

双壳贝类育苗

实用手册



封面照片：

从左上角开始顺时针排列： 玻璃钢圆柱形藻类培养器、小型贝类育苗室的内部场景、双壳类稚贝的浮筏中间培育、太平洋牡蛎D形幼虫的显微照片（由Michael M. Helm提供）和正在排卵的菲律宾蛤仔（由Brian Edwards提供）。

双壳贝类育苗 实用手册

联合国
粮农组织
渔业技术
论文

471

编撰人员：

Michael M. Helm

联合国粮农组织 顾问
加拿大，Nova Scotia

Neil Bourne

联合国粮农组织 顾问
加拿大，British Columbia

编辑：

Alessandro Lovatelli

内陆水资源和水产养殖处
联合国粮农组织渔业部
罗马，意大利

翻译：

陈家鑫

中国，黄海水产研究所

常亚青

中国，大连水产学院

联合国粮食和农业组织
罗马，2006

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展地位、或对其边界或国界的划分表示任何意见。

ISBN 92-5-505224-1

版权所有。为教育和非商业目的复制和传播本信息产品中的材料不必事先得到版权持有者的书面准许，只需充分说明来源即可。未经版权持有者书面许可，不得为销售或其它商业目的复制本信息产品中的材料。申请这种许可应致函：

Chief
Publishing Management Service
Information Division
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy

或以电子函件致：

copyright@fao.org

© 粮农组织 2006 年

撰写目的

本手册是联合国世界粮农组织渔业局水资源和水产养殖处的出版物之一。手册的内容覆盖了不同气候带所养殖的蛤类、牡蛎类和扇贝类及类似的双壳贝类集约化育苗技术。详细描述了育苗生产的全过程，并介绍了有益于育苗业发展的环境选择和相应的设备设计方案。本手册中也包含了陆上和海上稚贝中间培育技术和养成技术。出版本手册的意图是为贝类苗种集约化生产者提供技术帮助，以及为对该行业有兴趣的投资者提供评估资料。

本文作者收集整理了80多年来世界各地广泛养殖的双壳贝类的育苗在生物、管理及育苗场运行方面的经验。本手册编写的全过程是在联合国粮农组织渔业资源（水产养殖）官员Alessandro Lovatelli的协调下完成的。

本文作者向他们过去和现在的同事和业界的领导们表示由衷的感谢，本手册得以出版得益于他们的贡献。

本手册的版面由J.L. 卡斯蒂拉 希维特设计。

本文中所附的照片除署名的以外，均系本文作者的作品。

摘要

双壳贝类的养殖是世界水产养殖业中一项重要和发展迅速的领域，2000年双壳贝类产量为1400万吨，大约占到全球水产品产量的20%。双壳贝类产量的大部分来自于天然贝类资源，对某些种群而言，其捕捞量已经接近，甚至超过了该种群允许的最大的可持续生产量。无论是粗放养殖，或者是集约化养殖，通过捕捞并依赖天然种苗来增加产量在世界养殖业中由来已久，但自然界不可能保证提供足够的种源；争夺沿海水域和地盘日益加剧使得矛盾更为复杂。为了满足双壳贝类养殖业对种苗的需求，对具有高商业价值的种类，如蛤、牡蛎和扇贝等进行人工育苗是解决问题之良策。虽然目前人工育苗所生产的种苗只占到总需求量的一小部分，但是随着对养殖种类进行遗传改良工作的日益深入，使得改良后的性状更适合特殊的条件，人工种苗成为重要的贝苗来源成为可能。

在欧洲和美国开展双壳类育苗始于20世纪60年代。自彼时起，世界水产养殖业中占主导地位的各种双壳类的生物学研究和育苗技术在不断进步和完善。本手册将所能获取的资料，从亲本的采集、幼体培养、经中间培育直到可放养的规格等揉和到一起。重点是介绍为特定目的而建设的育苗场开展种苗集约化生产的技术，而不涉及陆上池塘养殖系统中所常用的粗放的种苗生产方法。就育苗全过程而言，中间暂养是育苗和养成之间的过渡阶段，本手册对将幼虫运到远离育苗场的养殖场所进行异地附着（固着）也做了描述和深入介绍。

本手册不是一部有关该学科的科学论文，它只是为读者提供有实际应用价值的技术，读者可从中了解双壳贝类生活史的不同阶段，在育苗生产中如何进行处理和管理的细节。大量的事例包含了不同气候带条件下最常见的养殖种类，如太平洋牡蛎，美洲牡蛎，欧洲平牡蛎，菲律宾蛤子，以及若干种扇贝。热带地区的双壳贝类养殖也包含其中。这里所介绍的方法对于那些在世界范围内经济价值稍次的种类也同样是适用的。作者认为，双壳类育苗生产与其说是一门科学，莫如说是一门技艺，因为许多育苗场在操作和管理中依靠的是熟练的技能和掌握的分寸。就此而言，经验丰富的育苗场管理人员认为，许多有关生产细节的资料都是能解决实际问题的“重磅炸弹”。作者也还考虑到育苗新手的需要，不仅介绍育苗中不同步骤是如何操作的，同时也介绍有关的生物学基础知识。本手册中所论及的内容，无论对严格要求的实验性育苗室，还是对商业性育苗场都一概适用。

本手册除了介绍育苗技术和方法以外，也涉及到育苗场地的选择以及育苗场的规划和设计。本手册也涵盖了若干新技术，这将有助于该产业在今后的发展中，提高技术的可靠性和经济的发展潜力。在这些新技术中，包含了多倍体培育、新品种的选择、配子的冷冻保藏，以及新型的非活性饵料的开发等。

关键词：海水养殖、双壳类养殖、双壳类育苗、双壳类稚贝中间暂养、双壳类种苗生产、牡蛎、蛤、扇贝

Helm, M.M.; Bourne, N.; Lovatelli, A. (编辑)

双壳类育苗。实用手册。

联合国粮农组织渔业技术论文。第471号。罗马，粮农组织。2006。162页。

目录

撰写目的	iii
摘要	iv
图录	ix
表录	xii
词汇表	xiii
缩略语和单位换算	xvi
前言	1
第一部分 育苗场址的选择、设计和经济效益评估	
1.1 场址的选择	5
1.1.1 概述	5
1.1.2 注意事项	5
1.1.2.1 政府法规	5
1.1.2.2 海水质量	6
1.1.2.3 育苗场场址的确定	6
1.2 育苗场的设计	7
1.2.1 概述	7
1.2.2 供水系统	8
1.2.3 硬件设施	10
1.2.3.1 饵料培养室	11
1.2.3.2 亲贝促熟和采卵车间	12
1.2.3.3 幼虫培育车间	12
1.2.3.4 稚贝培育车间	13
1.2.3.5 其它必需的空间	13
1.3 经济效益评估	13
1.4 参考文献	14
第二部分 双壳类的基础生物学：分类、形态结构和生活史	
2.1 分类和解剖学	17
2.1.1 概述	17
2.1.2 外部形态	17
2.1.3 内部结构	18
2.2 生活史	21
2.2.1 性腺发育和配子的排放	21
2.2.2 胚胎和幼虫的发育	22
2.2.3 变态	23
2.2.4 摄食	23
2.2.5 生长	24
2.2.6 死亡	24
2.3 参考文献	25

第三部分 育苗场的运作：单细胞藻类的培养

3.1 概述	29
3.2 藻种和一级培养的维护和管理	31
3.2.1 藻种的管理程序	32
3.2.2 一级培养程序	36
3.3 二级培养	37
3.3.1 培育的生长阶段	37
3.3.2 二级培养的操作细节	38
3.3.3 藻类密度的计算	40
3.4 三级培养	42
3.4.1 袋式培养或圆柱式培养	44
3.4.2 内部照明培养	45
3.4.3 三级培养的管理原则	46
3.4.4 自动化三级培养	49
3.4.5 存在问题和解决方案	50
3.4.6 室外粗放培养	50
3.5 参考文献	52

第四部分 育苗场的运作：亲贝促熟, 产卵和受精

4.1 亲贝促熟	55
4.1.1 概述	55
4.1.2 促熟方法	57
4.1.2.1 培育池系统和水处理	57
4.1.2.2 种贝的喂养	60
4.1.2.3 饵料投喂量的计算	61
4.1.2.4 流水系统的水量调节	62
4.1.2.5 促熟的两个阶段	62
4.1.3 热带地区双壳类的促熟	63
4.2 产卵和受精	63
4.2.1 概述	63
4.2.2 剥离获取配子	65
4.2.3 平牡蛎的特殊情况	66
4.2.4 卵生双壳类产卵的诱导	68
4.2.4.1 升降温刺激过程	69
4.2.4.2 雌雄异体双壳类的产卵过程	70
4.2.4.3 雌雄同体双壳类的产卵过程	71
4.2.5 受精过程	71
4.3 参考文献	73

第五部分 培育过程：幼虫培育基本方法, 摄食和营养, 生长和存活的影响因子及附着和变态

5.1 基本方法	77
----------------	----

5.1.1 概述	77
5.1.2 胚胎和胚胎的培育	78
5.1.2.1 胚胎和幼虫的培养池	78
5.1.2.2 水处理	78
5.1.2.3 胚胎的培育	79
5.1.3 幼虫培育方法	85
5.1.3.1 幼虫培育前准备	86
5.1.3.2 幼虫培育管理	87
5.1.4 幼虫高效培养	89
5.1.4.1 高密度培养	90
5.1.4.2 流水培养	91
5.1.5 幼虫生长和存活	92
5.2 摄食和营养	94
5.2.1 概述	94
5.2.2 饵料投喂要点	95
5.2.3 饵料的组成和投放量	96
5.2.3.1 投饵方法	99
5.2.3.2 投饵量计算	100
5.3 影响生长和存活的因素	102
5.3.1 概述	102
5.3.2 温度和盐度的影响	102
5.3.3 海水水质	104
5.3.4 卵和幼虫质量	107
5.3.5 病害	110
5.4 附着和变态	111
5.4.1 概述	111
5.4.2 幼虫的成熟	112
5.4.3 幼虫的变态	113
5.4.3.1 幼虫变态的诱导	113
5.4.3.2 适宜附着基质	113
5.5 参考文献	118

