

## 汉江流域黑竹冲河圆顶华溪蟹(*Sinopotamon teritium*) 的周年生产量及其营养基础

闫云君, 李晓宇

(华中科技大学生命科学与技术学院, 武汉 430074)

**摘要:**大型底栖动物群落在河流生态系统中发挥着重要作用,2003年6月至2004年6月间对汉江流域2级河流——黑竹冲河大型底栖动物优势种类的生活史和生产力进行为期一周年的研究. 结果表明:主要优势种圆顶华溪蟹(*Sinopotamon teritium* Dai et al.)生活史周期基本为四年,每年8-10月为主要繁殖季节,衰老个体(体宽>29 mm)在每年的1-2月份死亡较多;现存量在一周年中变化较大,密度9月份达到峰值,为35 ind/m<sup>2</sup>,生物量在6月达到峰值,为41.7 g/m<sup>2</sup>;采用体长频率分布法(size-frequency method)测算的周年生产量为151.3071 g/(m<sup>2</sup>·a),P/B系数为1.4. 在其胃内含物中,无形态碎屑占45.4%,虾占10.9%、水生昆虫占35.6%、螺占5.7%、植物组织占8.1%,对次级生产量的贡献率分别10.84%、18.21%、59.49%、9.52%和1.94%.

**关键词:**大型底栖动物;群落;圆顶华溪蟹;生产量;黑竹冲河

## Secondary production and trophic basis of *sinopotamon teritium* in Heizhuchong Stream, Hanjiang Catchment

YAN Yunjun & LI Xiaoyu

(School of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, P. R. China)

**Abstract:** Macrozoobenthos community plays an important role in material cycle and energy flow in riverine ecosystem. During the period of June, 2003 to June 2004, an investigation on the life cycle and production of the dominant species of macrozoobenthos community in a second-order river of Hanjiang River Basin was carried out. From the upper to the lower reach of Heizhuchong stream, we chose six types of habitats to collect quantitative samples. Station 1 (S1) lied in the middle of the stream with big round rocks in the upper reach, station 2 (S2) was in the inner part of a weir with cobble substratum, station 3 (S3) in the middle of a peacefully flowing section with gravel-sand bottom, station 4 (S4) at the side of the riparian with aquatic macrophytes and snags, station 5 (S5) in the middle of the riffle, station 6 (S6) at the lower reach with a sewage outlet ca 100 meters upstream. At each station, four quantitative samples were taken with a 167 μm D-frame kick net or a Surber net, and the samples were sieved with a 167 μm net, sorted in a porcelain dish with naked eye. The specimens were kept in 10% formalin for later processing. The life cycle of the *S. teritium* Dai et al. population was analysed by the monthly size-class frequency distribution, the cohort and annual production were estimated by size frequency method. The results showed that *S. teritium* completed one generation for nearly 4 years, the reproduction mainly occurred in from middle August to middle October, and most of the senescent individuals died in February. The abundance of the population varied greatly during the year, probably due to the relatively smaller sampling area compared with the strong activity of motion of *S. teritium*. Whereas, the variation of the biomass followed the same pattern of the abundance. The abundance attained its peak in September with 35 ind/m<sup>2</sup>, and biomass reached its highest level in June at 41.7 g/m<sup>2</sup>. The estimated cohort production and cohort P/B ratio by size-frequency method were 605.2 g/(m<sup>2</sup>·a) (wet

wt) and 5.5, respectively; the annual production and P/B ratio were  $151.3\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  (wet wt) and 1.4. The reason why the annual production of the animal in Heizhuchong Stream was the relatively higher was because of its high density. By analyzing its stomach content, the proportions of amorphous detritus, caridina, aquatic insect larvae, gastropods and vascular tissues were 45.4%, 10.9%, 35.6%, 5.7%, 8.1%. Therefore, the contribution rates of the above types of food to production were 10.84%, 18.21%, 59.49%, 9.52%, and 1.94%, respectively.

