

158-163

武汉东湖透明薄皮蚤的捕食效率

李纯厚^① 黄祥飞

Q 959.223.1

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要 本文在室内模拟自然水温研究了东湖透明薄皮蚤 (*Leptodora Kindti*) 对优势枝角类短尾秀体蚤 (*Diaphanosoma brachyurum*) 和微型裸腹蚤 (*Moina micrura*) 的捕食效率。实验结果表明, 在17℃和21℃时透明薄皮蚤对短尾秀体蚤的捕食率系数 (predation rate coefficient) 或称滤过率 (clearance rate) 分别为15.9和18.2 mL predator⁻¹ day⁻¹。17℃时透明薄皮蚤对微型裸腹蚤的捕食率系数为30.1 mL predator⁻¹ day⁻¹。

不同的猎物密度对捕食率系数亦有影响。在17℃, 当猎物密度从200 ind mL⁻¹ 增为800 ind mL⁻¹ 时, 透明薄皮蚤对裸腹蚤的捕食率系数则从30.1 mL predator⁻¹ day⁻¹ 下降为15.1 mL predator⁻¹ day⁻¹, 对短尾秀体蚤的捕食率系数亦从15.9 mL predator⁻¹ day⁻¹ 降为7.8 mL predator⁻¹ day⁻¹。

关键词 透明薄皮蚤, 捕食效率, 东湖

透明薄皮蚤是一种大型肉食性枝角类, 主要分布在大中型湖泊的敞水区, 有规律的昼夜垂直迁移。一般畏忌强光。由于其独特的发育方式和肉食性, 因此对于它的种群生态、生态能量学及其休眠卵的分布等均有较多的研究^[2,4,9,10,12,15]。关于它的捕食效率亦有许多学者进行过较为详细的报道^[7,8,14]。

武汉东湖是长江中下游一个中型浅水湖泊, 据长期动态监测表明透明薄皮蚤通常5月开始出现, 夏末和秋初为高峰期, 冬季很少。黄祥飞等^[1]曾对它的种群生态进行了较为详细的研究, 但尚未对其捕食作用加以论述, 为了进一步探讨东湖枝角类种类演替和数量变动的规律及浮游生物各营养级间的能流动态, 本文对透明薄皮蚤的捕食效率进行了实验室观察, 以积累浮游动物生态学方面的资料。

一、材料与方 法

1. 透明薄皮蚤、短尾秀体蚤和微型裸腹蚤均采自东湖, 捕获后经解剖镜下鉴定并选取附肢完好, 活泼体健的正常个体作为实验材料。

2. 将已测量体长的20个短尾秀体蚤或微型裸腹蚤与2个透明薄皮蚤一放入装有100mL 过滤湖水的烧杯内, 同时另取两个装有同样数量过滤湖水和同样数量的短尾秀体蚤

① 已调中国水产科学研究院南海水产研究所(广州 510300)。

本文于1991年10月21日收到, 1992年5月20日改回。

或微型裸腹蚤的烧杯作为对照,以观察实验过程中短尾秀体蚤或微型裸腹蚤的自然死亡情况。然后将各烧杯均移入自控光照培养箱内,调节温度至采集透明薄皮蚤时的水温(17℃或21℃),调节光照强度为800lx,实验时间为10—12h,连续观察其死亡情况。实验结束后,立即用4%的中性福尔马林溶液固定,然后在解剖镜下计数各样本中短尾秀体蚤或微型裸腹蚤的数量。样本中若发现秀体蚤或裸腹蚤的死亡躯壳时也算作是被透明薄皮蚤捕食的数量。因为透明薄皮蚤是靠吮吸猎物体液方式摄食的^[15]。

3. 计算公式 根据 Havel (1985)^[8]等所用的公式进行计算:

$$K = - \frac{\ln P_T / P_I}{X \cdot T}$$

其中: K = 捕食率系数, 亦称滤过率 ($\text{mL predator}^{-1} \text{day}^{-1}$), P_I 、 P_T = 实验前、后短尾秀体蚤或微型裸腹蚤的密度 (ind. mL^{-1}), X = 捕食者密度 (ind. mL^{-1}), T = 实验时间 (day), 该公式应用条件为假定捕食者的捕食强度是稳定的。

