

青岛胶州湾口海域秋季文昌鱼的分布及栖息环境的特征

袁伟 王俊* 林群 王成华 孙坚强

(中国水产科学研究院黄海水产研究所海洋可捕资源评估和生态系统实验室, 山东青岛 266071)

摘要: 为了准确掌握青岛胶州湾口海域文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*)的分布特征, 2009年11月作者选择了北沙海域和南沙海域, 共设34个站位, 采用箱式采泥器对文昌鱼资源及栖息环境进行了调查。在北沙海域发现了较为集中的文昌鱼栖息地, 栖息密度为162 ind./m², 平均生物量为11.93 g/m²; 优势体长为30–40 mm, 年龄组以III龄鱼为主。在南沙海域, 文昌鱼栖息密度为17.33 ind./m², 平均生物量为0.57 g/m²; 年龄结构没有明显的优势组群, 基本为II龄和III龄, 在体长组成上出现了20–25 mm这一较小的峰值。北沙的沉积物类型以砾质砂和砂为主, 而南沙保护区里的沉积物以砂和粉砂质砂为主, 文昌鱼适合生长于砂质类型的沉积物中, 水深10–20 m。比较发现青岛文昌鱼保护区的文昌鱼正在逐步减少, 应在北沙海域设定规模合适的文昌鱼保护区。

关键词: 文昌鱼, 分布, 沉积物, 保护区

The distribution and habitat use of *Branchiostoma belcheri* at the mouth of Jiaozhou Bay, Qingdao in Autumn

Wei Yuan, Jun Wang*, Qun Lin, Chenghua Wang, Jianqiang Sun

Laboratory of Stock Assessment and Ecosystem, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071

Abstract: *Branchiostoma belcheri* is a second class protected animal species in China, and is distributed mainly in Jiaozhou Bay and adjacent areas. Based on an ecological survey in November, 2009, the distribution of the lancelet and its relationship with bottom sediments were studied. We found that Beisha waters may be the predominant habitat of lancelet in autumn. Most individuals within three year classes fit in a body size range of 30–40 mm. The abundance and biomass of lancelets in Beisha were 162 ind./m² and 11.93 g/m², respectively. No obvious length classes were observed in Nansha waters. The abundance and biomass of lancelets were 17.33 ind./m² and 0.57 g/m² in Nansha, respectively. We found that the sediment type in Beisha waters was gravel and sand while it was sand and silty sand in Nansha waters. Lancelets generally were found in areas with sandy sediment where the range of mean grain-size was very large with a water depth of 10–20 m. To cope with declining lancelet populations, an adequate reserve should be established in Beisha waters.

Key words: *Branchiostoma belcheri*, distribution, sediment, protection zone

文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*)属脊索动物门头索动物亚门, 早在5.2亿年前就已经出现, 是无脊椎动物进化到脊椎动物的过渡类型, 也是现存的最接近脊椎动物的物种。文昌鱼共约30种, 多分布在

热带、亚热带以至暖温带的浅水海域中, 主要集中在48°N至40°S之间的沿海海域, 包括大西洋、太平洋和印度洋, 我国是文昌鱼的重要分布区(张玺和顾光中, 1937)。文昌鱼在脊椎动物起源与演化研究

收稿日期: 2010-10-28; 接受日期: 2010-12-25

基金项目: 国家 973 计划项目(2006CB400608); 国家自然科学基金(30490233); 中国水产科学研究院基本科研业务费专项资金(2009-ts-10)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn

中占有极其重要的位置, 是研究脊椎动物及其组织器官系统发生以及研究进化发育生物学、比较功能基因组学和比较免疫学的理想模式生物, 对揭示包括人类在内的脊椎动物基因组的进化有很高的学术价值。20世纪60年代文昌鱼就已经成为我国二级野生保护动物(张玺, 1962)。国内早期对于文昌鱼的研究主要集中在分类及形态特征、早期胚胎以及幼虫发育(冯季芳和朱长寿, 1995; 闫路娜等, 2005; 王义权和方少华, 2005); 在繁殖生物学方面主要研究了文昌鱼性腺的早期发育以及周期发育(吴贤汉等, 1995)。同时, 初步探讨了文昌鱼的生活史(金德祥, 1988; 方少华和吕小梅, 1990; 曹玉萍等, 2001; 冯波等, 2006)。

