

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

7.1 遗传育种

直到目前为止,人们仅仅是在养殖双壳贝类。尽管农业上有着几千年的选择育种和遗传学的经验,创造出了许多优于野生种的动植物品种,但是选择育种方法在双壳贝类养殖生产中很少采用。这在很大程度上是由水产养殖的方式,即直接从海区采集天然贝类幼苗造成的。苗种被放养在经过选择、有利于快速生长的海区,达到商品规格后收获上市;双壳贝类养殖的范围很广,它们很可能来自同一种群,形成一个巨大的基因库。无论是采集的天然苗还是人工苗,这些幼苗经常运到很远的地方,甚至运到不同的国家,这样使得其同一的基因库覆盖了非常广阔的地理区域。同时使得一些具有地理特色的品系或品种消失了。在这种环境下培育有遗传优势的品系虽然是有难处,但不是不可能,问题是对开展本地苗种培育的工作做的不够。

有人进行过某些双壳贝类的群体遗传学的研究,这些研究的重点是用来判断这些种类的不同的亚种、品种或品系是否在该物种的分布区域内存在,结果表明一些双壳类的亚种确实存在于这种贝类的分布区域内。这就提出这样一个问题,是否应该将贝苗的一个亚种群转移到另外一个亚种的生活水域。还有就是有一个亚种如果转移到另一个亚种生活水域,生长是否有优势?群体遗传学也研究了一些双壳贝类种群随着时间的变化而分离成两个差异极为显著的种群的现象。有一个很好的例子:沿北美太平洋西海岸的太平洋牡蛎就是从日本分布种群中分离出来的。研究的最终结论是地理分布相隔很远的同一物种,其种群的遗传漂移即使有也很少。

双壳类遗传学方面的知识以及我们对它的兴趣和它在养殖生产中的潜力,在过去的20年里增加很多,这有两个原因,即人工育苗产业的发展和遗传学领域的技术进步,例如用电泳技术来检测遗传变异。随着双壳类育苗产业的发展,利用选择育种来培育新的品系或品种成为现实。人们对培育出比原有物种更能适应特定的生长环境的双壳贝类品系兴趣倍增。另外一个推动双壳贝类遗传学发展的动因是培育出能够抗病的牡蛎新品种,防止北美和欧洲养殖的牡蛎大批死亡。

双壳贝类遗传学的研究非常复杂并且技术含量高, 所以对该领域研究进行完整的阐述非本书的宗旨。本章的目的是简要地提及目前双壳贝类遗传学研究的范围和它对育苗生产的指导作用。关于这部分的参考文献已在7.3节中列出, 供读者获取更多的信息。

7.1.1 多倍体育种

双壳贝类多倍体研究是目前探索和实践相当广泛的一个遗传学领域, 尤其是三倍体贝类的生产。虽然已经生产出了三倍体的扇贝、蛤、贻贝, 但是大部分的工作还是集中在三倍体牡蛎, 尤其是三倍体太平洋牡蛎。

人们对发展北美太平洋沿海三倍体牡蛎生产的兴趣出自两个原因。首先是养殖业希望牡蛎能够整年保持好的食用品质, 以保持并延长上市时间。太平洋牡蛎的性腺可以占其软体部重的50%以上。春天, 当牡蛎糖原转移到生殖细胞中, 它的味道变得不好吃, 并且在产卵后软体部消瘦而且含有很多水分, 这样不利于牡蛎上市销售。其次, 如果可以产卵, 那么就可以减少死于所谓的“夏季疾病”——被认为是生殖所产生的生理压力造成的。如果可以通过养殖三倍体牡蛎阻止糖原进入生殖细胞, 那么可以显著的降低死亡率。

