

新疆虹鳟贝氏复口吸虫的空间分布

郭爱民, 喀迪尔丁·艾尔肯, 郝翠兰, 焦丽, 谢志胜, 张文润, 容梦婕, 岳城

(新疆农业大学动物医学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:为了解贝氏复口吸虫(*Diplostomum baeri*)在虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)眼部寄生的空间分布特点, 2017年4次对新疆博尔塔拉蒙古自治州温泉县冷水鱼繁育基地的虹鳟进行采样调查, 运用统计学方法对虹鳟眼睛寄生贝氏复口吸虫的空间分布特点进行分析。结果显示, 在检查的61尾虹鳟中, 检出贝氏复口吸虫9 023只, 单尾检出最多为388只。总感染率为100%, 左右眼玻璃体的感染率为100%和96.7%, 高于左右眼晶状体的感染率60.7%和42.6%。总平均感染强度为(147.9±11.6), 左右眼玻璃体平均感染强度为(90.9±6.7)和(71.9±6.1), 高于左右眼晶状体平均感染强度(7.4±1.9)和(7.0±2.1)。左眼和右眼的平均感染强度无统计学差异($P>0.05$), 晶状体和玻璃体的平均感染强度差异极显著($P<0.01$)。贝氏复口吸虫在虹鳟不同部位的方均比(S^2/\bar{X})大于1, 说明贝氏复口吸虫对该地虹鳟的寄生情况严重, 在虹鳟的不同部位中均呈聚集性分布, 更倾向于在玻璃体中寄生, 存在寄生部位选择偏好性。

关键词:虹鳟; 复口吸虫; 空间分布; 玻璃体; 晶状体

中图分类号:S941.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2020)04-0102-06

虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)原产于北美洲的太平洋沿岸, 1959年自朝鲜引入我国后, 逐渐在各省市广泛引种养殖(张峰和权生林, 2015)。20世纪末, 虹鳟被引进到新疆博尔塔拉自治州温泉县冷水鱼繁育基地, 利用天然冷泉水进行孵化和养殖工作, 并为周边地区提供虹鳟苗种(胡维斌和李月玲, 2002; 郭焱等, 2003; 2007)。复口吸虫寄生于鱼类眼睛的晶状体和玻璃体, 往往可使宿主鱼视力下降、行动迟缓、摄食能力下降、晶状体浑浊甚至脱落, 呈现“白内障”症状, 给水产养殖业带来损失(Chappell et al, 1994; 孙军, 2005; 朱梦莹等, 2013)。空间分布是寄生虫生态学研究的一个重要方面, 可以分析宿主不同部位小生境的特征及其对环境条件需求的理化特征, 了解其对宿主造成危害的特点(姚卫建, 2003)。

目前, 虹鳟寄生复口吸虫研究涉及分类、免疫反应、宿主行为方式的改变等多个方面(Karvonen et al, 2004; Bortz et al, 2010; Speed & Pauley, 2010; Whyte et al, 2010; Klemme et al, 2016; Kl-

emme & Karvonen, 2016); 但对复口吸虫在虹鳟不同部位空间分布情况尚未见报道。本团队在对该基地虹鳟进行检查时发现了复口吸虫, 经鉴定为贝氏复口吸虫(*Diplostomum baeri*), 拟运用统计学方法分析虹鳟眼内复口吸虫的感染情况和空间分布特点, 以期对复口吸虫病的防治及其生态学研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2017年从温泉县冷水鱼繁育基地4次随机采取样本鱼虹鳟, 并对样本鱼进行编号、测量体长、解剖检查, 按照常规方法将眼球分为左眼和右眼, 并将晶状体和玻璃体进行区分, 分别记录各部位复口吸虫的数量(中国科学院水生生物研究所鱼病研究室, 1985)。

