

圈养马麝 (*Moschus sifanicus*) 发情交配节律的比较研究

孟秀祥^{1,2}, 杨奇森², 冯祚建², 蒋应文³, 施泽梅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; 3. 甘肃兴隆山国家级自然保护区)

摘要: 在 1997~2000 年间, 甘肃兴隆山麝场的圈养马麝发情交配的时间节律保持相对年间恒定, 1996 年麝场进行了大规模的圈群间动物调整, 导致该年的马麝圈群进入发情较迟, 发情持续时间也较其他年份长。总体上, 圈养马麝的发情持续时间达 3 个月, 而 66% 的的发情交配发生于 1 个月内 (从 11 月 21 日~12 月 21 日), 发情季节 (75% 的发情完成累计时间) 长 36 天。雌性圈养马麝发情的时间格局受圈养环境的季节性因子影响。饲养人员的饲养风格及各个饲养区内雌性马麝的社会行为的调节效应, 各饲养区动物的发情时间格局有显著差异。年龄可影响马麝的发情交配, 5.5 岁龄以上的马麝发情定时更早。上一年度的繁殖成功与否和当年动物发情迟早无显著相关。野捕圈养麝群和其 F₁ 代圈群间的发情时间格局无显著差异。有较多发情周期的个体并不比发情周期仅 1~2 次的个体更早进入发情。

关键词: 马麝 (*Moschus sifanicus*); 发情; 定时; 同期化

中图分类号: Q959.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083 (2006) 04-0045-07

Comparative Studies on Temporal Estrous Patterns in Captive Female Alpine Musk Deer

MENG Xiu-xiang^{1,2}, YANG Qi-sen², FENG Zuo-jian², JIANG Ying-wen³, SHI Ze-mei³

(1. College of Life and Environmental Sciences, Central University of Nationalities, Beijing 100081;

2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences; 3. Xinglongshan National Nature Reserve)

Abstract: This study was conducted between 1996 and 2000 in Xinglongshan National Nature Reserve, Gansu Province. The data about rutting habits of captive Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) in the Breeding Center of Alpine Musk Deer (BCAMD) located in the reserve were collected. The temporal rutting patterns were examined to determine the timing and synchrony of estrus. From 1997 to 2000, the temporal estrous patterns remained relatively constant across the years but in 1996, the animals entered estrus later and the estrous season was longer than in other years possibly due to the animal being transported in that year. In total, the estrus period of captive musk deer in BCAMD occurred seasonally during 3 months of the year, but 66% of mating occurred in a month from 21 Nov. to 21 Dec. The total estrous season (when 75% of mating occurred) was 36 days. When the possible factors affecting the temporal estrous patterns were analyzed, it appeared that the rutting of females was influenced by both social and seasonal factors. There were significant differences among the temporal estrous patterns of animals in different rows of enclosures, probably because of keeper ef-

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、葱延虎、许清平等师傅的帮助一并致谢。

- sources Study, 1980, 3: 64~67. (in Chinese) (4): 133~141.
- [19] 贾竞波. 驼鹿生态生物学特征的研究[D]. 博士后研究报告. 北京林业大学, 1999. [25] 杨学明. 驼鹿的生态习性和幼兽驯养[J]. 自然资源研究, 1982, 3: 61~68.
- [20] 李玉柱, 萧前柱, 陈化鹏. 黑龙江胜山林场冬季驼鹿、马鹿和孢的种间关系[J]. 兽类学报, 1992, 12 (2): 110~116. [26] 于孝臣, 萧前柱. 黑河林区驼鹿的食物组成及其季节变化[J]. 兽类学报, 1991, 11 (3): 258~265.
- [21] 朴仁珠. 中国驼鹿种群数量及分布现状的研究[J]. 兽类学报, 1995, 15 (1): 11~16. [27] 于孝臣, 萧前柱, 张明海. 黑河林区驼鹿冬季食性研究[J]. 动物学研究, 1992, 3 (3): 263~270.
- [22] 沈才智, 贾竞波. 驼鹿漫谈[J]. 野生动物, 2004, 25 (4): 31~32. [28] 张明海. 大兴安岭呼中地区冬季驼鹿对生境的选择性[J]. 兽类学报, 2001, 21 (4): 310~313.
- [23] 王小明, 应韶荃, 宋玉赞. 水鹿冬季生境选择性的初步分析[J]. 兽类学报, 1998, 18 (3): 168~172. [29] 赵肯堂. 驼鹿生物学和人工驯养[J]. 自然资源研究, 1980, 3: 64~67.
- [24] 王玉玺. 驼鹿生态研究[J]. 东北林业大学学报, 1983, 11

