

甘肃兴隆山圈养雌性马麝 (*Moschus sifanicus*) 发情次数、间情期及影响因素

孟秀祥^{1,2}, 张东晶¹, 王 功³, 祁 军³, 杨奇森², 冯祚建²

(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甘肃兴隆山保护区管理局, 甘肃榆中 730117)

摘要: 【目的】分析圈养雌性马麝 (*Moschus sifanicus*) 的发情交配时间格局, 探查性经历、年龄、来源及繁殖成效等因素对发情交配的周期数、间情期的影响, 为麝类成功驯养及异地保护提供参考。【方法】采用随机取样法和所有事件记录的行为取样方法, 观察马麝的交配行为, 准确记录发情交配的启动和结束时刻。【结果】兴隆山麝场圈养雌麝的间情期为 (12.23 ± 0.52) d (n=22), 平均动情次数为 (1.88 ± 0.13) 次 (n=22)。各年龄及年龄组雌麝的间情期无显著差异 ($P > 0.05$), 但年龄极显著影响动情次数 ($P < 0.01$); 首次参配雌麝的动情次数 [(3.00 ± 0.32) 次, n=9] 显著高于具多次交配经历的雌麝 [(1.55 ± 0.11) 次, n=13]。雌麝的间情期和动情次数与雌麝的来源无关, 野外捕获雌麝的间情期 [(12.01 ± 0.66) d, n=16] 和动情次数 [(1.95 ± 0.15) 次, n=16] 与驯产雌麝 [(12.83 ± 0.75) d, n=6; (1.67 ± 0.23) 次, n=6] 无显著差异。雌麝动情次数和间情期与上年的繁殖成效无直接关系, 而与翌年繁殖成效有关, 翌年繁殖成功的雌麝的动情次数 [(1.71 ± 0.16) 次, n=7] 和间情期 [(10.13 ± 2.24) d, n=3] 显著地低于翌年空怀雌麝 [动情次数: (2.20 ± 0.18) 次, n=7; 间情期: (13.00 ± 2.00) d, n=7] 低。【结论】圈养雌性马麝的发情交配时间格局受圈群内个体间社会行为及环境因子的影响, 雌麝年龄及性经历因素影响雌麝的发情, 雌麝的间情期及动情次数与雌麝的来源无关; 雌麝动情次数和间情期与上年繁殖成效无直接关系, 而翌年繁殖成功雌麝的动情次数和间情期显著低于翌年空怀雌麝。

关键词: 马麝 (*Moschus sifanicus*); 圈养; 发情次数; 间情期; 影响因素

The Estrus Cycle, Diestrus and the Related Influencing Factors in Female Alpine Musk Deer (*Moschus sifanicus*) in Captivity

MENG Xiu-xiang^{1,2}, ZHANG Dong-jing¹, WANG Gong³, QI Jun³, YANG Qi-sen², FENG Zuo-jian²

(¹College of Life and Environment Sciences, Central University for Nationalities, Beijing 100081; ²Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080; ³Xinglongshan National Natural Reserve, Yuzhong 730117, Gansu)

Abstract: 【Objective】 For exploring and determining the number of estrus, duration of diestrus and the potential influencing factors in captive Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*). 【Method】 From Oct. 2000 to Jan. 2001, the random sampling and all-occurrence recording methods were used to record the number of estrus and duration of diestrus in 22 captive female Alpine musk deers at Xinglongshan musk deer farm in Xinglongshan National Nature Reserve of Gansu Province. The sampling population was divided into classes by such variables as sexual experience, age, age class, origin, the reproduction cost in previous year and next year, and the potential impacts of the above variables on the estrus and duration of diestrus were explored. 【Result】 The results showed that captive female musk deers entered into estrus seasonally with (1.88±0.13) cycles, and the average duration of diestrus is (12.23±0.52) d (n=22). The duration of diestrus of females at different ages and age-classes was not significantly different ($P > 0.05$), however, the factor of age influenced the estrus significantly ($P < 0.05$), and the estrus of sexual-inexperienced females [(3.00±0.32)

