

多刺裸腹溞体外附生累枝虫的数量变动

徐振康 张道源*

(南开大学生物系, 天津 300071)

提 要

研究了天津市卫津河中多刺裸腹溞(*Moina macrocopa straus*)生活史各阶段体外附生溞累枝虫(*Epistylis daphniae*)的数量变化。从1990年4月到10月的13次采样中, 潙累枝虫的数量与其附主的平均体长及雌性怀卵个体所占比例均无显著相关关系。对同一水样中的数据进行分析后发现, 以幼龄裸腹溞为主的三个体长组的溞体表附生的累枝虫数之间无显著差异, 但与以成龄溞为主的第四个体长组之间的差异却显著。在雌性成体中怀卵阶段后期的裸腹溞体表的累枝虫数量显著多于前期。本研究的结论是裸腹溞体表的累枝虫数量的多少主要不是取决于附主有多少表面积可供附着, 而主要取决于两次蜕皮间隔时间的长短。还对两性生殖期间雌、雄性裸腹溞体表的累枝虫数量进行了研究。

关键词 潙累枝虫, 多刺裸腹溞, 外附生纤毛虫, 体长, 怀卵阶段, 生活史

国内外对于各种水生动物体表外附生的缘毛类纤毛虫的报道很多^[1-4]。Laird^[5]曾经报道可以用矛子体表的外附生原生动物的种类和数量来评价水质的污染程度。Henebry 和 Ridgeway^[6]则认为浮游甲壳类体表的原生动物是很好的指示生物。近十多年来一些作者开始对外附生缘毛类的野外生态和实验生态进行了一些研究^[7-8]。笔者曾与新西兰湖沼学家 Burns 合作进行了溞累枝虫(*Epistylis daphniae*)对其附主贝克水蚤(*Boeckella*)的生长率、生殖率和死亡率作用的研究^[9], 现在又对附生于多刺裸腹溞体表的溞累枝虫的野外生态作了研究。本文是该项研究的一部分, 目的旨在搞清浮游甲壳类生活史各阶段体表的缘毛类数量变化的规律, 为今后在生物监测中利用外附生纤毛虫提供必要的研究数据, 也为缘毛类和枝角类的生物学积累基础资料。

1 材料和方法

实验材料采自于流经天津市区的卫津河。这条河流宽约15m, 水深1至2.5m。有大量生活污水和其他废水流入, 污染较严重。

对卫津河的浮游动物进行了周期性的采集。从1990年1月至1991年1月每隔15d在卫津河邻近南开大学的河段进行定性定量采样。采样方法均按照《内陆水域渔业自然

* 现在中国科学院水生生物研究所工作。

1991年5月3日收到。

资源调查试行规范*》进行。所采得的水样用 25 号浮游生物网过滤浓缩后用 4% 福尔马林固定保存。采得水样中多刺裸腹溞的计数按照《规范》进行。另外将定性水样摇匀,随机地吸取 60—100 个多刺裸腹溞,对于每个裸腹溞的体长、体表附生的溞累枝虫总个员数、累枝虫群体数、最大群体个员数等进行测定、计数并记录。为了了解裸腹溞生活史不同阶段中累枝虫附生情况的变化,又将随机吸取的裸腹溞分成四个不同体长组:A(<0.6mm)、B(0.6—0.8mm)、C(0.8—1.0mm)、D(>1.0mm)。对于雌性怀卵个体在测定、计数后,再用解剖针轻轻挤压,使孵育囊中的卵或胚胎离开母体,以便确定胚胎发育的阶段及所怀胚胎的个数。胚胎发育阶段可根据胚胎的形态特征分为 I—IV 个阶段^[10]。溞累枝虫个员数的计数在显微镜下进行。为了使计数更为准确,可在计数前在玻片上略加入一点醋酸洋红,累枝虫个体即轮廓清楚。

不同体长组和不同怀卵阶段裸腹溞体表附生的累枝虫数量平均值差异的显著性采用 Kruskal-Wallis 检验法来判断,并用非参量的 Tukey 型的多重比较法进行比较,进一步确定在哪些组别之间存在着差异。对于雌性怀冬卵个体、雌性怀夏卵个体、雄体及幼体同时出现的 10 月 30 日的水样中,以上四个不同生活史阶段个体体表附生的累枝虫数量的数据先进行平方根变换以使各组间的方差具备齐性,然后用方差分析来判断差异的显著性,并用 Tukey 法进行多重比较^[11]。

