

福建沿海文昌鱼的分布及其资源保护对策

翁朝红, 张雅芝, 刘贤德, 谢仰杰, 肖志群, 王淑红

(集美大学 水产学院, 福建省高校水产科学技术与食品安全重点实验室, 福建 厦门 361021)

摘要: 采用现场采样方法对福建沿海文昌鱼(*Branchiostoma balcheri*)的分布和资源状况进行了调查, 为文昌鱼的保护提供依据。全省 19 个海区潮间带均未捕获文昌鱼; 12 个海区的潮下带浅海定量调查中, 仅 5 个海区采集到文昌鱼。东山湾海区文昌鱼密度最高, 为 41.67 尾/m², 其次是厦门十八线海区, 为 14.5 尾/m², 厦门南线海区和黄厝海区分别为 5.39 尾/m² 和 4.71 尾/m², 泉州大港海区仅捕到 1 尾, 闽江口 3 个海区均未捕获。所获文昌鱼年龄大多为 1 龄, 占 39.2%, 2 龄占 23.5%, 3 龄占 25.5%, 其他(1 龄以下、4 龄、5 龄及以上)占 11.8%。与 20 多年前的历史资料相比, 文昌鱼的分布区大为缩小, 资源量大为降低, 资源已濒临枯竭。必须加大对文昌鱼资源的保护力度, 有必要增设文昌鱼自然保护区, 并加强对文昌鱼保护区的管理。

关键词: 福建沿海; 文昌鱼(*Branchiostoma balcheri*); 分布; 资源保护

中图分类号: Q958.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)08-0035-06

文昌鱼(*Branchiostoma balcheri*)隶属于脊索动物门(Chordata), 头索动物亚门(Cephalochordata), 文昌鱼纲(Amphioxii), 文昌鱼目(Amphioxiformes), 文昌鱼科(Amphioxidae), 文昌鱼属(*Branchiostoma*), 俗称双尖鱼或扁担鱼等^[1,2], 主要分布在热带、亚热带以及暖温带的浅海^[2], 中国从渤海到海南沿海都有文昌鱼的栖息, 但大多数海区密度低, 产量极少^[2]。文昌鱼是无脊椎动物进化到脊椎动物的过渡类型, 在分类地位上是现存的最接近脊椎动物的物种, 可以说是脊椎动物始祖的代表^[3]。文昌鱼是进化发育生物学的经典实验模式动物, 在科学研究中备受重视, 素有“活化石”之称, 具有极其重要的科学研究价值^[3-5]。文昌鱼含有人体必需的 8 种必需氨基酸, 与非必需氨基酸含量之比为 0.77, 蛋白质氨基酸营养价值较高; 文昌鱼各种维生素特别是维生素 B₁ 和 B₂ 含量丰富, 因此文昌鱼具有较高的营养价值和开发价值^[6]。

近年来随着经济和社会的发展, 文昌鱼资源面临枯竭。厦门海域曾经是世界著名的文昌鱼渔场, 历史记录年产量最高时(1933 年)达 282 t。但自 20 世纪 50 年代以来, 由于环境改变、环境污染以及过度捕捞等原因, 厦门文昌鱼的资源严重衰退^[2,7], 至 20 世纪 80 年代初就已经不能形成渔业。1988 年文昌鱼被列为国家二级重点保护动物。文昌鱼已成为世界性濒危物种。

汪伟洋等^[8]开展过福建闽江口至广东南澳一带

沿岸文昌鱼的调查, 距今已 20 多年; 方少华等^[7]和吕小梅等^[9]进行了厦门文昌鱼保护区调查; 其他省份也开展过文昌鱼资源的调查^[10-12]。但自 20 世纪 80 年代以来未见整个福建沿海文昌鱼资源的系统调查。作者对福建沿海文昌鱼的分布及其资源状况进行了系统调查, 并提出保护措施, 为保护文昌鱼这一珍稀资源提供依据。

