

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2012.00482

丹江口水库鲤肠道寄生蠕虫群落结构与季节动态

高典^{1,2} 王桂堂² 吴山功² 邹红² 习丙文^{2,3} 李文祥²

(1. 南昌大学医学院寄生虫教研室, 南昌 330006; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072;
3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室, 无锡 214081)

摘要: 2004年2月到2005年11月在丹江口水库库区206尾鲤(*Cyprinus carpio*)肠道中检获蠕虫11种, 其中复殖吸虫3种, 线虫5种, 棘头虫2种, 绦虫1种。总体感染率为45.63%, 平均感染丰度为 4.23 ± 12.65 , 平均感染强度为 9.29 ± 17.48 , 其中饭岛盾腹吸虫(*Aspidogaster ijimai*)的总感染率(25.24%)和平均感染丰度(1.76 ± 6.46)最大, 瓣睾鲫吸虫(*Carassatrema lamellorchis*)的感染强度(25.00 ± 46.68)最大。除部分平均感染丰度较低的线虫如鲤带巾线虫(*Cucullanus cyprini*)外, 其他蠕虫的分布类型均为聚集分布, 蠕虫群落多样性指数为4.63, 均匀度指数为0.60, 对群落多样性的季节动态分析表明, 各季节群落多样性和均匀度波动较大, 并无明显变化规律。每尾鲤感染蠕虫种数多在1—4种之间, 所有感染的11种蠕虫中优势种为饭岛盾腹吸虫; 次优势种为日本侧殖吸虫(*Asymphylodora japonica*)、中华许氏绦虫(*Khawia sinensis*)、瓣睾棘吸虫和鲤长棘吻虫(*Rhadinarhynchus cyprini*); 非优势种为对盲囊线虫(*Contraecaecum* sp.)、鲤带巾线虫、鲤杆咽吸虫(*Rhabdochona cyprini*)、黄颡刺盖线虫(*Spinitectus gigi*)、毛细线虫(*Capillaria* sp.)和木村小棘吻虫(*Micracanthorhynchina motomurai*)。在种间协调关系方面, 鲤杆咽线虫和瓣睾鲫吸虫、鲤长棘吻虫和饭岛盾腹吸虫、对盲囊线虫和木村小棘吻虫、鲤长棘吻虫和木村小棘吻虫之间分别存在显著正关联。对优势种和次优势种蠕虫中种群的季节动态分析表明, 鲤寄生蠕虫各组分的感染率和平均感染丰度存在显著的季节差异, 在秋、冬季节的感染水平普遍比较高, 而到春夏则急剧下降, 但中华许氏绦虫无显著季节变化。

关键词: 鲤; 蠕虫; 群落; 季节动态

中图分类号: Q145⁺.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2012)03-0482-07

鱼类肠道蠕虫种类繁多, 组成丰富, 形态结构多样, 为群落生态学的研究提供了极好的材料, 许多学者从“寄生虫-宿主”以及“寄生虫-寄生虫”之间的相互作用关系入手, 探讨寄生虫群落结构的形成及其影响因子^[1-4], 获得了一系列非常有意义的结果。鲤为我国一种重要的淡水经济养殖鱼类, 国内外许多学者对不同水体中鲤肠道寄生蠕虫的分类、形态、种类组成和分布进行了详细的研究, 但在不同地区、河流、湖泊中鲤肠道寄生蠕虫的种类和分布存在较大差异^[5-7]。

在我国“南水北调”中线工程取水水库—丹江口水库大坝加高扩容之前, 作者在调查丹江口水库鱼

类寄生蠕虫区系的基础上, 以群落生态学原理和统计生态学方法, 分析了鲤肠道寄生蠕虫的感染率、感染丰度、种群分布类型、频次分布和种间协调系数等重要特征值, 以揭示丹江口水库鲤寄生蠕虫的种群和群落结构特征及季节动态, 同时为大坝加高扩容后库区蠕虫流行病学研究提供基本资料。

1 材料与方法

1.1 采样地点和方法

丹江口水库(110°08'—110°34'E, 32°14'—32°58'N), 位于长江中游第一大支流汉江上游, 水域面积约800 km², 最大水深约80 m。库区的季节

收稿日期: 2011-02-23; 修订日期: 2011-12-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(31001128); 江西省自然科学基金项目(2010GQY0209); 江西省科技支撑计划项目(2010BSB03001); 江西省教育厅科学基金项目(GJJ11053); 现代农业产业技术体系建设专项资金(NYCYTX-49-15)资助

作者简介: 高典(1979—), 男, 河南许昌人; 博士, 讲师; 主要从事寄生虫学与免疫学研究。E-mail: gaodian@ncu.edu.cn

通讯作者: 王桂堂, E-mail: gtwang@ihb.ac.cn

划分是: 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12 月至来年 2 月为冬季。本调查于 2004 年 2、5、8、10、12 月和 2005 年 2、5、8、11 月共进行了 9 次, 随机取样检查鲤 206 尾(样本数分别为 14、16、23、20、33、30、30、20、20)。解剖后, 在体视显微镜下检查鲤肠道中的寄生蠕虫, 对寄生的蠕虫进行计数、收集、固定, 然后带回实验室进行进一步处理、鉴定, 具体方法参照《鱼病调查手册》^[8], 本文所涉及的寄生生态学概念和所用方法主要参照 Nie, *et al.*^[5]、Bush, *et al.*^[9]和吴金英等^[10], 用 SPSS 软件和 EXCEL 软件在计算机上进行数据处理。

1.2 鲤肠道寄生蠕虫种群及群落特征值计算方法^[5, 10]

蠕虫感染的季节变化检验: 异质性 G -test (G -test of heterogeneity) 检验寄生虫感染率的季节差异性; Kruskal-Wallis H Test 检验蠕虫平均感染丰度的季节差异性;

分布类型及其检验: $DI = \text{方差}(S^2) / \text{均值}(\bar{X})$, 如 $DI > 1$ 为聚集分布, $DI = 1$ 为随机分布, $DI < 1$ 为均匀分布。

聚集指数: $GI = (DI - 1) / (n_i - 1)$, 式中 n_i 为第 i 种蠕虫个体总数。

感染指数: $Z = n_i \cdot (P_i / N^2)$, 式中 P_i 为第 i 种蠕虫感染的宿主数, N 为蠕虫样本总数。

重要值指数: 以种群重要值 $I = Qi \cdot \bar{Xi} \cdot M$ 确定优势种($I > 1$)和次优势种($0.1 < I < 1$)。式中 Qi 为第 i 种蠕虫的感染率, \bar{Xi} 为该蠕虫的平均感染强度, M 为成熟系数, 若某种蠕虫有一条以上成熟虫体, 则 $M = 1$, 否则 $M = 0$ 。

优势度指数: 用 Berger-Parker 指数表示, $d = N_{\max} / N_{\text{总}}$ 。其中 N_{\max} 为每种蠕虫的个体总数, $N_{\text{总}}$ 为群落中所有蠕虫的个体总数。

1.3 鲤肠道寄生蠕虫群落中的种间关系及群落多样性季节变化^[10]

种间协调系数 (Coefficient of association, V) 计算及检测: $V = (ad - bc) / \sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$, 式中 a 为同时感染 2 种蠕虫的鲤尾数, b 和 c 分别指仅感染其中 1 种蠕虫的鲤尾数, d 为 2 种蠕虫均不感染的鲤尾数。 $V > 0$ 为正协调关系, $V < 0$ 为负协调关系, $V = 0$ 表示种间无协调关系。关系系数 V 的显著性用卡方检验判定: $\chi^2 = (a + b + c + d)(ad - bc)^2 / (a + b)(c + d)(a + c)(b + d)$ 。

群落多样性指数: 用香农-维纳指数(Shannon-

Wiener Index)描述鲤蠕虫总体及每个调查季节群落多样性, $H = - \sum_{i=1}^S (P_i) \cdot \text{Log}_2 P_i$, 式中 S 为蠕虫种数; P_i 为第 i 种蠕虫的个体比例, $P_i = N_i / N$, N_i 为第 i 种蠕虫的个体总数; N 为 S 种蠕虫个体的总数。

群落均匀性指数(Equitablity index): 用实测多样性与最大多样性之比表示, 以描述鲤蠕虫总体及每季度的群落多样性, $E = H / H_{\max}$ ($H_{\max} = \text{Log}_2 S$)。

2 结果

2.1 鲤肠道寄生蠕虫群落的组成和频率分布

调查期间从 206 尾鲤的肠道内共检获蠕虫 11 种, 其中复殖吸虫 3 种、线虫 5 种、棘头虫 2 种、绦虫 1 种(表 1)。蠕虫总体感染率为 45.63%, 平均感染丰度为 4.24 ± 12.65 , 平均感染强度为 9.29 ± 12.48 , 其中感染率最高的为饭岛盾腹吸虫(*Aspidogaster ijimai*)(25.24%), 其次是中华许氏绦虫(*Khawia sinensis*)(11.17%); 平均感染丰度最高的为饭岛盾腹吸虫(1.76 ± 6.46), 其次为日本侧殖吸虫(*Asymphylogora japonica*)(0.91 ± 7.79); 感染强度最高的为瓣耞鲫吸虫(*Carassatrema lamellorchis*)(25.00 ± 46.68), 其次为饭岛盾腹吸虫(23.38 ± 34.32)。

表 1 丹江口水库鲤鱼肠道寄生蠕虫感染情况
Tab. 1 Infection of helminths in the intestine of the common carp *Cyprinus carpio* from the Danjiangkou Reservoir, China

寄生蠕虫名称 Helminth	感染率 Prevalence	平均感染丰度 Mean abundance	平均感染强度 Mean intensity
饭岛盾腹吸虫	25.24%	1.76±6.46	23.38±34.32
日本侧殖吸虫	3.88%	0.91±7.79	6.98±11.42
瓣耞鲫吸虫	1.94%	0.49±6.62	25.00±46.68
对盲囊线虫	0.49%	0.04±1.63	9.00
鲤带巾线虫	0.49%	0.00±0.07	1.00
鲤杆咽吸虫	3.40%	0.05±0.29	1.43±0.79
黄颡刺盖线虫	1.46%	0.01±0.12	1.00
毛细线虫	1.46%	0.01±0.12	3.30±2.86
鲤长棘吻虫	16.02%	0.54±1.66	2.00±1.41
木村小棘吻虫	0.97%	0.02±0.22	3.65±3.89
中华许氏绦虫	11.17%	0.41±1.72	1.00

Note: I: *Aspidogaster ijimai*; II: *Asymphylogora japonica*; III: *Carassatrema lamellorchis*; IV: *Contracaecum* sp.; V: *Cucullanus cyprini*; VI: *Rhabdochona cyprini*; VII: *Spinitectus gigi*; VIII: *Capillaria* sp.; IX: *Rhadinarhynchus cyprini*; X: *Micracanthorhynchina motomurai*; XI: *Khawia sinensis*

2.2 鲤寄生蠕虫群落分布类型及群落多样性季节动态

为了进一步了解鲤肠道内 11 种寄生蠕虫的分布类型, 对其种群的若干特征值进行统计(表 2)。从

表 2 中可以看出,除鲤带巾线虫(*Cucullanus cyprini*)、黄颡刺盖线虫(*Spinitectus gigi*)和毛细线虫(*Capillaria* sp.)外,其他各种蠕虫均为聚集分布。其中聚集程度最高的为对盲囊线虫(*Contraecaecum* sp.),其次为瓣睾鲫吸虫;感染指数和优势度指数最大的均为饭岛盾腹吸虫,其次为日本侧殖吸虫和鲤长棘吻虫(*Rhadinarhynchus cyprini*)。从重要度指数看,鲤肠道蠕虫中优势种为饭岛盾腹吸虫($I > 1.0$),次优势种为日本侧殖吸虫、鲤长棘吻虫、瓣睾鲫吸虫、中华许氏绦虫($0.1 < I < 1.0$),其他蠕虫如对盲囊线虫、

鲤带巾线虫、鲤杆咽吸虫(*Rhabdochona cyprini*)、黄颡刺盖线虫、毛细线虫和木村小棘吻虫(*Micracanthorhynchina motomurai*)为非优势种($I < 0.1$)。

鲤肠道蠕虫群落总体多样性指数为 4.63,均匀度指数为 0.60。但两年间各季节群落多样性及均匀度的波动较大,无明显变化规律(图 1)。其中以 2004 年冬季(12 月)群落多样性最高(1.81),当年春季(5 月)群落多样性最低(0.44);在群落均匀度方面以 2004 年夏季(8 月)最高(0.87),当年春季(5 月)最低(0.22)。

表 2 丹江口水库鲤肠道寄生蠕虫种群特征值指标

Tab. 2 The characteristic values of the helminth community in the intestine of the common carp *Cyprinus carpio* from the Danjiangkou Reservoir, China

寄生虫名称 Helminth	分布指数 Distribution Index (DI)	聚集指数 Aggregation index	感染指数 Infection index	优势度指数 Dominance index	重要度指数 Important value index
饭岛盾腹吸虫	23.64	0.06	0.44	0.41	1.76
日本侧殖吸虫	66.71	0.35	0.04	0.21	0.91
瓣睾鲫吸虫	90.31	0.90	0.01	0.11	0.49
对盲囊线虫	9.00	1.00	0.00	0.01	0.04
鲤带巾线虫	1.00	/	0.00	0.00	0.00
鲤杆咽吸虫	1.76	0.08	0.00	0.01	0.05
黄颡刺盖线虫	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
毛细线虫	0.99	0.00	0.00	0.00	0.01
鲤长棘吻虫	5.10	0.04	0.09	0.13	0.53
木村小棘吻虫	2.49	0.50	0.00	0.00	0.02
中华许氏绦虫	7.22	0.07	0.05	0.10	0.41

注: 寄生蠕虫编号与表 1 相同;“/”表示只有 1 条鲤带巾线虫寄生,无法统计聚集指数

Note: The name and serial number of the helminths was same as Tab. 1;“/” represents that it is impossible to calculate the aggregation index because only 1 parasite found

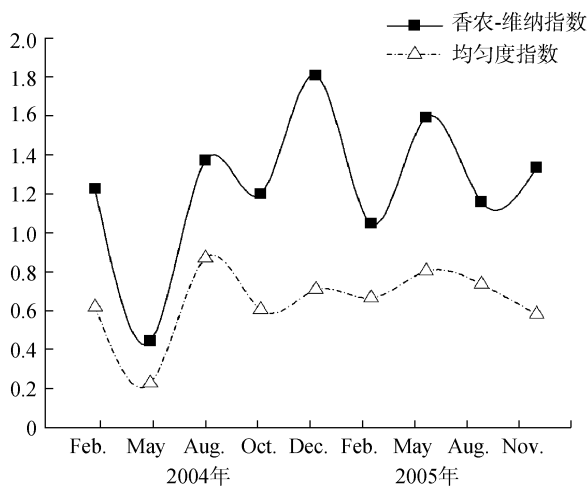


图 1 鲤肠道蠕虫群落多样性的季节动态

Fig. 1 Seasonal changes of the Shannon-Wiener Index and Equability Index of the component community of helminths in the intestine of the common carp *Cyprinus carpio* from the Danjiangkou Reservoir, China

2.3 鲤寄生蠕虫群落的种间关系

鲤 11 种寄生蠕虫种间协调系数值和 χ^2 值见表 3。样本自由度 $n = 2 - 1 = 1$, 查 χ^2 值表, 得 $\chi^2_{0.05} = 3.84$, 由表 3 可以看出, 鲤肠道内鲤长棘吻虫和饭岛盾腹吸虫、鲤杆咽吸虫和日本侧殖吸虫、对盲囊线虫和瓣睾鲫吸虫存在显著的正协调关系, 即具有明显的协同作用。

2.4 鲤肠道寄生蠕虫重要种群的季节动态

对优势种和次优势种的频率变化及季节动态的统计分析表明: 在感染率方面, 除瓣睾鲫吸虫无显著季节差异($G = 8.58 < \chi^2_{0.05(8)} = 15.51$)外, 饭岛盾腹吸虫($G = 31.16$)、日本侧殖吸虫($G = 23.83$)、鲤长棘吻虫($G = 29.70$)和中华许氏绦虫($G = 29.70$)存在显著的季节差异(图 2)。其中饭岛盾腹吸虫和鲤长棘吻虫感染率的季节变化模式类似, 即在秋、冬季的感染率较高, 春季次之, 夏季最低; 日本侧殖吸虫在 2004 年

表 3 丹江口水库鲤肠道寄生蠕虫群落的种间协调系数和卡方值

Tab. 3 The interspecific coordinate coefficient (*V*-value) and χ^2 -value of the helminth community in the intestine of the common carp *Cyprinus carpio* from the Danjiangkou Reservoir, China

