

太行林蛙地理分布厘定

邱显淳^{1#}, 周圣博^{2#}, 齐硕³, 王锦泽¹, 周瑜⁴, 陆宇燕¹, 徐克阳⁵, 袁静⁶, 梁咏亮⁷,
朱亚超⁷, 李静尧⁷, 王兴哲⁸, 史静聿^{9*}, 李丕鹏^{1*}

(1. 沈阳师范大学两栖爬行动物研究所, 沈阳110034; 2. 沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳110866;
3. 中山大学生态学院, 广州510006; 4. 沈阳师范大学生命科学学院, 沈阳110034; 5. 青岛市观鸟协会, 山东青岛266000;
6. 灵山岛省级自然保护区管理委员会, 山东青岛266000; 7. 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 银川750021;
8. 北京市海淀区陆桥生态中心, 北京100083; 9. 中国科学院动物研究所, 北京100101)

摘要: 太行林蛙 *Rana taihangensis* 目前已知分布在河南、河北、北京和辽宁等地。根据采自宁夏固原和山东青岛的标本, 报道宁夏回族自治区和山东省太行林蛙新分布记录。根据采集自内蒙古通辽和辽宁阜新的太行林蛙标本对其进行形态学补充描述。基于不同地区蛙属 *Rana* 标本线粒体 *cyt b* 基因的分子系统发育分析结果显示, 山西省和陕西省为此前尚未记录的太行林蛙分布区。由此可将太行林蛙在中国的分布范围增加4个省(自治区), 目前太行林蛙的分布范围则包括河南省、河北省、北京市、天津市、辽宁省、山东省、山西省、陕西省、宁夏回族自治区和内蒙古自治区。

关键词: 宁夏回族自治区; 山东省; 无尾目; 分布新记录种; 中国林蛙

中图分类号: Q959.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7083(2024)03-0326-10

Geographical Distribution of *Rana taihangensis*

QIU Xianchun^{1 #}, ZHOU Shengbo^{2 #}, QI Shuo³, WANG Jinze¹, ZHOU Yu⁴, LU Yuyan¹,
XU Keyang⁵, YUAN Jing⁶, LIANG Yongliang⁷, ZHU Yachao⁷, LI Jingyao⁷,
WANG Xingzhe⁸, SHI Jingsong^{9 *}, LI Pipeng^{1 *}

(1. Institute of Herpetology, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China; 2. College of Bioscience and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 3. School of Ecology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China; 4. College of Life Sciences, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China; 5. Qingdao Birding Association, Qingdao, Shandong Province 266000, China; 6. Management Committee of Lingshan Island Provincial Nature Reserve, Qingdao, Shandong Province 266000, China; 7. Ningxia Helan Mountain National Nature Reserve Administration, Yinchuan 750021, China; 8. Eco-Bridge Continental, Beijing 100083, China; 9. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: *Rana taihangensis* is currently known to be distributed in Henan, Hebei, Beijing, Liaoning, etc. of China.

收稿日期: 2023-11-14 接受日期: 2024-04-01

基金项目: 科技部战略生物资源项目(2022YFC2601200); 国家重点研发计划资助项目(2023YFC2604904); 青岛市崂山生物多样性保护优先区域生物多样性调查项目(二期); 山东省黄河三角洲、泰山-徂徕山生物多样性保护优先区域调查与评估项目(二期)(37000000040200120230029); 贺兰山主要野生动植物生态特征及顶级捕食者适应性研究项目(2020BEG02001-2); 贺兰山顶级捕食动物生态及其栖息地适宜性研究项目(NLF2020-93-2)

作者简介: 邱显淳, 男, 硕士研究生, 研究方向: 两栖爬行动物生物学, E-mail: qiu_xianchun0409@outlook.com; 周圣博, 男, 本科生, 研究方向: 两栖爬行动物分类学, E-mail: shengbo122@163.com # 同等贡献作者

* 通信作者 Corresponding authors, E-mail: shijingsong0827@163.com; 104466606@qq.com

This study reported the new distribution records of *R. taihangensis* based on the specimens collected in Ningxia and Shandong, and further described their morphological characters based on the specimens from Tongliao, Nei Monggol and Fuxin, Liaoning. The results of molecular phylogenetic analyses based on the *cyt b* gene of the genus *Rana* suggested that Shanxi and Shaanxi were the previously unrecorded provinces for the distribution of *R. taihangensis*. As a result, the updated distribution range of *R. taihangensis* in China should be Henan Province, Hebei Province, Beijing City, Tianjin City, Liaoning Province, Shandong Province, Shanxi Province, Shaanxi Province, Ningxia Hui Autonomous Region, and Nei Monggol Autonomous Region.

Keywords: Ningxia Hui Autonomous Region; Shandong Province; Anura; new record; *Rana chensinensis*

费梁等(2009a)根据外部形态特征和地理分布范围,将中国的蛙属 *Rana* 物种分为3个种组:长肢林蛙 *R. longicrus* 种组、黑龙江林蛙 *R. amurensis* 种组和中国林蛙 *R. chensinensis* 种组。中国林蛙曾被认为广泛分布于华中及华北的大部分山区(费梁等,2009a),Zhou等(2012)通过线粒体 *cyt b* 基因的分子系统发育分析,发现在太行山区等地的中国林蛙复合体中,存在与模式产地陕西省户县(今西安市鄠邑区)的中国林蛙遗传分化显著的支系。Shen等(2022)依据采自太行山东南部的林蛙标本发表太行林蛙 *R. taihangensis*,并指出该种在北京、河北和河南的太行山东坡一带分布。贺晨等(2023)报道太行林蛙分布于辽西丘陵地区。中国林蛙种组共包含5个物种:中国林蛙、东北林蛙 *R. dybowskii*、桓仁林蛙 *R. huanrensis*、高原林蛙 *R. kukunoris* 和太行林蛙(费梁等,2009a;Wan *et al.*, 2020;Shen *et al.*, 2022)。由于该种组下部分物种的形态特征十分保守,野外获得标本难以根据外部形态特征进行物种鉴定,导致中国林蛙种组内一些物种的地理分布范围尚不明晰。

2022年6月—2023年10月,在辽宁省沈阳市、阜新市、葫芦岛市,内蒙古自治区通辽市,宁夏回族自治区固原市和山东省青岛市等地的野外考察中采集到太行林蛙标本若干。在GenBank下载中国林蛙种组及蛙属部分物种的 *cyt b* 基因序列,通过与模式产地及本研究所采集太行林蛙标本的分子系统发育分析,重新构建太行林蛙及中国林蛙种组其他物种的地理分布范围。其中,在固原市

和青岛市采集的太行林蛙为该种在宁夏回族自治区和山东省的首次记录。贺晨等(2023)记录了辽宁省和内蒙古自治区分布有太行林蛙,但没有对其进行形态描述,且未指出该种在内蒙古自治区的分布地点。本文根据采集自辽宁省阜新市和内蒙古自治区通辽市的太行林蛙标本,对其进行形态学补充描述。

1 材料与方法

1.1 材料

9号太行林蛙标本分别采集于宁夏回族自治区固原市泾源县(106°21'52"E, 35°24'4"N, 海拔1 653 m)、山东省青岛市崂山(120°35'30"E, 36°12'0"N, 海拔404 m)、辽宁省阜新市海州区细河流域(121°38'29"E, 42°0'5"N, 海拔139 m)和内蒙古自治区通辽市上乌兰胡绍嘎查(122°4'49.03"E, 42°44'54.21"N, 海拔223 m)(附表1),标本的肝脏组织保存在95%乙醇溶液中,并取部分标本组织用于分子系统发育分析。标本在75%乙醇溶液中固定并保存,标本SYAUBAA000036,SYAU100501、SYAU100502保存于沈阳农业大学生物科学技术学院标本室,其余标本保存于沈阳师范大学两栖爬行动物研究所。

1.2 形态测量与鉴定

林蛙标本使用数显游标卡尺测量(型号:111N-101V,桂林广陆数字测控有限公司,精度0.03 mm),精确到0.1 mm,测量方法参照费梁等(2009b)。鉴定依据Shen等(2022)对太行林蛙形

态特征的原始描述。

1.3 分子系统学研究

使用试剂盒 DP304(天根生化科技有限公司, 北京)提取肝脏组织样本的总 DNA, 利用 PCR 扩增 *cyt b* 基因片段, 扩增引物为 Yuan 等(2016)的 HERP328 (5'-GAAAARCTRTCGTTGTWATTCAACTA-3') 和 HERP329 (5'-CTACKGGTTGTCCYCCRATTCATGT-3')。PCR 反应条件为: 95 °C 5 min; 95 °C 30 s, 56 °C 30 s, 72 °C 90 s, 25 个循环; 72 °C 10 min。PCR 产物送南昌科畅生物工程有限公司测序。从 GenBank 下载中国林蛙种组及蛙属部分物种 *cyt b* 基因序列(Zhou *et al.*, 2012), 与本研究测序序列进行分子系统发育分析(附表 1)。所有序列在 MEGA 6.0 中以默认参数使用 MUSCLE 算法进行比对, 人工校正比对结果, 比对后的序列在 partitionfinder 2.1.1 中基于 Akaike information criterion (AIC) 标准计算得出最佳进化模型为 GTR+I+G。用 MEGA 6.0 的 P-distance 距离模型计算各物种间的遗传距离。以黑斑侧褶蛙 *Pelophylax nigromaculatus* 为外群, 使用 MrBayes 3.2.1 构建中国林蛙种组及蛙属部分物种贝叶斯(Bayesian inference, BI)系统发育树(参数设置为 ngen=200 000 000, nruns=2, nchains=4, samplefreq=1 000, stopval=0.005)。

2 结果

2.1 分子系统发育分析

PCR 扩增得到 *cyt b* 基因序列 4 条。BI 树显示, 本研究所采集标本与模式产地河南省辉县市的太行林蛙所在支系共同构成单系群(图 1)。辽宁和山东所采集林蛙标本与模式产地太行林蛙标本间遗传距离为 3.6%, 宁夏所采集林蛙标本与模式产地太行林蛙标本间遗传距离为 4.4%。分子系统发育分析结果支持采集自辽宁、宁夏和山东的上述蛙属标本为太行林蛙。

