

西藏黑斑原鲢消化道寄生蠕虫的群落结构和感染情况

潘瑛子

COMMUNITY STRUCTURE AND INFECTION OF GASTROINTESTINAL HELMINTHS IN *GLYPTOSTERNUM MACULATUM* FROM TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

PAN Ying-Zi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2021.2020.176>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

西藏黑斑原繁殖群体两性异形研究

SEXUAL DIMORPHISM IN SEXUALLY MATURE *GLYPTOSTERNUM MACULATUM* IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(6): 1203–1209 <https://doi.org/10.7541/2018.147>

西藏两种裂腹鱼鱼肉质构特征比较分析

TEXTURE ANALYSES OF TWO SCHIZOTHORACINAE FISHES IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(6): 1224–1231 <https://doi.org/10.7541/2018.150>

西藏高原鳅、细尾高原鳅和异尾高原鳅消化道结构的比较

CHARACTERISTICS OF THE MORPHOLOGY AND HISTOLOGY OF DIGESTIVE TRACT OF *TRIPLOPHYSA TIBETANA*, *TRIPLOPHYSA STENURA* AND *TRIPLOPHYSA STEWARTI*

水生生物学报. 2018, 42(2): 342–348 <https://doi.org/10.7541/2018.043>

影响西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间的几个因素分析

ANALYZING SURVIVAL FACTORS OF NAUPLII IN FRESHWATER ON *ARTEMIA* IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

水生生物学报. 2020, 44(6): 1270–1277 <https://doi.org/10.7541/2020.148>

西藏双须叶须鱼八种年龄鉴定材料的比较研究

VALUES OF EIGHT STRUCTURES AS AGE DETERMINATION OF *PTYCHOBARBUS DIPOGON*, TIBET AUTONOMOUS REGION

水生生物学报. 2019, 43(3): 579–588 <https://doi.org/10.7541/2019.070>

西藏巨须裂腹鱼早期发育特征

CHARACTERISTICS OF EARLY DEVELOPMENT OF *SCHIZOTHORAX MACROPOGON* IN XIZANG AUTONOMOUS REGION, CHINA

水生生物学报. 2019, 43(2): 367–378 <https://doi.org/10.7541/2019.046>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2021.2020.176

## 西藏黑斑原鲌消化道寄生蠕虫的群落结构和感染情况

潘瑛子

(西藏自治区农牧科学院水产科学研究所, 西藏土著鱼类繁育与利用技术工程研究中心, 拉萨 850032)

**摘要:** 为了解西藏特有鱼类黑斑原鲌(*Glyptosternum maculatum*)消化道寄生蠕虫的群落结构和感染情况, 于2019年5—8月对383尾黑斑原鲌进行了调查。在黑斑原鲌消化道中共发现7种寄生蠕虫, 分别为深槽绦虫未定种(*Bothriocephalus* sp.)、原头绦虫未定种(*Proteocephalus* sp.)、异肉吸虫未定种(*Allocreadium* sp.)、新棘吻虫未定种(*Neoechinorhynchus* sp.)、裸鲤棘头虫(*Echinorhynchus gymnocyprii*)、*Contracaecum eudyptulae*和杆咽线虫未定种(*Rhabdochona* sp.), 并对各个物种的形态特征进行了描述。将黑斑原鲌按整个群体、不同性别和不同全长群体进行划分, 分别对其消化道寄生蠕虫的群落多样性和优势虫种进行分析, 并对各寄生蠕虫物种的感染情况进行统计。结果表明: 在黑斑原鲌群体中, 消化道寄生蠕虫群落的Shannon-Wiener指数为1.53, Berger-Parker指数为0.37, 优势物种为*C. eudyptulae*, 其感染数量、感染率、感染强度和平均丰度均为最高; 在黑斑原鲌不同性别群体中, Shannon-Wiener指数为0.26—1.57, Berger-Parker指数为0.34—0.93, 优势物种为*C. eudyptulae*, 雄性群体中新棘吻虫未定种也为优势虫种, 两者的感染率和平均丰度均较高; 在黑斑原鲌不同全长群体中, Shannon-Wiener指数为0.22—1.59, Berger-Parker指数为0.34—0.94, 优势物种为*C. eudyptulae*或新棘吻虫未定种, 感染率和平均丰度基本以二者为最高。研究进一步明确了西藏鱼类寄生虫的种类组成和寄生特点, 为研究体内寄生蠕虫的环境适应性及与宿主的协同进化提供基础资料。

**关键词:** 黑斑原鲌; 消化道; 寄生蠕虫; 群落结构; 感染率; 平均丰度; 西藏

中图分类号: S941.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2021)05-1034-12



鱼类寄生蠕虫种类包括绦虫、单殖吸虫、复殖吸虫、盾腹吸虫、线虫和棘头虫, 其群落由一定时间内寄生于一定空间内某种鱼类或所有鱼类的蠕虫种群的集合构成, 结构特征包括物种组成、多样性和优势物种三方面<sup>[1]</sup>。

西藏位于青藏高原西南部, 拥有着独特而复杂的地理环境, 包括多样的地形、多变的气候、相对较低的纬度等, 水资源十分丰富。西藏特殊的环境造就了特殊的鱼类区系<sup>[2]</sup>, 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属<sup>[3]</sup>。如隶属于鲶形目(Siluriformes)、鲃科(Sisoridae)、原鲌属(*Glyptosternum*)的黑斑原鲌(*Glyptosternum maculatum*), 是中国唯一的原鲌属鱼类<sup>[4-6]</sup>, 在中国仅分布于雅鲁藏布江, 也是雅鲁藏布江中唯一分布于海拔4200 m以上江段的鲃科鱼类<sup>[7, 8]</sup>。由于黑斑原鲌的特殊性, 它成为了全面研究中国鲃科鱼类系

统发育, 以及生物地理学和高原适应进化机制的重要物种<sup>[9-12]</sup>, 对它的研究包括个体生物学<sup>[13-18]</sup>、遗传学<sup>[19-22]</sup>、群体形态<sup>[4-6]</sup>、微生物群落<sup>[23]</sup>和人工繁育<sup>[5, 24, 25]</sup>等诸多方面, 其基因组草图<sup>[26]</sup>也已公布。但黑斑原鲌寄生虫的相关研究, 却未见报道。西藏鱼类寄生虫的研究非常有限, 除新种的报道<sup>[27-29]</sup>外, 李文祥等<sup>[30]</sup>对雅鲁藏布江支流拉萨河土著鱼类体内寄生蠕虫的群落结构特征进行了研究, 在5种裂腹鱼和1种高原鳅的腹腔和消化道中共发现寄生蠕虫10种, 其中, 裂腹鱼寄生蠕虫物种组成相似, 多样性指数较高, 优势物种为线虫和棘头虫。潘瑛子等<sup>[31]</sup>总结了这些研究成果, 初步推测西藏的鱼类寄生虫组成与中国其他地区存在差异, 其区系组成与西藏鸟类区系密切相关。近期对哲古措土著鱼类消化道寄生蠕虫群落结构及感染情况<sup>[32]</sup>的研究结果也印证了上述推测, 该研究在高原裸鲤(*Gymno-*

收稿日期: 2020-08-10; 修订日期: 2020-12-26

基金项目: 西藏自治区重点研发及转化项目(黑斑原鲌苗种规模化养殖及后备亲鱼种质保存)资助 [Supported by the key research and transformation projects of Tibet Autonomous Region]

通信作者: 潘瑛子(1984—), 女, 硕士研究生; 主要研究方向为高原鱼类养殖与病害。E-mail: pyingzi\_tibet@163.com

*cypris waddellii*)消化道中发现了5种寄生蠕虫, 大部分为广布性寄生虫, 鸟类在其传播过程中起到了重要作用; 该群落的Shannon-Wiener多样性指数为0.70—1.27, Berger-Parker优势度指数为0.38—0.76, 优势类群为线虫, 线虫的种群动态表现出一定的季节性, 但复殖吸虫、绦虫和棘头虫四季的感染率和平均丰度均较低, 异尾高原鳅(*Triplophysa stewartii*)的消化道中未发现任何寄生蠕虫。