收稿日期: 2008-08-18; 接受日期: 2008-12-09

基金项目: 国家自然科学基金 (30770286; 30811120554)、教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-08-0596)、“十一五”国家科技支撑计划重点项目 (2008BADB0B06)

作者简介: 孟秀祥 (1972—), 男, 四川越西人, 研究员, 博士, 研究方向为动物生态学。Tel: 010-68938163; E-mail: mengxiuxiang2006@hotmail.com

cycles, $n=9$) was longer than that of sexual-experienced [(1.55±0.11) times, $n=13$]. The origin of female deer had no significant impact on the estrus cycles and duration of diestrus. The reproductive cost last year did not affect the estrous and mating parameters such as estrus cycle and the duration of diestrus, but those females fawning next year had more estrus [(1.71±0.16), $n=7$] and shorter diestrus [(10.13±2.24), $n=3$] than those barren next year [(2.20±0.18) cycles, $n=7$; (13.00±2.00) days, $n=7$]. **【Conclusion】** The temporal estrus pattern of captive female alpine musk deer is influenced by factors such as social interaction among captive individuals, enclosure environments, age and the sexual experience, the origin of females, but is not related to its estrus pattern. Furthermore, the reproduction cost last year of female musk deer do not influence the estrus, those females fawning next year, however, have more estrus and shorter diestrus than those barren next year.

Key words: alpine musk deer (*Moschus sifanicus*); captive; estrus cycle; Di-estrus; influencing factors

0 引言

【研究意义】麝类动物 (*Moschus spp.*) 因其雄性所泌麝香而驰名。中国是麝类资源最丰富的国家^[1], 但由于生境丧失和历史上的滥捕乱猎等原因, 野生麝种群已经濒危。目前, 所有麝种已全部被列为国家 I 级重点保护对象, 直接保护其野生麝种群和栖息地。此外, 驯养作为有效的异地保护方式之一, 已成为保护和可持续利用麝类资源的重要措施^[2-3]。马麝 (*Moschus sifanicus*) 是中国的主要驯养麝种之一, 经多年的实践, 迄今已初步实现了圈养繁殖和人工取香, 但长久以来, 驯养中仍存的死亡率高、繁殖力及麝香产量低等问题一直困扰该项事业的发展^[3]。**【前人研究进展】**野生麝生活在季节性环境里, 周期性地进入发情交配^[4]。在圈养环境, 麝类动物仍有严格的季节发情节律^[5], 发情交配是决定圈养麝成功繁殖的关键因素^[6]。从中国开始驯养麝类开始, 诸多学者研究了圈养麝 (主要为林麝 *Moschus berezovskii* 和马麝 *Moschus sifanicus*) 的发情交配时间格局。在发情季节, 圈养林麝会出现 2~4 次发情^[7]或 1~3 次发情^[6]。Zhang^[8]报道, 圈养麝类动物的间情期为 16~17 d, 其他学者报道的林麝间情期为 17~23 d^[9]及 18~24 d^[5-6]。**【本研究切入点】**上述关于圈养麝类动物发情交配的报道多属小样本性记述, 或是其他麝种的推演, 而迄今尚无关于圈养马麝发情次数及间情期的报道, 也未分析圈养麝发情周期及间情期的影响因素。为促进对马麝的成功驯养, 更好地实现对该麝种的异地保护和麝香的可持续利用, 有必要对发情交配时间格局进行详细的分析, 探讨影响因子。**【拟解决的关键问题】**基于圈养马麝的发情交配时间格局的观察和记录, 分析性经历、年龄、来源及繁殖成效等因素对马麝发情交配的周期数、间情期的影响, 为中国麝类驯养提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验概述

本试验于 2000 年 10 月—2001 年 2 月在甘肃兴隆山自然保护区所属的马麝繁育试验场进行。兴隆山麝场地处祁连山东延余脉地区, 海拔 2 000~2 100 m, 四季分明, 春季干燥多风, 夏季昼热夜凉, 秋季温凉多雨, 冬季寒冷少雪, 年均温 3~7 °C, 其中 7 月平均温度最高, 1 月最低, 年降水量 450~622 mm, 多集中夏季 (7—9 月), 年均无霜期 110 d。