三倍体是通过阻止卵的有丝分裂, 使它保持在二倍体状态而实现的。当二倍体的卵与单倍体精子结合时, 三倍体就产生了(图109)。

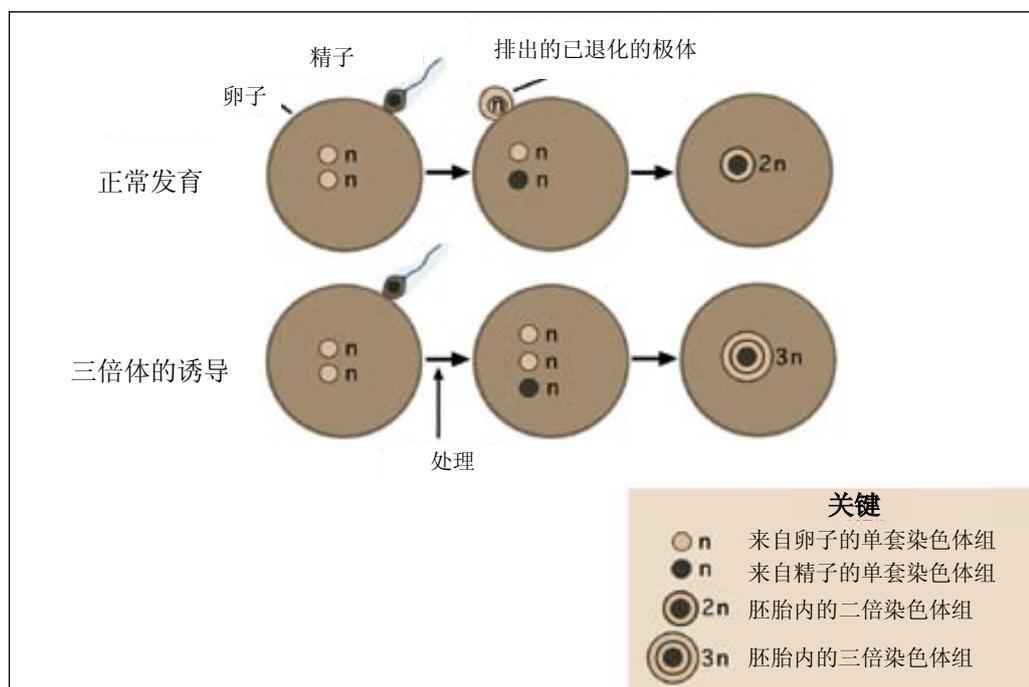


图109: 三倍体诱导模式图。

双壳贝类卵子可通过加压、热处理, 以及化学作用来阻止形成单倍体的减数分裂的过程发生。起初所得到的大部分三倍体是将卵用一种化学药品, 细胞松弛素B(CB)处理得到的。先从雌体内剥离出卵, 然后与精子受精。受精前, 生殖细胞应分开放置, 这样能保证受精过程受到严格的控制。当出现第一极体后, 用CB处理受精卵, 使之不能进行有丝分裂。处于二倍体状态的卵子与来自于雄性的一套染色体组相结合, 最终形成三倍体胚胎。这项技术随着时间发展已经相当成熟, 三倍体的倍化率达到90%。

通过这种途径获取三倍体有两个弊端：其一就是三倍体倍化率不能达到100%；其二是化学药品CB是致癌物质，虽然它只是在受精的时候应用，能够导致中毒的可能性很小，但是大众难免有抵触情绪。因而，通过化学方法获取三倍体牡蛎不再普遍应用于其苗种生产。

现在一些育苗室用的是热休克法。受精卵先放在25°C的条件下，突然将它放在32°C的环境里，两分钟后再移回到25°C。温度休克是在受精卵第一极体排放出以后施加的，大约是在受精后二十分钟。这种方法已经很完美了，而且三倍体的倍化率跟化学方法相当，平均约90%。

化学处理和热休克法都比较有效，但是这两种方法都很难获得100%的倍化率。因而，我们需要一种能够在每次育苗都能得到100%三倍体苗种的方法。

欧洲和美国的研究促进了四倍体牡蛎的生产方法的改良。目前只生产出了雄性的四倍体，并且由于这一方法是有专利的，所以不能予以具体的介绍。然而，可以从生产四倍体的公司获得四倍体作为种贝。四倍体与二倍体产生的配子结合通常会产生三倍体。这种方法很有效，随着四倍体可得性的增强，这种方法可以广泛的应用于育苗业和养殖业。

