

# 基于交叉抚育的雌性根田鼠对雄鼠尿气味的识别

孙平<sup>1,2</sup> 于鸿浩<sup>1</sup> 赵亚军<sup>3\*</sup> 赵新全<sup>1\*</sup>

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001) (2 河南科技大学动物科技学院, 洛阳 471003)

(3 中国农业大学设施农业生物环境工程农业部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 通过交叉抚育建立同巢同胞、同巢非同胞、异巢同胞和异巢非同胞个体组成的室内繁殖种群, 在断奶后(80日龄)分别取这些供体的新鲜尿作刺激物, 在吕字型观察箱中观察和记录雌性根田鼠对雄鼠气味的行为响应, 以研究根田鼠同胞识别的化学通讯机制。结果表明: (1) 成年雌性根田鼠对雄性同巢同胞气味的接近潜伏期极显著短于对同巢非同胞气味的接近潜伏期 ( $P < 0.01$ ), 而其对两者的访问时间和嗅舔时间之间的差异并不显著 ( $P > 0.05$ ); (2) 雌鼠对雄性异巢同胞和异巢非同胞气味无明显偏好。其对两者的接近潜伏期、访问时间和嗅舔时间等行为响应均无显著差异 ( $P > 0.05$ ); (3) 雌鼠对雄性同巢非同胞和异巢非同胞的接近潜伏期差异并不明显 ( $P > 0.05$ ), 对两者访问时间和嗅舔时间的差别不大 ( $P > 0.05$ ); (4) 比较雌鼠对异巢同胞和同巢同胞气味的行为响应发现, 其对后者的接近潜伏期显著短于前者 ( $P < 0.05$ ), 其对两者访问时间、嗅舔时间之间的差异未达到显著水平 ( $P > 0.05$ )。这些结果表明, 80日龄时, 雌性根田鼠具有亲属识别能力, 其同胞识别的机制可能为共生熟悉和表型匹配两种模式协同作用。

**关键词:** 根田鼠; 同胞识别; 共生熟悉; 表型匹配; 配偶选择; 近交回避

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2007) 02 - 0158 - 07

## The odor recognition of cross-fostered female root vole (*Microtus oeconomus*) to male urine

SUN Ping<sup>1,2</sup>, YU Honghao<sup>1</sup>, ZHAO Yajun<sup>3\*</sup>, ZHAO Xinquan<sup>1\*</sup>

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

(2 Henan Scientific University, Animal Scientific Academy, Luoyang 471003, China)

(3 Ministry of Agriculture Key Laboratory for Agro-Biological Environmental Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The laboratory population, which include sibling reared together (SRT), non-sibling reared together (NSRT), sibling reared apart (SRA), and non-sibling reared apart (NSRA), was founded by cross-fostering method. We assessed behavioral responses of female root voles to urine odors from familiar and unfamiliar kin and non-kin to investigate mechanisms of sibling recognition by odor cues. The results showed that: (1) The approach latency of female root voles was significantly shorter to male SRT than to NSRT ( $P < 0.01$ ). There were no differences in visit duration ( $P > 0.05$ ) and sniff duration ( $P > 0.05$ ) between SRT and NSRT, respectively. (2) The behavioral responses of females to urine odors from male SRA and NSRA indicated that they had no bias to the odor of SRA or NSRA. The differences in approach latency, visit duration and sniff duration between SRT and SRA were insignificant ( $P > 0.05$ ). (3) There were insignificant differences in all behavioral patterns, which include approach latency, visit and sniff duration, by females in response to male NSRT and NSRA ( $P > 0.05$ ). (4) There was significant difference in approach latency between SRT and SRA ( $P < 0.05$ ). The differences in visit and sniff duration between SRT and SRA were insignificant ( $P > 0.05$ ). In conclusion, at 80 ages in days, female voles adopt a multiple pattern of mechanism for sibling recognition, which included both association and phenotype matching.

**Key words:** Association; Inbreeding avoidance; Mate choice; Phenotype matching; Root vole (*Microtus oeconomus*); Sibling recognition

亲属识别 (Kin recognition) 是生物体对同种其他个体亲属关系加以区分并产生亲属偏向的激素、神经和行为过程, 简言之, 就是一种评价遗传

关系的内在过程。因为与利亲行为 (nepotism behavior) (给亲属优惠待遇) 和配偶选择 (mate choice) (最适的近亲繁殖和远亲繁殖) 密切相关,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30100016, 30500073); 河南科技大学人才科研基金项目 (05 - 129); 河南科技大学研究基金资助项目 (2006ZY054)

