



•综述•

全球中华鲎资源保护现状及对策建议

朱俊华¹ 吴 宙^{1,2} 冯炳斌^{1,3} 邓帅帅¹ 甄文全¹
廖永岩¹ 顾晓勇⁴ Kit Yue Kwan^{1*}

1 (广西北部湾海洋生物多样性养护重点实验室, 北部湾大学海洋学院, 广西钦州 535011)

2 (浙江海洋大学国家海洋设施养殖工程技术研究中心, 浙江舟山 316022)

3 (南宁师范大学地理科学与规划学院, 南宁 530311)

4 (中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

摘要: 鲎是古老的海洋节肢动物。中华鲎(*Tachypleus tridentatus*)是世界现存4种鲎中体型最大的一种, 是河口生态系统的标志物种, 同时其血液被用于生产医用检验试剂——鲎试剂。中华鲎的自然地理分布范围相当狭窄, 仅限于日本濠户内海向南延伸至印度尼西亚爪哇岛北岸以北的太平洋西岸海域, 其中在中国东岸和日本南部海域的历史产量较高。自20世纪50年代以来中华鲎种群数量出现了显著减少, 2019年中华鲎在IUCN红色名录中的濒危等级正式更新为濒危(EN), 明确了中华鲎资源呈现全球性衰退的状态, 究其原因可归纳为鲎生境破坏和过度捕捞两个方面。在开展鲎资源保护的实践工作中, 作者深刻反思当前鲎资源保护在海洋保护区划定、增殖放流及科普和野生动物保护法宣传中存在的问题并提出相应建议, 包括加快完善种群基线数据, 制定标准化种群和生境基线监测指南, 构建科学放流体系等, 以期推进全球范围内的中华鲎资源保护与科学管理。

关键词: 鲎; 濒危物种; 种群趋势; 海洋保护地; 增殖放流

Global conservation of *Tachypleus tridentatus*: Present status and recommendations

Junhua Zhu¹, Zhou Wu^{1,2}, Bingbin Feng^{1,3}, Shuaishuai Deng¹, Wenquan Zhen¹, Yongyan Liao¹, Xiaoyong Xie⁴, Kit Yue Kwan^{1*}

1 Guangxi Key Laboratory of Beibu Gulf Marine Biodiversity Conservation, College of Marine Sciences, Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi 535011

2 National Engineering Research Center for Marine Aquaculture, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022

3 School of Geography and Planning, Nanning Normal University, Nanning 530311

4 South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300

Abstract: Horseshoe crabs are an ancient group of marine arthropods. The Chinese horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*) is the largest among the four extant species. *Tachypleus tridentatus* is regarded as the indicator species of estuarine ecosystems. Meanwhile, its blood is used to manufacture biomedical testing kits, i.e., *Tachypleus* amebocyte lysate. The geographic distribution of *T. tridentatus* is constrained to the western Pacific Ocean, ranging from the Seto Inland Sea of Japan southwards to the North Jawa waters. A high historical population size of *T. tridentatus* was recorded in eastern China and southern Japan. *Tachypleus tridentatus* population decline has become apparent since the 1950s, and the species has been upgraded to “Endangered (EN)” under the IUCN Red List in 2019, depicting its global declining trend. Habitat destruction and overfishing are identified as the primary threats. We reexamined current conservation measures targeting *T. tridentatus*, including marine protected area establishment, captive breeding and restocking, and awareness programs and regulations. We provide recommendations to enhance the conservation and management of global *T. tridentatus* populations through: (1) expediting population baseline data collection;

收稿日期: 2019-12-18; 接受日期: 2020-01-24

基金项目: 国家自然科学基金(41706183)、广西自然科学基金联合资助培育项目(2019JJA150098)、广西自然科学基金(2017GXNSFBA198181)、广西高校引进海外高层次人才“百人计划”和广西八桂青年学者人才专项

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: kityuekwan@bbgu.edu.cn

(2) developing standards for population/habitat monitoring; and (3) establishing scientifically sound restocking programs.

Key words: horseshoe crab; threatened species; population trend; marine protected area; captive breeding and restocking

鲎, 别名马蹄蟹(horseshoe crab), 是一种非常古老的海洋节肢动物, 其化石可追溯至4.75亿年前的早古生代奥陶纪, 时至今日其形态结构也未发生重大改变, 因此常被称为海洋“活化石”(Rudkin & Young, 2009)。当今世界仅存4种鲎, 即分布在北美洲东岸至墨西哥湾的美洲鲎(*Limulus polyphemus*)和亚洲地区的中华鲎(*Tachypleus tridentatus*)、南方鲎(*T. gigas*)和圆尾鲎(*Carcinoscorpius rotundicauda*)。世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)世界自然保护大会(World Conservation Congress)在2012年通过了一项有关保护亚太区三种鲎的提议, 提出“鲎是维持生态系统正常运作的重要生物资源”、“鲎具文化象征的意义”、“鲎是需要持续管理的自然资源”, 并认为亚洲各国正面临鲎种群数量严重下滑的趋势(Jones, 2012)。

鲎的蓝色血液中蕴藏着许多功能特殊的生化活性物质, 目前已发现50多种, 是开发医用药物的宝库(洪水根, 2011)。其中, 鲎血液的变形细胞能与革兰氏阴性细菌内的毒素产生粘连作用, 被广泛用于生产医用检验试剂——鲎试剂(Gauvry, 2015)。鲎栖息于水交换能力较弱的内湾, 其幼体在河口附近潮间带生活8–10年, 高度依赖沿海地区的环境条件, 因此被确定为河口生态系统的标志物种(陈章波等, 2015)和前哨物种(sentinel species, Kwan et al, 2018)。鲎性成熟后会迁移到水深40 m以内的浅海区栖息与觅食, 对维持典型近岸生态和生物多样性结构稳定扮演重要的角色。本文从中华鲎生境破坏和过度捕捞两个主要角度出发, 分析中华鲎全球种群面临的状况, 讨论中华鲎资源保护在海洋保护区划定、增殖放流及科普和野生动物保护法宣传中存在的问题, 并提出相应对策建议与措施。

