

长江上游支流老河沟鱼类群落结构的时空格局

雷娟^{1,3}, 梁阳阳^{1,3}, 隋晓云^{1,2*}, 陈毅峰¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 北京大学生命科学学院, 北京 10087; 3. 中国科学院大学, 北京 100039)

摘要: 2012年3月、6月、9月和12月按季度对涪江支流老河沟的14个样点进行了鱼类群落结构调查和分析。共采集鱼类11种, 隶属于2目4科; 其中, 鲤形目鱼类7种, 占物种数的63.64%。沿上游源头到下游的纵向梯度方向, 老河沟鱼类的种类数和丰度均逐渐增加, 具极显著性差异, 而鱼类种类数和丰度则无季节差异性。聚类分析(Cluster Analysis)和多维尺度分析(MDS)表明, 当Bray-curtis相似度矩阵值为40.77%时, 老河沟鱼类群落分成上游、中游和下游3组。利用相似度百分比分析(SIMPER)确定, 引起3组差异性的特定鱼类是宽鳍鱈、尖头鲮、似(鲮)、齐口裂腹鱼、贝氏高原鳅、红尾荷马条鳅和青石爬鮡。典型相关分析(CCA)表明海拔、底质类型、流速、溶氧、总溶解固体、水温、电导率、河宽、pH值和水深等环境变量是老河沟鱼类群落时空格局差异的影响因子。

关键词: 长江上游; 老河沟; 鱼类群落; 时空格局; 影响因子

中图分类号: Q178.1+4 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2015)07-1126-07

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201507007

河流鱼类群落结构通常表现出一定的时空差异, 而决定差异的因素包括非生物因素(如空间异质性)及生物交互作用(如竞争、捕食和食物可利用率等)两个方面^[1~5]。这些因素在不同时间和空间尺度上影响河流鱼类时空格局^[2,3]。例如, 沿着河流上游到下游纵向梯度方向, 一系列环境因子(如海拔, 流速, 底质类型, 水温等)呈现出显著的纵向梯度变化, 而鱼类种类组成和物种丰度则逐渐增多^[6~8]。

开展河流鱼类群落结构时空格局研究, 不仅可了解鱼类的时间分布特征与环境因子之间的关系, 而且有助于探索人类活动对鱼类分布的影响, 为制定合理的鱼类资源保护对策提供基础数据。长江上游流域是众多珍稀、特有鱼类的主要分布区^[9], 和中国大部分河流一样, 长江流域鱼类面临生物多样性下降, 渔业资源衰退, 物种濒危等问题。近年来, 涉及长江及其附属湖泊鱼类群落结构格局的研究已有陆续报道^[10,11], 但其上游支流鱼类群落的时空格局尚不多见。

老河沟是长江上游右岸的一条三级支流, 所属的保护区是我国第一个社会公益型保护区, 位于四

川省平武县境内。总体地势西北高, 东南低, 海拔1250~3504 m。20世纪70~80年代已报道涪江鱼类共有109种, 但涪江上游仅11种^[12]。近年来, 由于生境破坏、过度捕捞和水污染等原因, 已导致鱼类物种多样性逐渐下降^[13]。因此, 开展长江上游鱼类生态学研究, 确定溪流鱼类群落的时空格局及其形成机制, 是物种多样性保护和管理的科学基础。本研究通过确定老河沟鱼类群落的时空格局, 来分析影响老河沟鱼类群落组成的关键物种及环境因子, 以期为长江上游特有鱼类资源的保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

老河沟保护区是北亚热带山地湿润季风气候, 冬季干燥寒冷, 盛夏湿润凉爽, 7月平均温度最高(23.37℃), 1月温度最低(平均2.77℃), 7月水温最高(平均25℃), 年均温13.70℃左右。老河沟发源于保护区麻山东面、雷鼓顶, 自北向南贯穿流入涪

收稿日期: 2014-08-06; 修回日期: 2014-09-29

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41030208); 美国大自然保护协会(TNC); 四川大自然保护基金会(SNCF)

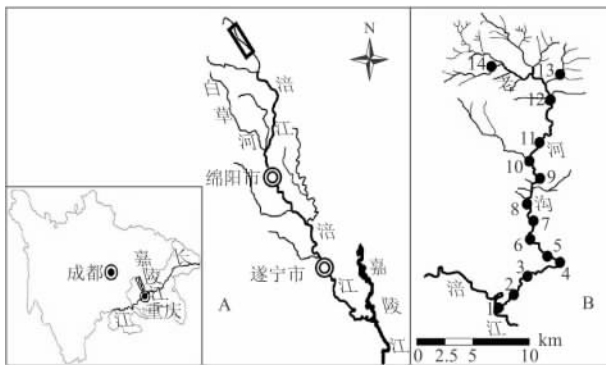
作者简介: 雷娟(1985~), 女, 博士研究生, 主要从事鱼类生态学方面的研究。E-mail: leijuanhb@163.com

* 通讯作者 E-mail: xiaoyunsui@ihb.ac.cn

江后汇入嘉陵江。老河沟是典型的西南山区溪流,水量等季节变化显著,12月~次年2月为旱季,流速小,水浅且较窄;4~9月为汛期,河流流速大,水深且宽。

1.2 鱼类样品收集

在2012年3月、6月、9月和12月,按季度分4次对老河沟进行了野外调查和鱼类标本采集。基于可达性,从河口到上游共设置14个研究样点(图1)。使用风帆6-DW-38(12V,38Ah)背式电鱼器(Back-pack Electro-fishing Gear)按照“之”形路线采集鱼类样品。每样点取河段50m(约为水宽的10倍),每样点电鱼时间为30min。鱼类物种鉴定依据朱松泉^[14]、陈宜瑜^[15]、乐佩琦^[16]和相关文献^[17,18]等检索工具,统计并记录每个样点鱼类种类数和每个物种的个体数。



注:A:涪江上游老河沟的地理位置;B:老河沟采样点,沿着下游到上游源头的纵向梯度,共1~14个采样点。

图1 老河沟鱼类群落的采样点示意图

Fig. 1 Sampling Sites on Fish Assemblages in the Laohegou Stream

1.3 环境因子测定

每个样点设置3个断面测量环境变量。每个断面选择3个点(两端及中间)测量环境变量。使用HANNA HI9828/100便携式多参数水质分析仪测量海拔(m)、河宽(m)、水温(°C)、溶氧(ppm)、总溶解固体(ppm)、河深(m)、pH和电导率(mS/cm)作为变量。使用EP211(Global Water)流速仪在每个断面选择3个位置测量水深(m)以及在60%水深处测量流速(m/s)。根据样点底质大小对底质类型目测打分(1=0~1mm(底质直径);2=1~5mm;3=5~25mm;4=25~50mm;5=50~100mm;6=100~500mm;7=500~1000mm;8=1000mm或以上^[19])。

1.4 数据分析

根据以下指数分别计算每个物种的出现率

(Frequency of Occurrence, F)、相对多度(Relative Abundance, P)和重要值指数(Importance Value Index, IVI),公式如下^[18]:

$$F = 100 \times (S_i / S) \%$$

式中: S_i 为物种*i*的出现样点数; S 为全部样点数。

$$P = 100 \times (N_i / N) \%$$

式中: N_i 为物种*i*的个体数; N 为全部渔获物个体数。

$IVI = F(\%) \times P(\%) \times 10^4$,以IVI大于100的鱼类定义为优势种,IVI小于10为偶见种^[20]。

利用单因素方差分析检验样点和季节物种优势度差异,并运用Fisher's LSD分析进行两两比较。以上分析使用SPSS13.0软件,显著性水平为0.05。

在Bray-Curtis相似性系数^[21]的基础上构建相似性矩阵,为了消除鱼类种类数和丰度极端值的影响,在分析前进行 $\log(x+1)$ 转化^[22]。使用单因素相似性分析(ANOSIM)对4个季节的14个样点鱼类群落结构进行分析。聚类分析法(Cluster Analysis)和多维尺度分析(MDS)构建鱼类群落结构的二维双标图。利用相似性百分比(SIMPER)确定引起鱼类群落结构差异的关键物种。上述分析使用Primer5.0软件。

环境变量作为环境数据源,鱼类群落组成作为生物数据源,构建环境因子与物种矩阵。利用除趋势对应分析(DCA)选择更适合群落组成的环境因子,剔除波动因子(Inflation Factors)大于20的环境因子^[23]。经DCA分析显示斜率(Lengths of Gradient) >4 ,再利用典范对应分析(CCA)检验鱼类群落物种组成与环境因子关系。用前选(Forward Selection)和Monte Carlo置换检验确定对鱼类群落分布具有重要作用的环境因子^[24]。以上分析采用CANOCO4.5软件。

2 结果

2.1 鱼类多样性

共采集鱼类2614尾,计11种。隶属于2目4科,其中,鲤形目鱼类7种,占鱼类总数的63.64%。尖头鲮(*Rhynchocypris oxycephalus*)和贝氏高原鳅(*Triplophysa bleekeri*)(IVI $>100\%$)为优势种。宽鳍鱮(*Zacco platypus*)、似(鲮)(*Belligobio nummifer*)、齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)、红尾

荷马条鳅 (*Homatula variegata*) 和青石爬鮡 (*Euchiloglanis davidi*) 是分布较少且相对重要的物种 ($IVI > 10\%$)。而泥鳅 (*Misgurnus anguillicauda-*

tus)、条纹拟鲢 (*Pseudobagrus taeniatus*)、切尾拟鲢 (*Pseudobagrus truncatus*) 和叉尾拟鲢 (*Pseudobagrus tenuifurcatus*) 为偶见种 ($IVI < 10\%$)。

表 1 老河沟鱼类的物种组成、物种采样点 (S)、个体数 (N)、物种出现率 (F)、相对多度 (P) 和重要值指数 (IVI)

Tab. 1 Species Composition, Sampling Sites (S), Sampling Size (N), Frequency of Occurrence (F), Relative Abundance (P) and Importance Value Index (IVI) of Fish Collected in the Laohegou Stream

物种 Species	物种采样点 (S)	个体数 (N)	物种出现率 (F)(%)	相对多度 (P)(%)	重要值指数 (IVI)(%)
鲤科 Cyprinidae					
宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	3	108	21.43	4.13	88.53
尖头鲂 <i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (Sauvage & Dabry de Thiersant, 1874)	11	1 911	78.57	73.11	5 744.07
似(鲮) <i>Belligobio nummifer</i> (Boulenger, 1901)	5	41	35.71	1.57	56.02
齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i> (Tchang, 1930)	8	38	57.14	1.45	83.07
鳅科 Cobitidae					
贝氏高原鳅 <i>Triplophysa bleekeri</i> (Sauvage & Dabry de Thiersant, 1874)	12	467	85.71	17.87	1 531.31
红尾荷马条鳅 <i>Homatula variegata</i> (Dabry de Thiersant, 1874)	5	16	35.71	0.61	21.86
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor, 1842)	1	1	7.14	0.04	0.27
鲮科 Bagridae					
条纹拟鲢 <i>Pseudobagrus taeniatus</i> (Günther, 1873)	2	3	14.29	0.11	1.64
切尾拟鲢 <i>Pseudobagrus truncatus</i> (Regan, 1913)	1	1	7.14	0.04	0.27
叉尾拟鲢 <i>Pseudobagrus tenuifurcatus</i> (Nichols, 1931)	1	15	7.14	0.57	4.10
鮡科 Sisoridae					
青石爬鮡 <i>Euchiloglanis davidi</i> Kimura, 1934	5	13	35.71	0.50	17.76

2.2 季节变化

图 2 是老河沟鱼类丰度 (Individual Abundance) 和种类数 (Species Richness) 在 14 个样点变化情况。老河沟鱼类种类数从上游到下游总体上升趋势不明显, 上游种类数从图上看是最少 (图 2)。鱼类种类数春季最低, 夏季最高。鱼类丰度最低值出现在夏季, 最高值则出现在冬季。单因素方差分析 (ANOVA) 显示, 14 个样点的种类数和丰度均具极显著性差异 ($P < 0.01$)。而鱼类种类数和丰度则无季节差异性 ($P > 0.05$)。

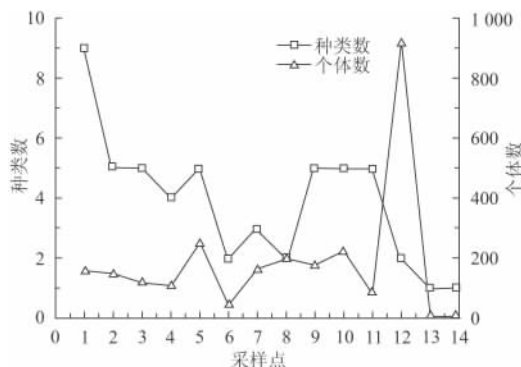


图 2 2012 年老河沟 14 个样点鱼类种类数和丰度的季节变化

Fig. 2 Species Richness and Individual Abundance for the 14 Sites Sampled Seasonally Along the Laohegou Stream in 2012

2.3 老河沟鱼类群落结构

聚类分析显示, 当 Bray-curtis 相似性值为 25.91% 时, 老河沟分成两个鱼类群落的河段。而 Bray-curtis 相似性数值为 40.77% 时, 老河沟分成 3 个鱼类群落的河段: 上游河段 (Upper Stream), 包括样点 13 和样点 14 之间的河段; 中游河段 (Middle Stream), 是样点 4 到样点 12 之间的河段; 下游河段 (Lower Stream), 是样点 1 到样点 3 之间的河段 (图 3)。此外, MDS 分析形成的二维双坐标图与聚类分析图结构一致 (图 4)。

老河沟上、中、下游河段的鱼类群落结构存在显著差异性 (Global $R = 0.722$; $P = 0.001 < 0.01$)。SIMPER 分析显示, 上、中、下游河段间的鱼类群落结构差异主要是由宽鳍鱮、尖头鲂、似(鲮)、齐口裂腹鱼、贝氏高原鳅、红尾荷马条鳅和青石爬鮡等物种的相对变化引起的。它们对 3 组河段差异性的贡献率在 91% 以上 (表 2)。

青石爬鮡在上游河段具有最高的相对多度, 尖头鲂在中游河段具较高的相对多度, 而宽鳍鱮和贝氏高原鳅则在下游河段的相对多度较高 (表 2)。引起上中下游 3 个河段之间鱼类群落组成差异性的贡献物种分别是尖头鲂、贝氏高原鳅和宽鳍鱮。尖头鲂在上游/中游和下游河段比较中对鱼类群落

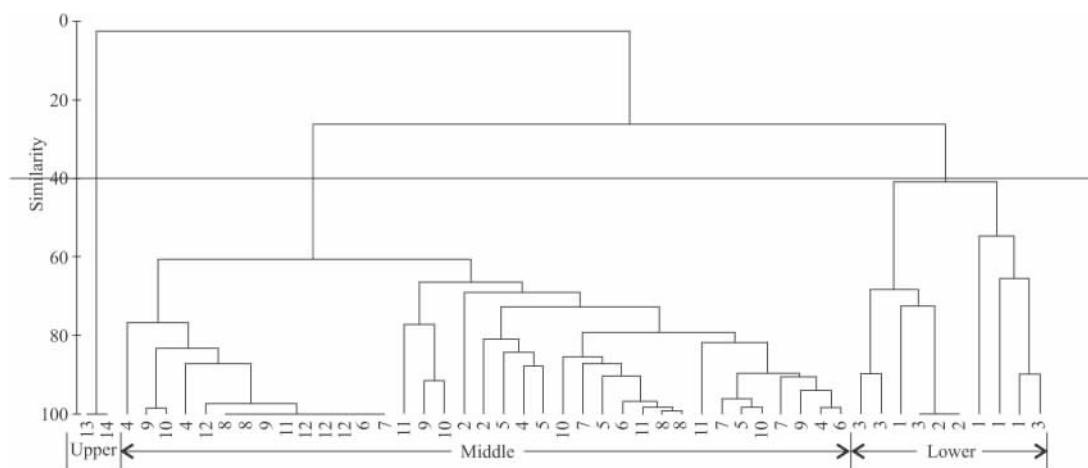
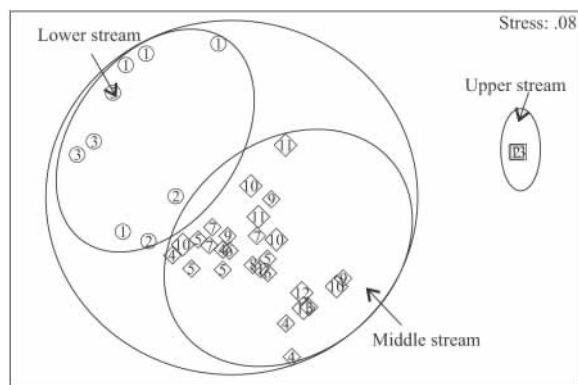


