

# 同域分布马鹿与中华斑羚的 冬夏季食物构成比较

刘夫仁<sup>①</sup> 贺伟<sup>②</sup> 赛罕<sup>③</sup> 冯中华<sup>③</sup> 杨永昕<sup>②</sup> 张正一<sup>④</sup> 鲍伟东<sup>①\*</sup>

① 北京林业大学生物科学与技术学院 北京 100083; ② 赤峰市森林草原保护发展中心 赤峰 025015;

③ 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区管理局 大板 025150; ④ 赤峰市野生动植物保护协会 赤峰 025015

**摘要:** 同域分布的有蹄类动物面临食物资源竞争, 而食物又是影响野生动物生存的关键因子之一, 研究不同种类动物的食物构成可以反映其对栖息地条件的适应程度。本研究通过粪便显微分析法, 对内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区马鹿 (*Cervus elaphus*) 和中华斑羚 (*Naemorhedus griseus*) 的冬、夏季食物构成进行比较分析。结果显示, 马鹿在夏季取食 22 科 48 种植物, 中华斑羚取食 15 科 31 种植物; 在冬季, 马鹿取食 17 科 32 种植物, 中华斑羚取食 13 科 23 种植物。Pianka 重叠指数显示, 夏季时马鹿与中华斑羚食物重叠度为 85.4%, 冬季重叠度为 77.6%。使用 Levins 指数计算, 夏季时马鹿与中华斑羚的营养生态位分别是 13.71 和 5.34, 冬季时分别是 11.08 和 4.02。在同一季节, 马鹿取食植物的丰富度和均匀度均大于中华斑羚。本研究结果表明, 马鹿与中华斑羚的食物选择对季节性食物资源变化具有适应性, 但马鹿对环境的适应性高于中华斑羚; 鉴于马鹿的分布范围广、种群数量多, 建议在对物种与栖息地的保护中侧重于中华斑羚。

**关键词:** 同域共存; 食性; 营养生态位; 马鹿; 中华斑羚

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2022) 06-845-10

## Differences in Winter and Summer Diet Composition between Sympatric Red Deer and Chinese Goral

LIU Fu-Ren<sup>①</sup> HE Wei<sup>②</sup> Saihan<sup>③</sup> FENG Zhong-Hua<sup>③</sup> YANG Yong-Xin<sup>②</sup>  
ZHANG Zheng-Yi<sup>④</sup> BAO Wei-Dong<sup>①\*</sup>

① College of Biological Sciences and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083;

② Chifeng Wildlife and Wetland Protection and Management Center, Chifeng 025015;

③ Inner Mongolia Saihanwula National Nature Reserve Administration, Daban 025150;

④ Chifeng Wildlife Conservation Association, Chifeng 025015, China

**Abstract: [Objectives]** The availability of food resources is a key limiting factor of wildlife survival.

**基金项目** 赤峰市林业科技振兴计划项目 (No. K2019002);

\* 通讯作者, E-mail: bao-weidong@126.com;

**第一作者介绍** 刘夫仁, 男, 硕士研究生; 研究方向: 野生动物保护生物学; E-mail: liu\_furen@126.com。

收稿日期: 2022-01-25, 修回日期: 2022-06-04 DOI: 10.13859/j.cjz.202206005

Therefore, determining the competition status of sympatric species in relation to such resources is important for understanding their ecology and conservation requirements. The aim of this study was to analyze the competition status of sympatric Red Deer (*Cervus elaphus*) and Chinese Goral (*Naemorhedus griseus*) regarding diet composition and adaptability in Saihanwula Nature Reserve. **[Methods]** Using microscopic analysis of fresh fecal samples collected from August 2019 to July 2020 (Fig. 1), trophic niche width and overlap were calculated based on the diet composition of Red Deer and Chinese Goral. Significance tests for inter-seasonal and inter-species diet composition were carried out using a non-parametric Kruskal-Wallis model. **[Results]** The results showed that Red Deer fed on 48 plant species from 22 families in summer, and Chinese Goral fed on 31 plant species from 15 families. In winter, Red Deer fed on 32 plant species from 17 families, and Chinese Goral fed on 23 plant species from 13 families (Table 1). The frequency of each diet item varied significantly by season (Red Deer:  $\chi^2 = 46.6$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.01$ ; Chinese Goral:  $\chi^2 = 17.4$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.01$ ) (Fig. 2), and the trophic niche widths were greater for Red Deer than Chinese Goral in summer (Levin's index of 13.71 and 5.34, respectively) and winter (Levin's index of 11.08 and 4.02, respectively). The two species had a large dietary overlap (85.4% in summer, 77.6% in winter), and the trophic niche and diet diversity indices in summer were all significantly higher than those in winter (Table 2). **[Conclusion]** The results indicate that Red Deer are more adaptable to seasonal changes in food resources, although Chinese Goral may also adjust their feeding strategies. Given the wide distribution range and large population size of Red Deer, it is recommended that more conservation efforts be focused on Chinese Goral and their habitats.

