

# 马麝 (*Moschus sifanicus*) 的分娩时间格局

孟秀祥<sup>1,2</sup>, 杨奇森<sup>2</sup>, 冯祚建<sup>2</sup>, 施哲梅<sup>3</sup>, 蒋应文<sup>3</sup>

(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;  
3. 甘肃兴隆山国家级自然保护区)

**摘要:** 甘肃兴隆山国家级自然保护区的野生马麝分娩从 5 月开始产仔, 分娩季节 (75% 的分娩累计完成时间) 长 27 天, 平均分娩日期为 5 月 31 日  $\pm$  1.85 天, 气候和食物的季节变化决定野生马麝的分娩定时和同期化格局; 保护区内的圈养马麝多在 6 月分娩, 分娩季节长 54 天, 同期化比野生马麝为弱, 圈养马麝的分娩时间格局受气候、食物等因子的影响。此外, 圈养种群内个体间的相互作用及各饲养区的管理模式也对马麝的分娩定时产生效应, 性经历影响其分娩的时间格局, 初产雌麝 (primiparous) 的平均分娩日期 6 月 29 日  $\pm$  4.29 天, 比经产雌麝 (multiparous) 迟 (6 月 19 日  $\pm$  1.47 天)。

**关键词:** 马麝; 分娩; 时间格局; 定时; 同步化

**中图分类号:** Q959.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083 (2005) 01-0030-06

## The Temporal Parturition Patterns of Alpine Musk Deer (*Moschus sifanicus*)

MENG Xiu-xiang<sup>1,2</sup>, YANG Qi-sen<sup>2</sup>, FENG Zuo-jian<sup>2</sup>, SHI Zhe-mei<sup>3</sup>, JIANG Ying-wen<sup>3</sup>

(1. College of Life and Environmental Sciences, Central University of Nationalities, Beijing 10081;  
2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences; 3. Xinglongshan National Nature Reserve, Gansu Province)

**Abstract:** This study was conducted from 1997 to 2000 in Xinglongshan National Nature Reserve, Gansu Province. The birth dates of wild and captive Alpine musk deer were examined to determine fawning patterns, and potential influencing factors discussed. In the wild, parturition shows strong seasonality, and occur in three months from May to July. Most of the births (75%) occurs within 27 days period. In captivity, parturition shows constancy between years and seasonality, although with later initiation and a longer season than in the wild. Although the parturition pattern is not strongly related to age of the captives, an individual's reproductive history seems to influence parturition timing and synchrony, and the birth date is not strongly related to the survival of the newborn.

**Key words:** Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*); parturition; temporal patterns; timing; Synchrony

生活在季节性较强的环境中的动物多表现为季节性繁殖<sup>[1]</sup>。季节性分娩, 见于很多哺乳动物<sup>[2-3]</sup>。诸多生物因子和非生物因子均可影响动物分娩的时间格局<sup>[4]</sup>。此外, 生活在圈禁环境的圈养动物被强迫承受极大的圈禁压力<sup>[5]</sup>, 所以圈养环境的各种因子也可对圈养动物的分娩定时及同期性施加效应<sup>[6]</sup>。关于动物的分娩定时及同期化, 在群居性强的有蹄类研究较多, 如: 加拿大盘羊 (*Ovis canadensis*)<sup>[7]</sup>、戴氏盘羊 (*Ovis dalli*)<sup>[8]</sup>、美洲野牛 (*Bison bison*)<sup>[9]</sup> 和黑尾鹿<sup>[10]</sup> 等, 但对群居性相对较弱、被强迫圈禁的有蹄类的相关研究却

较少。

马麝主要分布于我国青藏高原及周边区域, 为国家 I 级重点保护野生动物, 并被列入 CITES 附录 II 名录。为保护野生麝种群及可持续利用麝资源, 我国于 1990 年建立了甘肃兴隆山国家级自然保护区马麝繁育中心, 对其进行人工驯养, 以后陆续在国内一些驯养场也开始了马麝的驯养<sup>[11]</sup>。由于马麝独特的生境喜好及独居性强等行为习性, 野外研究其分娩的时间格局极为困难。有研究表明, 马麝于 11 月发情交配, 翌年 5 月到 9 月分娩, 怀

