环境昆虫学报 2021，43（5）：1203－1209
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2021. 05. 14

杨文菊，杨洁，张佑祥，赵驰珺，黄兴龙. 湘西地区不同淡水生境的齿蛉科幼虫多样性特征［J］. 环境昆虫学报，2021，43（5）：1203－1209.

湘西地区不同淡水生境的齿蛉科幼虫多样性特征

杨文菊，杨　洁，张佑祥，赵驰珺，黄兴龙*
（吉首大学生物资源与环境科学学院，湖南吉首 416000）

摘要：齿蛉科昆虫隶属于昆虫纲广翅目，是重要的环境指示生物。本研究调查了湘西地区的齿蛉科幼虫的分布情况，并分析了齿蛉科幼虫在不同生境类型中的多样性特征。共采集到东方齿蛉 *Neoneuromus orientalis*、炎黄星齿蛉 *Protohermes xanthodes*、花边星齿蛉 *Protohermes costalis* 和中华斑鱼 *Neochauliodes sinensis* 4 种齿蛉科幼虫。东方齿蛉仅在自然保护区和自然河流分布，炎黄星齿蛉和花边星齿蛉广泛分布于各种流水生境类型，中华斑鱼蛉除在各种流水生境类型中分布外，在静水的小型水库也有分布。自然河流的齿蛉科幼虫多样性指数 H' 最高，其余由高到低依次为自然保护区、旅游景区、自然溪沟和农业区；丰富度指数 R 趋势与 H' 指数相似，但农业区 R 指数高于旅游景区。本研究表明，不同种类齿蛉科幼虫在湘西地区的分布情况存在差异，自然条件优越的生境类型中齿蛉幼虫多样性指数较高。

关键词：齿蛉科；幼虫；湘西；多样性
中图分类号：Q968. 1；S89　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－0858（2021）05－1203－07

The diversity of Corydalidae larvae in different freshwater habitats of Xiangxi, Hunan, China

YANG Wen-Ju, YANG Jie, ZHANG You-Xiang, ZHAO Chi-Jun, HUANG Xing-Long* (College of Biology and Environmental Science, Jishou University, Jishou 416000, Hunan Province, China)

Abstract: Species of Corydalidae (Megaloptera) are important environmental indicators. In this study, we investigated and analyzed the diversity of Corydalidae insects in Xiangxi, Hunan. A total of 4 species of Corydalidae larvae were collected from different freshwater habitats. *Neoneuromus orientalis* were merely found in natural reserve and natural rivers. *Protohermes xanthodes* and *P. costalis* were found in various habitats with running water. *Neochauliodes sinensis* were found in habitats with standing water, as well as the habitats with running water. The investigated habitats with Shannon-Wiener index of Corydalidae insects from high to low were natural river, natural reserve, tourist area, natural stream, agricultural area and small reservoir. Similar trend was found in Margalef index, but it is higher in agricultural area than that in tourist area. These results suggested that the distribution of Corydalidae insects in Xiangxi varied from genus to genus, and the freshwater habitat with superior natural conditions presented high species diversity of Corydalidae insects.

Key words: Corydalidae; larva; Xiangxi; diversity

基金项目：湖南省自然科学基金（2020JJ5454）；湖南省教育厅科研项目（18B318）；生态学湖南省重点学科开放课题
作者简介：杨文菊，女，1997 年生，本科生，主要从事水生昆虫研究，E－mail：2290884922@qq. com
* 通讯作者 Author for correspondence：黄兴龙，男，1987 年生，博士，讲师，主要从事农业昆虫与害虫防治、水生昆虫研究，E－mail：hxlong@nwsuaf. edu. cn
收稿日期 Received：2020－06－23；接受日期 Accepted：2020－08－25

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

齿蛉科 Corydalidae 隶属于昆虫纲 Insecta 广翅目 Megaloptera，为原始的完全变态类昆虫，具有卵、幼虫、蛹和成虫 4 个阶段，是联系不完全变态和完全变态昆虫的关键类群（Liu *et al.*，2013）。齿蛉科昆虫包括两个亚科：齿蛉亚科和鱼蛉亚科，幼虫均水生，栖息于生态环境优越、植被茂密的山区溪流和湖泊中，对水质变化比较敏感，一旦水质恶化，该地区齿蛉科昆虫的种类和种群数量会受到严重影响（杨定和刘星月，2010）。因此，齿蛉科昆虫常用作指示生物，用于评估一定区域的淡水质量。齿蛉科幼虫具有发达的上颚，主要捕食毛翅目、蜉蝣目、蜻蜓目、襀翅目幼虫以及其他小型水生动物，同时也是鱼类等其他动物的捕食对象，是淡水生态系统的重要环节（Rivera-Gasperín *et al.*，2019；Tu *et al.*，2019）。此外，齿蛉幼虫还是深受湘西地区少数民族群众喜爱的昆虫食品，在少数民族文化中具有重要地位（贾维秀，2016）。

