

甘肃鼯鼠粪尿气味对侵占行为的影响*

李金钢** 王廷正 赵新全

(陕西师范大学生命科学学院, 西安 710062) (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

Effect of fecaluria odor of Gansu zokors (*Myospalax cansus*) on its territorial invading behaviour*

LI Jin-Gang** WANG Ting-Zheng ZHAO Xin-Quan

(College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

(Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract The Gansu zokor (*Myospalax cansus*) is a solitary fossorial rodent, which inhabits its own tunnel system. The Gansu zokor are highly aggressive, and encounters between of two animals may end in the death or injury of one of them. In order to investigate the effect of fecaluria odor of the Gansu zokor on its invading behaviour, the behavioral methods were used to determine whether Gansu zokors use faeces to mark their own territorial boundaries and the effect on its excavation pattern. The results showed that when an intruder was introduced, the test animal almost always shifted its latrine location to the intruder's side. The Gansu zokor can detect the conspecific odor. In nonbreeding season, the odor of urine and faeces of Gansu zokors prolongs excavation of homosexual intruders and play a role in delaying conspecifics from entering the territory [*Acta Zoologica Sinica* 49 (5): 682 - 686, 2003].

Key words Gansu zokor (*Myospalax cansus*), Fecaluria odor, Invading behaviour, Subterranean rodent

关键词 甘肃鼯鼠 粪尿气味 侵占行为 地下鼠

气味是哺乳动物个体识别的主要途径, 动物气味能传达个体、种、性别和优势地位等化学信息。对地面鼠个体气味识别的研究已有较多报道 (Johnston *et al.*, 1993; Johnston *et al.*, 1994; Tang-Martinez *et al.*, 1993), 对地下鼠气味识别研究仅见对鼯形鼠的报道 (Heth *et al.*, 1996a, 1996b; Heth *et al.*, 1997; Todrank *et al.*, 1996)。营地下生活的鼠类, 如甘肃鼯鼠 (*Myospalax cansus*)、鼯形鼠 (*Spalax ehrenbergi*) 等, 常独居, 终生栖息在自己的洞道内, 从不离开并具有领域性和攻击行为。两鼠不期而遇时, 常会发生伤害性格斗, 甚至造成一方死亡 (樊乃昌等, 1990; Neve *et al.*, 1986; Zuri *et al.*, 1996)。所以, 地下独居兽类个体间的识别尤其重要。国外对鼯形鼠的研究表明, 它能识别不同种、性别、季节尿的化学信

息, 鼯形鼠的粪尿气味对其入侵行为有抑制作用 (Zuri *et al.*, 1997)。甘肃鼯鼠粪尿气味对其行为影响未见报道。为此, 通过对甘肃鼯鼠的粪尿气味对侵占行为的影响, 我们探讨气味在地下鼠通讯中的作用。

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验用甘肃鼯鼠均于 1998 年 4~5 月用活捕法捕自陕西省富县, 所有个体均捕自不同洞系。在室内单笼饲养在 CP4 型动物饲养箱 (46 cm × 30 cm × 18 cm) 中, 以防个体间接触。以锯末作为笼垫, 普通脱籽棉及刨花作巢材, 饲以胡萝卜、莴苣、莲花白, 不供饮水。室内温度为 20 ± 1, 自然光照。用于试验的甘肃鼯鼠均为成年非繁殖个体, 雌

2003-02-26 收稿, 2003-06-05 修回

* 国家自然科学基金 (39870119), 陕西省自然科学基金 (2001SM28) [This research was funded by the grants from National Natural Science Foundation of China (No. 39870119) and Natural Science Foundation of Shaanxi Province (No. 2001SM18)]

** 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: jingang-118@163.com

第一作者简介 李金钢, 男, 38 岁, 博士, 副教授。研究方向: 行为生态学。

© 2003 动物学报 *Acta Zoologica Sinica*

雄兼用, 雌鼠体重 225.94 ± 3.28 g; 雄鼠体重 278.89 ± 16.50 g。实验于 1998 年 11 ~ 12 月鼯鼠非繁殖期进行, 每次实验均安排在 21:30 ~ 24:00 鼯鼠活动频繁时间段进行。

