

甘肃兴隆山保护区圈养雄性马麝繁殖性能的行为判别

孟秀祥^{1,2,3}, 杨奇森^{2,*}, 冯祚建², 冯金朝¹, 周宜君¹, 徐宏发³

(1. 中央民族大学 生命与环境科学学院, 北京 100081; 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080;

3. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062)

摘要: 2000年6月至2001年2月, 采用焦点取样连续记录方法, 对甘肃兴隆山自然保护区马麝 (*Moschus sifanicus*) 繁育中心的雄性马麝进行了行为取样。按马麝爬跨结果, 将样本动物区分为爬跨成功雄麝和爬跨失败雄麝, 并对两类群雄麝在非交配季节(6—10月)和交配季节(11月—翌年1月)的行为格局分别进行了比较分析。结果表明, 在单位取样时间(5 min)内, 爬跨成功雄麝在非交配季节的摄食行为持续时间显著少于爬跨失败雄麝, 而静卧和蹭尾行为的持续时间显著多于爬跨失败雄麝。爬跨成功雄麝在交配季节的静卧时间显著少于爬跨失败雄麝, 而攻击行为、蹭尾及粪尿标记的持续时间显著多于爬跨失败雄麝。根据以上结果, 在麝类迁地保护和驯养实践中, 雄性马麝的静卧和蹭尾行为(尤其是蹭尾)可以作为其爬跨成功率及繁殖性能的行为判别指标。这为马麝驯养实践, 尤其是在提高配种雄麝选取的直观性及可操作性方面提供了量化行为参数。

关键词: 圈养; 马麝; 雄性; 爬跨; 行为比较

中图分类号: Q959.842; S821.2

文献标识码: A

文章编号: 0254-5853(2007)02-0149-06

The Behaviours Differentiating the Reproductive Capacity of Male Captive Alpine Musk Deer

MENG Xiu-xiang^{1,2,3}, YANG Qi-sen^{2,*}, FENG Zuo-jian²,
FENG Jin-chao¹, ZHOU Yi-jun¹, XU Hong-fa³

(1. College of Life and Environment Sciences, Central University for Nationalities, Beijing 100081, China;

2. China Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;

3. College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: From June 2000 to February 2001, focal sampling and occurrence recording were used to quantify the behavioural patterns of captive male alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) at Xinglongshan Musk Deer Farm in Gansu Province, northwest China. The behavioural patterns of unsuccessfully mounting males (UM) and successfully mounting males (SM) were compared to identify behavioural differences. The results showed that, in the non-mating season (Aug. to Oct.), SM foraged significantly less than UM, and bedding and tail rubbing behaviour of the former were significantly more frequent than those of the latter. In the mating season (Nov. to Jan.), the bedding behaviour of SM was less than that of UM. However, conflict behavior, tail rubbing and urinating/defecating of SM were all significantly higher than those of UM. This research showed that bedding behavior and tail rubbing behavior were significantly different between SM and UM during the mating and non-mating seasons. These behaviours, especially tail rubbing, could be used as behavioral indicators to differentiate the reproductive performance of captive male musk deer. Using this method, males with high frequency of tail rubbing could be chosen as the mating males, improving the pregnancy rate of female musk deer, and reducing the cost of the musk deer farming.

Key words: In captivity; Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*); Male; Mounting; Behavioral comparison

麝类动物 (*Moschus* spp.) 是珍稀资源动物, 成年雄麝可分泌麝香, 现已濒危。驯养是进行麝类

* 收稿日期: 2006-11-12; 接受日期: 2007-02-05

基金项目: 国家自然科学基金(30500060, 30540055); 中央民族大学“985 工程项目”(CUN 985-03-03)

* 通讯作者 (corresponding author), E-mail: yangqs@ioz.ac.cn

第一作者简介: 孟秀祥 (1972-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事动物生态研究。E-mail: mengxiuxiang@cun.edu.cn

