

DOI: 10.12264/JFSC2020-0328

## 叶尔羌河流域斑重唇鱼寄生单式指环虫的空间分布

容梦婕, 郝翠兰, 张文润, 喀迪尔丁·艾尔肯, 穆妮热·喀迪尔, 田胜利, 冯龙基, 岳城

新疆农业大学动物医学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052

**摘要:** 为了解单式指环虫在斑重唇鱼(*Diptychus maculatus*)鳃部寄生的空间分布特点, 于2019年5月至2020年6月对新疆叶尔羌河流域斑重唇鱼进行了3次取样调查, 运用统计学方法对斑重唇鱼鳃部寄生单式指环虫(*Dactylogyrus simplex*)的感染情况及空间分布特点进行分析。结果显示, 在检查的325尾斑重唇鱼中, 共检出3994只单式指环虫, 总感染率和平均感染丰度分别为67.7%和12.3±1.2; 左鳃及右鳃的感染率分别为59.4%和57.2%, 两者之间的感染丰度无显著差异( $P>0.05$ ); 在各鳃片中, 鳃I(最靠近鳃盖的鳃片)、鳃II的平均感染丰度显著高于鳃IV( $P<0.01$ ); 单式指环虫随着宿主的生长, 其感染率、感染丰度和强度先上升, 后下降, 在13~18 cm体长组达到最高, 但是各体长组间的感染没有显著差异( $P>0.05$ )。结果表明, 单式指环虫对宿主左右鳃和年龄没有选择偏好性, 但在鳃片分布上更偏好寄生于鳃I和鳃II, 单式指环虫在宿主种群中的分布类型为聚集分布。

**关键词:** 斑重唇鱼; 单式指环虫; 空间分布; 感染状况

中图分类号: S941

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)09-1220-07

叶尔羌河位于塔里木盆地的西南边缘, 是塔里木河最长的一条支流。该河发源于喀喇昆仑山脉, 属冰雪补给型河流, 其得天独厚的自然气候条件, 使得流域内鱼类资源丰富, 共有鱼类40余种, 其中引进鱼类占绝大多数, 土著鱼类仅有6种<sup>[1]</sup>。斑重唇鱼(*Diptychus maculatus* Steindachner, 1866)为裂腹鱼亚科(Schizothoracinae)中的一类特化等级鱼类<sup>[2]</sup>, 常聚居于海拔2750~3750 m, 是叶尔羌河流域中重要的土著鱼类之一。根据最新发布的《国家重点保护野生动物名录(征求意见稿)》, 已将斑重唇鱼新增为国家二级保护水生动物, 因此保护和恢复其种质资源, 对维护流域生物多样性和生态平衡具有十分重要的意义。目前, 国内对斑重唇鱼的研究主要涉及人工繁殖、生物学特性和遗传进化等方面<sup>[3-5]</sup>, 对寄生虫病原的报道较少。

指环虫(*Dactylogyrus*)是海水和淡水鱼类中常

见的体外寄生病原之一。研究表明, 由单殖吸虫感染引起的疾病与它们的感染率、平均强度和丰度以及在宿主上的微生境分布密切相关<sup>[6]</sup>。单殖吸虫不仅对宿主具有特异性, 它对宿主的某些部位也具有一定的选择偏好<sup>[7-8]</sup>。本课题组在进行叶尔羌河流域鱼类寄生虫区系调查时, 在斑重唇鱼鳃部检获了1种指环虫, 结合传统形态学和分子生物学方法鉴定出该指环虫为单式指环虫(*D. simplex*), 并为我国指环虫属一新纪录种。为了解该指环虫在斑重唇鱼鳃部的感染情况和空间分布特点, 本研究拟运用统计学方法进行分析, 以期指环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 样品的采集与虫种鉴定

2019年5月至2020年6月在叶尔羌河流域

收稿日期: 2020-09-16; 修订日期: 2020-11-10.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31860738, 31960737); 新疆维吾尔自治区研究生科研创新项目(XJ2020G167).

