

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 幼虫的远距离运输	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

6.1 概述

“Spat” 这个词是一个比较古老的英文术语,指的是双壳类发育的早期阶段。使用最多的场合是育苗场。它是指正处在附着和变态阶段的幼体。另一个常用的术语“seed”是指育苗场生产的、用来销售给贝类养殖场的种苗。

匍匐期以后的双壳类幼虫在育苗场里培育的规格变化很大,这与产业的需要有关。向养殖场提供牡蛎眼点幼虫进行异地附着在北美太平洋沿岸的牡蛎养殖业中是司空见惯的事。育苗场提供成熟的幼虫给养殖户,渔民们自己将眼点幼虫培育成稚贝,供滩涂养殖或浮筏养殖。具体的细节见6.2。

世界上其他地方的育苗场将附着后的稚贝培养到一定的规格,然后销售给养殖户,这样养殖户就得心应手地进行处理和养殖。育苗场将牡蛎稚贝养到壳长1-2毫米或更大一些,就可出售。产业的成熟水平和需求基本上决定了供应牡蛎稚、幼贝的规格。育苗场乐意出售小规格的种苗,因为生产成本随着培养期的延长而明显增加。将100万牡蛎早期幼体培育到附着期仅仅需要一个很小的容器和很少量的微藻饵料即可,但是附着后,继续培育它们的花费就迅速上升。

以培育100万牡蛎稚贝为例来说明这一情况。壳长1毫米的牡蛎稚贝体重(壳和软体部)大约为0.3毫克。与牡蛎稚贝壳长相当的蛤和扇贝的稚贝其体重(包含壳和软体部)大约比牡蛎稚贝轻30%。因此100万牡蛎稚贝的生物量(总活体重)约为0.3千克。在封闭系统(没有连续不断的水交换系统)中,稚贝的生长率与生物量有关。为了确保商业生产可接受的生长率(不是最大的生长率),每1000升水最多可培育200克生物量的稚贝(0.2千克/米³)。这是在开始的第一周内,只考虑生物量没有考虑稚贝的大小,并且允许它们在这一周中能有效地生长。一周以后以0.2千克/米³的放养量将稚贝分养到更大的水桶中来减小生物量——或者用更多的相同规格的水槽或用更大的养殖系统来减少生物量。

当单位水体的放苗密度增加时,生长率明显地降低。比如,刚变态的菲律宾蛤稚贝以0.4千克/米³的密度培育,在6周时间里只达到0.5毫米,而在0.2千克/米³放养量时,平均壳长达到1.4毫米。这是在相同的温度和根据生物量来计算投饵量的条件下进行的(6.4节)。在这一阶段重要的不是去了解稚贝的数量。活体的总重量(壳、软体部、贝壳里所包含的水分重量)是设计的标准,根据这一标准来计算投饵量。6.3.5节中将介绍种苗分级和估算饵料的方法。

回到上述的例子,要培育100万0.3毫克规格的稚贝——即总重为300克的牡蛎稚贝,所需要的经过处理的升温海水是1500升。当壳长长到5毫米时,它的活体重已经升至32毫克。100万32毫克的稚贝的生物量已增至32千克,用来培育它们的处理过的升温海水的需要量将达到16000升(表14)。食物消耗量以相应的比例增加(6.4节)。例如,100万0.3毫克稚贝每天需要17克干重的海藻,相当于857亿细胞的*Tetraselmis suecica*,以每毫升藻液中有100万细胞的浓度来换算,则需要85.7升。当壳长达到5毫米,相同数量的稚贝则要消耗9130升相同细胞密度的藻液(表14)。壳长增加4毫米,生物量则增加了100多倍,食物消耗量也同样地增加。显然,育苗场培育幼虫到一定的规格受到了各种条件的限制,也就是说受到它们的生存空间、处理升温海水的供应量和饵料的消耗量的限制。

育苗场采取了各种方法和手段来解决限制培育牡蛎稚贝的成本因素。这些措施将在6.3节中讲述。最通常的做法是将牡蛎稚贝在严格控制条件下培育,放养在1-1.5毫米网目的筛网中,直到壳长达到2-3毫米。随后把它们移到室外的暂养系统中。这种培养系统可能是育苗场的一部分或者属于一个渔民或几个渔民,或者是综合性育苗场的一部分,生产苗种仅仅满足自身的需要。室外培育设施主要是用来防

表14: 以1 000升水体中培育活体重为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。若是其他双壳类, 如蛤和扇贝的稚贝, 当壳长相同时体重是牡蛎的70%。

壳长 (毫米)	重量 (毫克/稚贝)	每200克生物量 的稚贝数量 (个)	每100万稚贝需 要的水槽容积 (升)	日粮 (升*/100万稚贝)
0.3	0.01	2.0×10^7	50	2.9
0.5	0.07	2.9×10^6	350	20.0
1.0	0.30	666 700	1 500	85.7
2.0	2.2	90 900	11 000	628.5
3.0	7.0	28 700	34 840	1 999.0
4.0	17.0	11 765	85 000	4 856.0
5.0	32.0	6 270	160 000	9 130.0

* 日粮需要量以 1×10^6 细胞/毫升的 *Tetraselmis* 计算

范其他捕食者对幼小牡蛎的伤害, 当以高密度培养到一定规格后, 可以把它们移到海里养成。室外培育的主要特征是进行流水养殖, 利用天然浮游植物作为稚贝的食物(6.6节)。这种系统可以建设在陆地上, 也可以在海里。如果设在陆地上, 水源可以是人工挖掘的或者是天然的池塘, 水被抽干后又可从海里得到补充。可以通过施肥来增加池塘的藻类生产力(见3.4.6)。

接下来的部分将介绍把成熟幼虫运送到其它地区进行附着的特殊情况, 从它们开始附着起一直将它们养到成品规格的程序。紧随其后的部分将介绍在育苗场里采用最常用的各种方法来培育刚附着的稚贝, 并将它们培育到合适规格, 既可直接卖给渔民, 也可转移到陆基暂养系统, 或是进行海上培育。

6.2 幼虫的异地附着

这里讲述的异地附着(remote setting)是指育苗场把眼点幼虫供应给北美太平洋沿岸的渔民, 渔民完成幼虫附着期的培育, 并养成。这是一个特例, 也仅仅用来养殖太平洋牡蛎, 但是该方法在北美太平洋沿海很普遍。它也可应用于世界其他地区的牡蛎养殖。

6.2.1 背景

在北美太平洋沿岸牡蛎养殖生产中常用的是潮间带的滩涂养殖和近年来刚开始采用的浮筏养殖。以前牡蛎稚贝每年都由日本进口, 然后放养在租借的海区上养成。牡蛎的稚贝都附着于双壳类的壳上, 通常是陈年的扇贝壳, 随着种苗价格贵得无法承担, 这一带的渔民停止了进口。太平洋沿海的牡蛎育苗场开始自行育苗, 逐步减少从日本进口的苗种量, 最终完全取代了进口。牡蛎幼虫通常附着在双壳类贝壳上, 主要是陈年的牡蛎壳, 在繁殖区生长到壳长1厘米后, 运送到养殖场去进行养殖。如在潮间带养殖, 牡蛎稚贝可以直接投放在养成区, 也可在苗种暂养区养殖一年以上后再投放到养殖区。浮筏养殖的牡蛎是将附有蛎苗的贝壳用金属丝或绳索穿成串挂养在浮筏上或长绳上。这种方法对于那些有可靠稚贝供应的养殖户是很有效的, 但是该系统也存在一些缺陷。主要的缺点是有些年份育苗失败或是苗种不足, 结果是养殖户得不到足够的苗种来进行养殖。成本高是另一个原因。贝壳的体积是又大又重, 要搬动附有稚贝

的牡蛎壳是很花钱的事情。另一个缺点是搬动稚贝只能在寒冷潮湿的10月 - 11月份,这一点对于养殖户非常不便,他们更希望在其他时间,尤其是在春天和夏初去做这件事。也不可能在天然的附苗海区对养殖品种进行选择。

研究表明,成熟的发育良好的太平洋牡蛎眼点幼虫在5 - 10°C湿润条件下能离水生存一周以上。因而远距离运输太平洋牡蛎幼虫是可能的,甚至运抵世界各地。无论何时只要方便,养殖户可以从育苗场购买成熟牡蛎幼虫,把它们运到养殖场,附着在养殖户喜爱的附着基上用于养殖生产。早先的技术存在若干缺点,如苗种供应的可靠性,处理大量附着稚贝的贝壳所需要的花费,在需要时又不能及时得到苗种等。现在这些缺点都被克服了。养殖户不必既花钱又费时地去建设和管理一个育苗场。这种方法已为北美太平洋沿岸的养殖户广泛地使用,为养殖生产提供了一种方便有效的途径,确保可靠大量地得到牡蛎苗种。

6.2.2 运输幼虫前的准备

这种方法始于20世纪80年代,经过多年的完善已经变得简单易行。如果遵循正确的程序能得到很好的结果。育苗场生产牡蛎幼虫与养殖户签订一份协议,要求在何时运送多少数量的幼虫到他们养殖场即可。幼苗在育苗场用筛网过滤出来,放在一块尼龙网里扎成一袋以保持湿润,5厘米直径的一袋大约可以装200万成熟牡蛎幼虫(图89)。袋装的幼虫放于一个用冰块降温的泡沫聚苯乙烯箱中保持5 - 10°C。然后将装有幼苗的箱子运送给养殖户。



图89: 在加拿大BC省异地附着地收到的包在尼龙网内的太平洋牡蛎眼点幼虫。

6.2.3 安置地的准备

对于养殖者而言,考虑的重点是如何选择供幼虫异地附着的地点。首先是水质,这一点与选择育苗场的水质标准相同。避免选择已知有污染源的地方。盐度必须在可接受的范围之内(对于太平洋牡蛎要大于20PSU),水的溶氧状况好,温度在夏季的月份接近或高于20°C,这样就无须对海水进行加热。在降水量大的地区抽水的水泵口至少在水面下2米或者更深些,以免盐度的改变。浮游植物的生物量应该丰富,可以作为幼体的饵料资源,减少人工饵料的需要量。这个区域必须有电能和足够的安放池子和其他设备的空间。良好的通讯条件可以确保不贻误幼体的接收,幼苗附着的地点应选在潮间带附近,这样有利于附着后的幼体从附苗池运送到养殖场进行放养。

在养殖场内建设的培育池是为幼体附着所用。培育池没有固定的尺寸,它主要取决于所采用的附着基类型,操作规模,处理幼虫的方法和个人的喜好(图85和图90)。用于太平洋沿岸的附着基主要是牡蛎壳,或者是直径约2厘米的凹形塑料管。双壳类贝

壳装在塑料网袋里,网袋长1-2米,直径50-70厘米。每包装100-200片贝壳。凹形的塑料管通常截成2米长。较小的水槽尺寸可以是1.5×2.5×2.5米,大的可以达到40 000升。

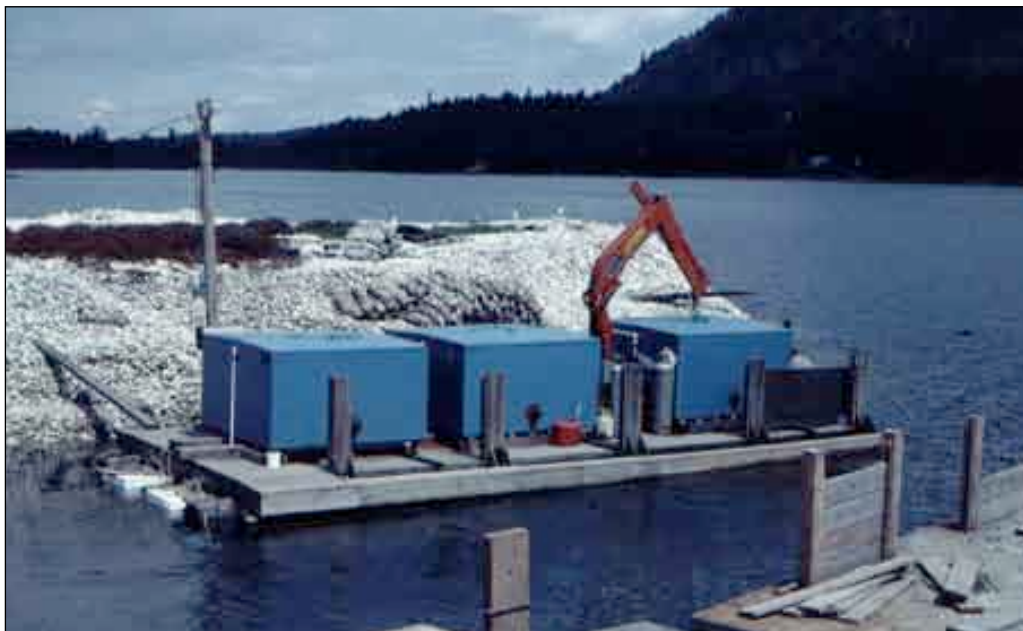


图90: 在加拿大BC省的一个地方放置的附苗水槽(注意在水槽后面岸边的松散的附着基和成袋的附着基,5.4.3.2部分中图85也已经提到)。

水槽可以用各种材料建造,包括水泥,玻璃钢,或者是贴玻璃钢的木质水槽等。不管使用何种材料,水槽在用之前均须很好地清洗。在温带地区玻璃钢水槽壁通常用泡沫聚苯乙烯绝热材料来保温。在时还要装上盖子防止散热。紧贴着槽底内部的槽壁安上一圈眼间距2厘米的塑料管作为充气管。在温带地区,一年中的某些时候海水需要升温。热源可以来自集中供热的热水管;也可以在每个水槽内放置独立的电加热器。水槽外应该安装排水阀,便于清扫。

当一个异地培育区计划好后,第一步就是把附着基放到水槽里,使水槽尽可能的放满。成袋的贝壳附着基是一袋摞一袋的堆放着,或是绑在塑料管上。附着基(塑料管或者陈年的双壳类贝壳)通常在海水里不用很长的时间就能挂上菌膜。塑料管在用之前应该很好地清洗。附苗用的贝壳在用之前通常需要在空气里干燥,暴露于自然环境中至少6个月,然后再将其表面清洗干净。

附着基的用量取决于水槽的尺寸。通常1米³的空间放16-20包附着基。水槽中加入用50微米过滤器过滤的海水,可用砂滤器过滤,或者在每个水槽上单独安装一个过滤袋。海水需要加热到所需要的温度,对于太平洋牡蛎来说,水温在20-25°C之间。

