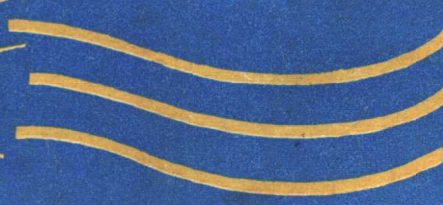
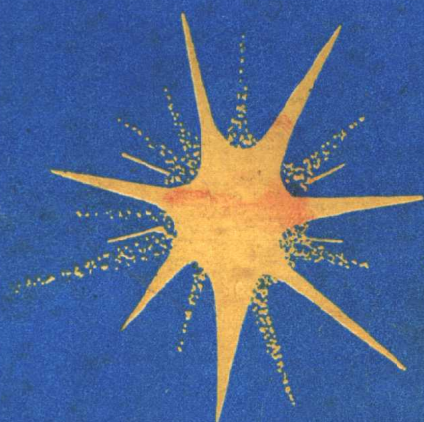


刘卓 王为祥 编译

农业出版社

# 饵料浮游动物培养



# 饵料浮游动物培养

刘 卓 王为祥 编译

农业出版社

12

封面设计 李忠祥

**饵料浮游动物培养**

刘卓 王为祥 编译

\* \* \*

责任编辑 林维芳

农业出版社出版(北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 mm 32开本 8印张 164千字

1990年8月第1版 1990年8月北京第1次印刷

印数 1—355册 定价 4.95元

ISBN 7-109-01290-5/Q·63

## 编译者的话

原著《饵料用浮游动物大量培养》一书，系日本资源保护协会作为“水产增殖丛书”内部刊印发行。内容主要介绍桡足类与枝角类的培养和利用。由“饵料浮游动物大量培养研究联络协议会”编写，执笔者有参加这项研究的安乐正照、岩崎英雄、弘田礼一郎等九名专家和学者。

为适应当前海产经济动物幼体培育工作的需要，补充编译了“轮虫”、“卤虫”两章。轮虫一章包括摘自1982年日本水产学会编印、平野礼次郎主编的《褶皱臂尾轮虫大量培养》一书的部分内容，其他选译自近年刊行的国内外文献、书刊，缀编成章。

我国鱼虾类人工育苗常用的动物性饵料生物为卤虫、轮虫、一些端足类和贝类幼体等。需用量大，常供不应求，且多采自天然水域，人工大量生产技术开发和研究工作不能适应鱼虾类养殖事业发展的需要。有关饵料浮游动物的生物学和大量培养实验研究的系统资料亦不多见，特别是对桡足类和海产枝角类的培养研究资料更少。为此，我们编译本书，介绍部分前人研究成果和生产技术，供在教学、科研和水产动物苗种培养生产中参考。如对我国水产养殖事业的前进有所裨益，实感幸甚。

编译者

1987年8月

## 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 一、褶皱臂尾轮虫.....                | 1   |
| (一) 分类、变异及生活史 .....          | 1   |
| (二) 轮虫大量培养所用饵料及环境 .....      | 21  |
| (三) 轮虫的饵料价值 .....            | 38  |
| (四) 轮虫的培养 .....              | 42  |
| 二、卤虫 .....                   | 56  |
| (一) 卤虫的生物学 .....             | 56  |
| (二) 卤虫的培养与利用 .....           | 74  |
| 三、桡足类、枝角类的适种探索和卵的利用.....     | 101 |
| (一) 桡足类休眠卵的利用 .....          | 102 |
| (二) 枝角类休眠卵的利用 .....          | 119 |
| 四、浮游桡足类和枝角类的培养.....          | 132 |
| (一) 有关大量培养的基础试验 .....        | 132 |
| (二) 用大型容器培养纺锤水蚤 .....        | 160 |
| 五、日本虎斑猛水蚤.....               | 170 |
| (一) 生态 .....                 | 170 |
| (二) 有关培养的基础试验 (1吨以下水槽) ..... | 173 |
| (三) 用反馈法恒常生产虎斑猛水蚤和轮虫 .....   | 187 |
| 六、大型水池混合培养虎斑猛水蚤与轮虫 .....     | 200 |
| (一) 使用40吨水池投喂面包酵母的增殖试验 ..... | 200 |
| (二) 用200吨水池投喂面包酵母的生产 .....   | 208 |
| (三) 生产指南 .....               | 219 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 七、饵料浮游生物利用 .....               | 224 |
| (一) 天然浮游生物利用 .....             | 224 |
| (二) 桡足类、枝角类的饵料效果 .....         | 229 |
| (三) 桡足类、枝角类利用中存在的问题及今后展望 ..... | 249 |