**Keyword:** Macrozoobenthos; community; production; *Sinopotamon teritissum*; Heizhuchong Stream

大型底栖动物是河流生态系统中最重要生态类群之一,在水底起着加速碎屑分解,促进泥水界面物质交换和水体自净,是河流生态系统物质循环和能量代谢最为重要的环节之一.此外,河流大型底栖动物作为重要的指示生物,已广泛应用于水质及环境监测<sup>[1]</sup>.目前河流大型底栖动物群落结构与功能已成为生态学研究热点领域之一<sup>[2]</sup>.而我国对河流的生态学研究少而零散,涉及河流生态系统功能研究的鲜见报道,尚处于起步阶段<sup>[3]</sup>.但随着我国对河流水电的大规模开发、河流环境的污染恶化,河流可持续利用问题变得日益尖锐突出.因此,加深对我国河流生态系统结构和功能的认识,尤其是对河流大型底栖动物群落结构与功能的了解,为制订适合我国河流状况的综合生物监测体系,提出污染河流治理、恢复和保护的有效对策,提供科学依据.本文是作者2003-2004年间对汉江流域低级河流大型底栖动物研究的部分结果.

## 1 方法

### 1.1 采集点和采样时间

在湖北省襄樊市南漳县城关镇附近有三条相邻河流,其中黑竹冲河没有受到污染,选择作为研究地点,其河水的理化性质见表1.根据河流生境类型从上游往下游选择了6个采样点,分别是:1站(S1)位于上游河心的大圆石块区域;2站(S2)位于一小堰塘内,基底为砾石;3站(S3)位于缓流河段中心点,少数砾石半没于泥砂中;4站(S4)位于河边生长水草的区域;5站(S5)位于急流中心的大石块区;6站(S6)位于一间歇排污口的下游约100 m,为泥沙底(图1),每个采样点间距约为1000-1500 m,样点大小为30(30 cm.采样时间一般在每月28日左右,为期一年,即2003年6月至2004年6月.

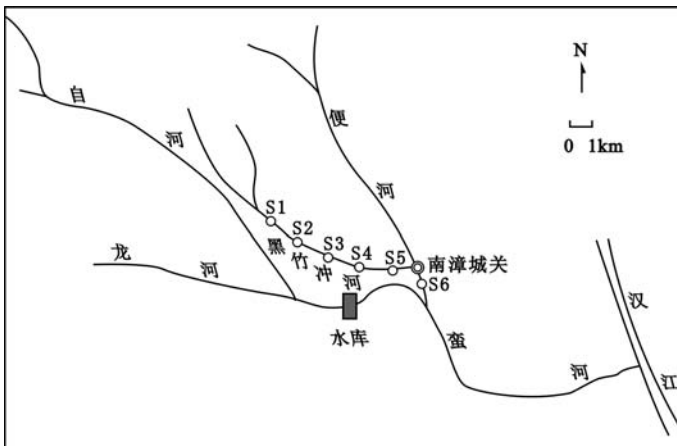


图1 黑竹冲河及采样点的分布

Fig. 1 Heizhuchong Stream and distribution of sampling sites

表1 黑竹冲河河水理化性质

Tab. 1 Main physical and chemical Characteristics of Heizhuchong Stream

pH	悬浮物 (mg/L)	总磷 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	亚硝酸盐氮 (mg/L)	硝酸盐氮 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	高锰酸盐 指数	BOD
8.0	5.000	0.017	1.572	0.223	0.009	1.33	11.5	1.5	1.41

1.2 标本采集及处理

定量采集使用 60 目的 D 型网和 Surber 网,每样点 1 次,3 个重复.样品经 60 目铜筛筛洗后,置于白色解剖盘中分检,标本用 10% 的福尔马林固定保存.

1.3 生活史

测定每月采集样本的个体最大体宽,以 2 mm 为一个体长组,再根据各月体长组的分布频率动态,推测种群结构和发育情况,从而获得种群生活史状况<sup>[4]</sup>.

1.4 生产量的测算

依据每月个体数及其最大体宽,结合已获得的体长-体重关系方程计算湿重,采用体长频率法测算周年生产量<sup>[5-7]</sup>.

1.5 生产量的营养基础分析

生产量的营养基础分析依照 Wallace 等<sup>[8]</sup>的方法,分别分析春、夏和秋三个季节圆顶华溪蟹胃内含物所占比例,并在考虑各类食物同化率的基础上,测算其对生产量的贡献率大小.

2 结果

2.1 种群动态

圆顶华溪蟹种群密度在 2 月、4 月、6 月、9 月、12 月间保持较高水平,在其它诸月则处于较低位置(图 2).总体上,种群密度变化较大,可能与圆顶华溪蟹活动能力较其它种类强,而采样点相对较小有关.生殖季节主要在 8 月中旬至 11 月中旬,此间最大体宽为 2-4 mm 个体比较常见,所占比例也较大.生物量的变动趋势与密度基本一致,只是 6 月和 9 月的数值上稍大一些,这与 6 月和 9 月采集到较多成年个体有关.