作者简介: 孙平 (1975 - ), 男, 博士, 主要从事动物种群生态学和行为生态学。E-mail: pingsunny@msn.com

收稿日期: 2006 - 04 - 28; 修回日期: 2006 - 09 - 06

\*通讯作者, correspondence author, E-mail: yajunzhao1@263.net, xqzhao@nwpb.ac.cn

亲属识别的适应意义在大多数物种中得到研究 (Hepper, 1991; Sheman *et al.*, 1997; Mateo, 2002)。同时, 有关亲属识别的机制已经提出了多种假设并在不同的物种中得到验证 (Alexander, 1979; Holmes and Sheman, 1982; Blaustein, 1983; Waldman *et al.*, 1988; Bamard, 1990; Sun and Müller-Schwarze, 1997; Mateo and Johnston, 2003; 孙平等, 2005)。目前, 大多数学者都认同气味是哺乳动物亲属识别信号的观点, 但在气味信号性质上存在分歧: 一是表型匹配 (Phenotype matching) 模式, 即这种信号是由遗传相似性决定的, 又称为遗传识别 (Heth *et al.*, 1998; Todrank *et al.*, 1998); 二是共生熟悉 (Association) 模式, 即这种信号是由早期共生的环境相似性所决定, 又称为熟悉识别 (Berger *et al.*, 1997)。

亲属关系 (或者叫遗传关系) 和熟悉性在不同类型亲属识别中重要作用的研究得到广泛开展, 并在不同物种中得出不同的结论 (Kareem and Barnard, 1982; Holmes and Sheman, 1982; Holmes, 1986, 1995; Porter, 1986)。Kareem 和 Bamard (1982) 发现, 小鼠对其全同胞和半同胞攻击性的差异归因于熟悉性而对陌生半同胞和非同胞攻击性的差异则由表型匹配所致。同时, 他们还发现, 当实验动物彼此熟悉时, 遗传关系的影响就会消失。Holmes 和 Sheman (1982) 发现拜氏黄鼠 (*Spermophilus beldingi*) 幼仔像对待同胞一样对待无关巢伴; 在遭遇成对陌生同胞时, 遗传关系对攻击性缺乏一致的影响。另外, 雌性拜氏黄鼠对其寄养同胞姐妹的攻击行为少于其他陌生的无关雌鼠, 并解释此差异是由于间接的熟悉性导致 (Holmes, 1986)。对金黄地鼠 (*Mesocricetus auratus*) 幼体的研究发现, 熟悉性和遗传关系对其亲属识别存在影响: 个体与熟悉同胞一起活动的时间多于陌生非同胞, 但与寄养同胞活动的时间多于陌生同胞 (Holmes, 1995)。Porter (1986) 总结道: 对 spiny mice 来讲, 其同胞识别更多地受到熟悉性而非表型匹配的影响。

根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 广泛分布于青藏高原高寒草甸地区, 是研究亲属识别的理想材料。根据野外调查的结果 (孙儒泳等, 1982; Lambin *et al.*, 1992), 结合室内实验 (Zhao *et al.*, 1999; 赵亚军等, 1999, 2002, 2003), 我们推测根田鼠为一雄多雌制且存在扩散现象。此外, 最新研究发现, 80日龄时, 交叉抚育的雄性根田鼠对异性同

胞的识别机制为共生熟悉模式, 即能够识别熟悉和陌生的无亲缘关系雌性尿气味, 但不能区分陌生的亲属和非亲属 (孙平等, 2005)。但有关雌性根田鼠同胞识别机制的研究尚未见报道。

鉴于此, 本实验中, 我们以高寒草甸金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛优势动物根田鼠为实验动物, 研究雌性根田鼠对不同来源气味 [包括雄性同巢同胞 (sibling reared together, SRT)、同巢非同胞 (non-sibling reared together, NSRT)、异巢非同胞 (non-sibling reared apart, NSRA) 和异巢同胞 (siblings reared apart, SRA)] 的行为响应模式, 以探讨雌性根田鼠对雄性同胞气味识别的机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物

野生根田鼠捕自中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站 (37°29'~37°45'N, 101°12'~101°23'E) 附近的高寒草甸和高寒灌丛, 在中国科学院西北高原生物研究所的动物饲养房内配对繁殖。根田鼠幼仔在 20日龄时断奶, 雌雄同巢饲养 10 d 后, 再将雌雄分开饲养。本实验以无交配经历的 F1~F3代雌性成体 (80日龄) 为实验动物。动物饲养在 40 cm × 28 cm × 15 cm 的塑料箱内, 以清洁干燥的锯末作铺垫物, 以棉花为巢材, 水供应充足, 食物主要为普通鼠全价颗粒饲料 (北京科澳协力饲料有限公司) 并配以适量新鲜胡萝卜, 食物供给时间为 08:30, 室温控制在 22 ± 2, 光周期 14L 10D, 参照自然界的光照时间。