**收稿日期:** 2005-01-16 **基金项目:** 中央民族大学“211 工程”资助; 国家自然科学基金项目 (No.39870137) 资助; 中国科学院“九五”重大项目 (KZ951-A1-105) 资助。

**致谢:** 在兴隆山麝场收集数据期间, 得到保护区管理局王培民、周世昌二位局长和张学炎所长许多照顾, 深表谢意; 对麝场李国林先生、白振清先生及孙晓英女士的帮助和孟学睇、郭维江、蒯延虎、许清平等师傅的帮助一并致谢。

孕期 175~185 天<sup>[12]</sup>。但上述关于马麝分娩时间格局的研究多为小样本的描述性记述, 本研究对其分娩的时间格局进行大样本的量化比较研究。

## 1 材料及方法

### 1.1 实验场地

本研究于 1997~2000 年在甘肃兴隆山国家级自然保护区及所属马麝驯养场(以下简称“麝场”)进行。麝场位于野生马麝的自然分布区内, 地处祁连山东延余脉地区, 海拔 2000~2100 m, 年均温 2.5~6.4℃, 麝场所在地最热月(7 月)极端高温 32.6℃, 最冷月(1 月)极端低温 -28℃, 平均昼夜温差 12~14℃, 平均季节温差 21.6~25.3℃<sup>[12]</sup>。

### 1.2 实验动物及饲养管理

麝场建于 1990 年, 场区面积 30 hm<sup>2</sup>, 麝圈 100 余个, 每个麝圈面积 100 m<sup>2</sup>, 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 个麝圈并排成麝区(Row), 每区前有一排装有玻璃窗的观察房。麝场现饲养马麝 200 余头, 多系野生麝捕归饲养, 部分为自繁后代(F1)。饲料由精饲料和于麝场周围采集的树叶组成, 每日饲喂 2 次。每个麝区由固定的一名饲养员负责饲喂及日常管理。喂料同时进行圈舍清扫工作, 每圈每次耗时约 5 min。马麝其余时间很少受到惊扰。雌麝于 2 月底~9 月底间与雄麝分开饲养, 仔麝于每年 10 月 1 日人为断奶, 10 月初每个雌麝圈群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<sup>[13]</sup>, 雄麝再被导出雌麝圈。

### 1.3 数据收集及统计分析

配合麝场的野生幼麝驯养计划, 于 2000 年 5~9 月在兴隆山保护区收集野生麝(WI)的分娩数据。该时间段包含了报道的最长的马麝分娩季节<sup>[13,14]</sup>。记录野生幼麝体重、站立状态、运动状态、毛皮及牙齿的着生序等, 以确定幼麝的出生时间。连续记录了 10 只圈养下幼麝的前 20 天内的体重增加, 并且建立了回归方程  $Y = 3.075 \times 10^{-2} X - 14.299$  ( $P < 0.01$ , X: 幼麝体重 g, Y: 距 5 月 20 日的天数)以描述圈养马麝幼体的初期体重和年龄的关系。杨奇森等<sup>[15]</sup>发现, 野生幼麝及圈养幼麝在初期的体重增加并无显著差异, 因此, 上述建立的回归方程可用于判断野生马麝幼体的年龄。

在研究期间, 记录到的最早分娩发生于 5 月 20 日, 于是将 5 月 20 日定为马麝分娩的参照基准日(zero value), 并且计算每个分娩日距离此参照基准日的天数。分娩季节定义为 75% 的分娩累计完成的时间。

数据按照欲考察的变量划分: 按来源划分为 2 类(即 WC: 野捕圈养; OC: 野捕圈养的 F1 代); 按年龄划分为 5 类(即 1.5 岁; 2.5 岁; 3.5 岁; 4.5 岁;  $\geq 5.5$  岁); 按繁殖经历划分为 2 类, 即有性经历(multiparous)和无性经历(primiparous); 按头年的繁殖成功分为 2 类, 即成功繁殖和空怀; 按麝区划分为 4 类, 即 Row 1, Row 2, Row 5 及 Row 6。

在进行数理统计前, 对数据进行平方根标准化(square-root transformation)。用 ANOVA 考察不同来源(即变量“来源 Origin”)的雌麝的分娩时间格局, 若差异显著, 再用 LSD(least significant difference)或 Games-Howell 方法进行逐项比较。

用 2-way ANOVA 分析“年度(Year)”变量对马麝分娩定时的效应, 并探查 2 变量间可能的交互作用; 应用 ANOVA 分析“麝区”变量和动物分娩时间格局的关系; 将“年度(Year)”、“麝区(Row)”变量及“来源 Origin”视为协变量, 分别应用 CoANOVA 检验“年龄组 Age”变量、“性经历 Reproductive history”变量及“头年繁殖成绩 Reproductive success”变量对雌性马麝分娩定时和同期化的效应。应用 T-test 检验幼麝的出生日和其早期存活(以当年 10 月 1 日计)的关系。

所有统计分析均在 SPSS11.5 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) 环境下进行。

## 2 结果

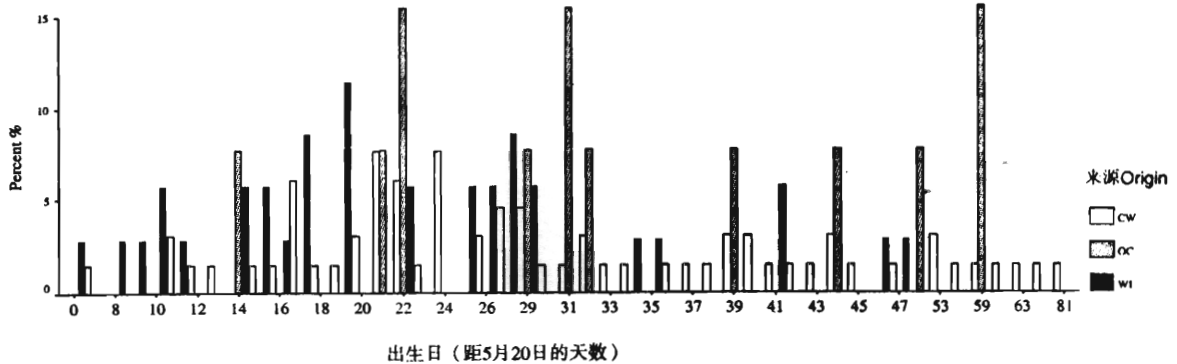
### 2.1 不同来源的雌麝的分娩定时

2000 年共记录了 55 例分娩, 含 35 例野生麝(WI)、5 例圈养野捕麝(WC)及 15 例圈养下繁殖的 F1 代(OC)。分娩发生于 5 月至 8 月共 4 个月的时间段内(图 1)。

数据经平方根转换后, 呈正态分布(Kolmogorov-Smirnov test:  $Z = 0.486$ ,  $n = 55$ ,  $P = 0.972$ )。WI、WC 及 OC 3 组雌麝间的分娩时间格局差异极显著( $F_{2,52} = 10.128$ ;  $df = 2, 52$ ;  $P < 0.001$ ), 因为方差相等(Levene's test:  $P = 0.958$ ;  $df = 2, 52$ ), 故用 LSD 进行多重比较(LSD multi-

ple-comparison), 结果表明: WI 麝分娩定时明显早于 OC 和 WC (OC:  $P < 0.01$ , WC:  $P = 0.007$ ), 但是 OC 和 WC 之间的差异不显著 ( $P = 0.849$ )。在 WI 内, 分娩季节为 27 天 (75% 的分娩完成的

时间), 5 月及 6 月即包含了其 88.6 % 的分娩, 而在 WC 和 OC, 分娩季节为 50 天, 5 月及 6 月仅包含了其 60% 的分娩。



出生日 (距5月20日的天数)

图 1 马麝分娩时间的分布

Fig. 1 The temporal parturition pattern of Alpine musk deer

### 2.2 年间的分娩时间格局

1997~2001 年间雌麝的分娩数据呈非正态分布, 明显向分娩开始端偏斜 (偏斜度  $1.07 \pm 0.25$ ,  $n = 93$ )。经平方根转换后, 数据呈正态分布 ( $Z =$

$0.786$ ,  $n = 93$ ,  $P = 0.567$ )。ANOVA 分析表明, 1997~2001 年间雌麝的分娩时间格局差异不显著 ( $F = 1.184$ ;  $df = 4, 80$ ;  $P = 0.324$ ), 且“年”及“麝区”变量之间无交互作用 (表 1)。

