

色林错裸鲤感染匙形双穴吸虫的种群动态和寄生偏好

潘瑛子

POPULATION DYNAMICS OF *DIPLOSTOMUM SPATHACEUM* AND ITS PREFERENCE IN INFECTING *GYMNOCYPRIS SELINCUEENSIS* FROM SILING LAKE, TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

PAN Ying-Zi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0143>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

西藏黑斑原消化道寄生蠕虫的群落结构和感染情况

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

水生生物学报. 2021, 45(5): 1034–1044 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.176>

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>

西藏双须叶须鱼早期发育特征

CHARACTERISTICS OF EARLY DEVELOPMENT OF *PTYCHOBARBUS DIPOGON* IN XIZANG AUTONOMOUS REGION

水生生物学报. 2019, 43(5): 1041–1055 <https://doi.org/10.7541/2019.123>

寄生于罗非鱼的刺纹车轮虫种群分析及其寄主偏好性研究

POPULATION ANALYSIS AND HOST PREFERENCE OF *TRICHODINA CENTROSTRIGATA* BASSON, VAN AS & PAPERNA, 1983 FROM TILAPIA

水生生物学报. 2020, 44(6): 1247–1255 <https://doi.org/10.7541/2020.145>

长江中游养殖湖泊大通湖河蚬种群动态及次级生产力

POPULATION DYNAMICS AND SECONDARY PRODUCTION OF *CORBICULA FLUMINEA* (MILLER, 1774) IN A TYPICAL AQUACULTURAL LAKE (DATONG) OF THE CENTRAL YANGTZE RIVER BASIN, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(6): 1144–1152 <https://doi.org/10.7541/2018.140>

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>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2023.2022.0143

色林错裸鲤感染匙形双穴吸虫的种群动态和寄生偏好

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: 文章通过种群动态研究匙形双穴吸虫感染在时空上的变化, 并研究该虫感染是否存在对宿主性别、左右眼及眼球不同部位的寄生偏好性, 摸清匙形双穴吸虫在色林错裸鲤中的感染情况, 分析种群消长原因, 探究其生活史策略。跨年按不同季节采捕色林错裸鲤, 记录全长、体重和性别, 采集并统计匙形双穴吸虫囊蚴数量, 计算不同时空下的感染率和平均丰度, 通过独立样本非参数检验, 判断不同性别宿主、左右眼及眼球不同部位的感染数量是否存在显著差异性, 以检验匙形双穴吸虫是否存在寄生偏好。共剖检色林错裸鲤165尾[全长28.7—49.5 cm, 平均全长(37.9±4.0) cm, 体重196.9—827.2 g, 平均体重(473.3±127.9) g, 包括雌性82尾, 雄性83尾], 共检出匙形双穴吸虫515只, 最大寄生量为32只/尾。在时间上, 匙形双穴吸虫感染率和平均丰度在2020年夏季最高, 秋季和春季呈下降趋势, 2021年夏季感染率下降, 平均丰度却呈上升趋势, 2021年秋季与2020年秋季感染率与平均丰度较为接近。在空间上, 根据色林错裸鲤全长范围, 以5 cm为分组间隔, 将其分为5个全长组, 感染率和平均丰度在25 cm≤TL<30 cm全长组最低, 在30 cm≤TL<35 cm、35 cm≤TL<40 cm和40 cm≤TL<45 cm全长组均较为接近, 在45 cm≤TL<50 cm全长组出现了较大的上升。匙形双穴吸虫对色林错裸鲤的感染, 在不同性别的宿主中不存在偏好, 对宿主的左右眼也不存在偏好性, 但在晶状体和玻璃体中存在明显的偏好性, 更多寄生于晶状体中。匙形双穴吸虫种群消长的季节动态, 与水温等环境因素、候鸟的迁徙时间和螺类的存在息息相关。随着鱼类宿主全长的增长, 眼睛体积增加, 可容纳数量更多的复口吸虫, 长期积累性接触也使感染数目更多。在45 cm≤TL<50 cm全长组出现了较大的上升, 可能是因为更大的体型代表着更大的表面积, 不仅可受到更多尾蚴的入侵, 也在一定程度上有利于色林错裸鲤在不断增加的感染水平下保持生存, 从而积累更多的匙形双穴吸虫。匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的寄生偏好, 是适应环境所表现出的一种生活史策略, 有利于种群的传播和繁衍。

关键词: 种群动态; 寄生偏好; 匙形双穴吸虫; 色林错裸鲤; 色林错; 西藏

中图分类号: S941.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)06-0924-07



色林错是西藏自治区第一大湖泊, 位于那曲市申扎县、尼玛县和班戈县境内^[1]。湖区年均气温-0.3℃, 年均降水290.9 mm, 湖水pH 9.4—9.7, 矿化度18.3—18.8 g/L, 属微咸水湖^[2]。湖水主要依赖地表径流补给, 入湖主要河流包括扎根藏布、扎加藏布、波曲藏布和阿里藏布4条^[1, 2]。色林错中分布着唯一一种裂腹鱼, 早期被认为是小头裸裂尻(*Schizopygopsis microcephalus*)指名亚种^[3], 后被认为是纳木错裸鲤(*Gymnocypris namensis*)^[4], 现被命名为色林错裸鲤(*Gymnocypris selincuoensis*), 研究者们对其性腺发育、生长特征、年龄鉴定与年龄