1.1 甘肃鼯鼠的粪尿标记

本实验的目的是检验甘肃鼯鼠是否用粪尿标记自己的领域。实验装置参照 Zuri *et al.* (1997) 并加改进, 装置由三部分组成, 一个位于中央的巢箱 (40 cm \times 40 cm \times 40 cm) 和两个侧箱 (30 cm \times 30 cm \times 40 cm), 侧箱与巢箱的隔墙与箱底间留 2 cm 的缝隙允许气体通过, 但能防止鼯鼠的身体接触。三个箱内均垫 5 cm 厚的锯末, 并放置适量的脱籽棉及刨花作为巢材, 以确定巢的位置。

实验时, 将 1 只鼯鼠 (受试鼠) 先放置在巢箱内适应 24 h。在此期间, 巢箱内投食胡萝卜和莲花白。鼯鼠在 24 h 内可建立好自己的窝巢和固定的厕所。24 h 之后, 将另 1 只鼯鼠 (干扰鼠) 放置在巢箱受试鼠厕所相对一侧的侧箱中。例如, 如果受试鼠厕所在巢箱的左侧, 则干扰鼠就放置在巢箱的右边侧箱中, 反之亦然。在有些情况下, 若受试鼠将厕所建立在巢箱中央, 干扰鼠则随机放入任何一个侧箱即可。雌、雄均分别被用作受试鼠和干扰鼠, 两次实验间隔 1 周。为防止造成受试鼠的不必要紧张, 干扰鼠在侧箱的放置时间限制在 1 h。24 h 后, 观察记录受试鼠厕所位置的变化情况。

对照试验在受试鼠适应 24 h、并建立窝巢和厕所后, 不放置干扰鼠的情况下, 再过 24 h 后观察统计受试鼠厕所位置的变化情况。

1.2 粪尿气味对侵占行为的影响

实验装置由一个木质观察箱 (50 cm \times 50 cm \times 40 cm)、模拟隧道和人工土塞组成。观察箱一边开一直径 8.4 cm 的孔, 此孔与一 50 cm 长、外径 8.4 cm 的透明塑料管 (模拟隧道) 相连, 其末端用一玻璃板将开口堵上, 再用胶带封好固定, 以防受试鼠逃跑。

人工土塞的基本组成是: 对照试验用土塞为 500 g 黄绵土加 100 g 干净锯末, 加 100 g 自来水, 混合均匀。将混合物盛在直径为 8.4 cm 的塑料管内压实, 做成一直径为 8.4 cm、长为 15 cm 的土塞。土塞在试验前 10 min 做好。实验用气味土塞为 500 g 黄绵土加 200 g 浸有鼯鼠粪尿的锯末混合均匀, 然后装入长 50 cm、直径 8.4 cm 的透明塑料管内, 用力压实, 制成 15 cm 长的气味土塞。气味源分别随机选取 3 只雌或雄鼯鼠粪尿锯末。

为使测试标准一致, 所有受试鼠都进行对同一气味源反应测试, 这种预试验可以检验不同鼯鼠个体对来自不同鼯鼠的气味的反应是否相同。8 只鼯鼠 (雌、雄各 4 只) 用于预试验, 每只鼠被随机测试两次, 一次用混有雄性粪尿的土塞测试, 另一次用混有雌性粪尿的土塞测试。测试记录从第一次开始挖掘到土塞被完全挖完所用时间。通过预试验表明, 虽然测试气味源来自不同个体, 但所有被试鼠对土塞的整体行为是相同的。对于不接近土塞的个体及接近土塞但开始挖掘时间超过 15 min 的个体均予以去除。

在进行实验时, 无论雌、雄鼠, 均随机选取 3 只甘肃鼯鼠的粪尿混合物作为气味源, 用锯末和自来水作对照试验。

实验时, 先将受试鼠放入观察箱内让其适应 24 h, 正式实验时, 将观察箱与模拟隧道之间的门打开, 为减少受试鼠的紧张和恐惧, 在试验开始打开模拟隧道时, 应在受试鼠处于模拟隧道的对面一侧, 并处于休息状态时打开。待鼯鼠进入到模拟隧道内时开始记录。用 OBS 行为记录软件记录试验结果。实验所记录用于行为分析的参数如下。