图 3 运用 Bray-curtis 相似性矩阵对老河沟鱼类全部季节和采样点数据的聚类分析图

Fig. 3 Cluster Analysis of All Season-site Data for the Laohegou Stream Using a Bray-curtis Similarity Matrix



注:实线和虚线分别表示 Bray-curtis 相似性系数为 25.91% 和 40.77% 分组界线(上游河段的样点 13 到 14 重合).

图 4 运用多维尺度分析(MDS)对老河沟鱼类群落的排序图
Fig. 4 Using Multi-Dimensional Scaling Analysis for the Fish Assemblage in the Laohegou Stream.

的平均相似性具有较高的贡献,而贝氏高原鳅和宽鳍鱮在上游/下游河段比较中对鱼类群落的平均相似性最高。另外,从 SIMPER 分析结果还可以看出,

表 2 关键种对老河沟上游、中游和下游鱼类群落结构差异性的贡献率

Tab. 2 Species-specific Contributions to the Difference Among Fish Communities in Upper, Middle and Lower Reaches of the Laohegou Stream

种类	平均多度			平均不相似性			贡献率(%)		
	U	M	L	U & M	M & L	U & L	U & M	M & L	U & L
宽鳍鱮	0.00	0.00	0.83	—	8.48	23.99	—	11.73	24.11
尖头鲮	0.01	18.42	0.14	61.48	43.59	—	63.30	60.33	—
似(鲮)	—	—	0.22	—	—	5.83	—	—	5.86
齐口裂腹鱼	—	0.26	0.15	—	3.13	3.86	—	4.34	3.88
贝氏高原鳅	0.00	1.86	1.75	18.12	6.74	43.41	18.66	9.33	43.63
红尾荷马条鳅	0.00	0.50	0.02	6.01	4.39	—	6.19	6.07	—
青石爬鮡	0.46	0.13	—	6.20	—	13.93	6.38	—	14.00

注:U: Upper Reach; M: Middle Reach; L: Lower Reach.

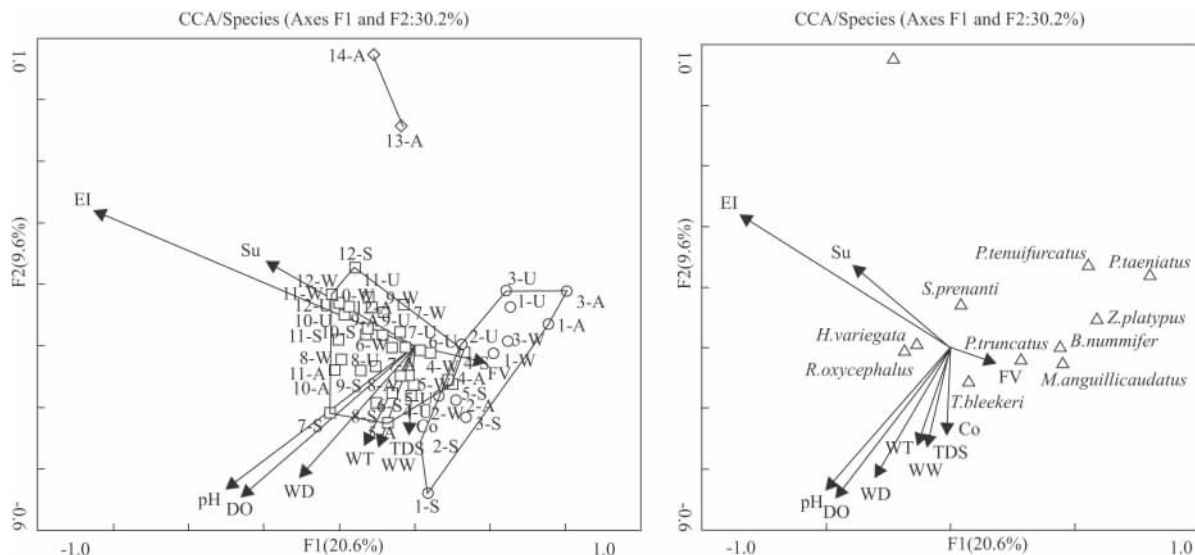
从上游到下游河段的纵向梯度方向,鱼类群落结构逐渐趋于稳定。

2.4 物种与环境因子关系

CCA 分析结果显示,轴 1 和轴 2 解释 30.2% 的鱼类群落结构总变量,其中轴 1 解释鱼类群落结构变异的 20.6% 变量,轴 2 则解释了 9.6%。此外,轴 1 和轴 2 分别解释物种-环境相关关系的 90.8% 和 66.7% (图 5)。

3 讨论

老河沟的重要物种多行定居生活,如尖头鲮、贝氏高原鳅、红尾荷马条鳅、青石爬鮡,它们的活动范围相对较窄,在较短的江段内即可完成其生活史。此外,老河沟上游水温较低、流速较快以及饵料资源匮乏可阻止中下游鱼类向上游迁移。因此,老河沟上游河段鱼类群落的时间变化并不显著,但中下游河段的鱼类群落表现出一定的季节变化,如齐口裂



注：左图：EI：海拔；Su：底质类型；FV：流速；WW：河宽；Co：电导率；DO：溶氧；WD：河深；TDS：总溶解固体；WT：水温；pH：pH 值；右图：样点和环境因子 CCA 图：数字 1—14 表示样点；采样季节：S：春季；U：夏季；A：秋季；W：冬季。

图 5 老河沟鱼类群落物种组成和环境因子的典范对应分析(CCA)图

Fig. 5 Biplots from Canonical Correspondence Analysis(CCA) for Fish Community in the Laohegou Stream

腹鱼在繁殖季节有上溯产卵的习性；而叉尾拟鲮、条纹拟鲮和泥鳅等只在丰水季节的河口出现，是老河沟偶尔出现的物种。

老河沟鱼类群落具有空间差异性，上游源头的物种(青石爬鲮)为喜急流性鱼类。该河段海拔较高，河流多急流和浅滩，底质较粗糙(巨石、岩床和大鹅卵石)，因青石爬鲮在形态构造上有扁平的腹部和胸腹面吸附于石砾上，更适应山区激流环境，所以是上游的优势种。下游和中游河段物种多样性均高于上游，其中宽鳍鱮、似(鲮)、条纹拟鲮、叉尾拟鲮和泥鳅等鱼类栖息在海拔较低、底质较细小(砂石和细沙)、水较深的下游缓流中；尖头鲮、贝氏高原鳅和红尾荷马条鳅等鱼类主要栖息于溶氧、悬浮物、电导率、水温和 pH 值较低、底质类型以砂石和鹅卵石为主的中游。因此，水深、海拔、底质类型、溶氧、水温、TDS 和 pH 值等环境变量与老河沟鱼类群落结构组成密切相关。

鱼类群落的时间变化受内部和外部因素的共同影响^[25]。周期性洪水和干旱对栖息地环境条件稳定性产生强烈影响，在这样的溪流中，与内部因素相比，鱼类群落的结构化主要受外部因素影响，此时群落物种组成的时间变化的结果主要来自周期性洪水和干旱^[26]。本研究结果表明，老河沟鱼类群落的结构具有季节差异性，并且鱼类种类数和丰度随季节有不同变化。鱼类多样性的最低值出现在春季，该季节水温较低，河宽较窄、水深较浅。而鱼类多样性

