



全国高等农业院校教材

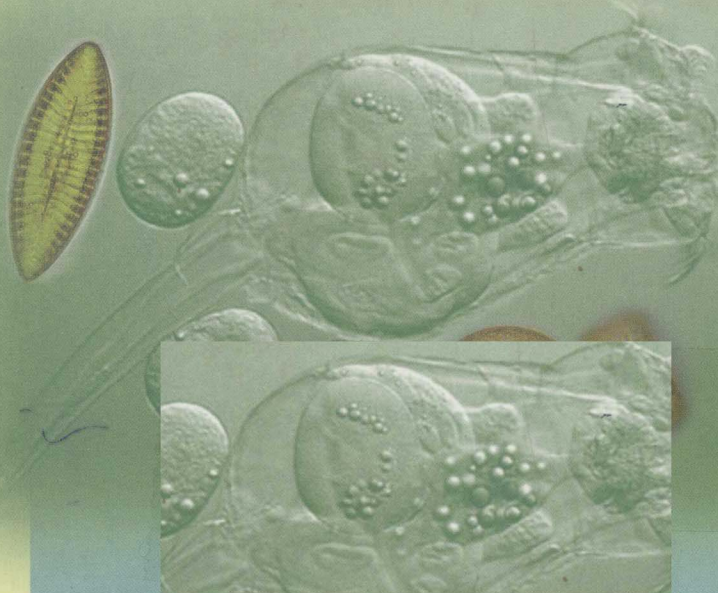
全国高等农业院校教学指导委员会审定

生物饵料培养学

第二版

成永旭 主编

水产养殖专业用



21-43
2



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物饵料培养学 / 成永旭主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2005. 8
全国高等农业院校教材
ISBN 7-109-09812-5

I. 生... II. 成... III. 饵料生物—养殖—高等学校—教材 IV. S963.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 091618 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 曾丹霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995 年 10 月第 1 版 2005 年 8 月第 2 版

2005 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 21.25

字数: 505 千字

定价: 28.10 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

第二版前言

《生物饵料培养学》是在全国高等农业院校教材《生物饵料培养》(陈明耀主编)的基础上重新修编而成的。在过去的近10年来,随着水产养殖的迅猛发展,特别是一些经济海水鱼类和虾蟹类的养殖的发展,生物饵料培养技术也得到了飞速的发展和提高,逐步形成了生物饵料培养学相对独立的理论和技术体系,目的是确保培养的生物饵料的规模化和高质化(营养全面,价值高),最大程度满足海水鱼虾蟹幼体发育的需求。本书在原书体系的基础上,主要增加了生物饵料营养价值评价和营养强化一章,其他各章节在原书内容的基础上,更新和增加了大量新的内容,力争使全书能反映本学科最新的成果和发展趋势。

本教材主要内容包括不同生物饵料品种的生物学、培养技术以及营养价值的评价,如微藻、轮虫、卤虫、桡足类和枝角类等重要生物饵料品种。

本教材适于水产养殖专业的本科教学,同时也适于在水产养殖领域,特别是海水苗种繁育领域从事科研和生产的科技人员作参考。对从事水产动物营养、水环境科学的科技人员,也具有一定的参考价值。

本教材由成永旭教授主编,并负责编写绪论、第六章和第十章。第一章由张德民和蒋霞敏共同编写,第二章由周志刚和蒋霞敏共同编写,第三章由黄翔鹤编写,第四章由陈学豪编写,第五章由黄旭雄编写,第七章由蒋霞敏编写,第八章由侯仲娥编写,第九章由蒋霞敏和陈开健共同编写。全书由成永旭和蒋霞敏教授统稿。

厦门大学李少菁教授,上海水产大学梁象秋教授对本教材进行了悉心的审阅和修改,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加上生物饵料培养学发展很快,书中存在不足在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2005年4月

第一版编者名单

主 编 陈明耀（湛江水产学院）
编 者 张道南（上海水产大学）
王渊源（厦门水产学院）
陈瑞雯（南海水产研究所）

第一版前言

《生物饵料培养》是高等农业院校水产专业“八五”教材建设中的统编教材，重点介绍光合细菌、单细胞藻类、轮虫、卤虫，以及枝角类、桡足类、糠虾类、颤蚓和摇蚊幼虫培养的基础理论、基本技能和生产技术。适用于高等水产院校海水养殖专业本科班的教学，教材增加了部分淡水生物饵料培养内容，亦可作为淡水渔业专业学生的参考用书，也可供有关教学、科研和生物饵料培养工作人员参考。

