

# 河南省柘城容湖两栖动物多样性时空 分布格局及分析

申士圆<sup>1</sup>, 郭 阳<sup>1</sup>, 刘 瑶<sup>1</sup>, 朱艳军<sup>1</sup>, 李寒玉<sup>1</sup>, 徐海根<sup>2</sup>, 陈 卓<sup>1</sup>

(1.河南师范大学生命科学学院,河南 新乡 453007)

(2.生态环境部南京环境科学研究所,江苏 南京 210042)

**[摘要]** 区域生物多样性评价是不同地区生物多样性及生态环境评估的重要依据. 为了解河南省柘城容湖区域两栖动物物种多样性及其时空分布格局,按照生物多样性观测标准及两栖动物的生态习性,本研究设置了 10 条调查样线和 5 个围栏陷阱,于 2016—2018 年每年的 4 月中旬、6 月初和 7 月底进行观测研究. 观测期间记录到两栖动物 5 种 6 311 只,隶属 1 目 4 科 4 属,其中,该区域内黑斑侧褶蛙优势度最高,北方狭口蛙的优势度最低;不同月份间比较发现,6 月份观测物种个体数量最多,但 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )和 Pielou 均匀度指数( $J'$ )最低;不同生境类型下物种多样性比较结果显示,城区内  $J'$  值较高,城区外物种丰富度和  $H'$  值较高,其中河流生境下的  $H'$  值最高. 总体上,受不同的栖息地类型、繁殖时期、社会经济活动与城市生态环境保护程度等因素的共同影响,河南省柘城容湖两栖动物呈现出物种多样性较低但整体分布格局相对稳定的特点.

**[关键词]** 两栖动物,生物多样性,时空分布格局,生态环境,保护策略

**[中图分类号]** Q89;X176 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2023)04-0060-08

## Spatiotemporal Distribution Pattern and Analysis of the Amphibian Diversity in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan Province

Shen Shiyuan<sup>1</sup>, Guo Yang<sup>1</sup>, Liu Yao<sup>1</sup>, Zhu Yanjun<sup>1</sup>, Li Hanyu<sup>1</sup>, Xu Haigen<sup>2</sup>, Chen Zhuo<sup>1</sup>

(1.College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

(2.Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** The evaluation of regional biodiversity provides essential insights for the assessments of the biodiversity and the ecological environment in different regions. To determine the amphibian diversity and its spatiotemporal distribution in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province, ten survey lines and five fencetraps were set up in this study based on the observation standard of biodiversity and the ecological habits of amphibians, and the amphibian diversity monitoring was carried out in Mid April, Early June and Late July during 2016 to 2018. A total of 5 species and 6311 amphibians belonging to one order, four families and five genera were recorded during the observation period, with *Pelophylax nigromaculatus* as the dominant species and *Kaloula borealis* as the rare species in this sample area. Comparison analysis of the observation results among different months shown that the highest number of species individuals were observed in June whereas it had the lowest Shannon-Wiener diversity index( $H'$ ) and Pielou evenness index( $J'$ ). According to the analysis of the species diversity comparison among different habitat types, the higher Pielou evenness index( $J'$ ) was found in the urban area, while the species richness and Shannon-Wiener diversity index( $H'$ ) were higher outside the urban area. The highest Shannon-wiener diversity index( $H'$ ) was in river habitat. In general, the amphibian diversity in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province was low and the overall distribution pattern was relatively stable due to the interactions between the different habitat types, breeding periods, social and economic activities as well as urban ecological environmental protection.

**Key words:** amphibian, biodiversity, spatiotemporal distribution pattern, eco-environment, protection strategies

收稿日期: 2023-01-17.

基金项目: 国家自然科学基金项目(32270440、U21A20192)、国家重点研发计划项目(2018YFC0507206).

通讯作者: 陈卓, 教授, 博士生导师, 研究方向: 动物多样性与分子进化. E-mail: chenzhuo-2005@163.com; 徐海根, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 生物多样性与生物安全. E-mail: xhg@nie.org

生物多样性是多样化的生命实体群 (Entity group) 的特征<sup>[1]</sup>,它包括所有动物、植物、微生物物种以及所有的生态系统及其形成的生态过程<sup>[2]</sup>,被视为自然界多样性程度的直接衡量标准<sup>[3]</sup>. 生物多样性又是评估国家综合国力、环境质量及发展水平的关键指标<sup>[4-5]</sup>,开展生物多样性保护是国家及人类命运共同体面临的重点科学政治问题,也是全球面临的重大挑战和亟待解决的首要问题<sup>[4-6]</sup>.