1.2 体长分组

依据采样数量和体长范围将实验虹鳟分为3个体长组, 小体长组: $L<18$, 中体长组: $18\leq L<22$, 大体长组: $22\leq L$ 。

1.3 统计分析

应用寄生虫生态学术语和分布格局类型判断指标(Bush & Lafferty, 1997), 用感染率、平均感染强度及标准误、平均感染丰度及标准误反映感染情况, 方差(S^2)与均值(\bar{X})比(方均比: S^2/\bar{X})判断其在宿主体内及不同部位、不同体长组的空间分布类型, 负

收稿日期: 2018-12-24

基金项目: 国家自然科学基金(31360644, 31860738, 31960737); 新疆维吾尔自治区科技成果转化项目(2016C03013)。

作者简介: 郭爱民, 1994年生, 男, 硕士研究生, 研究方向为预防兽医学。E-mail: yfsyxm@163.com

通信作者: 岳城, 教授, 博士生导师, 主要从事水生动物保护学研究。E-mail: yuechengxnd@aliyun.com

二项分布参数(K)和平均拥挤度(M^*)判断聚集程度的高低。分布格局类型判断指标如下: $S^2/\bar{X} < 1$, 均匀分布; $S^2/\bar{X} = 1$, 随机分布; $S^2/\bar{X} > 1$, 聚集分布。用单因素方差分析(One-way ANOVA)对不同部位的感染强度进行差异性比较。

2 结果与分析

2.1 复口吸虫感染情况

采集虹鳟实验样本 61 尾, 共检出复口吸虫

9 023 只, 单尾检出最多为 388 只。复口吸虫的感染率为 100%, 平均感染强度为 (147.9 ± 11.6) 。复口吸虫在虹鳟左右眼的感染率、平均感染丰度和平均感染强度详见图 1。复口吸虫在虹鳟玻璃体和晶状体的感染率、平均感染丰度和平均感染强度详见图 2。从图 3 可以看出, 晶状体的感染率随体长的增加而降低, 玻璃体则不变, 晶状体的平均感染丰度和平均感染强度随体长的增加变化不大, 玻璃体则随体长的增加呈现先上升、后下降的凸形曲线。