保护和资源可持续利用的有效方式之一 (Parry-Jones & Wu, 2001)。我国已有长久的麝类驯养历史, 初步实现圈养下繁殖及可持续人工取香 (Homes, 1999), 但在驯养生产中由于未充分地考虑圈养麝的“未驯化性”, 生产中追求家畜化管理, 过度考虑饲料营养等方面而忽略了麝类行为对高效驯养的效应 (Yang et al., 2003), 限制了麝类驯养的生产力提高, 甚至使安徽佛子岭麝场等驯养实体倒闭 (Meng et al., 2006), 这种情况极不利于麝类动物的保护和可持续利用。

马麝特产于我国青藏高原及周边区域, 是主要的麝类驯养种类之一。马麝生性机警, 孤居性极强, 相对其他林麝而言, 对马麝的驯养难度更大 (Zhang, 1979)。甘肃兴隆山保护区于 20 世纪 90 年代初建立了马麝繁育试验场, 进行马麝驯养, 以保护濒危马麝及获得麝香 (Jiang, 1998)。在长久的马麝驯养实践中, 由于不能有效地判别雄麝的繁殖性能并进行种麝选择, 因此, 出现母麝受配率低、空怀率高, 导致马麝驯养生产力难以提高等问题。上述问题也存在于其他麝种的驯养之中。

本研究对圈养马麝的行为进行量化取样, 并采用比较研究法, 确定繁殖性能不同的雄麝的行为判别指标, 其结果可为麝类驯养生产力的提高及麝类动物保护及提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 观察环境与对象

本研究所所在地——甘肃兴隆山马麝驯养场位于甘肃兴隆山国家级自然保护区, 海拔 2 000—2 100 m。春季干燥多风, 夏季昼热夜凉, 秋季温凉多雨, 冬季寒冷少雪。年平均气温 3—7℃, 其中 7 月平均温度最高, 1 月最低。年均降水量 450—622 mm, 多集中于夏季。年均无霜期 110 d。

麝场建于 1990 年, 场区面积 30 hm², 含麝圈 100 余个, 每个麝圈的圈舍面积为 100 m², 内有凉棚和小室等设施, 每圈饲养马麝 3—7 只不等。麝圈间用砖墙相隔, 彼此以木栅门相通。5—7 个麝圈并排成麝区, 每区前 2—3 m 处有一排装有玻璃窗的库房, 用于草叶存放、饲料加工及饲养管理人员观察动物健康状况等。马麝饲料由精饲料和人工采集的树叶组成, 每日饲喂 2 次 (夏季: 06: 00, 19: 00; 冬季: 08: 00, 17: 00)。添加饲料的同时进行圈舍清扫, 每圈每次管理操作耗时约 5 min,

其余时间, 马麝很少受到惊扰。

参考 Liu et al (1998) 对圈养大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 的繁殖成功和性活跃度的判别标准, 本研究将发情交配季节不能正常爬跨发情雌麝、完成交配活动的雄体归为爬跨不成功雄麝 (unsuccessfully mounting male, UM), 反之为爬跨成功雄麝 (successfully mounting male, SM)。在非交配季节的行为取样涉及 10 头爬跨失败雄麝和 9 头爬跨成功雄麝; 在交配季节的行为取样涉及 4 头爬跨失败雄麝和 6 头爬跨成功雄麝。所有样本动物均为成年 (3 龄以上) 雄麝。

1.2 行为谱及行为观察记录

结合文献 (Sheng, 1993; Deng and Zhang, 1989; Zhang, 1979) 对麝类动物行为的描述及对马麝行为的预观察, 构建兴隆山圈养雄的取样行为谱。各行为成分及描述定义如表 1 所示。

因甘肃兴隆山的圈养马麝的交配行为始于 11 月中旬 (Jiang, 1998; Meng et al, 2003), 因此本研究划分其非交配季节 (non-mating season) 为 8—10 月; 交配季节 (mating season) 为 11 月—翌年 1 月。于每月的 3—6 日, 13—16 日及 23—26 日的 04: 30—07: 00 和 20: 00—01: 30 的活动高峰时间段内, 对马麝行为进行取样 (Meng et al, 2002), 取样时间段内包含动物的摄食前和饱食后阶段。这样可保证行为取样的全面性和代表性。

行为观察采用 10 倍双筒望远镜协助肉眼进行, 采用焦点取样 (focal sampling) 和连续记录 (all occurrence recording) 方法记录目标动物的行为, 每头动物每次行为取样持续 5 min。Sisto & Friend (2001) 的工作表明, 5 min 的单次取样持续时间不影响圈养有蹄类行为取样的代表性。记录目标动物各行为的发生时刻。每次行为取样完成后, 选取同上个目标动物最近的动物为下个目标动物。所有行为取样均由同一名研究者完成。观察者隐身在每个麝区前的玻璃窗库房, 观察记录对动物不造成惊扰。

1.3 数据整理及分析方法

计算每个行为样本的行为型的持续时间。整理数据, 按动物个体进行行为取样数据的同类加, 按动物个体计算每天平均值。因无特定的行为含义, 行为型中的“其他行为 (MB)”不参与统计分析。行为用 Mann-Whitney *U* Test 检验爬跨成功及爬跨失败雄麝间的行为差异。所有分析均在 SPSS10.0 下进行。

表 1 圈养雄性马麝的行为

Tab. 1 The behaviours of male captive alpine musk deer

行为 Behaviour	行为描述 Behavioural description
静卧 Bedding, BE	马麝处于静止的清醒卧姿, 无反刍。
站立凝视 Standing-gazing, SG	动物呈静立姿势, 眼睛凝视刺激源或其他个体, 无其他明显伴随行为。
运动 Moving, MO	动物发生明显的各种强度的身体位移, 无其他伴随行为。
摄食 Ingesting, IN	动物个体进食、饮水等。
反刍 Ruminating, RU	动物表达典型的反刍行为序 (食团回吐、咀嚼、下咽等)。
蹭尾 Tail rubbing, TR	麝在树桩、墙壁、门框等突起物表面蹭擦尾阴部。
尿粪标记 Urinating/defecating, U/D	相对固定的行为型, 个体完全或部分展现刨地、排尿和排粪便及掩盖粪便等行为元素。
环境探究 Environmental sniffing, ES	动物展现明显可辨的用鼻吻部探究圈舍基底或目标物的动作, 持续时间 2 s 以上。
尾阴探究 Ano-genital sniffing, AS	动物嗅闻另一个体的尾阴部, 有时伴随舌舔。
自我指向 Self-directed, SD	行为指向行为发出者自身, 含口部梳理 (self-grooming, SDG)、蹄搔扒 (self-scratching, SDS) 及身体抖动 (shaking body) 等。
亲和 Amicable interaction, AI	个体间发生无明显攻击意向的身体接触性活动, 如理毛 (grooming)、嗅舔 (licking) 等行为。
攻击 Aggression, AG	一个体指向另一个体的侵犯行为, 有或无直接身体接触, 按方式和强度细分为威胁 (threatening, CIT)、进攻 (attacking, CIA)、防御 (defending, CID)。
其他行为 Other behavior, OB	所有其他发生频次比较少, 且不宜归入上述类别的行为。

2 结果

2.1 繁殖性能不同的雄麝在非交配季节的行为比较

在非交配季节, 爬腾成功雄麝的静卧持续时间 (108.87 ± 23.33 s) 和蹭尾持续时间 (2.10 ± 0.63 s) 显著多于爬腾失败雄麝 (静卧持续时间为 67.49 ± 16.33 s, 蹭尾持续时间为 0.59 ± 0.34 s) (两者静卧: $P = 0.037 < 0.05$; 蹭尾: $P = 0.031 <$