1 调查研究方法

1.1 潮间带调查

选择连江(大埕)、长乐(梅花、漳港)、海坛岛(潭角尾、钱便澳、建星)、莆田(平海、湄洲岛的后巷、莲池)、惠安(前垵、下垵)、晋江(围头、深沪湾)、漳浦(南境、杏仔、汕尾)、东山(后港、乌礁湾、澳角)等 19 个海区, 每个海区各设 4 个采样点(每个采样点采样次数 10 次以上), 2006 年 5 月~2007 年 12 月, 在大潮汛期于低潮前后 1~2 h, 在潮间带的中、低潮区, 用铁铲、采样框(0.2 m × 0.2 m)和筛子进行文昌鱼采集, 调查海区分布见图 1。

收稿日期: 2009-09-17; 修回日期: 2009-12-16

基金项目: 福建省 908 专项(FJ908-01-01-HS, FJ908-02-01-08)

作者简介: 翁朝红(1971-), 女, 福建莆田人, 副教授, 在读博士, 从事动物资源保护学研究, 电话: 0592-6183826, E-mail: wengzhao-hong@jmu.edu.cn; 张雅芝, 通信作者, 教授, E-mail: jdzyz@jmu.edu.cn

1.2 潮下带浅海调查

1.2.1 采样海区分布

选择诏安湾海区、东山湾海区、厦门南线海区、黄厝海区、十八线海区、鳄鱼屿海区、惠安大港湾、湄洲湾海区、平潭海区、连江定海湾海区、川石岛海区、长乐海区等 12 个海区进行定量调查(图 1)。

1.2.2 采样设备

取样面积为 0.1 m² 的抓斗式采泥器, 负荷为 100 kg 以上的绞车和吊杆及测量和称量工具等。

1.2.3 调查方法

1.2.3.1 样品采集和鉴定

按照《海洋生物生态调查技术规程》^[13]的要求, 采用采泥器采集底泥, 每个测站采样面积至少为 0.5

m²。筛选文昌鱼, 投入装有 7% 中性甲醛的标本瓶中, 带回实验室进行镜检, 根据文昌鱼的肌节数、鳍条数和口笠触须数进行种类鉴定^[2,14], 并进行文昌鱼密度和生物量计算。采样之前, 先用小型采泥器(采样面积 0.075 m²)探知底质状况, 若发现为泥质或细沙底质, 放弃采样, 只有中粗沙底质的采样才计入有效的采样。

1.2.3.2 年龄结构分析

文昌鱼各年龄组的体长范围为: 0 龄 7.0 mm; 7.0 mm < 1 龄 15.0 mm; 15.0 mm < 2 龄 29.0 mm; 29.0 mm < 3 龄 37.0 mm; 37.0 mm < 4 龄 43.0 mm; 5 龄以上 > 43.0 mm (参考《海洋生物生态调查技术规程》^[13])。