2 结果

周年采样的研究表明多刺裸腹溞在卫津河中从 4 月底开始出现到 11 月消失。在这期间多刺裸腹溞为浮游甲壳类的优势种,其体表附生的生物中,溞累枝虫又是优势种。关于多刺裸腹溞的生物量和溞累枝虫生物量的季节变动及两者关系将另文发表^[12]。本文仅涉及裸腹溞不同阶段体表溞累枝虫数量的变化。

2.1 潙累枝虫数量与裸腹溞的种群组成

表 1 所列的是 13 次有多刺裸腹溞出现的采样的水温、水样中裸腹溞的种群组成各体长组所占总数百分比)和溞累枝虫的密度(个员数/L 和个员数/裸腹溞)。在图 1 中以各次采样中平均每个裸腹溞附生的累枝虫个员数为横坐标,以裸腹溞平均体长(实心点)以及雌性怀卵个体占总数百分比(空心圈)分别为纵坐标,试图找出附生的累枝虫数量与裸腹溞种群组成的关系。但是在不同水样中累枝虫数量与其附主的平均体长无明显相关关系($r=0.4337, n=13$),同样与怀卵个体所占比例也无显著的相关关系($r=0.4954, n=13$)。

2.2 不同体长组裸腹溞体表的累枝虫数量

图 2 所示的是同一水样中裸腹溞体长与它们体表附生累枝虫个员总数的关系。由图可见,累枝虫个员数多的裸腹溞个体绝大多数是体长较大的个体,但也有相当数量的大个体裸腹溞体表仅附有很少的溞累枝虫。为了进一步分析这一较为复杂的关系,我们对 5 月 15 日,6 月 15 日,7 月 15 日,8 月 15 日,9 月 15 日,10 月 15 日六个水样中四个不同体长组的裸腹溞及其体表累枝虫数进行了分组比较(表 2)。并将六个水样的平均值及其标

* 全国渔业自然资源调查和渔业区划淡水专业组编写,1980 年 5 月。

准误差在图3左侧表示。表2说明,除了8月15日的水样之外,不同体长组裸腹溞体表累枝虫个数均有明显差异。多重比较的结果则说明在多数水样中A、B、C三个体长组的累枝虫个数之间差异不显著。有时体长最小的A组体表平均附有的累枝虫数甚至多于B组或C组(表2)。

表1 卫津河多刺裸腹溞的体长分布和累枝虫密度

Tab.1 The size distribution of *M. macrocopia* and the density of *E. daphniae* in Weijin River.

| 采样日期 Sampling Date | 水温 Water Temperature (°C) | 溞累枝虫密度 Density of <i>E. daphniae</i> | | 多刺裸腹溞体长分布百分比(%) Size distribution of <i>M. macrocopia</i> | | | |
|-----------------------|------------------------------|---|--------------------|--|------------------|------------------|----------------|
| | | 10^3 Cells/L | $\bar{X} \pm S.E.$ | Size distribution of <i>M. macrocopia</i> | | | |
| | | | | A (< 0.6mm) | B (0.6—0.8mm) | C (0.8—1.0mm) | D (> 1.0mm) |
| 4月30日 | 15.5 | 0.01 | 3.17 ± 1.10 | 63.33 | 10.00 | 0 | 26.67 |
| 5月15日 | 22 | 42.29 | 32.63 ± 7.08 | 18.33 | 41.67 | 8.33 | 31.67 |
| 5月30日 | 27 | 0.68 | 36.55 ± 5.72 | 16.67 | 38.33 | 20.00 | 23.33 |
| 6月15日 | 26 | 28.29 | 24.47 ± 3.44 | 3.33 | 13.33 | 33.33 | 50.00 |
| 6月30日 | 28 | 1.89 | 14.17 ± 1.31 | 11.67 | 56.67 | 18.33 | 10.00 |
| 7月15日 | 28 | 5.10 | 85.38 ± 12.01 | 6.67 | 11.67 | 16.67 | 65.00 |
| 7月30日 | 30 | 6.20 | 83.15 ± 11.12 | 20.00 | 40.00 | 13.33 | 26.67 |
| 8月15日 | 25 | 1.02 | 6.17 ± 1.43 | 13.33 | 36.67 | 28.33 | 21.67 |
| 8月30日 | 26 | 3.80 | 18.70 ± 2.92 | 10.00 | 31.67 | 38.33 | 20.00 |
| 9月15日 | 24 | 0.31 | 20.00 ± 5.25 | 40.00 | 30.00 | 8.33 | 21.67 |
| 9月30日 | 19 | 1.28 | 26.47 ± 5.61 | 11.67 | 21.67 | 13.33 | 53.33 |
| 10月15日 | 16 | 7.35 | 9.92 ± 1.86 | 6.67 | 41.67 | 23.33 | 28.33 |
| 10月30日 | 13 | 3.88 | 47.98 ± 6.33 | 0 | 10.00 | 55.00 | 35.00 |