6.2.4 眼点幼虫到达后的处理

成熟的幼虫从育苗场运到异地养殖场进行附着。如果用网袋包装,200万成熟的太平洋牡蛎幼虫只是一个直径约5厘米的球(图89)。收到后,把它们放于一个盛有10升20-25°C水的塑料桶里,使其适应15-30分钟。然后将桶中的幼体倒入水槽中。每个水槽中放入幼虫的数量取决于水槽的大小和附着基的数量。经验表明,每2米长的

塑料管放1300到2200个幼虫较为适宜, 每块贝壳附着基大约放100个幼虫。充气30分钟, 保证幼虫在水槽中的均匀分布, 然后关掉气阀让幼虫附着于贝壳附着基上。如果采用管状附着基, 开始仅仅放置一半数量的幼虫, 过一天后将管子翻转过来, 再加入剩余的幼虫。这可以使得幼虫能均匀地附着在管子的各个表面。

6.2.5 幼虫附着和稚贝培育

牡蛎眼点幼虫从投放到附着池开始, 到附着在贝壳附着基上, 最终变态成稚贝通常在24小时之内完成。一些幼虫会附着于池底和水槽壁上, 为了防止这类情况发生可在水槽壁和池底涂刷一层石蜡。在池底松散地铺一层贝壳也能收集到部分幼虫。

一旦幼虫已经变态成为稚贝必须投喂食物。当异地附苗工作开始后, 供应眼点幼虫的育苗场也同时供应作为稚贝食物的藻膏。藻膏就是在育苗场里养殖的微藻, 用离心机离心浓缩, 形成一块直径大约12厘米、厚3厘米的浓缩藻膏。从藻膏上切下一块, 放于盛海水的桶里, 充分地搅动将膏状的藻团分散开, 然后投入培养槽中。通入空气确保微藻饵料在水槽中混合均匀。做藻膏的微藻种类与育苗场培育幼虫用的是同一类别。现在养殖户仍然在用藻膏, 但是已经不如以前那样普遍。很多育苗场现在培育的微藻只能满足自身的需要, 没有供应异地养殖场藻膏的能力。现在有专门生产藻膏的公司, 这种藻膏也能作为稚贝的食物。很多养殖户现在用前述的标准的方法培养他们自己的微藻饵料。不同地区用的种类不尽相同, 但是它们和育苗场用来喂幼虫的微藻是相同的。

水槽中的水在头两三天不要更换, 附着以后开始用粗滤的海水流水培养。目的是使稚贝适应当地的环境而且提供额外的天然饵料。如果向水槽内投喂微藻, 应该在停止进排水的时间内进行, 以尽可能的减少饵料的流失。

稚贝培育在水槽中的时间是可变的。在早春和晚秋这段时间可以达到一个月以上, 但是在夏天要缩短至一周。它还取决于养殖户的培育日程, 如下例所示。

范例:

养殖户有18个水槽。

- a) 在开始的一周将幼虫分别加入到六个水槽中。
- b) 另六个水槽放养上一周收到的幼虫发育成的稚贝。使它们适应一周的时间后转移到养成地。
- c) 剩余的六个水槽保持清洁, 准备在下一周开始时放养下一批到达的幼虫。
- d) 这样有规律的循环作业, 每周有6个水槽可以生产一批附在附着基上的牡蛎稚贝。(稚贝在水槽中养殖的时间要尽可能的短, 因为用人工生产的微藻饵料喂养成本高)。

当稚贝达到2-3毫米大小时, 把它们送去养成。成袋的附有牡蛎稚贝的贝壳附着基放于中低潮线下的平板架上, 以保持附着基离开底层减少死亡率。在夏天, 由水槽向养殖区运输稚贝时通常要在早晨或者深夜水温比较低的时候。运输时间应该尽可能的短, 减少胁迫刺激, 保持最小死亡率。附苗袋可以擦到2-3米高, 取决于潮差。用防水油布盖在附苗袋上面, 防止阳光直射和减少污损生物附着, 附着有稚贝的袋子放于潮

间带的时间长短不一,然后将附着于附着基上的稚贝直接播到底质好的养殖区内,或者用金属丝或绳子穿起来进行浮筏养殖。

与育苗场的操作一样,养殖户对每批苗进行准确的纪录是很重要的事情。随着经验的积累,他们可以确定最适宜的培养条件,从而使从幼虫到稚贝的产量达到最大化。

异地培育的概念得到了充分的发展,已经是一种相当廉价、完美的用来生产太平洋牡蛎的手段,也许有可能应用于蛤、扇贝、贻贝上。目前来看没有被广泛应用的原因是其他种类不如牡蛎那样牢固地附着在贝壳附着基上。

这种技术为双壳类在世界范围内开展养殖创造了机会。如果一个养殖户希望养殖一种双壳类,在当地得不到足够的苗种或者更喜欢用育苗场的苗种,他不再需要建设一个昂贵的育苗场。可以在任意的育苗场预订幼体,然后运到养殖户所在的地域。既然幼体可以长途的运送,到达后还能保持健康的状态,那么育苗场可以建设在世界各地,认识到这一点是非常重要的。规模大而高效的育苗场可以建在理想的地点,而不是因政治上的权宜之计选在一个不适合培育幼虫的地方。

运送成熟的幼虫而不是运送稚贝的一个显著的优点是幼虫可以很好地生活在过滤海水中,或许还可以生活在经过紫外线或者臭氧杀菌的海水中。与运输稚贝相比,传播疾病或寄生虫的危险大大的降低,稚贝通常是在海里长到所需要的规格,在这期间也许已经被当地的疾病或寄生虫感染了。

6.3 前期稚贝的培育方法

6.3.1 概述

在育苗场的严密控制条件下培育大规格稚贝的限制因素在总论6.1节里已经详细地介绍了。生存空间、经过处理的热水的供应和需求量大的饵料供应是生产中的主要限制因素。当稚贝价格一定时,育苗场经理知道需要考虑的是构成生产成本的各个因素。随着平均壳长的增加,种苗价格会呈指数增长。当达到某一点时,养殖户将不再会购买那种规格的稚贝。在产业化成熟的发达国家,这一点通常是在壳长3-4毫米范围内或者更小一点的时候就达到了。

通常用来培养刚附着的扇贝和蛤的方法在5.4.3.2中已经作过介绍。牡蛎的操作程序是不同的,但是这些不同之处首先与育苗系统中所选用的培育槽的类型,以及与供稚贝附着用的附着基有关。

6.3.2 稚贝培育系统

培育池的类型基本上与前述的用来进行异地附苗用的培育槽相同,育苗场普遍地用在培育附着于附着基上的牡蛎、扇贝和贻贝的早期稚贝(图91)。他们可以是一个封闭系统,也就是在静水条件下培养,每周换水2到3次;或者是流水式的开放培育系统,选用那一类型取决于所要加热的水量。通常他们会将充气、循环水这两种操作与和每日向水槽里投喂饵料结合在一起进行。如果是流水培育饵料就连续地加入到培育池中。牡蛎稚贝在这个培育系统里的培养时间小于一周;而生长速度较慢的扇贝和贻贝将培养更长的时间才可以下海。



图91: 用简单的水槽系统培育附着于贝壳附着基上的稚贝。培育系统有封闭式的, 也有流水式的, 或者是二者的结合类型。(A) 在加拿大BC省育苗场里的培育水槽, 主要用来培育附着基上的扇贝稚贝。(B) 具有衬里的胶合板水槽主要用于室外培养, 在水槽上有遮荫用的顶棚。(C) 扇贝稚贝附着在尼龙采苗袋内的纤维附着基上, 最初是在(A)和(B)图中显示的那类培育槽里。(D) 附着在纤维附着基上的稚贝经海上浮筏暂养后的状况。(E) 古巴的育苗场培养的附于蛎绳上的红树林牡蛎稚贝。(F) 稚贝长到2 - 3毫米后, 附有幼苗的蛎绳挂在生产水域里用红树木棒搭建的筏子上。

沙滤水或者经过20微米网目过滤的水通常用于这一阶段, 目的是稚贝除了摄取人工培养的微藻饵料外, 还可以利用水中自然发生的多样的微藻。摄食的食物种类组成不是严格控制的。足够的食物加入到水槽中使水明显的变色。如果微藻很快被摄食光应该增加投饵量。如果是用升温海水培育稚贝, 稚贝下海前要逐渐降低水温, 以适应外界的海水温度。

6.3.3 单体牡蛎的培育系统

单体牡蛎(不长在附着基上的稚贝——或者叫做无附着基牡蛎)培育在大体积的水槽中, 采用循环水培育, 水交换是连续不断进行的; 或者可以培育在开放式的流水系统中。采取哪一种方法取决于稚贝的种类和大小。小规格稚贝可以培育在循环水系统中直到1 - 2毫米大小, 然后用流水培育, 长到3 - 4毫米销售或者转移到室外的培育场进行养殖。

一个育苗场的稚贝养殖区包含许多不同的培育系统,供不同种类和不同规格的稚贝使用。最普通的养殖有长方形的水泥池,玻璃钢水槽,或者用具有内衬的或者涂刷环氧树脂的夹板水槽,尽量充分地利用空间。蓄水池是最大的水槽应该直接连向主排水沟相连接,因为它需要定期地排放大量的废水。

根据成本因素和适应当地产业特殊需要,育苗场经理们都有他们自己的选择,以最好的途径来处理他们所生产的那种稚贝。虽然幼虫培育有很多方法可以采用,但是有许多共通的因素适用于基本方法。

牡蛎变态完全后将会终生固着在那里,大部分蛤和贻贝稚贝附着后也几乎是这样,而扇贝当他们完成变态后是例外。扇贝稚贝有着切断足丝暂时在水里游泳的能力,去寻找新的栖居地。任何一种稚贝摄取的食物都是借助水流为载体的。所以怎样方便地管理用水,以及以怎样的方式将食物通过水流输送给稚贝需要认真考虑。

稚贝始终是养在培育水槽中、带有筛底的盘子或圆筒里。如果水槽的体积不够大,培育水槽可连接一个大的贮水槽。将稚贝放养在培养盘,或者在培养筒里,为的是便于清池和分苗。已经添加了微藻饵料的海水通过电泵或者气流提升器从蓄水池向培育池循环注水,水途经稚贝后又回到蓄水池。适用于培育扇贝和蛤稚贝的事例已在图87和88中介绍过。图92显示的是安放在培育槽中的每个培养筒的水是通过配水软管上的一个水嘴供给的。培养筒内的水以一个可控的速率从水表面向下流过稚贝,经过圆筒的筛网后由溢流竖管回到蓄水池或者通过一个溢流管保持暂养池中水的水位。这种流动模式叫下降流。另一种用于牡蛎和蛤的方法是相反方向的水流,水从圆筒(或盘子)的底部进入,向上穿过稚贝层在顶层流出,从顶层流回蓄水池。这类方式叫做上升流循环水系统。这两种原理显示与模式图93。

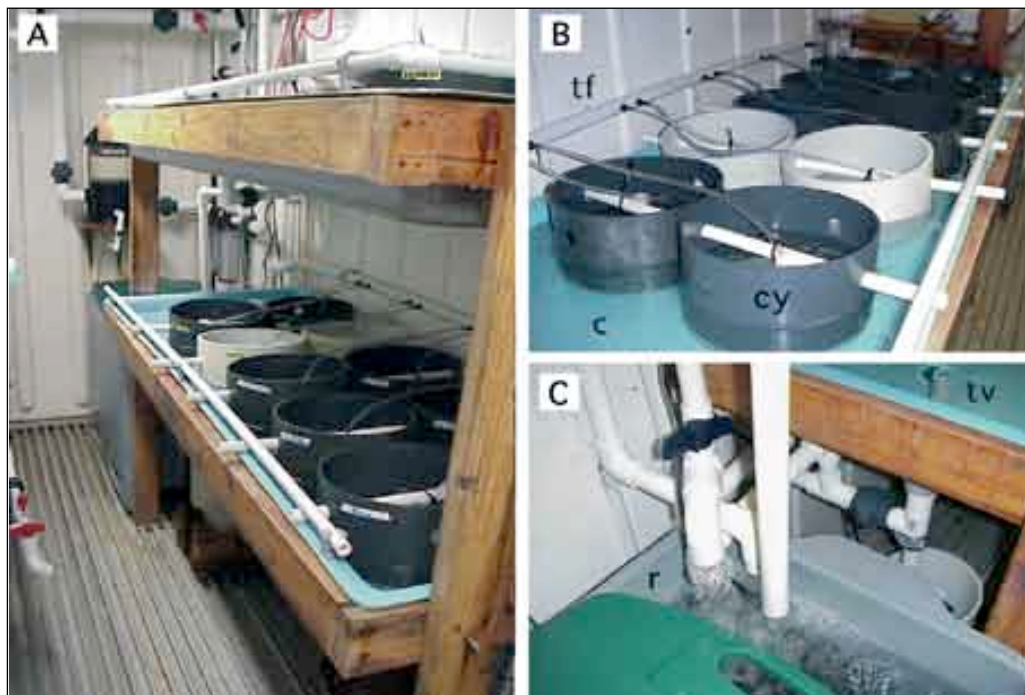


图92: 专门为培育扇贝稚贝的封闭式下降流培育系统,稚贝养在圆筒内。(A)培育稚贝的圆筒一个挨着一个放于浅水槽中。(B)水通过一个软管与供水管连接给圆筒供水。(C)回水通过一根垂直的溢流管回到蓄水池(r),保持水槽中水位。回到蓄水池的水再由水泵输送到培育槽。这种类型的系统也适用于蛤的稚贝培育。