1 中华鲎全球种群现状

中华鲎的自然地理分布范围相当狭窄, 仅局限于太平洋西岸, 自日本濑户内海开始, 沿我国浙江、福建、广东、广西、海南、香港和台湾沿岸, 南

至印度尼西亚爪哇岛北岸以北、苏门答腊岛印度洋东侧的海域(附录1)。相对于东南亚沿岸, 中华鲎在中国东岸和日本南部海域的历史分布较广、产量较高(Laurie et al, 2019; Liao et al, 2019b)。

早在20世纪70年代, 中华鲎广泛分布于中国的东南部沿海, 是一种“随手可及”的海洋生物, 但随后的系统调查数据显示中华鲎资源出现了显著的衰退(翁朝红等, 2012; Hsieh & Chen, 2015; Liao et al, 2019a)。珠江口以北的海域已多年未见中华鲎上岸产卵; 福建平潭的中华鲎数量由1954年的日产量1,000对下降至2002年的4对(廖永岩和李晓梅, 2001); 中华鲎曾经广泛存在于我国台湾岛西岸、澎湖群岛和金门岛, 种群密度高, 但自20世纪60年代以来, 其在台湾西海岸出现区域性灭绝, 仅在金门岛有数量稀少的幼鲎(Hsieh & Chen, 2015); 广东省仅南部海域存有少量的中华鲎资源, 香港海域潮间带上的中华鲎幼体种群在2002–2009年的7年间数量减少了九成(Shin et al, 2009), 据2012年和2014年的鲎幼体资源分布调查, 目前香港仅有后海湾和东涌湾沿岸存在小而分散的中华鲎幼体种群, 并且低龄的幼鲎相对较少, 表明这些幼鲎种群较脆弱, 局部灭绝的可能性高(Kwan et al, 2016)。

最早研究中华鲎的学者光口晃一曾在他的 *Biology of Horseshoe Crab* 专著中提到北部湾是中华鲎最理想的栖息地(Sekiguchi, 1988), 同时国内外专家在20世纪80年代都曾在北部湾的北海沿岸滩涂见到成群的中华鲎上岸产卵, 场面壮观(Brockmann & Smith, 2009; Shuster & Sekiguchi, 2009; 翁朝红等, 2012), 因此北部湾连同周边的雷州湾及海南附近海域被认为是中华鲎在全球种群资源密度较高的“净土”。即便如此, 北部湾的中华鲎数量仍从20世纪90年代约每年60万对骤降为2010年的约30万对(陈章波等, 2015)。据2015年对广西北部湾地区30个沿海乡镇和村庄400名受访者的调查数据表明, 95%的受访者认为北部湾海域在2011–2016年间中华鲎的产量明显比之前少, 相比20世纪90年代的日均捕获量50–1,000只, 2011–2016年间渔民每日

仅能捕获0–30只,且曾见中华鲎上岸产卵的受访者年龄显著高于未见过的(Liao et al, 2019a),表明近30年来中华鲎资源发生了严重衰退。

20世纪50年代以来,日本各地的中华鲎种群数量也在急剧减少。濑户内海的所有海岸都曾有丰富的中华鲎资源,但至2003年几乎已经灭绝(Seino et al, 2003),2006年中华鲎在日本被评估为极危(CR)。1990–2007年间,越南的中华鲎数量和分布面积均下降了50%,收获产量下降了20% (Nguyen, 2007),2007年中华鲎在越南被评为易危(VU)。马来西亚和印度尼西亚对中华鲎种群的系统研究起步较晚,尚未对中华鲎进行濒危等级评估。目前马来西亚仅报道了婆罗洲东北部沙巴的中华鲎种群(Manca et al, 2017; Mohamad et al, 2019);而印度尼西亚爪哇岛北部海岸的渔民走访调查数据表明当地中华鲎的捕获量正在下降(Meilana & Fang, 2017)。2019年3月,中华鲎在IUCN红色名录中的濒危等级从原来的数据缺乏(DD)变更为濒危(EN; Laurie et al, 2019),明确了中华鲎资源正呈现全球性衰退的状态。

2 中华鲎种群威胁的识别

目前中华鲎面临全球性资源枯竭,归结起来主要原因为鲎生境破坏和过度捕捞两个方面。

2.1 生境破坏

中华鲎生活史各阶段(如卵胚胎、幼体和成体)的生长发育都对水文、地貌、水温等环境特征要求较高,所需生境类型从浅滩高潮线附近的产卵生境、潮间带的幼体栖息地到潮下带浅海区域的觅食生境等(Laurie et al, 2019),且不同生境的紧密连接对于其不同生命阶段的生长发育至关重要。潮间带沉积物中的叶绿素 a 与总有机碳含量可能是决定幼鲎密度与生长的重要因素(Hsieh & Chen, 2009; Xie et al, 2020),而盐度、温度和溶解氧等会直接对鲎胚胎发育和幼体生长产生影响(Jegla & Costlow, 1982; Hong et al, 2009)。从沉积环境而言,沉积物的颗粒组成会影响中华鲎幼体的分布(Kwan et al, 2016; Xie et al, 2020),滩涂坡角会影响幼鲎不同生长阶段在滩涂的分布(Rudloe, 1981),且高密度的鲎幼体集中在红树林外缘、潮沟出水口附近(Chen et al, 2015; Xie et al, 2020)或海草床附近(Morton & Lee, 2011; Kwan et al, 2016)。

海洋经济发展使鲎的栖息地很容易遭到海岸

带围垦、沿海基础设施建设、海砂抽取、海水养殖等活动的影响。在日本和中国沿海地区,填海项目和海岸基础设施的建设都造成其栖息地的直接丧失(Seino et al, 2003; Morton & Lee, 2011; 翁朝红等, 2012; Hsieh & Chen, 2015)。海砂抽取被认为是中国东南沿海与越南之间的中华鲎产卵生境退化的重要原因(Roby & Liu, 2011)。在越南,海洋和沿海水域支撑着大约2,000万人的生计,大面积的潮间带被建成蛤蜊池塘,潮间带红树林和海草生态系统的质量持续下降,逐步产生“沿海荒漠化”问题(Vietnam NBSAP, 2014)。在日本,水环境污染直接影响了中华鲎卵和胚胎发育以及间接减少了潮间带底栖生物量(Itow, 1993; Botton, 2001; Botton & Itow, 2009),导致当地中华鲎种群数量减少或消失。此外,海平面和水温的升高正逐步地影响中华鲎种群,海平面的上升将大大减少产卵地的面积,而沿岸城市化加快了这些栖息地消失的速度(Loveland & Botton, 2015)。例如,2016年1–8月间在日本北九州滩涂发现了490只中华鲎死亡(<https://mainichi.jp/english/articles/20160824/p2a/00m/0na/009000c>),为历年来最高,根据福冈渔业和海洋技术研究中心的水温监测数据,2016年5–8月间该海域的水温比历年高出0.9–1.6℃。

