



· 综述 ·

我国淡水贝类种质资源现状与保护利用

白志毅^{1,2,3}, 温鹏超¹, 袁立¹, 汪桂玲^{1,2,3}, 李家乐^{1,2,3*}

(1. 上海海洋大学, 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306;

2. 上海海洋大学, 上海水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306;

3. 上海海洋大学, 水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心, 上海 201306)

摘要: 我国淡水贝类资源丰富、种类繁多, 有记录的淡水贝类目前已经超过 470 种, 广泛分布于我国各地的湖泊、河流和山间湿地等生态系统中。其中我国特有种贝类在各主要分布水系的比例均高于 50%, 特有种质资源十分丰富。淡水贝类不仅在生态系统中扮演着重要的角色, 而且具有巨大的经济价值。淡水珍珠蚌中三角帆蚌和褶纹冠蚌, 以及一些食用贝类如中华圆田螺、螺蛳、河蚬等的资源开发比较充分, 但是由于淡水贝类分布范围广、栖息环境多样, 相对于其他一些淡水贝类, 目前研究还仅限于资源调查和物种鉴定层面。整体上, 国内淡水贝类的种质资源评估不够系统, 保护和开发利用未得到足够重视。本文就我国淡水贝类物种多样性与区域分布、淡水贝类种质资源可持续开发与利用情况、引进淡水贝类种质资源与利用现状及淡水贝类种质资源现行保护措施进行概述, 并提出有关淡水贝类种质资源保护和可持续利用的建议, 以期促进我国淡水贝类资源保护和开发利用协同发展。

关键词: 淡水贝类; 种质资源; 保护; 开发

中图分类号: S 932.6

文献标志码: A

在地球圈生态系统中, 贝类是动物界的第二大门类, 至今已记载的种类超过 12.5 万种, 其中化石种约有 3.5 万种, 在生态保护中占据重要的地位^[1]。贝类种类多、分布极广且用处多, 有很多种类可供食用、饲料用、药用、工业用或工艺用等, 因此, 早在 17 世纪, 相关的学者就已经综合了贝类各方面的研究建立了贝类学 (Malacology 或 Conchology)^[2-3]。中国记录的软体动物有 4 000 余种, 其中海水贝类 2 557 余种, 淡水贝类 1 500 余种^[4]。淡水贝类是指软体动物门 (Mollusca) 瓣鳃纲 (Lanellibranchia) [又称双壳纲

(Bivalvia)] 和腹足纲 (Gastropoda) 中生活于淡水中的种类, 全球淡水双壳类为 2 000 余种, 淡水腹足类约 12 000 种。我国淡水贝类广泛分布于池塘、湖泊及河流等生态系统中, 是淡水生物群落的重要组成部分^[5]。在 20 世纪 60 年代后期, 刘月英等^[5]对我国淡水贝类资源进行了较为全面的调查及报道, 到了 70 年代末期, 基本摸清了我国淡水贝类的种类与分布情况, 为我国淡水贝类种质资源的研究奠定了基础。但由于我国淡水贝类种类繁多, 其各品种栖息环境不一, 且淡水环境受全球气候变化、人类活动等的影响大, 这对我国进行淡水

收稿日期: 2021-02-16 修回日期: 2021-06-01

资助项目: 国家重点研发计划 (2018YFD0901406); 国家现代农业产业技术体系专项 (CARS-49); 国家自然科学基金 (31872565)

第一作者: 白志毅 (照片), 从事水产动物种质资源与遗传育种研究, E-mail: zybai@shou.edu.cn

通信作者: 李家乐, 从事水产动物种质资源与种苗工程研究, E-mail: jlli@shou.edu.cn



贝类种质资源的保护和可持续开发利用增加了难度。另外,我国对淡水贝类种质资源保护力度不大,科研经费投入较少,目前进行的淡水贝类种质资源保护主要集中于少数经济淡水贝类,如经济价值高的珍珠蚌和具有食用价值的石田螺(*Sinotaia quadrata*)、河蚬(*Corbicula fluminea*)等,许多珍稀淡水贝类调查不够系统,尚未对其种质资源进行保护和开发利用。本文就我国淡水贝类物种多样性与区域分布、淡水贝类种质资源可持续开发与利用情况、引进淡水贝类种质资源与利用现状及我国淡水贝类种质资源现行保护措施进行概述,并提出有关淡水贝类种质资源保护和可持续利用的建议。

1 我国淡水贝类物种多样性与区域分布

我国淡水水系发达,是世界上淡水贝类物种多样性较为丰富的地区之一,但至今仍缺乏对淡水贝类系统地调查和完整的统计记录。根据舒凤月等^[6]统计,我国的腹足类共包括14科61属318种淡水螺类,在我国全部省、直辖市和自治区都有淡水螺类的报道,并且南方地区比北方地区多,四川、重庆、江西、湖南、安徽、湖北和云南等省市的种类最多。Heude^[7-8]在著作中记录了我国淡水蚌类140余种,后来我国学者陆续发现了部分新种,已明确记录的淡水蚌类约18属150余种。其中我国特有的淡水蚌类有58种,隶属2科17属,贻贝科(*Mytiloida*)1属1种,占淡水蚌类总种数的1.7%,蚌科(*Unionidae*)16属57种^[9]。蚌科中特有种主要集中在长江中下游地区的江西、湖北、湖南、浙江、江苏和安徽等地区。在我国各大水系中,长江流域的淡水贝类物种最为丰富,有18科65属302种,并且在该流域中我国特有种丰富,共计200种,其中腹足类145种,双壳类55种,占全部种类数的66.2%。

随着分子生物学的发展,利用线粒体等分子标记对物种进行鉴定和生物学评估逐步发展起来,相关研究人员开始对部分地区的淡水贝类进行详细调查。熊燕^[10]对海南自然保护区的陆生和淡水贝类资源进行了调查,采获淡水贝类标本共16种,隶属于2纲7科11属。湛孝东等^[11]在长江流域芜湖段的湖泊共收集到淡水贝类标本968份,经鉴定隶属为2纲9科17属24种。黄惟灏等^[12]对钱塘江流域进行淡水贝类调查,标本经鉴定共有67种,隶属于腹足纲有9科18属42种,瓣鳃纲

有4科11属25种,内有29种属浙江省新记录。欧阳珊等^[13]调查的江西铜钹山自然保护区贝类资源,有淡水贝类15种,分别隶属于2纲3目7科10属。张国武等^[14]采用形态学与分子生物学相结合的方法对新疆12个地区采集的淡水贝类进行分类鉴定,发现21种淡水贝类主要隶属于腹足纲和双壳纲,共4目10科14属。张铭华等^[15]对鄱阳湖及部分“五河”干流淡水贝类进行调查,结合历史资料,共记录淡水贝类122种,隶属于15科39属,中国特有种丰富,各水体特有种比例均超过50%。杨丽敏等^[16]在2016—2017年分4个季节对赣江流域的淡水贝类进行了系统调查,共记录淡水贝类2纲14科29属62种,包括江西螺类一个新纪录种——大仿雕石螺(*Lithoglyphopsis grandis*)。董晓晓等^[17]对广东省中山市淡水贝类进行了调查,共采集淡水贝类21种,隶属14科17属,其中腹足纲17种,瓣鳃纲4种。这些研究完善了我国淡水贝类种质资源记录,为我国淡水贝类种质资源保护奠定了基础。

2 我国淡水贝类种质资源可持续开发与利用情况

尽管我国淡水贝类种质资源丰富,但开发利用的淡水贝类仍比较少,有关淡水贝类的专业工具书中,最重要的属《经济动物志·淡水软体动物》和《医学贝类学》,其中共记录了淡水贝类11科27属116种,为全面开发利用我国淡水贝类种质资源奠定基础^[5,18]。目前开发利用的淡水贝类主要是具有食用价值以及珠宝等商业价值的经济淡水贝类。

养殖淡水珍珠是我国淡水养殖贝类最主要的产业,我国淡水珍珠产量占世界珍珠总产量的90%以上。我国利用的优质淡水珍珠蚌种质资源主要包括三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)、褶纹冠蚌(*Cristaria plicata*)和引进种池蝶蚌(*H. schlegelii*)^[19],上海海洋大学对三角帆蚌进行了种质资源调查、搜集与保存,获得鄱阳湖、洞庭湖和太湖优异群体^[20]。在新品种开发方面,通过选育获得产紫色珍珠的新品种三角帆蚌“申紫1号”、三角帆蚌“浙白1号”,突破远缘杂交技术,将池蝶蚌和三角帆蚌杂交,培育了康乐蚌(*Kangle mussel*)这一新品种,使淡水珍珠蚌养殖进入良种化阶段^[21]。贾名静等^[22]评价了长江中下游水域褶纹冠蚌遗传多样性和遗传结构等种质资源情况,广东海洋大学利

用褶纹冠蚌培育大型附壳珍珠^[23], 张元培^[24]研究表明, 三角帆蚌(母本)与褶纹冠蚌(父本)杂交的子一代具有较好的育珠性能。我国对具有较高商业价值的淡水珍珠贝类的开发利用程度较高。

食用是淡水贝类种质资源开发利用的另一重要途径, 主要开发利用品种为河蚌、螺、河蚬, 这些养殖种类以增殖或池塘养殖副产品为主要生产方式^[25-27]。作为我国最具有食用价值的淡水贝类之一, 我国研究人员对太湖、洪泽湖、漏湖、阳澄湖河蚬种质资源进行了较系统地评价^[28-32], 种质资源开发利用程度较高。螺等淡水螺养殖主要集中在江苏、广西、安徽、江西等地, 近年来在广西柳州建立起稻-螺综合种养技术^[27]。通过分析历年来我国淡水贝类河蚌、螺和河蚬的产量以及 2018 年主要淡水贝类生产省份淡水贝类产量(图 1, 2)^[33], 可以看出我国淡水贝类的开发和利用主要集中于长江流域以及广东、广西、福建等淡水资源丰富的地区, 北方分布相对较少。近年来全国淡水贝类各种类总产量呈下降趋势, 说明我国对于淡水贝类的开发利用程度不足, 且开发利用地区不均衡, 存在巨大的开发潜力。

3 我国引进淡水贝类种质资源与利用现状

引进能够创造更大经济价值的外来物种, 是一种提升水产经济物种资源的重要方法, 我国许多地区引进了国外优良的淡水贝类, 创造了巨大的经济价值。1997 年, 江西省抚州市洪门水库开发公司从日本琵琶湖引进了池螺蚌, 池螺蚌是日本特有种, 其壳间距较大, 贝壳和外套膜均厚, 具有生长速率快、养殖成活率高, 培育的珍珠质

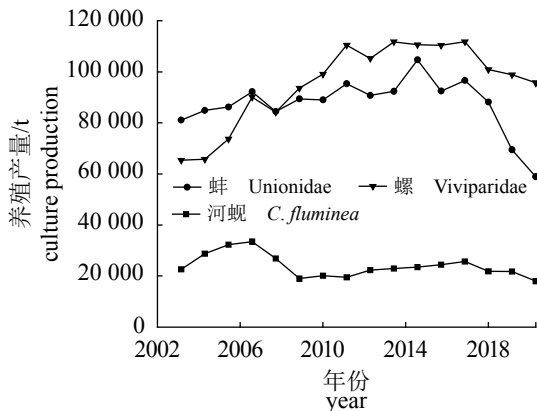


图 1 我国淡水贝类各种类历年产量
Fig. 1 Yield of different species of freshwater molluscs in China over the years

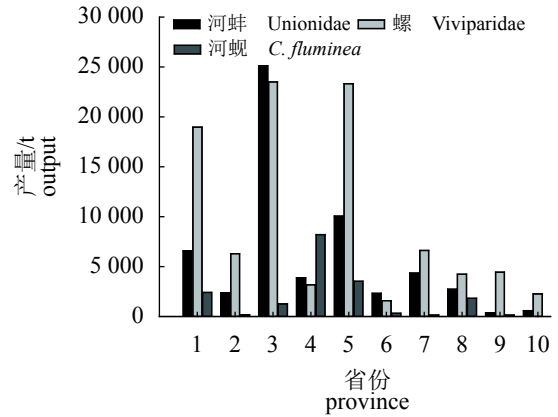


图 2 2018 年主要淡水贝类生产省份淡水贝类产量
1. 江苏, 2. 浙江, 3. 安徽, 4. 福建, 5. 江西, 6. 湖北, 7. 湖南, 8. 广东, 9. 广西, 10. 四川

Fig. 2 Production of freshwater molluscs in the main freshwater molluscs production provinces in 2018

1. Jiangsu Province, 2. Zhejiang Province, 3. Anhui Province, 4. Fujian Province, 5. Jiangxi Province, 6. Hubei Province, 7. Hunan Province, 8. Guangdong Province, 9. Guangxi Province, 10. Sichuan Province

量优、个体大、圆润等特点。并且在 2005 年经农业部全国水产原种和良种审定委员会审定, 池螺蚌为适宜推广的境外引进水产新品种^[34], 2020 年, 经进一步选育, 培育出池螺蚌“鄱珠 1 号”新品种^[35]。另外, 上海海洋大学以池螺蚌作为杂交亲本之一, 与三角帆蚌杂交培育了新品种康乐蚌^[21]。2002 年 11 月中国水产科学研究院淡水渔业研究中心从美国引进了紫踵劈蚌 (*Potamilus alatus*), 该品种的珍珠层厚实、光滑细腻, 呈紫黑色、极富光泽, 紫踵劈蚌的相关育珠实验表明, 该种是培育淡水紫黑珍珠的优良品种^[36]。

同样, 我国也出现了淡水贝类引入种产生生物入侵的负面案例, 如福寿螺 (*Pomacea canaliculata*)、褐云玛瑙螺 (*Achatina fulica*)^[37-39]。福寿螺原产南美洲亚马逊河流域, 繁殖力强、生长快、产量高, 具有很高的经济价值, 20 世纪 70—80 年代引入台湾、广东等地, 由于福寿螺经常啃食水生植物叶片和茎秆, 严重影响水生植物生长, 且在水中很快成为优势种, 占据了水域中本地淡水贝类的栖息空间, 对我国淡水贝类造成了影响^[37], 目前已扩散至我国广东、广西、福建、云南、浙江等地。褐云玛瑙螺在 20 世纪 30 年代初引入我国, 其生态风险是咬食农作物幼芽、嫩枝, 还是部分人、畜寄生虫和病原菌的中间宿主^[39], 已扩散至广东、海南、广西、云南、福建、香港和台湾等地。

4 我国淡水贝类种质资源保护措施

我国水产种质资源保护措施主要有建立水产种质资源自然保护区、建立相应的原种场和良种场以及增殖放流,这三种措施是目前最有效和最普遍的种质资源保护措施。相应地区出具了法律法规,也是保护淡水贝类种质资源的重要保护措施。

水产种质资源保护区是为保护和合理利用水产种质资源及其生存环境,在保护对象的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等主要生长繁育区域依法划出一定面积的水域、滩涂和必要的土地,予以特殊保护和管理^[40]。农业农村部共发布了11个批次国家级水产种质资源保护区建设计划,共计535个国家级水产种质资源保护区,其中保护对象中包含淡水贝类的共计46个,包含海水贝类的共计37个,其余452个主要以鱼类为保护对象。从各类国家级水产种质资源保护区比例可以看出,淡水贝类水产种质资源保护区只占了9%,远不如鱼类(图3)^[41-42]。在全国保护区数量及鱼类、淡水贝类和海水贝类保护区中,各批次保护区内含淡水贝类的保护区也占据着很小比例(图4)^[41-42]。

除了国家级水产种质资源保护区还有全国自然保护区。全国存在很多适合淡水贝类生长繁殖的自然保护区,根据全国自然保护区名录(2014)^[43]可知,适合淡水贝类生长的长江流域国家级和省级自然保护区有78个,湿地总面积为 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,干流总长度为781 km,支流总长度为 $1.1 \times 10^3 \text{ km}$ 。

■ 鱼类及其他 fish and others ■ 淡水贝类 freshwater shellfish
■ 海水贝类 seawater shellfish

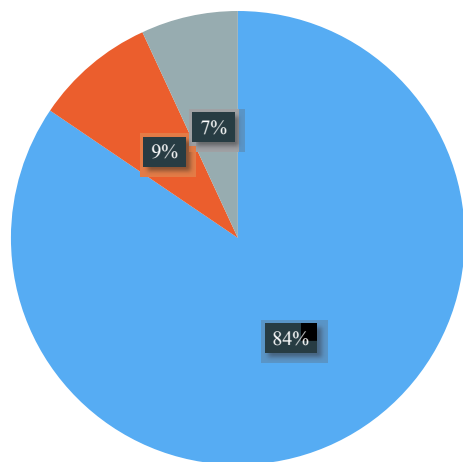


图3 各类国家级水产种质资源保护区比例
Fig. 3 Proportion of various national aquatic germplasm conservation areas

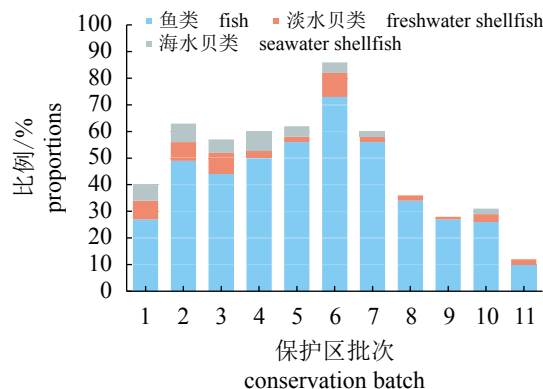


图4 全国保护区数量及鱼类、淡水贝类和海水贝类保护区比例

Fig. 4 Number of national protected areas and proportion of fish, freshwater shellfish and seawater shellfish protected areas

在福建武夷山和海南等地也有适宜贝类生存的自然保护区^[44],建立自然保护区旨在就地或者就近迁地对淡水贝类进行保护,在其原有或者相近的栖息环境中进行种质资源的保护。

目前国内国家级淡水贝类遗传育种中心、原种场和良种场的建设仍是空白,仅在浙江省、江西省和湖南省建有三角帆蚌省级良种场^[45],尽管良种场较少且规模偏小,在种质资源保存方面作用也不够明显,但这些良种场协同科研院所和淡水贝类繁育场,推动了淡水贝类苗种技术创新,为淡水贝类增殖放流奠定了技术基础。

增殖放流是国内外公认的养护水生生物资源最直接、最有效的办法之一,根据2016—2019年国家招标网公布的放流招标计划(表1),在我国长江流域已广泛开展了淡水贝类增殖放流的活动,但放流的淡水贝类种类主要是三角帆蚌、背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)、褶纹冠蚌、背瘤丽蚌(*Lamprotula leai*)、河蚬、中华圆田螺(*Cipangopaludina chinensis*)等少数物种,多数淡水贝类因其当前经济价值不高,缺乏成熟的人工繁殖技术,增殖放流的条件不够成熟。目前,增殖放流总体上存在着监管不力、资金投入不足、放流苗种单一等问题,这些问题制约着增殖放流工作的进行,不利于淡水贝类种质资源的保护。

休渔期、休渔区制度等相关法律法规也是保障淡水贝类种质资源的重要措施,尤其是长江大保护政策,实施10年禁捕政策。我国长江流域有300多种淡水贝类,其中200种为我国特有种^[46],但是长江中下游有56.5%的淡水贝类处于

表 1 2016—2019 年国家放流招标计划

Tab. 1 National release bidding plan from 2016 to 2019

放流区域 release area	放流种类 species of release
安徽省淮南市淮河流域	中华圆田螺 <i>C. chinensis</i>
安徽省淮河支流浍河	中华圆田螺 <i>C. chinensis</i> 河蚬 <i>C. fluminea</i>
上海市淀山湖	背角无齿蚌 <i>A. woodiana</i> 三角帆蚌 <i>H. cumingii</i>
湖南省长江中下游	褶纹冠蚌 <i>C. plicata</i>
湖南省长江中下游	背瘤丽蚌 <i>L. leai</i>
天津市	中华圆田螺 <i>C. chinensis</i> 河蚌 Unionidae
长江中下游	中华圆田螺 <i>C. chinensis</i> 河蚬 <i>C. fluminea</i>
湖北省长江干线	梨形环棱螺 <i>Bellamya purificata</i> 河蚬 <i>C. fluminea</i>

濒危状态^[6]。因此, 长江大保护对我国淡水贝类种质资源的保护具有重要意义。

5 我国淡水贝类种质资源保护和可持续发展的建议

按照国务院办公厅关于加强农业种质资源保护与利用的意见(国办发〔2019〕56号), 落实新发展理念, 以农业供给侧结构性改革为主线, 进一步明确农业种质资源保护的基础性、公益性定位, 坚持保护优先、高效利用、政府主导、多元参与的原则, 创新体制机制, 强化责任落实、科技支撑和法治保障, 构建多层次收集保护、多元化开发利用和多渠道政策支持的新格局, 为建设现代种业强国、保障国家粮食安全、实施乡村振兴战略奠定坚实的基础^[47]。应根据淡水贝类的种质资源特征、保护现状和生物学特征, 建立符合淡水贝类种质保护和利用的措施。

一、淡水贝类具有生物种类繁多、多样性高的特性, 而且各品种栖息环境不一、分布范围广。因此, 在淡水贝类种质资源收集和保护方面, 应做到重点突出, 以淡水经济贝类种质资源为主, 进行全面普查、系统调查与抢救性收集。另外, 加强收集保护能力, 扩大淡水贝类原种场和良种场建设力度。

二、淡水贝类种质资源与生态系统中鱼类、水生植物等其他生物的协同关系密切, 应制订水生生物保护的总体规划。淡水蚌类受精卵在雌蚌的鳃腔内发育成为钩介幼虫, 成熟的钩介幼虫从

鳃腔内排出, 寄生到黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)、鳙 (*Hypophthalmichthys nobilis*) 等鱼类的鳃、鳍等组织器官上继续进行发育。而沉水植物与螺类的关系十分密切, 为螺类提供了理想的生存环境, 对于维持螺类的多样性起到重要作用。

三、加强我国农业种质资源与国际之间的交流, 推动与农业种质资源丰富的国家和地区合作。针对淡水贝类繁殖力强、适应范围广等生态特性, 应加强引入种的检疫和生态风险防控, 加强研发三倍体技术等不育技术, 控制引进种在天然水域的自然繁殖。

四、深化淡水贝类重要经济性状的形成机制、群体协同进化规律、基因组结构和功能多样性等的研究, 加快等位基因的规模化发掘、高通量鉴定等技术的应用。开展种质资源基因型与表型精准鉴定评价, 深度发掘淡水贝类的优异种质及优异基因, 强化育种创新基础, 构建分子指纹图谱库。突破淡水贝类受精卵和钩介幼虫体外培养技术, 为现代生物育种技术应用到淡水贝类奠定基础。

五、针对淡水贝类产业特点, 除珍珠蚌外, 多数淡水贝类以增殖方式为主, 应加强增殖水域淡水贝类种质动态变化监测和种群动态变化影响机理研究, 制订优质种苗增殖计划, 优化成贝捕捞策略, 改变“捕大留小”等造成种质资源退化的传统增殖方式, 鼓励支持地方品种申请地理标志产品保护和重要农业文化遗产, 打造“洪泽湖河蚬”、“淀山湖河蚬”等地理标志品牌。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 常亚青, 高绪生, 尉鹏, 等. 辽宁贝类及经济种类增殖 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 1.
Chang Y Q, Gao X S, Wei P, et al. Mollusks at coast of Liaoning province and the culture & proliferation of economic species [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 1 (in Chinese).
- [2] Johnson R I. Zoogeography of North American unionacea (Mollusca: Bivalvia) north of the maximum pleistocene glaciation[J]. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 1980, 149(2): 77-189.
- [3] Winter B D, Hughes R M. Biodiversity: American fisheries society position statement[J]. Fisheries, 1997, 22: 16-23.

- [4] 孙振兴, 常林瑞. 贝类种质资源保护研究进展[J]. *海洋湖沼通报*, 2005(3): 103-108.
Sun Z X, Chang L R. Advances in studies on conservation of the germplasm resources in mollusk[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2005(3): 103-108 (in Chinese).
- [5] 刘月英, 张文珍, 王跃先, 等. 中国经济动物志 (淡水软体动物)[M]. 北京: 科学出版社, 1979, 1-126.
Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X, *et al.* Chinese economic animal data (freshwater mollusk) [M]. Beijing: Science Press, 1979, 1-126 (in Chinese).
- [6] 舒凤月, 王海军, 潘保柱, 等. 长江中下游湖泊贝类物种濒危状况评估[J]. *水生生物学报*, 2009, 33(6): 1051-1058.
Shu F Y, Wang H J, Pan B Z, *et al.* Assessment of species status of mollusca in the mid-lower Yangtze Lakes[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, 33(6): 1051-1058 (in Chinese).
- [7] Heude P M. Memoires concernant l'histoire naturelle e l'empire chinois par des peres de la compagnie de jesus[M]. Chang-hai: Imprimerie de la Mission Catholique, 1880.
- [8] Heude P M. Conchyliologie fluviatile de la province de Nanking et de la Chine Centrale[M]. Paris: Librairie F: Savy, 1878.
- [9] 胡自强. 中国淡水双壳类特有种的地理分布[J]. *动物学杂志*, 2005, 40(6): 80-83.
Hu Z Q. Geographical distribution of endemic species of Chinese freshwater bivalves[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2005, 40(6): 80-83 (in Chinese).
- [10] 熊燕. 海南自然保护区的陆生和淡水贝类[J]. *海南大学学报(自然科学版)*, 2001, 19(2): 157-160.
Xiong Y. The land and freshwater molluscs of natural reserves in Hainan[J]. *Natural Science Journal of Hainan University*, 2001, 19(2): 157-160 (in Chinese).
- [11] 湛孝东, 唐小牛, 孙恩涛, 等. 长江流域芜湖段淡水贝类调查初报[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2012, 33(17): 2376-2377.
Zhan X D, Tang X N, Sun E T, *et al.* A survey of freshwater molluscs of lakes along Wuhu section of the Yangtze River[J]. *Journal of Qiqihar University of Medicine*, 2012, 33(17): 2376-2377 (in Chinese).
- [12] 黄惟灏, 李章来, 刘月英, 等. 钱塘江流域的淡水贝类[J]. *动物学杂志*, 2003, 38(4): 50-56.
Huang W H, Li Z L, Liu Y Y, *et al.* Freshwater mollusks of the Qiantang River system[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2003, 38(4): 50-56 (in Chinese).
- [13] 欧阳珊, 姜娇, 林向阳, 等. 江西铜钹山自然保护区贝类物种多样性[J]. *热带地理*, 2014, 34(2): 148-155.
Ou Y S, Jiang J, Lin X Y, *et al.* Malacodiversity of the Tongbo Mountain nature reserve in Jiangxi province[J]. *Tropical geography*, 2014, 34(2): 148-155 (in Chinese).
- [14] 张国武, 孟庆玲, 乔军, 等. 新疆地区淡水贝类的形态学及分子分类研究[J]. *家畜生态学报*, 2019, 40(9): 72-78.
Zhang G W, Meng Q L, Qiao J, *et al.* Morphological and molecular classification of freshwater mollusks in Xinjiang[J]. *Acta Ecologicae Animalis Domastici*, 2019, 40(9): 72-78 (in Chinese).
- [15] 张铭华, 徐亮, 谢广龙, 等. 鄱阳湖流域淡水贝类物种多样性、分布与保护[J]. *海洋科学*, 2013, 37(8): 114-124.
Zhang M H, Xu L, Xie G L, *et al.* Species diversity, distribution and conservation of freshwater mollusk in Poyang Lake Basin[J]. *Marine Science*, 2013, 37(8): 114-124 (in Chinese).
- [16] 杨丽敏, 刘雄军, 徐阳, 等. 赣江流域淡水贝类物种多样性及评估[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(4): 928-938.
Yang L M, Liu X J, Xu Y, *et al.* Species diversity and assessment of freshwater Mollusks in the Gan River Basin[J]. *Resources and environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(4): 928-938 (in Chinese).
- [17] 董晓晓, 星亚敏, 舒凤月. 广东中山市的淡水贝类调查初报[J]. *曲阜师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 43(1): 76-80.
Dong X X, Xing Y M, Shu F Y. A preliminary study on species and distributions of freshwater mollusca in Zhongshan City, South China[J]. *Journal of Qufu Normal University (Natural Science Edition)*, 2017, 43(1): 76-80 (in Chinese).
- [18] 刘月英, 张文珍, 王耀先. 医学贝类学 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X. Medical malacology[M]. Beijing: Science Press, 1993 (in Chinese).
- [19] 白志毅, 李家乐, 汪桂玲. 三角帆蚌产珠性能与生长性状和插片部位的关系[J]. *中国水产科学*, 2008, 15(3): 中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- 493-499.
- Bai Z Y, Li J L, Wang G L. Relationship between pearl production, growth traits and the inserted position of mantle piece in triangle mussel (*Hyriopsis cumingii*)[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(3): 493-499 (in Chinese).
- [20] 汪桂玲, 白志毅, 刘晓军, 等. 三角帆蚌种质资源研究进展[J]. *水产学报*, 2014, 38(9): 1618-1627.
- Wang G L, Bai Z Y, Liu X J, *et al.* Research progress on germplasm resources of *Hyriopsis cumingii*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(9): 1618-1627 (in Chinese).
- [21] 李家乐, 白志毅. 淡水养殖新品种——康乐蚌[J]. *中国水产*, 2007(10): 44-45.
- Li J L, Bai Z Y. A new freshwater aquaculture species Kangle clam[J]. *China Fisheries*, 2007(10): 44-45 (in Chinese).
- [22] 贾名静, 李家乐, 牛东红, 等. 长江中下游褶纹冠蚌10个群体CO I 基因序列变异分析[J]. *动物学杂志*, 2009, 44(1): 1-8.
- Jia M J, Li J L, Niu D H, *et al.* Sequence variation of CO I gene in ten populations of *Cristaria plicata* from the middle and lower Yangtze River[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, 44(1): 1-8 (in Chinese).
- [23] 谢绍河, 梁飞龙, 林展新, 等. 附壳造型珍珠培育技术研究[J]. *广东海洋大学学报*, 2011, 31(1): 34-38.
- Xie S H, Liang F L, Lin Z X, *et al.* A study of modeling technique of blister pearl production[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2011, 31(1): 34-38 (in Chinese).
- [24] 张元培. 三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)♀×褶纹冠蚌(*Cristaria plicata*)♂的F₁代育珠性状[J]. *湖南水产科技*, 1982(4): 21-24.
- Zhang Y P. The reproductive traits of *Hyriopsis cumingii* (♀) × *Cristaria plicata* (♂) in F₁ generation[J]. *Hunan Fisheries Science and Technology*, 1982(4): 21-24 (in Chinese).
- [25] 刘其根, 张明星, 陈丽平, 等. 藻种、贝类密度和大小对背角无齿蚌和河蚬摄食率的影响 [J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(3): 331-338.
- Liu Q G, Zhang M X, Chen L P, *et al.* Effects of algal species, shellfish body size and density on the feeding rates of *Anodonta woodiana* and *Corbicula fluminea*[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(3): 331-338 (in Chinese).
- [26] 王剑平. 洞庭湖蚬属的系统分类与生殖特征研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2018.
- Wang J P. Systematic taxonomy and reproductive characteristics of *Corbicula* in the Dongting Lake[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2018 (in Chinese).
- [27] 黄显巧, 司徒玲. 螺源日益紧缺养殖螺势在必行[J]. *中国食品*, 2019(5): 90-91.
- Huang X Q, Si T L. The resource of snails is increasingly scarce, it is imperative to cultivate snails[J]. *China Food*, 2019(5): 90-91 (in Chinese).
- [28] 张健. 大通湖河蚬的周年生产量及繁殖特性研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- Zhang J. Annual production and reproductive characteristics of *Corbicula fluminea* in Datong Lake in Hunan province[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2016 (in Chinese).
- [29] 张彤晴, 唐晟凯, 李大命, 等. 洪泽湖河蚬空间分布及资源量研究[J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(20): 180-187.
- Zhang T Q, Tang S K, Li D M, *et al.* Spatial distribution and resources research of *Corbicula fluminea* in Hongze Lake[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(20): 180-187 (in Chinese).
- [30] 李娣, 毛益佳. 江苏省四大湖泊底栖动物群落结构调查[J]. *生物技术世界*, 2014(5): 29.
- Li D, Mao Y J. Community structure of benthic fauna in four lakes in Jiangsu Province[J]. *Biotech World*, 2014(5): 29 (in Chinese).
- [31] 吴丛迪. 洪泽湖河蚬繁殖特性及黑黄壳色遗传差异分析 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
- Wu C D. Reproduction characteristics and genetic difference of black and yellow shell color of clam Honze Lake[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019 (in Chinese).
- [32] 丁怀宇, 姜虎成, 冯建彬, 等. 河蚬微卫星引物筛选及洪泽湖野生群体遗传结构分析[J]. *水产学报*, 2011, 35(11): 1624-1632.
- Ding H Y, Jiang H C, Feng J B, *et al.* Isolation of microsatellite loci and population genetic structure analysis of wild *Corbicula fluminea* in Hongze Lake[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(11): 1624-1632 (in Chinese).
- [33] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站,

- 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴-2019[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
- Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Aquatic Technology Extension Station, China Fisheries Society. China Fishery Statistical Yearbook 2019[M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2019 (in Chinese).
- [34] 徐毛喜. 日本池蝶蚌的繁育技术[J]. 科学养鱼, 2001(4): 20.
- Xu M X. Reproduction technique of *Hyriopsis schlegelii* in Japan[J]. Scientific Fish Farming, 2001(4): 20 (in Chinese).
- [35] 农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第324号[EB/OL]. (2020-08-20)[2020-08-27]. http://www.moa.gov.cn/nygb/2020/202009/202011/t20201124_6356895.htm.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Announcement No. 324 of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China [EB/OL]. (2020-08-20) [2020-08-27]. http://www.moa.gov.cn/nygb/2020/202009/202011/t20201124_6356895.htm (in Chinese).
- [36] 李家乐, 董志国, 李应森, 等. 中国外来水生动植物[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2007: 72-79.
- Li J L, Dong Z G, Li Y S, *et al.* Chinese foreign aquatic animals and plants[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2007: 72-79 (in Chinese).
- [37] 梁羡圆. 我国新近引进的一种水产贝类养殖新品种——大瓶螺 (*Ampullaris gigas* Spix)[J]. 海洋湖沼通报, 1985(1): 81-82.
- Liang X Y. Successful introduction of a new aquatic mollusc from the amazon-*Ampullarja gigas* Spix[J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1985(1): 81-82 (in Chinese).
- [38] 周卫川. 散大蜗牛及其检疫重要性[J]. 福建果树, 2004(3): 19-21.
- Zhou W C. The importance of brown garden snail quarantine[J]. Fujian Fruits, 2004(3): 19-21 (in Chinese).
- [39] 丁建清, 解焱. 中国外来种入侵机制及对策. 保护中国的生物多样性 (二)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 107-128.
- Ding J Q, Xie Y. Foreign species invasion mechanism and countermeasure[M]. Protection of biodiversity in China (2). Beijing: China Environment Press, 1996: 107-128 (in Chinese).
- [40] 农业部. 中华人民共和国农业部令 2011 年第 1 号-水产种质资源保护区管理暂行办法 [EB/OL]. (2011-01-05). http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1870719.htm.
- Ministry of Agriculture. Decree of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China (No. 1, 2011) Interim Measures for Administration of Aquatic Germplasm Resources Protection Zones. [EB/OL]. (2011-01-05). http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1870719.htm (in Chinese).
- [41] 盛强, 茹辉军, 李云峰, 等. 中国国家级水产种质资源保护区分布格局现状与分析[J]. 水产学报, 2019, 43(1): 62-80.
- Sheng Q, Ru H J, Li Y F, *et al.* The distribution pattern of national aquatic germplasm reserves in China[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(1): 62-80 (in Chinese).
- [42] 农业部办公厅. 农业农村部办公厅关于公布第十一批国家级水产种质资源保护区面积范围和功能分区的通知 [EB/OL]. (2018-11-05) [2018-11-06]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5442406.htm.
- General Office of MOA. The Notice of Tenth Batch of National Aquatic Germplasm Resources Reserve Area and Function Partition [EB/OL]. (2018-11-05) [2018-11-06]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5442406.htm (in Chinese).
- [43] 环境保护部自然保护司. 全国自然保护区名录 (2014)[M]. 北京: 中国环境出版社, 2015: 1-160.
- Department of Nature Protection, Ministry of Environmental Protection. National nature reserve list (2014)[M]. Beijing: China Environment Press, 2015: 1-160 (in Chinese).
- [44] 周卫川, 林晶, 肖琼. 武夷山自然保护区陆生贝类物种多样性研究[J]. 福建林业科技, 2011, 38(3): 1-7.
- Zhou W C, Lin J, Xiao Q. Study on species diversity of land seashell in Wuyi Mountain nature reserve[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2011, 38(3): 1-7 (in Chinese).
- [45] 刘佳敏, 李文娟, 施志仪, 等. 三角帆蚌cyclin B基因克隆及功能[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(4): 496-505.
- Liu J M, Li W J, Shi Z Y, *et al.* Expression and function of cyclin B gene in *Hyriopsis cumingii*[J]. Journal of China Water Resources Society sponsored by China Society of Fisheries