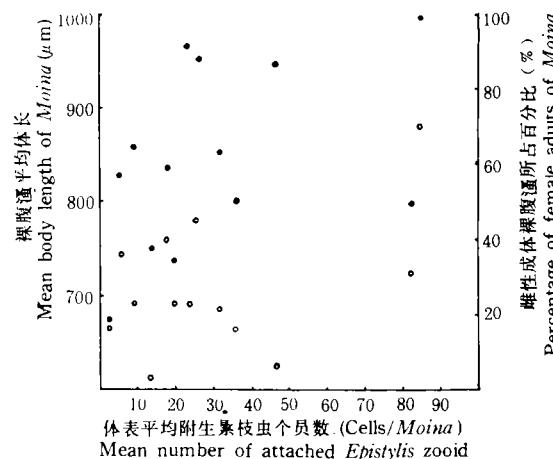


图1 多刺裸腹溞13次采样中种群组成与体表附生的累枝虫个数的关系。

Fig.1 The relationship between population composition of *M. macrocopia* and number of epizoic *Epistylis* zooid in 13 collections.

裸腹溞平均体长 mean body length; • 怀卵个体百分比 percentage of gravid females

表 2 不同体长组多刺裸腹溞体表累枝虫个员数比较

Tab.2 Comparison of number of *Epistylis* zooid on *Moina* of different body length groups

| 日期 Date | 项 目 Item | 体长组 Body length group | | | | H [*] | P |
|------------|---|-----------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|---------|
| | | A | B | C | D | | |
| 5月15日 | 观察个数(n) No. of <i>Moina</i> | 15 | 25 | 15 | 19 | | |
| | 累枝虫个员数 No. of <i>Epistylis</i> ($\bar{X} \pm S.D.$) | 14.47 ± 10.51 | 11.52 ± 11.89 | 13.07 ± 12.45 | 76.47 ± 81.08 | 12.16 | < 0.01 |
| | 多重比较结果** Tukey's test | ab | a | ab | b | | |
| 6月15日 | n | 10 | 15 | 22 | 30 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 10.00 ± 9.80 | 8.00 ± 6.38 | 18.59 ± 16.85 | 33.60 ± 32.05 | 18.51 | < 0.005 |
| | Tukey's test | a | a | ab | b | | |
| 7月15日 | n | 15 | 15 | 15 | 39 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 11.40 ± 14.44 | 31.33 ± 20.61 | 37.07 ± 27.31 | 115.26 ± 103.02 | 27.66 | < 0.005 |
| | Tukey's test | a | ab | ab | b | | |
| 8月15日 | n | 15 | 22 | 18 | 15 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 2.20 ± 3.55 | 5.23 ± 5.57 | 5.72 ± 8.32 | 10.67 ± 19.01 | 5.87 | > 0.05 |
| | Tukey's test | a | a | a | a | | |
| 9月15日 | n | 24 | 18 | 15 | 15 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 6.75 ± 7.12 | 7.61 ± 7.03 | 21.67 ± 31.98 | 61.87 ± 69.59 | 18.51 | < 0.005 |
| | Tukey's test | a | a | ab | b | | |
| 10月15日 | n | 15 | 25 | 15 | 17 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 2.47 ± 3.36 | 4.48 ± 4.39 | 8.00 ± 7.01 | 20.65 ± 22.70 | 15.42 | < 0.005 |
| | Tukey's test | a | ab | b | b | | |