中国既是生物多样性特别丰富的国家,又是生物多样性受威胁情况最为严重的国家之一<sup>[7]</sup>. 两栖动物作为由水生到陆生的脊椎动物,对环境变化非常敏感,通常被作为环境变化的关键指示物种<sup>[8-11]</sup>. 由于栖息地破碎化等客观因素,两栖动物的生存受到威胁,其数量和分布范围持续下降<sup>[12]</sup>. 通过实施全国两栖动物生物多样性观测网络 (China BON-amphibians) 和区域性两栖动物物种多样性监测及其时空格局现状评估<sup>[13]</sup>,能有针对性地提高对区域性珍稀两栖动物物种资源的保护力度,协同完善地区生物及生态保护修复体系.

本研究以河南省柘城容湖为调查样区,开展为期 3 年的两栖动物多样性动态观测,为了解该地区两栖动物时空分布格局,评估该区域物种多样性及生态环境的时空变化规律和现状提供了理论支撑,并对当地的生态环境治理和生物多样性保护治理等具有一定的参考价值.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

容湖位于河南省商丘市柘城县北部,依托于河南省柘城容湖国家湿地公园及惠济河,是由黄河决口冲灌形成的一处天然湖泊,总占地面积 1.76 km<sup>2</sup>,属暖温带大陆性季风气候,年平均气温 14.3 ℃,年降水量 720.7 mm,无霜期达 217 d<sup>[14]</sup>. 该区域凭借其独特的地理优势、适宜的生态环境以及丰富的自然资源,富集了多样的自然野生植被和珍稀水鸟等生物,同时也为两栖动物这一水陆过渡类群提供了适宜的生存环境.

河南省柘城容湖作为柘城县生态景观的典型代表区域,近年来已成为旅游胜地<sup>[15]</sup>. 由于人类活动的增加,使得该区域的生态环境保护及生物多样性受到了一定程度的影响,在容湖区域开展两栖动物多样性观测与调查是全国两栖动物多样性观测不可或缺的重要环节,通过观测了解该区域两栖动物多样性时空分布格局,分析探讨两栖动物受威胁因素及物种保护状况,为容湖生态环境治理、野生动植物资源的保护以及区域生态文明建设与管理提供科学的依据.

1.2 调查方法

1.2.1 样线法

根据两栖动物不同的栖息类型、生态习性特点,采用样线法对河南省柘城县容湖样区内的两栖动物进行观测调查<sup>[16-17]</sup>,按照科学性、全面性、可达性原则在该样区内共布设 10 条样线 (分别记为 Y1-Y10),长度范围在 388~1 130 m,海拔 40~57 m (表 1,图 1),涵盖湖泊、河流、池塘和林地 4 种生境类型.

基于样线布设点区域的差异性,样线 Y1、Y2、Y9 近邻容湖国家湿地公园,将其归为城镇内,而其余 7 条样线整体近邻惠济河,将其归为城镇外沿河区.

表 1 河南省柘城容湖样区样线基本信息

Table 1 The basic information of sample lines in the observation area of the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province

名称	地点	经纬度	海拔/m	长/m	宽/m	生境类型	栖息地状况
Y1	容湖湿地公园	N34.215277°~34.226388°,E115.430555°~115.470833°	40~46	388	4	湖泊	人为干扰
Y2	容湖湿地公园	N34.227222°~34.222777°,E115.485277°~115.543888°	46	730	4	湖泊	人为干扰
Y3	惠济河	N34.102222°~34.124444°,E115.518611°~115.493611°	48	574	3	河流	污染
Y4	惠济河	N34.290277°~34.080555°,E115.299444°~115.516666°	46~57	744	3	河流	自然环境
Y5	惠济河	N34.258333°~34.195833°,E115.290277°~115.3°	44~51	626	3	河流	自然环境
Y6	惠济河	N34.1075°~34.127777°,E115.384722°~115.339722°	38	550	3	池塘	自然环境
Y7	惠济河	N34.0675°~34.0875°,E115.286666°~115.44083°	41~48	748	3	河流	自然环境
Y8	惠济河	N34.18°~34.16611°,E115.365277°~115.353333°	17~50	822	3	河流	自然环境
Y9	容湖湿地公园	N34.228611°~34.235555°,E115.543611°~115.525833°	48~55	562	3	湖泊	人为干扰
Y10	惠济河	N34.186111°~34.272777°,E115.435555°~115.334722°	50~51	1130	3	林地	自然环境