本教材由湛江水产学院陈明耀主编，上海水产大学张道南、厦门水产学院王渊源和南海水产研究所陈瑞雯参编。陈明耀编写绪论、第二章细胞藻类的培养和附录；张道南编写第一章光合细菌的培养和第三章轮虫的培养；王渊源编写第五章其他动物性生物饵料的培养；陈瑞雯编写第四章卤虫的培养。由中国科学院海洋研究所郑严教授主审，大连水产学院何志辉教授参审。

由于编者的水平所限，错讹在所难免，敬请批评指正。

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一节 生物饵料培养学的基本概念	1
一、生物饵料培养学的定义	1
二、生物饵料培养学的主要研究内容	2
第二节 生物饵料培养学产生、发展以及在水产养殖方面的应用	3
一、微藻培养发展及在水产养殖方面的应用	3
二、卤虫无节幼体培养及在水产养殖方面的应用	5
三、轮虫培养的发展及在水产养殖方面的应用	6
四、桡足类培养及在水产养殖方面的应用	8
五、其他生物饵料的培养和应用	8
第三节 生物饵料培养学及与其他学科发展的关系	8
一、生物饵料培养学科发展是应用学科与基础学科相互促进、相互依存的结果	9
二、与水产动物营养学的关系	9
三、与环境科学的关系	9
四、与发育生物学及其他学科的关系	10
第四节 生物饵料培养未来的发展方向	10
一、生物饵料培养的中长期目标	10
二、生物饵料培养的终极目标：微粒饲料的完全取代	11
复习思考题	14
第一章 光合细菌的培养	15
第一节 光合细菌生物学特征	15
一、光合细菌分类	15
二、光合细菌的形态结构	22
三、光合细菌的生理生化特征	23
四、光合细菌的生态分布	24
五、光合细菌在自然界中的作用	25
六、光合细菌的营养	25

第二节 光合细菌的分离、培养与保藏	26
一、光合细菌的富集分离	26
二、培养基	27
三、光合细菌的大量培养	32
四、光合细菌的保藏	34
第三节 光合细菌的应用	35
一、光合细菌在水产养殖上的应用	35
二、在其他方面的应用	37
复习思考题	38
第二章 微藻的培养	39
第一节 概述	39
一、微藻培养的发展概况	39
二、微藻培养的科技成就	41
第二节 主要培养种类及其生物学	42
一、螺旋藻	42
二、小球藻	43
三、盐藻	44
四、栅藻	45
五、扁藻	46
六、莱茵衣藻	47
七、雨生红球藻	47
八、微绿球藻	49
九、三角褐指藻	50
十、小新月菱形藻	50
十一、牟氏角毛藻	51
十二、中肋骨条藻	52
十三、球等鞭金藻	53
十四、绿色巴夫藻	54
十五、异胶藻	55
十六、紫球藻	56
第三节 微藻的培养方式与设施	56
一、培养方式	56
二、培养设施	58
第四节 微藻培养的工艺流程	60
一、消毒	61
二、培养液制备	63

三、接种	63
四、培养过程中的日常管理	64
五、采收	65
第五节 微藻在一次性培养中的生长特性	66
一、延缓期	66
二、指数生长期	68
三、相对生长下降期	68
四、静止期	69
五、死亡期	69
第六节 影响微藻生长的因子	69
一、光	69
二、温度	71
三、盐度	71
四、矿质营养	72
五、酸碱度	72
六、二氧化碳	73
七、有机营养物质	74
八、生物因子	74
第七节 微藻的培养液配方	74
一、海洋微藻培养液配方	75
二、淡水微藻培养液配方	80
三、微量元素溶液配方	83
四、维生素溶液配方	84
五、土壤浸出液	85
第八节 藻种的分离和保存	85
一、藻种的分离	85
二、藻种的保存	88
第九节 敌害生物的防治	89
一、敌害生物对微藻培养的危害作用	89
二、敌害生物污染的途径	90
三、防治敌害生物的措施	90
第十节 微藻培养应用实例	92
一、螺旋藻	92
二、盐藻	97
三、小球藻	99
四、红球藻	101
五、紫球藻	103

