

DOI:10.14188/j.ajsh.20250424001

陕西省金线侧褶蛙新记录及其系统发育分析

束潇潇¹,唐施翼¹,陈宝玉¹,刘菲¹,朱代博²,郭斌²,王立志^{1*}

1. 陕西学前师范学院 生物食品与化学学院, 陕西 西安 710100;
2. 陕西周至国家级自然保护区管理局, 陕西 周至 710400)

摘要: 2023年7月及2024年6月—8月,在陕西省西安市长乐公园(36°15'43"N, 108°59'59"E,海拔431 m)、曲江池遗址公园(34°11'59"N, 108°59'6"E,海拔442 m)及沣渭生态景观区(34°21'14"N, 108°47'46"E,海拔383 m)采集到16号无尾两栖动物(11尾雄性和5尾雌性),共测量12项外形特征,并描述生境特征。经形态比较,鉴定为无尾目(Anura)蛙科(Ranidae)侧褶蛙属(*Pelophylax*)金线侧褶蛙(*Pelophylax plancyi*)。基于线粒体12S rRNA、16S rRNA和Cyt-*b*联合基因构建的贝叶斯树及最大似然系统发育树显示,所采集的侧褶蛙个体与金线侧褶蛙(上海)聚为单系,并具有很高的节点支持率(贝叶斯后验概率:1.0;最大似然自展支持率:100%);两者间遗传距离(0.4%)小于该标本与本属其他物种之间的距离,支持形态鉴定结果,属陕西省两栖动物新记录。该物种地理分布的西北向延伸对研究两栖动物扩散机制、气候变化响应,人类活动影响及区域生物多样性保护具有重要意义。

关键词: 金线侧褶蛙;陕西省;无尾目;新记录

中图分类号: Q959

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2025)04-0354-09

New record of *Pelophylax plancyi* in Shaanxi Province and its phylogenetic analyses

Shu Xiaoxiao¹, Tang Shiyi¹, Chen Baoyu¹, Liu Fei¹, Zhu Daibo², Guo Bin², Wang Lizhi^{1*}

1. College of Biological Food and Chemistry, Shaanxi Xueqian Normal University, Xi'an 710100, Shaanxi, China;
2. Management Bureau of Zhouzhi National Nature Reserve, Zhouzhi 710400, Shaanxi, China)

Abstract: In July 2023 and June to August 2024, 16 amphibian specimens (11 males and 5 females) were collected from Changle Park (36°15'43"N, 108°59'59"E, altitude: 431 m), Qujiangchi Heritage Park (34°11'59"N, 108°59'6"E, altitude: 442 m), and Fengwei ecological landscape area (34°21'14"N, 108°47'46"E, altitude: 383 m) in Xi'an, Shaanxi. 12 morphological parameters of the collected specimens were measured, and their habitats were described. By morphological comparison, they were identified as *Pelophylax plancyi* from the genus *Pelophylax* in the family Ranidae of the order Anura. Bayesian and maximum likelihood phylogenetic trees based on mitochondrial 12S rRNA, 16S rRNA, and Cyt-*b* gene sequences showed that the specimens collected in Xi'an clustered well with *P. plancyi* in Shanghai, with high node support rate (Bayesian posterior probability: 1.0; maximum likelihood bootstrap support value: 100%). The genetic distance between the two (0.4%) was smaller than the genetic distances between the specimen and other species in the same genus, supporting the morphometric identification results, and making it a new record of amphibian in Shaanxi Province. The geographical distribution of this species extends north-westwards, which is important for the

收稿日期: 2025-04-24 修回日期: 2025-05-26 接受日期: 2025-06-03

作者简介: 束潇潇(1991-),女,博士,讲师,研究方向为动物生态学与保护遗传学, E-mail: spicamiku@126.com

* 通讯联系人: 王立志(1979-),男,教授,研究方向为动物学, E-mail: rj_wl@126.com

基金项目: 陕西基础科学研究院科研计划项目(22JHQ042);陕西学前师范学院校科研基金(2023YBKJ36);陕西学前师范学院2022年度引进人才(博士)科研启动项目(2022DS06);陕西省教育厅青年创新团队科研计划项目(23JP030);陕西基础科学研究院科研计划项目(23JHQ024);陕西高校青年创新团队“秦岭药食同源生物资源保护与利用创新团队”;儿童特色食品研究与开发陕西省高校工程研究中心

引用格式: 束潇潇,唐施翼,陈宝玉,等. 陕西省金线侧褶蛙新记录及其系统发育分析[J]. 生物资源, 2025, 47(4): 354-362.

Shu Xiaoxiao, Tang Shiyi, Chen Baoyu, et al. New record of *Pelophylax plancyi* in Shaanxi Province and its phylogenetic analyses [J]. Biotic Resources, 2025, 47(4): 354-362.

study of amphibian dispersal mechanisms, climate change response, impacts of human activities and regional biodiversity conservation.