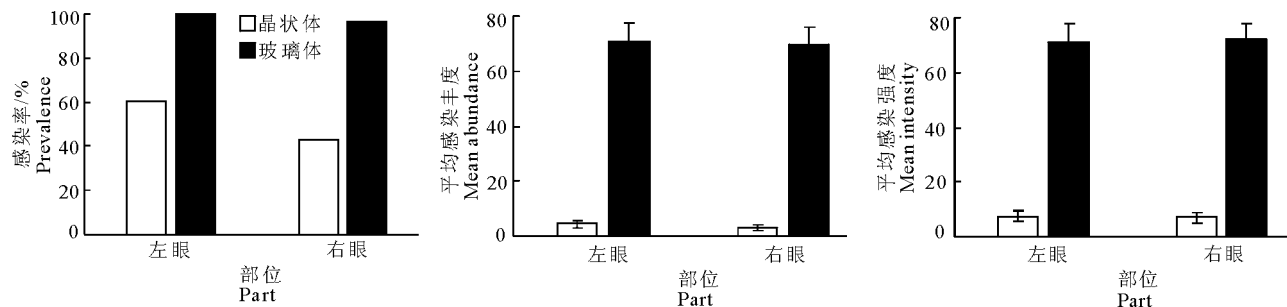


图 1 复口吸虫在虹鳟左右眼的感染情况

Fig.1 *D. baeri* infection of the left and right eyes of *O. mykiss*

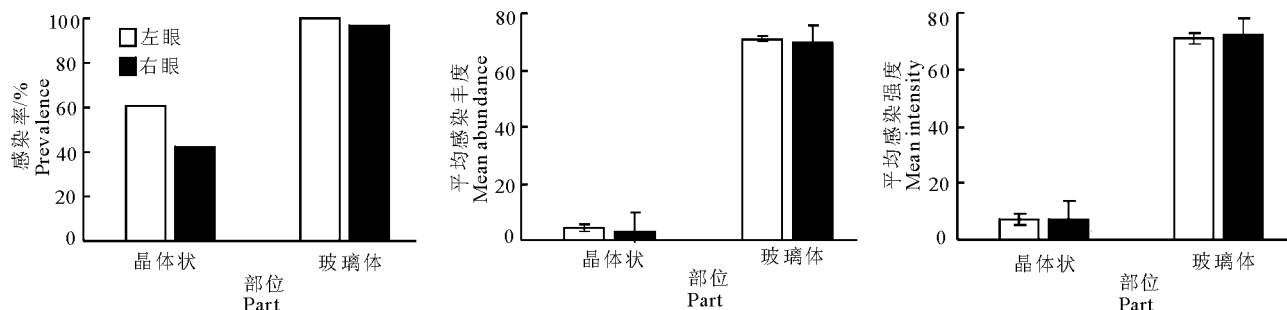


图 2 复口吸虫在虹鳟晶状体和玻璃体的感染情况

Fig.2 *D. baeri* infection of the lens and vitreous humor of *O. mykiss*

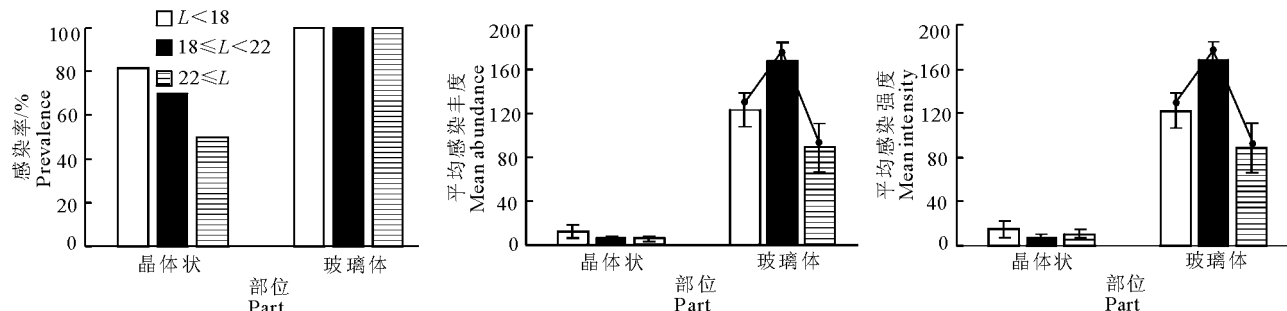


图 3 不同体长组虹鳟复口吸虫的感染情况

Fig.3 *D. baeri* infection in *O. mykiss* grouped by total body length

2.2 复口吸虫在虹鳟不同部位的空间分布

复口吸虫在虹鳟不同部位方均比都大于 1, 玻璃体的负二项参数值和平均拥挤度明显大于晶状体(表 1), 说明复口吸虫在虹鳟的不同部位均呈聚集性分布, 玻璃体的聚集程度明显高于晶状体。

从表 2 可以看出, 复口吸虫在各体长组虹鳟的

玻璃体和晶状体中均呈聚集分布, 玻璃体的聚集程度仍高于晶状体, 说明在复口吸虫的空间分布模式和玻璃体的聚集程度仍高于晶状体的情况下, 不随宿主体长的改变而改变。

2.3 不同部位复口吸虫感染强度差异性检验

虹鳟不同部位感染强度的单因素方差分析详见

表3。结果表明,在实验选取的所有样本中,复口吸虫对虹鳟左右眼的感染强度差异不显著($P>0.05$);复口吸虫在左右眼中对晶状体和玻璃

体的感染强度差异极显著($P<0.01$)。表明复口吸虫对左右眼没有明显的选择性,而对晶状体和玻璃体具有极强的选择性。

表1 复口吸虫在虹鳟不同部位的空间分布格局

Tab.1 Spatial distribution of *D. baeri* in different parts of *O. mykiss*

指 标	眼 球			左 眼			右 眼		
	晶状体	玻璃体	总计	晶状体	玻璃体	总计	晶状体	玻璃体	总计
平均感染丰度	7.4	140.5	147.9	4.46	4.46	4.46	3.0	69.5	72.5
方差	233.8	8269.4	8198.8	95.6	2747.6	2735.5	61.4	2305.5	2313.7
方均比	31.4	58.9	55.4	21.4	38.7	36.3	20.6	20.6	20.6