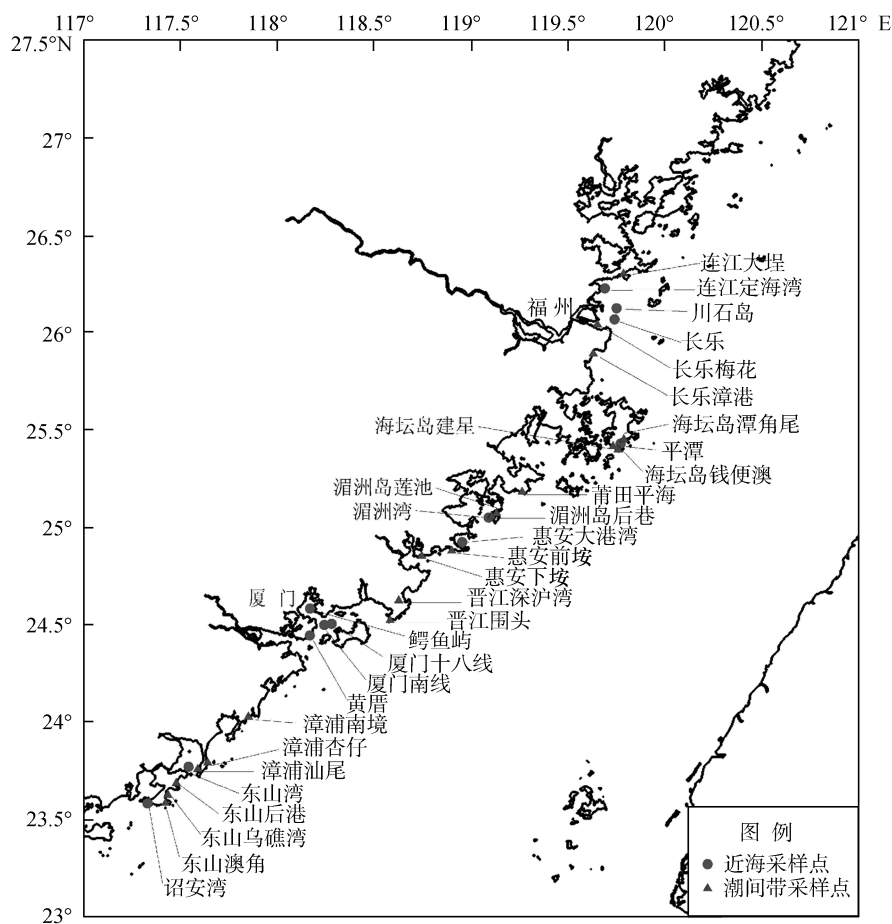


图 1 福建省文昌鱼调查海区分布

Fig. 1 Lancelets sampling sites in Fujian sea waters

2 结果

2.1 福建沿海文昌鱼的分布

19 个海区潮间带中、低潮区的调查均未发现文

昌鱼。

浅海定量调查的 12 个调查海区中, 只有 5 个海区捕获文昌鱼。采样面积共 18.4 m², 共获得 102 尾文昌鱼, 平均全长为 22.626 mm, 平均体质量为

0.0454 g(表 1)。

其中东山湾海区文昌鱼密度最高, 为 41.67 尾/m², 其次是厦门十八线海区, 为 14.5 尾/m², 厦门南线海区和黄厝海区分别为 5.385 尾/m² 和 4.706 尾/m²,

泉州大港海区仅捕到 1 尾。其余海区(包括闽江口 3 个海区)均未采到文昌鱼。所捕获的文昌鱼经过鉴定(肌节数为 63~66, 臀鳍条数为 78~92), 均为厦门文昌鱼。

表 1 各调查海区文昌鱼的栖息密度和生物量
Tab. 1 The total and average biomass at lancelets sampling sites

调查海区	水深 (m)	采样时间 (年-月)	采样面积 (m ²)	文昌鱼数量 (尾)	体长 $\bar{X} \pm SD$ (mm)	栖息密度 (尾/m ²)	总生物量 (g)	平均生物量 (g/m ²)
诏安湾	2.4~8.0	2007-10	0.9	0	—	0	0	0
东山湾	3.1~9.0	2007-10	1.2	50	15.487±10.137	41.667	1.0300	0.8583
厦门南线海区	2.3~6.0	2007-05	2.6	14	27.806±7.035	5.385	0.7036	0.2706
厦门十八线海区	1.5~5.5	2007-05	2.0	29	30.977±8.476	14.500	2.3500	1.1750
厦门黄厝海区	1.5~10.1	2007-05	1.7	8	27.914±5.153	4.706	0.4414	0.2596
厦门鳄鱼屿海区	2.3~25.0	2007-05	0.9	0	—	0	0	0
惠安大港湾	3.4~14.2	2007-11	1.4	1	40.85	0.714	0.1450	0.1036
湄洲湾	3.0~16.1	2007-06	1.0	0	—	0	0	0
平潭海区	2.5~13.2	2007-06	1.4	0	—	0	0	0
定海湾	1.3~11.0	2007-07	2.5	0	—	0	0	0
闽江口川石岛海区	2.6~18.9	2007-08	1.1	0	—	0	0	0
长乐海区	1.7~16.4	2007-08	1.7	0	—	0	0	0

2.2 文昌鱼的年龄结构

5 个调查海区 12 个站位共捕获 102 尾文昌鱼, 体长范围为 6.00~51.66 mm。其年龄结构分析表明, 文昌鱼大多为 1 龄(39.2%), 而 2 龄占 23.5%, 3 龄占 25.5%, 4 龄占 5.9%, 5 龄占 4.9%, 1 龄以下占 1.0%。

