

外睾吸虫种群动态研究

高 鹏, 刘升发*

(厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 外睾吸虫(*Exorchis* sp.) 是控制日本血吸虫(*Schistosoma japonicum*) 在其宿主钉螺(*Oncomelania hupensis*) 体内发育的一个有利用价值的生物资源. 掌握外睾吸虫种群的变化规律, 对于进一步研究血吸虫病的生物防治有着重要的意义. 对鲶鱼(*Silurus asotus*) 肠道内寄生的外睾吸虫的种群动态进行研究, 研究结果表明, 不同月份外睾吸虫在鲶鱼体内的感染率、种群平均密度和感染强度无明显变化规律. 外睾吸虫在不同体长宿主体内的感染率变化范围在 65.38%~91.98%, 宿主体长在 270 mm 以下时, 外睾吸虫的感染率随着宿主体长的增加而逐渐增大. 外睾吸虫在宿主体内的频率分布表明, 多数宿主只感染少量的外睾吸虫, 而大量的外睾吸虫只感染少数的宿主. 吸虫种群在不同月份和不同体长宿主体内的分布类型均属于聚集分布, 在不同体长组宿主中聚集强度随着种群密度增加而增强.

关键词: 鲶鱼; 外睾吸虫; 种群动态

中图分类号: Q 958.9

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2012)01-0134-05

近年来国内外已有不少关于鱼类寄生虫种群动态的报道^[1-5]. 鲶鱼(*Silurus asotus*) 属鲶形目(Siluriformes)、鲶科(Siluridae)、鲶属(*Silurus*)^[6], 为底栖食肉性淡水鱼类^[7], 广布于我国黑龙江、辽河、海河、黄河、长江、珠江等水域, 以长江、钱塘江、淮河流域为甚^[8]. 其消化道内寄生的外睾吸虫(*Exorchis* sp.) 隶属于隐殖科(Cryptogonimidae), 外睾亚科(Exorchinae), 外睾属(*Exorchis*)^[9]. 有关外睾吸虫的研究主要集中在分类、生活史和吸虫幼虫与中间宿主的关系等方面^[10-13], 尚未见到有关该吸虫在鱼类宿主体内种群动态研究的报道. 本文报道鲶鱼体内寄生的外睾吸虫种群数量的季节性动态变化以及在不同体长鲶鱼体内的频率分布, 揭示外睾吸虫种群在宿主体内的变化规律.

1 材料和方法

1.1 鲶鱼的采集和处理

2009 年 10 月—2010 年 9 月, 每月从湖南省常德市汉寿县洞庭湖周边水域捕获野生鲶鱼 90~120 尾不等, 共获得样本鱼 1 284 尾. 对捕获的鲶鱼称量, 测量体长, 然后用眼科剪和镊子取下鱼肠置于培养皿, 小心

剖开肠道后, 用生理盐水冲洗干净, 在体视显微镜下挑取虫体, 逐一计数, 做好记录.

1.2 鲶鱼体长分组

将全年取样的鲶鱼分为 7 个体长组(L , 单位: mm, 下同): $L < 150$, $150 \leq L < 180$, $180 \leq L < 210$, $210 \leq L < 240$, $240 \leq L < 270$, $270 \leq L < 300$, $300 \leq L$, 分别统计各体长组及各个月份鲶鱼体内寄生外睾吸虫的感染率、感染强度、平均密度(\bar{X})、平均拥挤度(X^*)和频率分布.

1.3 外睾吸虫在鲶鱼种群中的频率分布统计

分别统计出感染 0, 1~50, 51~100, 101~150, 150 个以上吸虫的各个体长组宿主和各月份宿主感染的百分率.

1.4 时空分布类型判断指标计算公式

时空分布类型判断指标的计算公式, 根据聂品^[14]的方法:

1) 方均比:

$$DI = S^2 / \bar{X}, DI < 1, \text{均匀分布}; DI > 1, \text{聚集分布};$$

$DI = 1$, 随机分布.