Key words: *Pelophylax plancyi*; Shaanxi Province; Anura; new record

0 引言

金线侧褶蛙 (*Pelophylax plancyi*) (Lataste, 1880)隶属于两栖纲 (Amphibia)无尾目 (Anura)蛙科 (Ranidae)侧褶蛙属 (*Pelophylax*)金线侧褶蛙种组 (*Pelophylax plancyi* species complex),主要栖息于海拔 50~200 m 的池塘湿地生境中。该物种模式产地位于江西九江,目前记录该物种在古北界和东洋界均有分布,包括东北、华北、华东、华中地区,而西北地区未有记录^[1-2],且生态位模型分析显示,黄海以西低海拔平原地区是该物种的热点分布区,种群密度最高,西北地区则为该物种的低适宜分布区^[3]。两栖动物是生物多样性的重要组成部分,其对环境变化的敏感性使其成为湿地生态系统健康的重要指示物种和早期预警物种^[4],已成为评价城市生态文明建设效果的重要指标^[5],调查和完善地区两栖动物资源状况对开展区域生物多样性保护具有重要指导意义。

本研究于 2023—2024 年两栖类繁殖季对陕西省西安市两栖动物资源开展本底调查,期间在西安市长乐公园、曲江池遗址公园及沣渭生态景观区采集到 16 号侧褶蛙标本,通过形态比较和分子系统发育分析鉴定其为金线侧褶蛙,这是陕西省也是西北地区的首次记录。研究结果完善了金线侧褶蛙的分布信息,为两栖动物扩散机制与适应潜力的研究提供了基础资料,也为区域生物多样性保护提供了依据。

1 研究方法

1.1 标本采集

2023 年 7 月和 2024 年 6 月—8 月,在西安市长乐公园 (36°15'43"N, 108°59'59"E, 431 m)、曲江池遗址公园 (34°11'59"N, 108°59'6"E, 442 m) 及沣渭生态景观区 (34°21'14"N, 108°47'46"E, 383 m) 采集到 16 号 (5 尾雌性和 11 尾雄性)无尾两栖动物成体标本 (见表 1),各标本肌肉组织保存于 95% 乙醇中, -20 °C 冰箱保存。

1.2 形态测量与鉴定

依据《中国两栖动物检索及图解》^[6]和《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》^[7]进行标本的形态鉴定与测量,使用游标卡尺 (量程 0~150 mm, 精度 ±0.03 mm) 测量 16 号标本的 12 项形态指标

(见表 2)。

1.3 目标基因提取、扩增及测序

使用 TIANGEN Animal Genomic DNA Kit (天根生化科技有限公司,北京)对 16 个肌肉组织样本进行总 DNA 提取。以 12S rRNA、16S rRNA 及 Cyt-*b* 3 种线粒体 DNA 作为遗传标记构建联合基因。

查阅参考文献,基于美国国家生物技术信息中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 数据库中的线粒体完整基因组,使用 Primer v5.0 自行设计扩增引物,共使用 3 对扩增引物:

1) 12S rRNA 基因扩增引物: 12S-1 (5'-CGC TGA AAA CGC TAA GAT GAA-3') 和 12S-2 (5'-TCC CTT GCG GTA CTG TAT CTG-3')^[8];

2) 16S rRNA 基因扩增引物: 16S-1 (5'-CGC CTG TTT ACC AAA AAC AT-3') 和 16S-2 (5'-CCGGTCTGA ACTCAG ATCACGT-3')^[9];

3) Cyt-*b* 基因扩增引物: Cyt-*b*-F (5'-TGA TGA AAC TTC GGC TCC CT-3') 和 Cyt-*b*-R (5'-AGG GAT CTT CGA CTG GTT GG-3') (本研究设计)。

参考文献^[8]确定 12S rRNA 和 16S rRNA 的聚合酶链式反应 (polymerase chain reaction, PCR) 体系与条件, Cyt-*b* 序列扩增 PCR 反应体系为 25 μL, 包括 1 μL 模板 DNA, 10×Ex Taq buffer 2.5 μL, dNTPs 0.5 μL, Taq 酶 0.5 μL, 上下游引物各 0.5 μL, 19.5 μL ddH₂O。PCR 反应条件: 95 °C 预变性 5 min, 95 °C 变性 30 s, 56 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 40 s, 35 个循环反应, 72 °C 终末延伸 8 min。取扩增产物进行 1.5% 琼脂糖凝胶电泳检测, 以识别和检验是否扩增成功。PCR 产物由擎科生物技术有限公司进行测序, 所得序列上传到 GenBank (见表 1)。

1.4 系统发育分析

用 Seqman II v7.1.0 (Dnastar, Madison, USA) 查看测序所得峰图, 对 DNA 测序结果进行人工校正, 去除末端测序质量差的序列; 使用 Bioedit v7.0.9^[10] 构建 12S rRNA+16S rRNA+Cyt-*b* 联合基因; 使用 SeaView v4.7^[11] 对联合基因进行序列比对, 基因序列缺失的部分用 gap 补齐。使用 PartitionFinder v. 2.1.1^[12] 对联合基因序列进行密码子分区, 并基于贝叶斯信息准则 (Bayesian information

表1 本研究使用的物种及 GenBank 序列号
Table 1 Samples used in this study and GenBank accession numbers for sequences

