

四川马尔康圈养林麝的刻板行为

韩红金^① 乔佳伦^① 蔡永华^② 程建国^② 付文龙^② 孟秀祥^{①③*}

① 中国人民大学环境学院 北京 100872; ② 四川养麝研究所 都江堰 611830; ③ 山西农业大学动物科技学院 太谷 030801

摘要: 在圈养环境下, 迁地保育野生动物易发育刻板行为, 刻板行为的发育可直接影响圈养野生动物的繁殖和存活, 从而影响迁地保育。2016年5月1日至7月31日间, 采用焦点取样及所有事件记录法对四川马尔康林麝繁育场的75头圈养林麝 (*Moschus berezovskii*) 进行了刻板行为取样, 分析了性别、年龄、圈区环境、圈群结构等因素对其刻板行为的效应。结果表明, 四川马尔康麝场的圈养林麝在单位取样时间 (10 min) 内展现的刻板行为持续时间占比为 $20.53\% \pm 2.43\%$ ($n = 75$); 雌麝刻板行为持续时间占比 ($18.14\% \pm 3.26\%$, $n = 46$) 略低于雄麝 ($20.89\% \pm 3.98\%$, $n = 25$); 随圈养年限 (本研究中的圈养林麝“年龄”即是“被圈养年数”) 增加, 林麝展现刻板行为的持续时间显著增加 ($P < 0.05$); 圈区环境设施对刻板行为存在显著效应 ($P < 0.05$), 裸地基底圈舍中林麝的刻板行为持续时间占比最高 ($33.11\% \pm 6.16\%$, $n = 24$); 圈群结构对林麝刻板行为持续时间的影响不显著 ($P > 0.05$), 混合圈群的刻板行为持续时间 ($19.31\% \pm 3.18\%$, $n = 53$) 最小; 圈群密度对刻板行为持续时间的效应不显著 ($P > 0.05$)。增加圈养环境的植被覆盖, 进行混合圈养, 可有效降低圈养林麝的刻板行为强度, 并可提升林麝迁地保育的有效性。

关键词: 圈养; 林麝; 刻板行为; 性别; 圈群结构

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2018) 04-539-06

Stereotypic Behavior of Captive Forest Musk Deer (*Moschus berezovskii*)

HAN Hong-Jin^① QIAO Jia-Lun^① CAI Yong-Hua^② CHENG Jian-Guo^②
FU Wen-Long^② MENG Xiu-Xiang^{①③*}

① *School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872*; ② *Sichuan Institute of Musk Deer Breeding, Dujiangyan 611830*; ③ *College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China*

Abstract: Captive animals are prone to stereotyped behaviors, which affect the reproduction, survival, and even ex situ conservation efficiency directly. This study was conducted from May to July in 2016, at Maerkang Musk Deer Farm (MMDF), Sichuan Province. The stereotyped behaviors and the occurrence of 75 Forest Musk Deer (*Moschus berezovskii*) were recorded by focal sampling method, and the effects of sexes, age, density and environment heterogeneity on stereotyped behaviors were analyzed by Mann-Whitney *U*

基金项目 中国人民大学科学研究基金项目/中央高校基本科研业务费专项资金项目 (No. 15XNLQ02), 国家自然科学基金项目 (No. 31672300), 中国人民大学2018年度“中央高校建设世界一流大学(学科)和特色发展引导专项资金”项目;

* 通讯作者, E-mail: meng2014@ruc.edu.cn;

第一作者介绍 韩红金, 男, 硕士研究生; 研究方向: 行为生态学; E-mail: hjhanruc@163.com。

收稿日期: 2017-11-23, 修回日期: 2018-02-09 DOI: 10.13859/j.cjz.201804005

Test and Kruskal-Wallis *H* Test. The results indicated that the duration of stereotyped behaviors of captive Forest Musk Deer was $20.53\% \pm 2.43\%$ ($n = 75$) in 10 minute sampling duration, and that in females ($18.14\% \pm 3.26\%$, $n = 46$) was lower than that in males ($20.89\% \pm 3.98\%$, $n = 25$). Age had significant effects on the duration of stereotyped behaviors ($P < 0.05$), the duration of stereotyped behaviors in subadult ($13.46\% \pm 3.17\%$, $n = 34$) was the lowest. Environmental heterogeneity also had significant effects on the duration of stereotyped behaviors ($P < 0.05$). Musk deer kept in bare land spent most time in the stereotyped behaviors ($33.11\% \pm 6.16\%$, $n = 24$). No any significant effects were found in social structure and density on duration of stereotyped behaviors although muskdeer in mixed group showed lowest duration in stereotyped behaviors ($19.31\% \pm 3.18\%$, $n = 53$). Increasing the captivity vegetation cover and raising them in mixed groups can effectively reduce the stereotyped behaviors of captive forest musk deer.

Key words: In captive; Forest Musk Deer (*Moschus berezovskii*); Stereotypic behavior; Gender; Social structure

动物的刻板行为是后天获得性行为。动物表达刻板行为时不知疲倦、大量反复而没有明显的行为功能 (Schoenecker et al. 2000)。一般认为, 刻板行为是动物对特定非自然环境的反应。圈养野生动物和集约饲养的家畜家禽容易产生刻板等非自然行为 (Stolba et al. 1983)。在人工圈养环境下, 诸多环境因子明显有别于自然生境, 如圈禁、贫乏环境、定时限饲及高强度的人为干扰等, 这些非自然因素均会导致圈养动物刻板行为的发生。圈养动物刻板行为可直接影响驯养动物的繁殖、存活及生产力 (Møller 1991, Carlstead 1996)。

麝类动物 (*Moschus spp.*) 可产麝香, 是珍稀资源动物。因历史上的过度利用和栖息地质量下降等原因, 麝已极度濒危, 被列入国家 I 级保护野生动物名录加以重点保护。除就地保护外, 驯养已成为濒危麝类迁地保育及可持续利用的重要方式 (Yang et al. 2003)。从 1958 年起, 我国开始麝类驯养, 迄今已有近 60 年的麝类驯养历史, 但一直存在成活率低、繁殖力低等问题 (盛和林等 2007), 李林海 (2012) 的研究也发现, 养殖麝种群的年增长率为 27%, 考虑到经产雌麝的双胎率可达 60% 以上, 说明各麝场的幼体仍具有相对高的死亡率。这些问题的存在与圈养麝的刻板行为有关 (Meng et al. 2006)。

目前对于麝类动物刻板行为的研究多集中在马麝 (*Moschus sifanicus*), 如孟秀祥等 (2011) 对圈养马麝刻板行为频次及影响因素进行了研究, 发现马麝的刻板行为除了受年龄、性别的影响外, 还与圈舍面积、性活跃度等有关。此外, 性激素水平也会对马麝刻板行为产生效用 (马光 2011)。食物形态 (精料) 及饲料的定时定量及限饲等则会导致圈养马麝的摄食动机受挫, 直接引起嗜食异物和舔刮等口部刻板行为的产生 (孟秀祥等 2007a)。野外捕捉马麝幼年期的人工哺乳经历使其刻板行为强度相对小于麝场圈养繁殖的马麝 (孟秀祥等 2008)。

林麝 (*M. berezovskii*) 占我国迁地保育麝类种群的 83% ~ 87% (吴民耀等 2011, 李林海等 2012), 但迄今尚缺乏关于圈养林麝刻板行为及影响因素的研究, 相关研究结果可为林麝的迁地保育和驯养等提供重要参考。

1 研究地区和对象

1.1 研究地区

本研究在四川养麝研究所下属的马尔康林麝繁育场 (以下简称麝场) 进行。麝场位于川西北阿坝州马尔康, 地处川西高原, 空气稀薄, 辐射强烈, 年日照时数 2 214 h, 日照率 50%。气候高寒, 年均温为 5 ~ 9 °C, 昼夜温差大。年均降雨 760 mm, 多夜雨。马尔康的动植物资

源十分丰富，是国家重要木材生产基地；大型草食性动物主要有牛羚 (*Budorcas taxicolor*)、藏原羚 (*Procapra picticaudata*) 等。

1.2 研究对象及分组

本研究取样和记录了动物 75 头，其圈舍面积为 100 m²。按年龄，将研究的动物分为亚成体（1 岁，34 头）、成体（2~8 岁，29 头）和老年个体（≥ 9 岁，7 头），有 5 头林麝因无法判断年龄，其数据不参与年龄相关的分析。按照圈群结构区分为雄性圈群（7 个，每个圈群 1 头）、雌性圈群（6 个，15 头，每个圈群 2~4 头）和混合圈群（17 个，53 头，每个圈群 2~8 头，以雌雄 1:1 或 3:1 比例混合）。依据圈舍内圈养的林麝个体数，区分为低密度圈群（≤ 3 头，11 个圈群共 21 头个体）、中密度圈群（4~6 头，11 个圈群共 46 头个体）和高密度圈群（≥ 7 头，2 个圈群共 8 头个体，其余个体未能有效记录到其行为，不参与圈群结构相关的分析）。此外，按照圈舍基底特征，区分圈舍为裸地圈舍（共 9 个，圈养 24 头林麝，其活动场基底为硬化裸地，无地表植被）、稀疏草地圈舍（共 11 个，圈养 28 头林麝，活动场基底着生有稀疏植被，其盖度为 50% 左右）、草地圈舍（共 8 个，圈养 23 头林麝，其活动场基底完全为草被覆盖）。