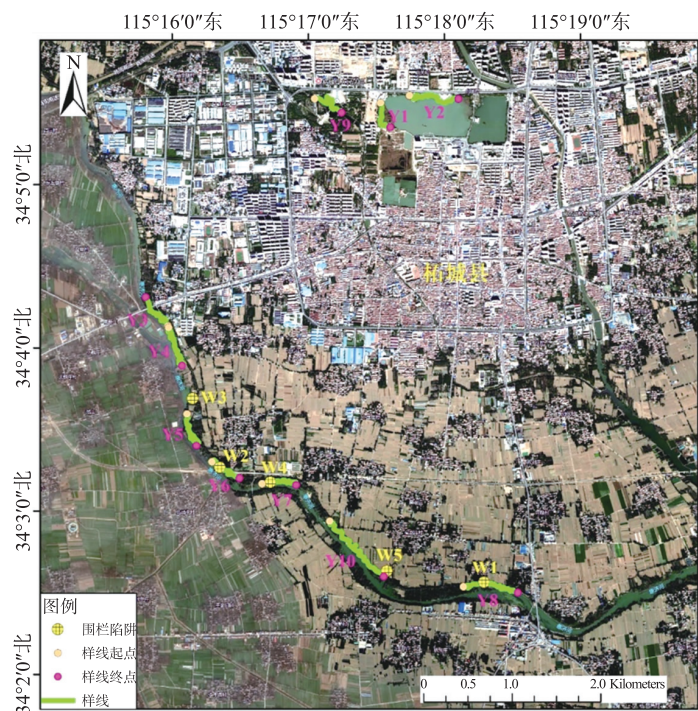


图 1 河南省柘城容湖样区样线和围栏陷阱设置图

Fig. 1 The setting map of 10 observation lines and fence traps in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province

1.2.2 围栏陷阱调查法

依据不同生境类型和栖息地状况选择地势平缓的地带,在所布设的样线(Y5、Y6、Y7、Y8、Y10)处各增设 1 个围栏陷阱(表 2,图 1)。

表 2 河南省柘城容湖样区围栏陷阱布设信息

Table 2 Layout information of fence traps in the Ronghu sample area, Zhecheng, Henan province

名称	布设区域	经纬度	海拔/m	生境类型	栖息地状况
W1	惠济河	N34.166112°, E115.334722°	24	河流	自然环境
W2	惠济河	N34.115073°, E115.352832°	44	池塘	自然环境
W3	惠济河	N34.195833°, E115.301141°	5.9	河流	自然环境
W4	惠济河	N34.070012°, E115.286656°	49	河流	自然环境
W5	惠济河	N34.272787°, E115.334726°	36	林地	自然环境

1.3 观测记录方法

分别于 2016 年至 2018 年的 4 中旬、6 月初和 7 月底,基于样线法进行观测. 考虑到两栖动物多为夜行性,观测时间集中在 19:30—24:00,观测时以 2 km/h 的速度匀速前进<sup>[13]</sup>. 记录目视发现的两栖动物名称、数量、地理位置,环境的温湿度等信息;对于围栏陷阱法,观测时间在 8:00—12:00,陷阱深约 30 cm,保持陷阱距水线距离约 1 m,实时记录掉落陷阱内的动物名称、数量、检视时间等信息. 利用 GPS 地面类型取样,根据室内判读的环境类型初始图,现场核实判读的正误率,并对每个 GPS 取样点作如下记录:①海拔表读出观测点的海拔值和经纬度;②记录植被、地貌和人类活动状况;③记录样线观察到的动物及其相关信息;④拍摄动物群落生活环境和典型环境外貌。

1.4 物种分类依据

两栖动物物种鉴定和分类体系参考《中国动物志: (两栖纲)》<sup>[18-20]</sup>、《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》<sup>[21]</sup>,区系划分依据《中国动物地理》<sup>[22]</sup>,两栖动物物种保护级别和濒危等级划分参照《中国脊椎动物红色名录》<sup>[23-24]</sup>。

1.5 数据统计分析

对调查数据进行物种多样性分析,进一步评估容湖样区两栖动物的时空分布格局差异. 由于设置的调查样线长度不同,在进行多样性统计与计算时,首先将调查原始数据进行标准化处理,再进行以下物种多样性统计计算与分析。



1.5.1 物种丰富度

即不同样线中物种数,公式为:

R=S, (1)

式中,S 为物种数.

