

## 鳄蜥的食物识别机制

蒋洁<sup>1</sup>, 武正军<sup>1,\*</sup>, 于海<sup>2</sup>, 黄乘明<sup>1,3,\*</sup>, 王振兴<sup>1</sup>

(1. 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级共建重点实验室, 广西 桂林 541004;

2. 广东省罗坑自然保护区, 广东 韶关 512100; 3. 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

**摘要:** 鳄蜥(*Shinisaurus crocodilurus*)食物识别机制的研究, 对进一步了解鳄蜥的捕食行为和生态学习性有重要意义。使用棉棒分别沾上去离子水、香水、黄粉虫(*Tenebriomolitor* L.)和蚯蚓(*Pheretima* sp.)的气味(蚯蚓和黄粉虫处死后绞碎以便于棉花棒蘸上), 观察 11 只鳄蜥对 4 种化学刺激的反应, 每个个体对每种刺激均进行 24 次实验重复。实验结果显示: 鳄蜥对 4 种刺激均有反应, 对黄粉虫和蚯蚓刺激的舔舌次数显著高于香水和去离子水的舔舌次数(Wilcoxon test, 所有  $P < 0.001$ ), 表明鳄蜥能检测以及识别控制刺激和食物刺激。再又对鳄蜥进行 4 种处理实验: (A)空白对照; (B)蚯蚓气味; (C)密封着的活蚯蚓; (D)活蚯蚓。每个个体每种处理均进行 5 次实验。结果显示: 鳄蜥在不同处理下的行为持续时间、探究频次和攻击频次有显著差异(Friedman test, 所有  $P < 0.001$ )。鳄蜥在仅有视觉刺激出现的处理 C 以及既有化学刺激又有视觉刺激的处理 D 比仅有化学刺激的处理 B 在持续时间、探究频次和攻击频次上都显著要高(所有  $P < 0.001$ )。在无视觉刺激条件下, 鳄蜥在处理 B 的行为持续时间以及探究频次均显著高于处理 A 的(所有  $P < 0.001$ ); 而在视觉信息相同的条件下, 鳄蜥在处理 D 中仅行为持续时间显著高于处理 C ( $Z = 3.95, P < 0.001$ ), 而探究频次以及攻击频次无显著差异(前者  $Z = 1.53, P = 0.13$ ; 后者  $Z = 1.10, P = 0.27$ )。结果表明, 鳄蜥主要利用视觉捕食, 化学感觉有辅助作用。鳄蜥这种食物识别机制可能与捕食模式和种系发生有关, 也可能受食物的影响。

**关键词:** 鳄蜥; 食物识别; 视觉信息; 化学信息

中图分类号: Q959.5; Q434 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853-(2009)05-0553-06

## Prey Discrimination Mechanisms of Chinese Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*)

JIANG Jie<sup>1</sup>, WU Zheng-jun<sup>1,\*</sup>, YU Hai<sup>2</sup>, HUANG Cheng-ming<sup>1,3,\*</sup>, WANG Zhen-xing<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education; College of

Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Luokeng Nature Reserve of Guangdong, Shaoguan 512100, China;

3. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China)

**Abstract:** To understand the foraging behavior and ecology of the Chinese crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*), we studied prey discrimination mechanisms through two series of experiments. The first experiment used swabs dampened with deionised water, cologne, macerated earthworm (*Pheretima* sp.) and macerated tenebrio (*Tenebriomolitor* L.) as chemical cues and the response of 11 Chinese crocodile lizard was observed. Each individual was tested 24 times to each stimulus. The results showed that all individuals of Chinese crocodile lizard responded to the swabs by tongue flicking. The number of tongue-flicks in response to the tenebrio and earthworm stimuli was significantly higher than that to the cologne and deionized water (Wilcoxon test, all  $P < 0.001$ ). This indicates that the Chinese crocodile lizard can discriminate food and non-food stimuli. In the second experiment, we observed the responses of Chinese crocodile lizard to the following cues: (A) blank utensil, (B) utensil treated with macerated earthworm, (C) a live earthworm sealed in the utensil, (D) a live earthworm placed in the open utensil. Each individual was tested 5 times for each cue. Results showed that the Chinese crocodile lizard response for each cue was significantly different in dealing time, investigation frequency and attack frequency (all  $P < 0.001$ ). The dealing time, investigation frequency and attack frequency in cue C (visual cue) and in cue D (visual and chemical cue) were significantly higher than in cue B (chemical cue) (all  $P < 0.001$ ). Exclusion of the visual cue, showed the dealing time and investigation