2.2 生活史

黑竹冲河圆顶华溪蟹体长组分布频率周年动

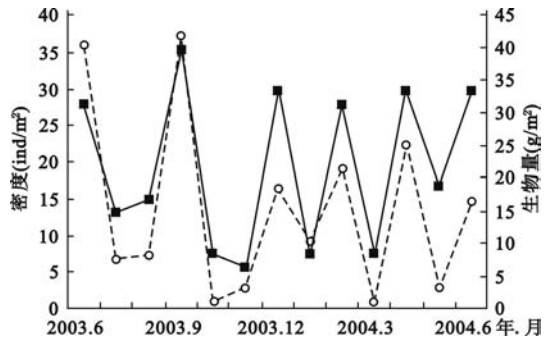


图 2 黑竹冲河圆顶华溪蟹现存量的周年动态  
Fig. 2 Annual variations of standing stock (ind/m<sup>2</sup>; g/m<sup>2</sup>) of *S. teritium* in Heizhuchong Stream

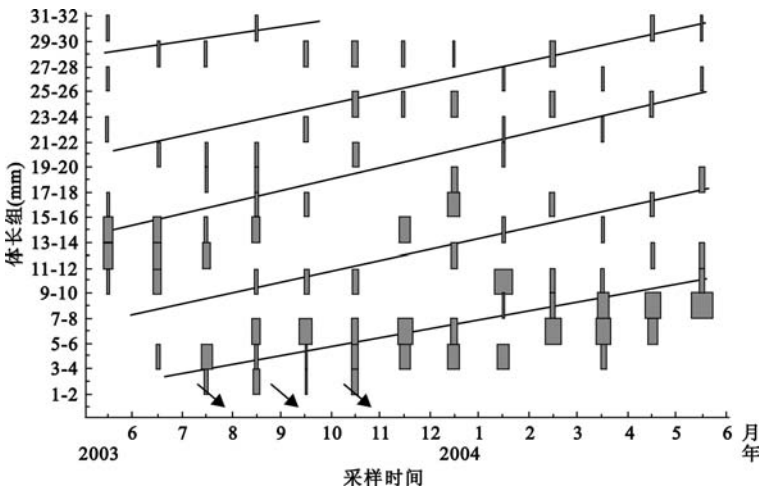


图 3 黑竹冲河圆顶华溪蟹种群的体长组(mm)频率分布逐月动态  
Fig. 3 Monthly size class frequency distributions for *S. teritium* in Heizhuchong Stream

态如图 3. 整体上看, 可以初步分为 5 个年龄组, 分别是 2003 年年龄组、2002 年年龄组、2001 年年龄组、2000 年年龄组及个别 1999 年年龄组. 因此, 如不考虑个别 1999 年年龄组, 种群完成一代生活史约 4 年的时间. 种群在 8 月中旬进入繁殖季节, 延续数月, 少数个体甚至在 11 月份仍然在产幼体, 因此从体长组分布频率反映出的种群结构世代间有重叠现象. 在种群结构中, 主要以 2003 年年龄组和 2002 年年龄组的个体占据多度的优势, 而 2001 年和 2000 年的个体则占据现存量优势.

### 2.3 体长 - 体重关系

圆顶华溪蟹体重(湿重:  $FW$ , g)与最大壳宽( $L$ , mm)的关系如图 4. 回归方程为:  $FW = 0.000114L^{3.36}$  ( $n = 47, R = 0.9866, P < 0.000$ ). 圆顶华溪蟹湿重 = 干重( $DW$ )  $\times 0.262$ <sup>[9]</sup>. 因此, 干重( $DW$ )与最大壳宽的关系为:  $DW = 0.00003L^{3.36}$ .

### 2.4 成活曲线

个体大小也代表着不同的年龄, 因此可以不同大小个体的成活数, 表示不同年龄的成活情况. 不同大小个体的成活数量如图 5. 除幼小个体(最大体宽小于 6 mm)由于采样误差导致其数量偏小外, 其它体宽的个体随体宽的增大而成活数量急剧下降, 直到体宽大于 22 mm 时, 数量才稳定在一个非常低的水平(1-2 个体).