fects and social interactions among females within a row of enclosures. Female age could affect timing of estrus: females older than 5.5 years entered estrus earlier than younger age-classes. The reproductive success in the previous year was not related to rutting patterns. The temporal estrous patterns were not significantly different between the captive females of the wild-caught deer and their first-generation offspring. Females with more estrous cycles were less likely to enter estrus earlier than those with one or two cycles.

Key words: Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*); estrus; temporal pattern

繁殖定时及同期化见于多种有蹄类动物。通过繁殖定时及同期化,动物的幼体出生发生于一较短时间段内,从而优化其繁殖成功。繁殖同期化通常通过发情定时和同期化调节实现^[1]。因此,季节性繁殖动物的发情的时间格局对其成功繁殖极为重要。对生活在季节性较强的环境里的野生动物而言,诸如气温、降水及食物等季节性环境因子均可影响动物发情交配定时^[2]。在圈养有蹄类,动物间的相互社会作用、圈禁环境、饲养管理、年龄、营养、生理状况及雄性是否同群等因子均可影响雌性动物发情的行为表达^[3]。此外,季节性变化的环境因子也可以作用于圈养有蹄类的发情时间格局^[4,5]。但迄今为止,尚无关于圈养野生有蹄类动物的发情时间格局及影响因子研究的报道。马麝是我国特有动物,主要分布于青藏高原及周边区域^[6,7],现已濒危,目前已升级为国家 I 级保护动物。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,开始了马麝驯养,也陆续在国内一些驯养场开始了驯养。但目前仍然存在圈养雌性马麝的发情率、繁殖率低等,严重阻碍了我国马麝驯养业的发展。

对麝的行为生态的深入研究是对其成功驯养的关键。但由于马麝的喜好生境海拔较高及生性机警等行为特性,导致在野外直接研究该种麝的行为较为困难,以至国内外对马麝的繁殖行为的报道较少。发情交配是决定马麝圈养下繁殖的关键^[8,9],目前关于马麝发情交配的资料多源于对圈养马麝的观察,雌性马麝 1 岁龄达体成熟,1.5 岁龄开始发情,2 岁龄可以首次繁殖^[10]。雌性马麝发情可表现 1~3 个发情周期,上一发情周期中未受孕的雌麝 10~30 天后会再次发情,一次发情可持续 48~72 小时,雌麝在一次发情中可以接受 6~10 次交配^[8,9]。这些关于马麝发情交配的报道多属小样本圈养马麝的描述性记述或是其他麝种的推演^[8],而关于马麝发情交配时间格局的量化特征及其影响因子尚无研究涉及。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可持续利用,有必要对其发情交配时间格局进行大样本的量化比较。因此,本研究有较强的理论和实践意义。

1 材料和方法

1.1 实验动物及圈禁管理

甘肃兴隆山保护区马麝驯养场处于祁连山东部余脉地区,场地海拔 2000~2100 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;年平均气温 3~7℃,其中 7 月平均温度最高,1 月最低;年降水量 450~622 mm,多集中在 7~9 月,年均无霜期 110 天^[10]。

麝场建于 1990 年,场区面积 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 个麝圈并排成一个麝区 (Row),两麝区间隔有一排装有玻璃窗的观察房。兴隆山麝场现饲养马麝 200 余头,多系野生麝捕归饲养,部分是自繁后代 (F₁)。饲料由精饲料和人工采集的树叶组成,每日饲喂 2 次 (饲喂时间:夏季在 06:00 和 19:00;冬季在 08:00 和 17:00)。每个麝区由固定的一名饲养员负责饲喂及管理。在喂料同时进行圈舍清扫工作,每圈每次耗时约 5 min,其余时间马麝很少受到惊扰。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;在 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^[9],雄麝才被导出。