1.5.2 物种优势度

采用 Berger-Parker 优势度指数(P<sub>i</sub>)进行评估,计算公式<sup>[25]</sup>为:

P<sub>i</sub>=N<sub>i</sub>/N, (2)

式中,N<sub>i</sub> 为第*i* 个物种的个体数;N 为总个体数. 计算结果 P<sub>i</sub><0.01 为稀有种、0.01≤P<sub>i</sub><0.1 为常见种、P<sub>i</sub>≥0.1 为优势种.

1.5.3 多样性与均匀性

采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')进行衡量<sup>[26]</sup>,计算公式为:

H'=-∑(P<sub>i</sub>ln P<sub>i</sub>), (3)

J'=H'/ln S. (4)

最后,基于计算结果,在 SPSS 25.0 软件中,使用 Kruskal-Wallis 检验(K-W)对不同月份间的 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')进行差异分析以验证不同月份数据的差异是否能达到显著水平;使用 Mann-Whitney U 检验分析不同区域下 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')的差异.

2 结果与讨论

2.1 物种多样性组成及区系结构

通过对河南省柘城县容湖样区 3 年的调查观测,共记录到两栖动物 1 目 4 科 4 属 5 种,涉及蛙科 1 属 2 种;蟾蜍科、叉舌蛙科和姬蛙科分别涉及 1 属 1 种,其中,2016 年调查观测到两栖动物 1 261 只,2017 年调查观测到 2 154 只,2018 年调查观测两栖动物共计 2 896 只,种群数量呈现逐年增长趋势.

在该区域所调查观测到的物种未涉及濒危种群,仅黑斑侧褶蛙为近危(NT),其余物种皆为无危(LC),以侧褶蛙属为主且所调查到该属的物种的种群数量较为丰富,单从数量上来看黑斑侧褶蛙、金线侧褶蛙为优势种,北方狭口蛙为稀有种. 从区系组成来看,受该调查样区所处地理位置的影响,所观测物种以广布种居多,兼少数古北界与东洋界物种,且该区域观测到的两栖动物生态类型均属于静水型. 具体物种分布情况、濒危等级及区系划分见表 3.

表 3 河南省柘城容湖样区两栖动物观测物种统计

Table 3 Statistical results of the observed amphibian species in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province

物种分类 <sup>[20-21]</sup>	区系类型 <sup>[22]</sup>	生态类型 <sup>[21]</sup>	濒危等级 <sup>[23]</sup>	观测数量			
				2016	2017	2018	总计
无尾目 Anura							
蟾蜍科 Bufonidae							
蟾蜍属 Bufo							
中华蟾蜍 Bufo gargarizans	W	TQ	LC	184	282	233	699
蛙科 Ranidae							
侧褶蛙属 Pelophylax							
黑斑侧褶蛙 Pelophylax nigromaculatu	W	Q	NT	503	755	1 272	2 530
金线侧褶蛙 Pelophylax plancyi	O	Q	LC	109	782	640	1 531
叉舌蛙科 Dicroglossidae							
陆蛙属 Fejervarya							
泽陆蛙 Fejervarya multistriata	W	TQ	LC	451	332	740	1 523
姬蛙科 Microhylidae							
狭口蛙属 Kaloula							
北方狭口蛙 Kaloula borealis	P	TQ	LC	14	3	11	28

注:1.区系组成:P 为古北界;O 为东洋界;W 为广布种(张荣祖,1999). 2.生态类型:Q 为静水型;TQ 为陆栖静水型(费梁等,2012);3.濒危等级:LC 为无危;NT 为近危(蒋志刚等,2016).

2.2 物种多样性分析

2.2.1 物种多样性的时间分布格局

在柘城容湖样区 3 年观测中,共调查到两栖动物 6 311 只,隶属 1 目 4 科 4 属 5 种,物种丰富度较低,4 月和 6 月调查到的物种数量相对较多.不同年份数据统计结果显示,从 2016 年到 2018 年,不同月份间的物种观测结果分布趋势相似(图 2),除 7 月份外,物种观测数量( $P$ )整体呈现  $P(2018)>P(2017)>P(2016)$ .黑斑侧褶蛙在 4 月和 6 月观测到的种群数量最多,金线侧褶蛙和泽陆蛙在 6 月份有较多的观测数量.