表2 复口吸虫在不同体长组虹鳟不同部位的空间分布格局

Tab.2 Spatial distribution of *D. baeri* in different parts of *O. mykiss* for each length group

指 标	$L<18$			$18\leq L<22$			$22\leq L$		
	晶状体	玻璃体	总计	晶状体	玻璃体	总计	晶状体	玻璃体	总计
平均感染丰度	12.4	122.5	134.9	5.7	168.1	173.8	5.6	88.5	94.1
方差	702.5	3720.0	3325.6	146.2	9758.1	9980.7	88.6	5940.8	5729.7
方均比	56.8	30.4	24.7	25.5	58.1	57.4	15.9	67.1	60.9

表3 虹鳟不同部位感染强度的单因素方差分析

Tab.3 One-way variance analysis of infection intensity in different parts of *O. mykiss*

显著性	眼球		左眼		右眼	
	左眼	右眼	晶状体	玻璃体	晶状体	玻璃体
<i>P</i>	0.964		0.000		0.000	

复口吸虫在虹鳟不同部位中体长组感染强度的单因素方差分析详见表4。结果表明,不同体长组虹鳟左眼和右眼及玻璃体的感染强度差异显著($0.01<P<0.05$),各长组虹鳟晶状体感染强度的差异不显著($P>0.05$)。

表4 不同体长组虹鳟感染强度的单因素方差分析

Tab.4 One-way variance analysis of infection intensity in *O. mykiss* for each length group

部位	体长组	<i>P</i>	
眼球	$L<18$		
	左眼	$18\leq L<22$	0.018
		$22\leq L$	
	右眼	$L<18$	0.040
		$18\leq L<22$	
		$22\leq L$	
晶状体	$L<18$		
	左眼	$18\leq L<22$	0.870
		$22\leq L$	
	右眼	$L<18$	0.058
		$18\leq L<22$	
		$22\leq L$	
玻璃体	$L<18$		
	左眼	$18\leq L<22$	0.018
		$22\leq L$	
	右眼	$L<18$	0.032
		$18\leq L<22$	
		$22\leq L$	

3 讨论

3.1 虹鳟感染复口吸虫的环境影响因素

相关研究表明,复口吸虫在野生鱼类群体中的感染强度通常在0~40,极少数情况下可上升至几百(Valtonen & Gibson, 1997)。复口吸虫对宿主的感染情况受水温、水流速度、螺的分布、尾蚴密度、宿主种类、大小及密度等影响(Wootten, 1974; Kennedy, 1984; Stables & Chappell, 1986; Whyte et al, 1991)。

本研究发现,温泉县冷水鱼繁育基地的虹鳟寄生复口吸虫的感染率为100%,平均感染强度为147.9,最大感染强度为388。对比发现,温泉县冷水鱼繁育基地的虹鳟复口吸虫的感染率、平均感染强度与额尔齐斯河流域的鱼类不同,且复口吸虫对额尔齐斯河流域的几种鱼类平均感染强度不超过20(谭士艳等, 2010; 朱梦莹等, 2014; 番林古丽·热哈提等, 2016; 马江霞等, 2017);而此基地虹鳟复口吸虫的感染强度高达147,说明温泉县冷水鱼繁育基地的虹鳟感染复口吸虫的情况严重。这应该是野生鱼类和养殖鱼类的差异,当然也与其密度有关。

3.2 复口吸虫在鱼眼的寄生部位偏好性

复口吸虫在宿主左眼和右眼的感染强度没有统计学差异,说明复口吸虫对宿主的左右眼是没有选择性的。其对宿主晶状体和玻璃体的感染率、感染丰度、感染强度、集聚程度均存在明显差别,平均感染强度差异极显著,表明复口吸虫在选择寄生部位时对晶状体和玻璃体具有选择性,更倾向于寄生在玻璃体中。

