

洞庭湖区两种小型兽类的游泳行为及皮毛防水性比较

吴康娟^{①②} 张琛^{①②} 王勇^{①*} 张美文^①

① 中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室 洞庭湖湿地生态系统观测研究站 长沙 410125; ② 中国科学院大学 北京 100049

摘要: 洞庭湖区水量丰富且季节变化大, 对湖区小型哺乳动物造成一定压力。具有游泳能力的小型哺乳动物可利用水体逃生扩散, 游泳能力影响其分布情况。黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 为洞庭湖区主要优势鼠种, 在湖区各生境中均占优势; 灰麝鼯 (*Crocidura attenuata*) 在湖区亦有分布, 二者分布特点不同, 可能与游泳能力有关。为观察比较二者游泳能力, 野外捕捉动物进行游泳实验, 观察并比较二者的游泳行为及皮毛吸水率。结果发现, 灰麝鼯采用狗刨式在水面游泳, 背腹部没入水中, 身体与水面倾斜度较大, 利用四肢划水提供动力, 游泳期间无漂浮行为, 皮毛吸水率随游泳时间延长而增长, 游泳行为及皮毛吸水率无性别差异。黑线姬鼠也采用狗刨式在水面游泳, 仅腹部没入水中, 身体与水面倾斜度较小, 主要利用后肢划水, 可漂浮在水面, 皮毛吸水率随游泳时间延长而增长, 游泳行为及皮毛吸水率无性别差异。两者比较显示, 黑线姬鼠采用水生适应程度较好的游泳方式, 游泳能力比灰麝鼯强, 其皮毛防水性能优于灰麝鼯, 皮毛吸水率和吸水速率显著低于灰麝鼯。上述结果表明, 黑线姬鼠和灰麝鼯都具有一定的水中运动能力, 但黑线姬鼠的游泳方式及皮毛防水性比灰麝鼯强, 可能是其广泛分布于洞庭湖湖区的原因之一。

关键词: 黑线姬鼠; 灰麝鼯; 皮毛吸水率; 皮毛吸水速率; 水生适应; 游泳行为

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2020) 04-421-09

Comparison of Swimming Behavior and Fur Waterproofness of Two Small Mammals in Dongting Lake

WU Kang-Juan^{①②} ZHANG Chen^{①②} WANG Yong^{①*} ZHANG Mei-Wen^①

① Dongting Lake Station for Wetland Ecosystem Research, Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125;

② University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: To study the distribution pattern and changing mechanism of small mammals in the Dongting Lake

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31170396);

* 通讯作者, E-mail: wangy@isa.ac.cn;

第一作者介绍 吴康娟, 女, 硕士研究生; 研究方向: 生态学; E-mail: 834332584@qq.com。

收稿日期: 2020-01-20, 修回日期: 2020-05-22 DOI: 10.13859/j.cjz.202004002

from the perspective of animals using water to migrate and diffuse, we captured 13 adult Striped Field Mouse (*Apodemus agrarius*) and 11 adult Grey Shrew (*Crocidura attenuata*) in the Dongting Lake area for swimming tests at the end of July 2018, observed their swimming behavior, and measured their fur absorption of water for 3 minutes, 5 minutes, 10 minutes, and 30 minutes. The data were analyzed using repeated measures analysis of variance. The results showed that: (1) The Grey Shrew use the horizontal dog-paddle posture during swimming and stroke water with all limbs (Fig.1), which the water absorption rate of fur increased with the swimming time but there was no gender difference ($P > 0.05$, Table 1). (2) The Striped Field Mouse, who use the horizontal dog-paddle posture during swimming, mainly use hindlegs to draw water and can float with no paddle (Fig.2), and the water absorption rate of fur increased with the swimming time with no gender difference ($P > 0.05$, Table 2). (3) The waterproofness of the fur between the two mammals was significantly different ($P < 0.05$, Table 3): the water absorption rate of Grey Shrew was 12.7%, 18.22%, 26.31% and 26.46% respectively, and that of Striped Field Mouse was 9.16%, 12.41%, 13.87% and 15.90% respectively (Table 3); the water absorption growth rate of Grey Shrew was 4.232%/min, 1.105%/min, 0.809%/min, 0.005%/min, and that of Striped Field Mouse was 3.054%/min, 0.650%/min, 0.146%/min, 0.068%/min (Fig.3), indicating that the Striped Field Mouse's fur waterproofness is better than that of Grey Shrew. The experiment shows that both Striped Field Mouse and Grey Shrew have some swimming ability, but the adaptability of the Striped Field Mouse to the water environment is stronger than that of the Grey Shrew, which may be one of the reasons why it is widely distributed in the Dongting Lake area.