物种或样本编号	采集地	GenBank 序列号		
		12S rRNA	16S rRNA	Cyt- <i>b</i>
JCL01	陕西西安(长乐公园)	PQ488507	PQ482343	—
JCL02		PQ488508	PQ482344	PQ510312
JQJ01	陕西西安 (曲江池遗址公园)	PQ488509	PQ482345	PQ510313
JQJ02		PQ488510	PQ482346	PQ510314
JQJ03		PQ488511	PQ482347	PQ510315
JQJ04		PQ488512	PQ482348	PQ510316
JQJ05		PQ488513	PQ482349	PQ510317
JFW01	陕西西安 (沣渭生态景观区)	PQ488514	PQ482350	PQ510318
JFW02		PQ488515	PQ482351	PQ510319
JFW03		PQ488516	PQ482352	—
JFW04		PQ488517	PQ482353	PQ510320
JFW05		PQ488518	PQ482354	PQ510321
JFW06		PQ488519	PQ482355	PQ510322
JFW07		PQ488520	PQ482356	—
JFW08		PQ488521	PQ482357	PQ510323
JFW09		PQ488522	PQ482358	PQ510324
金线侧褶蛙(<i>Pelophylax plancyi</i>)	中国上海	EU386885	EU386960	OR740296
黑斑侧褶蛙(<i>P. nigromaculatus</i>)	日本	AB043889	AB043889	AB043889
蒙侧褶蛙(<i>P. mongolius</i>)	中国青海	PP068037	OR759498	PP464242
湖北侧褶蛙(<i>P. hubeiensis</i>)	中国江苏	—	—	JQ995009
福建侧褶蛙(<i>P. fukienensis</i>)	中国台湾	AB023393	—	AB029941
<i>P. porosus</i>	日本爱知	—	LC648633	AB980787
<i>P. cerigensis</i>	希腊	OQ694802	OQ694802	OQ694802
<i>P. saharicus</i>	突尼斯	—	DQ474231	DQ474179
<i>P. perezi</i>	意大利	AY043035	AY043069	AY043052
<i>P. cretensis</i>	希腊	KM677928	KM677928	KM677928
<i>P. kurtmuelleri</i>	希腊	NC_026895	NC_026895	NC_026895
<i>P. shqipericus</i>	黑山共和国	NC_026896	NC_026896	NC_026896
<i>P. bergeri</i>	意大利	—	JN689222	JN689223
<i>P. epeiroticus</i>	希腊	NC_026894	NC_026894	NC_026894
<i>P. bedriagae</i>	约旦	NC_029200	NC_029200	NC_029200
<i>P. ridibundus</i>	波兰斯派特科维采	JN627425	JN627425	JN627425
<i>P. lessonae</i>	丹麦	MN122930	MN122930	MN122930
东北林蛙(<i>Rana dybowskii</i>)	中国黑龙江	NC_023528	NC_023528	NC_023528

注:在中国无分布的部分物种未标注中文名;—表示未获取12S rRNA、16S rRNA和Cyt-*b*基因信息。

Note: Species not distributed in China are not labeled with Chinese names; — means 12S rRNA, 16S rRNA and Cyt-*b* gene information is not obtained.

criterion, BIC)和贪婪算法(greedy algorithm)给出每个分区的最优核苷酸替代模型。下载GenBank中同属其他17个物种的12S rRNA、16S rRNA、Cyt-*b*基因序列,并以东北林蛙(*Rana dybowskii*)为外群(见表1),使用最大似然法(maximum likelihood, MI)及贝叶斯推断法(Bayesian inference, BI)构建基因树,

以分析物种系统发育关系,最后基于Kimura双参数模型估算侧褶蛙属物种间串联基因遗传距离。

2 结果

2.1 形态描述

本次采集的样品来源于陕西省西安市3个不同

表2 陕西省金线侧褶蛙标本形态参数度量

Table 2 Measurements of morphological parameters of specimens of *Pelophylax plancyi* from Shaanxi Province

形态参数	雌性(♀)(n=5)		雄性(♂)(n=11)	
	平均值±标准差/mm	该参数与头体长的比值/%	平均值±标准差/mm	该参数与头体长的比值/%
头体长	76.27±5.47		56.14±4.95	
头长	28.81±1.61	37.77	21.68±1.34	38.62
头宽	26.44±2.16	34.67	20.54±2.11	36.59
眼间距	3.54±0.29	4.64	2.61±0.36	4.64
鼻间距	4.18±0.10	5.48	3.11±0.38	5.54
眼径	7.73±0.57	10.14	6.36±0.50	11.32
鼓膜径	7.04±0.68	9.23	6.50±0.74	11.58
前臂长	14.93±0.81	19.57	11.29±1.13	20.11
前臂及手长	32.14±1.05	42.14	25.98±1.46	46.28
后肢长	118.31±3.16	155.12	92.10±4.76	164.05
胫长	32.98±0.90	43.25	25.41±1.22	45.27
足长	58.10±2.27	76.18	46.15±2.21	82.21

的位点,金线侧褶蛙及其生境照片如图1所示。总体来看,标本生活时,皮肤光滑略有疣粒,疣粒主要位于肛部和股后,沔渭生态景观区和长乐公园中个体体背呈现鲜绿色或略带棕褐色斑点,曲江池遗址公园个体体背呈现暗橄榄绿色或灰绿色且棕褐斑点较多。鼓膜及背侧褶呈现金黄色或棕黄色,四肢背面有绿色或棕色横纹,腹部皮肤光滑,呈现鲜黄色或淡黄色。