特征^[5-8]进行了研究, 对其肌肉营养品质^[9]进行了分析, 并用模糊聚类方法对其生活史类型^[10]进行了探索。

复口吸虫(*Diplostomum*)的发育经过卵、毛蚴、胞蚴、尾蚴、囊蚴和成虫6个阶段, 整个生命周期经历3个宿主, 卵随鸟类粪便排入水体中, 发育为毛蚴, 感染第一中间宿主螺类并发育为胞蚴, 产出尾蚴后逸出到水体中, 感染第二中间宿主鱼类, 寄生于其眼部并发育为囊蚴, 被终末宿主鸥科食鱼鸟类捕食后, 在其肠道内发育为成虫^[11-14]。复口吸虫在全世界分布广泛^[12, 13], 几乎可感染所有鱼类^[14],

收稿日期: 2022-04-12; 修订日期: 2022-07-04

基金项目: 国家自然科学基金(31960738); 西藏自治区自然科学基金(XZ202101ZR0058G和XZ202101ZR0079G)资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31960738); the Natural Science Foundation of Tibet Autonomous Region (XZ202101ZR0058G and XZ202101ZR0079G)]

通信作者: 潘瑛子(1984—), 女, 硕士; 研究方向为高原鱼类养殖与病害研究。E-mail: pyingzi_tibet@163.com

危害其健康。被慢性感染的鱼类, 晶状体变混浊, 呈乳白色, 严重时可引起晶状体脱落; 在急性感染时, 病鱼脑部及眼眶周围充血, 游动不正常甚至失去平衡, 身体颤抖并弯曲, 短期内可大量死亡^[14-17]。匙形双穴吸虫 *Diplostomum spathaceum* (Rudolph, 1819) 隶属于双穴科 (Diplostomidae) 双穴吸虫属 (*Diplostomum*), 是常见的复口吸虫之一^[18], 在中国新疆鳅科鱼类^[19]、鲈科鱼类^[20, 21]、江鲢 (*Lota Lota*)^[21] 和白斑狗鱼 (*Esox lucius*)^[21, 22] 中曾有报道, 在西藏未见报道。本文旨在通过种群动态研究匙形双穴吸虫感染在时空上的变化, 并研究该虫感染是否存在对宿主性别、左右眼及眼球不同部位的寄生偏好性, 摸清匙形双穴吸虫在色林错裸鲤中的感染情况, 分析种群消长原因, 探究其生活史策略, 加深对匙形复口吸虫的了解。

1 材料与方法

1.1 采样时间与方法

分别于2020年7月(夏季)、10月(秋季)和2021年4月(春季)、7月(夏季)和10月(秋季)对色林错裸鲤寄生的匙形双穴吸虫进行采样。1月(冬季), 色林错湖面结冰无法下网, 未进行采样。

将宿主左右眼完整取出, 从眼中部剪开, 用镊子拉出晶体及连接着的玻璃体, 置于10 mm×10 mm 的玻璃板上。分开水晶体与玻璃体, 在解剖镜下依次检查。在检查水晶体时, 将表面的其他组织用镊子剥离干净, 滴上0.65%的NaCl溶液, 用解剖针尖端将其层层剥开。用玻璃胶头滴管吸取匙形双穴吸虫囊蚴。

1.2 数据记录及分析

记录左眼与右眼的晶状体与玻璃体中囊蚴的数量。

种群动态研究感染在时空上的变化, 时间上的变化为季节动态, 空间上的变化为对不同全长宿主的感染差异, 计算感染率与平均丰度。感染率为1个宿主种群中, 感染了寄生虫的宿主数量占整个宿主种群数量的比例, 平均丰度为感染寄生虫的总数与宿主种群数量(包括没有感染的宿主)的比值^[17]。

寄生偏好研究匙形双穴吸虫对左右眼、眼球不同部位及宿主性别的寄生选择性。统计感染数量和感染强度, 计算感染率和平均丰度。感染强度为感染的最小数量到最大数量间的范围^[17]。通过独立样本非参数检验中的曼-惠特尼U(Mann-Whitney U)检验, 判断感染数量是否存在显著差异性, 以检验匙形双穴吸虫是否存在寄生偏好。

所有数据分析使用IBM SPSS Statistics软件, 作图使用WPS表格。

2 结果

5次采样, 色林错裸鲤数量依次为32、30、33、12和58尾, 共计165尾。其中雌性82尾, 雄性83尾。宿主全长28.7—49.5 cm, 平均全长(37.9±4.0) cm, 体重(196.9—827.2) g, 平均体重(473.3±127.9) g。共检出匙形双穴吸虫515只, 最大寄生量为32只/尾。

2.1 匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的种群动态

匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的季节动态

图1显示, 感染率和平均丰度在2020年夏季最高, 秋季和春季呈下降趋势, 2021年夏季感染率下降,

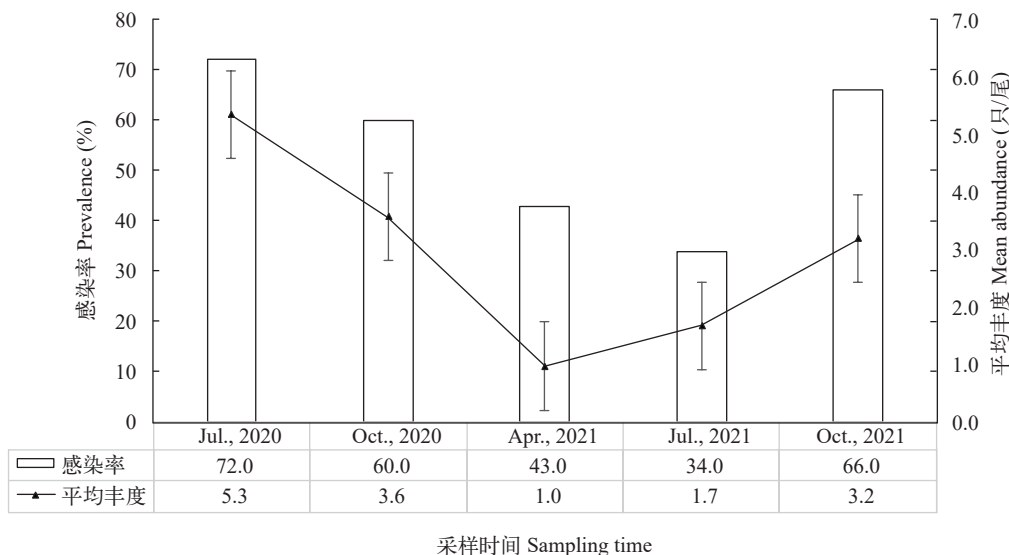


图1 匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的季节动态

Fig. 1 Seasonal dynamics of *Diplostomum spathaceum* in *Gymnocypris selincuoensis*

平均丰度却呈上升趋势, 2021年秋季与2020年秋季感染率与平均丰度较为接近。

匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的空间动态 根据宿主全长范围, 以5 cm为分组间隔, 将宿主分为 $25\text{ cm} \leq \text{TL} < 30\text{ cm}$ 、 $30\text{ cm} \leq \text{TL} < 35\text{ cm}$ 、 $35\text{ cm} \leq \text{TL} < 40\text{ cm}$ 、 $40\text{ cm} \leq \text{TL} < 45\text{ cm}$ 和 $45\text{ cm} \leq \text{TL} < 50\text{ cm}$ 5个全长组。色林错裸鲤寄生匙形双穴吸虫的空间动态见图2。可以看出, 除 $40\text{ cm} \leq \text{TL} < 45\text{ cm}$ 全长组外, 随着宿主全长的增加, 匙形双穴吸虫的感染率和平均丰度也在增加。即感染率和平均丰度在 $25\text{ cm} \leq \text{TL} < 30\text{ cm}$ 全长组最低, 在 $30\text{ cm} \leq \text{TL} < 35\text{ cm}$ 、 $35\text{ cm} \leq \text{TL} < 40\text{ cm}$ 和 $40\text{ cm} \leq \text{TL} < 45\text{ cm}$ 全长组较为接近, 在 $45\text{ cm} \leq \text{TL} < 50\text{ cm}$ 全长组出现了较大的上升。

2.2 匙形双穴吸虫对色林错裸鲤的寄生偏好

匙形双穴吸虫在色林错裸鲤左右眼中的寄生偏好 如表1所示, 右眼中匙形双穴吸虫的感染率略低, 但寄生的总数量、感染强度、平均丰度均高于左眼。用独立样本非参数检验对左右眼的寄生数量进行显著性差异分析, 在置信度95%情况下, 显著性 $\text{Sig.}=0.439>0.05$, 提示: 匙形双穴吸虫对色林错裸鲤左右眼的寄生选择不存在偏好。

匙形双穴吸虫在色林错裸鲤眼球不同部位的寄生偏好 如表2所示, 匙形双穴吸虫在晶状体中的总寄生数量、感染率和平均丰度都远大于玻璃体。用独立样本非参数检验对晶状体与玻璃体中的感染数量进行显著性差异分析, 在置信度95%情况下, 显著性 $\text{Sig.}=0.000<0.05$, 说明匙形双穴吸虫在色林错裸鲤的晶状体和玻璃体中存在明显的寄生偏好, 根据表2, 更偏好寄生于晶状体中。

匙形双穴吸虫对不同性别色林错裸鲤的寄生

偏好 如表3所示, 匙形双穴吸虫对雌性宿主的感染率略高, 感染强度略低, 平均丰度则和雄性宿主基本相同。用独立样本非参数检验对不同性别色林错裸鲤中的寄生数量进行显著性差异分析, 在置信度95%情况下, 显著性 $\text{Sig.}=0.544>0.05$, 结果显示: 匙形双穴吸虫对宿主的性别不存在选择偏好。

3 讨论

3.1 匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的时间动态

对比两年中不同季节匙形双穴吸虫的感染率和平均丰度, 可以发现种群随着季节变换而变化。匙形双穴吸虫作为异源寄生虫, 传播与其终末宿主食鱼鸥科候鸟密切相关。据报道色林错自然保护区内鸥科鸟类有3种, 分别为渔鸥(*Larus ichthyaetus*)、棕头鸥(*Larus brunnicephalus*)和普通燕鸥(*Sterna hirundo*), 均为夏候鸟^[23], 夏季采样时色林错湖中可见大量鸥鸟, 这意味着将有数目众多的复口吸虫卵被排入湖水中。这可能是2020年夏季匙形双穴吸虫感染率和平均丰度较高的原因之一, 此外, 夏季适宜的水温也有利于复口吸虫的生长发育和感染。1997年7月14: 20—18: 30色林错35 m内水温为 $9.4\text{—}13.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[24], 2020年7月10—12日实测15:00宿主捕捞处平均水温为 $16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。Waadu等^[25]的研究显示在 $6\text{—}14\text{ }^{\circ}\text{C}$, 毛蚴对螺类的感染率随着温度的升高而升高, 而在 $15\text{—}20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 感染率基本保持不变; Lyholt等^[26]的研究发现尾蚴在 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时具有感染性, $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时尾蚴的迁移速度更快; Stables等^[27]认为温度高于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 匙形双穴吸虫才会在螺类与鱼类之间传播; 众多研究也均表明匙形双穴吸虫的感染发生于温暖的季节, 在7—10月间达到峰值^[28—33]。但

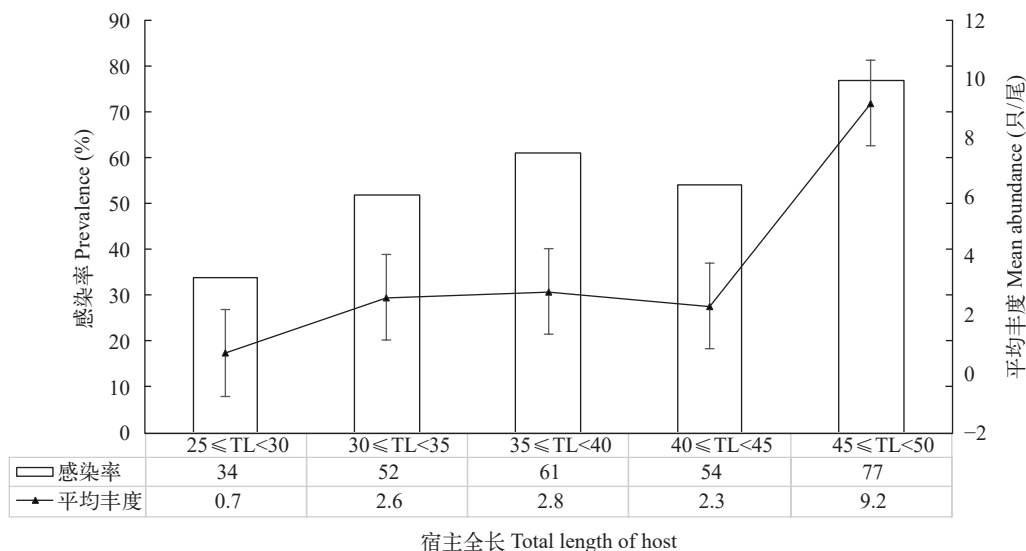


图2 匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的空间动态

Fig. 2 Spatial dynamics of *Diplostomum spathaceum* in *Gymnocypris selincuoensis*

表 1 匙形双穴吸虫在色林错裸鲤左右眼中的寄生情况

Tab. 1 Parasitic profile of *Diplostomum spathaceum* in left or right eye of *Gymnocypris selincuoensis*

指标Index	左眼Left eye	右眼Right eye
匙形双穴吸虫总数Total number	254	261
感染率Prevalence	49.0	43.0
感染强度Intensity	1—16	1—23
平均丰度Mean abundance	1.5±2.6	1.6±3.2

表 2 匙形双穴吸虫在色林错裸鲤眼球不同部位的寄生情况

Tab. 2 Parasitic profile of *Diplostomum spathaceum* in different parts of eyes of *Gymnocypris selincuoensis*

指标Index	晶状体Len	玻璃体Vitreous humour
匙形双穴吸虫总数Total number	447	68
感染率Prevalence	43.0	8.0
感染强度Intensity	1—17	1—18
平均丰度Mean abundance	1.4±2.5	0.2±1.3

表 3 匙形双穴吸虫在不同性别色林错裸鲤中的寄生情况

Tab. 3 Parasitic profile of *Diplostomum spathaceum* in different sex of *Gymnocypris selincuoensis*

指标Index	雌性Femal n=82	雄性Male n=83
感染率Prevalence	64.0	55.0
感染强度Intensity	1—25	1—31
平均丰度Mean abundance	3.1±5.1	3.1±5.2

2021年7月种群的感染率和平均丰度却是5次采样中最低的,其原因可能是宿主鱼类数量过少,调查数据没有相对准确地反映出匙形双穴吸虫的种群变化。2020年10月,匙形双穴吸虫对色林错裸鲤的感染率和平均丰度虽然比7月有所下降,但依然保持较高的水平,可能是因为鸥鸟的停留和持续的排卵,有研究认为排卵可持续3—5个月^[27]。此外,实测10月9—11日15:00宿主捕捞处平均水温为14.6℃,可见,7—10月间适宜的水温也是秋季保持高感染率的重要原因。4月匙形复口吸虫的感染率明显下降,推测也与鸥鸟的迁徙及水温的变化相关。秋冬季,鸥鸟离开,排卵结束,色林错水温也在逐渐下降,冰层持续几个月不融化,可能导致了囊蚴的消亡。有研究指出匙形双穴吸虫长时间处于5℃温度下,可导致发育中个体的大量死亡^[33]。4月平均丰度的下降也在提示着这种必然性。此外,水温变化不仅可直接作用于复口吸虫的感染和存活,还可通过影响其他因素,如宿主的免疫水平、中间宿主的繁殖和数量,以及复口吸虫的发育等,间接影响种群消长^[17]。

综上所述,匙形双穴吸虫种群消长的季节动态,与候鸟的迁徙时间、螺类的存在和水温等环境因素息息相关。

3.2 匙形双穴吸虫感染色林错裸鲤的空间动态

在本研究中,除40 cm≤TL<45 cm全长组外,随着色林错裸鲤全长的增加,匙形双穴吸虫的感染率和平均丰度也在增加。一些研究显示,匙形双穴吸虫感染水平随着宿主年龄的增加而增加^[29, 34—36],因为宿主年龄越大,全长也越长,眼球体积增加,从而可容纳数量更多的复口吸虫^[17, 22],此外,匙形双穴吸虫在鱼类体内存活时间可长达一年以上^[34],甚至可达4年^[37],长期积累性接触也使感染数目更多。将5个全长组进长比较,可以发现感染率和平均丰度在25 cm≤T<30 cm全长组最低,在30 cm≤TL<35 cm、35 cm≤TL<40 cm和40 cm≤TL<45 cm全长组均较为接近,在45 cm≤TL<50 cm全长组出现了较大的上升,这是否提示着:色林错裸鲤在一定年龄后,摄食习惯等行为模式发生了某种变化,从而导致了更高水平的感染。当然,更大的体型代表着更大的表面积,不仅可受到更多尾蚴的入侵,可能也在一定程度上有利于色林错裸鲤在不断增加的感染水平下保持生存,从而积累更多的匙形双穴吸虫。

3.3 匙形双穴吸虫对色林错裸鲤的寄生偏好

匙形双穴吸虫对色林错裸鲤的感染,在不同性别的宿主中不存在偏好,对宿主的左右眼也不存在偏好性,但在晶状体和玻璃体中存在明显的偏好性,更多寄生于晶状体中。这与郭爱民等^[38]和党瑞等^[39]的研究结果不同,上述研究均显示复口吸虫更偏好寄生于玻璃体,认为可能是玻璃体中存储着丰富的营养物质,可为复口吸虫的长期生存提供营养保障,此外,可能也与晶状体和玻璃体的大小和结构、宿主的免疫和寄生虫逃避宿主免疫有关。这种对眼球不同部位寄生偏好的差异,可能是由于不同种类的复口吸虫对环境和宿主所做的适应性调整而产生的。在本研究中,165尾宿主共检出匙形双穴吸虫515只,最大寄生量为32只/尾,平均丰度非常低,仅介于1.0—5.3只/尾。在这种低丰度的情况下,为了种群的繁衍和生存,匙形双穴吸虫可能采取了一种特殊的生活史策略,种群中的大部分个体都迁移寄生于色林错裸鲤的晶状体,以增加对鱼类视力的影响。有研究显示,被感染的鱼逃逸时的反应和躲避捕食者的能力均会降低^[31, 40, 41],严重感染的鱼在水面停留的时间更长,从而增加了被捕食的几率^[42, 43]。匙形复口吸虫通过操纵色林错裸鲤的行为从而顺利到达鸥鸟体内,以完成生命周期。这种寄生虫对宿主行为的操控现象被认为是自然选择的结果,有利于寄生虫的传播^[44, 45]。此外,在一些研究中,囊蚴的寄生对鱼类的左右眼表现出偏好性^[46—49],研究

者认为这可以减轻感染对宿主的影响,以减少宿主的死亡率^[50]。而在本研究中,匙形双穴吸虫并未表现出这种偏好性,可能也与感染的平均丰度较低,对鱼类的影响有限相关。

综上所述,匙形双穴吸虫在色林错裸鲤中所表现出的寄生偏好,是适应环境而表现出的一种生活史策略,其目的是为了更好保障种群的传播和繁衍。

参考文献:

- [1] Qinghai-Tibet Plateau Comprehensive Scientific Investigation Team, Chinese Academy of Sciences. Rivers and Lakes in Tibet [M]. Beijing: Science Press, 1984: 182-189. [中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏河流与湖泊 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 182-189.]
- [2] Wang S M, Dou H S. Lakes of China [M]. Beijing: Science Press, 1998: 399. [王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 399.]
- [3] Wu Y F, Wu C Z. The Fishes of the Qinghai-Xizang Plateau [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1992: 506-510. [武云飞, 吴翠珍. 青藏高原鱼类 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1992: 506-510.]
- [4] Bureau of Water Production in Tibet Autonomous Regio. Fishes and Fish Resources in Xizang, in China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 110-111. [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: 110-111.]
- [5] He D K, Chen Y F, Chen Z M, *et al.* Histological studies on the gonadal development of *Gymnocypris selincuoensis* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2001, **25**(2): 97-102, 188. [何德奎, 陈毅峰, 陈自明, 等. 色林错裸鲤性腺发育的组织学研究 [J]. 水产学报, 2001, **25**(2): 97-102, 188.]
- [6] Chen Y F, He D K, Cao W X, *et al.* Growth of *Selincuo Schizothoracini* (*Gymnocypris selincuoensis*) in Selincuo Lake, Tibetan Plateau [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2002, **48**(5): 667-676. [陈毅峰, 何德奎, 曹文宣, 等. 色林错裸鲤的生长 [J]. 动物学报, 2002, **48**(5): 667-676.]
- [7] Chen Y F, He D K, Chen Y Y. Age discrimination of *Selincuo Schizothoracini* (*Gymnocypris selincuoensis*) in Selincuo Lake, Tibetan Plateau [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2002, **48**(4): 527-533. [陈毅峰, 何德奎, 陈宜瑜. 色林错裸鲤的年龄鉴定 [J]. 动物学报, 2002, **48**(4): 527-533.]
- [8] Chen Y F, He D K, Duan Z H. Annuli characters of *Selincuo Schizothoracine* fish (*Gymnocypris selincuoensis*) in Selincuo Lake, Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2002, **48**(3): 384-392. [陈毅峰, 何德奎, 段中华. 色林错裸鲤的年轮特征 [J]. 动物学报, 2002, **48**(3): 384-392.]
- [9] You Y, Zhou Y F, He W H, *et al.* An analysis of the nutritive compositions in the muscle of *Gymnocypris selincuoensis* [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2009, **18**(2): 2187-2192. [尤洋, 周彦锋, 何文辉, 等. 西藏色林错裸鲤肌肉营养品质分析 [J]. 上海海洋大学学报, 2009, **18**(2): 2187-2192.]
- [10] Liu J. Fuzzy clustering analysis of life history types of *Gymnocypris selincuoensis* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2006, **26**(2): 17-18. [刘军. 色林错裸鲤生活史类型的模糊聚类分析 [J]. 水利渔业, 2006, **26**(2): 17-18.]
- [11] Lee Y I, Seo M, Chai J Y. Intestinal flukes recovered from a Herring Gull, *Larus argentatus*, in the Republic of Korea [J]. *The Korean Journal of Parasitology*, 2020, **58**(1): 81-86.
- [12] Zhu M Y, Jia S A, Wang N, *et al.* Progress on Diplostomum in fish [J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2013, **34**(5): 103-106. [朱梦莹, 贾舒安, 王娜, 等. 鱼类寄生复口吸虫研究进展 [J]. 动物医学进展, 2013, **34**(5): 103-106.]
- [13] Sun J. Diplostomum and its progress in advance on ecology [J]. *Ecologic Science*, 2005, **24**(2): 168-172. [孙军. 复口吸虫的研究进展 [J]. 生态科学, 2005, **24**(2): 168-172.]
- [14] Wang G T, Li W X, Zou H, *et al.* Diagnostic Handbook of Important Parasitic Diseases of Freshwater Fish [M]. Beijing: Science Press, 2017: 48-50. [王桂堂, 李文祥, 邹红, 等. 淡水鱼类重要寄生虫病诊断手册 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 48-50.]
- [15] Li J X. Key Technologies and Practical Atlas of Fish Disease Control [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2014: 69-70. [李继勋. 鱼病防治关键技术及实用图谱 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2014: 69-70.]
- [16] Wang K Y, Geng Y, Huang J L. Color Atlas of Fish Disease Diagnosis and Treatment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012: 107-108. [汪开毓, 耿毅, 黄锦炉. 鱼病诊治彩色图谱 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 107-108.]
- [17] 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.]
- [18] Faltýnková A, Sures B, Kostadinova A. Biodiversity of trematodes in their intermediate mollusc and fish hosts in the freshwater ecosystems of Europe [J]. *Systematic Parasitology*, 2016, **93**(3): 283-293.
- [19] Ma J X. Study on the classification and community ecology of Diplostomidae of Cobitidae in Irtysh River [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2018. [马江霞. 额尔齐斯河鲢科鱼类复口吸虫分类及群落生态学研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2018.]
- [20] Zhu M Y. Research of *Diplostomum* in the Percidae of the Ergis River [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014. [朱梦莹. 额尔齐斯河鲈科鱼类复口吸虫研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.]
- [21] Duan C R. Study on the epidemic characteristics and clas-