1.2 数据收集及数理统计

雌性马麝是否发情直接通过有无交配发生来判断 (张保良 1979,蒋应文 1998)。在本研究期间,记录到的最早交配发生于 11 月 21 日,因此将 11 月 21 日定为发情交配的参照零时 (zero value),交配季节定义为 75% 的交配完成的累计时间。实验期间共记录到 140 次交配。数据按照考察变量划分:按动物来源划分为野捕圈养 (W) 和野捕圈养的 F₁ 代 (F₁),按照年龄划分为 1.5 岁、2.5 岁、3.5 岁、4.5 岁、≥5.5 岁 5 类,按照繁殖经历划

分为有性经历 SE 和无性经历 SI, 按照头年的繁殖成功分为即成功繁殖 BR 和头年空怀 BA, 按照繁殖周期划分为 1 次、2 次、3 次、4 次及以上 4 类。

在进行数理统计前, 对数据进行平方根标准化 (square-root transformation) (Shackle, *et al.*, 1984; Festa-Bianchet, 1988)。用 Student's *t*-test 检验按照来源、繁殖经历及头年繁殖成功划分的雌麝群的发情交配数据的差异, 用 ANOVA 比较年间的、麝区间的、年龄组及拥有不同发情周期的麝群的发情的时间格局。若组间差异显著, 用 LSD (least significant difference) 或 Games-Howell 方法进行进一步的逐项比较。统计分析全部在 SPSS

11.5 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) 环境下进行。

2 结果

2.1 发情的时间格局

原始的发情交配数据呈现非正态分布 (图 1) (Kolmogorov-Smirnov test: $Z=1.484, P=0.024$), 偏斜度为 0.596 ± 0.205 , 平方根转化后的数据呈正态分布 ($Z=0.967, P=0.307$)。从 1996~2000 年间, 65.7% 的交配发生于 11 月 21 日至 12 月 21 日间, 最迟发情为 1 月 22 日, 距最早发情 63 天, 平均交配时间为 12 月 18 日 (± 1.06 天)。发情交配季节长为 36 天。

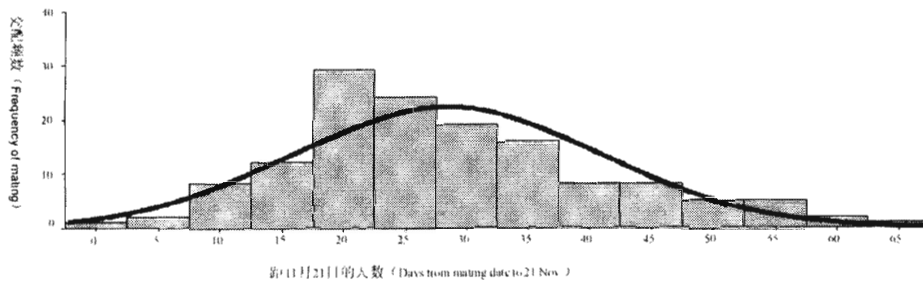


图 1 交配时间分布

Fig. 1 The distribution of mating

2.2 发情时间格局的年间差异

部分麝区的雌马麝的发情交配数据不全, 因此发情时间格局的年间比较限于第 5 麝区 (Row 5) (图 2): 1996~2000 年, Row 5 麝区动物的发情交配时间有显著差异 ($F_{4,60} = 2.913, P = 0.029$), LSD 逐项多重比较表明, 1996 年动物的平均发情交配时间 (12 月 30 日 ± 2.21 天) 显著地迟于其他年份, 而交配季节 (57 天) 也显著较长, 1997~2000 年的发情交配时间格局差异不显著。

2.3 不同来源、性经历及头年繁殖成功不同的雌麝的发情交配时间格局

不同来源、性经历及头年繁殖成功不同的雌麝的发情交配的时间格局见表 1。野捕圈养个体 W 和 F_1 代的发情时间差异不显著 ($df = 138, t = 1.230, P = 0.221$); 与头年成功产仔的个体相比, 头年空怀的雌麝 (BA) 的发情较晚, 发情季节也较长, 但差异不具显著性 ($df = 69, t = 0.882, P = 0.381$); 样本动物中, 2 头雌麝的性经历不能判明, 其数据不参与分析。有性经历雌麝 SE 和无性经历雌麝 SI 的发情交配时间格局差异极显著 ($df = 136, t = 2.057, P = 0.042 < 0.05$), SI 雌麝进入发情较迟, 发情季节也较长 (表 1)。