二、结果与讨论

(一)透明薄皮蚤对两种枝角类的捕食率

实验结果表明,在17℃和21℃时,透明薄皮蚤对短尾秀体蚤的捕食率系数分别为15.9 $\text{mL predator}^{-1} \text{day}^{-1}$ 和18.2 $\text{mL predator}^{-1} \text{day}^{-1}$ 。即随温度升高, K 值增大;而对微型裸腹蚤的捕食率系数在17℃时就达30.1 $\text{mL predator}^{-1} \text{day}^{-1}$ (见表1)。显然透明薄皮蚤对微型裸腹蚤的捕食力明显高于对短尾秀体蚤的捕食力。这是由于透明薄皮蚤对枝角类的捕食强度主要取决于猎物的运动能力。而秀体蚤第一触角十分发达,其运动能力比裸腹蚤要大得多,因此,躲避捕食者能力强,从而不易被透明薄皮蚤捕获。另一方面猎物个体大小也在一定程度上影响捕食者的捕食强度。微型裸腹蚤实验个体平均体长要比秀体蚤小,因此当捕食者在同样条件下捕食这两种猎物时就会优先选择个体较小的裸腹蚤^[3,6,13]。此外,猎物个体的色泽明亮度,壳瓣柔软性等方面的差异亦能导致被捕食效率的不同^[13]。

表1 透明薄皮蚤对两种枝角类的捕食率系数 K 值

Tab. 1 The predation rate coefficients of *Leptodora kindti* on two common cladoceras

实验温度 (℃)	猎物种类	平均体长 (mm)	K 值 ($\text{mL pred}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)	实验次数
17	短尾秀体蚤*	1.21	15.9±2.0	18
	微型裸腹蚤**	0.85	30.1±4.6	15
21	短尾秀体蚤	1.21	18.2±7.1	18

* *Diaphanosoma brachyurum*,

** *Moina micrura*.

Havel^[8]曾研究了 Mendota 湖透明薄皮蚤对 *Daphnia retrocurva* 的捕食率,其捕食率系数为13.1—87.5 $\text{mL predator}^{-1} \text{day}^{-1}$,平均为50.3 $\text{mL predator}^{-1} \text{day}^{-1}$,其值比本实验结果要大一些,这是由于猎物种类及实验温度等实验条件不同所致,但两者基本趋势是一致的。

Mordukhai-Boltovskaja (1958, 1960)^[13,14]的研究表明5—6mm 长的透明薄皮蚤每天能

吃食30个 *polyphemus pediculus* (最大体长1.5mm);对混合浮游动物的捕食在10—15℃, 15—20℃, 20—25℃温度范围内捕食率分别为16、25和30 prey predator⁻¹ day⁻¹, 均高于本实验结果, 同时也明显地可以看出在10—25℃范围内, 其捕食率随温度升高而增大。

透明薄皮蚤的大小与捕食率间表现出一定的相关关系, 但并没有显著性差异(表2)。当其体长小于4—5mm时, *K* 值较小; 而大于4—5mm时 *K* 值相差不大。这与 Havel 的研究结果基本吻合。他指出捕食者的长度和密度并不影响透明薄皮蚤的个体捕食率。不过根据本实验结果, 这里应指出的是这一结论的应用范围应限于捕食者体长不小于4—5mm 范围。

表2 透明薄皮蚤体长与 *K* 值的关系(17℃)

Tab. 2 The relationship between body length with *K*-value (at 17℃, mean body length of prey=1.21mm) of *leptodora kindti*

体长组(mm)	<i>K</i> 值(mL pred ⁻¹ day ⁻¹)
3.0—4.0	11.2
4.0—5.0	16.3
5.0—6.0	17.8
6.0—7.0	17.1

表3 透明薄皮蚤对不同密度猎物的 *K* 值(17℃)

Tab. 3 The relationship between the predation rate coefficients (*K*-values) of *Leptodora kindti* on two cladoceras with their densities (at 17℃)

猎物种类	猎物密度(ind. L ⁻¹)	<i>K</i> 值(mL pred ⁻¹ day ⁻¹)
短尾秀体蚤	200	15.9
(<i>Daphanosoma brachyurum</i>)	800	7.8
微型裸腹蚤	200	30.1
(<i>Moena micrura</i>)	800	15.1

虽然在一定范围内捕食者的密度不影响其个体捕食率, 但猎物密度的变化是否会影响其捕食率呢? 为此, 设计了两组不同的猎物密度来观察其捕食率的变化(见表3)。实验表明, 当猎物密度增大4倍时, 透明薄皮蚤的捕食率系数则随之减小1倍。

这一结论为解释湖泊生态系统中枝角类的种类演替提供了一定的理论根据。它说明, 当湖泊中枝角类密度较低时, 透明薄皮蚤的捕食率系数则较大, 因此其捕食作用能有效地控制枝角类的种群数量; 而当枝角类密度达到一定数量时, 则透明薄皮蚤的捕食率系数降低, 从而其捕食作用对枝角类种群仅能表现出一定的限制作用而不能表现出有效的控制作用。

