

基于体况和粪便评估三地区圈养黑麂种群营养状况

张玥琨¹ 刘赫^{1*} 刘萍¹ 魏珊¹ 卢雁平¹ 席帆¹
陆玉良² 江志² 楼毅² 张志忠³

(1 北京动物园, 北京 100044) (2 杭州动物园, 杭州 310008) (3 合肥野生动物园, 合肥 230088)

摘要: 体况评价和粪便评价是衡量动物健康状况的依据之一。为探究圈养黑麂 (*Muntiacus crinifrons*) 种群的健康状况及营养水平, 对北京动物园、杭州动物园和合肥野生动物园 3 个圈养种群进行了体况和粪便评价, 分析了日粮结构对其体型特征和粪便形态的影响。结果显示: (1) 黑麂的体况评分与日粮中的粗脂肪、粗纤维和粗蛋白含量之间无显著相关性, 而与年龄呈显著正相关, 并且体况评分还与圈养地存在显著相关性。表明体况分值的影响因素具有多样性, 在圈养条件下黑麂的宏营养需求得到满足后, 体况评分与自然衰老过程相关, 同时与不同地区的圈养环境和饲养管理方式有关。(2) 不同圈养地的黑麂粪便以正常状态为主, 在统计上存在临界显著值 ($P = 0.054$)。粪便评分与日粮中的粗脂肪和粗纤维含量显著正相关, 表明饲料中这两种成分含量越低, 粪便越稀; 同时, 粪便评分与冬季的粗蛋白含量显著负相关, 说明饲料中蛋白质含量越高, 粪便越呈现液化状态。研究还发现粪便评分与性别显著相关, 雌性粪便分值较低, 出现稀便的情况较多; 与年龄不存在相关性。(3) 三地饲养方式略有差异, 饲料结构不尽相同, 黑麂种群呈现的体况及粪便状态有所区别。合肥野生动物园的体况评分与粪便评分最接近理想水平, 日粮的营养结构相对平衡; 北京动物园则应减少油脂类饲料的供应, 夏季需增加蛋白质和矿物质; 杭州动物园应减少玉米等精料, 增加粗饲料, 提高纤维素的摄入。通过体况评价和粪便评价来量化圈养黑麂的健康状况和营养水平, 为优化饲料组成、建立黑麂健康状况评估与监测体系以及提高动物福利等方面提供技术支撑, 同时为珍稀濒危物种的保护提供新思路 and 参考依据。

关键词: 黑麂; 体况评分; 粪便评分; 营养; 动物园

中图分类号: Q955

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2025) 04-0503-10

The nutritional status of captive black muntjac (*Muntiacus Crinifrons*) in three regions based on body condition and fecal scores

ZHANG Yuekun¹, LIU He^{1*}, LIU Ping¹, WEI Shan¹, LU Yanping¹, XI Fan¹, LU Yuliang², JIANG Zhi², LOU Yi², ZHANG Zhizhong³

(1 Beijing Zoo, Beijing 100044, China)

(2 Hangzhou Zoo, Hangzhou 310008, China)

(3 Hefei Wildlife Park, Hefei 230088, China)

Abstract: Body condition and fecal analysis serve as crucial indicators for assessing the health status of an animal. In the present study, we investigated the health status and nutritional level of captive black muntjacs (*Muntiacus crinifrons*). Body condition and feces evaluations were conducted on three captive populations in Beijing, Hangzhou and Hefei, and the effects of dietary structure on body characteristics and feces morphology were analyzed. The results reveal no significant correlation between body condition scores (BCS) and the contents of crude fat, crude fiber, and crude protein in the diet. Yet, a significant positive correlation emerged between BCS and age, suggesting that aging influences body condition. Further, BCS varied significantly among zoos. Under captive conditions, once the macronutrient requirements of black muntjacs were adequately met, their body condition scores demonstrated a correlation with the natural aging process. In addition, body condition scores were found to be associated with the specific captive environments

基金项目: 北京市公园管理中心科技项目 (ZX2022016); 北京动物园园管课题 (KGBZ202403)

作者简介: 张玥琨 (1993–), 女, 硕士, 主要从事动物营养方面研究。

收稿日期: 2024-05-13; **接受日期:** 2024-10-15

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: liuherstar@163.com

and husbandry practices employed at the different zoos. As such, body condition scores in this species are impacted by a diverse array of influential factors. The fecal scores (FS) of black muntjacs primarily remained normal, but there was a borderline statistical significance among the three collections ($P = 0.054$). The fecal scores were significantly positively correlated with dietary crude fat and crude fiber, and negatively correlated with the crude protein during winter, indicating that dietary composition affects fecal consistency. Gender also played a role, with females exhibiting lower FS and more frequent loose stools. On the other hand, there was no correlation between FS and age. The three zoos employed slightly different breeding methods and feed structures for the captive black muntjac populations, resulting in notable differences in the body condition and fecal status of the animals across these sites. Specifically, the body condition and fecal scores at Hefei Wildlife Park were found to be closest to the ideal levels, suggesting that the nutritional structure of the diet provided at this zoo was relatively balanced compared to the other two facilities. Recommendations for dietary adjustments include reducing the fatty components of feed at Beijing Zoo and increasing protein and minerals during summer. Hangzhou Zoo should focus on minimizing corn and other concentrated feeds, while boosting roughage and cellulose intake. In summary, the health and nutritional status of captive black muntjacs were quantified based on body condition and fecal analysis. The present study is expected to provide technical support for optimizing feed composition, establishing a health assessment and monitoring system for black muntjacs, and ultimately enhancing the overall animal welfare of this species under captive conditions. The findings offer new insights and valuable guidelines that can inform and direct conservation efforts for rare and endangered ungulate species, such as the black muntjac.