黑斑原鲌和拉萨河土著鱼类均分布于雅鲁藏布江, 它们消化道中的寄生蠕虫种类组成是否较为相似呢? 其群落结构会呈现出怎样的特点? 在整个群体及不同性别、不同全长群体中, 消化道寄生蠕虫各个种群的感染情况又是怎样的? 本文将分析黑斑原鲌消化道寄生蠕虫群落结构及感染情况, 进一步明确西藏土著鱼类寄生蠕虫的种类组成和寄生特点, 为研究体内寄生蠕虫的环境适应性及与宿主的协同进化提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 寄生蠕虫样品的采集、保存

2019年5—8月, 样品采集工作于西藏自治区农牧科学院水产科学研究所雅鲁藏布江渔业资源繁育基地内进行。将黑斑原鲌胃及肠道剪开, 用手术刀刮取内容物置于10 cm×10 cm的玻璃板中央, 盖上相同大小的玻璃板, 压平后在重庆光电HG880323便携式解剖镜下进行观察。将观察到的蠕虫取出, 按虫种分别存放于装有0.65%生理盐水的不同培养皿中。待一批样品观察完毕后, 将虫体洗净, 用70%乙醇和100%乙醇保存, 分别用于形态学鉴定和分子生物学检测。

### 1.2 消化道寄生蠕虫的种类鉴定

形态学与分子生物学方法相结合对消化道寄生蠕虫种类进行鉴定。形态学鉴定在综合实验楼病理检测实验室进行, 对属和种的判断参考书籍<sup>[1, 33]</sup>中各类寄生蠕虫的分类检索表和形态特征。测序使用Sanger法, 复殖吸虫测序的mtDNA为12S, 线虫则分别对12S mtDNA和18S rDNA进行了测序, 并获取了绦虫和棘头虫的18S rDNA、ITS基因序列及线粒体基因组全序列。其中, 原头绦虫未定种和新棘吻虫未定种还对ITS序列进行了测序。将获取的基因序列在NCBI数据库中进行比对。

### 1.3 数据的统计与分析

用直尺和电子秤对黑斑原鲌的全长和体重进行测量, 记录性别, 并对寄生蠕虫的种类及数量进行统计。群落多样性和种群优势度分别用Shannon-Wiener指数和Berger-Parker指数来衡量, Shan-

non-Wiener指数 $SW = -\sum p_i \ln p_i$ ,  $p_i$ 为第*i*种寄生虫的数量与所有寄生虫数量的比值, Berger-Parker指数 $BP = n_{\max}/n^{-1}$ ,  $n$ 是所有寄生虫个体数量的总和,  $n_{\max}$ 是感染丰度最大的一类寄生虫数量<sup>[1]</sup>。计算感染率、感染强度和平均丰度, 感染强度为某种寄生虫感染数量最小值和最大值的范围, 感染率= $N'/N$ , 平均丰度= $n'/N$ ,  $N'$ 为被某种寄生虫感染的鱼类样本数,  $N$ 为鱼类样本总数,  $n'$ 为某种寄生虫的总数<sup>[1]</sup>, 平均丰度用“平均值±标准差”表示。用WPS表格2019对数据进行统计和计算, 用Olympus SZX16电视显微镜和cellSens Entry图像分析软件对虫体进行拍照。

## 2 结果

### 2.1 宿主黑斑原鲌的性别及全长

共解剖黑斑原鲌383尾, 其中, 雌性145尾, 雄性202尾, 解剖后仍无法判定性别的36尾。其全长为11.00—34.00 cm, 平均全长(20.89±5.36) cm。

### 2.2 黑斑原鲌消化道寄生蠕虫的物种组成

在黑斑原鲌消化道中, 共采集到绦虫2种, 复殖吸虫1种, 棘头虫2种, 线虫2种(表1)。其中, 1种棘头虫为裸棘棘头虫(*E. gymnocyprii*)<sup>[33]</sup>, 对盲囊属线虫为*C. eudypulae*, 其他寄生蠕虫为未定种。

**深槽绦虫未定种** 该虫体型较大, 背腹扁平, 身体分节, 头节具沟槽, 无钩或棘, 未成熟节片宽大于长, 成熟节片宽与长较为接近, 妊娠节片长大于宽。每个节片有生殖器官1套, 均分布于髓部, 子宫中位, 形状不规则, 卵巢位于子宫后, 形状亦不规则, 卵黄腺疏散分布于生殖器官四周, 阴茎囊横列于阴道口内侧。生殖孔随机开口于虫体每个节片边缘中部。卵椭圆形(图1)。

将线粒体基因组中的12S、*COX1*和*Cytb* mtDNA分别在NCBI数据库中进行比对, 一致性最高分别为77.13%(KX434430.1)、79.49%(JQ280884.1)和77.73%(KX434430.1); 18S rDNA基因一致性最高98.36%, 该序列(DQ925305.1)所属物种隶属于深槽绦虫属, 与形态鉴定结果一致。

**原头绦虫未定种** 虫体较细小, 背腹扁平, 身体分节。头节有4个侧吸盘, 无顶吸盘, 亦无钩或棘; 有颈部; 靠近颈部的节片长大于宽, 随着宽度的逐渐增加, 后部节片宽大于长, 且不十分规整, 最末端节片形状似倒三角形; 生殖孔随机开口于虫体每个节片边缘, 阴茎囊横列于开口内侧, 睾丸圆形, 分布于整个髓部, 卵巢双叶, 位于节片后端(图2)。

将12S、*COX1*和*Cytb* mtDNA在NCBI数据库中进行比对, 一致性最高的分别为73.16% (NC\_

046386.1)、93.75% (JQ268552.1)和75.42% (JQ268541.1); 18S rDNA基因比对到2个序列(KX768934.1和KX768933.1), 一致性分别为99.78%和99.27%, 对应原头绦虫属的2个不同物种; ITS基因序列比对后一致性最高为99.04%(DQ768186.1), 为同属未定种。

**异肉吸虫未定种** 虫体光滑无棘, 头部稍小而尾部钝圆, 体白色, 略透明。有咽而无前咽。口吸盘位于身体前端, 腹吸盘大于口吸盘, 位于虫体前半部分。肠分支, 沿体两侧向下。阴茎囊发达, 位于腹吸盘斜上方并紧挨腹吸盘。2个睾丸相连且基本等大, 位于体中部略偏后位置。卵巢位于腹吸盘与前睾丸之间, 椭圆形, 小于前睾丸。卵黄腺从腹吸盘沿体两侧延伸至体末端, 并密布于后睾丸后部。虫卵椭圆形, 棕色或淡棕色, 分布于腹吸盘与

前睾丸之间及两侧。排泄囊管状, 从睾丸后方伸至体末端(图 3)。

从形态看, 该异肉吸虫的外形、卵黄腺大小和疏密程度、口吸盘与睾丸之间的距离等, 与哲古措高原裸鲤寄生的异肉吸虫<sup>[32]</sup>存在差异。将2种异肉吸虫的12S mtDNA序列进行比对, 一致性为92.86%, 两者同属不同种, 与形态鉴定结果一致。

**新棘吻虫未定种** 白色或淡黄色, 体表光滑无棘, 外形似香蕉, 略向腹面弯曲, 身体后部略细于身体前部; 体壁可见椭圆形巨核, 腹面1个, 背面4—5个。吻短而小, 呈膨大的球状; 吻钩呈螺旋状排列, 6列, 每列3个, 共18个; 每列的第1个吻钩较宽大, 第2和第3个吻钩等大, 小于第一个吻钩; 吻腺两根, 呈棒状, 一根有巨核1个, 另一根有巨核2个; 吻腺在个体间的长度存在较大差异, 短的不及体中部,