<i>V</i> -value	χ^2 -value									
	0.0003	1.3249	3.0148	0.3264	0.4610	0.9888	0.9888	14.3730	2.6497	0.0098
-0.0011		0.8114	7.8164	7.8164	19.6692	3.4443	3.4443	1.5877	4.5138	0.2027
0.0802	0.1538		12.1891	14.2387	1.0295	5.5365	3.4667	2.4662	7.6991	2.2908
-0.0406	-0.0140	0.4963		53.0183	8.7287	18.3786	18.5399	3.4181	27.1539	3.7903
0.1202	-0.0140	-0.0098	-0.0049		8.7287	18.3736	18.5399	3.4181	27.1539	3.7903
-0.0473	0.3783	0.1678	-0.0131	-0.0131		3.7337	1.6328	0.0162	4.9617	0.1182
0.1159	-0.0244	-0.0171	-0.0086	-0.0086	-0.0228		6.9674	0.0009	9.8510	2.3775
0.1159	-0.0244	0.2766	-0.0085	-0.0085	0.2009	-0.0148		2.4176	9.8501	2.3375
0.2641	-0.0878	-0.0615	-0.0263	-0.0263	-0.0089	0.0574	-0.0531		5.2223	1.0323
0.1704	-0.0199	-0.0139	-0.0069	-0.0069	-0.0186	-0.0120	-0.0120	0.2267		2.6632
0.0069	0.0085	-0.0452	-0.0248	-0.0248	0.0186	-0.0431	-0.0431	-0.0708	-0.0351	

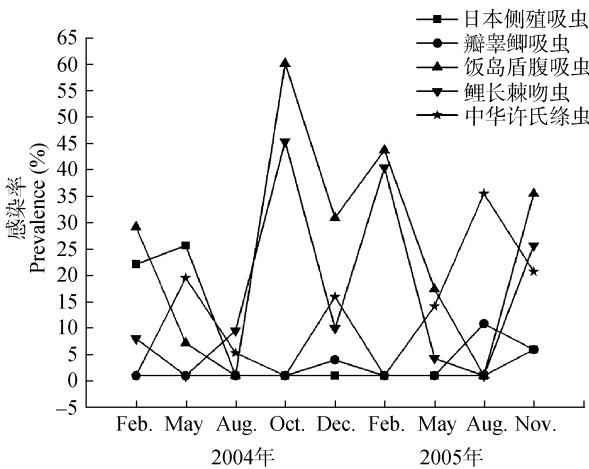


图 2 鲤肠道蠕虫群落主要种群感染频率的季节动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of prevalence of the component community of partial helminths in the intestine of the common carp *Cyprinus carpio* from the Danjiangkou Reservoir, China

的冬、春季和 2005 年的秋季感染率较高, 其他季节未发现感染; 中华许氏绦虫感染率则以 2005 年夏季 (8 月份) 的感染率最高, 春、秋季次之, 冬春更替时较低, 但是在 2 年间季节变化不规则。

感染丰度的季节性变化和感染率类似, 即除了瓣睾鲫吸虫的平均感染丰度无显著季节差异外 ($\chi^2_{0.05(8)}=10.71$, $P>0.05$), 其他几种蠕虫季节变化显著 (日本侧殖吸虫 $\chi^2_{0.05(8)}=21.73$, $P<0.05$; 饭岛盾腹吸虫 $\chi^2_{0.05(8)}=37.26$, $P<0.05$; 鲤长棘吻虫 $\chi^2_{0.05(8)}=40.76$, $P<0.05$; 中华许氏绦虫 $\chi^2_{0.05(8)}=20.30$, $P<0.05$) (图 3)。饭岛盾腹吸虫和鲤长棘吻在秋、冬季的平均感染丰度相对较高, 春、夏季相对较低; 日本侧殖吸虫在 2004 年的冬、春更替时平均感染丰度

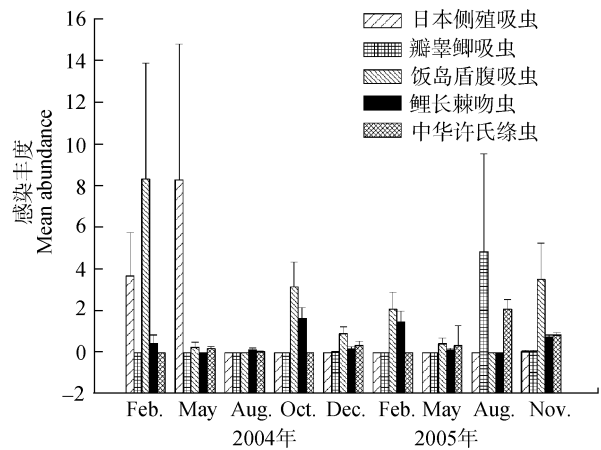


图 3 鲤肠道蠕虫群落主要种群的种群密度季节性动态

Fig. 3 Seasonal fluctuation of mean abundance of the component community of partial helminths in the intestine of the common carp *Cyprinus carpio* from the Danjiangkou Reservoir, China