最高值出现在夏季，与河流的水温较高、河宽较宽、水深较深相关。已有研究表明，随雨季来临，溪流中河川洄游性鱼类繁殖与之同步进行，这主要与雨季期间繁殖栖息地和食物资源供应变化相关^[27]；在老河沟的丰水季节，溯河产卵习性的齐口裂腹鱼从 4 月份开始产卵，几乎与汛期(4~9 月)同步。一方面，洪水使上游和下游栖息地更为连通，为某些鱼类活动创造机会^[28]，使鱼类在繁殖期间的栖息地得以增加；另一方面，洪水冲刷改变了溪流中藻类和大型无脊椎动物等饵料资源的可利用性，这可能会取代下游的某些饵料物种，从而改变下游食物资源的供应^[29]。

参考文献：

[1] GROSSMAN G D, RATAJCZAK J, ROBERT E, et al. Assemblage organization in stream fishes: effects of environmental variation and interspecific interactions[J]. Ecological Monographs, 1998, 68(3): 395-420.
 [2] HOEINGHAUS D J, WIMEMILLER K O, BIRNBAUM J S. Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups [J]. Journal of Biogeography, 2007, 34: 324-338.
 [3] JACKSON D A, PERES-NETO P R, OLDEN J D. What controls who is where in freshwater fish communities the roles of biotic, abiotic, and spatial factors [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2001, 58(1): 157-170.
 [4] DAUWALTER D C, SPLINTER D K, FISHER W L, et al.

- Biogeography, ecoregions and geomorphology affect fish species composition in streams of eastern Oklahoma, USA[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2008, 82(3): 237-249.
- [5] JOHNSON J, ARUNACHALAM M. Relations of physical habitat to fish assemblages in streams of Western Ghats, India[J]. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2010, 8(1): 1-10.
- [6] MATTHEWS W J. Fish faunal structure in an Ozark stream: stability, persistence and a catastrophic flood[J]. *Copeia*, 1986, 388-397.
- [7] ERÖS T, GROSSMAN G D. Effects of within-patch habitat structure and variation on fish assemblage characteristics in the Bernecei stream, Hungary[J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2005, 14(3): 256-266.
- [8] YAN Y Z, HE S, CHU L, et al. Spatial and temporal variation of fish assemblages in a subtropical small stream of the Huangshan Mountain[J]. *Current Zoology*, 2010, 56(6): 670-677.
- [9] HE Y F, WANG J W, LEK S, et al. Structure of endemic fish assemblages in the upper Yangtze River Basin[J]. *River Research and Applications*, 2011, 27(1): 59-75.
- [10] 杨少荣. 长江流域鱼类群落生态学研究[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所博士学位论文, 2012.
- [11] 刘飞. 赤水河鱼类群落生态学研究[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所博士学位论文, 2013.
- [12] 四川省嘉陵江水系鱼类资源调查组. 嘉陵江水系鱼类资源调查报告[M]. 成都: 四川省嘉陵江水系鱼类资源调查组出版, 1980: 1-317.
- [13] 严云志, 郭丽丽, 陶捐, 等. 黄山浮溪, 香溪和浦溪上游鱼类资源现状的调查研究[J]. *生物学杂志*, 2007, 24(3): 41-44.
- [14] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 1-549.
- [15] 陈宜瑜. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-531.
- [16] 乐佩琦. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-661.
- [17] 程建丽, 张 鹤. 拟鲢属鱼类分类学研究概况[J]. *井冈山大学学报(自然科学版)*, 2012: 94-98.
- [18] BĂNĂRESCU P, NALBANT T T. Nemacheilinae with description of two new genera (Teleostei: Cypriniformes: Cobitidae)[J]. *Travaux du Muséum National D'Histoire Naturelle*, 1995, 35: 429-496.
- [19] BAIN M B, FINN J T, BOOKE H E. Quantifying stream substrate for habitat analysis studies[J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 1985, 5(3B): 499-500.
- [20] KREBS C J. *Ecological methodology*[M]. New York: Harper & Row Publishers, 1989.
- [21] BRAY J R, CURTIS J T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin[J]. *Ecological Monographs*, 1957, 27: 325-349.
- [22] CLARKE K, WARWICK R. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd Edition[M]. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd, 2001: 1-172.
- [23] MCCUNE B, GRACE J B, URBAN D L. *Analysis of ecological communities*[M]. M G M Software Design (Or), 2002: 1-300.
- [24] TER BRAAK C J, VERDONSCHOT P F. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology[J]. *Aquatic Sciences*, 1995, 57(3): 255-289.
- [25] BELYEA L R, LANCASTER J. Assembly rules within a contingent ecology[J]. *Oikos*, 1999: 402-416.
- [26] GROSSMAN G D, DOWD J F, CRAWFORD M. Assemblage stability in stream fishes: a review[J]. *Environmental Management*, 1990, 14(5): 661-671.
- [27] ALKINS-KOO M. Reproductive timing of fishes in a tropical intermittent stream[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2000, 57(1): 49-66.
- [28] TAYLOR C M, WARREN Jr. M L. Dynamics in species composition of stream fish assemblages: environmental variability and nested subsets[J]. *Ecology*, 2001, 82(8): 2320-2330.
- [29] LOWE-MAC CONNELL R H. *Ecological studies in tropical fish communities*[M]. Cambridge University Press, 1987: 1-382.