表 1 黑斑原鲌消化道寄生蠕虫的物种组成

Tab. 1 Species composition of gastrointestinal helminths of *G. maculatum* in Tibet Autonomous Region

| 寄生蠕虫种类<br>Gastrointestinal<br>helminth | 纲Class                       | 目Order                     | 科Family                     | 属Genus                            | 种Species                                             |
|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|
| 绦虫Cestode                              | 绦虫纲Cestoda                   | 头槽目<br>Bothriocephalidea   | 三枝钩科<br>Triaenophoridae     | 深槽绦虫属<br><i>Bathybothrium</i>     | 深槽绦虫未定种<br><i>Bathybothrium</i> sp.                  |
|                                        |                              | 原头目<br>Proteocephalidea    | 原头科<br>Proteocephalidae     | 原头绦虫属<br><i>Proteocephalus</i>    | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.                 |
| 复殖吸虫Digenea                            | 吸虫纲Trematoda                 | 复殖目Digenea                 | 异肉科Allocreadiidae           | 异肉吸虫属<br><i>Allocreadium</i>      | 异肉吸虫未定种<br><i>Allocreadium</i> sp.                   |
| 棘头虫<br>Acanthocephalan                 | 始新棘头虫纲<br>Eoacanthocephala   | 新棘头虫目<br>Neoacanthocephala | 新棘吻科<br>Neoechinorhynchidae | 新棘吻虫属<br><i>Neoechinorhynchus</i> | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp.              |
|                                        | 古棘头虫纲<br>Palaeacanthocephala | 棘吻目<br>Echinorhynchidea    | 棘吻科<br>Echinorhynchidae     | 棘吻虫属<br><i>Echinorhynchus</i>     | 裸鲤棘头虫<br><i>Echinorhynchus</i><br><i>gymnocyprii</i> |
| 线虫Nematode                             | 线虫纲Nematoda                  | 蛔目Ascaridida               | 异尖科Anisakidae               | 对盲囊线虫属<br><i>Contracaecum</i>     | <i>Contracaecum</i><br><i>eudypulae</i>              |
|                                        |                              | 旋尾目Spirurida               | 杆咽科Rhabdochoniida           | 杆咽线虫属<br><i>Rhabdochona</i>       | 杆咽线虫未定种<br><i>Rhabdochona</i> sp.                    |

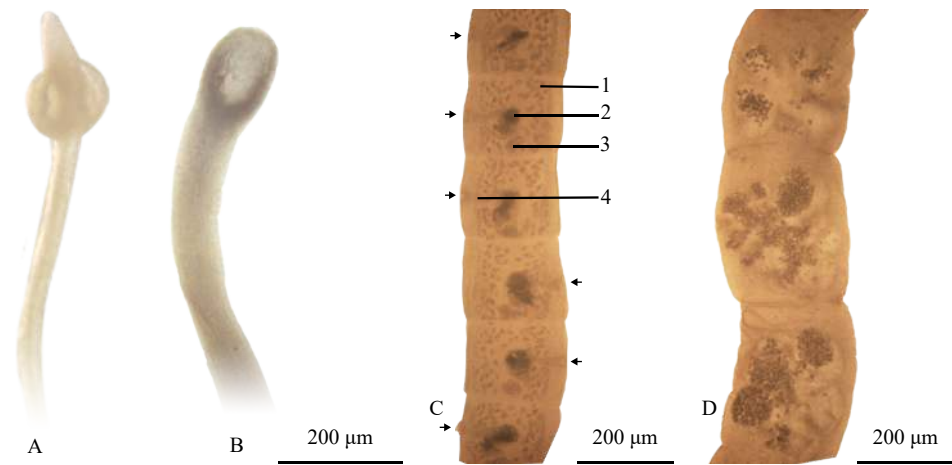


图 1 深槽绦虫未定种

Fig. 1 *Bathybothrium* sp.

A. 头节顶面观; B. 头节侧面观; C. 成熟节片; D. 妊娠节片; 1. 卵黄腺; 2. 子宫; 3. 卵巢; 4. 阴茎囊; 箭头指向生殖孔

A. apical view of scolex; B. lateral view of scolex; C. mature proglottid; D. gravid proglottid; 1. vitelline follicles; 2. uterine; 3. ovary; 4. cirrus sac; The arrow points to the genital pore

长的可超过体中部到达体末端;雌虫体腔内可见椭圆形卵,分散排布,体腔末端可见生殖系统;雄虫的2个睾丸相连,位于躯干中部略偏下位置;睾丸下方为黏液腺,呈合胞体结构;黏液腺贮囊颜色较深,有时与黏液腺重叠,有时位于黏液腺下方,连接着黏液腺管,黏液腺管两侧为贮精囊;雄虫交接囊可伸出体外,呈钟罩状(图4)。大小介于1.22—11.78 mm。

拉萨河土著鱼类寄生的新棘吻虫根据形态被鉴定为青海新棘吻虫(*Neoechinorhynchus qinghaiensis*)<sup>[30]</sup>,而刘立庆等<sup>[34]</sup>记录的青海新棘吻虫体长为1.82—5.33 mm,体型较小。NCBI数据库中没

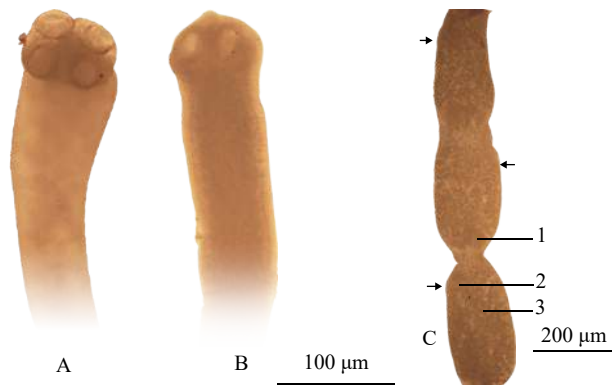


图2 原头绦虫未定种

Fig. 2 *Proteocephalus* sp.

A. 头节顶面观; B. 头节侧面观; C. 成熟节片; 1. 卵巢; 2. 阴茎囊; 3. 睾丸; 箭头指向生殖孔

A. apical view of scolex; B. lateral view of scolex; C. mature proglottid; 1. ovary; 2. cirrus sac; 3. testes; The arrow points to the genital pore

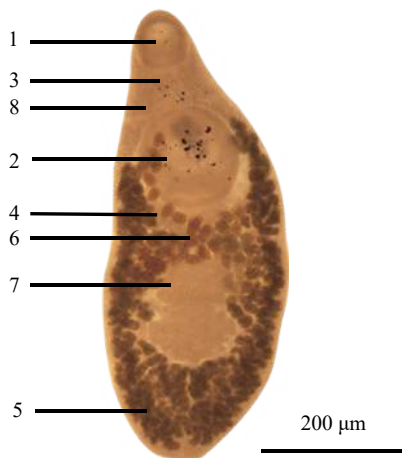


图3 异肉吸虫未定种

Fig. 3 *Alloeocreadium* sp.

1. 口吸盘; 2. 腹吸盘; 3. 咽; 4. 卵巢; 5. 卵黄腺; 6. 卵; 7. 睾丸; 8. 阴茎囊

1. oral sucker; 2. ventral sucker; 3. pharynx; 4. ovary; 5. vitelline follicles; 6. eggs; 7. testes; 8. cirrus sac

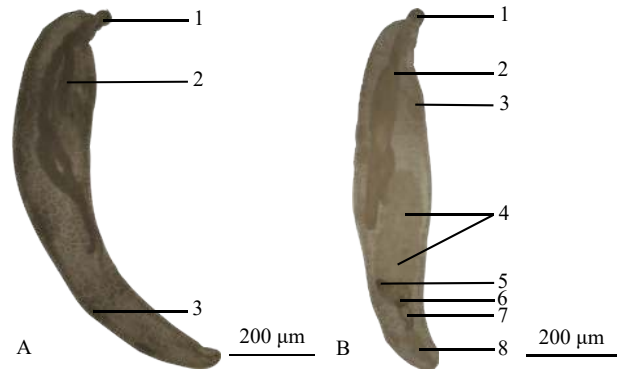


图4 新棘吻虫未定种

Fig. 4 *Neoechinorhynchus* sp.