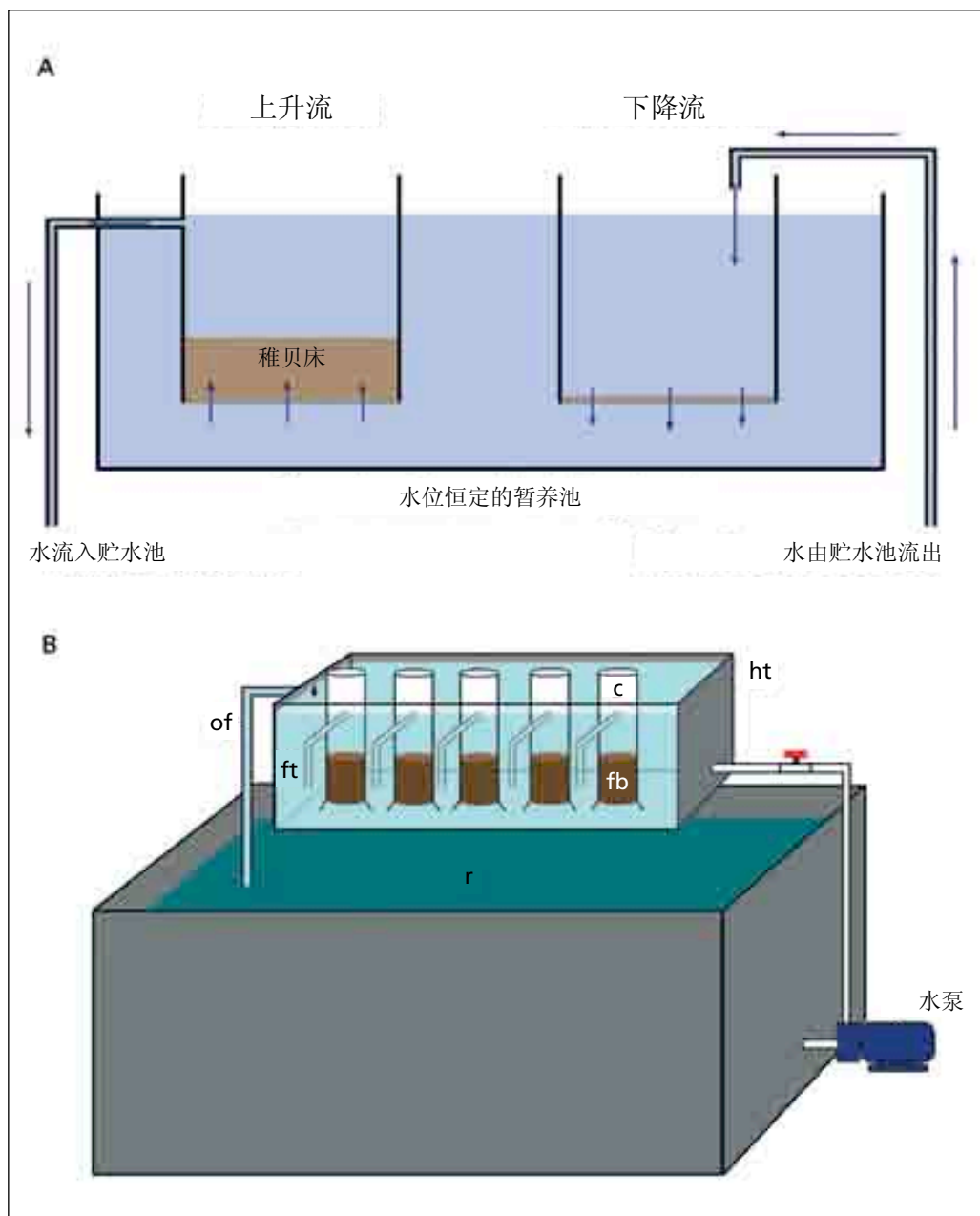


图93: (A) 稚贝培育系统的上升流和下降流的不同循环模式。箭头表示水流的方向。上升流系统用于附着的牡蛎稚贝和完全变态的蛤。下降流系统用于蛤的匍匐幼虫(直到它们完全失去游泳能力)和从匍匐幼虫起的扇贝。上升流很少用于扇贝,单位面积生物量比牡蛎和蛤低很多。(B) 上升流水槽系统图表示了水从蓄水池(r)泵入培育池(ht),培育池通过溢流管(of)来保持恒定的水深,过多的水流回到蓄水池。培育池安放若干高而细的带底网的圆筒(c),稚贝在这里如同呆在不断受水流影响的沸腾床上(fb)。在圆筒上低于培育槽水位以下的部位钻孔用软管与圆筒相连(ft)。于是培育池水位和圆筒水位之间产生一个水位差。水流经圆筒的底网,向上穿过稚贝层然后通过软管回流到蓄水池。稚贝层的沸腾(也就是稚贝被水流带动起来)状况可以通过改变流速来调节。

把1-3升的软饮料瓶倒转的过来作为上升流培养器是很普遍的。瓶口内不用筛网,而是用一个小球或者一个大卵石来盖住颈口,防止稚贝流失。这种结构如同逆止阀。从底部来的水流保持圆桶里的稚贝悬浮于水体中,如果没有水压,球或者大卵石回自动封住颈口,稚贝就不会损失。在一排上升流瓶流出口处装上一个筛网收集偶尔随水流出的幼体。

6.3.4 封闭上升流系统的操作

上升流培育系统对于培育附着后的牡蛎很有用。小的稚贝能适应高密度培育系统,也就是说它们可以一层又一层地摞在一起。这种系统也适用于0.5毫米大小蛤的培养。通过这种方法以一个足够大的流速将小牡蛎浮动起来,防止邻近的稚贝生长时粘附在一起。如果它们生长在下降流的培养盘里,稚贝保持不动,将形成很严重的问题。对于牡蛎高温阶段的生长,通常在22 - 25°C,这种互相黏附的习性尤其明显。上升流系统比下降流系统更能有效地防止稚贝排泄物的沉积。下降流系统中粪便常常会堆积在牡蛎的四周,还会导致网眼堵塞,而上升流系统中该问题较少。

上升流容器(指的是圆柱体或者管子)可以有各种不同的直径。用一段PVC或者聚丙烯酸管,底部装上尼龙网,网目大小根据牡蛎的生长来调整。上升流容器不需要图94所显示的那种透明的容器,当然透明的容器便于测量流速和测定容器内的牡蛎生物量。流速使得稚贝达到流态化即可,也就是要将稚贝浮动、循环起来,这取决于稚贝的体重和大小和培养管的直径。稚贝越大需要流态化的水流就越大。在较细的圆柱体内需要的流速就低。典型的流动床,每分钟流量为1 - 2升,通过直径5 - 10厘米的圆柱体时可以将壳长1 - 3毫米的牡蛎稚贝层浮动起来。每克稚贝保持在每分钟25 - 40毫升流量条件下是比较理想的。蛤类的稚贝,由足丝互相交织在一起,尽管方法和牡蛎一样,但是不能呈现流态化,。可能蛤类的稚贝聚集成团是模拟它们的埋栖习性,可能是有利的。如果将紧紧交错在一起的蛤类稚贝层置于下降流系统中时常常会产生沉积物,很快就将网眼堵死。

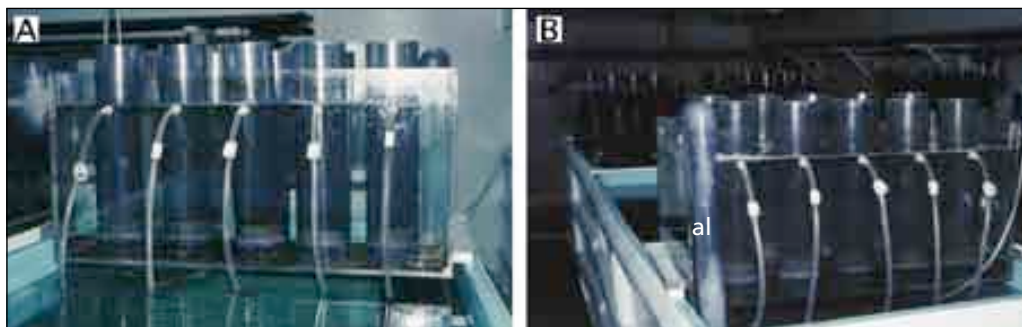


图94: (A)和(B)封闭的上升流系统用来培育牡蛎稚贝。每个水槽组合的总体积大约是3立方米,水槽内有10个放养牡蛎的圆柱形培养器。在第一周期内,每一培养器内放养活体重60克的稚贝。每个培养器外都装有一根软管作为溢流管,用夹子调节流速,每个培养器的流速可以单独控制。(B)水通过气流提升管(a1)将水从蓄水池送到培养槽。气流提升管管径5厘米,基部与气管相连。从底部充入的空气将水提升到水槽里,不需要水泵。

在上升流系统中放养稚贝的数量取决于他们的个体大小和体重(表14)。以图94显示的系统为例,贮水槽和稚贝暂养水槽两者的体积达到3 000升。一个育苗场如果有16个这样的组合。每个组合可培养的生物量为600克活体重。假如稚贝长到壳长2毫米,表14的数据表明,对于这样大小的稚贝的最初放养的生物量有272 700个。图94展示暂养水槽内有10个直径10厘米的圆筒。在最初的7天内,每个圆筒存养有60克(600/10)稚贝。用1.5毫米网目和另一个1.0毫米的网目的分选筛对稚贝分级,壳长2毫米的稚贝能穿过1.5毫米网目,而留在网目为1.0毫米的筛网上。从上下文可以看到,准确地知道每一个单元中稚贝的生物量比精确地知道其数量更为重要。更进一步的论述见6.3.5节。

稚贝附着后的第一周,进入每一个培养水槽的海水是经过过滤,并加热到预先设定的适合稚贝生长的温度。之后,加入沙滤水或者是用孔径为10 - 20微米的炮弹式过滤器

过滤的海水,水温以每周1 - 2°C的降幅逐渐地将水温降到与培育场的水温或天然海水相近的温度,以适应外界环境条件。

在7天培育期的最后一天,需要换两次水。每次换水时进行稚贝和系统的清扫,稚贝分规格和再一次重新分配。在头一个星期里600克的牡蛎生物量达到原有量的2 - 3倍,在7天结束时需要分配到2 - 3个3 000升的养殖单元中再培养一周。稚贝在前一周里生长很不均匀,需要通过不同网目进行分级,使得每个单元中的稚贝大小一致(6.3.6)。不同规格的稚贝分别放养在各自的单元中,生长会非常的迅速。

6.3.5 封闭下降流系统的操作

不连续进行水交换的下降流系统与前述的处理过程相同。与上升流系统相比唯一的不同点是稚贝分布的面积大得多,因为稚贝——尤其扇贝稚贝——对过分拥挤的环境非常敏感。因而,为它们提供足够的空间,让其成单层分布,个体与个体之间不相互直接接触。

各个育苗场采用不同的方法使稚贝彼此间保持足够的空间,让稚贝附着在附着基上,步骤如6.2.2节所述。如果不是附着于贝壳附着基上,而是附着在圆筒式培育器的网底上,或者在图88(5.4节)和图92所示的浅盘网底上,系统设计和操作管理就不同了。靠贮水池供水的安放培养筒的暂养槽就要相当大的面积来安放大量的培养盘或培养筒来满足稚贝生物量对总水体的要求。由于这一原因,图92的暂养槽就比较浅,经常设计成双层床式。

与封闭的上升流系统一样,每星期的换水量保证2 - 3次就可以保证水质。将放养有稚贝的培养盘或培养筒从暂养槽内拿出来,用海水冲淋清除附着于稚贝体表和培养容器筛网上的污物。清洗干净贮水池和暂养槽后,再放回稚贝培养容器。培育所用海水过滤得精度取决于稚贝的大小。培育早期稚贝的海水通常经过1 - 2微米的过滤器过滤,大一点的将要下海的稚贝用沙滤水即可。稚贝在下海之前通常要适应外界的海水温度。

扇贝稚贝不能培养从容器中拿出来进行分级处理和检查个体大小,因为它们的壳非常脆弱。如果确实需要移动,不要伤及它们的足丝腺、外壳,以及损伤它们的内韧带。轻轻地用水喷淋或许更好些,可原地不动地计数。如图88B所显示的那样,用一块塑料板,在其上标上一个1厘米²的格子,把它放在培养盘或培养筒底的筛网下随机取样。测量每平方厘米的稚贝数并计算出平均数,计量面积超过10%的总面积,最后用单位面积稚贝平均数乘总面积,能给出一个大致的总数量。可以取小样来称重和测量生长和稚贝生物量的变动。

6.3.6 稚贝的分选和计数

机械分级器可以从专门设备供应商那里买到,在日常操作中处理数百万的苗种是非常实用的。不过大部分筛选工作是由人工分级器来做。手工分级器很简单,用直径(>30厘米)比较大的、截成一段段的玻璃钢或聚氯乙烯管,在切面上固定不同网目的尼龙网或塑料网,组成一个系列。

幼苗分级最好在水中进行。标明网目分级筛确到好处地安放在一个浅浅的塑料盘上,盘的一端装有塞子或排水阀。浅盘内装上一定量的水。在分级筛内放入少量的幼苗,筛的网目比最大的个体稍微小些,将分级筛在水中作上下左右的摇晃,直到没有

苗种从筛子中漏出为止(图95)。定期地向分级筛内添苗,直到全部分级完。为了保持处理效率,筛选出的大苗种要不时地移出。将它们放到一个已知皮重、网目与筛网一致,晾干估重。将浅塑料盘内小苗倒出来进行下一步分级。也就是用小一级网目的分级筛 重复上一步骤,依次类推。

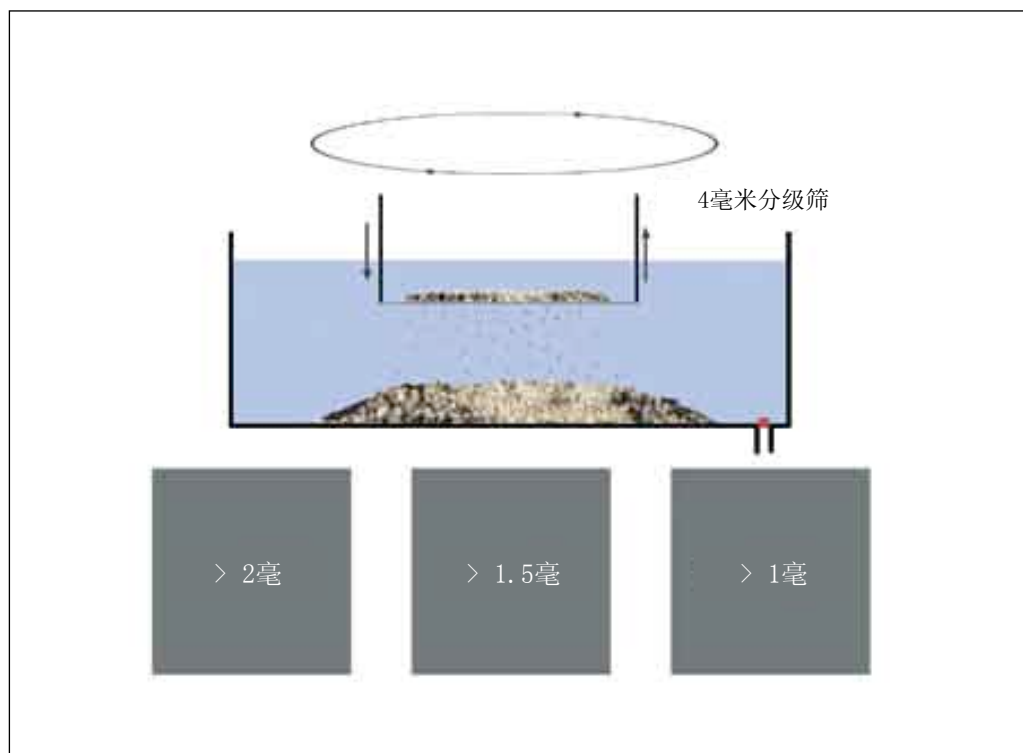


图95: 手工分级筛对幼苗进行分级。分级网在水槽中上下左右的摆动,直到所有的小苗都穿过筛网,聚集在水槽底部。一级分离完成,将水槽里的水排干,分选出来小苗放到合适网目的培养筒中,并标记大小。在这个实例中,小于4毫米的稚贝将会被收集到1毫米的筛网中(这个网目足够小,可以收集所有的苗)。然后换成下一级网目的分级筛,继续分级,直到所有的苗种按不同的分级尺寸分级完毕。