雌雄体型差异较大,雌性头体长约为(76.27±5.47) mm,雄性头体长约为(56.14±4.95) mm,其他部位形态测量数据见表2。标本头部略扁,头长略大于头宽,吻端钝圆;鼻孔位于吻眼之间偏中位置;眼间距小于鼻间距,鼓膜大且明显,雌性鼓膜径略小于眼径,雄性则略大于眼径。雄性有一对咽侧内声囊,繁殖期在池塘中发出“叭-叭”的叫声;背侧褶宽而明显,直达胯部,鼓膜上方的褶较窄,其后逐渐宽厚,最宽处与上眼睑几乎等宽;前臂及手长不到头体长的一半,相对值上雄性大于雌性;指较细,指式为3>1>4>2;雄性第二性征明显,第一指有灰色婚垫;后肢粗短,胫长不到头体长的一半,趾间几乎满蹼,内蹼突发达。

2.2 分子系统发育关系与遗传距离

基于线粒体12S rRNA(1 057 bp)、16S rRNA(562 bp)及Cyt-*b*(857 bp)联合基因构建系统发育树,序列长度共2 475 bp。分析确定序列密码子分区及最佳替代模型:第一分区为12S rRNA、16S rRNA和Cyt-*b*的第一密码子,其最优碱基替代模型是GTR+I+G;第二分区包含12S rRNA、16S rRNA和Cyt-*b*的第二、三密码子,其最优模型为

GTR+I+G。基于12S rRNA、16S rRNA和Cyt-*b*联合基因序列构建的侧褶蛙属部分物种贝叶斯树和最大似然树见图2。结果显示,本地采集的侧褶蛙标本与金线侧褶蛙(上海种群)亲缘关系最近,具有很高的节点支持率,贝叶斯后验概率和最大似然自展支持率分别为1.0和100%。基于12S rRNA+16S rRNA+Cyt-*b*联合基因序列的侧褶蛙属物种间遗传距离分析结果见表3。结果显示,来自陕西西安的侧褶蛙标本与金线侧褶蛙(上海种群)的遗传分化最小,遗传距离只有0.4%。分子系统发育分析和遗传距离结果均支持采集于陕西省的侧褶蛙标本为金线侧褶蛙。

2.3 生境描述

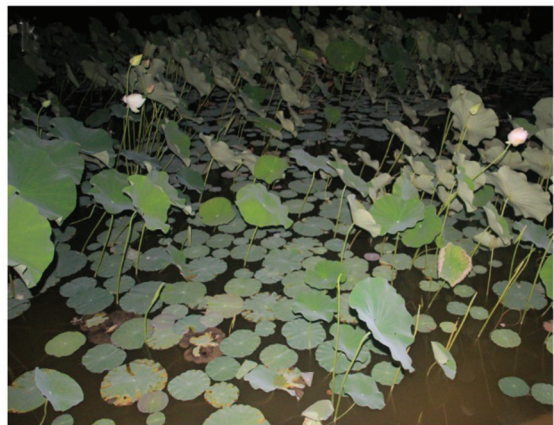
于陕西省西安市长乐公园,曲江池遗址公园及沔渭生态景观区采集到的16号金线侧褶蛙标本,被发现时,主要生活在海拔350~450 m挺水和浮水植被茂盛的静水域。沔渭生态景观区和长乐公园的金线侧褶蛙栖息地浮水和挺水植被以莲花和荷花为主,曲江池遗址公园金线侧褶蛙栖息地挺水植被以芦苇为主(见图1),该物种在繁殖期常栖息于莲叶、荷叶和芦苇之间或岸边斜坡鸣叫求偶。与其同域分布的两栖动物有黑斑侧褶蛙(*P. nigromaculata*)和中华蟾蜍(*Bufo gargarizans*)。

3 讨论

金线侧褶蛙在中国主要分布于华东(江苏、浙江、上海、山东、江西、安徽),华北(山西、河北、北京、天津),华中(湖北、湖南、河南),东北(辽宁丹东)地区^[1-2]。关于金线侧褶蛙种组物种有效性的研究发现,朝鲜侧褶蛙(*P. chosonicus*)在形态和分子上与金



(a) 沣渭生态景观区雄性(♂)金线侧褶蛙及生境



(b) 长乐公园雌性(♀)金线侧褶蛙及生境



(c) 曲江池遗址公园雌性(♀)金线侧褶蛙及生境

图1 陕西西安金线侧褶蛙及其生境

Figure 1 *Pelophylax plancyi* and their habitats in Xi'an, Shaanxi Province

线侧褶蛙并无显著差异,认为朝鲜侧褶蛙是金线侧褶蛙的同物异名^[13],因此朝鲜和韩国是该物种在国外的主要分布区。本研究基于形态比较和分子系统发育分析确认陕西西安采集的侧褶蛙标本是金线侧褶蛙,对比20世纪80年代至今西北各省两栖动物多样性调查文献的物种名录^[14-33],明确本研究是首次在陕西省记录到的该物种的稳定种群,填补了其在中国西北地区分布的地理空白,为评估其生态适应