现在美国太平洋沿海地区的育苗室生产的太平洋牡蛎稚贝大部分是三倍体的。

7.1.2 数量和分子遗传学

多倍体研究的成果很显著，该领域的工作还将会一直进行下去，但是能给予育苗室带来真正利益的将是遗传学其他的领域，例如数量遗传学（包括选择育种）和分子遗传学（关心的是动物个体的基因型）。育苗产业内的大部分人都对选择育种的潜能感兴趣，例如生产抗病的品系，生长更快、产肉率更高、并且能在更高或更低水温下生长迅速的品系。通过养殖生产得到这样的品系是完全可能的，从1900年开始，水产养殖业单独通过遗传改良就将蛋白质生产效率提高了30%。

目前世界上有几个机构正在研究双壳贝类遗传学。由于牡蛎在贝类养殖产业中最受关注，所以大部分的研究都是围绕它开展的，但是对其它贝类也有研究。这些研究不仅关系到生产出更好的双壳贝类品系，而且也将保护当地原有种群的基因库作为重点，以备将来工作需要。

很多研究都将目标定为提高每次增养殖的产量和包括抵御疾病在内的成活率，而且已经出现了可喜的成果。经过选育的*Saccostrea commercialis*牡蛎的大批个体在经过一、二代以后重量比未选育的对照组提高4%到18%。大批量选育一代后的欧洲平牡蛎生长速度提高了21-42%，*C.virginica*提高了16-39%，太平洋牡蛎同样也在选育一代后鲜活个体重提高近10%。经过选育的*C.virginica*对MSX (*Haplosporidium nelsoni*) 的抗病力也有所提高。

世界上的一些国家正在建立并不断地完善着牡蛎某些种类的选用品系，总有一天这些品系的选择会给产业带来更大的推动力，最终选育的种贝会普遍应用到苗种的生产中去。美国西海岸的一个研究机构正积极寻求养殖业参与合作，例如养殖业所需要的牡蛎的优良性状，他们可以据此共同生产出一个特别的品系。生产出具有商标品牌的牡蛎是可能的。

美国太平洋沿海地区在进行一个牡蛎研究项目中发生了一件有趣的事。*Crassostrea sikamea*事实上在它的原产地——日本南部已经灭绝了的牡蛎物种。这一物种以前被引入到美国西海岸,但其基因库已经被太平洋牡蛎污染了。在一家育苗场用这种牡蛎的亲本进行育苗,生产出了纯的*Crassostrea sikamea*,它的苗种既可在美国养殖,也可以引回到日本养殖。

分子基因学领域和改变特定基因的研究对于双壳贝类来说正处于起步阶段。与选择育种相比,这一领域更加有争议,但是农业上分子遗传学的进步给人留下深刻的印象,如果在双壳类上取得类似的结果就会在生产上产生重大突破。目前世界上有几个机构正在从事双壳类遗传改良的研究,但是要把研究结果应用于苗种的商品性生产还需要若干年的时间。

目前双壳贝类遗传学的大部分研究是在学校和政府机构内进行的,研究耗资大、历时长,并且需要高技术人才和一定规模的培养场所。遗传学实验必须经过缜密的设计和遵守有关的协议,否则会产生严重问题。育种需要充足的种贝,否则会出现由于近亲交配引起的种质的衰退。在进行遗传改良育种工作之前,目标必须明确,并且拟定好繁殖的日程安排和选择好种贝。很多苗种生产企业没有时间或资源做这样长期的工作,但是他们可以成为积极的参与者。

生产已经改良的品种可由苗种生产企业与研究机构合作完成,这样就可以供给养殖者大批苗种。当然,在进行育苗场的建设规划时,要弄清楚进行遗传学研究需要的器材,将其列入到建设规划中。由于现在可以成功地将眼点幼虫进行长距离的运输,经过品种改良的幼虫可以运送到任何地方进行育成,即使路途遥远也能实现。

目前遗传学在双壳类养殖上的作用还处在初级阶段,不过在不久的将来它将发挥出更加重要的作用。我们将会得到生长速度快,具有抗病力,软体部有多种颜色的双壳贝类,牡蛎壳内的容积会变得更大等等。我们将不再进行单一品种的养殖,而是生产出带有商标性的经过选育的品种。双壳贝类遗传学的研究将为世界养殖业提供发展的空间,每一个机遇都会激励在这令人振奋的领域内的研发工作。