2.2 形态描述

采自宁夏回族自治区、山东青岛、辽宁省和内蒙古自治区的标本头体长分别为 39.2~52.9 mm、

39.2 mm、47.6~49.0 mm 和 33.9~37.2 mm(表 1)。

头长略大于头宽; 吻部钝圆, 略突出于下颌; 鼻间距大于眼间距; 鼓膜圆形, 鼓膜径略大于眼径一半(宁夏标本 SYAU100501、SYAU100502 和山东标本 SYAUBAA000082 鼓膜径略小于眼径一半); 瞳孔水平; 具有 1 对咽侧下内声囊(图 2, 图 3)。

指纤细, 无蹼; 指尖钝圆, 无扩张; 关节下瘤突出, 圆形; 第Ⅲ、Ⅳ指指基下瘤略显(内蒙古标本 SYNU900723 第四指基下瘤不显); 内掌突略呈圆形; 外掌突 2 个, 窄长形, 在第Ⅲ指和第Ⅳ指掌骨处分离; 雄性具婚垫, 在第Ⅰ指的背侧和内侧, 背面观为 2 团瘤状物, 近指尖 1 团极小而平, 近掌基部 1 团极大(辽宁标本 SYNU900721 和内蒙古标本 SYNU900723 仅可见近掌根 1 大团); 婚垫腹面观为 3 团连续的瘤状物, 近指尖 1 团小, 中间 1 团略大于近掌基部 1 团(辽宁标本 SYNU900721 和内蒙古标本 SYNU900723 仅可见 2 大团, 近指尖 1 团不显)。婚垫下方覆盖部分内掌突, 上方延伸至第Ⅰ指关节下瘤; 后肢长, 左右跟部重叠; 后肢贴体前伸时, 胫跗关节到达鼻孔或吻端; 趾尖钝圆; 第Ⅰ和第Ⅱ趾上 1 个关节下瘤, 第Ⅲ和第Ⅴ趾上 2 个关节下瘤, 第Ⅳ趾上 3 个关节下瘤; 内跖突卵圆形; 外跖突不显。

体背、侧面及股背面皮肤光滑, 有分散的小疣粒; 颞褶明显, 从眼后经鼓膜上方延伸至前肢根部; 背侧褶在鼓膜上方与颞褶相连并延伸至腹股沟, 背侧褶和颞褶在相连处弯折; 腹面皮肤光滑, 在泄殖腔附近有一些密集的小扁平疣粒。

背面基本为棕色, 分散有大小和形状不一的黑褐色斑; 两侧前肢根部间的体背面有一“八”形不连续黑斑(山东标本 SYAUBAA000082 无“八”形黑斑), 背侧褶棕色, 略浅于体背部; 体侧近胯部黄绿色; 四肢背面有明显的灰褐色横纹; 自吻端经鼻孔至眼前有 1 条黑褐色细纹, 鼻孔周围黑褐色; 左右上眼睑正中有一黑褐色条纹相连; 眼后颞褶前有一覆盖鼓膜的黑褐色斑, 略呈三角形; 瞳孔黑色, 虹膜铜黄色, 其上分散有密集的黑色点状斑;

Fig. 1 Bayesian phylogenetic tree of some species of the genus *Rana* based on mitochondrial *cyt b* gene sequences

Numbers above branches are Bayesian posterior probabilities.

河岸两侧为开阔土坡,坡上种植有低矮乔木。7月在河岸边观察到大量幼蛙,水中多蝌蚪。同域分布的两栖动物有蒙侧褶蛙 *Pelophylax mongolius*。

3 讨论

根据本研究采集于不同地区太行林蛙标本的形态比较,辽宁、内蒙古、宁夏和山东的太行林蛙外部形态特征基本一致,但在鼓膜径与眼径之比、指基下瘤、婚垫和色斑等特征方面存在差异(表2)。

表 1 本研究所采集太行林蛙形态量度

Table 1 Morphological measurements of *Rana taihangensis* from Ningxia, Liaoning and Nei Monggol

参数 Parameter	标本号 Voucher number							
	辽宁阜新 Fuxin, Liaoning		内蒙古通辽 Tongliao, Nei Monggol		宁夏固原 Guyuan, Ningxia		山东青岛 Qingdao, Shandong	
	SYNU900721	SYNU230405	SYNU900723	SYNU900724	SYAU100501	SYAU100502	SYAUBAA000036	SYAUBAA000082
性别	♂	♂	♂	♀	♂	♀	♀	♂
头体长/mm	47.6	49.0	33.9	37.2	39.2	42.2	52.9	39.2
头长/mm	16.9	15.6	12.2	14.3	13.4	13.9	18.6	14.1
头宽/mm	15.7	15.4	11.3	13.1	12.8	13.7	18.3	14.0
吻长/mm	6.3	6.5	4.8	5.4	3.3	3.7	7.6	1.9
鼻间距/mm	3.9	4.2	3.0	3.2	3.1	3.3	4.1	3.5
眼间距/mm	3.1	3.2	2.0	2.4	2.6	2.7	3.6	3.2
上眼睑宽/mm	3.3	3.2	2.6	3.0	2.9	3.1	3.5	2.9
眼径/mm	5.7	5.1	4.6	5.2	4.8	4.8	5.8	4.9
鼓膜径/mm	3.0	3.1	2.5	2.9	2.3	2.3	3.4	2.4
手长/mm	12.2	12.4	8.9	8.7	10.0	9.4	12.6	9.6
前臂长/mm	10.6	11.5	7.8	7.8	9.8	8.6	12.0	10.0
前臂宽/mm	5.3	5.3	2.9	3.0	5.0	5.3	4.3	6.1
后肢长/mm	88.7	86.4	59.8	61.3	71.0	70.8	90.2	73.1
胫长/mm	26.5	25.3	18.3	18.6	20.8	20.1	27.5	21.3
跗足长/mm	38.6	38.4	25.6	26.8	31.0	29.1	39.0	31.9
足长/mm	27.8	27.5	18.9	18.3	21.0	20.9	30.7	22.5

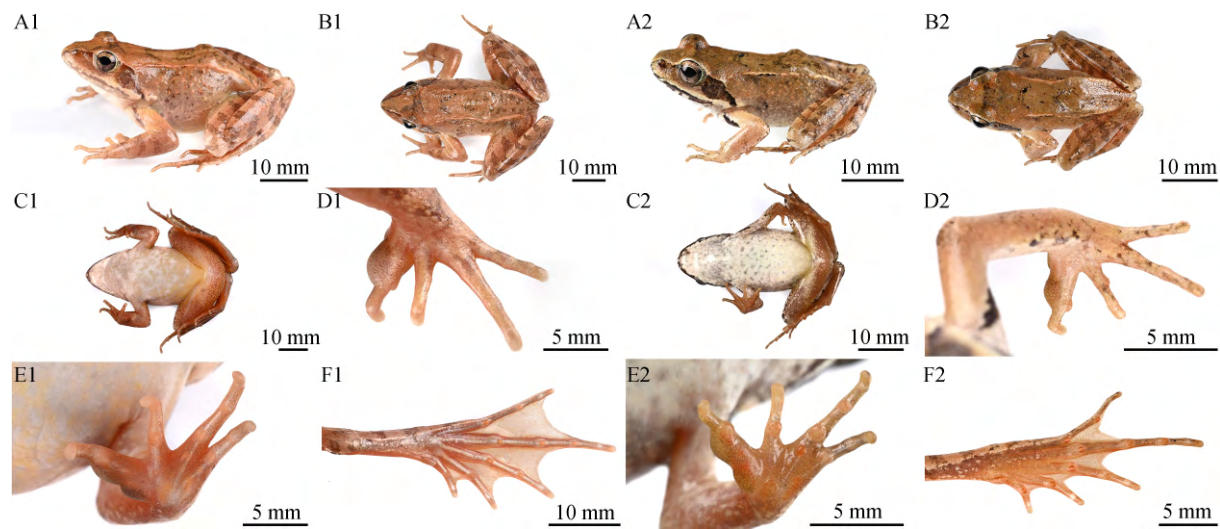


图 2 采自辽宁阜新和内蒙古通辽的太行林蛙活体照

Fig. 2 *Rana taihangensis* from Fuxin, Liaoning and Tongliao, Nei Monggol in life

A1~F1. 辽宁阜新样本(SYNU900721): A1. 侧面观, B1. 背面观, C1. 腹面观, D1. 手背面观, E1. 手腹面观, F1. 足腹面观; A2~F2. 内蒙古通辽样本(SYNU900723): A2. 侧面观, B2. 背面观, C2. 腹面观, D2. 手背面观, E2. 手腹面观, F2. 足腹面观。
A1~F1. SYNU900721 from Fuxin, Liaoning: A1. lateral view, B1. dorsal view, C1. ventral view, D1. dorsal view of hand, E1. ventral view of hand, F1. ventral view of foot; A2~F2. SYNU900723 from Tongliao, Nei Monggol: A2. lateral view, B2. dorsal view, C2. ventral view, D2. dorsal view of hand, E2. ventral view of hand, F2. ventral view of foot.

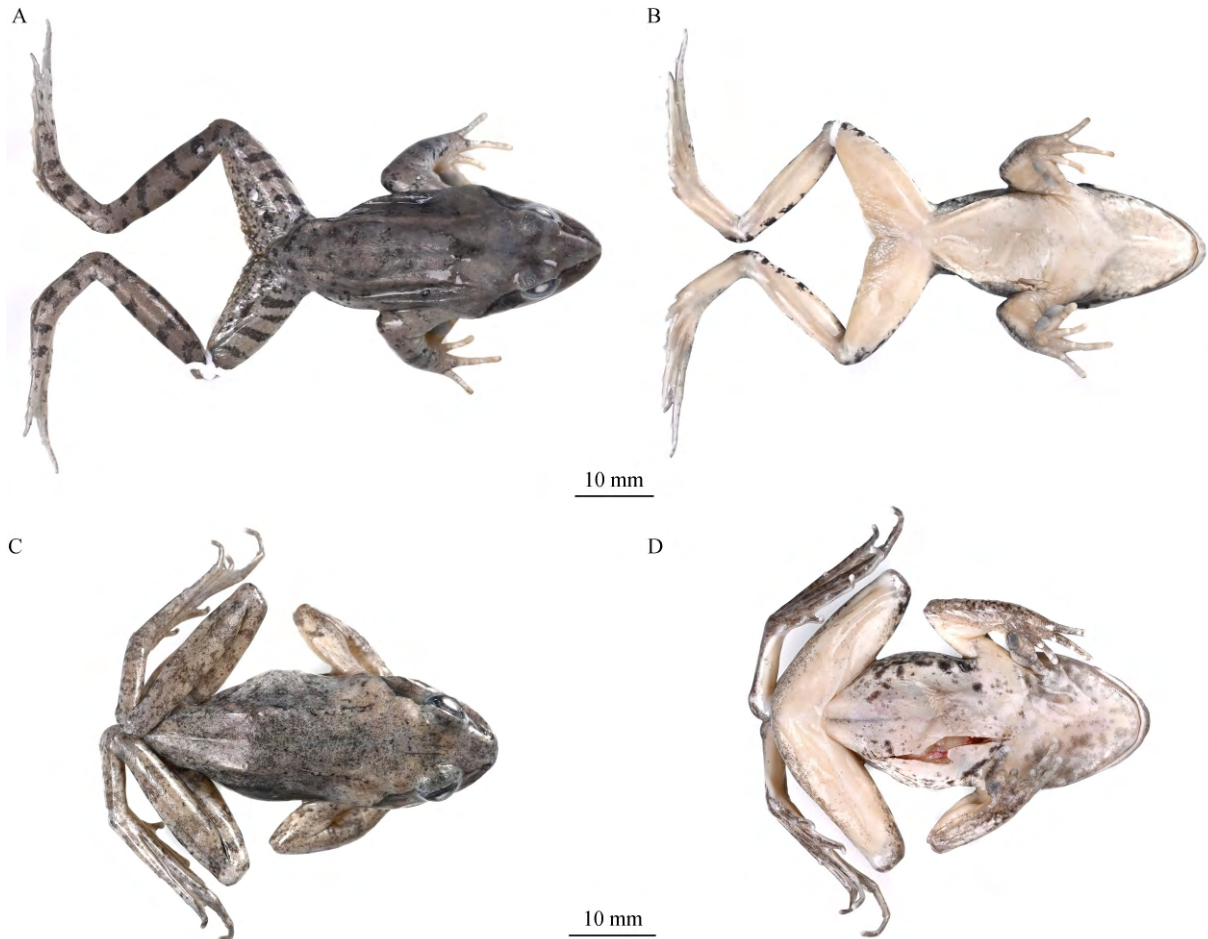


图3 宁夏固原(A、B)和山东青岛(C、D)的太行林蛙标本照
Fig. 3 *Rana taihangensis* collected in Guyuan, Ningxia (A, B) and Qingdao, Shandong (C, D)

A, C. 背面观 dorsal view; B, D. 腹面观 ventral view.

Shen等(2022)在对太行林蛙的原始描述中也提及该种在色斑上有很大的种内差异,且雄性个体婚垫多为2团,少数在近指尖部有额外的1~2团小而不清的婚垫。因此本研究所采集的太行林蛙地理种群与Shen等(2022)所描述的河南、河北和北京的太行林蛙种群在形态学特征方面基本相符。

本研究所使用的辽宁省太行林蛙标本和序列均来自辽宁中西部,近年来对辽宁省的两栖动物野外调查中,除在阜新市采集到黑龙江林蛙 *R. amurensis*、在沈阳市辽中区采集到韩国林蛙 *R. coreana* 外,自辽河平原及其西部所采集的蛙属样本根据形态特征鉴定均为太行林蛙。而在辽河平原之东、南部采集所得均为东北林蛙。且辽宁

西部在两栖爬行动物种类上多为华北区成分,应属华北动物区系(刘明玉等,1985),辽宁省为太行林蛙目前已知分布范围的东部边缘,该种可能自太行山脉和燕山山脉扩散而至,且在辽宁省内分布于中西部,以辽河平原为界与东北林蛙的分布区相隔。基于不同地区中国林蛙种组物种 *cyt b* 基因的分子系统发育分析结果提示,陕西省、重庆市及河南省西部和南部为中国林蛙分布区,而自山西省、河北省以北的辽西、蒙东地区的中国林蛙种组样本均为太行林蛙(图4),由此可将先前辽宁省所记录的中国林蛙修订为太行林蛙(费梁等,2012;李建立等,2021;中国两栖类,2023),辽宁省目前记录蛙属物种5种:东北林蛙、黑龙江林蛙、桓

表 2 本研究所采集各地理种群的太行林蛙形态特征比较

Table 2 Morphological comparison of *Rana taihangensis* from different geographical populations

参数 Parameter	标本号 Voucher number							
	辽宁阜新 Fuxin, Liaoning		内蒙古通辽 Tongliao, Nei Monggol		宁夏固原 Guyuan, Ningxia		山东青岛 Qingdao, Shandong	
	SYNU900721	SYNU230405	SYNU900723	SYNU900724	SYAU100501	SYAU100502	SYAUBAA000036	SYAUBAA000082
鼓膜	略大于 眼径一半	略大于 眼径一半	略大于 眼径一半	略大于 眼径一半	略大于 眼径一半	略小于 眼径一半	略小于 眼径一半	略小于 眼径一半
第Ⅲ、Ⅳ指 指基下瘤	略显	略显	不显	略显	略显	略显	略显	略显
婚垫	2团	3团	2团	无	3团	无	无	3团
体背“八”形 黑斑	有	有	有	有	有	有	有	无
腹部色斑	雾状	雾状	点状	点状	点状	点状	点状	点状

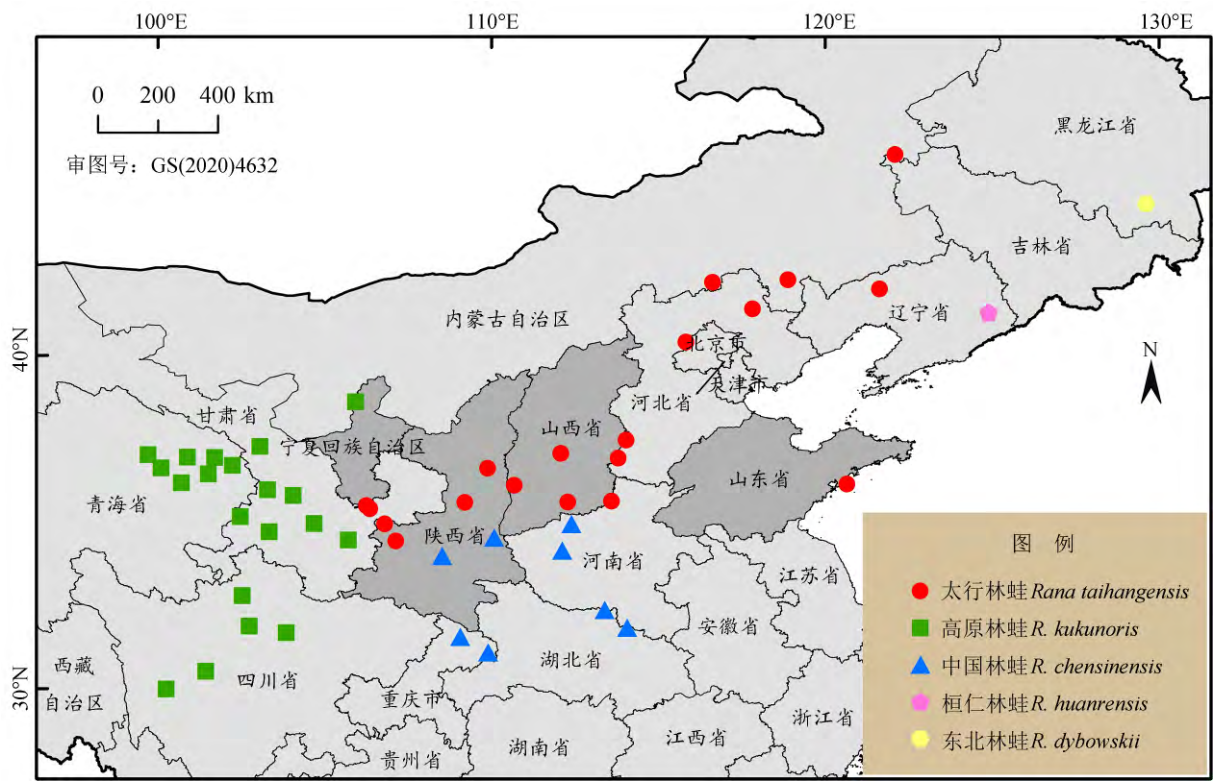


图 4 基于 *cyt b* 基因系统发育关系确定的中国林蛙种组各物种分布点位

Fig. 4 Distribution sites of *Rana chensinensis* groups determined by their phylogenetic relationships based on the mitochondrial *cyt b* gene

深色为此前无太行林蛙地理分布记录的省(自治区)。
Dark-colored areas represent provinces (autonomous regions) where *Rana taihangensis* have not been previously recorded.

仁林蛙、韩国林蛙和太行林蛙。太行林蛙的分布范围则包括河南省、河北省、北京市、天津市(贺晨等, 2023)、山西省、陕西省、辽宁省、山东省、内蒙

古自治区和宁夏回族自治区, 相比先前研究记录增加4个省(自治区)。
山东省原记录蛙属3种, 为中国林蛙、徂徕林

蛙 *R. culaiensis* 和韩国林蛙(费梁等,2012)。本研究根据采集于山东省东部、北部的标本,将原记录于上述二地的中国林蛙修订为太行林蛙。鉴于和山东省西部毗邻的河南省分布有中国林蛙,且本研究尚未获得来自山东省西部的中国林蛙种组物种标本,至于山东省是否有中国林蛙分布,则有待于检查山东省内更多地点的林蛙标本而确定。此前徂徕林蛙在山东仅记录分布于徂徕山,本研究在山东省潍坊市沂山的野外调查中也采集到该种。韩国林蛙在山东省记录分布于烟台市昆嵛山(费梁等,2012;费梁,2020;李建立等,2021),本文作者在威海市乳山也采集到此种。太行林蛙在山东省与邻域分布的2种林蛙外部形态较为相似,但可通过一些特征加以区分,如太行林蛙头长略大于头宽,而徂徕林蛙雌性头长略小于头宽;太行林蛙吻端钝圆,而韩国林蛙吻端钝尖;太行林蛙雄性具一对咽侧下内声囊,而徂徕林蛙和韩国林蛙无声囊;太行林蛙鼓膜径约为眼径一半,而徂徕林蛙鼓膜径约为眼径的2/3;韩国林蛙上唇缘具明显而规则的白色条纹,另2种无此特征(费梁等,2012;费梁,2020)。

宁夏回族自治区此前记录蛙属2种,为中国林蛙和高原林蛙(费梁等,2009a)。Shen等(2022)对蛙属部分物种进行分子系统发育重建,结果显示太行林蛙与高原林蛙为姐妹群,本研究所做的分子系统发育树支持这一结果。宁夏六盘山区位于高原林蛙与太行林蛙分布交汇地区,本研究所使用的标本和线粒体 *cyt b* 基因序列未发现中国林蛙在宁夏的分布。关于中国林蛙在宁夏回族自治区的分布问题,和本研究在固原市泾源县所采集太行林蛙的地点是否有高原林蛙和太行林蛙同域分布,以及这些蛙属物种在此是否存在基因交流则需要采集更多标本做进一步研究。

致谢: 中国环境科学院杜金鸿在野外调查和标本

采集中提供帮助,兰五一、冶发卖、兰世杰、兰玉婷在标本采集过程提供帮助,在此一并致谢。

参考文献:

- 费梁. 2020. 中国两栖动物图鉴(野外版)[M]. 郑州: 河南科学技术出版社.
- 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 2009a. 中国动物志 两栖纲 (下卷) 无尾目 蛙科[M]. 北京: 科学出版社.
- 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 2009b. 中国动物志 两栖纲 (中卷) 无尾目[M]. 北京: 科学出版社.
- 费梁, 叶昌媛, 江建平. 2012. 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.
- 贺晨, 赵济川, 赵文元, 等. 2023. 辽宁省林蛙分类及分布[J]. 辽宁林业科技, 2023(4): 45-47.
- 李建立, 李丕鹏, 陆宇燕. 2021. 环渤海两栖爬行动物图鉴(中英文)[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社.
- 刘明玉, 季达明, 常万霞, 等. 1985. 辽宁两栖爬行动物的地理分布与区划[J]. 两栖爬行动物学报, 4(4): 325-328.
- 中国两栖类. 2023. “中国两栖类”信息系统[EB/OL]. [2023-12-27]. <http://www.amphibiachina.org/>.
- Shen HJ, Xu MY, Yang XY, *et al.* 2022. A new brown frog of the genus *Rana* (Anura, Ranidae) from North China, with a taxonomic revision of the *R. chensinensis* species group[J]. Asian Herpetological Research, 13(3): 145-158.
- Wan H, Lyu ZT, Qi S, *et al.* 2020. A new species of the *Rana japonica* group (Anura, Ranidae, *Rana*) from China, with a taxonomic proposal for the *R. johnsi* group[J]. ZooKeys, 942: 141-158.
- Yuan ZY, Zhou WW, Chen X, *et al.* 2016. Spatiotemporal diversification of the true frogs (genus *Rana*): a historical framework for a widely studied group of model organisms[J]. Systematic Biology, 65(5): 824-842.
- Zhou WW, Wen Y, Fu JZ, *et al.* 2012. Speciation in the *Rana chensinensis* species complex and its relationship to the uplift of the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Molecular Ecology, 21(4): 960-973.

附表 1 本研究应用的物种标本及 *cyt b* 基因信息

Appendix 1 Information of specimens and *cyt b* genes used in this study

物种 Species	产地 Locality	标本号 Voucher number	序列号 Sequence ID
太行林蛙 <i>Rana taihangensis</i>	中国辽宁阜新 Fuxin, Liaoning, China	SYNU900721*	OR875845
	中国辽宁阜新 Fuxin, Liaoning, China	SYNU230405*	—
	中国宁夏泾源 Jingyuan, Ningxia, China	SYAUBAA000036*	OR885880
	中国宁夏泾源 Jingyuan, Ningxia, China	SYAU100501*	—
	中国宁夏泾源 Jingyuan, Ningxia, China	SYAU100502*	—
	中国宁夏泾源 Jingyuan, Ningxia, China	KIZNX080524	JN984466
	中国山东青岛 Qingdao, Shandong, China	SYAUBAA000082*	OR885881
	中国山东青岛 Qingdao, Shandong, China	YUAN22816*	OR885882
	中国内蒙古通辽 Tongliao, Nei Monggol, China	SYNU900723*	—
	中国内蒙古通辽 Tongliao, Nei Monggol, China	SYNU900724*	—
	中国内蒙古锡林郭勒 Xilingol, Nei Monggol, China	KIZDuoLun080501	JN984414
	中国内蒙古赤峰 Chifeng, Nei Monggol, China	KIZNMG0709012	JN984409
	中国内蒙古兴安盟 Xing'anmeng, Nei Monggol, China	KIZWLHT080502	JN984420
	中国河南辉县 Huixian, Henan, China	HNNU202008 II 001	ON738116
	中国河北邯郸 Handan, Hebei, China	CASKIZ03530	JN984482
	中国河北石家庄 Shijiazhuang, Hebei, China	IOZCAS2799	JN984435
	中国河北承德 Chengde, Hebei, China	KIZHB0709002	JN984442
	中国北京延庆 Yanqing, Beijing, China	KIZBJ071001	JN984449
	中国陕西宝鸡 Baoji, Shaanxi, China	KIZGS0706176	JN984394
	中国陕西宝鸡 Baoji, Shaanxi, China	YPX4225	JN984532
	中国陕西延安 Yan'an, Shaanxi, China	KIZGS0706280	JN984400
	中国陕西延安 Yan'an, Shaanxi, China	YPX3032	JN984487
	中国山西晋中 Jinzhong, Shanxi, China	KIZSX01	JN984425
	中国山西晋城 Jincheng, Shanxi, China	KIZSX22	JN984430
	中国山西临汾 Linfen, Shanxi, China	YPX3195	JN984492
中国林蛙 <i>R. chensinensis</i>	中国陕西渭南 Weinan, Shaanxi, China	CASKIZ02161	JN984348
	中国河南南阳 Nanyang, Henan, China	CASKIZ02300	JN984370
	中国河南信阳 Xinyang, Henan, China	CASKIZ02321	JN984374
	中国河南济源 Jiyuan, Henan, China	KIZHN10	JN984358
	中国河南洛阳 Luoyang, Henan, China	KIZHN24	JN984353
	中国陕西西安 Xi'an, Shaanxi, China	KIZ-RD05SHX001	JN984335
	中国重庆巫溪 Wuxi, Chongqing, China	SCUM060538L	JN984383
	中国重庆巫山 Wushan, Chongqing, China	SCUM060554L	JN984382
东北林蛙 <i>R. dybowskii</i>	中国黑龙江牡丹江 Mudanjiang, Heilongjiang, China	SYNU08100690	KX024955
桓仁林蛙 <i>R. huanrensis</i>	中国辽宁桓仁 Huanren, Liaoning, China	SYNU07040023	KX024976
高原林蛙 <i>R. kukunoris</i>	中国青海西宁 Xining, Qinghai, China	CASKIZ01766	JN984178
	中国青海西宁 Xining, Qinghai, China	CASKIZ01857	JN984188
	中国青海共和 Gonghe, Qinghai, China	CASKIZ01800	JN984183
	中国青海共和 Gonghe, Qinghai, China	CASKIZ01975	JN984203
	中国青海海晏 Haiyan, Qinghai, China	CASKIZ01888	JN984193
	中国青海刚察 Gangcha, Qinghai, China	CASKIZ01935	JN984198
	中国青海互助 Huzhu, Qinghai, China	KIZ-YP060801	JN984215
	中国甘肃定西 Dingxi, Gansu, China	CASKIZ02091	JN984168

续附表 1

物种 Species	产地 Locality	标本号 Voucher number	序列号 Sequence ID
	中国甘肃兰州 Lanzhou, Gansu, China	KIZGS070601	JN984158
	中国甘肃天水 Tianshui, Gansu, China	KIZGS070668	JN984171
	中国甘肃夏河 Xiahe, Gansu, China	KIZGS0706132	JN984163
	中国甘肃临潭 Lintan, Gansu, China	KIZGSLT3	JN984175
	中国甘肃永靖 Yongjing, Gansu, China	KIZ-YP060808	JN984176
	中国甘肃武威 Wuwei, Gansu, China	YPX3893	JN984313
	中国宁夏银川 Yinchuan, Gansu, China	KIZNX080502	JN984220
	中国四川红原 Hongyuan, Sichuan, China	SCUM045013CJWD	JN984229
	中国四川阿坝 Aba, Sichuan, China	YPX1523	JN984232
	中国四川理塘 Litang, Sichuan, China	SCUM060901L	JN984225
	中国四川道孚 Daofu, Sichuan, China	YPX1541	JN984249
	中国四川绵阳 Mianyang, Sichuan, China	SCUM0405202YJ	JN984228
徂徕林蛙 <i>R. culaiensis</i>	中国山东泰安 Tai'an, Shandong, China	KIZ-SD080501	KX269337
黑龙江林蛙 <i>R. amurensis</i>	中国黑龙江哈尔滨 Harbin, Heilongjiang, China	SYNU11100268	KF020617
韩国林蛙 <i>R. coreana</i>	韩国 Republic of Korea	MMS223	KX269348
寒露林蛙 <i>R. hanluica</i>	中国湖南双排 Shuangpai, Hunan, China	SYNU07100490	KF020629
借母溪林蛙 <i>R. jiemuxiensis</i>	中国湖南沅陵 Yuanling, Hunan, China	KIZ-HUN0708013	KX269365
越南趾沟蛙 <i>R. johnsi</i>	越南林同保禄 Loc Bao, Lam Dong, Vietnam	ABV-00203	KX269328
长肢林蛙 <i>R. longicrus</i>	中国台湾 Taiwan, China	NMNS15022	KX269336
昭觉林蛙 <i>R. chaochiaoensis</i>	中国四川雅安 Ya'an, Sichuan, China	SM-ZJLW-01	KU246048
织金林蛙 <i>R. zhijinensis</i>	中国贵州织金 Zhijin, Guizhou, China	GZNU2018081604	OP589317
武夷林蛙 <i>R. wuyiensis</i>	中国福建南平 Nanping, Fujian, China	CIB WY20201106016	MZ355497
黑斑侧褶蛙 <i>Pelophylax nigromaculatus</i>	中国辽宁沈阳 Shenyang, Liaoning, China	SYAU BAA000004	OL739550

注: * 本研究所采集标本。

Note: * specimens collected for this study.