2) 负二项分布的参数:

$$k = \bar{X}^2 / (S^2 - \bar{X}) = \bar{X} / (S^2 / \bar{X} - 1);$$

3) 平均拥挤度:

$$X^* = \bar{X} + (S^2 / \bar{X} - 1);$$

4) 扩散性指标:

$$I_d = n \times \sum_{i=0}^n X_i (X_i - 1) / [T(T-1)], T = \sum_{i=0}^n X_i;$$

收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2006AA02Z407)

* 通信作者: liuxie@xmu.edu.cn

式中 S^2 为方差, n 为样本数, T 为吸虫总数, X_i 为第 i 个样本的吸虫数.

2 结 果

2.1 不同月份宿主体内外睾吸虫的种群数量变化及种群分布参数

统计 12 个月份各月鲶鱼体内外睾吸虫的感染率、 \bar{X} 和感染强度, 其结果见表 1 和图 1. 从表 1 可知, 各月份宿主的感染率变化范围在 75.63%~96.49%, 平均感染率为 89.24%, 4—6 月感染率呈现逐渐上升的趋势, 其他月份则呈不规则波动; 感染强度和种群 \bar{X} 在 2—7 月有一个先上升后下降的变化, 在 4 月份达到最大值, 其他月份无明显的变化规律.

从表 1 可以看出, 2009 年 10 月—2010 年 9 月, 外睾吸虫种群分布参数中的 DI 和 I_0 的值均大于 1, 根据种群生态学中衡量种群分布类型的判断方法, 外睾吸虫 12 个月份在宿主鲶鱼体内的种群分布属于聚集分布, 各月份 \bar{X} 、 X^* 和 k 均不相同, 表明该吸虫种群分布的聚集强度也不相同. 外睾吸虫在宿主内种群分布的聚集强度随月份呈不规则变化.

根据 Taylor 冥法则^[15], 外睾吸虫种群分布参数 S^2 与 \bar{X} 之间的关系可表示为: $S^2 = a \bar{X}^b$, 表 1 数据经回归分析可得方程: $S^2 = 1.926\bar{X}^{2.008}$, $r = 0.9137$, 查表 $r_{0.001(10)} = 0.8233$, $r > r_{0.001(10)}$, $a = 1.926 > 1$, $b =$

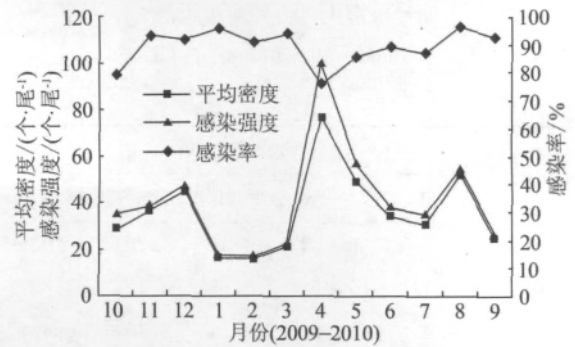


图 1 不同月份宿主体内外睾吸虫的感染率和种群密度变化
Fig. 1 The fluctuation of prevalence and density of *Exorchiis* sp. in host in different months

$2.008 > 1$, 表明外睾吸虫种群在不同月份宿主中均聚集分布, 且聚集强度随着吸虫 \bar{X} 的增加而增强.

2.2 不同月份宿主体内外睾吸虫的频率分布

进一步分析发现, 各月份宿主感染外睾吸虫的数量略有不同(表 2); 感染 1~50 个外睾吸虫的鲶鱼所占的百分率较大, 其感染率在 36.13%~88.78%, 平均值为 68.21%; 感染 101~150 及 150 个以上外睾吸虫的鲶鱼所占的百分率平均只有 3.70% 和 5.14%. 从表 2 可以看出, 不同月份的多数宿主只感染少量的外睾吸虫, 而大量的外睾吸虫只感染少数的宿主.

