

海洋饵料生物培养概况*

郑 严

(中国科学院海洋研究所)

世界各国为了确保人类对蛋白质的需求,采用了各种手段以加强对海洋水产资源的利用,其中包括海洋渔业资源的开发,也包括浅海港湾渔业的养殖和增殖。最近几年,世界各国的养殖事业,日趋发展。日本浅海养殖发展较快;西班牙是贝类养殖较为发展的国家。法国、美国也在进行贝类养殖的研究。随着我国社会主义建设事业发展的需要,沿海各有关水产科研单位大都在进行水产经济动物的人工育苗实验,特别是贝类养殖,发展很快。养殖已与生产应用相结合。随着养殖事业的发展,饵料生物的培养,也相继发展起来了。不少学者,从养殖对象的生长与饵料关系中,论述了饵料生物培养的重要性。在水产经济动物人工养殖中,首先是苗源问题。而人工育苗遇到的问题之一,就是幼体阶段饵料难于解决,以致影响幼苗的成活率及其发育成长。养殖关键在幼体,幼体关键在饵料。饵料是水产动物养殖的关键因素,特别是在育苗和幼体移植过程中,饵料问题更加显得突出。因此,解决饵料生物培养问题,至关重要。

鉴于上述原因,海洋饵料生物的培养研究,已经得到世界各国水产养殖工作者和水生生物科学工作者的重视。都企图在较短的期间里,摸清几种有效饵料生物的繁殖规律和创建一套简易快速和稳产高产的培养方法,以适应当前水产经济动物人工育苗工作发展的需要。

一、饵料生物培养

当前,在活饵料生物培养方面,有采用专池培养使达到一定数量,然后根据需要按时按量向育苗池泼洒投喂;但在生产性育苗,特别是鱼、虾类育苗,则多半采用在育苗池的天然海水中施肥培饵。总之,在养殖饵料的发展中,可概括为以下四个方面:

1. 天然饵料生物的捞取和培养;
2. 鲜活饵料的冰冻和保藏;
3. 干燥饵料的保存和干卵的处理;
4. 人工合成饵料的制作。

例如,干燥饵料采用枝角类者居多;干卵则主要是卤虫(*Artemia Salina*)卵以及原生动物中

*本文是1976年12月间,参加“全国海产贝类育苗和养殖技术会议”的发言提纲,略有修改。对有关饵料生物培养的具体资料正在整理中,将另文报道。

的滴虫纲 (Infusoria) 人为的给以不良环境, 使形成休眠孢子, 可以储存备用。日本曾采用诱蛾灯的装置诱导昆虫作饵。或用光诱捕浮游生物为饵。人工合成饵料, 各国都先后使用, 做为一个饵料的发展方向来说是值得注意的。日本多用鱼粉、小鱼及人们不可食用的鱼、贝等类作合成的饵料。欧美国家则用谷物、野菜和牲畜内脏作主要原料, 并根据天然饵料生物所含有的化学成分, 适量地加入些抗生素作合成饵料。尽管如此, 但目前饲养鱼、虾、贝类的幼体和幼体前期仍以天然饵料为主。特别是在育苗阶段, 还脱离不了活饵料生物, 尤其是植物性饵料中的单细胞藻类。

1. 植物性饵料生物培养

植物性饵料生物, 其中又可分为浮游性的和底栖性的单细胞藻类。它发展较早, 当时分类和形态研究是它的主流, 迄今已有近百年的历史。而在第二次世界大战后这三十多年间, 则着重考虑将其作为食物和饵料的来源问题。特别是绿藻类已被用作饲养家禽和其它动物。单细胞藻类是自然海区中的水域初级生产者, 是基础饵料。它数量的多少, 是反映自然海区水域肥沃度的指标之一, 能直接影响到渔业的盛衰, 是海洋生态学的重要研究课题。因此, 不管是过去, 现在或将来, 没有这一基础饵料的培养, 甚至筛选和培养不出适合动物幼体所需要的饵料种类, 大量发展养殖事业是不现实的。