Key words: *Apodemus agrarius*; *Crocidura attenuata*; Water absorption rate of the fur; Water absorption growth rate; Aquatic adaptation; Swimming behavior

动物分布格局除了受食物资源、环境条件、人类活动干扰的影响, 还受自身活动能力的限制。对陆生哺乳动物而言, 淡水水体是阻止其扩散的屏障, 但具有一定游泳能力则能有效进行扩散迁移、觅食和躲避捕食者 (Hickman 1988, Lodé 1999), 从而可影响其分布情况。通常会游泳的小型哺乳动物因体型及生理限制, 具有相似的水生适应特征, 即主要在水面游泳, 只依靠自身皮毛的防水及绝缘功能增加浮力和保温 (Richardo et al. 2008, Fish 2016), 利用四肢进行交替划水或者后肢划水提供动力, 很少能长时间潜入水中 (Fish 1996, Richardo et al. 2008, Fish 2016) 等。

洞庭湖作为我国第二大淡水湖泊, 水量呈季节性变化, 这势必会对生活在其中的动物造成巨大的选择压力。与之相适应, 一些小型哺乳动物可能会根据自身的运动能力及皮毛防水能力逃离或偏爱具有大面积水体的生境, 这种

水生适应性可能对该区域内小型哺乳动物群落格局产生一定的影响。

黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 是在我国除海南和青藏地区外其他地区均有分布的田间害鼠, 是洞庭湖区的主要优势鼠种之一 (张美文等 2003), 其生态位宽度指数高、对湖区各生境利用充分 (张美文等 2012)。随着三峡水库运行及退田还湖工程的实施, 洞庭湖汛期淹没强度降低、湖滩出露面积及天数增加 (邹邵林等 2000), 在农田生境占据优势的黑线姬鼠已大量侵入以东方田鼠 (*Microtus fortis*) 占据绝对优势的洲滩生境并定居 (Zhang et al. 2014)。灰麝鼩 (*Crocidura attenuata*) 主要以昆虫等为食物, 在洞庭湖区有分布, 但在湖区物种调查时较少被捕获。洞庭湖区黑线姬鼠与灰麝鼩的分布特点及种群数量不同, 可能与二者利用水体迁移扩散的能力不同有关。为此, 本研究参照 Violaine 等 (2006) 和 Richardo 等 (2008)

的方法对黑线姬鼠和灰麝鼩进行游泳实验, 观测二者的游泳行为及皮毛防水性能, 旨在比较二者的游泳能力, 并为从动物利用水体迁移扩散的角度探讨洞庭湖区小型兽类群落分布格局及变化机制提供参考。

1 研究区与方法

1.1 调查区概况

洞庭湖位于中国湖南省北部、长江中游荆江段以南, 地处 $27^{\circ}39' \sim 29^{\circ}51' \text{ N}$ 、 $111^{\circ}19' \sim 113^{\circ}34' \text{ E}$ 之间, 属于典型亚热带季风气候, 冬季寒冷阴湿, 夏季高温多雨, 年平均气温 $16 \sim 17^{\circ} \text{ C}$, 年平均降水量为 $1\ 200 \sim 1\ 550 \text{ mm}$, 汛期长, 且水位变幅大(谢永宏等 2014)。因每年洪水季节上游携带的大量泥沙入湖淤积, 以及独特的地理环境的作用下, 洞庭湖区形成了以敞水带、季节性淹水带、滞水低地为主的湖泊地区湿地景观, 动植物资源丰富, 并为大量珍稀濒危物种提供了庇护所, 在湖南省乃至全国的生物多样性保护中起着重要作用(黄金国 2002)。

1.2 实验方法

1.2.1 样本获取 2018年7月底至8月初在中国科学院洞庭湖湿地生态系统观测研究站($29^{\circ}30' \text{ N}$, $112^{\circ}48' \text{ E}$)附近利用活捕笼设置陷阱, 地区包括滨湖大堤两侧草地、草地与林地交接处以及农田生境, 共捕获成年黑线姬鼠 13 只(雌 7 只, 雄 6 只)、灰麝鼩 11 只(雌 4 只, 雄 7 只)。游泳实验在中国科学院洞庭湖湿地生态系统观测研究站的实验室内进行。

1.2.2 实验内容 将捕获到的动物放置在饲养笼内给予足够的食物和水源饲养 48 h, 观察其健康状况, 若有不适者则剔除。黑线姬鼠以葵花籽及小鼠饲料喂食, 灰麝鼩则以处死的昆虫喂食。

实验动物被平稳放入水深为 $30 \sim 40 \text{ cm}$ 的长 \times 宽 \times 高为 $60 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 的水箱中单独游泳, 游泳期间观察其游泳情况, 直到出现呛水情况捞出更换动物。更换实验动物前

需先清洗水箱和换水, 重复此过程直至所有动物实验结束。具体观察指标如下。

(1) 实验动物的游泳行为 身体姿势(与水面平行或倾斜)、游泳方式(划水或摆动身躯)、四肢和尾巴运动情况(四足划水或双足划水、尾巴是否提供动力)、漂浮和潜水情况等。

