

黄小娜,杨继富,吴昌兰,等. 3 种枝角类夏卵的生长发育研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(22):187-191.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.051

## 3 种枝角类夏卵的生长发育研究

黄小娜, 杨继富, 吴昌兰, 付东琴

(黔南民族师范学院生物科学与农学院, 贵州都匀 558000)

**摘要:**在室温换水、不添加食物、光照 12 h/d、pH 值为  $6.7 \pm 0.6$  的原滤水培养条件下,对老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞 3 种枝角类夏卵的生长发育进行研究。结果表明,根据显微镜观察到的夏卵生长发育状况,并依据卵的形态特征将枝角类夏卵发育分为 4 个时期,即卵裂期、长胚期、复眼期和个体期;老年低额溞夏卵发育过程所需总时间为 47 h,其 4 个时期的卵长分别为 0.238、0.324、0.375、0.542 mm;方形网纹溞夏卵发育过程所需总时间为 50 h,其 4 个时期的卵长分别为 0.236、0.269、0.365、0.436 mm;微型裸腹溞夏卵发育过程所需总时间为 45 h,其 4 个时期的卵长分别为 0.199、0.407、0.407、0.499 mm。研究发现,不同种枝角类的夏卵发育过程所需时间不同;在枝角类的夏卵发育过程中,其卵长、卵宽和卵面积的增长变化程度不同。

**关键词:**枝角类;夏卵;生长;发育

**中图分类号:** Q17;S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0187-05

老年低额溞 (*Simocephalus vetulus*)、方形网纹溞 (*Ceriodaphnia quadrangula*) 和微型裸腹溞 (*Moina micrura*) 同属节肢动物门 (Arthropoda)、甲壳纲 (Crustacea)、枝角目 (Cladocera)、溞科 (Daphniidae),是淡水水域中常见的枝角类<sup>[1]</sup>,在淡水食物链中具有十分重要的作用。因枝角类具有营养丰富、种类繁多、分布很广、发育期短、生殖量高、繁殖快、适应性强、易培养等特点,故它们是水生经济动物鱼虾类苗种培育的优质饵料<sup>[2-4]</sup>。同时,枝角类生物以滤食性为摄食方式,个体以水中的细菌、藻类、有机碎屑等为食,在自然条件下具有一定的净化水质和控制藻类繁殖的能力<sup>[5]</sup>。但是,不同品种的枝角类生物在生长的过程中,即使是生长环境相同,其生长速度、繁殖能力以及个体大小差别甚大<sup>[2,6-7]</sup>。

近年来,随着特种水产养殖业的迅猛发展,天然枝角类的产量显然已越来越不能满足鱼苗种类培育的需求<sup>[8]</sup>。因此,身体透明的枝角类愈来愈成为显微镜下研究的对象,从早期有关枝角类外部形态描述已经逐渐转向内部结构、发育、生殖及生理方面的研究<sup>[1]</sup>。在外界条件比较适宜的春末夏初时期,枝角类主要进行孤雌生殖<sup>[9-10]</sup>,雌性个体所产的卵子称为孤雌生殖卵,即夏卵。夏卵不需要经过受精就能发育,因此又称非受精卵<sup>[11]</sup>。

本研究在  $25 \pm 1$  °C 条件下换水,在 pH 值为  $6.7 \pm 0.6$  的模拟自然环境淡水条件下,以原采集地的过滤水喂养,置于阳光下培养,对所采集的老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞

3 种枝角类夏卵的生长发育进行研究,为后期进一步深入研究枝角类怀卵情况提供科学理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

1.1.1 采集工具 64  $\mu\text{m}$  浮游生物网,广口瓶,收集瓶。

1.1.2 试验用具 50 mL 小烧杯、培养皿、吸管、载玻片、解剖针、解剖镜、Nikon80i 荧光显微镜等。

1.1.3 培养材料 老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞。

#### 1.2 试验方法

1.2.1 采集方法 根据老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞 3 种枝角类在水域中占据着不同的生态位,不同种溞类具有不同的生活习性<sup>[1,12]</sup>,采用水生生物学的采样方法,使用 64  $\mu\text{m}$  浮游生物网在贵州省黔南州都匀市帝景豪园池塘中分别以水的表层、中层、底层左右和上下来回进行捕捞,重复数次。将采到的浮游生物过滤好倒入广口瓶内,然后装进准备好的采集瓶里,带回试验室处理。