1.2 试验动物

麝场面积 30 hm², 包括麝圈 100 余个, 每个麝圈面积 100 m², 内有凉棚和小室等掩体, 每圈饲养马麝 5 只。麝圈间用砖墙相隔, 彼此以木栅门相通。5~7 个麝圈并排成一个饲养区, 两麝区间隔有一排装有玻璃窗的库房 (兼作观察房)。马麝饲料由精饲料和人工采集的树叶组成, 每日饲喂 2 次 (夏季在 06: 00 和 19: 00; 冬季在 08: 00 和 17: 00)。每个麝区由固定饲养员负责饲喂及日常管理。雌麝于 2—9 月间与雄麝分开饲养, 在 10 月初每个雌麝圈内导入一头有性经历的雄麝以期与发情雌麝交配, 直到 2 月底雌麝结束发情为止, 雄麝被导出。

本试验行为取样涉及 22 头圈养成体雌性马麝 (1.5 岁龄以上)。按照动物是否为首次参配, 将参加配种的雌麝区分为无性经历个体 (sexually inexperienced females, SI, 9 头) 和有性经历个体 (sexually experienced female, SE, 13 头)。本试验涉及到的雄麝均为有成功交配经历的成体马麝 (3.5 龄以上)。按动物来源区分雌麝总体为野外捕获雌麝 (capture from the wild, CW, 16 头) 和自繁雌麝 (first generation of the captive, BW, 6 头)。本试验能明确辨析头年繁殖成功雌麝 3 及头年空怀雌麝 4 头, 翌年繁殖成功的雌麝 7 头及翌年空怀雌麝 6 头。

1.3 行为观察及数据收集

根据文献报道^[5-6,9]及实际观察，从发情交配季节开始（11月初），凡雌麝出现明显减食、摇尾及低声哼叫，并对雄麝的非攻击性追逐（追配，mate chasing）不强烈逃避，即认为是雌麝发情的开始。采用随机取样法（*ad libitum* sampling）和所有事件记录（all-occurrence recording）^[10]，借助望远镜直接观察马麝的交配行为，记录发情启动和结束时刻。所有观察和取样均由同一名研究者完成。

1.4 数据处理

整理数据后，用 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据的分布型。对圈养马麝成体的动情次数和间情期数据进行正态性检验，如数据呈正态性分布，则用 ANOVA 分析因子“性经历（SI 和 SE）”、“年龄”及“雌麝来源（CW 和 BW）”对雌麝的动情次数和间情期的效应。如数据呈非正态分布，则用 Kruskal-Wallis 分析雌麝年龄的效应，用 Mann-Whitney 比较不同来源及不同性经历的雌麝个体间的动情次数和间情期的差异。所有分析采用 SPSS11.0 进行。

2 结果与分析

2.1 雌麝的动情次数及间情期的分布

对圈养马麝成体的动情次数和间情期数据的正态性检验结果表明，间情期数据呈正态性分布（K-S: $Z=0.679, P=0.745$ ），雌麝动情次数则强烈偏离正态性分布（K-S: $Z=0.745, P<0.01$ ），数据经正态化变换后仍然呈非正态分布（ $P<0.05$ ），因此间情期数据分析采用参数分析，动情次数数据分析采用非参数分析。

动情次数多的雌麝的平均间情期相对略长（图 1），但多次动情雌麝的动情次数与间情期间无显著相关（ $r=0.198, P=0.365, n=22$ ）。

2.2 雌麝年龄及性经历对动情次数和间情期的影响

配种雌麝的动情次数和间情期如表（由于样本太小，2.5 龄麝的动情次数数据明显偏低）。年龄不同的雌麝，间情期不尽相同，但差异不显著（ANOVA: $F_{6,15}=0.553, P=0.761$ ），不同年龄雌麝的动情次数呈极显著差异（Kruskal-Wallis: $P<0.01$ ）（图 2），逐对比较表明，1.5 岁雌麝动情次数极显著多于其它年龄组（Mann-Whitney U Test, $P<0.01$ ）。在兴隆山麝场，1.5 岁龄雌麝首次参加配种（无性经历雌麝，SI），而 1.5 岁以上均有繁殖经历（有性经历雌麝，SE），合并年龄大于 1.5 岁雌麝的样本数据（SE），与 1.5 岁

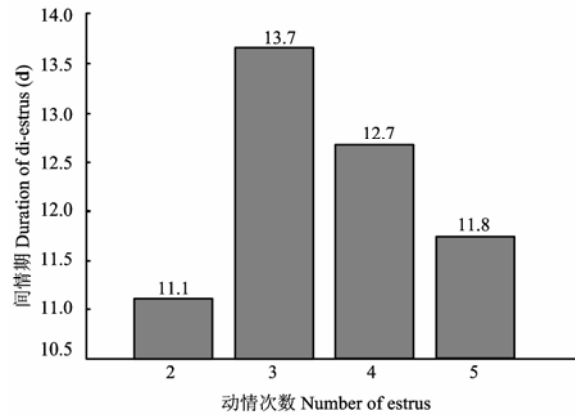


图 1 雌麝动情次数与间情期

Fig. 1 The durations of di-estrus of females with different estrus

表 各年龄组的雌麝的间情期和动情次数

Table The diestrus and number of estrus in females at different ages

年龄 Age (year)	间情期 Di-estrus		动情次数 Number of estrus	
	平均值 Mean ± SE	范围 Range	平均值 Mean ± SE	范围 Range
1.50	12.91±0.62	10~15	3.00±0.32	1~5
2.50	12.00±0.00	12~12	1.25±0.16	1~2
3.50	12.67±0.33	12~13	1.78±0.30	1~4
4.50	9.50±0.50	9~10	1.62±0.14	1~2
5.50	11.50	6~16	1.75±0.19	1~3
6.50			1.00	1~1
7.50			1.00	1~1

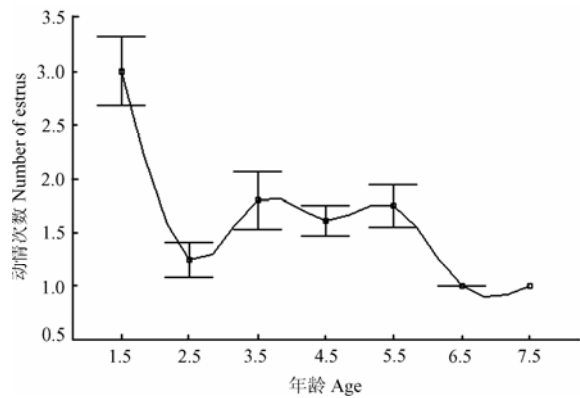


图 2 雌麝动情次数在各年龄组的分布

Fig. 2 The distribution of estrus number in groups of different ages

雌麝（SI）的动情次数和间情期重新作比较，发现首次参配雌麝 SI 的间情期[（12.91±0.62）d, n=9]与有

性经历雌麝[(11.55±0.81) d, n=13]差异不显著(ANOVA, $F_{1,20}=1.769$, $P=0.198>0.05$), 但前者的动情次数[(3.00±0.32)次, n=9]比后者[(1.55±0.11)次, n=13]显著升高(Kruskall-Wallis H Test, $Z=-4.621$, $P<0.01$)。

为获得圈养马麝的动情交配参数, 合并SI和SE的数据, 兴隆山麝场参加配种雌麝的平均间情期为(12.23±0.52) d, n=22, 平均动情次数为(1.88±0.13)次, n=22。

2.3 雌麝来源对动情次数和间情期的影响

野外捕获雌麝(CW)的间情期为(12.01±0.66) d, n=16, 与驯产雌麝(BW)[(12.83±0.75) d, n=6]的差异不显著(ANOVA, $F_{1,20}=0.493$, $P=0.491>0.05$), 前者的动情次数[(1.95±0.15)次, n=16]和后者的动情次数[(1.67±0.23)次, n=6]也无显著差异(M-W: $Z=-1.120$, $P=0.263>0.05$)。