交叉育幼实验: 首先, 在幼仔出生后的 36 h 内, 选取出生时间相差不到 6 h、无亲属关系的两窝幼仔, 交换前先将亲本圈起, 然后采用剪趾甲法 (此后定期修剪趾甲以免混淆) 标记被交换幼仔, 在出生后的第 2天, 将 2只幼仔分别交换到对方饲养箱内, 用巢材在幼仔身体上来回擦数次, 藉此交叉抚育个体 (即以后的寄养仔) 可以沾上养父母巢内的气味, 以减少因陌生个体进入而形成的杀婴行为。最后, 在寄养仔被交换 2 min 后再将养父母释放, 这样就形成了 SRT、NSRT、SRA 和 NSRA。在进行交叉抚育实验的前 30 min 内, 若发现亲本对寄养仔有攻击行为, 则立即将寄养仔移回原巢箱, 以避免杀婴行为的发生。从第 2日起, 根据幼仔外生殖器的不同, 判断其性别。本实验中仅有雌性个体被用来进行气味识别实验。若原有同胞间的性比

被改变, 则该窝个体不得进行本文中的气味识别实验。

所有的实验操作都佩带一次性医用橡胶手套, 避免其他气味对实验造成的干扰。

### 1.2 实验器材

行为观察箱为吕字形, 材料为透明的有机玻璃, 由相同大小的气味源 (Odorant) 箱和中立箱 (30 cm × 30 cm × 30 cm) 组成, 中间由有机玻璃管 (长 25 cm, 直径 6 cm) 相连, 以闸门控制开关, 中立箱和气味源箱上方盖以透明的有机玻璃板。在气味源箱中央, 以培养皿盛有供体动物的新鲜尿作为气味源, 实验动物可以在中立箱和气味源箱之间自由穿行。

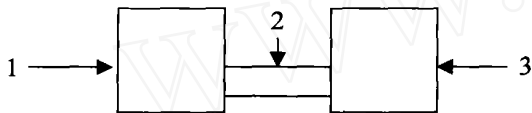


图 1 行为选择箱平面示意图

1. 中立箱; 2. 选择管; 3. 气味源箱

Fig. 1 The sketch map of behavior choice case

1. Neutral box; 2. Preference tube; 3. Odorant box

### 1.3 实验程序

#### 1.3.1 气味源的制备

分别以实验鼠的雄性 SRT, NSRT, SRA 和 NSRA 为刺激源鼠, 以捕鼠笼将其放在清洁的饲养箱上, 在饲养箱上铺两层纱网以隔离粪尿。手戴外科手套, 用镊子夹着脱脂棉沾取尿液, 在清洗干净的培养皿 (直径 8 cm) 内涂匀并把脱脂棉放在培养皿中央。为保证气味源的新鲜度, 尿的排泄时间不超过 30 min。

刺激鼠是与实验鼠日龄相同的异性个体, 为避免多次利用对实验的可能影响, 实验鼠和刺激鼠只利用 1 次。

#### 1.3.2 实验程序

实验动物与刺激动物的日龄均为 80 日龄。所有实验在行为观察室内进行, 其光照、温度和通风状况与饲养房一致。观察时间选在 09:00 ~ 21:00, 与光周期协调。首先, 将气味源放入气味源箱中央, 静置 2 min, 关闭闸门; 将实验动物放入中立箱并用塑料管固定在其中央, 适应 5 min, 打开闸门, 放开实验动物实验开始, 用 Sony Handcam TRV650 数码摄像机进行录像以记录实验过程; 如在 5 min 内, 实验动物未能进入气味源箱, 则取消该实验; 如果动物在选择管内持续停留时间超过

3 min 则取消本次实验。10 min 后结束实验, 将实验动物放回原位置, 用 75% 的酒精擦洗行为选择箱, 并用大量清水冲洗以除去各种气味对下组实验的可能影响。为避免其他气味对实验的影响, 所有实验操作都戴着外科手套进行 (孙平等, 2004)。

接近潜伏期 (Approach latency): 首次进入某一气味源箱之前的所有时间。

嗅舔时间 (Sniff/lick duration): 实验动物靠近气味源, 并用鼻吻对气味源进行嗅舔且停留时间超过 0.5 s。

访问时间 (Visit duration): 整个实验过程中, 实验动物进入任一气味源箱直到离去的所有活动。

有关待测的行为指标参见孙平等 (2004) 的描述。

### 1.4 数据分析

将记录在录像带上的文件输入计算机存储为视频文件, 并通过视频行为记录与分析软件 THE OBSERVER BASIC 5.0 (Noldus Information Technology bv, Netherlands) 进行量化处理, 得到根田鼠的各种行为变量的潜伏期、持续时间以及频次等数据文件, 然后运用统计软件包 SPSS11.0 进行统计分析。运用单变量 K-S 检验 (One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test) 检验数据的分布型。因为本文所设计的实验均为独立样本, 且数据的分布型为非正态分布, 故采用 Mann-Whitney 检验 (非参数的独立样本  $U$  检验) 两两比较实验动物对不同气味行为响应的差异。  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 研究结果

### 2.1 雌鼠对雄性 SRT 和 NSRT 的行为响应

Mann-Whitney 检验的结果表明, 雌鼠对 SRT 的接近潜伏期极显著地短于 NSRT, 对两者的访问时间及嗅舔时间的差异并不显著 (表 1)。

### 2.2 雌鼠对雄性 SRA 和 NSRA 的行为响应

结果表明, 雌鼠对雄性 SRA 和 NSRA 的气味不存在明显偏好 (表 2)。雌鼠对雄性 SRA 和 NSRA 的接近潜伏期没有显著差异 ( $P > 0.05$ ), 其对两者的访问时间 ( $P > 0.05$ ) 以及嗅舔时间 ( $P > 0.05$ ) 的差异也未达到显著水平。

### 2.3 雌鼠对雄性 NSRT 和 NSRA 的行为响应

Mann-Whitney 检验的结果发现, 成年雌鼠对雄性 NSRT 和 NSRA 气味的行为响应模式之间并不存在明显差异。其对 NSRT 的接近潜伏期与对 NSRA 的接近潜伏期差异不明显 ( $Z = -1.436$ ,  $P$

>0.05), 对 NSRT 的访问时间和嗅舔时间与对 NSRA 的访问时间 ( $Z = -1.436, P > 0.05$ ) 和嗅舔时间 ( $Z = -0.454, P > 0.05$ ) 无显著差异 (图 2)。

#### 2.4 雌鼠对雄性 SRA 和 SRT 的行为响应

分析发现, 雌鼠对 SRT 的接近潜伏期显著短于 SRA ( $Z = -2.423, P < 0.05$ ), 对两者的访问时间 ( $Z = -1.285, P > 0.05$ ) 和嗅舔时间 ( $Z = -1.361, P > 0.05$ ) 之间的差异并不显著 (图 3)。

表 1 雌性根田鼠对雄性同巢同胞和同巢非同胞的行为响应 (平均值 ± 标准误)

Table 1 Behavioral responses to male sibling and non-sibling reared together by female voles (mean ± SE)

行为变量 Behavioral variable	同巢同胞 SRT	同巢非同胞 NSRT	Z 值 Z-value	P 值 P-value
接近潜伏期 Approach latency (s/10 mins)	8.98 ± 3.41	42.52 ± 7.98	-3.176	0.001
访问时间 Visit duration (s/10 mins)	455.17 ± 33.46	440.50 ± 19.77	-0.832	0.436
嗅舔时间 Sniff/lick duration (s/10 mins)	24.49 ± 4.55	24.29 ± 5.82	-0.454	0.684

Mann-Whitney 检验; 样本量  $n = 10$

Mann-Whitney  $U$ -test; Sample size:  $n = 10$ ; SRT: Siblings reared together; NSRT: Non-sibling reared together

表 2 雌性根田鼠对雄性异巢同胞和异巢非同胞的行为响应 (平均值 ± 标准误)

Table 2 Behavioral responses to male siblings and non-siblings reared apart by female voles (mean ± SE)

行为变量 Behavioral variable	异巢同胞 SRA	异巢非同胞 NSRA	Z 值 Z-value	P 值 P-value
接近潜伏期 Approach latency (s/10 mins)	65.95 ± 18.06	67.59 ± 13.55	-0.302	0.796
访问时间 Visit duration (s/10 mins)	417.30 ± 27.85	382.87 ± 29.20	-0.832	0.436
嗅舔时间 Sniff/lick duration (s/10 mins)	44.62 ± 11.43	28.11 ± 7.21	-1.285	0.218

Mann-Whitney 检验; 样本:  $n = 10$

Mann-Whitney  $U$ -test; Sample size:  $n = 10$ ; SRA: Siblings reared apart; NSRA: Non-sibling reared apart

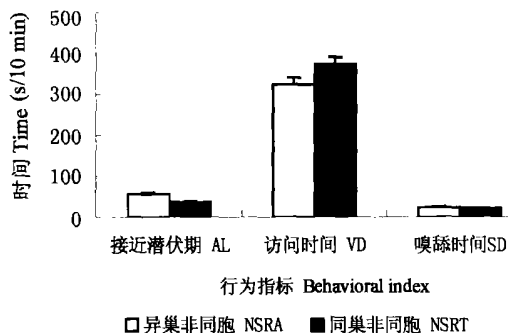


图 2 雌鼠对雄性同巢非同胞和异巢非同胞的行为响应

Fig. 2 Behavioral responses of female voles to male non-sibling reared apart (NSRA) and together (NSRT). AL: Approach latency; VD: Visit duration; SD: Sniff duration

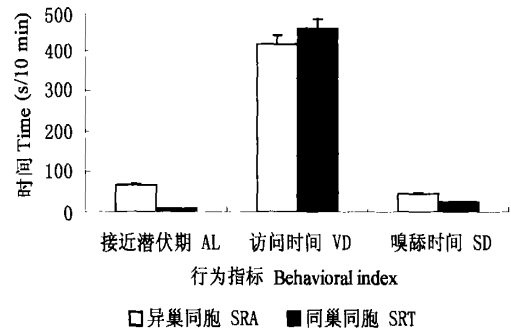


图 3 雌鼠对雄性同巢同胞和异巢同胞的行为响应

Fig. 3 Behavioral responses of female voles to male sibling reared apart (SRA) and together (SRT). AL: Approach latency; VD: Visit duration; SD: Sniff duration