作者简介: 容梦婕(1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向为预防兽医学. E-mail: 1549822257@qq.com

通信作者: 岳城, 教授, 博士生导师, 研究方向为水生动物保护学. E-mail: yuechengxnd@aliyun.com

的塔什库尔干河段进行了3次随机采样。将样品鱼类带回实验室后,根据《鱼病调查手册》<sup>[9]</sup>对其进行编号、称重及测量。用剪刀剪断鱼类的脑延髓,剪开鳃腔,完整地取出左、右鳃,并将左、右鳃片分别编号为鳃I、鳃II、鳃III和鳃IV(鳃I最靠近鳃盖),然后在体视显微镜下挑取虫体,用4%聚乙烯醇乳酸酚染色制片,光学显微镜(Nikon E2000)下观察鉴定,并逐一计数,做好记录。

## 1.2 斑重唇鱼体长分组

依据宿主年龄<sup>[10]</sup>和采集鱼类的体长范围,将取样的斑重唇以5 cm为间隔分为4个体长(S)组:  $S \leq 8$  cm、 $8 \text{ cm} < S \leq 13$  cm、 $13 \text{ cm} < S \leq 18$  cm及  $S > 18$  cm。

## 1.3 统计分析方法

运用 Margolis 等<sup>[11]</sup>和 Bush 等<sup>[12]</sup>定义的生态学术语,分别统计不同体长组、不同鳃片寄生指环虫的感染率、平均感染强度、平均感染丰度等,反映其感染情况;计算方差均值比(方均比)、负二项分布参数等种群空间分布指标,用于判断指环虫在宿主体内不同部位、不同体长组的空间分布类型和聚集程度;使用 *T* 检验比较左右鳃的感染丰度是否具有显著性差异,单因素方差分析(one-way ANOVA)和多重比较中的LSD (Least significant difference)法用于比较各体长组及各鳃片的感染丰度水平。相关数据的处理和构图分别在 Excel 2016、SPSS 19.0 及 GraphPad Prism 6 软件中完成。

## 1.4 频率分布统计

预先设定并统计感染 0、1~20、21~40、41~60、61~80、81~100 和 100 以上个单式指环虫的个体长组宿主受感染的百分率。

## 1.5 种群空间分布格局判断指标计算公式

**1.5.1 方均比**  $S^2 / \bar{X} < 1$ , 均匀分布;  $S^2 / \bar{X} = 1$ , 随机分布;  $S^2 / \bar{X} > 1$ , 聚集分布。其中  $S^2$  为指环虫样本的方差,  $\bar{X}$  为指环虫的平均数。

**1.5.2 负二项分布参数**  $K = \bar{X}^2 / (S^2 - \bar{X})$ , *K* 值在 0~1 范围内越低,表示其聚集程度越高。0 < *K* ≤ 8 时,为聚集分布; *K* < 0 时,均匀分布;若 *K* > 8 时,则为随机分布。

## 2 结果与分析

### 2.1 斑重唇鱼单式指环虫的感染情况及统计性检验

2019年5月至2020年6月采集斑重唇鱼325尾,体长4.0~23.5 cm,平均体长(11.7±0.2) cm。其中,共有220尾感染了指环虫,感染率为67.7%;通过形态学鉴定虫体均为单式指环虫,共检出3994只,单尾检出最多为189只,平均感染强度为18.6±1.7,平均感染丰度为12.3±1.2。

**2.1.1 各鳃片的感染情况** 单式指环虫在斑重唇鱼各鳃片中的感染情况如图1所示,左、右鳃的感染率分别为59.4%和57.2%,左鳃的感染率略高于右鳃,各鳃片的感染率均在30.2%以上,且鳃II最高,鳃IV最低。平均感染强度和平均感染丰度在左、右各鳃片中基本一致,除鳃IV是左鳃略高于右鳃外,其余均是左鳃低于右鳃,并且左、右鳃中的鳃I、II的平均感染强度和平均感染丰度均高于鳃III、IV。单式指环虫对斑重唇鱼左、右鳃的感染丰度差异不显著( $P > 0.05$ ),但在各鳃片间差异极显著( $P < 0.01$ )。经LSD事后检验显示,鳃I和鳃II显著高于鳃IV ( $P < 0.01$ )。

