

基于骨龄学方法鉴定吐鲁番沙虎的年龄

李文蓉^① 宋玉成^① 时磊^{①②*}

(^① 新疆农业大学动物科学学院 乌鲁木齐 830052; ^② 中国科学院成都生物研究所 成都 610041)

摘要:基于 113 个标本的吻肛长频次数据,初步划分吐鲁番沙虎(*Teratoscincus roborowskii*)的年龄组,各年龄组共选取 54 例个体,分别截取第 2 右前趾骨第 3 趾节,用常规石蜡切片法进行了骨龄学鉴定。同时,根据野外标记重捕方法获得个体的形态学生长指标来验证年龄组划分的合理性。结果表明,吐鲁番沙虎雌雄个体间吻肛长差异不显著,可以合并进行年龄鉴定;吐鲁番沙虎的吻肛长和骨龄间有显著的相关性;对于小于 6 龄的个体,骨龄学的方法适用于吐鲁番沙虎年龄的鉴定。

关键词:吐鲁番沙虎;骨龄学;受抑制生长线;吻肛长

中图分类号:Q959.6;Q142 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2010)03-79-08

Age Determination of *Teratoscincus roborowskii* (Gekkonidae) by Skeletochronology

LI Wen-Rong^① SONG Yu-Cheng^① SHI Lei^{①②*}

(^① College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052;

^② Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: Based on snout-vent length (SVL) frequency data 113 specimens of *Teratoscincus roborowskii* were preliminarily divided into six age classes. Then, age determination was evaluated by skeletochronology of 54 samples of the 3rd section on the 2nd fore-right phalanges selected from the six age classes. The result of age determination was evaluated by individual growth index measured from mark-recapture samples. Results indicated that there was no significant difference in SVL between male and female individuals, there was a strong correlation between SVL and skeletochronological data. By combining SVL with skeletochronological data, individuals of geckoes less than 6 years old can be identified by the technique of Skeletochronology.

Key words: *Teratoscincus roborowskii*; Skeletochronology; Lines of arrested growth (LAGs); Snout-vent length (SVL)

年龄鉴定对于一个物种的最长寿命、死亡率、生长特点、性成熟等种群生态学研究具有重要的意义。吻肛长(snout-vent length, SVL)法在鉴定年龄时,操作简单但准确性较差^[1-2];骨龄学(skeletochronology)方法已被证明是两栖爬行动物野外种群年龄结构研究的理想技术,结果准确且不会对动物造成大的损伤^[3-7],但不适用于没有明显骨骼生长标记的物种^[8-9];种群生态学中的个体重捕标记法可以进行年龄印证^[10-11]。

骨龄学鉴定方法是基于动物骨骼切片上可数的受抑制生长线(lines of arrested growth, LAGs)进行年龄结构分析。LAGs是由于季节

基金项目 国家自然科学基金项目(No. 30360014 和 30770264);

* 通讯作者, E-mail: shileixj@126.com;

第一作者介绍 李文蓉,女,本科生;研究方向:动物生态学; E-mail: simple.123@tom.com。

收稿日期:2009-09-22,修回日期:2010-03-05

变化引起脊椎动物的骨骼出现周期性生长,使身体某些部位的骨骼出现疏密相间的环纹,即骨骼上的年轮^[12]。LAGs 经 H. E 常规染色法处理后,在骨骼切片外骨板上呈现同心环排列的一组染成深色的线。

吐鲁番沙虎(*Teratoscincus roborowskii*) 隶蜥蜴目壁虎科沙虎属,仅分布于中国西北部的吐鲁番地区,为中国特有种^[13]。目前,关于吐鲁番沙虎的研究侧重于捕食模式^[14]、幼体的拟态^[15]和活动节律^[16]等。吐鲁番沙虎的年龄鉴定和生长模式未见研究报道,本文拟通过骨龄学方法探讨 LAGs 用于年龄鉴定的可行性;通过标记重捕方法初步了解吐鲁番沙虎 SVL 的生长规律,并探讨 LAGs 与 SVL 之间的关系。

