

青岛文昌鱼体征变化及影响因素探究

李新正, 张宝琳, 李宝泉, 李士玲, 王洪法, 王金宝

(中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 根据 1981 年和 2004 年胶州湾口青岛文昌鱼(*Branchiostoma belcheri tsingtauense* Tchang et Koo)采集资料, 分析了 23 年来青岛文昌鱼体质量、体长、生物量和栖息密度的变化, 发现 1981 年文昌鱼个体最大体长为 55 mm, 平均体长为 37.63 mm, 而 2004 年个体最大体长仅 42 mm, 平均体长只有 29.82 mm; 1981 年各月平均体质量范围为 0.06 ~ 0.14 g, 2004 年为 0.03 ~ 0.04 g; 1981 年平均栖息密度为 753 个/m², 2004 年为 1 220 个/m²。采用成对数据平均数比较的假设双尾检验法进行数据统计分析结果也表明, 文昌鱼的平均体长和体质量在 1981 年和 2004 年均具有显著的差异, 平均分布密度在显著水平 α 为 0.01 时, 差异不显著, 而在 α 为 0.05 时, 差异显著; 说明 2004 年采集的青岛文昌鱼个体长度和质量都明显变小而分布密度有所增加; 而平均生物量, 1981 年和 2004 年没有显著性差异。不同体长个体数比例表明, 1981 年和 2004 年文昌鱼种群的年龄组成以及各年龄组的生长情况等方面也不相同。引起这些变化的原因初步分析为底质的改变、栖息地萎缩、饵料丰度和组成改变以及人类活动的干扰。

关键词: 青岛文昌鱼(*Branchiostoma belcheri tsingtauense* Tchang et Koo); 体征; 环境; 胶州湾

中图分类号: Q958.1; Q959.287; Q178.53 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-3096(2007)01-0055-05

文昌鱼科 (Amphioxidae) 属于脊索动物门 (Chordata) 头索动物亚门 (Cephalochordata) 文昌鱼纲 (Amphioxi) 文昌鱼目 (Amphioxiformes), 种类不多, 世界已知约 30 种, 全为海产, 主要分布在热带、亚热带和温带海域。中国沿海共发现 4 种, 主要分布在福建、青岛等地沿海和北部湾, 渤海北部沿岸也有发现^[1-3]。由于文昌鱼在系统演化上所处的特殊地位^[4], 是研究动物进化的珍贵材料, 同时具有一定的经济价值, 其研究一直是生物学的重要领域^[5-7]。文昌鱼在世界各地的产量一般不大, 唯有中国沿海不但分布广, 而且某些海域产量甚大。但由于栖息环境逐年遭到破坏, 文昌鱼的资源量越来越少, 分布区域变得越来越狭窄。方少华等^[3]2002 年调查了厦门文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri* (Gray)) 的资源状况, 指出其分布区和资源量都有所减少。因此文昌鱼被中国列为二类保护动物, 并相继划定了厦门文昌鱼自然保护区和青岛市野生动物自然保护区 (文昌鱼保护区)。

青岛文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri tsingtauense* Tchang et Koo) 分布于青岛近海, 其栖息地主要在胶州湾内的沧口、黄岛、团岛及湾外的汇泉湾、太平角、沙子口、大公岛、灵山岛等海域, 特别是汇泉湾、麦岛及沙子口附近海域其种群数量较大, 栖息密度曾有 4 000 尾/m² 左右的记录^[8]。但近年来的调查显示, 伴随栖息地逐渐减少和萎缩, 青岛文昌鱼的数量也逐渐变少, 同时个体体长变小、体质量变轻。为了查清其变化情况及其原因, 使文昌鱼这一保护动物种群得到

收稿日期: 2006-02-26; 修回日期: 2006-08-15

基金项目: 中国科学院知识创新项目 (KZCX3-SW-214); 山东省科学技术发展计划项目 (031070119)

作者简介: 李新正 (1963-), 男, 山东潍坊人, 研究员, 博士, 研究方向: 海洋生物多样性、海洋底栖生物生态学、甲壳动物分类系统学, 电话: 0532-82898771, E-mail: lixzh@ms. qdio.ac.cn