- sification of Diplostomidae of ferocious fish in Irtysh River [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2018. [段成任. 额尔齐斯河凶猛鱼类复口吸虫的流行特点及分类研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2018.]
- [22] Parengul, Jiao L, Dang R, *et al.* Epidemiology of *Diplostomum* in the eyes of *Esox lucius* in the Ergis River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2016, **37**(2): 96-100. [番林古丽·热哈提, 焦丽, 党瑞, 等. 额尔齐斯河白斑狗鱼类复口吸虫的流行病学调查 [J]. 水生态学杂志, 2016, **37**(2): 96-100.]
- [23] Tang M, Liao J H, Qin H F, *et al.* On the avifauna and diversity of the Selinko national nature reserve in Tibet [J]. *Journal of Mianyang Teachers' College*, 2021, **40**(8): 57-63. [唐敏, 廖家红, 覃海芬, 等. 西藏色林错国家级自然保护区鸟类区系和多样性[J]. 绵阳师范学院学报, 2021, **40**(8): 57-63.]
- [24] Chen Y F, Chen Z M, He D K, *et al.* Hydrographic features of Serling Co, north Tibetan Plateau [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2001, **13**(1): 21-28. [陈毅峰, 陈自明, 何德奎, 等. 藏北色林错流域的水文特征 [J]. 湖泊科学, 2001, **13**(1): 21-28.]
- [25] Waadu G D, Chappell L H. Effect of water temperature on the ability of *Diplostomum spathaceum* miracidia to establish in lymnaeid snails [J]. *Journal of Helminthology*, 1991, **65**(3): 179-185.
- [26] Lyholt H C K, Buchmann K. *Diplostomum spathaceum*: effects of temperature and light on cercarial shedding and infection of rainbow trout [J]. *Diseases of Aquatic Organisms*, 1996, **25**(3): 169-173.
- [27] Stables J N, Chappell L H. The epidemiology of diplostomiasis in farmed rainbow trout from north-east Scotland [J]. *Parasitology*, 1986, **92**(Pt 3): 699-710.
- [28] Stables J N. Studies on the speciation, epidemiology and immunology of *Diplostomum spathaceum* in fish [D]. Aberdeen: University of Aberdeen, 1984.
- [29] Karvonen A, Savolainen M, Seppälä O, *et al.* Dynamics of *Diplostomum spathaceum* infection in snail hosts at a fish farm [J]. *Parasitology Research*, 2006, **99**(4): 341-345.
- [30] Hakalahti T, Karvonen A, Valtonen E T. Climate warming and disease risks in temperate regions-*Argulus coregoni* and *Diplostomum spathaceum* as case studies [J]. *Journal of Helminthology*, 2006, **80**(2): 93-98.
- [31] Karvonen A, Seppälä O, Valtonen E T. Parasite resistance and avoidance behaviour in preventing eye fluke infections in fish [J]. *Parasitology*, 2004(129): 159-164.
- [32] Sandland G J, Goater C P, Danylchuk A J, *et al.* Population dynamics of *Ornithodiplostomum Ptychocheilus* metacercariae in fathead minnows (*Pimephales promelas*) from four northern-Alberta lakes [J]. *The Journal of Parasitology*, 2001, **87**(4): 744-748.
- [33] Sweeting R A. Investigations into natural and experimental infections of freshwater fish by the common eye-fluke *Diplostomum spathaceum* Rud [J]. *Parasitology*, 1974, **69**(3): 291-300.
- [34] Burrough R J. The population biology of two species of eye fluke, *Diplostomum spathaceum* and *Tylodelphys clavata*, in roach and rudd [J]. *Journal of Fish Biology*, 1978, **13**(1): 19-32.
- [35] Betterton C. Studies on the host specificity of the eye fluke, *Diplostomum spathaceum*, in brown and rainbow trout [J]. *Parasitology*, 1974, **69**(1): 11-29.
- [36] Chappell L H. The parasites of the three - spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. from a Yorkshire pond I. seasonal variation of parasite fauna [J]. *Journal of Fish Biology*, 1969, **1**(2): 137-152.
- [37] Shigin A A. The life-span of *Diplostomum spathaceum* in the intermediate host [J]. *Trudy Gel'mintologicheskoi Laboratorii Akademii Nauk SSSR*, 1964(14): 262-272.
- [38] Guo A M, Kadierding A, Hao C L, *et al.* Spatial distribution of *Diplostomum baeri* in *Oncorhynchus mykiss* in Xinjiang Province [J]. *Journal of Hydroecology*, 2020, **41**(4): 102-107. [郭爱民, 喀迪尔丁·艾尔肯, 郝翠兰, 等. 新疆虹鳟贝氏复口吸虫的空间分布 [J]. 水生态学杂志, 2020, **41**(4): 102-107.]
- [39] Dang R, Hao C L, Jiao L, *et al.* Spatial distribution of *Diplostomum* in *Perca fluviatilis* in Ergis River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2016, **37**(3): 102-106. [党瑞, 郝翠兰, 焦丽, 等. 额尔齐斯河河鲈复口吸虫的空间分布研究 [J]. 水生态学杂志, 2016, **37**(3): 102-106.]
- [40] Seppälä O, Karvonen A, Valtonen E T. Impaired crypsis of fish infected with a trophically transmitted parasite [J]. *Animal Behaviour*, 2005, **70**(4): 895-900.
- [41] Seppälä O, Karvonen A, Valtonen E T. Manipulation of fish host by eye flukes in relation to cataract formation and parasite infectivity [J]. *Animal Behaviour*, 2005, **70**(4): 889-894.
- [42] Seppälä O, Karvonen A, Valtonen E T. Parasite-induced change in host behaviour and susceptibility to predation in an eye fluke-fish interaction [J]. *Animal Behaviour*, 2004, **68**(2): 257-263.
- [43] Crowden A E, Broom D M. Effects of the eye fluke, *Diplostomum spathaceum*, on the behaviour of dace (*Leuciscus leuciscus*) [J]. *Animal Behaviour*, 1980, **28**(1): 287-294.
- [44] Seppälä O, Karvonen A, Valtonen E T. Host manipulation by parasites and risk of non-host predation: is manipulation costly in an eye fluke-fish interaction [J]? *Evolutionary Ecology Research*, 2006, **8**(5): 871-879.
- [45] Moore J. Parasites and the Behavior of Animals [M]. New York: Oxford University Press, 2002.
- [46] Wayland M T, Chubb J C. A new R package and web application for detecting bilateral asymmetry in parasitic infections [J]. *Folia Parasitologica*, 2016(63): 2016.039.
- [47] Graczyk T. Cases of bilateral asymmetry of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 metacercariae infections (Trematoda: Diplostomidae) in the eye lens of

