

丽水树蛙产卵地微生境特征研究

周建青¹, 刘宝权², 周林明¹, 陈丽花¹, 熊艳云³, 许济南²

(1. 景宁畲族自治县生态林业发展中心, 浙江 景宁 323599; 2. 浙江省森林资源监测中心, 浙江 杭州 310020;
3. 钱江源-百山祖国家公园庆元保护中心, 浙江 庆元 323800)

摘要: 丽水树蛙 *Zhangixalus lishuiensis* 为中国浙江省特有种。2022年3—5月, 在丽水市景宁望东垵省级自然保护区对其繁殖生境进行了研究, 使用样方法共测量28个样方, 记录了水温、水体pH、植被类型等13个生境因子, 通过分析丽水树蛙的生境喜好。结果表明: 丽水树蛙倾向于在草或者苔藓下挖洞产卵, 邻近清澈、含氧量较低、中等水深的碱性水体, 且避开水温较高的地方; 水体因子和植被因子是影响丽水树蛙生境利用的主要因素。建议加强丽水树蛙繁殖生态学研究, 实施栖息地保护和修复措施。

关键词: 繁殖生境特征; 丽水树蛙; 无尾类

中图分类号: S718.62

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776(2024)05-0117-06

Characterization of the Microhabitat of the Spawning Site of *Zhangixalus lishuiensis*

ZHOU Jianqing¹, LIU Baoquan², ZHOU Lin ming¹, CHEN Li hua¹, XIONG Yanyun³, XU Jinan²

(1. Ecological Forestry Development Center of Jingning She Autonomous County, Jingning, Zhejiang 323599, China;

2. Zhejiang Forest Resources Monitoring Center, Hangzhou, Zhejiang 310020, China; 3. Qingyuan Conservation Center, Qianjiangyuan-Baishanzu National Park, Qinyuan 323800)

Abstract: Breeding The Lishui Tree Frog (*Zhangixalus lishuiensis*) is an endemic species to Zhejiang Province, China. From March to May 2022, a study on its breeding habitat was conducted in the Wangdongyang Provincial Nature Reserve in Jingning, Lishui. A total of 28 sample plots were measured using a sampling method, recording 13 habitat factors, including water temperature, water pH, and vegetation type, to analyze the habitat preferences of *Z. lishuiensis*. The results showed that *Z. lishuiensis* tends to dig burrows under grass/moss to lay eggs near clear, oxygen-poor, moderately deep alkaline water bodies, and avoids areas with higher water temperatures. Water body factors and vegetation factors are the main factors influencing the habitat use of *Z. lishuiensis*. It is recommended to strengthen research on the breeding ecology of *Z. lishuiensis* and implement habitat protection and restoration measures.

Key words: breeding habitat characteristics; *Zhangixalus lishuiensis*; anurans

两栖动物以其独特的生理特征具有高度的生境依赖性, 并且自身迁移能力有限, 对植被盖度、环境温湿度、离水源距离等生境因子非常敏感。因此, 适宜的环境条件对两栖动物的生存、繁殖和种群动态稳定至关重要^[1-2]。繁殖场的隐蔽度、植被组成和水文等因素是影响两栖类繁育的关键因素^[3-5]。陆地生境是影响两栖类栖息繁殖的重要因素之一。两栖类在选择繁殖场时也对水体环境具有一定的偏好, 雌性倾向于选择在捕食者较少、食物可

收稿日期: 2024-03-28; 修回日期: 2024-07-15

基金项目: 丽水树蛙种群监测及生态遗传学项目(11N68311038X20232402)

作者简介: 周建青, 高级工程师, 从事森林湿地生物多样性保护研究与林业技术推广; E-mail: jnzjq@163.com。通信作者: 刘宝权, 正高级工程师, 从事脊椎动物分类与资源调查研究; E-mail: zjhzlbq@126.com。

获得性较大、水环境干涸风险较低、热环境和化学特征适宜的池塘中产卵，从而提高其幼体的存活率或生长率^[6-7]。

丽水树蛙 *Zhangixalus lishuiensis* 隶属于无尾目 Anura 树蛙科 Rhacophoridae 张树蛙属 *Zhangixalus*，为浙江省特有两栖动物，种群数量稀少^[8]。目前，该物种繁殖生态学方面的研究未见报道。本研究于 2022 年 3—5 月在丽水市景宁县对丽水树蛙的繁殖场进行了监测，以期探究该物种的繁殖生态特征，为两栖类的保护提供基础资料。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