(1) 潜伏期: 从鼯鼠第一次接触到土塞开始到第一次开始挖掘土塞的时间, 用于测定粪尿气味对入侵者挖掘活动的抑制程度。

(2) 土塞打开时间: 鼯鼠用于挖毁土塞的时间, 从开始挖掘土塞一直到土塞被完全挖毁为止, 用于测定入侵者的挖掘速度。

(3) 净挖掘时间: 鼯鼠纯用于挖掘土塞的时间, 不包括各挖掘活动之间的暂停时间。

(4) 嗅顶土塞时间: 鼯鼠嗅土塞的时间及用头部顶压土塞、向土塞推土的时间, 用于测定入侵者的侵占性强弱。

1.3 数据分析

实验数据统计分析采用 SPSS 统计软件完成。卡方检验用于检验相邻鼠对受试鼠厕所位置的影响; Mann-Whitney 检验用于同组不同性别间各行为参数差异性的检验, Wilcoxon signed-rank 检验用于不同组同性别间各行为参数差异性的检验。文中数据以平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示。

2 结果

2.1 粪尿标记

本实验共测试 40 只甘肃鼯鼠对相邻干扰鼠的反应, 共有 32 只受试鼠将其厕所由原来位置移到

有干扰鼠出现的一侧 ($\chi^2 = 11.74$, $P < 0.01$)。其中有 10/10 的雌性鼠、8/10 的雄性鼠将其厕所位置移向雌性干扰鼠一侧; 同时有 6/8 的雌性鼠和 8/12 雄性鼠将其厕所位置移向雄性干扰鼠存在的一侧。而对照组的 20 只鼠中 (雌、雄各 10 只) 无一将其厕所位置变动。无论是对雌性干扰鼠, 还是对雄性干扰鼠的反应, 雌、雄性甘肃鼯鼠之间无性别差异 ($\chi^2 = 0.0003$, $P > 0.05$; $\chi^2 = 0.035$, $P > 0.05$)。在本试验中, 有 8 例在放入干扰鼠后未将其厕所位置移动。其中有雌性受试鼠对雄性干扰鼠 2 例; 雄性受试鼠对雌性干扰鼠 2 例和雄性受试鼠对雄性干扰鼠 4 例。而雌性受试鼠对雌性干扰鼠则未出现不改变其厕所位置的情况。

2.2 粪尿气味对侵占行为的影响

2.2.1 潜伏期

对照组雌鼠开始挖掘土塞的潜伏期长于雄性, 但差异达不到统计显著水平 ($P > 0.05$)。实验组雌鼠、雄鼠分别开始挖掘雌性粪尿土塞和雄性粪尿土塞的潜伏期差异均不显著 ($P > 0.05$; 表 2)。对照组雌鼠的潜伏期与雌鼠对雌鼠粪尿实验组的潜伏期相比, 二者之间无显著性差异 ($P > 0.05$), 但对对照组雌鼠潜伏期与雌鼠对雄鼠粪尿实验组潜伏期之间有显著差异 ($P < 0.05$); 对照组雄鼠的潜伏期与雄鼠对雌鼠粪尿实验组潜伏期之间无显著差异 ($P > 0.05$); 而对照组雄鼠的潜伏期与雄鼠对雄鼠粪尿实验组的潜伏期之间有显著性差异 ($P < 0.05$)。

2.2.2 土塞打开时间

用自来水作对照试验中, 雌鼠的平均土塞打开时间长于雄鼠的平均土塞打开时间, 但二者之间达不到统计显著水平 ($P > 0.05$)。两性个体打开雌鼠粪尿土塞的时间和打开

雄鼠粪尿土塞的时间之间也均无显著性差异 ($P > 0.05$)。雌性个体打开雌鼠粪尿土塞时间和打开雄鼠粪尿土塞的时间虽有差异, 但也达不到统计显著水平 ($P > 0.05$)。雄性个体打开雌鼠粪尿土塞时间长于打开雄鼠粪尿土塞的时间, 也未达到统计显著水平 ($P > 0.05$)。实验组与对照组打开土塞时间之间的差异也不显著 ($P > 0.05$)。

2.2.3 净挖掘时间

对照试验中, 雌、雄鼠的净挖掘时间有显著性差异 ($P < 0.05$)。雌鼠平均净挖掘时间为 154.58 s, 雄鼠为 95.93 s。但实验组雌、雄鼠对雌鼠粪尿土塞和对雄鼠粪尿土塞的净挖掘时间无显著性差异 ($P > 0.05$)。其中, 雌、雄鼠对雄鼠粪尿土塞的净挖掘时间差别很小, 而对雌鼠粪尿土塞的净挖掘时间相差约 1 min, 但达不到统计显著水平 ($P > 0.05$)。比较同性个体不同组试验结果也是如此, 各组平均净挖掘时间有差别, 但也未达到统计显著水平 ($P > 0.05$)。

2.2.4 顶嗅土塞时间

两性个体的平均顶嗅土塞时间有显著性差异。对照组中, 两性顶嗅土塞时间相差显著 ($P < 0.05$), 分别为 141.10 s 和 81.20 s。实验组雌、雄鼠对雄鼠粪尿土塞的顶嗅土塞时间也存在显著性差异 ($P < 0.05$), 雌对雄为 163.38 s, 雄对雄为 51.23 s。但对雌鼠粪尿土塞的平均顶嗅土塞时间, 两性间虽有差异, 但未达到统计显著水平 ($P > 0.05$)。雌鼠对雄鼠粪尿土塞的顶嗅时间和雌鼠对雌鼠粪尿土塞顶嗅土塞时间有显著性差异 ($P < 0.05$), 对雌鼠粪尿土塞的顶嗅土塞时间平均为 71.80 s, 对雄鼠粪尿土塞的顶嗅土塞时间增加到 163.38 s。雄性个体对雌鼠粪尿土塞的顶嗅土塞时间与对雄鼠的相比也无显著性差异

表 1 甘肃鼯鼠厕所位置移动数量

Table 1 The number of the shifted latrine location of Gansu zokor in response to the intruder

| 受试鼠 Experimental individuals | 雌鼠 Females | | 雄鼠 Males | | 移动比例 Ratio of shifted latrine |
|------------------------------------|--------------|--|--------------|--|-------------------------------------|
| | 数量 Number | 厕所位置移动数 Number of latrine location shifted | 数量 Number | 厕所位置移动数 Number of latrine location shifted | |
| 雌性干扰鼠 (Female intruder) | 10 | 10 | 10 | 8 | 18/20 |
| 雄性干扰鼠 (Male intruder) | 8 | 6 | 12 | 8 | 14/20 |
| 对照 (Control) | 10 | 0 | 10 | 0 | 0/20 |

表 2 甘肃鼯鼠对粪尿气味的行为反应 (Mean \pm SE, s/10 min)Table 2 The behaviors of the Gansu zokor in response to the soil plugs mixed with the urine and faeces of male or female Gansu zokors (Mean \pm SE, s/10 min)

