

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2019.19148

西藏鱼类寄生虫区系研究现状与影响因素分析

潘瑛子¹, 付佩佩^{2,3}, 陈美群¹

1. 西藏自治区农牧科学院水产科学研究所, 西藏 拉萨 850032;
2. 中国科学院水生生物研究所, 农业农村部水产养殖病害防控重点实验室, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430072;
3. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 西藏水资源丰富, 鱼类进化与青藏高原隆起、自然环境隔离演变息息相关, 与鱼类和水环境密切相关的鱼类寄生虫区系也逐渐引起关注和重视。初步的研究显示, 尽管西藏鱼类种类单一, 但鱼类消化道寄生蠕虫种类较多, 显示较高的多样性, 而且发现了一些裂腹鱼特有的复殖吸虫和棘头虫种类, 以及一些以鸟类为终末宿主的线虫和绦虫种类。西藏特有的放生习俗和候鸟迁徙现象, 水电工程兴建和水体污染现状, 以及土著鱼类资源量下降和青藏高原气候变化等因素, 都有可能影响西藏鱼类寄生虫区系的组成与演变。寄生虫区系调查可为该地区鱼类寄生虫的种类、分布和数量提供详细的数据, 进而了解寄生虫的形成与演变过程, 弄清环境与寄生虫多样性的关系, 为西藏渔业资源的开发与利用提供科学依据。本文对上述问题进行了总结和论述。

关键词: 寄生虫区系; 外来鱼类; 土著鱼类; 青藏高原; 种类组成; 群落多样性

中图分类号: S94

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2019)06-1230-09

1 西藏水资源与鱼类区系

西藏水资源十分丰富, 是亚洲众多大江大河的发源地, 外流河水系中有属于太平洋水系的金沙江及澜沧江和印度洋水系的雅鲁藏布江、怒江、狮泉河、朋曲及察隅曲等; 内流河水系有汇入羊卓雍措的洞加曲和汇入色林错的扎加藏布^[1]。此外, 西藏也是中国湖泊面积最大、分布最密集的省区, 面积超过 100 平方公里的湖泊有 58 个, 超过 1 平方公里的有 833 个^[2], 约占全国湖泊总面积的三分之一^[1]。西藏湖泊类型多样化, 既有诸多的咸水湖, 也不乏淡水湖和盐水湖^[1]; 从成因来看, 既有地壳构造运动使地表拗陷积水形成的构造湖, 如色林错(Lake Selinco), 也有山崩滑坡、冰川泥石流等堵截河谷或河床后贮水形成的堰塞湖等, 如然乌湖(Ranwu Lake)^[3]。

西藏独特的自然条件和复杂的水系格局孕育了特有的鱼类资源。西藏鱼类区系组成简单, 鲤形目的裂腹鱼亚科、条鳅亚科和鲇形目的鲇科 3 大类群占西藏鱼类的 93% 以上, 裂腹鱼不论在种类还是数量上都占有绝对优势^[1, 4]。各水系中的鱼类由于长期地理隔离, 演化出特有种甚至是特有种, 如雅鲁藏布江中、上游的 6 种裂腹鱼中, 4 种为该水域所特有, 另外 2 种分化为多个亚种, 也均为西藏所特有; 长江水系(西藏段)的 22 种裂腹鱼中, 18 种是西藏的特有种; 其他水系的特有种也至少占各自鱼类组成种类数的一半以上, 具有明显的区域性^[4-5]。

这些特有鱼类与青藏高原隆起、自然环境隔离演变密切相关^[4, 6], 因此, 西藏鱼类区系组成引起了中外研究者的极大兴趣, 到 90 年代, 研究者们对西藏鱼类区系进行了较为系统的总结^[4, 7]。近

收稿日期: 2019-05-16; 修订日期: 2019-06-30.

基金项目: 西藏自治区自然科学基金(XZ2018ZRG-42); 农业农村部财政专项(西藏重点水域渔业资源与环境调查).

作者简介: 潘瑛子(1984-), 女, 助理研究员, 硕士, 专业方向为高原鱼类养殖与病害. E-mail: pyingzi_tibet@163.com

通信作者: 陈美群, 女, 助理研究员. E-mail: cmq1986007@163.com

几年, 调查研究包括雅鲁藏布江^[8-9]及错那、错鄂、巴松措、哲古措“一江四湖”的鱼类区系。与水环境和鱼类密切相关的西藏鱼类寄生虫区系也逐渐引起关注。

2 西藏鱼类寄生虫区系研究现状

2.1 鱼类寄生虫简介

鱼类寄生虫是一类寄生于鱼体内或附着于体表, 夺取宿主营养以维持生存、发育、繁殖的寄生生物, 可分为寄生原生动物、寄生蠕虫和寄生甲壳动物三大类^[10]。寄生原生动物包括肉足鞭毛门(Sarcomastigophora)、顶复门(Apicomplexa)、黏体动物门(Myxozoa)和纤毛门(Ciliophora)等; 寄生蠕虫包括扁形动物门(Platyhelminthes)、线形动物门(Nematoda)、环节动物门(Annelida)的蛭纲(Hirudinea)以及棘头动物门(Acanthocephala), 其中寄生扁形动物主要包括绦虫纲(Cestoda)、单殖吸虫纲(Monogenea)和吸虫纲(Trematoda); 寄生甲壳类则主要包括节肢动物门(Arthropoda)甲壳动物亚门(Crustacea)中的桡足亚纲(Copepoda)、鳃尾亚纲(Branchiura)和真软甲亚纲(Eumalacostraca), 如锚头蚤、鱼鲙和鱼怪等^[10]。