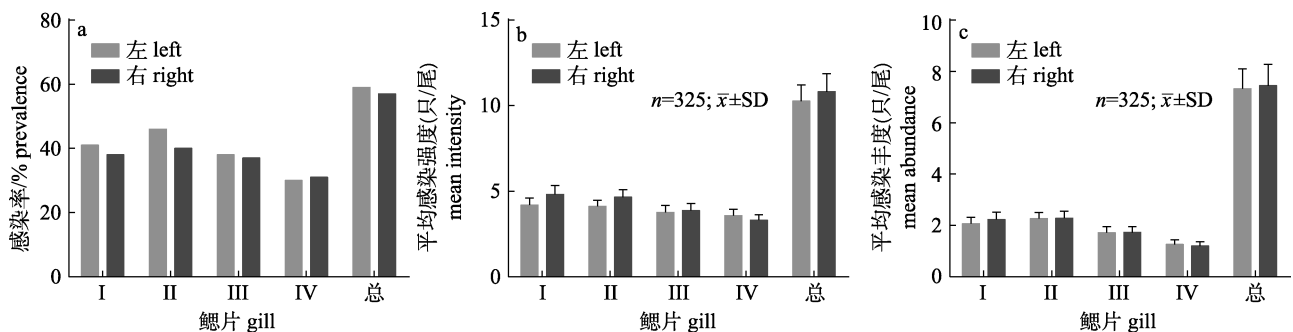


图1 斑重唇鱼不同鳃片寄生单式指环虫的感染率(a)、平均感染强度(b)及平均感染丰度(c)

Fig. 1 Prevalence (a), mean intensity (b) and mean abundance (c) of *Dactylogyrus simplex* in the four gills of *Diptychus maculatus*

**2.1.2 不同体长组的感染情况及频率分布** 如图 2 所示, 单式指环虫随着斑重唇鱼体长的增加, 其总感染率、平均感染强度和平均感染丰度的变化一致, 均在  $13\text{ cm}<S\leq 18\text{ cm}$  体长组最高,  $S\leq 8\text{ cm}$  最低。

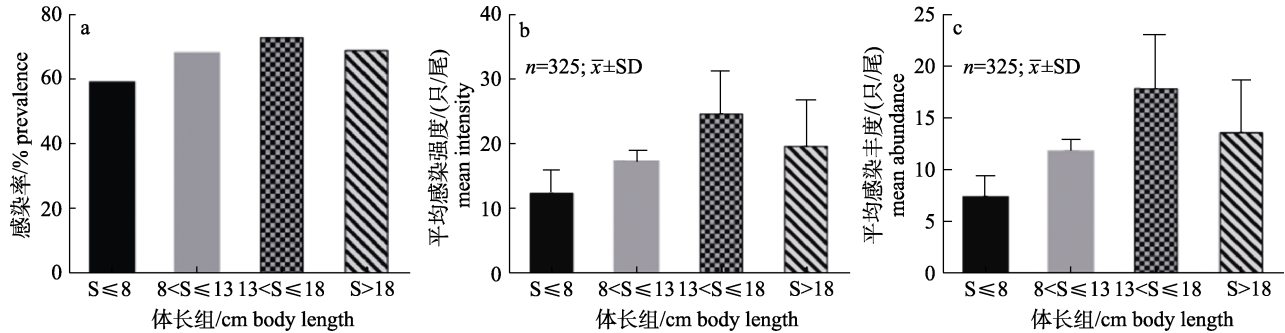


图 2 不同体长组斑重唇鱼单式指环虫的感染率(a)、平均感染强度(b)及平均感染丰度(c)

Fig. 2 Prevalence (a), mean intensity (b) and abundance (c) of *Dactylogyrus simplex* in different body length groups of *Diptychus maculatus*

单式指环虫在 4 个不同体长组宿主中的频率分布见表 1。由表 1 可知, 各体长组的宿主中不感染(0 个)和感染少数(1~20 个)单式指环虫的个体所占百分比比较大, 分别为 27.5%~41.4%和 45.0%~51.8%, 平均百分率为 33.1%、49.0%; 而感染 21~40、41~60、61~80、81~100 及大于 100 个的单式指环虫的平均百分率分别为 9.6%、3.9%、2.0%、0.6%和 1.7%, 说明只有少数宿主感染的指环虫较多。体长组  $S\leq 8\text{ cm}$  的宿主大多感染少数(1~20)单式指环虫, 体长组  $13\text{ cm}<S\leq 18\text{ cm}$  感染超过 20 个指环虫的百分比最高, 为 27.5%。

表 1 单式指环虫在不同体长组斑重唇鱼中的频率分布  
Tab. 1 The distribution frequency of *Dactylogyrus simplex* in different *Diptychus maculatus* body length groups