Key words: Black muntjac (*Muntiacus crinifrons*); Body condition scores; Fecal scores; Nutrition; Zoo

体况是指动物体内所贮备的脂肪含量或能量状态,反映了动物的饲养效果及营养代谢水平,是动物健康与否的标志性指标之一 (Roche *et al.*, 2013)。体况评分 (body condition scores, BCS) 作为一种简便实用的工具被广泛应用于畜牧业,用于评估和改善畜群的生产力、健康状况及繁殖性能。该指标最早由 Wildman 等 (1982) 提出,依据视觉和触觉,通过数值分摊的方法,基于牛体尾根部和腰部脂肪沉积情况,对其腰椎、髋关节和尾根部的体况特征进行评分,并阐明和扩展了体况评分的效用性 (Wildman *et al.*, 1982; Edmonson *et al.*, 1989; Ferguson, 1991)。体况评价体系分很多种,主要包括:美国的 5 分 (1 ~ 5 分) 制体况评分体系 (Roche *et al.*, 2004), 澳大利亚的 8 分 (1 ~ 8 分) 制体况评分体系 (Earle, 1976) 及新西兰的 10 分 (1 ~ 10 分) 制体况评分体系 (Stengarde *et al.*, 2008)。目前,应用最广泛的评分标准是由 Wildman (1982) 提出的 5 分制体况评分体系。

自将体况评分引入奶牛管理以来,体况评分已成为牛科动物饲养管理的重要监测工具,并在实践中取得了较好的效果 (Morin *et al.*, 2017; Daros *et al.*, 2020)。野生鹿科动物营养状况评估的最佳方法是通过对肌肉和脂肪的分布程度进行体况评分 (Van Beest *et al.*, 2024)。近年来,我国动物园逐渐探索出不同物种的营养评估系统,如食草

动物 (孙昊, 2023)、灵长动物 (袁耀华等, 2020) 和食肉动物 (郑应婕等, 2024) 等,甚至包括爬行动物 (陈军, 2020),但体况评分具有较强的特异性,对于不同物种仍需有针对性地加以研究,逐个建立不同物种体况评分标准,从而完善健康状况评估及监测体系。

除了体况评分,粪便评分 (fecal scores, FS) 也是评估动物营养状态的另一重要指标。粪便评分作为一种评价方法,主要对动物粪便的形态、硬度、颜色和气味等进行评价,是反映动物胃肠道健康状况、消化功能以及动物对饲料消化利用程度的最为直观的指标之一 (Longstreth *et al.*, 2006; Garrigues *et al.*, 2007; Malhotra *et al.*, 2016)。日粮的不同导致动物的生理状态发生改变,可直观地反映在粪便评分上 (Guo *et al.*, 2022; Zhen *et al.*, 2022)。通过粪便评分可发现肠道微环境的变化,诊断消化道菌群紊乱和消化道疾病 (Vandeputte *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2020; Ness *et al.*, 2022; Sun *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2024); 此外,粪便评分操作简单,并且对动物无损伤,定期评分不仅可以有效改善动物的健康,还能提高饲料利用率。

黑麂 (*Muntiacus crinifrons*) 是中国特有动物,隶属于鲸偶蹄目 (Cetartiodactyla) 鹿科 (Cervidae) 鹿属 (*Muntiacus*),野生种群数量十分稀少,被列为国家一级重点保护野生动物。目前,黑麂营养

状态及饲养方式等方面的研究甚少，且缺乏小型鹿科动物无损伤评估方法和参考数据。目前，国内仅有3个黑麂圈养种群：北京动物园、杭州动物园和合肥野生动物园。其中，杭州动物园和合肥野生动物园所在区域是黑麂野外栖息地之一；北京动物园属于非分布区，但目前黑麂种群数量最多。北京动物园作为黑麂易地保护的北方圈养种群，与南方的2个种群(杭州动物园和合肥野生动物园)之间有哪些营养上的差异？其体况评分和粪便评分如何？是否受到饲养方式和饲料结构的影响？哪些因素影响了黑麂的营养状况？本研究通过制定黑麂的体况评分标准及粪便评分标准，比较了不同地区圈养黑麂种群营养状态的差别，并结合日粮结构，评估了3个圈养地区的饲养状态，为小型鹿科动物优化饲料组成、改善饲养管理及提高动物福利等提供了参考评价标准。

1 研究方法

1.1 研究对象

以北京动物园的22只黑麂(11♂, 11♀)、杭州动物园的14只黑麂(7♂, 7♀)和合肥野生动物园的12只黑麂(7♂, 5♀)为研究对象。按照年龄结构划分(幼年<3岁, 成年≥3岁), 北京动物园幼年8只、成年14只, 杭州动物园幼年6只、成年8只, 合肥野生动物园幼年2只、成年10只。

1.2 日粮结构

统计北京动物园、杭州动物园和合肥野生动物园人工饲养黑麂种群冬季(表1)和夏季(表2)的食物组成及质量。北京动物园每日饲喂3次(早、中、晚), 杭州动物园和合肥野生动物园每日饲喂2次(早、晚)。将不同地区黑麂饲料进行营养成分分析, 并与《圈养野生动物饲料配方指南》中的数值进行比较(刘赫等, 2019)。

表1 黑麂冬季日粮表
Table 1 The dietary composition of black muntjac in winter

种群 Population	日粮质量 The mass of daily ration/(g/day)											行为训练 Behavior training
	胡萝卜 Carrot	苹果 Apple	玉米 Corn	南瓜 Pumpkin	圆白菜 Cabbage	黑豆 Black bean	红枣 Dried jujube	食草颗粒 Herbivorous pellets	青饲料 Green fodder	干树叶 Dried leaves	苜蓿粉 Alfalfa meal	
北京动物园 Beijing Zoo	400	40	20	90	20	23	0	175	0	1 060	25	红枣、花生若干 Dried jujube, peanuts
杭州动物园 Hangzhou Zoo	300	250	250	0	0	0	100	600	1 250	0	0	
合肥野生动物园 Hefei Wildlife Park	250	0	0	0	0	0	0	125	2 500	0	0	苹果、红枣若干 Apples, dried jujube