有效保护,我们对1981年和2004年胶州湾全年的青岛文昌鱼资料进行分析和比较,以总结这一特殊物种20多年来的变化特点并初步探讨其变化原因。

1 材料与方 法

材料取自1981年胶州湾外底栖生物调查G2站和2004年胶州湾生态站湾外观测D8站(相当于1981年的G2站)全年12个月的青岛文昌鱼调查取样资料。该站位于胶州湾口以东,青岛市政府五四广场南岸外,站位为36°02.262'N,120°22.771'E,水深15m左右,底质以泥沙碎壳为主。该站所处海域是轮船进出胶州湾的重要通道,也是游客海上观光的主要海域之一,同时常有渔民或游客作潜水或垂钓作业。野外取样用0.1 m²的大洋50型采泥器成功重复取样2次作为1个样品,所获样品用75%的酒精固定后带回实验室,进行文昌鱼个体计数,用精度为1/1000 g的电子称称质量,精度0.01 mm游标卡尺逐条测量体长,完成密度、生物量计算,每月样本量为100尾,之后对获得的相关数据进行统计分析。

数据统计分析采用李春喜等^[9]编的《生物统计学》中51~52页介绍的方法,即成对数据平均数比较的假设双尾检验法,对两组数据是否存在显著性差异进行检验。该检验的优势在于可以通过各个配对差

数,消除不同配对数据间较大的条件差异,从而控制试验误差。

2 结 果

2.1 1981年和2004年胶州湾青岛文昌鱼个体大小差异

根据吴贤汉等^[10]对青岛文昌鱼的年龄和生长速度的研究,胶州湾文昌鱼基本上由4个年龄组组成,分别为I, II, III和IV年龄组,其平均体长范围分别为:12~15, 24~27, 33~43和44~46 mm。文昌鱼在不同年龄组的年生长速度分别为:15, 15, 13和9 mm。作者按照个体体长把文昌鱼划分为4个组,分别为:<15.9 mm, 16.0~30.9 mm, 31.0~43.9 mm以及>44 mm。计算各组个体数所占总数的百分比并作表1。由表1可见,1981年文昌鱼种群体长组主要集中在31.0~43.9 mm之间,只有7月是16.0~30.9 mm的占优;2004年的体长组成则多为16.0~30.9 mm。两年的文昌鱼个体大小差异明显。1981年所采文昌鱼个体最大体长为55 mm,2004年个体最大体长仅42 mm。从表2可看出,前者平均体长为37.63 mm,后者平均体长只有29.82 mm,而且各月的平均体长都小于前者。

表1 1981年和2004年胶州湾文昌鱼各组个体数占总数的百分比

Tab. 1 Monthly size-frequency distribution of *B. belcheri tsingtauense* from Jiaozhou Bay in 1981 and 2004

| 月份 | 各组个体数占总数的百分比(%) | | | | | | | |
|----|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|----------|-------|
| | <15.9 mm | | 16.0~30.9 mm | | 31.0~43.9 mm | | >44.0 mm | |
| | 1981年 | 2004年 | 1981年 | 2004年 | 1981年 | 2004年 | 1981年 | 2004年 |
| 1 | 0 | 0 | 3 | 75 | 57 | 25 | 40 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 7 | 59 | 82 | 41 | 11 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 8 | 69 | 84 | 30 | 8 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 14 | 50 | 78 | 50 | 8 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 4 | 89 | 84 | 11 | 12 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 10 | 23 | 69 | 77 | 21 | 0 |
| 7 | 12 | 1 | 64 | 57 | 24 | 42 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 29 | 72 | 47 | 28 | 14 | 0 |
| 9 | 0 | 1 | 11 | 43 | 61 | 56 | 28 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 10 | 55 | 68 | 45 | 20 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 40 | 29 | 59 | 71 | 1 | 0 |
| 12 | - | 0 | - | 46 | - | 54 | - | 0 |

表 2 1981 年和 2004 年胶州湾青岛文昌鱼的体长、体质量、栖息密度和生物量

Tab. 2 Lengths, weights, abundance and biomass of *B. belcheri tsingtauense* from Jiaozhou Bay in 1981 and 2004