2.4 雌麝动情次数和间情期与繁殖成功率的关系

上年繁殖成功雌麝的间情期[(11.00±1.41) d, n=3]与头年空怀雌麝[(10.50±1.73) d, n=4]间的差异不显著(ANOVA, $F_{1,5}=0.121$, $P=0.745>0.05$), 而翌年繁殖成功雌麝的间情期[(10.13±2.24) d, n=7]显著地比翌年末繁殖成功雌麝的间情期短[(13.00±2.00) d, n=6](ANOVA, $F_{1,11}=6.397$, $P=0.028<0.05$)。上年空怀雌麝的动情次数[(1.35±0.12)次, n=4]与上年繁殖成功的雌麝的动情次数[(1.32±0.09)次, n=3]无显著差异(M-W: $Z=-0.220$, $P=0.826>0.05$), 但翌年繁殖成功雌麝的动情次数[(1.71±0.16)次, n=7]比翌年空怀雌麝的动情次数[(2.20±0.18)次, n=6]低, 二者差异极显著(M-W: $Z=-2.833$, $P=0.005<0.01$)。

3 讨论

圈养林麝出现2~4次发情^[7]或1~3次发情^[6]。Zhang^[8]报道, 圈养麝类动物的发情周期为18.5 d, 发情持续36~60 h(即1.5~2.5 d), 间情期为16~17 d。其它学者报道圈养林麝间情期为17~23 d^[11]及18~24 d^[5-6]。本试验圈养马麝的平均动情次数和间情期为(1.88±0.13)次和(12.23±0.52) d, 与上述诸多报道存在歧异, 可能与马麝和林麝的种间差异有关。动物发情周期及间情期均属繁殖交配系统的重要组成部分, 物种间的发情周期及间情期差异共同参与物种间的繁殖隔离形成。上述差异可能与不同的圈养设施和饲养管理体系有关, 圈养有蹄类动物间的相互社会作

用、圈禁环境、饲养管理、年龄、营养、生理状况及社群状况等因子均可直接影响雌性动物发情的行为表达^[12]。

本试验结果表明, 由于年龄及个体性经历的差异, 雌麝动情次数和间情期有差异, 年龄较小的首次参配雌麝的动情次数和间情期均高于年龄较大的有性经历雌麝, 这可能同首次参配雌麝的行为调节经历的缺乏及利用化学信息的能力相对较弱有关。对圈养动物而言, 动物个体间存在诸如打斗、相互求适(mutual grooming)等社会行为的调节对发情行为的表达施加重要影响^[13]。发情交配会被个体的嗅觉行为所修饰和改变^[14], 如年龄较小的家羊及野化山羊发情交配异于年龄较大的个体, 因前者刚达到性成熟, 生殖腺激素调节尚不稳定, 而且发情需要额外的源于雄体的行为刺激以释放发情交配的行为表达^[15]。圈养林麝个体间的尾阴探究、雌雄麝间的追逐等行为可促进雌麝的发情^[5-6, 11, 16], 因此其它个体(尤其是雄体)的社会行为充当了雌麝发情启动的行为释放器(behavioral releaser)。在兴隆山麝场, 多头马麝被圈于一个圈舍, 社群密度极大, 个体间的社会行为频繁发生, 个体间存在强度极大的相互行为调节, 并作用于个体的发情时间格局。由于性经历的不同, 初次参配雌麝的性接受状态被雄麝的尾阴探究等行为刺激所激活的阈值较高, 而有性经历雌麝的性行为较容易被释放, 导致了二者间的动情交配的差异。Meng等^[17-18]报道, 社会行为的调节影响圈养马麝的发情交配定时(timing)和同步化(synchronizing), 无性经历雌麝的发情定时迟于有性经历的雌麝, 且历时更长。圈养大熊猫也有类似的格局, 大熊猫雄体在对初配雌体爬跨时, 须经较长时间的行为刺激, 才可使初配雌体的性接受状态同步化, 从而成功完成交配^[19]。