潜力提供了实证依据。

本研究采集的侧褶蛙标本在形态上满足金线侧褶蛙的鉴定特征,趾间几乎满蹼,内蹼突极发达,背侧褶宽且明显,其最宽处几乎与上眼睑等宽,雄性有一对咽侧内声囊。体背总体呈现绿色,但存在深浅与棕褐斑点密度的差异,这种差异可能与环境植被类型不同所带来的背景色差异相关,是一种对环境变化的适应策略^[34-35]。其在系统发育和遗传距离上

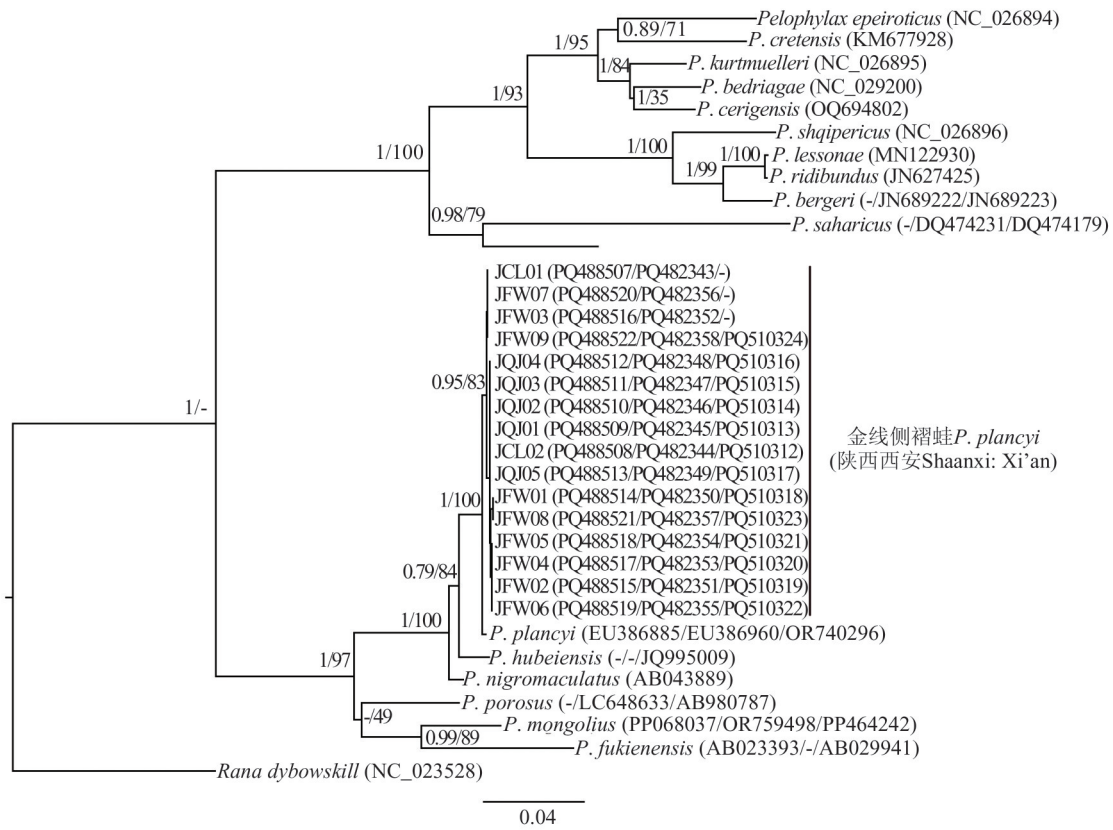


图2 基于12S rRNA、16S rRNA和Cyt-b联合基因序列构建的侧褶蛙属部分物种贝叶斯树和最大似然树
Figure 2 Bayesian tree and maximum likelihood tree for *Pelophylax* species based on 12S rRNA, 16S rRNA and Cyt-b concatenated gene sequences

注:支系上数字表示贝叶斯后验概率/最大似然自展支持率, - 代表无相关信息。

Note: Numbers on branches indicate Bayesian posterior probabilities/maximum likelihood bootstrap support values; - means no relevant information.

也与金线侧褶蛙亲缘关系最近,且表现出潜在的地理种群分化。新分布区(陕西西安)与以往记录的金线侧褶蛙分布区之间存在秦岭、太行山山脉以及黄河的地理阻隔,这可能成为本地种群与其他分布区种群间遗传分化的主要原因。此外新分布区种群内也已产生地理种群的遗传差异,采样点中西安市长乐公园与曲江池遗址公园位于市区,洋渭生态景观区位于郊区,高城市化水平带来的城市湿地景观破碎化对两栖动物扩散产生负面影响,可能是造成新分布区种群遗传分化的景观阻隔因素^[36-37]。

侧褶蛙类群被认为具有显著的生态广适性特征^[38-39],其地理分布范围的持续扩张与水栖息地特征密切相关,例如足够的水深、丰富的水生植被与充足的光照条件是良好繁殖环境的重要因素,也是该物种扩散的关键生态驱动因子^[39]。陕西省金线侧褶蛙主要栖息于拥有丰富水生植被(如睡莲、荷花或芦苇)的池塘湖泊等静水湿地,这样的环境条件为该物种的扩散和生存提供了机会。此外,陕西西安金线侧褶蛙的生活海拔在350~450 m,相比以往记录