# 一、褶皱臂尾轮虫

## (一) 分类、变异及生活史

在生产上用褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER) 作为海产仔鱼初期饵料以来, 已20余年。在这期间, 轮虫培养技术有很大进展, 但培养方式尚无统一规范, 很难说已建立起完整的大量培养技术体系。近年正在研究的课题是改进培养方法、开发新的有机物饵料。随着研究的进展, 又出现了个体大小变异、对于鱼类的饵料价值等新问题。作为技术进步的科学基础, 首先探讨轮虫生物学方面的有关问题。

1. 分类 轮虫在分类学上的地位, 历史上众说纷云。由于运用了比较生态学、系统发生学的概念, 并明确了同其他动物类群的类缘、相异关系, 现在欧美许多国家, 均作为袋形动物门 (Aschelminthes) 的一个纲来处理。日本铃木实 (1965) 把轮虫纲 (Rotatoria)、线虫纲 (Nematoda) 以及作为化石发现的Ottoida等, 共8纲构成袋形动物门。这些纲通过分化、适应, 形态上的差异很大, 从表面很难看出类缘关系。特别在通常用来表现动物之间系统相同性的卵裂方式上, 存在着差异, 这也说明这样分类的袋形动物门, 不

是一个很统一的类群。但从各器官的构造和发育来考虑时，因该门较扁形动物门分化程度高，较环节动物门分化程度低，如成立一个单独类群，则放在二者之间较为合适。轮虫类的组织结构类似环节动物的担轮幼虫 (trochophore)，这在一定程度上，也可用来证明系统发生学上的分类依据。

轮虫在我国50年代列于担轮动物门(Trochelminthes)、轮虫纲 (Rotatoria) (《无脊椎动物名称》1955)。近年成立轮虫门 (Rotatoria)，以卵巢数目为依据，分为双卵巢纲 (Digononta) 和单卵巢纲 (Monogoononta)。单卵巢纲分为游泳目 (Ploima) 和簇轮虫目 (Flosculariacea)，后者均在淡水中生活，海产轮虫主要隶于游泳目 (郑重，1984)。

铃木 (1965) 就日本分布的轮虫，进行了系统分类。从中就雄虫抽出分类检索，对过去的分类体系加以修正。将褶皱臂尾轮虫列属为轮虫纲、真轮毛虫亚纲 (Eurotatoria)、单生殖巢上目 (Monogononta)、臂尾轮虫目 (Brachionoida)、臂尾轮虫亚目 (Brachionoida)、臂尾轮虫科 (Brachionidae)、臂尾轮虫属 (*Brachionus*)。我国分类为轮虫门、单卵巢纲、游泳目、臂尾轮虫科、臂尾轮虫属。为本种近缘且形态上近似的种有：壶状臂尾轮虫 [*B. urceus* (Linnaeus)]、红臂尾轮虫 (*B. rubens* Ehrenberg) 两种。这两种都具有6根后头棘 (occipital spine, 向被甲前方突出的棘)，且不具后棘 (被甲侧后浑圆，一直到足孔处，看不到突出物)，同褶皱臂尾轮虫近似。对此三者如何识别，应着眼于被甲构造。壶状臂尾轮虫的被甲较坚硬，后头棘变成被甲背部向前隆起的四个棱，成为内侧4棘。而且整体形状



