

光照对蒙古裸腹溞摄食强度的影响

赵 文, 郭 莉, 徐宪仲, 何志辉

(大连水产学院 生命科学与技术学院, 大连 116023)

摘要: 利用细胞计数法对不同光照强度、光谱成分、光周期对蒙古裸腹溞摄食强度的影响进行了研究。结果表明: 光强在 7000 lx 时蒙古裸腹溞对小球藻的摄食强度最高, 成溞的滤水率和摄食率分别为  $0.528 \pm 0.009$  ml/(ind · h) 和  $1.113 \pm 0.015$   $\mu$ gC/(ind · h), 幼溞的滤水率分别为  $0.495 \pm 0.014$  ml/(ind · h) 和  $1.051 \pm 0.008$   $\mu$ gC/(ind · h)。在蓝光下蒙古裸腹溞对小球藻的摄食强度明显高于绿光组。光周期 L : D 为 12 : 12 时蒙古裸腹溞对小球藻的摄食强度最高, 成溞和幼溞的滤水率分别为  $0.461$  和  $0.355$  ml/(ind · h), 摄食率分别为  $1.242$  和  $1.005$   $\mu$ gC/(ind · h), 而在 L : D 为 0 : 24 时摄食强度最差, 成溞和幼溞的滤水率分别为  $0.070$  和  $0.050$  ml/(ind · h)。在自然光照下, 蒙古裸腹溞对小球藻的摄食强度在 7 : 00~11:00 和 15:00~19:00 最高。

关键词: 蒙古裸腹溞; 光照强度; 光谱组成; 光照周期; 摄食强度

The effect of light on ingestion capacity of *Moina mongolica* Daday (Cladocera: Moinidae)

ZHAO Wen, GUO Li, XU Xian-Zhong, HE Zhi-Hui (College of Life Science and Biotechnology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(2): 210~214.

**Abstract:** *Moina mongolica* Daday, which appears to be the only halophilic species of *Moina* in the old world, distributes from north Africa, across the Middle East and the Central Russia, Aral Sea, Spain. It is a new record of Cladocera in China. Dalian Fisheries University has initiated a saline water research program including its autecology, reproductive biology, feeding ecology and perspective as live food for marine fish larviculture. However, the effect of light on the ingestion capacity is not reported.

A direct counting method was used to estimate the ingestion capacity of *Moina mongolica* Daday at different light intensity (8500 lx, 7000 lx, 5000 lx, 2000lx and 500 lx), photoperiods (L : D 0 : 24, 6 : 18, 12 : 12, 18 : 6 and 24 : 0), spectra (blue light and green light) and common light intensity in laboratory. The experimental animals collected from Lake Xiaochi in Yuncheng city, Shanxi Province in China, in 1982, were cultured in marine water at laboratory for 22 years, during which they were fed by *Chlorella* sp.. The experiment was carried out in illumination culture chambers (HPG-400). Water temperature is  $25 \pm 1$  C. The salinity is about 32. pH value is 8.2. The results showed that, the ingestion capacity of *M. mongolica* at light intensity 7000 lx was highest. The clearance rates of adult and young animal were  $0.528 \pm 0.009$  and  $0.495 \pm 0.014$  ml/(ind · h), respectively; and grazing rates were  $1.113 \pm 0.015$  and  $1.051 \pm 0.008$   $\mu$ gC/(ind · h), respectively. At the blue light, the clearance rates and the grazing rates of *M. mongolica* is better than those at the green group. The ingestion capacity of adult *M. mongolica* fed on *Chlorella* sp. was the best in L : D = 12 : 12 group. The clearance rates of adult and young animal were  $0.461$  and  $0.355$  ml/(ind · h), and grazing rates were  $1.242$  and  $1.005$   $\mu$ gC/(ind · h). The worst ingestion

基金项目: 辽宁省自然科学基金资助项目(20022100); 大连水产学院博士启动基金资助项目(2000); 辽宁省教育厅攻关计划资助项目(202133209)

收稿日期: 2003-10-06; 修订日期: 2004-03-12

作者简介: 赵文(1963~), 男, 吉林农安人, 博士, 教授, 从事水生生物学、水产养殖学教学与科研工作。E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn

**Foundation item:** Liaoning Natural Science Foundation (No. 20022100); Doctoral Startup Foundation of Dalian Fisheries University (No. 2000); Tackle Key Problem Programs of The Educational Department of Liaoning Province (No. 202133209)

**Received date:** 2003-10-06; **Accepted date:** 2004-03-12

**Biography:** ZHAO Wen, D., Professor, mainly engaged in hydrobiologia and aquaculture.

capacity was observed in L : D=0 : 24 group. The clearance rates of adult and young *M. mongolica* were 0.070 and 0.050 ml/(ind · h), respectively. Under common light intensity in laboratory, the ingestion capacity of *M. mongolica* fed on *Chlorella* sp. was highest in 7:00~11:00 and 15:00~19:00.