六、用于生产 EPA 和 DHA 的微藻培养	104
七、底栖硅藻	105
第十一节 微藻培养的新进展与展望	109
一、微藻育种	109
二、微藻细胞的固定化	110
三、生物反应器技术	111
四、微藻工业化培养的展望	113
复习思考题	114
第三章 轮虫的培养	115
第一节 轮虫的生物学	116
一、作为生物饵料培养的主要轮虫种类	116
二、轮虫的主要特征	117
三、轮虫的变异	120
四、轮虫的繁殖习性	121
五、轮虫的发育	129
六、轮虫的寿命	131
七、轮虫的生态条件	131
八、轮虫培养的饵料	134
第二节 轮虫的分离和培养	136
一、轮虫种的分离	136
二、休眠卵的孵化	137
三、轮虫的培养方式	139
四、一次性培养	140
五、半连续培养	141
六、大面积土池培养	142
七、池塘轮虫的增殖	143
第三节 轮虫的保种和休眠卵的保存	146
一、休眠卵的诱发	146
二、轮虫休眠卵的采集、分离和定量	147
三、轮虫休眠卵的形态和鉴定	147
四、休眠卵的保存	150
复习思考题	150
第四章 枝角类的培养	152
第一节 枝角类的生物学	153
一、形态分类	153

二、繁殖习性	155
三、发育与生长	159
四、食性	163
五、生态条件	164
第二节 枝角类的培养	166
一、枝角类种的来源	166
二、小型培养	166
三、大量培养	167
四、枝角类休眠卵的采集、分离与保存	170
第三节 枝角类的营养价值及应用	170
一、枝角类的营养价值	170
二、枝角类的应用	172
复习思考题	173
第五章 卤虫的培养	174
第一节 卤虫的生物学	174
一、卤虫的分类	174
二、卤虫的形态	175
三、卤虫的发育及生活史	176
四、卤虫的生殖习性	177
五、卤虫的摄食习性	179
六、卤虫对生态条件的适应	180
七、卤虫休眠卵的形态和生理特征	181
第二节 我国的卤虫资源量和分布	183
一、卤虫在自然界的分布与传播	183
二、我国的卤虫资源	183
三、国产卤虫的开发利用策略	186
第三节 卤虫在水产养殖上的应用	186
一、初孵无节幼体	186
二、去壳卵	189
三、卤虫中后期幼体及成体	191
第四节 卤虫卵的采收和加工	192
一、采收	193
二、加工	193
三、贮存	195
四、卤虫卵的质量判别	196
第五节 卤虫的增养殖	199

一、盐田大面积引种增殖	200
二、室外大量养殖	200
三、室内水泥池高密度养殖	202
复习思考题	202
第六章 桡足类的培养	203
第一节 桡足类在水产养殖方面的应用	203
一、桡足类能提高海水鱼幼体的成活率和促进生长	203
二、桡足类提高海水鱼幼体的成活率和促进生长的原因	204
三、在海水鱼育苗中作为生物饵料应用的桡足类种类	204
第二节 桡足类的生物学	205
一、形态特征	206
二、生殖习性	208
三、发育与生长	210
四、摄食方式、投饵和饵料质量	212
第三节 桡足类的收集和大面积培养	215
一、天然桡足类的收集	216
二、利用池塘培养桡足类和鱼幼体	216
三、我国池塘施肥培养桡足类的方法	217
第四节 哲水蚤的集约化培养	218
一、培养条件和要求	218
二、培养实例：艾氏剑肢水蚤的培养	220
第五节 猛水蚤的集约化培养	225
一、培养条件和要求	225
二、培养实例：日本虎斑猛水蚤和湖泊美丽猛水蚤的培养	228
复习思考题	230
第七章 糠虾的培养	231
第一节 糠虾的生物学	231
一、分类	231
二、形态特征	232
三、生殖习性	233
四、生活史	236
五、生长、蜕皮	237
六、寿命	237
七、生态习性	238
第二节 糠虾的人工培养	238