### 3 讨论

有关亲属识别的机制已经提出了多种假设 (Alexander, 1979; Holmes and Sherman, 1982; Blaustein, 1983; Waldman *et al.*, 1988; Bamard, 1990)。但为大多数科学家所接受的主要有两种: 表型匹配和共生熟悉模式, 这两种模式都涉及到陌

生表型与记忆模板的比对, 共生熟悉导致动物识别过去遭遇的熟悉个体, 表型匹配则通过识别模板的模式化而识别不熟悉的亲属 (Reeve, 1989; Sherman *et al.*, 1997)。本实验的结果发现, 在嗅舔时间, 成年雌鼠对雄性 NSRT 和 NSRA 的气味没有显著差别, 其对熟悉性不同的非同胞气味表现出类似的行为模式, 这可能表明, 80 日龄时, 熟悉性对成年雌鼠的非同胞识别并没有显著影响, 换言之,

成年雌鼠可以自身气味或记忆中其他亲属的气味为模版,与遭遇个体表型进行比对,结果发现,与记忆中的模版相差甚远,因此,将它们均视为陌生个体而采取类似的行为模式。同时,雌鼠对雄性 SRT 和 NSRT 的行为响应表明,二者之间的接近潜伏期存在极显著差异(表 1),说明,80日龄时,遗传关系在识别相同熟悉程度的同胞与非同胞时,仍然扮演重要角色。这两组实验提示我们:80日龄时,成年雌鼠同胞识别的机制可能与遗传关系有关,即为表型匹配型而非共生熟悉。另外两组实验发现:雌鼠对雄性 SRA 和 SRT 的接近潜伏期存在显著差异,即其对熟悉性不同的同胞气味表现出不同的行为模式,这表明 80日龄时,其同胞识别与遗传关系并无明显联系而是受熟悉性的影响;雌鼠对雄性 SRA 和 NSRA 气味的行为响应模式,并不存在显著差异(表 2),即雌鼠对陌生同胞和非同胞的气味表现出类似的行为响应模式,也表明 80日龄时,遗传关系对成年雌鼠的同胞识别不存在显著影响。也就是说,成年雌鼠对同胞识别的机制为共生熟悉而非表型匹配。因此,80日龄时,熟悉性对识别不同熟悉程度而无遗传关系的个体没有效应,但在识别不同熟悉程度而有相同遗传关系的个体时起到重要作用;遗传关系在识别熟悉而遗传关系不同的个体时,扮演重要角色,但在识别陌生而遗传关系不同的个体时没有效应。

根据本研究结果,我们提出两点假设:第一,雌性根田鼠对雄性同胞的识别不能仅仅依赖于尿气味,而是多种气味的综合;第二,雌性根田鼠对异性同胞的识别机制非常精细,而且并非一成不变,很可能与其所处的社会环境有关。原因有以下两点:其一,气味信号种类的不同导致其行为响应的差异。我们过去的工作发现,雌性根田鼠能够根据雄鼠的熟悉性或气味中携带的各种信息进行配偶选择和近交回避(Zhao *et al.*, 1999; 赵亚军等, 1999, 2002)。布氏田鼠(*M. brundtii*)对配偶气味的记忆时间和维持强度也存在个体差异(林琳和张立, 2005)。在这些工作中,刺激气味为供体动物的混合气味,本实验中的刺激气味仅仅是尿气味 1 种。另外,雌雄根田鼠对尿气味的行为识别模式存在明显的性别差异(孙平等, 2004)。在啮齿动物中,与亲属识别和配偶选择有关的化学信号种类繁多且功能各异(Ferkin, 2001; Johnston, 2003),哺乳动物进行个体识别和亲属识别时利用的气味信号(Goman, 1976; Smith *et al.*, 2001)

为嵌合体信号(mosaic signal),即包含大量化学成分,且个体间或不同社会等级的个体间各成分所占的比例有很大差异(Johnston, 2000)。因此,雌性根田鼠对雄性同胞的气味识别可能不仅仅依赖于尿气味,而是多种气味的综合,才能确定其对刺激动物的熟悉程度和遗传关系。

其二,亲属选择理论预测识别过程(产物、感知与响应)与物种的社会性有关,在一定程度上依赖于物种的社交系统,亲属间相互作用的机率以及维护亲属关系的代价和收益(Beecher, 1988; Reeve, 1989; Sheman *et al.*, 1997)。然而,仅仅依靠社会性并不能有效地预测动物的识别能力。在田鼠属中开展的大量工作,包括社群大小、扩散格局、多次交配的频次、社交作用以及繁殖行为等,都受到熟悉性的影响而与亲属关系无关(Ferkin and Rutka, 1990; Sera and Gaines, 1994; Berger *et al.*, 1997; Paz Y Miño and Tang-Martinez, 1999; Tai *et al.*, 2000)。野外根田鼠巢区的调查(孙儒泳等, 1982; Lambin *et al.*, 1992; Ins, 1995; Gundersen and Anderassen, 1998)结合室内行为观察(赵亚军等, 2002, 2003)的证据表明,根田鼠的婚配制度为一雄多雌制。为了增加自身的适合度,雌鼠在进行配偶选择时将面临更大的压力,据此推测,雌鼠的个体识别能力会更精细。