0.05); 爬腾成功雄麝的摄食时间 (37.03 ± 9.86 s) 少于爬腾失败雄者 (86.89 ± 20.89 s), 两者差异显著 ($P = 0.048 < 0.05$)。此外, 爬腾成功雄麝的亲和行为及攻击的持续时间 (亲和为 2.45 ± 2.00 s; 攻击为 1.92 ± 1.10 s) 比爬腾失败雄麝 (亲和为 0.30 ± 0.30 s; 攻击为 0.89 ± 0.69 s) 有增加的趋势, 差异不显著 (亲和: $P = 0.244 > 0.05$; 攻击: $P = 0.687 > 0.05$)。(图 1)

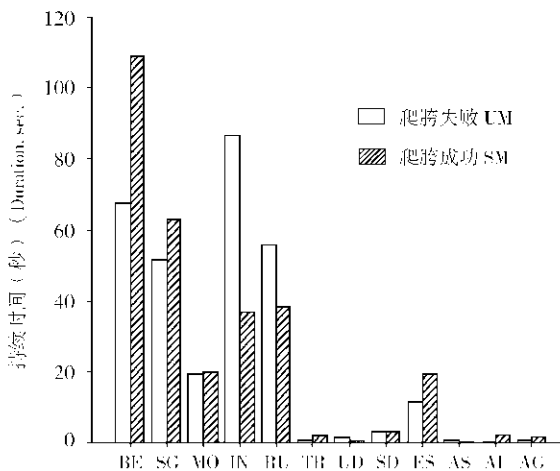


图 1 爬腾成功雄麝与爬腾失败雄麝在非交配季节的行为持续时间

Fig. 1 The duration of different behaviours of successfully mounting male (SM) and unsuccessfully mounting male (UM) musk deer during the non-mating season

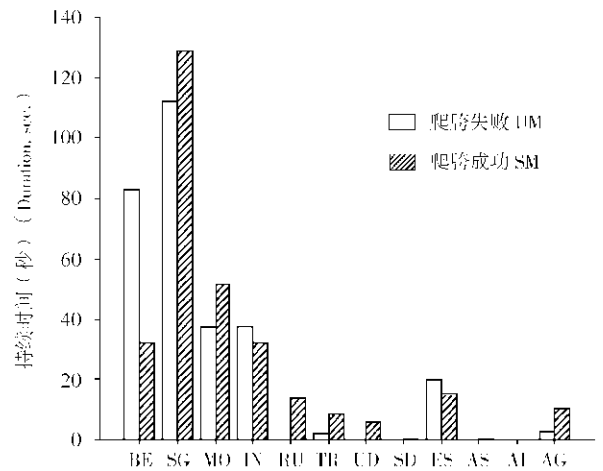


图 2 爬腾成功雄麝与爬腾失败雄麝在交配季节的行为持续时间

Fig. 2 The duration of different behaviours of successfully mounting male (SM) and unsuccessfully mounting male (UM) musk deer during the mating season

BE: 静卧 (Bedding); SG: 站立凝视 (Standing-gazing); MO: 运动 (Moving); IN: 摄食 (Ingesting); RU: 反刍 (Rumination); TR: 蹭尾 (Tail rubbing); UD: 尿粪标记 (Urinating/defecating); SD: 自我指向 (Self-directed); ES: 环境探究 (Environmental sniffing); AS: 尾阴探究 (Ano-genital sniffing); AI: 亲和 (Amicable interaction); AG: 攻击 (Aggression)。