**Key words:** *Moina mongolica* Daday; light intensity; light spectrum; photoperiod; ingestion capacity

文章编号:1000-0933(2005)02-0210-05 中图分类号:Q142,Q958.112<sup>+</sup>3,S963.14 文献标识码:A

蒙古裸腹溞(*Moina mongolica* Daday)分布于北非、中东、前苏联中部、蒙古人民共和国以及西班牙<sup>[1]</sup>,在我国晋南、银川、内蒙古、新疆艾比湖等地的内陆盐水也有分布<sup>[1,2]</sup>。该种枝角类是大连水产学院首次在国内报道并成功在海水中驯化,具有适应力强、繁殖快、营养价值高等优点,是一种极有潜力的海水鱼虾类适口活饵料培养对象和新型海洋环境保护监测动物<sup>[3]</sup>。关于蒙古裸腹溞的生物学、生态学、营养成分及大规模培养等方面已进行了较系统的试验研究<sup>[3]</sup>。近年光照条件对水生动物生命过程的影响已引起广泛注意<sup>[4,5]</sup>,鉴于裸腹溞具有视觉器官,且已报道该溞具有周期性摄食行为,推测光照强度、光周期、光质对它的生活行为会产生影响。但关于光照对蒙古裸腹溞的生命过程的影响以及蒙古裸腹溞大量培养的适宜光照条件,目前尚未系统研究。为此,研究了光照对蒙古裸腹溞摄食强度的影响,旨在为该溞的生物学研究和优质高产培养提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验用溞

试验所用的蒙古裸腹溞于1982年采自晋南硝池,驯养于海水后在实验室内以小球藻(*Chlorella* sp.)作食物,所用的成溞和幼溞均为同一雌溞所产的同步培养溞。在试验中所用的成溞在试验时间内尚未产幼。

### 1.2 实验条件

试验用海水取自大连黑石礁海区,经沉淀和砂滤处理后再用300目的筛绢网过滤和煮沸消毒,并用消毒过的淡水将盐度调至31.8~32(海水煮沸消毒会使盐度升高),pH为8.2。

试验所用的容器为250ml的烧杯。试验在光照培养箱(HPG-400)中进行,温度设置为25±1℃。细胞计数时采用0.1ml的浮游植物计数框和Olympus显微镜。用照度计(2DS-10W-2D)测量光照强度。

### 1.3 试验设计

(1)光周期试验 光周期共设5个光:暗(L:D)组合,即L:D分别为0:24,6:18,12:12,18:6,24:0。每个组合均设1个对照组和2个处理组,对照组用3个烧杯只放小球藻液200ml,处理组Ⅰ中3个烧杯放小球藻液200ml和10个性成熟的蒙古裸腹溞;处理组Ⅱ中3个烧杯放小球藻200ml和10个幼溞。然后在光照培养箱中培养24h,从每个烧杯中吸取10ml藻液于小瓶中,用5%福尔马林固定。

小球藻液制备方法是先将室内纯培养的小球藻液用视野法计数,在用上述海水配成试验需要的小球藻液。初始时小球藻液的密度为2.29×10<sup>6</sup>/ml。

(2)光照强度试验 光照强度共设5个梯度,分别为8500、7000、5000、2000、500 lx。对照组的烧杯设置和放溞情况与上一试验相同。试验从8:50开始共进行12h,每4h从烧杯中吸取10ml藻液,加5%福尔马林固定。初始时,藻液密度为1.57×10<sup>6</sup>个/ml。

(3)光质试验 光质共设2组,分别为蓝光和绿光。烧杯设置和放溞情况与上一试验相同。用纸箱做2个三面不透光,只有一面透光的容器,将放溞和藻液的烧杯放入光照培养箱中,光照强度控制在890 lx,能透光的面分别盖上蓝色和绿色玻璃滤光片。试验共进行12h,每4h从烧杯中吸取10ml藻液,加5%福尔马林固定。初始藻液中小球藻密度为1.77×10<sup>6</sup>/ml。