(2) 皮毛吸水率及吸水速率 动物游泳前, 称重得到初始体重 (W_0 , 精确至 0.1 g), 随后平稳放入水中, 在其游泳的第 3 min 时用漏勺将其捞出称量并记录体重 (W_3), 然后放入水中, 游至 5 min 时再捞出称重 (W_5), 以同样方法称量 10 min、30 min 体重, 每只动物游泳时长至少为 48 min。根据所得体重计算实验动物在一定游泳时间段内的皮毛吸水率 (water absorption rate, WAR), 计算公式为 $R_i = 100\% \cdot (W_i - W_0)/W_0$, 式中, R_i 为吸水率, i 为 3、5、10、30, W_i 分别表示游泳 3 min、5 min、10 min 和 30 min 的体重。将各时间段内增加的皮毛吸水率除以该时间间隔, 即得到该时间段内的皮毛吸水率速率 (water absorption growth rate)。皮毛吸水率和吸水速率能从一定程度上反映动物毛发的防水效果, 吸水率越大、吸水速率越快说明其防水效果越差, 越不利于动物在水中的活动, 反之则说明防水效果好。

1.3 统计分析

实验数据用平均值 \pm 标准差 (Mean \pm SD) 表示。利用 SPSS 软件对黑线姬鼠雌雄之间、灰麝鼩雌雄之间、黑线姬鼠与灰麝鼩之间在各游泳时间内皮毛吸水率的数据进行重复测量方差分析, 采用显著性水平为 0.05 的双尾检验, 统计图在 Origin 9 软件中完成。

2 结果与分析

2.1 灰麝鼩的游泳行为及皮毛防水性

灰麝鼩主要在水面游泳(图 1), 头露出水面, 臀部向下, 背、腹部没入水中, 身体与水面倾斜, 口鼻保持在水面上呼吸。游泳时采用四肢交替划水的狗刨姿势, 一侧肢体向前伸展的同时, 另一侧肢体向后划水, 四肢运动频率

较快，无漂浮行为，整个游泳过程其四肢一直划水游动，无潜水行为。其尾部不提供前进动力，随身体自然摆动。

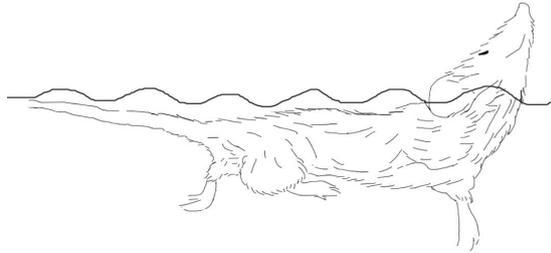


图 1 灰麝鼩游泳姿势示意图

Fig. 1 The swimming posture of *Crocidura attenuata*

灰麝鼩的皮毛吸水率随游泳时间延长而增加（表 1），游泳 10 min 后皮毛吸水率增长缓慢，皮毛吸水量达到饱和。雌性灰麝鼩的皮毛吸水率均值在游泳 3 min 时为 12.28%，5 min 时增长了 5.38% 为 17.66%，10 min 时又增长了 7.88%，至 30 min 时皮毛吸水率增长了 0.35%，表明游泳 30 min 时，皮毛吸水量已接近饱和，此后吸水率变化不大。雄性灰麝鼩皮毛吸水率变化情况与雌性一致，即游泳前期皮毛吸水率大幅增长，至 10 min 时，皮毛吸水率与游泳 30 min 的皮毛吸水率差别不大。雌性灰麝鼩的皮毛吸水率略低于雄性个体的吸水率，性别与

时间的交互作用无统计学意义 ($F_{(3,9)} = 0.306$, $P > 0.05$)，性别差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 黑线姬鼠的游泳行为及皮毛防水性

黑线姬鼠主要在水面游泳（图 2），头部、背部露出水面，腹部淹于水中，身体与水面近似平行，尾巴与水面平行。经观察，在游泳后期，其身体后半部分（约占体长 1/3）没入水中，但口鼻仍露出水面。游泳期间主要利用后肢进行交替划水，一后肢脚掌张开并以最大程度向后伸展，然后脚掌并拢缩回，待另一后肢向后踩水完成后再伸出，前肢保持在颌下，仅在转弯时利用四肢同时划水，常有四肢不动、身体亦能漂浮在水面的情况，但无潜水行为发生。其尾巴随水波自然摆动，不提供前进动力。



图 2 黑线姬鼠游泳姿势示意图

Fig. 2 The swimming posture of *Apodemus agrarius*

黑线姬鼠的皮毛吸水率在游泳期间随时间延长而一直增加（表 2）。雌性黑线姬鼠在游泳 3 min 时的皮毛吸水率在 9% 左右，5 min 时增长了 3.7% 为 12.71%，10 min 时增长了 0.37%，

表 1 灰麝鼩雌雄个体皮毛吸水率 (%)

Table 1 The fur water absorption rate of the male and female of the *Crocidura attenuata* (%)

性别 Gender	样本量 Sample size	初始体重 Starting weight (g)	游泳时间 Swimming time (min)			
			3	5	10	30
雌性 Female	4	8.53 ± 2.75	12.28 ± 1.97	17.66 ± 1.26	25.54 ± 1.19	25.89 ± 0.86
雄性 Male	7	10.06 ± 2.36	12.93 ± 2.11	18.54 ± 1.80	26.76 ± 1.47	26.78 ± 1.49

表 2 黑线姬鼠雌雄个体皮毛吸水率 (%)

Table 2 The fur water absorption rate of the male and female of the *Apodemus agrarius* (%)

性别 Gender	样本量 Sample size	初始体重 Starting weight (g)	游泳时间 Swimming time (min)			
			3	5	10	30
雌性 Female	7	29.49 ± 2.45	9.00 ± 4.00	12.71 ± 4.83	13.08 ± 3.58	15.41 ± 4.93
雄性 Male	6	42.35 ± 4.47	9.34 ± 1.68	12.05 ± 1.44	14.80 ± 1.76	16.49 ± 3.11

经过 30 min 增长了 2.33% 为 15.41%; 雄性 3 min 时为 9.34%, 5 min 时增长 2.71%, 10 min 又增长了 2.75%, 游泳 30 min 时皮毛吸水率又增长了 1.69% 为 16.49%, 未超过初始体重的 20%。雄性皮毛吸水率均值略高于雌性, 性别与时间的交互作用无统计学意义 ($F_{(3, 15)} = 0.234, P > 0.05$), 性别差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 黑线姬鼠与灰麝鼩的皮毛防水性比较

黑线姬鼠在各个时间段内的皮毛吸水率均低于灰麝鼩, 物种与时间的交互作用具有统计学意义 ($F_{(3, 30)} = 105.273, P < 0.001$), 灰麝鼩与黑线姬鼠的皮毛吸水率差异显著 (表 3)。3 min 时, 灰麝鼩皮毛吸水率比黑线姬鼠高 3.54%, 5 min、10 min、30 min 时分别高 5.81%、12.44%、10.56%。灰麝鼩皮毛吸水率高, 皮毛防水性差, 黑线姬鼠的皮毛防水性能优于灰麝鼩。

黑线姬鼠与灰麝鼩的皮毛吸水速率均随游泳时间增加而降低, 物种与时间的交互作用无统计学意义 ($F_{(1, 120, 11, 196)} = 4.518, P > 0.05$), 黑线姬鼠各个时间段的皮毛吸水速率较灰麝鼩低 ($P < 0.05$) (图 3)。

灰麝鼩皮毛吸水速率随时间增加呈下降趋势。在 3 min 时, 皮毛吸水速率最大, 5 min 时, 吸水速率减小, 至 30 min 时, 吸水速率接近于 0, 皮毛几乎不再吸水, 皮毛吸水量接近饱和, 此时, 灰麝鼩身体接触过水体的皮毛几乎全部打湿。随着游泳时间的增加, 黑线姬鼠的皮毛吸水率也在增加, 但吸水速率随时间增加而减小。在 3 min 时, 其皮毛吸水速率最大, 至 5 min

时, 吸水速率具减缓趋势, 10 min 以后, 皮毛吸水缓慢, 30 min 以后吸水速率接近于 0。

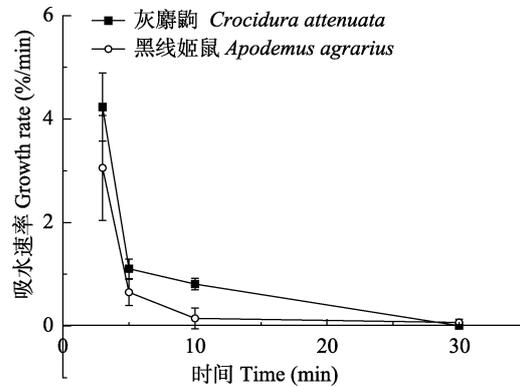


图 3 黑线姬鼠与灰麝鼩皮毛吸水速率

Fig. 3 The fur water absorption growth rate of *Apodemus agrarius* and *Crocidura attenuata*

3 讨论

水作为分布障碍还是分散机制, 取决于动物的游泳能力, 而游泳能力是小型陆生哺乳动物分布的决定性因素 (Hickman et al. 1986)。本实验中, 黑线姬鼠与灰麝鼩均能在水面游泳, 但黑线姬鼠划水方式优于灰麝鼩, 身体倾斜度、皮毛吸水率及吸水速率较低, 皮毛防水效果较好, 有利于其利用水体迁移扩散, 这可能是其广泛分布于洞庭湖区的原因之一。

小型陆生哺乳动物受体型及陆生习性的限制, 其皮毛提供的浮力在水下难以保持平衡, 同时需要向下做功抵消一部分向上的浮力, 所以主要在水面游泳 (Fish 1996, 2000, 2016)。另一方面, 动物在潜水时, 其皮毛受水压影响

表 3 黑线姬鼠与灰麝鼩皮毛吸水率比较 (%)

Table 3 The fur water absorption rate of *Apodemus agrarius* and *Crocidura attenuata* (%)

物种 Species	样本量 Sample size	初始体重 Starting weight (g)	游泳时间 Swimming time (min)			
			3 min	5 min	10 min	30 min
灰麝鼩 <i>Crocidura attenuata</i>	11	9.50 ± 2.49	12.70 ± 1.98	18.22 ± 1.62	26.31 ± 1.45	26.46 ± 1.32
黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	13	35.42 ± 7.48	9.16 ± 3.04	12.41 ± 3.56	13.87 ± 2.91	15.90 ± 4.06
<i>P</i>	/	/	0.025	0.001	< 0.001	< 0.001
<i>F</i> (1,10)	/	/	6.939	24.141	173.857	87.359