一、室外土池培养	238
二、室内水泥池培养	239
复习思考题	240
第八章 淡水钩虾的培养	241
第一节 淡水钩虾的生物学	242
一、形态分类	242
二、生殖结构和繁殖习性	245
三、发育与生长	247
四、食性	248
五、生态条件	248
第二节 淡水钩虾的培养	250
一、淡水钩虾的采集	250
二、淡水钩虾的培养	250
第三节 淡水钩虾的营养价值与应用	252
一、淡水钩虾的营养价值	252
二、淡水钩虾的应用	253
复习思考题	254
第九章 水生环节动物的培养	255
第一节 双齿围沙蚕人工育苗和沙蚕的养殖	255
一、双齿围沙蚕的生物学	256
二、双齿围沙蚕的人工育苗	265
三、沙蚕的养殖	267
第二节 丝蚯蚓的培养	269
一、丝蚯蚓的生物学	270
二、丝蚯蚓的培养	272
三、丝蚯蚓的利用	277
复习思考题	277
第十章 生物饵料营养价值评价和营养强化	278
第一节 微藻的营养作用	278
一、微藻的营养	278
二、微藻对水产动物幼体发育的营养作用	285
第二节 轮虫的营养与营养强化	288
一、蛋白质的营养强化	289
二、脂类的营养强化	289

三、维生素和其他营养物质强化	291
四、轮虫作为鱼虾幼体生物饵料的营养评价	292
第三节 卤虫的营养与营养强化	293
一、卤虫的营养作用	293
二、卤虫无节幼体的营养强化及其在鱼虾蟹育苗中的应用	295
三、卤虫的营养价值评价	300
第四节 桡足类的营养与营养强化	300
一、桡足类的基本生化组分	301
二、蛋白质营养	301
三、脂类营养及强化	302
四、其他营养物质	305
五、桡足类作为生物饵料的营养评价	305
第五节 其他生物饵料的营养价值评价	306
一、枝角类	306
二、糠虾	306
三、其他	307
复习思考题	308
附录	309
一、锦纶筛网新老规格对照表	309
二、海水相对密度、盐度和波美度换算计算公式	310
三、本书缩略语	311
四、本书出现的主要生物饵料和鱼虾蟹的拉丁名和中文名对照表	311
主要参考文献	320

绪 论

第一节 生物饵料培养学的基本概念

一、生物饵料培养学的定义

生物饵料 (food organisms) 或活饵料 (live food or live feed) 是指经过筛选的优质饵料生物, 人工培养后, 以活体作为养殖对象食用的专门饵料, 如光合细菌、微藻、轮虫、枝角类、桡足类等。狭义的生物饵料概念仅指作为水产经济动物苗种饵料的饵料生物。水产养殖中通常所指的苗种生产实际上包含两个生产阶段: 育苗阶段 (larval stage) 和育种阶段 (juvenile stage)。育苗阶段特指水产动物的幼体阶段, 其生长常伴随着系列的变态过程, 在鱼类, 此生长阶段的幼体我国俗称鱼苗或仔鱼 (fry); 在虾蟹类, 根据不同的生长阶段称为无节幼体 (nauplius)、溞状幼体 (zoea)、大眼幼体 (megalopa)、糠虾形幼体 (mysislarvae) 等。育种阶段特指水产动物经过幼体阶段发育和变态, 其形态和生活方式类似成体的后幼体生长阶段, 在鱼类通常称为稚鱼 (fingerling), 对于虾蟹则称为仔虾或仔蟹。在水产经济动物苗种生产中, 生物饵料应用最广泛的阶段是幼体阶段。饵料生物 (live prey food) 是指在海洋、湖泊等水域中自然生活的各种可供水产动物食用的水生生物, 饵料生物在自然水域的食物网中一般处于较低的营养级, 是自然水域中个体比较小的浮游生物。饵料生物经过人工筛选和优化培育, 作为鱼虾蟹等经济水产动物幼体的饵料, 即为生物饵料。还应指出, 通常所说的活饵料, 严格意义上仅指作为水产经济动物幼体饵料的浮游动物, 如轮虫、枝角类和卤虫等, 微藻和其他微生物饵料 (光合细菌、海洋酵母等) 只是人工用于培养这些活饵料的食物。在目前水产动物繁殖过程中, 也有采用从人工培养, 或自然水域中大量收集的饵料生物, 先冰冻保存, 在繁殖季节提供水产动物幼体摄食, 这类饵料叫冰鲜饵料 (refrigerated food), 如在虾蟹类育苗过程中经常使用的冰冻轮虫、冰冻桡足类等。严格讲, 冰鲜饵料已不再是生物饵料, 因为它冰冻后已失去了部分作为生物饵料的作用和意义, 如营养缺失 (解冻后部分营养滤失)、悬浮特性 (浮游和运动) 消失、酶失活 (特别对早期发育的海水鱼幼体有非常重要的营养意义), 而且还可能污染水质。