1 材料与方法

1.1 材料 研究共使用 113 个吐鲁番沙虎标本,为 1986~2009 年每年 4 月份采自中国科学院吐鲁番沙漠植物园(E89°11', N42°54')。游标卡尺(± 0.02 mm)测量所有个体的 SVL。根据 SVL 频次分析初步划分其年龄组,挑选 54 例用于骨龄学组织切片观察,其中,1~4 龄个体各 10 例,5 龄个体 9 例,6 龄以上个体 5 例。

1.2 标记重捕 SVL 形态指标数据来源于 2008~2009 年对中国科学院吐鲁番沙漠植物园内吐鲁番沙虎种群的调查。2008 年 4 月至 2009 年 5 月采用切趾法对捕获个体进行永久性标记,每个月捕获、标记并测量 SVL。共标记个体 128 号,重捕个体 31 号。

1.3 组织切片 截取吐鲁番沙虎右前肢第 2 趾骨第 3 趾节,10% 硝酸(稀释液为 0.8% 生理盐水)24 h 脱钙,流水冲洗 24 h,脱水、透明,石蜡包埋,15 μm 连续切片,Ehrlich's 苏木精染色 15 min,0.2% 伊红复染 5 min,脱水,封片,镜检,照片用三星 S730 相机拍摄。

1.4 年龄计算方法 趾骨由内到外是骨髓腔、骨内膜、骨内板、骨外板和骨外膜,年轮在骨外板上。第 1 年的生长环带比以后几年的亮些^[17],由此确定吐鲁番沙虎 LAGs 的位置,计算数目。生长期呈现的是亮带(生长层, growth

layers, GL),冬眠期表现在暗带(LAGs)上,一亮一暗表明一年的季节交替,计算为 1 龄;2 环 LAGs 表示 2 龄,以此类推;只有亮带没有暗带的为小于 1 龄个体。

1.5 统计方法 用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 11.5 软件处理实验数据。描述性统计值用平均值 \pm 标准误表示,雌雄个体间 SVL 的差异用 Student's *t*-检验,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。采用逻辑斯蒂模型 $SVL = a / (1 + e^{-bt})$ 估测生长模式^[18],公式中, a :最大吻肛长(asymptotic size, mm), c :常数(constant), b :瞬时生长速率(instantaneous growth rate), t :年龄(a)。

2 结果

2.1 SVL 分布 对吐鲁番沙虎 SVL 作频次分析,可见有 5~6 个明显的峰值或间断(图 1)。又因为历年在野外捕捉到的最小怀卵个体 SVL = 74.77 mm,因而本研究中将 SVL = 74.77 mm 作为成体组的下限。所以,可以将吐鲁番沙虎初步划分为 6 个年龄组(表 1)。

2.2 雌雄 SVL 比较 对图 1 初步划分的各年龄组进行组内性别差异统计(表 1, *t*-test,显著水平均为 0.05)。SVL < 54 mm 的大部分个体(1 龄个体)不易鉴别雌雄,未进行性别间差异检验。由于吐鲁番沙虎成体及亚成体间 SVL 均无显著的两性差异,故该种幼体在 SVL 上应该也不存在两性差异,可以将两性个体合并划分年龄指标。

2.3 年龄鉴定

2.3.1 骨龄学切片 吐鲁番沙虎骨龄学切片上清晰可见 GL 和 LAGs 组线(图 2),其中 LAGs 较窄而暗,而 GL 较宽而亮,而且 GL 和 LAGs 呈明显的交替排列。幼年个体的骨髓腔直径大于老年个体(图 2A, D),显示吐鲁番沙虎的重吸收现象不明显,内侧的环带在老年时依然保留,不影响计数。

2.3.2 生长曲线拟合 SVL 与 LAGs 之间有显著的相关关系(Pearson's 相关性检验, $r = 0.9698$, $df = 53$, $P < 0.001$)。基于逻辑斯蒂

模型对 SVL 和骨龄进行生长曲线拟合,生长曲线为 $SVL = 95.16 / (1 + e^{1-0.88t})$ (图 3)。图 3 显示,在 4 月份的种群中,年龄最小的个体为 1 龄,有 1 组 GL 与 LAGs 组合;年龄最大的超过 6

龄,有 6 组 GL 与 LAGs 组合。当 GL 和 LAGs 分别增加 1 圈时,吐鲁番沙虎就度过 1 个活动期和 1 个冬眠期,同时活动期间的 SVL 在显著增加。

表 1 吐鲁番沙虎吻肛长雌雄间的差异统计

Table 1 Statistics on snout-vent length between male and female individuals of *Teratoscincus roborowskii*

指标 Index	性别 Sex	标本数 Sample size	吻肛长 (Mean ± SE) Snout-vent length (mm)	t-检验 t-test
2 龄	♂	8	57.52 ± 1.82	$t = 1.25 < t_{0.05}$
(54 ≤ SVL < 68)	♀	4	60.95 ± 1.19	
3 龄	♂	5	71.18 ± 1.37	$t = 0.15 < t_{0.05}$
(68 ≤ SVL < 74.77)	♀	12	71.34 ± 0.42	
4 龄	♂	12	78.06 ± 0.43	$t = 0.60 < t_{0.05}$
(74.77 ≤ SVL < 80)	♀	7	78.45 ± 0.44	
5 龄	♂	16	86.75 ± 0.50	$t = 0.89 < t_{0.05}$
(80 ≤ SVL < 92)	♀	19	85.94 ± 0.46	
6 龄	♂	5	93.30 ± 0.41	$t = 0.72 < t_{0.05}$
(92 ≤ SVL)	♀	4	92.95 ± 0.21	

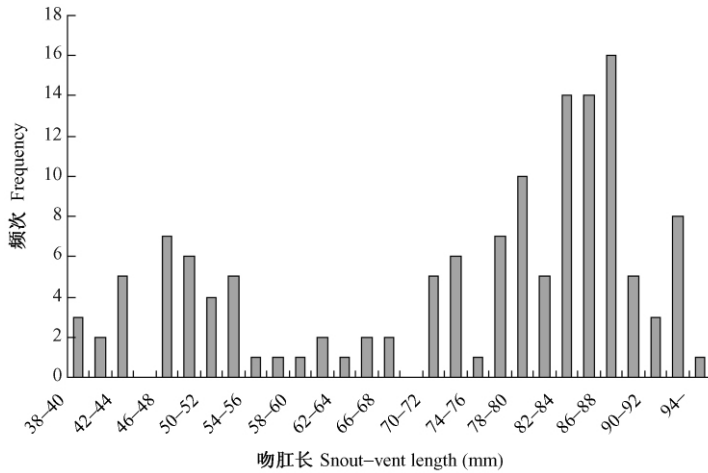


图 1 4 月份吐鲁番沙虎 SVL 分布图

Fig.1 The SVL of *Teratoscincus roborowskii* taken in April

2.3.3 年龄划分 根据 LAGs 验证过的 SVL 分布的集中和间断情况,以及吐鲁番沙虎个体野外生长和怀卵状况,可以划分若干年龄组(表 2)。划分年龄组后分别对 4 月区组和 8 月区组各年龄组间进行 t-检验,组间差异均显著

($P < 0.05$),说明年龄指标的选择是合理的。表 2 中 0 龄表示未过冬眠期的个体,1 龄代表已经过 1 个冬眠期,以此类推。3 龄(即出生后的第 3 年)时达到性成熟。

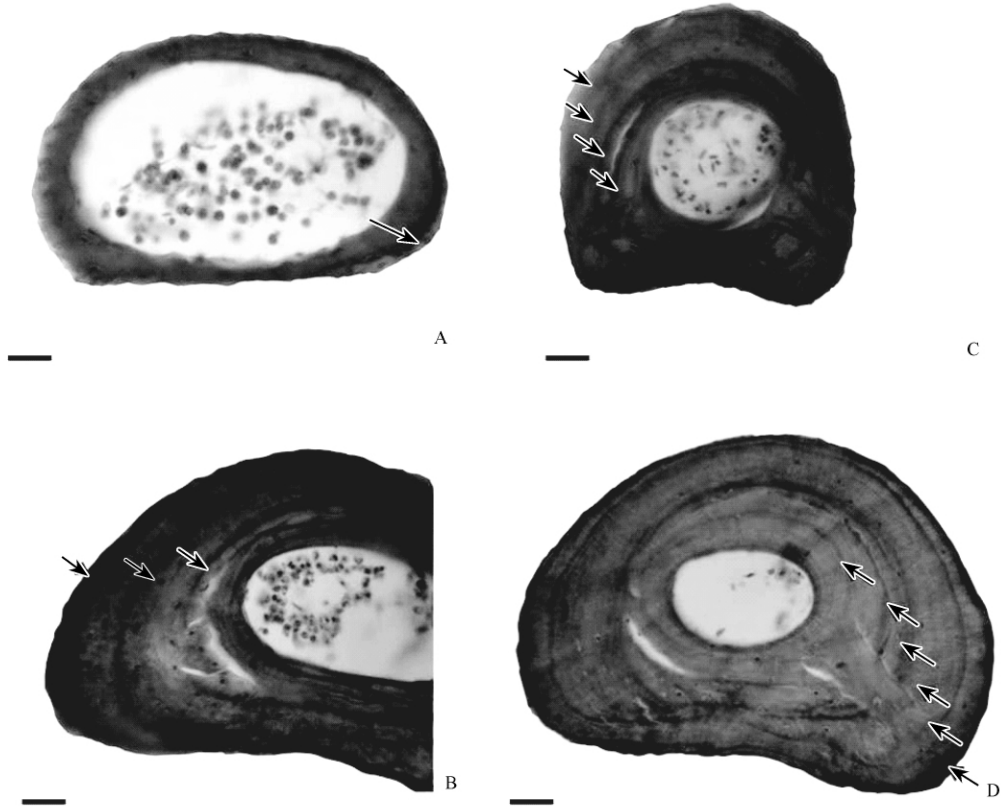


图 2 吐鲁番沙虎第 2 右前趾骨第 3 趾节切片

Fig. 2 The phalanges cross-sections on the 3rd section in the 2nd fore-right phalanges

呈同心环排列的被染为深色的可数线,即 LAGs(如箭头所示),相邻两 LAGs 间为 GL。A: 1 龄个体,SVL = 39.1 mm, 1 GL, 1 LAG; B: 3 龄个体,SVL = 78.94 mm 3 GL 3 LAGs; C: 4 龄个体,SVL = 86.12 mm 4 GL 4 LAGs; D: ≥6 龄个体,SVL = 94.56 mm 6 GL 6 LAGs。标尺 = 16 μm

LAGs (for details see arrows), stained with haematoxylin and shown a series of concentric lines, actually were the countable rings of narrow dark zones, which were separated by the wide zones that were so-called growth layers. A: 1 year old, SVL = 39.1 mm with 1 GL and 1 LAG; B: 3 years old, SVL = 78.94 mm with 3 GLs and 3 LAGs; C: 4 years old, SVL = 86.12 mm with 4 GLs and 4 LAGs; D: ≥6 years old, SVL = 94.56 mm with 6 GLs and 6 LAGs. Bar = 16 μm

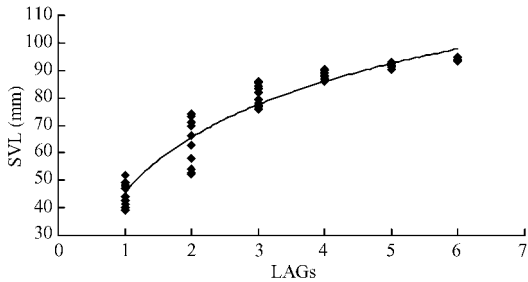


图 3 4 月吐鲁番沙虎 LAGs-SVL 图

Fig. 3 SVL-LAGs for *Teratoscincus roborowskii* in April

2.4 重捕 SVL 数据 2008 年 4 月至 2009 年 5 月标志重捕个体 SVL 增长情况见图 4。吐鲁番沙虎新生幼体最早在 6 月出现,在 2009 年 5 月份重捕到的个体均为 1 龄以上个体。数据表明,活动期吐鲁番沙虎的 SVL 增长显著,越冬期的增长缓慢,幼体增长快,繁殖以后个体增长慢。重捕间隔整一年的个体最多增长 20 mm 左右。

表 2 吐鲁番沙虎年龄组划分

Table 2 The age classes of *Teratoscincus roborowskii*

年龄级 Age class	4 月 April			8 月 August		
	LAGs 数目	吻肛长 Snout-vent length SVL (mm)		LAGs 数目	吻肛长 Snout-vent length SVL (mm)	
	Number of LAGs	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	范围 Range	Number of LAGs	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	范围 Range
0				0	38.51 ± 0.38	29.00 ~ 44.60
1	1	47.28 ± 0.85	37.00 ~ 55.04	1	59.94 ± 1.80	45.34 ~ 66.46
2	2	67.70 ± 1.28	55.20 ~ 74.77	2	71.31 ± 0.51	67.64 ~ 74.32
3	3	80.66 ± 0.55	75.52 ~ 85.90	3	80.68 ± 0.68	74.96 ~ 85.92
4	4	86.68 ± 0.28	86.12 ~ 90.10	4	87.23 ± 0.39	86.00 ~ 90.64
5	5	92.31 ± 0.33	90.38 ~ 93.18	5	92.71 ± 0.41	> 90.64
≥ 6	≥ 6	93.92 ± 0.38	> 93.18			

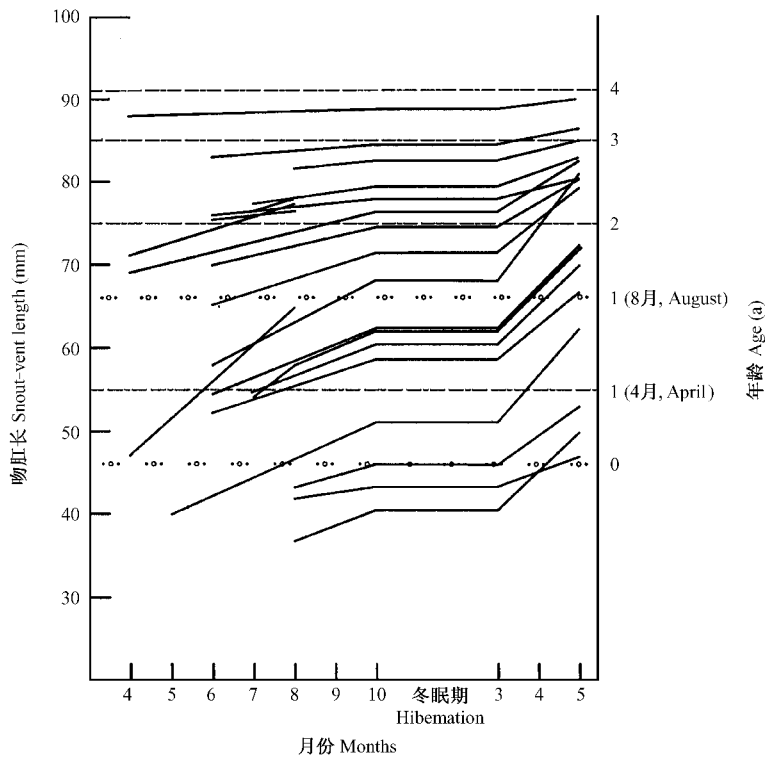


图 4 部分重捕吐鲁番沙虎 SVL 数据

Fig. 4 The partial mark-recapture data of *Teratoscincus roborowskii* SVL

---代表各年龄组上限,由于 2 龄以下不同月份年龄划分标准不同 8 月区组用 •• 表示,每一条实线代表一个个体。

---Indicating the maximum SVL of each age class, due to age class standard differed between month in sample lesser than 2 age, the maximum SVL in August presented by ••. Each trajectory presented one individual.

3 讨论

3.1 吐鲁番沙虎的轮纹特征 骨龄学在两栖类年龄鉴定中应用最广,生长的季节性更替在

骨质结构上表现为疏密相间的轮纹,是年龄鉴定的基础^[5-6, 10, 12, 19-26]。具有冬眠和夏眠习性的霍尔特蛙(*Rana holtzi*) 雄性个体会表现出双 LAGs(double LAGs),但不影响年龄鉴定的

可靠性^[26]。不是所有温带地区的蜥蜴都有骨膜板上的 LAGs,这可能是由于生长是连续的,而生长速率的变化不足以产生骨膜板环纹^[9]。某些赤道地区和热带地区爬行类物种骨膜板上也会出现明暗交替排列的环纹,可能受到降水量和湿度变化的影响^[27]。西部菱斑响尾蛇(*Crotalus atrox*)的隅骨上的生长标记线不是鉴定年龄的可靠指标^[28]。骨龄学是否能用于蜥蜴年龄鉴定需要具体研究,特别是结合标记重捕技术进行验证^[29]。对于吐鲁番沙虎(≥ 6 龄个体除外)而言,其外骨板具有较为清晰的轮纹结构特征,即呈现同心环排列的明暗相间式环纹带,其中暗带较细,明带较宽,每一条明带(GLs)表示机体经过1个活动期,每一条暗带(LAGs)表示机体经过1个冬眠期,越过1个冬眠期的个体增加一环LAG,不存在双LAGs。吐鲁番沙虎是温带地区典型的有较长越冬期的物种,其LAGs季节性变动非常明显,因而吐鲁番沙虎的LAGs可以作为年龄鉴定的指标。

3.2 SVL与LAGs之间的关系 爬行动物终生生长,其SVL持续增长,同龄个体因为出生体长和生境等因素影响,SVL并不完全一致,SVL作为生长标记仅是年龄鉴定的相对指标;而吐鲁番沙虎每安全越过一个冬眠期才会在趾骨的外骨板上出现一环LAG,它是一种年龄鉴定的可靠指标。因而,一定数目的LAGs应该对应某个SVL范围^[10,19,25-26]。SVL-LAGs呈显著相关(图3)很好地验证了它们之间的这种关系,表明用SVL-LAGs法划分吐鲁番沙虎6龄以下个体年龄是有效可行的。

3.3 不同个体SVL的生长规律 由于出生体长及各生长期的规律不同,一年内不同时间段内的SVL分布状况也会有所不同。野外数据采集时间的缩短,将有利于减小仅用形态指标作出种群年龄结构分析的误差^[8,20,30]。据野外观测,吐鲁番沙虎一般在每年3月下旬开始出蛰,每年4月份尚不存在0龄个体(表2),但在4月底发现有怀卵个体,每年6月开始出现新生个体,每年8月有大量新生个体且尚存在怀卵个体,每年10月开始入蛰。重捕数据显示

幼体和亚成体需要整一年的时间才能到达其在区组的下一年龄。有些8月出生个体在安全越过冬眠期后SVL才达到4月区组的新生年龄组水平(图4),因此繁殖期前后选用同一套SVL指标是不合理的。所以,目前利用LAGs-SVL对应关系采用两套SVL指标鉴定吐鲁番沙虎的年龄^[31](表2)。

3.4 年龄鉴定方法的比较 骨龄学方法鉴定准确,但操作复杂,不适用于那些没有LAGs的物种^[8-9]。同时,骨骼在生长过程中,原有的一些初期骨组织会被再吸收和改建,一些早期的GL可能消失,因而必须重新估算已消失的GL^[12,19]。而吐鲁番沙虎骨髓腔直径随年龄增加而逐渐缩小,不存在重吸收问题,保证了SVL-LAGs之间的可靠关系^[26]。另外,吐鲁番沙虎趾骨板有一些很弱、不完整的LAGs,即所谓的虚假LAGs(false LAGs)^[21,32-33]。吐鲁番沙虎老龄个体骨板显示,越靠近轮纹中心,亮带越宽,而越远离轮纹中心,亮带越窄,最外层暗带(LAGs)不清晰,不能确定是虚假LAGs或是LAGs,可能是老龄吐鲁番沙虎进入衰老期,生长缓慢,不容易根据骨龄学确定高龄个体的年龄^[33]。因此,本文未对 ≥ 6 龄个体的年龄进行具体划分。

SVL方法操作简便,但受样本的限制比较严重。由整个吻肛长频次图形成一系列高峰,每个高峰代表一个年龄组,每个数量最多的长度即代表该年龄组吐鲁番沙虎的平均体长。因为SVL划分的各年龄组之间,特别是老龄组间界限比较模糊,不能有效应用于寿命长、性成熟的动物^[34]。在野外条件受限的情况下,也可用其划分年龄,但存在一定组间交叉,用SVL鉴定年龄的准确性较差。

标志重捕法是一种最为行之有效的年龄校正法。通过对已知年龄的吐鲁番沙虎个体进行标记,随后通过对重捕个体骨质结构进行年龄结构分析,并用其结果与真实年龄进行对比,进而确定基于骨龄学鉴定年龄的可靠性^[2,19]。此方法不适用于长寿命动物,因为随着时间的增长,标志个体的重捕率会逐渐降低^[35]。

这样,将上述 3 种方法结合使用可以在较短的时间里获取比较多的生态学信息。

参 考 文 献

- [1] Halliday T R, Verrell P A. Body size and age in amphibians and reptiles. *Journal of Herpetology*, 1988, 22: 253 - 265.
- [2] Wake D B, Castanet J. A skeletochronological study of growth and age in relation to adult size in *Batrachoseps attenuatus*. *Journal of Herpetology*, 1995, 29: 60 - 65.
- [3] Francillon-Vieillot H J, Aratzen W, Geraudie J. Age, growth and longevity of sympatric *Triturus cristatus*, *T. marmoratus* and their hybrids (Amphibia, Urodela): A skeletochronological comparison. *Journal of Herpetology*, 1990, 24: 13 - 22.
- [4] Roger K L, Harvey L. A skeletochronological assessment of fossil and recent *Bufo cognatus* from South-central Colorado. *Journal of Herpetology*, 1994, 28: 133 - 140.
- [5] Kusano T, Fukuyama K, Miyashita N. Body size and age determination by skeletochronology of the brown frog, *Rana tagoi tagoi* in Southwestern Kanto. *Japanese Journal of Herpetology*, 1995, 16: 29 - 34.
- [6] Smirina E M. Age determination and longevity in amphibians. *Gerontology*, 1994, 40: 133 - 146.
- [7] Marnell F. The use of phalanges for age determination in the smooth newt, *Triturus vulgaris* L. *Journal of Herpetology*, 1997, 7: 28 - 30.
- [8] Lin Y L, Hou P C L. Applicability of skeletochronology to the Anurans from a subtropical rainforest of Southern Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica*, 2002, 13 (1): 21 - 30.
- [9] Dunham A E, Morin P J, Wilbur H M. Methods for the study of reptile populations// Gans C, Huey R B. *Biology of the Reptilia*. Vol 16. New York: Alan R Liss, 1988, 331 - 386.
- [10] Driscoll D A. Skeletochronological assessment of age structure and population stability for two threatened frog species. *Australian Journal of Ecology*, 1999, 24: 182 - 189.
- [11] Kaya U, Cevik I E, Erismis U C. Population status of the Taurus Frog, *Rana holtzi* Werner (1898), in its terra typica: Is there a decline? *Turkish Journal of Zoology*, 2005, 29: 317 - 319.
- [12] 易祖盛, 何海晏, 陈粤英. 骨龄学方法测定中国水蛇的年龄. *动物学研究*, 2000, 21 (1): 83 - 87.
- [13] 时磊, 周永恒, 原洪. 新疆维吾尔自治区爬行动物区系与地理区划. *四川动物*, 2002, 21 (3): 152 - 157.
- [14] Werner Y L, Okada S. Varied and fluctuating foraging modes in nocturnal lizards of family Gekkonidae. *Asiatic Herpetological Research*, 1997, 17: 153 - 165.
- [15] Kellar A, Batur H. Mimicry of scorpions by juvenile lizard, *Teratoscincus roborowskii* (Gekkonidae). *Chinese Herpetological Research*, 1989, 2 (2): 60 - 64.
- [16] 宋玉成, 赵惠, 时磊. 吐鲁番沙虎的活动节律及其影响因子分析. *新疆农业大学学报*, 2009, 32 (1): 22 - 25.
- [17] Dolmen D. Skeletal growth marks and test's lobulation as criteria for age in *Triturus* spp. (Amphibia) in Central Norway. *Acta Zool (Stockh)*, 1982, 63: 73 - 80.
- [18] Misawa Y, Matsui K. Age determination by skeletochronology of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia Urodela). *Zoological Science*, 1999, 16: 845 - 851.
- [19] Measey G J. Growth and ageing of feral *Xenopus laevis* (Daudin) in South Wales, U. K. *Journal of Zoology London*, 2001, 254: 547 - 555.
- [20] Hemelaar A S M. Age determination of male *Bufo bufo* (Amphibia, Anura) from the Netherlands, based on year rings in phalanges. *Amphibia-Reptilia*, 1981, 3 (4): 223 - 233.
- [21] Castanet J, Smirina E M. Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. *Annales des Sciences Naturelles Zoologie Paris*, 1990, 11: 191 - 196.
- [22] Esteban M, Garcia-Paris M, Castanet J. Use of bone histology in estimating the age of frogs (*Rana perezi*) from a warm temperate climate area. *Canadian Journal of Zoology*, 1996, 74: 1914 - 1921.
- [23] Parham J F, Dodd C K, Zug G R. Skeletochronological age estimates for the red hill salamander, *Phaeognathus hubrichti*. *Journal of Herpetology*, 1996, 30: 401 - 404.
- [24] Ortega-Rubio A, Khodadost M, Servin R. Skeletochronology in the Mezquite Lizard, *Sceloporus grammicus*. *Proceeding of Oklahoma Academic Science*, 1993, 73: 31 - 34.
- [25] Khonsue W, Matsui M, Misawa Y. Age determination by skeletochronology of *Rana nigrovittata*, a frog from tropical forest of Thailan. *Zoological Science*, 2000, 17: 253 - 257.
- [26] Guarino F M, Erismis U C. Age determination and growth by skeletochronology of *Rana holtzi*, an endemic frog from Trukey. *Italian Journal of Zoology*, 2008, 75 (3): 237 - 242.
- [27] Warren J W. Growth zones in skeleton of recent and fossil

- vertebrates. Ph. D. thesis, Los Angeles, California: Dissertation Abstract, 1963, 24(2): 908-909.
- [28] Tinkle D W. Reproductive potential and cycles in female *Crotalus atrox* from northwestern Texas. *Copeia*, 1962, (2): 306-313.
- [29] Zug G R, Rand A S. Estimation of age in nesting female *Iguana iguana*: Testing skeletochronology in a tropical lizard. *Amphib-Reptilia*, 1987, 8: 237-250.
- [30] Gittens S, Steeds J, Williams R. Population age structure of the common toad (*Bufo bufo*) at a lake in Mid-Wales determined from annual growth rings in the phalanges. *British Journal Herpetology*, 1982, 6: 249-252.
- [31] 徐海根, 杨凤翔, 曾宗永, 等. 腾格里荒漠沙蜥年龄划分的研究. *动物学报*, 1993, 39(2): 146-153.
- [32] Francillon H. x 6* t ude expérimentale desmued de croissance sur les humérus et les femurs de Tritons crêtés (*Triturus cristatus* Laurenti) en relation avec la détermination del' age individuel. *Acta Zool (Stockh.)*, 1979, 60: 223-232.
- [33] Russell A P, Powell G L, Hall D R. Growth and age of Alberta long-toed salamanders (*Ambystoma macrodactylum krausei*): a comparison of two methods of estimation. *Canadian Journal of Zoology*, 1996, 74: 397-412.
- [34] 马云龙, 徐艳春, 王文. 年龄推测的分子生物学方法. *野生动物*, 2007, 28(3): 60-63.
- [35] Sandercock B K. Estimation of survival rates for wader population: a review of mark-recapture methods. *Wader Study Group Bulletin*, 2003, 100: 163-174.