一旦分级完毕,下一个任务就是检查每个等级的稚贝生物量。将装有不同规格稚贝的筛网内的水沥尽,直到稚贝处于“湿干”状态。为加速沥水过程,可以在底下铺上干布或者纸吸干多余的水分。网干燥后,以总重量减去筛网的重量得出稚贝的重量。这就是分级后的稚贝生物量。

与此同时,稚贝的数量和成活率的检查可以同时进行。可以通过重量或者体积估算稚贝的数量。前一种方法需要精确的称量而后一种仅仅需要简单的设备,比如用一个1-5毫升小塑料瓶来计量小样。这种方法描述如下。

从盛有最大个体稚贝的网内装三个小样与取样瓶口齐平。将样品倾入到一个盛有少量海水的白盘子里。如果是统计个体小的稚贝,用标有方格的培养皿在低倍镜下观察计数非常的有用。统计所有小样中的数量。如果在壳里没有黑点(消化腺)或者壳张开了,把它们放到一边,记录种苗的总数和死亡的数量。重复计数2-3次,将分级后的稚贝转移到带有刻度的培养筒里,计算出他们所占的体积来推算稚贝的总体积。通过这些信息,可以按以下计算方法统计出存活率和死亡率。

范例:**基本信息:**

小样体积 = 2 毫升
 小样1: 总计865, 死亡33;
 小样2: 总计944, 死亡41;
 小样3: 总计871, 死亡33.
 分级苗种的总体积(包括3个小样)= 1 850毫升

计算:

每2毫升苗种平均数(活的和死的) = $(865+944+871)/3 = 893$

每2毫升小样平均死亡数量 = $(33+41+33)/3 = 36$

死亡率 = $(36/893) \times 100 = 9.6\%$

估计存活总数 = $(893-36) \times (1850/2) = 792\ 725$

其它分级部分的数量估算是同样的方法。更小的苗种需要更小的取样体积。

用称量法来估算某一规格稚贝数量的基本程序是一样的。从大量稚贝中量取小样, 精确称取小样的重量, 统计小样的个数。待小样中的数完全统计出来, 知道稚贝的总重量, 就可以按上述方法计算出稚贝总数。

蛤类稚贝的分级就比牡蛎困难多了, 因为它们有用足丝彼此附着的习性, 或者附着在网上和培育它们的容器的内表面。尽管如此, 在分级时可用加压水喷射它们, 待其分开后再进行统计。

6.3.7 流水培育的操作

上面描述的培育水系统通常是每天部分换水或者持续流水的开放系统。当不需要升温培养时, 也就是当外界水温能满足稚贝的生长时, 就可以使用部分地或者全量地流水培育大规格的稚贝。流水系统有两个优点1)可以增加培养槽中的稚贝生物量, 并且能良好地生长。2)稚贝能从交换水体的天然生产力或人工强化后的生产力中得到好处。通常粗滤水中的微藻种类接近自然条件的物种组成, 稚贝会逐渐地适应室外的生长条件。

6.2.3中已经指出在封闭系统中最适宜的生物量是每立方米水体200克, 如6.2.4节介绍的3 000升水槽中饲养600克活的稚贝生物重量能很好地生长。如果在24小时的周期内全部的水交换完毕, 生物量大约翻了一番。以此为例, 水交换量是每小时125升, 假定人工培育的微藻是其主要饵料, 如果直接将饵料加到稚贝培育槽内几乎没有食物会被浪费掉。饵料应该随着稚贝生物量的增加而增加这是两因素中的一个。增加稚贝的密度应相应地增加食物量, 水槽中污物和粪便也变的严重起来, 更要加强日常管理, 水槽系统每周应该排干、清洗三次而不是两次。

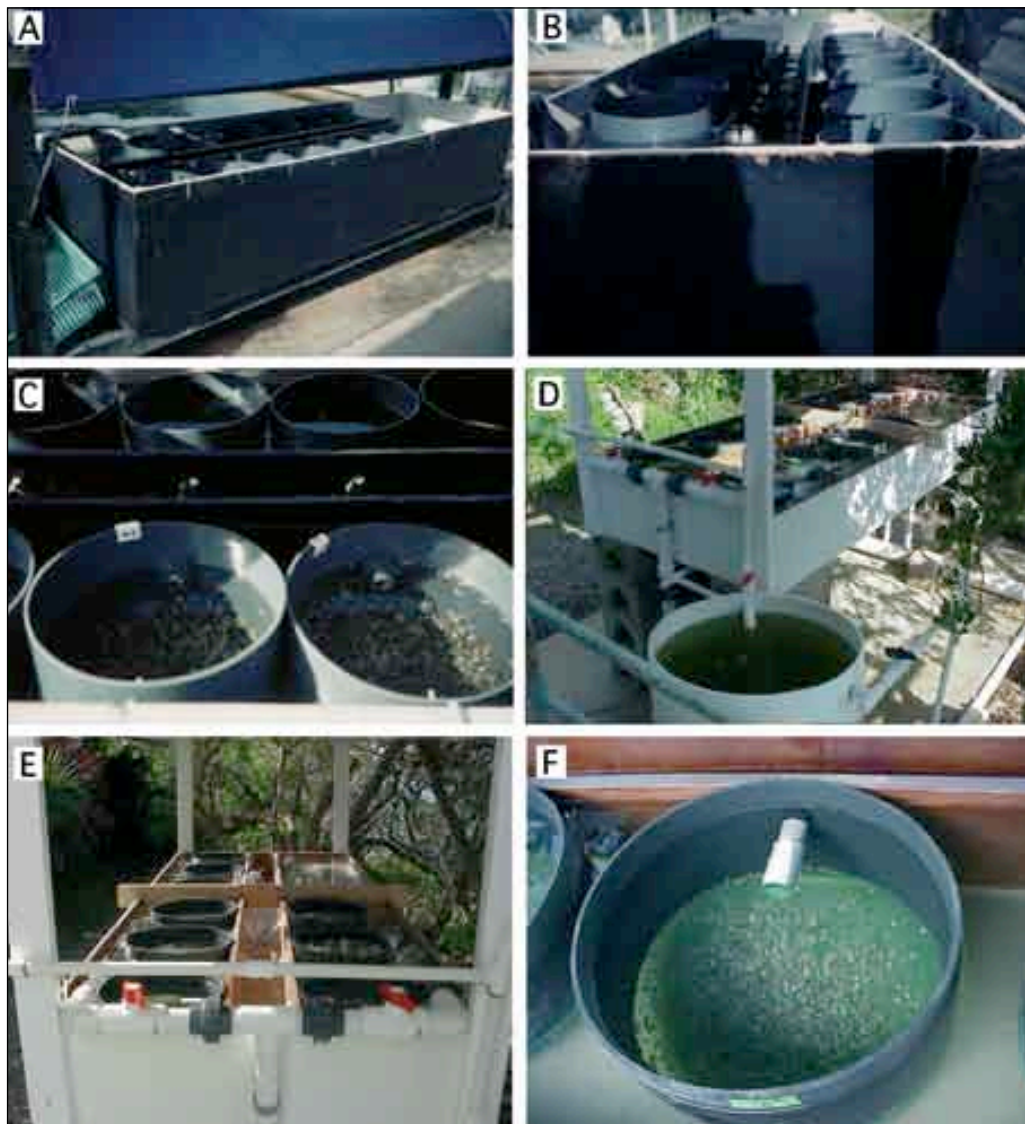


图96：流水系统中养殖后期稚贝的上升流水槽。(A)、(B)和(C)高密度培育蛤的系统。这一系统在90米³的室外水泥池中,以天然发生的微藻为饵料。位于中央的集水渠收集来自于流经培养筒并返回蓄水池的上升流水。该系统是用水泵送水。(D)、(E)和(F)低密度培育扇贝稚贝的系统。供水管道直接与育苗场海水主管道相连接,在饵料槽内已经稀释的藻膏连续不断地流入培育槽供给饵料,在图D中可看到。该系统的结构和A相似,集水渠的两侧排列有培养筒。

如在全流水条件下培育稚贝,水槽结构通常是不同的。用一个单独的蓄水池直接给每一个培育筒供水,而不与临近的贮水池构成循环(图96D)。该系统可以安置于育苗场内或者是在室外。很多育苗场的水源是室外浅池塘或者是位于育苗场附近的大水槽。池塘或大水槽内藻类经常茂盛地生长。而且,这些水塘由于太阳的照射,一年中绝大多数时间温度高于周围海水的温度,尤其在温带(见6.6部分)地区。稚贝培育槽中的水回流到池塘。以这种办法节约微藻饵料。

流水单元与稚贝培育在基本概念上几乎没有什么差异,有关细节将在6.6节中叙述。育苗场流水培育单元一般是用来养殖小规格的稚贝,而很多育苗场也在临近地区的稚贝培育场里培养大规格苗种。因此育苗场工作人员可以充分利用育苗场的设施、仪器和场地等开展从卵到大规格的稚贝生产全过程。

6.4 前期稚贝的食物和摄食量

6.4.1 食物种类的组成

在育苗场内培育供给适合于早期稚贝的食物和培育幼虫(5.1节)一样,是在严格控制条件下进行的。当稚贝附着一周后,投喂给它们的饵料与附着前投喂的食物是相同的。随着稚贝的不断生长,育苗场不可能生产数量如此庞大的微藻饵料。投喂大规格稚贝的饵料常常是一些容易养殖的种类,如鞭毛藻中的四片藻和硅藻中的牟氏角毛藻、魏氏海链藻和骨条藻。

高度不饱和脂肪酸中的DHA(22:6n3)对幼虫发育是必需的,但是对稚贝而言就不是那么重要,因此等鞭金藻和有相同高度不饱和脂肪酸组成的种类(作为食物组分中重要的微量成分)就不是必不可少的。典型的食物配比大约是50%的四片藻配合50%上述硅藻中的一种。配合饵料中的一部分可以用前述的藻膏来替代鲜活的微藻(图97)。有些藻膏产品也可取得令人满意的生长率。本章中所列举的参考文献中有许多介绍非鲜活食物的研究报告。



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。每袋产品分别相当于3 600升四片藻藻液(密度为410细胞/微升)和1 800升海链藻(密度为2 600细胞/微升)。在冷藏条件下可保存12-14周。有系列产品可以供应。

6.4.2 摄食量的计算

无论培育在下降流系统、上升流系统或者部分水交换的系统,摄食率均以水槽中稚贝的生物量来计算。大多数双壳类幼体,每单位生物量在相同的食物需求期有相同的食物需求。也就是说牡蛎的摄食率也适用于相同生物量的蛤和贻贝,虽然生长的反应很不一样。例如蛤在生长初期比牡蛎长得慢,即使处于最好的条件下结果也是如此。扇贝也是一个例外,每单位生物量对低摄食率反应很好。

摄食率(以微藻的干重计)的计算公式如下:

$$F = (S \cdot R) / 7$$

式中: F - 每天摄取微藻的干重(毫克); R - 每周每毫克活体重稚贝的摄食量(微藻干重,毫克); S - 每周开始时稚贝活体重(毫克)。

下面是一个实例,还有一个扩展的等式来计算收获后的微藻日需要量。

范例：**基本信息：**

在一周的第一天, 牡蛎活体的生物量 = 600克 = 600 000毫克

摄食量 = 每周每毫克活体重稚贝消耗0.4毫克微藻(干重)

食物组成: 收获细胞密度为1 500细胞/微升的四片藻。

计算：

$$F = (600\ 000 \times 0.4) / 7 = 34\ 286 \text{ (毫克, 微藻干重)}$$

因此, 每日600克稚贝的投喂率为 $34\ 286 / 1\ 000 = 34.286$ 克微藻(干重)。

查阅本手册第三部分的表1得知100万细胞四片藻重0.2毫克。

每日需求的四片藻量可从以下等式计算：

$$V = (S \times 0.4) / (7 \times W \times C)$$

式中：

V - 相当于每日摄取的收获的微藻体积(l)

W - 每100万细胞微藻的重量,

C - 微藻收获时的细胞的密度(细胞 / 微升)

因此,

$$V = (600\ 000 \times 0.4) / (7 \times 0.2 \times 1\ 500) = 114.3 \text{ l}$$

因而, 600g生物量的牡蛎的日粮是114.3升(细胞密度为1 500细胞 / 微升)四片藻。

注: 在育苗场任意大小的牡蛎、蛤摄食率达到0.4就足够了。

四片藻和角毛藻组成的饲料, 食物配比是50:50, 每微升1 500细胞的四片藻57.2升和每微升7 000细胞的角毛藻76.5升。100万角毛藻干重是0.032毫克。

在3 000升的水体中培育600克生物量的牡蛎或者蛤。在系统内添加上述的微藻得到的初始浓度是57个细胞/微升的四片藻(57 000细胞/毫升)。如果饲料是一次性投入, 微藻细胞浓度太高了不能得到最佳的生长率。如要得到最佳生长率, 最适宜的饵料密度是每毫升10 000细胞。解决办法就是: 第一次投喂20升 $(10 / 57 \times 114.3)$ 饵料, 余下的部分在24小时内逐渐滴入或者泵入培育槽。