也略异，同褶皱臂尾轮虫放在一起加以比较，较易识别。而红臂尾轮虫和褶皱臂尾轮虫的被甲表面均较光滑，二者形状酷似，甚致有人认为两种是同一种的变种，在分类上尤应注意。臂尾轮虫属的被甲均由背腹两甲构成。对上述两种，可据被甲前部看到的两甲的结合部，加以区别，即褶皱臂尾轮虫的结合部在腹侧、而红臂尾轮虫的结合部在背侧存在，这可以作为分类依据。此外，褶皱臂尾轮虫的被甲软、背腹两甲的区别也不甚明显。

作为种的标征，有14个性状，其中后头棘的数和形状、被甲的形状、腹甲前缘部 (mental margin)、足孔的形状特征，对于种的检索最为重要。

臂尾轮虫1786年由O. F. muller 记载为原生动物的一种，背甲长100—340微米；雄体小，仅为雌体的一半大小，无消化道，其他内部器官均退化。

**2. 轮虫类的形态变异问题** 众所周知，轮虫类是形态变异极大的浮游动物。仅靠形态学鉴定进行研究的时代，常常把同一种的季节变异，当作另一个种。不少报告曾指出本种的形态变异，如：完全没有后侧棘的、伸出长大的棘刺略等于体宽的、棘刺前端内向的、在足孔周缘长出形状复杂的突起的等等。

对于引起轮虫类形态变异的原因，从很早以前就有许多假说。除对于一般浮游生物来说的浮游适应（为抵抗因水温变化引起的水的密度或粘性变化，以调整浮力为目的，通过大型化或小型化，使表面积变化，发生棘刺，用作浮游器官）之外，大部分都主张是由于不同季节，食物的质与量的变化

引起的。除上述因环境因子造成变异说之外，通过实验还证实了是由内在原因决定的，如受精卵孵化后，经过多次孤雌生殖，棘刺逐次变短(如方形龟甲轮虫 *Keratella quadrata*) 等。介于二者之间的是铃木 (1965) 提出可称之为有限内因说的C♀ (Critical female) 说。他根据实验结果提出：不同种出现变异的时期几乎是一定的，在其他季节，对于饲育水及饵料的变化，未表现出变异性。即同生活史中的雌体类型一样，受精卵孵化后产生的干母 (Stem mother, S♀)，其后进行孤雌生殖的繁殖系内，在某一时期，能出现感受性非常强的雌体 (C♀)，它受环境的影响产出形态变异的下一代。这种场合，可以考虑C♀的出现是完全决定于内在周期的。

随着已可能在实验室内进行培育实验，对于轮虫形态变异的机制，开始进行了很多杰出的研究。已了解到在晶囊轮虫属 (*Asplanchna*) 中，同一种中，重复着小囊型 (sacculate)、具四个翼状隆起 (hump) 的十字型 (cruciform)、钟状 (campanulate) 大囊型三种形态的变异。据记载：卜氏晶囊轮虫 (*A. brightwelli*) 的体长：小囊型为 350—650 微米，具翼状隆起的十字型为 450—1000 微米。但 Birky (1964) 通过实验证实：只用原生动物草履虫 (*Paramecium*) 或豆形虫 (*Colpidium*) 为饵料饲育时，其下一代生出的全部为小囊型；用浮游植物空球藻 (*Eudorina*) 饲育时，下一代生出了十字型的。同样现象也见于西氏晶囊轮虫 (*A. sieboldi*)，并已探明 (Gilbert, J.J. 1966) 引诱物质的主要成分是藻类等含有的生育酚 ( $\alpha$ -tocopherol, 维

生素E)。个体最大的变异型——钟状大囊型的场合，如投喂大型饵料，在下一代能得到较大型个体。对这一事实，经探讨认为是为了提高对于大型饵料摄饵效率的一种适应 (Gilbert, 1976)。此外，钟状大囊型和十字型的都是肉食性捕食种，虽也捕食同一种，但据报告，它存在一种具有辨别能力的系统，在同一系统内不捕食 (Gilbert, 1976)。众所周知，一般浮游动物中，个体越小，繁殖率越高。但西氏晶囊轮虫其钟状大囊型较小囊型的寿命长，且产仔虫多，可以说是一个不适用一般的“个体大小—生殖潜能” (size-reproductive potential) 法则的例子。Litton (1976) 对这两种变异型的全蛋白、脱氧核糖核酸 (DNA)、核糖核酸 (RNA)、肝糖分别进行了比较，在单位重量 (干重) 的含量上，都看不出明显差异。

