

文蛤生物学及养殖技术

林志华 主编



文蛤

生物学及养殖技术

林志华 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

文蛤是我国重要的海水增养殖贝类。本书以浙江万里学院海洋贝类种质资源发掘利用研究团队、浙江省海洋水产养殖研究所和江苏省海洋水产研究所相关团队近十余年的研究进展为基础,归纳总结了国内文蛤养殖生物学和增养殖技术相关领域的研究成果。本书共分9章,重点介绍了文蛤分类地位和资源分布、形态学、生态生理学、营养与药用价值、繁殖生物学、遗传学、遗传育种、人工育苗、养殖技术等方面内容。

本书可为从事海洋贝类养殖生产、管理和研究人员提供参考,也可供对海洋贝类学和养殖学感兴趣的研究生和本科生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

文蛤生物学及养殖技术/林志华主编. —北京:科学出版社, 2015.12

ISBN 978-7-03-047034-8

I. ①文… II. ①林… III. ①文蛤—生物学 ②文蛤—贝类养殖 IV. ①Q959.215 ②S968.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第318841号

责任编辑:潘秀燕 李 濒 / 责任校对:杨慧芳

责任印刷:华 程 / 封面设计:刘 刚

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

中国科技出版传媒股份有限公司新世纪书局发行 各地新华书店经销

*

2015年12月第一版

开本:787×1092 1/16

2015年12月第一次印刷

印张:11 3/8

字数:277 000

定价:89.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《文蛤生物学及养殖技术》编委会

主 编：林志华

编 委：董迎辉 柴雪良 吉红九 陈彩芳

何 琳 何 京 包永波 姚韩韩

肖国强 赵永超 张炯明 方 军

序

在我国，文蛤既是一种天然资源丰富的滩涂贝类，也是重要的海水增养殖贝类。

文蛤肉质鲜嫩、肉味鲜美且营养丰富。我国劳动人民早在两三千多年前就已食用文蛤。在唐代，文蛤曾被列为皇室的海珍贡品。到清朝，相传乾隆皇帝游乐江南时在姑苏吃到文蛤，诰封它为“天下第一鲜”美称。文蛤除食用外还具有一定的药用价值。食用文蛤，可以润脏健脾、催乳去火、养颜美容、调整体质、增强体力，深受国内外食客欢迎。国际医学界认为，从文蛤中提取的蛤素，对肝癌肿瘤等有明显的抑制作用和部分疗效。文蛤是我国大宗出口的鲜活水产品之一，文蛤出口的对象是日本、韩国、欧盟以及中国香港和台湾地区等。日本是我国文蛤出口的最大市场，在日本每逢“三月三”女儿节，色彩斑斓的文蛤是超级市场上必备的礼品。在欧盟禁止进口中国贝类前，我国文蛤年出口量最多曾达20万吨。由于文蛤增养殖具有投资少、见效快、可出口创汇的特点，我国的文蛤增养殖业迅速发展，江苏南通、山东莱州、辽宁丹东和盘锦、广西北海等地是我国文蛤最重要的产地。

然而，近十余年来，沿海社会经济快速发展，政府为了解决人多地少的矛盾，在沿海开展了大范围、大面积围海造地工程建设，大片滩涂被围垦填埋成为工业用地，包括文蛤在内的滩涂贝类自然栖息地、天然附苗场遭受破坏，文蛤的天然苗种产量急剧减少，传统养殖区面积大幅下降。另外，沿海社会经济快速发展使工农业废水和城市生活污水排放入海量剧增，部分海域滩涂遭受严重污染，不再适宜文蛤养殖。为了应对这些制约文蛤产业发展的不利因素，需要调整将文蛤传统的滩涂粗放式护养方式转为池塘综合养殖方式，构建健康高效养殖技术模式，应对养殖空间缩小的不利局面，还要大力推进文蛤良种人工繁育技术应用示范，构建育-繁-推一体化的优质苗种规模化生产技术体系，以应对文蛤天然苗种资源的严重衰退不能满足增养殖产业发展的不利局面。