文昌鱼对栖息环境的要求比较苛刻, 故其栖息地相对狭小。国家为了保护珍稀的文昌鱼资源, 相继建立了厦门和青岛文昌鱼自然保护区。青岛文昌鱼自然保护区成立于2004年8月, 有关专家通过对文昌鱼的调查研究, 初步了解了保护区内文昌鱼的分布范围和资源情况(马绍赛等, 2003; 李新正等, 2007; 杨建威等, 2008)。近几年由于采砂、过度捕鱼等人类活动的影响, 青岛海域文昌鱼的栖息环境正在发生不断变化, 种群及个体特征随之改变。为了更好地掌握文昌鱼资源情况, 了解人类活动对文昌鱼的影响, 本文对青岛胶州湾口附近沿海特别是文昌鱼自然保护区内文昌鱼的分布以及生境进行了调查, 掌握了文昌鱼在青岛的分布范围及数量, 分析了文昌鱼分布与生境特征的关系, 以为青岛沿海文昌鱼资源的护养、资源开发利用及生态恢复提供科学依据, 也为野生水生动物保护管理提供有参考价值的背景资料。

1 材料和方法

1.1 调查海域

此次调查海区位于青岛胶州湾口, 包括两个海域: 一个是南沙海域, 位于文昌鱼保护区内部, 调查站位共计20个; 另一个是北沙海域, 位于奥帆基地外的海域, 调查站位共计14个(图1)。

1.2 调查和分析仪器

2009年11月25日开始进行设站位调查, 共计2天。采样工具为开口面积 0.025 m^2 的箱式采泥器, 每站采样2次, 用淘洗法分离文昌鱼与底栖生物, 样品用5%福尔马林固定, 带回实验室测量体长和

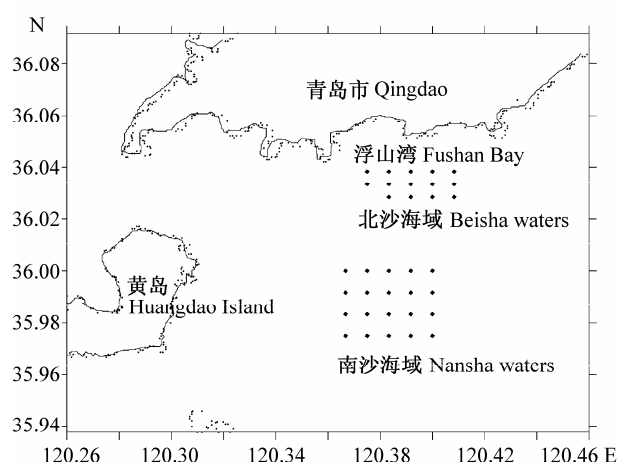


图1 2009年胶州湾口文昌鱼调查海域及站位

Fig. 1 Investigation area and stations of *Branchiostoma belcheri* at the mouth of Jiaozhou Bay

重量, 采样和样品处理均按照《海洋调查规范》进行。采用英国马尔文(MALVERN)公司生产的Mastersizer2000型激光粒度分析仪对沉积物样品进行分析。此仪器的测量范围为 $0.02\text{--}2,000\text{ }\mu\text{m}$, 偏差 $<1\%$, 重现性 $\Phi_{50}<1\%$ 。沉积物分类和命名采用谢帕德沉积物粒度三角图解法。

1.3 数据分析

密度计算公式为: $D = n / 0.025$

生物量计算公式为: $B = m / 0.025$

式中, n 、 m 分别为每次采集到的文昌鱼尾数和重量(杨建威, 2008)。

资源量的计算公式为: $F = S / D(1 - E)$ (詹秉义, 1995), 其中 F 为文昌鱼的现存资源量; S 为文昌鱼现分布面积; D 为文昌鱼平均生物量; E 为捕捞逃逸率。逃逸率 E 为0.11(参考杨建威的调查结果)。体长组成是反映种群结构的重要参数。