7.2 展望

随着对包括双壳贝类在内的海产品需求的增加,贝类产量的需求无疑会继续增加。如果单纯靠传统的捕捞渔业,贝类产量不大可能显著地增长,因为很多贝类自然资源的利用已经达到了最大的限度。贝类产量的增加主要将来自于养殖生产,目前很多养殖生产将目标定位为可持续发展的生产量。以后的养殖生产将把生产效率最大化,这不仅是因为经济生存能力,更是因为人类活动给养殖区域带来不断增长的壓力,而且随着人口数量的增加,养殖区域还会不断减少,所以要充分利用养殖生产区域。

养殖生产的增长需要大量的可靠、充足、而且廉价的苗种以满足养殖需求。虽然从天然水域采捕苗种还会保持其一定的重要性,但这很有限,大部分的苗种生产将来自人工育苗。在苗室内生产苗种还有别的好处,例如可靠性、满足养殖生产需要的能力,提供经过选育的品系和引进外来物种的条件。

持续的研发工作提高了育苗技术,并使其效率更高、效益更好。还有很多领域都需要进行研究,本文中只零星地介绍了一些。

生产健康的幼虫需要营养学方面的进步,只有这样幼虫才能够变态成健康的稚贝,快速地长成商品规格,还有利可图。生产饲养幼虫和稚贝的藻类是养殖生产中花费最多的一项。如果能够研制出与最好的藻类具有同等营养价值的人工配合饵料,那么这项开支将大大降低。虽然进行过这项研究,也取得了一些成果,但是目前还没有一种令人满意并可以上市销售的产品。目前的主要障碍是对这种产品的市场需求还不足以吸引饲料生产商的兴趣。

若要双壳类养殖业发挥出其内在的潜力,就必须遵循农业的方法,这将需要对生产的各阶段作深入的研究。未来研究中的一个很重要的领域就是前面7.1已经讨论过的遗传学研究,这一领域最大的成果将来自培育出适应特定环境的新品种和品系。它需要对选育的家系作深入的研究,家系一旦建立,育苗室通过繁殖有效地保持下去。育苗的一个主要目标将是提高技术,这样特定品系的苗种会按需供应到养成者手里,做到物美价廉。

遗传学领域的一些研究,例如生产三倍体牡蛎,已经为该产业带来经济利益,尤其是北美西海岸的牡蛎产业。多倍体研究的进步将最终确保任何一种双壳贝类都能有可靠的三倍体苗种供应。

雌雄配子的冷藏技术的发展,甚至将幼苗冷藏,将给育苗行业带来很大的经济利益,因为配子能够在成体初级配子母细胞时期获得,存储起来以备将来应用。对亲本促熟所需要的场所和时间以及为培养亲本所需要的大量饵料等因素都可以消除。解冻后配子的授精可以在任何需要的时候去做。这一领域已取得进步,但是目前这项研究的花费很高,而且超过了育苗生产内部现有的技术。(图110B)



图110: (A)静水压力机用于对受精卵施加压力,抑制减数分裂,防止染色体的减少;(B)实验室里双壳类配子和幼虫的超低温冷藏设备。

育苗场所的设置将是很重要的。幼虫的异地附着的事实和成功预示了育苗场不需要建在养成场附近。随着现代销售网络的发展,育苗场可以设在培育幼体和稚贝最理想的地方,之后再输送到距离较远的、理论上成活率100%的养成场。位于美国华盛顿州的一些育苗室,他们将部分育苗设施转移到夏威夷,那里的水肥而且常年水温都较适宜,充足的阳光也被用来养殖藻类,从夏威夷向华盛顿运送幼虫和稚贝要比在华盛顿升高水温培养藻类经济划算。

拥有训练有素的专业人员的大型育苗室比小型苗室生产效率更高,经济效益更好,大型育苗是规模经济理念的应用。如果育苗室具有检疫隔离设备,那么就可以不冒很大的风险而把世界上任何具备经济效益的物种引入当地养殖环境中。由于幼虫培育用水经过1微米滤膜的过滤,还可以用紫外线或臭氧处理,所以从一个地域带入害虫、寄生虫和疫病到另一地域的情况得到大大改善。以前是输送已经与开放水域接触的稚贝,而现在则是眼点幼虫。