* H 值为非参数统计的 Kruskal-Wallis 检验法的统计量。

** Tukey's test 的多重比较的结果用字母表示, 字母相同的体长组的体表累枝虫数的差异在统计学上不显著。

2.3 不同怀卵阶段裸腹溞体表累枝虫的数量

四个不同怀卵阶段裸腹溞体表的累枝虫数随着胚胎发育的推移而增多(图 3 右侧表 3)。Kruskal-Wallis 检验法的结果表明, 在四个组别的成体体表附生的累枝虫数的差异总是显著的。即使在四个不同体长组无显著差异的水样(8月15日)中, 不同怀卵阶段的雌性裸腹溞所附着的累枝虫数的差异仍然非常显著($p < 0.005$)

2.4 雄性及怀冬卵的雌性裸腹溞体表累枝虫的数量

在 10 月 30 日的水样中, 有大量雄性和雌性怀冬卵多刺裸腹溞个体。同时也含有一定量的怀夏卵的成体和幼龄个体。这些处于不同生活史阶段个体的平均体长、体表累枝虫的数量及它们之间的比较见表 4。怀冬卵的雌性裸腹溞体表平均附生的累枝虫数最

多,而雄性个体最少。

表3 不同怀卵阶段多刺裸腹溞体表累枝虫个员数比较

Tab.3 Comparison of number of *Epistylis* zooid on *Moina* at different gravid stages.

| 日期 Date | 项 目 Item | 怀卵阶段 Embryonic stage | | | | H | P |
|------------|---|----------------------|---------------|-----------------|----------------|-------|-----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 5月15日 | 观察个数 No. of <i>Moina</i> (n) | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| | 累枝虫个员数 No. of <i>Epistylis</i> cells $\bar{X} \pm S.D.$ | 11.90 ± 11.46 | 31.10 ± 34.59 | 73.20 ± 72.89 | 160.80 ± 78.26 | 22.75 | <0.005 |
| | Tukey式多重比较结果 Tukey's test | a | ab | bc | c | | |
| 6月15日 | n | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 3.90 ± 2.56 | 29.10 ± 29.58 | 48.20 ± 30.63 | 53.70 ± 26.26 | 24.23 | <0.005 |
| | Tukey's test | a | b | bc | c | | |
| 7月15日 | n | 11 | 14 | 13 | 11 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 18.18 ± 15.19 | 52.64 ± 57.79 | 148.92 ± 103.02 | 186.73 ± 88.82 | 28.37 | <0.005 |
| | Tukey's test | a | ab | bc | c | | |
| 8月15日 | n | 13 | 10 | 10 | 8 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 1.76 ± 1.42 | 7.10 ± 5.93 | 17.10 ± 22.01 | 32.38 ± 26.16 | 22.32 | <0.005 |
| | Tukey's test | a | ab | b | b | | |
| 9月15日 | n | 11 | 5 | 10 | 10 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 7.00 ± 10.26 | 13.40 ± 13.28 | 81.90 ± 69.88 | 97.50 ± 62.92 | 22.58 | <0.005 |
| | Tukey's test | a | ab | bc | c | | |
| 10月15日 | n | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| | $\bar{X} \pm S.D.$ | 2.70 ± 3.23 | 13.40 ± 6.20 | 19.90 ± 9.27 | 65.60 ± 28.41 | 10.26 | p < 0.025 |
| | Tukey's test | a | ab | bc | c | | |

表4 10月30日水样中雌、雄成体及幼体多刺裸腹溞体表累枝虫数量比较

Tab.4 Comparison of number of *Epistylis* zooid on female, male and juvenile *Moina*.

| 项 目 Item | 幼体 Juveniles | 雄性成体 Males | 雌性成体 Females | | 方差分析 ANOVA* |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 观察数目 No. of <i>Moina</i> | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| 体长(μm) Body length | 830.87 ± 37.48 | 794.44 ± 60.56 | 1090.27 ± 69.12 | 1032.21 ± 48.01 | |
| 附生累枝虫个员数 No. of <i>Epistylis</i> cells | 31.20 ± 22.71 | 28.80 ± 29.91 | 51.87 ± 50.24 | 76.60 ± 70.88 | |
| 经平方根变换后数据 Square root transformation | 5.29 ± 1.87 | 4.75 ± 2.57 | 6.33 ± 3.59 | 8.00 ± 3.68 | 3.36 <0.05 |
| 多重比较 Tukey multiple comparison | ab | a | ab | b | |