第六部分 育苗场的运作:在不同场所(育苗场,中间培育场,异地附苗场)培育稚贝的方法

6.1 概述	123
6.2 幼虫的异地附着	125
6.2.1 背景	125
6.2.2 运输幼虫前的准备	126
6.2.3 安置地的准备	126
6.2.4 眼点幼虫到达后的处理	127
6.2.5 幼虫附着和稚贝培育	128
6.3 前期稚贝的培育方法	129
6.3.1 概述	129
6.3.2 稚贝培育系统	129
6.3.3 单体牡蛎的培育系统	130
6.3.4 封闭上升流系统的操作	133

6.3.5 封闭的下降流系统的操作	134
6.3.6 稚贝的分选和计数	134
6.3.7 流水培育的操作	136
6.4 前期稚贝的食物和摄食率	138
6.4.1 食物种类的组成	138
6.4.2 摄食率的计算	138
6.5 生长和存活	140
6.5.1 不同种类的生长	140
6.5.2 投喂量对生长的影响	141
6.5.3 温度和投喂量的共同影响	143
6.5.4 存活	143
6.5.5 苗种生产	144
6.6 稚贝培育	145
6.6.1 陆基中间培育场	146
6.6.2 驳船式的培育场	149
6.7 参考文献	150

第七部分 人工育苗展望：先进技术的开发

7.1 遗传育种	155
7.1.1 多倍体育种	156
7.1.2 数量和分子遗传学	157
7.2 展望	158
7.3 参考文献	160

图录

图1: 1991年到2000年双壳类养殖和捕捞产量	1
图2: 1991年和2000年几种主要双壳贝类养殖和捕捞产量	2
图3: 世界各地现有的规模和复杂程度不一的双壳类育苗场	7
图4: 育苗场海水处理方法示意图	9
图5: 一般性的贝类育苗场的建筑平面图	11
图6: 硬壳蛤壳的内外形态	18
图7: 帘蛤属中一种蛤的软体部内部结构	18
图8: 牡蛎和扇贝的软体部照片	19
图9: 雌雄同体扇贝内部软体部的结构	19
图10: 大西洋海湾扇贝的配子发育期的卵巢组织切片的显微照片	21
图11: 大西洋海湾扇贝各个不同的发育阶段	23
图12: 贝类育苗中常用的两种单细胞微藻(A)等鞭金藻和(B)四片藻的光学显微镜图片, 及其相对个体大小	29
图13: 单细胞藻类生产程序	31
图14: 藻类生产过程中的各种必要条件	31
图15: 用于保存少量单细胞藻类的控光控温培养箱	32
图16: A - 接种箱示意图. B - 小型高温高压消毒器	33
图17: 一级培养所用的典型设施和日常操作	36
图18: 两种不同的二级培养容器:A:20升的圆底烧瓶 B:15 - 20升的细口玻璃瓶	37
图19: 大形绿色鞭毛藻的典型生长曲线, 说明单细胞藻类的生长时相	38
图20: 血球记数板上小格的划分	41
图21: 在贝类育苗场内使用的用于藻类细胞记数的电子颗粒计数器	42
图22: 藻类的大规模培育一般在大的圆桶或方形池内进行, 在其上方配备有照明灯	43
图23: 具有水冷却和内部照明的高效单细胞藻培养器	43
图24: 聚乙烯袋和太阳能级的玻璃钢圆柱形培养系统示例	44
图25: 培养系统的产量与输入的光能之间的关系	46
图26: 200升内照明培养系统中光照强度对产量的影响	47
图27: PHCD(A)和pH值(B)对细胞分裂速率的影响, 以及盐度(C)对四片藻生产量的作用	48
图28: 四片藻在半连续培养条件下, 其产后密度与细胞产量、重量之间的关系	48
图29: 骨条藻在两个不同光照强度和硅浓度培养条件下, 产后细胞密度(PHCD)和产量的关系	49
图30: 恒浊器式的藻类连续培养系统	49
图31: 微藻室外的大规模培养	51
图32: 典型的亲本促熟系统	56
图33: 性腺发育完全成熟的杂色海湾扇贝的解剖图	56
图34: 养殖蛤类中的常见种	57

图35: 图A显示种贝蓄养在网箱中,网箱上具有大孔可以让代谢废物排出;图B的水池结构与A型池相似,但带有细砂砾过滤层。A型系统适合大多数不需要砂土层的种类。蛤和某些扇贝更适合在B型池中生活	58
图36: A-D:各种类型用于亲本促熟的流水蓄养池	59
图37: 一个120升的暂蓄养池,放养有55只牡蛎,平均活体重为80克	60
图38: 一只正在产卵的雌性菲律宾蛤子	64
图39: 用吸管将太平洋牡蛎的配子剥离并转移到装有过滤海水的烧杯中	65
图40: 处在性腺发育期的平牡蛎内部结构	66
图41: 欧洲平牡蛎幼虫孵育期的变化阶段	67
图42: 刚离开母体的平牡蛎面盘幼虫(壳长约175微米)	67
图43: 对欧洲平牡蛎亲本进行促熟和培育的实验装置	67
图44: A-将欧洲平牡蛎的幼虫从正在孵化的成体中分离出来	68
图45: 诱导卵生型双壳类产卵广泛使用的产卵槽示意图	69
图46: A-在产卵盘中对 <i>Pecten ziczac</i> 成体进行热处理	70
图47: 照片次序说明在百慕大群岛生物学研究站雌雄同体杂色海湾扇贝产卵过程	72
图48: 受精后约50分钟后太平洋牡蛎的卵	73
图49: 受精卵的早期胚胎发育	73
图50: 不同种类的受精卵在盛有过滤海水的不同类型水桶和水槽中孵化2-3天	78
图51: 太平洋牡蛎 D形幼虫(受精后48小时)显微照片	79
图52: 胚胎(和幼虫)培育容器	79
图53: 水处理配套设备示例	80
图54: 双壳贝类胚胎早期发育过程	80
图55: 幼虫个体大小的测量	81
图56: 收集D形幼虫用的筛网	82
图57: (A)用直径20厘米的筛网收集到的大约500万枚杂色海湾扇贝幼虫;(B)上述的幼虫倒入4升带刻度的容器,准备估测数量	82
图58: 估算幼虫数量的器材	83
图59: 幼虫取样、估计数量的步骤	84
图60: 幼虫培育日志示例。它有利于跟踪每批幼虫的生长状况	88
图61: 静态幼虫培育池的换水情况	89
图62: 双壳类幼虫高密度培养条件下饵料细胞密度自动控制装置	90
图63: 流水幼虫培育典型装置	91
图64: 实验性流水培育槽以及附属装置的详细说明	92
图65: (A):太平洋牡蛎的发育和生长;(B):扇贝 <i>Pecten ziczac</i> 幼虫显微照片	93
图66: 几种暖水双壳类变态阶段的生长比较	94
图67: 发育至第8天的三个扇贝幼虫的游动和摄食的状态	94
图68: 饲喂3种不同饵料对平牡蛎生长、发育和附着的结果	95
图69: 几种营养价值不同的微藻中高不饱和脂肪酸的相对含量,以及总脂肪酸占无灰干重的百分含量	96
图70: 四种双壳类投喂不同饵料的生长情况	99
图71: 温度、盐度对虾夷扇贝幼虫生长的影响	103
图72: 在不同温度和盐度条件下,红树林牡蛎和太平洋牡蛎D形幼虫的生长情况	104
图73: 不同种温度条件下菲律宾蛤子D形幼虫到变态期的生长曲线	104

图74: 生物测定法比较人工海水和正常处理海水中太平洋牡蛎受精卵发育到D形幼虫时的相对存活率	105
图75: 太平洋牡蛎幼虫在25° C正常养殖海水和人工海水条件下,6天的生长比较	107
图76: 欧洲平牡蛎幼虫离开母体后所观察到的生长指数	107
图77: 菲律宾蛤子在促熟期间投喂不同饵料后卵子内高不饱和脂肪酸的组成	108
图78: 欧洲平牡蛎养殖条件和野生种幼虫高不饱和脂肪酸组成的比较	108
图79: 太平洋牡蛎脂肪总含量和发育到D形幼虫阶段的百分率的关系	109
图80: 太平洋牡蛎刚排放出的卵的脂肪总含量(毫克/100万卵)和两年内不同月份海水中叶绿素含量的变化	109
图81: 欧洲平牡蛎幼虫离开母体后壳的增长量和幼虫体内的脂肪含量的关系	110
图82: 双壳类幼虫壳长增长与幼虫的无灰重量(A)和脂肪(B)含量的关系	110
图83: (A)杂色海湾扇贝幼虫的游泳和摄食器官——面盘,和(B)匍匐期的眼点幼虫	112
图84: 幼虫附着前,大量的幼虫聚集在一起,形成“线状”或“漏斗”状的团块	112
图85: 位于加拿大BC省温哥华岛的牡蛎变态附着池	113
图86: 聚氯乙烯板作为牡蛎幼虫的附着基质	115
图87: 扇贝幼体可以在放满附着基的静水水槽中以1000-2000个/升的密度进行附着	116
图88: 百慕大生物研究站用具尼龙网底的圆筒形碟盘式培育器培育扇贝幼虫	117
图89: 在加拿大BC省收到的包在尼龙网内的太平洋牡蛎眼点幼虫	126
图90: 在加拿大BC省的一个地方放置的附苗水槽	127
图91: 用简单的水槽系统培育附着于贝壳附着基上的稚贝	130
图92: 专门为培育扇贝稚贝的封闭式下降流培育系统,稚贝养在圆筒内	131
图93: 稚贝培育系统的上升流和下降流的不同循环模式	132
图94: 封闭式的上升流系统用来培育小规格的牡蛎稚贝	133
图95: 手工分级筛对幼苗进行分级	135
图96: 流水系统中养殖后期稚贝的上升流水槽	137
图97: 育苗场培育双壳类幼虫用的海藻膏,可以部分或全部替代活饵料	138
图98: 太平洋牡蛎,菲律宾蛤子和杂色海湾扇贝在相似的条件下的生长比较	140
图99: 太平洋牡蛎幼虫的投喂量和生长的关系	141
图100: 在24° C水温条件下以等鞭金藻和四片藻作为混合饵料,比较欧洲牡蛎和太平洋牡蛎不同投喂量时的生长率	142
图101: 杂色海湾扇贝附着6周后的存活和生长情况	144
图102: 育苗生产不同环节的总流程图	144
图103: A-陆基中间培育场,漂浮的驳船或浮筏育苗设备	145
图104: 陆基中间培育场	146
图105: 加拿大Nova Scotia的陆基中间培育系统的数据	147
图106: 浮筏或驳船式中间培育场	148
图107: 一个利用轴流泵推动的商业型的小上升流培育场	149
图108: 潮汐供电漂流式上升流系统——FLUPSYS	150
图109: 三倍体诱导模式图	156
图110: A:静水压力机用于对受精卵施加压力,抑制减数分裂;B:双壳类配子的超低温冷藏设备	159

