

# 鳄蜥对熟悉和陌生个体气味的辨别

蒋洁<sup>①</sup> 武正军<sup>①\*</sup> 于海<sup>②</sup> 黄秉明<sup>①③</sup> 蔡凤金<sup>①</sup> 王振兴<sup>①</sup> 何南<sup>①</sup>

<sup>①</sup>广西师范大学生命科学学院 珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室 桂林 541004;

<sup>②</sup>广东省罗坑自然保护区 韶关 512100; <sup>③</sup>中国科学院动物研究所 北京 100101

**摘要:**个体辨别对于减少同种争斗以及配偶选择具有重要意义。我们用棉棒粘取鳄蜥 (*Shinisaurus crocodilurus*) 尿液作为气味源,以香水作为对照,测定鳄蜥对熟悉个体气味、陌生个体气味以及香水的舔舌次数和舔舌潜伏期,来探讨鳄蜥通过化学信息辨别熟悉和陌生个体的能力。结果显示,不论是雌性还是雄性,对不同个体尿液的舔舌次数均显著高于对香水的,舔舌潜伏期显著短于香水的;尽管雄性对陌生同性个体气味与熟悉同性个体气味的舔舌次数无显著差异,但对前者的舔舌潜伏期显著短于后者;雄性对陌生雌性气味的舔舌次数显著多于熟悉雌性气味的,对前者的舔舌潜伏期显著短于后者;雌性对陌生雄性气味的舔舌潜伏期显著短于对熟悉雄性气味的;雄鳄蜥对陌生雌性气味的舔舌次数显著多于雌鳄蜥对陌生雄性的。结果表明,鳄蜥能辨别同种个体的化学信息,并能通过化学信息来辨别熟悉和陌生个体,推测鳄蜥的这种辨别能力对其领域分配以及繁殖交配有重要作用。

**关键词:** 鳄蜥; 化学信息; 气味; 个体辨别

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2012)02-16-07

## Odours Discrimination between Familiar and Unfamiliar Individuals by Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*)

JIANG Jie<sup>①</sup> WU Zheng-Jun<sup>①\*</sup> YU Hai<sup>②</sup> HUANG Cheng-Ming<sup>①③</sup>  
CAI Feng-Jin<sup>①</sup> WANG Zhen-Xing<sup>①</sup> HE Nan<sup>①</sup>

<sup>①</sup>College of Life Science, Guangxi Normal University, Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin 541004;

<sup>②</sup>Luokeng Nature Reserve of Guangdong, Shaoguan 512100;

<sup>③</sup>Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

**Abstract:** Chemical discrimination is important for reptiles in reducing population competition and mating choice. In order to understand the discriminating ability of Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) on familiar and unfamiliar individual through chemical cues, we used cotton swabs containing perfume (cologne), chemical stimuli from urine of familiar and unfamiliar individuals as chemical odours, to test the discrimination ability of lizard by counting the times of tongue flicking and latency duration. Both of male and female Crocodile Lizards flicked their tongue much higher frequency when they were served cotton swabs with familiar and

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 30760039, 31060288), 教育部重点项目 (No. 209093), 广东省林业科技创新专项资金项目 (No. 2008KJCX013), 珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室项目 (桂科能 1001Z013), 广西高等学校优秀人才资助计划项目, 广西研究生教育创新项目 (No. 2009106020710M55);

\* 通讯作者, E-mail: wu\_zhengjun@yahoo.com.cn;

**第一作者介绍** 蒋洁, 女, 硕士; 研究方向: 动物生态学; E-mail: jiangjie9584@163.com。

收稿日期: 2011-10-22, 修回日期: 2011-12-27

unfamiliar odours than they did with cologne; the latency time toward familiar and unfamiliar odours were significantly shorter than that toward cologne. However, the tongue-flick frequency of males toward unfamiliar and familiar male odour was not significant difference, but males exhibited a much shorter latency time toward the former than they did toward the latter. Males licked their tongue more frequency at shorter latency time when they tested unfamiliar female odours than they did with familiar female odour. Female responded to familiar male odour was significantly shorter than they did to unfamiliar male odour. Male licked their tongue with a significant higher frequency in responding to unfamiliar female odour than female did to unfamiliar male odour. The results showed that the Crocodile Lizard could discriminate conspecific chemical cues from control cues, and could discriminate familiar and unfamiliar ones from chemical cues. This ability of discrimination familiar and unfamiliar ones may play important role in holding territory and in finding mating chance.

**Key words:** Chinese Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*); Chemical cues; Odours; Individuals discrimination

通常认为爬行类的信息交流主要以视觉为主,然而近年来越来越多的研究显示化学通讯也是爬行动物获得同种个体信息的一个重要方面<sup>[1]</sup>。国际上对爬行类信息素<sup>[1]</sup>以及它们感官检测的基础<sup>[2]</sup>已做了大量的研究。蜥蜴具有发达的犁鼻系统,典型的表现形式为使用其舌头来获得同伴的化学信息<sup>[2-3]</sup>。大量对有鳞目动物的研究揭示,有鳞类动物通过化学信息可以进行性别、生殖状况、熟悉性、关联性,甚至个体大小信息的识别<sup>[3-6]</sup>。化学感受器在种内交流是重要的,仅依赖化学特征就可以揭示等级身份<sup>[7-9]</sup>。在蜥蜴中,股骨腺分泌物也可以显示等级地位<sup>[10-12]</sup>。化学识别还可以减少争斗消耗<sup>[13-14]</sup>。另外,化学信号在蜥蜴的性选择中起重要的作用<sup>[1]</sup>,由于化学分泌物能传递有关雄性特征的信息,雌性可能使用这些信息来选择配偶<sup>[15-17]</sup>。由此可见,化学识别对于减少爬行动物的同种争斗以及配偶选择具有重要作用<sup>[18-19]</sup>。

在我国,对脊椎动物化学通讯行为的研究主要集中在哺乳类,如大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)<sup>[20-21]</sup>、小熊猫(*Ailurus fulgens*)<sup>[22]</sup>和一些啮齿类<sup>[23-24]</sup>;近年来在鸟类也有报道,如虎皮鹦鹉(*Melopsittacus undulatus*)<sup>[25]</sup>,而在两栖爬行动物中还未见相关研究。鳄鱼(*Shinisaurus crocodilurus*)属蛇蜥亚目(Anguimorpha)鳄蜥科(Shiniasuridae)鳄蜥属,为单型科单型属<sup>[26]</sup>,是我国 I 级保护野生动物。蛇蜥亚目的蜥蜴主要是以视觉方式来获得

周围的信息<sup>[27]</sup>,已有的研究也证实鳄鱼主要依靠视觉来辨别食物<sup>[28]</sup>。然而,鳄鱼具有可以感受化学信号的犁鼻器<sup>[26,29]</sup>,它同时也能通过气味来辅助辨别食物<sup>[28]</sup>,那么鳄鱼是否能通过化学信号来辨别同种个体?有鉴于此,提出以下假设:(1)鳄鱼能辨别同种个体的化学信号;(2)鳄鱼能通过化学信号辨别熟悉个体和非熟悉个体。我们于 2009 年 7~8 月在广东省罗坑自然保护区通过化学刺激实验,来揭示鳄鱼嗅觉辨别熟悉和陌生个体的能力。

## 1 材料与方法

**1.1 实验动物** 实验动物为来源于广东罗坑自然保护区大竹园管护站及鳄鱼研究中心半自然条件下人工饲养的成体鳄鱼。共选择实验鳄鱼 36 只,彼此没有亲缘关系。其中 16♂,头体长(snot-vent length, SVL) ( $144.76 \pm 1.95$ ) mm (Mean  $\pm$  SE), 20♀头体长( $152.16 \pm 2.42$ ) mm。保护区位于广东省中北部,北纬  $24^{\circ}36' \sim 24^{\circ}39'$ ,东经  $113^{\circ}13' \sim 113^{\circ}22'$ ,总面积  $21\,471.7\text{ hm}^2$ 。境内最高峰船底顶海拔  $1\,587\text{ m}$ ,最低海拔约  $200\text{ m}$ 。保护区内地貌复杂,四周群山环抱,中部为较平坦的盆地,年平均气温  $20.1^{\circ}\text{C}$ ,年平均降雨量  $1\,640\text{ mm}$ ,气候属亚热带季风气候。植被以天然常绿阔叶林为主,此外还有部分针叶林、针阔混交林和竹林。

**1.2 实验方法** 本实验使用棉棒法<sup>[28]</sup>,通过控制刺激来测试鳄鱼嗅觉辨别熟悉和陌生个体的能力。实验前 8 小时,将需提供化学信息的

鳄鱼单独放在小型玻璃缸(长×宽×高为 30 cm×10 cm×15 cm)中饲养,8 h 后收集鳄鱼尿液。实验分为 3 组,即 3 个性别组合:(1)雄性鳄鱼对雄性鳄鱼尿液的反应(雄-雄);(2)雄性鳄鱼对雌性鳄鱼尿液的反应(雄-雌);(3)雌性鳄鱼对雄性鳄鱼尿液的反应(雌-雄)。每组分别随机抽取 10 对进行实验,每对中一只个体为被测个体,另一只个体提供气味源。鳄鱼性别及年龄的鉴定参照张玉霞<sup>[26]</sup>的方法。用与被测个体同池饲养一个月的个体为熟悉个体,其他的为陌生个体。用香水(1:3 稀释)作为刺激性气味的对照<sup>[28,30]</sup>。具体做法如下,用不同棉棒分别沾上香水、熟悉或陌生个体的尿液。如果人距离鳄鱼太近,鳄鱼由于反捕食而不发生舔舌。为避免人为干扰对实验结果造成的影响,实验用的玻璃缸(长×宽×高为 40 cm×40 cm×30 cm)用白纸包围,棉花棒绑在 40 cm 长的木棍上,从玻璃缸上方将棉花棒伸入缸内,以避免人手的视觉干扰。实验进行时,缓慢地将棉花棒移到距鳄鱼吻部 1.0~1.5 cm 的地方。观察鳄鱼对不同棉花棒的反应,并记录 60 s 内鳄鱼对棉棒的舔舌次数(tongue-flick score, TFs)及舔舌潜伏期(行为指标参照 Martín 等<sup>[14]</sup>以及 Wilgers 等<sup>[31]</sup>),舔舌潜伏期是指从给予尿液刺激后到发生舔舌行为之间那一段时间。为了避免由于刺激顺序造成误差,实验的 3 种刺激和个体的顺序是随机的,每只实验个体每天最多只用于一个实验组,且隔 1 d 才用于下一次实验,每对个体均进行 10 次实验,每次实验的间隔时间至少 40 min。

**1.3 数据分析** 以秒表计时,记录各种行为变量。所有数据用 SPSS 13.0 软件和 EXCEL 2003 处理,在作进一步统计检验前,首先用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据的正态性。由于服从正态分布,故采用重复测量方差分析(repeated measures ANOVA)比较同组鳄鱼对 3 种不同刺激的舔舌次数和舔舌潜伏期的差异,以及实验中雌雄鳄鱼对刺激的行为差异。若同组鳄鱼对 3 种不同刺激的行为有显著差异,再进一步用 Tukey 检验进行两两差异的比较。数

据以平均值±标准误(Mean±SE)表示,显著性水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 雄性对同性气味的反应** 雄鳄鱼对 3 种不同气味的舔舌数[repeated measures ANOVA(以下同): $F_{2,27}=986.798, P<0.001$ ]和舔舌潜伏期( $F_{2,27}=85.985, P<0.001$ )有显著差异。雄性对 3 种气味的舔舌次数分别是:陌生同性( $6.04\pm0.12$ )次,熟悉同性( $5.97\pm0.11$ )次,香水( $1.00\pm0.10$ )次。其中对前两者的舔舌数均显著高于香水[Tukey 检验(以下同),所有 $P<0.001$ ],但前两者之间无显著差异( $P=0.853$ )。在舔舌潜伏期上,从长到短分别为(所有 $P<0.001$ ):香水气味( $35.53\pm2.05$ )s>熟悉气味( $26.05\pm0.80$ )s>陌生气味( $19.29\pm0.59$ )s。

**2.2 雄性对雌性气味的反应** 雄鳄鱼对 3 种不同气味的舔舌数( $F_{2,27}=1028.018, P<0.001$ )和舔舌潜伏期( $F_{2,27}=143.073, P<0.001$ )有显著差异。雄性对 3 种气味的舔舌次数从多到少分别是:陌生雌性( $5.75\pm0.12$ )次>熟悉雌性( $5.41\pm0.11$ )次>香水( $0.86\pm0.10$ )次,雄性对陌生雌性的舔舌次数显著高于对熟悉雌性的舔舌次数( $P=0.023$ ),且两者均极显著高于香水(所有 $P<0.001$ )。在舔舌潜伏期上,从长到短分别为(所有 $P\leq0.001$ ):香水气味( $37.6\pm1.96$ )s>熟悉气味( $25.69\pm0.57$ )s>陌生气味( $21.85\pm0.56$ )s。

**2.3 雌性对雄性气味的反应** 雌鳄鱼对 3 种不同气味的舔舌数( $F_{2,27}=892.343, P<0.001$ )和舔舌潜伏期( $F_{2,27}=166.450, P<0.001$ )有显著差异。雌性对 3 种气味的舔舌次数分别是:熟悉雄性( $5.32\pm0.10$ )次,陌生雄性( $5.14\pm0.10$ )次,香水( $0.92\pm0.09$ )次。其中前两者无显著差异( $P=0.295$ ),且两者均极显著高于香水(所有 $P<0.001$ )。在舔舌潜伏期上,从长到短分别为(所有 $P<0.001$ ):香水气味( $36.03\pm2.05$ )s>熟悉气味( $24.47\pm0.56$ )s>陌生气味( $20.55\pm0.42$ )s。

## 2.4 雌、雄鳄鱼对异性气味的行为反应比较

比较雌、雄鳄鱼对异性尿液气味的行为反应发现,除雄鳄鱼对陌生异性气味的舔舌次数显著

多于雌鳄鱼对陌生异性气味的舔舌次数外( $F_{1,18} = 18.931, P < 0.001$ ),其他行为反应均无显著性差异(表1)。

表1 雌雄鳄鱼对异性气味的行为反应比较(平均值 ± 标准误)

Table 1 Comparison of response behavior of female and male to opposite-sex odours (Mean ± SE)

刺激源 Stimulus	行为变量 Behavior variable	雄性 Male (n = 10)	雌性 Female (n = 10)	检验值 Test value
熟悉气味 Familiar odour	舔舌次数 Tongue-flick times	5.41 ± 0.11	5.32 ± 0.10	$F_{1,18} = 0.423, P = 0.524$
	舔舌潜伏期(s) Latency duration	25.69 ± 0.57	24.47 ± 0.56	$F_{1,18} = 2.000, P = 0.174$
陌生气味 Novel odour	舔舌次数 Tongue-flick times	6.04 ± 0.12	5.14 ± 0.10	$F_{1,18} = 18.931, P < 0.001$
	舔舌潜伏期(s) Latency duration	21.85 ± 0.56	20.55 ± 0.42	$F_{1,18} = 2.818, P = 0.110$
香水 Perfume	舔舌次数 Tongue-flick times	0.86 ± 0.10	0.92 ± 0.09	$F_{1,18} = 0.953, P = 0.342$
	舔舌潜伏期(s) Latency duration	37.60 ± 1.96	36.03 ± 2.05	$F_{1,18} = 1.991, P = 0.175$

## 3 讨论

我们的实验表明,(1)鳄鱼能辨别同种个体的化学信号和对照信号;(2)鳄鱼能够通过化学信息来辨别熟悉和陌生个体。具体表现在:①不论雌性还是雄性,对不同个体尿液的舔舌次数均显著高于对香水的,舔舌潜伏期显著短于香水的;②尽管雄性对陌生同性个体气味与熟悉同性个体气味的舔舌次数无显著差异,但对前者的舔舌潜伏期显著短于后者;③雄性对陌生雌性气味的舔舌次数显著多于熟悉雌性气味的,对前者的舔舌潜伏期显著短于后者;④雌性对陌生雄性气味的舔舌潜伏期显著短于对熟悉雄性气味的。

鳄鱼的这种对同种个体的嗅觉识别能力,与其他蜥蜴的研究结果类似。如伊比利亚岩蜥(*Lacerta monticola*)<sup>[32-33]</sup>、沙漠鬣蜥(*Dipsosaurus dorsalis*)<sup>[34]</sup>、美洲绿鬣蜥(*Iguana iguana*)<sup>[35]</sup>以及阔头石龙子(*Eumeces laticeps*)<sup>[36]</sup>均能通过嗅觉识别同种个体。不同的是,前3种蜥蜴的实验是用排泄物(feces)作为刺激源,由于排泄物除了包含未消化的残留物还包括尿液,可能既有

化学信息也有视觉信息<sup>[33,37]</sup>,因此,直接用排泄物作为刺激源不能完全代表实验动物的嗅觉识别能力。对阔头石龙子的研究是用泄殖腔分泌物作为刺激源<sup>[36]</sup>,泄殖腔的分泌物通常较少,因此对刺激源的收集要求较高。由于尿液携带的化学信息可能更强<sup>[38]</sup>,而且使用棉棒粘取尿液更方便,因此我们选择用尿液作为刺激源。

尽管雄性鳄鱼对熟悉同性气味的舔舌次数与陌生同性无显著差异,但舔舌潜伏期长于陌生同性的,这说明新的刺激能更快激起雄性鳄鱼的反应,这可能是具有领域性的鳄鱼对新入侵者的一种警惕反应。已有研究表明,相对于熟悉雄性的化学信息,陌生雄性的化学信息可以激起雄性蜥蜴更大的进攻<sup>[39-40]</sup>,如具领域性的雄性沙漠鬣蜥能快速地对陌生雄性发起进攻反应<sup>[34]</sup>。因此,雄鳄鱼的这种识别能力可能会使其在遇到不同的同性个体时采取不同的行为。

雄性鳄鱼对陌生雌性气味的舔舌数显著多于熟悉雌性的,舔舌潜伏期也显著短于熟悉雌性的,对陌生雌性气味表现出了显著的偏好。

一雄多雌婚配制度的蜥蜴常表现出偏好陌生雌性 (preference for novel females, PNF) 的现象,这是由于与一个新的雌性个体交配,有利于其提高繁殖成功率<sup>[41]</sup>,从而提高雄性自身的适合度,并避免近亲繁殖的有害影响<sup>[42]</sup>。偏好陌生雌性的反应已在多种一雄多雌婚配制度的蜥蜴中有报道,如龙骨无耳蜥蜴 (*Holbrookia propinqua*)<sup>[43]</sup>、沙氏变色蜥 (*Anolis sagrei*)<sup>[44]</sup>、绿色蜥蜴 (*A. carolinensis*)<sup>[41]</sup> 等。另外对阔头石龙子<sup>[36]</sup> 和豹纹守宫 (*Eublepharis macularius*)<sup>[45]</sup> 的研究也发现,雄性对陌生雌性化学刺激的舔舌次数多于对熟悉雌性的。作为混交制兼单配制动物的鳄蜥<sup>[46]</sup> 与上述蜥蜴类似,也表现出了对陌生雌性鳄蜥气味的偏好。另外,我们的结果也表明,雌鳄蜥能通过化学信息识别熟悉和陌生雄性,但其对陌生雄性的舔舌次数显著少于雄性对陌生雌性的舔舌次数,原因可能是雄性鳄蜥对陌生异性的化学信息敏感度更高。

鳄蜥具有犁鼻器<sup>[26,29]</sup>,犁鼻器既可检测挥发性的又可检测非挥发性的化学信号物质<sup>[47]</sup>,尿液里既包含了挥发性的又包含有非挥发性的化学信号物质<sup>[48]</sup>,鳄蜥通过舔舐粘尿液的棉棒,再经由犁鼻器检测其中的化学信号物质来识别同种个体。我们以前的研究表明,鳄蜥能够通过化学信息辨别猎物<sup>[28]</sup>,而本研究表明鳄蜥能够通过化学信息辨别同种个体,说明鳄蜥的嗅觉辨别能力还是较强的。另外,鳄蜥是独居的物种<sup>[49]</sup>,嗅觉辨别能力对鳄蜥的领域分配以及寻找配偶可能有重要作用。我们的实验结果仅从嗅觉角度对鳄蜥的个体辨别能力进行探讨,而要全面地研究该物种的个体辨别能力,还需结合其他方面(如视觉)进行更为全面的研究。

**致谢** 广东罗坑自然保护区的邓福星等工作人员在实验中提供帮助,谨此致谢!

## 参 考 文 献

[1] Mason R T. Reptilian pheromones // Gans C, Crews D.

Biology of the Reptilia, Physiology E: Hormones, Brain, and Behavior. Chicago: University of Chicago Press, 1992: 114 - 228.

- [2] Cooper W E. Chemical discrimination by tongue-flicking in lizards: a review with hypotheses on its origin and its ecological and phylogenetic relationships. *Journal of Chemical Ecology*, 1994, 20(2): 439 - 487.
- [3] Cooper W E. Evaluation of swab and related tests as a bioassay for assessing responses by squamate reptiles to chemical stimuli. *Journal of Chemical Ecology*, 1998, 24(5): 841 - 866.
- [4] Pianka E R, Vitt L J. *Lizards: Windows to the Evolution of Diversity*. Berkeley: University of California Press, 2003.
- [5] Shine R, Phillips B, Wayne H, et al. Chemosensory cues allow courting male garter snakes to assess body length and body condition of potential mates. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2003, 54(2): 162 - 166.
- [6] Labra A. Chemoreception and the assessment of fighting abilities in the lizard *Liolaemus monticola*. *Ethology*, 2006, 112(10): 993 - 999.
- [7] Apps P J, Rasa A, Viljoen H W. Quantitative chromatographic profiling of odours associated with dominance in male laboratory mice. *Aggressive Behavior*, 1988, 14(6): 451 - 461.
- [8] Moore P J, Reagan-Wallin N L, Haynes K F, et al. Odour conveys status on cockroaches. *Nature*, 1997, 389(6646): 25.
- [9] Zulantz-Schneider R A, Huber R, Moore P A. Individual and status recognition in the crayfish, *Orconectes rusticus*: the effects of urine release on fight dynamics. *Behaviour*, 2001, 138(2): 137 - 153.
- [10] Alberts A C, Pratt N C, Phillips J A. Seasonal productivity of lizard femoral glands: relationship to social dominance and androgen levels. *Physiology and Behavior*, 1992, 51(4): 729 - 733.
- [11] Moreira P L, López P, Martín J. Femoral secretions and copulatory plugs convey chemical information about male identity and dominance status in Iberian rock lizards (*Lacerta monticola*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2006, 60(2): 166 - 174.
- [12] Martín J, Moreira P L, López P. Status-signalling chemical badges in male Iberian rock lizards. *Functional Ecology*, 2007, 21(3): 568 - 576.
- [13] López P, Muñoz A, Martín J. Symmetry, male dominance and female mate preferences in the Iberian rock lizard, *Lacerta monticola*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2002, 52(4): 342 - 347.

- [14] Martín J, López P. Scent may signal fighting ability in male Iberian rock lizards. *Biology Letters*, 2007, 3(2): 125 - 127.
- [15] López P, Aragón P, Martín J. Responses of female lizards, *Lacerta monticola*, to males' chemical cues reflect their mating preference for older males. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2003, 55(1): 73 - 79.
- [16] Olsson M, Madsen T, Nordby J, et al. Major histocompatibility complex and mate choice in sand lizards. *Proceedings of the Royal Society of London; Series B; Biological Sciences*, 2003, 270(Suppl 2): 254 - 256.
- [17] López P, Martín J. Female Iberian wall lizards prefer male scents that signal a better cell-mediated immune response. *Biology Letters*, 2005, 1(4): 404 - 406.
- [18] Bull C M, Cooper S J B. Relatedness and avoidance of inbreeding in the lizard, *Tiliqua rugosa*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1999, 46(6): 367 - 372.
- [19] Werner D I, Baker E M, Gonzales E C, Sosa I R. Kinship recognition and grouping in hatchling green iguanas. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1987, 21(2): 83 - 89.
- [20] 胡锦涛, 夏勒. 卧龙的大熊猫. 成都: 四川科技出版社, 1985.
- [21] 刘定震, 房继明, 孙儒泳, 等. 大熊猫个体不同性活跃能力的行为比较. *动物学报*, 1998, 44(1): 27 - 34.
- [22] 李春, 王小明. 小熊猫对同性和异性气味的行为反应. *动物学报*, 2006, 52(4): 794 - 799.
- [23] 任宝军, 邰发道. 棕色田鼠对熟悉和陌生异性尿液的识别. *兽类学报*, 2006, 26(3): 285 - 291.
- [24] 谢树春, 李金钢, 高飞. 啮齿动物的嗅觉识别与配偶选择. *安徽农学通讯*, 2008, 14(9): 53 - 54.
- [25] Zhang J Z, Wei W, Zhang J H, et al. Uropygial gland-secreted alkanols contribute to olfactory sex signals in budgerigars. *Chemical Senses*, 2010, 35(5): 375 - 382.
- [26] 张玉霞. 鳄鱼生物学. 桂林: 广西师范大学出版社, 2002.
- [27] Reilly S M, Mcbrayer L B, Miles D B. *Lizard Ecology: The Evolutionary Consequences of Foraging Mode*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [28] 蒋洁, 武正军, 于海, 等. 鳄鱼的食物识别机制. *动物学研究*, 2009, 30(5): 553 - 558.
- [29] Conrad J L. Skull, mandible, and hyoid of *Shinisaurus crocodilurus* Ahl (Squamata, Anguimorpha). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2004, 141(3): 399 - 434.
- [30] Cooper W E Jr. Evaluation of swab and related tests as a bioassay for assessing responses by squamate reptiles to chemical stimuli. *Journal of Chemical Ecology*, 1998, 24(5): 841 - 866.
- [31] Wilgers D J, Horne E A. Discrimination of chemical stimuli in conspecific fecal pellets by a visually adept iguanid lizard, *Crotaphytus collaris*. *Journal of Ethology*, 2009, 27(1): 157 - 163.
- [32] Aragón P, López P, Martín J. Size-dependent chemosensory responses to familiar and unfamiliar conspecific faecal pellets by the Iberian rock-lizard, *Lacerta monticola*. *Ethology*, 2000, 106(12): 1115 - 1128.
- [33] López P, Aragón P, Martín J. Iberian rock lizards (*Lacerta monticola cyreni*) assess conspecific information using composite signals from Faecal Pellets. *Ethology*, 1998, 104(10): 809 - 820.
- [34] Glinsky T H, Krekorian C O N. Individual recognition in free-living adult male desert iguanas, *Dipsosaurus dorsalis*. *Journal of Herpetology*, 1985, 19(4): 541 - 544.
- [35] Alberts A C, Werner D I. Chemical recognition of unfamiliar conspecifics by green iguanas: functional significance of different signal components. *Animal Behaviour*, 1993, 46(1): 197 - 199.
- [36] Cooper W E Jr. Chemosensory recognition of familiar and unfamiliar conspecifics by the scincid lizard *Eumeces laticeps*. *Ethology*, 1996, 102(3): 454 - 464.
- [37] Duvall D, Graves B M, Carpenter G C. Visual and chemical composite signaling effects of *Sceloporus* lizard fecal boli. *Copeia*, 1987, 1987(4): 1028 - 1031.
- [38] Alberts A C. Constraints on the design of chemical communication systems in terrestrial vertebrates. *American Naturalist*, 1992, 139(Suppl 1): S62 - S89.
- [39] Jaeger R G. Dear enemy recognition and the costs of aggression between salamanders. *American Naturalist*, 1981, 117(6): 962 - 974.
- [40] Qualls C P, Jaeger R G. Dear enemy recognition in *Anolis carolinensis*. *Journal of Herpetology*, 1991, 25(3): 361 - 363.
- [41] Orrell K S, Jenssen T M. Male mate choice by the lizard *Anolis carolinensis*: a preference for novel females. *Animal Behaviour*, 2002, 63(6): 1091 - 1102.
- [42] Shykoff J A, Schmid-hempel P. Parasites and the advantage of genetic variability within social insect colonies. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 1991, 243(1306): 55 - 58.
- [43] Cooper W E. Female residency and courtship intensity in a territorial lizard, *Holbrookia propinqua*. *Amphibia-Reptilia*, 1985, 6(1): 63 - 69.
- [44] Tokarz R R. Male mating preference for unfamiliar females in the lizard, *Anolis sagrei*. *Animal Behaviour*, 1992, 44

- (5): 843–849.
- [45] Steele L J, Cooper W E Jr. Investigations of pheromonal discrimination between conspecific individuals by male and female leopard geckos (*Eublepharis macularius*). *Herpetologica*, 1997, 53(4): 475–484.
- [46] 于仕, 武正军, 王振兴, 等. 广东罗坑自然保护区饲养鳄蜥的求偶和交配行为. *动物学杂志*, 2009, 44(5): 38–44.
- [47] Zug G R, Vitt L J, Caldwell J P. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2001: 253.
- [48] Hurst J L, Payne C E, Nevison C M, et al. Individual recognition in mice mediated by major urinary proteins. *Nature*, 2001, 414(6864): 631–634.
- [49] 于海, 黄乘明, 武正军, 等. 鳄蜥生活习性的观察. *四川动物*, 2006, 25(2): 364–366.

## 《动物学杂志》投稿注意事项

### 1 稿件的投寄

请登录本刊网站(dwzzz. ioz. ac. cn)注册投稿。或通过本刊的电子信箱投寄(E-mail: journal@ ioz. ac. cn; Word文件作附件),同时邮寄打印稿一份。打印稿小四号字 1.5 倍行距单面打印。作者在投稿的同时务必出具公函或作出承诺,稿件不能一稿多投和侵权。

### 2 论文的格式要求

**题目** 应言简意赅。中文题目字数一般不超过 20 个字;英文题目不超过 10 个实词,实词首字母大写。

**作者** 署名入应是对论文的全部或部分内容做出主要贡献,并能对文章内容负责的人。

**单位** 应写作者单位的标准全称及所在地和邮编。

**摘要** 中文摘要放在文首。内容包括:研究目的、方法、结果(主要数据)和结论。用第三人称叙述。英文摘要放在中文摘要下面,其内容应与中文摘要相对应或略详于中文摘要。

**关键词** 一般为 3~5 个,中英文对应,分别列在中英文摘要下面。

**前言** 结合文摘阐述国内外相关研究领域的发展状况及本研究的目的和意义。

**正文** 材料与方法的来源及方法的出处应详细陈述;结果的数据要完整,微观形态的稿件应有实验照片作为依据;文字叙述要简洁明了,与图表内容相互呼应;讨论应依据前言的内容、结果的数据、现象展开讨论,以达到解决问题或得出结论的目的。

**全文书写规格** 文中请使用国家颁布的法定计量单位和符号及规范化的名词、术语。文中首次出现的英文缩写词,应先写出中文名称后,再在括号内写出英文全称和缩写词。物种名称在文中第一次出现时应附拉丁学名(种属名用斜体,属名首字母大写)。名词术语的用法文中应前后一致。

①小标题:应简短准确、层次清楚。各级标题一律采用阿拉伯数字连续编码,左顶格编排,如“1”(一级标)、“1.1”(二级标)、“1.1.1”(三级标)。

②图表:力求精选,反应同一数据的图与表不能重复。其序号一律采用阿拉伯数字编码,在文中引用处注明。线条图应用计算机绘制;照片图要求反差适中、层次清晰。显微及电镜照片,应注明长度标尺和放大倍数。

**参考文献** 应列出与本文直接有关的中外文主要文献。本刊文献的著录格式采用顺序编码制,即以文献在文中出现的先后顺序连续编码,加方括号标注在文中引用处,文后文献表的文献要与文中一致,并按文中出现的顺序排列,多名作者在列出前三位作者后加“等”。具体格式要求为:

①期刊:作者.题名.刊名,出版年,卷(期)号;起止页码.示例:

[1] 郑光美. 黄腹角雉. *动物学杂志*, 1987, 22(5): 40–43.

(下转第 45 页)