玻璃体是充填于晶状体和视网膜之间的无色透明胶状物质,占眼球的后 4/5,99%的成分是水,其余 1%是少量蛋白质包括可溶性蛋白、氨基酸、乳酸、无机盐、糖、尿素、维生素、脂质等,主要起支撑视网膜和调节眼内压的作用。晶状体是位于眼球虹膜和玻璃体之间的双凸透镜样结构,其结构包括晶状体囊、晶状体上皮、晶状体纤维,其所需营养物质来源于房水和玻璃体,是主要的屈光物质(刘德培和柏树令,2015)。复口吸虫对晶状体和玻璃体的选择性与可能与晶状体和玻璃体的大小、内部结构、组成成分以及宿主的免疫特性、寄生虫逃避宿主免疫有关,但其详尽机理缺乏相关研究。

3.3 复口吸虫在鱼眼的空间分布模式

寄生虫在宿主种群中呈 3 种模式分布,即均匀分布、随机分布和聚集分布。绝大多数寄生虫在宿主种群内呈现聚集性分布,其意义在于使寄生虫对宿主种群的影响降到最小,有助于寄生虫种群的繁殖和延续(聂品,1990)。

本次研究结果表明,复口吸虫在虹鳟眼内的分布模式为聚集分布,玻璃体的聚集程度明显高于晶状体,且复口吸虫的空间分布模式和玻璃体的聚集程度高于晶状体的情况不随宿主体长的改变而改变。复口吸虫在宿主体内聚集性分布的意义在于,只有少数宿主寄生大量的复口吸虫,引起宿主死亡,而多数宿主寄生较少的复口吸虫,这会导致小部分宿主因体况下降、行动迟缓、视力下降、不易躲避天敌等因素而死亡,但对宿主种群的影响不大,这对形成稳定的宿主-寄生虫系统和复口吸虫完成其生活史是有利的(Mikheev et al, 2010)。

3.4 复口吸虫寄生的宿主年龄-寄生虫丰度曲线

在宿主-寄生虫关系研究中,有较多的数据显示,宿主的大小或年龄与寄生虫的感染率、感染丰度、感染强度呈正相关(Whyte et al, 1991)。对这种现象的解释存在两个假说:第一种假说是孤岛假说,把宿主比作孤岛,宿主越大,则可寄生越多的寄生虫;第二种假说是累积效应假说,即随着宿主的生长,宿主获得新寄生虫的可能性增加,寄生虫逐渐积累而增多(Lo et al, 1998)。但有研究发现,随着宿主的生长,寄生虫的感染丰度和强度出现先上升、后下降的现象,呈现凸形的年龄-丰度/强度曲线,对于这种曲线的意义,学者们持有不同的观点,有观点认为严重感染的宿主死亡,使得老龄宿主的平均感染强度降低,这种曲线是寄生虫导致宿主死亡的证据;也有观点认为并不是寄生虫导致了宿主死亡,而是

在持续的感染过程中,宿主产生了获得性免疫或高龄宿主数量少(Anderson & Gordon, 1982)。

对于复口吸虫与鱼类宿主的关系,大多数研究显示,随着宿主鱼的生长,接触复口吸虫尾蚴的机会增多,感染率、感染丰度、感染强度也会相应地增加,符合孤岛假说和累积效应假说。繁育基地虹鳟复口吸虫的平均感染强度为 147,单尾检出复口吸虫数量达 388,明显高于复口吸虫感染的一般感染强度(0~40 只),而复口吸虫大量寄生可引起宿主鱼的死亡。