无法保持蓬松状态,毛被层进水导致皮毛绝缘保温能力降低,所以潜水时间较短(Fish 2000)。麝鼠(*Ondatra zibethicus*) (Fish 1984)及东方田鼠(张琛等 2019)这些小型哺乳动物均在水面游泳,部分水生适应程度较高的动物可以潜入水中(Violaine et al. 2006)。在本实验中,黑线姬鼠和灰麝鼠都以狗刨姿势在水面划水游泳,均无潜水行为。

在水面游泳时,来自水面波浪的阻力大于在水中游泳的阻力(Fish 1996, 2000),身体与水面保持水平能使这种阻力最小。角度越大,阻力就越大(Vogel 1994)。本实验中,灰麝鼠身体与水面呈一定倾斜角度,所受的波浪阻力较大,黑线姬鼠采取与水面平行的狗刨姿势游泳,此时身体受到的波浪阻力较小。一般来说,水生适应程度较高的陆生动物,其游泳时身体与水平面保持水平,游泳能力越差的动物游泳时身体倾斜度越高(Lodé 1999, Richardo et al. 2008, Fish 2016)。比如,陆生鼠类比泳鼠类动物具有更大的身体倾斜度,所以不得不四肢划水并保持较高的划水频率(Richardo et al. 2008)。在半水栖和陆栖负鼠间(Fish 1993a)以及和鼬间(Lodé 1999)的比较中也观察到类似的结果。随着游泳时间变化、皮毛吸水导致浮力减少以及体力耗损等原因,动物身体会逐渐倾斜被水淹没(Lodé 1999, Richardo et al. 2008, Fish 2016)。灰麝鼠和黑线姬鼠身体与水面倾斜度随着在水中停留时间的增加而增加,说明毛发中有水分渗入。

动物在水中运动需要克服重力及水体阻力,而游泳速度、动力的产生及效率与游泳模式有关(Fish 1996)。一般来说,半水栖哺乳动物水生适应较好,游泳模式较为先进。小型哺乳动物游泳时,同时利用四肢或仅用前后肢划水可在提供浮力的同时提高游泳速度获得前进动力(Lodé 1999, Fish 2016)。比如美洲水貂(*Mustela vison*)以类似于陆地行走的方式游泳,即位于对角线的两条腿同步划水(Williams 1983)。水生适应程度较高的水獭(*Lutra*

canadensis),虽然也用四肢同时划水,但主要是用后肢划水,前肢在转弯时划水(Tarasoff et al. 1972)。实验期间,灰麝鼠四肢同时划水提供动力和浮力,黑线姬鼠仅利用后肢划水,期间伴有漂浮行为。四肢划水时,前肢和后肢之间存在运动干扰,造成前进动力损失并降低游泳效率(Fish 1993b)。前肢缩在颌下或胸前,同时利用后肢划水,一方面可以避免同侧肢体之间的运动干扰,有助于动物身体形态接近流线型的轮廓,提高游泳效率;另一方面,前肢得到解放,可用于维持动物运动稳定性、机动性以及获取食物等(Fish 1994, 1996, Richardo et al. 2008)。相较而言,黑线姬鼠的划水方式属于水生适应程度较高的方式。

高密度和防水性强的皮毛有利于增加浮力和绝缘保温(Fish et al. 2002)。皮毛防水性能好,毛纤维间能长时间滞留大量的静止空气,毛被的保温绝缘能力以及提供的浮力强(Fish 2016)。黑线姬鼠的皮毛吸水率及皮毛吸水速率均低于灰麝鼠,其皮毛防水性能较好,有利于黑线姬鼠水面运动。相同游泳时间内,皮毛吸水率越大、吸水速率越高表明动物皮毛防水效果越差(Hickman 1988, Giannoni et al. 2001),动物在水中的质量会因皮毛吸水而大幅增长(Richardo et al. 2008),同时毛被提供浮力和保温的能力逐渐丢失,从而影响动物的游泳能力(Hickman et al. 1986)。故皮毛防水效果好有利于动物在水面的迁移活动,在一定程度上能反映出动物对水环境的适应水平。比如,陆生鼠类游泳 5 min 的皮毛吸水率显著高于半水生的泳鼠类动物(Richardo et al. 2008),在游泳 5 min 时,偏爱湿地的沼泽稻鼠(*Oryzomys palustris*)体重增加 8.1%,而偏爱干旱生境的刚毛棉鼠(*Sigmodon hispidus*)体重增加 13.9%(Esher et al. 1978)。本实验皮毛吸水率结果进一步表明,黑线姬鼠的水生适应程度高于灰麝鼠。

与栖居在山地、林地等较为干旱环境的小型哺乳动物相比,偏爱湿润多水生境的动物一

般具有更强的游泳能力 (Hickman et al. 1986, Violaine et al. 2006)。本实验中, 灰麝鼯来源于旱地, 其生境中的农田种植辣椒、玉米、南瓜等蔬菜, 田边杂草丛生, 其接触大面积水域的机会较少, 受人为干扰较多, 其游泳方式及皮毛防水性不及黑线姬鼠, 但仍可以在水面游泳 48 min 左右, 具有一定的游泳能力, 可在小面积的水域内活动。黑线姬鼠来源于防洪大堤外的草地, 频繁接触湖面, 受湖水季节性波动干扰较大, 人为干扰较少, 效率较高的游泳方式及防水性能较好的皮毛有助于其长时间水面活动, 能有效利用水体迁移扩散, 可能是其广泛分布于湖区的原因之一。

黑线姬鼠为洞庭湖区鼠类群落主要优势种, 农田为其主要栖息地 (王勇等 2003, 李波等 2005), 适应能力强 (王勇等 2006), 生态位广, 在洞庭湖区各类型生境均有分布并占据优势 (张美文等 2012)。在农田生境, 曾经为农田生态系统优势鼠种之一的褐家鼠 (*Rattus norvegicus*) 的比例大大降低, 黑线姬鼠占据绝对优势。在水稻生长季节, 农田内的黑线姬鼠大部分分布于水田 (王勇等 2003), 因田间满水, 主要在田埂上活动、栖息 (王勇等 2005), 也曾被发现在距离田埂 1.65 m 的抽穗期水稻植株上营巢产仔 (白智江等 2017), 其活动区域有大面积水体, 较好的游泳能力除了有利于在田间觅食、逃跑、躲避天敌, 还有助于利用水体迁移扩散。

栖息地环境的变化, 会影响动物种群数量和群落格局。动物能否成功扩散到一个新的区域, 首先取决于动物本身的运动能力, 其次为对环境的耐受宽度以及物理障碍 (水体、山脉)

(沃恩等 2017)。在 20 世纪 90 年代之前, 东方田鼠为洞庭湖内湖滩生境的唯一鼠种 (郭聪等 1997)。随着三峡水库运行以及退田还湖工程的实施, 洞庭湖区双退垸 (洞庭湖“退田还湖”工程中实施退耕退人的地区) 正处于农田生境和成熟湖滩生境之间的状况, 并以低速发展的状态逐渐向成熟湖滩演变 (张美文等 2013), 湖内洲滩出露面积及天数增加, 褐家鼠与黑线姬鼠大量迁入湖滩栖息, 并成为退田还湖洲滩和成熟洲滩的优势种 (Zhang et al. 2014, 冯蕾等 2017)。关于黑线姬鼠繁殖特点和食性特征对湖滩生境的适应性皆有报道 (张美文等 2009, 雍仲禹等 2012)。黑线姬鼠的游泳能力较强, 在夏季湖滩被淹时, 洲滩生境内的黑线姬鼠与东方田鼠一样迁往较高湖滩或湖岸农田。随着湖滩面积进一步缩小, 或涨水速度快, 使湖滩迅速被淹没, 如果以游泳的方式进行迁移, 可在较短时间内迁往高处。尽管黑线姬鼠游泳能力较好, 但汛期迁移过后, 在有东方田鼠的双退垸区和湖滩草地, 因不适应这种迁徙、体力耗费及种间激烈竞争, 黑线姬鼠各项繁殖指标锐减 (张美文等 2009)。本实验中的黑线姬鼠主要捕获于防洪大堤外的草地, 其皮毛吸水率远远高于农田生境 (表 4) 的个体, 可能是因为刚从湖滩迁徙过来, 体力大量耗损且尚未恢复, 故皮毛防水性能不及未经历迁徙的农田个体, 进一步说明, 黑线姬鼠可能不适应这种被迫迁徙。根据张琛等 (2019) 的实验结果, 东方田鼠室内封闭群后代普遍具有水中运动 5 h 以上的游泳能力, 而农田黑线姬鼠 (表 4) 可在水中游泳 3 h 左右, 其长时间游泳能力不及东方田鼠。在洞庭湖内原有成熟洲滩, 黑线

表 4 黑线姬鼠农田样本游泳数据

Table 4 The swimming data of *Apodemus agrarius* from farmland

	黑线姬鼠编号 Number of <i>Apodemus agrarius</i>											平均值 ± 标准差 Mean ± SD
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11	
20 min 皮毛吸水率 Fur water absorption rate in 20 min (%)	4.6	6.3	5.5	4.9	7.1	8.5	4.8	4.2	3.6	4.1	4.5	5.3 ± 1.5
20 °C 游泳总时长 Swimming time at 20 °C (h)	4.1	2.7	3.3	3.0	3.1	2.5	3.2	3.1	3.6	3.3	3.2	3.2 ± 0.4

姬鼠主要生活在大堤或洲滩上小堤周围等生境(张美文等 2009), 在湖滩深处密度极低, 而湖滩深处主要是东方田鼠栖息地, 除开种间竞争及对环境的不适应, 黑线姬鼠游泳能力不及东方田鼠可能是其在洞庭湖湖滩深处分布较少的的原因之一。