表录

表1: 双壳类幼虫和稚贝培育中常用的微藻, 及其细胞体积、有机物质量和粗脂肪含量 ..	30
表2: Erdschreiber 培养液的成分和制备	33
表3: 用于双壳类育苗用的F/2藻类培养基(引用自 Guillard, 1975)	34
表4: 用于双壳类育苗用的HESAW培养基(引自Harrison等, 1980)	35
表5: 培养硅藻的营养盐配方(如果用于培养鞭毛藻不加母液C)	39
表6: 小规模批量培养(B)和半连续培养(SC)方法下, 不同藻类的细胞密度	40
表7: 四片藻和褐指藻在不同类型的大型培养器中培养结果的比较	45
表8: 不同饵料对欧洲平牡蛎配子产生的影响	61
表9: 普遍养殖的双壳类的亲本促熟和卵(或幼虫)产量的汇总资料	64
表10: 几种代表性双壳贝类胚胎和早期幼虫发育过程中培育密度(千枚/升)、最初D形幼虫大小(壳长, 微米)、D形幼虫密度(千枚/升)和培养条件包括温度($\pm 2^{\circ}\text{C}$)和盐度($\pm 5\text{PSU}$)的数据	81
表11: 筛网孔径及其滤出幼虫的最小尺寸	83
表12: 5个高密度组与正常密度组的平牡蛎幼虫和3个高密度组与正常密度组的太平洋牡蛎幼虫的对比试验	90
表13: 三种常见双壳类每枚幼虫每天摄食藻细胞的数量与幼虫平均壳长的关系	102
表14: 以1000升水体中培育200克牡蛎稚贝的密度, 试验不同规格的稚贝对培育水体和日粮的需求	125
表15: 在 24°C 条件下, 投喂量R在0.2和0.5之间变化时, 最初活体重为2毫克的欧洲平牡蛎和太平洋牡蛎七天后的平均活体重	142
表16: 欧洲平牡蛎初始活体体重为2毫克时, 温度和投喂量对生长的共同作用效果	143

词汇表

中文	英文	解释
闭壳肌	Adductor muscle	将双壳类的两个壳收缩、合拢到一起的肌肉
藻类	Algae	产生孢子的低等水生植物
前或头	Anterior	前部或头部
外耳	Auricle	与扇贝有关的构造，在扇贝壳铰合部两侧的耳状或翼状的突出物（有时候也指接受血液系统回流到心脏血液的器官）
单种无菌培养	Axenic	一种为特殊需要而设计的培养方法，将单一种的细胞在无菌条件下培养
咬合	Biting	两个扇贝的壳互相交错地咬在一起，有时后会伤及彼此的软体部
双壳类	Bivalve	瓣鳃纲（ <i>Pelecypoda</i> ）软体动物，它们有两瓣由铰合部连接在一起的外壳
足丝	Byssus	由双壳类自身分泌用来附着的丝线状纤维
纤毛	Cilia	纤细的毛状物，通过它的有节奏的摆动引起水的流动
栉鳃	Ctenidia	叶片状器官，用于呼吸和从水体中过滤食物（与“gill”通用）
附着基	Cultch	用来采集稚贝的器材
半鳃	Demibranch	双壳类鳃的半叶
有机碎屑	Detritus	动植物尸体分解后的碎片
硅藻	Diatom	硅藻纲（ <i>Bacillariophyceae</i> ）的单细胞藻类，有时也成链状，细胞外具硅质外壳（frustule）
双闭壳肌类	Dimyarian	具有两个闭壳肌的双壳类，如蛤和贻贝
雌雄异体的	Dioecious	雌雄生殖器官分别长在不同的个体上的生物
二倍体	Diploid	细胞内具有的正常的双倍染色体组（2n）
背部	Dorsal	生物体背离地面的部位
下降流	Downwelling	育苗中所用的术语，在稚贝培育系统中，水流是自上向下流动（相对于上升流而言）
D形幼虫	D-larva	双壳类早期的面盘幼虫，又称之为直线铰合期幼虫
胚胎	Embryo	早期发育的阶段的生物体，在双壳类中指幼虫期前的生物体
出水孔	Exhalant	双壳类向外排水的部位
外来的	Exotic	从国外或者从其他地域向本地引进的
眼点	Eyespot	某些双壳类幼虫达到成熟期时出现的简单的感光器官

受精	Fertilization	精、卵的结合过程
鞭毛藻	Flagellate	一类单细胞藻类，具有其特有的运动器官鞭毛
硅质膜	Frustule	硅藻类所具有的含硅的壳状的细胞膜
配子	Gamete	成熟的、单倍染色体的、具有与对应的性细胞相结合，形成合子的性细胞
配子形成	Gametogenesis	精子和卵子产生的过程
鳃	Gill	叶片状器官，用于呼吸和从水体中过滤食物（见条目“ctendia”）
养成	Growout	将育苗生产的种苗养到商品规格的过程
盐跃层	Halocline	海洋学中盐度呈现急剧变化的水层
铰合部	Hinge	双壳类背缘将两瓣壳连接在一起的部位
高度不饱和脂肪酸	HUFA	具有多个双链的不饱和脂肪酸，又称之为多不饱和脂肪酸
土生种	Indigenous	当地原产的，非从外地或国外引进的种类
进水管	Inhalant	双壳类从外界进水的水管
幼虫	Larva	双壳类从胚胎到变态完成前的阶段
韧带	Ligament	纤维状具有弹性的物质，位于铰合部连接两个壳瓣
外套膜	Mantle	包被双壳类软体部的膜状物，具分泌贝壳的功能
平均数	Mean	统计数的均值
减数分裂	Meiotic Division	细胞分裂时将正常染色体数减半的过程
变态	Metamorphosis	对双壳类而言是从幼虫发育成稚贝的阶段
微藻	Microalgae	微形藻类，有单细胞的，也有链状的硅藻，在育苗场培养用于幼虫和稚贝的饲料
微升	Microlitre (μl)	1毫升的千分之一
微米	Micrometer (μm)	1毫米的千分之一
雌雄同体的	Monoecious	雌雄生殖器官发生在同一个个体上
单闭壳肌类	Monomyarian	只有一个闭壳肌的双壳类，如牡蛎和扇贝
天然附着	Natural Set	双壳类天然种群产卵所得到的稚贝
外套痕	Pallial Line	双壳类贝壳的内表面由外套膜留下的斑痕
唇瓣	Palp	位于口两侧的附属感觉器，帮助将食物输送到口内
足	Pedal	与足有关
酸碱度	pH	氢离子浓度指数，系度量酸度的符号
浮游生物	Plankton	具有漂浮和微弱游动能力的水生生物，包括浮游植物（phytoplankton）和浮游动物（zooplankton）

以浮游植物为食的	Planktotrophic	形容某类生物的食性是以浮游植物为生的
极体	Polar Body	精子进入卵子后，卵子进行减数分裂时释放出来的极小的细胞，使卵子成为单倍体
多倍体	Polyploid	染色体组超过正常二倍体（2n）的生物
后端	Posterior	与头部相对的一端
原核	Pronuclei	卵子完成减数分裂，尚未与精核相融合的核
假粪	Pseudofaeces	未进入贝类消化道就被排出的废物
实际盐度单位	PSU	度量盐度的单位，相当于ppt
弹性韧带	Resilium	位于铰合部韧带的内部，当闭壳肌松弛时使得双壳类的壳张开
盐度	Salinity	海水中的盐含量，通常用千分之几（ppt）或实际盐度单位（PSU）表示
种苗	Seed	育苗场用的术语，指可供出售的稚贝
附着	Settlement	成熟的幼虫寻求附着基准备附着的行为
壳高	Shell Height	从壳顶到壳腹缘的直线距离
壳长	Shell Length	壳前后缘间的直线距离
稚贝	Spat	刚附着的双壳类的幼体，也叫做后期幼虫（post larval）或幼体（juvenile）
直线铰合期	Straight-hinge	双壳类幼虫的早期阶段，又叫做D形幼虫阶段
触手	Tentacle	由外套膜边缘伸出的细而长、具有感觉功能的器官
四倍体	Tetraploid	具有正常二倍体（2n）双倍的染色体组（4n）
温跃层	Thermocline	水温在垂直范围内剧烈变化的区域
三倍体	Triploid	比正常二倍体生物多出一套染色体组（3n）
担轮幼虫	Trochophore	双壳类幼虫发育过程中的一个浮游阶段的幼虫
壳顶	Umbo, umbone	贝壳背部突出的部分，也是双壳类贝壳最老的部分
上升流	Upwelling	育苗中的一个术语，水流从培养容器的底部进入，从上部流出，相对于下降流而言（downwelling）
泌尿生殖的	Urogenital System	与排泄生殖有关的器官
壳瓣	Valve	双壳类两个壳中的一片，合起来成为一个完整的贝壳
面盘幼虫	Veliger Larva	大多数软体动物的幼虫阶段，具有一个面盘
面盘	Velum	幼虫具有的带有纤毛的运动器官
腹部	Ventral	位于动物身体腹面或下端的部位
合子	Zygote	雌雄配子结合后的双倍体细胞（2n）

缩略语和单位换算

BBSR	百慕大生物研究站
DHA	二十二碳六烯酸
DOPA	二羟苯丙氨酸
EDTA	乙二胺四乙酸二胺
EPA	二十碳五烯酸
FAO	联合国粮农组织
FLUPSY	浮动上升流系统
FSW	过滤海水
GI	生长指数
GRP	玻璃强化塑料
HUFA	高度不饱和脂肪酸
LDR	光敏电阻
MAFF	农业食品及渔业部
NTM	净处理死亡率
PHCD	收获后细胞密度
PUFA	多不饱和脂肪酸
PVC	聚氯乙烯
RSR	电阻传感继电器
SI	国际标准系统
TBT	磷酸三丁脂
TCBS	硫代硫酸盐、柠檬酸盐、胆汁、蔗糖培养基
UV	紫外线