臂尾轮虫中形态变异著名的例子是萼花臂尾轮虫，已如前述，有关后侧棘的消长，有过许多假说。近年正在进行很多同古典假说相对立的实验研究。Gilbert (1967) 据野外湖上的详细观测结果，证实本种后侧棘的消长同水温无关，因而同浮游适应说是完全不相符的。而且根据后侧棘的发达程度同一起采集到的晶囊轮虫属 (捕食性轮虫) 的密度具有明确的关系，以及用有晶囊轮虫存在的湖水，在实验室内饲养萼花臂尾轮虫时，明显地可以促使棘刺发达等，从这几点来看，可以认为晶囊轮虫向水中排出的物质是棘刺发达的诱因。经用各种处理的晶囊轮虫饲养水以及晶囊轮虫的水提取物等饲养萼花臂尾轮虫 (Gilbert, 1966)，了解到这一物质是水溶性的，且可耐受100℃，5—10分钟，但到60—80分钟

即失去活性，不透过透析膜。经高速离心沉淀，其上澄液不具活性，在25℃条件下，用0.01N\*的NaIO<sub>4</sub>处理8小时的或在37℃条件下，用0.01%的核糖核酸处理1小时的，都不会失掉活性；而用0.01%的链霉菌蛋白酶（Pronase）处理2小时（37℃）时，即被破坏。还有报告指出，培养西氏晶囊轮虫（0.070立方毫米）的水，仅培养过30分钟，也能对未分裂卵起作用，具有促进后棘发育的力量；其1/63浓度的水，无活性，而1/15的，表现出较弱的诱导能力。如上所述，由于水体中有捕食者存在，所以其排出物，诱导下一代为免遭捕食而产出有棘刺个体，这一点对于蓴花臂尾轮虫来说，是为维护其种群不被捕食的一种适应。蓴花臂尾轮虫在自然条件下，大量繁殖的季节，对于晶囊轮虫也是最适宜的环境。为此，就晶囊轮虫看到的棘刺的消长，同水温变化趋势之间，在时间上存在一致性。估计过去可能因此才按浮游适应来加以解释。

Robotti (1975) 为避免遗传因素的影响，取一尾蓴花臂尾轮虫，只靠孤雌生殖进行培养，取得了具有同一遗传基因型的种群。就此，考察了后侧棘同体长的比率。结果是其值变小，了解到越是接近无棘的个体，发现于两性生殖第一阶段的混交雌体（mictic female）所占的比例越高。这一事实表明，两性生殖同形态变异可能是受同一要素支配的。

就轮虫类所看到的变异，在分类学上如何处理，似应归根溯源，依“种”的概念来加以讨论。“种”的定义，在动物界没有一个可适用于一般的普遍定义。但最基本的概念是除

\* 0.1N = 0.05mol/L。

了形态差异之外，今天确定一个种，还采用生殖能力、遗传性状以及生态、分布等方面的差异。在这些概念中，最普遍地被人们接受的定义是：“同一种内，具备完全生殖能力的子孙，必须是个体间有性生殖的结果”。换言之，生殖的隔离程度（例如：虽可杂交但子代是不育性的等），在表现生物群的差异程度上，可以认为是一个重要问题。

另一方面，地理的或生态的隔离也能妨碍自由地杂交，即便是同一种，其分布面广的，在地理上隔离为几个种群时，这些种群当然会在生态、生殖上出现分化。因而，近缘种或亚种、变种等，同地理分布之间具有密切关系。从另一方面来讲，分布状态就成了为这样一些生物群赋予分类学地位的重要依据。一般从概念上认为变种、亚种多多少少是具有同一的分布区域的；而称之为“型”（form）时，常常是指没有同一的分布区域，在各处偶发性出现的变异体。在这个意义上，可见诸于晶囊轮虫及蓴花臂尾轮虫。在同一地点的（在同一种群内的）周期变形（cyclomorphosis）等，不拘什么原因，都不是亚种、变种，只应作为变型来处理。这一点通过前述Robotti（1975）所进行的，同一遗传基因的种群也出现形态变异的实验结果，得到了更为清楚的证明。