2.2 中国鱼类寄生虫区系研究概况

动物区系(fauna)是指特定区域内在历史发展过程中形成而在现代生态条件下存在的动物类型的总体, 动物区系调查可为该地区动物的种类、分布和数量提供详细数据, 进而了解动物区系的形成与演变过程, 弄清环境与动物多样性的关系; 也可为该地区动物资源的开发与利用提供科学依据^[11-12]。根据区系, 世界分为六大动物地理区, 即古北界(Palaearctic realm)、新北界(Nearctic realm)、新热带界(Neotropical realm)、旧热带界(Ethiopian realm)、东洋界(Oriental realm)和大洋洲界(Australian realm)^[13]。中国动物区系分为 7 区, 即东北区、华北区、蒙新区、青藏区和西南区、华中区、华南区, 分属于古北界和东洋界^[13]。

中国有关鱼类寄生虫区系的研究始于 20 世纪 50 年代^[10], 陈启鏊对青、鲢、鳙、鲤 4 种鱼类寄生原虫区系进行了研究, 指出除寄主本身的特性和环境外, 寄主的食物对寄生虫区系形成起着重要作用^[14-16]。随后, 朗所等对太湖鱼类的吸虫

进行了调查研究, 指出寄生虫的季节变化与水温、宿主年龄、营养特性、生活方式和寄生虫的生长发育等因素密切相关^[17-25]。此后, 湖北省^[26]、武夷山^[27]、鄱阳湖^[28]、长江三峡^[29]、保安湖^[30]、武陵山^[31]、新疆额尔齐斯河^[32-40]等地区也先后开展过鱼类寄生虫区系的相关研究。这些研究, 不仅摸清了各地区鱼类寄生虫的种类组成和分布特点, 发现并记录一些新种, 为寄生虫对环境适应机制及环境变化对寄生虫群落多样性的影响研究提供了基础资料, 而且查明了对鱼类有害的寄生虫种类, 为鱼类寄生虫病的防治提供了第一手资料。

2.3 西藏鱼类寄生虫区系研究现状

西藏鱼类区系组成单一、区域性明显, 鱼类寄生虫区系是否具有组成简单、特有程度较高等特点还有待研究。李文祥等^[41]于 2004 年对雅鲁藏布江支流拉萨河中的 6 种裂腹鱼和 1 种鳅科鱼类体内寄生蠕虫进行了系统调查, 发现棘头虫、绦虫、线虫各 3 种和异肉吸虫属(*Allocreadium*)的种类, 其中线虫和绦虫以鱼类为中间宿主, 鸟类为终末寄主, 棘头虫和异肉吸虫可能为裂腹鱼所特有, 这些寄生虫组成在一定程度上反映了该地区的动物区系特点。该研究还分析了寄生虫群落结构特点: 在 5 种裂腹鱼及 1 种高原鳅中都发现了 4~6 种寄生蠕虫, 物种丰富度较高; 与高原鳅不同的是, 5 种裂腹鱼蠕虫群落的 Shannon-Wiener 多样性指数较高, 群落之间的相似性也相对较高, 而裂腹鱼与高原鳅寄生蠕虫的群落相似性则较低^[41]。此外, 1964 年报道了在西藏发现的一个新种, 西藏马颈鱼虱(*Tracheliastes tibetanus*)^[42]; 近期, 报道了雅鲁藏布江裂腹鱼体内寄生粘孢子虫 1 个新种, 林芝碘泡虫(*Myxobolus linziensis* n. sp.)^[43], 以及 1 个绦虫新属新种, 聂氏拟短结绦虫(*Parabreviscolex niepini* n. g., n. sp.)^[44]。

尽管西藏鱼类寄生虫的区系调查刚刚起步, 但这些初步研究结果显示, 西藏高原的鱼类寄生虫组成与中国平原地区有明显差异, 很多寄生虫是新种, 是西藏鱼类的特有种类; 而且这些鱼类寄生虫组成与西藏鸟类区系组成密切相关。因此, 在西藏更多的水系进行鱼类寄生虫区系调查, 进一步调查西藏鱼类体外和体内寄生虫的组成, 分

析鱼类寄生虫群落结构与西藏水环境和动物区系组成之间的关系,对弄清西藏地区的鱼类寄生虫组成和分布特点,以及评价人类活动和环境变化对生物多样性的影响动都有较大的理论意义和应用价值。

3 西藏鱼类寄生虫区系的影响因素

3.1 外来鱼类对西藏鱼类寄生虫区系的影响

西藏一直有放生习俗,特别是每年藏历四月的“萨嘎达瓦”为期 1 个月的放生节期间,大量的外来鱼类被放入了天然水域,通过争夺食物、栖息地、繁殖场所,甚至吞食土著鱼类的卵粒及幼鱼等存活下来,并大量繁殖。鲤、鲫、麦穗鱼、棒花鱼等不少广温性鱼类在拉鲁湿地^[45]、茶巴朗湿地^[46]及雅鲁藏布江干、支流^[47-48]等天然水域已成功建立种群,对环境适应能力极强。可以预见在将来的很长一段时间内,仍然会有大量的外来鱼类被放入西藏的自然水域中,随之而来的是寄生虫入侵问题。

共引入寄生虫对土著鱼类具有更强的致病力,可能对土著鱼类种群产生灾难性影响。总结不同外来宿主及其所携带寄生虫信息,发现 98 例中超过 50% 的外来宿主是淡水鱼,最常见的共引入寄生虫为蠕虫,约占总数的 49%^[49]。16 例致病力信息能够被获悉的案例中,14 例均显示引入寄生虫在本地宿主中的致病力强于原宿主^[49],这是由于本地宿主与外来寄生虫间没有经历协同进化,缺乏相应的抗性或耐受力,因而更容易被感染致病^[50]。寄生虫可以通过对宿主死亡率和繁殖率的影响调控宿主的种群大小^[51],从而影响土著宿主群落和生物多样性,并影响生态系统^[51-52]。粗厚鳃居线虫(*Anguillicola crassus*)寄生日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)会严重损害鱼鳃的正常功能,入侵欧洲和北美后,导致野生的美洲鳗鲡(*Anguilla rostrata*)的大规模感染,种群数量急剧下降、几乎灭绝,给鳗鲡养殖产业带来了毁灭性的灾难^[53]。鳃头槽绦虫(*Bothriocephalus acheilognathi*)随着中国的草鱼、鲤被引入世界各地,由于宿主特异性较低,在全世界超过 200 余种鱼类的胃肠道中被发现^[54],引起了大规模疾病的爆发,造成了大量宿主的死