早在1910年, 英国普利茅斯海洋生物研究室的研究者, Allen和Nelson就发表过《关于浮游生物人工培养》的报告。概述了他们从1905年就开始为解决海产动物幼体培养所进行的海洋硅藻类的人工培养, 以及利用这些藻类作为动物幼体饵料效果的实验。1930年美国伍兹霍尔海洋研究所曾开展了培养菱形藻 (*Nitzschia*) 作为动物幼体饵料的研究。

现在国内、外人工培养无脊椎动物幼体所采用的硅藻类中的三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornerutum*) 是上世纪末 (1897年) 瑞典科学家波林 (Bohlin) 从波罗的海岸边一个小岛的池沼中所采集分离出来的。到本世纪六十年代各国藻类学家和饵料生物培养工作者相继对这一藻种的生长、繁殖的生态因子和繁殖特性作了培养试验研究。并大量培养应用于饲养甲壳类和贝类幼体, 效果良好。另如金藻类中的等鞭金藻, (*Isochrysis galbana*) 是本世纪三十年代后期 (1938年), 由Parke在英国普利茅斯取样分离出来的。后经他本人和各国学者多年的培养试验, 已确认是贝类和甲壳类幼体, 以及桡足类的良好饵料之一。看来, 采集、分离、筛选新的饵料品种, 是当前饵料生物培养工作者研究的重要课题。

Davis (1958年) 等, 养美洲巨蚶 (*Crassostrea virginica*) 经多年的试验研究指出, 适于作为幼虫饵料的是营光合作用的微细浮游性无细胞壁或细胞壁薄、代谢产物无毒的单细胞藻类。Walsh 1958年指出, 影响浮游幼虫生长的环境条件的主要因子, 是饵料生物种类的质和量。Loo-sanoff等1963年在孵化牡蛎幼体试验期间, 曾单独培养多种单细胞藻类以供作幼体饵料试验用。

根据国内、外的报道, 目前用以养殖贝类如牡蛎、泥蚶、贻贝、扇贝、縹蛭、鲍鱼, 以及养殖海参和对虾、毛蟹的幼体, 所列举的饵料生物种, 仅单细胞藻类就有25种以上, 其中普遍应用的约有如下种类。

(1) 硅藻类: 骨条藻 *Skeletonema costatum*; 三角褐指藻 *Phaeodactylum tricornerutum*; 小新月菱形藻 *Nitzschia closterium*; 牟氏角毛藻 *Chaetoceros muelleri*; 角毛藻 *Chaetoceros colclitrons*; 海链藻 *Thalassiosira* sp.; 直链藻 *Melosira* sp.; 小环藻 *Cyclotella* sp. 等。

(2) 绿藻类: 衣藻 *Chlamydomonas* sp.; 亚心形扁藻 *Platymonas subcordifo-*

rmis; 青岛大扁藻 *Platymonas helgolandica var. tsingtaoensis*; 盐藻 *Dunaliella spp.*; 小球藻 *Chlorella spp.*; 绿球藻 *Chlorococcum sp.*; 微绿球藻 *Nannochloris oculata*; 小球藻 *Nannochloris atomus*; 等。

(3) 金藻类: 等鞭金藻 *Isochrysis galbana*; 单鞭金藻 *Monochrysis lutheri*; 小金藻 *Chromulina pleiodes*。

(4) 隐藻类: *Cryptomonas sp.*; *Rhodomonas sp.*等。

另有: *Dicroteria inornata*; *Pyramimona grossii*; *Hemiselmis refescens*;

(5) 甲藻类: *Peridinium spp.*。

(6) 底栖性硅藻: 月形藻 *Amphora*; 茧形藻 *Amphiphirora*; 舟形藻 *Navicula spp.*等。

上述一些饵料藻种, 其饵料效果依饲养种类不同而异。Loosanoff和Davis(1963年)根据养美洲巨蛎的饵料效果试验, 他把上述饵料种划分为: 合适的饵料种如单鞭金藻和等鞭金藻等。较为合适的饵料种如盐藻、扁藻、三角褐指藻、小球藻等。饲养其它对象是否也是如此, 我们认为必须根据情况进一步试验才可确定。