有关褶皱臂尾轮虫个体大小不同的两种变异，从水产的角度受到了关注。但几乎未曾有过有关在同一水域两型交替出现及同时出现的报告，索性可以认为在地理上两型是隔离的。日野（1972、1973）在滨名湖观察到两型同时期出现，但由于小型和大型分别出现在水团几乎不能混合的松见浦、

庄内湖两个水域，因此二者可以认为是相互不同的种群，根本不是由于周期变形产生的变异。

### 3. 褶皱臂尾轮虫的变异性

1) 变种、亚种和系统 关于轮虫的分类及分布，上世纪末至本世纪初，曾进行过大量研究，这些原著已无从查考。今据 Rylov (1935) 在德国《内陆湖沼学》发表的综述中介绍，1925年 Fadejew 所记载的褶皱臂尾轮虫有后头棘形状和被甲大小不同的三个变种。即被甲小型、略呈球状、幅宽的 *B. plicatilis* var. *rotundiformis* (甲长 126—129 微米、甲宽 112 微米)，大型的 *B. plicatilis* var. *spatiosus* (甲长 326 微米、甲宽 112 微米、后方体宽 320 微米)，后头棘短的 *B. plicatilis* var. *ecormis*。分别分布在加勒比海、美国北达科他州的德维尔斯湖及南美。以后对于褶皱臂尾轮虫亚种，有 Кутикова (1970) 按大形、长形、小形的球形、中形，整理的六亚种\* 和 Koste Walter (1978) 按前述六亚种整理为不包括 *B. plicatilis orientaris* 的五亚种。同时指出：*B. plicatilis plicatilis* 有大型和小型并作出图示。此外，Yúfera (1982) 作为开始摄饵阶段、口径小的鱼种饵料，探索了小于 150—170 微米的小型褶皱臂尾轮虫，并报告：从西班牙及苏格兰发现了三个系统 (*B.*, *S*—1, *Uk*)。

日本天然产的褶皱臂尾轮虫（下称轮虫）也确认有大型和小型（伊藤，1957；日野，1981）。对这些种群，不同研究

---

\* 六亚种为：(1) *B. plicatilis asplachnoides*, (2) *B. plicatilis decemcornis*, (3) *B. plicatilis rotundiformis*, (4) *B. plicatilis longicornis*, (5) *B. plicatilis orientalis*, (6) *B. plicatilis plicatilis*.

人员作为种内变异、亚种内变异、环境变异型、型、品系等处理，各自用了不同的称呼。但仅就日本产的天然的大型、小型轮虫来看，取野生种连续进行10代以上的累代培养，大型仍产出大型，小型仍产出小型（日野，1980），故一般认为是遗传上不同的品系。

我国学者认为轮虫有区域性和周期性的变异，表现在其被甲大小和甲棘长短的改变（王家辑，1961）。王增等（1980）在培养中也发现褶皱臂尾轮虫的一些形态变异。实验还看出温度对其变异有显著作用。

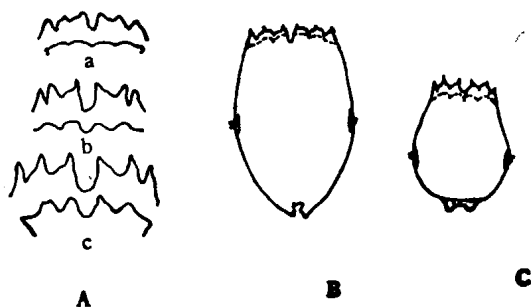


图1 褶皱臂尾轮虫的形态变异

A. 褶皱臂尾轮虫被甲前缘部的3变异 B. 褶皱臂尾轮虫 长型 C. 褶皱臂尾轮虫 宽型

(据 Die Binnengewässer, 1935)

2) L型和S型 伊藤（1957，1960）开始把轮虫作为海产鱼贝类仔幼体的初期饵料进行培养。在其培养方法的进步和推广的过程中，了解到培养的轮虫中也有大型和小型（日野等，1973）。就日本全国各地培养本种的单位进行调查，也确认有大型和小型轮虫，有时两种混存，或仅有其中一种。