亡,严重威胁到土著鱼类种群的生态安全^[55]。此外,外来寄生虫作为新的病原体,会扰乱甚至改变引入地寄生虫的种类组成,并造成当地生物多样性的丧失。

3.2 兴建水电站对西藏寄生虫区系组成的影响

国家致力于西藏水资源的开发利用,雅鲁藏布江等流域的水电站数量逐年增加。水电站的建设对水生态环境影响巨大,不仅对会引起河流形态、水流速度、水温及水质的变化,也会使库区浮游生物、底栖生物的种类和数量等发生改变^[56]。而这些非生物及生物因子的变化,会引起鱼类寄生虫区系的变化。

鱼类寄生虫的群落结构和多样性与水环境密切相关。Macnabt 等^[57]的研究表明:环境温度上升会直接导致寄生虫生长发育速度的提高。Karvonen 等^[58]指出鱼类寄生虫种类及丰度与水温密切相关,较高水温下生活着更多的寄生虫。Overstreet^[59]的综述表明高温有利于增加寄生虫的流行和感染强度。此外,温度还会影响寄生虫的产卵能力和虫卵孵化^[10]。可见,温度可影响鱼类寄生虫的生活、繁殖与传播,进而影响鱼类寄生虫区系的构成。水电站修建时淹没的有机物分解会使水中营养物质增加,可能导致水体的富营养化^[56]。这可能有利于某些寄生虫的生长繁殖,Malmberg^[60]在富营养化的水中发现了更多的三代虫,而某种有间接生命周期线虫 *Eustrongylides* sp. 的大量增殖也被认为和沉积物的有机富积增加有关^[61],水体富营养化还可能提高鱼类寄生虫群落多样性^[62]。Sousa 等^[63]指出水流速度会影响曼氏吸虫(*Schistosoma mansoni*)的传播,光、影、温度、重力和宿主排放的化学物质等环境刺激也会影响单殖吸虫纤毛幼虫和复殖吸虫尾蚴的传播。

浮游动物及底栖生物是许多具有复杂生活史寄生虫的中间宿主,水流、水温和水质的改变都会影响这些生物的种类和数量,从而影响鱼类寄生虫的种类和种群数量。富营养化的水体有利于寡毛类中间宿主的增殖,从而使胃瘤线虫属(*Eustrongylides*)线虫流行率的升高^[61]。而湖泊中作为中间宿主的大型桡足类锐减使鳃头槽绦虫幼虫的数量也大大减少,从而影响向新宿主鱼类的

传播^[64]。可见, 具有复杂生活史的鱼类寄生虫更容易受到环境变化的影响, 自由生活阶段的环境改变或中间宿主的数量减少都会导致鱼类寄生虫数量的减少, 甚至局部灭绝。

3.3 水污染对西藏鱼类寄生虫区系的影响

西藏面临着水污染问题: 流经拉萨辖区的 3 条河流均出现不同程度污染^[65]; 雅鲁藏布江中上游江段水体有富营养化倾向, 超出渔业水质标准^[66]; 尼洋河流域面临着农业、畜禽养殖和生活污水等污染问题^[67]。

水污染也会影响寄生虫的种群数量和群落多样性。通常, 随着污染程度的增加, 具有间接生命周期的体内寄生虫(endoparasite)感染数量趋于减少, 而体外寄生虫(ectoparasite)感染数量有增加趋势^[68]。总结纤毛虫、单殖吸虫、复殖吸虫、线虫、绦虫和棘头虫对水体的富营养化, 造纸废水、热废水和污水的排放, 以及油、酸雨、和重金属等不同污染的影响, 具有直接生命周期的纤毛虫在好几类污染中数量随污染程度的增加而增加, 而复殖吸虫、棘头虫等具有间接生命周期的寄生虫, 在大部分污染中, 数量都随着污染程度的增加而减少^[69]。这可能是因为体内寄生虫在宿主消化道内可直接与污染物接触, 或污染物通过影响中间宿主间接作用于体内寄生虫; 而体外寄生虫与外部环境直接接触, 在自然演化过程中产生了抵抗力, 更能忍受某些类型的环境变化^[68]。

3.4 候鸟迁徙对西藏鱼类寄生虫区系的影响

青藏高原是候鸟迁徙的重要线路和栖息地。最新研究认为, 目前全球共有 9 条候鸟迁徙路线, 其中, 东亚-澳大利亚、中亚和西亚-东非这 3 条迁徙路线经过中国^[69]。除全球性迁徙外, 还存在区内局部迁徙^[70]。

鸟类是很多寄生虫的终末宿主, 如舌状绦虫(*Ligula intestinalis*)的成虫就寄生于鸥鸟的肠道中, 受精卵同鸥鸟粪便一起排入水中, 孵化出钩球蚴, 钩球蚴被水蚤吞食后, 在其体内发育为原尾蚴, 鱼吞食感染的水蚤后, 原尾蚴穿过鱼的肠壁到达体腔, 发育为裂头蚴, 鸥鸟摄食感染了裂头蚴的鱼类后, 在鸥鸟肠内发育为成虫并产卵, 又开始上述生活史^[71]。因此, 局部水域鸟类的数量影响