从整体上来讲,柘城容湖样区在每年的 6 月所观测到的两栖动物数目最多,物种丰富度统计结果显示,黑斑侧褶蛙在 3 个月份中优势度( $P_i$ )最高,为该区域优势物种,其次为金线侧褶蛙、泽陆蛙和中华蟾蜍,而北方狭口蛙在不同月份间观测到的种群数量均较少,2017 年仅在 6 月份观测到 3 只(表 4).Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )和 Pielou 均匀度指数( $J'$ )计算结果均显示 7 月份最高、6 月份最低.

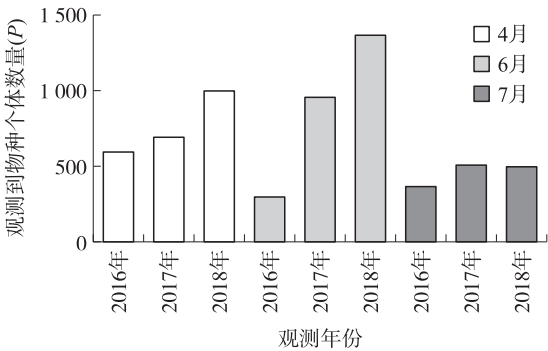


图 2 2016—2018 年河南省柘城容湖样区两栖动物观测数量的月际变化

Fig. 2 Variation of the number of the observed amphibian species in different months during 2016 to 2018 in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province

表 4 河南省柘城容湖样区不同月份两栖动物物种多样性分布

月份	$P$	$S$	$P_i$					$H'$	$J'$
			中华蟾蜍	黑斑侧褶蛙	金线侧褶蛙	泽陆蛙	北方狭口蛙		
4 月	2 291	5	0.155 0	0.408 1	0.247 9	0.186 4	0.002 6	1.329	0.826
6 月	2 632	5	0.043 3	0.398 6	0.285 7	0.265 6	0.006 8	1.247	0.775
7 月	1 375	5	0.168 0	0.387 6	0.156 4	0.285 1	0.002 9	1.332	0.828

注: $P$ 为物种观测数量; $S$ 为物种丰富度; $P_i$ 为 Berger-Parker 优势度指数; $H'$ 为 Shannon-Wiener 多样性指数; $J'$ 为 Pielou 均匀度指数.

2.2.2 物种多样性空间分布格局

调查观测的统计结果显示(图 3),不同生境中的两栖动物在不同月份间的观测结果整体呈现相似的数量分布趋势,河流、池塘和林地所调查到的两栖动物物种较为丰富,城镇内的湖泊生境中的物种丰富度和观测数量最少,样线 Y2 和 Y3 所观测的物种丰富度和总数量最少.河流生境两栖动物多样性  $H'$  值最高,而湖泊生境两栖动物物种  $J'$  值最高,样线 Y4 的  $H'$  值和  $J'$  值均最高,而 Y1 则最低(表 5).

通过城区内与城区外的两栖动物物种多样性指数分析,结果显示,城区外的物种丰富度和  $H'$  值高于城市内,而  $J'$  值则相反(图 4).经 Mann-Whitney U 检验, $H'$  值和  $J'$  值在城区内和城区外存在差异且非常接近于显著值,说明城区内外物种多样性与均匀性存在一定程度上的不同( $Z = -1.932, P = 0.053; Z = -0.342; P = 0.732$ ).

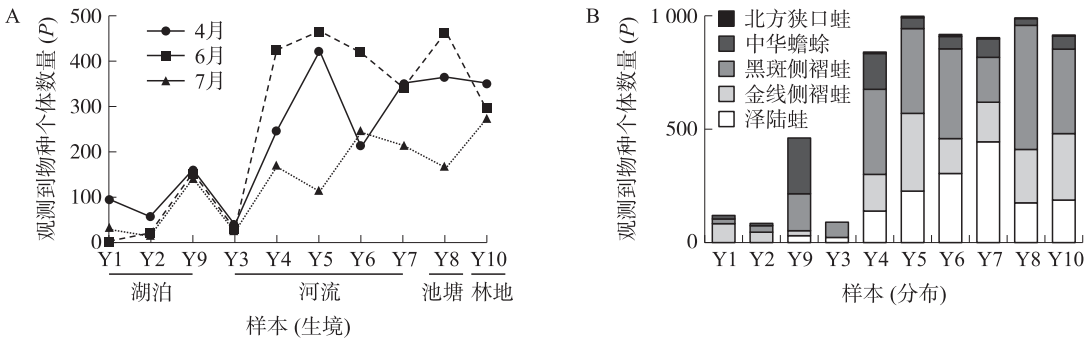


图 3 不同生境(A)及样线(B)观测的两栖动物物种个体数量比较

Fig. 3 Comparison of the individual numbers of the observed amphibian species in different habitats(A) and sampling lines(B)