这里应特别指出的是本文得到的透明薄皮蚤对两种枝角类的捕食率系数是从实验室得到的。而透明薄皮蚤在烧杯内捕食和在湖泊中的捕食显然是有差异的, 因此得到的两种捕食率系数仅对这两种枝角类有比较意义, 而其与在湖泊中的捕食率系数比较有待今后进一步的研究。

(二) 东湖透明薄皮蚤与枝角类间的能流动态

在浮游生物食物链中, 肉食性的浮游动物对藻食性或杂食性的浮游动物的捕食作用在一定环境下是不可忽略的^[3, 6, 14]。

东湖透明薄皮蚤在整个浮游生物群落中对小型枝角类的捕食力究竟有多大? 对此可利用室内实验得到的透明薄皮蚤对两种枝角类的捕食率系数从理论上进行初步的评估。

根据东湖1989年的监测资料, 透明薄皮蚤的出现期为6个月, 即6—11月, 在8—11月初数量最高, 在11月初竟高达340 ind. m⁻³, 在整个出现期其平均数量为168 ind. m⁻³。根据本实验结果, 取透明薄皮蚤对小型枝角类的捕食率系数为23.6 mL predator⁻¹ day⁻¹ (对两种枝角类的平均值, 因在6—11月, 东湖这两种枝角类几乎占了总量的90%以上), 小型枝角类的能量值取22798 J g dwt⁻¹ [12], 则得到东湖透明薄皮蚤对小型枝角类的捕食能为2.5 J m⁻³ day⁻¹ 即东湖每1m³水中的透明薄皮蚤每天从小型枝角类中获得2.5 J 的能量, 占小型枝角类现存

量的0.6%。取透明薄皮蚤的能量值为 22384J gdw^{-1} ^[12],则得其浮游期的现存量为 56.1J m^{-3} 。而其日摄食量(daily food ration)C占其体重的30%^[10],因此东湖透明薄皮蚤的日摄食量 $C=16.8\text{J m}^{-3}$ 而每天从小型枝角类获得的能量仅为 2.5J m^{-3} 。因此,作者认为东湖透明薄皮蚤不仅捕食枝角类,而且还捕食了其它微型水生动物。当然由于文中估算是以室内捕食率系数为基准的,这与自然生态环境间有一定的差异,因此东湖浮游动物间能流动态还有待今后进一步研究。

(三) 透明薄皮蚤的捕食对其它枝角类种群的影响

De Bernardi 等^[5]曾研究了意大利北部的 Lago Maggiore 湖泊中透明薄皮蚤的捕食对蚤(*Daphnia*)和秀体蚤竞争作用的影响。他认为秀体蚤种群只有在蚤因被透明薄皮蚤和*Bythotrephes*捕食而数量减少后才能增长,即捕食作用明显地影响到枝角类的种类演替。他进一步研究发现透明蚤种群在春季密度上升,而随着透明薄皮蚤密度的增加而在夏初迅速下降这种灾难性变化是由于其仔蚤死亡率增高所致。即说明透明薄皮蚤的捕食效应为优先选择*Daphnia*的仔蚤^[3,6,13]。这与本实验的优先选择运动缓慢个体这一结论相吻合。

东湖的透明蚤在春季密度增加,而在夏初迅速下降代之以秀体蚤和裸腹蚤种群。以往曾有人认为在这种种群竞争、演变过程中,透明薄皮蚤的捕食起了很大的作用,但据本实验结果看来,近几年由于东湖透明薄皮蚤的数量不大,对小型枝角类的捕食能所占比例不到1%。因此,对枝角类种群变动并没有起决定性的控制作用,而只在一定范围内起一定程度的限制性作用。而东湖枝角类的种群变动主要受鱼类捕食及食物竞争等其它因子的影响(另专文论述)。

