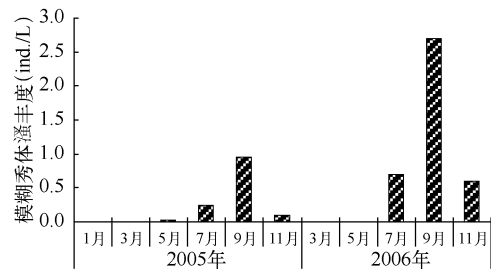


图3 2005-2006年大镜山水库中模糊秀体溞的丰度

Fig. 3 Abundance of *Diaphanosoma dubium* in Dajingshan Reservoir from 2005 to 2006

3 讨论

在2000年对19座水库的调查中,模糊秀体溞的丰度在0-6.5 ind./L之间,奥氏秀体溞在0-2.1 ind./L之间;丰水期的平均丰度高于枯水期,但契斧石水库、大镜山水库和高州水库正好相反。根据16个水库的营养状态^[12]及模糊秀体溞和奥氏秀体溞在水库中的丰度分布状况,模糊秀体溞主要出现在富营养、中-富营养和部分中营养的水体中,且在贫营养化水库几乎未出现;而奥氏秀体溞主要出现在贫营养、贫-中营养和部分中营养水体中。广东省枝角类的分布与水体性质有关,水库中的营养状态、水流速度、捕食压力和人文条件等是影响其种类与数量的重要因素^[11,13-14]。在一个特定的水库中,食物和捕食压力会直接影响浮游动物的丰度^[15]。食物阈浓度是一个种群能够维持生存的最低食物浓度。在食物短缺的环境中,低食物阈浓度的种类比高食物阈浓度种类有竞争优势^[16]。对于体长小于1.3 mm的枝角类来说,食物阈浓度与个体大小成正相关,即大个体种类的食物阈浓度高于小个体种类^[17-18]。因此,奥氏秀体溞的食物阈值低于模糊秀体溞。广东省水库普遍人工放养滤食性的鱼类,渔业产量相对较高,对浮游动物种群构成了较强的捕食压力。例如,石岩水库、大水桥水库、契斧石水库、大沙河水库中的最大鱼捕获量分别为599、340、299和299 kg/hm²。在富营养化水体中,通常叶绿素浓度、有机悬浮颗粒含量和细菌数量等较高,透明度较低,浮游植物主要为蓝藻特别是丝状蓝藻^[12],食物颗粒大且质量差,鱼类捕食压力大,导致浮游动物丰度低。但由于模糊秀体溞的食物阈值高,且它具有长而粗壮的第二触角,运动能力较奥氏秀体溞强,一定程度上能有效地逃避鱼类的捕食,使得模糊秀体溞的丰度下降程度弱于奥氏秀体溞,因而该种在富营养水体占优势。在贫营养化水体中,水库浮游植物以硅藻-甲藻、硅藻-金藻或硅藻-绿藻等组合为主^[19-20],存在大量微型浮游植物,更适合于个体较小,食物阈低的奥氏秀体溞的牧食;水库透明度较高,其较小眼睛有助于减少被捕食的可能性^[12],有利于在贫营养水体中获得优势。

在飞来峡水库、新丰江水库和大镜山水库中,飞来峡水库中奥氏秀体溞的平均丰度(0.3 ind./L)最小。飞来峡水库是个典型的河流型水库,营养指数 TSI 为39.1^[12],属于中营养状态。与其他类型水库相比,最明显的特征是库区流速大,水体滞留时间很短,大约14 d^[21],缺少浮游动物种群数量积累的滞留时间^[22]。三座水库中,仅有大镜山水库以模糊秀体溞为主,这主要与该水库具有较高的营养水平有关。2001-2004年对飞来峡水库的采样中,仅检出奥氏秀体溞,但在2000年对该水库的两次采样中模糊秀体溞和奥氏秀体溞同时存在,且模糊秀体溞的丰度远大于奥氏秀体溞。飞来峡是1998年新建成的河流型水库,在建成之初,被淹土壤和植物腐烂降解所释放出的营养物质及降水对地表的冲刷所携带的有机物进入库中,处于营养累积的高峰期^[21],有利于模糊秀体溞在丰水期种群增加。2001年后,经过2年运行,飞来峡水库营养盐浓度开始回落,形成了有利于奥氏秀体溞生存的条件,模糊秀体溞优势消失。在2001-2003年对新丰江水库的调查中,仅有奥氏秀体溞的出现,丰水期和枯水期丰度没有明显的变化,4月份丰度较高。新丰江水库是一座大型贫营养型水库,营养水平较低,浮游植物季节性变化明显^[23-24]。4月份,水柱垂直混合与水温上升重叠,小型硅藻开始大量增加,提供了奥氏秀体溞种群发育需要的食物。