尽管有争论说,所有的亲属识别机制都类似(Sheman *et al.*, 1997),然而,对大多数物种来说,我们仍然不能确定其利亲行为和配偶选择的机制是否有共同点。况且,考虑到雄鼠扩散现象的存在,有人认为近交回避机制(譬如亲属识别)是不必要的(Dobson, 1982; Dewsbury, 1988; Ferkin *et al.*, 1992; Faulkes and Bennett, 2001),但是,也有人持相反的意见(Potts *et al.*, 1991; Hoogland, 1995; Pusey and Wolf, 1996)。因此,进一步的研究将集中在亲属识别能力是如何影响配偶选择行为的,包括对较远亲属的选择(Ryan and Lacy, 2003)。

另外一些研究并没有局限在这种争论中,例如,普通田鼠(*M. A. valis*)雌性同胞之间的气味辨别能力随离乳后分离时间而下降,说明亲属识别是一个动态的变化过程(Lambin and Mathers, 1997);欧鼯(*Clethrionomys glareolus*)哺乳母鼠识别配偶的嗅觉记忆时间可持续至幼仔断奶,而分娩后与幼仔分离的母鼠识别配偶的嗅觉记忆时间显著缩短,提示母鼠可能通过识别子女气味而识别配

偶, 这种亲属识别很可能是由某种基因型所决定 (Kruczek, 1998)。这些研究表明, 亲属识别的研究已开始由不同物种行为模式的争论转向统一的基因机制认识上来。

亲属识别归根结底是分子水平上的识别。在动物的系统发生中, 免疫系统出现的相当早, 而主要组织相容性复合体 (Major Histocompatibility Complex, MHC) 分子大约在 4 ~ 5 亿年前在低等脊椎动物中出现。MHC 分为 I、II、III 类, 在识别自我和非自我的免疫应答中起着十分重要的作用。国际学术界近来提出一种新观点, 即免疫系统与亲属识别有关, 笼统地说法是动物通过特异气味线索可识别 MHC 基因型相似的个体 (Brown and Eklund, 1994; Jordan and Bruford, 1998)。例如, 在小家鼠 (*Mus domesticus*) 种群中, 动情的雌鼠在交配期间选择 MHC 基因型不同的雄性作配偶, 在怀孕或哺乳期间往往与 MHC 基因型相同的雌性亲属共巢合作育幼 (Potts *et al.*, 1991; Manning *et al.*, 1992; Wedekind *et al.*, 1996; Eklund, 1997; Penn and Potts, 1998), 前者反映亲属识别的作用是避免近亲繁殖, 后者反映亲属识别作用是通过利亲行为增加适合度。

总之, 我们对啮齿动物亲属识别机制的理解还远远不够 (Mateo, 2003)。虽然两两遭遇 (dyadic encounters) 实验时, 田鼠不能根据亲属关系进行识别, 被认为是识别能力的缺乏, 但是, 识别的多重检验譬如气味识别 (odor perception) 和社交行为的观察将有助于揭示其亲属识别能力 (Mateo, 2002)。因此, 若想进一步证明我们所提的两点假设, 明确雌性根田鼠的同胞识别能力, 确定其对异性同胞识别的机制, 还需要在分子水平上开展大量的工作。同时, 不同气味源其功能的研究和野外根田鼠的社群结构以及其不同性别个体迁移扩散格局的调查, 也有利于加深对其亲属识别能力、机制和功能理解。