| 项目 Item | 受试鼠 Zokors | 雌鼠 () (U + F) | | 雄鼠 () (U + F) | | 对照 Control C | Wilcoxon test (P) | | | |
|------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| | | A (n = 16) | M-W test (P) | B (n = 16) | M-W test (P) | | A-B | A-C | B-C | |
| LT | | 23.85 \pm 3.05 | 0.7728 | 36.45 \pm 4.20 | 0.5657 | 21.76 \pm 4.22 | 0.1416 | 0.0833 | 0.8065 | 0.0500 * |
| | | 26.85 \pm 6.04 | | 34.20 \pm 7.88 | | 12.70 \pm 2.48 | | 0.5637 | 0.0833 | 0.0433 * |
| NT | | 179.18 \pm 34.57 | 0.1489 | 118.8 \pm 24.17 | 0.3865 | 154.58 \pm 10.75 | 0.0143 * | 0.0833 | 0.8065 | 0.2207 |
| | | 116.43 \pm 12.04 | | 126.63 \pm 12.53 | | 95.93 \pm 5.97 | | 0.7728 | 0.1489 | 0.0833 |
| OT | | 304.45 \pm 51.59 | 0.5637 | 232.63 \pm 32.46 | 1.0000 | 290.30 \pm 9.03 | 0.0864 | 0.1489 | 1.0000 | 0.2207 |
| | | 220.88 \pm 35.40 | | 254.25 \pm 67.63 | | 215.93 \pm 39.28 | | 0.7728 | 0.7728 | 0.5637 |
| CT | | 71.80 \pm 7.35 | 0.0833 | 163.38 \pm 25.93 | 0.0286 * | 141.10 \pm 15.19 | 0.0500 * | 0.0209 * | 0.0275 * | 0.3272 |
| | | 44.68 \pm 10.57 | | 51.23 \pm 14.19 | | 81.20 \pm 22.04 | | 1.0000 | 0.1489 | 0.2482 |

M-W test: Mann-Whitney 检验 (Mann-Whitney test, 2-tailed significance) U + F: 粪便和尿 (Urine and faeces) LT: 潜伏期 (Latency time, from the Gansu zokor's first contact with soil plugs to onset of excavation) NT: 净挖掘时间 (Net time of excavation, comprising only the actual time spent excavation without pauses between sessions) OT: 土塞打开时间 (Total time spent opening the soil plug, from the beginning of excavation until the soil was totally dispersed) CT: 顶嗅土塞时间 (Time spent by the Gansu zokor compacting the soil plug with its head or adding loose soil to the plug)

($P > 0.05$), 且它们与对照组相比也无显著性差异。

3 讨论

3.1 粪尿标记

本研究未发现甘肃鼯鼠沿巢箱边缘撒尿标记的行为, 只是在侧箱放入干扰鼠时, 才将其厕所位置移到有干扰鼠一侧, 甘肃鼯鼠在有潜在入侵者的情况下, 将其厕所位置移至有入侵危险的位置, 可能对入侵者起警示作用, 以示对该区的占有权。这与 Zuri *et al.* (1997) 对鼯形鼠的研究结果一致。Heth *et al.* (1997) 认为鼯形鼠不用尿标记其家区和新的区域, 从不在洞道底部沿线排尿, 也不在洞系的末端排尿, 只在主巢附近储食仓库旁边的厕所排尿; 鼯形鼠粪尿的作用可能只对入侵者表明对资源 (食物) 的占有, 帮助自己识别家区, 使自己有安全感; 认为鼯形鼠生活在干旱少雨的地区, 从不饮水, 不可能用大量的尿液标记整个洞系。甘肃鼯鼠生活的生态环境与鼯形鼠相似, 同时, 在野外未发现甘肃鼯鼠洞道中有粪尿痕迹, 而在主巢附近有专门排便的厕所。所以推测甘肃鼯鼠不用尿标记洞道。

3.2 粪尿气味对侵占行为的影响

营地下独居生活的鼠类, 具有很强的领域性、侵占性和攻击行为 (樊乃昌等, 1990; Nevo *et al.*, 1986)。本研究表明, 甘肃鼯鼠能识别不同性别粪尿的气味, 领域鼠粪尿气味对相邻鼠的入侵行