**Key words:** Sympatric coexistence; Food niche; Seasonal variation; Red Deer, *Cervus elaphus*; Chinese Goral, *Naemorhedus griseus*

种间竞争描述了不同物种之间对资源的竞争, 当两个物种在同一个生态位内共存时, 竞争排除原则预测, 适应能力更强的物种, 即使只是稍微强一些, 也会导致其他物种受到排斥 (Hardin 1960)。同域分布的有蹄类动物往往存在种间竞争关系, 对食物资源的获取是主要竞争因素之一, 在长期适应进化过程中, 同域分布的物种会在它们的营养生态位上产生一定程度分离 (Schoener 1974, Zengeya et al. 2015)。在意大利对同域分布的黇鹿 (*Dama dama*) 和欧洲狍 (*Capreolus capreolus*) 的研究中发现, 狍种群数量的增加导致黇鹿种群数量减少 (Focardi et al. 2006)。在对瑞典本地的欧洲狍和引进黇鹿的研究中也发现, 两个物种为了避免在同一生态位竞争而发生了营养生态位的分离 (Rautiainen et al. 2021)。

在有蹄类动物中, 不同物种之间的体型差异促进了对食物资源需求的分离, 季节变化和

种间相互作用也是影响食物资源利用的两个重要制约因素, 导致同域分布的不同物种得以稳定共存 (Owen et al. 2008, Fisher et al. 2013)。食物构成是野生动物种群生物学和生态学研究的核心问题之一, 通过对食物成分的研究可以对野生动物的生境选择、环境容纳量、种间竞争等作出初步判断, 并对野生动物保护策略的制定及实施具有指导意义 (Seiki et al. 2020, Deng et al. 2021)。生态位宽度可以反映动物所能利用的各种资源的总和, 是动物利用资源多样性的重要指标。一般来说, 生态位宽度越大, 物种所适应的环境类型越丰富, 无明显偏好性; 反之生态位越小, 说明物种越趋向于特化。食物生态位重叠指数可以反映同域分布物种在食物资源竞争上的激烈程度, 反映不同物种对相似资源的利用效率及共享程度, 其重叠值的大小与竞争强弱呈正比 (Colwell et al. 1971)。

有蹄类动物在不同季节的食物受环境因素

影响, 有比较大的差异 (Ahrens et al. 1981, 初红军等 2008), 但相同季节下, 同域分布物种或许有较大程度的重合现象, 如昶野等 (2010) 在对同域分布岩羊 (*Pseudois nayaur*) 与马鹿 (*Cervus elaphus*) 的研究中发现, 夏季马鹿的食物生态位大于岩羊, 且生态位重叠指数达到 65.17%; 唐书培等 (2018) 在中华斑羚 (*Naemorhedus griseus*) 食性研究中发现, 在夏季时取食植物种类最多、冬季最少, 春秋两季与夏季无明显变化; 朱明月等 (2019) 对同域分布的马鹿与狍 (*Capreolus pygargus*) 的研究中发现, 两者的食物种类重叠程度达到 80% 以上, 但在可食用植物种类取食的比例和序位上有着显著区别; 钟林强 (2020) 在对同域分布的马鹿与梅花鹿 (*Cervus nippon*) 的研究中也有相似结论, 两者取食的植物种类重叠度较高, 但二者采取不同的进食策略避免竞争。

