

犬蝠对不同浓度香蕉汁的选择

曾玉^{1,2} 张信文² 朱光剑¹ 洪体玉^{1,3} 杨剑^{1,3}
张光良^{1,4} 巩艳艳^{1,3} 张礼标^{1*}

(1 广东省昆虫研究所, 广州 510260) (2 海南师范大学生命科学学院, 海口 571158)

(3 广西师范大学生命科学学院, 桂林 541004) (4 东北师范大学环境科学与工程系, 长春 130024)

摘要: 为了解犬蝠的嗅觉灵敏度, 我们以 6 只成年犬蝠对不同浓度的成熟香蕉汁和纯水对照的选择倾向和取食时间各进行了连续 5 个夜晚的室内观察。香蕉汁的浓度分别为 100% (120 g), 50% (60 g 香蕉汁和 60 g 纯水), 25% (30 g 香蕉汁和 90 g 纯水), 12.5% (15 g 香蕉汁和 105 g 纯水); 另取纯水 (W) 与熟烂的香蕉汁 (OR) 各 120 g 作为对照。将以上食物和对照随机注入不同的容器内, 观察犬蝠对不同浓度的香蕉汁、熟烂香蕉汁和纯水的选择。结果表明, 犬蝠对纯成熟香蕉汁的选择性最强, 取食次数和取食量均最高, 而停留时间也最长; 说明犬蝠具有分辨不同浓度的气味差异。我们推测犬蝠在野外觅食时可能优先取食成熟水果。

关键词: 嗅觉; 香蕉汁; 觅食行为; 犬蝠

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2010) 03 - 0264 - 06

Selection of short-nosed fruit bat (*Cynopterus sphinx*) on different concentrations of banana juice

ZENG Yu^{1,2}, ZHANG Xinwen², ZHU Guangjian¹, HONG Tiyu^{1,3}, YANG Jian^{1,3}, ZHANG Guangliang^{1,4}, GONG Yanyan^{1,3}, ZHANG Libiao^{1*}

(1 Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China)

(2 College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China)

(3 College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

(4 Department of Environmental Science and Engineering, North East Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: We studied the olfactory sensitivity of the short-nosed fruit bat *Cynopterus sphinx* (Megachiroptera: Pteropodidae), by selecting six adult individuals and testing their response to differing concentrations of banana juice and controls. Experiments were conducted indoors on 5 continuous nights. We used banana juice at different concentrations (diluted with water) as the baits (100%, 50%, 25% and 12.5%), and used overripe banana juice (OR) and water (W) as controls. Standardized volumes (120 g) of each of the four concentrations of banana juice and two control selections (OR and W) were randomly placed in containers and bats were allowed free access to all for a period of 11.5 night-time hours. Frequency of visits, amount consumed, and visiting duration were all highest for 100% banana juice. Short-nosed fruit bats appear able to distinguish different concentrations of fruit. We hypothesize that they prefer to select ripe fruits in the field.

Key words: Banana juice; Foraging behaviour; Olfaction; Short-nosed fruit bat (*Cynopterus sphinx*)

翼手目动物 (Chiroptera) 的食物多样, 包括果实、花蜜、昆虫、小型的鱼类、两爬类、鸟类和哺乳类等 (Fenton, 2001)。国内外研究发现, 犬蝠 (*Cynopterus sphinx*) 主要栖息在蒲葵 (*Livistona*

chinensis)、椰子树 (*Cocos nucifera*) 的叶片下以及废弃的房屋中 (Balasingh *et al.*, 1993, 1995; Bhat 1995; 朱光剑等, 2007; 张伟等, 2008)。它们是一种食性广泛的果蝠, 主要取食番石榴 (*Psidium*

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30800102); 海南省自然科学基金资助项目 (309026); 广西研究生教育创新项目 (2009106020710M53)

作者简介: 曾玉 (1981 -), 女, 硕士研究生, 主要从事动物行为生态学研究. E-mail: hnzengyu@163.com

收稿日期: 2009 - 10 - 21; **修回日期:** 2010 - 04 - 08

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: zhanglb@gdei.gd.cn

guajava)、香蕉 (*Musa paradisiaca*) 和人心果 (*Achras sapota*) 等 23 种植物的果实和腊肠树 (*Cassia fistula*)、辣木 (*Moringa oleifera*)、红瓜 (*Coccinia cordifolia*) 和菩提树 (*Ficus religiosa*) 等 8 种植物的叶片; 另外, 它们还取食 3 种植物的花蜜, 即香蕉、美洲木棉 (*Ceiba pentandra*) 和阔叶雾冰藜木 (*Bassia latifolia*) (Ruby *et al.*, 2000; Elangovan *et al.*, 2000, 2006; Singaravelan *et al.*, 2004)。

为获取食物以维持生存, 动物利用不同的感觉信息来搜寻猎物, 如吸血蝠 (*Desmodus rotundus*) 根据动物的皮毛和粪便的气味信息来定位猎物 (Joseph, 2007)。在大蝙蝠亚目 (Megachiropteran) 的蝙蝠中, 嗅觉和视觉信息被认为是它们搜寻食物的重要线索 (Acharya *et al.*, 1998; Luft *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2006), 例如棕果蝠 (*Rousettus leschenaulti*) 利用嗅觉和视觉信息来定位、分辨果实 (Raghuram *et al.*, 2008); Luft 等 (2003) 报道沟齿果蝠 (*Ptenochirus jagori*) 区分成熟与不成熟的水果, 主要就是依据嗅觉信息。可见, 嗅觉在蝙蝠的野外生存中起着不可忽视的作用。Elangovan 等 (2006) 用 7 种不同气味的化合物分别混杂在水果中, 让犬蝠从中寻找没有添加化合物的天然水果, 结果发现犬蝠能够将这 7 种不同的气味区分开, 寻找到天然的果实。本文研究了犬蝠对不同浓度香蕉汁的辨别能力及其选择喜好, 进一步了解犬蝠的嗅觉灵敏度以及这一生物学特征对它们适应野外生活的意义。

1 材料与方 法

1.1 研究地点及对象

本实验于 2009 年 10 月在广东省昆虫研究所内的蝙蝠房 (4 m × 3 m × 3 m) 内进行。房子除特制的铁丝门外, 四面为红砖结构, 顶部二分之一用石棉瓦遮盖, 二分之一用铁丝网覆盖防止犬蝠飞出, 在保证通风的同时为犬蝠提供栖息场所。实验期间蝙蝠房内的平均温度为 25.2 ± 0.5 °C ($n = 30$), 平均相对湿度为 $46.3 \pm 2.0\%$ ($n = 30$)。实验所用犬蝠采自广州市的公园, 对捕捉到的犬蝠进行性别、年龄 (成年与亚成年, 主要依据骺骨的骨化程度和毛色) 和繁殖状态 (成年雌性的怀孕和哺乳期, 主要依据腹部和乳头情况) 等初步鉴定 (Kunz, 1988)。

1.2 实验方法

经过 5 d 的预实验 (每只个体在单独的 1 m × 0.5 m × 0.5 m 铁丝笼中), 用各种浓度的香蕉汁喂养, 使其适应香蕉汁, 并了解犬蝠每个夜晚的最大进食量, 选出其中 6 只成年非繁殖期犬蝠 (3 雌, 3 雄) 作为实验对象。每只犬蝠分别进行 5 d 实验, 6 只个体共计 30 d。未进行实验的犬蝠分别单独置于铁丝笼中, 饲养在另一间蝙蝠房, 避免犬蝠之间的学习交流。

实验观察在蝙蝠房内进行, 单只观察, 时间为每天 18:30 至次日 06:00。选取相同成熟度的香蕉榨成香蕉汁, 取 120 g 作为浓度为 100% 的香蕉汁, 其他浓度的香蕉汁分别进行稀释: 60 g 纯香蕉汁: 60 g 清水, 30 g 纯香蕉汁: 90 g 清水, 15 g 纯香蕉汁: 105 g 清水, 分别搅拌均匀后配成浓度依次为 50%、25% 和 12.5% 的香蕉汁。将不同浓度的香蕉汁分别盛放在同一型号的培养皿中 (直径 88 mm), 另 2 个培养皿分别盛放自来水 (W) 和 100% 熟烂的香蕉汁 (OR, 成熟程度达到香蕉表皮全部变黑)。每个培养皿中盛放等量的水或香蕉汁 (120 g, 超过每只犬蝠每个晚上的食物量), 再将培养皿置于 6 个容器中 (18 cm × 19 cm × 16 cm 的不透明塑料盒) 中, 容器的两面对称开一个大小为 14 cm × 14 cm 的口, 形成一通道, 做为犬蝠进食时的进出口, 并将开口用白色布遮住, 使犬蝠看不见容器内的食物 (排除视觉因素)。容器与容器之间的摆放间隔为 30 cm。采用电脑内置采集卡 (AD-804V) 和外接红外摄像头 (OS-20G9) 构建实时监控系 统, 记录犬蝠觅食行为, 分析犬蝠取食行为和取食时间。第二天称量并记录犬蝠吃剩的食物重量, 清洗实验器具以保证不影响下次实验。统计每只犬蝠实验 5 d 中对不同容器食物的平均取食次数 (次/d) (一天中的取食次数即从实验开始到实验结束时犬蝠对不同容器食物的取食次数)、平均取食量 (g/d) 及平均取食停留时间 (min/d) (一天中的取食停留时间即从实验开始到实验结束时犬蝠对不同容器食物取食时的停留时间), 作为分析每个个体的取食行为的数据。

1.3 数据记录与分析

统计犬蝠进入各个容器的次数和停留的时间, 以及对其内的香蕉汁或水的取食量, 将实验数据采用 SPSS11.0 for Windows 统计软件进行处理分析。实验数据用单因素方差分析 (One-way ANOVA), 以 $P = 0.05$ 为检验水准, 统计结果以平均值 ± 标准误 (Mean ± SE) 表示。

2 结果

6只犬蝠在30d的实验中,有22d是首先选择浓度为100%的香蕉汁容器,4d首先选择浓度为50%的容器,2d首先选择浓度为25%的容器,2d首选W。将6只犬蝠各自每天对不同浓度香蕉汁、水和熟烂香蕉汁的平均取食次数、平均取食量和平均取食停留时间分别用单因素方差分析(One-

way ANOVA),结果显示,3个参数在不同浓度的香蕉汁、水和熟烂香蕉汁间均差异极显著(ANOVA: $F_{0.05,5} = 14.883, P < 0.01$; $F_{0.05,5} = 17.150, P < 0.01$; $F_{0.05,5} = 22.055, P < 0.01$, respectively)。犬蝠对不同浓度香蕉汁、水和熟烂香蕉汁的平均取食次数、平均取食量及平均取食停留时间详见表1。

表1 犬蝠对不同浓度香蕉汁与清水的取食 ($n=6$, Mean \pm SE)

Table 1 Visits of fruit bats *Cynopterus sphinx* to different concentrations of banana juice and water ($n=6$, Mean \pm SE)

浓度 Concentrations	取食次数	取食量	停留时间
	Number of times visited (n)	Amount consumed (g)	Visiting duration (min)
100%	8.38 \pm 1.73a, A	29.23 \pm 5.53a, A	29.07 \pm 4.57a, A
50%	3.90 \pm 1.20b, A	12.14 \pm 3.90b, A	11.70 \pm 3.85b, A
25%	0.57 \pm 0.29c, B	1.64 \pm 0.91c, B	1.43 \pm 0.70c, B
12.5%	0.23 \pm 0.13c, B	1.16 \pm 0.71c, B	0.83 \pm 0.40c, B
OR	0.10 \pm 0.07c, B	0.23 \pm 0.16c, B	0.27 \pm 0.18c, B
W	0.10 \pm 0.04c, B	0.23 \pm 0.11c, B	0.20 \pm 0.09c, B

表中数据为6只个体30个晚上的平均值和标准误,每列数据中A与B之间差异极显著($P < 0.01$),a与b之间差异显著($P < 0.05$),c与c之间无显著差异($P > 0.05$)。

Data in the table is the average and SE of 30 nights of six *C. sphinx*. There are significant differences between A and B in each column of the table ($P < 0.01$), and there are significant differences between a and b ($P < 0.05$), and there are no significant differences between c and c ($P > 0.05$). OR: Overripe banana juice; W: Water

2.1 取食次数与香蕉汁的浓度关系

在6组实验中,犬蝠偏向选择浓度为100%和50%的香蕉汁,而对浓度为25%和12.5%的香蕉汁以及OR、W的取食次数很少。整个实验中(6只个体30个晚上),对100%的香蕉汁取食总次数为250次,50%、25%、12.5%的取食总次数依次递减(图1A),分别为117次、17次、7次,对水(W)和熟烂(OR)的香蕉汁的取食次数均只有3次。