每毫克活体重稚贝每周0.4毫克微藻的摄食率接近了双壳类暖水种扇贝如海湾扇贝的上限, 暖水性扇贝生长的适宜水温与暖水性牡蛎和蛤一样 $(23 \pm 2^\circ \text{C})$ 。冷水性扇贝的摄食率应该减少。

上述例子给出的计算公式同样适用于每天部分水交换的养殖系统。摄食率的计算是基于稚贝的生物量, 而不是给出的培育水的体积。

在流水条件下的稚贝培育系统, 其食物的来源是加营养盐强化过的池塘或者水池, 就没有必要精确评估食物的种类组成或者需要提供的摄食量。它将根据微藻的繁殖状

况每天来调整投喂量。富有经验的技术员能判断出是否需要加注新鲜的没有微藻的海水来冲淡池塘中的微藻浓度,使得日摄食率保持在合理的范围内。稚贝产生过多的假粪说明食物供应过高。

6.5 生长和存活

如果牡蛎在一个合理的密度下进行培养,他们的生长率主要受以下几方面因素的影响:食物质量、食物供给量和水温,其中食物的质量是因饵料成分的营养价值来评价的。其他的因素,例如盐度和遗传性,也会对生长率产生一定的影响,但是相对来说比较小。在培养系统中单位水体中稚贝的生物量所产生的效果已经讨论过。在密度为每立方米200克活体生物量时效果最好,这主要是从以下两个方面综合考虑的:一是生长率,最大生长率大约出现在比上述生物量低25%的条件下;二是经济效益,如安放水槽的空间,需要加热和处理的海水量。

6.5.1 不同种类的生长

不同的双壳贝类,在合理的密度下,给予充足的饵料和最适的温度,他们在孵化池中的生长率有很大的不同。牡蛎相对于其他的经济蛤类和扇贝来说,能很快地生长到可供销售的苗种规格。冷水性扇贝要比温水性扇贝生长慢得很多。一方面和牡蛎附着时的个体较大有关,另一方面是和牡蛎在变态过程中无滞育期有关。

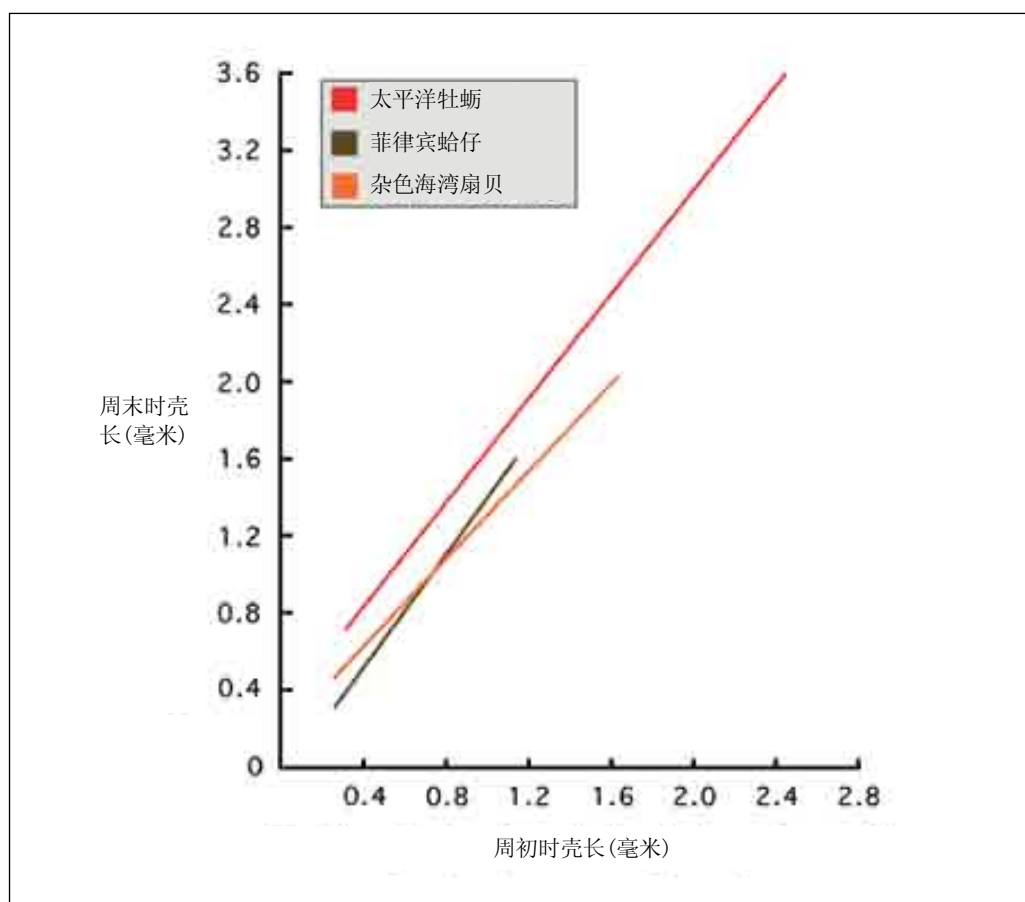


图98: 太平洋牡蛎、菲律宾蛤仔和杂色海湾扇贝在相似条件下的生长比较(生长以第一和第七天的平均壳长表示,杂色海湾扇贝用壳高表示)。

图98给出了太平洋牡蛎、菲律宾蛤仔和杂色海湾扇贝的生长比较。三个种类附着后的生长是通过一周的生长期的起始点和终点的平均壳长进行对照。三种贝类的生长曲线呈直线形,在我们已经介绍过的那种系统中,在一个比较经济的密度下给予充足的饵料和 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 水温条件下培养。在此图中,曲线越向左倾斜,表示生长率越高。菲律宾蛤仔实际上比牡蛎生长的还要快,只是其生长的起点比较低而已,从附着后的三个星期培育结束时,太平洋牡蛎平均壳长达到3.4毫米,菲律宾蛤仔平均壳长达1.14毫米。这是一个平均壳长,菲律宾蛤仔的平均值的分布要比太平洋牡蛎大。杂色海湾扇贝的生长比较慢,其平均值分布如同大规格分布。经过5个星期的生长,他们的平均壳高大约为1.5毫米(在这个时期壳长和壳高几乎相同)。菲律宾蛤仔在四个星期内就可以超过这个数值(1.6毫米)。

冷水性的扇贝例如虾夷扇贝即使在理想的环境下养殖,需要4-5个月壳高才能达到5毫米。

6.5.2 投喂量对生长的影响

在6.3和6.4节中为了解释牡蛎的培养方法给出的投喂率(R 0.4)是每周每毫克活体牡蛎消耗0.4微克微藻(干重)。事实证明在孵化场里这是一个非常切合实际的方法,因为它不但使大多数的种类能够达到满意的生长率,而且对于藻类饵料生产也不致过量。投喂量增加还可以得到较高的生长率。例如,图99给出了在平均温度为 24°C ,试验性投喂量R为0.1-1.0之间时太平洋牡蛎的生长率。图表中牡蛎的生长是在一周的生长周期中,每周开始时不同的平均体重来表示。显然当投喂量大于0.4时,生长率会随投喂量的增加而持续增加。在生长周期开始时的平均体重为2毫克的牡蛎,当投喂量R分别为0.5和1.0时,在七天后分别可以达到7毫克和9毫克。

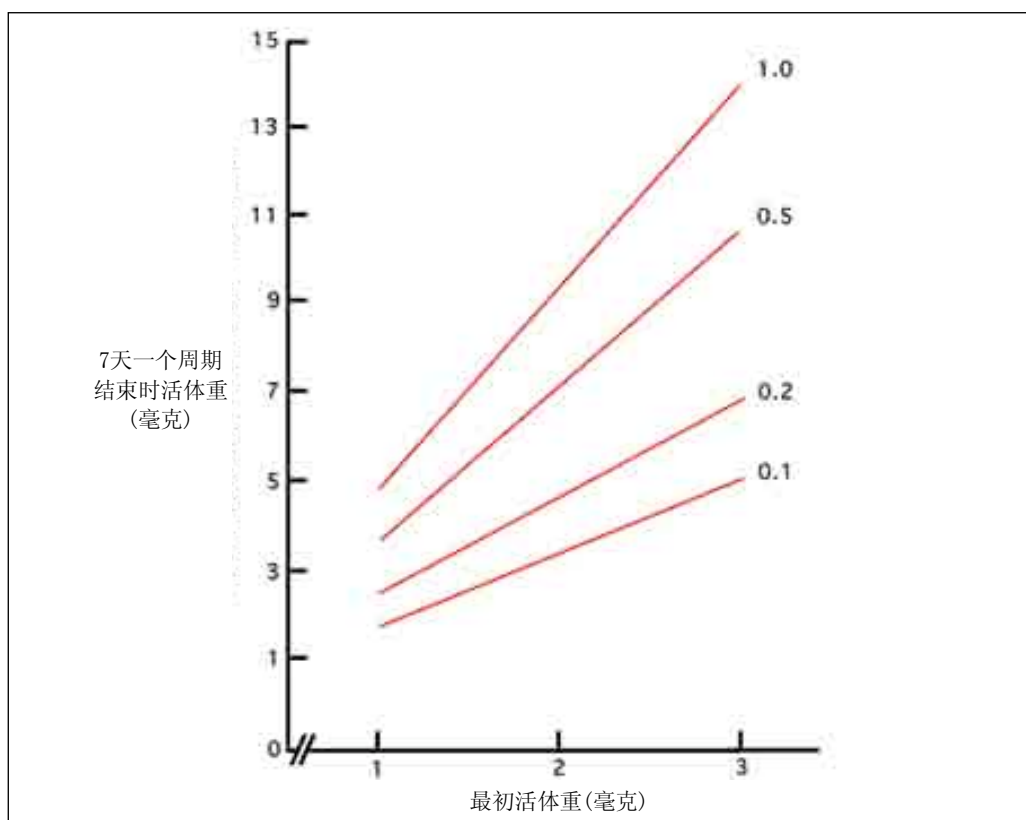


图99: 太平洋牡蛎幼虫的投喂量和生长的关系(横坐标:最初活体重;纵坐标:七天后的活体重)。

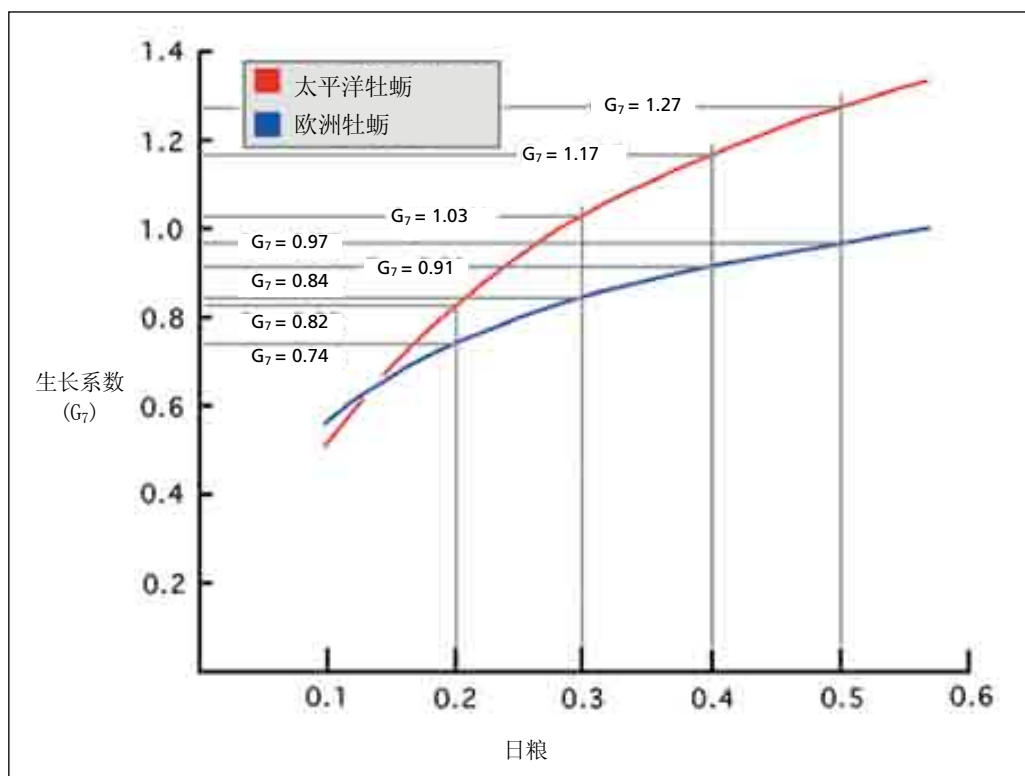


图100: 在24°C水温条件下以等鞭金藻和四片藻作为混合饵料, 比较欧洲平牡蛎和太平洋牡蛎不同投喂量时的生长率(横坐标: 投喂量;纵坐标: 生长系数)。

育苗场培养的卵生型牡蛎中, 生长率对投喂量反应的是很相似的。在同样的条件下欧洲平牡蛎的生长就没有那么快。图100表示了24°C条件下, 投喂量R在0.1-0.5之间, 用生长系数 G_7 表示欧洲平牡蛎和太平洋牡蛎的生长比较。 G_7 的计算方程是:

$$G_7 = \ln wt_7 - \ln wt_1$$

其中 wt_7 是七天后牡蛎的平均活体重, 而 wt_1 是七天前牡蛎的平均活体重。(ln表示自然对数)。

一定大小的牡蛎, 当单位活体重的投喂量相同时, 七天后的的大小可以根据上式计算出来。两个种类的生长系数都已在图中标明。如果两个种类开始时的平均体重是2毫克, 在7天生长周期中的生长系数列于表15。在所有的投喂量下, 它们的体重七天后至少增加了一倍, 太平洋牡蛎的R在0.4和0.5时增加到原体重的3倍多。

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。投喂量是每毫克活体每周所投喂的藻类(干重)的毫克数。饵料是等边金藻和四片藻以50:50(干重)的比例配合而成。

投喂量	欧洲平牡蛎	太平洋牡蛎
0.2	4.19	4.54
0.3	4.63	5.60
0.4	4.97	6.44
0.5	5.28	7.12

6.5.3 温度和投喂量的共同影响

欧洲平牡蛎在一定的温度范围内,不同投喂量条件下的生长结果列在表16。这些数据是通过和图100中类似的曲线计算得到的,适用于生长周期开始时平均活体重为2毫克的稚贝。