- fish [J]. *Acta Parasitologica Polonica*, 1991(36): 131-134.
- [48] Rau M E, Gordon D M, Curtis M A. Bilateral asymmetry of *Diplostomum* infections in the eyes of lake whitefish *Coregonm clupeaformis* (Mitchill) and a computer simulation of the observed metacercarial distribution [J]. *Journal of Fish Diseases*, 1979, 2(4): 291-297.
- [49] Morley N J, Lewis J W. Influence of *Ligula intestinalis* plerocercoids (Cestoda: Diphyllbothriidea) on the occurrence of eye flukes in roach (*Rutilus rutilus*) from a lake in south-east England [J]. *Journal of Helminthology*, 2019, 93(1): 66-70.
- [50] Pietsch T J J, Koprivnikar J, Orlofske S A, et al. Making the right choice: testing the drivers of asymmetric infections within hosts and their consequences for pathology [J]. *Oikos*, 2014, 123(7): 875-885.

POPULATION DYNAMICS OF *DIPLOSTOMUM SPATHACEUM* AND ITS PREFERENCE IN INFECTING *GYMNOCYPRIS SELINCUEOENSIS* FROM SILING LAKE, TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

PAN Ying-Zi

(Tibet Native Fish Breeding and Utilization Technology Engineering Research Center, Institute of Fishery Sciences, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032, China)

Abstract: In this paper, the population dynamics of the parasite *Diplostomum spathaceum* is studied to understand infections in the hosts *Gymnocypris selincuoensis* from Siling Lake, including seasonal and group differences in infections and reasons for changes in the population size, identify the parasite's preferences for male/female hosts, left/right eyes of hosts, or specific parts of hosts' eyes, and discuss their life history strategies. The samples were collected in different seasons in two years (2020 and 2021), with their total length, weight and sex and the number of metacercariae living on them being recorded. The prevalence and mean abundance of infection of different groups and in different seasons were calculated. To find out whether the parasite exhibits preferences for the hosts, a non-parametric test was conducted for independent groups to identify any significant difference in the size of parasite population on male/female hosts, left/right eyes of hosts and different parts of hosts' eyes. A total of 165 samples [total length: 28.7—49.5 cm; average length: (37.9±4.0) cm; weight: 196.9—827.2 g; average weight: (473.3±127.9) g], including 82 female samples and 83 male samples, were dissected, with 515 parasites being found. The maximum number of parasites observed is 32 worms per fish. In terms of seasonal difference, the prevalence and mean abundance of infection peak in the summer of 2020 and drop in the following autumn and spring. In the summer of 2021, the prevalence of infection is on the decline, while the mean abundance of infection is on the rise. Similar prevalence and mean abundance of infection are observed in the autumn in both 2020 and 2021. To find out group difference, the samples were divided into 5 groups by their total length (TL) at the interval of 5 cm. The minimum values of the prevalence and mean abundance of infection are found in the group of which TL is between 25 cm (inclusive) and 30 cm. Groups of which TL is between 30 cm (inclusive) and 35 cm, between 35 cm (inclusive) and 40 cm, and between 40 cm (inclusive) and 45 cm have similar prevalence and mean abundance of infection. The maximum values of the prevalence and mean abundance of infection are observed in the group of which TL is between 45 cm (inclusive) and 50 cm. The parasite does not exhibit preferences for male/female hosts or left/right eyes of hosts, but they significantly prefers the crystalline lens to the vitreous body. Changes in the size of parasite population are closely related to the seasonal changes, water temperature, bird migration, and snails. The size of parasite population grows with the increase in the total length and eye volume of hosts and frequency of parasite exposure. The reason why the group with TL between 45 cm (inclusive) and 50 cm has higher values of prevalence and mean abundance may lie in the fact that they have a higher risk of parasite exposure because they are larger in size, which enables the hosts to survive from severer infection caused by a larger number of parasites. The preferences exhibited by the parasite in selecting hosts and position of eyes are part of adaptative life history strategies for better transmission and reproduction.

Key words: Population dynamics; Parasitism preference; *Diplostomum spathaceum*; *Gymnocypris selincuoensis*; Siling Lake; Tibet Autonomous Region