参考文献

- 番林古丽·热哈提,焦丽,党瑞,等,2016. 额尔齐斯河白斑狗鱼复口吸虫的流行病学调查[J]. 水生态学杂志, 37(2):96-100.
- 郭焱,张北平,张人铭,等,2003. 赛里木湖高白鲑引种移植效应评价[J]. 水利渔业, 23(3):30-32
- 郭焱,蔡林钢,马燕武,2007. 虹鳟在赛里木湖生长发育的初步研究[J]. 水产学杂志, (2):1-6.
- 胡维斌,李月玲,2002. 全国唯一的高白鲑繁育基地在博州建成赛里木湖冷水鱼养殖获重大突破[J]. 内陆水产, (4):2.
- 刘德培,柏树令,2015. 中华医学百科全书:解剖学[M]. 北京:中国协和医科大学出版社.
- 马江霞,党瑞,焦丽,等,2017. 新疆额尔齐斯河江鳕墨氏复口吸虫种群动态研究[J]. 新疆农业科学, (6):1160-1166.
- 聂品,1990. 寄生虫种群生态研究的综述[J]. 水生生物学报, (4):359-367.
- 孙军,2005. 复口吸虫的研究进展[J]. 生态科学, (2):168-172.
- 谭士艳,焦丽,闫昊,等,2010. 额尔齐斯河凶猛鱼类复口吸虫流行病学调查[J]. 新疆农业大学学报, 33(2):155-157.
- 王庆龙,2013. 金鳟和虹鳟繁殖与育种关键技术研究[D]. 青岛:中国海洋大学.
- 杨翟平,2012. 二、三和四倍体虹鳟 *Oncorhynchus mykiss* 精子生物学研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学.
- 姚卫建,2003. 黄颡鱼鳃部寄生单殖吸虫和鳃类的空间分布特点[J]. 水生生物学报, 27(6):635-638.
- 张峰,权生林,2015. 虹鳟鱼人工繁殖和养殖技术[J]. 水产养殖, 36(12):22-24.
- 中国科学院水生生物研究所鱼病研究室,1985. 鱼病调查手册[M]. 上海:上海科学技术出版社:55-62.
- 朱梦莹,贾舒安,王娜,等,2013. 鱼类寄生复口吸虫研究进展[J]. 动物医学进展, 34(5):103-106.
- 朱梦莹,王新,周颖,等,2014. 额尔齐斯河粘鲈感染复口

- 吸虫的种群动态研究[J]. 水生态学杂志, 35(3):78 - 81.
- Anderson R M, Gordon D M, 1982. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities[J]. *Parasitology*, 85(2):373 - 398.
- Bortz B M, Kenny G E, Pauley G B, et al, 2010. Prevalence of two site-specific populations of *Diplostomum* spp. in eye infections of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, from lakes in Washington State, USA [J]. *Journal of Fish Biology*, 33(1):31 - 43.
- Bush A O, Lafferty K D, 1997. Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited[J]. *Journal of Parasitology*, 83(4):575 - 583.
- Chappell L H, Hardie L J, Secombes C J, 1994. Diplostomiasis: the disease and host-parasite interactions. *Parasitic Disease of Fish* (Eds, Pike A W & Lewis) [M]. Dyfed: Samara Publishing Limited: 59 - 86.
- Karvonen A, Seppälä O, Valtonen E T, 2004. Parasite resistance and avoidance behaviour in preventing eye fluke infections in fish[J]. *Parasitology*, 129(2):159 - 164.
- Kennedy C R, 1984. The use of frequency distributions in an attempt to detect host mortality induced by infections of diplostomatid metacercariae[J]. *Parasitology*, 89(2): 209 - 220.
- Klemme I, Karvonen A, 2016. Learned parasite avoidance is driven by host personality and resistance to infection in a fish-trematode interaction[J]. *Proc Biol Sci*, 283: 1 - 7.
- Klemme I, Kortet R, Karvonen A, 2016. Parasite infection in a central sensory organ of fish does not affect host personality[J]. *Behavioral Ecology*, 27(5):1533 - 1538.
- Lo C M, Morand S, Galzin R, 1998. Parasite diversity/host age and size relationship in three coral-reef fishes from French Polynesia[J]. *International Journal for Parasitology*, 28(11):1695 - 1708.
- Mikheev V, Pasternak A, Taskinen J, et al, 2010. Parasite-induced aggression and impaired contest ability in a fish host[J]. *Parasites & Vectors*, 3(1):1 - 7.
- Speed P, Pauley G B, 2010. Feasibility of protecting rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, by immunizing against the eye fluke, *Diplostomum spathaceum* [J]. *Journal of Fish Biology*, 26(6):739 - 744.
- Stables J N, Chappell L H, 1986. *Diplostomum spathaceum* (Rud. 1819): effects of physical factors on the infection of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by cercariae[J]. *Parasitology*, 93(1):71 - 79.
- Valtonen E T, Gibson D I, 1997. Aspects of the biology of diplostomid metacercarial (Digenea) populations occurring in fishes in different localities of northern Finland [J]. *Annales Zoologici Fennici*, 34(1):47 - 59.
- Whyte S K, Allan J C, Secombes C J, et al, 2010. Cercariae and diplostomules of *Diplostomum spathaceum*, (Digenea) elicit an immune response in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson[J]. *Journal of Fish Biology*, 31 (sA):185 - 190.
- Whyte S K, Secombes C J, Chappell L H, 1991. Studies on the infectivity of *Diplostomum spathaceum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Journal of Helminthology*, 65(3):169 - 178.
- Wootton R, 1974. Observations on strigeid metacercariae in the eyes of fish from Hanning field Reservoir, Essex, England[J]. *Journal of Helminthology*, 48(1):73 - 83.