大型苗室可以给世界上任何需要苗种的地方提供以能够变态的双壳类幼虫。农业上就采用这样的方式,种植需要的种子生产出来以后总是运到很远的地方去种植。同样,很多幼小的动物常常也不是在养成地域生产的。

必须克服用带有地方观念的态度来对待双壳类养殖,还要认识到该产业已成为全球经济的一部分。每个地方甚至每个国家都不必为满足当地养殖而去建设自己的育苗室了,一个地理位置好、装备优良、拥有优秀技术人员的育苗室可以给世界上任何地方的养殖场提供苗种。

任何生物一旦进入大规模集约化生产,其最大的麻烦就是疫病,育苗生产也不例外。以后的研究需要改进方法来控制育苗过程中的疫病,以减少由于专性的或偶然的病原体造成的大规模苗种死亡。遗传学研究的结果可能在选育具有更强抗病能力的贝类品系方面发挥重要作用,另外也需要针对育苗过程中产生的疫病开发有效而价廉的治疗方法。

为满足人口数量的不断增长,对贝类生产量的需求无疑会增加。产量的增加主要来自于养殖生产,这将需要大量的苗种以满足养殖需求。虽然从天然水域采捕苗种还会保持其原有的重要性,但是大部分苗种要从育苗室中获取。养殖产业需要适应特定水域生长的贝类品系或品种更是如此。人工育苗将最终成为双壳贝类养殖生产的苗种供应的支柱。从今而后,我们要尽一切努力来提高育苗的技术,使其能够提供给养殖产业大量、可靠、价格低廉的双壳贝类稚贝。

7.3 参考文献

Allen, S. Jr., Downing, S.I. & Chew, K.K. 1989. Hatchery manual for producing triploid oysters. Univ. Wash. Press, Seattle, WA, USA. ISBN 0295-730471-1: 27 pp.

Beaumont, A.R. & Fairbrother, J.E. 1991. Ploidy manipulation in molluscan shellfish: a review. *J. Shellfish. Res.*,10: 1-18

Beaumont, A.R. & Zouros, E. 1991. Genetics of scallops. In: *Scallops: biology ecology and aquaculture*. Shumway, S.E. (ed). Elsevier. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 21: 585-623

- Chourrout, D.** 1984. Pressure-induced retention of second polar body and suppression of first cleavage in rainbow trout: production of all-triploids, all tetraploids, and heterozygous and homozygous diploid gynogenetics. *Aquaculture*, **36**: 111–126
- Dawson, G.W.P.** 1962. An introduction to the cytogenetics of polyploids. Blackwell Scientific Pub., Oxford: 91 pp.
- Elston, R.A.** 1990. Mollusc diseases; guide for the shellfish farmer. Washing. Sea Grant. Univ. Washington. Seattle, WA, USA. SH179.S5E44: 73 p.
- Gaffney, P.M.** 1996. Biochemical and population genetics. In: V.S. Kennedy, R.I.E. Newell and A.F. Eble (eds) *The eastern oyster, Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant, Univ. Maryland, College Park, Maryland, USA. ISBN-0-943-676-61-4: 423–441
- Gaffney, P.M. & Scott, T.M.** 1984. Genetic heterozygosity and production traits in natural and hatchery production of bivalves. *Aquaculture*, **42**: 289–302
- Gendreau, S. & Grizel, H.** 1990. Induced triploidy and tetraploidy in the European flat oyster, *Ostrea edulis* L. *Aquaculture*, **90**: 229–238
- Gosling, E.M.** 1992. Genetics of *Mytilus*. In: E. Goslin (ed). *The mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture*. Elsevier, *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, **25**: 309–382
- Gosling, E.M.** 2003. Bivalve molluscs; biology, ecology and culture. Fishing News Books, Oxford, OX2 OEL, UK: 443 pp.
- Guo, X. & Allen Jr., S.K.** 1994. Viable tetraploids in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) produced by inhibiting polar body 1 in eggs from triploids. *Mol. Mar. Biotechnology*, **3**: 42–50
- Guo, X., Debrosse, G.A. & Allen Jr., S.K.** 1996. All-triploid Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) produced by mating tetraploids and diploids. *Aquaculture*, **142**: 149–161
- Haskins, H.H. & Ford, S.E.** 1988. Characteristics of inbred oyster strains selected for resistance to *Haplosporidium nelsoni* (MSX). *J. Shellfish Res.*, **7**: 162
- Heras, H., Kean-Howie, J. & Ackman, R.G.** 1994. The potential use of lipid microspheres as nutritional supplements for adult *Ostrea edulis*. *Aquaculture*, **123**: 309–322
- Hershberger, W.K., Perdue, J.A. & Beattie, J.H.** 1984. Genetic selection and systematic breeding in Pacific oyster culture. *Aquaculture*, **39**: 237–245
- Hilbish, T.J.** 2001. Genetics of hard clams, *Mercenaria mercenaria*. In: Kraeuter, J.N. & Castagna, M. (eds). *Biology of the hard clam*. Elsevier, *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, **31**: 261–280
- Laing, I.** 1987. The use of artificial diets in rearing bivalve spat. *Aquaculture*, **65**: 243–249
- Langdon, C., Evans, F., Jacobson, D. & Blouin, M.** 2003. Yields of cultured Pacific oysters *Crassostrea gigas* Thunberg improved after one generation of selection. *Aquaculture*, **220**: 227–244