A. 雌虫: 1. 吻; 2. 吻腺; 3. 体壁大核; B. 雄虫: 1. 吻; 2. 吻腺; 3. 体壁大核; 4. 睾丸; 5. 黏液腺贮囊; 6. 黏液腺; 7. 贮精囊; 8. 交接囊

A. female: 1. proboscis; 2. lemniscus; 3. somatic giant nucleus; B. male: 1. proboscis; 2. lemniscus; 3. somatic giant nucleus; 4. testes; 5. cement reservoir; 6. cement gland; 7. seminal vesicle; 8. copulatory bursa

有青海新吻虫的基因序列数据,无法进行比对。为确定种类,笔者于2020年6月底对青海湖裸鲤(*Gymnocypris przewalskii*)消化道寄生蠕虫进行了采样,将采集到的青海新棘吻虫进行基因测序,与黑斑原鲑寄生新棘吻虫的18S rDNA和ITS基因序列进行了比对,一致性为99.39%和94.24%,两者为不同种。

**裸鲤棘头虫** 又称湟鱼棘头虫。体型大于新棘吻虫未定种,大小介于5.66—20.40 mm。体色鲜艳,以黄色居多,偶见黄色底色、体表带橙色环状花纹的个体,体壁较厚。吻呈圆柱形,吻钩16列,每列9个,第1个略小,2—6个等大且最大,后3个小于前面6个,后2个又小于倒数第3个,吻鞘较深,呈棒状。吻腺短而粗,呈棒状,与吻鞘长度相近。雌虫体腔内可见椭圆形卵,分散排布。雄虫的2个睾丸相连,呈椭圆形,基本等大;黏液腺位于睾丸后侧,6个,呈倒梨形;雄虫交接囊可伸出体外,呈钟罩状(图5)。

将其COX1 mtDNA序列(线粒体基因组全序列MT345686)在NCBI数据库中比对,与裸鲤棘头虫(MT169753.1和MT169743.1)一致性为99.1%;将其与青海湖裸鲤消化道中采集的裸鲤棘头虫的18S rDNA序列进行比对,一致性为100%,但吻钩的数量和大小等与刘立庆等<sup>[34]</sup>的描述存在区别。

**C. eudyptulae** 异源性寄生虫,鱼类为其中间宿主,黑斑原鲑消化道中寄生的为该虫的幼虫。该幼虫具有3片唇瓣,尾部较尖,体表被环纹(图6)。

将该线虫的12S mtDNA序列在NCBI数据库中进行比对,与鲁道夫对盲囊线虫(*Contracaecum rudolphii*)12S基因序列的一致性最高为94.37% (FJ42

6246.1和EF014283.1)。其18S rDNA序列与*C. eudyp-  
ptulae*的一致性为100%(EF180072.1)。

**杆咽线虫属线虫** 虫体细长, 口囊漏斗状, 在口囊前部内侧可见齿嵴, 神经环位于食道肌质部, 雌虫阴门在体中侧偏后, 雄虫尾部可见乳突, 交合刺不等长(图 7)将该虫的12S mtDNA序列在NCBI数据库中进行比对, 一致性最高为83.16%(MT350402.1), 18S rDNA序列与杆咽线虫属的十余个种一致性均高于97%。

2.3 黑斑原鲌消化道寄生蠕虫感染情况

**黑斑原鲌群体消化道寄生蠕虫感染情况** 黑斑原鲌群体消化道寄生蠕虫感染情况见表 2, 数据显示: *C. eudyp-  
ptulae*的感染数量、感染率、感染强

度和平均丰度均为最高, 新棘吻虫未定种次之, 杆咽线虫未定种最低。

**不同性别黑斑原鲌的消化道寄生蠕虫感染情况** 不同性别黑斑原鲌消化道寄生蠕虫的感染情况见表 3 黑斑原鲌雌性群体, 7种寄生蠕虫均有感染, 感染率以*C. eudyp-  
ptulae*最高, 新棘吻虫未定种次之, 裸鲤棘头虫和杆咽线虫未定种最低; 平均丰度以新棘吻虫未定种和*C. eudyp-  
ptulae*最高, 深槽绦虫未定种次之, 异肉吸虫未定种和裸鲤棘头虫最低; 感染强度以新棘吻虫未定种最高。

黑斑原鲌雄性群体, 7种寄生蠕虫均有感染, 感染率以新棘吻虫未定种和*C. eudyp-  
ptulae*最高, 原头绦虫未定种次之, 裸鲤棘头虫最低; 平均丰度以*C. eudyp-  
ptulae*最高, 新棘吻虫未定种次之, 裸鲤棘头虫最低; 感染强度以*C. eudyp-  
ptulae*最高。

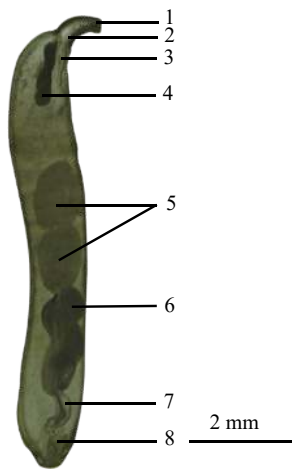


图 5 裸鲤棘头虫雄虫

Fig. 5 Male of *E. gymnocyprii*

1. 吻; 2. 颈; 3. 吻鞘; 4. 吻腺; 5. 睾丸; 6. 黏液腺; 7. 贮精囊; 8. 交接囊

1. proboscis; 2. neck; 3. proboscis sheath; 4. lemniscus; 5. testes; 6. cement gland; 7. seminal vesicle; 8. copulatory bursa

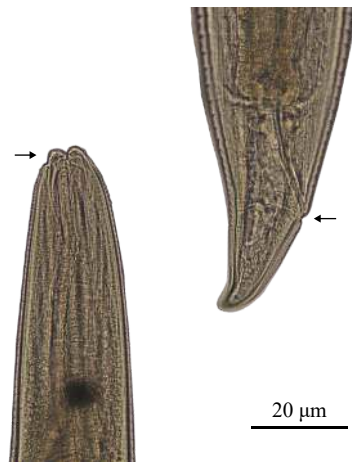


图 6 *Contracaecum eudyp-  
ptulae*

Fig. 6 *C. eudyp-  
ptulae*

箭头分别指向头部和泄殖孔

The arrows point to the heads and the excretory holes

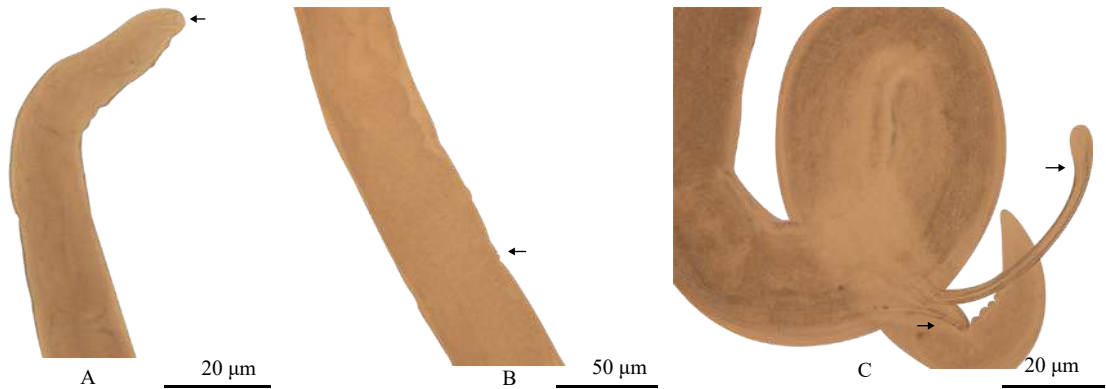


图 7 杆咽线虫属线虫

Fig. 7 *Rhabdochona* sp.

A. 头部; B. 雌虫虫体; C. 雄虫尾部; 箭头分别指向口囊、阴门和交合刺

A. head; B. female's body; C. male's end; The arrows point to the oral capsule, the avuly and the spiculum

不能分辨性别的群体只感染了*C. eudypatulae*和新棘吻虫未定种, 感染强度均较低, 感染率和平均丰度均以*C. eudypatulae*为最高。

**不同全长黑斑原鲌的消化道寄生蠕虫感染情况** 以5 cm为间隔将黑斑原鲌分为5个全长组, 即10 cm≤L<15 cm、15 cm≤L< 20 cm、20 cm≤L<25 cm、25 cm≤L< 30 cm和30 cm≤L< 35 cm。不同全长黑斑原鲌消化道寄生蠕虫感染情况见表4。

在10 cm≤L<15 cm和15 cm≤L< 20 cm全长组中, *C. eudypatulae*的感染率和平均丰度最高。10 cm≤L<15 cm组只发现了新棘吻虫未定种和*C. eudypatu-*

*lae*两种寄生蠕虫。15 cm≤L< 20 cm组未发现裸鲤棘头虫和杆咽线虫未定种, 新棘吻虫未定种的感染率和平均丰度均较低, 原头绦虫未定种与其接近, 高于深槽绦虫未定种和异肉吸虫未定种的感染率和平均丰度。