2.3 不同体长宿主体内外睾吸虫的种群数量变化及种群分布参数

根据宿主样本的分组情况, 统计各体长组鲶鱼体

表 1 不同月份宿主体内外睾吸虫的感染率、种群密度和种群分布参数

Tab. 1 The prevalence, density and parameters of population distribution of *Exorchiis* sp. in host in different months

时间	样本/ 尾	\bar{X} / (个·尾 ⁻¹)	感染强度/ (个·尾 ⁻¹)	感染率/ %	S^2	DI	X^*	I_0	k
2009-10	114	28.16	35.67	78.95	2861.19	101.60	128.76	4.58	0.28
2009-11	120	36.31	38.56	93.33	2222.53	61.21	96.52	2.66	0.60
2009-12	108	44.99	47.64	91.67	2916.99	64.84	108.83	2.42	0.70
2010-01	98	16.19	16.88	95.92	625.67	38.64	53.83	3.33	0.43
2010-02	120	15.54	17.11	90.82	309.29	19.90	34.44	2.22	0.82
2010-03	102	20.95	22.26	94.12	576.93	27.54	47.49	2.27	0.79
2010-04	119	76.20	100.76	75.63	14707.39	193.01	268.21	3.52	0.40
2010-05	98	49.10	57.29	85.71	7129.23	145.20	193.30	3.94	0.34
2010-06	100	33.97	38.17	89.00	2285.77	67.29	100.26	2.95	0.51
2010-07	99	30.60	35.22	86.87	2732.06	89.28	118.88	3.89	0.35
2010-08	114	52.73	54.65	96.49	2400.27	45.52	97.25	1.84	1.18
2010-09	92	24.58	26.60	92.39	1671.94	68.02	91.60	3.73	0.37

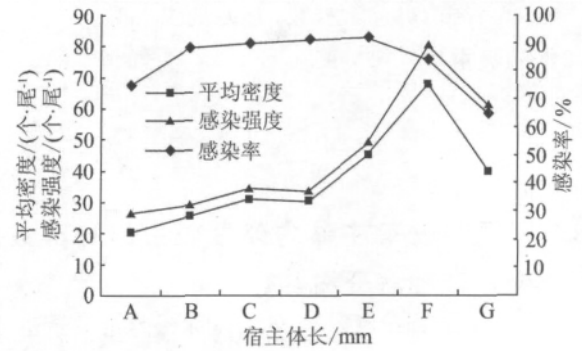
表 2 不同月份宿主体内外辜吸虫的频率分布

Tab. 2 The frequency distribution of *Exorchis* sp. in host in different months

时间	吸虫数目/个				
	0	1~50	51~100	101~150	≥151
2009-10	21.05	60.53	10.53	5.26	2.63
2009-11	6.67	72.50	10.83	4.17	5.83
2009-12	8.23	59.27	19.44	6.48	6.48
2010-01	4.08	88.78	5.10	1.02	1.02
2010-02	10.00	82.50	6.67	0.83	0
2010-03	5.88	84.32	7.84	0.98	0.98
2010-04	24.37	36.13	15.13	7.56	16.81
2010-05	14.29	61.23	10.20	2.04	12.24
2010-06	10.00	71.00	13.00	2.00	4.00
2010-07	13.13	68.69	13.13	1.01	4.04
2010-08	3.51	52.63	27.19	12.28	4.39
2010-09	7.61	78.26	9.78	1.09	3.26
平均值	10.67	68.21	12.27	3.70	5.14

内外辜吸虫的感染率、 \bar{X} 和感染强度,其结果见表 3 和图 2。从表 3 可知,外辜吸虫在不同体长组宿主体内的感染率变化范围在 65.38%~91.98%。当体长 270 mm 以下时,外辜吸虫的感染率是随着宿主体长的增加而逐渐增大的,体长在 150~270 mm 的 4 个组感染率增加的不明显;体长在小于 300 mm 的 6 个组之间,种群 \bar{X} 和感染强度基本上也是随着宿主体长的增加而逐渐增大(图 2)。

从表 3 中可以看出,外辜吸虫种群分布参数在各体长组的宿主中是不同的,各个体长组中的 DI 和 I_0



A. $L \leq 150$; B. $150 \leq L < 180$; C. $180 \leq L < 210$; D. $210 \leq L < 240$; E. $240 \leq L < 270$; F. $270 \leq L < 300$; G. $300 \leq L$.