2.2 繁殖性能不同的雄麝在交配季节的行为比较

在交配季节, 爬胯成功雄麝的静卧时间 (32.00 ± 15.57 s) 少于爬胯失败雄麝 (82.84 ± 36.47 s), 两者差异显著 ($P = 0.045 < 0.05$); 爬胯成功雄麝的运动行为持续时间 (51.29 ± 11.27 s) 多于爬胯失败雄麝 (37.59 ± 19.63 s), 但差异不显著 ($P = 0.629 > 0.05$)。此外, 爬胯成功雄麝的摄食持续时间 (32.04 ± 12.21 s) 较爬胯失败者 (37.42 ± 12.38 s) 有减少的趋势, 但差异不显著 ($P = 0.852 > 0.05$)。爬胯成功雄麝的蹭尾持续时间 (8.85 ± 4.08 s) 和粪尿标记持续时间 (5.76 ± 3.31 s) 均显著多于爬胯失败雄麝 (蹭尾持续时间为 2.03 ± 1.33 s; 粪尿标记时间为 0.10 ± 0.10 s) (蹭尾: $P = 0.024 < 0.05$; 粪尿标记: $P = 0.021 < 0.05$)。爬胯成功雄麝在交配季节的环境探究时间 (15.10 ± 3.79 s) 少于爬胯失败者 (19.69 ± 12.99

s), 但无显著差异 ($P = 0.358 > 0.05$); 爬胯成功雄麝的尾阴探究时间 (0.33 ± 0.16 s) 比爬胯失败雄麝 (0.13 ± 0.13 s) 有增加的趋势, 但差异不显著 ($P = 0.212 > 0.05$)。爬胯成功雄麝的亲和行为持续时间 (0.67 ± 0.67 s) 与爬胯失败雄麝 (0 s) 差异不显著 ($P = 0.987 > 0.05$); 爬胯成功雄麝的攻击行为 (10.69 ± 4.54 s) 显著多于爬胯失败者 (2.87 ± 1.12 s) ($P = 0.034 < 0.05$), 且差异显著 (图 2)。

2.3 圈养雄性马麝繁殖性能的行为判别指标

圈养雄性马麝的静卧和蹭尾行为的持续时间在非交配季节和交配季节均存在显著差异 ($P < 0.05$), 而且爬胯成功的雄麝在两个季节的蹭尾行为持续时间均显著长于爬胯失败雄麝 (表 2)。因此, 静卧和蹭尾可以成为雄麝繁殖性能选择的可信指标, 尤其是蹭尾行为。

表 2 圈养雄性马麝繁殖性能的行为判别

Tab. 2 The mean duration of different behaviours in successfully and unsuccessfully mounting male captive alpine musk deer

季节 Season	行为 Behaviour	爬胯成功雄麝	爬胯失败雄麝	Sig.
		Successfully mounting male, SM	Unsuccessfully mounting male, UM	
非交配季节 Non-mating	静卧 Bedding	108.87 ± 23.33	67.49 ± 16.33	*
	摄食 Ingesting	37.03 ± 9.86	86.89 ± 20.89	*
	蹭尾 Tail-rubbing	2.10 ± 0.63	0.59 ± 0.34	*
交配季节 Mating	静卧 Bedding	32.00 ± 15.57	82.84 ± 36.47	*
	攻击 Aggression	10.69 ± 4.54	2.87 ± 1.12	*
	蹭尾 Tail-rubbing	8.85 ± 4.08	2.03 ± 1.33	*
	粪尿标记 Urinating-defecating	5.76 ± 3.31	0.10 ± 0.10	*

* $P < 0.05$ (Mann-Whitney U test).

3 讨论

3.1 繁殖性能不同的雄麝的活动性差异

动物各种行为活动的时间分配反映了其长久进化中所形成的能量分配原则, 为使其适合度 (fitness) 达到最大, 动物必须采取最佳的能量分配对策, 通过活动格局的优化来实现能量净收益的最大化 (Zhang, 2000)。在本研究所划分的非交配季节 (8—10 月), 雄麝刚度过高能耗的麝香分泌期及麝香成熟化期 (Zhang, 1979; Bi et al., 1987), 并需为即将来临的交配季节 (同时也是低温及食物匮乏同时存在的严酷冬季) 储备能量。因此, 麝类动物此期的活动时间分配向静卧行为倾斜。在本研究中, 相对于爬胯失败的雄麝, 爬胯成功雄麝在非交配季节静卧持续时间显著增多, 而在交配季节却显著较少 (活动性上升), 说明爬胯成功雄麝的时间