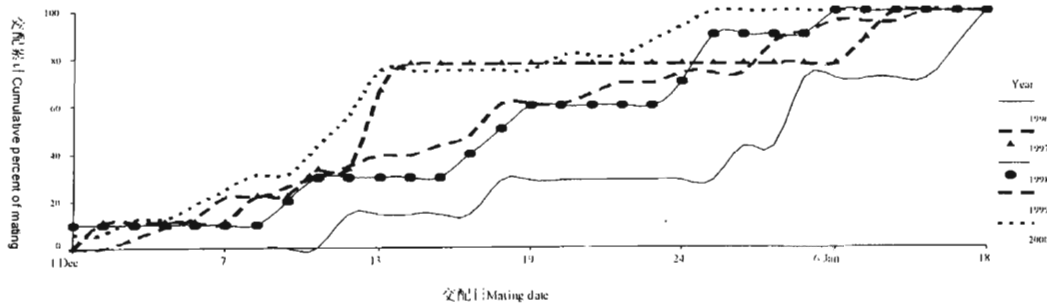


图 2 Row 5 雌麝交配日的分布格局 (1996~2000)

Fig. 2 The distribution of female rutting in Row 5 (1996~2000)

2.4 具不同发情周期的雌麝的发情交配时间格局比较

兴隆山麝场的马麝发情期间展现 1~5 个发情周期, 平均为 1.78 ± 0.08 个周期 ($n=140$), 但是 50% 的雌麝仅 1 次发情, 32% 的为 2 次发情。由于

样本数的缘故, 将具 4 个发情周期 ($n=4$) 和 5 个发情周期 ($n=5$) 的个体的数据合并分析。雌麝的发情交配时间和其发情周期无显著相关 (ANOVA, $F_{3,136} = 1.158, P = 0.328$) (表 2)。

表 1 不同来源、性经历及头年繁殖成功不同的雌麝的发情交配时间格局
Table 1 Temporal estrus patterns of females classified by the origins, reproductive success in the previous year and reproductive experience

分组 Grouping	样本 (头) Sample size	平均交配日 (Mean date \pm S.E)	交配中位点 Median mating date	第 1 次交配 First mating	最末次交配 Latest mating	交配季节 (天) Estrous season	
来源 Origins	W	120	12 月 19 日 ± 1.12 天	12 月 16 日	11 月 26 日	1 月 22 日	36
	F ₁	20	12 月 17 日 ± 3.23 天	12 月 17 日	11 月 21 日	1 月 14 日	37
幼年繁殖成绩 Success in the previous year	BA	9	12 月 21 日 ± 3.94 天	12 月 18 日	12 月 2 日	1 月 8 日	42
	BE	62	12 月 17 日 ± 1.66 天	12 月 13 日	11 月 21 日	1 月 22 日	35
性经历 Experience	SI	51	12 月 21 日 ± 1.57 天	12 月 18 日	12 月 1 日	1 月 19 日	37
	SE	87	12 月 17 日 ± 1.37 天	12 月 14 日	11 月 21 日	1 月 22 日	34

2.5 麝区间动物的发情交配时间格局

4 个麝区间动物的发情交配时间格局有极显著的差异 ($F_{3,136} = 4.479, P = 0.005$) (图 3), 进一步进行 LSD ($P = 0.171$) 检验表明, 其差异主要

体现在 Row 6 和其他麝区之间。Row 6 麝区的平均交配时间 (12 月 9 日 ± 1.80 天) 较早, 交配季节 (24.75 天) 也较短。

表 2 具有不同发情周期的雌麝发情交配时间格局
Table 2 Temporal estrus patterns of females with different estrous cycles

发情周期数 Estrous cycle	样本 (头) Sample size	平均交配日 (Mean date \pm S.E)	交配中位点 Median mating date	第 1 次交配 First mating	最末次交配 Latest mating	交配季节 (天) Estrous season
1	70	12 月 18 日 ± 1.28 天	12 月 14 日	12 月 1 日	1 月 19 日	34
2	46	12 月 19 日 ± 1.95 天	12 月 18 日	11 月 26 日	1 月 16 日	39
3	15	12 月 21 日 ± 3.35 天	12 月 17 日	12 月 3 日	1 月 14 日	38
≥ 4	9	12 月 16 日 ± 7.03 天	12 月 10 日	11 月 21 日	1 月 22 日	44

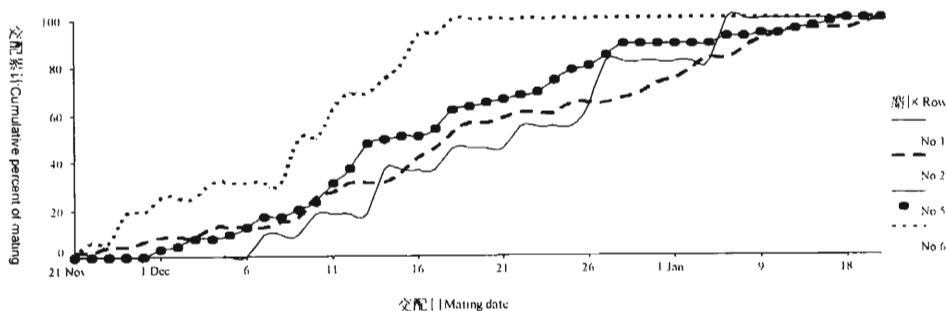


图 3 麝区间雌麝交配日的分布

Fig. 3 The distribution of female rutting in rows of enclosures

2.6 各年龄组间雌麝发情交配时间的差异

如表 3 所示, 5 个年龄组雌麝的发情交配时间有显著差异 ($F_{4,135} = 2.487, P = 0.026$)。LSD 检

验结果表明: 5.5 岁以上雌麝的发情交配日 (12 月 12 日 ± 1.51 天) 早于其他年龄组雌麝, 且极显著地早于 2.5 岁龄和 4.5 岁龄的雌麝 (分别为 12 月

表 3 各年龄组间雌麝发情交配时间
Table 3 Temporal estrus patterns of females in different age-classes

年龄组 Age classes	样本 (头) Sample size	平均交配日 (Mean date \pm S E)	交配中位点 Median mating date	第 1 次交配 First mating	最末次交配 Latest mating	交配季节 (天) Estrous season
1.5	30	12 月 20 日 \pm 1.87 天	12 月 20 日	12 月 1 日	1 月 2 日	37
2.5	32	12 月 19 日 \pm 2.54 天	12 月 16 日	11 月 21 日	1 月 19 日	37
3.5	33	12 月 22 日 \pm 2.62 天	12 月 19 日	11 月 30 日	1 月 22 日	47
4.5	17	12 月 18 日 \pm 2.41 天	12 月 18 日	12 月 2 日	1 月 8 日	35
\geq 5.5	28	12 月 12 日 \pm 1.51 天	12 月 12 日	11 月 26 日	12 月 27 日	26

20 日 \pm 1.87 天和 12 月 22 日 \pm 2.62 天)。

3 讨论

生活在季节性变化环境里的圈养家畜,其发情交配时间格局受季节性环境因子影响,如温度即可以影响雌性牛的性接受力和繁殖成绩^[5,11,12]。野生麝生活于季节性环境里,周期性地发情交配^[7]。在本研究中,兴隆山麝场位于野生马麝的自然生境,其生境的气温等环境因子的季节性变化明显,且呈现出相对的年间稳定(王香亭 1996)。在麝场,动物虽然可以在圈舍里活动,但是更倾向于在露天活动场活动而相对回避长时间处于室内,圈舍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。除上述原因外,圈养马麝也可在圈禁环境捕捉光照等其他季节变化的信号以调节其发情交配定时。因此,类似于季节性因子对野生马麝的作用^[10],兴隆山麝场各种环境因子也会作用于圈养马麝的发情交配时间格局,本研究也证明了在 1997~2000 年间,圈养马麝的发情交配时间格局表现出季节性和相对的年间稳定。但是,因为圈禁环境和充足人为补食减弱了温度、食物等环境因子的季节性,也就减弱了圈养动物繁殖的季节性^[3,14],因此圈养马麝所处环境的季节性弱于野生马麝,其发情交配的同期性也应该弱于后者。

在本研究中,圈养马麝在 1996 年的发情交配定时明显迟于其他 4 年(1997~2000),而且交配时间的分布呈更加偏斜,其原因在于 1996 年麝场建设新场,并且在各个麝区间作了大规模的动物转圈调整。圈养动物的转圈调整等均会成为动物的应

激源,从而影响动物的发情和交配^[15,16],及动物适应新环境均会对其发情行为表达施加影响^[8]。本研究结果和其他圈养的有蹄类的经过相吻合^[13]。

对圈养动物而言,动物个体间存在的诸如打斗、相互求适(mutual grooming)等社会行为的调节会对发情行为的表达施加重要的影响^[17,18]。繁殖定时及同期化会被个体的嗅觉行为所修饰^[19],如未发情交配的雌性野牛(*Bison bison*)会嗅闻较早发情的雌性个体以探察其发情状态,对较迟发情的雌牛却无类似的嗅闻行为表达^[1]。此外,一个圈养群内发情个体会释放其他同群个体的发情模仿行为(imitation of estrous behaviors)^[20],与雄性个体交配也会成为调节繁殖定时的社会行为线索(Porter and Wilkinson, 2001)。雌性加拿大盘羊的延迟性社会行为导入发情(delayed socially-induced estrus)会引起产仔时间推迟^[21]。年龄较小的家羊及野化山羊发情定时迟于年龄较大的个体,因前者的发情需要额外的源于雄体的行为刺激以释放其发情交配的行为表达^[22]。

因为生性胆怯,生境郁闭,故马麝个体间主要通过尾腺(caudal gland)、跗腺(interdigital gland)等腺体而进行嗅觉及化学通讯^[23]。在兴隆山麝场,5~7 头麝圈于 1 个圈舍,高密度分布的个体间的社会行为交往频繁,由于同麝区的圈舍间以铁丝网相隔,因此相邻的圈舍间动物个体也存在较多的信息交流(张保良 1979)。通过频繁的社会行为及化学交流,在同一麝区的马麝个体间存在强度极大的相互行为调节,并且作用于同一麝区个体的发情时间格局,导致区内个体发情定时基本同步,而麝区间间的发情交配时间格局却有显著差异。在本研究中,相同麝区内个体的发情时间相对集中,而麝区间个体的发情时间相对离散,这种发情交配定时的现象也见于其他研究^[24~27]。此外,由于每个麝

区由一名专一饲养员负责饲喂及日常管理, 饲养员的因素更加剧了麝区内的动物个体的发情交配定时及同期化。总之, 社会行为的调节作用及饲养员对动物繁殖的潜在影响可以解释麝区内的发情交配定时相对集中及同步化较强, 而不同麝区动物的发情交配更离散。

野捕圈养的雌麝 (W) 和其圈养下 F_1 代的发情交配定时无明显差异, 表明在相同的圈养压力下, 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。我们的研究还表明, 具有不同发情周期的雌麝的发情定时无显著差异, 雌麝发情时间格局和其发情次数无直接相关, 说明拥有较多发情周期的雌麝不一定比仅具 1~2 个发情周期的雌麝更先进入发情。

在一些圈养有蹄类, 雌性个体的年龄会影响个体的发情定时^[28], 表现为年龄较小的个体的发情同步化更强^[14]。我们对圈养马麝的研究却得到相反的结论, 即年龄较大的雌麝发情交配的定时同期性比年龄较小的个体更强, 这可能和雌麝圈群内存在年龄依赖的序位行为有关, 正如圈养雌牛群内的个体的发情交配定时受其群内的序位影响^[29]。

本研究数据表明: 兴隆山麝场内雌麝的性经历影响了雌麝的发情定时, 即无性经历雌麝 (SI) 进入发情的平均时间 (12 月 21 日 \pm 1.57 天) 比有性经历雌麝 (SE) 迟 4 天, 其发情季节 (37 天) 也比后者长 3 天。一般说来, 在兴隆山麝场, SI 雌麝的年龄较小, 由于年龄依赖的等级序位的效应, 相对于 SE 雌麝, SI 雌麝在麝群内往往丧失交配机会; 此外, SI 雌麝的行为调节经历的缺乏及利用化学信息的能力的相对较弱也影响了其发情交配的定时和同期化。头年繁殖成功的雌麝当年的发情并未明显推迟, 这同其他一些圈养有蹄类类似^[30,33], 但是这也许同麝场的人为充足补饲及对一些幼麝进行人工哺乳有关, 因此产后雌麝得以恢复能量耗损而顺利进入发情。

综上所述, 兴隆山麝场圈养雌麝的发情交配时间格局呈现相对的年间恒定, 雌麝个体的发情定时受圈群内的个体间社会行为及环境因子的影响。此外, 雌麝年龄及饲养员因素也可作用于雌麝的发情, 但是雌麝的来源及头年的繁殖成绩同当年的发情交配定时无关。

4 参考文献

- [1] Berger J. Facilitation of reproductive synchrony by gestation adjustment in gregarious mammals: a new hypothesis [J]. *Ecology*, 1992, 13 (1): 323~329.
- [2] Bronson FH. *Mammalian Reproductive Biology* [M]. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 1989.
- [3] Orihuela A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review [J]. *Appl Anim Behav Sci*, 2000, 70: 1~16.
- [4] Galina CS, Arthur GH. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrous cycles [J]. *Anim Breed Abstr*, 1990, 58: 697~707.
- [5] Penninton JA, Albright JL, Diekman MA. Sexual activity of Holstein cows: seasonal effects [J]. *J Dairy Sci*, 1985, 68: 3023~3030.
- [6] 杨奇森, 冯祚建, 王祖望. 3D-OCP 一种大中型野生动物家域研究模型 [J]. *动物学报*, 1999, 45 (2): 148~154.
- [7] 盛和林. 原麝、林麝、黑麝和马麝 [A]. 见: 汪松主编. 中国濒危动物红皮书 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [8] 邓凤鸣, 张治国. 人工养麝 [M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1989.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Zakari AY, Molokwu ECI, Osori DIK. Effects of season on the oestrous cycle of cows (*Bos indicus*) indigenous to northern Nigeria [J]. *Vet Rec*, 1981, 109: 213~215.
- [12] Tucker H. Seasonality in cattle [J]. *Theriogenology*, 1982, 17: 53~59.
- [13] Vaca LA, Galina CS, Fernandez-Beca S, Escobar FJ, Ramirez B. Oestrous cycles, oestrus and ovulation of the Zebu in the Mexican tropics [J]. *Vet Rec*, 1985, 117: 434~442.
- [14] Humik JF, King GI, Robertson HA. Oestrous and related behaviour in postpartum Holstein cows [J]. *Appl Anim Ethol*, 1975, 2: 55~58.
- [15] Allrich. Oestrous behaviour and detection in cattle [J]. *Vet Clin North Am*, 1993, 9: 249~262.
- [16] Hafez ESE. *Reproduction in farm animals* [M]. Washington State University Press, Philadelphia, USA, 1962.
- [17] Hafez ESE, Lindsay DR. Behavioral responses in farm animals and their relevance to research technique [J]. *A Review Anim Breed Abstr*, 1965, 33: 1.
- [18] Galina CS, Orihuela A, Rubio I. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle [J]. *Anim Reprod Sci*, 1996, 42: 465~470.
- [19] McClintock KMK. Menstrual synchrony and suppression [J]. *Nature (Lond.)*, 1971, 229: 244~245.
- [20] Gutierrez C, Galina CS, Rubio I. The influence of the social structure of a Zebu herd on the manifestation of signs of oestrus [J]. *World Anim Rev*, 1993, 28: 57~70.
- [21] Festa-Bianchet M. Age-specific reproduction of bighorn ewes in Alberta, Canada [J]. *J Mamm*, 1988, 69 (1): 157~160.
- [22] Coblentz BE. A unique ungulate breeding pattern [J]. *J Wild*

离子浓度对小鼠 2-细胞胚胎电融合的影响

邸科前, 李相运*

(河北农业大学动物科技学院, 河北保定 071001)

摘要: 四倍体胚胎的制备已经成为生物学家研究小鼠以及其它哺乳动物发育生物学的有力工具。目前, 制备小鼠四倍体胚胎最常用的方法是电融合法, 其中电融合液中的离子种类和离子浓度是影响胚胎电融合成败的关键因素。本文比较了 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Li^+ 等阳离子对小鼠 2-细胞胚胎电融合的影响。结果发现, 在 100 V/mm 电场强度、50 μsec 脉冲时程和 2 次脉冲的电融合条件下, 少量二价阳离子的存在是胚胎融合所必须的, 当 Ca^{2+} 为 0.1 mM 时, 可使全部胚胎发生电融合, 而一价阳离子的存在不利于胚胎的电融合。随着各种离子浓度的大幅升高, 胚胎的融合率急剧下降、胚胎死亡数量增加以及死亡程度加剧。

关键词: 小鼠; 2-细胞胚胎; 阳离子; 电融合

中图分类号: Q813 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083 (2006) 01-0051-04

Effects of Cation on Mouse 2-cell Embryos Electrofusion

DI Ke-qian, LI Xiang-yun

(College of Animal Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001)

Abstract: The production of tetraploid embryos has become a useful tool for mouse developmental biologists within the past decade and is increasingly being used in other mammalian systems. Most notably, tetraploid embryos are commonly used to rescue embryonic lethality as a result of defective extraembryonic phenotypes in laboratory mouse strains, as well as a method of generating mice directly from embryonic stem cells. Currently, the most commonly used method of producing mouse tetraploid embryos is electrofusion by electrical stimulation. Several factors influence the efficiency of the electrofusion. In addition to the alignment of the embryos with respect to the electric field and electric field strength, the other key factor is the concentration of cation in pulsing medium. The efficiency of 6 kinds of cation on mouse 2-cell embryo electrofusion were studied in the present paper, two square DC pulses of 100V/mm and duration of 50 μsec were applied when electrical stimulation. The results showed that divalent cations were necessary to achieve embryo electrofusion, and univa-

收稿日期: 2005-03-06 基金项目: 河北农业大学校长基金资助, 国家自然科学基金项目 (30571336)。

* 通信作者, 博士, 从事胚胎与胚胎干细胞研究工作, E-mail: lixiangyun35@yahoo.com.cn

- Mgmt, 1980, 50: 325-330.
- [23] Shrestha MN. Animal welfare in the musk deer [J]. Appl Anim Behav Sci, 1998, 59: 245-250.
- [24] Kilgour R, Skarscholt BH, Smith JF, Bremner KJ, Morrison MCL. Observation of the behaviour and factors influencing the sexually active group in cattle [J]. Proc N Z Soc Anim Prod, 1977, 37: 128-135.
- [25] Hurnik JF, King GI. Oestrous behaviour in confined beef cows [J]. J Anim Sci, 1987, 65: 431-438.
- [26] Mohammed HO, White ME, Guard CI, Smith MC, Mechor GD, Booker CW, Warnick LD, Dascanio JJ, Kenny DJ. A case control study of the association between blood selenium and cystic ovaries in lactating dairy cattle [J]. Prev Vet Med, 1991, 10: 261-271.
- [27] Medrano EA, Hernandez O, Lamonthe C, Galina CS. Evidence of asynchrony in the onset of signs of estrus in Zebu cattle treated with a progestagen ear implant [J]. Res Vet Sci, 1995, 60: 51-54.
- [28] Lamonthe C, Montiel F, Fredrikson G, Galina CS. Reproductive performance of Zebu cattle in Mexico. 3. Influence of season and social interaction on the timing of expressed oestrus [J]. J Trop Agric, 1995, 72: 1-5.
- [29] Castellanos FA, Orihuela A, Galina CS. Oestrous expression in dairy cows and heifers (*Bos taurus*) following repeated PGF $_{2\alpha}$ injection and choice of selecting a mounting partner [J]. Appl Anim Behav Sci, 1997, 51: 29-37.
- [30] Clutton-Brock TH, Albow SD and Guinness FE. Fitness costs of gestation and lactation in wild animals [J]. Nature, 1989, 337: 260-262.
- [31] Clutton-Brock TH, Stevenson TR, Marrow P, MacColl AD, Houston AI and McNamara JM. Population fluctuation, reproductive costs and life-history tactics in female soay sheep [J]. J Anim Ecol, 1996, 65: 675-689.
- [32] Guinness FE, Gibson RM and Clutton-Brock TH. Calving times in red deer (*Cervus claphus*) on Rhum [J]. J Zool (Lond.), 1978, 185: 105-114.
- [33] Mitchell B, Mccowan D and Nicholson IA. Annual cycles of body weight and condition in Scottish red deer, *Cervus elaphus* [J]. J Zool (Lond.), 1976, 180: 107-120.