且了解到不仅形态不同，温度适应性也不相同（大上等，1977）。其后二者由大上、前田（1977）命名为L型（large，大型）和S型（small，小型）。对二者展开了环境变异说和系统说的争论。两型的区别如下：

（1）大小 植木（1975）认为：L型的背甲长为140—290微米，S型为100—190微米；两型的背甲长（L）同甲宽（W）的关系，分别为  $W = 0.6792L + 14.77$ ， $W = 0.8253L + 0.711$ 。大上（1977）报告：L型的背甲长为130—340微米（平均238.9微米），S型为100—210微米（160.3微米）；两型背甲长同甲宽的关系分别为  $W = 0.534L + 51.96$ ， $W = 0.731L + 1.08$ 。L型同S型背甲长的限界，据称在210微米左右（长崎水试，1981），L型被甲长、袋状，而S型被甲为卵圆形或略呈球状。最大甲宽同最小甲宽的比，L型小，而S型大，也说明了存在如上所述的形状差异。

（2）重量 轮虫的体重因培养所用饵料而有所不同，但用相同饵料培养，L型同S型之间也有明显差异。据植木（1978）报告：L型的湿重平均4.44微克，干重为湿重的13.5%；S型的湿重为1.86微克，干重为其18.3%。大上（1976）认为L型的湿重平均3.85微克，干重为湿重的12.7%；S型的湿重平均1.37微克，干重为其16.7%。从这些值看来，L型较S型重2.4—2.8倍，水分含量也高。

（3）后头棘的形状 两型后头棘均具略宽的基部，均呈锯齿状。但L型全部棘刺或数根棘刺末端不尖，呈钝角，S型全部棘的末端尖锐，呈锐角，最外侧的棘刺，常弯向外侧。



(4) 温度适应 在 11—35℃ 水温条件下, 培养两型时, 两型在低水温条件下繁殖率均低, 随着水温升高而提高 (大上等, 1977)。但 S 型随着水温升高, 繁殖率直线上升, 而 L 型超过 26—27℃, 则呈停滞状态。两型混合培养时, 以 20℃ 为界, 在 20℃ 以上 S 型占优势, 20℃ 以下 L 型占优势 (日野, 1973)。

除上述形态、生理特性之外, 根据: (1) L 型的全年培养及用不同饵料、水温培养, 均不出现 S 型; (2) 连续进行混合培养, 个体大小在统计学上也分不出具有明显差异的两群 (生殖隔离) (小仓等, 1982); (3) 据天然轮虫也有两个系统等理由, 认为两型是遗传上的不同品系、应该按种或亚种进行分类的种群。据上述观点, 为取得 L、S 两型的

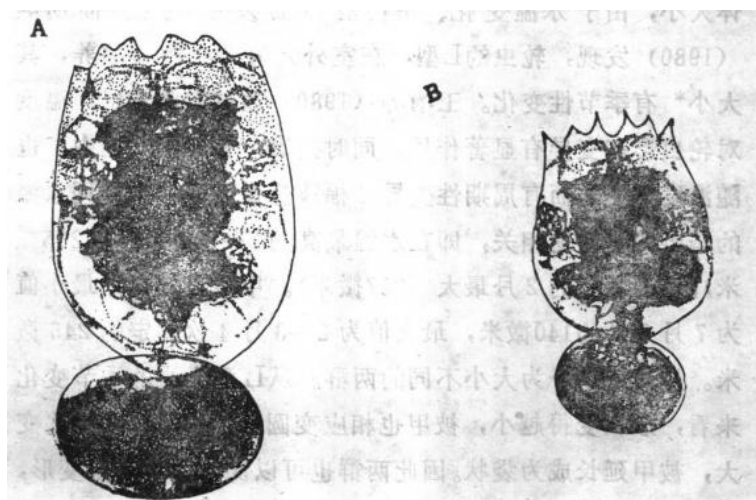


图 2 褶皱臂尾轮虫的 2 品系 (亚种)

A. L 型 B. S 型 (相同比例尺)