2 结果

2.1 文昌鱼的体重体长组成

34个站位中有8个采集到文昌鱼, 其中北沙3个, 南沙5个。北沙的文昌鱼平均体重为 0.052 g , 最小体重为 0.003 g , 最大体重为 0.088 g ; 平均体长为 33.23 mm , 最小体长为 15 mm , 最大体长为 40 mm 。以 5 mm 为间隔, 统计各体长组文昌鱼所占百分比, 得到北沙文昌鱼体长分布(图2a)。其中 $30\text{--}40\text{ mm}$ 占 80.76% , 为优势体长。

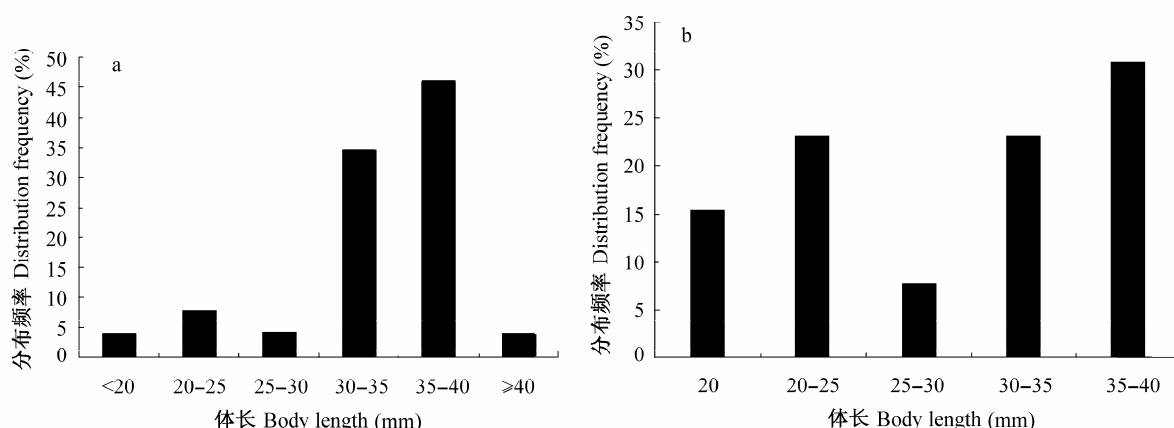


图2 北沙(a)和南沙(b)文昌鱼体长分布

Fig. 2 Body length distribution of *Branchiostoma belcheri* in Beisha (a) and Nansha waters (b)

南沙文昌鱼平均体重为0.035 g, 最小体重为0.01 g, 最大体重为0.078 g; 平均体长为30.90 mm, 最小体长为22 mm, 最大体长为38 mm; 以5 mm为间隔, 统计各体长组的文昌鱼所占百分比, 得到南沙文昌鱼体长分布(图2b)。35–40 mm体长组所占比例最大, 为30.77%, 其次为30–35 mm和20–25 mm, 所占比例相同, 均为23.07%, 没有明显的优势体长组。在南沙还发现了极小个体的文昌鱼, 其体长仅为几毫米, 可能为文昌鱼的幼体。

2.2 文昌鱼的栖息密度和生物量

在北沙海域, 文昌鱼栖息密度最高为940 ind./m², 生物量最高为58.96 g/m², 平均栖息密度为162 ind./m², 平均生物量为11.93 g/m²; 在南沙文昌鱼保护区, 文昌鱼栖息密度最高为160 ind./m², 生物量最高为3.63 g/m², 平均栖息密度为17.33 ind./m², 平均生物量为0.57 g/m², 均远低于北沙海域。

2.3 文昌鱼资源量的估算

本次调查首次在北沙海域发现了一个新的文昌鱼的栖息地, 面积约为3.42 km², 依据此海域文昌鱼的平均栖息密度为162 ind./m², 生物量为11.92 g/m²估算, 此处文昌鱼的资源量约为5.56亿尾, 约40.8 t。在南沙海域, 文昌鱼的栖息地大约为13.28 km², 平均栖息密度为17.2 ind./m², 生物量为0.57 g/m², 此处资源量约为2.38亿尾, 约7.23 t。