分配更类似于野生麝的时间分配。

此外, 同圈养黄鹿 (*Muntiacus reevesi*) (Wu et al., 2003) 类似, 野生麝是典型的孤居小型森林型反刍类 (small solitary forest ruminants), 领域性极强 (Yang et al., 2003), 而在圈养环境下被成群、高密度地圈禁 (本研究中仅为 $15 \text{ m}^2/\text{头麝}$), 对资源 (如卧息点及食物等) 竞争剧烈; 而且由于缺乏足够的逃逸空间, 社群压力加剧 (Jiang, 2004; Jiang et al., 2001)。这必将影响其活动和静卧的转换, 而且这种影响存在个体差异。实际行为观察中也发现, 爬胯失败雄麝的卧息往往被其他个体 (多为爬胯成功雄麝) 的行为 (如趋近、攻击等) 所中止, 这也直接导致爬胯失败雄麝的静卧持续时间较少, 而且爬胯成功雄麝在非交配季节的攻击行为有多于爬胯失败雄麝的趋势。

本研究中的爬胯成功雄麝的摄食时间显著少于

爬腾失败雄麝，这可能同两类个体对摄食过程中的干扰的耐受度不同有关。由于圈养马麝并未被驯化（至少未完全驯化），加之其生性机警，其摄食模式和特点同已彻底驯化的家畜有明显的区别，而极其类似于野生麝，即在摄食过程中，频频抬头站立凝视，搜寻周围环境及圈群环境中的潜在刺激源（Zhang, 1979; Deng & Zhang, 1989）。而麝场相对固定的管理模式及动物的长久适应，圈禁的物理环境及饲养管理等已不再是圈养麝的强烈刺激源，相比较而言，圈养环境内高密度的社群环境（如其他个体的活动等）更易成为其摄食的干扰刺激源，并对其摄食效率（即单位时间的进食量）发生效应，甚至使其摄食行为发生短暂停顿（Zhang, 1979）。因此，雄麝摄食时间的长短不能完全等同于摄食量的多少，如圈养林麝通过其摄食效率调节，虽减少了摄食时间，但未减少摄食量（Linet al, 1995; Du & Sheng, 1998）。雄性马麝的爬腾成功率同其摄食时间、摄食效率和摄食量的潜在关系尚需进一步研究，这对建立科学的麝类驯养管理制度极为重要。

行为是动物对环境刺激所做出的首要反应方式，动物自身的生理状态及发育阶段等均会影响其活动时间分配模式（Georgii & Schroder, 1983）。在交配季节，配偶成为动物竞争的稀缺资源。在本研究中，爬腾成功雄麝更多地发动和参与攻击行为，活动性上升。因此，相对于爬腾失败雄麝，爬腾成功雄麝的运动性更强，静卧行为显著减少，而攻击行为显著增多。

3.2 繁殖性能不同的雄麝的气味标记差异

蹭尾是麝类动物雄性特有的尾腺标记行为，其功能同领域标记等有关。野生雄麝在作尾腺标记时，臀部抬起，短尾上扬，在小树枝及树干上不断地摩擦尾腺（Lai & Sheng, 1990），留下腊状信息物质（Wang et al, 1987）。我们对圈养马麝的观察表明，雄麝也有典型的蹭尾标记行为，并随蹭擦基底高度的不同，采用臀部水平、下压或上抬等不同的蹭尾姿势，用尾接触草茎、树枝、墙壁或食槽边沿等，来回蹭擦尾部，时间长短不定。本研究结果表明，爬腾成功雄麝在非交配季节和交配季节的蹭尾行为持续时间均显著多于爬腾失败雄麝，说明爬腾成功雄麝的信息标记强度高于爬腾失败雄麝，这同 Liu et al (1998) 对圈养大熊猫性活跃度的研究

结果类似，即圈养雄性大熊猫的气味标记强度可反映其性活跃能力的高低。此外，本研究结果还表明，圈养雄性马麝在交配季节的尾腺标记强度远高于非交配季节，与 Lai & Sheng (1990) 报道的圈养林麝的结果类似。