(4)正常光照下蒙古裸腹溞的摄食节律试验 配置小球藻溶液使其小球藻密度达1.20~1.5×10<sup>6</sup>个/ml。同样设1个对照组2个处理组,每组3个重复,对照组为200ml小球藻液不放溞,处理组为200ml小球藻液分别加入10只幼溞或成溞,在室内自然光照下培养24h,每4h从烧杯中吸取10ml藻液,加5%福尔马林固定后定量。试验共做了2次。

据实验期间对光照强度进行了2d的每小时的连续观测,室内6:00~18:00光强依次为809、1438、1860、2935、3300、2220、1914、1883、1572、889、456 lx和172 lx。

### 1.4 溞的摄食强度的计算

溞的滤水率计算: 
$$F = 1/t \times V/N \times \ln C_{ic}/C_{tf}$$
 式中, $F$ 为滤水率(ml/(ind · h)), $C_{ic}$ 为 $t$ 时对照组中小球藻的密度(cell/ml), $C_{tf}$ 为 $t$ 时试验组中小球藻的密度(cell/ml), $t$ 为试验时间(h), $V$ 为试验水样体积(ml), $N$ 为水样中浮游动物的总数(ind.)。

溞的摄食率计算 
$$G = A \times F \times (C_o + C_{tf})/2$$
 式中, $G$ 为摄食率(μgC/(ind · h)), $F$ 为滤水率(ml/(ind · h)), $C_o$ 为试验开始时水样中小球藻的密度(cell/ml), $A$ 为换算

系数,每个小球藻细胞的含碳量( $\mu\text{gC}/\text{cell}$ ),  $A$  为  $1.48\times 10^{-6}\mu\text{gC}/\text{cell}$ <sup>[6]</sup>。

数据统计分析采用单因素方差分析以及 FISHER 多重比较。

2 结果

2.1 光照强度试验结果

从表 1 可以看出,光照强度在 7000 lx 时无论是成蚤还是幼蚤对小球藻的摄食强度都是最高的。光强低于 7000 lx 往后,摄食率随光照强度降低而下降,500 lx 时摄食率最低。8500 lx 处的蒙古裸腹蚤对小球藻的摄食率低于 5000 lx。完全无光时,其成蚤和幼蚤的摄食率分别为 0.227 和 0.165 $\mu\text{gC}/(\text{ind}\cdot\text{h})$ 。蒙古裸腹蚤的日粮也是在光强 7000 lx 时最高。500 lx 时最低。各处理组的滤水率均是成蚤大于幼蚤( $p<0.01$ )。