2.4 文昌鱼栖息环境特征

2.4.1 沉积物类型和分布

研究海域沉积物可分为粉砂质砂、砂、砂质

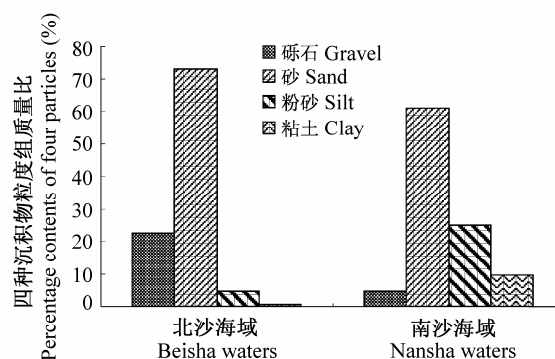


图3 北沙和南沙海域沉积物中各粒度组的质量比

Fig. 3 Percentage contents of four particles in Beisha and Nansha waters

粘土、粘土质砂、砂质粉砂5种类型。北沙的沉积物类型以粘土质砂和砂为主, 个别站点零星分布着粉砂质砂; 南沙保护区的沉积物则相对比较复杂, 以砂和粉砂质砂为主, 还存在砾质砂、粘土质砂、砂质粉砂等3种类型的沉积物。

2.4.2 沉积物粒度组成

经测定分析, 北沙表层沉积物中砾石、砂、粉砂和粘土的质量分别占10.32–39.80%、59.17–81.51%、0.81–25.09%和0–5.36%, 平均分别占22.41%、72.96%、4.63%和0.7%(图3), 其中砂粒组占有比较大的优势; 南沙表层沉积物中砾石、砂、粉砂和粘土的质量分别占0–23.08%、13.30–93.57%、2.91–70.63%和0–16.05%, 它们的含量范围较大, 其

表1 研究海域的栖息密度和生物量与历史资料的比较
Table 1 Comparison of density and biomass in Beisha and Nansha waters with other results

| 调查海域 Study area | 栖息密度 Density (ind./m ²) | 生物量 Biomass(g/m ²) | 调查时间 Survey year | 参考文献 Reference |
|--------------------|--|-----------------------------------|---------------------|-------------------|
| 北沙海域 Beisha waters | 753 | 77.37 | 1981 | 李新正等(2007) |
| | 1,220 | 53.27 | 2004 | 李新正等(2007) |
| | 162 | 11.93 | 2009 | 本文 |
| 南沙海域 Nansha waters | 44 | 5.51 | 2008 | 杨建威等(2008) |
| | 17.33 | 0.57 | 2009 | 本文 |
| | 2-27 | / | 2003 | 马绍赛等(2003) |

平均分别为4.74%、61.00%、24.84%和9.42%，砂粒组也为优势组。

在北沙文昌鱼出现的几个站位中，沉积物的粒度级Φ值为-2至2，粒径为0.25-8 mm，其粒径的主要范围为0.5-4.0 mm，含量为56.12-75.03%；在南沙保护区文昌鱼出现的区域，沉积物的粒度级Φ值分布较为广泛，从>4至<-3都有出现，粒径主要为0.125-0.5 mm，占44.35-77.54%。

3 讨论

3.1 文昌鱼的数量分布

我国青岛胶州湾口外及前海海域是世界著名的文昌鱼栖息和繁殖地，特别是南沙海域是目前青岛海区文昌鱼数量最大的海区，根据中国海洋大学、国家海洋局一所和黄海水产研究所早期报告，最大密度曾经达到1,220尾/m²，但杨建威等(2008)调查结果为44尾/m²，生物量为5.51 g/m²。近年来随着海砂的不断开采，文昌鱼分布区均受到了严重的破坏，南沙海域文昌鱼的资源数量也急剧减少。本次调查发现南沙文昌鱼的栖息密度仅为17.33 ind./m²，平均生物量为0.57 g/m²，表明文昌鱼不仅是数量上的减少，而且体重也不断下降。

北沙海域存在有高密度的文昌鱼分布区，李新正早在1981年就报道了北沙的文昌鱼栖息密度高达753 ind./m²，2004年发现此处文昌鱼高达1,220 ind./m²，本次在北沙的调查发现文昌鱼最高密度为940 ind./m²。南沙文昌鱼保护区环境不断恶化，文昌鱼正面临着严重的生存危机。

3.2 文昌鱼的年龄组成

文昌鱼一般成活4年以上，有的个体甚至可达6年左右；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，即使同一年龄组的文昌鱼，在不同季节其生长速度也不同：在冬春采集的文昌鱼中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。

