

湘西北红点齿蟾的洞穴生活及其 蝌蚪生长发育特点

沈猷慧¹, 谷 祺², 谷志容², 毛海英²

(1. 湖南师范大学 生命科学学院, 中国湖南 长沙 410081; 2. 八大公山国家级自然保护区管理处, 中国湖南 桑植 427100)

摘 要: 红点齿蟾 *Oreolalax rhodostigmatus* Hu et Fei, 1979 (无尾目, 角蟾科) 是中国特有种, 也是当今世界上两栖纲中稀有的几种洞穴无尾目 Anura 动物之一, 主要分布在我国武陵山地区。研究了湘西北地区不同产地的红点齿蟾在形态结构、繁殖期等方面的差异; 并依据繁殖期、采集日期、发育阶段、变态和全长、体长等基本素材创建了年龄组测算法测算年龄; 着重报导了洞穴环境的特点以及红点齿蟾蝌蚪的生长发育特征和它们在洞穴中生活适应的意义。

关键词: 中国湖南; 红点齿蟾; 洞穴环境

中图分类号: Q954.3; Q16

文献标识码: A

文章编号: 1007-7847(2014)06-0494-06

O. rhodostigmatus in the North-western Hunan Province: The Cave Life and the Characteristics of the Growth and Development of Its Tadpoles

SHEN You-hui¹, GU Qi², GU Zhi-rong², MAO Hai-ying²

(1. College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, Hunan, China; 2. The Administration Office of the National Nature Reservation in Badagong Mountain, Sangzhi 427100, Hunan, China)

Abstract: *Oreolalax rhodostigmatus* Hu et Fei 1979 is an endemic species which mainly distributes in the Wuling Mountain area in China. This species is also one of the several rare cave frogs of Amphibia, Anura in the world today. The present investigation focused upon the differences of the adults which live in the different areas in northwest Hunan province in morphology, breeding season and so on. A novel method was developed to deduce the age of the tadpole groups according to the dates of breeding, development and collection, and body length. Moreover, this study addresses the characteristics of environment in the caves where the tadpoles live and the characteristics of the growth and development of the tadpole, and also discusses the biological significance of the adaptation for this species to the life in cave.

Key words: Hunan province in China; *Oreolalax rhodostigmatus*; cave environment.

(*Life Science Research*, 2014, 18(6): 494~499)

红点齿蟾 *Oreolalax rhodostigmatus* Hu et Fei, 1979 (无尾目, 角蟾科) 是中国的特有种, 是珍稀洞穴蟾类之一。刘承钊等^[1, 2]、胡淑琴^[3]、费梁等^[4-6]研究、报导了蝌蚪及其成体的形态特征, 记载了蝌蚪习性等, 并确立为新种。洞穴动物是指生活于洞穴或地下河环境的所有动物, 洞穴环境的特点是没有阳光、湿度较大、温度较恒定。长期生活

在洞穴中的动物, 适应这种封闭的环境系统, 它们的感光器官退化, 触觉器官较发达; 皮肤色素细胞退化呈透明或半透明状; 新陈代谢较缓慢等^[7-9]。一般认为洞穴动物是由地表动物转化而来, 洞穴动物的发生和变化是长期过程, 不同动物的变化不会完全一样, 也不会完全同步, 它们的特化程度多种多样的。这就需要更多地了解洞穴动物退

收稿日期: 2014-04-18; 修回日期: 2014-07-22

作者简介: 沈猷慧(1932-), 男, 江西赣县人, 湖南师范大学教授, 主要从事脊椎动物学分类、生态学研究, E-mail: bioyhs@163.com。

行演变和对特殊环境的适应。本研究以湘西北武陵山区沅陵县火场乡无缘洞、张家界市永定区岩排尖和桑植县天平山吊水眼的红点齿蟾为研究对象(图 1), 研究其形态结构差异、繁殖期, 创建了年龄组测定年龄法, 着重报道蝌蚪的生长发育和洞穴生活的环境特点等, 并讨论它们洞穴生活的适应意义。希望更多学者关注洞穴两栖动物, 促进有关学科研究发展, 使这些珍稀动物得到更好的保护。



图 1 红点齿蟾 *Oreolalax rhodostigmatus* 在湘西北的分布示意图

Fig.1 Map illustration of the distribution areas of *O. rhodostigmatus* in north-western Hunan province

1 材料与方法

1.1 材料

2008年7月谷祺在桑植县八大公山保护区吊水眼(N 29°48'45", E 110°10'30")采到红点齿蟾青年个体 1♂, HNUL 08071703 (图 2A), 成体 2♀, HNUL 08071901 和 HNUL 08071902 (图 2B~D)。沈猷慧^[10]于 1994年4月在张家界市永定区岩排尖(N 29°05'08", E 110°35'05"), 2002年5月在龙山县飞虎洞、2006年11月在沅陵县火场乡下寨村无缘洞(N 28°58'45", E 110°30'56")等处共采集红点齿蟾蝌蚪 29条; 还采有尤山县犀牛洞的红点齿蟾蝌蚪标本 1条。这些标本保存在湖南师范大学生命科学学院动物标本馆和湖南省桑植县八大公山国家级自然保护区标本室。

1.2 研究方法

按常规采集、记录、拍照。依照《中国动物志两栖纲》^[9]标准对标本进行测量, 测量工具为游标卡尺, 精度为 0.02 mm, 数据记录精确度为 0.1 mm。采用奥林巴斯(Olympus)双筒体视显微镜检测蝌蚪, 解剖观察性腺发育、鉴别性别及推测繁殖期。

由于红点齿蟾特殊的繁殖习性以及产卵场的特定环境, 要直接观察记录其蝌蚪的生长、发育

到变态全过程是十分困难的, 因此我们创立了“年龄组测算蝌蚪生长发育年龄方法”, 其原理和方法如下。

1.2.1 原理

根据作者观察分析以及刘承钊等^[11, 12]、胡淑琴等^[9]、费梁等^[14, 15]报导的理论推断: 在同一时间、同一地点可以见到同一种群的不同发育阶段的红点齿蟾蝌蚪, 说明它们有多个年龄组。成熟的两栖动物每年都可能繁殖, 一般每年繁殖一次, 同种群的蝌蚪发育大致是同步的。若蝌蚪发育到变态登陆需要多年, 就可同时看到该种多个发育阶段的蝌蚪, 同一时期有 n 个阶段, 则可能需要 n 个年度才能完成变态。利用这一规律可以测算该种蝌蚪从受精卵到完成变态的时间和特点。

1.2.2 蝌蚪的生长发育的测算依据

1) 已在 4、7、11 月采集到 3 批不同季节、不同大小的蝌蚪, 它们明显分为 3 个年龄组。但同一时间、同一地点只可见到 2 个年龄组, 因繁殖期是在 8 月之后 (包括 8 月), 变态是在 7 月之前 (包括 7 月) 完成, 两者不重叠; 2) 精确的记录和标准的测量; 3) 根据解剖观察雌体的性腺发育和历史记录, 已取得较可靠的繁殖和变态的时期; 4) 无尾目蝌蚪发育过程已很清楚^[11], 且已有分期标准^[12]; 5) 在湘西北红点齿蟾几个采集地 (蝌蚪生活的阴河中), 生存条件如气温、水温、水质和食物条件基本一致。这样就可以根据身体全长、体长, 发育阶段以及采集的日期等特点, 推算出蝌蚪的大致月龄, 用 Excer (2003) 文档制定它们的生长发育曲线表, 找出其生长发育的特点。

1.2.3 蝌蚪年龄组的划分方法

首先将繁殖期作为受精卵发育开始的日期, 采集日期作为蝌蚪的特定月龄段终止时间; 第二步以繁殖期为界初定年龄组: 即在繁殖期后某地采到两个年龄组的蝌蚪, 是当年和第 2 年的两组蝌蚪; 若在繁殖期前采到两个年龄组的蝌蚪则是第 2、3 年的两组蝌蚪; 第三步确定年龄组: 以 Gosner 的发育分期方法^[13]来表达该年龄组蝌蚪的发育阶段, 以及蝌蚪的全长、体长和完成变态登陆时期为标准, 区分是当年还是第 2 年蝌蚪, 或是第 2 年还是第 3 年蝌蚪; 第四步将确定年龄用繁殖期、采集期折算, 得出该组蝌蚪的月龄。

自然条件下红点齿蟾的生长发育: 因个体、环境条件、食物以及地域的差异, 它们的繁殖期、蝌蚪的生长发育时期等存在一定的变化幅度。例

如它们的变态登陆就可以在 5、6 月或 7 月^[9], 因此本文以“月龄”为单位来记载它们的生长发育时期, 结果报导如下。

2 结果

2.1 湘西北红点齿蟾的形态结构

2.1.1 蝌蚪的形态描述

蝌蚪(图 2E~H)的形态特点是皮肤透明、色素细胞不显、体型大而匀称(本文测量最大者全长可达 116.5 mm); 体高是头体长的 31.9%~37.8%, 体宽是头体长的 41.2%~51.7%, 尾长是头体长的 117.9%~146.5%, 尾高是头体长的 35.0%~39.9%; 吻端圆突, 鼻间距小于眼间距, 眼较小但明显、虹彩呈黑褐色; 头后部略隆起, 背脊中部凹入明显, 其两侧有 8~10 对隆起的肌节; 尾长、尾鳍起自第 7~8 对肌节间中线, 上尾鳍较平直, 尾末端略向上翘; 与其他地方产红点齿蟾蝌蚪相比: 出水管短、稍膨大、孔口小, 紧贴于体左侧中下部(图 2G)。蝌蚪的唇齿结构以 I : (1+1) : I : (7+7)/(8+8) : I 形式为主; 和其他地区同种蝌蚪一样角质颌缘有一列锯齿状突起, 全为黑褐色(图 2E、F)。

2.1.2 成体量度

红点齿蟾成体量度(mm): 体长(SVL) ♂ 49、♀ 69.5、♀ 71.5; 头长(HL) 17.7、25.4、25.6; 头宽(HW) 16.8、25.9、26.0; 吻长(SL) 7.3、10.6、10.7; 鼻间距(INS) 5.0、6.4、6.1; 眼间距(IES) 6.2、7.4、7.5; 眼径(ED) 6.2、9.2、9.3; 鼓膜(TD) 3.6、4.0、4.3; 前臂及手长(LAHL) 26.7、39.6、40.2; 后肢长(HLL) 62.9、96.5、96.4; 胫长(TL) 20.4、29.6、30.0; 足长(FL) 20.7、32.3、32.2。与其他地区的红点齿蟾相比, 成体头部稍高, 不甚扁宽(图 2A~D)。腋腺不在胸侧而接近腋窝, 形状不是正圆形或椭圆形, 有点像长方形, 橘红色稍扁平, 股腺椭圆形、较大, 位于股后靠外端(图 2C)。

2.2 生活的洞穴及繁殖资料

2.2.1 蝌蚪生活的洞穴环境

作者采集的所有红点齿蟾蝌蚪都是生活在溶洞中, 不同溶洞大小和形状不一, 距地面深度依山势而有区别。从洞口斜下入洞道, 洞道一般是与地表河面平行; 和一般溶洞相同洞口明亮, 入洞后不远变暗, 再深入是一片漆黑; 通常冬暖夏凉, 气温变化幅度不大。据在桑植县及相邻的石门县相似条件洞穴测量, 深处常年保持在 12~16 ℃ 左右, 即使盛夏也不超过 20 ℃。蝌蚪生活在流动

的阴河中, 但不是每个洞系都有分布, 在溶洞群中, 只有少数洞中存在; 在有分布的洞中, 也只是在该洞系的局部阴河中分布。它们栖息处距洞口远近不一, 如在吊水眼距洞口 30~40 m, 在黑暗地方有深潭; 又如在无缘洞内蝌蚪栖息在近千米处甚致更远的地方, 小溪为砾石底、水浅; 在阴河中蝌蚪喜栖于溪水较深的水叻中, 一般水深在 20~30 cm 左右, 水清澈, 无色无味。溶洞通风良好, 常不止一个洞口, 有的还与天坑底相通(如无缘洞、犀牛洞)。洞中曾见到有蝙蝠、螃蟹、蜘蛛等动物。

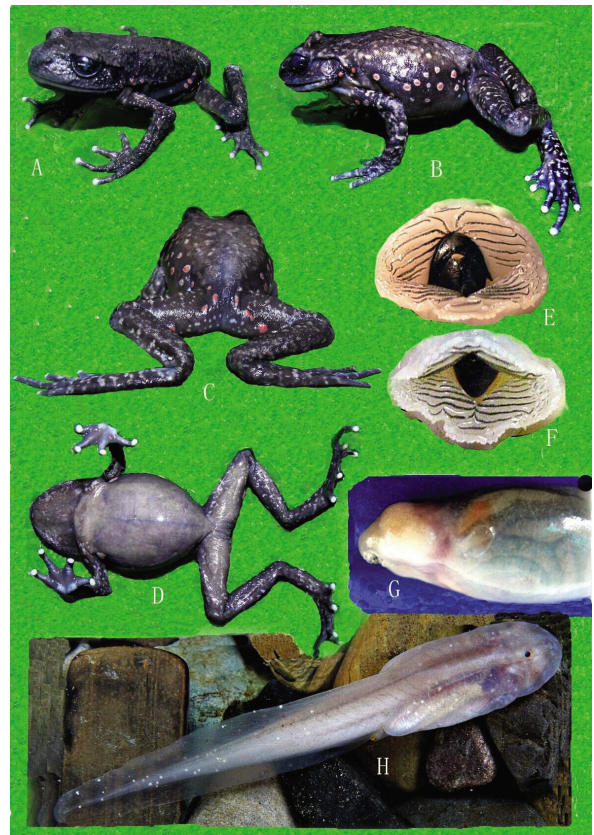


图 2 红点齿蟾的照片

(A) 青年个体 HNUL 08071703, ♂; (B)~(D) 成体 HNUL 08071901, ♀, 侧面观(B)、背后观(C)、腹面观(D); (E) 蝌蚪的口示上唇齿; (F) 蝌蚪的口示下唇齿; (G) 蝌蚪左侧示出水管; (H) 蝌蚪。

Fig.2 The color photograph of *Oreolalax rhodostigmatus* (A) Youth HNUL 08071703, ♂; (B)~(D) Adult HNUL 08071901, ♀, Lateral view (B), posterior view (C), Ventral view (D); (E) Mouth of tadpole to show Upper labial teeth; (F) Mouth of tadpole to show lower labial teeth; (G) Left ventral view of the tadpole body to show spiracular tubule; (H) Living tadpole.

2.2.2 红点齿蟾的繁殖资料

目前还没有见到直接观察的红点齿蟾繁殖记录。根据作者 2008 年 7 月 19 日在湖南省桑植县吊水眼采到 2 号雌体解剖观察: 卵较大、卵巢内

卵径为 2.3、2.5 mm, 呈淡黄色, 卵巢内卵发育一致, 均未产卵; 可以认为在年繁殖期内是一次性产卵类型; 左侧卵巢内约有卵 40 多枚。同时还有 2 只雄体(其中 1 只逃脱)和雌体们呆在一起, 解剖观察该雄性为青年个体(性腺尚未充分发育)。依据以上情况推测桑植县红点齿蟾的繁殖期在 7 月底到 8 月。

2.3 红点齿蟾蝌蚪的生长发育及和年龄组的划分

2.3.1 沅陵县无缘洞蝌蚪标本的年龄组特点及划分

2006 年 11 月初采集红点齿蟾蝌蚪 11 条, 明显可分为 2 个年龄组: 第 1 年龄组 5 条(小的), 全长(55.5±8.9) mm (48.6~67.7 mm)、体长(19.6±2.8) mm (18~23.8 mm)。它们鳃盖褶封闭, 出水管在左方侧已形成, 属 25 期蝌蚪^[12] (以下蝌蚪分期均依此法划分), 是当年的蝌蚪, 若 8 月繁殖则为 3 月龄左右。按常理, 在繁殖期加上受精卵的孵化期后见到的小蝌蚪, 才可能是当年的蝌蚪。第 2 年龄组 6 条(大的), 全长(98.1±18.4) mm (71.5~116.5 mm)、体长(36.7±7.1) mm (27.5~43.7 mm)。其中有 2 条后肢芽未出现, 还应属 25 期蝌蚪; 另外 4 条均出现了后肢, 在这 4 条当中: 37 期蝌蚪 1 条, 后肢达 12 mm, 5 趾明显分离; 35、36 期蝌蚪各 1 条; 还有 1 条后肢芽长(L)大于或等于后肢芽直径(D)的一倍半(L≥1.5D), 属 29 期蝌蚪, 约 15 个月龄。由于采集时间是 11 月, 不可能见到即将完成变态期蝌蚪, 预计要在第 3 年 5~7 月才能完成变态。据费梁等^[9]2009 年记载, 在 5~7 月多次见到将完成变态个体。

2.3.2 张家界永定区岩排尖蝌蚪标本的年龄组特点及划分

1994 年 4 月 22 日夏初采集红点齿蟾蝌蚪 10 条(包括 1 条残体), 明显可分为 2 个年龄段。其中属第 2 年龄组 8 条: 全长 (77.6±7.7) mm (67.1~85.1 mm)、体长(29.5±3.2) mm (23.9~31.4 mm), 外鳃被鳃盖膜掩盖, 出水管形成, 尚未出现后肢芽, 属 25 期蝌蚪 (当时繁殖期未到, 只可能是去年 8 月繁殖的蝌蚪, 不可能是当年繁殖的蝌蚪), 约 8 月龄; 第 3 年龄组个体 1 条, 全长 111.6 mm、体长 41.4 mm、后肢全长 4.8 mm, 股、胫、跗趾分化, 后足出现 3 趾, 属 32 期, 约 20 月龄期。未采到即将完成变态蝌蚪, 估计这批蝌蚪需在 6~7 月才能长出前肢完成变态为幼蟾。费梁等(2009)^[9]报道: 一个前肢已伸出的变态者 (42 期蝌蚪) 全长 100.5 mm、体长 40 mm; 一个已具四肢的变态蝌蚪, 室内饲养 15 d 后, 体长 34.7 mm, 尾仅残留 4 mm

(应为 45 或 46 期即将完成变态蝌蚪)。

2.3.3 桑植县天平山吊水眼蝌蚪标本的年龄组特点及划分

2008 年 7 月 19 日采集红点齿蟾蝌蚪 6 条, 属第 2 年龄组, 全长 (93.4±14.9) mm (67.5~110 mm), 体长(35.6±4.2) mm (29.5~42 mm), 均未出现后肢芽。尽管个体很大, 根据参考文献[12]的标准判断, 还是属于 25 期蝌蚪, 约 11 个月龄。采集时间在 7 月 19 日, 没有见到即将登陆的个体; 因繁殖期尚未到, 也不可能见到当年孵化的蝌蚪。

2.4 湘西北红点齿蟾蝌蚪月龄组的综合、生长曲线和蝌蚪发育生长特点

2.4.1 蝌蚪的月龄组综合

将上述不同年度、月份、地点采集的红点齿蟾蝌蚪, 以繁殖期为受精卵发育开始日期, 以采集日期为月龄点; 根据全长、体长和发育期, 按月龄多少组合成一个梯队, 这就像是对该蝌蚪生长发育的系列观察, 从而得出湘西北红点齿蟾蝌蚪的生长发育简要历程表(表 1)。

2.4.2 蝌蚪生长曲线

综合三地红点齿蟾蝌蚪各月龄组的全长、体长, 从小到大依次排列; 以全长、体长的平均值为纵坐标, 以推算月龄为横坐标, 用 Excer 2003 文档制成生长曲线表(图 3)。虽然是三地标本, 但总体上协调同步, 以月龄组来推测红点齿蟾蝌蚪的发育, 从受精卵到蝌蚪完成变态历时 22 个月龄左右 (即从第 1 年 8 月繁殖开始, 依次为第 1 年 11 月、第 2 年的 4、7 月 3 次采集, 代表第 1 年有 1 个月龄组、第 2 年有 3 个月龄组、第 3 年有 2 个月龄组, 在第 3 年 6 月前后完成变态登陆)。从图中可以看出“全长曲线”波动较大, “体长曲线”则较平稳。主要是蝌蚪尾长受环境因子影响较大, 而且在变态时尾部还作为营养供动物体生长所需, 变态完成时尾就全萎缩; 体长的增长相对稳定, 全长和体长的生长曲线符合无尾两栖动物蝌蚪的生长规律。在研究中深知, 洞穴两栖动物蝌蚪生长研究在实际操作中必须注意, 虽然是随机取样, 但一定要在各代表时期, 采到各个年龄段的标本。作者没采到即将完成变态期登陆的蝌蚪, 费梁等^[9]多次观察到即将完成变态个体并作了记录, 作者引用这个记录, 取得完整的结论。

2.4.3 红点齿蟾蝌蚪的生长发育特点

综上所述可知, 红点齿蟾的蝌蚪有下列明显特点: 1) 个体特大: a. 全长绝对值大, 测量 29~37

表1 湘西北红点齿蟾蝌蚪月龄表

Table 1 The monthly age table of tadpoles of *O. rhodostigmatus* in the north-western Hunan province /mm

Breed date	Total length	Snout-vent length	Development stage ^a	Collect date	Monthly age/(MA)
Aug.	55.5±8.9	19.6±2.8	Stage 25 (n=5)	Nov.	3
Aug.	77.6±7.7	29.6±3.2	Stage 25 (n=8)	April	8
Aug.	93.4±14.9	35.6±4.2	Stage 25 (n=6)	July	11
Aug.	98.1±18.4	36.7±7.1	Stage 25 (n=2)	Nov.	15
			One per each stage at stages 29, 35, 36, 37		
Aug.	111.6	41.4	Stage 32 (n=1)	April	20
Aug.	100.5	40	Stage 42 (n=1)	June or July	22
	38.7	34.7	Stages 42 to Stage 45 (n=1)	June or July	

注: * 根据 Gosner 等无尾两栖类蝌蚪发育方法分期^[12]; 25期: 鳃盖褶关闭, 出水管已形成, 尚无后肢芽; 26期: 后肢芽出现, 其长度少于直径之半; 29期: 后肢芽长等于直径的1.5倍; 31~38期: 蝌蚪趾发育; 43~46期: 口部发育, 以及尾部重吸收。

Notes: The stages of developing frogs are based on Gosner's anuran embryo staging tables^[12]; Stage 25: Opercular fold closes, spiracle forms, no hindlimb bud; Stage 26: Hindlimb bud appears and the length of limb bud is less than half of its diameter; Stage 29: Hindlimb bud is equal to 1.5 times of its diameter; Stage 31~38: Development of the toe; Stage 43~46: Mouth development and tail resorption.

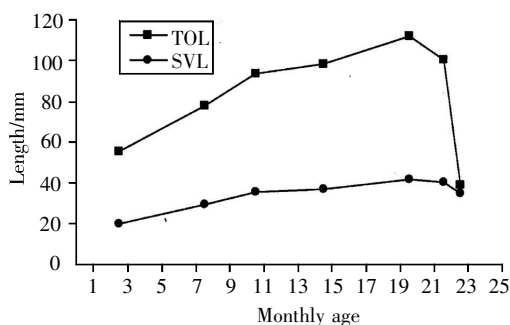


图3 红点齿蟾蝌蚪月龄推算生长曲线图

Fig.3 The deduced monthly age growth curve of the tadpole of *O. rhodostigmatus*

期蝌蚪 5 条, 全长(TOL)达(109.4±8.3) mm (95.6~116.5 mm); b. 蝌蚪全长(TOL)与成体长(SVL)比值大, 与采到的成熟雌体体长(SVL)之比为 1.52 倍, 蝌蚪全长明显大于成体长, 而一般蛙和蟾蜍蝌蚪全长均小于成体长; 2) 蝌蚪生长发育期长, 受精卵需近 2 年即在第 3 年 5~7 月才能完成变态、登陆成为小红点齿蟾; 3) 第 25 期蝌蚪发育期长: 据观察红点齿蟾的受精卵在 3 个月之内已发育到 25 期蝌蚪, 但 25 期蝌蚪发育到 26 期需经过近 1 年的时间。因在第 2 年 7 月 19 日吊水眼采到 11 月龄蝌蚪 6 条, 全长均值 93.4 mm, 体长均值 35.6 mm, 尚未出现后肢芽, 还是属 25 期蝌蚪。要到第 2 年 11 月约 15 个月龄时, 身体大小从全长 49 mm 左右长到全长 (108.8±9.5) mm (95.6~116.5 mm), 体长从 18 mm 左右长到 (40.6±4.7) mm (33.8~42.7 mm)才出现后肢芽或小后肢(已超过 26 期, 达 29、35、36、37 期)。可称之为大生长期, 这是红点齿蟾蝌蚪生长发育的另一明显特点。

3 讨论

3.1 红点齿蟾是一种特殊的洞穴动物

依据洞穴动物与洞穴的关系和它们的特化程度的差异, 法国学者 Schiner (1854)把洞穴动物分为三类: 真洞穴动物 (Troglobites)、半洞穴动物 (Troglophiles)和客居动物(Trogloxenes)^[8]; 大多数学者沿用这一分法, 但也有学者分为两类: 即真洞穴动物和洞栖动物。红点齿蟾蝌蚪生活在黑暗洞穴的阴河中, 皮肤透明无色, 眼退化较小, 生长发育迟缓, 应该是真洞穴动物; 但成体仅繁殖期来到洞口弱光区, 其他时间在洞外活动, 身体受洞穴黑暗生活影响很少, 仅是客居动物或洞栖动物。无尾两栖动物发育过程中特具变态, 有独立的幼体生活期, 幼体向完全穴居生活方式发展; 而成体在保留洞栖繁殖的特点下, 更多地向地表生活方式发展。这样可以获得较丰富的食物和活动空间, 有利于物种的生存竞争。无尾两栖动物的变态发育, 才使它们有可能获得此成体和幼体皆相宜的适应特点, 是一种特殊的洞穴动物。

3.2 红点齿蟾的蝌蚪适应洞穴生活

两栖动物和其他动物一样, 常将自己的受精卵置于环境优良、食物丰富的适宜地方, 为后代的成长、繁衍提供良好的条件。但洞穴深处没有阳光也没有绿色植物, 有机物虽可以通过裂隙渗透但量少; 在红点齿蟾蝌蚪栖息的阴河虽有与地表相联系的通道, 但是洞深、水清、食物贫乏。为什么大自然给红点齿蟾选择洞穴这样的环境? 在深入调研中发现洞穴中食物虽贫乏, 但竞争对手少、敌害也很少, 是个安全的、安静的环境。洞穴

深处冬暖夏凉, 代谢消耗更低, 食物虽贫乏, 但可以有较长的时间(蝌蚪生长发育到完成变态需近2年时间)安全地生长发育。它们的蝌蚪可以长得相对较大, 在变态时及变态后有较强的生存竞争力、获取更多的生存机会。据报导红点齿蟾在武陵山区多处洞穴中有分布, 与地表其他齿蟾相比它们数量较少、分布较广, 这也是生物适者生存的道理。

3.3 红点齿蟾蝌蚪从25期发育到26期需要的时间较长

根据2008年7月19日采到的6条, 全长(93.4±14.9) mm (67.5~110 mm)、体长(35.6±4.2) mm (29.5~42 mm)的蝌蚪(约11月龄), 均未出现后肢芽, 确实还是25期蝌蚪。到11月(15月龄)才采到具后肢芽或已发展成具后肢的蝌蚪(已超过26期)。这是事实, 不是推测。我们常见的两栖动物如黑斑侧褶蛙(*P. nigromaculatus*)和中华蟾蜍(*B. garzarizans*)从受精卵发育到变态成小蛙或小蟾蜍只需约2个月就能完成。为什么红点齿蟾的蝌蚪发育变化需这么长时间? 据研究其繁殖期、蝌蚪生长和变态记录等推算: 红点齿蟾从第1年8月份繁殖, 受精卵发育到蝌蚪, 生长发育要在第3年的5到7月(约22个月左右)才能完成变态发育成小红点齿蟾, 可见蝌蚪整体发育时间很长。同时, 时间并不是平均分配。在鳃盖褶闭合前和后肢芽出现后, 蝌蚪各个发育期较快的完成, 只有25到26期需时特长。这是红点齿蟾蝌蚪发育生长的特点, 与该物种的遗传特性有关, 也与洞穴生活的适应特性有关。更透彻的解释还需要更深入的研究, 找出这个物种蝌蚪发育的特殊规律的原理才能解决。

3.4 需要很好地研究和保护珍稀洞穴动物红点齿蟾

红点齿蟾是我国特有的珍稀无尾两栖动物, 主要分布在武陵山区, 栖息在溶洞之中。蝌蚪皮肤无色半透明, 成体褐色有鲜艳的橘红圆斑; 在生理、生态、遗传和动物地理分布方面都有重要研究价值。它们分布在偏远山区人迹罕至的地方, 生境狭窄、食物贫乏、数量稀少, 生存极易受到威胁, 需要研究以及更好的保护。危及种群安全的因素有修路、水利建设以及旅游开发等。但目前最主要、最现实的威胁是旅游开发。在湘西北红点齿蟾分布区内许多县都在做溶洞开发项目, 例如张家界黄龙洞、龙山县火岩溶洞群(其中之飞虎洞就有红点齿蟾分布)、桑植县的九天洞等等就是较为典型的例子。试想每日有数以千计的游客拥

入该溶洞, 且不说人们的伤害, 单就这里的空气污染, 温度和湿度变化, 垃圾、尘土和强烈的探照灯光, 都可能严重威胁洞内珍稀动物的生存。给红点齿蟾留下一片适于它们生存的生境是人们的责任, 只要给予足够的重视, 问题不是没有解决的可能。这里溶洞群面积都很大, 如黄龙洞有10⁵ m² (10万平方米), 全长7.5 km, 游廊长15 km; 火岩溶洞群景区面积80 km²; 九天洞面积约25×10⁵ m² (250万平方米) (上述面积来自各景点的景区介绍)。这些溶洞都是由许多洞系和阴河组成, 划出一块与旅游区隔离的供它们生存、繁衍的小生境, 还是有可能的。事实上每个洞区都不是全部开放的, 只是需要调研选出一块适宜的洞系(最好是原地保护), 做好隔离设施, 加强管理, 就有可能保护好这些珍稀的洞穴动物。但目前溶洞的开发项目几乎无珍稀洞穴动物保护的设想, 建议在溶洞开发立项时就把珍稀洞穴动物保护列入计划, 邀请有关专业人士参加设计、共同研究, 为子孙后代留下这些珍贵的动物资源。而专业人士则需要深入调研, 提高自己的业务水平, 以便将保护工作做得更好。

红点齿蟾是中国的特有种, 我国两栖动物学界老前辈刘承钊、胡淑琴以及费梁、叶昌媛等十分关注它们, 先后从20世纪50年代到21世纪做出许多了杰出工作^[1-6]。我国对洞穴动物的系统研究起步较晚, 20世纪70年代开始发表第一个盲鱼新种^[13-15]; 但是在最近几年, 仿生态利用洞穴养殖大鲵已经取得不俗成绩。从洞穴角度研究无尾两栖动物的生物特性还较少, 期盼有更多的学者对洞穴和洞穴两栖动物的研究作出更突出的成绩。

致谢: 在沅陵县调研期间得到中共沅陵县委宣传部、县林业局和火场乡等单位 and 领导的关心支持, 并提供了多方帮助; 在张家界市永定区调研时得到张家界市林业局和湖南农业大学1992级土化班欧志宏同学的关心支持; 在龙山县调研期间得到龙山县科委的多方帮助; 中共沅陵县委宣传部王照元同志提供红点齿蟾蝌蚪生活照片(图2H), 对上述各单位, 领导和个人给予的帮助、关心和支持表示衷心的感谢!

参考文献(References):

- [1] 刘承钊, 胡淑琴. 中国无尾两栖类[M]. 北京: 科学出版社(LIU Cheng-chao, HU Shu-chin. Tailless Amphibians of China[M]. Beijing: Science Press), 1961. 1-364.

(下转第510页)

- ed pulmonary toxicity induced by some cationic liposomes[J]. *Pharmaceutical Research*, 2000, 17(5): 521–525.
- [6] SINGHA K, NAMGUNG R, KIM W J. Polymers in small-interfering RNA delivery[J]. *Nucleic Acid Therapeutics*, 2011, 21(3): 133–147.
- [7] NASROLLAHI S A, TAGHIBIGLOU C, AZIZI E, *et al.* Cell-penetrating peptides as a novel transdermal drug delivery system[J]. *Chemical Biology & Drug Design*, 2012, 80(5): 639–646.
- [8] BAOUM A, OVCHARENKO D, BERKLAND C. Calcium condensed cell penetrating peptide complexes offer highly efficient, low toxicity gene silencing[J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 2012, 427(1): 134–142.
- [9] JARVER P, COURSIDEL T, ANDALOUSSI S E. Peptide-mediated cell and *in vivo* delivery of antisense oligonucleotides and siRNA[J]. *Molecular Therapy–Nucleic Acids*, 2012, 1(e): 1–27.
- [10] SALEH A F, AOJULA H, ARTHANARI Y, *et al.* Improved Tat-mediated plasmid DNA transfer by fusion to LK15 peptide[J]. *Journal of Controlled Release*, 2010, 143(2): 233–242.
- [11] ZHANG X, ZHANG X, WANG F. Intracellular transduction and potential of Tat PTD and its analogs: from basic drug delivery mechanism to application[J]. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 2012, 9(4): 457–472.
- [12] VIVES E, BRODIN P, LEBLEU B. A truncated HIV-1 Tat protein basic domain rapidly translocates through the plasma membrane and accumulates in the nucleus[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1997, 272(25): 16010–16017.
- [13] NAGAHARA H, ADAMINA M. Transduction of full-length TAT fusion protein into mammalian cells nullTAT-p27kipl induces cell migration[J]. *Nature Medicine*, 1988, 4(12): 1449–1452.
- [14] SCHWARZE S R, HO A, VOCERO-AKBANI A, *et al.* In vivo protein transduction: Delivery of a biologically active protein into mouse[J]. *Science*, 1999, 285(5433): 1569–1572.
- [15] EGUCHI A, DOWDY S F. Efficient siRNA delivery by novel PTD-DRBD fusion proteins[J]. *Cell Cycle*, 2010, 9(3): 424–425.
- [16] ARTHANARI Y, PLUEN A. Delivery of therapeutic shRNA and siRNA by Tat fusion peptide targeting BCR-ABL fusion gene in Chronic Myeloid Leukemia cells[J]. *Journal of Controlled Release*, 2010, 145(3): 272–280.

(上接第 499 页)

- [2] 刘承钊, 胡淑琴, 费梁. 中国锄足蟾科五个新种[J]. *动物分类学报* (LIU Cheng-chao, HU Shu-chin, FEI Liang. Five new pelobatid toads from China[J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 1979, 4(1): 83–92.
- [3] 胡淑琴, 杨抚华. 金佛山两栖类动物初步调查报告[J]. *动物学杂志* (HU Shu-chin, YANG Fu-hua. Preliminary survey of amphibians in Mt. Jinfa, southern Sichuan[J]. *Journal of Zoology*, 1960, 4(6): 256–263.
- [4] 费梁, 叶昌媛. 湖北省两栖动物地理分布特点, 包括一新种[J]. *动物学报* (FEI Liang, YE Chang-yuan. The distributional of amphibia in Hubei province, including description of a new frog[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1982, 28(3): 29–53.
- [5] 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 中国动物志-两栖纲(中卷)-无尾目[M]. 北京: 科学出版社(FEI Liang, HU Shu-chin, YE Chang-yuan, *et al.* *Fauna Sinica–Amphibia*, (Vol. II)–anura[M]. Beijing: Science Press), 2009. 1–957.
- [6] 费梁, 叶昌媛, 江建平. 中国两栖动物彩色图鉴[M]. 成都: 四川科学技术出版社(FEI Liang, YE Chang-yuan, JIANG Jian-ping. *Colored Atlas of Chinese Amphibians*[M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 2010. 1–519.
- [7] 朱文孝, 李坡, 苏维词. 喀斯特旅游洞穴景观多样性特征及其保护[J]. *经济地理* (ZHU Wen-xiao, LI Po, SU Wei-ci. Karst cave landscape diversity and its protection[J]. *Economic Geography*, 2000, 20(1): 103–106.
- [8] 王福星, 曹建华. 国外洞穴生物研究概况[J]. *中国岩溶* (WANG Fu-xing, COA Jian-hua. A survey of biospeleology abroad[J]. *Carsologica Sinica*, 1997, 16(3): 259–267.
- [9] 王剑, 程星, 彭建. 喀斯特洞穴生态系统浅析[J]. *贵州师范大学学报(自然科学版)* (WANG Jian, CHANG Xing, PENG Jian. The concise analysis of ecosystem in karst caves [J]. *Journal of Guizhou Normal University (Natural Science)*, 2000, 18(3): 22–25.
- [10] 沈猷慧. 湖南省的无尾两栖动物[C]//中国两栖爬行动物学分会. 两栖爬行动物学研究. 贵阳市: 贵州科技出版社(第4、5辑) (SHEN You-hui. A Survey of Anura in Hunan Province [C]//China Herpetological Society. *Acta Herpetologica Sinica*. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 1995, (4–5): 98–101.
- [11] DUELLMAN W E, TRUEB L. *Biology of Amphibians*[M]. New York: McGraw-Hill, 1985. 1–670.
- [12] GOSNER K L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification[J]. *Herpetologica*, 1960, 16(3): 183–190.
- [13] 杨干荣, 袁凤霞, 廖荣谋. 中国鳅科鱼类一新种——湘西盲条鳅[J]. *华中农业大学学报* (YANG Gan-rong, YUAN Feng-xia, LIAO Rong-mou. A new blind cobitidae fish from the subterranean water in Xiangxi, China[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1986, 5(3): 219–223.
- [14] 冉景承, 陈会明. 中国洞穴生物研究概述[J]. *中国岩溶* (RAN Jing-cheng, CHEN Hui-ming. A survey of speleobiological studies in China [J]. *Carsologica Sinica*, 1998, 17(2): 152–159.
- [15] 何力, 王雪光, 陈清纯, 等. 湘西盲高原鳅的形态特征描述[J]. *淡水渔业* (HE Li, WANG Xue-guang, CHAN Qing-chun, *et al.* Morphological description on *Triptophya xiang xiensis*[J]. *Freshwater Fisheries*, 2006, 36(4): 56–58.