收稿日期: 2009-02-18; 接受日期: 2009-08-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(30760039); 教育部重点项目 (209093); 国家林业局; 广西高校人才小高地建设创新团队资助计划,

广东省林业科技创新专项资金 (2008KJCX013), 广西研究生教育创新项目(2008106020710M253, 2007106070710M64)

\*通讯作者 (Corresponding author), E-mail: zhengjun@yahoo.com.cn; cmhuang@ioz.ac.cn

frequency were significantly higher than in cue A (blank) (all  $P < 0.001$ ). Under the same visual cues, only dealing times in cue D was higher than that in cue C ( $Z = 3.95$ ,  $P < 0.001$ ). But investigation frequency and attack frequency were not significantly different between cue C and D (for former  $Z = 1.53$ ,  $P = 0.13$ ; for latter  $Z = 1.10$ ,  $P = 0.27$ ). These indicate that Chinese crocodile lizard rely more on visual cues to discriminate prey than on chemical cues. The prey discrimination mechanisms of Chinese crocodile lizard may be related with foraging mode, phylogeny and prey.

**Keywords:** Chinese crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*); Prey discrimination; Visual cues; Chemical cues

在动物进化过程中, 捕食是一个重要的选择压力并对动物反捕食进化适应起重要作用。任何动物在觅食过程中需要对复杂环境中的各种信息加以权衡, 以确定捕食风险和取食项目, 能利用环境因子作为信息估计食物的可利用性和捕食风险大小的动物, 其适合度更大(Hileman et al, 1994)。为了获取足够的能量和营养摄入量, 动物必须有足够的感官能力去检测食物。大多数动物具有多种感觉形式, 如通过视觉、气味、声音、震动和热感应等来获得环境信息(Krebs & Davies, 1993)。目前, 对动物食物的识别能力的研究在哺乳类、鸟类以及鱼类中研究较多, 而对爬行动物研究则起步较晚。其中蛇类的报道比较多, 而蜥蜴的研究相对较少。

对于爬行动物的食物识别机制, 国外学者已进行了比较多的研究, 如 Cooper (1990b, 1991)、Cooper 和 Flowers (2000)、Cooper 和 Pérez-Mellado (2002)、Marcos-Leon (1999) 以及 Nelling (1996)。对蜥蜴的研究发现, 具有犁鼻器的蜥蜴主要通过化学线索来确定和识别猎物以及对猎物作出反应(Cooper & Burghardt, 1990a)。大量的蜥蜴舔舌试验揭示了食物化学识别机制, 蜥蜴通过舔舌来检测食物、信息和捕食者(Burghardt, 1970b; Cooper et al, 1994)。一旦舌头检测到猎物化学刺激就能识别和确定猎物(Cooper, 1995, 1997), 蜥蜴也会用这些化学线索去确定隐藏着的猎物(Bogert & Martin del Campo, 1956; Auffenberg, 1984)。对一些蜥蜴和蛇类而言, 嗅觉通讯在猎物化学识别方面是必需的, 这已通过实验研究得到证实(Halpern & Frumin, 1979; Cooper & Alberts, 1991)。

鳄蜥 (*Shinisaurus crocodilurus*) 属 鳄 蜥 科 (Shiniasauridae) 鳄蜥属 (*Shinisaurus*), 为单型科单型属(Zhang, 2002), 是我国的一级保护动物。鳄蜥具有可以感受化学信号的犁鼻器(Zhang, 2002; Conrad, 2004)。鳄蜥是否也与其他具有犁鼻器的爬行类一样对食物有化学识别能力, 还是依靠视觉或是视觉和嗅觉的结合来进行食物识别。我们通过对鳄蜥进行

化学刺激和视觉刺激实验, 来揭示鳄蜥的食物识别机制。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验环境

实验动物来源于广东罗坑自然保护区研究中心, 为人工饲养鳄蜥。共采样 11 只鳄蜥, 其中 4♂[SVL (140.96±8.57 mm)], 7♀SVL [ (148.90±5.31 mm) ]。将 11 只鳄蜥置于实验室的玻璃缸中(200 cm×60 cm×58.5 cm), 玻璃缸底部铺上一层细沙, 内置有供鳄蜥栖息的木块和石头, 并置有瓦片作为鳄蜥避难所。

### 1.2 实验方法

1.2.1 化学刺激实验 本实验使用棉棒法(Burghardt, 1970b; Cooper and Burghardt, 1990a; Cooper, 1998a), 通过控制刺激来测试鳄蜥嗅觉识别食物的能力。实验前, 准备好 4 个棉棒。具体做法如下, 用不同棉花棒沾上去离子水、香水、黄粉虫 (*Tenebriomolitor* L.) 和蚯蚓 (*Pheretima* sp.) 的气味(蚯蚓和黄粉虫处死后绞碎以便于棉花棒蘸上), 黄粉虫和蚯蚓作为食物刺激。香水作为非食物的有味刺激, 以 3:1 浓度稀释, 以避免高浓度对实验产生负面影响(Dial & Schwenk, 1996; Cooper, 1998a, b)。去离子水作为无味刺激(Cooper & Burghardt, 1990a)。实验进行时, 缓慢地将棉花棒移到鳄蜥吻部 1~1.5 cm 的地方。观察鳄蜥对不同棉花棒的反应: (1) 如果发生舔舌(30 s 内)但不发生啃咬, 则直接记录对棉棒的舔舌次数(60 s 内); (2) 如果发生啃咬, 则记录啃咬前的舔舌次数和舔舌到啃咬的时间; (3) 如果在 30 s 内无反应, 则将棉棒接近其吻, 在下一个 30 s 内发生舔舌, 记录同上, 如果在下一个 30 s 内无反应, 则记为 0; (4) 如果没发生舔舌而直接啃咬, 则该个体重来; (5) 如果在 10 min 内对棉棒没有反应, 则弃掉该个体。

为了避免由于刺激顺序造成误差, 4 种刺激和个体的顺序是随机的, 每个个体对每种刺激均进行

24次实验, 每次实验的间隔时间至少40 min。记下鳄蜥在60 s内的舔舌数和舔舌、啃咬以及延续啃咬的综合指标: Tongue-flick attack score for repeated measures designs, 简称TFAS(R) (Burghardt, 1970b; Cooper and Burghardt, 1990a)。如果个体不发生啃咬, 则TFAS(R)为舔舌数; 如果发生啃咬, TFAS(R)为最大舔舌数加上延续啃咬的时间。

1.2.2 视觉和化学刺激结合实验 通过对鳄蜥进行化学刺激或视觉刺激, 比较鳄蜥通过视觉和嗅觉对不同刺激的持续时间及反应(舔舌或啃咬)。每个个体均进行以下4种处理实验: (A)控制实验, 空的培养皿; (B)化学刺激实验, 培养皿里有蚯蚓气味(蚯蚓处死后绞碎, 涂于培养皿上); (C)视觉实验, 培养皿装着活的蚯蚓, 但密封着, 以避免化学刺激的干扰; (D)视觉和化学刺激(结合)实验, 培养皿装着活的蚯蚓, 但不密封。

实验的4种处理和个体的顺序是随机的, 每个个体的每种处理均重复5个次实验。行为观察时间为15 min, 处理实验间隔时间为5 min, 利用秒表记录各种行为变量的持续时间、发生频次。观察记录的行为模式及其定义如下, 持续时间: 实验过

程中, 对不同处理停留的时间; 探究频次: 接近处理的次数; 攻击频次: 攻击处理的次数。

### 1.3 数据分析

所有数据用 SPSS13.0 软件和 EXCEL2003 处理, 在作进一步统计检验前, 用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据的正态性。由于不服从正态分布, 故用非参数的 Friedman 检验比较鳄蜥对不同刺激的舔舌差异以及在不同处理下的持续时间和行为差异, 组间差异采用 Wilcoxon 检验; 显著性水平设置为  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 鳄蜥对化学刺激的反应

所有个体均对4种刺激做出了反应(表1), 雌、雄鳄蜥之间对去离子水、香水、蚯蚓和黄粉虫的舔舌数无显著差异(所有  $P>0.05$ )。11只鳄蜥在4种不同刺激下的舔舌数有极显著差异( $\chi^2=10.80$ ,  $df=1$ ,  $P=0.001$ ), 对蚯蚓的反应明显强于其他刺激反应(所有  $P<0.001$ ), 对黄粉虫和蚯蚓刺激的舔舌数显著于香水(所有  $P<0.001$ )和去离子水(所有  $P<0.001$ ) (表2)。

表 1 雌雄鳄蜥对 4 种刺激的舔舌数(60s 内) (Mean±SE)

Tab. 1 Tongue-flicks directed to cotton swabs by female and male *Shinisaurus crocodilurus* to four chemical stimuli (Mean±SE)

性别 Sex	样本数 <i>n</i>	去离子水 Deionised water	香水 Cologne	蚯蚓 Earthworm	黄粉虫 Tenebrio
雌性 Female	7	0.60±0.10	0.86±0.11	6.64±0.16	5.52±0.14
雄性 Male	4	0.43±0.09	0.79±0.13	6.29±0.20	5.19±0.14
Wilcoxon 检验 ( <i>Z</i> )		-0.28	-0.12	-1.26	-1.29
<i>P</i>		0.78	0.91	0.21	0.20

表 2 鳄蜥在不同刺激下(去离子水、香水、蚯蚓和黄粉虫)的舔舌数 (60s 内) (Mean±SE)

Tab. 2 Tongue-flicks directed to cotton swabs by *Shinisaurus crocodilurus* to chemical stimuli from deionised water, cologne, earthworm and tenebrio in 60s tests (Mean±SE)

24 次实验的舔舌数 Tongue-flicks of 24 tests	去离子水 Deionised water	香水 Cologne	蚯蚓 Earthworm	黄粉虫 Tenebrio
平均值±标准误 Mean±SE	0.54±0.07	0.84±0.08	6.52±0.12	5.40±0.10
范围 Range	0-7	0-6	1-15	1-12

由于没有个体发生啃咬的行为, 所以舔舌数和 TFAS(R)是相同的, 蚯蚓和黄粉虫刺激的 TFAS(R)显著高于去离子水和香水(图1)。

### 2.2 鳄蜥对视觉和化学刺激(结合)的反应

鳄蜥在不同处理下的行为持续时间、探究频次和攻击频次有显著差异(所有  $P<0.001$ ) (表3)。在持续时间上, 鳄蜥在处理 B 的行为持续时间显著高于处理 A 的( $Z=4.69$ ,  $P<0.001$ )、在处理 D 的显著高于处理 C 的( $Z=3.95$ ,  $P<0.001$ ), 且在处理 C 和处理 D

的持续时间显著长于在处理 A 和处理 B 的(所有  $P<0.001$ ) (表3)。在探究频次上, 处理 B 的频次显著高于处理 A 的( $Z=4.85$ , 所有  $P<0.001$ ), 而处理 C 和处理 D 之间无显著差异( $Z=1.53$ ,  $P=0.13$ ), 在处理 C 和处理 D 的探究频次显著长于处理 A 和处理 B 的(所有  $P<0.001$ )。在攻击频次上, 对处理 A 和处理 B 无攻击行为, 而只对处理 C 和处理 D 有攻击行为, 且处理 C 和处理 D 之间无显著差异( $Z=1.10$ ,  $P=0.27$ )。

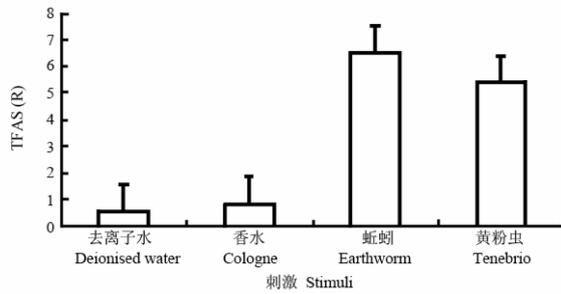


图 1 鳄鱼 11 个个体在 60s 内对去离子水、香水、蚯蚓和黄粉虫刺激的 TFAS(R) 平均值

Fig. 1 Mean TFAS(R) for 11 *Shinisaurus crocodilurus* responding to chemical stimuli from deionised water, cologne, earthworm or tenebrio in 60s. Error bars represent 1.0 SE

### 3 讨论

本研究的结果表明鳄鱼能够通过嗅觉和视觉来识别食物，以视觉识别为主而化学识别为辅。在

化学刺激实验中，鳄鱼能识别食物和非食物刺激，表明鳄鱼能通过嗅觉来识别食物。在视觉和化学刺激结合实验中，鳄鱼在仅有视觉刺激出现的处理 C 以及既有化学刺激又有视觉刺激的处理 D 比仅有化学刺激的处理 B 在持续时间、探究频次和攻击频次上显著要高，说明鳄鱼更多地依靠视觉来识别食物。在无视觉刺激条件下，鳄鱼在处理 B 的行为持续时间以及探究频次均显著高于处理 A 的；同时，在视觉信息相同的条件下，鳄鱼在处理 D 的行为持续时间显著高于处理 C 的，这些均说明嗅觉在食物识别中也能起一定作用。鳄鱼的这种对食物的识别能力，与其他蜥蜴[如埃及刺尾蜥(*Uromastix aegyptius*)(Cooper & Aljohany, 2002)，美洲蜥蜴(*Ameiva ameiva*)(Cooper et al, 2002)，南非盾甲蜥(*Gerrhosaurus nigrolineatus*)(Cooper et al, 2001)，巴里利亚壁蜥(*Podarcis lilfordi*)(Cooper & Pérez-Mellado, 2002)]的研究结果是相类似的。

表 3 11 个鳄鱼在不同处理中的行为比较(15min 内) (Mean±SE)

Tab. 3 Comparison of behaviours on different experiments in eleven *Shinisaurus crocodilurus* (Mean±SE)

处理实验 Experiments	持续时间/秒 Durations of behavior (s)	探究频次 Investigation frequency	攻击频次 Attack Frequency
A 空白实验 Blank treatment	0.09±0.05	0.05±0.03	0.00±0.00
B 化学刺激实验 Chemical treatment	2.56±0.44	0.55±0.07	0.00±0.00
C 视觉实验 Visual treatment	204.02±9.15	1.36±0.08	13.15±0.56
D 视觉和化学刺激(结合)实验 Visual and chemical(combined) treatment	228.82±10.24	1.49±0.07	13.55±0.53
$\chi^2$	12.52	216	189.20
P	<0.001	<0.001	<0.001

鳄鱼食物识别机可能与捕食模式和种系发生有关，也可能受食物的影响(Cooper, et al., 2001)。在捕食模式方面，爬行动物一般有坐等(sit-and-wait)和漫游(active)两种类型(MacArthur & Pianka, 1966; Huey & Pianka, 1981)。一般认为漫游型捕食者比坐等型捕食者更多的依靠化学感觉来检测食物(Evans, 1961; Enders, 1975; Regal, 1978)，因为漫游型捕食者在寻找食物过程中，通过不断地舔舌来确定食物的位置(Evans, 1961)。它们不仅能通过化学线索检测出隐蔽的猎物(Bogert & Martín Del Campo, 1956; Auffenberg, 1984)，还能识别猎物的化学刺激和控制刺激。这一点通过在缺乏视觉线索的情况下，发生不断地舔舌以及频繁地啃咬刺激物等行为得以证实(Cooper, 1994a, 1995, 1997)。相反，坐等型捕食者在等待不动的猎物时几乎不舔舌或很少舔舌，只有移动到新的环境才发生舔舌(Cooper et al,

1994a)。许多坐等型蜥蜴都没有表现出对猎物的化学识别能力，而只有视觉识别能力(Cooper, 1989, 1994a, b, c, 1995, 1997, 1999a)。鳄鱼属于坐等型捕食者(Ning, 2007)，因此在等待猎物过程中主要依靠视觉来发现猎物，这与其他坐等型捕食者是一样的。鳄鱼属于蛇蜥亚目，具有能分辨化学刺激的犁鼻器(Zhang, 2002; Conrad, 2004)，因此鳄鱼能够通过嗅觉辅助识别猎物的类型和质量，从而选择高能量的猎物(Pianka & Vitt, 2003; Vitt et al., 2003)，如蚯蚓、软体动物、蝗虫和蟋蟀，并积极避免捕食蚂蚁和其他膜翅目昆虫(Ning, 2007)，因为它们含有可能会干扰代谢过程的化学物质(Vitt & Pianka, 2007)。Cooper (1994c)认为一些坐等型捕食者通过视觉从固定的位置寻找猎物，而在猎物靠近头部的一个小的范围是发生舔舌(Cooper, 1994c)。因此鳄鱼对猎物化学刺激的识别只在靠离其很近的距离

时才发生, 而距离较远时主要靠视觉发现猎物。

致谢: 广西师范大学的于仕、陈亮以及广东罗

坑自然保护区的邓福生等部分工作人员在实验中提供帮助, 谨此致谢!

## 参考文献:

- Auffenberg W. 1984. Notes on the feeding behaviour of *Varanus bengalensis* (Sauria: Varanidae) [J]. *J Bombay Nat Hist Soc*, **80**: 286-302.
- Bogert CM, Martín Del Campo RM. 1956. The gila monster and its allies: The relationships, habits, and behavior of the lizards of the family Helodermatidae [J]. *Bull Amer Mus Nat Hist*, **109**: 1-238.
- Burghardt GM. 1970b. Chemical perception in reptiles [C]// Johnston JW, Moulton DG, Turk A. Advances in Chemoreception(I), Communication by Chemical Signals. New York: Appleton-Century-Crofts, 241-308.
- Cooper WE Jr. 1990b. Prey odor detection by teiid and lacertid lizards and the relationship of prey odor detection to foraging mode in lizard families [J]. *Copeia*, **1990**: 237-242.
- Cooper WE Jr, Burghardt GM. 1990a. A comparative analysis of scoring methods for chemical discrimination of prey by squamate reptiles [J]. *J Them Ecol*, **16**: 45-65.
- Cooper WE Jr, Alberts AC. 1991. Tongue-flicking and biting in response to chemical food stimuli by an iguanid lizard (*Dipsosaurus dorsalis*) having sealed vomeronasal ducts: vomerofaction may mediate these behavioral responses [J]. *J Them Ecol*, **17**: 135-146.
- Cooper WE Jr. 1991. Responses to prey chemicals by a lacertid lizard, *Podarcis muralis*: prey chemical discrimination and poststrike elevation in tongue-flick rate [J]. *J Chem Ecol*, **17**: 849-863.
- Cooper WE Jr. 1994a. Chemical discrimination by tongue-flicking in lizards: a review with hypotheses on its origin and its ecological and phylogenetic relationships [J]. *J Chem Ecol*, **20**: 439-487.
- Cooper WE Jr. 1994b. Prey Chemical Discrimination, Foraging Mode, and Phylogeny [M]// Vitt, LJ, Pianka ER. Lizard Ecology: Historical and Experimental Perspectives [C]. Princeton, New Jersey: Princeton Univ Press, 95-116.
- Cooper WE Jr. 1994c. Multiple functions of extraoral lingual behaviour in iguanian lizards: Prey capture, grooming, and swallowing, but not prey detection [J]. *Anim Behav*, **47**: 764-775.
- Cooper WE Jr, Vitt LJ, Caldwell JP. 1994. Movement and substrate tongue-flicks in phrynosomatid lizards [J]. *Copeia*, **1994**: 234-237.
- Cooper WE Jr. 1995. Foraging mode, prey chemical discrimination, and phylogeny in lizards [J]. *Anim Behav*, **50**: 973-985.
- Cooper WE Jr. 1997. Correlated evolution of prey chemical discrimination with foraging, lingual morphology and vomeronasal chemoreceptor abundance in lizards [J]. *Behav Ecol Sociobiol*, **41**: 257-265.
- Cooper WE Jr. 1998a. Evaluation of swab and related tests as a bioassay for assessing responses by squamate reptiles to chemical stimuli [J]. *J Chem Ecol*, **24**: 841-866.
- Cooper WE Jr. 1998b. Prey chemical discrimination indicated by tongue-flicking in the eublepharid gecko *Coleonyx variegatus* [J]. *J Exp Zool*, **281**: 21-25.
- Cooper WE Jr. 1999a. Prey chemical discrimination in ambush foragers: Absence in representatives of two additional iguanian lizard families and probable olfactory mediation in a gekkonine gecko [J]. *Chemoecology*, **9**: 155-199.
- Cooper WE Jr, Habegger JJ, Espinoza RE. 2001. Responses to prey and plant chemicals by three iguanian lizards: Relationship to plants in the diet [J]. *Amphibia-Reptilia*, **22**: 349-361.
- Cooper WE Jr, Flowers M. 2000. Plant chemical discriminations by an herbivorous iguanid lizard, *Sauromalus ater* [J]. *Amphibia-Reptilia*, **22**: 69-80.
- Cooper WE Jr, Pérez-Mellado V. 2002. Responses by a generalist predator, the Balearic lizard *Podarcis lilfordi*, to chemical cues from taxonomically diverse prey [J]. *Acta Ethol*, **4**: 119-124.
- Cooper WE Jr, Aljohany AM. 2002. Chemosensory responses to foods by an herbivorous acrodont lizard, *Uromastix aegyptius* [J]. *J Ethol*, **20**: 95-100.
- Cooper WE, Caldwell JP, Vitt LJ, Pérez-Mellado V, Baird TA. 2002. Food-chemical discrimination and correlated evolution between plant diet and plant-chemical discrimination in lacertiform lizards [J]. *Can J Zool*, **80**: 655-663.
- Conrad JL. 2004. Skull, mandible, and hyoid of *Shinisaurus crocodilurus* Ahl (Squamata, Anguimorpha) [J]. *Zool J Linn Soc*, **141**: 399-434.
- Dial BE, Schwenk K. 1996. Olfaction and predator detection *Coleonyx brevis* (Squamata: Eublepharidae), with comment on the functional significance of buccal pulsing in geckos [J]. *J Exp Zool*, **276**: 415-424.
- Evans LT. 1961. Structure as Related to Behavior in the Organization of Populations of Reptiles [M]// Blair WF. Vertebrate Speciation. Houston: University of Texas Press, 148-178.
- Enders F. 1975. The influence of prey size, particularly in spiders with long attack distances (Araneidae, Linvnhidae, and Salticidae) [J]. *Am Nat*, **109**: 737-763.
- Hileman KS, Brodie E Jr. 1994. Survival strategies of the salamander *Desmognathus ochrophaeus*: Interaction of predator-avoidance and predator mechanisms [J]. *Anim Behav*, **47**: 1-6.
- Halpern M, Frumin N. 1979. Roles of the vomeronasal and olfactory systems in prey attack and feeding in adult garter snakes [J]. *Physiol Behav*, **22**: 1183-1189.
- Huey RB, Pianka ER. 1981. Ecological consequences of foraging mode [J]. *Ecology*, **62**: 991-999.
- Krebs JR, Davies NB. 1993. An Introduction to Behavioural Ecology [M]. Malden, Massachusetts: Blackwell Scientific.
- Marcos-Leon MB. 1999. Ecolofisiologia y Estrategias de Obtencion de Alimento en Cuatro Especies de Ladertidae [D]. Doctoral thesis, University of Salamanca, Salamanca, Spain.
- MacArthur RH, Pianka ER. 1966. On optimal use of a patchy environment [J]. *Am Nat*, **100**: 603-609.
- Nelling C. 1996. Responses to prey odors by three species of lacertid lizards: Prey odor discrimination, aged odor detection, strike-induced chemosensory searching, and chemosensory search images [D]. M.S. thesis, Shippensburg University, Shippensburg, Pa.
- Ning JJ. 2007. Behavioral Time Budget and Diet of the Chinese Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong [D]. MS. thesis, Guangxi Normal University. [宁加佳. 2007. 广东罗坑自然保护区鳄鱼(*Shinisaurus crocodilurus*)的活动时间分配及食性. 广西师范大学硕士论文.]
- Regal PJ. 1978. Behavioral Differences Between Reptiles and Mammals: an Analysis of Activity and Mental Capabilities [M]// Greenberg N, MacLean PD. Behavior and Neurology of Lizard. Rockville, Maryland: National Institute of Mental Health, 183-202.
- Vitt LJ, Pianka ER. 2007. Feeding Ecology in the Natural World [M]. Reilly SM, McBrayer LB, Miles DB. Lizard Ecology: The Evolutionary

Consequences of Foraging Mode. Cambridge: Cambridge University Press, 141-172.

Guangxi Normal University Press. [张玉霞, 2002. 鳄鱼生物学. 桂林: 广西师范大学出版社.]

Zhang YX. 2002. The Biology in Crocodylian Lizard [M]. Guilin: Chinese

## 中国动物学会成为《动物学研究》第二主办单位

2009年8月云南省新闻出版局转发了新闻出版总署关于同意《动物学研究》变更主办单位的批复, 同意中国动物学会作为《动物学研究》第二主办单位。

《动物学研究》创刊于1980年, 是国内外公开发行的动物学类学报级双月刊。主要刊登动物学领域各分支学科有创新性的基础和应用基础的研究成果。至2008年12月, 已发表论文2606篇, 且全部论文的PDF文件已经上网, 并已实现网上投稿、审稿和在线查询等。由于奉行“公正、高效、认真、热情”的办刊理念, 经过编委会和编辑部的不懈努力, 《动物学研究》赢得了动物学领域广大作者的认可, 来稿量逐年提高, 2008年达490篇; 2000年获中国科学院优秀期刊三等奖, 2001年被新闻出版总署选入中国科技期刊方阵, 2006年获得云南省优秀期刊奖, 2008年被评选为中国精品科技期刊(中国科学技术信息研究所《2007年度中国科技论文统计结果》)。在《中文核心期刊要目总览》中一直被列为动物学类核心期刊; 在《2008年版中国科技期刊引证报告》中, 影响因子为0.871, 在全国58种生物学类期刊中排名第12位; 先后被 *Biological Abstracts*、*Zoological Record*、*Chemical Abstracts*、*Abstracts of Entomology*、*PJK* 等国内外有影响的文摘检索类机构收录。

中国动物学会是我国动物科学工作者的全国性学术组织, 其下属有14个二级分会(专业委员会)、8个工作组, 联系着28个省、自治区、直辖市地方学会; 拥有会员17532人。在开展学术活动, 组织专门学术讨论会, 提高学术水平方面具有强大的优势; 在促进民间国际动物学科技合作和学术交流, 加强同国外科技团体和动物学科技工作者联系方面, 有着广泛而雄厚的基础。

昆明动物研究所与中国动物学会共同主办《动物学研究》, 将使这一刊物借助中国动物学会这个平台, 更好地得到国家科技发展战略、政策和重大决策方面的指导及广大动物学工作者(专家学者)的技术指导; 并可充分利用学会的资源, 征集和扩大高质量稿源; 也有利于期刊与动物学工作者的广泛联系与交流, 增进与其他兄弟期刊的协调发展, 共同促进现代动物科学的发展。

本刊编辑部

2009年10月8日