根据吴贤汉等(1995)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。本文在11月份所调查的北沙文昌鱼的优势长度为30-40 mm，文昌鱼以III龄为主；南沙的文昌鱼年龄结构比北沙更复杂，没有明显的优势组群，基本上为II龄和III龄，还出现了20-25 mm这一较小的峰值，主要是由于文昌鱼6月底至7月初进行了繁殖，产生了补充群体，出现了1个幼鱼组和1个成鱼组，具体的繁殖时间与补充模式有待于进一步研究。

特别要说明的是，在南沙调查海域还发现了几条极小的文昌鱼，其体长仅为5 mm左右，冯季芳和朱长寿(1995)等认为厦门文昌鱼的浮游幼体在体长为5 mm左右已经开始陆续转为潜砂生活，但幼体潜砂期目前尚不清楚，有待于进一步研究。我们认为青岛文昌鱼与厦门文昌鱼虽然在生活习性有共同点，但是因为栖息环境及所处纬度的不同，生活史中的幼体发育阶段有所不同，即幼体潜砂期的早晚有差异。这个问题同样需要更深一步的讨论。

3.3 文昌鱼栖息环境特征

沉积物是底栖生物生长发育的场所，底栖生物的生长发育对沉积物粒度的组成类型是有选择性

的。调查发现北沙和南沙保护区的文昌鱼在体长组分布、年龄组成、生物量、栖息密度等方面有一定的差别,对栖息环境做进一步的分析,结果表明:北沙和南沙的沉积物类型相差比较大,北沙的沉积物类型以砾质砂和砂为主,其质量组成分别为22.41%和72.96%,个别站位零星分布着粉砂质砂;南沙保护区里的沉积物以砂和粉砂质砂为主,质量组成分别为61.00%和24.84%,还存在砾质砂、粘土质砂、砂质粉砂等3种类型的沉积物。整个调查海域表层沉积物以砂质为主。

在北沙的文昌鱼出现海域中,沉积物粒度较大,其主要粒径范围为0.5–4.0 mm;而南沙海域中,粒度要相对小很多,粒径主要范围为0.125–0.500 mm。马明辉等(2005)在调查昌黎海域时,认为文昌鱼主要分布在细中砂及中细砂类型的底质中,0.125–0.500 mm 粒级含量为70–90%;冯波等(2006)发现当砂粒粒径为0.36–0.78 mm的百分比占50%以上时,文昌鱼分布的数量较多。而李新正等(2007)认为文昌鱼喜欢在海水环境因子比较恒定、底质为混合碎壳及棘皮动物碎骨、有机质含量较低的疏松粗砂中生活;杨建威等(2008)也认为基础饵料丰富,砂粒适中,沉积物以分选很好的中粗沙为主,为青岛文昌鱼所喜好的生境。本文的调查结果表明,文昌鱼适合栖息于砂质类型的沉积物中,粒径范围比较广泛,水深10–20 m且水质透明干净。

3.4 资源保护

在调查过程中发现,文昌鱼保护区西侧和北侧由于人为挖沙活动及港口建设,底质已经完全以软泥为主,调查当天还在保护区南侧碰到5–6艘挖沙船只,采砂行为严重破坏底质构造。因为文昌鱼对栖息环境的要求极为严格,且活动范围不大,所以环境的剧烈变化和人为的强烈干扰,极易对文昌鱼产生严重的影响。

近几年来青岛文昌鱼保护区由于大量的采砂活动导致文昌鱼的栖息环境受到极大的破坏,沉积物类型发生较大改变,栖息面积正在不断减少,造成文昌鱼栖息体长和体重变小。保护区内文昌鱼的生存令人担忧,保护这一珍贵物种已经刻不容缓。鉴于此,应该加强保护措施和监管力度,一方面要在南沙文昌鱼保护区里实行严格的保护措施,禁止采砂和拖网;另一方面在北沙划定一定的海域,对