表 1 光照强度对蒙古裸腹蚤摄食强度的影响

| Table 1 The effects light intensity on the ingestion capacity of <i>Moina mongolica</i> |                                     |                           |                   |                   |                   |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 项目<br>Item                                                                              | 蚤体大小 Size<br>of <i>M. mongolica</i> | 光照强度 Light intensity (lx) |                   |                   |                   |                   |
|                                                                                         |                                     | 8500                      | 7000              | 5000              | 2000              | 500               |
| $F$ 滤水率 Clearance rate(a)<br>( $\text{ml}/(\text{ind}\cdot\text{h})$ )                  | 成蚤 Adult                            | 0.467 $\pm$ 0.007         | 0.528 $\pm$ 0.009 | 0.494 $\pm$ 0.012 | 0.430 $\pm$ 0.044 | 0.111 $\pm$ 0.028 |
|                                                                                         | 幼蚤 Larva                            | 0.368 $\pm$ 0.090         | 0.495 $\pm$ 0.014 | 0.391 $\pm$ 0.081 | 0.342 $\pm$ 0.086 | 0.039 $\pm$ 0.012 |
| $F$ 滤水率 Clearance rate(b)<br>( $\text{ml}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ )                   | 成蚤 Adult                            | 3.628 $\pm$ 0.050         | 4.095 $\pm$ 0.067 | 3.837 $\pm$ 0.091 | 3.341 $\pm$ 0.346 | 0.865 $\pm$ 0.222 |
|                                                                                         | 幼蚤 Larva                            | 22.66 $\pm$ 5.52          | 30.48 $\pm$ 0.87  | 24.01 $\pm$ 5.00  | 21.02 $\pm$ 5.26  | 2.416 $\pm$ 0.745 |
| $G$ 摄食率 Grazing rate(c)<br>( $\mu\text{gC}/(\text{ind}\cdot\text{h})$ )                 | 成蚤 Adult                            | 1.007 $\pm$ 0.026         | 1.113 $\pm$ 0.015 | 1.060 $\pm$ 0.029 | 0.930 $\pm$ 0.056 | 0.258 $\pm$ 0.055 |
|                                                                                         | 幼蚤 Larva                            | 0.803 $\pm$ 0.176         | 1.051 $\pm$ 0.008 | 0.845 $\pm$ 0.141 | 0.744 $\pm$ 0.159 | 0.093 $\pm$ 0.029 |
| $G$ 摄食率 Grazing rate (d)<br>( $\mu\text{gC}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ )                 | 成蚤 Adult                            | 7.813 $\pm$ 0.235         | 8.645 $\pm$ 0.133 | 8.229 $\pm$ 0.259 | 7.217 $\pm$ 0.498 | 1.997 $\pm$ 0.491 |
|                                                                                         | 幼蚤 Larva                            | 48.74 $\pm$ 10.03         | 64.68 $\pm$ 0.48  | 51.97 $\pm$ 8.70  | 45.79 $\pm$ 9.78  | 5.706 $\pm$ 1.746 |
| 日粮 Ration (%)                                                                           | 成蚤 Adult                            | 228.0 $\pm$ 5.9           | 252.4 $\pm$ 3.4   | 240.2 $\pm$ 6.6   | 210.7 $\pm$ 12.6  | 58.3 $\pm$ 12.4   |
|                                                                                         | 幼蚤 Larva                            | 1423 $\pm$ 253            | 1888 $\pm$ 12.2   | 1517 $\pm$ 220    | 1337 $\pm$ 247    | 166.5 $\pm$ 44.2  |

2.2 光质试验结果

从表 2 中可以看出,蓝光和绿光下的滤水率和摄食率明显低于正常光照组( $P<0.01$ )。在蓝光和绿光相比较而言,无论是成蚤还是幼蚤,在蓝光下,蒙古裸腹蚤对小球藻的摄食率和滤水率都比在绿光的影响下要高一些,在成蚤差异不显著,但幼蚤差异明显( $P<0.01$ )。

表 2 光谱成分对蒙古裸腹蚤摄食强度的影响

| Table 2 The effects of light spectrum on the ingestion capacity of <i>Moina mongolica</i> |                                                              |                         |                   |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 蚤体规格<br>Size                                                                              |                                                              | 摄食强度 Ingestion capacity |                   |                   |
|                                                                                           |                                                              | 光谱成分 Light spectrum     |                   |                   |
|                                                                                           |                                                              | 蓝光 Blue light           | 绿光 Green light    | 对照 CK             |
| 成蚤 Adult                                                                                  | 滤水率 Clearance rate( $\text{ml}/(\text{ind}\cdot\text{h})$ )  | 0.221 $\pm$ 0.080       | 0.208 $\pm$ 0.045 | 0.357 $\pm$ 0.007 |
| 幼蚤 Larva                                                                                  |                                                              | 0.199 $\pm$ 0.109       | 0.130 $\pm$ 0.033 | 0.270 $\pm$ 0.030 |
| 成蚤 Adult                                                                                  | 摄食率 Grazing rate( $\mu\text{gC}/(\text{ind}\cdot\text{h})$ ) | 0.559 $\pm$ 0.198       | 0.527 $\pm$ 0.111 | 1.006 $\pm$ 0.012 |
| 幼蚤 Larva                                                                                  |                                                              | 0.503 $\pm$ 0.248       | 0.334 $\pm$ 0.083 | 0.793 $\pm$ 0.082 |