表 5 河南省柘城容湖样区不同生境两栖动物物种多样性分布  
Table 5 Distribution of the amphibian species diversity in different habitats in the Ronghu Lake, Zhecheng, Henan province

分布区	生境	P	S	P <sub>i</sub>					H'	J'
				中华蟾蜍	黑斑侧褶蛙	金线侧褶蛙	泽陆蛙	北方狭口蛙		
城区内	湖泊	750	4	0.378 7	0.282 7	0.293 3	0.045 3	0.000 0	1.224 9	0.883 6
	河流	3 716	5	0.093 1	0.375 4	0.223 1	0.302 7	0.005 7	1.314 5	0.816 8
城区外	池塘	993	5	0.030 2	0.542 8	0.250 8	0.172 2	0.004 0	1.109 4	0.689 3
	林地	915	5	0.053 6	0.410 9	0.325 7	0.206 6	0.003 3	1.232 1	0.765 5

注: P 为物种观测数量; S 为物种丰富度; P<sub>i</sub> 为 Berger-Parker 优势度指数; H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数; J' 为 Pielou 均匀度指数.

2.3 讨论

2.3.1 柘城容湖样区两栖动物多样性时间格局分析

两栖动物物种间繁殖期的不同可能是影响其时间格局多样性的关键原因. 以往的研究结果显示, 中华蟾蜍繁殖期通常集中在 1—4 月; 黑斑侧褶蛙主要集中在 3—4 月; 金线侧褶蛙一般为 4—6 月; 泽陆蛙相对较长且具间隔性, 一般为 4—5 月和 8—9 月; 而北方狭口蛙的繁殖期一般为 7—8 月份<sup>[18-19]</sup>. 在本次柘城容湖样区两栖动物物种多样性观测中, 调查结果与物种的繁殖期及活动时间有很大关联性.

本次调查中, 广布种黑斑侧褶蛙在 4 月和 6 月观测到的个体数量最多. 此外, 金线侧褶蛙和泽陆蛙也顺应繁殖规律, 在 6 月初有较多的观测数量. 虽然 6 月份观测到的两栖动物个体数量最多, 但物种多样性(S)和均匀度(J')较 4 月和 7 月低, 这与在本次调查中发现的 5 种两栖动物以 6 月份作为繁殖期的物种较少这一情况相吻合. 不同月份间的 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')之间存在差异, 也进一步说明在时间尺度上两栖动物的分布在不同月份之间有所区别.

2.3.2 两栖动物多样性空间分布格局分析

样线法作为生物多样性常规观测调查方法之一, 样线的地理位置选择在很大程度上能够客观反应调查样区的生境类型及物种多样性情况, 不同的生境类型往往能够使两栖动物呈现不同的物种分布格局<sup>[27]</sup>. 本次两栖动物物种多样性观测布设的调查样线涉及 4 种生境类型, 通过调查, 容湖样区观测到的两栖动物整体物种丰富度较低, 而作为广布种的黑斑侧褶蛙数量居多.

总体而言, 受容湖地势及水流分布的影响, 样线所涉及的生境类型较少, 以河流生境居多, 因此在得出物种多样性分布结果上产生了一定的局限性<sup>[16]</sup>. 且该地区水资源丰富, 有大量水鸟及其他水栖型生物栖息于此, 由于捕食与竞争的存在, 两栖动物的多样性及分布格局可能受到了一定影响<sup>[24]</sup>.