采集时间在春末夏初进行,在这个时间段,外界条件良好,是枝角类繁殖盛季,并且生殖方式主要为孤雌生殖<sup>[6,11]</sup>。对样品种类所在同一区域进行采集,以便为试验提供较稳定的条件。

1.2.2 样品的筛选 从采集到的样品中选取老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞 3 种枝角类作为目标样品,然后在显微镜下仔细辨认、区别种类,挑选目标样品,拍摄图片。选择生长状况良好、怀卵量少的母体作为样品,一部分样品作为试验观察材料,一部分样品置于试验室培养备用。

1.2.3 培养方法 从筛选好的样品中选择生命力旺盛、发育正常且即将怀卵的母体作为试验培养对象。一般情况下,为了保持生理上的一致性和数据上的准确性,同一品种最好选择大小、形状相近的母体。在室温、不添加食物、通风有光 (光照 12 h/d)、pH 值为  $6.7 \pm 0.6$  等相同条件下,将选好的老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞的母体,按每个品种 4

收稿日期:2017-03-29

基金项目:贵州省科学技术基金(编号:黔科合 J 字[2015]2136);贵州省教育厅自然科学基金(编号:黔教合 KY 字[2016]318);黔南民族师范学院高层次人才项目;“大学生创新创业训练计划”项目(编号:201610670047)。

作者简介:黄小娜(1982—),女,河南人,博士,副教授,主要从事水生生物学淡水枝角类研究。Tel:(0854)8737189;E-mail:nxxiaona@163.com。

只,分别放入容量均为 50 mL 的烧杯中,每个烧杯放入 1 只,用原采集地的过滤水样培养。自培养之日起每天换 1 次水,以确保氧气和食物充足。

在试验中,为确保数据的正确性,对 3 种枝角类各设置了 4 个平行试验组,由此得出结果的数据更加具有普遍性及说服力。

1.3 样品的检测

1.3.1 显微观察 每隔 2 h 用吸管吸取蚤类母体置于准备好的载玻片上,然后把带有蚤类母体的载玻片放置于显微镜下观察卵的形态和各时期卵的生长发育情况,并拍照、测量、记录,直至孤雌卵发育成个体出生为止。

1.3.2 显微拍照 用显微镜对老年低额蚤、方形网纹蚤和微型裸腹蚤 3 种枝角类怀卵母体和解剖出来的夏卵在各个时期的生长发育变化进行整体拍照。

母体:在显微镜下操作,分别将置于载玻片上的老年低额蚤、方形网纹蚤和微型裸腹蚤母体周围的水尽可能地吸至蚤类母体活动最慢甚至不动时为止,在保证枝角类母体不会“干”死的情况下,将带有蚤属母体的载玻片置于显微镜下,固定好,打开显微摄像系统进行整体拍照。

解剖卵:在显微镜下操作,分别将不同枝角类在各时期的解剖卵放置于载玻片上,在保持解剖卵周围的水尽可能不会

干的情况下,将带有解剖卵的载玻片置于显微镜下,固定好,打开显微摄像系统进行整体拍照。

1.4 数据处理

由试验记录得出数据,经过处理并运用图上距离与实际距离公式分别计算各时期的卵长和卵宽:

$$a/500 = b/x。$$

式中: $a$  表示图上测量的刻度尺距离, $b$  表示图上测量的卵长或卵宽, $x$  表示需要计算的实际卵长或卵宽。

显微镜下观察解剖卵,可知大多数呈椭圆状,由此根据椭圆的面积公式来计算各时期的卵面积:

$$S = \pi \times x_1 \times x_2；$$

式中: $x_1$  和  $x_2$  分别是椭圆的半短轴、半长轴的长。附上表格和曲线图来表述老年低额蚤、方形网纹蚤和微型裸腹蚤的夏卵发育的形态特征、卵长、卵宽、卵面积和所需时间等规律。