#### 参考文献:

- Alexander R D. 1979. *Darwinism and Human Affairs*. Seattle: University of Washington Press
- Barnard C J. 1990. Kin recognition: problems, prospects, and the evolution of discrimination systems *Advances in the Study of Behavior*, **19**: 29 - 81.
- Beecher M D. 1988. Kin recognition in birds *Behavior Genetics*, **18**: 465 - 482.
- Berger P J, Negus N C, Day M. 1997. Recognition of kin and avoidance of inbreeding in the montane vole, *Microtus montanus* *J Mamm*, **78**: 1182 - 1186.
- Blaustein A R. 1983. Kin recognition mechanisms: phenotypic matching or recognition alleles? *American Naturalist*, **121**: 749 - 754.
- Brown J L, Eklund A. 1994. Kin recognition and the major histocompatibility complex: an integrative review. *Am Nat*, **143**: 435 - 461.
- Dewsbury D A. 1988. Kin discrimination and reproductive behavior in muroid rodents *Behavior Genetics*, **18**: 525 - 536.
- Dobson F S. 1982. Competition for mates and predominant juvenile male dispersal in mammals *Anim Behav*, **30**: 1183 - 1192.
- Eklund A. 1997. The effect of early experience on MHC-based mate preferences in two B10.W strains of mice (*Mus domesticus*). *Behavior Genetics*, **27**: 223 - 229.
- Faulkes C G, Bennett N C. 2001. Family values: group dynamics and social control of reproduction in African mole-rats *Trends in Ecology and Evolution*, **16**: 184 - 190.
- Ferkin M H. 2001. The response of individuals to overmarks of conspecifics differs between two species of microtine rodents. In: Marchlewska-Koj A, Lepri J J, Müller-Schwarze D eds *Chemical Communication in Vertebrates 9*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 343 - 346.
- Ferkin M H, Rutka T F. 1990. Mechanisms of sibling recognition in meadow voles *Can J Zool*, **68**: 609 - 613.
- Ferkin M H, Tamarin R H, Pugh S R. 1992. Cryptic relatedness and the opportunity for kin recognition in microtine rodents *Oikos*, **63**: 328 - 332.
- Goman M L. 1976. A mechanism for individual recognition by odour in *Hepestes auropunctatus* (Camivora: Viverridae). *Anim Behav*, **24**: 141 - 145.
- Gundersen G, Anderassen H P. 1998. Causes and consequences of natal dispersal in root voles, *Microtus oeconomus* *Anim Behav*, **56**: 1355 - 1366.
- Hepper P G (ED). 1991. *Kin Recognition*. Cambridge: Cambridge University Press
- Heth G, Todrank J, Johnston R E. 1998. Kin recognition in golden hamsters: evidence for phenotype matching *Anim Behav*, **56**: 409 - 417.
- Holmes W G. 1986. Kin recognition by phenotype matching in female Belding's ground squirrels *Anim Behav*, **34**: 38 - 47.
- Holmes W G. 1995. The ontogeny of littermate preferences in juvenile golden mantled ground squirrel: effect of rearing and relatedness *Anim Behav*, **50**: 309 - 322.
- Holmes W G, Sherman P W. 1982. The ontogeny of kin recognition in two species of ground squirrels *American Zoologist*, **22**: 491 - 517.
- Hoogland J L. 1995. *The Black-tailed Prairie Dog: Social Life of a Burrowing mammal*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press
- Ins R A. 1990. Determinants of natal dispersal and space use in the grey-sided vole, *Clethrionomys rufocanus*: a combined laboratory and field experiment *Oikos*, **57**: 106 - 113.
- Johnston R E. 2000. Chemical communication and pheromones: the types of signals and the role of the vomeronasal system. In: Finger T E, Silver W L, Restrepo D eds *The Neurobiology of Taste and Smell* 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc., 101 - 127.
- Johnston R E. 2003. Chemical communication in rodents: from pheromones to individual recognition *J Mammal*, **84** (4): 1141 - 1162.
- Jordan W C, Bruford M W. 1998. New perspectives on mate choice and the MHC. *Heredity*, **81**: 127 - 133.