以下符号不一定出现在本手册中，仅供读者在阅读其他文献时参考

<	小于
>	大于
n.a.	没有分析或没有数据，也写作N/A
µm	微米
mm	毫米
cm	厘米
m	米
km	千米
inch	英寸
ft	英尺
yd	码
mi	英里
ft²	平方英尺
yd²	平方码

mi²	平方英里
m²	平方米
ha	公顷
km²	平方公里
cc	立方厘米, 等于毫升 (ml)
M³	立方米
ft³	立方英尺
yd³	立方码
μl	微升
ml	毫升, 等于cc
l	升
μg	微克
mg	毫克
g	克
kg	千克
mt	公吨 (1 000千克), 也写作tonne
oz	盎司
lb	磅
cwt	英担
t	吨
psi	磅/平方英寸
psu	实际盐度单位
gpm	加仑/分
mgd	加仑/天
cfm	立方英尺/分
ppt	千分之几 (‰)
ppm	百万分之几
ppb	10亿分之几
min	分
hr	小时
kWhr	千瓦小时

单位换算

附录的这一节在内容上是与缩写部分相关联的单位。请注意某些单词, 如加仑和吨等, 英国的标准与美国的标准是不同的。在阅读原文时要弄清楚是来自英国的还是美国的标准。

长度

1 μm	0.001 mm = 0.000001 m
1 mm	0.001 m = 1 000 μm = 0.0394 inch
1 cm	0.01 m = 10 mm = 0.394 inch
1 m	1 000 000 μm = 1 000 mm = 100 cm = 0.001 km = 39.4 inch = 3.28 ft = 1.093 yd
1 km	1 000 m = 1 093 yd = 0.621 mi

1 inch	25.38 mm = 2.54 cm
1 ft	12 inch = 0.305 m
1 yd	3 ft = 0.914 m
1 mi	1 760 yd = 1.609 km

重量

1 μg	0.001 mg = 0.000001 g
1 mg	0.001 g = 1 000 μg
1 g	1 000 000 μg = 1 000 mg = 0.001 kg = 0.0353 oz
1 kg	1 000 g = 2.205 lb
1 mt	1 000 kg = 1 000 000 g = 0.9842 UK t = 1.102 US t
1 oz	28.349 g
1 lb	16 oz = 453.59 g
1 UK cwt	112 lb = 50.80 kg
1 US cwt	100 lb = 45.36 kg
1 UK t	20 UK cwt = 2 240 lb
1 US t	20 US cwt = 2 000 lb
1 UK t	1.016 mt = 1.12 US t

体积

1 μl	0.001 ml = 0.000001 l
1 ml	0.001 l = 1 000 μl = 1 cc
1 L	1 000 000 μl = 1 000 ml = 0.220 UK gallon = 0.264 US gallon
1 m ³	1 000 l = 35.315 ft ³ = 1.308 yd ³ = 219.97 UK gallons = 264.16 US gallons
1 ft ³	0.02832 m ³ = 6.229 UK gallons = 28.316 l
1 UK gallon	4.546 l = 1.2009 US gallons
1 US gallon	3.785 l = 0.833 UK gallon
1 MGD	694.44 GPM = 3.157 m ³ /min = 3 157 l/min

浓度

1 %	1 g/100 ml
1 ppt	1 g/1 000 ml = 1 g/1 l = 1 g/l = 0.1%
1 ppm	1 g/1 000 000 ml = 1 g/1 000 L = 1 mg/l = 1 $\mu\text{g/g}$
1 ppb	1 g/1 000 000 000 ml = 1 g/1 000 000 l = 0.001 ppm = 0.001 mg/l

液 / 液稀释

1 %	1 ml/100 ml
1 ppt	1 ml/1 000 ml = 1 ml/1 l = 1 ml/l = 0.1%
1 ppm	1 ml/1 000 000 ml = 1 ml/1 000 l = 1 $\mu\text{l/l}$
1 ppb	1 ml/1 000 000 000 ml = 1 ml/1 000 000 l = 0.001 ppm = 0.001 ml/l

面积

1 m ²	10.764 ft ² = 1.196 yd ²
1 ha	10 000 m ² = 100 ares = 2.471 acres
1 km ²	100 ha = 0.386 mi ²
1 ft ²	0.0929 m ²
1 yd ²	9 ft ² = 0.836 m ²
1 acre	4 840 yd ² = 0.405 ha
1 mi ²	640 acres = 2.59 km ²

温度

°F	(9 \div 5 x °C) + 32
°C	(°F - 32) x 5 \div 9

压力

1 psi	70.307 g/cm ²
-------	--------------------------

科学单位

在本词汇表中, 科学家以不同的方式来书写所使用的单位。他们所采用的是所谓的国际系统单位(SI)。例如, 1 ppt在学术文献中也写作1 mg/l或者1 mg l⁻¹。

1 g/kg写作1 g kg⁻¹。12 mg/kg写作12 mg kg⁻¹。95 μg/kg写作95 μg kg⁻¹。

放养密度11 kg/m³ 写作11 kg m⁻³。这种标准系统在商业性的水产育苗和养殖中不通用, 所以在本手册中不采用。有关这方面更多的信息可在因特网上查阅。

前言

双壳类软体动物(包括牡蛎、贻贝、蛤和扇贝等)在世界渔业生产中占有重要份额。2000年, 捕捞和养殖的双壳贝类的生产量达到14204152吨(图1)。从1991年到2000年, 这10年间双壳贝类产量持续增长, 上市量从1991年的630万吨剧增到2000年的1400万吨。

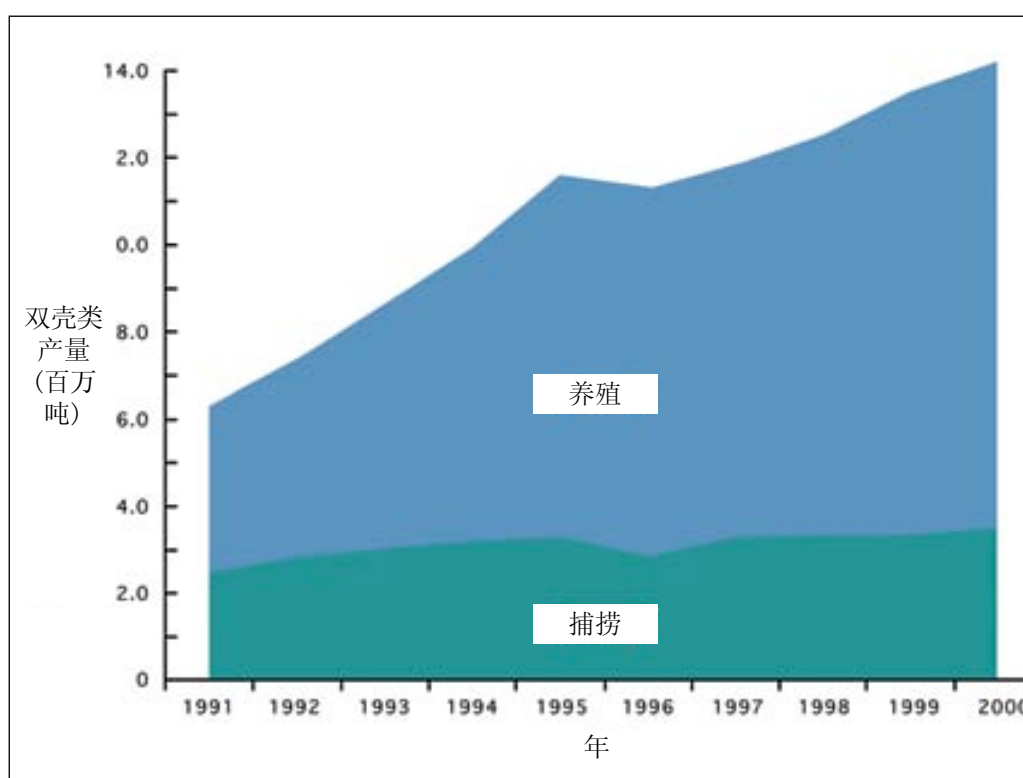


图1: 1991年 - 2000年双壳类养殖和捕捞产量(引自FAO水产统计年鉴)。

海产品是世界人民食物组成中重要、而且必需的部分。随着人口的增多, 对海产品产量的需求迅速增加。有些国家, 不仅把海产品看作是人类食物中的重要组成, 而且视为维护健康不可或缺的成分, 所以这些国家对海产品需求增加更快。软体动物的生产和采捕, 尤其是其中的双壳贝类, 对于满足不断增长的需求是非常重要的。随着对双壳贝类自然资源的采捕逐渐增多, 很多野生种群资源几乎已经达到或超过其可持续生产量的极限, 一些地区的种群资源已经被过度采捕。所以开展双壳类养殖是解决野生贝类资源被过度采捕的良策。

从1991年到2000年这10年间, 野生双壳贝类捕捞量仅增加了250-350万吨。然而养殖的贝类上市量在这一期间却增加了一倍以上, 从630万吨增加到1400万吨(图2)。2000年, 双壳贝类的世界总产量接近75%是靠不同形式的养殖生产得到的。