丽水市为浙江省辖地级市，位于长江三角洲地区，浙江省西南部，介于 27°25'~28°57'N，118°41'~120°26'E 之间。地势以中山、丘陵地貌为主，由西南向东北倾斜，属亚热带季风气候，年平均气温为 18.2~19.6℃，年降水量为 1 310~1 971 mm。丽水市已知野生动物有 2 838 种，其中脊椎动物有 38 目 145 科 725 种，昆虫类有 20 目 200 科 2 113 种。国家重点保护野生动物有野生动物 725 种^[9]。根据丽水树蛙繁殖期的生活习性，本研究选取对丽水市景宁县望东垟省级自然保护区(27.679 6°N，119.636 9°E，海拔 1 317 m)的丽水树蛙繁殖场进行调查。

1.2 研究方法

2022 年 3—5 月，采用样方法在发现有卵团的地点，设置 1 m×1 m 的样方^[10]，共 28 个样方。繁殖场生境因子的划分测定参照此前有关两栖动物繁殖生境的研究方法^[11-12]，选取陆地和水体两类因子，共测量并记录样方内的 13 种生境因子(表 1)，同时测量卵团的大小等。此外，本研究还计算了丽水树蛙对不同生境因子的喜好系数 P ^[13]。其计算公式为： $P = (o - e) / (o + e)$ ， P 为丽水树蛙对不同生境因子的喜好系数， o 为观察值， e 为期望值。 P 的取值范围为 $-1 \leq P \leq 1$ ，其中， $-1 < P < 0$ 表示不选择(NS)， P 接近 0 表示随机选择(RS)， $0 < P < 1$ 表示选择(S)。采用主成分分析法(Principal Components Analysis, PCA)，对上述 13 种生境因子中的 8 种实测型变量进行分析，以期找出影响丽水树蛙产卵地微生境利用的主要因子。所有数据的分析均在 R^[14] 软件中进行。

表 1 丽水树蛙产卵地生境利用调查因子及测量方法

Tab. 1 Investigation factors and measurement methods of habitat selection in spawning sites of *Z. lishuiensis*

生境因子	描述
卵位置	描述性，根据样方内卵团所在位置进行划分 3种类型：岸边、陆地、田埂、草
植被类型	描述性，根据样方内植被种类进行划分 3种类型：草、泥草、苔藓/草
植被高度/cm	实测值，用钢卷尺测量样方内植被的高度，测量4次取平均值 4个等级：0~10、11~20、21~30、>30
卵团与水面坡度/(°)	实测值，根据样方整体地形坡度情况，用坡度测量工具测量卵团所在位置与水面的坡度 3个等级：60~70、71~80、81~90
离水距离/cm	实测值，卵团距离水体的距离，用钢卷尺测量 3种类型：草泥、苔藓、苔藓/草
卵粒支撑物	描述性，根据卵粒下方支撑的植被种类进行划分 3个等级：2~4、5~6、7~9
卵粒覆盖物	描述性，根据卵粒上方覆盖的植被种类进行划分 3种类型：草泥、苔藓、苔藓/草
水体类型	描述性，根据样方内的水体利用情况进行划分 3种类型：荒田、湿地、水田
水深/cm	实测值，用钢卷尺测量距离样方中心最近水体深度，测量4次取平均值 3个等级：0~20、21~40、41~60
水体pH	实测值，用便携式PH仪测定样方水体的酸碱度 4个等级：6.5~7.0、7.1~7.5、7.6~8.0、8.0~8.5

表 1 (续)

生境因子	描述
水TDS/ppm	实测值, 使用家贝A70测量水TDS值 2个等级: >10、≤10
水温/℃	实测值, 用温度计测定样方水体的温度, 测量4次取平均值 4个等级: 15.1~15.5、15.5~16.0、16.1~16.5、16.6~17.0
氧含量/%	实测值, 使用AR8406溶氧仪测量含氧量 4个等级: 66~70、71~75、76~80、81~85

2 结果与分析

2.1 繁殖生境特征

丽水树蛙生活在海拔 1 000 m 左右的高山湿地及农田, 植被为常绿阔叶林。成蛙常栖息在藻类和腐殖质丰富的湿地或农田附近, 多在腐殖土或草丛、苔藓下掘洞筑巢。雄蛙会隐匿在巢穴中, 在黄昏至第二天清晨时段内鸣叫求偶。丽水树蛙的受精卵会被一团白色的泡沫包裹(图 1), 卵团大小约为 12 mm×8 mm×8 mm, 呈不规则状, 几乎填满了整个巢穴。繁殖场样方内的植被平均高度为(16.75±12.55) cm, 多为水草。卵团所在位置与水面的平均坡度为(84.96±7.84)°, 卵团距离水体的平均距离为(4.89±1.57) cm, 平均水深为(29.57±10.74) cm, 水体 pH 值平均在 7.58±0.21, 水体 TDS 平均为(4.57±0.92) ppm, 平均水温为(15.99±0.54) °C, 平均氧含量为 73.18%±3.92%(表 2)。未发现卵团被捕食的情况。



注: A—荒地; B—水田; C-D—卵团。

图 1 丽水树蛙繁殖生境和卵团

Fig. 1 Breeding habitats and egg masses of *Z. lishuiensis*.

表 2 丽水树蛙产卵地生境因子描述性统计

Tab. 2 Descriptive statistics of habitat factors in spawning grounds of *Z. lishuiensis*

生境因子	平均值	标准差	中位数	最小值	最大值
植被高度/cm	16.75	12.55	15.00	5.00	60.00
卵团与水面坡度/(°)	84.96	7.84	90.00	65.00	90.00
离水距离/cm	4.89	1.57	5.00	2.00	9.00

表 2 (续)

生境因子	平均值	标准差	中位数	最小值	最大值
水深/cm	29.57	10.74	30.00	14.00	56.00
水体pH	7.58	0.21	7.59	6.89	8.01
水TDS/ppm	4.57	0.92	4.00	4.00	6.00
水温/°C	15.99	0.54	15.90	15.30	16.80
氧含量/%	73.18	3.92	73.25	66.80	82.30

2.2 产卵地微生境特征

丽水树蛙喜好的产卵地生态因子类型如下(表3): 卵位置主要为陆地($P=0.3412$), 植被类型主要为苔藓或草($P=0.3636$), 植被高度主要为 0~10 cm($P=0.1765$)和 11~20 cm($P=0.2222$), 卵团与水面坡度主要为 81°~90°($P=0.3846$), 卵团与水体的最近距离主要为 5~6 cm($P=0.2000$), 卵粒支撑物主要为苔藓($P=0.1250$)和苔藓/草($P=0.2222$), 卵粒覆盖物无偏向性, 水深主要为 21~40 cm($P=0.3636$), 水体 pH 主要为 7.6~8.0 ($P=0.4815$), 导电率主要为 $\leq 10 \text{ us}\cdot\text{cm}^{-1}$ ($P=0.1765$), 水 TDS 主要为 $\leq 5 \text{ ppm}$ ($P=0.1765$), 氧含量主要为 66%~70%($P=0.2222$)和 71%~75%($P=0.2222$), 其中, 丽水树蛙回避水温较高(16.6~17.0 °C, $P=-0.1667$), 同时避开在水田($P=-0.1429$)内产卵。

表 3 丽水树蛙产卵地生境偏好
Tab. 3 Habitat preference of spawning grounds of *Z. lishuiensis*

生境因子	类型	出现频次/次	比率	喜好系数	喜好
卵位置	岸边	1	0.0357	-0.8065	NS
	陆地	19	0.6786	0.3412	S
	田埂	8	0.2857	-0.0769	RS
植被类型	草	7	0.2500	-0.1429	NS
	泥草	1	0.0357	-0.8065	NS
	苔藓/草	20	0.7143	0.3636	S
植被高度	0~10cm	10	0.3571	0.1765	S
	11~20cm	11	0.3929	0.2222	S
	21~30cm	5	0.1786	-0.1667	NS
	>30cm	2	0.0714	-0.5556	NS
卵团与水面坡度	60~70°	3	0.1071	-0.5135	NS
	71~80°	4	0.1429	-0.4000	NS
	81~90°	21	0.7500	0.3846	S
卵团与水最近距离	2~4cm	11	0.3929	0.0820	RS
	5~6cm	14	0.5000	0.2000	S
	7~9cm	3	0.1071	-0.5135	NS
卵粒支撑物	草	1	0.0357	-0.7500	NS
	草/泥	7	0.2500	0.0000	RS
	苔藓	9	0.3214	0.1250	S
	苔藓/草	11	0.3929	0.2222	S
卵粒覆盖物	草泥	8	0.2857	-0.0769	RS
	苔藓	9	0.3214	-0.0182	RS
	苔藓/草	11	0.3929	0.0820	RS
水体类型	荒田	11	0.3929	0.0820	RS
	湿地	10	0.3571	0.0345	RS
	水田	7	0.2500	-0.1429	NS
水深	0~20cm	8	0.2857	0.1765	RS
	21~40cm	16	0.5714	0.3636	S
	41~60cm	4	0.1429	-0.1667	NS

表 3 (续)

生境因子	类型	出现频次/次	比率	喜好系数	喜好
水体pH	6.5 ~ 7.0	1	0.035 7	-0.750 0	NS
	7.1 ~ 7.5	6	0.214 3	-0.076 9	RS
	7.6 ~ 8.0	20	0.714 3	0.481 5	S
	8.0 ~ 8.5	1	0.035 7	-0.750 0	NS
导电率	>10 us·cm ⁻¹	8	0.285 7	-0.272 7	NS
	≤10 us·cm ⁻¹	20	0.714 3	0.176 5	S
水体TDS	>5 ppm	8	0.285 7	-0.272 7	NS
	≤5 ppm	20	0.714 3	0.176 5	S
水温	15.1 ~ 15.5℃	8	0.285 7	0.066 7	RS
	15.5 ~ 16.0℃	8	0.285 7	0.066 7	RS
	16.1 ~ 16.5℃	7	0.250 0	0.000 0	RS
	16.6 ~ 17.0℃	5	0.178 6	-0.166 7	NS
氧含量	66% ~ 70%	11	0.392 9	0.222 2	S
	71% ~ 75%	11	0.392 9	0.222 2	S
	76% ~ 80%	5	0.178 6	-0.166 7	NS
	81% ~ 85%	1	0.035 7	-0.750 0	NS

2.3 主要影响因子

主成分分析(PCA)结果(表 4)表明: 前 2 个主成分的累计贡献率达 90.9%, 可较全面地反映丽水树蛙生境因子的基本情况。第 1 主成分的贡献率为 82.7%, 载荷系数较大的因子有水体 TDS、卵团与水面坡度; 第 2 主成分的贡献率为 8.2%, 载荷系数较大的因子为植被高度、离水距离、水体 pH。

表 4 丽水树蛙产卵地主成分分析的因子载荷值

Tab. 4 Factor load values for analysis of main composition of spawning land of *Z. lishuiensis*

生境因子	第1主成分	第2主成分
植被高度	0.299 9	-0.416 0
卵团与水面坡度	0.439 6	-0.133 3
离水距离	-0.298 4	-0.601 6
水深	-0.355 3	-0.016 7
水体pH	0.242 5	0.472 9
水体TDS	-0.484 1	0.125 8
水温	0.424 5	-0.275 1
氧含量	0.167 8	0.363 1

3 讨论与结论

对繁殖场特征的研究是物种保护的基础^[15]。不同生境因子对动物的作用不同, 丽水树蛙的胚胎及蝌蚪发育不仅需要合适的陆地环境, 还需要良好的水体条件。本研究发现丽水树蛙与同属其他蛙类有着特殊的繁殖方式^[16], 都产生包裹卵的泡沫, 但相对于同属其他物种, 丽水树蛙繁殖场所的生境较为单一, 对陆生繁殖环境的湿度要求较高, 例如同域分布的大树蛙 *Zhangixalus dennysi* 的卵团不仅产于田埂或水坑壁上, 还会产在灌丛或树的枝叶上^[17], 而丽水树蛙仅在苔藓或草下挖洞产卵, 可能草或苔藓下的土壤较为疏松, 易于挖掘。同时, 卵团下为苔藓和苔藓或草, 也许能起到一定的保温保湿效果, 易于胚胎的发育^[18]。

影响丽水树蛙繁殖期生境利用的另一个因素是水体环境。丽水树蛙喜好将卵团产在 TDS≤5(P=0.176 5)的水体, 并且避开了水温较高的地方, 可能由于水质清澈以及温度较低的水体不易使卵团感染真菌等^[19]。卵团邻近于中等水深(21 ~ 40 cm)的水体, 既可保证孵化后的蝌蚪进入水体继续完成发育, 也可以保证在卵团孵化之前不易被水淹没。卵团邻近的水体呈弱碱性(pH 7.6 ~ 8), 可能因为强碱性水体对两栖类幼体发育有害^[20]。

丽水树蛙会避开在水田内产卵, 该生境人为干扰程度均较强, 主要干扰因素为农业活动。由于丽水树蛙的种群数量较少, 亟需科研人员深入开展相关研究, 提出更具针对性的保护措施。

参考文献

- [1] MOUSSEAU TA, FOX CW. The adaptive significance of maternal effects[J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 1998, 13: 403 – 407.
- [2] WILEN BO, FRAYER WE. Status and trends of the US wetlands and deepwater habitats[J]. *Forest Ecology and Management*, 1990, 33: 181 – 192.
- [3] BABBITT KJ, TANNER GW. Use of temporary wetlands by anurans in a hydrologically modified landscape[J]. *Wetlands*, 2000, 20: 313 – 322.
- [4] SKELLY DK, GOLON J. Assimilation of natural benthic substrates by two species of tadpoles[J]. *Herpetologica*, 2003, 59: 37 – 42.
- [5] FICETOLA GF, MARZIALI L, ROSSARO B, et al. Landscape-stream interactions and habitat conservation for amphibians[J]. *Ecological applications*, 2011, 21: 1272 – 1282.
- [6] FICETOLA GF, DE BERNARDI F. Amphibians in a human-dominated landscape: the community structure is related to habitat features and isolation[J]. *Biological conservation*, 2004, 119: 219 – 230.
- [7] RUDOLF V H W, RODEL M O. Oviposition site selection in a complex and variable environment: the role of habitat quality and conspecific cues[J]. *Oecologia*, 2005, 142: 316 – 325.
- [8] 刘宝权, 王聿凡, 蒋珂, 等. 中国浙江发现树蛙属一新种(两栖纲: 树蛙科)[J]. *动物学杂志*, 2017, 52: 361 – 372.
- [9] 丽水年鉴 2021·总述——自然气候. 丽水史志网.
- [10] 李世森, 王宇, 邵晨, 等. 虎纹蛙(*Hoplobatra chuschinensis*)繁殖后期的生境特征及生境选择[J]. *生态学杂志*, 2014, 33: 3018 – 3025.
- [11] 罗玉梅, 朴正吉, 王卓聪, 等. 长白山两栖类繁殖期路域水生境选择性分析[J]. *四川动物*, 2015, 34: 559 – 564.
- [12] 陈继军, 潘成坤, 王英, 等. 雷山髭蟾生态初步观察[J]. *动物学杂志*, 2017, 52: 668 – 674.
- [13] 夏昕, 李媛, 杨道德, 等. 寒露林蛙繁殖期生境特征及影响其生境选择的主要因子[J]. *生态学杂志*, 2022, 41: 1740 – 1745.
- [14] R CORE TEAM (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [15] 颜忠诚, 陈永林. 动物的生境选择[J]. *生态学杂志*, 1998, 17: 43 – 49.
- [16] TROCHET A, MOULHERAT S, CALVEZ O, et al. A database of life-history traits of European amphibians[J]. *Biodiversity Data Journal*, 2014, 30: e4123.
- [17] 陈猷慧, 邓学健, 赵爱民. 大树蛙繁殖生态的研究[J]. *生态学报*, 1986, 6: 178 – 185.
- [18] KUSANO T, SAKAI A, HATANAKA S. Ecological functions of the foam nests of the Japanese treefrog, *Rhacophorus arboreus* (Amphibia, Rhacophoridae)[J]. *The Herpetological Journal*, 2006, 16: 163 – 169.
- [19] SCHEELE BC, PASMANS F, SKERRATT LF, et al. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity[J]. *Science*, 2019, 363: 1459 – 1463.
- [20] FOMINYKH AS. An experimental study on the effect of alkaline water pH on the dynamics of amphibian larval development[J]. *Russian Journal of Ecology*, 2008, 39: 145 – 147.