### 2.5 周年生产量

由于圆顶华溪蟹四年完成一个世代生活史, 而其周年生产量为其同龄群(cohort)的 365/CPI 倍, 即  $365/1460 = 1/4$ . 根据体长频率法(size-frequency method)测算圆顶华溪蟹同龄群生产量和周年生产量如表 2. 由表 2 可知, 圆顶华溪蟹同龄群生产量和周年生产量湿重分别为  $605.2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  和  $151.3 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , 换算后的干重分别为  $158.6 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,  $39.6 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ; 同龄群 P/B 系数为 5.5, 周年 P/B 系数为 1.4.

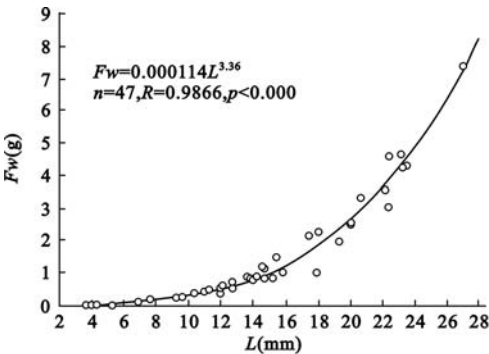


图 4 圆顶华溪蟹最大壳宽( $L$ , mm)与体重(湿重  $FW$ , g)的关系

Fig. 4 Relationship between body weight (wet wt, g) and maximal carapace length (mm) of *S. teritium* in Heizhuchong Stream

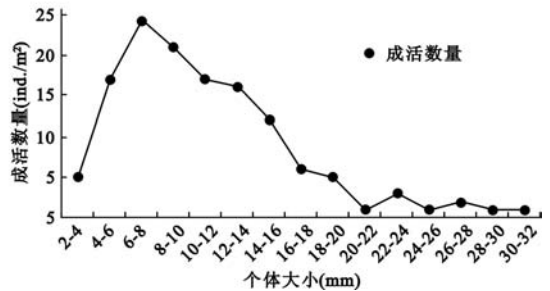


图 5 个体大小与成活数量的关系

Fig. 5 Relationship between body size and survivorship of *S. teritium* in Heizhuchong Stream

### 2.6 营养基础分析

根据 Wallace 等<sup>[8]</sup>的方法, 分别分析了春、夏和秋三个季节圆顶华溪蟹胃内含物, 其主要食物包括无形态碎屑、虾、水生昆虫、螺类和植物组织等, 所占平均比例分别为无形态碎屑占 45.4%, 虾占 10.9%、水生昆虫占 35.6%、螺占 5.7%、植物组织占 8.1% (图 6a). 由此, 计算的对次级生产量的贡献率分别 10.84%、18.21%、59.49%、9.52% 和 1.94% (图 6b).

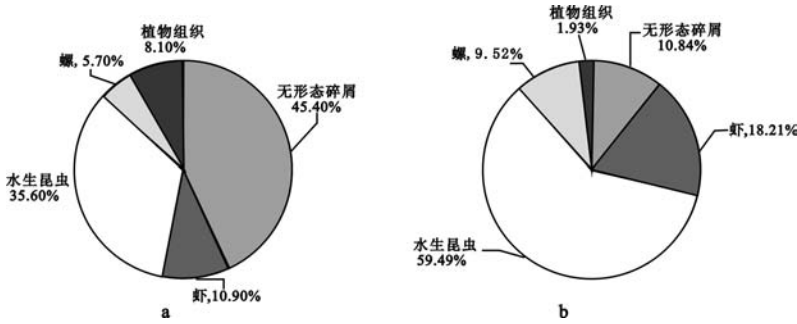


图 6 圆顶华溪蟹胃中各食物类型所占比例(a)及对生产量的贡献率(b)

Fig. 6 The proportions of different food types in stomach of *Sinopotamon teritum*(a) and their contribution to secondary production of *Sinopotamon teritum* (b) in Heizhuchong Stream.

表 2 表 体长频率估算的黑竹冲河圆顶华溪蟹周年生产量

Tab. 2 Annual production ( $g/m^2$ , FW with shell) of *S. teritum* estimated by size-frequency method in Heizhuchong Stream