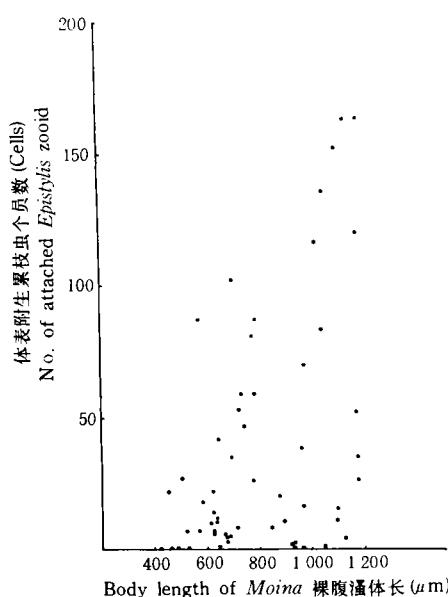


图 2 5月30日采样中裸腹溞体长与外附生累枝虫个员数的关系。

Fig.2 The relationship between body length of *Moina* and number of attached *Epistylis* zooid in the sample of May 30.

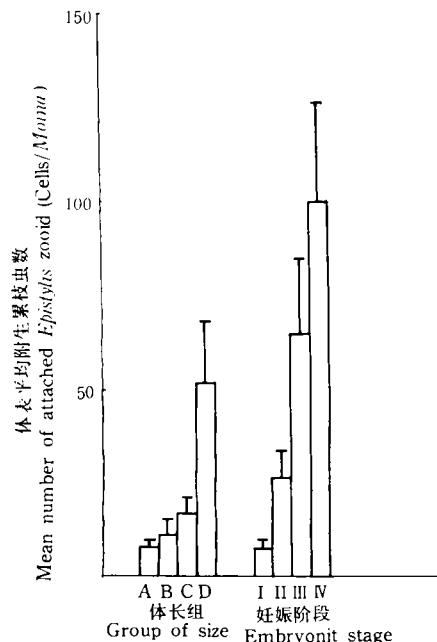


图 3 不同体长组和不同怀卵阶段的裸腹溞体表平均附生的累枝虫数量的比较(垂直线表示的是标准误差)

Fig.3 Comparison of the number of *Epistylis* zooid attached on *Moina* of different sizes and different embryonic stages. (Vertical bars indicate the standard error)

3 讨论

缘毛类纤毛虫种群的季节变动极大^[13, 14]。我们的工作表明在不同的采样中,裸腹溞的外附生溞累枝虫的平均数量与裸腹溞的平均体长(代表可供附着的表面积)并无相关关系,与雌体所占百分比也无相关关系。这是因为缘毛类数量的多少主要受水体中可供食用的细菌密度^[15]和其他水质因素的制约。但是在同一水样中这些外界因素一致,因此对同一水样中不同生活阶段裸腹溞外附生累枝虫数量的研究有利于搞清缘毛类在浮游甲壳动物体表附着的规律。

同一水样中不同体长组的裸腹溞(代表着不同龄期和不同的可供附着的面积)体表附生的累枝虫个员数量存在着明显的差异。但是多重比较表明小于1mm的3个体长组(A、B、C)之间差异不显著,以雌性成体占绝对优势的D组却总是与另三组中的一组或二组有显著差异。据黄祥飞研究,近亲裸腹溞(*M. affinis*)每一成龄的发育时间长于幼龄,而不同的幼龄期发育时间则比较接近。每一龄期都要蜕一次皮。蜕皮时,外附生的累枝虫会随之离开溞体。龄期越长,两次蜕皮的间隔时间就长,溞累枝虫游泳体附着到溞体上的机会就越多,附着后分裂的次数越多,累枝虫个员数就越多。由此看来,决定裸腹溞体表外附生生物数量的最主要因素是龄期的长短。A、B、C三组之间无显著差异,说明可供附着的表面积并不象Kankaala等推测的那么重要。

枝角类在孤雌生殖期间, 雌性成体每次蜕皮后立即向孵育囊中排卵, 胚胎迅速发育直至幼溞离开母体, 母体又随即蜕皮。因此胚胎发育的阶段标志着母体离上次蜕皮时间的长短^[16]。我们的研究表明处于四个怀卵阶段的裸腹溞体表累枝虫数呈现出递增的规律, 进一步说明了离上一次蜕皮时间长短是决定体表溞累枝虫数多少的决定因素。

以前对于枝角类生活史各阶段长短的研究多见于实验室^[17]。对外附生纤毛虫数量的研究为枝角类野外生态研究提供了一个新的手段。不过在这方面还有许多基本规律需要加以研究, 本研究中关于同一水样中雌体、雄体、幼体裸腹溞体表累枝虫数量多少的比较为枝角类的野外生态提供了一些数据。