表 1 马麝分娩时间格局的年间差异

Table 1 Summary of parturition season characteristics among five years

年 Year	1997	1998	1999	2000	2001	Total
样本数 Number of sample	6	10	14	20	43	93
首例分娩 Initiation of fawning	6 月 2 日	6 月 6 日	5 月 30 日	5 月 22 日	5 月 26 日	5 月 22 日
平均分娩时间 Mean $\pm$ 1 S.E	6 月 14 日 $\pm 3.51$	6 月 17 日 $\pm 3.16$	6 月 26 日 $\pm 4.99$	6 月 28 日 $\pm 3.03$	6 月 18 日 $\pm 2.15$	6 月 21 日 $\pm 1.52$
天数 Number of days from the first birth to:	75% 32 100% 37	40 44	48 80	52 60	34 81	40 81

各麝区雌麝的分娩时间格局差异极显著 ( $F = 3.270$ ,  $df = 4, 80$ ,  $P = 0.043$ ), 应用 Games-Howell test (Levene's test:  $F = 1.951$ ;  $df = 12, 80$ ;  $P = 0.04$ ) 进行多重比较发现, 其差异主要源于 Row2 与 Rows 4~6 间 ( $P = 0.019, 0.016, 0.003$ ), Row2 的首例分娩及平均分娩时间均迟于 Rows 4~6 (表 3)。

### 2.3 年龄组间分娩时间格局比较

各年龄组间马麝的分娩时间格局没有显著差异 ( $F = 21.509$ ,  $df = 5, P = 0.198$ ) (表 4)。合并 2 岁龄以上的分娩数据, 再进行同样比较 (Levene's test:  $F = 1.662$ ,  $df = 1, 90, P = 0.201$ ), 结果表明, 2 岁马麝和 2 岁龄以上马麝的分娩数据差异显

著 ( $F = 6.177$ ,  $df = 1, 75, P = 0.015$ ) (表 4)。

### 2.4 “性经历”及“头年繁殖成绩”对分娩时间格局的效应

在取样动物中, 有 48 头雌麝有 2 年以上的繁殖经历。当年繁殖和空怀的雌麝的分娩时间并无显著差异 ( $F = 1.506$ ;  $df = 1, 43; P = 0.226$ ), 表明当年空怀的麝在头年的分娩时间并不显著地迟于成功繁殖的雌麝; 幼麝成功成活至当年 10 月 1 日的雌麝的平均分娩时间 (6 月 16 日  $\pm 2.87$  天) 早于其幼麝于当年 10 月 1 日前死亡的雌麝的平均分娩时间 (6 月 23 日  $\pm 3.27$  天), 前者的分娩季节长 (34 天) 也比后者短 8 天 (42 天), 但这种差异无显著性 ( $T = 1.328$ ,  $df = 23, P = 0.197$ ), 表明

圈养雌性马麝的分娩时间同其幼麝的早期成活率没有显著相关。

表 2 各年龄组马麝的分娩时间格局

Table 2 Summary of parturition season characteristics among age groups

年龄组 Age groups	出生例数 Number of birth	首例分娩 Initiation of parturition	平均分娩时间 Mean $\pm$ 1S.E	天数 Number of days from the first birth to	
				75%	100%
2 岁 2 years old	20	5 月 31 日	6 月 29 日 $\pm$ 4.29 天	51	81
2 岁以上 Older than 2 years	72	5 月 26 日	6 月 19 日 $\pm$ 1.47 天	39	60

### 3 讨论

#### 3.1 野生马麝的分娩定时及同期化

生境为季节性环境的有蹄类多为季节性繁殖, 并表现为程度不等的分娩同期化<sup>[1]</sup>。在构成动物环境的诸多因子中, 季节性变化的物理环境因子可影响其分娩定时及同期化<sup>[3,9]</sup>。在季节性较强的区域, 气候温和、食物充足的时间段有限, 此时间段对产仔动物及新生动物的成活均极为重要<sup>[16]</sup>。动物通过分娩定时, 幼体出生相对集中在气候及食物等较优的时间段里, 以让新生动物充分发育及获得足够的能量储备度过气候寒冷、食物匮乏的严峻冬季, 使环境及能量需求对新生动物的压力最小化, 增加其成活率<sup>[2]</sup>。此外, 分娩定时及同期化同雌性动物密切相关, 正如雌性 *Odocoileus hemionus* 在孕期、哺乳和幼体离开之前时期的能量等极大地影响其分娩的时间格局<sup>[10]</sup>。因此, 在季节性环境里, 有蹄类的分娩时间格局同环境的食物资源(数量和质量)的变动有关, 但终究由物理环境的季节性因子(气温等)来决定<sup>[17]</sup>。