随着各国对贝类和甲壳类育苗生产的企业化, 对单细胞藻类的需用量很大, 因而大规模培养工作正在迅速发展。培养方式已由室外的池养改进为室内恒温密闭系统培养。这不但可以避免敌害, 而且可稳产高产。还可以根据需要有计划地控制产量。培养用的营养成分, 也由纯无机营养盐类发展为兼用有机营养物。为了提高产量还配合使用一些微量成分, 如钴、锰、钼、维生素 B₁₂、生物素、硫胺素等。有时在培养液中还加入鳌合剂(如EDTA)或土壤提出液。为避免培养中细菌的繁生也在培养液中加入抗菌素, 如青霉素, 链霉素等, 施用量依种类和培养条件不同而异(一般青霉素200单位/毫升, 链霉素10—20单位左右/毫升即可)。此外, 还利用单细胞藻类生态习性的可塑性, 通过一系列实验, 对一些有效的饵料种进行定向培育, 逐步改变其生态性质, 使之更能适应于养殖生产的需要。

单细胞藻类, 由于它的生活史周期短, 且可大量培养。近年来, 国外对它的培养工作进展很快, 利用人工海水配制培养液做氮、磷的利用和吸收的研究; 并以不同营养的配方, 来分离、纯化和培养, 利用所纯培养的单细胞藻类做生理生化的研究, 以及做细胞起源的研究材料。此外, 还对光吸收率、光合作用率、细胞分裂率、产量计算以及对某些单细胞藻类分泌物的毒素测定等问题也进行了研究。当前, 硅藻类和金藻类中的某些种, 已成功的培养, 应用于生产, 效果显著。

在培养中水质污染和异种污染(或称生物污染)所带来的培养失败, 正在引起人们的注意。Loosanoff注意到当藻类培养达到生长停滞期或下降期时, 用它来培养幼虫, 则幼虫生长停止。他认为小绿球藻(*Nannochloris atomus*)培养浓度高时会分泌一种抑制生长的物质。他指出一种金藻 *Prymnesium parvum* 对双壳贝类有毒。小球藻(*Chlorella*)浓度过高, 时间过长对硬壳蛤(*Venus mercenaria*)幼体有毒性。他还注意到藻种本身会引起细菌的繁生, 也会影响幼虫生长不良。Guillard(1958年)认为, 一些藻类具有毒性是因为它释放脂肪酸。Abbot和Ballantine(1957年)发现有些甲藻(如 *Gymnodinium*, *Glenodinium*)能分泌麻醉神经的毒素, 当这种毒素达到一定浓度时便会致死其它动物。Lucas(1955年)认为, 某些浮游植物的代谢产物是不利于浮游动物生存的。

我们在实验室常年培养试验和在白瓷砖砌成的培养池扩大培养, 发现藻种不纯最易导致培养失败。特别在中型扩大培养中, 由于用水处理不合要求, 一旦出现原生动物(如游朴虫 *Euplana*

sp., 海洋尖鼻虫 *Oxyrrhis marina* 等和其它敌害生物 (如轮虫, 摇蚊幼虫, 水上昆虫之类), 则很快使培养到一定浓度的藻液, 变成“清水汤”, 致使培养失败。因此, 注意实验室内纯化藻种、保持纯种不使污染, 以及单种培养时日常管理的严格操作手续, 都是十分必要的。对敌害生物的防除, 应当迅速开展研究。实验室内, 常年性的逐步纯化藻种和保持纯种, 也应列入专题研究。