表2 黑麂夏季日粮表
Table 2 The dietary composition of black muntjac in summer

种群 Population	日粮质量 The mass of daily ration/(g/day)											行为训练 Behavior training
	胡萝卜 Carrot	苹果 Apple	玉米 Corn	南瓜 Pumpkin	圆白菜 Cabbage	黑豆 Black bean	红枣 Dried jujube	食草颗粒 Herbivorous pellets	青饲料 Green fodder	干树叶 Dried leaves	苜蓿粉 Alfalfa meal	
北京动物园 Beijing Zoo	280	40	20	45	0	0	0	58	3 000	150	7	红枣、花生若干 Dried jujube, peanuts
杭州动物园 Hangzhou Zoo	300	250	250	0	0	0	100	500	1 250	0	0	
合肥野生动物园 Hefei Wildlife Park	0	0	0	60	0	0	0	125	2 500	0	0	苹果、红枣若干 Apples, dried jujube

1.3 体况评分标准

体况评分通常从1分(消瘦)到5分或9分(肥胖)不等, 国际野生动物营养协会建议使用9分制(Taylor *et al.*, 2013)。本研究参考 Wildman (1982) 制定的体况评分体系, 建立黑麂体况评分标准(表3), 1分表示非常瘦弱, 9分表示非常肥胖, 标准

理想值为4~6分。

按照表3的评价标准, 通过观察或触摸综合评估黑麂颈肩部、腰背部、臀部及肋骨两侧的肌肉和脂肪附着程度, 对3个种群的48只黑麂进行体况打分。

表3 黑鹿体况评分标准

Table 3 Summary of body condition scores for black muntjac

体况评分 BCS	体型特征 Body type characteristic	颈部 Neck	肩膀 Shoulder	腰和背部 Waist and back	臀部 Buttock	肋骨 Rib
1:消瘦 Skinny		- 消瘦 Emaciated - 骨骼结构非常明显 The bone structure is very obvious - 无脂肪 Fat free	- 消瘦 Emaciated - 骨骼结构非常突出 Bone structure is very prominent - 无脂肪 Fat free	- 消瘦 Emaciated - 脊椎结构明显突出 The vertebral structure is prominent	骨盆非常突出 The pelvic structure is very prominent	- 消瘦 Emaciated - 肋骨凹陷, 根根可见 The sunken ribs are visible by the roots
2:瘦 Scrawny		颈部很瘦 Very thin neck	- 骨骼结构明显 Obvious skeletal structure - 无脂肪 Fat free	脊椎结构明显突出 The vertebral structure is prominent	骨盆突出, 可辨别 The pelvis is prominent and discernible	肋骨凹陷 Rib depression
3:较瘦 Leaner		颈部较瘦 Thin neck	- 较瘦 Thinner - 骨骼结构明显 Obvious bone structure	脊椎突出, 单个椎骨不太明显 The spine is protruding, individual vertebrae are less visible	骨盆清晰可辨 The pelvis is clearly discernible	肋骨清晰可辨 The ribs are clearly distinguishable
4:偏瘦 Thin		- 颈部偏瘦 Thin neck - 颈围减小 Reduced neck circumference	- 偏瘦 Thin - 骨骼结构明显 Obvious bone structure	脊椎稍显突出, 模糊可辨 The spine is slightly prominent, hard to identify	骨盆可辨别 The pelvis can be distinguished	肋骨可辨别 Ribs are discernible
5:正常 Normal		颈部较粗 Thick neck	- 肩部平滑 Shoulder smoothing - 脂肪沉积 Fat deposits - 骨骼结构稍显突出 Slightly prominent bone structure	背部向上倾斜 Tilt up the back	- 脂肪沉积 Fat deposition - 骨盆平滑 Pelvic smoothing	肋骨不可见, 但通过触摸可以辨别 The ribs are not visible, but can be identified by touch
6:偏胖 A little fat		颈围稍有增加 Slight increase in neck circumference	- 肩部略显圆润 The shoulders are slightly rounded - 脂肪沉积 Fat deposits	- 背部平坦 Flat back - 脂肪沉积 Fat deposits	臀部圆润 Round hips	- 肋骨不可见 Rib invisible - 脂肪沉积 Fat deposits
7:较胖 Fat		颈围增加 Increased neck circumference	- 肩部圆润 Round shoulders - 脂肪沉积明显 Obvious fat deposition	- 背部平坦 Flat back - 较多脂肪沉积 More fat deposition	臀部圆润 Round hips	- 肋骨不可见 Rib invisible - 脂肪沉积明显 Obvious fat deposition
8:胖 Fatter		- 颈围较大 Large neck circumference - 脂肪沿颈部与肩部沉积明显 Fat deposits are evident along the neck and shoulders	- 肩部圆润 Round shoulders - 脂肪沉积明显 Obvious fat deposition	背部存在大量脂肪 There is a lot of fat on the back	臀部丰满 Full hips	- 肋骨不可见 Rib invisible - 脂肪沉积明显 Obvious fat deposition
9:肥胖 Obesity		- 颈围大 Large neck circumference - 脂肪沿颈部与肩部沉积明显, 并融合 Fat is deposited significantly along the neck and shoulders and fused	脂肪沉积明显, 肩部骨骼完全不见 Fat deposits are evident, and the shoulder bones are completely invisible	- 背部脂肪大量沉积 Large deposits of fat on the back - 背部较厚 Thicker back	臀部/大腿很肥 Fat hips/thighs	脂肪沉积非常明显 Fat deposition is very obvious