(50~200 m)略有提高。

4 结束语

本研究基于形态特征比较与分子系统发育分析,首次在陕西省西安市发现金线侧褶蛙的稳定种群,填补了该物种在中国西北地区分布的地理空白。新分布区种群主要栖息于具有丰富水生植被的静水湿地,且分布海拔较历史记录有所扩展,区域水环境特征优化与微气候条件可能为这一物种扩散定居提供条件。金线侧褶蛙作为中国东部平原地区的广适性两栖类,其地理分布的西北向延伸具有重要的科学价值和生态保护意义,为研究两栖动物突破秦岭-黄河等地理屏障的扩散机制提供了重要案例。通过综合分析气候环境变化与人类活动的双重驱动及贡献度,有助于全面理解物种在复杂环境中的扩散动态;其在西北新环境中的快速建群,也为探究表型可塑性、遗传进化及近缘种间杂交(可能带来适应性优势)在环境适应中的作用提供了契机。此外,金线侧褶蛙作为新分布区“外来

表3 基于12S rRNA+16S rRNA+Cyt-b联合基因序列的侧褶蛙属物种间遗传距离分析
Table 3 Genetic distance analysis of *Pelophylax* species inferred from 12S rRNA+16S rRNA+Cyt-b concatenated gene sequences

物种编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																	
2	0.004																
3	0.060	0.059															
4	0.017	0.017	0.066														
5	0.110	0.123	0.096	0.109													
6	0.041	0.035	0.118	0.036	0.167												
7	0.077	0.075	0.077	0.071	0.143	0.116											
8	0.123	0.124	0.128	0.131	0.174	0.217	0.152										
9	0.143	0.151	0.148	0.148	0.216	0.218	0.133	0.135									
10	0.132	0.135	0.138	0.137	0.244	0.251	0.185	0.092	0.152								
11	0.128	0.126	0.136	0.135	0.182	0.221	0.163	0.066	0.135	0.097							
12	0.122	0.122	0.132	0.128	0.173	0.224	0.155	0.038	0.131	0.088	0.064						
13	0.130	0.125	0.138	0.139	0.179	0.232	0.163	0.092	0.148	0.107	0.105	0.090					
14	0.138	0.144	0.141	0.137	0.225	0.236	0.124	0.077	0.152	0.173	0.091	0.092	0.060				
15	0.126	0.125	0.131	0.134	0.181	0.219	0.152	0.072	0.129	0.086	0.074	0.066	0.101	0.094			
16	0.126	0.124	0.145	0.131	0.193	0.227	0.162	0.041	0.131	0.098	0.064	0.041	0.101	0.099	0.065		
17	0.125	0.124	0.132	0.130	0.163	0.216	0.155	0.089	0.151	0.116	0.098	0.095	0.055	0.031	0.098	0.096	
18	0.125	0.124	0.131	0.131	0.163	0.214	0.155	0.089	0.151	0.116	0.099	0.096	0.056	0.029	0.100	0.095	0.002

注:1表示陕西西安的金线侧褶蛙(*Pelophylax plancyi*);2表示上海的金线侧褶蛙(*P. plancyi*);3表示蒙侧褶蛙(*P. mongolius*);4表示黑斑侧褶蛙(*P. nigromaculatus*);5表示福建侧褶蛙(*P. fukienensis*);6表示湖北侧褶蛙(*P. hubeiensis*);7表示*P. porosus*;8表示*P. cerigensis*;9表示*P. saharicus*;10表示*P. perezi*;11表示*P. cretensis*;12表示*P. kurtmuelleri*;13表示*P. shqipericus*;14表示*P. bergeri*;15表示*P. epeiroticus*;16表示*P. bedriagae*;17表示*P. ridibundus*;18表示*P. lessonae*。

Note:1 denotes *Pelophylax plancyi* in Xi'an Shaanxi;2 denotes *P. plancyi* in Shanghai;3 denotes *P. mongolius*;4 denotes *P. nigromaculatus*;5 denotes *P. fukienensis*;6 denotes *P. hubeiensis*;7 denotes *P. porosus*;8 denotes *P. cerigensis*;9 denotes *P. saharicus*;10 denotes *P. perezi*;11 denotes *P. cretensis*;12 denotes *P. kurtmuelleri*;13 denotes *P. shqipericus*;14 denotes *P. bergeri*;15 denotes *P. epeiroticus*;16 denotes *P. bedriagae*;17 denotes *P. ridibundus*;18 denotes *P. lessonae*.

种”,可能对本土两栖动物构成潜在竞争、杂交或疾病传播等风险,暗示了优化区域生物多样性保护策略的紧迫性。

参考文献

[1] 费梁,胡淑琴,叶昌媛,等. 中国动物志:两栖纲(无尾目蛙科)[M]. 北京:科学出版社,2009.
Fei L, Hu S Q, Ye C Y, et al. Fauna Sinica: Amphibia (Anura, Ranidae) [M]. Beijing: Science Press, 2009.

[2] 中国科学院昆明动物研究所. “中国两栖类”信息系统 [DB/OL]. [2024-10-09]. <http://www.amphibiachina.org/>.
Kunming Institute of Zoology. CAS. “Amphibia China” information system [DB/OL]. [2024-10-09]. <http://www.amphibiachina.org/>.