指环虫数/个 number of <i>Dactylogyrus</i>	体长组/cm body length group			
	$S\leq 8$	$8<S\leq 13$	$13<S\leq 18$	$S>18$
0	41.4	32.5	27.5	31.1
1-20	51.8	47.5	45.0	51.8
21-40	3.4	13.2	15.0	6.9
41-60	0	4.8	7.5	3.4
61-80	3.4	1.2	0	3.4
81-100	0	0	2.5	0
>100	0	0.8	2.5	3.4

## 2.2 单式指环虫在斑重唇鱼中的空间分布

根据计算出的空间分布格局数据(表 2)可知,

对单式指环虫在斑重唇鱼不同体长组及其各鳃片中的平均感染丰度进行单因素方差分析, 结果显示, 不同大小的宿主其感染丰度之间差异不显著( $P>0.05$ ), 并且 4 个体长组对各鳃片的选择性也无差异。

斑重唇鱼不同部位的单式指环虫均呈聚集分布。右鳃的聚集程度略高于左鳃, 各鳃片的聚集程度相差不大。单式指环虫在各体长组宿主中仍呈聚集分布, 不随宿主体长的改变而改变。其中以  $S>18$  体长组的聚集强度最高。

## 3 讨论

### 3.1 单式指环虫在宿主鳃部的寄生偏好性

单式指环虫对宿主左鳃和右鳃的偏好没有显著差异, 这与国内外大多数学者的研究结果一致<sup>[13-16]</sup>, 该现象可能是由于宿主两侧鳃为对称性形态, 使得寄生虫所处的环境非常相近<sup>[17]</sup>。然而, 指环虫对宿主鳃片的微生境偏好在不同研究中的结果各不相同。Turgut 等<sup>[7]</sup>发现 *D. difformis* 喜好在鳃 III、鳃 IV 上寄生, 而 *D. hemiamphibothrium* 更偏好寄生于鳃 I; 姚卫建等<sup>[18]</sup>发现鲢指环虫(*D. hypophthalmichthys*) 大多数寄生在鳃 I 和鳃 II 上, 而鳃片指环虫(*D. lamellatus*) 主要在鳃 II 和鳃 III 上寄生; Jeannette 等<sup>[19]</sup>发现马托氏鲃(*Barbus martorelli*) 上单式指环虫的分布并没有明显的偏好性, 但本研究结果表明, 单式指环虫更偏好寄生于斑重唇鱼的鳃 I 和鳃 II。流经宿主鳃片表面的水流或鳃表面积的差异是决定鳃上寄生虫分布的重要因素<sup>[20-21]</sup>。鳃 I 和鳃 IV 所经过的水流量较少, 流速较慢, 虫体更容易附着, 不易被冲走<sup>[22]</sup>。然而, 在斑重唇鱼鳃 I 观

表 2 单式指环虫在斑重唇鱼不同部位和不同体长组的空间分布格局

Tab. 2 Spatial distribution of *Dactylogyrus simplex* in different parts and body length groups of *Diptychus maculatus*

部位/体长组 body part/body length group		方差 variance	方均比 variance-to-mean ratio	负二项分布参数 parameter of negative binomial distribution
鳃片 gill	L	129.54	21.24	0.30
	R	145.21	23.46	0.28
左鳃 left gill	I	13.61	7.92	0.25
	II	12.97	6.83	0.33
	III	11.24	7.89	0.21
	IV	6.50	6.15	0.21
右鳃 right gill	I	17.53	9.53	0.22
	II	15.00	7.99	0.27
	III	11.00	7.69	0.21
	IV	5.45	5.22	0.25
宿主体长/cm host body length	S≤8	151.66	20.65	0.37
	8<S≤13	381.83	32.46	0.37
	13<S≤18	1109.02	61.96	0.29
	S>18	805.32	59.12	0.23

察到的单式指环虫显著高于鳃IV, 这表明对该位置偏好可能是受到鳃表面积的影响更多。一般鳃II的寄生虫丰度被认为是最高的<sup>[18]</sup>, 鳃II的表面积最大, 通过的水流量也最多, 而水流量与溶解氧呈正相关<sup>[7,20]</sup>, 因此这也可能表明单式指环虫对充足氧气条件的偏好。