| 月份 | 平均体长(mm) | | 平均体质量(g) | | 栖息密度 (个/m ²) | | 生物量 (g/m ²) | |
|-----|----------|--------|----------|--------|--------------------------|--------|-------------------------|--------|
| | 1981 年 | 2004 年 | 1981 年 | 2004 年 | 1981 年 | 2004 年 | 1981 年 | 2004 年 |
| 1 | 41.54 | 28.78 | 0.13 | 0.04 | 124 | 975 | 19.34 | 42.95 |
| 2 | 38.08 | 29.81 | 0.09 | 0.04 | 715 | 925 | 67.9 | 37 |
| 3 | 37.31 | 28.72 | 0.07 | 0.03 | 796 | 1 450 | 72.2 | 81.85 |
| 4 | 36.9 | 30.71 | 0.11 | 0.04 | 1 710 | 1 385 | 165.2 | 82.5 |
| 5 | 38.82 | 25.15 | 0.14 | 0.02 | 606 | 310 | 91.22 | 7.44 |
| 6 | 38.45 | 32.5 | 0.12 | 0.06 | 1 075 | 1 190 | 153.35 | 71.4 |
| 7 | 38.3 | 30.25 | 0.11 | 0.04 | 436 | 2 415 | 45.5 | 96.6 |
| 8 | 34.31 | 29.5 | 0.08 | 0.03 | 253 | 1 105 | 23.95 | 33.15 |
| 9 | 39.05 | 30.65 | 0.11 | 0.04 | 260 | 660 | 32.26 | 26.4 |
| 10 | 38.46 | 29.9 | 0.12 | 0.03 | 626 | 1 350 | 75.12 | 40.5 |
| 11 | 32.7 | 32.04 | 0.06 | 0.04 | 1 680 | 1 655 | 105.02 | 66.2 |
| 总平均 | 37.63 | 29.82 | 0.10 | 0.04 | 753 | 1 220 | 77.37 | 53.27 |

2.2 1981 年和 2004 年胶州湾青岛文昌鱼体质量差异

1981 年青岛文昌鱼个体最大体质量 0.25 g, 2004 年个体最大体质量仅 0.10 g。从表 2 可看出, 1981 年其平均体质量为 0.10 g, 2004 年则为 0.04 g, 前者各月平均体质量范围为 0.06~0.14 g, 后者各月平均体质量范围为 0.03~0.04 g, 明显小于前者。

2.3 栖息密度的差异

1981 年文昌鱼的平均密度为 753 个/m², 最高密度出现在 4 月, 为 1 710 个/m²; 2004 年的平均密度为 1 220 个/m², 最高密度出现在 7 月为 2 415 个/m², 5 月最低仅 310 个/m²。平均密度后者是前者的近 1.5 倍。

2.4 生物量的差异

1981 年青岛文昌鱼的平均生物量是 77.37 g/m², 最高生物量出现在 4 月, 为 165.2 g/m², 最低出现在 1 月, 为 19.34 g/m²。2004 年平均生物量为 53.27 g/m²,

为 1981 年的 69%, 7 月最高, 96.60 g/m², 5 月最低, 7.44 g/m²。

2.5 数据统计分析

对所有 1981 年和 2004 年采集到的文昌鱼体长、体质量、栖息密度和生物量的数据, 采用成对数据平均数比较的假设双尾检验法对两组数据是否存在显著性差异进行检验, 结果见表 3。其中 α 为显著水平, t 为 t 检验计算值, $t_{0.01}$ 和 $t_{0.05}$ 分别代表在自由度为 10(本研究样本数为 11)的情况下, α 分别为 0.01 和 0.05 时的 t 检验值。结果表明, 文昌鱼的平均体长和体质量在 1981 年和 2004 年均具有显著的差异, 1981 年采集的个体在平均体长和体质量上均明显高于 2004 年的个体; 平均分布密度在显著水平 α 为 0.01 时, 差异不显著, 而在 α 为 0.05 时, 差异显著; 而平均生物量, 1981 年和 2004 年没有显著性差异。

表 3 数据差异显著性检验

Tab. 3 Test of marked differences of two groups of data

| 参数 | 1981~2004 年体长 | 1981~2004 年体质量 | 1981~2004 年栖息密度 | 1981~2004 年生物量 |
|------------|---------------|----------------|-------------------------|----------------|
| t | 5.878 | 8.25 | 2.355 | 1.735 |
| $t_{0.01}$ | 3.169 | 3.169 | 3.169 | 3.169 |
| $t_{0.05}$ | 2.228 | 2.228 | 2.228 | 2.228 |
| 差异性 | 显著 | 非常显著 | 在 $\alpha=0.05$ 显著水平下显著 | 不显著 |