2 研究方法

2.1 刻板行为谱

参照戚文华等（2013）根据林麝夏季行为设定的行为谱和孟秀祥等（2007b）的马麝行为谱，结合本研究的情况，构建了圈养林麝的刻板行为谱。

食异物（feeding on non-food material, SPF）：林麝摄食粪便、土石及毛发等非食物类物质，行为表现上同正常的反刍行为有明显差异，可清楚辨识林麝对非食物类物质的摄取、咀嚼及啃啮自身（或其他个体）被毛等行为，有时在一定距离内还可听见个体口部加工非食物类物质的脆响声。

舔刮（stereotyped licking, SPL）：林麝明显地舔刮门框、栏杆及木槽等圈舍内人工设施，有时伴随门齿啃啮；

狂奔（galloping, SPG）：无明显释放其剧烈运动行为的环境刺激，林麝个体突然中断前发行为而在圈内狂奔，并突兀停止或变换方向，转而启动其他毫无相关的后续行为，如摄食、躺卧等；

往返走（to-fro-walking, SPT）：无明显刺激，林麝个体来回匀速走动，启动和折返地点固定，头颈相对位置恒定，无其他伴随行为，常突兀停止转而启动其他不相关的后续行为，如摄食、蹭尾等；

立台（platform-standing, SPP）：林麝于圈内凉棚顶、凉台及网墙边缘等较高突出位置站立，长时凝视某一方向，有时伴随身体晃动、原地转圈和来回走动；

跳墙（wall-jumping, SPW）：林麝（一般是成体）在圈舍墙面与圈舍基底间猛烈跳跃，起跳点和落点相对固定，未见水平位移，直到明显疲劳，有时可辨识急促喘息；

搭蹄凝视（stereotypic gazing, SPGA）：林麝后蹄立于圈舍基底，前蹄搭于圈舍墙壁、砖台等立面，身体倾斜，头颈直立，观望某处；

站立反刍（standing rumination, RUS）：林麝长久站立并有明显反刍咀嚼动作。

2.2 行为取样及记录

2016 年 5 月 1 日至 7 月 31 日间，采用焦点取样（focal sampling）法进行行为取样，并用所有事件（all occurrence recording）记录法（孟秀祥等 2008）进行行为记录。行为取样于林麝的晨昏活动高峰期进行，即 06:00~08:00 时（喂食前）和 18:00~20:00 时（喂食后）使用望远镜（Nikon 阅野 ACULON A30 8×25）协助肉眼观察。行为取样单元时间定为 10 min，记录刻板行为的行为发出者、行为接受者、行为频次及持续时间等行为变量，不足 10 min 的行为样本为无效样本，不参与统计分析。依据动物的耳号，结合个体特征，可实现对样本动

物的个体识别。

2.3 数据统计与分析

整理行为数据，分别计算各刻板行为的表达持续时间。采用 Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据的正态性，如数据呈正态分布，则用 ANOVA 检验圈舍类型、年龄组等因素对刻板行为强度的效应；如数据及标准化后的数据均呈典型的非正态分布，则选用 Mann-Whitney *U* Test 和 Kruskal-Wallis *H* Test 分析各潜在因素对林麝刻板行为的影响。显著性标准为 $P = 0.05$ ，数据分析利用 SPSS 19.0 进行。

3 结果

3.1 林麝刻板行为持续时间的分布

经检验，林麝刻板行为持续时间呈非正态分布 (Kolmogorov-Smirnov Test, $Z = 1.606$, $P < 0.05$)。经若干标准化处理后的数据分布仍明显偏离正态分布 ($P < 0.05$)。

在 10 min 的取样时间段内，四川马尔康麝场圈养林麝的刻板行为平均持续时间占比 (以下简称持续时间) 为 $20.53\% \pm 2.432\%$ ($n = 75$)。