双壳贝类是比较理想的养殖生物: 它们是藻食性动物, 除了海水中的天然藻类以外不需要额外的食物, 所需要的日常管理也很少。虽然贝类的养殖生产已经有几百年历

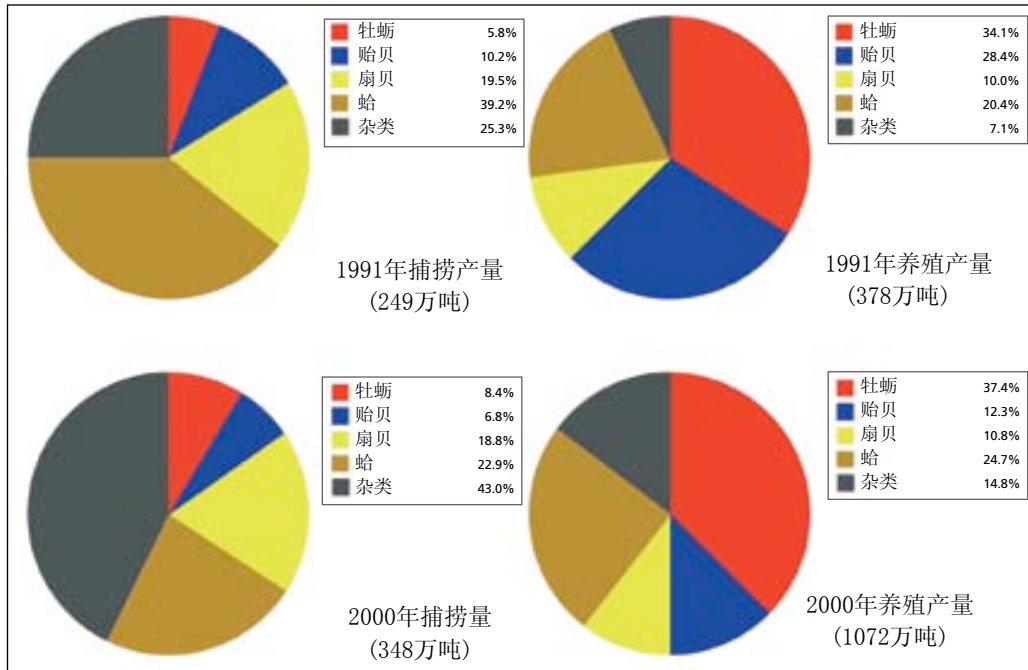


图2: 1991年和2000年几种主要双壳贝类养殖和捕捞产量。

史,但养殖产量得到显著的增加只是近几年的事,这得归因于养殖技术上的进步。要满足不断增长的贝类需求量,需要不断地提高养殖的工艺和技术,同时也使双壳贝类的养殖产业受到投资者和那些希望成为贝类养殖者的青睐。贝类养殖生产效率的提高将会越发显得重要,因为随着人口增长和城市化的发展,贝类养殖场会被局限在一个特定的区域内,而且受到限制的程度将会不断加深。

养殖生产需求的一个基本的条件是得到大量可靠,并且廉价的幼虫(种苗)供应。目前,世界上大部分双壳类养殖生产是从野外采捕幼虫。在贝类天然繁殖区域投放幼虫附着基,收集变态的幼虫后转移到养殖生产海区使其长成商品规格。也有在天然种苗丰富的海区采集幼虫后运到与采苗场相距很远的海区进行养殖。在贝类天然繁育场采集幼虫,在世界贝类生产上的重要意义还将维持下去,并且无疑在一些地区对来自这一种源的种苗需求量还会有所增加,以满足养殖生产之需,所以对天然种苗繁殖区的重要性应该得到重视,采取一切必要的保护措施也是值得的。

有很多双壳类养殖地区不存在天然采苗场,或者即使存在,也不足以满足生产需要,或者繁殖情况不稳定以致无法保证每年的苗种供应。另外还存在其它一些情况,采捕的天然苗种不适合养殖生产。有些养殖户希望培育或养殖特定的贝类品种或品系以适应他们的各自需要,这类可供养殖的幼虫无法从当地或附近获得。还有一个原因就是养殖户想引进一些非本地种,一时又无法得到,所以在育苗室内通过人工育苗生产种苗可以替代采捕天然苗种。双壳贝类的育苗已经有将近半个世纪的历史,并且有些国家的育苗技术基础很好。人工种苗生产是由多个环节组成的一个整体,它将成为主要的,甚至是唯一的苗源。将来,双壳类的育苗生产对养殖生产而言一定会变得更加重要,因为随着贝类养殖业的发展定会需要更多的苗种。人工育苗相对采集天然苗种来说有以下几个优点:它具有可靠性,并且在自然条件适宜时,提供给养殖户去放养,通常较自然采捕的时机早;它可以为养殖户提供从天然环境中无法得到的种苗,例如通过遗传改良,可以为当地养殖生产提供具有更好生物学特性的品系或者是外来贝类苗

种。成本较高是人工育苗的最大弊端,因为在育苗场里繁殖种苗比采集天然苗种花费更多金钱。虽然过去由于经济因素导致某些双壳类育苗的生产量减少,但是近几年来育苗技术的提高增强了人工育苗的可靠性和价格竞争力。世界上不少地区已经只靠人工育苗来供应养殖生产所需的种苗。今后还可以把它变得更加有效,更广泛的被生产者所接受。

建设和运作双壳类的人工育苗生产是一项规模大,投入多的工程,必须在投资前详细地做好各阶段的发展计划,否则必将以失败而告终。创立和发展人工育苗生产不只有一条路可以走,事实上随着育苗种类数量的增加,很多育苗场都是从小规模运作开始,随着市场的扩大而发展。不同区域的人工育苗生产在设计规划和建设上存在着差异,因为养殖种类和生产的产品的目标不同,尤其是各地条件不同,养殖业主的个性不同。然而,任何贝类的人工育苗生产均有共同点——亲贝促熟、产卵、采苗以及稚贝的育成,还有就是供给不同阶段贝类的饵料(藻类)的培育操作都是一样的。尽管这些基本要素对于任何一种贝类的人工育苗而言几乎都是相同的,但是在具体的技术环节上存在着差异,而且每一阶段的生产效率都有待提高,以获得最大生产效率。

本手册的宗旨是为进行双壳类人工育苗的人员作参考。虽然有些文献已经阐述了双壳类的人工育苗,但是有些已过时,没能将最新的技术进步包括其中。本手册也为刚刚进入该领域的育苗新手提供一本生产实践所需的基本参考书。本手册也为计划进入到贝类苗种生产行业里的投资者提供一些参考资料,帮助他们判断投资与否。这些并不意味着本手册是在科学理论上十分严谨的著作,事实上大部分的内容均来自作者收集到的80年来的实践经验。虽然贝类人工育苗已有大量的相关文献,但是很多相对实用的书籍发行量有限或者只能通过供应专业书籍的地方获得,许多读者也许无法得到这些资料,所以力图使本手册做到内容丰富、易于购买。本书并没有给出大量的参考文献,而只是在每一部分后面列出若干与育苗生产相关的信息供读者参考。

第一部分

育苗场址的选择、设计和经济效益评估

1.1 场址的选择	5
1.1.1 概述	5
1.1.2 注意事项	5
1.1.2.1 政府法规	5
1.1.2.2 海水质量	6
1.1.2.3 育苗场场址的确定	6
1.2 育苗场的设计	7
1.2.1 概述	7
1.2.2 海水供应系统	8
1.2.3 硬件设施	10
1.2.3.1 饵料培养室	11
1.2.3.2 亲贝促熟和采卵车间	12
1.2.3.3 幼虫培育车间	12
1.2.3.4 稚贝培育车间	13
1.2.3.5 其它必需的空间	13
1.3 经济效益评估	13
1.4 参考文献	14

1.1 场址的选择

1.1.1 概述

建立双壳贝类育苗场时,选择合适的地理位置非常重要,但常被人们忽视。选择场地时在基本建设方面需要考虑诸多的因素,例如:土地价格,电力和淡水资源,高素质的劳动力和便利的交通条件等。更深一层考虑,有的育苗场是为养殖场配套的一部分,所以育苗场最好靠近现有的双壳贝类快速生长的养成场。另一个重要因素是公司或者个人是否拥有在这块最便利的土地上建造育苗场的开发权。当然,把育苗场建立在完全理想的地点几乎是不可能的。但是有些标准必须要达到,否则育苗场难以成功。

1.1.2 注意事项

1.1.2.1 政策法规

选择场址时最主要的是要获得政府的许可。通过咨询各级政府相关部门,可以很快的得知结果。如果政策不允许你在选中的地方建场,要么另择地址,要么努力使政府改变当前的规定。

获准前有许多工程和环境方面的手续要办。这是一个耗费时间和金钱的过程,而且在批准建场前还需要对育苗场当地环境的潜在影响进行评估。

1.1.2.2 海水质量

选择场址时最重要的是,选定的海域周围的海水水质全年都要符合要求。如果水质不好,想建设一个效率高、效益好的育苗场是十分困难的。因此应该通过一点或多点的全年监测,努力获取尽可能多的水质方面的资料。水质资料不仅仅指水表层的资料,还应该包括各个水层的全部资料。因为温跃层是不断变化的,而且会有周期性的上升流出现。即使该水域已经进行过海洋学调查,借鉴数据时也应慎重,需要做进一步检测。如果没有进行过调查,应在选中的地点至少开展一年的取样分析调查。

海水需要检测的部分环境参数取决于当地的地理位置和计划养殖的品种。双壳类的幼虫、稚贝和成体的生理对环境都有严格要求,比如水温、盐度和含氧量。育苗场必须保持这些条件在一定的水平上。热带地区的水温比温带地区要高,当地的双壳类比较适应较高的水温,因此育苗场所在地的水温不可以下降太多以免对幼苗或稚贝产生不良的影响。在温带地区,水温不可以过高或过底,否则会导致幼苗和稚贝的死亡。双壳类可以忍受盐度的大幅度变化和起伏,还必须考虑建立全面的监测系统。广盐性种类能忍受的盐度范围比较广(从河口到高盐度海水)。周期性的暴雨不仅会导致一个阶段内海水盐度下降,而且淤泥和其他物质的增加也会导致育苗过程出现问题。某些海藻和细菌大量繁殖,密度增加,释放出有毒物质导致幼虫和稚贝生长速度减缓、存活率下降,甚至大规模死亡。因此选择场址时要尽可能多的收集有关参数的数据。改善水质的花销颇大,对投资者的收益产生负面影响,是不可取的。

场址应远离有污水排出的工厂。许多工厂排出的污染物对生物的致死量和亚致死量并没有被研究透彻,许多工厂在近海排放的一系列潜在的有毒物质所产生的叠加效应是否会产生更大的危害也不甚了解。污染物对贝类幼虫的危害尤为突出,例如,用于船舶防污漆中的成分磷酸三丁酯(TBT)即使只有十亿分之几,对贝类幼虫都有很高的致死率。另外,厂址也应远离码头。如果有条件,先用双壳贝类的胚胎对选定的场址附近海水水质做生物学检测是十分可取的。实际上,有毒物质可能短时间或季节性的出现,所以应该连续一年取样进行生物测定,最好每周一次。