齿蛉科昆虫幼虫期较长，蛹期和成虫期相对较短，第 1 年夏天孵化的齿蛉幼虫大部分在第 3 年夏天羽化，部分推迟到第 4 年夏天，幼虫期长达 2 年或 3 年（Takeuchi and Hoshiba，2012）；末龄幼虫上岸约 13 d 后进入蛹期，蛹期 7～12 d，然后羽化为成虫，成虫期 4～7 d（Hayshi，1988；Ishikawa *et al.*，2017）。作者前期的调查发现，在湘西地区齿蛉科昆虫羽化时期通常为每年 6～7 月，其它月份未发现齿蛉科昆虫的成虫；而齿蛉科幼虫在湘西地区一年四季均有分布。因此，将齿蛉科幼虫作为环境指示生物具有较高的实践意义。本研究调查了湘西地区齿蛉科幼虫的分布情况，并分析了齿蛉科幼虫在不同生境类型中的多样性特征，以期为齿蛉科昆虫多样性的保护和利用齿蛉科幼虫监测淡水生态系统健康状况提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 齿蛉幼虫调查

2019 年 7 月－8 月，本研究对湘西地区的齿蛉科幼虫进行了调查。根据河流、溪沟分布情况选取了 30 个样点，样点所在淡水生境类型包括自然保护区、自然河流、自然溪沟、旅游景区、农业区和小型水库（图 1）。自然保护区为天然河道、天然流水、天然植被，水质清洁；自然河流为天然河道、天然流水、天然植被，水质清洁；自然溪沟为天然河道、天然流水、天然植被，旱季偶有断流，水质清洁；旅游景区河道被人为修整，天然流水，天然植被为主，水质清洁；农业区河道被人为修整，河水被引入农田，农田水流入河道，人工植被为主，水质清洁；小型水库河道阻断，静水，自然植被为主，水质清洁。在每个样点的河流或溪沟中选取 3 个 2 m×2 m 的样方。每

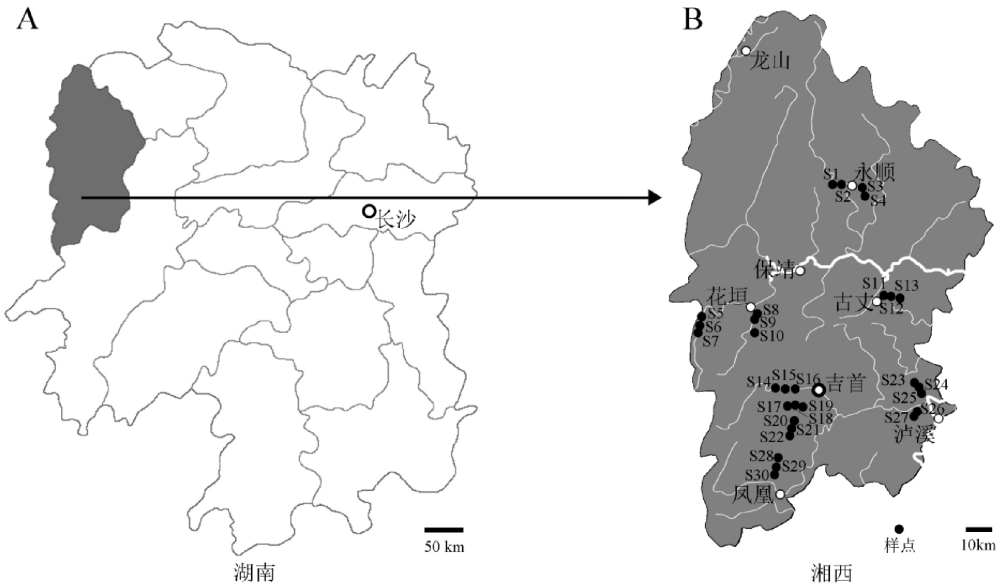


图 1 样点分布

Fig. 1 Distribution of the sample sits

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

个样方使用宽度 30 cm 的 D 形网捕捞 10 min，然后以样方为单位将捕获的星齿蛉幼虫放入打孔的塑料盒，带回实验室进行分类鉴定和数量统计。部分幼虫用于 DNA 提取和基于 *COI* 基因的分子生物学鉴定（潘凤溜等，2020；Lin *et al.*，2020）；其余幼虫在室内饲养，待羽化为成虫后进行形态学鉴定（杨定和刘星月，2010）。

1.2　数据分析

采用 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数、Pielou 均匀度指数和 Simpson 优势度指数进行数据处理（裴文娅等，2019；张东康等，2019；魏慧玉等，2020）。

Shannon-Wiener 多样性指数：

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} Pi\ln Pi\ ,\ Pi = n_i/N \qquad (1)$$

式中：S 为种数；N 为个体总数；n_i 为第 i 种的个体数量。

Margalef 丰富度指数：

$$R = (S-1)/\ln N \qquad (2)$$

式中：S 为种数；N 为个体总数。

Pielou 均匀度指数：

$$J = H/H\max\ ,\ H\max = \log_2 S \qquad (3)$$

式中：H 为多样性指数；S 为种数。

Simpson 优势度指数：

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S} P_i^2\ ,\ Pi = n_i/N \qquad (4)$$

式中：S 为种数；N 为个体总数；n_i 为第 i 个物种的个体数量。

2　结果与分析

2.1　齿蛉科幼虫在湘西地区的分布

对湘西地区齿蛉科幼虫的调查采集到隶属于 3 个属的 4 种齿蛉科幼虫，共 218 头，分别是东方齿蛉 *Neoneuromus orientalis*、炎黄星齿蛉 *Protohermes xanthodes*、花边星齿蛉 *Protohermes costalis* 和中华斑鱼蛉 *Neochauliodes sinensis*。其中东方齿蛉幼虫 4 头，占采得齿蛉科幼虫总量的 1.83%；炎黄星齿蛉幼虫 56 头，占总量的 25.69%；花边星齿蛉幼虫 99 头，占总量的 45.41%；中华斑鱼蛉幼虫 59 头，占总量的 27.06%（表 1）。

从分布范围来看，30 个调查样点中有 5 个样点（S1、S7、S20、S21 和 S24）未发现齿蛉科幼虫，分别位于小型水库、自然溪沟和农业区，其余样点均有采到齿蛉科幼虫。花边星齿蛉幼虫分布最广，在 17 个样点有分布，生境类型包括自然保护区、自然河流、自然溪沟、旅游景区和农业区，但在小型水库未发现。中华斑鱼蛉幼虫在 14 个样点采到，生境类型包括自然保护区、自然河流、自然溪沟、农业区和小型水库。炎黄星齿蛉幼虫在 13 个样点采到，生境类型包括自然保护区、自然河流、旅游景区和农业区。东方齿蛉幼虫仅在 3 个样点被发现，生境类型为自然保护区和自然河流。总体来看，东方齿蛉仅在少数自然条件优越的样点分布；花边星齿蛉和炎黄星齿蛉在各种流水生境类型中广泛分布；中华斑鱼蛉幼虫不仅在流水生境分布，在静水的小型水库也有分布。

2.2　齿蛉科幼虫多样性特征

在自然保护区和自然河流共发现隶属于 3 个属的 4 种齿蛉科幼虫；在旱季断流的自然溪沟，共发现 2 属 2 种齿蛉科幼虫；旅游景区共发现 1 属 2 种齿蛉科幼虫；农田区共发现 3 种齿蛉科幼虫，隶属于 2 个属；在小型水库仅发现 1 种齿蛉科幼虫。不同生境类型的齿蛉科幼虫多样性特征存在一定差异（表 2），在多样性指数 H' 方面，自然河流最高（1.15），其余由高到低依次为自然保护区（1.07）、旅游景区（0.65）、自然溪沟（0.56）和农业区（0.52）；丰富度指数 R 趋势与 H' 指数相似，但农业区 R 指数高于旅游景区；均匀度指数 J 旅游景区最高（0.65）；优势度指数 D 自然河流和自然保护区高于其他生境类型。总体来看，自然条件优越的生境类型齿蛉科幼虫物种数、H' 指数、R 指数较高；自然溪沟虽然自然条件优越，但旱季断流仍然会影响其齿蛉科幼虫多样性特征。

3　结论与讨论

齿蛉科昆虫主要栖息于自然条件优越的河流溪沟中，对水质污染和环境变化比较敏感，一旦淡水生态环境恶化，齿蛉科昆虫种群数量和物种多样性就会遭到严重影响（杨定和刘星月，2010）。对齿蛉科昆虫忍耐污染因子的研究也发现，齿蛉科昆虫仅在清洁的水域分布（赵瑞等，2015；张蕾等，2018）。因此齿蛉科昆虫常用作指示生物对淡水生态系统的健康状况进行评估和监测（Rico-Sánchez *et al.*，2020）。本研究调查了齿

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 湘西地区齿蛉科幼虫分布

Table 1 Distribution of Corydalidae larvae in Xiangxi

样点 Sample site	生境类型 Habitat	经纬度 Latitude and longitude	海拔 (m) Elevation	水面宽度 (m) Width of river	水深 (cm) Depth of river	水流情况 Water situation	炎黄星齿蛉 *Protohermes xanthodes*	花边星齿蛉 *Protohermes costalis*	东方齿蛉 *Neoneuromus orientalis*	中华斑鱼蛉 *Neochauliodes sinensis*
S11	NRs	N28°33′33.64″ E110° 4′27.29″	233	8.91	20 ~ 40	RW	3	11	1	1
S12	NRs	N28°33′12.27″ E110° 5′51.28″	238	15.65	20 ~ 40	RW	9	2	2	0
S13	NRs	N28°33′15.35″ E110° 8′13.04″	191	33.34	20 ~ 40	RW	5	4	0	1
S17	NRv	N28° 6′10.27″ E109°35′20.56″	326	15.03	20 ~ 40	RW	2	6	0	4
S18	NRv	N28° 6′15.14″ E109°35′39.46″	318	17.32	20 ~ 40	RW	1	3	1	8
S19	NRv	N28° 6′11.69″ E109°36′0.91″	307	13.04	20 ~ 40	RW	6	9	0	3
S7	NS	N28°29′9.68″ E109°16′15.59″	319	3.92	5 ~ 20	RW	0	0	0	0
S23	NS	N28°18′25.32″ E110° 8′40.28″	296	4.08	5 ~ 20	RW	0	3	0	0
S24	NS	N28°17′36.79″ E110° 9′11.67″	159	4.63	5 ~ 20	RW	0	0	0	0
S25	NS	N28°17′15.42″ E110° 9′30.86″	123	8.80	5 ~ 20	RW	0	0	0	1
S5	TA	N28°30′11.78″ E109°16′3.39″	305	19.10	20 ~ 40	RW	12	1	0	0
S3	TA	N29°0′13.02″ E109°58′12.69″	298	25.38	20 ~ 40	RW	0	9	0	0
S4	TA	N28°59′54.97″ E109°58′5.67″	281	37.80	20 ~ 40	RW	0	8	0	0
S8	TA	N28°34′36.20″ E109°30′13.18″	264	12.16	20 ~ 40	RW	1	1	0	0
S9	TA	N28°34′33.96″ E109°30′12.64″	268	6.17	20 ~ 40	RW	2	2	0	0
S14	TA	N28°19′35.37″ E109°35′18.46″	212	16.32	20 ~ 40	RW	6	14	0	0