- Shanghai Ocean University, 2020, 29(4): 496-505 (in Chinese).
- [46] 舒凤月, 王海军, 崔永德, 等. 长江流域淡水软体动物物种多样性及其分布格局[J]. 水生生物学报, 2014, 38(1): 19-26.
- Shu F Y, Wang H J, Cui Y D, *et al.* Diversity and distribution pattern of freshwater molluscs in the Yangtze River basin[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(1): 19-26 (in Chinese).
- [47] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于加强农业种质资源保护与利用的意见 [EB/OL]. (2020-02-11). http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-02/11/content_5477302.htm.
- General Office of the State Council. Opinions of the General Office of the State Council on Strengthening the Protection and Utilization of Agricultural Germplasm Resources[EB/OL]. (2020-02-11). http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-02/11/content_5477302.htm (in Chinese).

Germplasm resources situation and protection & utilization of freshwater molluscs in China

BAI Zhiyi^{1,2,3}, WEN Pengchao¹, YUAN Li¹, WANG Guiling^{1,2,3}, LI Jiale^{1,2,3*}

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Shanghai Collaborative Innovation for Aquatic Animal Genetics and Breeding, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Freshwater shellfish resources are abundant in China. More than 470 species of freshwater shellfish have been recorded and are widely distributed in lakes, rivers and intermountain wetlands in China. Among them, the unique germplasm resources are very rich where the proportion of specific shellfish species in all major river systems in China is higher than 50%. Freshwater shellfish not only play an important role in the ecosystem, but also have great economic value. The resources of freshwater pearl mussel *Hyriopsis cumingii*, *Cristaria plicata*, as well as some edible shellfish, *Sinotaia quadrata*, *Corbicula fluminea*, etc. are fully exploited. However, due to the wide distribution and diverse habitats of freshwater shellfish, some other freshwater shellfish are only investigated and identified. On the whole, the germplasm resources assessment of freshwater shellfish in China is not systematic enough, and the protection, development and utilization of freshwater shellfish have not been paid enough attention. Therefore, in this paper, the species diversity and regional distribution of freshwater mollusks, the sustainable development and utilization of freshwater shellfish germplasm resources, the status quo of introduced freshwater shellfish germplasm resources and the current protection measures of freshwater mollusks germplasm resources in China were summarized, and then, some suggestions on the protection and sustainable utilization of freshwater shellfish germplasm resources were put forward. It is expected to promote the synergistic development of protection, exploitation and utilization of freshwater shellfish resources in China.

Key words: freshwater molluscs; germplasm resources; protection; development

Corresponding author: LI Jiale. E-mail: jlli@shou.edu.cn

Funding projects: National Key Research and Development Program of China (2018YFD0901406); China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-49); National Natural Science Foundation of China (31872565)