场址也应远离农业(包括林业)和生活污水污染了的海域。最新报道表明,农业排水增加了海水中杀虫剂的含量,这对贝类幼虫的生长和存活都是有害的。生活污水不仅含有对贝类幼虫有毒害的污染物,而且有机物质含量很高,有机物含量过高会导致含氧量下降同时有利于细菌的大量繁殖,从而导致幼虫生长速度缓慢,死亡率上升。

另外需要考虑的是“城市化”是否会很快延伸到已选定的场址附近。“城市化”以及它的副作用是贝类培育中主要关切的问题之一。如果选定的场址会很快地被城市包围,那么要尽量使可能出现的污染减少到最低限度。这需要育苗场的计划者与土地开发商合作完成。

1.1.2.3 育苗场位置的选择

育苗场的位置应尽量靠近海边,水泵抽水的距离应尽可能的短,否则需要维护的管道会较长。育苗场应该尽量与海平面持平以减小抽水时的垂直距离。如果海水表层的温度和盐度存在波动,管道的入水口需下降到海水温度和盐度较稳定的水层(约海平

面下20米)。根据地质结构,可以在海岸附近钻井获得深井海水。深井海水的温度在全年中都比较稳定,而且在通过岩层时已被过滤。当然,深井海水在使用前都需要氧化。利用好的方法和技术处理海水时应咨询有经验的技师。

选定的场址应有足够的面积来建育苗场以及其他辅助车间,同时有利于未来的发展。

此外还需要注意该地区的电力供应、淡水资源和是否有从事过育苗工作的经验丰富的熟练工人。还需要有良好的通讯和交通条件以确保能快速的获得原料和补给,幼虫和种苗能快速的运抵不同的目的地。最好与大学、政府的实验室以及图书馆建立密切的联系,因为它们能给予技术上的协助,共同解决出现的问题。

当准备建立一个贝类育苗场时,开始的时候准备一份可能用到的参数核对表是值得的。核对表应该尽可能列出所有的要求,通过这个表来确定育苗场的地点。

1.2 育苗场的设计

1.2.1 概述

育苗场的设计没有硬性的规定,育苗场的规划应该因地制宜。将产品种类、地理环境、投入资金、苗种产值以及个人爱好综合考虑(图3)。有些育苗场规模小,种苗仅是自繁自养。而有些育苗场的规模很大,它们培育种苗的目的只是销售,或者一部分自家养成,剩余的出售给其他的养殖者。育苗场可以包括也可以不包括中间培养设施,一些育苗场仅仅生产一定规格的幼虫用以销售、运输到其他地区,还有的育苗场生产和销售壳长从1毫米-12毫米的稚贝。这在很大程度上决定于育苗场的自然条件、苗种的需求状况和养成场所的自然条件。

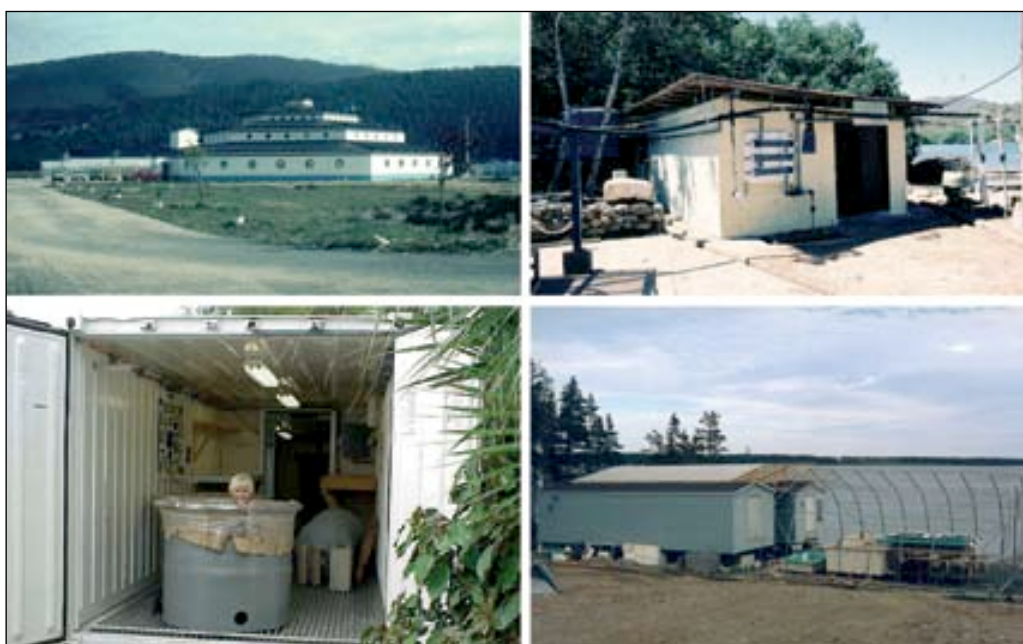


图3: 世界各地现有的规模和复杂程度不一的双壳类育苗场从左上角顺时针方向排列: Tinamenor 公司 (西班牙Pesues), Turpiolito育苗场, (委内瑞拉Cariaco湾,), 百慕大群岛生物站建造的安装在隔热集装箱内的扇贝育苗基地和SMS牡蛎育苗场(加拿大, Nova Scotia省 Point Pleasant)。

许多育苗场建造时缺少事先的规划和长远的打算。初建时确定的目标较低,当既定的目标完成后又决定扩大规模,提高产量,结果导致生产效率低下,操作不便。也有些育苗场原计划培育单一的苗种,时隔不久又开始培育其他种类的苗种,这样的结果使得新上的育苗对象的培育效率难以如愿。

如果在建造之前进行详细的规划,那么可以节约大量的时间,避免很多挫折。建造育苗场时必须考虑诸多因素,其中有两点最为重要的必须牢记:第一,便于工人操作,效率高,这样才会使育苗场产生尽可能多的效益;第二,必须关注未来的发展。

贝类育苗场有两个基础部分:供水系统和硬件设施。

1.2.2 海水供应系统

正如前述,提供高质量海水是开展双壳类育苗的首要条件。水源和抽水系统以及处理水系统必须临近育苗车间并且方便使用,以保证资金投入和生产费用降到最低水平。

育苗场应该尽量与海平面持平以减小扬程。海水的入水口应置于便利的地方,进水管应该尽可能的短,以利于用最少的人力、物力来维护。海水的入水口较深为宜,避免温度和盐度的波动,也有利于减少有机物的含量和可能进入管道的泥沙的总量。在温带地区,入水口应该低于温跃层,减少温度的波动。在有周期性暴雨出现的地区,入水口更应该深些,可以避免突发的盐度变化和严重的淤积。由于一些浮游生物对贝类幼虫有害,入水口的深度还应该避开浮游生物繁殖的水层,这样可以降低进入系统内污损生物的数量,因为污损生物进入管道后会堵塞管道,使进入育苗场的水流变小。上述的对育苗场的不利因素可以通过钻井来避免。在有其他的解决方法之前,对可能出现的问题都应进行事先的调查。

水泵的规格和管道的直径要由育苗场的规模,以及生产过程中对海水总的需求量而定。水泵可以在市场上购买,其型号和规格可以咨询经销商后决定。确保水泵与海水的接触面是无毒的也很重要。外壳的大部分用塑料、铸铁和不锈钢材质比较适宜。不要使用含软钢或黄铜成分的水泵。

从海里泵上来的海水首先要经过砂滤,去除大小在20-40微米之间的较大颗粒物(图4)。维护良好的砂滤装置可以去除大部分的泥沙和有机物,这些泥沙和有机物可能对贝类幼虫有影响。该装置还可以减少污损生物进入育苗场管道并在管道内生长的机会。污损生物不仅会堵塞管道而且当其死亡后会形成厌氧条件。在厌氧条件下,对贝类幼虫有危害的厌氧菌会大量繁殖,而好氧菌的数量减少,从而导致贝类幼虫缺氧。砂滤装置可以直接购买,相同或更小规格的砂滤装置通常用来过滤游泳池的水。一般情况下,以两个或更多的为一组,安装一串滤器,滤器安有可按设定程序进行反冲的装置避免堵塞。视个人喜好和经济条件,其它类型的滤器也可使用,选用自动清洗的旋转滤鼓可过滤大颗粒物,具有较大表面积的筒式或袋式的滤器对去除较小的颗粒物非常有效。

从海水井中抽水也是一种方法,是近几年来育苗场解决用水问题的首选方案。海水井应建在育苗场附近,要有足够的深度,以便于为育苗场提供足够的海水。海水井内的海水质量好,温度和盐度比较稳定。海水井内的海水通过沉淀和渗水岩石过滤,几乎不含有碎石和污损生物。通过这种方法得到的海水基本上不需要进一步的过滤。虽然建海水井的花费较大,但是生产成本下降,可相互抵消。