犬蝠对不同浓度香蕉汁以及水和熟烂香蕉汁的平均取食次数之间经One-way ANOVA的LSD两两间差异显著性统计分析显示,对浓度为100%、50%的取食次数极显著多于对25%、12.5%、OR、W的取食次数($P < 0.01$),对浓度为100%的取食次数显著多于对浓度为50%的取食次数($P < 0.05$),对浓度为25%、12.5%、OR、W的取食次数两两之间差异均不显著($P > 0.05$) (表1)。犬蝠对OR的香蕉汁几乎没有选择。

2.2 取食量与香蕉汁的浓度关系

犬蝠对浓度为100%、50%、25%、12.5%香蕉汁的取食量均随着浓度的降低,取食量随之减少,对OR、W的取食量最少(图1B)。犬蝠对不

同浓度香蕉汁以及水和熟烂香蕉汁的平均取食量之间经One-way ANOVA的LSD两两间差异显著性统计分析显示,对浓度为100%、50%的取食量分别极显著多于对25%、12.5%、OR、W取食量($P < 0.01$),对浓度为100%的取食量显著多于对50%的取食量($P < 0.05$),对浓度为25%、12.5%、OR、W的取食量两两之间差异不显著($P > 0.05$) (表1)。

2.3 取食停留时间与香蕉汁的浓度关系

犬蝠对不同浓度香蕉汁的平均取食停留时间与平均取食次数和平均取食量的趋势一致,随着香蕉汁浓度降低,取食停留时间也随之缩短,而在OR、W的停留时间最短(图1C),停留时间与取食次数、取食量之间有必然的相关性,即取食次数多,取食量也会增加,取食停留的总时间也就会延长。犬蝠对不同浓度香蕉汁以及水和熟烂香蕉汁的平均取食停留时间之间经One-way ANOVA的LSD两两间差异显著性统计分析显示,在浓度为100%、50%的停留时间分别极显著长于在25%、12.5%、OR、W的停留时间($P < 0.01$),在浓度为100%的停留时间显著长于在浓度为50%的停留时间($P < 0.05$),在浓度为25%、12.5%、OR、W的停

留时间两两之间无显著差异 ($P > 0.05$) (表 1)。

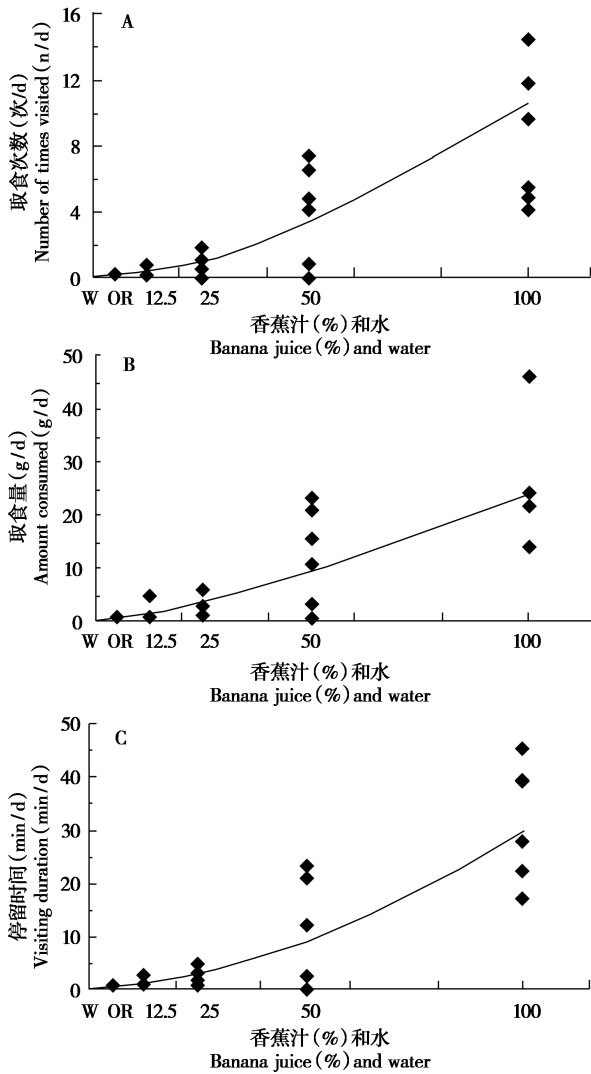


图 1 犬蝠对不同浓度香蕉汁及 OR (熟烂香蕉汁)、W (水) 的取食次数 (A)、取食量 (B) 和取食停留时间 (C) 的关系。随着香蕉汁浓度增高, 犬蝠的取食次数、取食量和取食停留时间均增加。回归方程 (均未包含 OR 的数据): A: $Y = -0.3023 + 0.0551X + 0.0003X^2$; B: $Y = -0.6985 + 0.1421X + 0.0016X^2$; C: $Y = -0.7738 + 0.1296X + 0.0017X^2$ 。

Fig. 1 Relationship between number of visits times (A), amount consumed (B), and visiting duration (C) of fruit bats *Cynopterus sphinx* and different concentrations of banana juice, OR (overripe banana juice) and W (water). Visiting times, amount consumed and visiting duration were positively related with the concentrations of banana juice, but not with OR and W. The regression equations (not including the data of OR): A: $Y = -0.3023 + 0.0551X + 0.0003X^2$; B: $Y = -0.6985 + 0.1421X + 0.0016X^2$; C: $Y = -0.7738 + 0.1296X + 0.0017X^2$ 。

3 讨论

果实的气味在犬蝠的取食过程中起到非常重要的作用, 成熟果实和未成熟果实散发出来的气味不

同, 果蝠 (Fruit bats) 可以根据这些不同的气味辨别成熟与未成熟的果实 (Robert *et al.*, 2007)。在我们的研究中发现, 犬蝠对熟烂的香蕉汁也极少光顾 (图 1), 可能是因为熟烂的香蕉已变质, 不受犬蝠喜欢。我们认为, 果蝠除了能够识别未成熟的果实之外, 还能够区分熟烂变质的果实。犬蝠对浓度为 25% 和 12.5% 的香蕉汁选择次数也很少 (图 1), 选择最多的为浓度 100% 的香蕉汁, 其次是 50% 的。由此可以看出, 犬蝠对气味浓度比较敏感, 能够识别出不同浓度气味的食物。我们在观察中发现, 3 次对水的选择都发生在实验开始后的 1 h 内, 可能是刚开始寻找食物时, 因为食物容器距离太近, 由于气味干扰造成的错误选择, 或者是寻找水源; 实验开始 1 h 后再未发现犬蝠进入盛放水的容器内。

果蝠和其他一些夜行性哺乳动物都有敏锐的嗅觉, 它们对果实定位主要的依据之一就是嗅觉 (Thies *et al.*, 1998; von Helversen *et al.*, 2000; Luft *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2004, 2006; Korine and Kalko, 2005)。Laska 和 Schmidt (1986) 研究发现食果蝙蝠昭短尾叶鼻蝠 (*Carollia perspicillata*) 仅依靠嗅觉可以对食物进行准确的定位; Laska (1990) 在用成熟的香蕉与未成熟的香蕉做实验时, 发现昭短尾叶鼻蝠明显趋向于成熟的香蕉, 可见昭短尾叶鼻蝠可利用嗅觉分辨出成熟的香蕉与未成熟的香蕉。当用未稀释的香蕉汁和稀释到 1:10 的香蕉汁做实验的时候, 它们还能表现出对未稀释的香蕉有明显的偏好, 但是, 当香蕉汁稀释到 1:5 的时候, 昭短尾叶鼻蝠却不能准确将未稀释的香蕉汁气味与稀释的香蕉汁气味区分开。而本研究结果发现, 犬蝠能够明显区别 100% 和 50% 的香蕉汁气味。此外, 在昭短尾叶鼻蝠的实验中, 容器的摆放间距为 78 cm (Laska, 1990), 而我们的实验中, 容器之间的间隔只有 30 cm, 窄小的空间, 加上气味的高度交集, 增加了犬蝠选择的难度。在这种环境中, 犬蝠依然能够准确选择出它们喜爱的香蕉汁。因此, 我们的实验说明, 在辨别香蕉汁气味浓度方面, 犬蝠可能具有比昭短尾叶鼻蝠更加灵敏的嗅觉辨别能力。

在 4 种不同浓度气味的香蕉汁以及熟烂的香蕉汁和水中, 犬蝠始终能够准确找出纯浓度的香蕉汁, 说明了嗅觉在犬蝠搜寻食物的过程中起到极其重要的作用。Elangovan 等 (2006) 用等量的 7 种不同气味的化合物 (乙酸异戊酯, 乙酸乙酯, 己

醇, 苯甲醛, 柠檬烯, 蒎烯和二甲基二硫) 分别加在天然水果中, 另一个容器盛放无混合化合物的天然水果 (如番石榴、番木瓜等), 让犬蝠在这种气味环境中寻找食物, 发现犬蝠能在这种复杂的气味环境中寻找到天然的水果。结合本文与 Elangovan 等 (2006) 的研究结果, 说明犬蝠不但具有在不同气味环境中辨别气味的能力, 还具有分辨同一气味不同浓度梯度的能力, 即犬蝠的嗅觉应是较为敏锐的。

果蝠在野外的觅食行为中, 结合嗅觉和视觉对水果进行定位 (Raghuram *et al.*, 2008)。果实的形状和位置会给果蝠留下视觉记忆, 但当果实被树叶或其它物体所遮掩, 视觉就无法定位; 在这种情况下, 果蝠的嗅觉发挥着主要的作用, 因为成熟果实的气味不会因树叶遮挡而影响其果香的散发。此外, 视觉的有效距离是有限的, 对于夜行性的蝙蝠, 其视觉功能因“感觉代偿”的进化已变得相对较弱 (Zhao *et al.*, 2009), 而气味能够绕过障碍物传播, 传播的距离相对来说也更远, 因此, 在较远距离的时候, 果蝠主要依靠嗅觉来确定食物源。嗅觉的灵敏度对果蝠寻找食物来说至关重要。犬蝠敏锐的嗅觉保证了它们在野外生存中能够快速而准确的定位食物源。在野外, 犬蝠以多种果实为食。在一棵果树上, 果实的成熟程度是不一致的。我们认为, 在野外, 犬蝠取食成熟的果实, 留下尚未成熟的果实及自己不喜欢的过于成熟的果实, 这一迹象主要是依靠它们敏锐的嗅觉来完成的。犬蝠如此灵敏的嗅觉功能, 对于它们在野外的生存是非常有利的。

致谢: 感谢广州起义烈士陵园、广州市流花湖公园、黄花岗公园、越秀公园、广州动物园、白云山景区等单位管理处在野外工作中给予的热心帮助, 特别感谢广州动物园刘小青副研究员的指导工作, 同时感谢彭涛和胡海龙在野外和室内工作中的协助。

参考文献:

- Acharya K K, Roy A, Krishna A. 1998. Relative role of olfactory cues and certain non-olfactory factors in foraging of fruit-eating bats. *Behav Process*, **44**: 59 - 64.
- Balasingh J, Isaac S S, Subbaraj R. 1993. Tent-roosting by the frugivorous bat *Cynopterus sphinx* (Vahl 1897) in Southern India. *Curr Sci*, **65**: 418.
- Balasingh J, Koilraj J, Kunz T K. 1995. Tent construction by the short-nosed fruit bat *Cynopterus sphinx* (Chiroptera: Pteropodidae) in Southern India. *Ethology*, **100**: 210 - 229.
- Bhat H R. 1995. Observations on the food regimen and feeding behaviour of *Cynopterus sphinx* Vahl (Chiroptera, Pteropodidae) at Pune, India. *Mammalia*, **58**: 363 - 312.
- Elangovan V, Marimuthu G, Kunz T H. 2000. Nectar feeding behavior in the short-nosed fruit bat. *Acta Chiropterol*, **2**: 1 - 5.
- Elangovan V, Priya E Y S, Marimuthu G. 2006. Olfactory discrimination ability of the short-nosed fruit bat *Cynopterus sphinx*. *Acta Chiropterol*, **8**: 247 - 253.
- Fenton M B. 2001. *Bats* (Revised Edition). New York: Facts on File, Inc.
- Joseph W B. 2007. Use of olfaction during prey location by the common vampire bat (*Desmodus rotundus*). *Biotropica*, **39**: 147 - 149.
- Kunz T H. 1988. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Washington, D. C: Smithsonian Institution Press, 47 - 58.
- Korine C, Kalko E K V. 2005. Fruit detection and discrimination by small fruit-eating bats (Phyllostomidae). *Behav Ecol Sociobiol*, **59**: 12 - 23.
- Luft S, Curio E, Tacud B. 2003. The use of olfaction in the foraging behaviour of the golden-mantled flying fox, *Pteropus pumilus* and the greater musky fruit bat, *Ptenochirus jagori* (Megachiroptera: Pteropodidae). *Naturwissenschaften*, **90**: 84 - 87.
- Laska M, Schmidt U. 1986. Untersuchungen zur olfaktorischen Orientierung bei der Brillenblattnase, *Carollia perspicillata* (Chiroptera). *Z Säugetierk*, **51**: 129.
- Laska M. 1990. Olfactory discrimination ability in short-tailed fruit bat, *Carollia perspicillata* (Phyllostomatidae, Chiroptera). *J Chem Ecol*, **16**: 3291 - 3299.
- Ruby J, Nathyan P T, Balasingh J, Kunz T H. 2000. Chemical composition of fruits and leaves eaten by the short-nosed fruit bat, *Cynopterus sphinx*. *J Chem Ecol*, **26**: 2825 - 2841.
- Raghuram H, Thangadurai C, Gopukumar N, Nathar K, Sripathi K. 2009. The role of olfaction and vision in the foraging behaviour of an echolocating megachiropteran fruit bat, *Rousettus leschenaulti* (Pteropodidae). *Mamm Biol*, **74**: 9 - 14.
- Robert H, Ayasse M, Kalko E K V, Häberlein C, Schulz S, Mustapha W A W, Zubaid A, Kunz T H. 2007. Chemical ecology of fruit bat foraging behavior in relation to the fruit odors of two species of paleotropical bat-dispersed figs (*Ficus hispida* and *Ficus scortechnii*). *J Chem Ecol*, **33**: 2097 - 2110.
- Singaravelan N, Marimuthu G. 2004. Nectar feeding and pollen carrying from *Ceiba pentandra* by pteropodid bats. *J Mammal*, **85**: 1 - 7.
- Sánchez F, Korine C, Pinshow B, Dudley R. 2004. The possible roles of ethanol in the relationship between plants and frugivores: first experiments with Egyptian fruit bats. *Integr Comp Biol*, **44**: 290 - 294.
- Sánchez F, Korine C, Steeghs M, Laarhoven L J, Cristescu S M, Harren F J M, Dudley R, Pinshow B. 2006. Ethanol and methanol as possible odor cues for Egyptian fruit bats (*Rousettus aegyptiacus*). *J Chem Ecol*, **32**: 1289 - 1300.

- Thies W, Kalko E K V, Schnitzler H U. 1998. The roles of echolocation and olfaction in two Neotropical fruit-eating bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea*, feeding on *Piper*. *Behav Ecol Sociobiol*, **42**: 397 - 409.
- von Helversen O, Winkler L, Bestmann H J. 2000. Sulphur-containing "perfumes" attract flower-visiting bats. *J Comp Physiol*, **186**: 143 - 153.
- Zhao H B, Rossiter S J, Teeling E C, Li C J, Cotton J A, Zhang S Y. 2009. The evolution of color vision in nocturnal mammals. *PNAS*, **106** (22): 8980 - 8985.
- Zhu G J, Tang Z H, Liang B, Zhang X W. 2007. Diet and roost site of *cynopterus sphinx* in winter in Haikou. *Chinese Journal of Zoology*, **42** (4): 22 - 27. (in Chinese)
- Zhang W, Zhou S Y, Zhu G J, Chen Q M, Huang J R, Zhang L B. 2008. Habitat selection of *Cynopterus sphinx angulatus* in Guangzhou City. *Chinese Journal of Ecology*, **27** (2): 286 - 289. (in Chinese)
- 朱光剑, 唐占辉, 梁冰, 张信文. 2007. 海口地区犬蝠冬季食性及栖宿地类型. *动物学杂志*, **42** (4): 22 - 27.
- 张伟, 周善义, 朱光剑, 陈启敏, 黄健荣, 张礼标. 2008. 广州市犬蝠对栖息地的选择. *生态学杂志*, **27** (2): 286 - 289.