2 结果与分析

2.1 夏卵的发育分期

通过显微镜观察夏卵的生长发育过程,将老年低额蚤、方形网纹蚤和微型裸腹蚤 3 种枝角类的夏卵大致分为卵裂期、长胚期、复眼期、个体期共 4 个时期,每个时期的形态特征和发育所需的时间见表 1。

表 1 3 种枝角类夏卵的发育分期和所需的时间

发育分期		发育所需的时间(h)		
		老年低额蚤	方形网纹蚤	微型裸腹蚤
卵裂期	有卵膜,卵不透明或半透明,呈深颜色的椭圆形或长卵圆形或圆球形	13.0	13.5	12.5
长胚期	有卵黄颗粒,颜色很深,开始出现头部轮廓,形状不规则	12.0	13.0	12.5
复眼期	卵黄颗粒减少,颜色变浅,出现眼点,形成触角雏形,幼体轮廓基本形成	14.0	15.0	13.0
个体期	眼点变黑,劲沟明显,第二触角、食道和腹部完全长成,有尾爪,长成幼虫个体	8.0	8.5	7.0
夏卵发育所需总时间		47.0	50.0	45.0

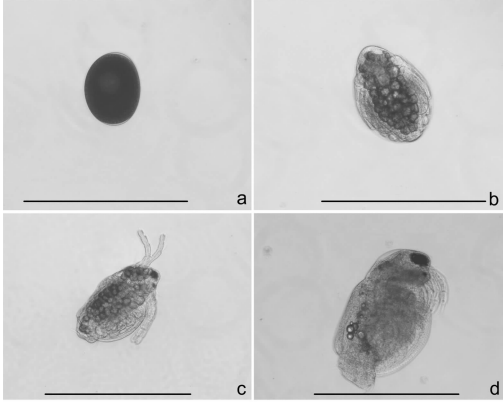
由表 1 可知,夏卵刚从输卵管排出来时,卵膜不明显,卵的外质透明或半透明,卵的内质充满卵黄质,呈深颜色的椭圆形或长卵圆形或圆球形;随着卵裂次数不断增加,卵膜逐渐明显,卵膜开始分开脱落,胚胎不断增大,胚体明显增长。卵黄颗粒不断增多,并向头原基移动,形状不规则,头部轮廓开始出现;胚胎头部开始变尖,出现浅色的眼点,卵黄颗粒逐渐减少,第二触角发育基本完全,胚胎尾部向后突出,眼点逐渐愈合变黑。体内肠管已经基本成型,第二触角和胸肢已长成,劲沟明显,食道和腹部完全长成,有尾爪,有刚毛,能自由活动,长成幼体。

老年低额蚤所需时间近 2 d,方形网纹蚤所需时间约为 2.1 d,微型裸腹蚤所需时间约 1.9 d。由此可见,不同品种枝角类的夏卵发育过程所需时间不同。

2.2 老年低额蚤夏卵的生长发育情况

2.2.1 夏卵发育各时期的形态特征 老年低额蚤夏卵的生长发育过程中,采用显微镜拍照系统,在 10 倍镜下对其解剖卵的 4 个时期进行整体拍照,由图 1 可知,通过显微解剖,可以清晰地看到老年低额蚤夏卵各时期的形态特征。老年低额蚤夏卵的卵裂期,有卵膜,卵不透明,呈黑色长卵圆形(图 1-a);老年低额蚤夏卵的长胚期,有很多卵黄颗粒,颜色很深,形状不规则,开始出现头部轮廓(图 1-b);老年低额蚤夏卵的复眼期,卵黄颗粒减少,颜色变浅,出现眼点,形成触

角,幼体轮廓基本形成(图 1-c);老年低额蚤夏卵的个体期,眼点变黑,劲沟明显,第二触角、食道和腹部完全长成,有尾爪,能活动(图 1-d)。



a—老年低额蚤夏卵的卵裂期; b—老年低额蚤夏卵的长胚期; c—老年低额蚤夏卵的复眼期; d—老年低额蚤夏卵的个体期。标尺为500 μm

图1 老年低额蚤夏卵解剖的显微图(10×)