着寄生虫虫卵的排出数量和感染期幼虫数量, 而鸟类的迁徙则促进了不同地区间寄生虫的传播。

3.5 土著鱼类资源量下降对西藏鱼类寄生虫区系的影响

西藏土著鱼类具有生长缓慢、性成熟晚、繁殖力低、种间组成简单且相对稳定、对生境高度依赖等特点, 随着外来鱼类入侵、水电水利设施兴建、过度捕捞和水质环境变化等, 西藏鱼类资源面临着极大威胁^[5]。

诸多研究表明, 寄生虫的感染丰度、群落结构等与宿主鱼类的年龄和个体大小呈正相关, 鱼类个体越大, 寄生虫种类和感染丰度也会越高; 而寄主的年龄越大, 累积的寄生虫的也会越多^[72]。

3.6 青藏高原气候变化对西藏鱼类寄生虫区系的影响

最近研究显示, 20 世纪以来青藏高原气候快速变暖, 近 50 年来变暖速度超过全球同期平均升温率的 2 倍, 青藏高原的冰川后退、湖泊扩张、积雪减少、径流增加等, 致使青藏高原及其相邻地区冰川面积退缩了 15%, 湖泊面积扩张了 0.74 万平方公里^[73]。

青藏高原气候变化通过改变湖泊水温和盐度来影响湖泊生态系统^[74]。水体盐度的变化可能对体外寄生虫的影响最为直观和明显, 而体内寄生虫的渗透环境与外寄生虫不同, 是由宿主的肠道、血液、胆囊或其他组织提供的, 受到的影响可能要小一些^[75]。此外, 湖泊盐度变化也会影响浮游动物的种类组成与多样性^[78], 从而影响寄生虫的种类和数量。从长远来看, 气候变化可能会影响鱼类寄生虫的传播和潜在毒力, 但水生系统中寄生虫的传播、繁殖、生存和其生活史既取决于环境中的非生物因素, 也取决于宿主的分布和丰富程度, 因而预测气候变化对寄生虫的影响非常复杂^[76]。

总而言之, 上述几个可能因素并不是彼此孤立存在的, 它们互相影响, 共同作用于西藏鱼类寄生虫区系。如果水生生态系统拥有多样而稳定的鱼类寄生虫区系, 那么该生态系统是健康的, 鱼类寄生虫群落结构的改变可能是水生生态系统受损害的反应^[61]。

4 小结

动物区系研究是综合性的内容,包括分类学、生态学和动物地理学等学科,通过对某一地区全面而系统的调查,掌握现在的动物区系组成,包括种类、分布和数量等,摸清栖息环境和生活条件等,可帮助了解区系的形成和演变规律,从而更好的改造区系,开发利用动物资源^[11-12]。

鱼类寄生虫区系调查是基础研究,通过分类学研究,可以探索未知,弄清寄生虫的种类组成,确定哪些种类是优势种或稀少种,哪些种类是常见种或特有种,是否具有宿主特异性,从而掌握寄生虫群落结构特征,完善或更正分类检索;通过生态学调查,了解生态环境、季节轮替等引起的某种寄生虫的种群动态变化和群落结构差异,归纳总结出寄生虫形成和演变发展的规律,以及地域环境造就的寄生虫区系特性等。通过西藏鱼类寄生虫区系的研究,储备知识、掌握科学资料,将有助于我们去了解和深入研究青藏高原隆升对寄生虫与鱼类宿主协同进化的影响,为将来鱼类资源的开发利用积累寄生虫流行病学资料。

参考文献:

- [1] Bureau of Water Production in Tibet Autonomous Region. Fishes and Fish Resources in Xizang, China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 134-136. [西藏自治区水产局. 西藏鱼类及其资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 134-136.]
- [2] Wan W, Xiao P F, Feng X Z, et al. Monitoring lake changes of Qinghai-Tibetan Plateau over the past 30 years using satellite remote sensing data[J]. Chinese Science Bulletin, 2014, 59(8): 701-714. [万玮, 肖鹏峰, 冯学智, 等. 卫星遥感监测近 30 年来青藏高原湖泊变化[J]. 科学通报, 2014, 59(8): 701-714.]
- [3] Chen Z M. The origin of lakes on Xizang Plateau[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1981, 12(2): 178-187. [陈志明. 青藏高原湖泊的成因[J]. 海洋与湖沼, 1981, 12(2): 178-187.]
- [4] Wu Y F, Tan Q J. Characteristics of the fish-fauna of the characteristics of Qinghai-Xizang Plateau and its geological distribution and formation[J]. Acta Zoologica Sinica, 1991, 37(2): 135-152. [武云飞, 谭齐佳. 青藏高原鱼类区系特征及其形成的地史原因分析[J]. 动物学报, 1991, 37(2): 135-152.]
- [5] Liu H P, Mou Z B, Cai B, et al. Coupling supply-side structural reform and technological innovation boosting the fishery resource conservation process in Tibet[J]. Journal of Lake Sciences, 2018, 30(1): 266-278. [刘海平, 牟振波, 蔡斌, 等. 供给侧改革与科技创新耦合助推西藏渔业资源养护[J]. 湖泊科学, 2018, 30(1): 266-278.]
- [6] Cao W X, Chen Y Y, Wu Y F, et al. Origin and evolution of *Schizothorax* and their relationship with the uplift of the Qinghai-Xizang Plateau[M]//The Qinghai-Tibet Plateau Comprehensive Scientific Expedition from Chinese Academy of Sciences ed. Ages, Amplitudes and Form Problems during the Uplift of the Qinghai-Xizang Plateau. Beijing: Science Press, 1981: 118-130. [曹文宣, 陈宜瑜, 武云飞, 等. 裂腹鱼类的起源和演化及其与青藏高原的隆起关系[M]//中国科学院青藏高原综合科学考察队. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题. 北京: 科学出版社, 1981: 118-130.]
- [7] Zhang C G, Xing L. The ichthyofauna and the regionalization of fishery in the Tibet Region[J]. Journal of Natural Resources, 1996, 11(2): 157-163. [张春光, 邢林. 西藏地区的鱼类及渔业区划[J]. 自然资源学报, 1996, 11(2): 157-163.]
- [8] Li B H, Liu H P, Ma B, et al. Fish Resources in the Yarlung Zangbo River[M]. Lhasa: The Tibet People's Publishing House, 2018. [李宝海, 刘海平, 马波, 等. 雅鲁藏布江鱼类资源[M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 2018.]
- [9] Ji F, Ma B, Wang B Q, et al. Scientific Research Report on Fishery Resources and Environment in Middle Reaches of Yarlung Zangbo River[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019. [纪锋, 马波, 王炳谦, 等. 雅鲁藏布江中游渔业资源与环境科考报告[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.]
- [10] Wang J G. Ichthyopathology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013. [汪建国. 鱼病学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.]
- [11] Zhang J. Talking about the investigation of animal fauna[J]. Chinese Journal of Zoology, 1959(10): 481-482. [张洁. 谈谈动物区系调查[J]. 动物学杂志, 1959(10): 481-482.]
- [12] Liu J F. Understanding of the investigation and study of animal fauna[J]. Chinese Journal of Zoology, 1959(7): 334, 319. [刘矫非. 浅识动物区系的调查研究[J]. 动物学杂志, 1959(7): 334, 319.]
- [13] Liu L Y, Zheng G M. Zoology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 530-541. [刘凌云, 郑光美. 普通动物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 530-541.]
- [14] Chen Q L. The protozoan parasites from four species of Chinese pond fishes: *Ctenopharyngodon idellus*, *Mylopharyngodon piceus*, *Aristichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix* I. The protozoan parasites of *Ctenopharyngodon idellus*[J]. Hydrobiology, 1955(2): 123-164. [陈启鏊. 青、

- 鲢、鳙、鲢等家鱼寄生原生动物的研究 I. 寄生鲢鱼的原生动物[J]. 水生生物学集刊, 1955(2): 123-164.]
- [15] Chen Q L. The protozoan parasites from four species of Chinese pond fishes: *Ctenopharyngodon idellus*, *Mylopharyngodon piceus*, *Aristichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix* II. The protozoan parasites of *Mylopharyngodon piceus*[J]. Hydrobiology, 1956(1): 19-42. [陈启鏊. 青、鲢、鳙、鲢等家鱼寄生原生动物的研究 II. 寄生青鱼的原生动物[J]. 水生生物学集刊, 1956(1): 19-42.]
- [16] Chen Q L. The protozoan parasites from four species of Chinese pond fishes: *Ctenopharyngodon idellus*, *Mylopharyngodon piceus*, *Aristichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix* III. The protozoan parasites of *Aristichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix*[J]. Hydrobiology, 1956(2): 279-298. [陈启鏊. 青、鲢、鳙、鲢等家鱼寄生原生动物的研究 III. 寄生鳙和鲢的原生动物[J]. 水生生物学集刊, 1956(2): 279-298.]
- [17] Lang S, Huai M D. Parasitic worms from Taihu fishes: digenetic trematodes. I. The genus *Phyllodistomum* Braun, 1899 (Gorgoderidae), with descriptions of four new species[J]. Acta Zoologica Sinica, 1958, 10(4): 348-364. [郎所, 怀明德. 太湖鱼类的寄生蠕虫: 复殖吸虫. —I. 发状科, 叶形属, 及四新种的描述[J]. 动物学报, 1958, 10(4): 348-364.]
- [18] Lang S, Li H Z. Parasitic worms from Taihu fishes: digenetic trematodes. II. Opisthorchiidae and other families, with a description of a new species of *Opisthorchis*[J]. Acta Zoologica Sinica, 1958, 10(4): 369-376. [郎所, 李慧珠. 太湖鱼类的寄生蠕虫: 复殖吸虫. II. 后睾科等及一新种后睾吸虫的描述[J]. 动物学报, 1958, 10(4): 369-376.]
- [19] Li H Z, Lang S, Zhu G Q. Worm parasites from Taihu fishes: digenetic trematodes. III. *Asymphlodora* (Monorchidae), with a description of a new species[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 1958: 20-25. [李慧珠, 郎所, 朱国庆. 太湖鱼类的寄生蠕虫: 复殖吸虫. III. 侧殖属(独睾科 Monorchidae)及一新种的描述[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1958: 20-25.]
- [20] Ma C L. Worm parasites from Taihu fishes: digenetic trematodes. IV. *Azygia* (Azygiidae)[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 1958: 26-28. [马成伦. 太湖鱼类的寄生蠕虫: 复殖吸虫. IV. 航尾属(航尾科)[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1958: 26-28.]
- [21] Lang S, Li H Z. Worm parasites from Taihu fishes: digenetic trematodes. VI. Bucephalidae Poche, 1907, with a description of two new genera and four new species and a revision of the family[J]. Acta Zoologica Sinica, 1964, 16(4): 567-580. [郎所, 李慧珠. 太湖鱼类的寄生蠕虫: 复殖吸虫. VI. 牛首科(Bucephalidae Poche, 1907)二新属四新种的描述及科的修订[J]. 动物学报, 1964, 16(4): 567-580.]
- [22] Lang S, Yu K. Worm parasites from Taihu fishes: Monogenea. I. *Dactylogyrus* (Dactylogyridae): *Dactylogyrus* from yuen, lien, huan, qing, bian and fang, with a description of a new species[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 1958: 7-19. [郎所, 虞快. 太湖鱼类的寄生蠕虫: 单殖吸虫. I. 枝环虫属(枝环虫科): 鳙、鲢、鳊、鲢、鳊、鲢的寄生枝环虫及二新种的描述[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1958: 7-19.]
- [23] Lang S, Li H Z. Worm parasites from Taihu fishes: Monogenea. III. Two additional *Dactylogyrus* from yuen and lien with a description of a new species[J]. Acta Zoologica Sinica, 1960, 12(2): 217-220. [郎所, 李慧珠. 太湖鱼类的寄生蠕虫——单殖吸虫. III. 寄生鳙和鲢的又两种枝环虫及一新种描述[J]. 动物学报, 1960, 12(2): 217-220.]
- [24] Lang S. Worm parasites from Taihu fishes: Monogenea. VI. *Dactylogyrus* of Chinese white fish: with description of four new species and a discussion on their Phylogenetic significance[J]. Acta Zoologica Sinica, 1964, 16(1): 21-32. [郎所. 太湖鱼类的寄生蠕虫——单殖吸虫. VI. 鲢鱼的寄生枝环虫, 包括四新种的描述并论及其系谱分类上的意义[J]. 动物学报, 1964, 16(1): 21-32.]
- [25] Hu Z Y, Lang S, Li H Z. On the seasonal incidence of the blood flukes of pond fishes in Taihu, with a description of a new species of *Sanguinicola*[J]. Acta Zoologica Sinica, 1965, 17(3): 278-282. [胡振渊, 郎所, 李慧珠. 太湖青草鲢鳙鲤寄生血居吸虫及其季节感染动态[J]. 动物学报, 1965, 17(3): 278-282.]
- [26] Hubei Institute of Hydrobiology. The Flora of Fish Disease in Hubei Province[M]. Beijing: Science Press, 1973. [湖北省水生生物研究所. 湖北省鱼病病原区系图志[M]. 北京: 科学出版社, 1973.]
- [27] Wang P Q, Sun Y L, Zhao Y R, et al. A list of 120 species of helminths from vertebrate in Wuyi, Fujian Province[J]. Wuyi Science Journal, 1981(S1): 70-78. [汪溥钦, 孙毓兰, 赵玉如, 等. 武夷山脊椎动物寄生蠕虫一百二十种[J]. 武夷科学, 1981(S1): 70-78.]
- [28] Wang X Y. Catalogue of helminthes of fishes in Poyang Lake[J]. Jiangxi Science, 1985, 3(1): 34-48. [王溪云. 鄱阳湖鱼类寄生蠕虫名录[J]. 江西科学, 1985, 3(1): 34-48.]
- [29] Wang W J, Qin Y. Prediction of species composition and growth of fish disease pathogens in Three Gorges Reservoir area[C]/Leading Group of Ecological and Environmental Research Projects of the Three Gorges Project of the Chinese Academy of Sciences ed. Collection of Research Papers on the Impact of the Three Gorges Project on Ecology and Environment and Its Countermeasures. Beijing: Science Press,