厦门十八线海域以 3 龄居多(58.6%), 而东山湾以 1 龄居多(76.0%)(表 2)。

0 龄文昌鱼是以体长小于 7 mm 为判定依据的, 而这个阶段的文昌鱼底栖生活很少, 大多数为浮游生活, 本次调查未做文昌鱼浮游幼体调查。

表 2 文昌鱼的年龄分布
Tab. 2 The age distribution of the lancelets

调查海区	0 龄 (尾)	1 龄 (尾)	2 龄 (尾)	3 龄 (尾)	4 龄 (尾)	5 龄 (尾)	合计 (尾)
厦门南线海区	0	0	8	5	0	1	14
厦门黄厝海区	0	0	5	2	1	0	8
厦门十八线海区	0	2	6	17	1	3	29
东山湾	1	38	5	2	3	1	50
惠安大港湾	0	0	0	0	1	0	1
合计	1	40	24	26	6	5	102
百分比(%)	1.0	39.2	23.5	25.5	5.9	4.9	100

3 讨论

3.1 福建沿海文昌鱼的资源变动及原因分析

汪伟洋等^[8]于 1987~1988 年的调查结果表明, 文

昌鱼在福建分布较广, 8 个县域海区 10 个采样点均采集到文昌鱼, 最高密度达 102 尾/m²。厦门海区是历史上文昌鱼的著名产地, 汪伟洋等^[15]于 1989 年在厦门黄厝海区的专项调查中, 发现了约 2 km² 的文昌鱼密集区, 其栖息密度高达 1 050 条/m²; 曾国寿等^[16]

于 1994~1995 年调查该海区发现,文昌鱼的数量仍较大,平均密度为 142 尾/m²;方少华等^[7]于 2001 年调查时该海区文昌鱼密度为 68.7 尾/m²,以上调查结果说明黄厝海区的文昌鱼密度在不断减少。吕小梅等^[17]指出,在闽江口水域文昌鱼最大栖息密度达 120 尾/m²;海坛岛 5 个采样站栖息密度均为 5 尾/m²;此外,湄洲岛、东山岛、漳浦等均有文昌鱼的分布。本次调查范围覆盖了以上历次调查海区,但仅在东山湾、厦门海域和泉州大港海区采集到文昌鱼,其他海区均未采集到。厦门海域文昌鱼的最高密度也仅为 29 尾/m²。可见福建沿海文昌鱼的分布区已大大缩小,资源量明显降低,多数海区文昌鱼资源已经枯竭。但本次调查在东山湾发现了一个新的文昌鱼密集区,栖息密度达 41.67 尾/m²。此海区为半封闭形海湾,底质为粗砂混合细沙,水质优良,适合文昌鱼栖息。该文昌鱼密集区地处偏僻,目前人为干扰较少。

文昌鱼在每年春末夏初性腺开始成熟,5 月份开始产卵,体长达到 5.0 mm 左右的浮游幼体,已开始陆续转为潜沙生活^[2]。本次调查所发现的文昌鱼最小个体为 6 mm,与李亚娟^[2]的研究结果相符。文昌鱼 2 龄时性腺开始成熟,3 龄鱼全部性成熟,本次调查所获得的文昌鱼,以育龄期(2~3 龄)的文昌鱼最多(49%),5 龄以上的文昌鱼极少(4.9%)。

当然,以体长特征作为判定文昌鱼年龄的惟一指标可能存在误差,因为不同海区的文昌鱼生长速度会有所差别,营养条件较好的海区文昌鱼长得较快。目前尚未发现与文昌鱼年龄密切相关的生物学特征,但随着人工饲养文昌鱼技术的成熟,不同营养条件下文昌鱼的生长速率、揭示文昌鱼的年龄特征的研究必将取得进展。

福建沿岸海域文昌鱼资源严重衰竭,初步分析其原因为:

3.1.1 文昌鱼生境遭受严重破坏

文昌鱼为喜沙性底埋生活的种类,对底质的要求非常严格。粒径适中的沙质环境是文昌鱼的基本生活条件之一,因此破坏沙质环境,就破坏了文昌鱼的栖息地。厦门刘五店鳄鱼屿海区曾是著名的文昌鱼渔场,由于海区采沙现象严重,底质已全为淤泥,深度达到 20~30 m 多,调查时未采到文昌鱼;黄厝海区的底质沙质减少,淤泥沉积,1989 年调查所发现的文昌鱼密集区已不复存在,密度只有 4.71 尾/m²;十八线海区靠近金门岛,为政治敏感区,采沙活动

较少,底质破坏相对不严重,因此文昌鱼还有一定数量。闽江口海域水质浑浊,沉积现象明显,原有的沙质底质由于淤积而改变,可能是闽江口文昌鱼资源枯竭的原因。连江海域底质为粗细砂混有少量底泥,是文昌鱼较适合的栖息环境,但这一带广泛养殖花蛤等贝类,而贝类与文昌鱼争夺食物,也破坏了文昌鱼的栖息环境,因而未见任何文昌鱼。湄洲岛和海坛岛海域风浪大,潮水湍急,且底质细沙缺少泥质,因而文昌鱼的资源极少。而文昌鱼栖息地周边的筑堤围堰、海岸工程、排污排废以及水产养殖等因素引起环境恶化,也加剧了文昌鱼资源枯竭。

3.1.2 文昌鱼遭到滥捕

厦门翔安文昌鱼捕捞业已有 300 多年历史,许多渔民世代代以捕捞文昌鱼为生。而目前文昌鱼资源濒临枯竭,有些渔民仍未改变这一谋生手段,渔民进入保护区进行恶性采捕的事件时有发生。另一方面,随着文昌鱼的资源日益锐减,文昌鱼的价格攀升,为了追逐高额收益,盗捕、滥捕文昌鱼现象严重。

3.1.3 文昌鱼资源保护管理不力

厦门文昌鱼保护区内采砂、盗沙、盗捕文昌鱼现象经常发生,这与相关部门执法不严、管理不力有直接关系。

3.2 文昌鱼资源保护的对策

3.2.1 增设文昌鱼自然保护区

厦门市于 1991 年建立厦门市文昌鱼自然保护区,并于 2000 年升级为国家级保护区。但是由于近几年厦门市环东海域填海造地和基础建设的需要,同安湾采砂盗沙的现象极为普遍。据作者调查发现,鳄鱼屿海区已无沙可采,南线海区因抽沙使底质下降 10~20 m 多。因此厦门市文昌鱼保护区文昌鱼的栖息地已经非常小,文昌鱼的资源量不大。应当组织开展厦门海域文昌鱼栖息环境普查,在普查基础上增设文昌鱼自然保护区。东山湾位于台湾海峡南口的西岸,海域总面积 247.89 km²,其中水域面积 155.5 km²,是闽南最大的海湾。该湾三面为山丘环抱,呈不规则的梨形伸入陆地,南北长 20 km,东西宽约 15 km,是个半封闭型的海湾。海域广阔,底质为细沙和粗砂混合少量泥沙,地处偏僻,周边无工业污染,水质优良,非常适合文昌鱼的栖息。东山湾文昌鱼密度为 41.67 尾/m²,为本次调查中福建省文昌鱼资源量最多的海区。应当尽快设定东山湾文昌鱼自然保护

区,保护该海区文昌鱼资源。

3.2.2 加强保护区的建设和管理

保护区的管理部门要制定适合文昌鱼保护区特点的法规,严格执法,加大保护力度。为了保护文昌鱼的栖息环境,要防止陆源性工业污染;严禁贝类养殖及电拖网作业;绝对禁止在保护区的范围内及临近的海区非法采砂。

3.2.3 深入进行文昌鱼生态学研究

为了更好地保护文昌鱼这一宝贵资源,必须对文昌鱼进行深入的生态学研究,除了进行生态调查外,还要结合文昌鱼自然保护区建设,设立生态观测站,进行长期地定点、定时观测和研究,积累科学资料,对文昌鱼的种群结构、自然生态以及人为干扰对文昌鱼资源影响进行跟踪研究,为文昌鱼资源的保护、恢复提供科学依据。