3 讨论

3.1 1981 年和 2004 年胶州湾青岛文昌鱼体征和种群年龄组的变化

吴贤汉等^[10]对青岛文昌鱼的生活史进行了研究,认为青岛文昌鱼种群由 4 个年龄组组成。文昌鱼一般生活 4 a 以上,有的个体甚至可达 6 a 左右;在 I,II 龄时生长较快,平均年生长为 13~15 mm,II 龄后生长速度减慢,即使同一年龄组的水文鱼,在不同季节其生长速度也不同;在冬春采集的水文鱼中 II 龄组的峰值较小;繁殖季节过后,高龄文昌鱼因衰老而死亡。由不同体长个体数在总个体数中所占比例可以说明文昌鱼的生长率、种群补充、种群中个体的大小比例、年龄组成以及各年龄组的生长情况等^[11]。根据测得的数据(表 1, 2)可以看出每个月份文昌鱼体长大致有 4 个峰值,有的月份峰值更多些,说明各年龄组的个体都存在,包括老龄的个体,但老龄个体的大小 1981 年的明显大于 2004 年的。同时,在种群中占优势的 II,III 龄个体体长也是 1981 年的大于 2004 年的。这说明,胶州湾文昌鱼种群在经历 23 a 繁衍后,体征特征发生了一些变化,主要表现为:个体体长明显变小,体质量明显变轻,生物量明显减少,但栖息密度有所增加。

3.2 变化原因分析

经过对比 1981 年和 2004 年胶州湾文昌鱼栖息地不同的环境因素,作者初步认为影响胶州湾文昌鱼种群变动的主要因素如下。

3.2.1 底质变化

文昌鱼对栖息环境的要求极为严格,喜欢在海水环境因子比较恒定、底质为混和碎壳及棘皮动物碎骨骼、有机质含量较低的疏松粗砂中生活。1981 年调查时,青岛文昌鱼群落生活环境底质的有机质含量为 0.13%~1.02%^[12],较适宜文昌鱼生长。2004 年调查时该站有机质含量达 2.5%(根据胶州湾生态站 2004 年调查资料),高出 1981 年数据 1 倍多,这势必影响到文昌鱼的摄食环境。

3.2.2 饵料竞争者的改变

1981 年调查时与青岛文昌鱼同生境的底栖动物主要是软体动物的圆楔樱蛤(*Cadella hoshiyamai*)和鱼类的玉筋鱼(*Ammodytes personatus*),而 2004 年则主要是棘皮动物的滩栖蛇尾(*Amphiura vadicola*)。后者在 2004 年不但数量大,其栖息密度达到 200 个/m²,

而且该种的生活习性是体部埋在沙中,腕部伸出沙外不停地摆动摄取食物颗粒^[13],从而与文昌鱼形成了食物竞争。文昌鱼也埋在沙中但仅靠口部伸出沙面由口笠触手上的纤毛摇动滤食底层水流中的浮游植物以及底栖硅藻^[14],在滩栖蛇尾这样的竞争者面前显然处于劣势。而玉筋鱼主要对文昌鱼造成捕食压力,对饵料没有竞争性;圆楔樱蛤因为分布数量较少,饵料竞争能力也相对小。因此,文昌鱼在 2004 年面临的食物竞争增强,可能使其摄入饵料不足而致其生长变缓。

3.2.3 栖息地的逐渐缩小

文昌鱼活动范围不大,其分布呈斑块状或者条状。调查采样中经常出现第一次采样时采到大量标本,而第二次采样时调查船稍微移位,不但采不到文昌鱼,而且底质变化很大,有时甚至移船多次定位后才能重新采到标本。这说明文昌鱼的分布范围狭小而分散。近年来,频频有挖沙船造访文昌鱼保护区,使海底沙滩面积不断缩小,造成文昌鱼栖息密度变大而体长、体质量变小。

另外,由于气候变暖,海水温度提高,可能造成文昌鱼繁殖季节的提前,从而影响其生长发育。吴贤汉等^[10, 15]认为青岛文昌鱼在自然海区于 6 月下旬开始繁殖,至 7 月初 80% 的性成熟个体排精产卵完毕,产卵后约 80 d 完成变态并开始底栖生活,平均体长为 5 mm。1 a 后,平均体长达到 15 mm,成为 I 龄文昌鱼。青岛文昌鱼胚胎的正常发育温度临界值是 18 ℃,低于 14℃发育受阻,超过 34℃胚胎解体。文昌鱼达到性成熟的个体最小体长为 24.5 mm^[8]。

人类活动的加剧也会干扰文昌鱼的生长。从 20 世纪 90 年代中期,青岛经济获得迅猛发展,各种重大海上基础设施相继建成,如环胶州湾高速公路、前湾码头以及正在施工的跨海大桥等。由于调查站位 D8 站位于青岛五四广场以前,距离海岸约 3 000 m,附近有北海船厂以及周边楼群(去年因为建造 2008 年奥运会项目的基础建设,北海船厂已经迁移)。这些设施的建设,必然会或多或少地改变胶州湾的生态环境,如海流、底质等,同时也会加剧海水的污染,进而影响文昌鱼的生息,使其种群特征发生变化。