2.2 过度捕捞

中华鲎由于具有重要的医用和食用价值而遭到人类过度捕捞和任意捕杀,从而导致其种群资源急剧下降。在现代食品药品行业中,鲎的重要经济价值体现在从其变形细胞提取一种能与内毒素迅速形成凝胶的鲎试剂,并已被广泛应用于生物学、医学研究、药学及环境卫生学中的痕量内毒素的检测,具有灵敏、快速、简便、经济、重复性好的特点。目前鲎试剂主要从美洲鲎和中华鲎的血液中提取(Gauvry, 2015),利用基因工程手段生产鲎试剂还没有实现真正的产业化与普及化。有资料显示在亚洲大部分地区提取鲎血采用的是不可持续的做法,即杀死中华鲎活体而采集全部血液(洪水根, 2011; Gauvry, 2015),而在美国仅允许抽取鲎部分血液,且需在72 h内放归捕捞海域。在我国厦门、湛江等地有一定规模的鲎试剂生产工厂。鲎试剂是《中国药典》中需采用内毒素检测的300多种注射药品的检测试剂。为满足市场需求每年需生产1,000余万支(0.1 mL)鲎试剂,据此推测中国每年至少需要消耗

10万对中华鲎(李裕红等, 2018)。

野生动物的食用与消费一直以来是生物多样性的巨大威胁。在中国、越南、泰国和马来西亚等国的沿海城市, 鲎在历史上是一道很受欢迎的菜肴, 且被普遍认为能提高人体的免疫力(Christianus & Saad, 2007; Shin et al, 2009; Fu et al, 2019)。据统计, 广西沿海城市的海鲜餐厅一只约3 kg的中华鲎价格从1998年的约30元上涨到2018年的300元(Fu et al, 2019)。虽然早在20世纪90年代中国部分沿海省份已将中华鲎列入省级重点保护动物名录, 但在高利润的驱使下, 中华鲎渐渐从渔民饭桌常见的菜肴转变成沿海甚至内陆地区的高价“海鲜”。同时, 鲎的跨国走私贸易活动也开始萌芽, 例如从越南进入我国广西(Liao et al, 2019a)、从马来西亚和印度尼西亚走私到泰国等(Mohamad et al, 2015), 可见东盟各国的鲎资源已无法满足当地市场需求。其中, 为食用鲎卵, 雌鲎常常是重点捕捞对象, 进而导致自然环境中鲎的雌雄比例失调, 总产卵量持续降低。

3 反思与建议

各国在中华鲎资源保护方面已采取了不同的措施, 如中国的浙江、福建、广东和广西等省(区)已将其列为“省级重点保护水生野生动物”, 针对鲎划定的海洋保护区在广东省有6处(中华人民共和国生态环境部, 2013), 香港于2012年底颁布法规禁止底拖捕捞作业。印度尼西亚环境和林业部2018年对政府条例进行了升级并颁布了新法规, 以保护其境内的包括中华鲎在内的3种鲎(Laurie et al, 2019)。马来西亚则对生物资源的收集、研究和出口有非常严格的规定, 每个州都建立了一个生物多样性委员会来履行监督和审核职能(SaBC, 2017)。

作者团队在开展鲎资源保护的多年实践工作中, 感受到中华鲎资源保护中存在以下值得商榷的问题, 并提出相应建议供大家探讨。

3.1 划定保护地不足以逆转中华鲎资源下降的趋势

海洋保护地的划定是为了避免人为因素导致中华鲎繁育与觅食生境的直接丧失。我国的海洋保护地数量从1990年的5处增加至2014年的249处(曾江宁等, 2016), 但由于管理资金投入不足、执法力度低、管理体系复杂等因素的影响, 许多保护地沦为有名无实的“纸上公园”。近15年来在保护地划定

和野生动物法规的“护航”下, 中华鲎种群资源仍呈持续下降趋势, 保护效果极不理想。

一个切实有效的珍稀物种保护框架应包括系统评估、规划和公众参与等过程, 可以概括为STEPS的5个方面, 即S(地点、物种、替代物)、T(威胁因素)、E(评估)、P(规划、政策)以及S(公众意识、利益相关方态度)(黄祥麟个人通讯, 2019)。而在中华鲎保护地的划定与实施过程中, STEPS框架中的第一个S即种群具体分布位置、数量及趋势的本底数据几乎空白, 大大阻碍了中华鲎保护规划和行动的有效实施。通过采集中华鲎成年种群数据建立有效的种群增长模型, 是最直接的鲎种群评估方法, 但传统的成鲎种群评估需依赖底拖网完成, 成本高、人力和时间投入大, 对底栖生态环境影响大。因此, 中华鲎种群评估工作多以成鲎重要产卵生境和幼体栖息地替代成年种群数据来评估。我国广西北部湾、香港和台湾地区以及新加坡已开展系统的幼体种群调查, 明确了亚洲3种鲎在该地区幼体栖息地的重要分布位置(Hsieh & Chen, 2015; Kwan et al, 2016; Xie et al, 2020)。Xie等(2020)调查了广西北部湾沿岸适合作为鲎幼体成长生境的18个滩涂, 其中14个是中华鲎的幼体栖息地, 有6个种群密度较香港高。但受限于幼鲎种群调查方法不同, 其研究结果无法与中国台湾地区以及新加坡和菲律宾的幼鲎种群数据进行比对, 因此各地的鲎科学工作者迫切需要制订统一和标准化的种群和环境基线监测指南(Wang et al, 2019)。中华鲎的产卵、觅食生境的核心分布区在哪? 这些生境的环境怎样? 鲎苗是如何从高潮线扩散到红树林外缘, 又如何移动到潮下带觅食? 这些生物学和生态学信息的缺乏是中华鲎资源保护之路上的一大障碍。

3.2 明确增殖放流对鲎资源的修复效果

通过人工大量培育中华鲎苗种并进行野外放流, 是现今对中华鲎种质资源修复最重要且可靠的异地保护(*ex-situ* conservation)措施(Carmichael & Brush, 2012)。目前最常见的放流方法为乘船到较深海域或在码头将中华鲎成体或苗种投入海中, 苗种多为刚从胚胎孵化出来的1龄鲎, 每只1龄鲎的竞标价从0.8元至1.5元不等(表1)。1龄中华鲎体长约10 mm (Sekiguchi, 1988), 个体太小导致标记难度过大, 放流效果评估难以开展。胡梦红等(2013)初步尝试采用可视嵌入性荧光标记技术对2龄幼鲎进行

标记放流, 而Kwan等(2015)则将被动式追踪芯片(passive integrated transponder)嵌入7-10龄幼鲎以量化其在滩涂上的活动面积, 但仍无法解决标记物的

稳定性(易回捕)、持久性(不易脱落)和适应性(不对个体造成影响、能标记小个体)三大难题。此外, 幼鲎在6龄以前在自然环境下的自然死亡率高达80%

表1 近十年在中国沿岸放流中华鲎的报道

Table 1 Reports on *Tachypleus tridentatus* restocking programs along the Chinese coast for the last 10 years

放流日期 Date of release	放流选址 Site selection for release	鲎生长阶段 Growth stage of horseshoe crab	数量 Number	组织单位 Organization(s)
2019.11	广东湛江遂溪县 Suixi County, Zhanjiang City, Guangdong	1龄 1 st instar	460,000	北部湾大学、广西大学 Beibu Gulf University and Guangxi University
2019.08	福建泉州丰泽滨海公园 Fengze Seaside Park, Quanzhou City, Fujian	1龄 1 st instar	5,000	福建省淡水水产研究所、华侨大学、集美大学等 Freshwater Fisheries Research Institute of Fujian, Huaqiao University, Jimei University etc.
2019.08	广东汕头潮南区田心湾 Tianxin Bay, Chaonan District, Shantou City, Guangdong	成年 Adult	315	广东省汕头市潮南区海洋与渔业局 Marine and Fishery Bureau of Chaonan District, Shantou City, Guangdong Province
2019.06	广西防城港 Fangchenggang City, Guangxi	1龄 1 st instar	60,000	中国水产科学研究院南海水产研究所 South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
2018.11	广西北海 Beihai City, Guangxi	成年 Adult	2,000	湛江博康海洋生物有限公司北海分公司 Zhanjiang Bokang Marine Biotechnology Co. Ltd., Beihai
2018.10	广西钦州三娘湾 Sanniang Bay, Qinzhou City, Guangxi	1龄 1 st instar	5,170,000	北部湾大学、广西大学 Beibu Gulf University and Guangxi University
2018.08	广西防城港 Fangchenggang City, Guangxi	1龄 1 st instar	30,000	中国水产科学研究院南海水产研究所 South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
2018.06	福建平潭敖东镇山歧澳中华鲎保护区 Shanqi'ao Chinese Horseshoe Crab Protected Area, Aodong Town, Pingtan City, Fujian	1龄 1 st instar	215,730	平潭综合实验区农村发展局 Rural Development Bureau of Pingtan Comprehensive Experimental Area
2018.05	广东湛江东海岛东南码头 Dongnan Pier, Donghai Island, Zhanjiang City, Guangdong	1龄 1 st instar	77,000	湛江市海洋与渔业局 Zhanjiang Marine and Fishery Bureau
2017.07	广西北海侨港镇南部水域 Southern waters of Qiaogang Town, Beihai City, Guangxi	1龄 1 st instar	550,000	北海市海洋与渔业局 Beihai Marine and Fishery Bureau
2017.07	福建福州市海域 Fuzhou City waters, Fujian	1龄 1 st instar	134,600	福州市海洋与渔业局 Fuzhou Marine and Fishery Bureau
2017.06	广东阳江东平镇南鹏岛海域 Nanpeng Island waters, Dongping Town, Yangjiang City, Guangdong	1龄 1 st instar	1,000	阳江市海洋与渔业局 Yangjiang Marine and Fishery Bureau
2017.02	广东湛江东海岛东南码头 Dongnan Pier, Donghai Island, Zhanjiang City, Guangdong	1龄 1 st instar	100,000	湛江市海洋与渔业局 Zhanjiang Marine and Fishery Bureau
2015.06	福建福州长乐区五显鼻渔港码头外海域 Coastal waters outside Wuxianbi Fish Pier, Changle District, Fuzhou City, Fujian	1龄 1 st instar	81,000	福州市海洋与渔业局 Fuzhou Marine and Fishery Bureau
2015.06	福建闽江口川石岛海域 Chuanshi Island waters, Minjiang Estuary, Fujian	1龄 1 st instar	110,000	福建省海洋渔业厅 Administration of Ocean and Fisheries of Fujian Province
2015.05	广东湛江东海岛东南码头 Southeast Pier, Donghai Island, Zhanjiang City, Guangdong	1龄 1 st instar	200,000	湛江市相关政府部门 Zhanjiang local governments
2014.05	福建金门烈屿乡埔头 Putou, Lieyuxiang Village, Kinmen County, Fujian	1龄 1 st instar	20,000	金门县政府 Kinmen County Government
2013.05	广东汕头南澳县前江港务码头 Qianjiang Wharf, Nan'ao County, Shantou City, Guangdong	不明 Unknown	不明 Unknown	不明 Unknown
2010.06	广东阳江海陵岛大角湾畔 Dajiao Bayside, Hailing Island, Yangjiang City, Guangdong	成年 Adult	200	国家农业农村部、广东省政府 Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the P. R. China and People's Government of Guangdong Province

(Carmichael et al, 2003), 再加上组织放流的单位对蜆幼体栖息地的位置与环境特征的认知有限, 常导致放流成功但成效难以保障的现状。放流蜆成体也是不明智的, 因为蜆生长周期8–10年, 而目前人工养殖技术无法将苗种饲养至成体, 所以成体都是从自然种群获取, 除了非法贸易被收缴的或生产蜆试剂被抽血的蜆以外, 不建议捕捞野生的蜆成体用作放流。

一个严谨的放流方案应包括合理的放流地点、时间及放流效果评估。我们建议在水温高于20℃的海水退潮期间, 在已知的中华蜆幼体生境滩涂上进行蜆苗放流; 若附近海岸线已被破坏, 可选择与已识别的中华蜆幼体栖息地特征(Xie et al, 2020)类似的潮间带。高密度的幼蜆种群多集中在红树林外缘、潮沟出水口附近或海草床附近(Chen et al, 2015; Kwan et al, 2016; Xie et al, 2020)。若条件允许, 建议选择自然死亡率较低的6–7龄幼蜆(头胸甲宽度8–10 mm)进行放流。同时也应考虑因长期养殖对种质的影响(Kwan et al, 2014)。有关政府部门可组织科研单位、公益组织和其他有关利益方一同开展放流活动, 严格采取科学把关以保障放流效果, 也可进行社区共管的方式改善市民的保护意识, 以形成政府主导、公众参与的生动局面。

3.3 加强科普教育和海洋野生动物保护法的宣传

珍稀物种保护的成败很大程度上取决于公众意识(social awareness)和利益相关方的态度(stakeholders' perception), 即STEPS框架最后的S。我国福建、广东、广西、香港和台湾地区开展了一系列科普宣教活动, 如“七夕海峡两岸中华蜆保育日”、“马蹄蟹校园保姆计划”、“不吃蜆消费倡导活动”、“水生野生动物保护宣传月活动”、“北部湾滨海湿地和蜆野外种群调查”等。2019年第四届国际蜆科学与保护研讨会首次在我国广西召开, 来自全球的100多名专家学者共同发布《全球蜆保护北部湾宣言》, 并将每年的6月20日正式确定为“国际蜆保育日”, 呼吁社会各界联动保护蜆资源。

科普活动需要公众长期参与, 在情感上建立联系, 才能有效改变环保态度、提升环保意识。例如, 在“马蹄蟹校园保姆计划”中, 参与的中学生负责幼蜆的饲养、为低年级学生或家长讲解蜆知识, 夏天将幼蜆放归野外; 在长时间的接触中与蜆建立了感情, 能显著提升中学生的野生动物保护意识与行动

力(Kwan et al, 2017)。在开展长期自然教育活动的同时, 也应探索社区共管方式的可能性, 如建立一套举报奖励机制, 鼓励公众协助巡逻监管、渔民有偿参与蜆捕捞数据的收集、组建志愿队伍定期在邻近海域开展幼蜆资源调查、提供社区蜆苗养殖技术支持并回购幼蜆进行增殖放流等。Plummer和Taylor (2004)发现, 公众参与环境保护工作的主动性和积极性, 很大程度上取决于有关政府部门是否提供社区参与的机会与机制。

蜆保护也可从食物安全的角度切入。据2017年广西北部湾沿岸市民的访谈资料可知, 40%的受访者知道圆尾蜆含河豚毒素(Fu et al, 2019), 食用后可引发急性食物中毒, 但只有59%的受访者能正确辨认不同种类的蜆。2018年7月广西防城港发生食蜆集体中毒事件后, 有关部门加强了市场巡查, 严禁售卖蜆(http://www.fcgs.gov.cn/xxgk/zdlyxxgk/spypaq/jgdt/201808/t20180809_62804.html), 间接保护蜆的效果显著。

通过自然教育或公众科普宣教方式提升蜆保护意识虽然取得了一定进展, 但要改变整个社会的公众环境保护意识和态度所需周期很长, 在中华蜆资源急速下降的情况下应采用多种方式大力加强科普和海洋野生动物保护法宣传。海洋珍稀物种保护的成效, 尤其是关注度不高的无脊椎生物, 不仅需要扎实的种群生态学研究支撑, 更取决于长期有效的管理规划以及公众积极正向的态度。政府部门、科研机构、环境宣教组织和其他利益相关方应加强联系、开展合作, 多方位、多角度保障中华蜆资源的可持续利用与发展。

参考文献

- Botton ML (2001) The conservation of horseshoe crabs: What can we learn from the Japanese experience? In: *Limulus in the Limelight: A Species 350 Million Years in the Making and in Peril?* (ed. Tanacredi JT), pp. 41–51. Springer, New York.
- Botton ML, Itow T (2009) The effects of water quality on horseshoe crab embryos and larvae. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 439–454. Springer, New York.
- Brockmann HJ, Smith MD (2009) Reproductive competition and sexual selection in horseshoe crabs. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 199–221. Springer, New York.
- Carmichael RH, Brush E (2012) Three decades of horseshoe

- crab rearing: A review of conditions for captive growth and survival. *Reviews in Aquaculture*, 4, 32–43.
- Carmichael RH, Rutecki D, Valiela I (2003) Abundance and population structure of the Atlantic horseshoe crab *Limulus polyphemus* in Pleasant Bay, Cape Cod. *Marine Ecology Progress Series*, 246, 225–239.
- Chen CP, Fan HQ, Liao YY, Qiu GL, Hsieh HL, Lin WY (2015) Horseshoe crab, the living fossil, is facing survival threats. *Science*, 67(3), 60–62. (in Chinese) [陈章波, 范航清, 廖永岩, 邱广龙, 谢蕙莲, 林吴颖 (2015) 面临生存困境的动物活化石——鲎. *科学*, 67(3), 60–62.]
- Chen CP, Yang MC, Fan LF, Qiu GL, Liao YY, Hsieh HL (2015) Co-occurrence of juvenile horseshoe crabs *Tachypleus tridentatus* and *Carcinoscorpius rotundicauda* in an estuarine bay, southwestern China. *Aquatic Biology*, 24, 117–126.
- Christianus A, Saad CR (2007) Horseshoe crabs in Malaysia and the world. *Fishery Mail*, 16, 8–9.
- Fu Y, Huang S, Wu Z, Wang CC, Su M, Wang X, Xu P, Huang X, Wu H, Wang Y, Wang J (2019) Socio-demographic drivers and public perceptions of consumption and conservation of Asian horseshoe crabs in northern Beibu Gulf, China. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29, 1268–1277.
- Gauvry G (2015) Current horseshoe crab harvesting practices cannot support global demand for TAL/LAL: The pharmaceutical and medical device industries' role in the sustainability of horseshoe crabs. In: *Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management* (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 475–482. Springer International Publishing, Cham.
- Hong S, Zhang X, Zhao Y, Xie Y, Zhang Y, Xu H (2009) Effect of sediment type on growth and survival of juvenile horseshoe crabs (*Tachypleus tridentatus*). In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 535–540. Springer, New York.
- Hong SG (2011) *Biology of Horseshoe Crabs, Tachypleus tridentatus*. Xiamen University Press, Xiamen. (in Chinese) [洪水根 (2011) 中华鲎生物学研究. 厦门大学出版社, 厦门.]
- Hsieh HL, Chen CP (2009) Conservation program for the Asian horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* in Taiwan: Characterizing the microhabitat of nursery grounds and restoring spawning grounds. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 417–438. Springer, New York.
- Hsieh HL, Chen CP (2015) Current status of *Tachypleus tridentatus* in Taiwan for Red List assessment. In: *Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management* (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 383–396. Springer International Publishing, Cham.
- Hu MH, Wu FL, Li QZ, Gan H, Gong ZL, Wang YJ (2013) Habitat selection of released juvenile Chinese horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* tagged with visible implant elastomer. *Marine Environmental Science*, 32, 907–910. (in Chinese with English abstract) [胡梦红, 吴芳丽, 李琼珍, 甘晖, 龚竹林, 王有基 (2013) 应用可视嵌入性荧光标记技术研究中华鲎幼体野外放流后的生境选择. *海洋环境科学*, 32, 907–910.]
- Itow T (1993) Crisis in the Seto Inland Sea: Decimation of the horseshoe crab. *EMECS Newsletter*, 3, 10–11.
- Jegla TC, Costlow JD (1982) Temperature and salinity effects on developmental and early posthatch stages of *Limulus*. *Progress in Clinical Biology Research*, 81, 103–113.
- Jones T (2012) Resolutions and Recommendations: World Conservation Congress, Jeju, Republic of Korea. IUCN, Switzerland.
- Kwan BKY, Chan AKY, Cheung SG, Shin PKS (2014) Hemolymph quality as indicator of health status in juvenile Chinese horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* (Xiphosura) under laboratory culture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 457, 135–142.
- Kwan BKY, Cheung JHY, Law ACK, Cheung SG, Shin PKS (2017) Conservation education program for threatened Asian horseshoe crabs: A step towards reducing community apathy to environmental conservation. *Journal for Nature Conservation*, 35, 53–65.
- Kwan BKY, Hsieh HL, Cheung SG (2016) Present population and habitat status of potentially threatened Asian horseshoe crabs *Tachypleus tridentatus* and *Carcinoscorpius rotundicauda* in Hong Kong: A proposal for marine protected area. *Biodiversity and Conservation*, 25, 673–692.
- Kwan BKY, Shin PKS, Cheung SG (2015) Preliminary home range study of juvenile Chinese horseshoe crabs, *Tachypleus tridentatus* (Xiphosura), using passive tracking methods. In: *Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management* (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 149–166. Springer International Publishing, Cham.
- Kwan BKY, Un VKY, Cheung SG, Shin PKS (2018) Horseshoe crabs as potential sentinel species for coastal health: Juvenile hemolymph quality and relationship to habitat conditions. *Marine and Freshwater Research*, 69, 894–905.
- Laurie K, Chen CP, Cheung SG, Do V, Hsieh H, John A, Mohamad F, Seino S, Nishida S, Shin P, Yang M (2019) *Tachypleus tridentatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T21309A149768986. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T21309A149768986.en/> (accessed on 2019-12-11)
- Li YH, Xie XY, Kwan KY (2018) Endangered status and declaration on conservation of the “living fossil” *Tachypleus tridentatus*. *Wetland Science*, 16, 690–692. (in Chinese with English abstract) [李裕红, 颜晓勇, 关杰耀 (2018) 活化石中华鲎濒危现状及抢救性保护宣言. *湿地科学*, 16,

690–692.]