1.4 粪便评分标准

粪便的硬度取决于粪便中的水分, 而粪便的含水量与日粮的性质和动物的生理状况密切相关。美国密歇根州大学提出了奶牛粪便评价体系为5分制, 从1分的水样粪便到5分的坚硬粪球, 其中3分为理

想粪便 (潘龙等, 2012)。不同动物的粪便形态不同, 粪便形态变化的指示意义也不同。通过参考美国密歇根州大学提出的奶牛粪便评价体系, 结合生产实践, 建立了黑鹿粪便评分标准 (表4), 黑鹿的粪便形态通常为颗粒形, FS标准理想值为7~9分。

表 4 圈养黑鹿的粪便评分标准		
Table 4 Summery of fecal scores in captive black muntjac		
粪便评分 FS	粪便形态 Feces morphology	照片 Picture
9	颗粒状松散的小球,干燥,坚硬,无破损迹象 Granular loose ball, dry, hard, no signs of damage	
8	含水量较低的小球,干燥,偏硬 Small balls with low water content are dry and hard	
7	小而紧凑的球,外观稍湿润 Small, compact ball with a slightly moist appearance	
6	聚集的团状小球,类似于松塔样,湿润 Clumps of moist pellets resembling pine towers	
5	纹路较清晰的柱状物质,容易拾起,基本不在地面残留 The columnar substance with clear grain is easy to pick up and basically does not remain on the ground	
4	黏稠的柱状物质,潮湿 Sticky columnar material, moist	
3	成形,粪便黏度大 The feces are formed with high viscosity	

续表 4 Continued from table 4		
粪便评分 FS	粪便形态 Feces morphology	照片 Picture
2	很稀,不成形,较黏稠 The feces are thin, shapeless, and viscous	
1	完全的液态粪便 Completely liquid feces	

1.5 统计分析

使用Excel软件对数据进行分析、处理。使用Shapiro-Wilk检验判断数据是否服从正态分布。体况评分或粪便评分与营养指标的关系采用Spearman相关分析。体况评分或粪便评分与地区、年龄、性别的差异采用广义线性模型 (GLM) 进行分析,所有统计在SPSS 23.0中完成,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 日粮分析

对不同地区圈养黑鹿饲料进行营养成分分析,并与《圈养野生动物饲料配方指南》(粗蛋白14.88%、粗脂肪4.05%、粗纤维18.80%)相比发现,北京动物园夏季饲料粗蛋白含量较高,而冬季含量偏低,并且总体脂肪含量偏高;杭州动物园和合肥野生动物园的粗蛋白及粗脂肪含量总体偏低(表5)。3个地区圈养黑鹿种群饲料中粗纤维含量均未达到《圈养野生动物饲料配方指南》建议量,其中杭州动物园粗纤维含量最低。

2.2 体况评价

根据黑鹿体况评分标准评价,发现不同地区黑鹿种群体况有所区别(图1a)。北京动物园黑鹿种群BCS分布在3~7分,4、5分为峰值,对应黑鹿数量分别为8只、7只;5分以上的数量较少,为3只,表明大多数黑鹿处于正常体况,个别出现肥胖体型。杭州动物园及合肥野生动物园黑鹿种群BCS分布均在2~5分,BCS处于4分的黑鹿数量最

多,分别为6只和5只;2分的数量最少,为2只和1只,表明大多数黑麂体况正常,存在偏瘦体型。

为了提高BCS类别的可重复性,将BCS分成A(1~3分)、B(4~6分)、C(7~9分)3个组(图1b),北京动物园、杭州动物园和合肥野生动物园

的黑麂种群BCS均显示B组频率最高,分别为17只、9只和9只,表明圈养黑麂种群中理想体况的比例最高;A组频率较低,表明3个地区均存在体型较瘦等情况,但数量不多;仅北京动物园出现1只体型较胖状态(C组)的黑麂。

表5 不同地区动物园黑麂夏季和冬季日粮分析

Table 5 Analysis of summer and winter diets of black muntjac in different regions

地区 Region	季节 Season	粗蛋白 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	粗纤维 Coarse fibre/%	灰分 Ash content/%	能量 Energy/kJ
北京动物园 Beijing Zoo	夏 Summer	17.205	4.077	17.381	10.676	16 906.392
	冬 Winter	10.790	4.720	13.961	5.694	19 967.479
杭州动物园 Hangzhou Zoo	夏 Summer	14.324	3.033	8.511	7.281	16 744.500
	冬 Winter	14.619	3.063	8.140	7.387	17 983.400
合肥野生动物园 Hefei Wildlife Park	夏 Summer	13.877	3.118	13.575	8.105	16 159.075
	冬 Winter	13.753	3.071	13.264	8.033	16 619.275

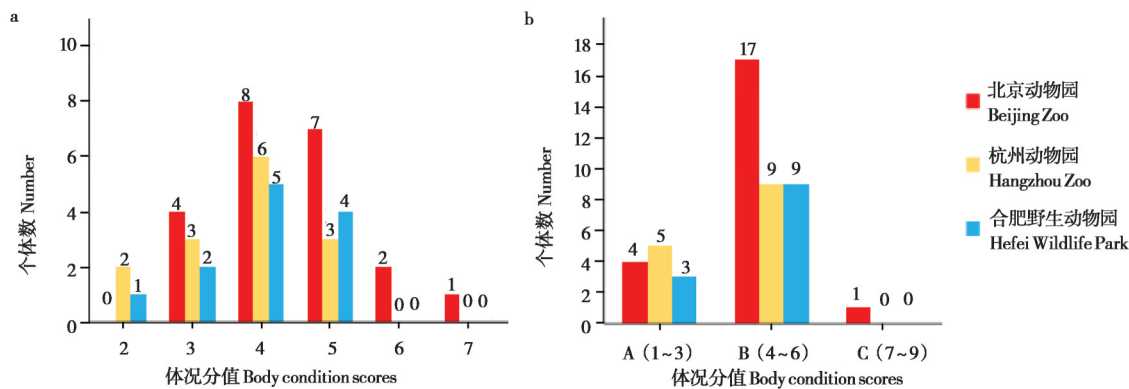


图1 不同地区黑麂种群体况分值分布(a)和原始体况评分(b)分组

Fig. 1 The distribution of body condition scores (a) and original body condition scores (b) for black muntjac populations in different regions