较高, 2005 年秋季较低, 其他月份未检测到该吸虫; 中华许氏绦虫的平均感染丰度以 2005 年夏季 (8 月份) 最高, 春、秋季次之, 冬春更替时最低。

3 讨论

本调查共在鲤肠道内检获蠕虫 11 种, 种数多于我国云南湖泊中鲤肠道蠕虫种数 (4 种)^[11], 也多于长江中游泛滥平原湖泊中鲤肠道蠕虫种数 (8 种)^[5], 亦多于最近在土耳其贝伊谢希尔湖 (Beyşehir Lake) 和伊兹尼克湖 (Iznik Lake) 调查的鲤肠道内蠕虫种数 (均为 2 种)^[6, 7]。丹江口水库鲤肠道中较高的蠕虫物种丰富度可能和鲤较广泛、复杂的食性有关, 即以摇蚊幼虫、水生昆虫、螺类等动物性饵料 (这些为鲤

所感染蠕虫的中间宿主)和植物种子为主要食物来源^[12],丹江口水库积水面积大,有机质来源广泛,底栖动物及浮游动植物生物量大^[13],因此寄生蠕虫中间宿主的种类及数量相当丰富,为寄生蠕虫的感染提供了极大的机会;此外,该水库为超大型水体,气候温暖,水质相对较好,生物量丰富,适合鱼类繁衍^[14],在调查中发现库区鲤科鱼类种类、数目繁多,鲤肠道内的寄生蠕虫也有在其他鲤科鱼类感染的记录,这些鱼类起到“保虫”作用,因此增加了在鲤体内感染的机会。在感染的几类蠕虫中以线虫的种类最多,但是感染率、平均感染丰度和平均感染强度都较低,该特征和长江中游湖泊中鲤感染情况类似^[5];吸虫特别是饭岛盾腹吸虫的感染程度高于其他种类,这点和长江中游湖泊中鲤感染情况不同,后者主要是以绦虫特别是许氏绦虫为主^[5];和云南湖泊中鲤感染情况也不相同,后者没有线虫和棘头虫的感染,主要以鳞头槽绦虫和许氏绦虫为主^[11]。这些种类组成特征与水质(水质决定底栖及浮游动物的种类和丰度)、中间宿主的种类和丰度、鱼类的群落结构和气候特征等密切相关,这些因素可能是导致不同水体中鱼类寄生虫蠕虫种群和群落特征差异较大的主要原因^[15]。

在鲤肠道蠕虫群落中,线虫感染程度低,基本上属于均匀分布类型,其余种类均为聚集分布,这种多数蠕虫呈聚集分布的状况和绝大多数鱼类寄生蠕虫的分布类型一致。聚集分布意味着多数宿主不感染或只感染少数蠕虫,而多数蠕虫适度地分布于少数宿主中,这种现象有利于寄生虫的传播、种群的繁盛和种的延续,是寄生虫对宿主长期适应的结果^[16]。

种间关系即种群间的相互作用,是指一个种群对另一种群直接或间接的影响。以往对鱼类寄生虫群落研究中关于种间关系的研究很少,吴金英等^[10]在对鲮鱼肠道蠕虫的研究中发现,9种蠕虫之间无显著的协调关系;在本研究中鲤长棘吻虫和饭岛盾腹吸虫、鲤杆咽吸虫和日本侧殖吸虫、对盲囊线虫和瓣睾鲫吸虫存在显著的正协调关系,它们两物种之间可能存在食物联系或具有相似的环境条件需求,具体的机制值得进一步深入研究。其他物种之间无明显的相互依存或排斥关系,表明一种寄生虫的感染并不会减少其他寄生蠕虫感染的机会,也不会对它们在时间上和空间上产生排斥作用,它们之间的关系比较松散。

鲤肠道寄生蠕虫复合群落总体多样性比较高,但均匀度比较低,反映了库区蠕虫物种较为丰富,同时又以少数物种为主。群落中的优势种只有一种,为饭岛盾腹吸虫,长江中游湖泊中鲤肠道蠕虫群落中的优势种为黑龙江盾腹吸虫或许氏绦虫^[5],这个差异可能是由两水域中鲤食物的种类、数量和比例不同所造成的。各季节的群落多样性和均匀度波动比较大,无显著的变化规律,可能原因是少数种类出现的频率太低,对数据的统计有较大影响。不过主要种群的感染状况普遍具有明显的季节性变化,可能原因是入夏以后鱼类的捕食量增大,感染寄生虫的机会增多,但是由于滞后效应,在秋冬季节才看到感染率和感染丰度的显著增大。我们在调查库区另外3种小型鲤科鱼类寄生木村小棘吻虫的季节动态时也有类似的发现^[17]。

鲤寄生蠕虫群落的组成和频次分布以及季节动态与蠕虫生活史过程特别是中间宿主密切相关,同时也和库区生态环境相联系,因此进一步理清蠕虫生活史的具体过程和特点,以及揭示库区环境的变化规律,有助于理解不同区域鱼类寄生蠕虫群落特征存在差异的机理,并为鱼类寄生虫病的防治提供一定的依据。

参考文献:

- [1] Barger M A, Esch G W. Host specificity and the distribution-abundance relationship in a community of parasites infecting fishes in streams of North Carolina [J]. *Journal of Parasitology*, 2002, **88**(3): 446—453
- [2] Mouillot D, George-Nascimento M, Poulin R. Richness, structure and functioning in metazoan parasite communities [J]. *Oikos*, 2005, **10**(3): 447—460
- [3] Luque J L, Poulin R. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity [J]. *Parasitology*, 2007, **134**(Pt 6): 865—878
- [4] Fernandez M V, Brugni N L, Viozzi G P, et al. The relationship between fish assemblages and the helminth communities of a prey fish, in a group of small shallow lakes [J]. *Journal of Parasitology*, 2010, **96**(6): 1066—1071
- [5] Nie P, Yao W J, Gao Q, et al. Diversity of intestinal helminth communities of carp from six lakes in the flood plain of the Yangtze river, China [J]. *Journal of Fish Biology*, 1999, **54**(1): 171—180
- [6] Aydogdu A, Altunel F N. Helminth parasites (Plathelminthes) of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in Iznik Lake [J]. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 2002, **22**(5): 343—348

- [7] Tekin-Ozan S, Kir I, Barlas M. Helminth parasites of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) in Beysehir Lake and population dynamics related to month and host size [J]. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2008, **8**(2): 201—205
- [8] Chen Q L. Handbook of the Investigation of Fish Diseases (2nd edition) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers. 1981, 278 [陈启鏊. 鱼病调查手册(第二版). 上海: 上海科学技术出版社. 1981, 278]
- [9] Bush A O, Lafferty K D, Lotz J M, *et al.* Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited [J]. *Journal of Parasitology*, 1997, **83**(4): 575—583
- [10] Wu J Y, Lü J Y, Zeng H, *et al.* Studies on community ecology of helminthes parasitic in *Mugil cephalus* in Guangdong Province, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(6): 1003—1008 [吴金英, 吕军仪, 曾华, 等. 鲮鱼(*Mugil cephalus*)寄生蠕虫群落生态研究. 生态学报, 2001, **21**(6): 1003—1008]
- [11] Nie P. Communities of intestinal helminths of carp, *Cyprinus carpio*, in highland lakes in Yunnan province of southwest China [J]. *Acta Parasitologica*, 1995, **4**(3): 148—151
- [12] Wang W, Liu J, Chen L J, *et al.* Studies on food niches of omnivorous fishes in the Gehu Lake [J]. *Reservoir Fisheries*, 2006, **26**(4): 39—42 [王武, 刘杰, 陈立婧, 等. 漏湖杂食性鱼类食物生态位的研究. 水利渔业, 2006, **26**(4): 39—42]
- [13] Huang J L, Wang L H. Quantitative Analysis and evaluation of the eco-environment situation of the Danjiangkou Reservoir Area [J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2010, **8**(5): 1—6 [黄进良, 王立辉. 丹江口库区生态环境现状定量分析评价. 南水北调与水利科技, 2010, **8**(5): 1—6]
- [14] Wang L H, Huang J L, Du Y. Eco-environmental evaluation of middle route of the South-to-North Water Transfer Project [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, **20**(2): 161—166 [王立辉, 黄进良, 杜耘. 南水北调中线丹江口库区生态环境质量评价. 长江流域资源与环境, 2011, **20**(2): 161—166]
- [15] Choudhury A, Bruch R, Dick T A. Helminths and food habits of Lake Sturgeon *Acipenser fulvescens* from the Lake Winnebago System, Wisconsin [J]. *American Midland Naturalist*, 1996, **135**(2): 274—282
- [16] Churcher T S, Ferguson N M, Basáñez M G. Density dependence and overdispersion in the transmission of helminth parasites [J]. *Parasitology*, 2005, **131**(Pt 1): 121—132.
- [17] Gao D, Wang G T, Wu S G, *et al.* Seasonal dynamics of *Micracanthorhynchina motomurai* (Acanthocephala: Rhadinorhynchidae) in three cyprinids from the Danjiangkou Reservoir [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2008, **32**(1): 1—5 [高典, 王桂堂, 吴山功, 等. 丹江口水库三种鲤科鱼类寄生木村小棘吻虫的季节动态. 水生生物学报, 2008, **32**(1): 1—5]