本文数据表明: 野生马麝的分娩集中在 5~7 月, 而 88.6% 的分娩发生在 5~6 月, 兴隆山野生麝的分娩季节同环境的气温及降水高峰一致, 以使其哺乳及幼麝生长等有相对较优的气候条件和食物资源, 印证了 Rutberg 在其他有蹄类得出的结论<sup>[9]</sup>。此外, 野生麝的哺乳期为 2 个月, 仔麝在 20 日龄后即可开始啃食树叶<sup>[13~14]</sup>。本研究显示, 兴隆山野生麝的分娩时间为 5~7 月, 因此, 其哺乳期间为 5~9 月, 同环境气候及食物因子最优化的时间段吻合, 在此期间, 雌麝可凭借较优的生存条件生产充足的乳汁哺乳, 仔麝也可利用相对充足、营养丰富的食物资源, 而且在哺乳期结束、仔麝被迫独立时, 各种环境因子仍处较适的幅度内。

分娩季节的定时对雌麝也极为重要。当幼麝断奶独立后, 充足的食物资源让产后雌麝能恢复怀

孕、分娩及哺乳期间的耗能, 度过寒冷、食物短缺的冬季<sup>[18]</sup>, 同时也为即将到来的发情交配季节准备能量, 保证下一次的繁殖成功。

#### 3.2 圈养马麝的分娩定时及同期化

随环境季节性的降低, 许多季节性繁殖的有蹄类动物的分娩季节有加长的趋势, 如 Krausman<sup>[20]</sup>的工作表明, 随加拿大盘羊生境的季节性降低, 其分娩季节增长。圈养动物与野生动物的分娩时间格局不尽相同。Laska 认为, 由于环境里缺乏动物个体能利用的季节线索, 分娩季节性很强的野生 *Carollia perspicillata* 在圈养下却很少有分娩定时及同步化<sup>[6]</sup>。

在本研究中, 兴隆山麝场所在的保护区生境的气温等环境因子的季节性变化明显, 而且呈现出相对的年间稳定<sup>[12]</sup>。在麝场, 动物虽然可以在圈舍自由活动, 但是动物更倾向于在露天活动场活动, 而尽量回避长时间处于封闭小室内, 而且圈舍并未装备任何调温设备, 因此, 圈舍的温度等环境因子的变化仍具强烈季节性, 并且和其自然生境的气候变化同步。此外, 圈养马麝的食物为采集于麝场周围自然生境的树叶及补充的季节性蔬菜(胡萝卜、卷心菜等), 因此, 其食物供给也具备强烈的季节性。总之, 圈养马麝的圈禁环境类似于野生麝的季节性生境, 同样面临气温、食物资源等因子的压力, 但由于圈禁环境和充足的人为补食等, 圈养马麝所处环境的季节性应弱于野生马麝, 因此, 圈养马麝虽然表现出分娩定时及同期性, 但其分娩季节相对野生马麝要长。我们的工作印证了 Bunnell<sup>[21]</sup>和 Festa-Bianchet<sup>[7]</sup>等的结论: 降低动物环境的季节性会减弱对分娩定时的压力, 从而分娩季节相对增长。本文表明, 野捕圈养雌麝群及其圈养下繁殖的子一代雌麝群间的分娩时间格局无明显差异, 说明麝的分娩定时及同期化与雌麝来源无关。

圈养动物经受圈禁压力, 其生长将受到影响, 通过影响其生理状态而对分娩定时和同期化施加效

应, 表现为生理状态较好的动物分娩较早<sup>[22]</sup>。本研究表明, 各麝区马麝的分娩时间格局有显著差异。虽然麝场总的饲养管理模式相同, 但每个麝区的日常饲喂等由专一饲养员负责, 各麝区间的管理操作是有差异的, 其动物承受的圈禁压力也不同, 从而对各麝区动物的行为节律、生理状态施加不同的影响, 即导致了各麝区马麝的分娩定时和同期化有显著差异。