- Langdon, C.J. & Bolton, E.T.** 1984. A microparticulate diet for suspension-feeding bivalve mollusc, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **82**: 239–258
- Longwell, A.G. & Stiles, S.S.** 1996. Chromosomes, biology and breeding. In: Kennedy, V.S., Newell, R.I.E. & Eble, A.F. (eds). *The Eastern oyster, Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant, Maryland, College Park, Maryland, USA. ISBN-0-943-676-61-4: 443–465
- Moore, D. & Seeb, J.** 2001. Annotated bibliography of the genetics of bivalve molluscs. Alaska Dept. Fish and Game, Anchorage, Alaska, USA. Regional Information Report No. 5J01-09: 45 pp.
- Nell, J.A., Sheridan, A.K. & Smith, I.R.** 1996. Progress in a Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley) breeding program. *Aquaculture*, **144**: 295–302
- Nell, J.A., Smith, I.R. & Sheridan, A.K.** 1999. Third generation evaluation of Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis*, (Iredale and Roughley) breeding lines. *Aquaculture*, **170**: 177–184
- Newkirk, G.** 1996. Culture: genetic improvement. In: Kennedy, V.S., Newell, R.I.E. & Eble, A.F. (eds). *The eastern oyster, Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant, Univ. Maryland, College Park, Maryland, USA. ISBN 0-943-676-61-4: 661–673
- Newkirk, G. & Haley, L.E.** 1983. Selection for growth rate in the European oyster, *Ostrea edulis*: response of second generation groups. *Aquaculture*, **33**: 149–155
- Perdue, J.A.** 1983. The relationship between the gametogenic cycle of the Pacific oyster, *C. gigas*, and the summer mortality phenomenon in strains of selectively bred oyster. PhD thesis. Univ. Washington, Seattle, WA, USA: 205 pp.
- Quillet, E. & Panelay, P.J.** 1986. Triploidy induction by thermal shocks in the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, **57**: 271–279
- Stanley J.G., Allen Jr., S.K. & Hidu, H.** 1981. Polyploidy induced in the American oyster, *Crassostrea virginica*, with cytochalasin B. *Aquaculture* **23**: 1–10

本手册所包含的内容是有关双壳类软体动物集约化育苗技术之大成。它既描述了在不同气候带条件下,养殖的蛤、牡蛎、扇贝等双壳类动物育苗技术的共性,也介绍了它们之间的差异。培育过程中的每一步骤都做了详尽的叙述,对育苗场场址选择中值得注意的事项和适用设备的设计都一一包含其中。幼虫异地附着处理,以及对陆基和海基中间暂养方法也收于文中。本手册不仅可以作为有意投资双壳类养殖业的企业家决策之用,也供在该领域从业的技术人员参考。