3.2 林麝刻板行为与性别的关系

雄麝的刻板行为持续时间 ($20.89\% \pm 3.98\%$, $n = 25$) 高于雌性 ($18.14\% \pm 3.26\%$, $n = 45$)，差异未达显著水平 (Mann-Whitney *U*, $Z = -1.079$, $P > 0.05$)。因林麝性别对其刻板行为持续时间的效应不显著，在以下的分析中，不再区分性别，将雌雄林麝的数据合并计算。

3.3 林麝刻板行为与年龄的关系

林麝年龄对其刻板行为持续时间有极显著影响 (Kruskal-Wallis Test, $df = 2$, $\chi^2 = 9.669$, $P < 0.01$)。亚成体麝的刻板行为持续时间 ($13.46\% \pm 3.17\%$, $n = 34$) 极显著低于成体 ($22.99\% \pm 4.07\%$, $n = 29$) (Mann-Whitney *U*, $Z = -2.803$, $P < 0.01$)，显著低于老年个体 ($25.03\% \pm 7.14\%$, $n = 7$) (Mann-Whitney *U*, $Z = -2.207$, $P < 0.05$)，成体与老年个体间的刻板行为持续时间无显著差异 (Mann-Whitney *U*, $Z = -0.490$, $P > 0.05$)。

3.4 林麝刻板行为与圈群密度的关系

圈群密度在刻板行为持续时间上的效应不显著 (Kruskal-Wallis Test, $df = 3$, $\chi^2 = 4.466$, $P > 0.05$)，中密度圈群的刻板行为持续时间 ($16.83\% \pm 3.21\%$, $n = 46$) 最短。

3.5 林麝刻板行为与圈舍环境的关系

圈舍环境对林麝刻板行为持续时间的效应显著 (Kruskal-Wallis Test, $df = 2$, $\chi^2 = 8.515$, $P < 0.05$)，裸地基底圈舍林麝的刻板行为持续时间 ($33.11\% \pm 6.16\%$, $n = 24$) 极显著高于疏草地圈群 ($13.37\% \pm 2.45\%$, $n = 28$)

(Man-Whitney *U*, $Z = -2.642$, $P < 0.01$)，显著高于草地圈群 ($14.90\% \pm 3.42\%$, $n = 23$)

(Man-Whitney *U*, $Z = -2.394$, $P < 0.05$)，后二类圈舍内的林麝刻板行为持续时间差异不显著 (Man-Whitney *U*, $Z = -0.165$, $P > 0.05$)。

3.6 林麝刻板行为与圈群结构的关系

林麝所处的圈群结构对刻板行为持续时间的的影响不显著 (Kruskal-Wallis Test, $df = 2$, $\chi^2 = 1.845$, $P > 0.05$)，雌雄混合圈群林麝的刻板行为持续时间 ($19.31\% \pm 3.18\%$, $n = 53$) 最短。雌麝圈群刻板行为持续时间 ($21.65\% \pm 6.16\%$, $n = 15$) 高于混合圈群中的雌麝 ($15.52\% \pm 3.86\%$, $n = 29$)，但差异不显著 (Man-Whitney *U*, $Z = -1.201$, $P > 0.05$)。雄麝圈群的刻板行为持续时间 ($26.85\% \pm 7.54\%$, $n = 7$) 也高于混合圈群中的雄麝 ($18.57\% \pm 4.71\%$, $n = 18$)，但差异未达显著水平 (Man-Whitney *U*, $Z = -1.120$, $P > 0.05$)。

4 讨论

刻板行为的形成和发生是动物对环境胁迫的行为响应，其发生强度受性别等的影响，因此动物的刻板行为往往存在性别差异，如笼养雄性欧洲棕背麝 (*Clethrionomys glareolus*) 比雌性更容易展现刻板行为 (Schoenecker et al. 2000)。对圈养亚洲象 (*Elephas maximus*) (彭丹妮等 2012) 的研究也发现，在刻板行为类型及其时间分配中，雌象以刻板性摇头最多，占

73.93%，而雄象则以刻板性踱步最多，占 69.58%。与之类似，在本研究中，马尔康圈养雄麝的刻板行为持续时间略高于雌麝，但差异不显著。这可能与本研究实施时间正处于雌麝的育幼时期有关，雌性动物在育幼期间相关激素水平的变化及母幼行为的频繁表达可降低其刻板行为的发生强度，如圈养猪（*Sus scrofa domestica*）（Stolba et al. 1983）等家畜；哺乳经历对圈养雌麝的刻板行为表达也有一定的抑制作用，圈养动物的哺乳活动及哺乳抚摩可以减轻动物的畏惧反应，并降低人为管理操作对动物的胁迫，从而减少动物刻板行为的形成与发生（Bovin et al. 2000）。

本研究中的林麝是圈养条件下繁殖，其年龄即反映被圈养的时间长短。Stolba 等（1983）的研究表明，动物被圈禁的时间长短与其刻板行为的发生强度呈正相关，即圈禁时间越长，刻板行为类型越多，行为展现强度也越高。本研究结果印证了上述结果，随圈养林麝年龄（直接反映圈养年限长短）增大，其刻板行为展现的持续时间占比增加。随着圈禁时间的增加，圈养动物的行为可塑性下降，加之不能有效地选择和改变环境，也无法选择日常刺激的类型、刺激作用方式及时间格局，对圈禁胁迫的耐受性也渐趋极限，老年圈养动物即通过刻板行为的大量发生以释放其受抑制的行为动机（Schoenecker et al. 2000）。本研究中的被圈养时间较长的高龄林麝的刻板行为展现多于成体和亚成体林麝，这与圈养马麝的研究结果相一致（孟秀祥等 2011）。

动物所处社群密度会影响其刻板行为的形成和发生（孟秀祥等 2007a）。在野外，麝类动物可排他性地占据 30~40 hm² 的领域，其独居性和领域性均极强，除交配季节，麝个体间的领域互相隔离，少有重叠（杨奇森等 1999）。但在人工圈养的情况下，因追求驯养效率，目前国内外多是集约化的群养模式，3~7 头麝被圈于 100 m² 左右的圈舍（Yang et al. 2003, Meng et al. 2006），其生境和运动等均发生很大改变，

并于群内形成了等级序位（徐正强等 2003），高强度的社会冲突等在一定程度上也可促进麝的刻板行为发生。在圈舍面积相同的情况下，圈养密度越大，越容易发生资源争夺的冲突行为，而且，被圈养动物在有限的、相对狭窄的人工环境下，缺乏逃逸空间，社群压力增大，导致其刻板行为的表现加剧。本研究的结果表明，随圈养密度的增加，林麝刻板行为持续时间有下降趋势。这一方面可能是马尔康林麝驯化度较高，动物个体可很好地适应其圈养环境；另一方面，可能是高密度环境下个体间的社会相互作用较多，导致其自我指向的刻板行为发生反而略少。

动物行为是进化的结果，每种动物所特有的行为都是该物种在进化过程中由特定环境塑造的（蒋志刚等 1997）。对于圈养林麝来说，圈舍的面积和基底设施等特征可对其行为产生效应。研究发现，提高圈养环境的丰富度能够有效矫正大熊猫（*Ailuropoda melanoleuca*）（杨春花等 2006）、食蟹猴（*Macaca fascicularis*）（高建峰等 2016）以及华南虎（*Panthera tigris amoyensis*）（刘群秀等 2014）等动物的刻板行为。本研究结果表明，圈舍基底特征及植被覆盖度可直接影响林麝的刻板行为持续时间。在实际的行为观察中也发现，基底为植被覆盖的圈群中林麝个体展现了较多的觅食、食草及探究等行为，狂奔、舔刮等刻板行为较少，而生活在裸地圈区的林麝则出现更多往返走等刻板行为。

为了提高圈养场地的使用效率，增加养殖数量，国内的麝类驯养多采用群居驯养模式，即多头麝被圈禁于同一圈群。按照圈群内雌雄个体的配置不同，人工圈群可分为单雄群（雄麝个体间会多发剧烈打斗，造成伤亡，因此，麝类驯养业内避免组建全雄群）、全雌群和混合群。由于雌雄个体间的生理特征及对环境刺激的反应差异，其刻板行为的发生及展现也就存在差异。本研究表明，雌雄混合圈群所展现的刻板行为持续时间小于雌麝圈群和单独圈养

的雄麝，而且混合圈群中生活的雌麝和雄麝的刻板行为持续时间也少于单性别圈群中雌或雄性个体。因混合圈群内的个体间展现了较多的亲和等社会行为，在一定程度上减少了圈群个体刻板行为的发生，而全雌群内的雌性个体间会展现竞争配偶、食物和空间的社会冲突行为，社群紧张会加剧个体的刻板行为发生，而单独圈养的雄麝，由于缺乏足够的环境刺激（物理刺激和源于其他麝个体的社会刺激），导致大量刻板行为的高强度发生。我们的研究结果与王华等（2015）对马来穿山甲（*Manis javanica*）的研究结论一致，即混合圈群个体的社会行为有助于削弱个体的刻板行为。因此，为避免圈养麝类动物刻板行为的高强度发生，应保持合理圈养密度，对圈养环境进行丰容，并尽量进行混合圈养。

参 考 文 献

- Boivin X, Tournadre H, Le Neindre P. 2000. Hand-feeding and gentling influence early-weaned lambs' attachment responses to their stockperson. *Journal of Animal Science*, 78(4): 879–884.
- Carlstead K. 1996. Effects of Captivity on the Behavior of Wild Mammals. Chicago: University of Chicago Press, 303–313.
- Meng X X, Zhou C Q, Hu J C, et al. 2006. The musk deer farming in China. *Animal Science*, 82(1): 1–6.
- Møller S. 1991. Weight gain and hair chewing in mink kits placed singly or in pairs from September. *Scientifur*, 15: 21–27.
- Schoenecker B, Heller K E, Freimanis T. 2000. Development of stereotypies and polydipsia in wild caught bank voles (*Clethrionomys glareolus*) and their laboratory-bred offspring: Is polydipsia a symptom of diabetes mellitus? *Applied Animal Behaviour Science*, 68(4): 349–357.
- Stolba A, Baker N, Wood-Gush D G M. 1983. The characterization of stereotyped behavior in stalled sows by informational redundancy. *Behaviour*, 87(3): 157–182.
- Yang Q S, Meng X X, Xia L, et al. 2003. Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus* spp.) in China. *Biological Conservation*, 109(3): 333–342.
- 高建峰, 滕利, 郭铭, 等. 2016. 环境丰容对长期单笼圈养食蟹猴行为的影响. *四川动物*, 35(2): 243–248.
- 蒋志刚, 马克平, 韩兴国. 1997. 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 43–70.
- 李林海. 2012. 我国麝类动物养殖产业现状及对策研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文.
- 李林海, 黄祥云, 刘刚, 等. 2012. 我国麝养殖种群现状及其养殖业发展的分析. *四川动物*, 31(3): 492–496.
- 刘群秀, 王爱善, 夏菊兴, 等. 2014. 应用气味丰容减少圈养华南虎 (*Panthera tigris amoyensis*) 的刻板行为. *野生动物学报*, 35(4): 376–380.
- 马光. 2011. 圈养马麝刻板行为及与性激素水平关系的比较研究. 北京: 中央民族大学硕士学位论文.
- 孟秀祥, 冯金朝, 周宜君, 等. 2007b. 麝类行为谱的初步建构及行为型的描述性定义. *四川动物*, 26(1): 46–50.
- 孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 等. 2011. 圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素. *生态学报*, 31(22): 6896–6901.
- 孟秀祥, Genevieve P, 杨奇森, 等. 2008. 圈养环境中不同来源成年雄性马麝的行为差异. *生态学杂志*, 27(8): 1317–1321.
- 孟秀祥, 杨奇森, 冯祚建, 等. 2007a. 圈养马麝的刻板行为. *东北林业大学学报*, 35(1): 47–48.
- 彭丹妮, 李一忱, 陈红卫. 2012. 圈养亚洲象的刻板行为初探. *四川动物*, 31(6): 928–930.
- 戚文华, 汪小方, 杨承忠, 等. 2013. 圈养林麝夏季昼夜活动节律及时间分配. *四川动物*, 32(1): 19–22.
- 盛和林, 刘志霄. 2007. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社, 17–28.
- 王华, 张新玉, 鲍毅新, 等. 2015. 混合圈养条件下马来穿山甲活动时间的分配与规律. *生态学杂志*, 34(5): 1407–1412.
- 吴民耀, 王念, 惠董娜, 等. 2011. 林麝保护的现状及研究进展. *重庆理工大学学报: 自然科学版*, 25(1): 34–39.
- 徐正强, 徐宏发. 2003. 饲养林麝的种群特征和幼麝的存活研究. *兽类学报*, 23(1): 17–20.
- 杨春花, 王小明. 2006. 大熊猫的刻板行为及其矫正对策——丰富圈养环境举措. *四川动物*, 25(3): 529–532.
- 杨奇森, 冯祚建, 王祖望. 1999. 3D-OCP——一种大中型野生动物家域研究模型. *动物学报*, 45(2): 148–154.