为满足水产动物幼体发育需要, 将不同营养物质加工, 配合, 制成相应生物饵料大小的颗粒饲料产品, 称微粒饲料 (microdiet, MD)。微粒饲料的作用与生物饵料相同, 但它不是生物饵料。

生物饵料培养学 (live food cultivatology) 主要是研究生物饵料的筛选、培养及其营养价值评价的一门应用性学科。主要任务: 一是不断筛选易于人工大量培养, 能够满足特定阶段经济水产动物生长发育的 (主要指幼体阶段) 生物饵料品种; 二是研究和总结各生物饵料在特定环境下种群生理生态、繁殖生长特性、规模化培养的理论, 提高规模化稳定培养的技术水平; 三是根据水产经济动物幼体的营养需求特点, 在规模化培养的基础上, 研究和评价生物饵料的营养价值,

并采用特定的技术手段和措施（营养强化）以提高培养的生物饵料的营养价值，使其营养更加全面，能更充分满足水产经济动物幼体发育所需，提高其发育的成活率和变态率。

二、生物饵料培养学的主要研究内容

（一）生物饵料的筛选

生物饵料筛选的原则：

1. 基本原则 ①环境适应性（对温度、盐度等）和抗逆性强（adaptation and tolerance of a wide range of environmental conditions）；②培养的食物来源广（ability to utilize different food sources）；③生活史短（short life cycle）；④生殖力强（high reproductive capacity）；⑤可高密度培养（tolerance of high densities），如褶皱臂尾轮虫（*Brachionus plicatilis*）密度一般可达 1 500~3 000 个/ml，采用浓缩小球藻投喂，密度可达 $2 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ 个/ml（Lubzens *et al*, 2001）

2. 营养物质丰富 不含对水产经济动物发育有影响和对人体有害的毒素物质。都应含有高含量优质蛋白质、游离氨基酸、维生素、矿物质等，能基本满足水产经济动物幼体的营养需求。如淡水中的微囊藻常含有蓝藻毒素，尽管含有高含量的蛋白质，但不能作为生物饵料。而同属蓝藻的螺旋藻，则营养丰富，不仅是很好的饵料生物，而且还是人类的一种保健食品。

3. 大小适口 即选择能满足和适应不同发育阶段水产经济动物幼体开口摄食需要的生物饵料。一般微藻的大小在 $5 \sim 25 \mu\text{m}$ ，轮虫体长一般在 $100 \sim 340 \mu\text{m}$ ，小型枝角类和小型桡足类成体一般在 $600 \sim 1\,800 \mu\text{m}$ ，桡足类无节幼体宽度在 $100 \sim 400 \mu\text{m}$ ，刚孵化的卤虫无节幼体在 $422 \sim 517 \mu\text{m}$ 。大多数海水鱼类、虾蟹类的幼体口径在 $280 \sim 360 \mu\text{m}$ ，所以在开口阶段只能选择微藻、轮虫和桡足类无节幼体作为适口的生物饵料。对于滤食性贝类，其幼体选择的饵料颗粒更小，宜选择细胞较小的微藻种类如金藻进行培养和投喂。

4. 方便水产动物幼体摄食 尽量选择运动能力较弱的种类，以方便摄食，特别是对于开食阶段的幼体，身体比较弱，游泳的能力比较差，应选择运动能力和分布水层都便于经济水产动物幼体摄食的生物饵料。通常水产经济动物幼体开食阶段都选择微藻和轮虫作为生物饵料，因为它们的活动能力较差，如轮虫的运动速度低于 0.03 cm/s ，而枝角类一般为 $1.8 \sim 2.5 \text{ cm/s}$ ，桡足类为 $4 \sim 5 \text{ cm/s}$ ，后两者游泳快，很难被早期的水产动物幼体开口摄食。有时在水产动物繁殖过程中，如蟹类育苗过程中，由于技术需要，必须投喂活动能力较强的生物饵料，一般将生物饵料，如卤虫无节幼体烫伤以降低其活动能力，再投喂早期的蚤状幼体。