群居动物个体间的诸如尾阴探究行为 (anogenital investigation)、相互梳理 (mutual grooming) 等社会行为会对其种群的繁殖定时施加影响<sup>[23]</sup>, 如 Porter<sup>[5]</sup>的圈养动物转群实验证明: 被转移的个体与移入群个体发生的频繁社会行为表达及个体间的气相化学通讯导致其分娩与新群个体同步, 而偏移了老群个体的分娩定时<sup>[28]</sup>。在兴隆山麝场, 5~7 头麝圈于 1 个圈舍, 圈舍内个体间的社会行为的发生强度较大, 由于同麝区圈舍间以铁丝网相隔, 因此, 相邻的圈舍间马麝个体间可以通过尾腺 (caudal gland)、跗腺 (interdigital gland) 等腺体进行嗅觉及化学通讯<sup>[24]</sup>, 因此麝区内个体的分娩时间相对集中, 而麝区间的个体分娩较离散, 这种相同圈养群内个体间的社会行为对分娩时间格局影响的现象也见于其他有蹄类研究<sup>[25]</sup>。

在一些圈养有蹄类, 雌性个体的年龄会影响其分娩定时<sup>[7,21]</sup>, 表现为年龄较小的个体的分娩定时较迟, 同步化更差。本研究的结果基本支持上述结论, 即各年龄组圈养马麝的分娩时间格局有差异但不显著, Rubin<sup>[26]</sup>研究沙漠环境的加拿大盘羊的结论与我们类似。

参与交配的雄性动物与雌性个体间的社会行为对雌性动物分娩时间格局的效应随雌性动物的年龄不同而不同。Fisher<sup>[27]</sup>报道, 繁殖前增加雄性马鹿 (*Cervus elaphus*) 在雌性马鹿前的暴露时间会增强雌鹿的繁殖定时, 而分娩延后则可能是因为雄性马鹿引入雌鹿群较迟, 从而使“导入性发情” (socially induced estrus) 延后所引起。在兴隆山, 雄麝统一被导入雌麝圈舍, 但是各个年龄组的雌麝所需要的足以启动发情的行为刺激强度是不同的, 因为年龄较小的雌体动物, 尤其是首次参加繁殖的雌性, 需要比年龄较大的雌性更多、强度更大的刺激来启动其排卵等生理活动, 因此其进入发情可能迟于年龄较大的雌性个体<sup>[28]</sup>。在本研究中, 一个麝圈有 5~7 头雌麝, 而仅有 1 头雄麝参配, 因此每

头雌麝的交配机会有限, 再因雌麝群内的年龄依赖的等级序位, 首次参加繁殖的雌麝的交配机会相对低于年龄较大的雌麝。因此, 虽然各个年龄组的雌麝间的分娩时间格局无明显差异, 但是, 首次参加繁殖的雌麝和多次繁殖的雌麝间的分娩定时差异显著, 前者分娩较迟, 分娩季节也相对较长。

动物的繁殖必需付出投资, 该投资因动物种群和环境而异, 并会对下一次繁殖产生影响<sup>[7,21]</sup>。产后雌性个体需恢复怀孕及哺乳期间所耗费的能量储备, 头年未生产的雌性动物处于相对较好的体质条件, 当年的分娩定时即趋向于较早<sup>[38]</sup>。在本研究中, 麝场对圈养麝进行较充足的人为补饲及对一些出生较迟的幼麝实行人工哺乳, 因此头年繁殖成功, 甚至分娩较迟的雌麝并不一定要付出更多的能量和时间投资, 即可完成能量恢复和储备而顺利进入下一次发情, 因此分娩早、迟两类雌麝的体质条件并无显著差异, 也就不会导致其分娩时间格局的显著差异。

野生动物幼体的出生日期对其早期存活有重要意义, 出生显著延迟的幼体的死亡率比较早出生的幼体的要高<sup>[21,28]</sup>。本研究支持上述结论, 即早期成活率较高的幼麝 (成功度过当年 10 月 1 日的幼麝) 的出生日期相对早于 10 月 1 日前死亡的幼麝, 但是差异并无显著性。对此有两种解释: ①由于圈养下的补饲、人工哺乳及圈禁环境减缓了选择压力, 幼麝的出生日期同其早期成活率无紧密相关; ②幼麝的出生日期同其早期成活确实相关。但由于本实验的设计未区分其他影响早期成活的因素, 因此不能检测出幼麝的出生日期同其早期成活的关系。

#### 4 参考文献

- [1] Green WCH and Rothstein A. Persistent influences of birth date on dominance, growth and reproductive success in bison[J]. J Zool (Lond.), 1993, 230: 177~186.
- [2] Rutberg AT. Adaptive hypotheses of birth synchrony in ruminants: an interspecific test[J]. Am Nat, 1987, 130: 692~710.
- [3] Ims RA. The ecology and evolution of reproductive synchrony[J]. Trends Eco Evol, 1990, 5: 135~140.
- [4] Berger J. Facilitation of reproductive synchrony by gestation adjustment in gregarious mammals: a new hypothesis [J]. Ecology, 1992, 13 (1): 323~329.