2.3 光周期试验结果

从图 1 中可以看出,在 L:D 为 12:12 时,蒙古裸腹蚤对小球藻的滤水率和摄食率最高,在 L:D 为 18:6 和 24:0 的情

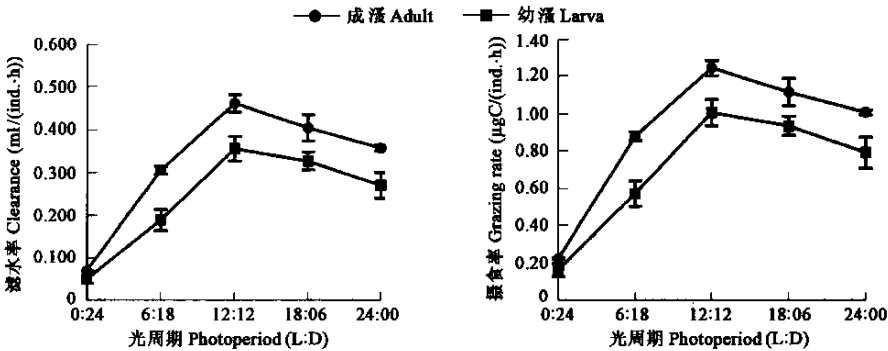


图 1 光周期对蒙古裸腹蚤摄食强度的影响

况下次之,在 L : D 为 6 : 18 时较低,而在无光组即 L : D 为 0 : 24 时最低。

2.4 自然光照下蒙古裸腹蚤 对小球藻的摄食节律试验结果

从图 2 中可以看出从 7:00~11:00 和 15:00~19:00 这一段时间蒙古裸腹蚤对小球藻的滤水率和摄食率最高,而在 11:00~15:00 这段时间内,反而有下降的趋势。

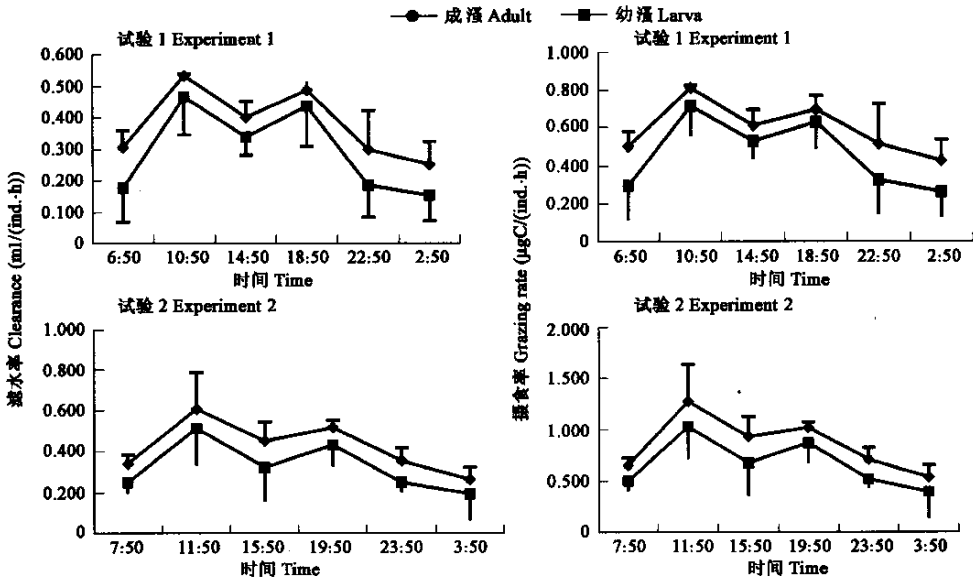


图 2 自然光照下蒙古裸腹蚤的摄食率和滤水率的时间节律性

Fig. 2 The temporal patterns of grazing rate and clearance rate of *Moina mongolica* in the nature light conditions

3 讨论

3.1 光照条件对水生生物摄食的影响

光照条件对水生生物生命过程的直接作用尚未充分了解,迄今还处于资料积累阶段,光对水生动物摄食的影响在鱼类方面已有较多的材料,而光对摄食强度的影响尚未有过系统的研究。对蒙古裸腹蚤的实验观察表明,与鱼类一样,光照强度、光周期和光谱组成(光质)对枝角类的摄食强度都有明显的影响。

鱼类借视觉取食,其摄食活动自然受光照强度的控制,存在最适照度和最低照度(视觉域值)的问题<sup>[4,5]</sup>。裸腹蚤和其他滤食性枝角类,通过胸肢的拨动引进水流并滤取其中食粒,其复眼、单眼等视觉器官不是用于寻觅食物,但在感应光照条件的变化中会调节胸肢的拨动速率,从而控制摄食强度。因而,也存在着摄食的最适光照强度。

本试验中蒙古裸腹蚤无论幼蚤和成蚤,其摄食率和日粮在光照强度 7000 lx 达到最高值,光强降低摄食率下降,从 7000 lx 到 8500 lx 摄食率也下降,显示 5000~7000 lx 是这种蚤最佳的摄食光照强度。