为有抑制作用, 但对领域的保护作用不大。甘肃鼯鼠对种内粪尿气味的反应存在性别差异。雌鼠粪尿气味对雌鼠的潜伏期、净挖掘时间、土塞打开时间和顶嗅土塞时间均长于雄鼠; 雄鼠粪尿对雄鼠的净挖掘时间、土塞打开时间长于雌鼠。说明甘肃鼯鼠占域鼠的粪尿气味对同性入侵者的抑制作用强于对异性入侵者的抑制作用。而雄性鼯形鼠的粪尿气味对雄性入侵者的挖掘活动有明显的抑制, 对领域的保护作用也强于雌性鼠粪尿 (Zuri *et al.*, 1997), 其结果与本研究略有不同。可能由于二者研究的季节不同, Zuri *et al.* (1997) 的研究是在 3~4 月进行, 正处于鼯形鼠的繁殖期, 本研究是处于甘肃鼯鼠非繁殖期, 其生理状况不同, 可能对同种粪尿气味的行为反应存在差异。Heth *et al.* (1996a) 已证实鼯形鼠对同种粪尿气味的行为反应存在季节变化。高原鼯鼠繁殖前期雌性对同性粪尿有忌避反应, 雄性粪尿和尿道球腺对雌性的引诱作用不明显。繁殖盛期, 雌鼠对雌性粪尿的忌避作用下降, 而雄鼠粪尿和尿道球腺对雌雄鼠均无明显作用 (王权业等, 1986)。这些都说明地下鼠能识别不同性别的粪尿气味, 对同种粪尿气味的行为反应存在季节变化, 粪尿气味对其侵占等行为产生一定的影响。甘肃鼯鼠对粪尿气味的行为反应是否也存在季节变化, 及野外自然状态下甘肃鼯鼠对领域的标记、保护方式 (气味还是震动波) 等还应进一步深入研究。

参考文献 (References)

- Fan, N. C., Z. C. Jing and W. Y. Zhou 1990 On the invading behavior of Plateau zokor and a new approach to its control. *Acta Theriologica Sinica* **10** (2): 114 ~ 120. [樊乃昌, 景增春, 周文杨 1990 高原鼢鼠的侵占行为及防治的新途径. 兽类学报 **10** (2): 114 ~ 120.]
- Heth, G., E. Nevo and J. Todrank 1996a Seasonal changes in urinary odors and in responses to them by blind subterranean mole rats. *Physiology and Behavior* **60**: 963 ~ 968.
- Heth, G., G. K. Beauchamp, E. Nevo and K. Yamazaki 1996b Species, population and individual specific odors on urine of mole rats (*Spalax ehrenbergi*) detected by laboratory rats. *Chemoecology* **7**: 107 ~ 111.
- Heth, G. and J. Todrank 1997 Patterns of urination of a blind subterranean rodent, *Spalax ehrenbergi*. *Ethology* **103**: 138 ~ 148.
- Johnston, R. E., A. Derzie, G. Chiang, P. Jernigan and H. C. Lee 1993 Individual scent signatures in golden hamsters: evidence for specialization of function. *Anim. Behav.* **45**: 1 061 ~ 1 070.
- Johnston, R. E. and P. Jernigan 1994 Individual recognition: representation of individuals not just individual scent in golden hamsters. *Anim. Behav.* **48**: 129 ~ 136.
- Nevo, E. G. and A. B. Heth 1986 Aggression patterns in adaptation and speciation of subterranean mole rats. *J. Genet.* **65**: 65 ~ 78.
- Tang-Martinez, Z., L. L. Mueller and G. T. Taylor 1993 Individual odours and mating success in the golden hamster, *Mesocricetus auratus*. *Anim. Behav.* **45**: 1 141 ~ 1 151.
- Todrank, J. and G. Heth 1996 Individual odours in two chromosomal species of blind, subterranean mole rat (*Spalax ehrenbergi*): conspecific and cross-species discrimination. *Ethology* **102**: 806 ~ 811.
- Wang, Q. Y., Z. C. Jing and N. C. Fan 1986 Sensitivity of Plateau zokors (*Myospalax baileyi*) to smells of faeces urine and bulbourethral gland of zokors. *Acta Theriologica Sinica* **6** (3): 239 ~ 240. [王权业, 景增春, 樊乃昌 1986 高原鼢鼠对其同类粪尿和尿道球腺的感受性. 兽类学报 **6** (3): 239 ~ 240.]
- Zuri, I. and J. Terkel 1996 Locomotor patterns, territory and tunnel utilization in the blind mole-rat *Spalax ehrenbergi*. *J. Zool. Lond.* **240**: 123 ~ 140.
- Zuri, I., I. Cazit and J. Terkel 1997 Effect of scent-marking in delaying territorial invasion in the blind mole-rat *Spalax ehrenbergi*. *Behaviour* **134**: 867 ~ 880.