两栖动物对生活环境质量特别是水环境的要求较高, 其多样性变化与生态环境的现实状况相互制约相互影响<sup>[28]</sup>. 样线 Y1、Y2、Y9 设于城镇内部, 近邻容湖湿地公园, 湖面平静, 具有相近海拔和生境类型, 该地区保护力度比城外较大, 中华蟾蜍作为陆栖-静水型无尾两栖动物, 夏秋季常觅食于路边或草间, 栖息范围广, 在该类生境下优势度相对较高. 但观测到的两栖动物种类较少, 考虑到该区域内生态旅游相关经济化生产频繁, 受人为活动的影响较大, 再者保护区内水生物种或水栖型鸟类较为丰富致使的竞争和捕食关系也可能是影响其种类和数量的重要因素. 在城镇外沿惠济河支流及其周边所布设的其余 7 条样线, 近邻河流和林地, 人为活动量小, 两栖动物观测数量最多, 其物种丰富度和多样性更高, 以侧褶蛙属的黑斑侧褶蛙居多, 与该物种广泛生活在池塘、水田等平原地区的生活习性密切相关, 其次为金线侧褶蛙, 主要栖息于池塘内, 因此, 在城外农田周边附近有较多发现. 此外, Y3 样线所处区域受污染情况相对严重, 导致此处物种多样性不高. 城区外, 相比于其他生境类型, 河流、池塘生境下物种多样性更高, 这可能是由于两栖动物在观测期间处于不同的繁殖时期, 繁殖条件的不同决定部分物种需要在近水的独特环境下完成交配繁殖. 值得注意的是, 在不同的观测时期及生境下, 北方狭口蛙数量最少, 并且未在城区内布设的样线中调查到该物种, 这极大可能与该类蛙常栖息于水坑附近的草丛、沼泽或土穴内这一独特的生活习性密切

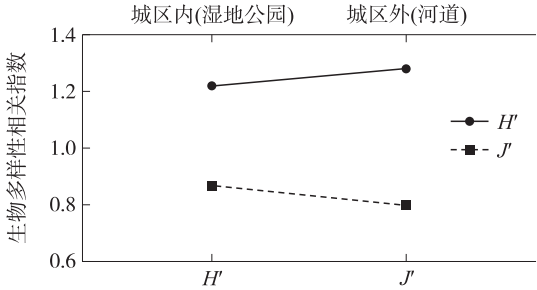


图 4 城区内外两栖动物多样性比较  
Fig. 4 Comparison of the amphibian biodiversity in and outside the urban area

注: H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数; J' 为 Pielou 均匀度指数.

相关<sup>[20]</sup>.

总之,通过此次对容湖样区两栖动物物种多样性的连续观测调查,对该样区内两栖动物物种多样性从时间和空间尺度上对其分布格局进行了初步的统计分析,不仅对该地区的生态环境及生物多样性现状做出客观评估,还进一步为容湖的生态环境治理和物种多样性保护提供了数据参考,无论是对容湖的生态旅游经济发展还是生态文明的综合治理都起到一定的建设性作用.

### 2.3.3 河南柘城容湖样区动物多样性保护建议

伴随柘城县生态旅游产业的高速开发,河道疏浚、上下游施工以及附近养殖场的扩建,都对两栖动物的栖息环境造成不同程度的影响和破坏.惠济河沿岸村庄经济发展迅速,道路施工和桥梁建设极其普遍,这也使两栖动物的栖息地碎片化,并且可栖息面积也随之缩减.通过观测调查,发现该样区内两栖动物栖息地状况受人为干扰较大,对于该区域易危及部分未调查珍稀物种而言,建议加强对当地野生动物的保护和宣传力度,在保护珍贵野生水鸟及其他水栖型物种的同时,综合考虑生物习性和栖息类型,切实注重水体质量和生态环境,分区域有针对性地进行片层保护<sup>[28]</sup>.另一方面,在大力开发旅游产业的同时,建议合理利用自然资源,强化当地民众及旅客对野生动植物的保护意识<sup>[7]</sup>.由于该地区拥有丰富的水资源,应加大对容湖甚至整个柘城县区域的持续性、全面性的两栖动物多样性观测力度,同时紧跟时代步伐,摒弃以往传统检测技术的弊端,引入环境DNA宏条形码技术等新型便捷高效的技术手段<sup>[29]</sup>,及时掌握地区物种多样性分布格局,以便后续有针对性地开展两栖动物保护和生态环境治理的可持续发展战略.