2.2.2 夏卵的增长变化情况 老年低额蚤夏卵的生长发育过程中,卵长、卵宽和卵面积随着夏卵的生长发育不断增长、变宽。由图 2 可知,老年低额蚤在卵裂期的卵长为 0.238 mm,卵宽为 0.187 mm,卵面积为 0.035 mm<sup>2</sup>;在长胚期

的卵长为 0.324 mm, 卵宽为 0.235 mm, 卵面积为 0.059 mm<sup>2</sup>; 在复眼期的卵长为 0.375 mm, 卵宽为 0.265 mm, 卵面积为 0.078 mm<sup>2</sup>; 在个体期的卵长为 0.542 mm, 卵宽为 0.327 mm, 卵面积为 0.139 mm<sup>2</sup>。

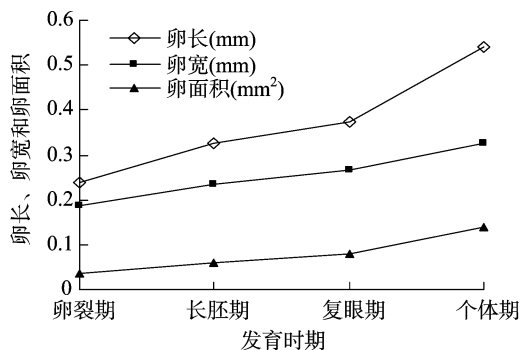


图2 老年低额蚤的卵长、卵宽和卵面积增长状况曲线

2.2.3 夏卵发育各时期所需的时间 老年低额蚤夏卵的生长发育过程中, 需要 13 h 进行卵裂; 随着卵不断增长, 经过 12 h 后头部逐渐形成, 完成长胚期; 伴随头部的变化和其他特征基本形成, 又经过 14 h 完成复眼期; 再发育 8 h 后胚胎成熟, 孵出幼体, 完成个体期 (图 3)。

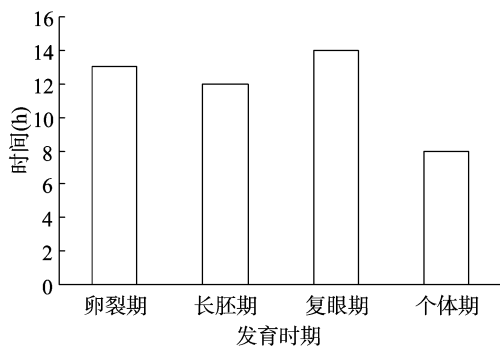
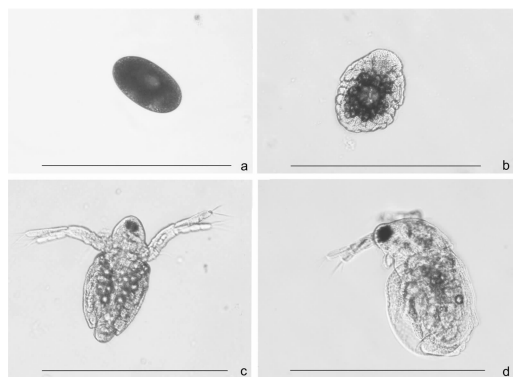


图3 老年低额蚤夏卵发育各时期所需的时间

## 2.3 方形网纹蚤夏卵的发育状况

2.3.1 夏卵发育各时期的形态特征 方形网纹蚤夏卵的生长发育过程中, 采用显微拍照系统, 在 10 倍镜下对其解剖卵的 4 个时期进行整体拍照, 由图 4 所示, 在方形网纹蚤夏卵的卵裂期, 有卵膜, 卵半透明, 呈黑色椭圆形 (图 4-a); 方形网纹蚤夏卵的长胚期, 有很多卵黄颗粒, 颜色很深, 开始出现头部轮廓, 形状不规则 (图 4-b); 方形网纹蚤夏卵的复眼期, 卵黄颗粒减少, 颜色变浅, 出现眼点, 形成触角, 幼体轮廓基本形成 (图 4-c); 方形网纹蚤夏卵的个体期, 眼点变黑, 劲沟明显, 第二触角、食道和腹部完全长成, 有尾爪, 能活动 (图 4-d)。