COMMUNITY STRUCTURE AND SEASONAL DYNAMICS OF INTESTINAL HELMINTHS IN THE COMMON CARP FROM THE DANJIANGKOU RESERVOIR, CHINA

GAO Dian^{1,2}, WANG Gui-Tang², WU Shan-Gong², ZOU Hong², XI Bing-Wen^{2,3} and LI Wen-Xiang²

(1. Department of Parasitology, Medical College of Nanchang University, Nanchang 330006, China; 2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 3. Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: Change of the environment by natural barriers (e.g. lakes, mountain ranges) and/ or human activities (e.g. major roads, agriculture, dam) can lead to the difference on diversity and change of seasonal dynamics of parasite communities by affecting population size and dispersal pattern of species in nature. In order to study the influence of characteristics on parasite communities in the Danjiangkou Reservoir Area, we investigated the infra- and component communities of intestinal helminths in the common carp *Cyprinus carpio* before the Middle Route of the South to North water Transfer Project was constructed in the Hanjiang River from February 2004 to November 2005. In investigation, a total of 11 species of intestinal helminths were recorded from 206 fish, including 3 digeneans, 5 nematodes, 2 acanthocephalans and 1 cestode and the statistical analysis of infective status of helminth population and community were performed at the same time. The total prevalence was 45.63%, and the mean abundance of helminthes and the intensity of infection being 4.23 ± 12.65 and 9.29 ± 17.48 respectively. Among the 11 species sampled, *Aspidogaster ijimai* had the highest total prevalence (25.24%) and mean abundance (1.76 ± 6.46), while *Carassatrema lamellorchi* had the highest mean intensity (25.00 ± 46.68). The frequency distribution of helminths was over-dispersed in most of species as measured by the variance to mean ratio except that in low infective abundance, i.e. *Cucullanus cyprini*. The species diversity index of helminths communities was 4.63 as measured by Shanon-Wiener Index, and the species equitability index was 0.60. The analysis of seasonal dynamics of helminth community diversity showed that it possessed a fluctuant and irregular seasonal changes about helminth species composition and number. In common, each fish was infected with 1 to 4 species of helminths. In the helminth component communities, *Aspidogaster ijimai* was the dominant species, and the subdominant species were *Asymphylogora japonica*, *Khawia sinensis*, *Carassatrema lamellorchi* and *Rhadinarhynchus cyprini*, which were measured by important value index. Interspecific association analysis measured by coordinate coefficient indicated that there were significant positive associations between *Rhabdochona cyprini* and *Carassatrema lamellorchi*, *Rhadinarhynchus cyprini* and *Aspidogaster ijimai*, *Contracaecum* sp. and *Micracanthorhynchina motomurai*, *Rhadinarhynchus cyprinid* and *Micracanthorhynchina motomurai* respectively. The seasonal dynamics of prevalence and mean abundance of the dominant and subdominant species were measured by *G*-test of heterogeneity and Kruskal-Wallis *H* Test respectively. The result showed that most helminth species exhibited a very similar and significantly seasonal change pattern which had higher infection levels in autumn and winter and lower in spring and summer except *Khawia sinensis* which had no seasonal changes being found. The result of the present data showed that helminth infra-communities in common carp of the Dangjiangkou Reservoir Area would be relatively abundant, which reflected a relatively satisfactory survival environment including copious food and favorable water quality for fish hosts. While most of these infections focused on a few of the dominant and subdominant species and presented a distinguished seasonal dynamics, which revealed a nice subsistence strategy.

Key words: Common carp; Helminth; Community; Seasonal dynamics