蒙古裸腹蚤栖所的光照条件尚无具体资料。据 Милыко<sup>[7]</sup>和 Юрина<sup>[8]</sup>的实验观察,与蒙古裸腹蚤可生活在同一生境的盐生杜氏藻(*Dunaliella salina*)和绿色杜氏藻(*D. viridis*)的最适照度都是 6000 lx,这与蒙古裸腹蚤相近。可能它们正常生活的盐沼、盐湖之类浅水水域以 5000~7000 lx 的光强占优势。在天然水域中,蒙古裸腹蚤的分布无疑会受到水体光照强度的影响。在所适应的照度下,蒙古裸腹蚤摄食活动最为强盛。

光周期实验得出,蒙古裸腹蚤的摄食率在 L : D = 12 : 12 时最高,达 1.242 µgC/(ind·h),18 : 6 和 24 : 0 时次之,全黑暗时最低。这种情况一方面表明光周期与其栖所生长期最相近的情形下其滤食活动最强,另一方面还说明,偏离其原栖所自然光周期和正常昼夜光照下缩短光照时间会使蒙古裸腹蚤的摄食率降低,这与黄旭雄等对卤虫的摄食研究<sup>[9]</sup>以及林小涛对罗氏沼虾幼体摄食量研究<sup>[10]</sup>的结果一致。但 Chisholm 等<sup>[11]</sup>对夏季全是白昼和冬季全是黑夜的北极产的 4 种枝角类(*Daphnia catarba*; *D. galeata*; *D. rosea* 和 *Holopedium gibbesum*)的研究发现,在夜间的摄食强度高于白天。这表明,生境的光照条件和枝角类对环境的适应对其摄食行为有影响。总之,光照时间过长和过短对蒙古裸腹蚤摄食强度的影响应与蒙古裸腹蚤长期对其原产地水体和实验室的昼夜更替呈现的光周期适应的结果。

光谱成分对鱼类摄食的影响已有一些研究。资料表明,鱼类在其自然环境中占主导的光谱条件下摄食最盛。在枝角类中这方面仅有零星的报道<sup>[13]</sup>。大型蚤(*D. magna*)在红色光均匀照射下活动正常,在蓝光下则不安地乱跳,长时间在蓝光照射下,甚至因过分衰竭而致死<sup>[5]</sup>。在试验中,蒙古裸腹蚤在蓝光下的摄食强度高于绿光,其机理尚难做出解释。

### 3.2 关于浮游动物的摄食节律

浮游动物的摄食节律已有不少的研究资料,一般认为<sup>[5]</sup>,海产桡足类的摄食强度在一天内有两个高峰,即 13:00~14:00 和 1:00~2:00;淡水桡足类的摄食节律则最不明显。在枝角类方面有些作者<sup>[14]</sup>认为淡水枝角类不存在摄食节律,已有摄食节律的研究结果也比较纷乱。Dural 和 Green<sup>[13]</sup>指出在 Dear 湖蚤状溞夏季 4:00 为摄食高峰,18:00 为次高峰;而冬季次高峰则在 8:00 出现;在 Eunfit 湖两种枝角类(*Daphnia rosen* 和 *Holopedium gibbesum*)的摄食高峰在 4:00,次高峰在 18:00。王左等<sup>[15]</sup>的实验观察指出,大型溞在 7:00 和 15:00 各有一个摄食高峰。王岩等<sup>[16]</sup>对蒙古裸腹溞的实验观察得出 0~3:00 和 13:00~16:00 间各有一个摄食高峰,而本试验得出的蒙古裸腹溞摄食高峰分别在 10:50~11:50 和 18:50~19:50 之间(图 2)。从现有材料看来,淡水枝角类不同种类的摄食节律各有其特点,同一种类也因不同产地和生活条件而有变化,但每日存在两个摄食高峰的结论还是一致的。

根据条件反射原理,光主要作为环境信号对动物的行为发生影响,有些作者在改变温度、食物条件等的同时,用光加以刺激,以后单用光也可以使动物产生与改变温度或食物同样的反应。如大型溞对光的刺激能够形成明显的条件反射,经过 24h 饥饿的溞极为趋光,若改在黑暗中喂食,则到了 14~17 代即可获得对黑暗条件的反射,从趋光性改为背光性<sup>[12]</sup>。由此可见,同是产自晋南硝池的蒙古裸腹溞,10 余年来在不同的光照条件和管理方式下生活,其摄食节律与 10 余年前<sup>[16]</sup>发生明显的差异,应该是长时间在实验室生活条件和摄食方式的影响下造成的。