3.2.4 合理开发利用资源

文昌鱼不仅具有很高的科学价值,经济价值也很高,具有一定的开发价值^[18]。由于对文昌鱼的捕捞是用特制锄头挖沙捕捞,因此适当捕捞可以疏松文昌鱼栖息地的底质和排除淤泥,对文昌鱼的生境改善有一定的作用,而且文昌鱼寿命 4~5 a,如果不捕捞将自然死亡,因此可有计划、有组织地在文昌鱼密集区进行适度捕捞。但必须制定合理的禁捕期和捕捞许可证制度,在文昌鱼繁殖季节,为了保护亲鱼,必须实行禁渔期。但鉴于目前资源濒危的状况,必须要经历一个较长的禁捕期(5~10 a)。

3.2.5 开展人工增殖

目前中国已成功地实现文昌鱼的人工繁育,并获得批量的文昌鱼人工苗种^[19,20]。因此,可以通过人工放流的方法,将人工培育的苗种,放流到适宜其生长的海区,增加文昌鱼的资源量。

致谢:集美大学水产学院学生徐伟、洪建安、张炳坤等协助采样,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 朱元鼎. 福建鱼类志[M]. 福州:福建科学技术出版社,1984. 10-11.
- [2] 李亚娟. 我国文昌鱼及其渔业[J]. 上海水产大学学报,1996, 5(1): 48-51.
- [3] 张士瑾, 吴贤汉. 从文昌鱼个体发生谈脊椎动物起源[J]. 海洋科学, 1995, 4: 15-21.
- [4] 王磊, 宿红艳, 王昌留, 等. 从无脊椎动物到脊椎动物的纽带——头索动物文昌鱼[J]. 海洋湖沼通报, 2007, 2: 45-51.
- [5] Holland L Z, Laudet V, Schubert M. The chordate amphioxus: an emerging model organism for developmental biology[J]. *CMIS Cell Mol Life Sci*, 2004, 61: 2 290-2 308.
- [6] 梁惠, 张士瑾. 文昌鱼营养成分分析及营养学评价[J]. 营养学报, 2006, 28(2): 184-186.
- [7] 方少华, 吕小梅, 张跃平. 厦门国家级自然保护区厦门文昌鱼资源及其保护[J]. 海洋科学, 2002, 26(10): 9-12.
- [8] 汪伟洋, 陈必哲, 姚联腾, 等. 闽江口至南澳海岸带文昌鱼分布调查[J]. 福建水产, 1989, 1: 14-16.
- [9] 吕小梅, 张跃平, 郑承忠, 等. 厦门文昌鱼自然保护区的生态环境特点[J]. 海洋科学, 2005, 29(10): 27-31.
- [10] 马明辉, 张志南, 冯志权, 等. 滦河口青岛文昌鱼分布与栖息地底质特征[J]. 海洋环境科学, 2005, 24(2): 39-42.
- [11] 曹玉萍, 闫路娜, 谢松, 等. 昌黎海区文昌鱼初步调查[J]. 动物学杂志, 2002, 36(3): 10-13.
- [12] 冯波, 卢伙胜, 陈文河. 广东茂名大放鸡海区文昌鱼分布与底质关系[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(2): 18-23.
- [13] 国家海洋局 908 专项办公室编. 海洋生物生态调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2006. 62-64.
- [14] 闫路娜, 左惠凯, 曹玉萍. 文昌鱼秦皇岛、青岛和厦门地理种群形态特征的分化[J]. 动物学研究, 2005, 26(3): 311-316.
- [15] 汪伟洋, 陈必哲. 厦门前埔浅海文昌鱼资源调查报告[J]. 福建水产, 1989, 1: 17-22.
- [16] 曾国寿, 何明海, 程兆第. 厦门黄厝文昌鱼保护区监测与研究[J]. 台湾海峡, 1996, 15(2): 174-181.
- [17] 吕小梅, 方少华. 福建沿海文昌鱼的分布[J]. 海洋通报, 1997, 16(3): 88-91.
- [18] 林学钦. 厦门文昌鱼资源管理与经济发展[J]. 厦门科技, 2006, 1: 13-16.
- [19] 王义权, 张秋金, 吕小梅, 等. 文昌鱼的实验室繁育及子二代获得[J]. 动物学研究, 2006, 27(6): 631-634.
- [20] 周仁杰, 方琦. 厦门文昌鱼人工繁育批量生产技术研究[J]. 台湾海峡, 2007, 26(1): 121-128.