### 3.2 单式指环虫在不同体长宿主中的感染情况

Anderson等<sup>[23]</sup>提出宿主年龄与寄生虫的平均感染丰度之间呈“凸形”的曲线(年龄-强度曲线), 同时伴随着宿主在较高年龄段的分散程度(主要以方均比衡量)下降, 这可能是寄生虫感染诱导宿主死亡的证据, 即高年龄段宿主寄生虫感染严重致其死亡。但这一结论受一些条件的约束, 例如宿主对生境的适应性或宿主产生了获得性免疫等。本研究结果显示, 单式指环虫随着斑重唇鱼体长的增加, 其平均感染强度、感染丰度以及方均比的变化均在13 cm<S≤18 cm体长组最高, 也呈现出先上升后下降的现象。结合单式指环虫的频率分布数据, 13 cm<S≤18 cm体长组的斑重唇鱼感染多数(超过20个)指环虫的比率最高, 且单尾检出最多为146只, 相对于该年龄段的斑重唇鱼, 其鳃部所承受的寄生虫负荷较大<sup>[24]</sup>, 但采样过程中并未发现由于指环虫的感染导致斑重唇鱼死亡的现象。因此, 该结果可能由于在自然感染

下, 单式指环虫与斑重唇鱼之间形成了一种较为稳定的宿主-寄生虫平衡系统, 或高龄斑重唇鱼的免疫力增高, 使得指环虫的易感性降低<sup>[25]</sup>。

此外, 通过方差分析发现, 不同年龄的宿主之间感染丰度的差异不显著( $P>0.05$ ), 在各鳃片间的选择差异性也不显著, 这可能表明宿主年龄对单式指环虫的感染及其在鳃部的选择偏好性影响较小。

### 3.3 单式指环虫的空间分布类型

不同体长的斑重唇鱼中寄生单式指环虫种群的频率分布结果表明, 不感染及仅感染少量(1~20个)单式指环虫的宿主所占比例较高, 少数宿主感染的指环虫较多。同时研究结果还表明, 单式指环虫在斑重唇鱼不同部位和不同体长内的分布类型均呈聚集分布。聚集分布是寄生虫在宿主种群中最普遍的分布模式<sup>[26]</sup>, 这种寄生模式可能会对单个宿主造成损伤, 但不会对整个宿主种群的延续和正常繁衍造成影响, 这也被认为是寄生虫与宿主长期协同进化的适应性机制<sup>[27]</sup>。根据负二项参数的判定标准,  $K$ 值在0~1内, 越趋近于0, 聚集强度越高。斑重唇鱼不同体长或不同部位中, 感染单式指环虫的 $K$ 值均小于0.5, 这与高体雅罗鱼(*Leuciscus idus*)中的指环虫种群相比, 聚集程度基本相似, 但比温氏指环虫(*D. wunderi*)在东方

欧鳊(*Abramis brama orientalis*)中的聚集程度低<sup>[28]</sup>。造成这种聚集程度差异的原因可能与宿主的样本量、性别、栖息地及其食性<sup>[29]</sup>等因素有关。

#### 4 结论

通过统计学方法对斑重唇鱼鳃部寄生单式指环虫的感染情况及空间分布特点的分析,得出以下结论:(1)单式指环虫对宿主左右鳃和年龄的大小没有选择偏好性,但在鳃片上更偏好寄生于鳃 I 和鳃 II。(2)单式指环虫随着宿主的生长,其感染率、感染丰度和强度先上升、后下降,在 13 cm < S ≤ 18 cm 体长组达到最高。(3)单式指环虫种群在斑重唇鱼体内的分布类型为聚集分布。