雄性动物的粪尿等含大量性信息(即外激素), 可促进雌性动情^[20-21], 但个体探究、识别雄体性信息的能力与雌性的性经历直接相关。范志勤^[22]研究证明, 无性经历母羊对异性外激素的识别能力较差。马麝及林麝主要通过麝香腺(musk gland)、尾腺(caudal gland)、跗腺(interdigital gland)等腺体及粪尿等进行化学通讯^[23-24], 不同性经历的雌麝对嗅信息的识别能力存在差异, 也对动情次数及间情期的长短产生影响。

在本试验中, 野捕雌麝与圈养繁殖雌麝的间情期和动情次数无显著差异, 说明在相同的圈养设施和饲养体系下, 兴隆山麝场雌麝的发情交配时间格局与动

物来源无明显相关。Meng 等^[17]的研究表明, 兴隆山麝场的野捕雌麝和驯产雌麝的发情交配定时和同步化无显著差异。此外, 本结果还表明, 当年繁殖成功雌麝和当年空怀雌麝的间情期和动情次数无显著差异, 但翌年繁殖成功雌麝的间情期显著地比翌年空怀雌麝的间情期短, 动情次数也较少, 这可能是由于翌年繁殖成功雌麝在发情交配初期即已受孕, 从而中止了发情, 直接降低了其动情次数^[25-26]。通常情况下, 已受孕雌麝对雄麝的趋近及嗅闻等展现激烈的回避、逃跑反应, 此时如未及时辨识、隔离受孕雌麝, 极易导致受孕雌麝流产从而重新发情。

4 结论

兴隆山麝场圈养雌麝的发情次数和间情期受其年龄及性经历的影响, 年龄较小的初配雌麝的发情次数相对较多, 间情期也相对较长。雌麝间情期和动情次数与雌麝的来源无关。雌麝动情次数和间情期与上年的繁殖成效无直接关系, 而翌年繁殖成功雌麝的动情次数和间情期显著低于翌年空怀雌麝。