2.3.2 夏卵的增长变化状况 方形网纹蚤夏卵的生长发育过程中, 卵长、卵宽和卵面积随着夏卵的生长发育不断增长、变宽。由图 5 可知, 方形网纹蚤在卵裂期的卵长为 0.236 mm, 卵宽为 0.128 mm, 卵面积为 0.024 mm<sup>2</sup>; 方形网纹蚤在长胚期的卵长为 0.269 mm, 卵宽为 0.167 mm, 卵面积为 0.035 mm<sup>2</sup>; 方形网纹蚤在复眼期的卵长为 0.365 mm, 卵宽为 0.208 mm, 卵面积为 0.059 mm<sup>2</sup>; 方形网纹蚤在个体期的卵长为 0.436 mm, 卵宽为 0.251 mm, 卵面积为 0.086 mm<sup>2</sup>。



a—方形网纹蚤夏卵的卵裂期; b—方形网纹蚤夏卵的长胚期; c—方形网纹蚤夏卵的复眼期; d—方形网纹蚤夏卵的个体期。标尺为 500 μm

图4 方形网纹蚤的解剖卵的显微图(10×)

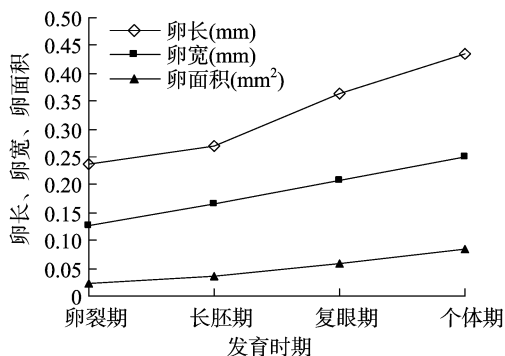


图5 方形网纹蚤的卵长、卵宽和卵面积增长状况曲线

2.3.3 夏卵发育各时期所需的时间 由图 6 可知, 方形网纹蚤夏卵的生长发育过程中, 需要 13.5 h 进行卵裂; 随着卵不断增长, 经过 13.0 h 后头部逐渐形成, 完成长胚期; 伴随头部的变化和其他特征基本形成又经过 15.0 h 完成复眼期; 再发育 8.5 h 后胚胎成熟, 孵出幼体, 完成个体期。

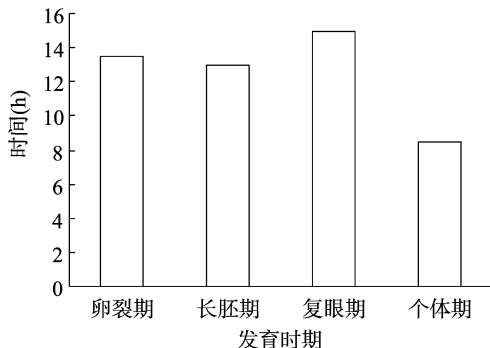
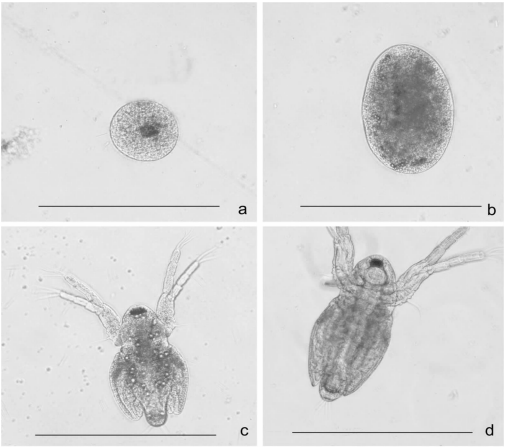


图6 方形网纹蚤夏卵发育各时期所需的时间

## 2.4 微型裸腹蚤夏卵的发育状况

2.4.1 夏卵发育各时期的形态特征 微型裸腹蚤夏卵的生长发育过程中, 采用显微拍照系统, 在 10 倍镜下对其解剖卵的 4 个时期进行整体拍照 (图 7), 由微型裸腹蚤夏卵 4 个时期的特征图可见, 微型裸腹蚤夏卵的卵裂期, 有卵膜, 卵透明, 呈灰绿色圆球状 (图 7-a); 微型裸腹蚤夏卵的长胚期, 有很多卵黄颗粒, 颜色较深, 开始出现头部轮廓, 变成不规则的长椭圆形 (图 7-b); 微型裸腹蚤夏卵的复眼期, 卵黄颗粒减少, 颜色变浅, 出现眼点, 形成触角, 幼体轮廓基本形成 (图 7-c); 微型裸腹蚤夏卵的个体期, 眼点变黑, 劲沟明显,