麝类动物的排泄物（粪便和尿液）富含信息物质，因此，排泄（排粪和排尿）是麝类动物的另一重要化学标记行为，而且在长久的进化中，该类动物还发育了特殊的“盖粪行为（covering）”以使粪便较长期地保持湿润状态，从而延缓其信息丧失过程（Green, 1987）。在本研究中，爬腾成功雄麝在交配季节的粪尿标记行为的表达明显强于爬腾失败雄麝，说明雄麝通过粪尿频次的增加，增强了此期的信息标记强度，类似的结果也见于 Zhang (1979) 等的报道。

动物进行信息标记需有能量及时间的投资，Ralls (1971) 的研究表明，动物的气味标记遵循经济学原则（economics of scent marking），即群内处于统治地位个体的气味标记强度较大。而 Lai & Sheng (1990) 及 Wu et al (2003) 认为，群体中处于弱势的林麝及黄鹿个体的标记强度远大于处于支配地位的个体，而且地位越弱标记强度越大。本研究结果虽然证实爬腾成功个体的标记行为强于爬腾失败个体，但本工作的初始设计并未区分个体年龄及序位等指标，因此，有必要联系马麝的爬腾成功率、繁殖性能、信息标记强度、等级序位等内容，开展进一步的比较研究工作，其结果可望验证上述假说及真正确定马麝气味标记的行为及相关信息传达的格局。

3.3 建议

基于本研究结果，在甘肃兴隆山马麝繁育场，由于爬腾成功雄麝的静卧行为在非交配季节显著较多，在交配季节却显著较少，而蹭尾行为在两个季节均显著多于爬腾失败的雄麝。根据以上结果，在麝类迁地保护和驯养实践中，雄性马麝的静卧和蹭尾行为（尤其是蹭尾）可以作为其爬腾成功率及繁殖性能的行为判别指标。本研究为马麝驯养实践，尤其是在提高配种雄麝选取的直观性及可操作性方面提供了量化行为的参数。

致谢：兴隆山保护区管理局及所属麝场对本研究提供了大力支持，特致谢忱！

参考文献:

- Bi SZ, Zhang ZG, Jia LZ, Guan Q, Song JM. 1987. Studies on microscopic structure and ultrastructure of musk glandular sac of *Moschus* and on musk secretion after vigorous period [J]. *Acta Theriol Sin*, **7** (2): 96-99. [毕书增, 张治国, 贾林征, 关强, 宋建民. 1987. 麝泌香盛期后麝香腺囊的显微与超微结构和麝香分泌研究. 兽类学报, **7** (2): 96-99.]
- Deng FM, Zhang ZG. 1989. The Farming of Musk Deer [M]. Xian: Shaanxi People's Education Press. [邓凤鸣, 张治国. 1989. 人工养麝. 西安: 陕西人民教育出版社.]
- Du WG, Sheng HL. 1998. Time budget and behavior of forest musk deer during lactation [J]. *Acta Theriol Sin*, **18** (1): 21-26. [杜卫国, 盛和林. 1998. 林麝哺乳期的时间分配和行为研究. 兽类学报, **18** (1): 21-26.]
- Georgii B, Schroder W. 1983. Home range and activity patterns of male red deer in the alp [J]. *Oecologia*, **58**: 238-248.
- Green MJB. 1987. Scent-marking in the Himalayan musk deer [J]. *J Zool Lond*, **1**: 721-737.
- Jiang YW. 1998. The observation of reproduction in the captive Alpine musk deer [J]. *Chn J Zool*, **33** (4): 39-41. [蒋应文. 1998. 驯养马麝的繁殖与行为观察. 动物学杂志, **33** (4): 39-41.]
- Jiang ZG. 2004. Animal Behavior Principles and Species Conservation Methods [M]. Beijing: Science Press. 43-70. [蒋志刚. 2004. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 43-70.]
- Jiang ZG, Li CW, Peng JJ, Hu HJ. 2001. Structure, elasticity and diversity of animal behavior [J]. *Chn Biodiver*, **9** (3): 265-274. [蒋志刚, 李春旺, 彭建军, 胡慧建. 2001. 动物行为的结构、刚性和多样性. 生物多样性, **9** (3): 265-274.]
- Homes V. 1999. On the Scent: Conserving Musk Deer—the Uses of Musk and Europe's Role in its Trade [R]. A Traffic Europe Report.
- Lai J, Sheng HL. 1993. A comparative study on scent-marking behavior of captive musk deer and Reeves' muntjac [A]. In: Ohtaishi N, Sheng HL. *Deer of China: Biology and Management* [M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 204-208.
- Lin Z, Xu HF, Sheng HL. 1995. Energy metabolism and behavior of musk deer during pregnancy and lactation [J]. *Acta Theriol Sin*, **15** (2): 98-105. [林志, 徐宏发, 盛和林. 1995. 林麝妊娠期和哺乳期的能量代谢特征. 兽类学报, **15** (2): 98-105.]
- Liu DZ, Fang JM, Sun RY, Zhang GQ, Wei RP, Zhang HM. 1998. Behavioral comparison in individuals of different sexual ability in giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) [J]. *Acta Zool Sin*, **44** (1): 27-34. [刘定震, 房继明, 孙儒泳, 张贵权, 魏荣平, 张和民. 1998. 大熊猫个体不同性活跃能力的行为比较. 动物学报, **44** (1): 27-34.]
- Meng XX, Yang QS, Feng ZJ, Xia L, Wang PM, Jiang YW, Bai ZQ, Li GL. 2002. Seasonal active patterns of captive musk deer [J]. *Acta Theriol Sin*, **22**: 87-97. [孟秀祥, 杨奇森, 冯祚建, 夏霖, 王培民, 蒋应文, 白正清, 李国林. 2002. 圈养马麝夏秋冬活动格局比较. 兽类学报, 2002, **22** (2): 87-97.]
- Meng XX, Zhou CQ, Hu JC, Li C, Meng ZB, Feng JC, Zhou YJ, Zhu YJ. 2006. Musk deer farming in China [J]. *Anim Sci*, **82**: 1-6.
- Parry-Jones R, Wu JY. 2001. Musk Deer Farming as Conservation Tool in China [M]. Traffic, East Asia.
- Ralls K. 1971. Mammalian scent marking [J]. *Science*, **171**: 443-449.
- Sheng HL, Ohtaishi N. 1993. The status of deer in China [A]. In: Ohtaishi N, Sheng HL. *Deer of China: Biology and Management* [M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 14-29.
- Sisto AM, Friend TH. 2001. The effects of confinement on motivation to exercise in young dairy calves [J]. *Appl Anim Behav Sci*, **73**: 83-91.
- Wang XM, Gong JE, Li JG. 1987. Biological aspects of forest musk deer [J]. *Sichuan J Zool*, **6** (3): 42-43. [王小明, 龚继恩, 李建国. 1987. 林麝的一些生物学资料. 四川动物, **6** (3): 42-43.]
- Wu Y, Kang AL, Su T, Zhang ED. 2003. Scent marking behavior of captive Reeves' muntjac [J]. *Sichuan J Zool*, **22** (2): 73-76. [吴骀, 康蔼黎, 苏铁, 张恩迪. 2003. 黄鹿标记行为初探. 四川动物, **22** (2): 73-76.]
- Yang QS, Meng MX, Feng ZJ, Xia L. 2003. Conservation status and causes of decline on musk deer in China [J]. *Biol Conser*, **109**: 333-342.
- Zhang BL. 1979. The Taming and Raising of Musk Deer [M]. Beijing: Agriculture Press. [张保良. 1979. 麝的驯养. 北京: 农业出版社.]
- Zhang E. 2000. Daytime activity budgets of the Chinese water deer [J]. *Mammalia*, **2**: 163-172.