- Liao YY, Hsieh HY, Xu SQ, Zhong QP, Lei J, Liang MZ, Fang HY, Xu LL, Lin WY, Xiao XB, Chen CP, Cheung SG, Kwan BKY (2019a) Wisdom of crowds reveals clear decline of Asian horseshoe crabs in Beibu Gulf, China. *Oryx*, 53, 222–229.
- Liao YY, Li XM (2001) Present situation of horseshoe crab resources in the sea area of China and tactics of preservation. *Resources Science*, 23(2), 55–59. (in Chinese with English abstract) [廖永岩, 李晓梅 (2001) 中国海域蜆资源现状及保护策略. *资源科学*, 23(2), 55–59.]
- Liao YY, Liu K, Wu HP, Xu YH, Huang H, Xu SQ, Kwan KY (2019b) How survival and food intake of tri-spine horseshoe crabs, *Tachypleus tridentatus* respond to thermal variation: Implications for understanding its distribution limit. *Journal of Natural History*, 53, 1951–1960.
- Loveland RE, Botton ML (2015) Sea level rise in Delaware Bay, USA: Adaptations of spawning horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*) to the glacial past, and the rapidly changing shoreline of the bay. In: *Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management* (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 41–63. Springer International Publishing, Cham.
- Manca A, Mohamad F, Ahmad A, Sofa MF, Ismail N (2017) Tri-spine horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus* (L.) in Sabah, Malaysia: The adult body sizes and population estimate. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 10, 355–361.
- Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China (2013) Nature Reserves in Guangdong Province. (in Chinese) [中华人民共和国生态环境部 (2013) 广东省自然保护区名录] http://www.mee.gov.cn/stbh/zrbhq/qgzrbhqml/201605/t20160522_342675_wap.shtml/. (accessed on 2019-12-11)
- Meilana L, Fang QH (2017) Siting and sustainability analysis for horseshoe crabs conservation in Indonesia. *Malaysian Journal of Halal Research*, 1, 4–7.
- Mohamad F, Ismail N, Ahmad AB, Manca A, Rahman MZFA, Bahri MFS, Sofa MFAM, Ghaffar IHA, Alia'm AA, Abdullah NH, Kasturi MMM (2015) The population size and movement of coastal horseshoe crab, *Tachypleus gigas* (Müller) on the East Coast of Peninsular Malaysia. In: *Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management* (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 213–228. Springer International Publishing, Cham.
- Mohamad F, Sofa MFAM, Manca A, Ismail N, Che CZ, Ahmad AB (2019) Nests placements and spawning in the endangered horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* (Leach, 1819) (Merostomata: Xiphosurida: Limulidae) in Sabah, Malaysia. *The Journal of Crustacean Biology*, 39, 695–702.
- Morton B, Lee CN (2011) Spatial and temporal distributions of juvenile horseshoe crabs (Arthropoda: Chelicerate) approaching extirpation along the northwestern shoreline of the New Territories of Hong Kong SAR, China. *Journal of Natural History*, 45, 227–251.
- Nguyen KS (2007) Vietnam Red Data Book. Natural Science and Technology Publishing House, Hanoi.
- Plummer J, Taylor J (2004) Community Participation in China: Issues and Processes for Capacity Building. Earthscan, London.
- Roby D, Liu YG (2011) Terminal Evaluation of the Biodiversity Management in the Coastal Area of the China's South Sea Project. <https://erc.undp.org/evaluation/documents/download/6330/>. (accessed on 2019-12-11)
- Rudkin DM, Young GA (2009) Horseshoe crabs—An ancient ancestry revealed. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 25–44. Springer, New York.
- Rudloe A (1981) Aspects of the biology of juvenile horseshoe crabs, *Limulus polyphemus*. *Bulletin of Marine Science*, 31, 125–133.
- SaBC (Sabah Biodiversity Centre) (2017) Export Licence. <http://www.sabc.sabah.gov.my/?q=content/export-licence-application-form/>. (accessed on 2019-12-11)
- Seino S, Uda T, Tsuchiya Y, Tsuchiya K (2003) Conservation history of horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* and its spawning ground, a designated natural monument in Kasaoka Bay in Okayama Prefecture. *Asian and Pacific Coasts*, 18, 551–556.
- Sekiguchi K (1988) Biology of Horseshoe Crab. Tokyo Science House Co. Ltd., Tokyo.
- Shin PKS, Li HY, Cheung SG (2009) Horseshoe crabs in Hong Kong: Current population status and human exploitation. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 347–360. Springer, New York.
- Shuster CN, Sekiguchi K (2009) Basic habitat requirements of the extant species of horseshoe crabs (Limulacea). In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs* (eds Tanacredi JT, Botton ML, Smith DR), pp. 115–129. Springer, New York.
- Vietnam NBSAP (National Biodiversity Strategies and Action Plans) (2014) Vietnam's Fifth International Report to the United Nations Convention on Biological Diversity. Reporting period: 2009–2013. Ministry of Natural Resources and Environment, Hanoi.
- Wang CC, Huang SL, Wang XP, Xu P, Huang X, Liao YY, Xie XY, Kwan KY (2019) Conserving the understudied invertebrates: A call for a systematic monitoring protocol for Asian horseshoe crabs in nursery habitats. *Endangered Species Research*, 40, 369–373.
- Weng ZH, Xie YJ, Xiao ZQ, Huang LM, Li J, Wang SH, Zhang YZ (2012) Distribution and resource of Chinese horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*) in Fujian and other coast water of China. *Chinese Journal of Zoology*, 47(3), 40–48. (in Chinese with English abstract) [翁朝红, 谢仰杰,

- 肖志群, 黄良敏, 李军, 王淑红, 张雅芝 (2012) 福建及中国其他沿岸海域中华鲎资源分布现状调查. 动物学杂志, 47(3), 40–48.]
- Xie XY, Wu Z, Wang CC, Fu YJ, Wang XP, Xu P, Huang X, Liao YY, Huang SL, Kwan KY (2020) Nursery habitat for Asian horseshoe crabs along the northern Beibu Gulf, China: Implications for conservation management under baseline gaps. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 30, 260–272.
- Zeng JN, Chen QZ, Huang W, Du P, Yang H (2016) Reform of the marine ecological protection system in China: From marine protected areas to marine ecological redline regions. Acta Ecologica Sinica, 36, 1–10. (in Chinese with English abstract) [曾江宁, 陈全震, 黄伟, 杜萍, 杨辉 (2016) 中国海洋生态保护制度的转型发展——从海洋保护区走向海洋生态红线区. 生态学报, 36, 1–10.]
- (责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 中华鲎在世界海域的分布记录

Appendix 1 Global distribution records of *Tachypleus tridentatus*
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019401-1.pdf>

附录1 中华鲎在世界海域的分布记录

Appendix 1 Global distribution records of *Tachypleus tridentatus*

分布 (调查年份) Occurrence (year of investigation)	参考文献 Reference
中国 China	
浙江省 Zhejiang Province	
舟山宁海三门湾; 温州洞头岛(2006) Sanmen Bay, Ninghai County, Zhoushan City; Dongtou Island, Wenzhou City (2006)	翁朝红等(2012)
福建省 Fujian Province	
东山湾; 厦门后田、澳头和南安石井; 古雷半岛龙口海滩(2006–2007) Dongshan Bay; Houtian, Aotou and Nananshijing in Xiamen; Longkou Beach, Gulei Peninsular (2006–2007)	翁朝红等(2012)
广东省 Guangdong Province	
雷州湾、珠江口海域以及潮汕地区海域(2009) Leizhou Bay, Zhujiang and Chaoshan waters (2009)	翁朝红等(2012)
湛江雷州湾东南岛(未交代调查年份) Dongnan Island, Leizhou Bay, Zhanjiang City (unknown date)	Liao et al (2012)
广西壮族自治区 Guangxi Zhuang Autonomous Region	
防城港市山心、交东、渔洲坪、榄埠、沙螺辽; 钦州市中三墩; 北海市西背岭、下村、金海湾、竹林、铁山港、沙田港、榕根山(2018) Shanxin, Jiaodong, Yuzhouping, Lanbu and Shaluoliao in Fangchenggang City; Zhongsandun in Qinzhou City; Xibeiling, Xiacun, Jinhaiwan, Zhulin, Tieshangang, Shatiangang and Ronggenshan in Beihai City (2018)	Xie et al (2020)
海南省 Hainan Province	
北部湾西北和东北海域、儋州湾(2009) Northwestern and northeastern waters of Beibu Gulf, Danzhou Bay (2009)	翁朝红等(2012)
台湾省 Taiwan Province	
台湾西岸、澎湖列岛、金门岛(2013) West coast of Taiwan Island, Penghu Islands Archipelago, Kinmen Island (2013)	Hsieh & Chen (2015)
香港特别行政区 Hong Kong Special Administrative Region	
尖鼻咀、下白泥、白泥、东涌、磡头、深屈、水口(2014) Tsim Bei Tsui, Ha Pak Nai, Pak Nai, Tung Chung, San Tau, Sham Wat, Shui Hau (2014)	Kwan et al (2016)
日本 Japan	
九州北部 Northern Kyushu	
大分、福岡、佐贺和长崎县(未交代调查年份) Oita, Fukuoka, Saga and Nagasaki prefectures (unknown date)	Nishida et al (2015)
濑户内海 Seto Inland Sea	
冈山、广岛、山口和爱媛县(未交代调查年份) Okayama, Hiroshima, Yamaguchi and Ehime prefectures (unknown date)	Nishida et al (2015)