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。投喂量低于表15, R的范围为0.05 - 0.2, 饵料为等鞭金藻, ND表示没有数据。

投饵率:	0.05	0.10	0.15	0.20
水温(°C):				
16	2.52	2.63	2.67	ND
18	2.65	2.82	2.89	ND
20	2.80	3.06	3.22	3.29
22	2.92	3.27	3.53	3.68
24	2.95	3.52	3.87	4.17

尽管在最低投喂量(R = 0.05)的条件下生长率随温度的升高而迅速降低,但是仍然能够满足高温条件下的生长需要。食物的供应必须满足代谢的需要,代谢率随温度的升高而升高,代谢剩余的能量才能用于生长。高温低投饵量会导致牡蛎稚贝原本用来增加软体重的能量被用作壳的增长。离开孵化池时状态不好的牡蛎稚贝在以后的生长过程中容易死亡。文献中有很多信息,读者可以直接在第六部分末尾的参考文献中寻找相关的主题。

6.5.4 存活

不同的种类,不同年份之间,不同的孵化池之间,能够存活到可售规格的百分比相差很大。一般来讲稚贝与幼虫不同,对病原微生物不是那么敏感,但是偶尔也会有较小规格的稚贝如同幼虫那样大规模死亡,出现不正常的死亡率。

从孵化发育到2 - 4毫米壳长,牡蛎的存活率在50 - 70%之间。蛤和扇贝可能在10 - 20%之间(图101)。大多数牡蛎的死亡发生在附着后的一周内,蛤和扇贝分别发生在前2周和前4周内。许多幼虫附着后不能完成变态(不能在变态过程中存活下来)可能是因为它们没有足够的食物储备来度过生命的临界期。对于牡蛎来讲早期的死亡问题不大,因为它们在一两天内就可以完成附着和变态。但是在孵化池内经常可以观察到较高的附着率并不一定能够得到较多的存活的牡蛎稚贝。条件可能适合变态,但不能提高幼虫的能量储备水平,使幼虫在变态过程中死亡。

当稚贝在贝壳上附着时,存活率依赖于附着的密度。这主要适用于附着在附着基上的牡蛎。蛤和扇贝在过于拥挤的条件下,会改变它与邻居间的位置。当牡蛎的附着密度太大时,强壮的个体就会压过弱小的个体,后者则会死亡。

在一个密闭系统中,如果单位水体中牡蛎的生物量过大时就会发生死亡。第一个现象就是牡蛎的贝壳慢慢地或突然变白。在这种情况下如果还不降低密度,贝壳中的碳酸钙晶体就会溶解。这种情况只发生在生物量大大超过正常量或者没有进行换水的时候。用pH计测量水槽中的水就会发现pH显著下降。通常会由pH 8.2降到 pH 7.6左右,如果疏于管理,pH可能会降到7.0。部分原因是由牡蛎稚贝和水中细菌的呼吸作用在系统内产生CO₂所致。如果及时发现问题,唯一的补救方式就是换水和降低生物量。

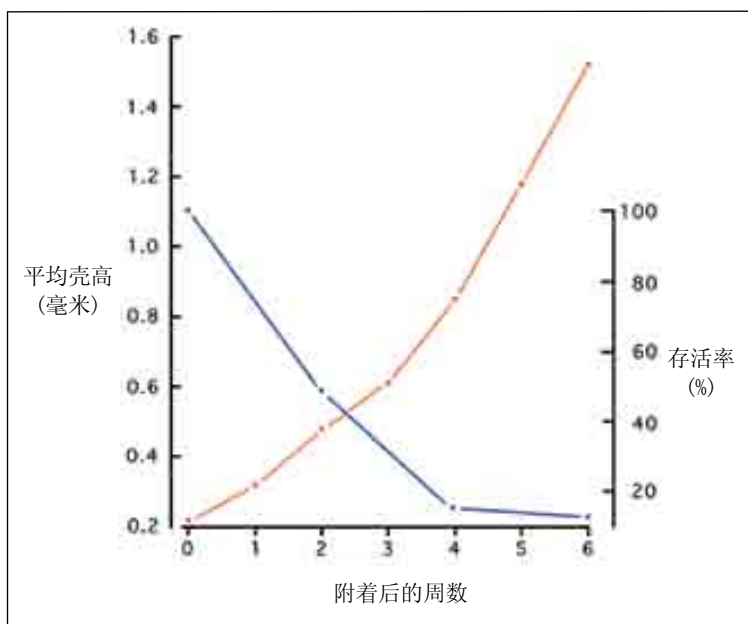


图101: 杂色海湾扇贝附着6周后的存活率(蓝线)和生长情况(橙线);(存活率每两周测一次,横坐标:附着后的周数;纵坐标:壳高)。

6.5.5 苗种生产

计划把育苗场生产的稚贝暂养以前,应该把它视为苗种生产全过程中的一个整体来考虑。当设计一个新的育苗场时,应根据苗种生产的期望值,也就是根据生产目标对生产过程的各个环节进行评估。例如一个培育场的设备具有每年生产1亿幼虫的能力,于是培育稚贝的能力就要与其相匹配,无论市场上需要的规格是多大。

同样,藻类生产车间每天所生产的微藻产量在任何时刻都要能够满足种贝、最大幼虫量,以及不同发育时期稚贝的需要。不同育苗场所培养的种类不同,所期望的销售量不同,上面的这些因素也就会不同。

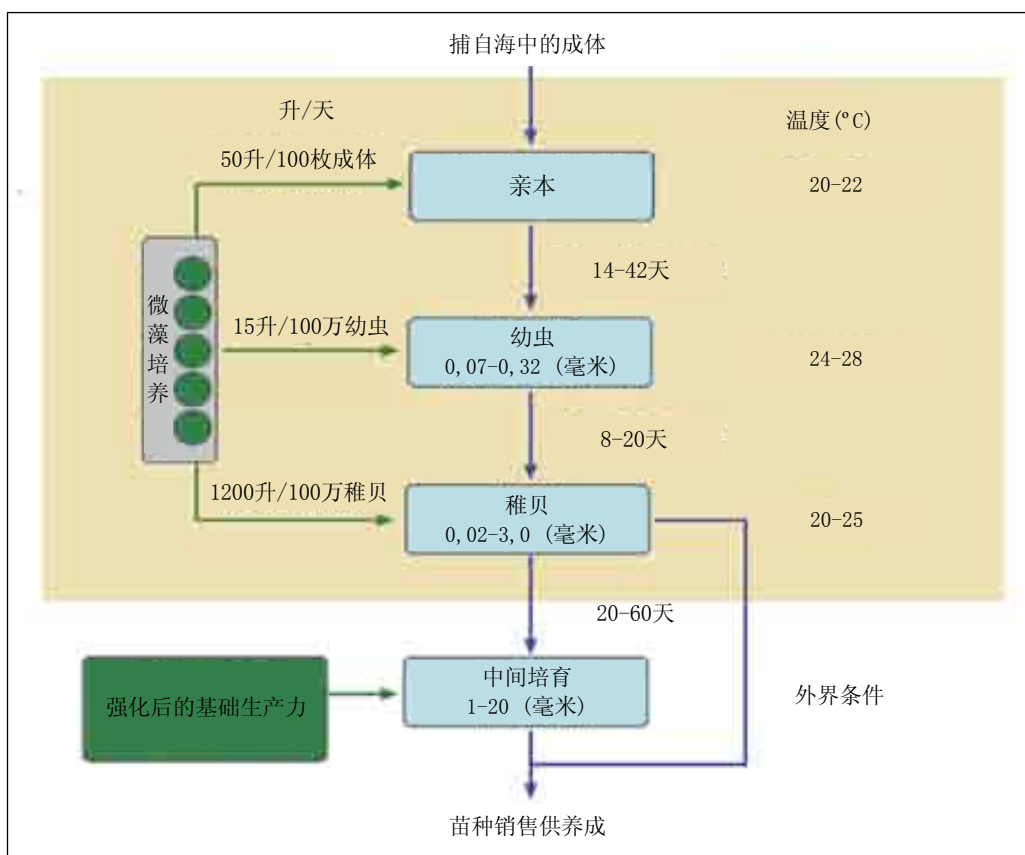


图102: 育苗生产不同环节的总流程图。表示培养的每种生物在不同生长阶段的食物需要量和温度范围。该流程图适用于大部分温水性双壳类。

根据一般的指导原则,图102表示了育苗生产中的不同层面对食物的日需要量和水温条件。同时表明了大部分的温水双壳贝类在生产循环中每个阶段所需要的天数。食物的需要量是根据幼虫和稚贝的平均大小和育苗场的最大容量来计算的。一般情况下,稚贝壳长达到3毫米就可供出售或转移到稚贝培育场。

6.6 稚贝培育

双壳类稚贝的中间培育是处于育苗和养成(吊养或叫做离开海底的养殖)之间的中间环节。这一环节是降低生产成本的有效措施,如果很小的苗种养在细小网目的网(珍珠网)中,其网眼很容易被浮游藻类、底泥、污损生物等堵塞。中间培育的目的是以较低的成本使得个体较小的苗种快速长成为合适的大小,以便能转移到养成笼、养成袋或者网目为7-12毫米的网笼中进行养殖。网目较大的养成笼不易被堵塞,而且不需太多的维护。

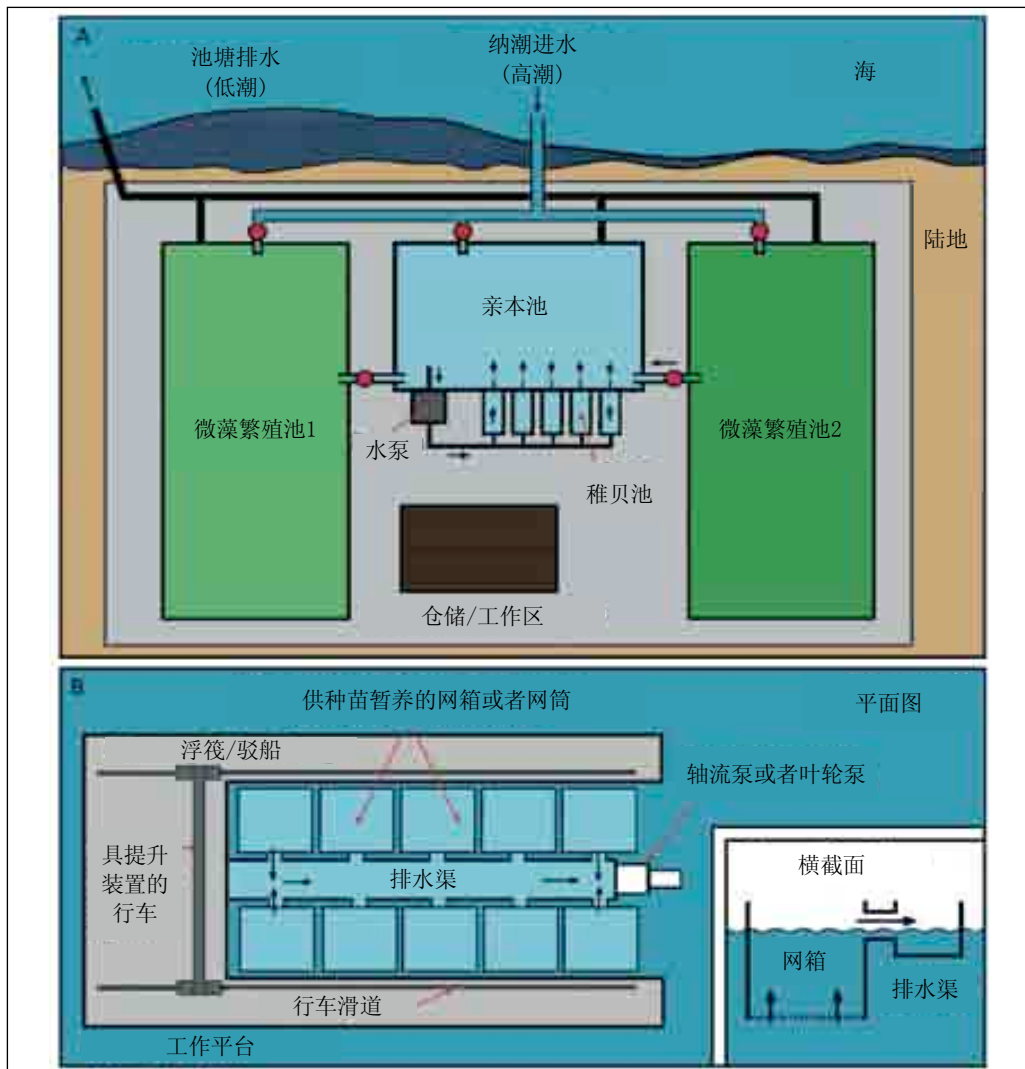


图103: (A) 陆基中间培育场,食物来自两个藻类池,在适当的时候给藻类池进水和施肥,促进藻类的连续不断地繁殖,食物供应在人工控制之下。从营养强化后的池塘2中供应微藻,饵料随着水流进入到贮水池,由贮水池流入牡蛎稚贝的培育器。(B) 漂浮的驳船或浮筏育苗设备,可以停泊在河口培育区或在海边的泻湖,或者在池塘系统中。小型的浮动式中间培育设备可以用低扬程的轴流泵,大一些的可用叶轮泵把水泵入排水渠中排掉,并可以通过中间培育器底部的筛网进水,产生上升流。

20世纪70年代到80年代初出现在欧洲和美国的中间培育系统是被当作育苗场的一个自然的附属环节。它既可以被看作育苗过程中的最后阶段也可以作为养成的开始阶段。最有效的中间培育方式是把幼苗高密度放养在上升流系统中。其它方式有以下几种,如在生产水体中采用浮动式培育盘,或水下培养盘。在这些装置中有或没有对抗逆流的单元。由于这些系统类似于养成系统,所以不在此作进一步讨论。

中间培育的设备可以安装并停泊在富饶的河口或咸水湖的筏子上或者驳船上。也有些中间培育的设备是安装临近水源的水槽内,或者是在上升流浮筏上,浮筏固定在天然的或者人工建造的海水池塘中(图103)。正如上面所提及的,池塘或湖泊的初级生产力可以通过施用天然肥或人工肥来促进天然藻类的繁殖。从这一点考虑,它的日常管理要比设置在海上(海基型)的中间培育场容易得多,因为稚贝的饵料无论在数量上,还是在质量上都可以得到一定程度的控制。