STRUCTURE AND SPATIAL-TEMPORAL PATTERN OF FISH ASSEMBLAGE IN THE LAOHEGOU STREAM, SICHUAN PROVINCE, CHINA

LEI Juan^{1,3}, LIANG Yang-yang^{1,3}, SUI Xiao-yun^{1,2}, CHEN Yi-feng¹

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. School of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The Laohegou Stream is the third-grade tributary of Yangtze River in Sichuan Province. By the field sampling and data analysis from 14 sites in Laohegou Stream in each season in 2012, a total of 11 species were recorded, representing 4 families and 4 orders. Among which, 7 species belong to Cypriniformes, accounting for 63.64% of the total. Some species of them, such as *Rhynchocypris oxycephalus*, *Triplophysa bleekeri*, *Homatula variegata*, and *Euchiloglanis kishinouyei*, were common species. They completed their life history in a relatively short river reach. While *Misgurnus anguillicaudatus*, *Pseudobagrus truncates*, and *Pseudobagrus tenuifurcatus* were occasional species, and only appeared in the wet seasons of the Laohegou Stream. Our result showed that species richness and individual abundance of fish increased gradually along the longitudinal gradient from the headwater to the stream outlet. The highest species richness and individual abundance were observed in summer and winter, respectively. And the lowest values of them were ascertained in spring and summer. Result from One way ANOVA indicated that species richness and individual abundances showed significant difference between the 14 sites ($P < 0.01$), while they showed no significant differences between seasons ($P > 0.05$). Cluster analysis and multidimensional scaling (MDS) were performed to examine the spatial distribution pattern of fish. It suggested that the fish assemblage were separated into three groups-upper, middle and lower reaches on a Bray-Curtis similarity value of 40.77%. Results from the analysis of similarities (ANOSIM) suggested that the fish assemblage were significant difference among the upper, middle and lower reach of the Laohegou Stream (Global $R = 0.722$; $P < 0.01$). Through analysis of similarity percentages of species contributions (SIMPER), we determined the specific species such as *Zacco platypus*, *Belligobio nummifer*, *Schizothorax prenanti*, *R. oxycephalus*, *T. bleekeri*, *H. variegata* and *E. kishinouyei* which result in significantly different among the three groups. Results from the canonical correspondence analysis (CCA) indicated that elevation, substrate, flow velocity, dissolved oxygen, conductivity, total dissolved solid, water temperature, pH and water depth were impact factors resulting in difference in the spatial and temporal pattern of fish assemblages in the Laohegou Stream.

Key words: upper Yangtze River; Laohegou Stream; fish assemblages; spatial and temporal pattern; impact factors