

我国福建东部迁地保育林麝种群的 体况特征、麝香分泌及其相互关系

易思民^① 路晓平^① 郑沁彤^② 林明生^②

张炎达^② 盛岩^① 孟秀祥^{①③*}

① 中国人民大学生态环境学院 北京 100872; ② 福建时珍堂农林发展有限公司 柘荣 355300;

③ 四川西昌学院动物科技学院 西昌 615000

摘要: 林麝 (*Moschus berezovskii*) 是最主要的驯养麝种, 主要饲养于陕西、山西和四川等地。本研究深入探讨了福建柘荣地区的南迁林麝养殖种群, 专注于其泌香行为和生理机制, 旨在补充现有文献中关于林麝驯养适应性和泌香效率的不足。本研究于 2023 年 9 月 1 日至 10 月 28 日期间, 量化测评了福建柘荣麝场驯养林麝的体况, 结合麝香采样及麝香酮检测, 分析了雄麝体况特征及与麝香分泌和麝香酮含量的关系。结果表明: 福建柘荣麝场的驯养林麝雄麝泌香量与其上犬齿长度 ($r = 0.333, P < 0.05$) 和上犬齿基径 ($r = 0.421, P < 0.01$) 显著相关, 泌香量 (Y, g) 和上犬齿长度 (X_1, cm)、上犬齿基径 (X_2, mm) 的关系可由方程 $Y = 2.212 + 0.595 X_1 + 1.612 X_2$ 较好拟合; 雄麝所泌麝香的麝香酮含量与上犬齿长度显著相关 ($r = -0.296, P < 0.05$), 但和上犬齿基径相关未达显著 ($r = -0.238, P > 0.05$); 雄麝的身体廓形与其麝香分泌量极显著相关 ($r = 0.411, P < 0.01$)。基于本研究结果, 在麝类迁地驯养和麝香生产中, 可根据雄麝的上犬齿特征 (长度和基径) 及身体廓形预测其麝香分泌量和麝香酮含量。

关键词: 福建; 林麝; 圈养; 体况; 麝香分泌

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2024) 06-939-07

Relationships Between Body Condition and Musk Secretion of the Captive Forest Musk Deer Population in Eastern Fujian, China

YI Si-Min^① LU Xiao-Ping^① ZHENG Qin-Tong^② LIN Ming-Sheng^②

ZHANG Yan-Da^② SHENG Yan^① MENG Xiu-Xiang^{①③*}

① School of Ecology & Environment, Renmin University of China, Beijing 100872; ② Fujian Shizhentang Agriculture & Forestry

Development Co., LTD, Zherong 355300; ③ School of Animal Science, Xichang University, Xichang 615000, China

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 32170489, 32470531), 福建时珍堂农林发展有限公司研发项目 (No. 2023001);

* 通讯作者, E-mail: meng2014@ruc.edu.cn;

第一作者介绍 易思民, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: yisimin@ruc.edu.cn.

收稿日期: 2024-06-26, 修回日期: 2024-09-20 DOI: 10.13859/j.cjz.202424152

Abstract: [Objectives] Owing to factors such as habitat loss, Musk Deer is critically endangered and has been listed as a first-class national protected animal in China. Musk Deer farming and artificial musk extraction are essential for the conservation of Musk Deer and the sustainable use of musk resources. The captive population of Forest Musk Deer *Moschus berezovskii* at Zherong Farm in Fujian represents one of the easternmost musk deer populations in China. However, there is a lack of research on the farming effects and musk production within this population. **[Methods]** The study was conducted at the Zherong Farm in Fujian, where the body conditions of 67 male Forest Musk Deer were assessed from September 1 to October 28, 2023 (Table 1). Each Musk Deer was sampled and subjected to muscone testing. SPSS 27.0 and R 4.4.1 were used to perform statistical analyses including correlation analysis, linear regression analysis, cluster analysis and generalized linear mixed models (GLMM) to determine the relationships between body condition, musk secretion and muscone content. **[Results]** The results indicated that the musk secretion of male Musk Deer at Zherong Farm in Fujian was significantly correlated with the length ($r = 0.333, P < 0.05$) and basal diameter ($r = 0.421, P < 0.01$) of their upper canine teeth (Table 5), which can be well fitted by the equation $Y = 2.212 + 0.595 X_1 + 1.612 X_2$. Additionally, the muscone content in the musk was significantly correlated with the length of the upper canine teeth ($r = -0.296, P < 0.05$), but not significantly correlated with the basal diameter ($r = -0.238, P > 0.05$) (Table 5). Furthermore, a highly significant correlation was observed between the body silhouette of the male and its musk secretion ($r = 0.411, P < 0.01$) (Table 6). **[Conclusion]** Based on the findings of this study, it is suggested that in Musk Deer farming and musk production of Musk Deer, musk secretion and muscone content can be predicted based on the characteristics of their upper canine teeth, specifically length and basal diameter, as well as their body silhouette.

Key words: Fujian; Forest Musk Deer; In captivity; Body condition; Musk secretion

麝类动物 (*Moschus spp.*) 是珍稀资源野生动物, 成年雄麝所分泌的麝香被广泛应用于传统医药和香水日化业。因历史上的过度利用及生境丧失等原因, 野生麝已极度濒危 (盛和林 1996), 被列为我国一级重点保护野生动物 (Yang et al. 2003)。除就地保护 (*in situ* conservation) 外, 驯养是濒危麝类动物迁地保育 (*ex situ* conservation) 及麝香资源可持续利用的重要方式 (Meng et al. 2012), 其中林麝 (*M. berezovskii*) 是最主要的驯养麝种。同野生林麝自然分布区的水热条件及食物资源分布有关, 我国的林麝迁地保育及驯养地主要分布于四川、甘肃及陕西等西部省份 (王玉玲等 2018, 江峰等 2023)。为扩大濒危林麝的迁地保育及药用麝香生产, 福建于 2021 年从陕西、山西及四川等地引种林麝, 于闽东南柘荣县建立了我国林麝迁地保育和驯养种群之一, 但对其驯养

效果及麝香生产一直缺乏评估和相关研究。

诸多学者已对驯养林麝和马麝 (*M. chrysogaster*) 开展了较多研究, 涉及圈养种群结构 (Yuan et al. 2021)、行为多样性和个性发育 (乔佳伦等 2018)、营养代谢 (黄步军等 1998)、体重指标 (Wang et al. 2021)、环境压力 (Zhou et al. 2023) 和激素 (白康等 2013) 等方面。相对而言, 对驯养麝的体况及与驯养生产力的关系研究较少, 仅见刘文华等 (2011) 初步评估了陕西圈养林麝的体况, 蔡永华等 (2017) 评估了川西马尔康圈养林麝的体况与麝香分泌的关系, 但上述评估均基于当地分布林麝的驯养种群进行, 使用的指标体系也不尽相同。迄今仍缺乏对跨省跨地域引种驯养林麝的体况评估, 也未研究驯养林麝体况特征与麝香质量的关系。

本研究对我国福建柘荣麝场的驯养林麝种

群开展体况量化评估, 结合雄麝的麝香分泌取样及麝香酮检测, 分析我国南迁驯养林麝的体况及与麝香分泌的关系。

1 研究方法

1.1 研究区域及研究对象

本研究于 2023 年 9 月 1 日至 10 月 28 日进行, 采样地位于福建省宁德市柘荣县的林麝繁育场(以下称麝场)。麝场地处福建东南内陆山区(27°05'~27°19' N, 119°43'~120°04' E), 场地平均海拔约 850 m, 属亚热带海洋性季风气候, 年均温 17 °C, 年平均降雨量 2 100 mm。

本研究共涉及 67 头雄性成年健康的圈养林麝, 年龄为 1.5~6.5 岁, 1.5 岁个体 29 头, 2.5 岁个体 21 头, 3.5 岁及以上个体 17 头, 均独居驯养, 每头个体的圈舍由 10 m² 的小舍和 30 m² 活动场组成。林麝佩有耳标, 可进行个体识别(图 1)。

1.2 林麝体况观测及数据采集

参照报道的麝类动物生态生物学特征(盛和林等 2007, 罗燕等 2012)及有蹄类经济动物体况评估标准(蔡永华等 2017, 巨星等 2019), 结合麝场饲养管理实践, 确定皮毛完整度、毛发顺滑度、坎窝、脊椎、髌骨(即坐骨结节)、臀部两侧和体型 7 个指标表征林麝体况, 每类指标按其特征分别赋值(表 1)。此外, 测量林麝的体重、身长、上犬齿长度和上犬齿基径。



图 1 柘荣麝场的圈养林麝

Fig. 1 The captive Forest Musk Deer *Moschus berezovskii* in Zherong Forest Musk Deer Farm

1.3 人工取香及麝香酮检测

取香时, 使用消毒后的专用手术勺在麝香囊试探, 根据麝香囊的大小和深浅掌握力度和方向, 进行麝香采收, 采出的麝香置于草纸上以去除浮液, 将取香后的林麝快速放回原来圈舍(张慧珍等 2009), 整个取香流程历时 20 min 左右。对每头参与取香林麝的麝香取样 0.1 g, 留待麝香酮含量检测。

用真空减压干燥箱烘干麝香, 每隔 2 h 进行一次称重, 当两次测量的重量变化小于等于 0.3 mg 时视为达到恒重。采用气相色谱法(gas chromatography, GC)测定麝香酮含量(郑程莉等 2020)。

表 1 圈养林麝体况评分标准

Table 1 Scoring criteria for body condition indicators of captive *Moschus berezovskii*

体况评分 Body condition score	皮毛完整度 Fur integrity	毛发顺滑度 Fur smoothness	坎窝 Rib-hip area	脊椎 Spine	髌骨 (坐骨结节) Hip bone	臀部两侧 Hip side	体型 Body shape
1	多处缺损 Multiple defects	暗淡杂乱 Dull and messy	明显下陷 Distinctly sunken	明显突出 Distinctly protruding	明显突出 Distinctly protruding	明显下陷 Distinctly sunken	总体偏瘦 Overall underweight
2	一处缺损 Single defect	光泽一般 Average luster	较平直 Fairly straight	较平直 Fairly straight	较平直 Fairly straight	较平直 Fairly straight	总体正常 Overall normal
3	完整 Intact	光亮服帖 Smooth and shiny	丰满 Plump	丰满 Plump	丰满 Plump	丰满 Plump	总体偏胖 Overall overweight

1.4 数理统计

使用 Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据正态性, 分析林麝体况指标间的相关性及体况指标与泌香量和麝香酮含量的关系; 采用广义线性混合模型 (generalized linear mixed models, GLMM) 获得体况指标对泌香变量的相对重要性; 采用二元线性回归分析上犬齿长度和上犬齿基径分别与泌香量、麝香酮含量的关系; 对体况变量进行聚类分析, 建立新的评价维度。显著性标准 $P < 0.05$, 所有数据分析通过 SPSS 27.0 及 R 4.4.1 进行。

2 结果

2.1 林麝体况指标间的相关性

圈养林麝体况见表 2。林麝腋窝分别与毛发顺滑度 ($r = 0.411, P < 0.01$)、脊椎 ($r = 0.408, P < 0.01$)、髌骨 ($r = 0.344, P < 0.01$)、臀部两侧 ($r = 0.444, P < 0.01$)、体型 ($r = 0.691, P < 0.01$) 及体重 ($r = 0.241, P < 0.05$) 呈显著正相关。

此外, 林麝的皮毛完整度与毛发顺滑度呈显著正相关 ($r = 0.311, P < 0.05$)。体重 $[(7.49 \pm$

表 2 柘荣麝场圈养林麝的体况

Table 2 Body condition in captive *Moschus berezovaskii*

体况指标 Body indicators	样本量 Sample size (ind)	平均值 ± 标准误差 Mean ± SE	方差 Variance
毛发顺滑度 Fur smoothness	67	2.45 ± 0.09	0.52
皮毛完整度 Fur integrity	67	2.28 ± 0.11	0.78
腋窝 Rib-hip area	67	1.76 ± 0.08	0.40
脊椎 Spine	67	2.15 ± 0.10	0.70
髌骨 Hip bone	67	2.12 ± 0.09	0.56
臀部两侧 Hip side	67	2.04 ± 0.09	0.56
体型 Body shape	67	1.97 ± 0.09	0.51
体重 Weight (kg)	67	7.49 ± 0.09	0.58
身长 Length (cm)	67	46.99 ± 0.45	13.67
上犬齿长度 Canine length (cm)	67	2.96 ± 0.11	0.78
上犬齿基径 C Canine diameter (mm)	67	6.21 ± 0.16	1.73

0.76) kg]与身长 $[(46.99 \pm 3.70) \text{ cm}]$ 间 ($n = 67, r = 0.467, P < 0.01$)、上犬齿长度 $[(2.96 \pm 0.88) \text{ cm}]$ 及其基径 $[(6.62 \pm 1.32) \text{ mm}]$ 间 ($n = 67, r = 0.621, P < 0.01$) 的相关均达到极显著水平。

2.2 林麝体况与麝香分泌的关系

林麝的泌香情况按年龄分组统计见表 3。泌香量、麝香酮含量及其经过转换后的数据均偏离正态分布, 通过 Spearman 相关性分析体况与泌香之间的关系。毛发顺滑度等 7 个体况观察数据与泌香量 ($-0.042 < r < 0.227, P > 0.05$) 和麝香酮含量 ($-0.203 < r < 0.110, P > 0.05$) 的相关性均不显著。

表 3 各年龄组林麝的泌香量和麝香酮含量

Table 3 The average amount of musk secretion and the average muscone content in *Moschus berezovaskii* in various age class

年龄 Age	样本量 Sample size (ind)	泌香量 Musk secretion (g) 平均值 ± 标准误差 Mean ± SE	麝香酮 Muscone content (%) 平均值 ± 标准误差 Mean ± SE
1.5 岁 1.5-year-old	29	11.16 ± 0.53	1.69 ± 0.13
2.5 岁 2.5-year-old	21	16.44 ± 1.11	1.47 ± 0.22
3.5 岁以上 Over 3.5 years old	17	14.46 ± 1.15	1.44 ± 0.20
总计 Total	67	13.65 ± 0.57	1.56 ± 0.10

使用广义线性混合模型对数据进行处理, 获得体况指标对泌香的相对重要性 (表 4)。体重、上犬齿长度及上犬齿基径对泌香量和麝香酮含量的贡献均较高。

雄麝泌香量与其上犬齿长度 ($r = 0.333, P < 0.05$) 及上犬齿基径 ($r = 0.421, P < 0.01$) 间均呈显著正相关, 与体重 ($r = 0.213, P > 0.05$) 及身长 ($r = 0.164, P > 0.05$) 间的相关均不显著 (表 5)。麝香酮含量与上犬齿长度呈显著负相关 ($r = -0.296, P < 0.05$), 与上犬齿基径 ($r = -0.238, P > 0.05$)、体重 ($r = 0.138, P > 0.05$)、身长 ($r = -0.107, P > 0.05$) 间的相关均不显著 (表 5)。

表 4 体况因子对泌香量和麝香酮含量的重要性分析

Table 4 Analysis of the importance of body indicators on musk secretion and muskone content

体况指标 Body indicators	泌香量 Musk secretion			麝香酮含量 Muskone content		
	平均贡献 Average share	独立贡献 Individual share	相对重要性 Relative importance (%)	平均贡献 Average share	独立贡献 Individual share	相对重要性 Relative importance (%)
毛发顺滑度 Fur smoothness	- 0.003 8	0.006 4	3.85	0.002 9	0.000 0	0.00
皮毛完整度 Fur integrity	0.004 2	0.004 1	2.46	0.000 3	0.014 2	6.93
腠窝 Rib-hip area	0.001 6	- 0.000 4	- 0.24	- 0.001 7	0.028 3	13.81
脊椎 Spine	0.007 7	0.026 9	16.17	0.003 1	0.005 9	2.88
髌骨 Hip bone	0.003 0	0.000 7	0.42	0.009 3	0.006 4	3.12
臀部两侧 Hip side	0.001 5	- 0.000 4	- 0.24	0.009 4	0.028 6	13.96
体型 Body shape	- 0.002 8	0.005 2	3.13	0.006 2	0.006 5	3.17
体重 Weight (kg)	0.016 7	0.025 7	15.44	0.001 1	0.052 0	25.38
身长 Length (cm)	0.008 0	0.005 6	3.37	- 0.006 5	0.012 9	6.30
上犬齿长度 Canine length (cm)	0.023 8	0.030 2	18.15	0.025 5	0.023 6	11.52
上犬齿基径 Canine diameter (mm)	0.034 0	0.062 4	37.50	0.015 3	0.026 5	12.93

表 5 林麝体况与麝香分泌的关系

Table 5 Relationship between body condition indicators and musk secretion in captive

Moschus berezovaskii

体况指标 Body indicators	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	与泌香量相关性 Correlation with musk secretion quantity	与麝香酮相关性 Correlation with muskone
体重 Weight (kg)	7.47 ± 0.76	0.213	0.138
身长 Length (cm)	46.99 ± 3.70	0.164	- 0.107
上犬齿长度 Canine length (cm)	2.96 ± 0.88	0.333*	- 0.296*
上犬齿基径 Canine diameter (mm)	6.21 ± 1.32	0.421**	- 0.238

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

泌香量 (Y , g)、上犬齿长度 (X_1 , cm) 和上犬齿基径 (X_2 , mm) 间的关系可用公式 $Y = 2.212 + 0.595 X_1 + 1.612 X_2$ 较好拟合 ($F = 5.780$, $P < 0.01$)。麝香酮含量 (Y , %)、上犬齿长度 (X_1 , cm) 和上犬齿基径 (X_2 , mm) 之间的关系可用公式 $Y = 2.712 - 0.224 X_1 - 0.080 X_2$ 近似拟合 ($F = 2.891$, $P > 0.05$)，该公式一定程度上能解释麝香酮与上犬齿之间的关系。

2.3 林麝体况指标的聚类分析

林麝体况指标经聚类分析 (图 2)，当欧氏距离大约为 15 时，可将 11 个变量标准化后的数据划分为三个群组。第一组包含上犬齿长度、上犬齿基径、体重及身长，可大致反映林麝躯体廓形；第二组包含腠窝、体型、髌骨、臀部两侧及脊椎，综合体现林麝皮下脂肪覆盖度；第三组由毛发顺滑度和皮毛完整度组成，体现林麝毛皮齐整度。基于以上聚类结果，构建廓形、脂肪覆盖度和毛皮齐整度三类新指标，每组标准化变量的平均值作为新指标值。

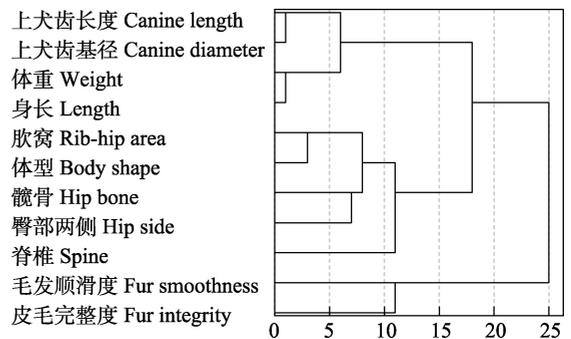


图 2 标准化体况指标的聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of standardized physical condition indicators

林麝的廓形与泌香量之间存在显著正相关关系 ($r = 0.411, P < 0.01$), 但与麝香酮含量无显著相关性 ($r = -0.192, P > 0.05$); 林麝的脂肪覆盖度与泌香量 ($r = 0.067, P > 0.05$) 和麝香酮含量 ($r = -0.085, P > 0.05$) 的相关性均不显著; 毛皮齐整度与泌香量 ($r = -0.084, P > 0.05$) 和麝香酮含量 ($r = -0.030, P > 0.05$) 的相关未达显著水平 (表 6)。

3 讨论

动物的体况评估是了解驯养动物营养储备和掌握动物机体健康度的有效方法, 基于动物体况评估的评分可反映动物个体的能量与代谢特征, 并可为优化饲养管理和提升生产性能提供重要参考 (Edmonson et al. 1989, 巨星等 2019, Manríquez et al. 2021)。

在诸多体况指标中, 脂肪覆盖度及胛窝被认为是评估绵羊 (*Ovis aries*) (张颖等 2006) 和山羊 (*Capra hicus*) (孟子琪等 2023) 等有蹄类动物体况的重要依据。本研究表明, 林麝的胛窝与多个关键体况指标之间存在紧密关联, 表明反映林麝体况的指标间具有一致性, 而胛窝能够综合反映林麝的脂肪覆盖状况 (蔡永华等 2017)。

此外, 本研究结果显示, 福建驯养林麝的皮毛完整度与毛发顺滑度、体重与身长、上犬齿长度与上犬齿基径间均呈紧密关联, 表明相关指标分别在反映林麝毛皮齐整度、身形与牙齿特征上具有一致性。对林麝体况指标的聚类分析结果表明, 本研究使用的衡量林麝体况的指标可综合聚类区分林麝成体廓形、脂肪覆盖度和

毛皮齐整度 3 个类别, 每个类别内的体况指标反映的体况信息具有较大的一致性和关联性。因此, 综合个体廓形、脂肪覆盖度和毛皮齐整度的信息, 完全可用于驯养麝类动物的健康度评估。

本研究中, 林麝的麝香分泌与其上犬齿长度和基径间存在显著正相关关系, 即具有更长更粗上犬齿的林麝, 其麝香分泌更多。反刍动物的牙齿可反映其摄食和营养摄入能力, 因此林麝雄麝的上犬齿的长度和基径反映了其营养摄入状态, 良好的营养摄入是麝香分泌的基础 (Chirichella et al. 2021)。此外, 本研究表明, 林麝躯体廓形与其泌香量之间也存在显著正相关关系, 即具有更大廓形的雄麝个体分泌更多麝香。动物的躯体廓形可直接反映个体的营养状况及营养获取能力, 体型越大的个体, 摄食能力和营养状况越好 (Landete-Castillejos et al. 2010)。对林麝而言, 躯体廓形越大的个体, 其麝香分泌的身体、生理和营养基础也就越好。在实际的麝类驯养和麝香生产中, 可将林麝雄体的上犬齿 (长度和基径) 及躯体廓形作为预测麝香分泌量的指标。

麝香酮是麝类动物所泌麝香的主要活性成分, 麝香酮含量是表征麝香品质的最重要指标。一般地, 麝类动物雄体所泌麝香的麝香酮含量与个体的激素水平 (王永奇 2023)、个体的序位等级和健康度 (程建国等 2002) 等因素有关。本研究发现, 林麝的上犬齿长度与其分泌麝香的麝香酮含量呈负相关, 即雄麝的上犬齿越短, 所泌麝香的麝香酮含量越高。此外, 麝类动物的麝香分泌与性激素分泌高度相关 (毕书增等 1980, 孙太福等 2020), 而上犬齿作为雄麝的第

表 6 体况新指标与麝香分泌的关系

Table 6 Correlation between the new body condition indicators and musk secretion

指标 Indicators	平均值 ± 标准 误差 Mean ± SE	最小值 Minimum	最大值 Maximum	与泌香量相关性 Correlation with musk secretion quantity	与麝香酮关系 Correlation with muskone
廓形 Silhouette	0.41 ± 0.14	0.63	0.05	0.411**	- 0.192
脂肪覆盖度 Fat coverage	0.56 ± 0.24	1.00	0.07	0.067	- 0.085
毛皮齐整度 Fur neatness	0.68 ± 0.32	1.00	0.00	- 0.084	- 0.030

** $P < 0.01$

二性征,其发育也与睾酮的分泌紧密关联,第二性征越发育,反映雄麝的睾酮分泌越旺盛,这可能会对麝香分泌产生效应,影响麝香酮的合成。

基于本研究结果,针对我国的麝类驯养和麝香生产,提出以下建议,1)对圈养麝类动物开展体况评估时,可通过胴窝脂肪覆盖度评估林麝体重和健康度;2)可综合麝类个体的身体廓形、脂肪覆盖度、毛皮齐整度及上犬齿大小等信息,预测驯养雄麝的麝香分泌量及麝香酮含量;3)进行品种选育时,可优先选取廓形大、上犬齿发育较好的林麝,进而提升品系选育及麝香分泌。

参 考 文 献

- Chirichella R, De Marinis A M, Pokorny B, et al. 2021. Dentition and body condition: tooth wear as a correlate of weight loss in roe deer. *Frontiers in Zoology*, 18(1): 47.
- Edmonson A J, Lean I J, Weaver L D, et al. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1): 68–78.
- Landete-Castillejos T, Ceacero F, García A J, et al. 2010. Direct versus indirect effects of social rank, maternal weight, body condition and age on milk production in Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Journal of Dairy Research*, 77(1): 77–84.
- Manriquez D, Thatcher W W, Santos J E P, et al. 2021. Effect of body condition change and health status during early lactation on performance and survival of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 104(12): 12785–12799.
- Meng X, Cody N, Gong B, et al. 2012. Stable fighting strategies to maintain social ranks in captive male Alpine musk Deer (*Moschus sifanicus*). *Animal Science Journal*, 83(8): 617–622.
- Wang J, Weladji R B, Meng X. 2021. Age-related musk secretion and body weight in captive forest musk deer (*Moschus berezovskii* Flerov, 1928). *North-Western Journal of Zoology*, 17(2): 294–298.
- Yang Q, Meng 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.
- Yuan N X, Qin Y H, Wang J, et al. 2021. Musk secretion of endangered Alpine musk Deer (*Moschus chrysogaster*): muscone content and the relationships to age, health, mating history and enclosure condition. *Biologia*, 76(12): 3761–3767.
- Zhou X, Lv Q X, Qin Y H, et al. 2023. Effects of social stress on the welfare of captive male Alpine musk Deer: Stereotypic behavior, fecal cortisol, and musk secretion. *Applied Animal Behaviour Science*, 258: 105828.
- 白康, 任战军, 王永奇, 等. 2013. 林麝泌香期性激素变化及其与泌香量的关系. *中国兽医学报*, 33(6): 956–962.
- 毕书增, 颜于宏, 金绍忠, 等. 1980. 下丘脑——垂体——睾丸系统调节麝香分泌和提高麝香产量的初步研究. *中药材科技*, 3(4): 20–22.
- 蔡永华, 孙军平, 杨营, 等. 2017. 迁地保育林麝体况及影响因素. *生态学报*, 37(5): 1617–1622.
- 程建国, 罗燕, 乔美萍, 等. 2002. 影响林麝泌香量的因素. *特产研究*, 24(3): 15–18.
- 黄步军, 盛和林, 徐宏发. 1998. 饲料营养对林麝麝香产量和品质的影响. *动物学研究*, 19(4): 40–44.
- 江峰, 宋鹏飞, 张婧捷, 等. 2023. 不同养殖场林麝肠道微生物组成和功能的差异. *兽类学报*, 43(2): 129–140.
- 巨星, 黄锡霞, 葛建军, 等. 2019. 中国荷斯坦奶牛体况评分及其影响因素分析. *中国畜牧杂志*, 55(4): 49–52.
- 刘文华, 王永奇, 唐婕, 等. 2011. 林麝生物学特性观察及体况等级评定标准. *经济动物学报*, 15(3): 145–148.
- 罗燕, 程建国, 蔡永华. 2012. 麝资源保护与利用. 成都: 四川美术出版社.
- 孟子琪, 辛宇, 安禹宁, 等. 2023. 奶山羊体况评分技术研究进展. *饲料研究*, 46(16): 179–182.
- 乔佳伦, 孙太福, 齐利平, 等. 2018. 圈养林麝 (*Moschus berezovskii*) 个性及与麝香分泌和繁殖成效的关系. *生态学报*, 38(23): 8306–8313.
- 盛和林. 1996. 我国麝资源现状及救护措施. *野生动物*, 17(3): 10–12.
- 盛和林, 刘志霄. 2007. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社.
- 孙太福, 王静, 蔡永华, 等. 2020. 圈养林麝粪样类固醇激素水平与麝香分泌的关系. *生态学报*, 40(24): 9245–9251.
- 王永奇. 2023. 麝香产量及表现性状与林麝年龄、取香时间的关系. *中国农学通报*, 39(23): 94–101.
- 王玉玲, 哈成勇. 2018. 林麝的人工繁殖新技术及麝香研究进展. *中国中药杂志*, 43(19): 3806–3810.
- 张慧珍, 王敏, 李吉有, 等. 2009. 林麝养殖中活体取香的方法及步骤. *野生动物*, 30(4): 175–176.
- 张颖, 黄必志, 毛华明. 2006. 关于绵羊的体况评分. *中国畜牧兽医*, 33(5): 22–24.
- 郑程莉, 蒋桂梅, 吴杰, 等. 2020. 圈养林麝产麝香中麝香酮含量测定分析. *中国现代中药*, 22(12): 2021–2025, 2052.