在20 cm≤L<25 cm组中, 寄生蠕虫的感染率和平均丰度基本呈现上升趋势, 感染率以*C. eudypatulae*最高, 新棘吻虫未定种次之, 异肉吸虫未定种最低; 平均丰度以新棘吻虫未定种最高, *C. eudypatulae*次之, 异肉吸虫未定种最低; 感染强度以新棘吻虫未定种最高。

表 2 黑斑原鲌群体消化道寄生蠕虫感染情况

Tab. 2 Infection of gastrointestinal helminths of *G. maculatum* in Tibet Autonomous Region

| 寄生蠕虫种类<br>Parasites helminths           | 寄生蠕虫数量<br>Numbers of helminths | 被感染的宿主数量 (尾)<br>Numbers of infected host | 感染率<br>Prevalence (%) | 感染强度<br>Intensity | 平均丰度<br>Mean abundance |
|-----------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 27                             | 25                                       | 6.53                  | 1—3               | 0.07±0.29              |
| 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 47                             | 30                                       | 7.83                  | 1—6               | 0.12±0.52              |
| 异肉吸虫未定种<br><i>Allocreadium</i> sp.      | 44                             | 19                                       | 4.96                  | 1—10              | 0.11±0.75              |
| 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 141                            | 69                                       | 18.02                 | 1—13              | 0.37±1.16              |
| 裸鲤棘头虫 <i>E. gymnocyprii</i>             | 7                              | 2                                        | 0.52                  | 1—6               | 0.02±0.31              |
| <i>Contracaecum eudypatulae</i>         | 166                            | 92                                       | 24.02                 | 1—19              | 0.43±1.47              |
| 杆咽线虫未定种<br><i>Rhabdochona</i> sp.       | 12                             | 9                                        | 2.35                  | 1—3               | 0.03±0.23              |

表 3 不同性别黑斑原鲌消化道寄生蠕虫感染情况

Tab. 3 Infection of gastrointestinal helminths of *G. maculatum* with different sexes in Tibet Autonomous Region

| 性别Sex              | 寄生蠕虫种类<br>Parasites helminths           | 寄生蠕虫数量<br>Numbers of helminths | 被感染的宿主数量 (尾)<br>Numbers of infected host | 感染率<br>Prevalence (%) | 感染强度<br>Intensity | 平均丰度<br>Mean abundance |
|--------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| 雌性Female           | 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 16                             | 14                                       | 9.66                  | 1—3               | 0.11±0.37              |
|                    | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 11                             | 7                                        | 4.83                  | 1—4               | 0.08±0.41              |
|                    | 异肉吸虫未定种 <i>Allocreadium</i> sp.         | 4                              | 3                                        | 2.07                  | 1—2               | 0.03±0.20              |
|                    | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 44                             | 20                                       | 13.79                 | 1—19              | 0.30±1.64              |
|                    | 裸鲤棘头虫 <i>E. gymnocyprii</i>             | 5                              | 1                                        | 0.69                  | 5                 | 0.03±0.42              |
|                    | <i>Contracaecum eudypatulae</i>         | 44                             | 34                                       | 23.45                 | 1—4               | 0.30±0.64              |
|                    | 杆咽线虫未定种 <i>Rhabdochona</i> sp.          | 6                              | 3                                        | 2.07                  | 1—3               | 0.04±0.31              |
|                    | 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 11                             | 11                                       | 5.45                  | 1                 | 0.05±0.23              |
| 雄性Male             | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 36                             | 23                                       | 11.39                 | 1—6               | 0.18±0.63              |
|                    | 异肉吸虫未定种 <i>Allocreadium</i> sp.         | 40                             | 16                                       | 7.92                  | 1—10              | 0.20±1.28              |
|                    | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 102                            | 48                                       | 23.76                 | 1—10              | 0.50±1.23              |
|                    | 裸鲤棘头虫 <i>E. gymnocyprii</i>             | 1                              | 1                                        | 0.50                  | 1                 | 0.00±0.07              |
|                    | <i>Contracaecum eudypatulae</i>         | 109                            | 48                                       | 23.76                 | 1—19              | 0.54±1.93              |
|                    | 杆咽线虫未定种 <i>Rhabdochona</i> sp.          | 6                              | 6                                        | 2.97                  | 1                 | 0.03±0.17              |
|                    | 异肉吸虫未定种 <i>Allocreadium</i> sp.         | 13                             | 10                                       | 27.78                 | 1—2               | 0.36±0.64              |
|                    | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 1                              | 1                                        | 2.78                  | 1                 | 0.03±0.17              |
| 性别不明<br>Unknow sex |                                         |                                |                                          |                       |                   |                        |

在25 cm≤L< 30 cm组中, 未发现裸鲤棘头虫, 感染率以新棘吻虫未定种最高, *C. eudyptulae*次之, 杆咽线虫未定种最低; 平均丰度以*C. eudyptulae*最高, 新棘吻虫未定种次之, 杆咽线虫未定种最低; 感染强度以*C. eudyptulae*最高。

在30 cm≤L< 35 cm组中, 未现裸鲤棘头虫和杆咽线虫未定种, 感染率以新棘吻虫未定种最高, *C. eudyptulae*次之, 深槽绦虫未定种最低; 平均丰度以新棘吻虫未定种最高, 异肉吸虫未定种次之, 深槽绦虫未定种最低。除深槽绦虫未定种外, 其余

4种寄生蠕虫的感染率和平均丰度均为全部体长组中最高; 感染强度以*C. eudyptulae*最高。

2.4 黑斑原鲌消化道寄生蠕虫群落的多样性及优势种群

黑斑原鲌消化道寄生蠕虫的多样性和优势种群见表5, 在整个群体中, Shannon-Wiener指数为1.53, 群落多样性较高, 优势物种为*C. eudyptulae*。

对于不同性别的黑斑原鲌, 雌性和雄性消化道寄生蠕虫群落的Shannon-Wiener指数分别为1.57和1.47, 群落多样性较高; 而在性别不明的群体中,

表4 不同全长黑斑原鲌消化道寄生蠕虫感染情况

Tab. 4 Infection of gastrointestinal helminths of *G. maculatum* with different total length in Tibet Autonomous Region

| 全长Total length (cm) | 寄生蠕虫种类Parasites helminths               | 寄生蠕虫数量Numbers of helminths | 被感染的宿主数量(尾)Numbers of infected host | 宿主总数(尾)Numbers of host | 感染率Prevalence (%) | 感染强度Intensity | 平均丰度Mean abundance |
|---------------------|-----------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| 10≤L<15             | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 1                          | 1                                   | 47                     | 2.13              | 1             | 0.02±0.15          |
|                     | <i>C. eudyptulae</i>                    | 16                         | 12                                  |                        | 25.53             | 1—3           | 0.34±0.67          |
| 15≤L<20             | 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 1                          | 1                                   | 142                    | 0.70              | 1             | 0.01±0.08          |
|                     | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 4                          | 3                                   |                        | 2.11              | 1—2           | 0.03±0.20          |
|                     | 异肉吸虫未定种<br><i>Allocreadium</i> sp.      | 2                          | 1                                   |                        | 0.70              | 2             | 0.01±0.17          |
|                     | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 8                          | 4                                   |                        | 2.82              | 1—4           | 0.06±0.39          |
|                     | <i>C. eudyptulae</i>                    | 29                         | 23                                  |                        | 16.20             | 1—4           | 0.20±0.55          |
|                     |                                         |                            |                                     |                        |                   |               |                    |
| 20≤L<25             | 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 15                         | 13                                  | 96                     | 13.54             | 1—3           | 0.16±0.44          |
|                     | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 9                          | 5                                   |                        | 5.21              | 1—4           | 0.09±0.48          |
|                     | 异肉吸虫未定种<br><i>Allocreadium</i> sp.      | 1                          | 1                                   |                        | 1.04              | 1             | 0.01±0.10          |
|                     | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 40                         | 21                                  |                        | 21.88             | 1—13          | 0.42±1.44          |
|                     | 裸鲤棘头虫 <i>E. gymnocyprii</i>             | 7                          | 2                                   |                        | 2.08              | 1—6           | 0.07±0.62          |
|                     | <i>C. eudyptulae</i>                    | 36                         | 25                                  |                        | 26.04             | 1—4           | 0.38±0.74          |
|                     | 杆咽线虫未定种<br><i>Rhabdochona</i> sp.       | 8                          | 5                                   |                        | 5.21              | 1—3           | 0.08±0.40          |
|                     |                                         |                            |                                     |                        |                   |               |                    |
| 25≤L<30             | 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 10                         | 10                                  | 79                     | 12.66             | 1             | 0.13±0.33          |
|                     | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 24                         | 17                                  |                        | 21.52             | 1—3           | 0.30±0.67          |
|                     | 异肉吸虫未定种<br><i>Allocreadium</i> sp.      | 16                         | 11                                  |                        | 13.92             | 1—4           | 0.20±0.63          |
|                     | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 51                         | 30                                  |                        | 37.97             | 1—5           | 0.65±1.05          |
|                     | <i>C. eudyptulae</i>                    | 62                         | 24                                  |                        | 30.38             | 1—19          | 0.80±2.59          |
|                     |                                         |                            |                                     |                        |                   |               |                    |
|                     | 杆咽线虫未定种<br><i>Rhabdochona</i> sp.       | 4                          | 4                                   |                        | 5.06              | 1             | 0.05±0.22          |
|                     |                                         |                            |                                     |                        |                   |               |                    |
| 30≤L<35             | 深槽绦虫未定种<br><i>Bothriocephalus</i> sp.   | 1                          | 1                                   | 19                     | 5.26              | 1             | 0.05±0.23          |
|                     | 原头绦虫未定种<br><i>Proteocephalus</i> sp.    | 10                         | 5                                   |                        | 26.32             | 1—6           | 0.53±1.39          |
|                     | 异肉吸虫未定种<br><i>Allocreadium</i> sp.      | 25                         | 6                                   |                        | 31.58             | 1—10          | 1.32±2.85          |
|                     | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp. | 41                         | 13                                  |                        | 68.42             | 1—10          | 2.16±2.59          |
|                     | <i>C. eudyptulae</i>                    | 23                         | 8                                   |                        | 42.11             | 1—13          | 1.21±2.97          |
|                     |                                         |                            |                                     |                        |                   |               |                    |