图 2 不同体长宿主体内外辜吸虫的感染率和种群密度变化
Fig. 2 The fluctuation of prevalence and density of *Exorchis* sp. in host of different body lengths

分别大于 1,根据种群生态学中衡量种群分布类型的判断方法,各体长组宿主体内的外辜吸虫种群分布类型属于聚集分布。各体长组宿主体内外辜吸虫的 \bar{X} 、 X^* 和 k 均不相同,表明该吸虫种群分布的聚集强度也不相同。 k 均大于 0, k 越大,聚集强度越小, k 越小,聚集强度越大。外辜吸虫在不同体长宿主内种群分布的聚集强度呈不规则变化。

根据 Iwao^[16] 提出的理论分析, X^* 与 \bar{X} 之间存在如下关系:

$$X^* = 4.991 \bar{X} - 53.857, r = 0.955 0,$$

查表 $r_{0.001(5)} = 0.950 7, r > r_{0.001(5)}$. 结果表明: X^* 随 \bar{X} 的增大而增大。

2.4 不同体长宿主体内外辜吸虫的频率分布

在 7 个不同体长组的宿主中,除 $180 \leq L < 210$ 体长组外,其余各组宿主感染 1~50 个外辜吸虫所占的百分比均较大(表 4),其感染率在 14.32%~74.74%

表 3 不同体长宿主体内外辜吸虫的感染率、种群密度和种群分布参数

Tab. 3 The prevalence, density and parameters of population distribution of *Exorchis* sp. in host of different body lengths

宿主体长/mm	样本/尾	\bar{X} / (个·尾 ⁻¹)	感染强度 / (个·尾 ⁻¹)	感染率 / %	S^2	DI	X^*	I_0	k
$L < 150$	4	20.00	26.67	75.00	778.50	38.93	57.93	2.93	0.53
$150 \leq L < 180$	93	25.65	29.09	88.17	1732.36	67.54	92.19	3.60	0.39
$180 \leq L < 210$	370	30.95	34.39	90.00	1809.28	58.46	88.41	2.86	0.54
$210 \leq L < 240$	471	30.43	33.33	91.30	2632.68	86.52	115.91	3.81	0.36
$240 \leq L < 270$	237	45.13	49.06	91.98	4044.16	89.61	133.74	2.96	0.51
$270 \leq L < 300$	83	68.05	80.69	84.34	16709.90	245.55	312.60	4.59	0.28
$300 \leq L$	26	40.00	61.18	65.38	3275.15	81.88	120.88	3.02	0.49

表 4 不同体长宿主体内外睾吸虫的频率分布

Tab. 4 The frequency distribution of *Exorchis* sp. in host of different body lengths

宿主体长/mm	吸虫数目/个				
	0	1~50	51~100	101~150	≥151
$L < 150$	25.00	50.00	25.00	0	0
$150 \leq L < 180$	11.83	74.19	10.75	1.08	2.15
$180 \leq L < 210$	10.00	14.32	68.66	4.32	2.70
$210 \leq L < 240$	8.70	74.74	8.92	3.61	4.03
$240 \leq L < 270$	8.02	63.70	16.46	3.38	8.44
$270 \leq L < 300$	15.66	56.63	12.05	2.41	13.25
$300 \leq L$	34.62	46.15	7.69	3.85	7.69
平均值	16.26	54.25	21.36	2.66	5.47

之间,平均值为 54.25%; 宿主感染 101~150 及 150 个以上外睾吸虫所占的百分率平均只有 2.66% 和 5.47%。从表 4 可以看出,多数宿主只感染少量的外睾吸虫,而较大量的外睾吸虫只感染少数的宿主。

3 讨 论

上述研究结果表明,外睾吸虫在不同月份和不同体长组鲢鱼体内的分布均呈聚集分布。外睾吸虫在不同月份宿主体内的感染率、 \bar{X} 和感染强度无明显的变化规律,这与于水舟等^[17]报道的海水鱼类褐菖鲉 (*Sebastes marmoratus*) 的外栉绕宫吸虫 (*Helicometra exeta*) 季节性变化规律有相似之处。这一现象可能与一年四季宿主种群在洞庭湖内相对稳定有密切关系,即不断有新的宿主进入或原有宿主的迁出或死亡,同时有新的吸虫进入宿主或原有吸虫的迁出或死亡。