- [ 5 ] Porter TA and Wilkinson GS. Birth synchrony in greater spear-nosed bats (*Phyllostomus hastatus*) [J]. J Zool (Lond.), 2001, 253: 383~390.
- [ 6 ] Laska M. Gestation period and between birth intervals in *Carollia perspicillata* (*Phyllostomatidae, Chiroptera*) [J]. J Zool (Lond.), 1990, 222: 697~702.
- [ 7 ] Festa-Bianchet M. Age-specific reproduction of bighorn ewes in Alberta, Canada[J]. J Mamm, 1988, 69 (1): 157~160.
- [ 8 ] Rachlow JL and Boeyer RT. Interannual variation in timing and synchrony of parturition in Dall's sheep[J]. J Mamm, 1991, 72: 487~492.
- [ 9 ] Rutberg AT. Birth synchrony in American bison (*Bison bison*): response to predation or season? [J] J Mamm, 1984, 65: 418~423.
- [10] Boeyer RT. Timing of parturition and lactation in southern mule deer[J]. J Mamm, 1991, 72: 138~145.
- [11] Yang Q, Meng X, Feng Z, *et al.* Conservation status and causes of decline on musk deer in China[J]. Biological Conservation, 2003, 109: 333~342.
- [12] 王香亭. 甘肃兴隆山国家级自然保护区资源本底调查研究[M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 1996.
- [13] 蒋应文. 驯养马麝的繁殖与行为观察[J]. 动物学杂志, 1998, 33 (4): 39~41.
- [14] 郑生武. 马麝的生态研究[J]. 动物学报, 1979, 25 (2): 176~186.
- [15] 杨奇森, 胡锦涛, 彭基泰. 林麝 (*Moschus berezovski*) 种群生态研究[J]. 四川师范学院学报, 1989, 10 (4): 329~336.
- [16] Bunnell FL. Factors controlling lambing period of dall's sheep[J]. Can J Zool, 1980, 58: 1027~1031.
- [17] Lehthold W and Lehthold BM. Temporal patterns of reproductive in ungulates of Tsavo East National Park[J]. E African Wildl J, 1975, 13: 159~169.
- [18] Clutton-Brock THASD. Fitness costs of gestation and lactation in wild animals[J]. Nature, 1989, 337: 260~262.
- [19] Dauphine TC and McClure RL. Synchronous mating in barren-ground caribou[J]. J Wild Mgm, 1974, 38: 54~66.
- [20] Krausman PR. Relationship between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona[J]. Wild Monog, 1989, 102: 1~66.
- [21] Bunnell FL. The lambing period of mountain sheep: synthesis, hypothesis, and tests[J]. Can J Zool, 1982, 60: 1~14.
- [22] Hafez ESE. Reproduction in Farm Animals[M]. Washington State University Press, Philadelphia, USA, 1962.
- [23] Boinski S. Birth synchrony in squirrel monkeys (*Saimiri oerstedii*): a strategy to reduce neonatal predation[J]. Behav Ecol and Sociob, 1987, 21: 383~400.
- [24] 张保良. 麝的驯养[M]. 农业出版社, 1979.
- [25] Rubin ES, Walther MB and Vemon CB. Reproductive strategies of desert bighorn sheep[J]. J Mamm, 2000, 81 (3): 769~786.
- [26] Fisher MW, Meikle LM and Johnstone PD. The influence of the stag on pubertal development in the red deer hind[J]. Anim Sci, 1995, 60: 503~508.
- [27] Coblenz BE. A unique ungulate breeding pattern[J]. J Wild Mgmt, 1980, 50: 325~330.
- [28] Cothran EG. Fat levels in female white-tailed deer during the breeding season and pregnancy[J]. J Mamm, 1987, 68: 111~118.