5. 营养级低 在食性层次上，应选择较低营养级的生物饵料，如生产者的微藻和初级消费者（一般草食性或碎屑性食性，具有滤食性特征），食物链短，培养成本低。

（二）生物饵料的规模化或大量培养技术研究

要提高生物饵料大量培养的技术水平，首先必须获得大量的生物饵料的基本生物学资料，如形态、分类、自然分布特征等；特定培养条件下种群的生理生态特征、生殖性能（生殖力）和抗逆性能（盐度、温度、饥饿等变化）。进而获取大量培养的技术性指标，如合理的培养条件（水质条件、食物条件、生态结构）和合理的培养密度等。

(三) 生物饵料的营养价值评价

尽管生物饵料的营养丰富,能基本满足水产经济动物幼体的营养需求,但由于生物饵料的营养价值常随培养的食物种类而变化,营养不稳定,而且一些生物饵料如按照常规的规模化方式培养,作为水产经济动物饵料,其营养也常存在缺陷,特别是必需脂肪酸 HUFA 营养缺陷,所以,必须根据水产经济动物幼体的营养需求,通过筛选、定向培养和营养强化,获得符合某种水产经济动物幼体发育阶段营养需要的、营养全面和饵料效果好的生物饵料。如可通过营养强化弥补一些生物饵料如轮虫和卤虫的脂肪营养缺陷。在微藻培养方面,通过筛选和培养,最终选择富含 HUFA 的藻种和藻种品系,以满足水产经济动物幼体发育所需,并逐步建立生物饵料的营养价值评价体系,研究提高生物饵料营养价值的培养方法和技术。

生物饵料培养学的研究内容,决定了它在水产养殖学科中的重要地位,是水产养殖专业的核心课程之一,而生物饵料培养技术则日益成为水产养殖应用学科的核心技术之一,是水产养殖专业学生必须了解和掌握的基本技能。

第二节 生物饵料培养学产生、发展以及在水产养殖方面的应用

生物饵料培养学的学科发展,与水产动物增养殖,特别是与水产动物幼体的培育有密切关系,其发展的动力源于水产养殖,其发展的历史反映了其在水产养殖发展阶段中应用不断深化的历程。

一、微藻培养发展及在水产养殖方面的应用

水产动物增养殖的发展,首先必须解决养殖的苗种提供,苗种提供面临的关键问题之一就是苗种培育过程中的饵料供应,而饵料的供应,在自然水域中首选或基础的饵料是微藻,所以从自然水域中进行微藻筛选和培养的研究相对较早。世界上作为水产动物饵料的微藻培养,其历史可以追溯到 20 世纪初期(1910 年),首先由 Allen & Nelson 利用培养的单种硅藻饲养各种无脊椎动物。1938 年 Parke 分离获得球等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)的单种培养,并在水产动物育苗中应用,证实球等鞭金藻是双壳类的优良饵料。以后藻类培养被广泛地应用于贝类的育苗过程中。我国学者有关微藻培养的第一次报道是 1942 年,由朱树屏教授发表了“培养液的无机成分对浮游藻类生长的影响 I:培养液和培养方法”。其后他又发表了相关论文数篇。在海水微藻培养方面取得显著进展的 20 世纪中期,人工培养液(artificial media)的发展,特别是“F”配方(Guillard & Ryther, 1962)的发明,极大地促进了单种微藻的培养技术,使微藻在贝类育苗方面的应用成为可能。

继微藻应用于贝类的育苗并成功以后,微藻也相继应用于其他水产动物的育苗,但对微藻培养及其在鱼虾蟹类水产动物育苗方面的应用及作用的认识,经历了相对漫长的过程。

首先人们发现,在实验室里或生产中单纯用微藻培育大多数鱼虾蟹类幼体,很少能取得成功,只有极少数种类,如黄道蟹(*Cancer anthonyi*)幼体,能在球等鞭金藻和硅藻混合培养中从蚤 I 发育至蚤 V,其原因可能是对于大多数鱼虾蟹幼体,微藻个体太小(6~100 μm),限制了