[3] Amin H, Borzée A. Understanding the distribution, behavioural ecology, and conservation status of Asian *Pelophylax*[J]. Diversity, 2024, 16(5): 259.

[4] Guzy J C, McCoy E D, Deyle A C, et al. Urbanization interferes with the use of amphibians as indicators of ecological integrity of wetlands [J]. Journal of Applied Ecology, 2012, 49(4): 941-952.

[5] 傅强,顾朝林. 基于生态网络的生态安全格局评价[J]. 应用生态学报,2017,28(3):1021-1029.
Fu Q, Gu C L. Delineation of ecological security pattern based on ecological network[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(3): 1021-1029.

[6] 费梁,叶昌媛,黄永昭,等. 中国两栖动物检索及图解 [M]. 成都:四川科学技术出版社,2005.
Fei L, Ye C Y, Huang Y Z, et al. An illustrated key of Chinese amphibians[M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science & Technology, 2005.

[7] 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.
Fei L, Ye C Y, Jiang J P. Colored atlas of Chinese amphibians and their distributions[M]. Chengdu: Sichuan

- Publishing House of Science & Technology, 2012.
- [8] 周圣博, 张芷赫, 王惠, 等. 中国无尾两栖类新记物种: 朝鲜侧褶蛙[J]. 动物学杂志, 2022, 57(3): 440-446.
- Zhou S B, Zhang Z H, Wang H, et al. New record species of *Anura* from China: *Pelophylax chosenicus* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2022, 57(3): 440-446.
- [9] Simon C, Frati F, Beckenbach A, et al. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers[J]. Annals of the Entomological Society of America, 1994, 87(6): 651-701.
- [10] Hall T. Biosciences I, Carlsbad C. BioEdit: an important software for molecular biology [J]. GEF Bulletin of Biosciences, 2011, 2(1): 60-61.
- [11] Gouy M, Guindon S, Gascuel O. SeaView version 4: a multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building[J]. Molecular Biology and Evolution, 2010, 27(2): 221-224.
- [12] Lanfear R, Frandsen P B, Wright A M, et al. PartitionFinder 2: new methods for selecting partitioned models of evolution for molecular and morphological phylogenetic analyses[J]. Molecular Biology and Evolution, 2017, 34(3): 772-773.
- [13] Zhou S B, Zhang Q Y, Hu Z Q, et al. The validity of *Pelophylax chosenicus* (Okada, 1931) and *P. hubeiensis* (Fei & Ye, 1982) (Amphibia, Ranidae)[J]. Herpetozoa, 2023, 36: 143-152.
- [14] 宋志明, 王香亭, 杨友桃, 等. 甘肃两栖、爬行动物区系研究[J]. 兰州大学学报, 1984, 20(3): 92-105.
- Song Z M, Wang X T, Yang Y T, et al. Study on the fauna of amphibia and reptiles of Gansu Province, China [J]. Journal of Lanzhou University, 1984, 20(3): 92-105.
- [15] 宋鸣涛. 陕西两栖动物区系研究[J]. 动物学杂志, 1987, 22(5): 11-14.
- Song M T. Study on the fauna of amphibians in Shaanxi Province, China [J]. Chinese Journal of Zoology, 1987, 22(5): 11-14.
- [16] 于有志, 张显理. 宁夏两栖爬行动物区系分析及地理区划[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 1990, 11(2): 82-89.
- Yu Y Z, Zhang X L. The herpetofauna and the dividing of zoogeographical regions of Ningxia [J]. Journal of Ningxia University (Natural Science Edition), 1990, 11(2): 82-89.
- [17] 张宏杰. 陕西长青自然保护区的两栖爬行动物[J]. 氨基酸和生物资源, 2002, 24(1): 11-13.
- Zhang H J. The amphibian and reptile in Changqing Natural Reserve area of Shaanxi [J]. Amino Acids & Biotic Resources, 2002, 24(1): 11-13.
- [18] 龚大洁, 杨莉. 甘肃无尾两栖动物的资源与保护[J]. 四川动物, 2006, 25(2): 329-331.
- Gong D J, Yang L. Preliminary research on resources and protection of *Anura* in Gansu Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 329-331.
- [19] 江建平, 王斌, 刘炯宇, 等. 陕西周至老县城自然保护区两栖动物多样性调查[J]. 四川动物, 2006, 25(2): 281-284, 442.
- Jiang J P, Wang B, Liu J Y, et al. Amphibians in Laoxiancheng Nature Reserve [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 281-284, 442.
- [20] 张凤臣. 陕西龙凤山两栖爬行动物调查[J]. 林业资源管理, 2007(2): 86-90.
- Zhang F C. Inventory of amphibians and reptiles in Longfeng Mountains in Shaanxi Province [J]. Forest Resources Management, 2007(2): 86-90.
- [21] 马勇, 马亦生, 巩会生, 等. 陕西太白山国家级自然保护区两栖爬行动物的初步调查[J]. 四川动物, 2006, 25(2): 277-280.
- Ma Y, Ma Y S, Gong H S, et al. Preliminary investigation on amphibian and reptilian in Taibaishan National Nature Reserve, Shaanxi[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 277-280.
- [22] 田宁朝, 陈文贵, 鲍静, 等. 陕西北山两栖爬行动物的物种多样性[J]. 四川动物, 2007, 26(2): 358-361.
- Tian N C, Chen W G, Bao J, et al. Herpetological diversity of Ningshan County in Shaanxi Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26(2): 358-361.
- [23] 李宏群, 刘晓莉. 陕西黄龙山自然保护区两栖爬行动物资源调查[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13107-13108.
- Li H Q, Liu X L. Investigation on amphibians and reptiles in Huanglongshan Nature Reserve of Shaanxi Province [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(27): 13107-13108.
- [24] 郑雪莉, 卜书海, 冯学运, 等. 陕西黄柏塬自然保护区两栖动物多样性[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 157-160.
- Zheng X L, Bu S H, Feng X Y, et al. Biodiversity of amphibian on Huangbaiyuan Nature Reserve [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(5): 157-160.
- [25] 贺亚东, 杜选长. 陕西天华山自然保护区两栖爬行动物区系特性和分布[J]. 陕西林业科技, 2013, 41(5): 13-15, 38.
- He Y D, Du X C. Amphibians and reptiles fauna in Tianhuashang Natural Reserve [J]. Shaanxi Forest