总体上,圈养黑麂的体况评估以正常状态为主,与年龄(Wald $\chi^2 = 17.604$, $P < 0.001$)、各圈养单位显著相关(Wald $\chi^2 = 7.505$, $P = 0.023$),与性别不存在相关性(Wald $\chi^2 = 3.340$, $P = 0.068$)。经Spearman相关性分析发现,体况评分与粗纤维、粗脂肪和粗蛋白均无相关性($P > 0.05$)。

2.3 粪便评价

2023年4月,采集新鲜的、未被饲料或垫草污染的粪便进行观察,按照粪便评分方法给予打分评估。发现北京动物园22只黑麂,FS分布区间为3~9分,其中8分的黑麂数量最多(10只),7分次之(6只),其余分值的数量较少,表明北京动物园大部分黑麂的粪便处于正常状态,仅有个别出现软便和稀便(图2a);杭州动物园黑麂种群FS分布区间为3~9分,合肥野生动物园黑麂种群FS分布区间为4~8分,两地FS为7分的比例均处于最高,

对应黑麂数量分别为5只和6只,其余分值的黑麂数量较少,说明杭州动物园和合肥野生动物园种群大多数黑麂粪便处于正常状态,零星出现异样粪便。

将FS分成A(1~3分)、B(4~6分)、C(7~9分)3个组(图2b),发现北京动物园、杭州动物园和合肥野生动物园三地黑麂种群的FS分值均显示C组频率最高(33只),B组较低(12只),A组最低(3只),表明不同圈养环境的黑麂粪便多数为正常状态,少数存在软便、稀便等情况。

总体上,不同圈养环境的黑麂粪便均以正常状态为主,与性别显著相关(Wald $\chi^2 = 7.066$, $P = 0.008$),雌性粪便分值较低,出现稀便的情况较多,与年龄不存在相关性(Wald $\chi^2 = 1.798$, $P = 0.18$),与地区存在统计上的临界值(Wald $\chi^2 = 5.834$, $P = 0.054$)。经Spearman相关分析发现,粪

便评分与粗纤维和粗脂肪呈显著正相关(粗纤维： $r = 0.334$, $P = 0.021$ ；粗脂肪： $r = 0.334$, $P = 0.021$)，与夏季粗蛋白显著正相关($r = 0.360$, $P =$

0.012)，而与冬季粗蛋白显著负相关($r = -0.334$, $P = 0.021$)，表明冬季饲料中的蛋白质越高，粪便评分越低，越易出现稀便现象。

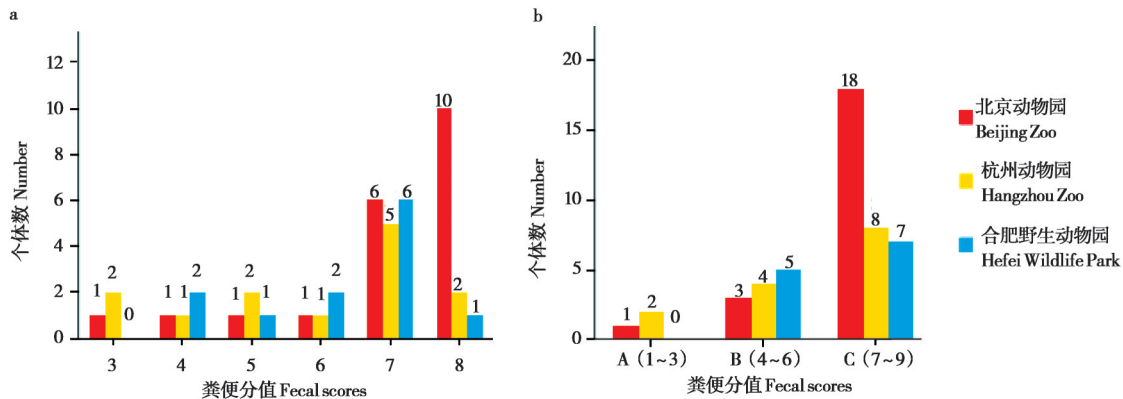


图2 不同地区黑鹿种群粪便评价分值(a)和原始粪便评分(b)分组

Fig. 2 The distribution of fecal scores (a) and original fecal scores (b) for black muntjac populations in different regions

2.4 理想BCS及理想FS评价

从BCS评分上看，北京动物园与合肥野生动物园理想体况的黑鹿所占比例较为接近，分别为77.3%和75.0%，杭州动物园理想体况的黑鹿占比

偏低，为64.3% (图3)。从FS评分上看，理想粪便占比最高的是北京动物园黑鹿种群，占比为81.8%；杭州动物园和合肥野生动物园理想粪便占比较接近，分别为57.1%和58.3% (图3)。