4 参考文献

- [1] Korovchinsky NM. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World, 3. The Hague; SPB Academic Publishing, 1992: 82.
- [2] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志, 节肢动物门, 甲壳纲, 淡水枝角类. 科学出版社, 1979: 86-97.
- [3] 尹娟, 韩博平. 食物浓度对模糊秀体溞生长和繁殖的影响. 湖泊科学, 2008, 20(3): 344-350.
- [4] 蒋燮治. 武昌秀体溞. 水生生物学集刊, 1956, (2): 308-312.
- [5] 黄祥飞. 短尾秀体溞的发育与生长. 水生生物学报, 1986, 10(1): 52-59.
- [6] 黄祥飞. 武汉东湖短尾秀体溞的种群变动和生产量. 生态学报, 1989, 9(2): 132-138.
- [7] Liu ZW, Hu YH. Vertical distribution of the dominant planktonic crustaceans in a mesotrophic reservoir, Xujiahe reservoir (central China). *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 2001, 31(3): 171-178.
- [8] 韩士群, 严少华, 范成新等. 长肢秀体溞对富营养化水体藻类的生物操纵. 江苏农业学报, 2006, 22(1): 81-85.
- [9] Korovchinsky NM, Sanoamuang L. *Diaphanosoma senegal* Gauthier, 1951 (Crustacea: Cladocera: Sididae) in South-East

- Asia. *Zootaxa*, 2008, **1695**: 53-60.
- [10] 陈绵润, 赵帅营, 林秋奇等. 广东省水库枝角类组成特征的初步研究. 湖泊科学, 2007, **19**(1): 77-86.
- [11] Lin QQ, Duan SS, Hu R *et al.* Zooplankton distribution in tropical reservoirs, South China. *International Review of Hydrobiology*, 2003, **88**(6): 602-613.
- [12] 韩博平, 李 铁, 林旭钊. 广东省大中型水库富营养化现状与防治对策研究. 北京: 科学出版社, 2003.
- [13] Nogueira MG. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir(Parapanema River), Sao Paulo, Brazi. *Hydrobiologia*, 2001, **455**: 1-18.
- [14] Bini LM, Tundisi JG, Tundisi TM *et al.* Spatial variation of zooplankton groups in a tropical reservoir(Broa Reservoir, Sao Paulo State-Brazi). *Hydrobiologia*, 1997, **357**: 89-98.
- [15] 张贵刚, 韩博平. 中国特有种大型桡足类舌状叶镖水蚤在广东水库中的分布特征. 湖泊科学, 2010, **22**(3): 445-450.
- [16] 林秋奇, 韩博平. 流溪河水库后生浮游动物多样性与群落结构的时空异质性[学位论文]. 广州: 暨南大学, 2007.
- [17] Gliwicz ZM. Food thresholds and body size in cladocerans. *Nature*, 1990, **343**: 638-640.
- [18] Nandini S, Sarma SSS. Population growth of some genera of cladocerans(Cladocera) in relation to algal food(*Chlorella vulgaris*) levels. *Hydrobiologia*, 2003, **491**: 211-219.
- [19] 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响应. 生态学报, 2003, **23**(6): 1101-1108.
- [20] Yang YF, Huang XF, Liu JK. Long-term changes in crustacean zooplankton and water quality in a shallow, eutrophic Chinese lake densely stocked with fish. *Hydrobiologia*, 1999, **391**: 195-203.
- [21] 游江涛, 林秋奇, 胡 韧等. 飞来峡水库蓄水初期营养状态及浮游生物分布特征. 生态科学, 2002, **21**(1): 21-24.
- [22] Straskraba M, Dostalkova I, Hejzlar J *et al.* The effects of reservoir on phosphorus concentration. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 1995, **80**(3): 403-413.
- [23] Reynolds CS. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [24] 陈丽芬, 林秋奇, 胡 韧等. 亚热带大型水库—新丰江水库的浮游生物群落特征. 生态科学, 2002, **21**(2): 104-107.