Shannon-Wiener指数则较低, 仅为0.26。 *C. eudyptulae*在3个群体中均为优势物种, 在雌性群体中, 新棘吻虫未定种也是优势物种。

表 5 黑斑原鲮消化道寄生蠕虫群落的多样性及优势物种  
Tab. 5 Diversity and dominant species of gastrointestinal helminths' community of *G. maculatum* in Tibet Autonomous Region

| 分类<br>Classification   | Shannon-<br>Wiener<br>index | Berger-<br>Parker<br>index | 优势物种<br>Dominant species                                                               |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 整个群体<br>Whole group    | 1.53                        | 0.37                       | <i>C. eudyptulae</i>                                                                   |
| 性别Sex<br>雌性<br>Female  | 1.57                        | 0.34                       | <i>C. eudyptulae</i> 和新棘吻虫未定种<br><i>C. eudyptulae</i> and <i>Neoechinorhynchus</i> sp. |
| 雄性<br>Male             | 1.47                        | 0.36                       | <i>C. eudyptulae</i>                                                                   |
| 性别<br>不明<br>Unknow sex | 0.26                        | 0.93                       | <i>C. eudyptulae</i>                                                                   |
| 全长<br>Total length     | 10≤<br>L<15                 | 0.22                       | <i>C. eudyptulae</i>                                                                   |
|                        | 15≤<br>L<20                 | 1.03                       | <i>C. eudyptulae</i>                                                                   |
|                        | 20≤<br>L<25                 | 1.59                       | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp.                                                |
|                        | 25≤<br>L<30                 | 1.49                       | <i>C. eudyptulae</i>                                                                   |
|                        | 30≤<br>L<35                 | 1.33                       | 新棘吻虫未定种<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp.                                                |
|                        |                             |                            |                                                                                        |

表 6 西藏3个水域土著鱼类消化道寄生蠕虫的群落结构比较

| 水域Water area                                                  | 宿主Host                                            | 消化道寄生蠕虫物种数<br>Total number of<br>gastrointestinal species | Shannon-<br>Wiener<br>index | 优势物种Dominant species                                                            | 文献来源<br>Literature<br>sources |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 拉萨河Lhasa River                                                | 拉萨裸裂尻鱼<br><i>Schizopygopsis<br/>younghusbandi</i> | 6                                                         | 1.54                        | 希蚶杆咽线虫<br><i>Rhabdochona hellichi</i>                                           | [30]                          |
|                                                               | 双须叶须鱼<br><i>Ptychobarbus<br/>dipogon</i>          | 4                                                         | —                           | 新棘吻虫未定<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp.                                          |                               |
|                                                               | 高原裸鲤<br><i>Gymmocypris<br/>waddellii</i>          | 5                                                         | —                           | 对盲囊线虫未定种<br><i>Contracaecum</i> sp.                                             |                               |
|                                                               | 尖裸鲤<br><i>Oxygymnocypris<br/>stewartii</i>        | 5                                                         | —                           | 对盲囊线虫未定种<br><i>Contracaecum</i> sp.                                             | [32]                          |
|                                                               | 巨须裂腹鱼<br><i>Schizothorax<br/>macropogon</i>       | 4                                                         | 1.24                        | 新棘吻虫未定种, 希蚶杆咽线虫<br><i>Neoechinorhynchus</i> sp.,<br><i>Rhabdochona hellichi</i> |                               |
|                                                               | 异齿裂腹鱼<br><i>Schizothorax<br/>oconnori</i>         | 0                                                         | 0                           | —                                                                               |                               |
|                                                               | 细尾高原鳅<br><i>Triplophysa<br/>stenura</i>           | 4                                                         | —                           | 胃瘤线虫未定种<br><i>Eustrongylides</i> sp.                                            |                               |
|                                                               | 高原裸鲤<br><i>C. waddellii</i>                       | 5                                                         | 0.70—1.27                   | 线虫nematode                                                                      | [32]                          |
|                                                               | 黑斑原鲮<br><i>G. maculatum</i>                       | 7                                                         | 1.53                        | <i>C. eudyptulae</i>                                                            |                               |
| 雅鲁藏布江日喀则江段<br>Shigatse section of the<br>Yarlung Zangbo River |                                                   |                                                           |                             |                                                                                 | 本文this<br>paper               |

对于不同全长的黑斑原鲮, 除10 cm≤L<15 cm组外, 其余各组消化道寄生蠕虫群落的Shannon-Wiener指数均高于1, 也显示了较高的多样性。20 cm≤L<25 cm和30 cm≤L<35 cm全长组的优势物种为新棘吻虫未定种, 其余三组为*C. eudyptulae*。

3 讨论

将分布于西藏高原的黑斑原鲮、拉萨河7种土著鱼类和哲古措高原裸鲤消化道寄生蠕虫群落结构特征进行比较(表 6), 可以发现: 黑斑原鲮消化道具有更多的寄生蠕虫物种, 即物种丰富度更高, 三者的Shannon-Wiener指数都较高, 优势类群基本以线虫为主。

一般认为, 寄生虫群落的物种丰富度与鱼类的食性和营养级水平呈正相关, 宿主的食性越广, 营养级水平越高, 则寄生虫的丰富度也越高<sup>[35, 36]</sup>。黑斑原鲮是以摄食鱼类和底栖动物为主的偏肉食性的杂食性鱼类, 浮游动植物、着生藻类和有机碎屑也是其食物来源<sup>[14]</sup>, 在雅鲁藏布江中游处于较高的营养级水平, 属于顶级捕食者之一<sup>[37]</sup>。消化道寄生蠕虫一般具有复杂的生活史, 生活周期的完成需要1个或多个中间宿主, 浮游动物和底栖动物都是其中间宿主, 黑斑原鲮通过摄食中间宿主而感染寄生蠕虫。而对其他鱼类的摄食也会使黑斑原鲮获得