体长组 (mm)	密度 (ind./m <sup>2</sup> )	体均重 (g)	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	减员数 (ind./m <sup>2</sup> )	减员个体均重 (g)	损失量 (g/m <sup>2</sup> )	生产量 (g/m <sup>2</sup> )
2-4	5	0.0101	0.0505	-12.00	0.0169	-0.2025	-3.0378
4-6	17	0.0282	0.4794	-7.00	0.0479	-0.3352	-5.0276
6-8	24	0.0813	1.9512	3.00	0.1244	0.3733	5.5988
8-10	21	0.1904	3.9984	4.00	0.2723	1.0892	16.3374
10-12	17	0.3894	6.6198	1.00	0.5030	0.5030	7.5453
12-14	16	0.64981	0.3968	4.00	0.7958	3.1832	47.7479
14-16	12	0.97461	1.6952	6.00	1.2061	7.2364	108.5458
16-18	6	1.4925	8.9550	1.00	1.7862	1.7862	26.7930
18-20	5	2.13771	0.6885	4.00	2.5949	10.3798	155.6969
20-22	1	3.1500	3.1500	-2.00	3.4780	-6.9560	-104.3393
22-24	3	3.8401	11.5203	2.00	4.3956	8.7911	131.8672
24-26	1	5.0314	5.0314	-1.00	6.1105	-6.1105	-91.6573
26-28	2	7.4210	14.8420	1.00	8.4041	8.4041	126.0619
28-30	1	9.5175	9.5175	0.00	10.7784	0.0000	0.0000
30-32	1	12.2064	12.2064	1	12.2064	12.2064	183.0960

### 3 讨论

圆顶华溪蟹生活于我国河流、沟渠和湿地等多种淡水水体中,主要取食腐烂动物尸体和水生昆虫幼虫,常在河流生态系统中形成优势种群,并在系统的物质代谢和能量流动中发挥着重要作用。目前,关于圆顶华溪蟹的研究工作主要集中在作为吸虫宿主的相关研究及区系调查等方面,有关其在生态系统中的功能研究工作尚未见有报道<sup>[10,11]</sup>,本研究对圆顶华溪蟹在河流生态系统的生产力进行了初步研究,有助于深入了解该物种在河流生态系统能流过程中所发挥的作用。

圆顶华溪蟹为中国特有种,与其它溪蟹相比,黑竹冲河圆顶华溪蟹的生活史与其它种类比较一致,均有4-5个年龄组。但国内外尚无关于溪蟹属相关种类生产量的报道。黑竹冲河圆顶华溪蟹由于缺乏竞争者,

食物丰富,而维持较大种群密度,导致生产量较大.

有关圆顶华溪蟹食性分析的报道并不多,一般的定性分析认为溪蟹为杂食性,偏爱肉食,喜食鱼、虾、昆虫、螺等,对死腐烂腥臭动物也嗜食.此外,也食多种植物.本研究中黑竹冲河圆顶华溪蟹的主要食物为无形态碎屑、虾、水生昆虫、螺类和植物组织等,与一般定性分析较为吻合.

#### 4 参考文献

- [1] Benke A C. Baldi Memorial Lecture: Concepts and patterns of invertebrate production in running waters. *Verh Internat Verein Limnol*, 1993, **25**: 15 – 38.
- [2] Covich A P, Palmer M A and Crowl T A. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. *BioScience*, 1999, **49** (2): 119 – 127.
- [3] 蔡立哲. 大型底栖动物污染指数(MPI). *环境科学学报*, 2003, **23**(5): 625 – 629.
- [4] Lindegaard C and Mæhl P. Abundance, population dynamics and production of Chironomidae (Diptera) in an ultraoligotrophic lake in south Greenland. *Neth J Aquat Ecol*, 1992, **26**: 297 – 308.
- [5] Hynes H B N & Coleman M J. A simple method of assessing the annual production of stream benthos. *Limno Oceanogr*, 1968, **13**: 569 – 573.
- [6] Hamilton A L. On estimating annual production. *Limno Oceanogr*, 1969, **14**: 771 – 782.
- [7] Menzie C A. A note on the Hynes method of estimating secondary production. *Limno Oceanogr*, 1980, **25** (4): 770 – 773.
- [8] Wallace J B, Benke A C, Lingle A H and Parsons K. Trophic pathways of macroinvertebrate primary consumers in subtropical blackwater streams. *Arch Hydrobiol*(Suppl.), 1984, **74**(4): 423 – 451.
- [9] 闫云君, 梁彦龄. 大型底栖动物干湿比的研究. *华中理工大学学报(自然科学版)*, 1999, **27**(9): 61 – 63.
- [10] 戴爱云. 湖北省淡水蟹类的动物地理学分析及新亚种的记述(软甲纲:十足目). *动物分类学报*, 1990, **15**(4): 417 – 428.
- [11] 拔文哲, 何学元等. 玉溪地区肺吸虫第二中间宿主——淡水蟹类感染情况的调查. *动物学杂志*, 1996, **31**(2): 22 – 23.