- 1987: 66-81. [王伟俊, 亲仪. 三峡工程对库区鱼病病原体种类组成消长的预测[C]//中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组. 长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集. 北京: 科学出版社, 1987: 66-81.]
- [30] Wu H S, Li L X. Preliminary study on fish parasite fauna in Baoan Lake[C]//Hu C L, Huang X F, eds. Collection of Articles on Fishery Ecology and Fishery Development Technology in Baoan Lake. Beijing: Science Press, 1991: 160-170. [伍惠生, 李连祥. 保安湖鱼类寄生虫区系的初步研究[C]//胡传林, 黄祥飞. 保安湖渔业生态和渔业开发技术研究文集. 北京: 科学出版社, 1991: 160-170.]
- [31] Wang W J, Feng W, Li L X, et al. Fish parasitic fauna in Wuling Mountain area[M]//Song D X. Invertebrates in Wuling Mountains, Southwest of China. Beijing: Science Press, 1997: 73-146. [王伟俊, 冯伟, 李连祥, 等. 武陵山地区鱼类寄生虫区系[M]//宋大祥. 西南武陵山地区无脊椎动物. 北京: 科学出版社, 1997: 73-146.]
- [32] Jiao L, Fan J, Zhao J S, et al. Investigation and study on parasites of *Abramis brama orientalis* Berg in Ergis River[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2010, 33(6): 489-491. [焦丽, 樊江, 赵江山, 等. 额尔齐斯河东方欧鳊(*Abramis brama orientalis* Berg)寄生虫调查研究[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(6): 489-491.]
- [33] Wang B L, Zhao J S, Jiao L, et al. The parasites fauna of *Carassius auratus gibelio* Bloch in Ergis River[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(8): 1505-1508. [汪博良, 赵江山, 焦丽, 等. 额尔齐斯河银鲫寄生虫区系调查研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(8): 1505-1508.]
- [34] Wang X, Jiao L, Wang B L, et al. Investigation on the seasonal dynamic state of parasites and parasitic condition of dominant species in *Rutilus rutilus lacustris* from Ergis River[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2012, 35(1): 38-41. [王新, 焦丽, 汪博良, 等. 额尔齐斯河湖拟鲤寄生虫季节动态及其优势虫种的寄生情况调查研究[J]. 新疆农业大学学报, 2012, 35(1): 38-41.]
- [35] Zhang X L, Jiao L, Hao C L, et al. Species composition and parasitic characteristics of parasites of *Cyprinus carpio* Linnaeus in Ergis River[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2012, 49(3): 576-580. [张晓玲, 焦丽, 郝翠兰, 等. 额尔齐斯河鲤鱼寄生虫的种类组成及寄生特性[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(3): 576-580.]
- [36] Zhang Z L, Long M, Jia S A, et al. A preliminary study on Cestoidea species of fishes in Ergis River[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2013, 50(12): 2325-2329. [张子龙, 龙敏, 贾舒安, 等. 额尔齐斯河鱼类绦虫种类的研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(12): 2325-2329.]
- [37] Wang N. Studies on parasitic fauna of protion fish nematode and molecular systematics of *Contracaecum* sp. in the Ergis River[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013. [王娜. 额尔齐斯河部分鱼类线虫区系调查及对盲囊线虫分子系统发育研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.]
- [38] Zhang F. Studies on fauna of digenetic trematode of fish and phylogenetic systematics of Allocreadiidae in Irtysh River[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014. [张斐. 额尔齐斯河鱼类复殖吸虫区系及异肉科吸虫的系统发育学研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.]
- [39] Wang J J. Analyze classification and epidemiological characteristic of parasites on Cobitidae in Irtysh River[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016. [王京京. 额尔齐斯河鳅科鱼类寄生虫病原分类及流行病学特点分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.]
- [40] Parengul·Rahat. Epidemic characteristics of *Diplostomum* and identification on two kinds of diplostomidae of *Esox lucius* in Irtysh River[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016. [潘林古丽·热哈提. 额尔齐斯河白斑狗鱼复口吸虫的流行特点分析及两种双穴科吸虫的分类鉴定[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.]
- [41] Li W X, Zhang L Q, Gao Q, et al. Endohelminths and their community characteristics in fish of the Lhasa River in Tibet of China[J]. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(2): 1-8. [李文祥, 张立强, 高谦, 等. 西藏拉萨河鱼类内寄生蠕虫的种类组成及其群落特征[J]. 动物学杂志, 2008, 43(2): 1-8.]
- [42] Kuang P R. The description of two Tracheliastes (parasitic copepods)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1964, 5(1): 55-62. [匡溥人. 两种马颈鱼虱(寄生桡足类)的记述[J]. 水生生物学集刊, 1964, 5(1): 55-62.]
- [43] Li P, Xi B W, Zhao X, et al. *Myxobolus linzhiensis* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) from the gill filament of *Schizothorax oconnori* Lloyd (Cyprinidae: Schizothoracinae) in Tibet, China: morphological and molecular characterization[J]. Parasitology Research, 2017, 116(11): 3097-3103.
- [44] Xi B W, Oros M, Chen K, et al. A new monozoic tapeworm, *Parabreviscolex niepini* n. g., n. sp. (Cestoda: Caryophyllidea), from schizothoracine fishes (Cyprinidae: Schizothoracinae) in Tibet, China[J]. Parasitology Research, 2017, 117(2): 347-354.
- [45] Fan L Q, Tu Y L, Li J C, et al. Fish assemblage at the Lhalu Wetland: Does the native fish still exist[J]. Resources Science, 2011, 33(9): 1742-1749. [范丽卿, 土艳丽, 李建川, 等. 拉萨市拉鲁湿地鱼类现状与保护[J]. 资源科学, 2011, 33(9): 1742-1749.]
- [46] Ding H P. Studies on the biology of exotic fishes in Chabaling Wetland and their stresses on native fishes[D]. Wu-