#### 参考文献:

- [1] Guo Y, Zhang R M, Cai L G. The Fishes of Xinjiang[M]. Urumqi: Science and Technology of Xinjiang Press, 2012: 106-130. [郭焱, 张人铭, 蔡林钢. 新疆鱼类志[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2012: 106-130.]
- [2] Dai Y G, Xiao H. Review of studies on the germplasm resources of the Schizothoracinae fishes[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(32): 38-46. [代应贵, 肖海. 裂腹鱼类种质多样性研究综述[J]. 中国农学通报, 2011, 27(32): 38-46.]
- [3] Niu J G, Zhang T, Liu H, et al. Study on artificial domestication and breeding of *Diptychus maculatus*[J]. Scientific Fish Farming, 2016(12): 10-12. [牛建功, 张涛, 刘鸿, 等. 斑重唇鱼人工驯养繁育技术研究[J]. 科学养鱼, 2016(12): 10-12.]
- [4] Lei Q S, Tu Z Y, Shi X L, et al. Swimming ability of *Diptychus maculatus* steindachner in Muzati River for fishway design[J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(10): 1718-1727. [雷青松, 涂志英, 石迅雷, 等. 应用于鱼道设计的新疆木扎提河斑重唇鱼的游泳能力测试[J]. 水产学报, 2020, 44(10): 1718-1727.]
- [5] Zhao X F, Mi B H, Liang L Q, et al. Genetic diversity analysis of *Gymnodiptychus dybowskii* and *Diptychus maculatus*[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2019, 32(2): 19-24. [赵雪飞, 米博翰, 梁利群, 等. 新疆裸重唇鱼和斑重唇鱼遗传多样性分析[J]. 水产学杂志, 2019, 32(2): 19-24.]
- [6] Madanire-Moyo G N, Matla M M, Olivier P A S, et al. Population dynamics and spatial distribution of monogeneans on the gills of *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from two lakes of the Limpopo River System, South Africa[J]. Journal of Helminthology, 2011, 85(2): 146-152.
- [7] Turgut E, Shinn A, Wootten R. Spatial distribution of *Dactylogyrus* (Monogenean) on the gills of the host fish[J]. Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 2006, 6(5): 93-98.
- [8] Yang B J, Zou H, Zhou S, et al. Seasonal dynamics and spatial distribution of the *Dactylogyrus* species on the gills of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) from a fish pond in Wuhan, China[J]. Journal of Parasitology, 2016, 102(5): 507-513.
- [9] Department of Ichthyosis, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences. Handbook of Ichthyosis Investigation[M]. 2nd Edition. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1985: 1-278. [中国科学院水生生物研究所鱼病研究室. 鱼病调查手册[M]. 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 1-278.]
- [10] Hao H Z. Studies on age and growth of *Schizothorax waltoni* Regan[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005. [郝汉舟. 拉萨裂腹鱼的年龄和生长研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.]
- [11] Margolis L, Esch G W, Holmes J C, et al. The use of ecological terms in parasitology[J]. The Journal of Parasitology, 1982, 68(1): 131-133.
- [12] Bush A O, Lafferty K D, Lotz J M, et al. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited[J]. The Journal of Parasitology, 1997, 83(4): 575-583.
- [13] Hao C L. Study on population ecology and molecular systematics of *Dactylogyrus* on gills of Leuciscinae in Irtysh River, China[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014. [郝翠兰. 额尔齐斯河雅罗鱼亚科鱼类指环虫种群生态学及分子系统学研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.]
- [14] Yao W J. Spatial distribution of monogeneans and Copepoda on gills of bullhead catfish *Pelteobagrus fulvidraco*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2003, 27(6): 635-638. [姚卫建. 黄颡鱼鳃部寄生单殖吸虫和鲢类的空间分布特点[J]. 水生生物学报, 2003, 27(6): 635-638.]
- [15] Baker T G, Pante E, de Buron I. Co-occurrence of *Naobranchia lizae* (Copepoda) and *Metamicrocotyla macracantha* (Monogenea), gill parasites of the striped mullet *Mugil cephalus*[J]. Parasitology Research, 2005, 97(6): 515-520.
- [16] Soylu E, Ruzgar B, Soylu M. Seasonal dynamics and spatial distribution of *Dactylogyrus crucifer* Wagener, 1857 on the gills of roach (*Rutilus rutilus* L.) from Lake Sapanca, Turkey[J]. Turkish Journal of Zoology, 2010, 34(3): 393-398.
- [17] Tombi J, Bilongbilong C F. Distribution of gill parasites of the freshwater fish *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinidae) and tendency to inverse intensity evolution between myxosporidia and monogenea as a function of the