一定的寄生蠕虫。拉萨河7种土著鱼类与黑斑原鲢生活的水域相通,但消化道寄生蠕虫物种组成存在差异,食性差异可能是产生这种差异的重要原因之一。

在性别不明和全长 $10\text{ cm} \leq L < 15\text{ cm}$ 的黑斑原鲢群体中, Shannon-Wiener指数仅为0.22和0.26,远低于整个群体、雌雄群体和其他全长组群体,这可能与黑斑原鲢个体大小有关。不少研究都以鱼类的全长或体长作为反映鱼类年龄的参数<sup>[38]</sup>,因为相较年龄,全长或体长数据更容易获取。一般来说,鱼类的年龄与全长呈正相关,而黑斑原鲢群体中存在两性异形现象,雄性个体体型大于雌性个体<sup>[4]</sup>,故可以认为在同一性别中,全长越长的黑斑原鲢,年龄也越大。可以根据生殖突的形状来区分黑斑原鲢雌雄个体<sup>[4]</sup>,而当个体太小,从外观无法直接判定性别时,解剖并观察性腺,若还无法判断雌雄,则列为性别不明,这部分黑斑原鲢全长以 $10\text{ cm} \leq L < 15\text{ cm}$ 居多,最大的个体全长亦不超过20 cm。有假说认为,宿主体积越大,生活的寄生虫越多;而宿主的年龄越大,获得新的寄生虫的可能性也越大,因为时间具有累积效应<sup>[39]</sup>。在性别不明和全长 $10\text{ cm} \leq L < 15\text{ cm}$ 的群体中,黑斑原鲢体型和年龄均较小,消化道寄生蠕虫的种类和数量较少,因而Shannon-Wiener指数也较低。随着全长的增加, $15\text{ cm} \leq L < 20\text{ cm}$ 和 $20\text{ cm} \leq L < 25\text{ cm}$ 全长组黑斑原鲢消化道寄生蠕虫群落的Shannon-Wiener指数呈上升趋势,全长超过25 cm后,Shannon-Wiener指数反而降低了。多样性指数对寄生群落中物种的丰富度和每个物种对群落的贡献都很敏感,它反映了物种丰富度和均匀度<sup>[40]</sup>。通过对32个鱼类宿主样本消化道寄生蠕虫均匀度与寄生蠕虫群落相关变量的研究发现,多样性随群落中物种的均匀度增加而增加,与寄生蠕虫的丰度呈负相关<sup>[41]</sup>。在 $20\text{ cm} \leq L < 25\text{ cm}$ 全长组中,7种寄生蠕虫均被发现,平均丰度介于 $(0.01 \pm 0.10) - (0.42 \pm 1.44)$ ;在 $25\text{ cm} \leq L < 30\text{ cm}$ 全长组中,寄生蠕虫物种数为6种,平均丰度介于 $(0.05 \pm 0.22) - (0.80 \pm 2.59)$ ;在 $30\text{ cm} \leq L < 35\text{ cm}$ 全长组中,只发现了5种寄生蠕虫,平均丰度介于 $(0.05 \pm 0.23) - (2.16 \pm 2.59)$ 。可以看出,随着黑斑原鲢体长的增加,寄生蠕虫物种间平均丰度差异越来越大,平均丰度高的寄生蠕虫在群落中的数量上占据了主导地位,使群落的均匀度降低。平均丰度差异越大,群落的均匀度也越低,群落的多样性随之降低了。对于不同性别黑斑原鲢的消化道寄生蠕虫群落,在雄性群体中寄生蠕虫物种的均匀度较低,反映群落多样性的Shannon-Wiener指数也低于雌性群体。

在雅鲁藏布江干流日喀则江段、支流拉萨河和高原湖泊哲古措3个水域的土著鱼类消化道寄生蠕虫群落中(表6),优势类群基本都是线虫。其中,*C. eudypylae*是异源寄生虫,而异源性寄生虫一般具有较强的扩散和建群能力<sup>[30]</sup>,这可能也是*C. eudypylae*在黑斑原鲢群体中成为优势物种的重要原因之一。

## 参考文献:

- [1] Wang J G. Ichthyopathology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 473-606. [汪建国. 鱼病学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 489-654.]
- [2] 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.]
- [3] 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.]
- [4] Pan Y Z, Liu H P, Zhou J S, et al. Sexual Dimorphism for sexually mature of *Glyptosternum maculatum* in Tibet [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, **42**(6): 1203-1209. [潘瑛子, 刘海平, 周建设, 等. 西藏黑斑原鲢繁殖群体两性异形研究 [J]. *水生生物学报*, 2018, **42**(6): 1203-1209.]
- [5] Pan Y Z, Li B H, Kelsang G, et al. Embryonic development of *Glyptosternum maculatum* in Tibet [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2018, **25**(6): 1205-1215. [潘瑛子, 李宝海, 格桑加措, 等. 西藏黑斑原鲢胚胎发育观察 [J]. *中国水产科学*, 2018, **25**(6): 1205-1215.]
- [6] Pan Y Z, Liu H P, Zhu T B. Morphological variations between two wild groups of *Glyptosternum maculatum* in Tibet [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, **26**(5): 823-833. [潘瑛子, 刘海平, 朱挺兵. 黑斑原鲢两个野生群体的形态差异 [J]. *中国水产科学*, 2019, **26**(5): 823-833.]
- [7] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y, et al. Chinese Zoology, Osteichthyes: Siluriformes [M]. Beijing: Science Press, 1999: 119-152. [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远, 等. 中国动物志, 硬骨鱼纲: 鲇形目 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 119-152.]
- [8] Bureau of Water Production in Tibet Autonomous Region. Fishes and Fish Resources in Xizang, in 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.]
- [9] Ma X H. The phylogeny, biogeography and adaptive evolution of Chinese Sisoridae fishes [D]. Chongqing: Southwest University, 2015: 1-72. [马秀慧. 中国鲃科鱼类系统发育、生物地理及高原适应进化研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2015: 1-72.]
- [10] Yu M L, He S P. Phylogenetic relationships analysis and estimation of divergence time of Sisoridae catfishes [J]. *Science China: Life Science*, 2012, **42**(4): 277-285. [于美