- han: Huazhong Agricultural University, 2014. [丁慧萍. 茶巴朗湿地外来鱼类的生物学及其对土著鱼类的胁迫[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.]
- [47] Li B H, Zhu T B, Li L. Exotic Fish in Tibet[M]. Lhasa: The Tibet People's Publishing House, 2017: 21-114. [李宝海, 朱挺兵, 李雷. 西藏的外来鱼类[M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 2017: 21-114.]
- [48] Fan L Q, Liu H P, Lin J, et al. Non-native fishes: distribution and assemblage structure in the Lhasa River Basin, Tibet, China[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2016, 40(5): 958-967. [范丽卿, 刘海平, 林进, 等. 拉萨河流域外来鱼类的分布、群落结构及其与环境的关系[J]. 水生生物学报, 2016, 40(5): 958-967.]
- [49] Lymbery A J, Morine M, Kanani H G, et al. Co-invaders: The effects of alien parasites on native hosts[J]. International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife, 2014, 3(2): 171-177.
- [50] Fassbinder-Orth C A, Barak V A, Brown C R. Immune responses of a native and an invasive bird to Buggy creek virus (*Togaviridae: Alphavirus*) and its arthropod vector, the swallow bug (*Oeciocercus vicarius*)[J]. PLoS ONE, 2013, 8(2): e58045.
- [51] Kong M M, Li W X. Invasion of alien parasites and its impacts on native hosts[J]. Journal of Hydroecology, 2016, 37(4): 10-15. [孔萌萌, 李文祥. 外来寄生虫入侵及其对土著宿主的影响[J]. 水生态学杂志, 2016, 37(4): 10-15.]
- [52] Dunn A M, Hatcher M J. Parasites and biological invasions: parallels, interactions, and control[J]. Trends in Parasitology, 2015, 31(5): 189-199.
- [53] Sures B. Parasites as a threat to freshwater eels[J]. Science, 2004, 304(5668): 209-211.
- [54] Scholz T, Kuchta R, Williams C. Bothriocephalus acheilognathi[M]//Woo P T K, Buchmann K, eds. Fish Parasites: Pathobiology and Protection. Wallingford: CAB International, 2012: 282-297.
- [55] Salgado-Maldonado G, Matamoros W A, Kreiser B R, et al. First record of the invasive Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* in Honduras, Central America[J]. Parasite, 2015, 22: 5.
- [56] Li Q Q. Aquatic ecological environmental impact assessment of Dahejia hydropower station project[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2017. [李庆庆. 大河家水电站工程对水生生态环境的影响研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2017.]
- [57] MacNab V, Barber I. Some (worms) like it hot: fish parasites grow faster in warmer water, and alter host thermal preferences[J]. Global Change Biology, 2012, 18(5): 1540-1548.
- [58] Karvonen A, Kristjánsson B K, Skúlason S, et al. Water temperature, not fish morph, determines parasite infections of sympatric Icelandic threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*)[J]. Ecology and Evolution, 2013, 3(6): 1507-1517.
- [59] Overstreet R M. Abiotic factors affecting marine parasitism[C]//Mettrick D F, Desser S S, eds. Proceedings of the Fifth International Congress of Parasitology. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press, 1982: 36-39.
- [60] Malmberg G. On the presence of *Gyrodactylus* in Swedish fishes with description of species and a summary in English[J]. Systematic Parasitology, 1956: 20-78.
- [61] Lymbery A J, Hassan M, Morgan D L, et al. Parasites of native and exotic freshwater fishes in south-western Australia[J]. Journal of Fish Biology, 2010, 76(7): 1770-1785.
- [62] Khan R A, Thulin J. Influence of pollution on parasites of aquatic animals[M]//Advances in Parasitology. Amsterdam: Elsevier, 1991, 30: 201-238.
- [63] Sousa W P, Grosholz E D. The influence of habitat structure on the transmission of parasites[M]//Habitat Structure. Dordrecht: Springer Netherlands, 1991: 300-324.
- [64] Marcogliese D J. The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites to fish[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1995, 5(3): 336-371.
- [65] Ding H R. Research on total quantity of water pollutants in city areas of Lhasa[D]. Chengdu: Sichuan University, 2005. [丁海容. 拉萨市城区段水环境污染总量控制研究[D]. 成都: 四川大学, 2005.]
- [66] Li H J. Studies on the biology and population ecology of *Glypiosternon maculatum* (Regan) in the Brahmaputra River, China[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008: 48-49. [李红敬. 黑斑原鲌个体生物学及种群生态研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008: 48-49.]
- [67] Wang H L. Study on situation of water environment and protection countermeasure in Niyang River Valley[D]. Lhasa: Tibet University, 2011. [王洪亮. 尼洋河流域水环境现状调查及保护对策研究[D]. 拉萨: 西藏大学, 2011.]
- [68] Marcogliese D J. Parasites: Small players with crucial roles in the ecological theater[J]. EcoHealth, 2004, 1(2): 151-164.
- [69] Lafferty K D. Environmental parasitology: What can parasites tell us about human impacts on the environment?[J]. Parasitology Today, 1997, 13(7): 251-255.
- [70] Yin X Y. Let the birds tell the world a poetic, civilized and modern China: China passage for global migratory birds migration[N/OL]. People's Daily (Overseas Edition). (2015-11-15). http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2015-11/13/content_1632719.htm. [尹晓宇. 让鸟儿告诉世界一个诗意文明现代的中国——全球候鸟迁徙的中国通道[N/OL].