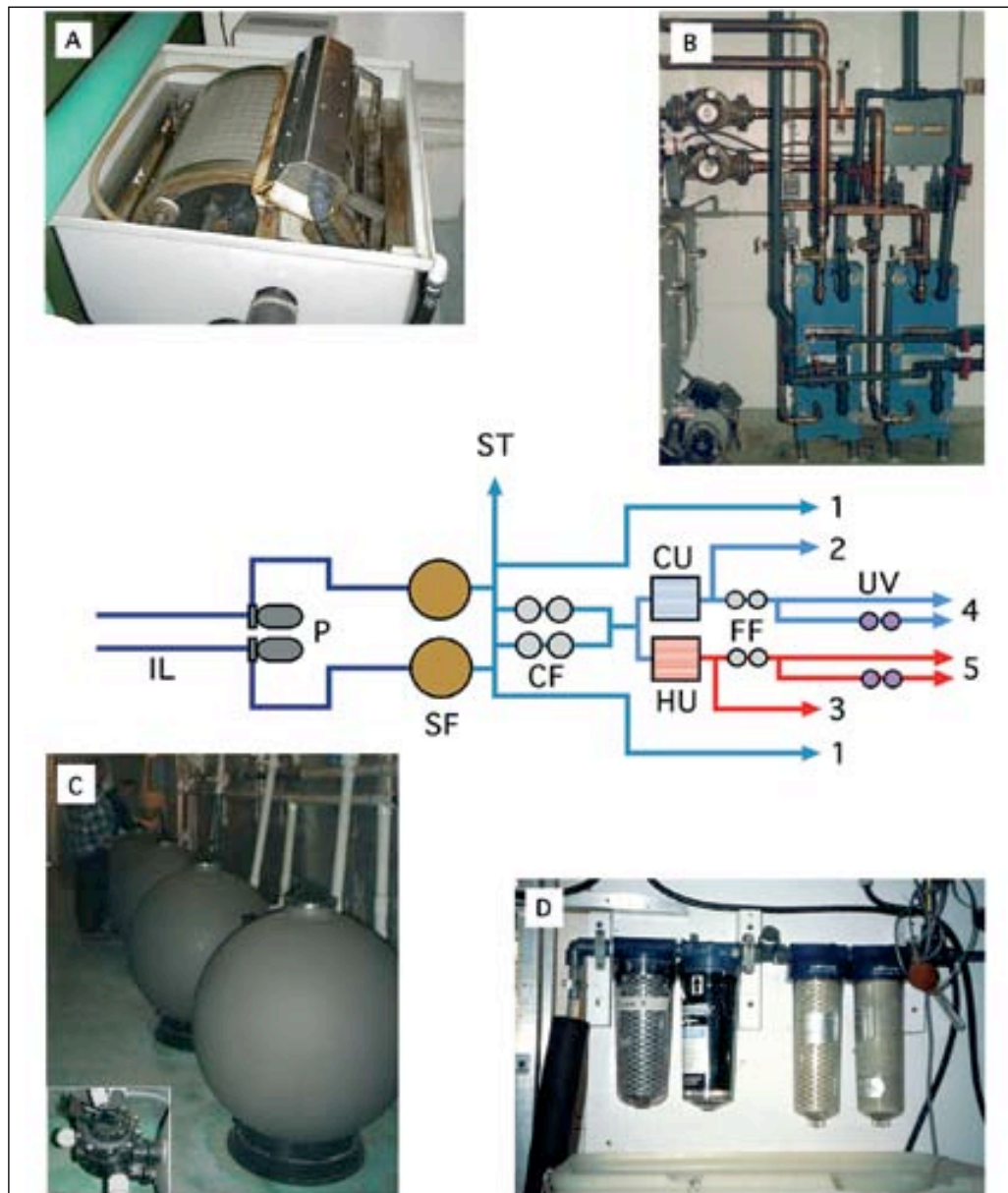


图4: 育苗场海水处理方法示意图。

从进水管(IL)到不同的用水处(1-5): P - 海水泵; SF - 砂滤装置(图C)或自洁式滤鼓(图A); ST - 储存罐(非必需); CF - 筒状过滤器(10-20微米); CU - 海水冷却器(非必需); HU - 海水加热器(非必需-图B); FF - 最后的过滤(5微米和1-2微米 - 图D); UV - 紫外线消毒装置(非必需)。

典型用法的示意图(不同育苗场的处理标准不同):

- 1、 未经加热的砂滤海水,用于亲贝和较大的稚贝(如果海水需要加热参考3)。
- 2、 冷却后通过10微米过滤器的海水,用于产卵的亲贝,以及用于容易培养的藻类的大规模培养。冷却的或室温海水常常用来与加热海水混合、调整温度。
- 3、 加热后通过10微米过滤器的海水用于亲贝促熟或培养大规格苗种。许多育苗场设有单独的加热系统,加热未过滤或砂滤海水用于亲贝促熟。
- 4、 冷却后通过1微米过滤器的海水,用于微藻培育。(紫外线消毒可选用)
- 5、 加热后通过1微米过滤器的海水,用于微藻培育。(紫外线消毒可选用)

过滤后,可以把全部或者部分海水泵入混凝土或玻璃钢的贮水池中。是否需要贮水池往往是取决于个人的选择,不少育苗场没有贮水池。有些育苗场只有在特定的时期,如只能在高潮时才能泵水,贮水池就显的很有用。这种方法在电力供应不稳定,无

法确保育苗场海水随时可以获得的地方也很有用,贮水池储存充足的海水保证了育苗场的用水。贮水池应建在较高的地方,利用重力使水流向育苗场。有些育苗场采用流水培育系统,海水不停地泵入流向育苗场需要用水的地方,废水不停地排出。最近,许多育苗场安装了全部或部分的再利用循环系统以降低生产成本。在海水供应不足或海水需要加热或冷却时,该装置的效益更是明显。废水循环使用前,利用生物活性过滤器来处理废水中所含有的动物的代谢废物。如果海水需要加热,可以通过与再利用的热水进行热交换来提高水温;如需要冷却,可以引入再利用的冷水降温,这样都可以达到降低生产成本的目的。

所有的管道都应是无毒的,一般选用聚氯乙烯(PVC)40或80的管材,聚丙烯腈(ABS)或聚乙烯材料的管道和装置也可以选用。管道的直径由蓄水量来决定。大多数育苗场培育池的输水管道直径为50毫米甚至更细,但总入水管的直径在15厘米以上。管道需要仔细的维护,而且应与地面保持足够的距离,一是以免被损坏,二是宜于清洁。阀门和出水口应建在便于管理的地方。如果水经过充分的过滤,管道就不需要频繁的清洗。如果需要清洗,应该定期进行,清洁端口或者有螺栓固定的部位应该安装在容易拆卸的位置很为必要,这样可随时清洗,拆卸后彻底清洗也很快。

温带地区的大部分育苗场需要加热和冷却海水的装置。购买设备时要向经销商咨询保证所购买的设备可以达到育苗场用水所需要的所有温度。此外,该装置与海水接触的内表面的材料必须对贝类幼虫无害。许多加热装置利用钛进行热交换,对育苗场而言这是首选的材料。

育苗场的经理希望全部或部分海水在使用前要进行杀菌(更确切的说是消毒),尤其有病害发生时。海水可以用紫外线或臭氧消毒。在购买前应该先计算所需要的功率大小,再决定购买的规格。市场上销售的灭菌设备所标注的功效是依据淡水设计的。但是,海水的有机质含量和由胶体物质引起的混浊度比淡水高,因此处理海水时的流速要低于标牌上所建议的流速。如果用紫外线灭菌,海水必需先进行预过滤(1微米),因为紫外线会被海水中的微粒物质吸收,降低工作效率。滤器可以和紫外线装置组合在一起,许多灭菌装置安装有滤器和紫外灯。

在有些地方,政府对育苗场废水排放有限制。在建育苗场之前,必须对政府的相关规定有所了解,并且要遵守这些规定。

在地面有水的车间,有必要将地面排水管埋入地下,安装的位置应该选定在不对整个车间造成不便的地方。排水管必须定期排放大量的水,例如,排空贮水池和排水沟。

许多育苗场希望培育非本地产的外来品种或品系。按照政府的规定,外来生物需要隔离,防止害虫、寄生虫和疾病随着外来种的引入而入侵。这需要育苗场规划时设计有隔离的排水系统,污水在特定的收集器中用高浓度的次氯酸钠灭菌,再用硫代硫酸钠中和后排出。隔离设施需要建在一个单独的场所,用来暂养、促熟和催产亲贝。从隔离区排出的废水也需要事先在隔离的处理罐中处理后才允许排放。

1.2.3 硬件设施

设计育苗场时要仔细规划,使其尽可能的方便使用和提高工效。育苗场要留有改扩建的余地,这样的话,不涉及主体建筑的改造会比较容易。在一些育苗场,水池都用混凝

土建成,不利于改建。如果用塑料或玻璃钢的水槽,改建会比较容易。地面应该是混凝土地面,而且留有足够的排水沟。所有的表面应该覆盖有耐磨的、抗菌的、宜于清洁的材料。落地式的木制橱柜要安放在混凝土的底座上,防止被海水侵蚀。如果达不到这样的标准,木材表面应涂上高质量的环氧树脂。

育苗场有许多相关联的车间,为了便于管理和使用,可分为饵料培育室、亲贝促熟和产卵车间、幼虫孵化车间、稚贝培育车间等(图5)。



图5: 一般性的贝类育苗场的建筑平面图(解说参见下文)。

1.2.3.1 饵料培育室

贝类育苗场的成功离不开饵料培育,大量的高质量饵料是必不可少的。饵料培养室对于任何育苗场都是必不可少的,尤其对建设高效育苗场,是更为重要(图5-AC)。由于贝类育苗的各个阶段都离不开饵料,把饵料培养室建在育苗场的中心的位置最为便利。饵料培养室的大小依生产水平、饵料培养的方法(藻类培养是利用自然光、人工照明条件或者是二者结合)而定。如果在自然光下培养饵料,通风良好的温室必不可少,因为温室的结构有利于获取最大程度的光照。在培养早期饵料时,由于微藻密度低,采取遮阳措施是必要的。

需要一个小房间(TR)来保存藻种,房间最小不能小于2米×3米。这个房间需要隔热并保持低温,在货架式的藻种培养架的背部安装上日光灯,为藻种提供充足的光照。气体供应也是必要的。接有藻种的斜面培养基试管和装有纯种藻液的小烧瓶通常放置在保种室内的低温光照培养箱。方法见第三部分。

饵料培养的下一步是将藻种转移到4升的三角烧瓶或20升的细口大玻璃瓶里,由一排日光灯提供光源进行培养(SCR)。这一步可以在饵料培养室进行也可以在单独的一个小房间里进行。该步骤对空间大小的需求由培养的饵料的种类和数量来决定,该区域

需要有压缩空气和二氧化碳的供应装置。温度应控制在15-18°C。另一个邻近的小房间(AR)内有高压灭菌锅(a),可以为用于少量的培养基灭菌。有两种培养基可供选择,方法见第3部分。

饵料培养室的主体面积由培养的种类和饵料需求总量来决定。饵料培养室占据育苗场相当大的一部分面积。如果育苗场内大多数种类的饵料采用批培养方法进行生产,那么要有足够的空间来放置一排排直径可达到3-4米,深2米的水池。如果用袋状或高的圆柱状的容器代替水槽,占用的面积会减小。用于藻类培养照明的日光灯的镇流器应采用低放热的,或者设有隔离罩,使其发出的热量散发掉。饵料培养室理想温度应保持在15-20°C。

许多育苗场所用的大部分饵料(也许不是全部)是在温室内培养的。温室可以是单面结构或者依着育苗场的一边建立,位于北半球的育苗场温室的朝向最好是向南,而南半球的育苗场的温室向北,便于接受尽可能多的光照。温室的大小依培养方式和饵料的需求量而定。