- 玲, 何舜平. 鲮科鱼类系统发育关系分析及其分歧时间估算 [J]. 中国科学: 生命科学, 2012, 42(4): 277-285.]
- [11] Li X. The phylogeny and biogeographic analysis of catfish Glyptosternoid (Siluriformes: Sisoridae) in China [D]. Kunming: Southwest Forestry College, 2006: 1-50. [李旭. 中国鲮形目鲮科鳅鲃群鱼类的系统发育及生物地理学分析 [D]. 昆明: 西南林学院, 2006: 1-50.]
- [12] Wang W, Li M Y, He S P. The RAPD analysis and the preliminary overview of monophyletism for Chinese Sisoridae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(1): 92-94. [王伟, 李默怡, 何舜平. 中国鲮科鱼类RAPD分析及鳅鲃鱼类单系性的初步研究 [J]. *水生生物学报*, 2003, 27(1): 92-94.]
- [13] Zhang H J. Study on liver morphogenesis of *Glyptosternon maculatum* and biological adaptation [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011: 1-93. [张惠娟. 黑斑原鲮肝脏的发生及相关生物学适应性研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2011: 1-93.]
- [14] Xiong D M. The study of digestive physiology on *Glyptosternon maculatum* (Regan) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010: 1-114. [熊冬梅. 黑斑原鲮消化生理的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010: 1-114.]
- [15] Ding C Z, Chen Y F, He D K, et al. Reproductive biology of *Glyptosternon maculatum* in Yarlung Tsangpo River in Tibet, China [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, 34(4): 762-768. [丁城志, 陈毅锋, 何德奎, 等. 雅鲁藏布江黑斑原鲮繁殖生物学研究 [J]. *水生生物学报*, 2010, 34(4): 762-768.]
- [16] Li H J. Studies on the biology and group ecology of *Glyptosternon maculatum* (Regan) in the Brahmaputra River, China [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008: 1-108. [李红敬. 黑斑原鲮个体生物学及种群生态研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2008: 1-108.]
- [17] Liu H P. The observation of external morphology and the skeleton anatomy of *Glyptosternon maculatum* (Regan) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008: 1-60. [刘海平. 黑斑原鲮外部形态学观察和骨骼解剖学研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2008: 1-60.]
- [18] Xie C X, Li H J, Li D P, et al. Extra-abdominal liver, a special organ of *Glyptosternon maculatum* [J]. *Progress in Natural Science*, 2007, 17(5): 683-686. [谢从新, 李红敬, 李大鹏, 等. 黑斑原鲮特殊器官-腹腔外肝 [J]. *自然科学进展*, 2007, 17(5): 683-686.]
- [19] Guo B Y. The analysis of genetic diversity and the development of microsatellite markers on *Glyptosternon maculatum* (Regan) in the Yarlung Zangbo River, China [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009: 1-72. [郭宝英. 黑斑原鲮遗传多样性分析及微卫星标记的开发 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 1-72.]
- [20] Liu H Y. Studies on isozymes of *Glyptosternon maculatum* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006: 7-46. [刘鸿艳. 黑斑原鲮同工酶的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2006: 7-46.]
- [21] Xue Q. Genetic diversity analysis of mitochondrial DNA sequences in *G. maculatum* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005: 3-35. [薛芹. 黑斑原鲮线粒体DNA序列的遗传多样性分析 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2005: 3-35.]
- [22] Ren X H, Cui J X, Yu Q X. Karyotype and NOR haploidy of *Glyptosternon maculatum* [J]. *Hereditas*, 1992(6): 10-11, 51. [任修海, 崔建勋, 余其兴. 黑斑原鲮的染色体组型及NOR单倍性 [J]. *遗传*, 1992(6): 10-11, 51.]
- [23] Zhou J S, Pan H, Chen M Q, et al. Study on the microbial community in the epidermis and intestinal tract of dead *Glyptosternon maculatum* [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2018, 46(8): 80-85. [周建设, 潘虎, 陈美群, 等. 病死黑斑原鲮表皮和肠道微生物群落研究 [J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(8): 80-85.]
- [24] Zhou J S, Li B H, Pan Y Z, et al. Studies on technique of artificial propagation for *Glyptosternon maculatum* in Tibet [J]. *China Fisheries*, 2015(10): 81-83. [周建设, 李宝海, 潘瑛子, 等. 黑斑原鲮的人工繁殖技术研究 [J]. *中国水产*, 2015(10): 81-83.]
- [25] Wang Q L, Zhou J S, Wang J L, et al. Wild *Glyptosternon maculatum* domestication and daily maintenance [J]. *Scientific Fish Farming*, 2019(3): 12. [王且鲁, 周建设, 王金陵, 等. 野生黑斑原鲮种鱼的驯化和日常养护 [J]. *科学养鱼*, 2019(3): 12.]
- [26] Liu H P, Liu Q Y, Chen Z Q, et al. Draft genome of *Glyptosternon maculatum*, an endemic fish from Tibet-plateau [J]. *GigaScience*, 2018, 7(9): 1-7.
- [27] Kuang P R. The description of two Tracheliastes (parasitic copepodas) [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.]
- [28] Li P, Xi B W, Zhao X, et al. *Myxobolus linchiensis* 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.
- [29] 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.
- [30] Li W X, Zhang L X, 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, 张立祥, 高谦, 等. 西藏拉萨河鱼类体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.]
- [31] Pan Y Z, Fu P P, Chen M Q. Current situations in fauna of fish parasite in Tibet and its potential impact factors [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(6): 1230-1238. [潘瑛子, 付佩佩, 陈美群. 西藏鱼类寄生虫区系研究现状与影响因素分析 [J]. *中国水产科学*, 2019, 26(6): 1230-1238.]
- [32] Pan Y Z, Fu P P, Zhou J S, et al. Community structure and seasonal dynamics of native fishes' gastrointestinal helminths in Lake Chugutso, Tibet [J/OL]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020. (5. 13). [潘瑛子, 付佩佩, 周建设, 等. 西藏哲古措土著鱼类消化道寄生蠕虫的群落结构及感染状况 [J/OL]. *中国水产科学*, 2020. (5.13).]
- [33] Zhang J Y, Qiu Z Z, Ding X J, et al. Fish Parasites and Parasitic Diseases[M]. Beijing: Science Press, 1999: 291-

656. [张剑英, 邱兆祉, 丁雪娟, 等. 鱼类寄生虫与寄生虫病[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 291-656.]
- [34] Liu L Q, Wang B D, Yang T. Notes on the parasites of the naked carp of Qinghai Lake [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1981(4): 295-299, 373-375. [刘立庆, 王宝铎, 杨涛. 青海湖裸鲤寄生棘头虫的研究 [J]. 水产学报, 1981(4): 295-299, 373-375.]
- [35] Esch G W, Kennedy C R, Bush A O, *et al.* Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization [J]. *Parasitology*, 1988, **96**(3): 519-532.
- [36] Chen H W, Liu W C, Davis A J, *et al.* Network position of hosts in food webs and their parasite diversity [J]. *Oikos*, 2008, **117**(12): 1847-1855.
- [37] Zhu T B, Yang D G. Nutritional levels estimation of six fishes in middle reaches of the Yarlung Zangbo River [J]. *Freshwater Fisheries*, 2019, **49**(1): 46-49. [朱挺兵, 杨德国. 雅鲁藏布江中游六种鱼类营养级估算 [J]. 淡水渔业, 2019, **49**(1): 46-49.]
- [38] Li W X. Ecology of endohelminths in the yellowhead catfish, *Pelteobagrus fulvidraco* [D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2005: 17-50. [李文祥. 黄颡鱼体内寄生蠕虫的生态学研究 [D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2005: 17-50.]
- [39] Lo C M, Morand S, Galzin R. Parasite diversity/host age and size relationship in three coral-reef fishes from French Polynesia [J]. *International Journal for Parasitology*, 1998, **28**(11): 1695-1708.
- [40] Poulin R. Patterns in the evenness of gastrointestinal helminth communities [J]. *International Journal for Parasitology*, 1996, **26**(2): 181-186.
- [41] Kennedy C R, Bush A O, Aho J M. Patterns in helminth communities: why are birds and fish different [J]? *Parasitology*, 1986, **93**(1): 205-215.

## COMMUNITY STRUCTURE AND INFECTION OF GASTROINTESTINAL HELMINTHS IN *GLYPTOSTERNUM MACULATUM* FROM TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

PAN Ying-Zi

(Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Institute of Fishery Sciences, Lasa 850032, China)

**Abstract:** *Glyptosternum maculatum* is the only fish belong to *Glyptosternum* in China, and it is the fish that only lives in the Yarlung Zangbo River in Tibet Autonomous Region. In order to understand the community structure of gastrointestinal helminths and infection of *G. maculatum*, the endemic fish of Tibet Autonomous Region, 383 individuals of the species were dissected from May 2019 to August 2019. Seven species of gastrointestinal helminths were found of *G. maculatum*, including *Bathylabium* sp., *Proteocephalus* sp., *Allocreadium* sp., *Neoechinorhynchus* sp., *Echinorhynchus gymnocyprii*, *Contracaecum eudypuluae* and *Rhabdochona* sp.. Most of them were widespread parasites. The population of *G. maculatum* were divided into whole group, different sex groups and different total-length groups. The gastrointestinal helminths' community diversity, dominant species and infection of *G. maculatum* with different groups were respectively analyzed. The results were as follows: in the whole group of *G. maculatum*, the Shannon-Wiener index and the Berger-Parker index of the gastrointestinal helminths were 1.53 and 0.37 respectively, and the dominant species was *C. eudypuluae*, which had the highest infection quantity, infection rate, infection intensity and average abundance. In the different sex group, the Shannon-Wiener index was 0.2—1.57, the Berger-Parker index was 0.34—0.93, the dominant species was *Contracaecum* sp. in all sex groups, and the *Neoechinorhynchus* sp. was the dominant species in the female group. The infection rate and mean abundance of *C. eudypuluae* and *Neoechinorhynchus* sp. were high. In the different total-length group, the Shannon-Wiener index was 0.22—1.59, the Berger-Parker index was 0.34—0.94, the dominant species was *C. eudypuluae* or *Neoechinorhynchus* sp. The infection rate and mean abundances with both helminths were high. It can be concluded that the dominant species in the gastrointestinal helminths of native fishes in Tibet Autonomous Region were mainly nematodes, and most of them were heteroparasites. Fish were only their intermediate hosts, and birds play an important role in their transmission. This study was to understand the community structure and infection of gastrointestinal helminths of *G. maculatum*, to further clarify the species composition and parasitic characteristics of the parasites in Tibetan fishes, and to provide basic data for studying the environmental adaptability of endohelminths and the coevolution with the host.

**Key words:** *Glyptosternum maculatum*; Gastrointestinal tract; Parasitic helminths; Community structure; Infection rate; Mean abundance; Tibet Autonomous Region