6.6.1 陆基中间培育场

陆基中间培育场一般坐落在海边位置较低的地方。高潮时海水通过进水闸流入面向海的池塘供水,管道上安装有截止阀,或者用低扬程水泵供水。低潮时靠重力排水(见图103)。陆上中间培育系统常常由一定数量的水浅、面积大的池塘或水槽组成,彼此间通过沟渠或管道上闸门或阀门相联结。大部分的池塘里会繁殖那些在注水之前就

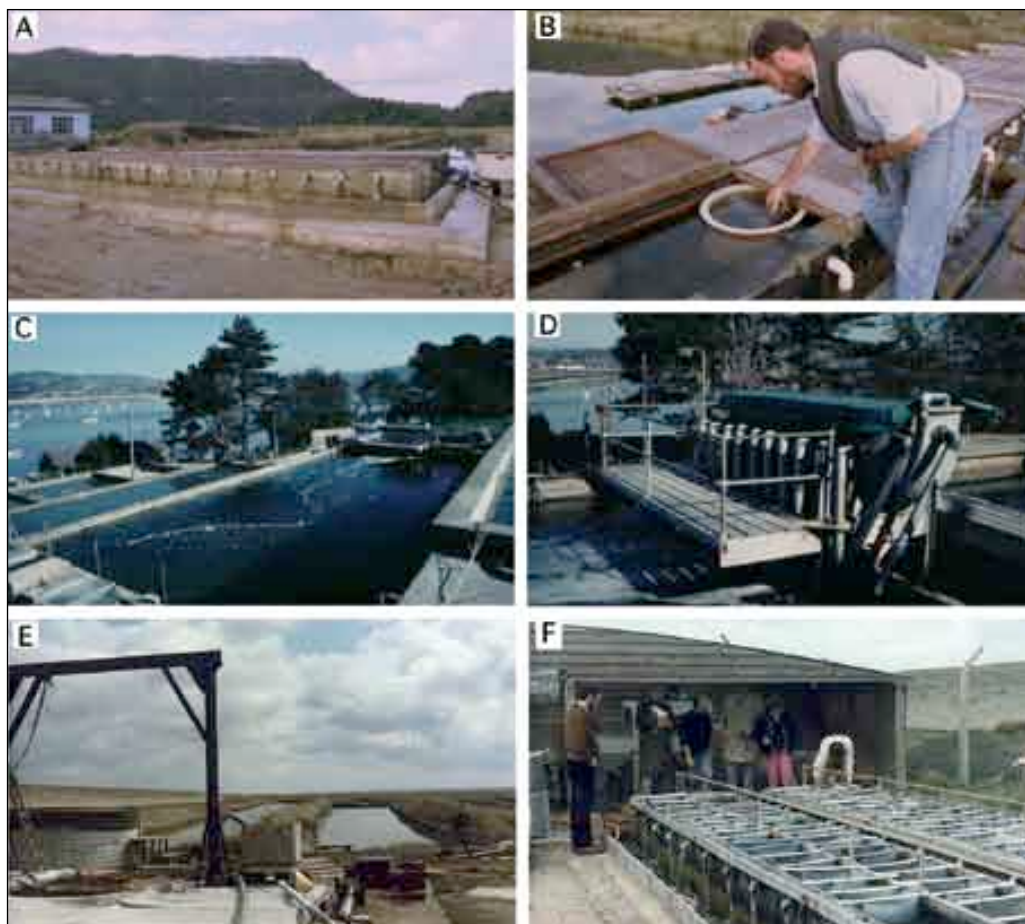


图104: 陆基中间培育场。(A)和(B)稚贝水泥培育池,包括上升流稚贝培育筒(Tinamenor S. A., Pesues, 西班牙),水由池塘泵入水池,通过水池底部的排水装置排水。(C)和(D)上升流稚贝中间培育系统,位于英国威尔士康伟水产研究所内的450m³的水池,通过营养强化后给稚贝培育系统(D)供应饵料。(E)和(F)欧洲大部分双壳类中间培育系统源自英格兰Kent州Reculver的Seasalter贝类培育场的原型。

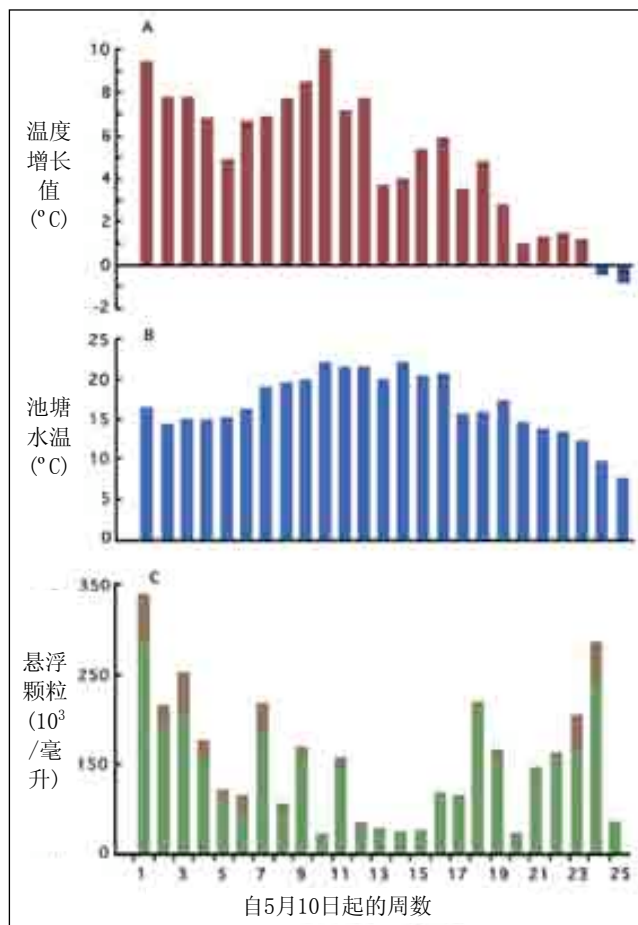


图105: 加拿大Nova Scotia的陆基中间培育系统的数
据(实验时间从5月初到10月末)。(A)池塘对周围海
域的温度增长;(B)池塘的周平均温度;(C)周平均悬
浮颗粒(单位:千个/毫升),直径在2.5 - 5.0微米之
间(绿色)、5.0 - 10.0微米之间(棕色)。颗粒物的
数量是用考特计算器测定。样品通过显微镜观察,
确定颗粒物主要是藻类。

已存在的微藻。虽然最通常的方法是利用水体中的自然肥力,但是通过施用农业氮肥和磷肥和可溶性硅可以控制微藻的繁殖(3.4.6节)。培养藻类的池塘轮流向临近上升流培育器的池塘供应藻液,培育幼苗的容器与池塘相连得到饵料的供应。池塘中过量的水排回到海里,并且为了控制食物的密度和排除废物和代谢产物,有规律地或连续地直接从海里进水,替换部分池塘中的水。海水是通过水泵从供水池泵到上升流培育单元,操作的基本原理和育苗场内采用的上升流一样。如果上升流系统是浮动式的,水则是通过轴流泵或叶轮泵来供应。陆基中间培育系统的事例如图104和图106所示。

放养在陆基中间培育池中的稚贝的生物量取决于池塘和水槽的生产力,它受温度、盐度、营养水平等因素的影响。水面积和体积都比较大的浅水系统犹如一个热量接受器,太阳辐射能使得水温

上升。它的水温经常要显著高于临近的海水温度,这一点对温水性种类的生长很有利,但是需要细心的管理,因为藻类的快速增值可能是突如其来,而又很快消逝(图105)。总是存在这样的风险,即藻类的过量繁殖会消耗水中的氧。藻类进行光合作用产出的副产物是氧,但在黑暗条件下不能进行光合作用时,就会转向消耗氧的呼吸作用。藻类大量繁殖时会消耗水中大量的氧气,可以在短短几个小时之内使氧的饱和度降到20%,在清晨时达到最低点。这样会导致稚贝意外的大量死亡。聪明的做法是在系统中安装氧气检测报警装置。也可通过精心管理来预防海藻过度繁殖,其一是进行池塘间的换水(如果有多个池塘的话),其二是直接从海中提水来稀释池水。如果海水温度低于池水,那么它的溶氧会更高。充气装置也常常用来改善池塘中的溶氧量。

池塘中的盐度会因大量降水和其他未预料到的情况,如地下淡水的渗入、季节性的溪流等的流入而下降。与选择育苗场地一样,如要在一不熟悉的地方建造稚贝培育场需要进行认真仔细地考察。

确定一个池塘中所能容纳的稚贝生物量是要经过反复实验的。一般的规律是一公顷水面的浅水池塘能够生产1 - 3吨的幼苗,这得由水域中微藻生产力和生长季节而

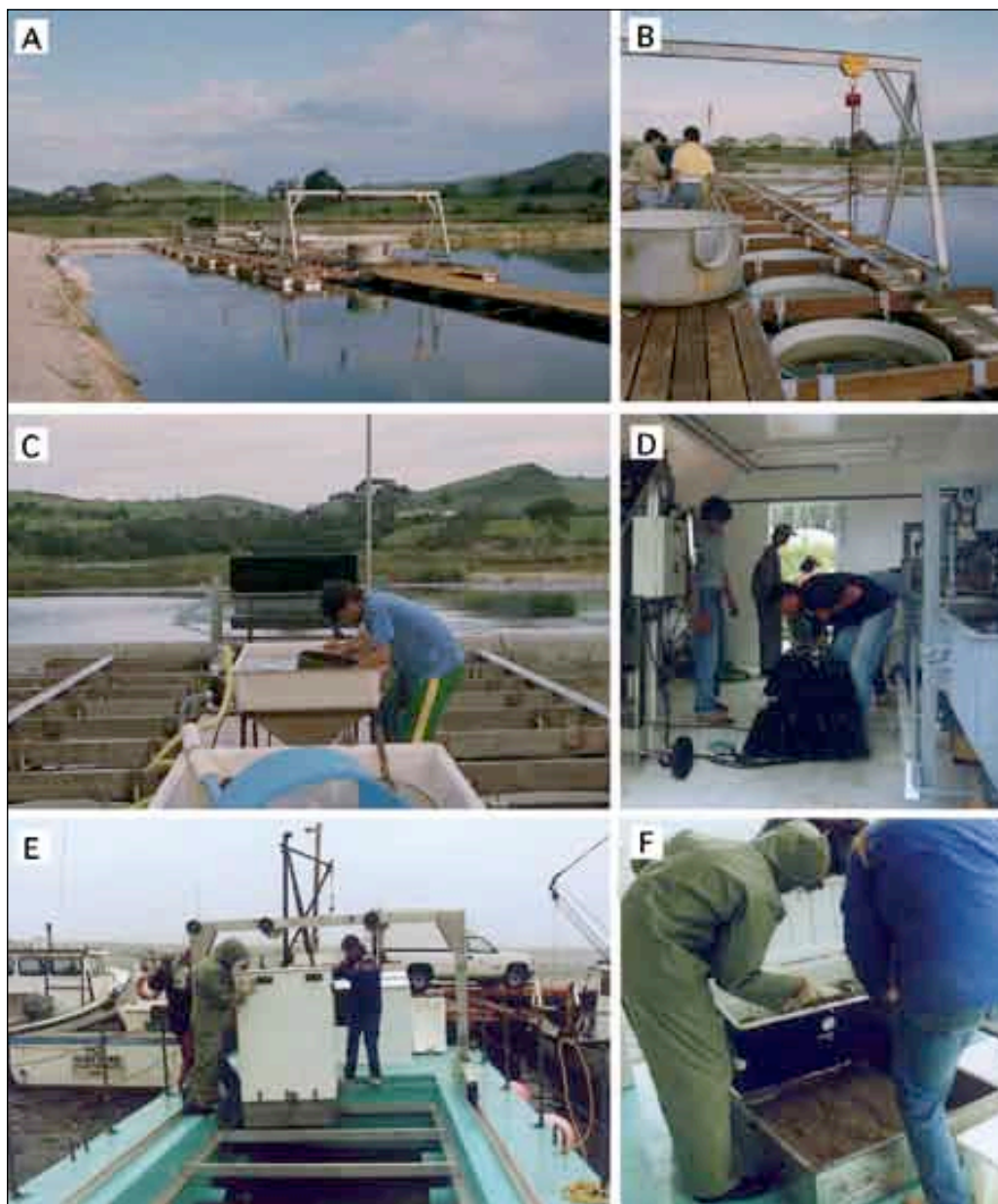


图106: 浮筏或驳船式中间培育场 (A) - (C)人工池塘中的浮筏, 池塘通过沟渠与一个大的藻类养殖水系相连。(Tinamenor S.A., Pesues, Spain); (B)浮筏的详细结构, 放养牡蛎稚贝的柱形的培育桶和提升设备; (C)相同的浮筏, 叶轮泵把水从浮筏的排水渠内排放到堰另一侧的池塘里。 (D)加拿大大西洋沿海牡蛎育苗场的机械分选器(右), 它是育苗场或者是稚贝中间培育场的一部分; (E)坐落在加拿大爱德华太子岛河口的驳船式中间培育场, 运作原理相同; (F)工作人员正从隔热的保温箱中卸载盛放在牡蛎稚贝容器内的稚贝, 这些苗种来自于育苗场。此例中工作人员正将不锈钢基板从盛放稚贝的玻璃钢箱体上分离开来。

定。在精心的管理下这是可以达到的最大生物量。许多欧洲的培育场占地面积都有数十公顷。稚贝中间培育场的管理和在育苗场的管理是一样的, 需要经常按规格进行分级筛选, 筛选后牡蛎稚贝可以按不同规格放养在各自的稚贝培育容器中。分选工作是用机械分选器来完成(图106)。管理同样包括控制藻类的繁殖, 这需要经常对一些参数或和藻类生产相关的参数进行观察, 如确定悬浮颗粒物, 可以用单位体积内的数量(图105C)或重量, 叶绿素含量、显微镜观察。在第六部分末尾的参考书目中可以找到相关方法的参考(Strickland and Parsons, 1968)。

虽然我们可以提高池塘的初级生产力,使之显著地高于正常海区,但是我们无法总能保证池塘中所生长的藻类的大小、可消化性、营养价值都适合我们培养的种苗。有时候就必须改变肥料的组成成分,或大量地接种人工培养的藻类,以提高我们所需要藻类的含量(参阅3.4.6节)。