总之,20 多年来,胶州湾的青岛文昌鱼的体长、体质量明显变小,而其变化原因是多方面的,还需要在今后的调查中加以阐述。而保护这一珍贵物种则是刻不容缓的。

致谢:本研究得到中国科学院知识创新项目首席科学家孙松研究员以及中国科学院胶州湾生态站、中国科学院海洋生物标本馆的大力支持和协助,特别表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 祝茜,夏龙,宋帅,等.威海海域发现文昌鱼[J].海洋科学,2003,27(9): 6-7.
- [3] 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):9-21.
- [4] Carrol R L. Vertebrate Paleontology and Evolution[M]. New York: W H Freeman and Company, 1988. 16-25.
- [5] 王嫣,朱锦天.不同环境条件下文昌鱼耗氧的比较[J].海洋科学,2002,26(6): 18-20.
- [6] 周涵韬,连玉武,邱樟萍,等.厦门文昌鱼遗传多样性研究[J].海洋科学,2003,27(11): 68-74.
- [7] 马绍赛,崔毅,李秋芬,等.胶州湾外南沙水域渔业资源与文昌鱼数量调查评估及其栖息环境保护[J].海洋水产研究,2003,24(3): 10-14.
- [8] 张玺,张风瀛,吴宝铃,等.中国经济动物志,环节(多毛纲)、棘皮、原索动物[M].北京:科学出版社,1963.130.
- [9] 李春喜,王文林,陈士林,等.生物统计学[M].北京:科学出版社,1998.51-52.
- [10] 吴贤汉,张士瑾,王永元,等.青岛文昌鱼的生活史年龄、生长和死亡研究[J].海洋与湖沼,1995,26(2): 175-178.
- [11] Shimek R L. The Biology of the Northeastern Pacific Turridae III. The Habit and Diet of *Kurtziella plumbea* (Hinds, 1843)[J].*The Veliger*,1983,26(1):10-17.
- [12] 刘瑞玉.胶州湾生态学和生物资源[M].北京:科学出版社,1992.460.
- [13] 廖玉麟.中国动物志 无脊椎动物 棘皮动物门 蛇尾纲[M].北京:科学出版社,2004.505.
- [14] 杨清良,林更铭,林金美.厦门文昌鱼自然保护区周围海域浮游植物的生态[J].台湾海峡,1993,12(3): 205-217.
- [15] 吴贤汉,张宝禄,曲艳梅.温度和盐度对青岛文昌鱼胚胎发育的影响[J].海洋科学,1998,4: 66-68.

Changes of body length and weight of *Branchiostoma belcheri tsingtauense* outside of Jiaozhou Bay and the environmental factors causing the changes

LI Xin-zheng, ZHANG Bao-lin, LI Bao-quan, LI Shi-ling, WANG Hong-fa, WANG Jin-bao

(Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Feb., 26, 2006

Key words: *Branchiostoma belcheri tsingtauense* Tchang et Koo; body size and body weight; environment; Jiaozhou Bay

Abstract: *Branchiostoma belcheri tsingtauense* Tchang et Koo, a second class protective animal species in China, is one of the four amphioxus species found in Chinese waters. It distributes mainly in the inside and outside of Jiaozhou Bay and adjacent areas. Based on the material collected from the same station (36°02.262'N, 120°22.771'E) at the mouth of Jiaozhou Bay in 1981 and 2004, we analyzed the changes of body length and weight and the individual density of the species. The results show that the average body length of *B. belcheri tsingtauense* was 37.63 mm (maximum 55 mm) in 1981 and 29.82 mm (maximum 42 mm) in 2004; the average body weight in different months ranged from 0.06~0.14 g in 1981 and from 0.03~0.04 g in 2004; the average individual density was 753 ind/m² in 1981 and 1 220 ind/m² in 2004. The results imply that the body length and weight of *B. belcheri tsingtauense* decreased distinctly but the individual density increased during the recent 23 years from 1981 to 2004. We also found that the components of the different aged animals changed between 1981 and 2004. The factors caused the changes should be the variations of sediment and food (benthos and phytoplankton). The variations mainly are caused by the human activities, including marine culture, wharf building and ship anchoring, and industrial and living pollutions.

(本文编辑:刘珊珊)