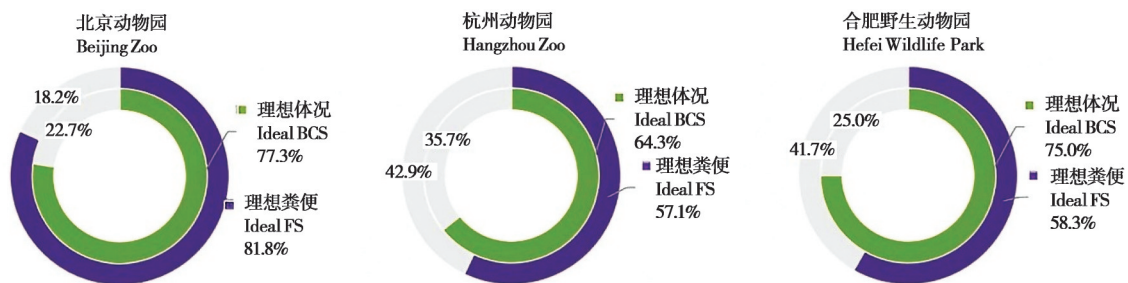


图3 不同地区黑鹿种群理想体况及理想粪便分值占比情况. BCS: 体况评分; FS: 粪便评分

Fig. 3 The proportion of ideal BCS and ideal FS of black muntjac population in different regions. BCS: Body condition scores; FS: Fecal scores

3 讨论

本研究发现，圈养黑鹿的体况分值与日粮中粗脂肪、粗纤维和粗蛋白的含量相关性不显著，而与年龄显著正相关，年龄越大，体况分值越高。这表明圈养条件下，不同地区日粮均可满足其宏营养需求，体况分值仅与自然衰老有关。同时，BCS与地区存在显著相关性，可能与各地的圈养环境和饲养管理方式等有关。北京动物园黑鹿饲料中脂肪类偏多，而青绿饲料偏少，导致BCS高于其他两地，北京的青绿饲料一般只在5—10月提供，其余月份均食用干草和果菜。杭州动物园和

合肥野生动物园全年均可供应青绿饲料，因此，BCS偏低，动物体况相对偏瘦。黑鹿种群的FS分值与日粮中粗脂肪、粗纤维和粗蛋白含量均存在显著相关性，FS与饲料中粗脂肪、粗纤维含量显著正相关，表明粗脂肪、粗纤维含量越低，FS越小，粪便越稀；FS与冬季粗蛋白含量显著负相关，说明饲料中蛋白质含量越高，粪便分值越小，粪便越呈现液化状态。

作为食枝叶性鹿科动物，蛋白质和纤维素都是非常关键的营养因子(Felton *et al.*, 2021)。粗蛋白和可溶性糖也是麋鹿(*Elaphurus davidianus*)秋冬营养平衡的重要成分，鹿科动物会根据季节调

整营养状态 (Dykes *et al.*, 2020; Spitzer *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2023)。在食物匮乏的冬季, 驼鹿 (*Alces alces*) 通过生理适应, 保持蛋白质摄取的平衡, 进而维持能量平衡 (Ma *et al.*, 2019; Fohringer *et al.*, 2021; Clauss *et al.*, 2022)。此外, BCS 也与脂肪代谢有关, BCS 降低表明机体动员脂肪, 体质量下降, 能量负平衡; 而 BCS 上升表明机体脂肪储备, 体质量增加, 能量正平衡 (Brown *et al.*, 2023)。根据有蹄类的每日维持能量需求: $70W^{0.75}$ (Kcal), 每只黑麂体质量按照平均 25 kg 计算, 黑麂每日维持能量需 3 271 kJ, 而正常的活动量应该是维持量的 2~3 倍, 因此, 黑麂的日粮能量在 6 542~9 814 kJ。实际饲养过程中, 饲料的供应量均是日粮能量的 2~3 倍。

北京动物园夏季饲料的粗蛋白含量较高, 而冬季含量偏低, 总体脂肪含量偏高, 且只有夏季供应青绿饲料, 冬季供应干饲料。夏季多以紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 为主, 鲜树叶供应时间较短, 紫花苜蓿的粗蛋白含量高于鲜树叶, 因此, 夏季蛋白质补充较多, 可部分补偿冬春季青绿饲料缺乏及粗蛋白较低的情况, 这也可能是北京动物园黑麂种群 BCS 整体偏高的原因之一。南方动物园四季皆可供应青绿饲料, 只是不同季节种类有所差异, 但四季的营养结构差异不大, 总体粗蛋白及粗脂肪含量偏低; 杭州动物园和合肥野生动物园的青绿饲料以乔木树叶为主, 包括构树 (*Broussonetia papyrifera*) 叶和桑树 (*Morus alba*) 叶, 杭州动物园冬春季提供女贞 (*Ligustrum lucidum*) 和杜英 (*Elaeocarpus decipiens*) 树叶, 合肥野生动物园春季提供带果的紅葉李 (*Prunus cerasifera*) 枝条。此外, 北方冬季气温较低, 大部分笼舍无暖气, 因此, 为抵御寒冷, 日粮能量需求较高。

动物的粪便是其健康状况的又一直观表现, 反映了动物的消化情况以及肠道功能变化。野生动物的饲料由人类提供, 相对单一和固定, 其代谢路径和代谢产物会随着日粮成分的变化而改变, 因此粪便状况的评估可发现动物的营养状态, 及时调整日粮结构 (Liu *et al.*, 2023)。通过对圈养亚洲象 (*Elephas maximus*) 粪便中不消化长纤维粪团的观察, 可及时进行消化菌群的针对性营养调控和治疗 (Bo *et al.*, 2023)。粪便评分中, 杭州动物园理想 FS 分值较低, 且雌性发生稀便的情况较多,

可能由于雌性大多与雄性或幼仔共用笼舍, 社群等级较低, 食物摄取受限。另外, 也可能与运动场的粪便不能及时清理, 易造成感染有关。

野生动物的体况对其营养水平、健康状况及繁殖能力等有着重要的影响 (Van Beest *et al.*, 2024)。体况评分对于圈养野生动物的营养管理具有实践价值, 特别是一些群养食草动物, 不便单独隔离测量体况。麂类属于小型鹿科动物, 在饲养中被称为“神经质动物”, 不当的保定和测量均可能引发其惊恐后的冲撞死亡, 且社群等级的高低也影响了个体的取食状况。在麂类饲养管理过程中, 通过对体况和粪便形态进行有效评估, 可相应调控日粮中粗纤维、粗脂肪和粗蛋白的含量, 使其消化状况得到改善。因此, 对麂类进行无损伤的体况和粪便评估就显得尤为重要。本研究列出的评估方法同样适用于其他一些中小型鹿科动物, 如毛冠鹿 (*Elaphodus cephalophus*)、豚鹿 (*Axis porcinus*)、獐 (*Hydropotes inermis*) 等常见圈养鹿科动物。

北京动物园、杭州动物园和合肥野生动物园三地饲养方式略有差异, 饲料结构也不尽相同, 黑麂种群呈现出的体型、体况及粪便状态均有所区别。合肥野生动物园的体况评分和粪便评分较其他两个动物园更适宜, 日粮营养结构也相对平衡; 北京动物园应减少油脂类饲料的供应, 夏季需增加蛋白质和矿物质摄取; 杭州动物园应减少玉米等精料, 增加粗饲料的摄入。

综上所述, 本研究建立的黑麂体况评分及粪便评分标准对于圈养鹿科动物具有重要的参考意义。不仅量化了黑麂的体况及粪便形态, 而且通过体况评分和粪便评分与日粮结构的分析, 充分了解黑麂的营养状况, 为优化饲料组成提供依据。针对不理想体况的动物进行饲料调整, 改善饲养管理中存在的问题, 为黑麂健康状况评估及监测体系提供技术支撑, 同时也为其他中小型鹿科动物的健康评价体系提供理论参考。

致谢: 感谢北京动物园杨凌帆、陈曲、侯杨、李壬一对本文取样、观察过程中提供的帮助; 合肥野生动物园易刚、方磊、王艳、王根红对本研究取样给予大力配合, 以及杭州动物园和合肥野生动物园黑麂饲养员为样品采集提供热心帮助, 谨致诚挚谢意!

参考文献：

- Bo T B, Liu H, Liu M, Liu Q Y, Li Q D, Cong Y P, Luo Y, Wang Y Q, Yu B, Pu T C, Wang L, Wang Z, Wang D H. 2023. Mechanism of inulin in colic and gut microbiota of captive Asian elephant [J]. *Microbiome*, **11** (1). DOI: 10.1186/s40168-023-01581-3.
- Brown W E, Holdorf H T, Kendall S J, White H M. 2023. Dam body condition score alters offspring circulating cortisol and energy metabolites in holstein calves but did not affect neonatal leptin surge [J]. *Metabolites*, **13** (5). DOI: 10.3390/metabo13050631.
- Clauss M, Tschuor A, Codron D, Hummel J. 2022. Reticular contraction frequency and ruminal gas dome development in goats do not differ between grass and browse diets [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **106** (6): 1208–1215.
- Daros R R, Eriksson H K, Weary D M, Marina A G. 2020. The relationship between transition period diseases and lameness, feeding time, and body condition during the dry period [J]. *Journal of Dairy Science*, **103** (1): 649–665.
- Dykes J L, Strickland B K, Demarais S, Reynolds D B, Lashley M A. 2020. Diet selection of white-tailed deer supports the nutrient balance hypothesis [J]. *Behavioural Processes*, **179**. DOI: 10.1016/j.beproc.2020.104196.
- Earle D F. 1976. A guide to scoring dairy cow condition [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **74**: 228–231.
- Edmonson A J, Lean I J, Weaver L D, Farver T, Webster G. 1989. A body condition scoring chart of Holstein dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, **72**: 68–78.
- Felton A M, Wam H K, Felton A, Simpson S J, Stoller C, Hedwall P O, Malmsten J, Eriksson T, Tigabo M, Raubenheimer D. 2021. Macronutrient balancing in free-ranging populations of moose [J]. *Ecology and Evolution*, **11** (16): 11223–11240.
- Ferguson J D. 1991. Nutrition and reproduction in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, **7** (2): 483–507.
- Fohringer C, Dudka I, Spitzer R, Stenbacka F, Rzhapishvskaya O, Cromsigt J P G M, Gröbner G, Ericsson G, Singh N J. 2021. Integrating omics to characterize eco-physiological adaptations: How moose diet and metabolism differ across biogeographic zones [J]. *Ecology and Evolution*, **11** (7): 3159–3183.
- Garrigues V, Mearin F, Badía X, Balboa A, Benavent J, Caballero A, Domínguez E, Díaz-Rubio M, Roset M, Figueras M, Cucala M. 2007. Change over time of bowel habit in irritable bowel syndrome: a prospective, observational, 1-year follow-up study (RITMO study) [J]. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, **23** (3): 323–332.
- Guo J H, Jin Y C, Tian X M, Bao H, Sun Y, Gray T, Song Y Q, Zhang M H. 2022. Diet-induced microbial adaptation process of red deer (*Cervus elaphus*) under different introduced periods [J]. *Frontiers in Microbiology*, **13**. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1033050.
- Liu H, Liu Y, Hao F, Li B, Cong Y. 2023. Inulin supplementation increases the differential metabolites and metabolic pathway in Baird's tapirs (*Tapirus bairdii*) [J]. *Veterinary Medicine and Science*, **9** (6): 2927–2936.
- Liu H, Zhang C L, Li X G. 2019. *Zoo Animal Nutrition Guideline* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 87–93. (in Chinese)
- Longstreth G F, Thompson W G, Chey W D, Houghton L A, Mearin F, Spiller R C. 2006. Functional bowel disorders [J]. *Gastroenterology*, **130** (5): 1480–1491.
- Ma Y, Bao H, Bencini R, Raubenheimer D, Dou H, Liu H, Wang S, Jiang G. 2019. Macro-nutritional adaptive strategies of moose (*Alces alces*) related to population density [J]. *Animals*, **10** (1). DOI: 10.3390/ani10010073.
- Malhotra A, Shah N, Depasquale J, Baddoura W, Spira R, Rector T. 2016. Use of bristol stool form scale to predict the adequacy of bowel preparation: a prospective study [J]. *Colorectal Disease*, **18** (2): 200–204.
- Morin P A, Chorfi Y, Dubuc J, Roy J P, Santschi D, Dufour S. 2017. Short communication: an observational study investigating inter observer agreement for variation over time of body condition score in dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, **100** (4): 3086–3090.
- Ness A, Jacob A, Saboraki K, Otero A, Gushue D, Martinez M D, De Peña M, Tang X, Aiken J, Lingle S, McKenzie D. 2022. Cellular prion protein distribution in the vomeronasal organ, parotid, and scent glands of white-tailed deer and mule deer [J]. *Prion*, **16** (1): 40–57.
- Pan L, Bu D P, Sun P, Zhou L Y. 2012. The practical application of three scores in dairy cows [J]. *Chinese Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, **11** (39): 210–215. (in Chinese)
- Roche J R, Dillon P G, Stockdale C R, Baumgard L H, VanBaale M J. 2004. Relationships among international body condition scoring systems [J]. *Journal of Dairy Science*, **87**: 3076–3079.
- Roche J R, Macdonald K A, Schutz K E, Matthews L R, Verkerk G A, Meier S, Loores J J, Rogers A R, McGowan J, Morgan S R, Taukiri S, Webster J R. 2013. Calving body condition score affects indicators of health in grazing dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, **96** (9): 5811–5825.
- Spitzer R, Felton A, Landman M, Singh N J, Widemo F, Cromsigt P G M. 2020. Fifty years of European ungulate dietary studies: a synthesis [J]. *A Journal of Ecology*, **129** (11): 1668–1680.
- Stengarde L, Traven M, Emanuelson U, Holtenius K, Hultgren J, Niskanen R. 2008. Metabolic profiles in five high-producing swedish dairy herds with a history of abomasal displacement and ketosis [J]. *Acta Veterinaria Scandinavica*, **50**. DOI: 10.1186/1751-0147-50-31.
- Sun Y, Yu Y Z, Guo J, Zhong L Q, Zhang M H. 2023. Alterations in fecal microbiota linked to environment and sex in red deer (*Cervus elaphus*) [J]. *Animals*, **13** (5). DOI: 10.3390/ani13050929.
- Taylor L A, Schwitzer C, Owen-Smith N, Kreuzer M, Clauss M. 2013. Feeding practices for captive greater kudu (*Tragelaphus*

- strepsiceros*) in UK collections as compared to diets of free-ranging specimens [J]. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **1**: 7–13.
- Van Beest F M, Schmidt N M, Frederiksen M L, Krogh A K H, Petersen H H, Hansson S V. 2024. Direct and indirect linkages between trace element status and health indicators: a multi-tissue case-study of two deer species in denmark [J]. *Biological Trace Element Research*, **202** (8): 3623–3638.
- Vandeputte D, Falony G, Vieirasilva S, Raul Y T T, Joossens M, Raes J. 2015. Stool consistency is strongly associated with gut microbiota richness and composition [J]. *Gut*, **65** (1): 57–62.
- Wang H L, Zhao Y, Wang F J, Sun X J, Zhu J Q, Zhang Y M, Wei S D, Chen H. 2023. Diet composition and selection of père david's deer in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China [J]. *Ecology and Evolution*, **13** (1). DOI: 10.1002/ece3.9702.
- Wildman E E, Jones G M, Wagner P E, Boman R L, Troutt H F, Lesch T N. 1982. A dairy-cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics [J]. *Journal of Dairy Science*, **65** (3): 495–501.
- Wu Y, Ravnic D J, Ozbolat I T. 2020. Intraoperative bioprinting: repairing tissues and organs in a surgical setting [J]. *Trends Biotechnology*, **38** (6): 594–605.
- Yuan Y H, Zhu X L, Liu Q X. 2020. Determination of blood chemistry indicators in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*) [J]. *Acta Theriologica Sinica*, **40** (2): 201–207. (in Chinese)
- Zhang Z X, Bao C H, Li Z A, He C X, Jin W J, Li C Z, Chen Y X. 2024. Integrated omics analysis reveals the alteration of gut microbiota and fecal metabolites in *Cervus elaphus kansuensis* [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **108** (1): 13–22.
- Zhen J A, Ren Y J, Zhang H D, Yuan X L, Wang L B, Shen H, Liu P, Chen Y Q. 2022. Effect of different dietary regimes on the gut microbiota and fecal metabolites of père david's deer [J]. *Animals*, **12** (5). DOI: 10.3390/ani12050584.
- Zheng Y J, Luo J W, Huang S F, Zhang X X, Liu L H, Jiang Z. 2024. Effect of supplemented apple levels in the diet on the health of captive red pandas [J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, **56** (6): 36–41. (in Chinese)
- 刘赫, 张成林, 李晓光. 2019. 圈养野生动物饲料配方指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 87–93.
- 孙昊. 2023. 圈养红斑羚饲料营养水平评估 [J]. 上海畜牧兽医通讯, **2023** (4): 15–17.
- 陈军. 2020. 亚达伯拉象龟的饲养管理 [J]. 特种经济动植物, **23** (4): 10–11.
- 郑应婕, 罗坚文, 黄淑芳, 张秀秀, 刘龙海, 江志. 2024. 日粮中苹果添加量对圈养小熊猫健康的影响 [J]. 畜牧与兽医, **56** (6): 36–41.
- 袁耀华, 朱向蕾, 刘群秀. 2020. 圈养黑猩猩血液生理生化指标测定 [J]. 兽类学报, **40** (2): 201–207.
- 潘龙, 卜登攀, 孙鹏, 周凌云. 2012. 奶牛三大评分体系在实际生产中的应用 [J]. 中国畜牧兽医 (北京), **11** (39): 210–215.