体长小于 270 mm 的宿主体内外睾吸虫的感染率随宿主体长的增长而增加,体长小于 300 mm 的宿主体内外睾种群 \bar{X} 和感染强度基本上也是随着宿主体长的增加而逐渐增大。这与曾伯平等^[1]报道的台湾棘带吸虫 (*Centrocestus formosanus*) 囊蚴的种群动态不同。体长大于 300 mm 宿主的感染率、 \bar{X} 和感染强度都有所下降,可能与样本数量太少有关。外睾吸虫种群的感染率随宿主体长的增长而增加,其原因可能是由于随着宿主体长的增长,宿主捕食能力及食量增大,因此有更多的捕获中间宿主的机会而获得感染^[18]。

外睾吸虫种群在宿主体内种群分布呈聚集分布,即大多数的宿主不感染或感染少量的外睾吸虫,而大量的外睾吸虫寄生于少量宿主,这符合寄生虫的寄

生生活的规律。这种寄生现象有利于外睾吸虫种群的繁殖和物种的延续,这一结果与 Anderson 等^[19]的观点相一致。稳定的宿主-寄生虫系统是寄生虫对宿主长期适应性的结果,也符合物种进化的观点。

外睾吸虫种群在宿主的聚集分布决定于各种因子,如宿主对这种寄生吸虫的易感性、在宿主体内的繁殖、宿主通过免疫反应或各种其他的反应消灭寄生虫的能力等,都可能是引起聚集分布的主要因子^[20-22]。

钉螺 (*Oncomelania hupensis*) 不仅是外睾吸虫的贝类宿主,也是日本血吸虫 (*Schistosoma japonicum*) 重要的贝类宿主。日本血吸虫病目前在许多省份的疫区中仍然流行,人们的健康和生命受到很大威胁。在血吸虫病的综合防治措施中,消灭或控制传播媒介钉螺是非常重要的环节。由于钉螺具有两栖性,其栖息地在江河湖泊水线上下,分布面积广大,人工运作十分困难,如用化学灭螺剂会污染环境,毒害人和其他生物。采用生物控制血吸虫病传播媒介钉螺,不仅可以省时省力,而且对人畜和周围环境没有影响。唐崇惕等^[13,23-26] 研究结果表明外睾吸虫幼虫期可以抑制日本血吸虫幼虫在钉螺体内的发育。外睾吸虫在鲢鱼体内的高感染率及感染强度,将为今后利用外睾吸虫幼虫竞争性的抑制甚至消灭钉螺体内的日本血吸虫幼虫提供必要的理论依据。

参考文献:

- [1] 曾伯平,廖翔华. 草鱼生长与台湾棘带吸虫囊蚴内种群的关系[J]. 动物学报,1998,44(2):144-149.
- [2] 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.
- [3] 杨廷宝,廖翔华. 青海湖裸鲤寄生舌状绦虫的空间格局研