参 考 文 献

- Esher R J, Wolfe J L, Layne J N. 1978. Swimming behavior of rice rats (*Oryzomys palustris*) and cotton rats (*Sigmodon hispidus*). *Journal of Mammalogy*, 59(3): 551–558.
- Fish F E. 1984. Mechanics, power output and efficiency of the swimming muskrat (*Ondatra zibethicus*). *Journal of Experimental Biology*, 110(11): 183–201.
- Fish F E. 1993a. Comparison of swimming kinematics between terrestrial and semiaquatic opossums. *Journal of Mammalogy*, 74(2): 275–284.
- Fish F E. 1993b. Power output and propulsive efficiency of swimming bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of Experimental Biology*, 185(8): 179–193.
- Fish F E. 1994. Influence of hydrodynamic design and propulsive mode on mammalian swimming energetics. *Australian Journal of Zoology*, 42(1): 79–101.
- Fish F E. 1996. Transitions from drag-based to lift-based propulsion in mammalian swimming. *American Zoologist*, 36(6): 628–641.
- Fish F E. 2000. Biomechanics and energetics in aquatic and semiaquatic mammals: platypus to whale. *Physiological and Biochemical Zoology*, 73(6): 683–698.
- Fish F E. 2016. Secondary evolution of aquatic propulsion in higher vertebrates: validation and prospect. *Integrative and Comparative Biology*, 56(6): 1285–1297.
- Fish F E, Smelstoys J, Baudinette R V, et al. 2002. Fur does not fly, it floats: buoyancy of pelage in semi-aquatic mammals. *Aquatic Mammals*, 28(2): 103–112.
- Giannoni S M, Borghi C E, Laconi M R. 2001. Swimming ability of the European fossorial vole *Microtus (T.) gerbei* under different laboratory conditions. *Mammalian*, 65(2): 143–150.
- Hickman G C. 1988. The swimming ability of *Ctenomys fulvus* (Ctenomyidae) and *Spalacopus cyanus* (Octodontidae), with reference to swimming in other subterranean mammals. *Zoology of Säugetierkunde*, 53(1988): 11–21.
- Hickman G C, Machine C. 1986. Swimming behaviour in six species of African rodents (Cricetidae, Muridae). *Acta Theriologica*, 31(33): 449–466.
- Lodé T H. 1999. Comparative measurements of terrestrial and aquatic locomotion in *Mustela lutreola* and *M. putorius*. *Zoology of Säugetierkunde*, 64(2): 110–115.
- Richardo T S, Marcus V V, Oscar R B, et al. 2008. Water absorption of the fur and swimming behavior of semiaquatic and terrestrial Oryzomine Rodents. *Journal of Mammalogy*, 89(5): 1152–1161.
- Tarasoff F J, Bisailon A, Piérard J, et al. 1972. Locomotory patterns and external morphology of the river otter, sea otter, and harp seal (Mammalia). *Canadian Journal of Zoology*, 50(7): 915–929.
- Violaine N, Marc C. 2006. Swimming ability of 5 species of African rainforest murid rodents in relation to their habitat preferences. *Zoological Studies*, 45(2): 264–268.
- Vogel S. 1994. *Life in Moving Fluids*. Princeton: Princeton University Press.
- Williams T M. 1983. Locomotion in the North American mink, a semi-aquatic mammal. I. Swimming energetics and body drag. *Journal of Experimental Biology*, 103(8): 155–168.
- Zhang M W, Wang Y, Li B, et al. 2014. Small mammal community succession on the beach of Dongting Lake, China after the Three Gorges Project. *Integrative Zoology*, 9(3): 294–308.
- 白智江, 杨再学, 李大庆, 等. 2017. 贵州余庆水稻田发现一例黑线姬鼠巢穴. *四川动物*, 36(2): 215–216.
- 冯蕾, 赵运林, 张美文, 等. 2017. 洞庭湖洲滩及滨湖区鼠类分布格局及其多样性. *生态学报*, 37(17): 5577–5779.
- 郭聪, 王勇, 陈安国, 等. 1997. 洞庭湖区东方田鼠迁移的研究. *兽类学报*, 17(4): 279–286.
- 黄金国. 2002. 洞庭湖区湿地生物多样性保护及其可持续利用. *重庆环境科学*, 24(6): 18–20.
- 李波, 王勇, 张美文, 等. 2005. 洞庭湖滨湖稻区鼠类群落基本特征研究. *中国生态农业学报*, 13(1): 152–155.
- 王勇, 王克林, 张美文, 等. 2005. 洞庭湖区农业生产格局及措施对农田害鼠种群数量的影响研究. *中国生态农业学报*, 13(1): 148–151.
- 王勇, 张美文, 李波, 等. 2003. 洞庭湖地区不同生态类型区鼠类群落组成及其演替趋势. *农村生态环境*, 19(1): 13–17.
- 王勇, 赵必密, 郭聪, 等. 2006. 洞庭湖滨湖丘岗区鼠类群落演替. *武汉大学学报: 理学版*, 5(2): 252–256.
- 沃恩 T A, 瑞安 J M, 恰普莱夫斯基 N J: 刘志宵译. 2017. 哺乳动