当自然光不足时必须用人工照明弥补,因此电力供应必须充足。压缩空气和二氧化碳供应是必不可少的,每天用来为培养液充气搅拌和提供碳源,当阳光很强、室温较高时需安装空调将温度维持在20°C以下。育苗场应配备一台发电机,当停电时可以自己供电。1-2小时没有光、不充气对饵料的存活不会构成太大的威胁。但如果不充气,硅藻容易沉底、死亡。

1.2.3.2 亲贝促熟和采卵车间

育苗场应具备亲贝暂养、促熟和采卵车间(BC - 图5)。亲贝促熟和采卵车间所需要的面积大小视促熟的亲贝数量和是否用野外环境代替育苗场进行促熟而定。在每年的选定的时间内,加热或冷却的海水在亲贝促熟和产卵车间必不可少。需要配置可以调整光周期的单独水槽,因为光周期的变化可以促进性腺的成熟。

亲贝促熟和产卵车间还应该放置产卵器皿(sp)的区域,但也可以从幼虫培育车间划分出一部分供其所用,因为该区域只是某一阶段需要。产卵器皿不需要时可以收起来。亲贝促熟、产卵及受精过程详见第4部分。

1.2.3.3 幼虫培育车间

育苗场的另一主要部分是幼虫培育车间(LC),其大小依生产规模而定。该车间布满了水槽,水槽的数量由生产水平和培育幼虫的技术水平决定。在北美洲太平洋沿岸,倾向于用直径3-4米,高4-5米可蓄水40-50吨的大水槽进行低密度培育,密度约2-3个/毫升。而有些育苗场则采用容量为5吨的小水槽进行高密度培育。经营者在规划育苗场时需要考虑市场需求来决定生产量,同时要决定幼虫的培育方式。

培育幼虫的水槽应选用玻璃钢或塑料的,使用之前需彻底的消毒清洗。不管使用的水槽的规格是多大,地面上都需要留有一定数量的下凹式排水沟,便于在水槽排水时尽快将水排走。幼虫培育车间应该划分出准备区(P),用于幼虫清洗、分级、统计和测量以及为存放为上述目的而使用的设备等。这个区域需要配备橱柜和架子,用来存放暂时不用的设备。

1.2.3.4 稚贝培育车间

当幼虫发育到附着阶段或开始变态的时候,将被转移到稚贝培育车间(JC),直至长到一定规格,可以转移到中间培育系统,中间培育系统可以在育苗场内,也可以在其他地方。在一般情况下,稚贝壳长超过2毫米。不同种类的稚贝培育需要的水体和附着面积是不同的,需要的水槽的规格和类型也不同。

成熟的幼虫可以在育苗场内附着,也可以在场外其他地方进行。如果在育苗场内进行,一般情况下,发育成熟的幼虫,最直接、最通常的方法就是在培育车间的水池内直接进行。对此会需要额外的水池,所以应该提前准备出水池供其所用。早期稚贝后来被转移到单独设在一个地方的、专供稚贝中间育成的车间(JC)。不同种类的早期稚贝培育时需要的水体和附着面积是不同的,其培育所需要的水槽的规格和类型也不同。稚贝在上升流、下降流或不同构造的水槽中一直长到壳长超过2毫米。在育苗场内将早期稚贝培育到更大的规格是不划算的,因为随着稚贝不断长大,摄食量会大幅度增加。此外,如果中间培育在育苗场外,育苗场内的空间会比较富裕。

幼虫和早期稚贝的培育详见第5部分和第6部分。

1.2.3.5 其它必需的空间

之前已经提到,育苗场为了引进外地或国外品种,需要建立隔离区;而且外来种的后代也需要隔离培育,因此,育苗场必须有一个隔离区(QR),隔离区排出的废水需要经过处理罐(ET)处理后才可排放。

此外还需要一个环境干燥的实验室(DL),办公室(O)和浴池(BR)。饵料接种(如果没有划分出特定的区域),化学药品的称量和混合,显微镜观察,保存记录和存放科研设备都在干燥的实验室内进行。

带有静电的机械例如水泵、砂滤器、预滤器(除去10微米以上的颗粒)、海水加热或冷却装置、熔炉、通风装置、空气压缩机或鼓风机、备用发电机以及仪表板和监测仪器都放置在隔音的机房内(MR)。必需设备应有备用品,以防发生电力或机械故障。压缩空气在贝类培育的各个阶段都是必不可少的,二氧化碳在饵料培养中不可或缺。在许多育苗场,海水泵和砂滤器设在接近入水口的单独的水泵房内,精细过滤装置是对海水进行最后一道的过滤,应该安装在临近用水处,而不是育苗场的中心位置。

由于储存对于育苗场一直是一个问题,有一个大的多功能的区域(GPA)是非常有用的。该区域可以用来储存原料和设备,还可用作包装苗种的车间。大部分的工作区需要安装长椅和下凹式排水沟(s)。为了防治疾病的暴发和传染,育苗场的各个区域应该是相互隔离的。

1.3 经济效益评估

贝类育苗场所从事的是一种商业经营活动,与其他的商业活动一样,必须是高效、且有利可图。在育苗场建立的初期,政府的补贴和贷款可以抵消部分的投入,但最终育苗场必须要依靠自己。不同场家,不同地区,不同国家之间建设和经营育苗场的经济学原则各不相同,但最终目的都是获取利润。

育苗场是一种高成本的产业。建场和经营都需要大量的资金。经营者必须具备充分的营运资金,使育苗场运转起来,直到开始盈利。在建育苗场之前,必须要仔细调查育苗场建设和经营的各方面情况,再决定建造什么规模的育苗场是经济可行的。许多的项目开支需要斟酌,包括购买地皮、建厂房、安装供水系统、购买必需的设备、维护、补给和管理费用,以及偿还借款和人员培训的费用等。

经济效益是变化的,在很大程度上取决于多个因素,包括地理位置,生产规模,以及育苗场是否是综合性贝类养殖场的一部分。

在温带地区,育苗场主要的营运成本是加热或冷却海水,但在热带地区就没有这项成本。在温带地区,当地是否有现成的高温海水(至少在每年的一段时期内)也会影响厂址的选择,因为这样可以降低生产成本。

家庭型育苗场风险小,因为只需要培育够自己用的苗种即可。这样的小型育苗场一般每年只运营几个月,产量有限,投入的资金少。

大型育苗场可能是综合性贝类养殖场的一部分,或者是单一生产苗种。如果育苗场是综合性贝类养殖场的一部分,那么其运营比较简单,即使没有盈利或者出现少量亏损也可以抵消,因为养殖场的其他项目可以盈利。如果育苗场单一生产苗种出售给其他的养殖户,盈利必须依靠自身,这需要在建育苗场之前对苗种市场的需求量有正确的估计,对市场的调查不仅包括销售苗种的数量而且要包括人们愿意支付的价格。

经营育苗场的另一个关键是最低生产量,以保证可以获利。育苗场的开销是很高的,仅仅依靠每年生产出几千个稚贝不足以维持。实际上,生产几千个和生产上亿个稚贝的成本基本是相同的,经营规模扩大使得运营成本下降。经营者必需知道开始盈利的临界生产量,这就要求生产者必须了解产品的市场价格和销售范围。

精确记录开支、生产和销售的运行状况,有利于评定育苗场是否步入盈利的轨道。

1.4 参考文献

Anon. 1979. Feasibility study for a commercial oyster hatchery in Tasmania. Tas. Fish. Devel. Authority: 115 pp.

Breese, W.P. & Malouf, R.E. 1975. Hatchery manual for the Pacific oyster. Sea Grant Program Pub. No. ORESU-H-002. Oregon State Univ. Corvallis, Oregon, USA: 22 pp.

Castagna, M. & Krauter, J.N. 1981. Manual for growing the hard clam *Mercenaria*. VIMS Spec. Rep. In Applied Mar. Sci. and Ocean Eng. **249**: 110 pp.

Curtin, K. 1983. Oyster hatchery pilot scheme; setting up, operation and future role of hatcheries. N.Z. MAF: 16 pp.

Dupuy, J.L., Windsor, N.T. & Sutton, C.E. 1977. Manual for design and operation of an oyster seed hatchery for the American oyster, *Crassostrea virginica*. Spec. Rep. Applied Mar. Sci. Ocean. Eng. **142**. VIMS, Gloucester Point, Virginia.

- Helm, M.M.** 1994. Towards reliable bivalve seed supply in Nova Scotia. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* **94** (4): 9–14
- Holliday, J.E.** 1984. International developments in oyster hatchery technology. *Misc. Bull. 1. Div. Fish, Dept. Agriculture. New South Wales, Australia*: 101 pp.
- Huguenin, J.E. & Colt, J. (eds.)**. 1989. Design and operating guide for aquaculture seawater systems. *Dev. Aquaculture Fish. Sci. Elsevier*. **20**: 264 pp.
- Hurley, G., Henderson, K., Percy, M. & Roscoe, D.** 1987. Design of a small scale shellfish hatchery. Nova Scotia Dept. Fish. Halifax, NS, Canada: 45 pp.
- Im, K.H. & Langmo, R.D.** 1977. Hatchery produced Pacific oyster seed: economic feasibility on cultch in the Pacific Northwest. Sea Grant, Oregon State Univ. Corvallis, Oregon, USA. Pub. No. ORSESU-T-77-010: 80 pp.
- Neima, P.G. & Kenchington, E.** 1997. Report on commercial scallop hatchery design. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, **2176**: 55 pp.
- Robert, R. & Gerard, A.** 1999. Bivalve hatchery technology: the current situation for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, and the scallop *Pecten maximus* in France. *Aquat. Living Resour.* **12** (2): 121–130
- Spencer, B.E., Helm, M.M. & Dare, P.J.** 1977. Recommended quarantine measures for marine molluscs. MAFF Fish. Res. Tech. Rep., Lowestoft, No. 32: 7 pp.
- Utting, S.D. & Helm, M.M.** 1985. Improvement of seawater quality by physical and chemical pre-treatment in a bivalve hatchery. *Aquaculture*, **44**: 133–144
- Wickins, J.F. & Helm, M.M.** 1981. Sea water treatment. p 63–128. In: Hawkins, A. D. (ed.) *Aquarium Systems*. Academic Press, London: 452 pp.