6.6.2 驳船式的中间培育场

驳船式中间培育场的水流是通过安装在渠道中的低马力轴流泵或电动叶轮泵来推动的,渠道接收上升流式培养容器中排放出来的水(图103和图106)。泵或者叶轮会把水从渠道内输送到周围的水体中,那么就会在水位比较高周围水体和水位较低的沟渠水体之间产生一个水压,导致外部的水会从底部的筛网流经上升流容器。水流经过稚贝的培育床流入到沟渠内,再由沟渠排放到海洋或池塘内。

不管使用什么技术,细心的管理都是必要的,这样才能保证培养幼苗食物的持续性、质量和数量。这要看驳船停泊在池塘中(图106A - C)还是漂流在一个未经开凿的咸水泻湖或河口中(图106E - F)培育人员可以在两者之间作出选择:是将大量的小规格苗种培养到中等大小的规格,还是将少量的小苗长到较大的规格。假设一条驳船停泊在富饶的河口,每分钟产生10 - 20升的水流,就可以满足1公斤幼苗生长需要。每个底面积为1米²的幼苗培育容器(或者可以达到32米²),最大承载量为120公斤,水流要超过1 200升/分。那么底面积为32米²的容器所需的水流量为38 400升(38.4米³/分)。桨轮在产生这样一个水流量要比轴流泵有效。利用一个电动机带动叶轮,再连接到变速器上,就能够根据幼苗的大小和承载量进行水流调节。如果在人工管理的陆基池塘中进行培育,单位生物量所需的流速要比上面提到的数值小,因为它的藻类初级生产力较高。

上面提到的各种类型的稚贝中间培育场在欧洲和北美很普遍,它们是当地精心规划的区域性贝类养殖业的一部分。然而,小型的中间培育场也是可以的,例如,双壳类养殖业在该地区正处于发展的初期,或者是将其作为一个综合性企业的一部分。小型的浮筏式培养设备可以自造也可以直接从生产厂家购买,而且用不着很大的经济投资。(图107)操作规则和大规模的商业性设备完全一样。通常是用流量为1米³/分的轴向泵来进行驱动。

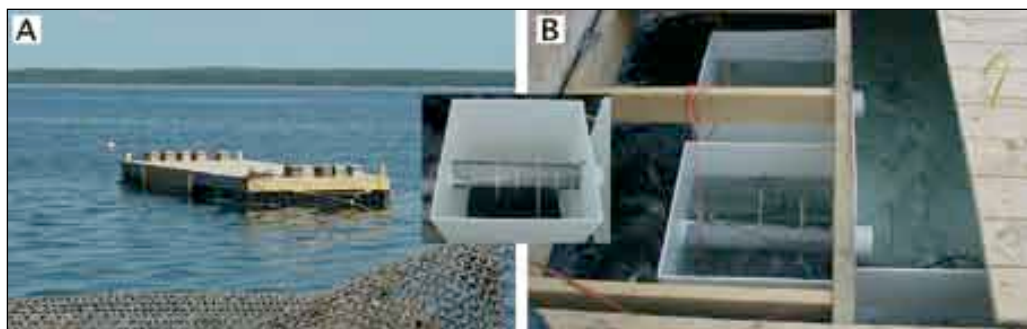


图107: 利用轴流泵推动的商业型的小上升流培育场,位于加拿大(Harwen Oyster Farm, Port Medway, Nova Scotia),太阳能电力驱动水泵的型号或者类似的设备型号可以在因特网上找到。操作原理相同。

图104和106所示的培育系统需要接近电能供应地。如果位于一个电力得不到供应的偏僻地方或者安装在随着潮水涨落的河口的驳船上,就可利用潮汐发电来驱动

上升流系统。在英语中被称为“FLUPSYS”，即上升流系统，在图108已有描述。FLUPSYS需要潮汐流至少在50到100厘米每秒才能有效运行。

陆基型中间培育系统比海基型的培育系统更有优势。它们能在生长季节提供较高的温度和供应较丰富的食物。缺点是它们的稳定性不如海基型系统，如果管理不当容易造成富营养化。用来培育双壳类稚贝的生产性的海水池塘其发展潜力要远大于目前的应用范畴。在可以预见的未来，无论是人工施肥的天然池塘，或者是人工开挖的池塘系统，或者是在海边经水闸进水的围堰都能成为高效的半人工养殖双壳类稚贝的设施，这种办法为培育场另辟蹊径。这种方法已经在爱尔兰的大西洋贝类公司和挪威的许多公司得到成功地应用。



图108: 潮汐供电漂流式上升流系统——FLUPSYS。

(A) 显示小的实验单元各个组分。聚苯乙烯泡沫填充到漂浮管内(f)做成浮子，使设备漂浮于水面。它围绕一个固定点摇摆(m)两个停泊架中的一个)，面向潮流的方向停泊，海水就由喉管(t)进入，向上流经盛放稚贝的培育器(sc)。盛放稚贝容器的底部是筛网，稚贝床可以是一层或者多层。出水口设在盛放稚贝的培育容器的后面，为了防止稚贝的流失，有相应的防逃装置。(B) 根据此原里制造的安装在浮筏上的商业型“FLUPSYS”。

6.7 参考文献

Baldwin, R.B., Mook, W., Hadley, N.H., Rhoses, F.J. & DeVoe, M.R. 1995. Construction and operations manual for a tidal-powered upwelling nursery system. Nat. Coastal Res. Devel. Institute. NOAA contract AQ66.90-5228-03

Bayes, J.C. 1979. How to rear oysters. p 7–13. In: Proc. 10th Annual Shellfish Conf. The Shellfish Assoc. of Great Britain, London: 104 pp.

Bayes, J.C. 1981. Forced upwelling systems for oysters and clams using impounded water systems. p 73–83. In: Claus, C. De Pauw N. & Jaspers, E. (eds), Nursery culturing of bivalve molluscs. EMS Spec. Pub. No. 7. European Mariculture Society, Bredene, Belgium: 394 pp.

Bourne, N., Hodgson, C.A. & Whyte, J.N.C. 1989. A Manual for Scallop Culture in British Columbia. Canadian Tech. Rep. Fish and Aquatic Sciences, No. 1694: 215 pp.

- Castagna, M. & Manzi, J.J.** 1989. Clam culture in North America: hatchery production of nursery stock clams. p 111–125. In: Manzi, J.J. & Castagna, M. (eds) Clam Mariculture in North America. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, **19**. Elsevier, Amsterdam, Oxford and New York.
- Couturier, C., Dabinett, P. & Lanteigne, M.** 1995. Scallop culture in Atlantic Canada. p 297–340. In: Boghen, A.D. (ed) Cold-Water Aquaculture in Atlantic Canada. The Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton, Canada: 672 pp.
- Ito, H.** 1991. Scallop culture in Japan. In: Shumway, S.E. (Ed), Scallops: biology, ecology and aquaculture. Elsevier. Developments in Aquaculture Fish. Sci., **21**: 1017–1055
- Helm, M.M.**, 1990a. Moderna progettazione e gestione di schiuditoi per molluschi bivalvi e nuovi sviluppi (Hatchery design and general principles of operation and development). p 65–87. In: Alessandra, G. (ed) *Tapes philippinarum*: Biologia e Sperimentazione. Ente Sviluppo Agricolo Veneto, Venice, Italy: 299 pp. (Italian and English text)
- Helm, M.M.** 1990b. Managing Production Costs - Molluscan Shellfish Culture. p 143–149. Congress Proceedings, Aquaculture International, September 4-7, 1990, Vancouver, BC, Canada: 480 pp.
- Helm, M.M.** 1991. Development of industrial scale hatchery production of seed of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*, in Cuba. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO: TCP/CUB/8958: 46 pp.
- Helm, M.M.** 1992. Operation of a managed, shore-based nursery for the early growth of hatchery produced European oyster seed. Department of Aquaculture and Fisheries, Halifax, Nova Scotia, March 1992: 35 pp.
- Helm, M.M.** 1994. Towards reliable bivalve seed supply in Nova Scotia. Bull. Aquacul. Assoc. Canada **94** (4): 9–14
- Kennedy, V.S., Newell, R.I.E. & Eble, A.F. (eds)**. 1996. The eastern oyster, *Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant, Univ. Maryland, College Park, USA: 734 pp.
- King, J.J.** 1986. Juvenile feeding ontogeny of the geoduck *Panope abrupta* (Bivalvia: Saxidacea), and comparative ontogeny and evolution of feeding in bivalves. MSc thesis. Univ. Victoria, Victoria, BC, Canada: 281 pp.
- Kingzett, B.C.** 1993. Ontogeny of suspension feeding in post-metamorphic Japanese scallops, *Patinopecten yessoensis* (Jay). MSc Thesis. Simon Fraser Univ. Vancouver, Canada: 117 pp.
- Krauter, J.N. & Castagna, M. (eds)**. 2001. The biology of the hard clam. Elsevier, Devel. Aquaculture Fish. Sci. **31**. 751 pp.
- Laing, I.** 1987. The use of artificial diets in rearing bivalve spat. Aquaculture, **65**: 243–249
- Laing, I. & Millican, P.F.** 1986. Relative growth and growth efficiency of *Ostrea edulis* L. spat fed various algal diets. Aquaculture, **54**: 245–262

- Laing, I. & Psimopoulos, A.** 1998. Hatchery culture of king scallop (*Pecten maximus*) spat with cultured and bloomed algal diets. *Aquaculture*, **169**: 55–68
- Laing, I., Utting, S.D. & Kilada, R.W.S.** 1987. Interactive effect of diet and temperature on the growth of juvenile clams. *Aquaculture*, **113**: 23–38
- Langton, R.W. & McKay, G.U.** 1976. Growth of *Crassostrea gigas* (Thunberg) spat under different feeding regimes in a hatchery. *Aquaculture*, **7**: 225–233
- Mann, R. & Glomb, S.J.** 1978. The effect of temperature on growth and ammonia excretion of the Manila clam, *Tapes japonica*. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.*, **6**: 335–339
- Manzi, J.J. & Castagna, M.** 1989. Clam mariculture in North America. Elsevier, *Devel. Aquaculture and Fish. Sci.*, **19**: 461 pp.
- O’Foighil, D., Kingzett, B., O’Foighil, G.O. & Bourne, N.** 1990. Growth and survival of juveniles scallops, *Pateinopecten yessoensis*, in nursery culture. *J. Shellfish Res.* **9** (1). p. 135–144
- Quayle, D.B.** 1988a. Pacific oyster culture in British Columbia. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* **218**. 241 pp.
- Quayle, D.B.** 1988b. Natural molluscan seed production. In: E. Uribe (ed). *Produccion de larvas y juveniles de especies marinas*. Universidad del Norte, Coquimbo, Chile: 45–49
- RaLonde, R.** 1999. Final report of the Kachemak Bay shellfish nursery culture project 1997–98. Alaska Dep. Fish and Game: 53 pp.
- Reid, R.G.B., McMahon, R.F., O’Foighil, D. & Finnigan, R.** 1992. Anterior inhalent currents and pedal feeding in bivalves. *Veliger* **35** (2): 93–104
- Rosenthal, H., Allen, J.H., Helm, M.M. & McInerney-Northcott, M.** 1995. Aquaculture Technology: Its Application, Development, and Transfer. p 393–450. In: Boghen, A.D. (ed) *Cold-Water Aquaculture in Atlantic Canada*. The Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton, Canada: 672 pp.
- Spencer, B.E.** 1988. Growth and filtration of juvenile oysters in experimental outdoor pumped upwelling systems. *Aquaculture*, **75**: 139–158
- Spencer, B.E., Akester, M.J. & Mayer, I.** 1986. Growth and survival of seed oysters in outdoor pumped upwelling systems supplied with fertilized sea water. *Aquaculture*, **55**: 173–189
- Spencer, B.E. & Hepper, B.T.** 1981. Tide-powered upwelling systems for growing nursery-size bivalves in the sea. p 283–309. In: Claus, C., De Pauw, N. & Jaspers, E. (eds), *Nursery culturing of bivalve molluscs*. EMS Spec. Pub. No. 7. European Mariculture Society, Bredene, Belgium: 394 pp.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R.** 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board of Canada*. **167**: 1–311
- Taguchi, K.** 1978. A manual of scallop culture methodology and management. *Fish. Mar. Ser. (Can). Transl. Ser.* 4198: 146 pp.

- Urban, E.R., Pruder, G.D. & Langdon, C.J.** 1983. Effect of ration on growth and growth efficiency of juveniles of *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. Shellfish Res.*, **3**: 51–57
- Utting, S.D.** 1986. A preliminary study on growth of *Crassostrea gigas* larvae and spat in relation to dietary protein. *Aquaculture*, **56**: 123–138
- Utting, S.D.** 1988. The growth and survival of hatchery-reared *Ostrea edulis* L. spat in relation to environmental conditions at the on-growing site. *Aquaculture*, **69**: 27–38
- Utting, S.D. & Spencer, B.E.** 1991. The hatchery culture of bivalve mollusc larvae and juveniles. *Lab. Leaflet, MAFF Fish. Res., Lowestoft*, No **68**: 31 pp.
- Ventilla, R.F.** 1982. The scallop industry in Japan. *Adv. Mar. Biol.*, **20**: 309–382
- Ver, L.M.B. & Wang, J.K.** 1995. Design criteria of a fluidized bed oyster nursery. *Aquacultural Engin.*, **14** (3): 229–249
- Walne, P.R.** 1972. The influence of current speed, body size and water temperature in the filtration rate of five species of bivalves. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **52**: 343–374
- Warfel, P.E.** 2002. Growth and economic advantages of distributed powered upwellers: creating a new aquaculture niche. Presented, Nat. Shellfisheries Assoc. Meeting, Mystic, Conn. 2002.
- Whitney, L.F. & Zahradnik, J.W.** 1970. Fluidization of juvenile oysters: a progress report. *Proc. Nat. Shell. Assoc.*, **60**: 11
- Whyte, J.N.C., Bourne, N. & Hodgson, C.A.** 1987. Assessment of biochemical composition and energy reserves in larvae of the scallop *Patinopecten yessoensis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **113**: 113–124
- Williams, P.** 1981. Offshore nursery culture using the upwelling principle. p 311–315. In: Claus, C., De Pauw, N. & Jaspers, E. (eds), *Nursery culturing of bivalve molluscs*. EMS Spec. Pub. No. 7. European Mariculture Society, Bredene, Belgium: 394 pp.
- Wisely, B., Holliday, J.E. & MacDonald, R.E.** 1982. Heating an aquaculture pond with a solar blanket. *Aquaculture*, **26**: 385–387