2. 动物性饵料生物的培养

动物性饵料生物, 包括的类群繁多。作为鱼、虾、类幼体的饵料类别, 则主要是一些可供培养的浮游动物。浮游动物是泛指能营浮游性生活的一些动物类群。由于它们在食物链中占有重要地位, 因此, 为了生产应用的需要, 对它进行了生态学的研究, 在本世纪三十年代后期, 才成为一门有独立性的学科。1924年英国的Marshall报导了培养桡足类的文章。真正对桡足类有成效的培养是六十年代才围绕着实验生态学的发展而发展起来的。目前已取得较好的进展。有些种类可在人工控制条件下大量培养。培养对象包括桡足类、磷虾、糠虾、卤虫、浮游贝类和轮虫、担轮幼虫无节幼虫等。

苏联在五十年代后期在大力开展人工繁殖鲟类和鲑类的同时, 注意了活饵料的培养。日本在养殖中采用的成功经验是: ①改良养殖水域环境; ②移植放养; ③培养饵料。目前他们特别注意采用贝类 (如牡蛎, 贻贝) 人工刺激排卵授精孵化的幼体, 作对虾幼体的饵料, 已取得饲养效果。轮虫、桡足类、糠虾等已确认是鱼类和甲壳动物幼体培育过程中的重要饵料, 并且已为世界各国列为重要的培养研究对象。

轮虫是富有营养的饵料种, 我国在五十年代为开展海产鱼类的人工育苗, 培养过臂尾轮虫作仔鱼的饵料, 已取得显著效果。作者等已对褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis* 的繁殖特点和大量培养应用于生产, 进行过研究。其它国家也做过不少研究。Theilacker等 (1971年) 大量培养过褶皱臂尾轮虫, 并用这种轮虫饲养小公鱼 (*Anchovy*) 经饵料效果试验, 结果认为, 若以轮虫 3—4 个/毫升比用腹足类的浮游幼虫 6—8 个/毫升效果还好; 若以轮虫 10—20 个/毫升则比从野外采集的浮游生物饲养还好。苏联全苏海洋渔业与海洋学研究所 1972年培养臂尾轮虫, 以盐藻 *Dunaliella* 为饵, 他们认为在一升水中最高密度达 20 万个时, 可足够供 2000 个 10—11 毫米或 4000 个 3—4 毫米的仔鱼吃的。日本 Shirota (1967年) 培养褶皱臂尾轮虫的最高密度 246,720 个/升; 有时在 Cl17% 的条件下, 其繁殖的最大密度可达 605 个/毫升。应当指出, 大量培养轮虫, 必须不断供给足够的饵料, 否则会因缺食导致轮虫产量很快下降。特别是高密度的培养轮虫, 当轮虫繁殖数量达到 100 个左右/毫升时, 就必须单独培养浮游性的单细胞藻类作轮虫的饵料, 其饵料个体大小在 20 微米以内的为好。

糠虾是鱼类的重要饵料, 特别是喜吃活饵的海马 (*Hippocampus spp.*) 的优良饵料。作者等为了解决海马的饵料问题, 对黑褐新糠虾 (*Neomysis awatschensis*) 的繁殖生物学和大量培养问题, 进行了研究。对黑褐新糠虾的繁殖习性, 有了初步了解。日本、欧美等国家通过对新糠虾属 *Neomysis* 如日本新糠虾 *Neomysis japonica*, 中型新糠虾 *Neomysis intermedia* 等的连续世代培养, 对上述种类的生物学进行过研究。苏联在六十年代后期曾将糠虾引入水库, 提高了水域饵料基础, 从而也提高了水库养鱼的数量和质量。因此, 对糠虾大量培养, 是值得进一步研究和重视的。

桡足类则是鱼、虾类幼体阶段的重要饵料。正在引起世界各国的重视。

美国哈佛大学生物实验室 Katona (1970年) 对沿岸低盐种 *Eurytemora offinis*; *E. herd-mari* 作了培养试验。并对这两种的生长特性作了研究。