### References:

- [1] He Z H, Qin J G and Wang Y. Occurrence and distribution of *Moina mongolica* Daday in China. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1988, (2): 9~14.
- [2] Zhao W, Jiang H, He Z H. Planktonic crustaceans of inland saline waters in Sanbei District, northern China. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1996, 11(1): 1~13.
- [3] He Z H, QIN J G, Wang H, et al. Biology of *Moina mongolica* (Moinidae, cladocera) and perspective as live food for marine fish larvae: review. *Hydrobiologia*, 2001, 457: 25~37.
- [4] Zhou X Q, Niu C J, Li Q F. Effects of light on the feeding behavior, growth and survival of aquatic animals. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, 24(2): 175~179.
- [5] He Z H. *Freshwater Ecology*. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000. 17, 160.
- [6] Zhao W, Dong S L. Feeding ecology of *Sinocalanus tenellus* (Copepoda: Calanoida) Grazing on phytoplankton in saline-alkaline ponds. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(5): 682~684.
- [7] Милько Е. С. Влияние освещенность и температуры на пигмент тообразование *Dunaliella salina*. Микробиология, 1966, 32: 2.
- [8] Юрина Е. В. . Опыт Кулбтивирования галобионтных водорослей *Asteromonas gracilis* Artari и *Dunaliella salina* Teod. Вет. МГУ сер. 4 (диол. позв), 1996.
- [9] Huang X X, Chen M K. The effect of photoperiod on feeding, Growth and survival of *Artemia* sp. *Fisheries Sciences and Technology Information*, 2000, 27(3): 111~113.
- [10] Lin X T. Influence of photoperiod on food consumption and development of *Macrobrachium rosenbergii* larvae. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1997, 28(1): 13~19.
- [11] Chisholm S W, Stross R G & Nobbs P A. Environment and feeding rate in arctic *Daphnia*. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 1975, 32: 219~226.
- [12] He Z H, Zhao W. *Aquatic Ecology for Aquaculture*. Dalian: Dalian Press, 2001. 77.
- [13] Dural W S & Green G H. Diel, feeding and respiration rhythms in zooplankton. *Limnol. Oceanog*, 1976, 21: 823~829.
- [14] Haney J & Hall D J. Diel vertical migration and filter-feeding activities of *Daphnia*. *Arch. Hydrobiol.*, 1975, 75: 413~441.
- [15] Wang Z, Yang H Y & Zhang J G. The effect of salinity on ingestion capacity of *Daphnia magna*. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1991, 6(2): 13~20.
- [16] Wang Y, Qian H. The preliminary study of ingestion capacity of *Moina mongolica* Daday. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1991, 6(2): 70~76.

### 参考文献:

- [1] 何志辉,秦建光,王岩. 蒙古裸腹溞在我国的发现及其分布. 大连水产学院学报, 1988, 2: 9~14.
- [2] 赵文,姜宏,何志辉. 三北地区内陆盐水的浮游甲壳类. 大连水产学院学报, 1996, 11(1): 9~14.
- [4] 周显青,牛翠娟,李庆芬. 光照对水生生物摄食、生长和存活的影响. 水生生物学报, 2000, 24(2): 175~179.
- [5] 何志辉. 淡水生态学. 北京: 中国农业出版社, 2000. 17, 160.
- [6] 赵文,董双林. 盐碱池塘细巧华哲水蚤对浮游植物的摄食生态研究. 生态学报, 2002, 22(5): 682~687.
- [9] 黄旭雄,陈马康. 光周期对卤虫摄食、生长和存活的影响. 水产科技情报, 2000, 27(3): 111~113.
- [10] 林小涛. 不同光周期条件下罗氏沼虾幼体摄食量及发育的研究. 海洋与湖沼, 1997, (1): 3~19.
- [12] 何志辉,赵文. 养殖水域生态学. 大连: 大连出版社, 2001. 77.
- [15] 王左,杨云增,张建国. 盐度对大型溞摄食的影响. 大连水产学院学报, 1991, 6(2): 13~20.
- [16] 王岩,钱红. 蒙古裸腹溞摄食强度的初步研究. 大连水产学院学报, 1991, 6(2): 70~76.