致谢: 感谢甘肃兴隆山保护区管理局及所属麝场对本研究的支持和帮助。

References

- [1] Homes V. On the scent: conserving musk deer – the uses of musk and Europe's role in its trade. *Traffic Europe*, 1999.
- [2] Yang Q, Meng X, Feng Z, Xia L. Conservation status and causes of decline on musk deer in China. *Biology Cons*, 2003, 109: 333-342.
- [3] Parry J R, Wu J Y. Musk deer farming as a conservation tool in China. *Traffic, East Asia, Hong Kong*, 2001.
- [4] 胡江华, 张恩迪, 盛和林. 圈养林麝发情期行为的研究. 华东师范大学学报(哺乳动物生态学专辑), 1990: 8-13.
Hu J H, Zhang E D, Sheng H L. The behavior of captive forest musk deer during mating season. *Journal of East China Normal University (Mammalian Ecology Supplement)*, 1990: 8-13. (in Chinese)
- [5] 王永生. 麝香生产技术. 北京: 中国农业出版社, 2004.
Wang Y S. *The Technology of Musk Production in Musk Deer Farming*. Beijing: China Agriculture Press, 2004. (in Chinese)
- [6] 任战军. 人工养麝于取香技术. 北京: 金盾出版社, 2003.
Ren Z J. *Musk Deer Farming and Musk Production*. Beijing: Jindun Press, 2003. (in Chinese)
- [7] 韩增胜, 杨长锁, 李青旺, 胡建宏, 王立强, 陈晓宇. 林麝生殖生理和繁殖性能观察研究. 西北农林科技大学学报(自科版), 2003, 31(6): 103-106.
Han Z S, Yang C S, Li Q W, Hu J H, Wang L Q, Cheng X Y. Study on reproduction physiology and reproduction performance in musk deer of estrus synchronization in forest musk deer. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forest (Nat. Sci. Ed.)*, 2003, 31(6): 103-106. (in Chinese)
- [8] Zhang B. Musk deer: their capture, domestication and care according to Chinese experience and methods. *Unasylva*, 1983, 35: 16-24.
- [9] 蒋应文. 驯养马麝的繁殖与行为观察. 动物学杂志, 1998, 33(4): 39-41.
Jiang Y W. The observation of reproduction in the captive Alpine musk deer. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33(4): 39-41. (in Chinese)
- [10] Altmann J. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior*, 1974, 49: 227-267.
- [11] 尹淑媛, 戴卫国. 野麝家养研究综述. 成都科技大学学报, 1991, 55(1): 81-90.
Yin S Y, Dai W G. Domestic raising of wild musk deer. *Journal of Chengdu University of Science and Technology*, 1991, 55(1): 81-90. (in Chinese)
- [12] Orihuela A. Some factors affecting the behavioral manifestation of estrus in cattle: a review. *Applied Animal Behavior Science*, 2000, 70: 1-16.
- [13] Galina C S, Orihuela A, Rubio I. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. *Animal Reproduction Science*, 1996, 42: 465-470.
- [14] McClintock K M K. Menstrual synchrony and suppression. *Nature*, 1971, 229: 244-245.
- [15] Coblenz B E. A unique ungulate breeding pattern. *Journal of Wildlife Management*, 1980, 50: 325-330.
- [16] 盛和林, 刘志霄. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
Sheng H L, Liu Z X. *The Musk Deer of China*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press, 2007. (in Chinese)
- [17] Meng X, Yang Q, Feng Z. The temporal estrous patterns of female alpine musk deer in captivity. *Applied Animal Behavior Science*, 2003, 82: 75-85.
- [18] Meng X, Yang Q, Feng Z. Timing and synchrony of parturition in alpine musk deer. *Folia Zoologica*, 2003, 52(1): 39-50.
- [19] 高凤歧, 朴 华, 赵 阳, 禄保军. 雌性大熊猫配种期的性行为为观察. 兽类学报, 1994, 14(2): 81-85.
Gao F Q, Piao H, Zhao Y, Lu B J. Observation on the sexual behavior of male Giant Panda during the mating. *Acta Theriologica Sinica*,

- 1994, 14(2): 81-85. (in Chinese)
- [20] López H H, Olster D H, Ettenberg A. Sexual motivation in the male rat: the role of primary incentives and copulatory experience. *Hormones and Behavior*, 1999, 36: 176-185.
- [21] Wolff J O, Mech S G, Thomas S A. Scent marking in female prairie voles: a test of alternative hypotheses. *Ethology*, 2002, 108: 483-494.
- [22] 范志勤, 赵 勇, 杨得信. 绵羊对化学信息的识别及其在繁殖行为中的作用. *生态学报*, 1984, 4(1): 80-87.
- Fan Z Q, Zhao Y, Yang D X. Recognition of chemical signs and its role in reproductive behavior of sheep. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 4(1): 80-87. (in Chinese)
- [23] Green M J B. Scent-marking in the Himalayan musk deer. *Journal of Zoology, London*, 1987, 1: 721-737.
- [24] Sokolov V E. Chemical communication of some species of rodents, ungulates and carnivores. *Acta Zoologica Fennica*, 1984, 171: 67-69.
- [25] 韩增胜, 杨长锁, 李青旺, 胡建宏, 王立强, 于永生. 林麝同期发情技术的研究. *西北农林科技大学学报(自科版)*, 2003, 31(5): 136-138.
- Han Z S, Yang C S, Li Q W, Hu J H, Wang L Q, Yu Y S. Study of estrus synchronization in forest musk deer. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forest (Nat. Sci. Ed.)*, 2003, 31(5): 136-138. (in Chinese)
- [26] 吴家炎, 王 伟. 中国麝类. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- Wu J Y, Wang W. *The Musk Deer of China*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2006. (in Chinese)

(责任编辑 林鉴非)