## 3 结论

柘城容湖样区的两栖动物数量分布月际变化及生物多样性指数变化规律与其生活史周期相吻合,且调查到的两栖动物数量逐年增加,在一定程度上反映出该样区的生态环境是利于两栖动物生存和繁衍的.但城镇内人为活动的频繁影响,使两栖动物的物种及其数量受到了影响.鉴于样区内人为干扰对两栖类栖息地的影响,建议柘城容湖地区的相关管理部门制定两栖动物组成、种群动态的长期监测计划;合理控制游客流量,保护好两栖动物的繁殖栖息地;继续完善两栖动物的保护管理政策,在两栖动物密集的地区制定“生态红线”,从而更好地保护柘城容湖地区的两栖动物资源.

## [参考文献]

- [1] 马克平. 试论生物多样性的概念[J]. 生物多样性, 1993(1): 20-22.
- [2] OTTO T S. Guest editorial: biodiversity, global change and scientific integrity[J]. Journal of biogeography, 1992, 19(1): 1-2.
- [3] 蒋志刚, 马克平, 韩兴国. 保护生物学[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1997.
- [4] 薛达元, 张渊媛. 中国生物多样性保护成效与展望[J]. 环境保护, 2019, 47(17): 38-42.
- [5] 任海, 郭兆晖. 中国生物多样性保护的进展及展望[J]. 生态科学, 2021, 40(3): 247-252.
- [6] 杨明, 周桔, 曾艳, 等. 我国生物多样性保护的主要进展及工作建议[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 399-408.
- [7] 王伟, 李俊生. 中国生物多样性就地保护成效与展望[J]. 生物多样性, 2021, 29(2): 133-149.
- [8] LUO Z H, WANG X Y, YANG S F, et al. Combining the responses of habitat suitability and connectivity to climate change for an East Asian endemic frog[J]. Frontiers in zoology, 2021, 18: 1-14.
- [9] HARTWELL H W, LISA M O. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: a case study from California's redwoods[J]. Ecological applications, 1998, 8(4): 1118.
- [10] 武建勇, 薛达元, 赵富伟, 等. 中国生物多样性调查与保护研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(2): 146-151.
- [11] 李成, 谢锋, 车静, 等. 中国关键地区两栖爬行动物多样性监测与研究[J]. 生物多样性, 2017, 25(3): 246-254.
- [12] COLLINS J P, CRUMP M L, LOVEJOY III T E. Extinction in our times: global amphibian decline[M]. USA: Oxford University Press, 2009.
- [13] 徐海根, 吴军, 吴延庆, 等. 全国两栖动物多样性观测网络(China BON-Amphibians)建设进展[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(1): 20-26.
- [14] 柘城县人民政府网. 柘城简介[A/OL]. (2021-06-10) [2021-12-16]. <http://www.zhecheng.gov.cn/zjzc/zrdl/>.
- [15] 柘城县人民政府网. 自然地理[A/OL]. (2020-09-25) [2021-12-16]. <http://www.zhecheng.gov.cn/zjzc/zrdl/>.
- [16] PARMELEE J R, HEYER W R, DONNELLY M A, et al. Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for

- amphibians[Z]. Washington DC, USA: Smithsonian Institution Press, 1994.
- [17] 谢锋,江建平,郑中华,等. 两栖爬行动物野外调查方法[M]. 西宁:青海人民出版社,2002.
- [18] 费梁,胡淑琴,叶昌媛,等. 中国动物志两栖纲(上卷)[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [19] 费梁,胡淑琴,叶昌媛,等. 中国动物志两栖纲(中卷)[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [20] 费梁,叶昌媛,胡淑琴,等. 中国动物志两栖纲(下卷)[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [21] 费梁,叶昌媛,江建平. 中国两栖动物及其分布彩色图鉴[M]. 成都:四川科学技术出版社,2012.
- [22] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [23] 蒋志刚,江建平,王跃招,等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性,2016,24(5):501-551.
- [24] 江建平,谢锋,臧春鑫,等. 中国两栖动物受威胁现状评估[J]. 生物多样性,2016,24(5):588-59.
- [25] INGRAM J C. Encyclopedia of ecology[M]. Oxford: Elsevier Inc, 2008.
- [26] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994(4):231-239.
- [27] 李成,江建平. 无尾两栖动物在不同生活史阶段的栖息环境[J]. 四川动物,2016(6):950-955.
- [28] SCHEELE B C, PASMANS F, SKERRATT L F, et al. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity[J]. Science, 2019, 363(6434):1459-1463.
- [29] 康子清,张银龙,吴永波,等. 环境 DNA 宏条形码在生物多样性研究与监测中的应用[J]. 生物技术通报,2022,38(1):299-310.

[责任编辑:黄 敏]