越南 Vietnam

集中在中部沿海省份(2007)

Nguyen (2007)

Mainly in the central coastal provinces (2007)

马来西亚 Malaysia

沙巴 Sabah

帕帕、丹绒利茂、贾邦根岛、哥打毛律、亚庇、孟加塔尔河、山打根、敦萨
 卡兰海洋公园、仙本那群岛公园和英德拉萨巴(2014–2015)

Manca et al (2017a)

Papar, Tanjung Limau, Jambongan Island, Kota Belud, Kota Kinabalu, Mengattal
 River, Sandakan, Tun Sakaran Marine Park, Semporna Islands Park and
 Inderasabah (2014–2015)

砂拉越 Sarawak

鹿通河、美里和瓜拉尼拉劳海滩(2013–2014)

Jawahir et al (2017)

Lutung River, Miri and Kuala Nyalau Beach (2013–2014)

Indonesia 印尼

北苏门答腊 North Sumatra (未交代调查年份)

Sekiguchi (1988)

西博尔加 Sibolga (unknown date)

西苏门答腊 West Sumatra (未交代调查年份)

巴东 Padang (unknown date)

北苏拉威西 North Sulawesi (未交代调查年份)

万鸦老 Manado (unknown date)

加里曼丹 Kalimantan

彭纳贾帕瑟北和巴厘巴板(2017–2018)

Meilana & Fang (2020)

Penajam Paser Utara and Balikpapan (2017–2018)

西爪哇 West Java

万丹, 因德拉马尤和梳邦(2016)

Mashar et al (2017b)

Banten, Indramayu and Subang (2016)

中爪哇 Central Java

三宝壟 Semarang (2016)

东爪哇 East Java

格雷西克、潘苏鲁安、图班和泗水(2016)

Gresik, Pansuruan, Tuban and Surabaya (2016)

菲律宾 Philippines

巴拉望岛(2017)

Kaiser & Schoppe

Palawan Island (2017)

(2018)

附录参考文献

- Hsieh HL, Chen CP (2015) Current status of *Tachypleus tridentatus* in Taiwan for Red List assessment. In: Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 383–396. Springer International Publishing, Cham.
- Jawahir AN, Samsur M, Shabdin ML, Adha AK (2017) Distribution of two species of Asian horseshoe crabs at west coast of Sarawak's Waters, East Malaysia. The Egyptian Journal of Aquatic Research, 43, 135–140.

- Kaiser D, Schoppe S (2018) Postembryonic development of the tri-spine horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* (Merostomata: Xiphosura) in a nursery habitat in the Philippines. *Journal of Threatened Taxa*, 10, 12916–12932.
- Kwan BKY, Hsieh HL, Cheung SG (2016) Present population and habitat status of potentially threatened Asian horseshoe crabs *Tachypleus tridentatus* and *Carcinoscorpius rotundicauda* in Hong Kong: A proposal for marine protected area. *Biodiversity and Conservation*, 25, 673–692.
- Liao YY, Chen CP, Hsieh HL, Cao YC, Chen JJ (2012) Sallow-skin horseshoe crabs (late juvenile *Tachypleus tridentatus*) as osmoconformers. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92, 463–468.
- Manca A, Mohamad F, Ahmad A, Sofa MFAM, Ismail N (2017a) Tri-spine horseshoe crab, *Tachypleus tridentatus* (L.) in Sabah, Malaysia: The adult body sizes and population estimate. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 10, 355–361.
- Mashar A, Butet NA, Juliandi B, Qonita Y, Hakim AA, Wardiatno Y (2017b) Biodiversity and distribution of horseshoe crabs in northern coast of Java and southern coast of Madura. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54, 012076.
- Meilana L, Fang Q (2020) Local knowledge-based study on the status of horseshoe crabs along the Indonesian coast. *Regional Studies in Marine Science*, 36, 101252.
- Nguyen KS (2007) Vietnam Red Data Book. Natural Science and Technology Publishing House, Hanoi, Vietnam.
- Nishida S, Kuroyanagi K, Koike H (2015) Genetic features of *Tachypleus tridentatus* in Japan and an alien (non-native) population founded at Ise-Mikawa Bay, Chubu region, central Japan. In: *Changing Global Perspectives on Horseshoe Crab Biology, Conservation and Management* (eds Carmichael RH, Botton ML, Shin PKS, Cheung SG), pp. 129–146. Springer International Publishing, Cham.
- Sekiguchi K (1988) *Biology of Horseshoe Crab*, 1st edn. Tokyo Science House Co. Ltd., Tokyo.
- Weng ZH, Xie YJ, Xiao ZQ, Huang LM, Li J, Wang SH, Zhang YZ (2012) Distribution and resource of Chinese horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*) in Fujian and other coast water of China. *Chinese Journal of Zoology*, 47, 40–48. (in Chinese with English abstract) [翁朝红, 谢仰杰, 肖志群, 黄良敏, 李军, 王淑红, 张雅芝 (2012) 福建及中国其他沿岸海域中华鲎资源分布现状调查. *动物学杂志*, 47, 40–48.]
- Xie XY, Wu Z, Wang CC, Fu YJ, Wang XP, Xu P, Huang X, Liao YY, Huang SL, Kwan KY (2020) Nursery habitat for Asian horseshoe crabs along the northern Beibu Gulf, China: Implications for conservation management under baseline gaps. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30, 260–272.