- 人民日报(海外版). (2015-11-15). http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2015-11/13/content_1632719.htm.]
- [71] Deng L K. Epidemic model of *Ligula intestinalis* and its stability analysis[D]. Chongqing: Southwest University, 2017. [邓连康. 舌状绦虫传染病模型及其稳定性分析[D]. 重庆: 西南大学, 2017.]
- [72] Johnson M W, Nelson P A, Dick T A. Structuring mechanisms of yellow perch (*Perca flavescens*) parasite communities: host age, diet, and local factors[J]. Canadian Journal of Zoology, 2004, 82(8): 1291-1301.
- [73] Chinese Academy of Sciences. Scientific assessment report on environmental changes in the Tibetan plateau[R/OL]. (2015-11-18). http://www.cas.cn/yw/201511/t20151117_4465636.html. [中国科学院. 青藏高原环境变化科学评估[R/OL]. (2015-11-18). http://www.cas.cn/yw/201511/t20151117_4465636.shtml.]
- [74] Lin Q Q, Hou J Z, Han B P. Characteristics of zooplankton community structure in lakes with different salinity and altitude in the Qinghai-Tibet Plateau: implications of climate change[C]//China Society of Oceanography and Limnology ed. Summary of Papers of the Symposium on Marine and Lagoon Ecological Security under Global Change, 2014: 1. [林秋奇, 侯居峙, 韩博平. 青藏高原不同盐度和海拔高度湖泊浮游动物群落结构特征: 气候变化的影响启示[C]//中国海洋湖沼学会. “全球变化下的海洋与湖沼生态安全”学术交流会议论文集, 2014: 1.]
- [75] Moller H. The effects of salinity and temperature on the development and survival of fish parasites[J]. Journal of Fish Biology, 1978, 12(4): 311-323.
- [76] Marcogliese D J. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment[J]. Canadian Journal of Zoology, 2001, 79(8): 1331-1352.

Current situations in fauna of fish parasite in Tibet and its potential impact factors

PAN Yingzi¹, FU Peipei^{2, 3}, CHEN Meiqun¹

1. Institute of Fishery Sciences, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lasa 850032, China;
2. Key Laboratory of Aquaculture Disease Control, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;
3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Tibet is rich in water resources. Fish evolution is closely related to the uplift of the Qinghai-Tibet Plateau and the evolution of natural environment isolation. Fish parasite fauna closely related to fish and water environment has also gradually attracted attention. Preliminary studies have shown that although the species of fish in Tibet are single, there are many species of parasitic worms in the digestive tract of fish, showing a high diversity. Some species of *Clonorchis* and *Echinococcus* endemic to schizophrenia, as well as some species of threadworms and tapeworms with birds as their final hosts have been found. The composition and evolution of fish parasite fauna in Tibet may be affected by the unique releasing habits and migratory bird migration, the construction of hydropower projects and the status of water pollution, as well as the decline of indigenous fish resources and climate change in the Qinghai-Tibet Plateau. The investigation of parasite fauna can provide detailed data for the species, distribution and quantity of fish parasites in this area, further understand the formation and evolution process of parasites, clarify the relationship between environment and parasite diversity, and provide scientific basis for the development and utilization of fishery resources in Tibet. In this paper, the above problems are summarized and discussed.

Key words: parasite fauna; exotic fish; native fish; Qinghai-Tibet Plateau; species composition; community diversity
Corresponding author: CHEN Meiqun. E-mail: cmq1986007@163.com