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1 Continued table 1

样点 Sample site	生境类型 Habitat	经纬度 Latitude and longitude	海拔 (m) Elevation	水面宽度 (m) Width of river	水深 (cm) Depth of river	水流情况 Water situation	炎黄星齿蛉 *Protohermes xanthodes*	花边星齿蛉 *Protohermes costalis*	东方齿蛉 *Neoneuromus orientalis*	中华斑鱼蛉 *Neochauliodes sinensis*
S15	TA	N28°18′52.75″ E109°34′14.31″	209	21.89	20～40	RW	1	11	0	0
S16	TA	N28°19′13.57″ E109°34′53.03″	202	28.37	20～40	RW	7	8	0	0
S10	AA	N28°30′14.18″ E109°28′44.45″	500	4.24	20～40	RW	1	0	0	16
S20	AA	N28°4′3.51″ E109°35′19.12″	348	5.81	20～40	RW	0	0	0	0
S21	AA	N28°3′45.48″ E109°35′12.04″	352	3.62	20～40	RW	0	0	0	0
S22	AA	N28°3′38.07″ E109°35′11.41″	354	1.30	20～40	RW	0	1	0	1
S26	AA	N28°13′11.48″ E110°4′35.24″	177	6.32	20～40	RW	0	6	0	0
S27	AA	N28°13′1.17″ E110°4′31.07″	180	3.48	20～40	RW	0	0	0	4
S28	AA	N27°59′45.84″ E109°35′36.26″	374	1.53	20～40	RW	0	0	0	1
S29	AA	N27°59′38.98″ E109°35′37.13″	373	1.86	20～40	RW	0	0	0	7
S30	AA	N27°59′27.82″ E109°35′34.46″	372	4.03	20～40	RW	0	0	0	10
S1	SR	N29°0′56.25″ E109°45′57.59″	267	22.39	20～40	SW	0	0	0	0
S2	SR	N29°0′34.58″ E109°47′59.30″	259	14.65	20～40	SW	0	0	0	1
S6	SR	N28°29′25.06″ E109°16′14.14″	318	62.87	20～40	SW	0	0	0	1

注：NRs，自然保护区；NRv，自然河流；NS，自然溪沟；TA，旅游景区；AA，农业区；SR，小型水库；RW，流水；SW，静水。Note: NRs, Natural reserve; NRv, Natural river; NS, Natural stream; TA, Tourist area; AA, Agricultural area; SR, Small reservoir; RW, Running water; SW, Standing water.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 湘西地区齿蛉科多样性特征

Table 2 Diversity of Corydalidae larvae in Xiangxi

生境类型 Habitat	属数 Number of genus	物种数 Number of species	多样性指数 Shannon-Wiener index	丰富度指数 Margalef index	均匀度指数 Pielou index	优势度指数 Simpson index
NRs	3	4	1.07	10.99	0.54	0.61
NRv	3	4	1.15	11.28	0.57	0.66
NS	2	2	0.56	1.39	0.56	0.38
TA	1	2	0.65	4.42	0.65	0.45
AA	2	3	0.52	7.70	0.33	0.29
SR	1	1	0	0	–	–

注：NRs，自然保护区；NRv，自然河流；NS，自然溪沟；TA，旅游景区；AA，农业区；SR，小型水库。Note: NRs, Natural reserve; NRv, Natural river; NS, Natural stream; TA, Tourist area; AA, Agricultural area; SR, Small reservoir.

蛉科幼虫在湘西地区主要淡水生境类型的分布情况，发现齿蛉科幼虫在所有调查生境类型中均有分布，表明湘西地区水质优良，适宜齿蛉科幼虫生存。但不同种类齿蛉幼虫的分布范围存在差异，东方齿蛉仅在自然保护区和自然河流分布；炎黄星齿蛉和花边星齿蛉广泛分布于各种流水生境类型，包括自然保护区、自然河流、旅游景区、农业区和自然溪沟；中华斑鱼蛉除在各种流水生境类型中分布外，在静水的小型水库也有分布；暗示齿蛉属、星齿蛉属和斑鱼蛉属幼虫对生境自然条件的要求有所差异，齿蛉属幼虫对自然条件的要求较为苛刻，星齿蛉属幼虫中等，斑鱼蛉属幼虫要求相对较低。