日本Inoue (1969年) 对宽叉猛水蚤 (*Tisbe furcata*) 进行培养研究; Koga (1970年) 对日本虎斑猛水蚤 (*Tigriopus japonicus*) 在培养中进行了生活史的研究。东京大学海洋研究所大森信写过一篇综述性的文章, 指出目前已有30种桡足类, 可以在实验室条件下进行连续世代的培养研究, 它们多属于近海沿岸的半咸水种类。

从当前已报道的种类来看, 以近海沿岸半封闭水体的港湾种类居多, 其中尤以近河口处的半咸水种类为多。能连续世代培养的如纺锤水蚤 (*Acartia*) 中的 *Acartia Clausi* (Zillioux, 1969), *Acartia grani* (Vilela, 1972), *Acartia tonover* (Conover, 1961等) 以及华哲水蚤 (*Sinocalanus*) 中的细巧华哲水蚤 *Sinocalanus tenellus* (松平近义, 1957)。上述种类的特点是由于适应温、盐范围较广, 易于培养, 而且能连续世代繁殖, 生殖周期不长, 又适于作鱼、虾幼体阶段的饵料, 因此, 多进行研究。从六十年代迄今, 国外对桡足类的培养更加重视。他们根据不同种类, 分别采用不同饵料来饲养。如养 *Acartia tonsa*, 则喂以角毛藻 (*Chaetoceros sp.*)、衣藻 (*Chlamydomonas sp.*)。投喂密度应根据桡足类个体大小和发育期不同分别考虑。一般密度应控制在 10,000—50,000 个细胞/毫升为合适。培养桡足类的密度一般多控制在 1,000—4,000 个体/升为宜。总的看来, 国际上对桡足类虽进行不少种类的试验, 多是对生长、繁殖、食性的研究。但适时适量的培养, 来满足作鱼、虾饵料用, 还正在着手研究。但他们已从多年的培养试验中, 特别注意考虑的是以下几方面的问题:

(1) 培养时的水温和选择饵料大小, 必须根据种类的不同而异; 应注意抑制培养水体中细菌的过量繁殖, 以及藻类碎屑的过分累积;

(2) 发现细菌过量生长, 应加抗菌素 (青霉素, 链霉素可混合使用), 一般用 6.5 毫克/升为合适; 特别在幼体阶段, 更有必要加抗菌素;

(3) 连续世代培养, 应特别注意更换新鲜海水和保证供饵。

根据我们的培养经验认为, 在实验室培养动物性饲料生物种, 用来作生活史和繁殖周期的研究, 还必须考虑:

(1) 将所采得的浮游动物样品, 先养在一般稍大的容器中, 以原水质试养数天, 使其先适应实验室的条件, 淘汰其不适于在实验室作培养的种类和个体, 挑选能经受实验室小水体生活的强壮个体, 再安排实验观察;

(2) 选择作试验培养的种类, 应当是鱼、虾类的有效饵料种, 而且应是生殖周期短, 繁殖量大的;

(3) 应是广温、广盐、广分布的生活力较强, 食物链短而易养的近岸半咸水种类;

(4) 特别是应选一些常年都能在实验室条件下培养的种类, 以便于连续世代的培养研究, 这对探索某一有效饵料生物种的繁殖规律, 为进一步开展基础理论的研究, 对指导生产应用都是有利的。

为此, 应当考虑选用沿岸性的华哲水蚤, 纺锤水蚤, 真宽水蚤 (*Eurytemora*) 以及许水蚤 (*Schmackeria*) 等作培养试验。

二、我国饵料生物培养的进展

我国在饵料生物培养中已作了不少工作, 并先后发表了一些研究报告。朱树屏 (1942年), 对单细胞藻的培养液及培养方法做了研究。朱氏10号培养液, 直到现在仍为世界各国单细胞藻类的培养研究者所参考引用。金德祥等 (1965年), 关于温度、盐度对骨条藻, 中华盒形藻 *Biddulphia sinensis* 和扭鞘藻 (*Streptothecha thamesis*) 的生长繁殖做了研究。郭季芳等 (1959