马鹿和中华斑羚均是国家 II 级重点保护野生动物, 马鹿在我国分布较广, 主要分布于东北林区、宁夏、新疆、青海、四川等地, 而中华斑羚多分布于我国的川西、华南等地 (蒋志刚等 2011)。内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区野生动物资源丰富, 其中有国家 I 级保护动物黑鹳 (*Ciconia nigra*)、大鸨 (*Otis tarda*) 和金雕 (*Aquila chrysaetos*), 国家 II 级重点保护动物马鹿、中华斑羚、猞猁 (*Lynx lynx*)、兔狲 (*Otocolobus manul*) 等 30 余种, 其中马鹿与中华斑羚是保护区种群数量较多的重点保护动物, 而且中华斑羚属于一个隔离的种群 (李桂林 2005)。保护区内马鹿生境多位于林间和林缘开阔地 (胡磊 2013), 而中华斑羚往往位于山脊陡峭裸岩处 (朱国芬 2018)。近年来随着保护区管理力度的加强, 野生动物资源得到极大恢复, 红外相机数据以及野外调查发现, 马鹿和中华斑羚的栖息地重合度越来越高, 存在较强的空间分布竞争 (唐书培等 2019)。在此背景下, 本研究通过对两者的食物组成进行对比研究, 分析营养生态位重叠程度, 以期深入探究马鹿与中华斑羚对食物资源的利用差异及

其种间竞争状态, 为保护区制定更完善的管理措施提供科学支撑。

## 1 研究地点与方法

### 1.1 研究地点

赛罕乌拉国家级自然保护区位于内蒙古自治区赤峰市巴林右旗北部 (118°18' ~ 118°55' E, 43°59' ~ 44°27' N), 保护区占地总面积 10.04 万  $\text{hm}^2$ 。保护区地处大兴安岭岭南山地, 是草原向森林、东亚阔叶林向大兴安岭寒温带针叶林双重交汇的过渡地带, 涵盖了寒温带针叶林、落叶阔叶林、落叶阔叶灌丛、温带草原、中生草甸等植被类型, 主要包括色木槭 (*Acer mono*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 和蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 等乔木, 虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、兴安杜鹃 (*Rhododendron dauricum*) 和山杏 (*Armeniaca sibirica*) 等灌木, 以及华虫实 (*Corispermum stauntonii*)、华北剪股颖 (*Agrostis clavata*) 和柄状薹草 (*Carex pediformis*) 等草本植物 (张书理 2007)。

### 1.2 样品采集

2019 年 8 月以及 2020 年 1 月和 7 月, 在赛罕乌拉正沟核心区选取马鹿及中华斑羚高频活动区, 通过非损伤性取样法收集马鹿与中华斑羚的粪粒样品, 中华斑羚的采样点至少间隔 100 m, 马鹿间隔 1 000 m, 以避免粪便样品来自同一只个体 (图 1)。采集的新鲜粪样置于收集管中、倒入无水乙醇密封, 放入 -20 °C 冰箱冷冻保存, 并记录采样时间、地点及其生境信息。采集动物粪粒样品时, 对马鹿与中华斑羚的活动区域进行植物样本收集, 取每种植物的花、茎、叶制作显微分析对照标准压片, 共计 31 科 80 种。在采集时对植物进行编号、记录生境信息、GPS 位点等。依据当地气候特点, 划定 6 至 8 月为夏季, 11 月至翌年 2 月为冬季。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 显微压片制备** 每 5 份马鹿和中华斑羚样品随机各取两粒粪样组成一个复合样本, 将