第二触角、食道和腹部完全长成,有尾爪,能活动(图 7-d)。



a—卵裂期; b—长胚期; c—复眼期; d—个体期。  
标尺为500 μm

图7 微型裸腹蚤的解剖卵的显微图(10×)

2.4.2 夏卵的增长变化情况 微型裸腹蚤夏卵的生长发育过程中,卵长、卵宽和卵面积随着夏卵的生长发育不断增长、变宽。由图 8 可知,微型裸腹蚤在卵裂期的卵长为 0.199 mm,卵宽为 0.191 mm,卵面积为 0.029 mm<sup>2</sup>;在长胚期其卵长为 0.407 mm,卵宽为 0.264 mm,卵面积为 0.084 mm<sup>2</sup>;复眼期的卵长为 0.407 mm,卵宽为 0.239 mm,卵面积为 0.076 mm<sup>2</sup>;个体期的卵长为 0.449 mm,卵宽为 0.239 mm,卵面积为 0.084 mm<sup>2</sup>。

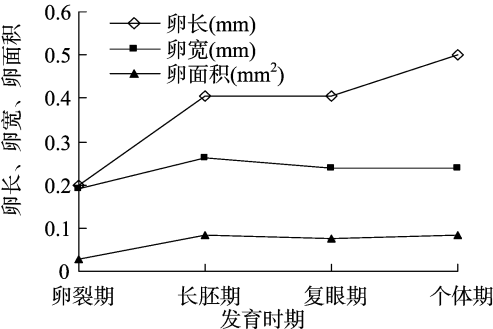


图8 微型裸腹蚤的卵长、卵宽和卵面积增长状况曲线

2.4.3 夏卵发育各时期所需的时间 由图 9 可知,方形网纹蚤夏卵的生长发育过程中,需要 12.5 h 进行卵裂;随着卵不断增长,经过 12.5 h 后头部逐渐形成,完成长胚期;伴随头部

的变化和其他特征基本形成又经过 13.0 h 完成复眼期;再发育 7.0 h 后胚胎成熟,孵出幼体,完成个体期。

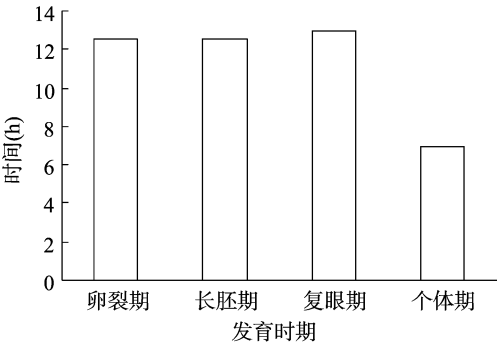


图9 微型裸腹蚤夏卵发育各时期所需时间的统计

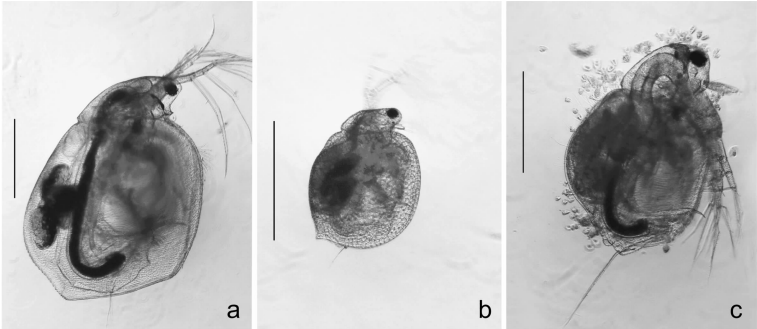
3 讨论

3.1 枝角类怀夏卵母体的形态特征

本研究通过显微拍照系统,在 4 倍显微镜下拍出 3 种枝角类怀夏卵母体的显微照片(图 10),根据蒋燮治等在《中国动物志·淡水枝角类》书中对枝角类雌性形态特征的详细描述<sup>[1]</sup>和本次试验结果,主要比较老年低额蚤、方形网纹蚤和微型裸腹蚤 3 种枝角类母体形态特征的异同。从文献资料对所研究的 3 种枝角类雌性外形特征的描述来分析,除了后腹角相似以外,其他表现出来的外形特征基本不同。通过观察 3 种枝角类雌性的显微照片(图 10),可以清晰地看出不同属蚤体的大小、形态结构具有明显不同的特征,其详细的形态差异见表 2。