- 究[J]. 水生生物学报, 1996, 20(3): 206-211.
- [4] 杨廷宝, 廖翔华, 曾伯平. 青海湖裸鲤寄生对盲囊线虫的种群生态研究[J]. 水生生物学报, 2000, 24(3): 213-218.
- [5] Hartvigsen R, Halvorsen O. Spatial patterns in abundance and distribution of parasites of freshwater fish[J]. Parasitology Today, 1994, 10: 28-31.
- [6] 陈湘舜. 我国鲢科鱼类的总述[J]. 水生生物学集刊, 1977, 6(2): 197-216.
- [7] 温海深. 我国鲂科鱼类资源及其繁殖保护研究[J]. 哲里木畜牧学院学报, 1999, 9(1): 67-72.
- [8] 何川. 我国大型淡水鱼类——鲢鱼篇[J]. 中国钓鱼, 2005, 10: 38-39.
- [9] 唐崇惕, 唐仲璋. 中国吸虫学[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2005: 553-556.
- [10] 张仁利, 左家铮, 刘柏香, 等. 洞庭湖外睾吸虫新种及其生活史[J]. 动物学报, 1993, 39(2): 124-129.
- [11] 唐崇惕, 王云. 叶巢外睾吸虫幼虫期在湖北钉螺体内的发育及生活史研究[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 1997, 4(2): 83-87.
- [12] 叶向群. 叶巢外睾吸虫在天然贝类宿主体内发育及生活史的观察[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2000, 7(2): 90-96.
- [13] 唐崇惕, 舒利民. 外睾吸虫幼虫期的早期发育及贝类宿主淋巴细胞的反应[J]. 动物学报, 2000, 46(4): 457-463.
- [14] 聂品. 寄生虫种群动态研究的综述[J]. 水生生物学报, 1990, 14(4): 359-367.
- [15] Taylor L R. Aggregation, variance and the mean[J]. Nature, 1961, 189: 732-735.
- [16] Iwao S. A new regression method for analyzing the aggregation pattern in animal population[J]. Research Population Ecology, 1968, 10: 1-20.
- [17] 于水舟, 刘升发. 外栉缘宫吸虫种群生态研究[J]. 台湾海峡, 2007, 26(2): 256-260.
- [18] 吕军仪, 吴金英, 杨大伟, 等. 鲢长尾吸虫种群生态研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2000, 39(2): 67-72.
- [19] Anderson R M, May R M. Regulation and stability of host-parasite population interactions: I. Regulatory processes [J]. Journal of Animal Ecology, 1978, 47: 219-247.
- [20] 吴金英, 吕军仪, 曾华, 等. 惠东拟囊胞吸虫种群动态研究[J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 46-50.
- [21] 吴金英, 吕军仪, 陈志胜, 等. 四线天竺鲷肠道内天竺鲷八睾吸虫种群动态研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2000, 39(2): 73-77.
- [22] 王晓红, 吕军仪. 鲢鱼肠道内单睾囊胞吸虫的种群生态研究[J]. 热带海洋学报, 2002, 21(1): 57-63.
- [23] 唐崇惕, 郭跃, 王逸难, 等. 湖南目平湖钉螺血吸虫病原生物控制资源调查及感染试验[J]. 中国人兽共患病学报, 2008, 24(8): 689-695.
- [24] 唐崇惕, 卢明科, 郭跃, 等. 日本血吸虫幼虫在钉螺及感染外睾吸虫钉螺发育的比较[J]. 中国人兽共患病学报, 2009, 25(12): 1129-1134.
- [25] Tang C T, Lu M K, Guo Y, et al. Development of larval *Schistosoma japonicum* was blocked in *Oncomelania hupensis* by pre-infection with larval *Exorchis* sp. [J]. Journal of Parasitology, 2009, 95(6): 1321-1325.
- [26] 唐崇惕, 卢明科, 郭跃, 等. 日本血吸虫幼虫在先感染外睾吸虫后不同时间钉螺体内被生物控制效果的比较[J]. 中国人兽共患病学报, 2010, 26(11): 989-994.

Population Dynamics of *Exorchis* sp.

GAO Peng, LIU Sheng-fa*

(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: *Exorchis* sp. could be a valuable biological resource in control over the development of *Schistosoma japonicum* in *Oncomelania hupensis*. Understanding the change rule of *Exorchis* sp. population is significant to the further research on biological control of schistosomiasis. The population dynamics of *Exorchis* sp. parasiting in the intestines of *Silurus asotus* was reported. The results indicated that the prevalence, mean density and mean intensity of infection changed irregularly in host in different months in a year. The prevalence fluctuated from 65.38% to 91.98% in host of different body lengths, and increased with the increasing of body length of host less than 270 mm. The frequency distribution of *Exorchis* sp. in host indicated that most hosts were infected with less parasites. The population distribution of *Exorchis* sp. parasiting in the host in different months and of different body lengths all showed aggregated distribution. The degree of aggregation increased with the increasing of mean density of parasites in host of different body lengths.

Key words: *Silurus asotus*; *Exorchis* sp.; population dynamics