物种多样性是群落功能复杂性和稳定性的重要量度指标，水生生物多样性指数常用于评估淡水生态系统的健康程度（Estay *et al.*，2012; França *et al.*，2020）。国内应用最多的生物多样性指数水质分级标准是 Shannon-Wiener 指数 H'：$H'>3$ 清洁，2～3 轻污，1～2 中污，0～1 重污染，$H'=0$ 严重污染（王备新和杨莲芳，2004）。通过分析大型底栖无脊椎动物多样性指数 H' 可以较为准确的评估一定区域内的水质状况（刘贤等，2016; 魏慧玉等，2020）。本研究仅把齿蛉科昆虫纳入多样性指数分析，尽管调查区域水质优良，但获得的多样性指数 H' 数值较低；自然河流齿蛉科幼虫多样性指数 H' 最高，为 1.15；其余由高到低依次为自然保护区 1.07、旅游景区 0.65、自然溪沟 0.56 和农业区 0.52。对其他昆虫类群的研究也表明单一昆虫目或科的多样性指数 H' 相对较低。贵州茂兰自然保护区 6 个样点的蜻蜓目昆虫多样性指数 H' 为 1.80～2.86（虞蔚岩等，2012）；东鱼河流域 8 个样点的摇蚊科幼虫多样性指数 H' 为 1.35～1.99（王丽媛等，2019）。湘西是华中地区的重要生态屏障，也是我国生态安全建设和生态扶贫的重点区域（邵佳和冷志明，2016）。本研究在湘西地区的调查中发现，自然保护区和自然河流样点的河道及周边自然环境优越，人类活动少，齿蛉科幼虫多样性指数较高；农业区样点的河道和及周边环境被人为改造，齿蛉科幼虫多样性指数相对较低；小型水库河道被水坝阻断，齿蛉科幼虫种类单一。由此可见，自然保护区在齿蛉科昆虫等水生昆虫多样性保护中发挥了重要作用；为保护湘西地区水生昆虫物种多样性，应尽量避免人类活动对自然环境的改变。

综上，不同种类齿蛉科幼虫在湘西地区的分布情况存在差异，东方齿蛉仅在自然条件优越的自然保护区和自然河流分布；炎黄星齿蛉和花边星齿蛉幼虫在各种流水生境中分布；中华斑鱼蛉幼虫除在流水生境分布外，在静水生境中也有分布。不同生境类型的齿蛉科幼虫多样性特征存在差异，自然条件优越的生境类型齿蛉科幼虫多样性指数和丰富度指数较高。

参考文献（References）

Estay SA, Navarrete SA, Toro SR. Effects of human mediated disturbances on exotic forest insect diversity in a Chilean mediterranean ecosystem [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2012,

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

21: 3699 – 3710.

França FM, Ferreira J, Vaz-de-Mello FZ, *et al.* El Niño impacts on human-modified tropical forests: Consequences for dung beetle diversity and associated ecological processes [J]. *Biotropica*, 2020, 52: 252 – 262.

Hayashi F. Life history variation in a dobsonfly, *Protohermes grandis* (Megaloptera: Corydalidae): Effects of prey availability and temperature [J]. *Freshwater Biology*, 1988, 19: 205 – 216.

Ishikawa NF, Hayashi F, Sasaki Y, *et al.* Trophic discrimination factor of nitrogen isotopes within amino acids in the dobsonfly *Protohermes grandis* (Megaloptera: Corydalidae) larvae in a controlled feeding experiment [J]. *Ecology and Evolution*, 2017, 7: 1674 – 1679.

Jia WX. Baojing Dialect Pronunciation and Vocabulary Study [D]. Jishou: Jishou University, 2016. [贾维秀. 保靖方言语音和词汇研究 [D]. 吉首: 吉首大学, 2016]

Lin AL, Wei SJ, Cao LJ, *et al.* First development and characterization of 27 novel microsatellite markers in the dobsonfy *Neoneuromus ignobilis* (Megaloptera: Corydalidae) at genome-scale level [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2020, 55: 149 – 158.

Liu X, Mo L, Chen JF, *et al.* Macrozoobenthos community structure and bioassessment of water quality in Wenlan River, Hainan Province [J]. *Journal of Hydroecology*, 2016, 37 (6): 30 – 36. [刘贤, 莫凌, 陈峻峰, 等. 海南省文澜江底栖动物群落结构及其水质生物学评价 [J]. 水生态学杂志, 2016, 37 (6): 30 – 36]

Liu XY, Hayashi F, Yang D. Taxonomic notes on the *Protohermes* changninganus species group (Megaloptera: Corydalidae), with description of two new species [J]. *Zootaxa*, 2013, 3722 (4): 569 – 580.

Pan FL, Qu YG, Zhang Yx, *et al.* Molecular identification of *Protohermes* larvae in Donghe River basin and observation of the surface respiratory structures [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (2): 441 – 449. [潘凤溜, 瞿玉国, 张佑祥, 等. 湘西峒河流域星齿蛉幼虫分子鉴定与体表呼吸结构观察 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 441 – 449]

Pei WY, Yang N, Zhang CT, *et al.* Species diversity of Tachinidae in Baihuashan national nature reserve of Beijing, China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (6): 1218 – 1225. [裴文娅, 杨南, 张春田, 等. 北京百花山国家级自然保护区寄蝇科昆虫多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (6): 1218 – 1225]

Rico – Sánchez AE, Rodríguez – Romero AJ, Sedeño – Díaz JE, *et al.* Assessment of seasonal and spatial variations of biochemical markers in *Corydalus* sp. (Megaloptera: Corydalidae), a non – conventional biomonitor, in a mountain cloud forest in Mexico [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27: 30755 – 30766.