在此栖息生活的文昌鱼进行保护。

参考文献

- Cao YP (曹玉萍), Yan LN (闫路娜), Xie S (谢松), Liu Z (刘震)(2001) Preliminary investigation of *Amphioxus* in Changli. *Chinese Journal of Zoology* (动物学杂志), **36**(3), 10–13. (in Chinese)
- Chin TG (金德祥)(1988) The biology of *amphioxus* at Xiamen. In: *Selected Papers of Chin* (ed. Chin TG) (金德祥文集), pp. 1–55. Ocean Press, Beijing. (in Chinese)
- Fang SH (方少华), Lü XM (吕小梅) (1990) Discovery and distribution of *Asymmetron cultellum* in south Fujian Province. *Fujian Fisheries* (福建水产), (1), 1–2. (in Chinese)
- Feng B (冯波), Lu HS (卢伙胜), Chen WH (陈文河) (2006) Distribution of *Branchiostoma belcheri* and its relation with bottom sediments in waters around Dafangji Island of Maoming, Guangdong. *Journal of Tropical Oceanography* (热带海洋学报), **25**(2), 18–23. (in Chinese with English abstract)
- Feng JF (冯季芳), Zhu CS (朱长寿) (1995) Distribution of planktonic larvae of *Branchiostoma belcheri* at nearshore waters of Dongshan Island in Fujian. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **14**, 62–66. (in Chinese with English abstract)
- Li XZ (李新正), Zhang BL (张宝琳), Li BQ (李宝泉), Li SL (李士玲), Wang HF (王洪法), Wang JB (王金宝) (2007) Changes of body length and weight of *Branchiostoma belcheri tsingtauense* outside of Jiaozhou Bay and the environmental factors causing the changes. *Marine Sciences* (海洋科学), **31**, 55–59. (in Chinese with English abstract)
- Ma MH (马明辉), Zhang ZN (张志南), Feng ZQ (冯志权), Wang ZL (王真良), Duan XY (段新玉), Song YX (宋云香), Wu ZQ (吴之庆) (2005) The characteristics of sediments and distribution of *Branchiostoma belcheri tsingtauense* in Luanhe Estuary. *Marine Environmental Science* (海洋环境科学), **24**(2), 39–42. (in Chinese with English abstract)
- Ma SS (马绍赛), Cui Y (崔毅), Li QF (李秋芬), Chen BJ (陈碧娟), Song YL (宋云利), Xin FY (辛福言), Zhao J (赵俊), Chen JF (陈聚法), Guo F (过峰) (2003) Fisheries resources and lancelet (*Branchiostoma belcheri* Gary) abundance survey assessment and their perch environment protection in the Nansha waters of Jiaozhou Bay outside. *Marine Fisheries Research* (海洋水产研究), **24**(3), 10–14. (in Chinese with English abstract)
- Tchang S (张玺), Koo KC (顾光中)(1937) A comparative study between *amphioxus* from Qingdao and Xiamen. In: *“Selected Works of Tchang Si”* (张玺文集), pp. 621–648. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Tchang S (张玺) (1962) Discovery of genus *Asymmetron* and geographic distribution of *Branchiostoma belcheri* (Gray) in China Sea. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **14**, 525–528.

- (in Chinese with English abstract)
- Wang YQ (王义权), Fang SH (方少华) (2005) Taxonomic and molecular phylogenetic studies of Amphioxus: a review and prospective evaluation. *Zoological Research* (动物学研究), **26**, 666–672. (in Chinese with English abstract)
- Wu XH (吴贤汉), Zhang SC (张士璠), Wang YY (王永元), Zhang BL (张宝录), Qu YM (曲艳梅), Jiang XJ (江新霁) (1995) The life history of *Branchiostoma belcheri tsingtauense*: age, growth and death. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **26**, 175–178. (in Chinese with English abstract)
- Yan LN (闫路娜), Zuo HK (左惠凯), Cao YP (曹玉萍) (2005) Divergence in Qinhuangdao, Qingdao and Xiamen geographical populations of amphioxus (*Branchiostoma belcheri* Gray) based on morphological characters analysis. *Zoological Research* (动物学研究), **26**, 311–316. (in Chinese with English abstract)
- Yang JW (杨建威), Ren YP (任一平), Xu BD (徐宾铎) (2008) Resource investigation and growth study of amphioxus (*Branchiostoma belcheri*) in Qingdao National Nature Reserve. *Reservoir Fisheries* (水利渔业), **28**, 112–114. (in Chinese)
- Zhan BY (詹秉义) (1995) *Fishery Resources Assessment* (渔业资源评估), pp. 257–261. China Agriculture Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)