3.2 枝角类夏卵胚胎发育的分期

近年来,有关枝角类的胚胎发育方面的文章较多,虽然不同枝角类的胚胎发育类型基本相似,但不同的研究者根据胚胎外部形态特征变化分为不同的时期。对枝角类胚胎发育的分期,各研究者一般是依据卵裂、胚胎延长、头部是否形成、眼点是否出现、眼点颜色变化(由红变黑)、眼点的愈合变大、第二触角的出现以及其他内外部器官等的形成进行分期。如黄祥飞把近亲裸腹蚤、短尾秀体蚤和透明蚤与隆线蚤一亚种的胚胎发育分为 4 个时期<sup>[15-17]</sup>;而施心路等通过对微齿喜马拉雅低额蚤的胚胎发育进行研究,将其分为 8 个时期<sup>[18]</sup>;郑又雄通过对发头裸腹蚤卵和胚胎发育形态进行研究,将胚胎发育的若干小时期分成形态特征明显的 4 个时期<sup>[19]</sup>;Kotov 等对透明蚤卵的发育进行研究,也是分了 4 个时期<sup>[20]</sup>。本研究



a—老年低额蚤母体; b—方形网纹蚤母体; c—微型裸腹蚤母体。标尺为500 μm

图10 3 种枝角类母体显微图(4×)

表 2 3 种溞类母体形态特征的比较

物种特征	老年低额溞	方形网纹溞	微型裸腹溞
体长	1.23 ~ 2.82 mm	0.44 ~ 1.33 mm	0.65 ~ 0.85 mm
体型	宽卵形	椭圆形,较侧扁	宽卵形
体色	暗绿色或黄褐色	无色透明或带浅灰色	无色透明或带浅红色
额顶	浑圆	圆	圆
劲沟	浅	很深	深
吻	小而尖	无吻	无吻
单眼	细长,呈纺锤体或菱形	小,呈圆形或卵圆形	无单眼
第一触角	短棒状	短小	略短与头长一半
第二触角	不长弯曲成勾状,有细刺	外肢 4 节,内肢 3 节	内外肢不超过壳长一半
腹部	短而宽	较窄	短而瘦
后背角	稍许凸出	尖凸	凸出
后腹角	浑圆	浑圆	浑圆
壳瓣	背缘弓起,腹缘微凸	背缘稍微弓起,腹缘较不弧曲	腹缘比背缘更凸出,沿缘前半部列生刚毛
尾部	短而平	短而尖	长而尖
尾爪	细长,稍弯曲	长大	短大
肛刺	8 ~ 10 个	约 9 个	3 ~ 6 个
文献来源	蒋燮治等 <sup>[1]</sup> ;邓道贵等 <sup>[13]</sup>	蒋燮治等 <sup>[1]</sup> ;吉聪聪等 <sup>[14]</sup>	蒋燮治等 <sup>[1]</sup>

通过显微镜观察到老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞 3 种枝角类夏卵的生长发育情况,并依据卵的形态特征分为 4 个时期,即卵裂期、长胚期、复眼期和个体期。

4 结论

在外界条件比较好的春末夏初,是枝角类繁殖盛季并且生殖方式主要为孤雌生殖,雌性个体所产的卵子不需要经过受精就能发育成为孤雌生殖卵,即夏卵<sup>[1]</sup>。