Rivera-Gasperín SL, Ardila-Camacho A, Contreras-Ramos A. Bionomics andecological services of Megaloptera larvae (dobsonflies, fishflies, alderflies) [J]. *Insects*, 2019, 10 (4): 86.

Shao J, Leng ZM. Regional ecological security evaluation on Wuling Mountain area [J]. *Economic Geography*, 2016, 36 (10): 166 – 171. [邵佳, 冷志明. 武陵山片区区域生态安全测度与评价 [J]. 经济地理, 2016, 36 (10): 166 – 171]

Takeuchi Y, Hoshiba H. The life histories of three species of Corydalidae (Megaloptera) from Japan [J]. *Aquatic Insects*, 2012, 34 (1): 55 – 63.

Tu YZ, Hayashi F, Liu XY. First description of the larvae of the fishfly genus *Anachauliodes* Kimmins, 1954 (Megaloptera: Corydalidae: Chauliodinae) [J]. *Zootaxa*, 2019, 4700 (2): 270 – 278.

Wang BX, Yang LF. A study on tolerance values of benthic macroinvertebrate taxa in eastern China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (12): 2768 – 2775. [王备新, 杨莲芳. 我国东部底栖无脊椎动物主要分类单元耐污值 [J]. 生态学报, 2004, 24 (12): 2768 – 2775]

Wang LY, Yang LW, Luo WL, *et al.* Evaluations of water quality based on Chironomidae community in the Dongyu River, Shandong Province, China [J]. *South – to – North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2019, 17 (2): 89 – 97. [王丽媛, 杨丽伟, 罗文磊, 等. 基于东鱼河摇蚊群落的水环境质量评价 [J]. 南水北调与水利科技, 2019, 17 (2): 89 – 97]

Wei HY, Chen K, Wang BX. The spatial scale dependency of elevational patterns of taxonomic and functional diversity in aquatic insects in the Lancang River, Yunnan, China [J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28 (4): 504 – 514. [魏慧玉, 陈凯, 王备新. 澜沧江流域水生昆虫群落分类多样性和功能多样性海拔格局的空间尺度依赖性 [J]. 生物多样性, 2020, 28 (4): 504 – 514]

Yang D, Liu XY. Fauna Sinica, Insecta, Vol. 51, Megaloptera [M]. Beijing: Science Press, 2010: 137 – 233. [杨定, 刘星月. 中国动物志, 昆虫纲, 第五十一卷, 广翅目 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 137 – 233]

Yu WY, Li ZH, Luo QH, *et al.* Study on fauna and diversity of Odonata in Maolan area of Guizhou [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2012, 31 (5): 828 – 833. [虞蔚岩, 李朝晖, 罗庆怀, 等. 贵州茂兰自然保护区蜻蜓多样性初步研究 [J]. 四川动物, 2012, 31 (5): 828 – 833]

Zhang DK, Zhu D, Li ZG, *et al.* Diversity of Coleoptera insects in the Altay Mountains, Xinjiang [J]. *Arid Zone Reserch*, 2019, 36 (5): 1212 – 1218. [张东康, 朱丹, 李照广, 等. 新疆阿尔泰山鞘翅目昆虫物种多样性研究 [J]. 干旱区研究, 2019, 36 (5): 1212 – 1218]

Zhang L, Yu H, Huang M, *et al.* Characteristics of benthic macroinvertebrate community and bioassessment of water quality in the Puyang River [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2018, 24 (1): 155 – 161. [张蕾, 于海燕, 黄旻, 等. 浦阳江底栖动物群落特征与水质生物评价 [J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24 (1): 155 – 161]

Zhao R, Gao X, Ding S, *et al.* Tolerance values of macroinvertebrate taxa in Liao River basin [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35 (14): 4797 – 4809. [赵瑞, 高欣, 丁森, 等. 辽河流域大型底栖动物耐污值 [J]. 生态学报, 2015, 35 (14): 4797 – 4809]

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net