- 物学(原书第六版). 北京: 科学出版社, 367.
- 谢永宏, 张琛, 蒋勇. 2014. 洞庭湖湿地生态环境演变. 长沙: 湖南科学技术出版社, 3-17.
- 雍仲禹, 张美文, 郭聪, 等. 2012. 洞庭湖区黑线姬鼠食性调查. 动物学杂志, 47(3): 115-121.
- 张琛, 王勇, 张美文. 2019. 东方田鼠的游泳行为和能. 动物学杂志, 54(3): 311-320.
- 张美文, 李波, 王勇, 等. 2012. 洞庭湖区退田还湖过程中小型兽类的生态位特征. 应用与环境生物学报, 2012, 18(2): 177-185.
- 张美文, 李波, 王勇, 等. 2013. 洞庭湖区退田还湖区域草本植物群落多样性特征. 应用与环境生物学报, 19(3): 434-443.
- 张美文, 王凯荣, 王勇, 等. 2003. 洞庭湖区鼠类群落的物种多样性分析. 生态学报, 23(11): 2260-2270.
- 张美文, 王勇, 李波, 等. 2009. 洞庭湖不同退田还湖类型区东方田鼠和黑线姬鼠的繁殖特性. 兽类学报, 29(4): 396-405.
- 邹邵林, 刘晓清, 刘新平, 等. 2000. 三峡工程对洞庭湖区滩地出露天数的影响. 长江流域资源与环境, 9(2): 254-259.

湖南凤凰县发现三叶蹄蝠

The Stoliczka's Asian Trident Bat (*Aselliscus stoliczkanus*) Found in Fenghuang County, Hunan Province

2019年3月23日在湖南省凤凰县茶田镇亭子关汞矿区附近的一人工涵洞(109°20'20" E, 27°48'50" N, 海拔470 m)内捕获1只雄性蹄蝠。按照杨奇森等(2007)和潘清华等(2007)的方法,使用游标卡尺(测量精度为0.02 mm)测量所采集标本外部形态和头骨。依据外部形态特征参考相关文献(罗蓉 1993, 盛和林 2005, Smith等 2009, 张劲硕等 2009, Tu et al. 2015, Zhang et al. 2016)确认其为三叶蹄蝠(*Aselliscus stoliczkanus*),且为湖南省翼手目动物分布新记录种。标本现保存于铜仁学院动物标本馆(标本号 TRU20190323001)。

该蹄蝠标本体型较小,头体长43.64 mm,前臂长42.82 mm;耳较小,长9.98 mm,耳顶端尖,无对耳屏(图1a);头部的鼻叶窄于后鼻叶,顶叶有2处明显的纵沟将顶叶分为3片相连的小叶,马蹄叶外缘有两片小附叶(图1a, b)。尾长35.88 mm,最后一枚尾椎骨超出股膜之外;胫骨长17.58 mm,后足长7.12 mm。毛长而柔软,背部毛尖黑褐色,毛基部灰白色;腹部棕褐色,毛基淡白色。头骨较小,颅全长16.18 mm,吻部狭窄,宽4.22 mm;前鼻隆突起;眶间窄,颧弓明显,颧宽7.38 mm;脑颅膨大,颅基高5.54 mm,后头宽7.24 mm;矢状嵴明显(图1c~f)。上犬齿发达,第一上前臼齿位于齿列之中,上齿列长5.92 mm。下齿列长6.66 mm,下颌骨长10.02 mm。

三叶蹄蝠隶属于蹄蝠科(Hipposideridae)三叶蹄蝠属。三叶蹄蝠属包括*Aselliscus tricuspispidatus*、*A. dongbacana*和三叶蹄蝠(*A. stoliczkanus*)3种(Tu et al. 2015, Zhang et al. 2016)。多数学者认为中国仅分布三叶蹄蝠1种,在我国分布于贵州、广东、广西、云南(蒋志刚等 2015)、重庆(张劲硕等 2009)、江西(盛和林 2005)。但是Zhang等(2016)对采集自云南、四川、贵州和广西的三叶蹄蝠标本的外形和头骨进行测量,并结合线粒体DNA Cyt b和COI基因序列分析,认为广西的三叶蹄蝠应为*Aselliscus dongbacana*,而云南、四川和贵州的是三叶蹄蝠(*A. stoliczkanus*)。本次在湖南采集的三蹄蝠标本与同属的*A. dongbacana*和*A. tricuspispidatus*相比,*A. dongbacana*

(下转第439页)

基金项目 铜仁学院学科建设与研究生教育专项(No. trxkm[2018]12), 贵州省科技厅联合基金项目(黔科和 LH[2014]7473);

第一作者介绍 杨天友, 男, 副教授; 研究方向: 野生动植物保护与利用; E-mail: yangtianyou2006@126.com.

收稿日期: 2019-06-22, 修回日期: 2019-11-24 DOI: 10.13859/j.cjz.202004017