尽管如此,透明薄皮蚤的捕食效应依然是不容忽略的。当它的种群密度达到一定数量时,便会对枝角类种群变化产生较大的限制作用甚或决定性的控制作用。

参 考 文 献

- [1] 黄祥飞,胡春英,武汉东湖的透明薄皮蚤.湖泊科学,1991,3(1):46—53.
- [2] Andrew, T. E. & Herzig A., The respiration rate of the resting eggs of *Leptodora kindti* (Focke 1844) and *Bythotrephes longimanus* Leydig 1860 (Crustacea, Cladocera) at environmentally encountered temperatures. Oecologia (Berlin), 1984, 64, 241—244.
- [3] Argentesi F., R. de Bernardi & G. Di Cola, Mathematical models for the analysis of population dynamics in species with continuous recruitment. Mem. Ist. ital. Idrobiol. 1974, 31, 245—275.
- [4] Cummins, K. W., R. R. Costra, R. E. Rowe, G. A. Moshiri, R. M. Scanlon & R. K. Zajdel, Ecological energetics of a natural population of the predaceous zooplankter *Leptodora kindti* Focke (Cladocera) Oikos. 1969, 20, 198—223.
- [5] de Bernardi, R. & Canali, Population dynamics of pelagic cladocerans in Lago Maggiore. Mem. Ist. ital. Idrobiol. 1975, 32, 365—392.
- [6] de Bernardi, R., The dynamics of a population of *Daphnia hyalina* Leydig in Lago Maggiore, Northern Italy. Mem. Ist. ital. Idrobiol. 1974, 31, 221—243.
- [7] de Bernardi, R., Giussani G. & Mance M., Cladocera Predators and prey. Hydrobiologia. 1987, 145, 225—243.
- [8] Havel, J. E., Predation of common invertebrate predators on long-and short-featured *Daphnia retrocurva*. Hydrobiologia. 1985, 124, 141—149.
- [9] Herzig A., Resting eggs—a significant stage in the life cycle of Crustaceans *Leptodora kindti* and *Bythotrephes longimanus*. Verh. Internat. Verein Limnol. 1985, 22, 3088—3098.
- [10] Hillbricht-Ilkowska A. & Karabin A., An attempt to estimate consumption, respiration and production of

- Leptodora kindti* (Focke) in field and laboratory experiments. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 1970, 17(30): 81—86.
- [11] Moshiri G. A., Cummins K. W. & Costa R. R., Respiratory energy expenditure by predaceous zooplankter *Leptodora kindti* (Focke) (Crustacea: Cladocera). *Limnol. Oceanogr.* 1969, 14(4): 475—484.
- [12] Moshiri G. A., Cummins K. W. & Costa R. R., Calorific values for *Leptodora kindti* (Focke) (Crustacea, Cladocera) and selected food organisms. *Arch. Hydrobiol.* 1969, 66(1): 91—99.
- [13] Mordukhai-Boltovskaja, E. D., Preliminary notes on the feeding of the carnivorous cladocerans *Leptodora kindti* and *Bythotrephes longimanus*. *Dokl. Akad. Nauk. SSR Biol. Sci. Sect.* 1958, 122: 828—830.
- [14] Mordukhai-Boltovskaja, E. D., On nutrition of the predatory cladocera (*Leptodora*, *Bythotrephes*). *Bull. Inst. Biol. Reserv. Acad. Sci. USSR*, 1960, 6: 21—22.
- [15] Sebestyen O., 1960. On the food niche of *Leptodora kindti* (Focke) (Crustacea, Cladocera) in the open water communities of Lake Balaton. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 1960, 45: 277—282.

PREDATION OF *LEPTODORA KINDTI* FOCKE (CRUSTACEA, CLADOCERA) ON *DIAPHANOSOMA BRACHYURUM* AND *MOINA MICRURA* IN DONGHU LAKE, WUHAN

L. Chunhou^① Huang Xiangfei

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

Abstract

The experiments of predation of *Leptodora kindti* on two common cladoceras, *Diaphanosoma brachyurum* and *Moina micrura* were carried out in Donghu Lake. Predation rate coefficients (Clearance rates) were 15.9 mL predator⁻¹day⁻¹ at 17°C, 18.2 mL predator⁻¹day⁻¹ at 21°C on *Diaphanosoma brachyurum* respectively, *K*-value was increased with temperature. Predation rate coefficient was 30.1 mL predator⁻¹day⁻¹ at 17°C on *Moina micrura*. *K*-value of *Leptodora kindti* on *Moina micrura* was much higher than that of on *Diaphanosoma brachyurum*. The experimental volum (density of prey) also affected predation rate coefficients. The bigger the experimental volum, the higher the *K*-value.

Energy flow dynamics of *Leptodora kindti* in plankton community in Donghu Lake were also studied. Energy of predation of *Leptodora kindti* on micro-cladoceras was 2.5 J m⁻³day⁻¹ in Donghu Lake.

The relationships between predation of *Leptodora kindti* and population change dynamics of micro-cladoceras were discussed.

Key words *Leptodora kindti*, predation, Donghu Lake

^① Present Add. South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences