

锯缘青蟹生物学及 人工育苗和养成技术

Biology & Artificial Cultivation of Mud Crab ,
Scylla serrata (Forskål 1775)

李少菁 王桂忠 等著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

责任编辑 陈进才

封面设计 陈 纾

注：封面的部分图片（蚤幼、大眼幼体、幼蟹及抱卵蟹）引自 William *et al* (1999)



Q0067-1-1

ISBN 978-7-5615-2708-5



9 787561 527085 >

定价:120.00元

锯缘青蟹生物学及人工育苗和养成技术

Biology & Artificial Cultivation of Mud Crab,

Scylla serrata (Forskål, 1775)

李少菁 王桂忠 等著

厦门大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

锯缘青蟹生物学及人工育苗和养成技术/李少菁、王桂忠等著. —厦门:厦门大学出版社, 2007. 1

ISBN 978-7-5615-2708-5

I. 青… II. ①李…②王… III. 青蟹-海水养殖 IV. S968.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 003198 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

[xmup @ public. xm. fj. cn](mailto:xmup@public.xm.fj.cn)

沙县方圆印刷有限公司印刷

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:51.5 字数:1318 千字

定价:120.00 元

如有印装质量问题请与承印厂调换



谨以此书庆贺

厦门大学海洋学系建系六十周年！

厦门大学海洋学科创立八十五年！

厦门大学海洋与环境学院成立十周年！

海洋学
PDG

序

青蟹是我国重要的海洋渔业资源和海水养殖蟹类。但长期以来,由于对其养殖生物学缺乏系统和深入的了解,人工育苗育成率低,养殖生产中又存在着大量问题,严重地阻碍了青蟹养殖生产的持续发展。以李少菁、王桂忠教授为首的课题组,针对国家经济需求,根据青蟹养殖业大规模发展以及甲壳动物繁殖生物学学科发展的需要,从上世纪80年代初开始,进行了锯缘青蟹繁殖生物学基础理论研究,并在此基础上开展了人工育苗及养成技术的研发。经过20多年专心致志的工作,刻苦钻研,潜心研究,克服了重重困难,取得了一系列创新性成果。

《锯缘青蟹生物学及人工育苗和养成技术》一书汇编了著者20多年来在国内外刊物上发表的论文128篇。揭示了青蟹性腺和性细胞及其发育的超微结构,探明了受精过程和生物学特点;阐明了神经生殖内分泌系统的组织结构、生理功能及其在生殖中的作用,构建了青蟹生殖调控模式;查明了亲体和幼体各发育阶段的营养需求与代谢关系,肯定了主要营养物质对育苗成功的决定性影响;找到了幼体大量死亡的原因,发现蚤状幼体Ⅲ期和大眼幼体是关键发育期,根据新发现设计了不同的有效投饵方案,改进了育苗工艺流程,提高了亲体抱卵率、大眼幼体和仔蟹存活率,突破了幼体存活率低的难关;根据幼体实验生态学和生殖调控模式,提出了大规模育苗生产的完善的工艺流程和分阶段放养的养成工艺。其成果在中试生产推广取得成功,经济、社会效益显著。作者承担的国家高技术研究发展计划(863)的《锯缘青蟹大规模育苗技术》也已通过海洋生物技术主题办组织的结题验收。

该专著较为系统、完整、深入、适用，有较坚实的理论基础和很高的应用价值。像这样基础研究与技术开发兼有的著作，在全国尚属首次，世界范围也较少见。它的出版将给水产研究工作者、相关院校师生和广大读者提供一本很有价值的参考书。

祝愿该专著对我国甲壳动物学学科建设和促进青蟹养殖业持续发展发挥重要作用。

中国科学院资深院士

中国海洋湖沼学会名誉理事长

中国甲壳动物学会名誉理事长

中国科学院海洋研究所原所长

国际生物多样性计划中国国家委员会咨询委员

刘瑞玉

2006.10.3

前 言

锯缘青蟹是我国东南沿海重要的海水养殖蟹类。近年来,青蟹养殖业蓬勃发展,养殖面积不断扩大,养殖模式愈益增多,产量也有所提高,2004年已达108 000多吨。然而,由于对其繁殖生物学缺乏深入了解,人工育苗仍未获实质性的突破,而且养殖生产仍存在不少问题,严重地阻碍了青蟹产业的持续发展。我们在厦大科研处立项的《锯缘青蟹生殖生物学和人工育苗技术研究》(8605001)资助下,从20世纪80年代初开始了青蟹的基础研究,接着连续获得多项国家、省部基金的资助,陆续开展了有关青蟹生殖生物学、幼体实验生态以及人工育苗技术等方面的应用基础研究。经过20多年不间断地认真钻研,取得了一定成果,在国内外刊物上发表了150多篇论文,兹选择其中的128篇论文汇编成《锯缘青蟹生物学和人工育苗与养成技术》一书。本书主要反映青蟹生殖生物学(含性腺、配子发育、受精生物学、胚胎发育)(31篇),神经、生殖内分泌学(27篇),幼体实验生态、生理生化学(27篇),营养需求与营养生理以及人工配合饲料的研发(8篇),病害防治的基础研究(7篇),人工育苗、养成技术和养殖生物学(14篇),遗传改良及相关的基础研究(14篇)等方面的内容。可供相关院校师生,水产科技工作者的教学、科研和生产的参考。

本书是集体劳动的结晶,前后参加有关课题研究并分别撰写论文的有李少菁、王桂忠、林琼武、曾朝曙、刘正琮、上官步敏、颜素芬、李富花、林淑君、汤鸿、翁卫华、王艺磊、成永旭、成华、翁幼竹、朱小明、康现江、黄辉洋、叶海辉、王克坚、彭宣宪、陈雷洪、黎中宝、管卫兵、艾春香、孔祥会、陈锦民、陈学雷、黄文树、戴聪杰、林琪、金朱兴、曾辉等同志。通过课题研究,培养了博士后4名、博士11名、硕士7名,他们当中已有8人晋升为教授(研究员)(含4名博士生导师),7人晋升为副教授(副研究员),另有5人出国继续深造或工作。

本项研究前后获得国家自然科学基金(6项),福建省自然科学基金(8

项), 高等学校博士学科专项科研基金 (3 项)、福建省科技兴海 (1 项) 和福建省重中之重的《福建省海洋生物优良种质及生物活性物质应用基础研究》的子课题《锯缘青蟹生长生殖及其调控机制》(1998—2002 年)、国家高技术研究发展计划 (863) 的《锯缘青蟹大规模人工育苗技术》(2002—2006) 等项目的资助, 谨表示衷心感谢。

本书的顺利出版得到厦门大学出版社的大力支持, 特此致以深深的谢忱!

由于水平有限, 时间仓促, 错误和缺点在所难免, 特别应指出的是, 本书既汇集原始论文, 也有综述报告、会议论文, 在内容上, 包括一些图、表, 存在重复的现象, 书中未予删除。敬请批评指正。

李少菁 王桂忠

2006. 9. 25



目 录

第一部分 生殖生物学 (Reproductive Biology)

锯缘青蟹卵巢发育的组织学观察.....	(3)
锯缘青蟹卵子发生的超微结构研究	(10)
锯缘青蟹卵母细胞的卵黄发生	(16)
锯缘青蟹皮层反应与受精膜形成研究	(22)
锯缘青蟹卵黄发生期卵母细胞和卵泡细胞之间的结构变化	(28)
锯缘青蟹卵黄发生期卵巢和肝胰腺脂类的变化	(41)
锯缘青蟹卵巢发育过程中不同器官组织的生化组成	(52)
锯缘青蟹卵巢发育过程中不同器官组织脂类和脂肪酸组成	(57)
锯缘青蟹精巢发育的组织学观察	(64)
锯缘青蟹精子超微结构的研究	(69)
锯缘青蟹精子发生的超微结构	(76)
锯缘青蟹精子碱性蛋白分布与受精	(84)
锯缘青蟹精子低温冷藏及精子活力的染色法评价	(89)
锯缘青蟹排卵后纳精囊及其内部精子的超微结构	(94)
锯缘青蟹促雄腺发育的组织学研究	(97)
锯缘青蟹促雄腺进行全浆分泌的证据.....	(102)
锯缘青蟹精子入卵过程的扫描电镜观察.....	(106)
锯缘青蟹精子入卵机制的初步研究.....	(112)
锯缘青蟹卵膜变化与卵子附着研究.....	(116)
锯缘青蟹精子顶体反应的研究.....	(123)
锯缘青蟹受精过程核相变化的研究.....	(134)
锯缘青蟹精荚移植人工授精初探.....	(140)
锯缘青蟹生殖腺体的结构与功能.....	(147)
锯缘青蟹精子塞的人工模拟.....	(152)
锯缘青蟹纳精囊精子顶体酶活力的研究.....	(156)
锯缘青蟹胚胎发育的观察及温度影响胚胎发育的研究.....	(160)
锯缘青蟹胚胎发育过程主要生化组成.....	(166)
锯缘青蟹胚胎发育过程中几种水解酶活力的比较研究.....	(170)
The Variations of Lipid Composition of the Crab <i>Scylla serrata</i> during the Embryonic Development	(174)
锯缘青蟹 [<i>Scylla serrata</i> (Forskål)] 胚胎发育期脂类变化的研究	(184)
锯缘青蟹胚胎复眼发生的形态观察.....	(194)

第二部分 神经、生殖内分泌学 (Neuro- & Reproductive Endocrinology)

锯缘青蟹生殖内分泌学研究..... (201)

锯缘青蟹 X 器官神经分泌细胞的细胞学研究 (207)

Cytological Studies on Neurosecretory Cell of the X-organ in *Scylla serrata* (214)

锯缘青蟹窦腺显微和超微结构研究..... (222)

锯缘青蟹脑的神经分泌细胞的组织学研究..... (230)

锯缘青蟹胸神经团的组织学研究..... (234)

锯缘青蟹神经器官对卵巢发育的调节作用：离体研究..... (239)

锯缘青蟹前脑神经分泌细胞的超微结构..... (243)

锯缘青蟹大颚器发育的组织学研究..... (246)

锯缘青蟹大颚器对卵巢发育的调节作用：离体实验..... (250)

锯缘青蟹大颚器对精巢发育的调控作用：离体研究..... (254)

锯缘青蟹大颚器的显微和超微结构..... (258)

锯缘青蟹 Y 器结构与卵巢发育的研究 (264)

锯缘青蟹视神经节存在雄激素受体..... (270)

锯缘青蟹视神经节免疫细胞化学研究..... (271)

锯缘青蟹促雄腺和胸腹神经团的直接联系..... (278)

生物胺对雌性锯缘青蟹生殖神经内分泌活动的调控作用..... (283)

生物胺对锯缘青蟹大颚器发育的调节作用..... (288)

生物胺对锯缘青蟹精巢发育的调控作用..... (292)

Effects of Biogenic Amines on the Testicular Development in Mud Crab, *Scylla serrata* (298)

生物胺对锯缘青蟹性腺发育的调控..... (305)

锯缘青蟹消化系统 5-羟色胺免疫组织化学的研究 (309)

锯缘青蟹胸神经团的免疫细胞化学定位研究..... (313)

Immunocytochemical Localization of Serotonin and Neuropeptide Y in the Brain of *Scylla serrata* (318)

锯缘青蟹消化系统内分泌细胞的免疫细胞化学定位..... (325)

In vitro Study of Neuroendocrine Regulation over the Testicular Development in Mud Crab, *Scylla serrata* (330)

锯缘青蟹视神经节 FSH 和 LH 的免疫识别 (336)

锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 脑中 FSH 和 LH 的免疫识别 (339)

第三部分 幼体实验生态、生理生化学 (Larval Experimental Ecology & Physio-biochemistry)

温度对锯缘青蟹幼体存活与发育的影响..... (345)

锯缘青蟹幼体实验生态研究 I. 饵料对幼体存活与发育的影响..... (353)

饵料影响锯缘青蟹幼体干重及化学元素 (C、H、N) 含量的实验研究 (361)

Studies on Influence of Diet on Dry Weight and Chemical Element (C, H, N) Content of Larval *Scylla serrata* (368)

盐度对锯缘青蟹幼体存活与生长发育的影响·····	(377)
锯缘青蟹幼体消化系统发育的组织学研究·····	(381)
锯缘青蟹 (<i>Scylla serrata</i>) 幼体胃磨发育的比较研究 ·····	(387)
锯缘青蟹幼体肝胰腺的观察研究·····	(391)
锯缘青蟹幼体肝胰腺细胞结构变化与其营养状况的关系 I 蚤状 幼体 I 期的研究·····	(398)
锯缘青蟹幼体消化酶活力·····	(403)
锯缘青蟹幼体消化酶活力昼夜节律的实验研究·····	(409)
锯缘青蟹个体发育过程中同工酶谱的比较研究·····	(414)
重金属对锯缘青蟹幼体的急性毒性·····	(418)
铜、锌、镉对锯缘青蟹仔蟹三种代谢酶活力影响的实验研究·····	(423)
饥饿对锯缘青蟹幼体存活与发育的影响·····	(428)
饥饿对锯缘青蟹幼体生化组成的影响·····	(434)
己烯雌酚影响锯缘青蟹幼蟹生长的初探·····	(439)
次声和低频振动对锯缘青蟹 [<i>Scylla serrata</i> (Forskål)] 蚤状幼体成活 及发育的影响·····	(443)
摄食对锯缘青蟹蚤状幼体生长和呼吸的影响·····	(445)
孵育温度对锯缘青蟹幼体质量的影响·····	(451)
温度对锯缘青蟹蚤状幼体呼吸和排泄的影响·····	(458)
不同发育期锯缘青蟹幼体摄食的变化·····	(465)
环境因素诱发锯缘青蟹幼体发育期变化的研究·····	(473)
锯缘青蟹 (<i>Scylla serrata</i>) 幼体形态观察 ·····	(478)
Occurrence of Additional Zoea-VI larvae in the Mud Crab, <i>Scylla</i> <i>paramamosain</i> (Estampador), Reared in the Laboratory ·····	(485)
饵料对锯缘青蟹大眼幼体生长发育的影响·····	(497)
不同饵料、密度和池底对锯缘青蟹大眼幼体蜕皮变态的影响·····	(503)
锯缘青蟹幼体性分化的解剖学及组织学实验研究·····	(509)

第四部分 营养需求与营养生理以及人工配合饲料的研发 (Nutritive Requirement, Physiology & Artificial Formulated Diets)

锯缘青蟹幼体发育过程中的营养需求与代谢机理·····	(517)
锯缘青蟹幼体摄食及其营养生理研究·····	(530)
锯缘青蟹幼体饵料的营养强化·····	(539)
锯缘青蟹幼体饵料蛋白质的营养价值评价·····	(545)
从锯缘青蟹幼体及其饵料的含脂情况探讨其脂营养需求·····	(549)
锯缘青蟹的系列配合饲料饲养实验·····	(555)
锯缘青蟹的营养需求及其健康养殖·····	(563)
锯缘青蟹养殖生物学特性及饲料与投喂·····	(570)

第五部分 病害防治的基础研究 (Fundamental Studies on Disease Prevention)

锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 凝集素的分布及部分性质研究 (577)

锯缘青蟹一种新的阴离子肽 Scygonadin 的分离、鉴定与抗菌特性 (583)

Purification and Part Characterization of a Novel Antibacterial Protein Scygonadin,
Isolated from the Seminal Plasma of Mud Crab, *Scylla serrata* (Forskål, 1775)
..... (591)

A Male-specific Expression Gene, Encodes a Novel Anionic Antimicrobial Peptide,
Scygonadin, in *Scylla serrata* (600)

锯缘青蟹对病原菌感染的急性反应功能蛋白质组 (615)

锯缘青蟹感染副溶血弧菌后血淋巴中差异蛋白的初步研究 (621)

锯缘青蟹病害综合防治的关键技术及常见病害防治 (627)

第六部分 人工育苗、养殖和养殖生物学 (Larval Rearing, Cultivation and its Biology)

锯缘青蟹养殖生物学研究 (635)

锯缘青蟹繁殖生物学及人工育苗和养成技术的研究 (640)

Status of Biological Studies And Aquaculture Development of the Mud Crab,
Scylla serrata, in China An Experimental Ecological Studies (652)

略论我国锯缘青蟹养殖业的可持续发展 (661)

Investigations into the Reproductive and Larval Culture Biology
of the Mud Crab, *Scylla paramamosain*: A Research Overview (668)

锯缘青蟹亲蟹驯养的实验研究 (672)

锯缘青蟹的人工育苗和养成试验研究 (677)

锯缘青蟹秋苗土池越冬的试验研究 (681)

锯缘青蟹大眼幼体在育苗池和土池的变态率差异比较 (686)

锯缘青蟹和斑节对虾北移养殖试验 (689)

略论锯缘青蟹的健康养殖 (693)

锯缘青蟹人工繁育技术研究 (699)

锯缘青蟹苗种中间培育的关键技术 (703)

锯缘青蟹的人工养殖 (706)

第七部分 遗传改良及其相关的基础研究 (Genetic Improvement & Its Relative Fundamental Studies)

锯缘青蟹染色体核型的分析研究 (713)

锯缘青蟹染色体研究方法的改进及其应用效果 (720)

利用 SMART 技术构建锯缘青蟹精巢和卵巢的 cDNA 文库 (726)

中国东南沿海锯缘青蟹群体的形态判别分析 (732)

锯缘青蟹等位酶的生化遗传研究 (740)

锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 不同种群的杂合性研究 (746)

Genetic Diversity and Differentiation of Mud Crab, *Scylla serrata*, Populations from Southeastern China (752)

锯缘青蟹不同器官组织中总抗氧化能力和 SOD 活性的比较研究 (759)

锯缘青蟹不同器官组织中四种类型 ATPase 活性比较研究 (764)

锯缘青蟹不同器官组织中 ROS 与 ASAFR 含量的比较研究 (769)

温度骤降对锯缘青蟹可溶性蛋白与可溶性糖含量的影响 (774)

低温驯化下锯缘青蟹肝胰腺蛋白质表达及脂肪酸组成的变化 (779)

低温驯化对锯缘青蟹可溶性蛋白与可溶性糖的影响 (790)

低温适应下锯缘青蟹肌肉及其细胞膜脂肪酸组成的变化 (796)





第一部分 | 生殖生物学

Reproductive Biology





锯缘青蟹卵巢发育的组织学观察^{*}

摘要: 根据锯缘青蟹卵巢的外部形态和内部组织学特征, 卵巢发育可以划分为六个时期: 未发育期、发育早期、发育期、将成熟期、成熟期和排卵后期。在发育早期, 多数卵母细胞质中有多个嗜酸性液泡, 这种结构在其他十足类卵母细胞中较少见。少数个体在发育早期发生卵母细胞全面退化, 这种现象可能是缺乏交配或饥饿造成的。

关键词: 卵子发生; 卵巢发育; 锯缘青蟹

Histological Studies on Ovarian Development in *Scylla Serrata*

Abstract: The oogenesis and ovarian development of the mud crab, *Scylla Serrata*, were described. Based on the changes of nucleus and cytoplasm of germ cells, vitellus formation and relationship between oocytes and follicle cells, oogenesis of *Scylla serrata*, being similar to those found in other decapods, can be divided into three stages, i. e., oogonia, previtellogenic and vitellogenic oocytes. Based mainly on the development of germ cells and follicle cells in ovary, also on the external features of ovary (size, morphology, color, etc.), the ovarian development can be divided into six stages as follows.

I. Undeveloped stage, an inactive phase of oogenesis. The ovaries at this stage are ribbonlike, small and transparent. There is only a few germ cells in the ovary and no obvious multiplication could be observed.

II. Early-developing stage, active proliferation of oogonia, differentiation and early development of oocytes. The ovaries at this stage increase gradually in size and attain a zigzag contour with milk-white color.

III. Developing stage, a main period of vitellus formation. The ovaries increase rapidly in size, being pale-yellow to yellow in colour.

IV. Nearly-ripe stage, the ovaries in this stage become large in size and orange to reddish-orange in colour.

V. Ripe stage, the ovaries remain same size as in stage IV, besides the discernible projecting follicles and bright reddish-orange colour. For the accumulation of a great amount of yolks, the oocytes appears to maximum in volume, and the nuclei breakup.

VI. Post-spawning stage, after spawn, the ovaries degenerate, small in size

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金 (3870497), 福建省自然科学基金 (C91003).

上官步敏、刘正琮、李少菁. 原载:《水产学报》, 1991, 15 (2): 96~103