年)报导过扁藻、盐藻有关培养方法的资料。在动物性饵料生物培养方面,陈清潮等(1975年)对卤虫资源的调查、以及培养试验也进行过研究。

为了更好地发展我国饵料生物的培养事业,以便更快地解决鱼、虾、贝类人工育苗的饵料问题。我所于1972年成立了海洋饵料生物培养实验室(饵料组)。几年来,我们在山东沿岸进行了饵料生物的采集和筛选,并对原有的饵料品种进行了纯化培养。与此同时,还向沿海的广东、河北、上海等8个省两个市的20多个科研水产养殖单位提供了三角褐指藻等,以及褶皱臂尾轮虫等饵料种液和培养方法,并向养殖海马的生产单位,介绍了黑褐新糠虾的培养方法。上述饵料种,已在养殖现场普遍应用。并初步收到了良好效果。我们正对上述有效饵料种的培养条件和繁殖规律进行研究,已获得了初步资料。为进一步深入研究打下了基础。为尽快弥补动物性饵料生物培养的不足,对当前国际上重视的桡足类和卤虫卵的孵化培养应有计划地开展研究。可以设想,饵料生物的培养,必将对我国水产经济动物的养殖事业,发挥出更加有效的促进作用。应当强调说明的是,养殖事业的发展,将必然对饵料生物的培养提出更多更高的要求。当前饵料生物培养,尽管在各有关科研水产单位,安排了一定的人力,但与迅速发展起来的养殖事业仍不相适应。全国饵料生物培养工作发展尚不平衡。因此,如何更好地组织和领导全国饵料培养工作者的合作与分工,还应给足以够的重视。

三、饵料生物培养的展望

随着养殖事业的发展,从五十年代后期到七十年代初期,饵料生物培养,有了新的进展。1970年在西德的赫耳果兰(Helgoland)召开了一次国际性饵料生物培养会议。有29个国家的258位科学家参加了大会。会议开了三天多的时间,发表了正式论文64篇,从生态学和经济的观点,深入地讨论了海洋生物培养的重大意义。1972年Smith和Chanlog发表了海洋无脊椎动物培养的论著,论述了饵料生物在经济动物养殖中的作用。并指出了当前国际养殖经济动物幼体所采用的一些有效饵料生物种类一般性培养记录。1973年Stein发表了藻类培养和生长测定方法的手册。1974年第三次国际海洋法会议确定200海里经济区以来,对海洋霸权国的渔业掠夺有了限制。他们都不不得着手进行浅海资源的再开发。因此,饵料生物的培养,在生产应用中又有了新的进展。日本的代田昭彦(A. Shirota, 1975)发表了水产饵料生物学。概述了饵料生物培养概况。

目前海洋生物的培养,已进入一个新的发展阶段。预计在不久的将来,将会有更大的进步。

关于浮游生物的培养,特别是有关海洋浮游动物的培养,还存在不少困难。我们必须集中多方面的人力解决更多的问题,从而对人民的食物需要作出更大的贡献。

我们认为,海洋生物学家要想从海洋中获得更多的知识,和对海洋生物求得更深的了解。除了利用生物科学的基础知识来探索海洋生物的生态现象外,还应利用实验生态学的方法,在控制条件下,进行对经济动物的试验培养。利用研究的知识为人类谋福利。因此,在进行经济动物实验生态学的研究,以及养殖过程中,饵料生物的培养更是一门不可缺少的研究课题。

1976年12月由农林部科教局委托厦门市召开的全国海产贝类育苗和养殖技术协作会议提出并强调了饵料生物培养的重要性。

1977年3月我国农林部在京又主持召开了全国水产会议预计在1980年海水养殖面积要求扩大一倍。重点发展贻贝、海带、紫菜、对虾养殖。在鱼、虾养殖中要求在一、二年突破饵料关,由试验阶段过渡到大范围的生产性养殖。

综上所述,海洋饵料生物培养,前途宽广,任务艰巨。还必须树雄心、立壮志,为发展我国海洋饵料生物培养,支援社会主义建设,做出贡献。