参 考 文 献

- [1] 徐振康。天津地区淡水和半咸水的缘毛类纤毛虫。动物学杂志, 1988, **23**: 5—10.
- [2] 龚循矩。武汉几种外附生纤毛虫新种的记述。水生生物学报, 1986, **10**: 144—156.
- [3] Kudo R R. Protozoology. 5th ed. Springfield, Illinois: Charles C Thomas, 1966.
- [4] Turner J T, Postek M T, Collard S B. Infestation of the estuarine copepod *Acartia tonsa* with the ciliate *Epistylis*. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 1979, **98**: 136—138.
- [5] Laird M. Parasites of Singapore mosquitoes with particular reference to the significance of larval epibionts as an index of habitat pollution. *Ecology*, 1959, **40**: 207—241.
- [6] Henebry M S, Ridgeway B T. Epizoic ciliated protozoa of planktonic copepods and cladocerans and their possible use as indicators of organic pollution. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 1979, **98**: 495—508.
- [7] Baldock B M. Peritrich ciliates epizoic on larvae of *Brachycentrus subnubilus* (Trichoptera). Importance in relation to the total protozoan population in streams. *Hydrobiologia*, 1986, **132**: 125—131.
- [8] Kankaala P, Eloranta P. Epizoic ciliates (*Vorticella* sp.) compete for food with their host *Daphnia longispina* in a small polyhumic lake. *Oecologia*, (Berlin), 1987, **73**: 203—206.
- [9] Xu Z, Burns C W. Effects of the epizoic ciliate, *Epistylis daphnae*, on growth, reproduction and mortality of *Boeckella triarticula* (Thomson) (Copepoda: Calanoida). *Hydrobiologia*, 1991, **209**: 183—190.
- [10] 黄祥飞。温度对近亲裸腹溞发育、生长和卵的生产量的影响。水生生物学集刊, 1983, **8**: 106—112.
- [11] Zar J H. Biostatistical Analysis. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1984: 718.
- [12] Xu Z. The abundance of epizoic ciliate *Epistylis daphnae* related to their host *Moina macrocopa* in an urban stream. *J. Invertebrate Patho.*, 1992, **60**: 197—200.
- [13] 沈韫芬。武汉东湖周丛原生动物生态。水生生物学集刊, 1980, **7**: 19—39.
- [14] Kussoka Y, Watanabe Y. Growth and survival of peritrich ciliates in an urban stream. *Oecologia*, 1987, **73**: 16—20.
- [15] Taylor W D. A comparative study of the sessile, filter-feeding ciliates of several small streams. *Hydrobiologia*, 1983, **98**: 125—133.
- [16] 蒋燮治、堵南山。中国动物志 节肢动物门 甲壳纲 淡水枝角类。北京:科学出版社, 1979.
- [17] Murugan N. Egg production, development and growth in *Moina micrura* Kurz (Cladocera: Moinidae) *Freshwater Biol.*, 1983, **98**: 125—133.

VARIATIONS IN THE DENSITY OF *EPISTYLIS DAPHNIAE* ATTACHED ON *MOINA MACROCOPA* AT DIFFERENT STAGES OF THEIR LIFE CYCLE

Xu Zhenkang and Zhang Daoyuan *

(Department of Biology, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract

Variations in the density of the epizoic ciliate, *Epistylis daphniae*, on *Moina macrocopia* from a polluted stream were studied in 1990 in relation to the stage of life cycle of the host. In all 13 samples, the numerical abundance of *E. daphniae* was not significantly correlated with average body length of the hosts or the percentage of gravid hosts. Analysis of data from single samples showed that, in most cases, differences in the number of epizoites were highly significant among the four size groups of *Moina*, but were not significant among the three small groups (mainly composed of juveniles). The number of epizoites on gravid *Moina* with embryos of later stages was significantly higher than that on *Moina* with embryos of earlier stages. It was concluded that the abundance of *Epistylis* attached on *Moina* was not determined by the surface area of the host, but was by the duration of the interval between two successive ecdyses in the host. The epizoic ciliates on females with resting eggs and males of *Moina* were also studied.

Key words *Epistylis daphniae*, *Moina macrocopia*, Epizoic ciliate, Body length, Gravid stage, Life cycle.

* Present address: Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan.