

湖南桑植天平山发现宜章臭蛙及该物种的遗传分化分析

金彪^① 廖春林^① 张娅妮^① 王斌^② 江建平^{②*}

① 湖南八大公山国家级自然保护区 桑植 427100; ② 中国科学院成都生物研究所 成都 610041

摘要: 2012 年和 2013 年在湖南省桑植县天平山采集到 6 号臭蛙类标本, 经形态比较和分子系统学分析, 鉴定为宜章臭蛙 (*Odorrana yizhangensis*), 表明天平山为该物种的新分布点。这些标本与宜章臭蛙的主要鉴别特征相符: 体型较小; 体背面棕色斑大而密, 形状不规则; 腹面褐色, 其上斑纹稀少; 股后部色浅, 深色斑明显。雄性头体长 (52.45 ± 2.54) mm (48.96 ~ 54.92 mm, $n = 3$), 雌性头体长 (73.11 ± 1.43) mm (71.26 ~ 74.74 mm, $n = 3$), 均比模式标本群体的头体长略大。基于线粒体 16S rRNA 基因片段 (502 bp) 的系统关系分析结果表明, 分析的天平山臭蛙标本与宜章臭蛙已知种群聚为一支系, 天平山种群与宜章臭蛙已知种群间的遗传距离为 0.002 0 ~ 0.008 1, 远小于宜章臭蛙与其近缘种龙胜臭蛙 (*O. lungshengensis*) 之间的遗传距离 (0.035 2 ~ 0.043 9); 这表明采自天平山的臭蛙样本属于宜章臭蛙。本文为宜章臭蛙物种的地理分布与系统学提供了新的信息。

关键词: 宜章臭蛙; 湖南天平山; 分子系统学; 遗传分化

中图分类号: Q959, Q953 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2018) 06-849-08

Discovery of *Odorrana yizhangensis* in Tianping Mountains, Hunan Province of China with Intraspecific Genetic Divergence of the Species

JIN Biao^① LIAO Chun-Lin^① ZHANG Ya-Ni^① WANG Bin^② JIANG Jian-Ping^{②*}

① The National Nature Reserve of Badagongshan, Sangzhi 427100; ② Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract: In 2012 and 2013, we collected six specimens of odorous frogs from Tianping Mountains located in Hunan Badagongshan National Nature Reserve. Results of morphological comparisons and molecular phylogenetic analyses showed that these specimens belong to the species *Odorrana yizhangensis*. These specimens presented almost same diagnosis of *O. yizhangensis*: body size smaller, snout-vent length (SVL) of male 52.45 ± 2.54 mm (48.96 - 54.92 mm, $n = 3$), of female 73.11 ± 1.43 mm (71.26 - 74.74 mm, $n = 3$)

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31471964, 31201702) 和中国科学院生物多样性监测研究网络项目 (Sino-BON);

* 通讯作者, E-mail: jiangjp@cib.ac.cn;

第一作者介绍 金彪, 男, 初级工程师; 研究方向: 保护区动物保护管理; E-mail: 395499325@qq.com.

收稿日期: 2018-05-18, 修回日期: 2018-07-29 DOI: 10.13859/j.cjz.201806003

(Table 2), which little bigger than those of types; irregular brown spots are big and crowded on dorsum of body; belly brown, with few stripes; hind side of thigh light in color with dark spots (Fig. 1a, b). Based on 16S rRNA gene data (502 bp), the phylogenetical analyses suggested that the specimens from Tianping Mountains were clustered together with other known populations into a monophyly corresponding to the species *O. yizhangensis* (Fig. 2a, b), the genetic distances between Mt. Tianping and other known populations of *O. yizhangensis* (0.002 0 - 0.008 1) were distinctly smaller than that between *O. yizhangensis* and *O. lungshengensis* (0.035 2 - 0.043 9) (Table 3); indicating that the odor frog specimens from Mt. Tianping should belong to the species *O. yizhangensis*. This work provided new information to the geographical distribution and systematics about the species.

Key words: *Odorrana yizhangensis*; Tianping Mountain of Hunan Province; Molecular systematics; Genetic divergence

宜章臭蛙 (*Odorrana yizhangensis*) 隶属两栖纲无尾目蛙科臭蛙属, 模式产地在湖南宜章, 为中国特有种 (费梁等 2007, 2012)。目前已知 6 个地点有分布, 即模式产地湖南宜章 (费梁等 2007, 费冬波 2010)、广东韶关和湖南宜章交界的南岭地区 (杨剑焕等 2011)、江西井冈山国家级自然保护区 (杨剑焕等 2013)、贵州梵净山国家级自然保护区 (李仕泽等 2016)、重庆南川和湖北五峰后河国家级自然保护区 (戴宗兴等 2008, 费梁等 2012)。2012 年和 2013 年, 在湖南省桑植县天平山采集到 6 号疑似宜章臭蛙的臭蛙成体标本和 2 只蝌蚪标本。本文拟通过形态学比较和线粒体基因序列比对分析对其进行物种鉴定, 并进一步探讨该种群与宜章臭蛙其他不同地理种群间的遗传分化水平, 为宜章臭蛙的系统学和谱系地理学研究提供新的信息。

1 材料与方法

1.1 野外采集

于 2012 年和 2013 年在湖南省桑植县天平山山溪内 (29°46'7.34"N, 110°3'24.05"E, 海拔 1 370 m) 采集到 6 号 (3 雌, 3 雄) 臭蛙成体 (♂: CIBSZ2012062305、CIBSZ2012061930、CIB20130517; ♀: CIBSZ2012062306、CIBSZ2012061931、CIB20130518) 和 2 只蝌蚪标本 (CIBSZ2012062307 和 CIBSZ2012062308)。

取 2 只成体和 2 只蝌蚪的肌肉组织保存于 95% 的乙醇中; 于 2011 年在宜章臭蛙模式标本产地湖南宜章及邻近的广东南岭采集到 5 只成体地模和近地模标本, 取其肌肉组织样保存于 95% 的乙醇中 (表 1)。取样后的所有标本浸泡于福尔马林中, 保存于中国科学院成都生物研究所。

1.2 形态鉴定与测量

标本形态鉴定: 依据费梁等 (2007) 和《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》(费梁等 2012) 有关宜章臭蛙的鉴别特征和图片, 并比对模式标本和新采集的地模 (宜章) 和近地模 (南岭) 标本 (表 1)。

标本形态测量: 依据费梁等 (2009), 使用游标卡尺 (无锡锡工量具有限公司, 型号 200 mm) 对采集于天平山的 6 号臭蛙成体标本的 17 项形态性状 (表 2) 进行测量, 精确到 0.02 mm。

1.3 总 DNA 提取、基因扩增与测序

使用动物组织 DNA 提取试剂盒 (TIANGEN) 提取总 DNA。PCR 扩增线粒体 16S rRNA 基因片段, 所用引物为 P7 和 P8 (Simon et al. 1994)。PCR 扩增条件和步骤参照 Chen 等 (2013)。扩增产物纯化后交由生工生物 (上海) 有限公司在 ABI3730 测序仪上测序。采用双向测序, 测序引物同扩增引物。所得序列上传到 GenBank (序列号见表 1)。本文新测序包括湖南桑植天平山种群 4 个样品、广东南岭种群 2 个样品、湖南宜章种群 3 个样品。

表 1 样品信息

Table 1 Samples used in this work

物种名 Species	采集地 Locality	标本号 Specimen No.	GenBank 序列号 GenBank accession number	序列来源 Source of sequences
宜章臭蛙 <i>Odorrana yizhangensis</i>	湖南省桑植县天平山 Mt. Tianping, Hunan	CIBSZ2012062305、CIBSZ2012062306、 CIBSZ2012062307、CIBSZ2012062308	MH094859、MH094860、 MH094861、MH094862	本文 This study
	广东省南岭 Nanling, Guangdong	CIBGD201108086、CIBGD201108087	MH094854、MH094855	
	湖南省宜章县 Yizhang, Hunan	CIBHN201108021、CIBHN201108022、 CIBHN201108023	MH094856、MH094857、 MH094858	李仕泽等 2016
	贵州省梵净山 Mt. Fanjing, Guizhou	FJS20150720001、FJS20150720002、 FJS20150720004、FJS20150720005、 FJS20150720006、FJS20150720007	KX538898、KX538899、 KX538900、KX538901、 KX538902、KX538903	
	重庆市南川区 Nanchuan, Chongqing	HNNU1407II189、HNNU1407II190、 HNNU1407II204、HNNU1407II205	KP710902、KP710903、 KP710904、KP710905	
	江西省井冈山 Mt. Jinggang, Jiangxi	HNNU1407I043	KP693605	朱艳军等 2015
龙胜臭蛙 <i>O. lungshengensis</i>	广西省龙胜县 Longsheng, Guangxi	70028	KF185054	Chen et al. 2013
安龙臭蛙 <i>O. anlungensis</i>	贵州省安龙县 Anlong, Guizhou	HNNU 1008-109	KF185049	

1.4 系统发育关系重建和遗传距离计算

依据 Chen 等 (2013), 选择安龙臭蛙和龙胜臭蛙作为外群, 基于 16S rRNA 基因片段构建宜章臭蛙的系统发育树。宜章臭蛙江西井冈山种群、重庆南川种群、梵净山种群和外群的序列源于 GenBank (表 1)。用软件 Clustal X v 1.8 (Thompson et al. 1997) (参数采用默认设置) 进行序列比对, 比对后进行人工校对。用最大似然法 (maximum likelihood, ML) 构建系统发育关系树。在构建 ML 树之前, 用程序 jModeltest v 2 (David 2008) 基于 AIC 标准选择最适核苷酸替代模型。用软件 PhyML v 3.0 (Guindon et al. 2003) 构建 ML 树, 并进行 1 000 次 bootstrap 重抽样分析, 检验各节点支持率。用软件 TCS v 2.1 (Clement et al. 2000) 基于最大简约法构建单倍型网络图。用 MEGA v 6.0 (Tamura et al. 2013) 中的 Kimura 双参数模型计算物种及种群间的遗传距离。

2 结果

2.1 形态鉴定与描述

形态鉴定: 采集于湖南桑植天平山的臭蛙标本与费梁等 (2007) 描述的宜章臭蛙模式标本特征相近, 也与 2011 年采集于湖南宜章的宜章臭蛙地模标本 (标本号见表 1) 特征相符或相近。体背面棕色斑大而密, 形状不规则; 腹面褐色, 其上斑纹稀少; 股后部色浅, 深色斑明显 (图 1a, b); 体型较小, 雄性头体长 (52.45 ± 2.54) mm (48.96 ~ 54.92 mm, $n = 3$), 雌性头体长 (73.11 ± 1.43) mm (71.26 ~ 74.74 mm, $n = 3$) (表 2), 但均比模式群体的头体长略大。形态上支持本文采集于湖南桑植天平山的臭蛙标本为宜章臭蛙。

形态描述: 湖南桑植天平山的宜章臭蛙头部扁平, 头长略大于头宽; 吻长大于眼径; 吻端钝圆, 突出于下唇; 吻棱明显, 颊部几近垂直, 凹陷深; 外鼻孔开口向后, 鼻孔略近吻端, 鼻间距大于眼间距; 鼓膜大而明显, 约为第 3 趾吸盘的 2 倍; 犁骨齿两斜列; 舌后端缺刻深。

前臂及手长约为体长之半, 前臂较粗壮;

表 2 湖南桑植天平山宜章臭蛙成体量度 (单位: mm)

Table 2 Measurement of adult *Odorrana yizhangensis* from Tianping Mountain in Hunan Province (unit: mm)

量度指标 Character	雌性 Female (n = 3)			雄性 Male (n = 3)		
	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	各测量指标占体长百分比 (%) Percentage in SVL	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	各测量指标占体长百分比 (%) Percentage in SVL
体长 Snout-vent length (SVL)	71.26 ~ 74.74	73.11 ± 1.43	100.00	48.96 ~ 54.92	52.45 ± 2.54	100.00
头长 Head length (HL)	25.60 ~ 25.76	25.95 ± 0.39	35.50	18.90 ~ 20.28	19.46 ± 0.59	37.10
头宽 Head width (HW)	22.74 ~ 24.82	23.52 ± 0.93	32.17	17.00 ~ 18.06	17.45 ± 0.45	33.26
吻长 Snout length (SL)	10.10 ~ 10.80	10.43 ± 0.29	14.27	7.68 ~ 7.68	7.68 ± 0.00	14.64
鼻间距 Internasal space (INS)	7.70 ~ 9.08	8.21 ± 0.62	11.22	5.76 ~ 6.26	6.00 ± 0.20	11.44
眼间距 Interorbital space (IOS)	6.00 ~ 6.52	6.28 ± 0.21	8.59	4.34 ~ 4.86	4.68 ± 0.24	8.92
上眼睑宽 Width of upper eyelid (UEW)	5.16 ~ 6.10	5.57 ± 0.39	7.62	4.22 ~ 4.54	4.39 ± 0.13	8.38
眼径 Diameter of eye (ED)	6.58 ~ 8.04	7.19 ± 0.62	9.84	5.50 ~ 6.08	5.83 ± 0.24	11.11
鼓膜径 Diameter of tympanum (TD)	3.94 ~ 5.00	4.51 ± 0.44	6.16	4.12 ~ 4.46	4.31 ± 0.14	8.21
前臂及手长 Length of lower arm and hand (LAHL)	34.86 ~ 37.30	35.93 ± 1.02	49.15	25.40 ~ 27.86	26.41 ± 1.05	50.36
前臂宽 Diameter of lower arm (LAD)	6.14 ~ 6.84	6.57 ± 0.31	8.99	5.72 ~ 6.16	5.99 ± 0.19	11.41
手长 Length of Hand (HAL)	21.56 ~ 23.56	22.28 ± 0.98	30.47	16.6 ~ 17.54	17.05 ± 0.38	32.51
股长 Length of Thigh (LT)	34.56 ~ 38.70	36.69 ± 1.69	50.18	26.10 ~ 28.34	27.37 ± 0.94	52.19
胫长 Tibia length (TL)	38.68 ~ 43.62	40.86 ± 2.06	55.89	28.72 ~ 30.64	29.78 ± 0.80	56.77
胫宽 Tibia width (TW)	9.16 ~ 10.14	9.53 ± 0.43	13.04	6.08 ~ 7.20	6.53 ± 0.48	12.46
跖足长 Length of foot and tarsus (LFT)	53.48 ~ 61.62	57.42 ± 3.33	78.54	41.52 ~ 44.00	42.60 ± 1.04	81.22
足长 Foot length (FL)	37.20 ~ 44.72	41.15 ± 3.08	56.28	29.32 ~ 32.02	30.50 ± 1.13	58.15

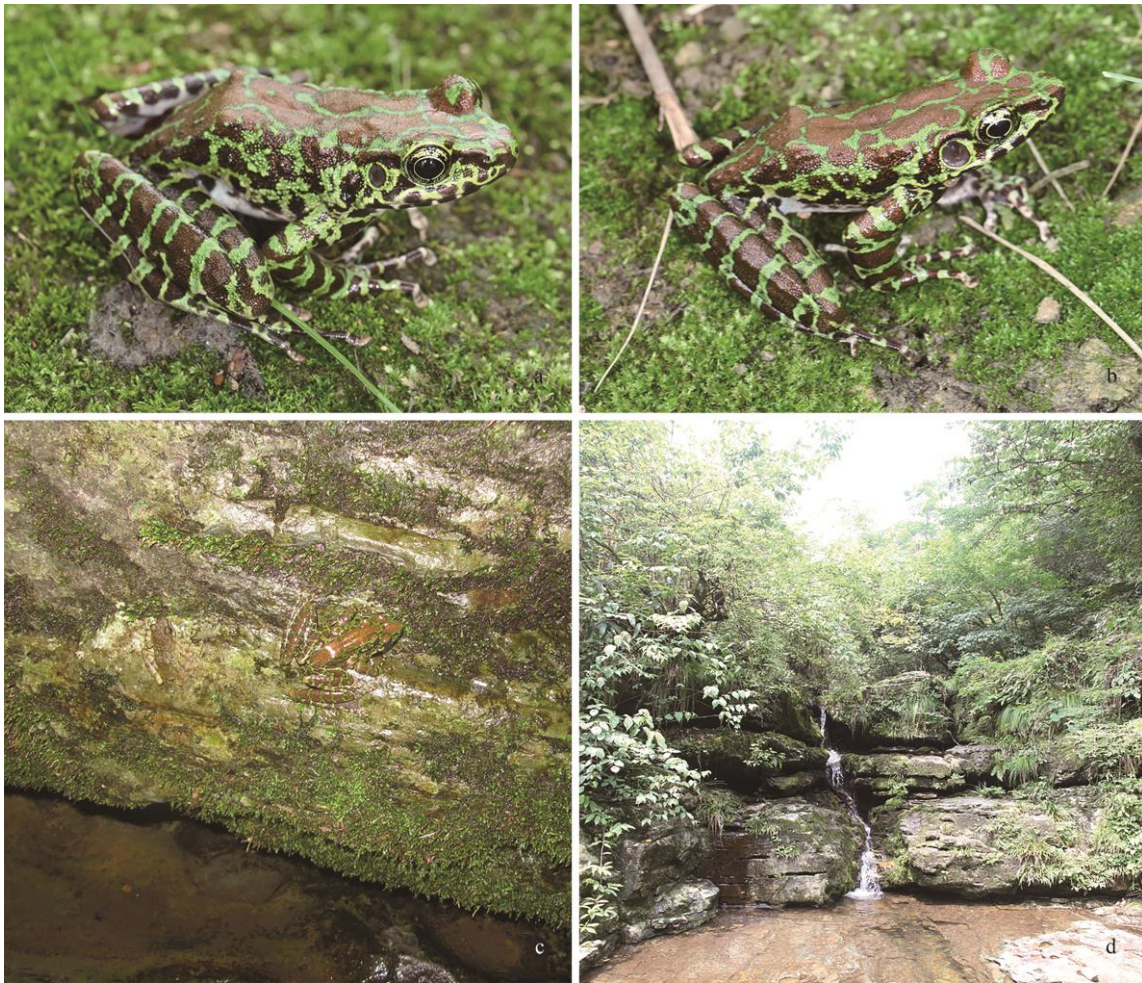


图 1 湖南桑植天平山的宜章臭蛙及生境 (江建平 摄)

Fig. 1 *Odorrana yizhangensis* from Mt. Tianping of Sangzhi County in Hunan Province and its habitats
(Photography by JIANG Jian-Ping)

a. 雌性; b. 雄性; c. 雌雄抱对; d. 生境。a. Female; b. Male; c. Mating style; d. Habitat.

指吸盘长径大于横径, 第 1 ~ 4 指腹侧沟均明显; 第 3 指吸盘约为鼓膜之半; 指关节下瘤明显, 且雌蛙指关节下瘤较雄蛙明显。后肢前伸贴体时胫跗关节未达吻端仅到鼻眼之间, 胫长超过体长之半, 左右跟部重叠; 足长略短于胫长; 趾吸盘略小于指吸盘; 趾间全蹼。

背面皮肤光滑, 除头与体侧外, 前肢及蹼间亦有痣粒, 雌蛙尤为明显; 体侧有大小不一的扁平疣; 颞褶明显, 在鼓膜后方向下成钝角状斜向肩前方; 鼓膜下方至前肢基部有一排黄色颗粒状腺体。下颌缘和胸腹部有白色细刺,

咽部和四肢腹面皮肤光滑。

生活时背面绿色, 从吻端至体后端背面以及体两侧有棕色大斑块, 形状不规则, 彼此相距较近, 体侧则相对较小; 沿吻棱、颞褶呈棕色, 颌缘有棕色横斑; 四肢背面棕色横纹明显, 股、胫部各有 5 ~ 7 条, 腹面白色; 趾间蹼灰棕色。雄蛙体型较小, 第一指具灰白色婚垫和天鹅绒状婚刺; 有 1 对咽侧下外声囊。

2.2 分子系统发育关系和遗传距离

比对后的 16S rRNA 基因片段数据集序列长度为 502 bp。jModeltest 检测结果表明构建系

统关系树的最适核苷酸替代模型为 HKY + I。系统关系树表明天平山臭蛙与宜章臭蛙已知种群 (图 2a) 聚为一支系 (图 2b), 并得到较高的支持值 (99%), 其中天平山种群位于宜章臭蛙支系内。除了湖南宜章种群与广东南岭种群明显关系近、并得到较高的支持值 (86%) 外, 其他节点的支持值较低 (50% 和 59%), 表明这些不同种群间的系统关系还不能确定, 尚待后续更多遗传信息而解析。单倍型网络图显示, 湖南天平山标本为同一单倍型, 它与贵州梵净山种群和重庆南川种群共享的一个单倍型直接相连 (图 2c)。这些结果均支持湖南天平山种群为宜章臭蛙。

天平山种群与宜章臭蛙已知种群间的遗传距离为 0.002 0 ~ 0.008 1, 远小于宜章臭蛙与其近缘种龙胜臭蛙之间的遗传距离 (0.035 2 ~ 0.043 9) (表 3)。这也支持湖南天平山种群为宜章臭蛙。宜章臭蛙不同地理种群之间的遗传距离范围为 0 ~ 0.010 1, 平均遗传距离为 0.005 3。

2.3 生境和习性

目前, 宜章臭蛙在湖南桑植天平山仅有一处有发现, 位于海拔 1 370 m 的溪流。该溪流两岸是灌木、乔木林, 比较茂密。在 6 月 20 日前后的考察期间, 见到该种蛙抱对活动于溪流断崖壁上 (图 1c)。这提示 6 月中下旬尚处于该物种繁殖期。该蛙可见于山溪岸边石头上、溪边长有苔藓的崖壁上或其灌草枝上 (图 1d)。

3 讨论

宜章臭蛙目前已知分布于湖南宜章 (费梁等 2007, 费冬波 2010)、湖北五峰 (戴宗兴等 2008)、广东南岭 (杨剑焕等 2011)、江西井冈山 (杨剑焕等 2013)、重庆南川 (朱艳军等 2015) 和贵州梵净山 (李仕泽等 2016)。本文调查发现地湖南天平山为其一新分布点。湖南天平山位于宜章臭蛙已知分布区的中间偏西北位置, 它是连接其他分布点的中间地点。

我们在湖南桑植县天平山调查发现宜章臭蛙在 6 月中下旬有抱对繁殖, 与费梁等 (2009) 记载模式产地繁殖期可能为 6 至 7 月份 (1975 的观测) 相近。费冬波 (2010) 报道在野外观测模式产地宜章臭蛙 3 个时期 (2009 年 7 月 25 日至 8 月 5 日、8 月 26 日至 9 月 5 日、10 月 19 至 24 日) 之中, 分别发现成蛙 48 只 (40 雄、8 雌)、3 只 (2 雄、1 雌) 和 0 只, 这表明该物种在观测期内的主要活动期为 7 月下旬到 8 月初, 提示观测期内的繁殖期是 7 至 8 月 (原文推测为 7 至 9 月欠妥)。综合前述 2 处 3 次的观测, 推测宜章臭蛙的繁殖期是 6 至 8 月, 7 月可能是高峰期。

在宜章臭蛙已知分布区的山系或地理单元中, 包括大娄山北部、贵州高原东侧、武陵山东北天平山、南岭和井冈山, 它们中间分布着很多明显的地理屏障, 如乌江、长江、贵州高

表 3 基于 16S rRNA 基因序列的不同单元间的 Kimura 双参数遗传距离

Table 3 Genetic distance among taxa based on the 16S rRNA gene sequences using Kimura-2-parameter model

物种 Species	采集地 Locality	遗传距离 Genetic distance						
		1	2	3	4	5	6	7
	1 天平山 Mt. Tianping							
	2 宜章 Yizhang	0.006 7						
宜章臭蛙 <i>Odorrana yizhangensis</i>	3 南岭 Nanling	0.008 1	0.001 3					
	4 井冈山 Mt. Jinggang	0.006 0	0.008 7	0.010 1				
	5 梵净山 Mt. Fanjing	0.002 0	0.004 7	0.006 0	0.004 0			
	6 南川 Nanchuan	0.002 0	0.004 7	0.006 0	0.004 0	0.000 0		
龙胜臭蛙 <i>O. lungshengensis</i>	7 龙胜 Longsheng	0.035 2	0.042 4	0.043 9	0.037 4	0.037 4	0.037 4	
安龙臭蛙 <i>O. anlungensis</i>	8 安龙 Anlong	0.061 2	0.059 7	0.061 2	0.058 9	0.058 9	0.058 9	0.048 0

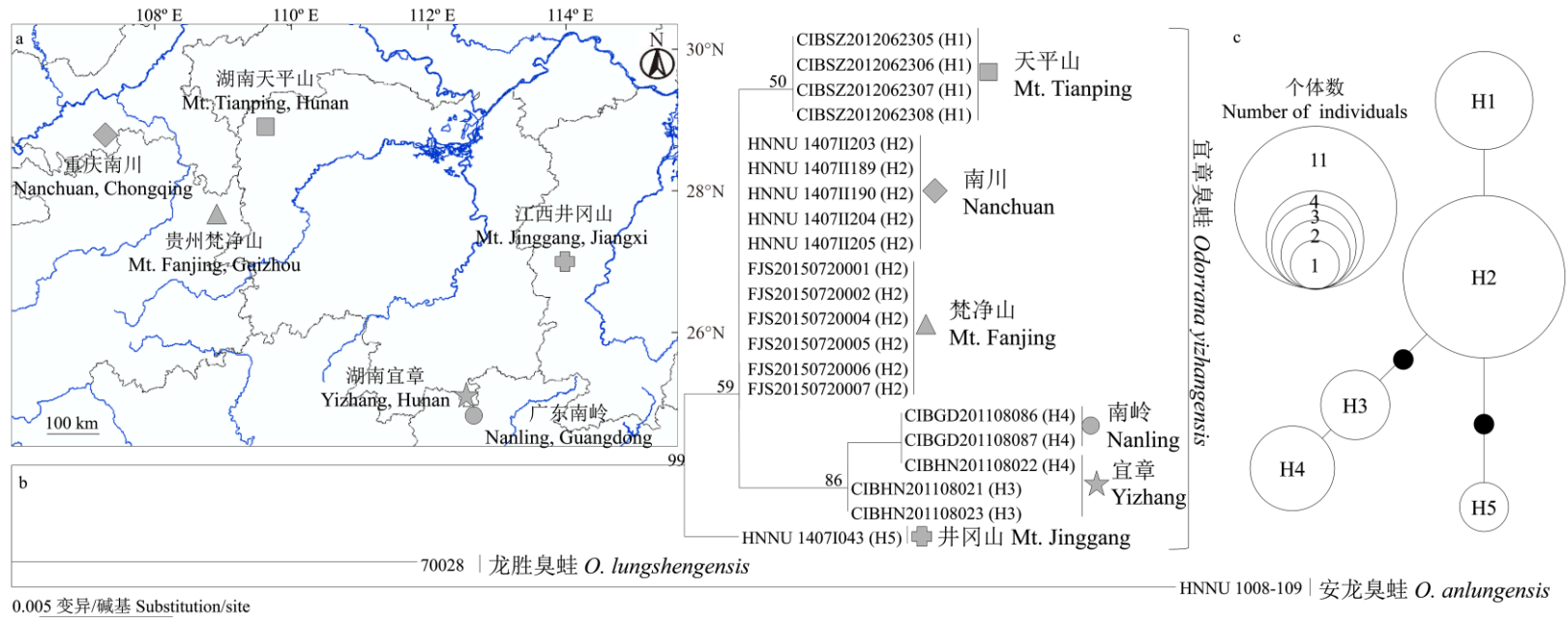


图 2 基于 16S rRNA 基因序列的宜章臭蛙种内系统发育关系

Fig. 2 Phylogenetic relationships within *Odorrana yizhangensis* based on 16S rRNA gene sequences

a. 本文所使用宜章臭蛙采样点；b. 最大似然树；c. 单倍型网络图。最大似然树中枝上的数字代表重抽样支持率。H1 ~ H5 是宜章臭蛙所有样品中识别的 5 个单倍型。一个黑点为一个连接突变或一个缺失单倍型。

a. Sampling localities; b. Maximum likelihood tree; c. Haplotype network. On ML tree, numbers beside nodes indicate bootstrap values. Haplotypes (H1- H5) were identified for all *O. yizhangensis* samples. One black point is one median substitution or one missing haplotype.

原、雪峰山等, 这些地理屏障很可能阻碍了宜章臭蛙不同地理种群之间的交流。本文的分析结果印证了这一点, 即宜章臭蛙不同地理种群间已经表现出较为明显的分化, 且距离越远的种群则分化越大, 如湖南天平山种群与南岭种群、宜章种群及井冈山种群之间的遗传距离(分别为 0.006 7、0.008 1、0.006 0) 大于湖南天平山种群与距离较近的南川和梵净山种群之间的遗传距离(均为 0.002 0), 即为距离效应; 同时, 也有隔离效应的存在, 如井冈山种群尽管与宜章种群和南岭种群在地理上较近, 但遗传距离却较大(分别为 0.087、0.010 1)。

总之, 目前来看, 形态及遗传观测分析结果均提示宜章臭蛙湖南天平山种群与地理上相距较远的模式产地宜章种群出现较明显的差异。而这些差异形成的过程和机制有待进一步研究。

封面动物 抱对的宜章臭蛙, 2012 年 6 月 12 日, 江建平摄于湖南桑植县天平山山溪内。

参 考 文 献

- Chen X H, Chen Z, Jiang J P, et al. 2013. Molecular phylogeny and diversification of the genus *Odorrana* (Amphibia, Anura, Ranidae) inferred from two mitochondrial genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69(3): 1196–1202.
- Clement M, Posada D, Crandall K A. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology*, 9(10): 1657–1659.
- David P. 2008. jModelTest: jModeltest Phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and Evolution*, 25(7): 1253–1256.
- Guindon S, Gascuel O. 2003. A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. *Systematic Biology*, 52(5): 696–704.
- Simon C, Frari F, Beckenbaeh A, et al. 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and compilation of conserved polymerase chain reaction primer. *Annals of the Entomological Society of America*, 87(6): 651–701.
- Tamura K, Stecher G, Peterson D, et al. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30(12): 2725–2729.
- Thompson J D, Gibson T J, Plewniak F, et al. 1997. The Clustal X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research*, 25(24): 4876–4882.
- 戴宗兴, 王美芳, 唐登奎, 等. 2008. 湖北省两栖类两新纪录. *动物学杂志*, 43(1): 153–154.
- 费冬波. 2010. 湖南莽山国家级自然保护区宜章臭蛙与花臭蛙繁殖期的生境选择与种群动态研究. 长沙: 中南林业科技大学硕士学位论文.
- 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 2009. 中国动物志: 两栖纲(下卷)无尾目蛙科. 北京: 科学出版社, 960–1847.
- 费梁, 叶昌媛, 江建平. 2007. 中国蛙科一新种(两栖纲, 无尾目). *动物分类学报*, 32(4): 989–992.
- 费梁, 叶昌媛, 江建平. 2012. 中国两栖动物及其分布彩色图鉴. 成都: 四川科学技术出版社, 1–619.
- 李仕泽, 石磊, 吕敬才, 等. 2016. 贵州省两栖动物新纪录——宜章臭蛙及其系统发育分析. *动物学杂志*, 51(6): 1110–1117.
- 杨剑焕, 洪元华, 赵健, 等. 2013. 5 种江西省两栖动物新纪录. *动物学杂志*, 48(1): 129–133.
- 杨剑焕, 李韵, 张天度, 等. 2011. 3 种广东省两栖爬行动物新纪录. *动物学杂志*, 46(1): 124–127.
- 朱艳军, 陈卓, 常利明, 等. 2015. 重庆市发现宜章臭蛙. *动物学杂志*, 50(6): 969–973.