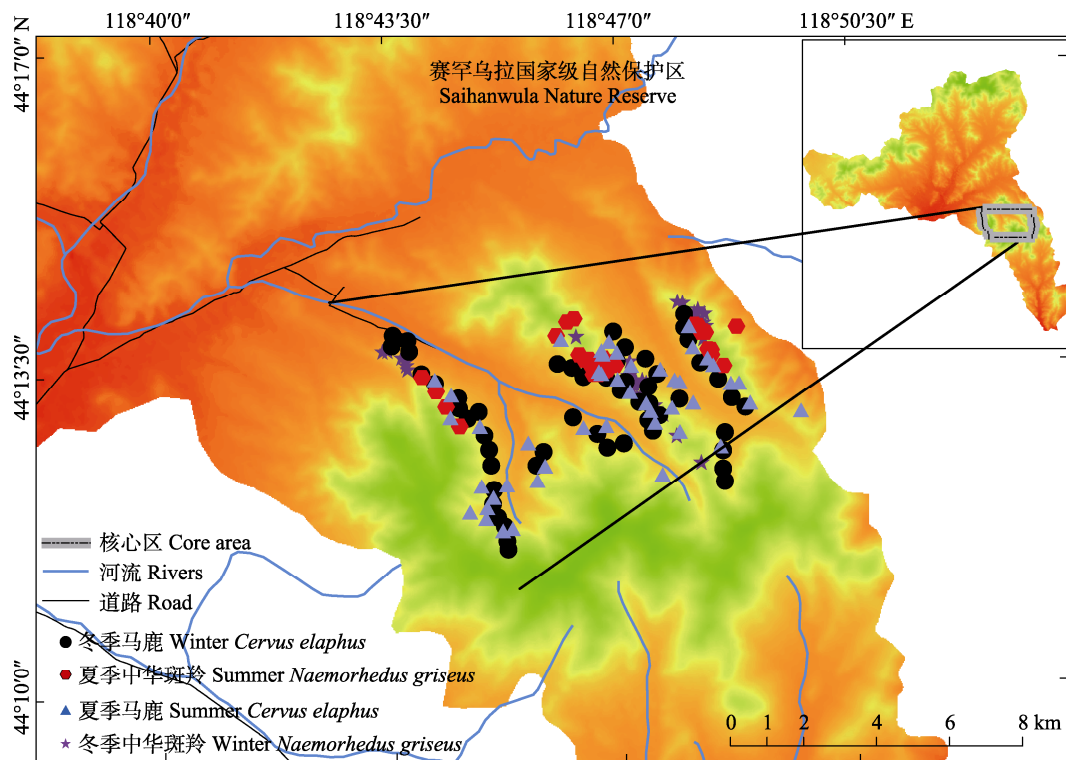


图 1 本研究采样点分布概况

Fig. 1 Overview of sampling points

采集的植物和动物复合粪样在烘箱中  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘干  $48\text{ h}$ , 研磨粉碎, 样品通过 60、100、200 目的网筛, 取 100 目网筛上样  $0.5\sim 1.0\text{ g}$ , 倒入培养皿中, 加入 10% 次氯酸钠解离  $8\sim 10\text{ h}$ , 用镊子夹取少量悬浮物置于滴有蒸馏水的载玻片上, 制作临时装片 (曹伊凡等 2006)。若观察结果清晰, 将解离后的样品倒入 200 目网筛用自来水冲洗  $2\sim 3\text{ min}$ , 转移入干净的培养皿中加  $1\sim 2$  滴 1% 番红花红染液 (上海懋康生物科技有限公司), 染色  $30\text{ min}$ , 冲洗多余浮色后, 取少量样品放入饱和 NaCl 溶液载玻片上, 用滤纸吸取多余水分后, 在  $10\times 10$  倍显微镜 (光学显微镜 SG50-3A43L-A, 苏州神鹰光学有限公司) 下观察, 选择结构清晰样品, 加甘油和加拿大树胶封边, 拍照留存。每个植物样品制作 3 张压片, 每个动物复合样本粪样制片 6 张。

**1.3.2 显微片镜检** 在  $10\times 10$  倍的显微镜下观察每个复合样本, 随机选取 10 个视野 (避免重复), 记录每个视野中出现的可辨认植物组织细胞, 求出每种植物在复合样品中的出现频率  $F(\%)$ , 即每种植物出现的总数占所有植物出现的次数之和的百分比。依照公式  $F = 100(1 - e^{-D})$  得出每个视野中每种植物可辨认表皮碎片的平均密度  $D$  (崔多英等 2007), 进而转换为相对密度  $D_R$ ,  $D_R = 100\%$  (每种植物可辨认的碎片密度/各种植物可辨认碎片的密度总和), 即为动物食物中各种植物实际比例的估计值, 根据相对密度数值, 对不同取食植物种类进行排序, 比较马鹿与中华斑羚取食植物种类的差异及其偏好性。

#### 1.4 数据处理

采用 Shannon-Wiener 指数 ( $H$ ) 计算食物种类多样性, 使用 Pielou 均匀度指数 ( $J$ ) 表示

取食植物种类的均匀程度, 利用 Levins 指数 ( $B$ ) 分析季节性食物组成生态位宽度 (Shannon et al. 1949, Levins 1968, Wiegand et al. 1971)。使用 Pianka 生态位重叠公式 (Pianka 1973) 通过取食植物比例, 计算马鹿和中华斑羚营养生态位重叠状况, 在统计分析软件 R3.61 的“spaa”程序包中进行计算分析(张金龙等 2014)。使用 SPSS 21 通过单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验分析冬、夏季马鹿和中华斑羚食物种类及组成比例的正态分布情况, 确认变量不呈正态分布, 采用非参数 Kruskal-Wallis 模型对季节间和物种之间的食物组成进行显著性检验, 差异性标准为  $P < 0.05$  (Kruskal et al. 1952)。