(责任编辑 万月华)

Spatial Distribution of *Diplostomum baeri* in *Oncorhynchus mykiss* in Xinjiang Province

GUO Ai-min, Kadiierding Aierken, HAO Cui-lan, JIAO Li, XIE Zhi-sheng,
ZHANG Wen-run, RONG Meng-jie, YUE Cheng

(College of Animal Medicine, Xinjiang Agricultural University, Ulmuqi 830052, P.R.China)

Abstract: In the late 20th century, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) were introduced to the cold water fish breeding station in Wenquan County, Bortala Mongolian Autonomous Prefecture, Xinjiang. Parasitization of rainbow trout by *Diplostomum baeri* has seriously impaired the development of rainbow trout aquaculture in Xinjiang Province. Spatial distribution of the parasites in the host can be used to analyze habitat characteristics of different parts of the host body and better understand the physicochemical requirements of the parasites. In this study the spatial distribution and infection status of *D. baeri* in the eyes of rainbow trout was investigated. The objectives were to generate data on the ecology of *D. baeri* and provide a reference to support disease prevention and healthy culturing of rainbow trout. In 2017, 61 rainbow trout were randomly collected on four occasions from the cold water fish breeding station in Wenquan County. Total body length was recorded and the fish were placed into 3 groups according to length: $L < 18$ cm, $18 \text{ cm} \leq L < 22$ cm, and $L > 22$ cm. The fish were sacrificed, the number of *D. baeri* in the lens and vitreous humor of both eyes were recorded, and the spatial distribution of *D. baeri* was analyzed statistically. The total number of *D. baeri* in the 61 trout was 9 023, the maximum number detected in an individual fish was 388, and the mean infection intensity was (147.9 ± 11.6) . The mean infection intensity in left and right vitreous humor (90.9 ± 6.7) and (71.9 ± 6.1) was higher than in the left and right lens (7.4 ± 1.9) and (7.0 ± 2.1). The overall prevalence was 100% and the prevalence in the left and right vitreous humor (100% and 96.7%) was higher than in the left and right lens (60.7% and 42.6%). The difference in mean infection intensity between left and right eyes was not significant ($P > 0.05$), but the difference in mean infection intensity between the lens and the vitreous humor was highly significant ($P < 0.01$). One-way ANOVA indicated that lens infection intensity did not vary among body length groups ($P > 0.05$), but the difference in vitreous humor infection intensity between the left eye and right eye was significant ($P < 0.05$). The ratios of variance to mean infection intensity in different parts of the rainbow trout exceeded 1, indicating that *D. baeri* infection of rainbow trout is serious and the *D. baeri* population displays selectivity toward the vitreous humor.

Key words: *Oncorhynchus mykiss*; *Diplostomum baeri*; spatial distribution; vitreous; lens