幼体的摄食率,或像硅藻类都具有外胶质壳,而幼体消化系统中可能缺少分解这种胶质的消化酶,因此被幼体摄食后,被完整地排出体外。同时也可能是某些藻类中可能缺乏某些必需营养物质。所以人们对微藻的作用开始怀疑,甚至提倡只利用浮游动物作为生物饵料的“清水育苗(clean water breeding)”,即一种完全摒弃微藻的育苗方式。由于仅用浮游动物,水质相对于使用微藻育苗较清澈,所以通常称为清水育苗,而将在育苗过程中利用微藻(常使用绿藻,水体大多呈绿色,现泛指所有微藻种类)的育苗方式,统称“绿水育苗(green water breeding)”。

但以后研究和生产实践中逐步发现,对于某些鱼虾蟹种类,微藻对早期幼体开口阶段的发育具有重要作用,特别是在对虾类的育苗过程中,从无节幼体变态为蚤状幼体时,微藻的利用是必需的。研究发现,骨条藻、扁藻、金藻(15 000~50 000 个/ml)都能维持对虾幼体良好的生长和发育。经济蟹类早期发育,特别是开口阶段,可较好地吸收微藻进行发育变态,如中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) 在蚤Ⅰ和蚤Ⅱ期间单独投喂微藻也可顺利蜕皮变态。

微藻不仅可以直接作为虾蟹类幼体早期发育的饵料,而且也可直接作为某些海水鱼幼体开口阶段的饵料,如作为大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)、大西洋庸鲽(*Hippoglossus hippoglossus*)、大西洋鳕(*Gadus morhua*)、海湾大鳞油鲱(*Brevoortia patronus*)等幼体的饵料。不同的海水鱼幼体对摄取微藻的消化能力不尽相同。如大西洋庸鲽只能消化所摄取扁藻的1%~5%,而大菱鲆在孵化后4~5 d可以消化所摄取扁藻或金藻的69%±38%。

微藻对水产动物幼体发育的直接营养作用尽管因不同种类有较大差异,但研究也指出,对于鱼虾蟹幼体中那些单独投喂微藻,不能维持生长变态的种类,如果将微藻与动物性生物饵料混合投喂,与单独投喂动物性饵料相比,可提高幼体生长率和存活率,特别是在海水鱼幼体发育过程中,将微藻和轮虫混合投喂,效果要显著好于单独投喂。主要原因除了微藻对海水鱼的直接营养作用之外,更重要的是微藻能够刺激海水鱼虾蟹幼体的食欲,并引发消化过程,诱发摄食活动,进而捕食大规模的饵料;微藻还能改善幼体肠道和环境中微生物的群落结构,改变环境中的光照,以利于幼体摄食生物饵料;微藻可通过去除代谢产物,释放氧气来改善环境,从而促进生长;同时微藻可作为动物生物饵料的食物,间接营养幼体。目前“绿水育苗”好,已普遍得到公认。有理由相信,今后在鱼虾蟹类幼体培育过程中,微藻将会更加广泛地被应用。正因为如此,有关新的微藻种类的筛选、培养以及在水产动物幼体培育方面的应用不断见诸研究报道。

在水产养殖中,大量培养的微藻已有很多种,它们主要隶属于7个门,几十个属。Muller-Feuga (2000) 根据1997年世界范围的鱼虾贝育苗产量,推测需要培养的微藻产量(DW)在531~10 621 t(表0-1),而且逐年都有增加。

表0-1 1997年世界鱼虾贝育苗所需培养的微藻产量估算和趋势判断

(引自 Muller-Feuga, 2000)

	水产品总 产量(t)	每生产1t水产品 所需要的苗种 数量(10 ⁶)	生产苗种 总数(10 ⁶)	每10 ⁶ 所 需微藻量 (kg·d)	年需培养微藻(DW) 量(t)		趋 势
					高	低	
贝类育苗	7 442 555	0.1	744 256	14	10 420	330	增长
虾清水育苗	206 416	0.3	61 805	0.06	4	4	降低
虾绿水育苗	530 784	0.4	224 786	0.65	146	146	增长
海水鱼育苗	169 167	0.005	845	60	51	51	增长
	8 348 922				10 621	531	