Lancelet distribution in Fujian sea waters and its protection strategy

WENG Zhao-hong, ZHANG Ya-zhi, LIU Xian-de, XIE Yang-jie, XIAO Zhi-qun, WANG Shu-hong

(Fisheries College, Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Received: Sep., 17, 2009

Key words: *Branchiostoma balcheri*; sea waters in Fujian Province; resources survey; resources protection

Abstract: The resources and distribution of lancelet were investigated by field sampling along the coast of Fujian Province, at low, middle tidal zones and areas below the tidal zone. No lancelets were found in all 19 sites across the low and middle tidal zones. Lancelets were obtained in five of 12 investigated locations below the tidal zone with the highest density (41.67 individuals / m²) in the Dongshan Bay, followed by the Shibaxian sea area in Xiamen (14.5 individuals / m²), the Nanxian sea area and Huangcuo sea area in Xiamen (5.39 individuals / m² and 4.71 individuals / m², respectively); only one sample was caught in the Dagang sea water of Quanzhou; and no lancelets were obtained in the three stations of the Minjiang River Estuary. The age distribution was as the following: the largest numbers of lancelet, accounting for 39.2%, were in age I, 23.5% in age II, and 25.5% in age III; and others (under age I, above age IV and age V) accounted for only 11.8% of the samples. Compared to the historical data 20 years ago, the abundance of lancelet has experienced dramatic declines, its distribution has reduced sharply, and the resources of this species are at the verge of depletion. It is necessary to establish lancelet natural reserves and strengthen the management.

(本文编辑: 谭雪静)

(上接第 10 页)

Cloning and expression of the beta-agarase gene *agaD02* from *Agarivorans albus* QM38

WANG Jing¹, MA Ji-fei², MIAO Ting-ting², LI Zhao-jie¹, DU Zong-jun²

(1. Weihai Entry-Exit Inspection And Quarantine Bureau, Weihai 264200, China; 2. College of Marine Science, Shandong University at Weihai, Weihai 264209, China)

Received: Feb., 12, 2010

Key words: agarase; *Agarivorans albus*; clone; sequence analysis; expression

Abstract: The β -agarase gene, *agaD02*, was amplified by PCR using genomic DNA of *Agarivorans albus* strain QM38 as a template. The *agaD02* gene consists of an open reading frame of 2868 bp encoding β -agarase, a protein of 955 amino acids and a molecular weight of 106 kD. The PI of the agarase is 4.87. The accession numbers for *agaD02* in GenBank was EF199908. We found that the *agaD02* gene shared 98.7% sequence identity to the *agaB* gene of *Vibrio* sp. JT0107 and 97.4% identity to the *agaE* gene of *Vibrio* sp. PO-303. The deduced amino acid sequence of the *agaD02* gene was compared with entries in the DDBJ database. According to the sequence of *agaD02* gene, a pair of primers were designed and synthesized. After PCR amplification, the product was cloned into pMD19-T simple vector using TA cloning. The recombinants were sequenced and identified by restrictive endonuclease digestion. The target gene sequences were then subcloned into a highly efficient eukaryotic expression vector pET24a(+). After confirmation by double restrictive endonuclease digestion, the expression vectors were transformed into *E. coli* BL21(DE3). The recombinants *E. coli* BL21 (pET24a-*agaD02*) were induced by IPTG on Petri dish and were stained with Lugol iodide solution after being cultured for 24 h at 37°C. A clear zone was observed around the colony of the recombinants *E. coli*, confirming that the pET24a-*agaD02* expression vectors were successfully constructed.

(本文编辑: 梁德海)