- Science and Technology, 2013, 41(5): 13-15, 38.
- [26] 龚大洁, 孙呈祥, 郑智, 等. 宁夏六盘山国家级自然保护区两栖爬行动物资源调查[J]. 四川动物, 2014, 33(4): 605-611.
- Gong D J, Sun C X, Zheng Z, et al. Amphibians and reptiles resources in Liupanshan National Nature Reserve, Ningxia[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2014, 33(4): 605-611.
- [27] 周鹿. 新疆及其邻近地区两栖爬行动物地理区划和分布型研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- Zhou L. The chorotypes and zoogeographical division of amphibian and reptile in Xinjiang and adjacent areas [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2015.
- [28] 杜小如, 孙亚群, 袁朝晖. 长青自然保护区两栖动物资源调查[J]. 现代农业科技, 2015(9): 274-275.
- Du X R, Sun Y Q, Yuan Z H. Survey on amphibian resources in Changqing National Reserve [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015 (9) : 274-275.
- [29] 解振锋, 杨振, 段文东, 等. 陕西牛背梁自然保护区两栖动物区系研究[J]. 陕西林业科技, 2016, 44(3): 1-3.
- Xie Z F, Yang Z, Duan W D, et al. Amphibians fauna in Niubeiliang Natural Reserve of Shaanxi[J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 2016, 44(3): 1-3.
- [30] 张勇, 龚大洁, 黄帅, 等. 甘肃两栖爬行动物多样性及区系分析[J]. 四川动物, 2020, 39(5): 579-591.
- Zhang Y, Gong D J, Huang S, et al. Species diversity and fauna of amphibians and reptiles in Gansu Province [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2020, 39 (5) : 579-591.
- [31] 金学林, 张登仓, 关克, 等. 西安市野生动物图鉴[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2022.
- Jin X L, Zhang D C, Guan K, et al. Illustrated atlas of wild animals in Xi'an [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2022.
- [32] 张勇, 龚大洁. 陕西省两栖爬行动物名录更新及区系分析[J]. 四川动物, 2022, 41(2): 223-232.
- Zhang Y, Gong D J. Updated checklists and fauna of amphibians and reptiles in Shaanxi Province [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2022, 41(2): 223-232.
- [33] 王航, 周勇, 赵霖鹏, 等. 大熊猫国家公园长青管理分局辖区两栖爬行动物调查及区系分析[J]. 动物学杂志, 2023, 58(1): 84-93.
- Wang H, Zhou Y, Zhao L P, et al. Herpetological resource survey and analysis in the Changqing Branch Areas of Giant Panda National Park [J]. Chinese Journal of Zoology, 2023, 58(1): 84-93.
- [34] Mirč M, Vukov T, Kijanović A, et al. Effects of background color on pigmentation, morphological traits, and behavior in the European tree frog (*Hyla arborea*, Hylidae, Anura) tadpoles [J]. Contributions to Zoology, 2023, 92(2): 112-129.
- [35] Wei H J, Geng L W, Shang X C, et al. Background color preference of amphibian *Rana dybowskii* [J]. Applied Animal Behaviour Science, 2023, 268: 106079.
- [36] Fusco N A, Pehek E, Munshi-South J. Urbanization reduces gene flow but not genetic diversity of stream salamander populations in the New York City metropolitan area [J]. Evolutionary Applications, 2021, 14 (1) : 99-116.
- [37] Wei X, Huang M L, Yue Q, et al. Long-term urbanization impacts the eastern golden frog (*Pelophylax plancyi*) in Shanghai City: demographic history, genetic structure, and implications for amphibian conservation in intensively urbanizing environments [J]. Evolutionary Applications, 2021, 14(1): 117-135.
- [38] Denoël M, Duret C, Lorrain-Soligon L, et al. High habitat invasibility unveils the invasiveness potential of water frogs [J]. Biological Invasions, 2022, 24(11): 3447-3459.
- [39] Dufresnes C, Monod-Broca B, Bellati A, et al. Piecing the barcoding puzzle of Palearctic water frogs (*Pelophylax*) sheds light on amphibian biogeography and global invasions [J]. Global Change Biology, 2024, 30(3): e17180.