- Kareem A M, Bamard C J. 1982. The importance of kinship and familiarity in social interactions between mice. *Anim Behav*, **30**: 594 - 601.
- Kruczek M. 1998. Female bank voles (*Clethrionomys glareolus*) recognition: preference for the stud male. *Behav Proc*, **43**: 229 - 237.
- Lambin X, Krebs C J, Scott B. 1992. Spacing system of tundra vole (*Microtus oeconomus*) during the breeding season in Canada's western Arctic. *Can J Zool*, **70**: 2068 - 2072.
- Lambin X, Mathers C. 1997. Dissipation of kin discrimination in Orkney voles *Microtus arvalis orcadensis*: a laboratory study. *Ann Zool Fennici*, **34**: 23 - 30.
- Lin L, Zhang L. 2005. Memory and recognition of conspecific odors in Brandt's vole. *Acta Theriologica Sinica*, **25** (1): 52 - 56. (in Chinese)
- Manning C J, Wakeland E K, Potts W K. 1992. Communal nesting patterns in mice implicate MHC genes in kin recognition. *Nature*, **360** (6404): 581 - 583.
- Mateo J M. 2002. Kin-recognition abilities and nepotism as a function of sociality. *Proc R Soc Lond B*, **269**: 721 - 727.
- Mateo J M. 2003. Kin recognition in ground squirrels and other rodents. *J Mamm*, **84** (4): 1163 - 1181.
- Mateo J M, Johnston R E. 2003. Kin recognition by self-referent phenotype matching: weighing the evidence. *Anim Cogn*, **6**: 73 - 76.
- Paz Y M, Iñó G, Tang-Martinez Z. 1999. Social interactions, cross-fostering, and sibling recognition in prairie voles, *Microtus ochrogaster*. *Can J Zool*, **77**: 1631 - 1636.
- Penn D, Potts W. 1998. MHC-disassortative mating preferences reversed by cross-fostering. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*, **265** (1403): 1229 - 306.
- Porter R H. 1986. Chemical signals and kin recognition in spiny mice (*Acomys cahirinus*). In: Duvall D, Muller-Schwarze D, Silverstein R M eds, *Chemical Signals in Vertebrates, Vol 4*. New York: Plenum, 397 - 411.
- Potts W K, Manning C J, Wakeland E K. 1991. Mating patterns in seminatural populations of mice influenced by MHC genotype. *Nature*, **352** (6336): 619 - 621.
- Pusey A, Wolf M. 1996. Inbreeding avoidance in animals. *Trends in Ecology and Evolution*, **11**: 201 - 206.
- Reeve H K. 1989. The evolution of conspecific acceptance thresholds. *American Naturalist*, **133**: 407 - 435.
- Ryan K K, Lacy R C. 2003. Monogamous male mice bias behaviour towards females according to very small differences in kinship. *Anim Behav*, **65**: 379 - 384.
- Sera W E, Gaines M S. 1994. The effect of relatedness on spacing behavior and fitness of female prairie voles. *Ecology*, **75**: 1560 - 1566.
- Sheman P W, Reeve H K, Pfennig D W. 1997. Recognition systems. In: Krebs J R, Davies N B eds, *Behavioural ecology: an evolutionary approach*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publications, 69 - 96.
- Smith T E, Tomlinson A J, Mlotkiewicz J A, Abbott D H. 2001. Female marmoset monkeys (*Callithrix jacchus*) can be identified from the chemical composition of their scent marks. *Chemical Senses*, **26**: 449 - 458.
- Sun L, Müller-Schwarze D. 1997. Sibling recognition in the beaver: a field test for phenotype matching. *Anim Behav*, **54**: 493 - 502.
- Sun P, Zhao Y J, Zhao X Q. 2004. Sexual dimorphism of odoural discrimination in root voles. *Acta Theriologica Sinica*, **24** (4): 315 - 321. (in Chinese)
- Sun R Y, Zheng S W, Cui R X. 1982. Home range of the root vole, *Microtus oeconomus*. *Acta Theriologica Sinica*, **2** (2): 219 - 232. (in Chinese)
- Sun P, Zhao Y J, Zhao X Q, Xu S X, Li B M. 2005. Kin recognition in cross-fostered colonies of root vole (*Microtus oeconomus*): Male Response to urine odor of female siblings. *Zoological Research*, **26** (5): 460 - 466.
- Tai F D, Wang T Z, Zhao Y Z. 2000. Inbreeding avoidance and mate choice in the mandarin vole (*Microtus mandarinus*)? *Can J Zool*, **78**: 2119 - 2125.
- Todrank J, Heth G, Johnston R E. 1998. Kin recognition in golden hamsters: evidence for kinship odours. *Anim Behav*, **55**: 377 - 386.
- Waldman B, Frumhoff P C, Sheman P W. 1988. Problems of kin recognition. *Trends in Ecology and Evolution*, **3**: 8 - 13.
- Wedekind C, Chapuisat M, Macas E, R Lick T. 1996. Non-random fertilization in mice correlates with the MHC and something else. *Heredity*, **77**: 400 - 409.
- Zhao Y J, Fang J M, Sun R Y. 1999. Familiarity and mate choice in root voles (*Microtus oeconomus*). *Acta Theriologica Sinica*, **19** (4): 288 - 297.
- Zhao Y J, Tai F D, Wang T Z, Zhao X Q, Li B M. 2002. Effects of the familiarity on mate choice and mate recognition in *Microtus mandarinus* and *M. oeconomus*. *Acta Zool Sinica*, **48** (2): 167 - 174. (in Chinese)
- Zhao Y J, Sun R Y, Fang J M, Li B M, Zhao X Q. 2003. Preferences of pubescent females for dominants vs subordinates in root voles. *Acta Zool Sin*, **49** (3): 303 - 309. (in Chinese)
- 孙平, 赵亚军, 赵新全. 2004. 根田鼠气味识别的性二型. *兽类学报*, **24** (4): 315 - 321.
- 孙平, 赵亚军, 赵新全, 徐世晓, 李得明. 2005. 基于交叉抚育的雄性根田鼠对异性同胞尿气味的识别. *动物学研究*, **26** (5): 460 - 466.
- 孙儒泳, 郑生武, 崔瑞贤. 1982. 根田鼠巢区的研究. *兽类学报*, **2** (2): 219 - 232.
- 林琳, 张立. 2005. 成年布氏田鼠对个体气味信号的识别与记忆. *兽类学报*, **25** (1): 52 - 56.
- 赵亚军. 1999. 田鼠社会组织、亲属识别和近交回避. 博士后出站报告.
- 赵亚军, 邹发道, 王廷正, 赵新全, 李保明. 2002. 熟悉性对棕色田鼠和根田鼠择偶行为的影响. *动物学报*, **48** (2): 167 - 174.
- 赵亚军, 孙儒泳, 房继明, 李保明, 赵新全. 2003. 青春期雌性根田鼠初次择偶行为与雄性优势等级. *动物学报*, **49** (3): 303 - 309.