在农业部国家贝类产业技术体系专项（CARS-48）资助下，国家贝类产业技术体系岗位科学家、浙江万里学院林志华研究员组织其团队成员和浙江综合试验

站、江苏综合试验站相关专家，系统总结了文蛤养殖生物学基础理论和技术研究进展，编写了《文蛤生物学及养殖技术》一书。该书内容涵盖文蛤形态学、生态生理学、营养与药用价值、繁殖生物学、遗传学、遗传育种等方面的研究成果，总结凝练了人工育苗、滩涂养殖和池塘养殖技术要点，内容丰富，有重要的科学意义和实用价值，对推动我国文蛤产业技术水平和养殖业的可持续发展将起到重要作用。



农业部国家贝类产业技术体系首席科学家

2015年10月

前 言

文蛤属于广温、广盐性滩涂埋栖型贝类，在我国南北沿海广泛分布，是我国重要的海产经济动物，因其味道鲜美，被誉为“天下第一鲜”，深受沿海居民的喜爱。文蛤是一种天然资源丰富的滩涂贝类、重要的海水增养殖优良品种，也是主要出口的鲜活水产品之一。近二十年来，随着苗种人工培育技术不断完善，我国的文蛤增养殖业迅速发展，据不完全统计，全国文蛤养殖面积已达到 1.4×10^5 公顷，年产量约 6×10^5 吨，文蛤的养殖方式也由传统的粗放式的滩涂增殖护养逐渐向池塘综合养殖、滩涂围网养殖等模式发展。

文蛤作为我国重要的海水增养殖贝类，国内众多学者已先后开展了对文蛤的人工繁殖、苗种培育、生长发育、生态生理学研究，推动了增养殖技术发展；十余年来，还有学者开展了文蛤种质资源和遗传学研究，为良种培育研发提供了基础资料。本研究团队自1997年以来，在浙江省科技计划、国家“863”计划、国家科技支撑计划资助下，已围绕文蛤人工繁育、生态生理学、种质资源及其遗传基础、良种培育等进行了深入研究。尤其自2008年起在国家贝类产业技术体系专项（CAR-48）支持下，继续深入开展文蛤池塘健康养殖、良种选育及相关分子遗传学基础研究。为了总结研究成果，更好地为产业健康发展服务，国家贝类产业技术体系岗位科学家、浙江万里学院林志华研究员组织其团队成员和浙江综合试验站、江苏综合试验站相关专家编写了《文蛤生物学及养殖技术》一书。

本书共分九章，包括绪论、形态学、生态生理学、营养与药用价值、繁殖生物学、遗传学、遗传育种、苗种培育技术、养殖技术等，系统总结了编者及其团队的研究成果，也对国内外相关领域的文献进行了归纳总结。

本书主编为农业部国家贝类产业技术体系池塘养殖岗位科学家林志华研究员，具体编写分工如下：林志华编写第一章，何琳编写第二章，陈彩芳编写第三章和第四章，董迎辉、林志华编写第五章，董迎辉、姚韩韩编写第六章，董迎辉、包永波编写第七章，柴雪良、董迎辉、肖国强、张炯明、方军编写第八章，吉红九、柴雪良、赵永超编写第九章，何京负责参考资料检索及整理、图片编辑和全书校对工作。国家（农业部）贝类产业技术体系首席科学家、中国科学院海洋研究所张国范研究员和中国贝类学会常务理事、宁波市海洋与水产学理事长

尤仲杰研究员审阅了全书，提出了宝贵的修改意见。本书除总结本团队相关研究成果外，还引用了其他学者公开发表的文献资料，在此一并向这些作者和提供过帮助的人们表示衷心的感谢。

本书可为从事海洋贝类养殖生产、管理和研究人员提供参考，也可供对海洋贝类学和养殖学感兴趣的研究生和本科生阅读。

由于编者水平有限，本书难免存在疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2015年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 分类地位与资源分布.....	1
一、分类地位.....	1
二、分布与资源.....	1
第二节 文蛤养殖产业技术发展历史与现状.....	2
参考文献.....	3
第二章 形态学	5
第一节 外部形态.....	5
一、一般形态学.....	5
二、不同地理群体的形态变异分析.....	7
第二节 内部构造.....	10
一、消化系统.....	10
二、呼吸系统.....	11
三、生殖系统.....	12
四、循环系统.....	12
五、神经系统.....	12
六、排泄系统.....	13
参考文献.....	13
第三章 生态生理学	14
第一节 生态习性.....	14
一、生活方式.....	14
二、移动习性.....	14
三、潜滩习性.....	14
四、对水温及盐度的适应.....	15
五、对干露的适应能力.....	15

第二节 摄食与生长	15
一、摄食生理	16
二、生长	17
第三节 呼吸和排泄生理	20
一、温度对文蛤耗氧率、排氨率的影响	20
二、盐度对文蛤耗氧率、排氨率的影响	21
三、氨氮对文蛤耗氧率、排氨率的影响	21
四、温度和规格对文蛤耗氧率的影响	21
第四节 环境生物学	23
参考文献	31
第四章 营养与药用价值	32
第一节 营养价值	32
第二节 药用价值	33
参考文献	34
第五章 繁殖生物学	35
第一节 性腺发育与配子发生	35
一、文蛤的性腺发育	35
二、精子的形态和超微结构	37
第二节 繁殖季节与生殖周期	40
一、繁殖季节	40
二、生殖周期	40
第三节 产卵与受精	41
一、文蛤精子入卵过程的扫描电镜观察	42
二、文蛤受精过程的细胞学观察	43
第四节 胚胎发育	46
一、早期卵裂	46
二、多精入卵和多极分离	46
第五节 变态与附着	46
参考文献	47

第六章 遗传学	48
第一节 文蛤染色体及核型	48
一、文蛤染色体数目的快速确定技术.....	48
二、文蛤染色体数目及核型分析.....	50
第二节 群体遗传学	51
一、文蛤不同群体的同工酶分析.....	51
二、基于形态参数和AFLP标记的不同地理群体遗传变异分析.....	55
三、广西两种文蛤的分子生物学鉴别.....	59
第三节 分子遗传学	64
一、生长因子受体结合蛋白2基因研究及SNP位点筛查.....	64
二、HDAC1基因克隆、时空表达及生长相关SNP位点筛查.....	70
三、MSTN基因克隆及与生长性状的相关性分析.....	78
四、smad1/5、smad3基因克隆及生物信息学分析.....	83
五、 α -淀粉酶基因克隆、表达及与生长的相关性分析.....	89
六、类胡萝卜素富集相关基因克隆及其与壳色的相关性分析.....	98
参考文献	103
第七章 遗传育种	106
第一节 新品种（品系）培育	106
一、文蛤“万里红”新品种的选育.....	106
二、文蛤“科浙1号”新品种的选育.....	108
三、文蛤“万里1号”新品系的选育.....	109
四、文蛤“万里2号”品系.....	109
五、文蛤抗病新品系.....	110
第二节 新品种（品系）的遗传分析	111
一、文蛤“万里红”壳色的鉴定与分析.....	111
二、4个壳色花纹品系的遗传差异分析.....	113
三、利用微卫星标记对文蛤4个壳色花纹品系的遗传分析.....	117
四、不同群体杂交F1代早期生长性状的研究.....	121
五、山东种群与江苏种群杂交及自繁子代的遗传差异分析.....	126
参考文献	129

第八章 苗种培育技术	130
第一节 育苗场设施	130
一、育苗场址的选择	130
二、苗种培育室和饵料培育室	130
三、配套供电、供热、供气设备设施	131
四、水处理和供水系统	131
第二节 单胞藻饵料培养	132
一、适宜单胞藻饵料筛选	132
二、单胞藻饵料培育	132
第三节 亲贝培养与促熟	137
一、自然培养	137
二、促熟培养	137
第四节 催产与孵化	138
一、定期镜检亲贝性腺成熟度	138
二、催产和孵化海水水质要求	138
三、产卵与孵化	139
第五节 浮游幼虫培育	139
一、培育环境条件	139
二、幼虫检查	140
三、换水和移池	140
四、饵料投喂	140
第六节 变态附着和稚贝培育	140
一、日常观察	140
二、附着准备	140
第七节 苗种中间培育	142
一、场地选择	142
二、场地整理、清淤与消毒	142
三、苗种放养	142
四、池塘水质管理与肥水措施	143
五、日常管理	144
六、敌害防范	144
参考文献	145

第九章 养殖技术	146
第一节 滩涂养殖技术	146
一、水质条件	146
二、滩面整理与改良	147
三、防逃设施	147
四、苗种选择与播放	148
五、滩涂护养与增殖放流	149
六、其他技术措施	150
七、收获	151
第二节 池塘养殖技术	151
一、养殖池塘的准备	151
二、苗种放养	153
三、日常管理	154
四、起捕收获	157
五、包装运输	157
第三节 敌害与病害防控	157
一、常见敌害生物种类	157
二、敌害防治技术	160
三、文蛤养殖病害死亡暴发情况概述	161
四、病害种类	162
五、病害防控技术	165
参考文献	166

第一章 绪 论

第一节 分类地位与资源分布

一、分类地位

文蛤属 (*Meretrix*) 隶属软体动物门 (Mollusca), 瓣鳃纲 (Lamellibranchia), 异齿亚纲 (Heterodonta), 帘蛤目 (Veneroidea), 帘蛤科 (Veneridae)。关于文蛤属的分类, 庄启谦 (2001) 等认为文蛤属可分为3种, 文蛤 (*Meretrix meretrix*)、丽文蛤 (*M. lusoria*)、斧文蛤 (*M. lamarckii*)。徐凤山等 (2008) 则认为文蛤属可分为7种, 琴文蛤 (*M. lyrata*)、小文蛤 (*M. planisulcata*)、文蛤 (*M. meretrix*)、丽文蛤 (*M. lusoria*)、斧文蛤 (*M. lamarckii*)、短文蛤 (*M. petechialis*)、紫文蛤 (*M. casta*)。张素萍等 (2012) 认为, 我国文蛤属共有5种, 分别为文蛤 (*M. meretrix*)、丽文蛤 (*M. lusoria*)、斧文蛤 (*M. lamarckii*)、短文蛤 (*M. petechialis*)、琴文蛤 (*M. lyrata*)。

文蛤 (*Meretrix meretrix* Linnaeus) 俗称车螺、花蛤、黄蛤、海蛤, 属帘蛤科 (*Veneridae*)、文蛤属 (*Meretrix*) 呈卵三角形的双壳类贝类 (庄启谦, 2001), 是文蛤属的代表种类。地理分布较广, 在日本、朝鲜和中国沿海分布较多。

二、分布与资源

文蛤属物种分布范围较窄, 在印度洋局限于亚丁湾和阿曼湾, 西太平洋主要分布于中国、朝鲜半岛、日本和东南亚沿海, 其他海区少有报道 (张素萍等, 2012)。而文蛤 (*Meretrix meretrix*) 则主要分布于中国、朝鲜、日本、越南、巴基斯坦、印度。我国沿海自南至北文蛤都有分布, 辽宁省辽河口沿海、山东省莱州湾沿海、江苏省南部沿海、台湾省西部沿海、广西合浦沿海文蛤资源最为丰富, 是我国文蛤的主要产区 (庄启谦, 2001)。

文蛤是广温广盐性贝类, 主要栖息于河口附近或沿岸内湾潮间带中、低潮区或潮下带浅海。文蛤多埋栖在较平坦的沙质海滩中。幼贝多分布在高潮区下部, 随着生长逐渐向低潮区移动。成贝多分布于中潮区下部, 直至低潮线以下水深5~6m。文蛤营埋栖生活方式, 多分布在较平坦的粉沙质海滩中, 含沙率50%~90%, 其中以60%~80%最好。有研究表明 (韦蔓新等, 2002), 底质类型与文蛤资源量之间具有密切的关系, 以沙-粉沙-黏土混合型的底质文蛤资源量较高, 细沙型底质次之, 中粗沙型底质文蛤资源量较低。

我国文蛤集中分布于有淡水注入的内湾及河口近海, 其中辽宁省的蛤蜊岗和江苏省如东县沿海资源尤为丰富。辽河口的盘锦和鸭绿江口的丹东是辽宁的文蛤主产区;

山东省文蛤主要产自黄河口附近莱州湾海区的莱州、东营、寿光；江苏文蛤集中出产于长江口附近的南通启东；福建的文蛤主要产自漳江口的云霄和闽江口的长乐；广东的文蛤主要产自鉴江入海口附近的湛江；广西则主要产自南流江入海口的合浦、北海。目前，江苏南通是我国文蛤产销集散中心。

第二节 文蛤养殖产业技术发展历史与现状

文蛤为蛤中上品，肉味清鲜，素有“天下第一鲜”之称。文蛤鲜肉中含有10%蛋白质，1.2%脂肪，2.5%的碳水化合物以及丰富的钙、磷、铁、维生素等营养物质元素。在我国，文蛤是一种天然资源丰富的滩涂贝类，是主要出口的鲜活水产品之一，也是重要的海水增养殖优良品种（王如才等，1993）。

早在20世纪70年代中期，日本一些学者就展开了室内文蛤人工育苗研究，但仅处于实验阶段，未能形成生产规模。我国厦门水产学院、江苏省海洋水产研究所等单位从20世纪70年代末期起开始文蛤的人工育苗研究，主要集中在人工诱导产卵、幼虫培育生态条件和适口饵料筛选等研究工作，并取得重要的研究进展，为后来的文蛤工厂化育苗技术的突破发展奠定了基础。20世纪90年代起，山东省海洋水产研究所（魏利平等，1996）和辽宁省海洋水产科学研究院（陈远等，1998）也相继开展了文蛤工厂化育苗技术研究，在亲贝人工促熟、幼虫和稚贝培育技术等方面开展深入研究，完善了文蛤人工育苗技术工艺。浙江省海洋水产养殖研究所（林志华等，2002）自1997年起进一步开展了规模化文蛤全人工育苗和大规格苗种培育技术的研究。采用人工育肥促熟亲贝，比自然海区成熟产卵提早2个月，单位面积出苗 $2.8\sim 4.46\times 10^5\text{ind}/\text{m}^2$ ，形成了一套高附苗率、高成活率、单位水体出苗量大且技术稳定的工厂化育苗技术流程。并在无附着基采苗技术上取得了创新性研究成果，达到产业化生产的要求。采用泥质底池塘人工铺沙的方式培育文蛤大规格苗种获得成功，由壳长1mm培育到10mm苗种的成活率达到59%。可以说随着人工育苗技术的一再突破，建立了较为成熟的文蛤人工苗种规模化培育技术工艺流程和生产技术体系，为解决文蛤养殖快速发展所需苗种提供了技术支撑。

文蛤作为我国主要的养殖贝类之一，许多学者还对文蛤养殖生态生理学做了大量的基础研究（林君卓等，1997；王笑月等，1998；姚国兴等，2000；冯建斌等，2004；唐保军等，2005；Tang等，2006；Liu等，2006），推动了文蛤增养殖技术的进步。

由于文蛤增养殖具有投资小、见效快、可出口创汇等特点，近二十年来，随着苗种人工培育技术不断完善、人工育苗技术体系建立，我国的文蛤增养殖业得到迅速发展。文蛤的养殖方式也由传统的潮间带滩涂粗放式的增殖护养逐渐向池塘、滩涂围网精养等集约化模式发展。浙江于1979年开始从江苏移苗在温州瓯江口灵昆岛沙滩上播养，1982年产品开始出口日本。由于取得较好的经济效益，发展速度很快。至上

世纪90年代初,由于在有限面积的沙滩上的播养密度过高,发生了大量死亡,文蛤养殖业发展一度受阻。1992年开始在海水池塘中铺沙(改良底质)养殖,与虾蟹综合养殖技术不断完善提高,经济效益显著,文蛤养殖业得到快速发展,成为当地一个特色产业。

随着养殖规模不断扩大,文蛤病害及大面积死亡情况也屡有发生。据报道,在福建、广西、江苏、浙江等地均发生过文蛤大范围内大批死亡,文蛤死亡率高达60%~80%。郑国兴(1991)对文蛤病原菌(溶藻弧菌)的分离与性状及病文蛤组织的电镜观察进行了研究;任素莲等(2002)对发生“红肉病”的文蛤作了组织病理学研究,在组织中发现了病毒样颗粒,并在电镜下对病毒超微结构进行了观察研究。这些报道分析了养殖文蛤大量死亡的原因和流行病学规律,开展其病原的分离鉴定、致病性和致病条件、病原传播方式和途径及病原分子生物学研究,为有效地遏止文蛤养殖病害的发生和蔓延提供了理论依据。

随着文蛤规模化人工育苗技术的发展和完善,解决了苗种供应不稳的限制,为养殖产业的发展提供了良好契机。但是,随着养殖产业的快速发展,出现了养殖个体小型化、病害严重的不利局面,养殖效益降低,部分养殖区高温季节贝类死亡严重,养殖业户蒙受巨大损失,产业出现滑坡。因此,深入研究文蛤遗传改良,选育生产性状好,抗逆性强的优良品系,是保证滩涂贝类养殖产业可持续发展的迫切需要。自“十一五”以来,国家“863”计划和浙江省重大科技专项立项支持开展文蛤良种培育研究工作。中国科学院海洋研究所、浙江省海洋水产养殖研究所、浙江万里学院等单位主要以高产、抗逆性状的改良为研究重点,采用数量遗传学方法,对改良对象与高产、抗逆相关性状的遗传相关、遗传力等重要的遗传参数精确评估;研究群体间鉴别技术,筛选群体鉴别的分子标记,为育种群体的筛选和鉴别提供技术手段;采用闭锁群体继代选育等常规育种技术方法,结合DNA分子标记用于辅助选择以加快遗传进展,培育高产、抗逆新品系。已先后育成了“科浙1号”和文蛤“万里红”新品种,在养殖生产实践中表现出生长快、肉质好等优良性状,有望推动文蛤养殖产业的健康发展。

参考文献

- 陈远,陈冲.文蛤工厂化人工育苗技术研究.1998.大连水产学院学报,(2):73-78
- 范可章,姚国兴,陈爱华,等.2006.江苏海域文蛤周年性腺发育的初步研究.海洋科学,30(7):26-32
- 冯建彬,王美珍,陈汉春,等.2004.温度和规格对文蛤耗氧率的影响.上海水产大学学报,13(2):126-129
- 林君卓,许振祖.文蛤幼体的摄食生态研究.1997.厦门大学学报(自然科学版),36(6):918-924
- 林志华,柴雪良,方军,等.2002.文蛤工厂化育苗技术.上海水产大学学报,11(3):242-247
- 任素莲,王德秀,绳秀珍,等.2002.“红肉病”文蛤中发现的一种球形病毒的形态发生与细胞病理学.水产学报,26(3):265-269
- 唐保军,刘保忠,王国栋,等.2005.不同饵料种类和密度对文蛤能量收支的影响.第三届海洋生物高技术论坛论文集.厦门:400-407

- 王如才, 王昭萍, 张建中. 1993. 海水贝类养殖学. 青岛: 青岛海洋大学出版社
- 王笑月, 陈冲, 陈远, 等. 1998. 几种饵料对文蛤稚贝生长与成活的影响. 17 (2): 11-13
- 韦蔓新, 何本茂. 2002. 广西文蛤的生态环境与资源分布的关系. 南海研究与开发, 2: 22-27
- 魏利平, 徐宗法. 1996. 文蛤人工育苗技术研究. 齐鲁渔业, 4: 15-17
- 徐凤山, 张素萍. 2008. 中国海产双壳类图志. 北京: 科学出版社, 235-239
- 姚国兴, 宋晓村, 于志华, 等. 2000. 环境因子对文蛤幼苗生长的影响. 水产养殖, 1: 17-18
- 郑国兴, 李何, 黄宁宇, 等. 1991. 文蛤病原菌 (溶藻弧菌) 的分离与性状及病文蛤组织的电镜观察. 水产学报, 15 (2): 85-95
- 张素萍, 王鸿霞, 徐凤山. 2012. 中国近海文蛤属-双壳纲-帘蛤科的系统分类学研究. 动物分类学报, 37 (3): 473-479
- 庄启谦. 2001. 中国动物志-软体动物门、双壳纲、帘蛤科. 北京: 科学出版社, 171-182
- Liu B Z, Dong B, Tang B J, et al. 2006. Effect of stocking density on growth, settlement and survival of clam larvae, *Meretrix meretrix*. Aquaculture, 258(4):344-349
- Tang B J, Liu B Z, Wang G D, et al. 2006 Effects of various algal diets and starvation on larval growth and survival of *Meretrix meretrix*. Aquaculture, 254:526-533