- host age[J]. *Revue Délevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 2004, 57(1-2): 71-76.
- [18] Yao W J, Nie P. Population distribution and seasonal alternation of two species of monogeneans on the gills of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Ctenopharyngodon idellus*[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, 28(6): 664-667. [姚卫建, 聂品. 鲢和草鱼鳃部寄生单殖吸虫的种群分布和季节动态[J]. *水生生物学报*, 2004, 28(6): 664-667.]
- [19] Jeannette T, Jacques N, Félix C. Spatial distribution of Monogenean and Myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): The role of intrinsic factors[J]. *African Journal of Agricultural Research*, 2010, 5(13): 1662-1669.
- [20] Wootten R. The spatial distribution of *Dactylogyrus amphibothrium* on the gills of ruffe *Gymnocephalus cernua* and its relation to the relative amounts of water passing over the parts of the gills[J]. *Journal of Helminthology*, 1974, 48(3): 167-174.
- [21] Gutiérrez P A, Martorelli S R. Hemibranch preference by freshwater monogeneans a function of gill area, water current, or both?[J]. *Folia Parasitologica*, 1999, 46(4): 263-266.
- [22] Tripathi P, Agrawal N, Pant R, et al. Microhabitat distribution of some monogenoideans, parasitizing the gills of *Wal-lago attu* (Bl. and Sch., 1801) and their seasonal variation[J]. *Journal of Parasitic Diseases*, 2010, 34(1): 24-28.
- [23] Anderson R M, Gordon D M. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities[J]. *Parasitology*, 1982, 85(2): 373-398.
- [24] Lo C M, Morand S, Galzin R. Parasite diversity/host age and size relationship in three coral-reef fishes from French *Poly-nesia*[J]. *International Journal for Parasitology*, 1998, 28(11): 1695-1708.
- [25] Bakke T A, Harris P D, Cable J. Host specificity dynamics: Observations on gyrodactylid monogeneans[J]. *International Journal for Parasitology*, 2002, 32(3): 281-308.
- [26] Nie P. A brief review on the population ecology of parasites[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1990, 14(4): 359-367. [聂品. 寄生虫种群生态研究的综述[J]. *水生生物学报*, 1990, 14(4): 359-367.]
- [27] Anderson R M, May R M. Regulation and stability of host-parasite population interactions: I. regulatory processes[J]. *The Journal of Animal Ecology*, 1978, 47(1): 219-247.
- [28] Hao C L, Yue C, Yin J G, et al. Spatial distribution of *Dactylogyrus* on the gills of *Leuciscus idus* in Irtysh River, China[J]. *Arid Zone Research*, 2015, 32(4): 766-771. [郝翠兰, 岳城, 殷建国, 等. 额尔齐斯河高体雅罗鱼指环虫的空间分布[J]. *干旱区研究*, 2015, 32(4): 766-771.]
- [29] Amarante C F D, de Souza Tassinari W, Luque J L, et al. Factors associated with parasite aggregation levels in fishes from Brazil[J]. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 2015, 24(2): 174-182.

## Spatial distribution of *Dactylogyrus simplex* in *Diptychus maculatus* in the Yarkand River Basin, China

RONG Mengjie, HAO Cuilan, ZHANG Wenrun, ARKEN Kadirdin, KADIR Munire, TIAN Shengli, FENG Longji, YUE Cheng

College of Veterinary Medicine, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China

**Abstract:** An investigation was conducted to determine spatial distribution characteristics of the monogenean parasite *Dactylogyrus simplex* (Bychowsky, 1936) on the gill filaments of the cyprinid freshwater fish *Diptychus maculatus* (Steindachner, 1866) in the Yarkand River Basin, Xinjiang, from May 2019 to June 2020 through three sampling surveys. The infection and spatial distribution characteristics of *D. simplex* were analyzed using statistical methods. A total of 3994 *D. simplex* parasites were detected in 325 *D. maculatus* individuals, with a total infection rate of 67.7% and an average infection abundance of  $12.3 \pm 1.2$ . The infection rates of the left and right gills were 59.4% and 57.2%, respectively, with no significant difference in infection abundance between them ( $P > 0.05$ ). For the gill slice, the average infection abundance of gill I (the gill slice closest to operculum) and gill II was significantly higher than that of gill IV ( $P < 0.01$ ). With the growth of the host, the infection rate, abundance, and intensity of *D. simplex* first increased and then decreased, reaching the highest values at  $13 < S \leq 18$  cm body length; however, no significant difference in infection was detected among the body length groups ( $P > 0.05$ ). The results indicated that *D. simplex* had no preference for size, left and right gill, or age of the host, but preferred to parasitize gills I and II on the gill slices. The *D. simplex* population exhibited an aggregated distribution gills of the host. The findings of this study provide basic data for fish parasitic disease prevention and control in the Yarkand River Basin.

**Key words:** *Diptychus maculatus*; *Dactylogyrus simplex*; spatial distribution; infection

**Corresponding author:** YUE Cheng. E-mail: yuechengxnd@aliyun.com