夏卵刚从输卵管排出来时,形状和颜色因种类不同而各异。老年低额溞呈黑色的长卵圆形,卵不透明;方形网纹溞呈黑色的椭圆形,卵半透明;微型裸腹溞呈灰绿色圆球形,卵透明。夏卵排入孵育囊后,快速分裂,除了刚排出来的夏卵形状和透明度不同,这 3 种枝角类夏卵发育过程的形态变化基本相似。因此,在夏卵的发育过程中,以卵的形态特征为依据,将这 3 种枝角类的夏卵大致分成形态特征明显的 4 个时期。

在相同环境条件下培养不同溞类的怀卵母体,可能因其大小、形态结构不同而引起怀卵史的整个发育过程不同。通过研究老年低额溞、方形网纹溞和微型裸腹溞 3 种不同枝角类的夏卵发育,发现不同种枝角类的夏卵发育过程所需时间不同;在枝角类的夏卵发育过程中,其卵长、卵宽和卵面积的增长变化程度不同。

参考文献:

[1] 蒋燮治,堵南山. 中国动物志·淡水枝角类[M]. 北京:科学出版社,1979:125-160.

[2] 王丹丽,李明云,汪海波,等. 温度对老年低额溞和蚤状溞的繁殖能力及内禀增长率( $r_m$ )的影响[J]. 宁波大学学报,1996,9(1): 36-43.

[3] 邓道贵,孟 琼,毛开云,等. 温度和种间竞争对大型溞种群动态和两性生殖的影响[J]. 生态学报,2009,29(12):6351-6358.

[4] 翁显龙,左 迪,李嘉尧,等. 温度及 pH 对隆线溞生长和生殖的影响[J]. 动物学杂志,2011,46(1):1-6.

[5] 操璟璟,廖庆生,蒋继宏,等. 不同温度条件下几种枝角类浮游动

物的抑藻净水效应研究[J]. 生物学杂志,2010,27(1):57-69.

[6] 郑 重. 甲壳动物的生殖量与环境关系 I. 枝角类[J]. 生态学杂志,1990,9(5):36-41.

[7] Nandini S, Sarma S. Population growth of some genera of cladocerans (Cladocera) in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels[J]. Hydrobiologia, 2003, 491(1/2/3):211-219.

[8] 陆正和,杨家新,王 笑. 食物种类及温度对发头裸腹溞种群动态的影响[J]. 淡水渔业,2002,32(3):38-39.

[9] 安 睿,王凤友,于洪贤,等. 三环泡湿地浮游动物功能群季节变化及其影响因子[J]. 生态学报,2017,37(6):1851-1860.

[10] 刘阿静. 枝角类衰老相关蛋白基因和表皮蛋白基因的克隆及表达分析[D]. 上海:华东师范大学,2014:1-24.

[11] 堵南山,赖 伟,邓雪怀. 两种淡水枝角类生殖量的季节变化[J]. 海洋与湖沼,1964,6(4):409-422.

[12] 王 旭. 三种枝角类对温度的适应能力[J]. 四川师范学院学报,2000,21(3):262-266.

[13] 邓道贵,靳 英,柳 明,等. 温度和食物浓度对老年低额溞生长与生殖的影响[J]. 水生生物学报,2006,30(3):298-302.

[14] 吉聪聪,杨 雪,陈宏健,等. 温度与 pH 对方形网纹溞生长及生殖的影响[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2015,35(3): 105-108.

[15] 黄祥飞. 温度对近亲裸腹溞发育生长和卵的生产量的影响[J]. 水生生物学集刊,1983,8(1):105-112.

[16] 黄祥飞. 短尾秀体溞的发育与生长[J]. 水生生物学报,1986, 10(1):52-59.

[17] 黄祥飞. 温度对透明溞和隆线溞一亚种发育及生长的影响[J]. 水生生物学集刊,1984,8(2):207-224.

[18] 施心路,史新柏. 微齿喜马拉雅低额溞的生殖与发育[J]. 动物学报,1996,42(3):287-297.

[19] 郑又雄. 发头裸腹溞卵和胚胎发育形态研究[J]. 动物学杂志, 1993,28(6):5-8.

[20] Kotov A A, Boikova O S. Study of the late embryogenesis of *Daphnia* (Anomopoda, ‘Cladocera’, Branchiopoda) and a comparison of development in Anomopoda and Ctenopoda [J]. Hydrobiologia, 2001, 442(1/2/3):127-143.