## 2 结果

### 2.1 冬、夏季食物种类构成

本研究共采集夏季马鹿样品 49 份、中华斑羚 39 份, 冬季马鹿样品 65 份、中华斑羚 42 份。马鹿夏季取食植物共计 22 科 48 种, 相对密度  $D_R > 1\%$  的植物共有 29 种,  $D_R > 4\%$  的植物有 4 种, 分别是山杏 (9.87%)、黑桦 (*Betula dahurica*, 9.27%)、山荆子 (*Malus baccata*, 6.07%) 和稷斗叶绣线菊 (*Spiraea aquilegifolia*, 4.23%)。中华斑羚夏季取食植物种类共计 15 科 31 种,  $D_R > 1\%$  的有 25 种,  $D_R > 4\%$  有 8 种, 分别是虎榛子 (11.08%)、羊草 (*Leymus chinensis*, 10.49%)、山杏 (7.09%)、山韭 (*Allium senescens*, 6.55%)、白藓 (Leucomiaceae, 6.01%)、黑桦 (5.48%)、山荆子 (4.95%)、蝇子草 (*Silene gallica*, 4.43%) (附录 1)。马鹿和中华斑羚取食植物种类具有显著差异 ( $\chi^2 = 42.58$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.01$ )。

马鹿冬季取食植物共计 17 科 32 种,  $D_R > 1\%$  的植物有 18 种, 其中  $D_R > 4\%$  的植物有 12 种, 分别是蒙古栎 (32.6%)、虎榛子 (5.48%)、地榆 (*Sanguisorba officinalis*, 5.32%)、龙牙草 (*Aggrimonia pilosa*, 4.89%)、油芒 (*Eccoilopus cotulifer*, 4.89%)、白桦 (4.89%)、大果榆 (*Ulmus*

*macrocarpa*, 4.89%)、漏芦 (*Stemmacantha uniflora*, 4.36%)、狗尾草 (*Setaria viridis*, 4.36%)、羊草 (4.13%)、大叶樟 (*Deyeuxia langsdorffii*, 4.04%) 和照山白 (*Rhododendron micranthum*, 4.04%)。中华斑羚冬季取食植物共计 13 科 23 种,  $D_R > 1\%$  的植物有 16 种, 其中  $D_R > 4\%$  的植物有 10 种, 蒙古栎 (14.39%)、虎榛子 (10.56%)、黑桦 (10.26%)、羊草 (10.12%)、滨藜 (*Atriplex patens*, 8.38%)、山杏 (7.25%)、稷斗叶绣线菊 (6.21%)、野艾蒿 (*Artemisia lavandulaefolia*, 5.73%)、油芒 (5.24%) 和大果榆 (5.04%) (附录 1)。冬季马鹿和中华斑羚取食植物种类有显著差异 ( $\chi^2 = 34.64$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.01$ )。

马鹿冬季与夏季食物组成差异显著 ( $\chi^2 = 53.18$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0.01$ ); 中华斑羚冬季与夏季食物组成亦差异显著 ( $\chi^2 = 48.76$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0.01$ )。

### 2.2 冬、夏季食物类型差异

在夏季, 马鹿取食植物大类由高到低次序为, 禾本科 (22.75%)、菊科 (22.18%)、蔷薇科 (15.30%)、桦木科 (11.66%)、菊科 (11.09%)、豆科 (8.80%) (图 2), 中华斑羚取食为禾本科 (29.57%)、苋科 (14.30%)、蔷薇科 (12.36%)、桦木科 (11.79%), 马鹿与中华斑羚之间无显著差异 ( $\chi^2 = 6.56$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0.42$ )。在冬季, 马鹿取食由高到低为, 壳斗科 (32.56%)、禾本科 (18.03%)、桦木科 (10.32%)、蔷薇科 (10.09%), 中华斑羚为, 禾本科 (22.52%)、桦木科 (20.82%)、壳斗科 (14.39%)、蔷薇科 (13.36%)、苋科 (8.37%), 马鹿与中华斑羚之间有显著差异 ( $\chi^2 = 32.4$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0.01$ )。

季节间相比较, 夏季时两种动物取食植物类型更多, 取食多样性较高; 冬季时取食偏向于特化, 取食植物类型少, 差异显著 (马鹿:  $\chi^2 = 46.6$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.01$ ; 中华斑羚:  $\chi^2 = 17.4$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.01$ )。

### 2.3 生态位指数与食物重叠度

马鹿和中华斑羚营养生态位宽度由高到低

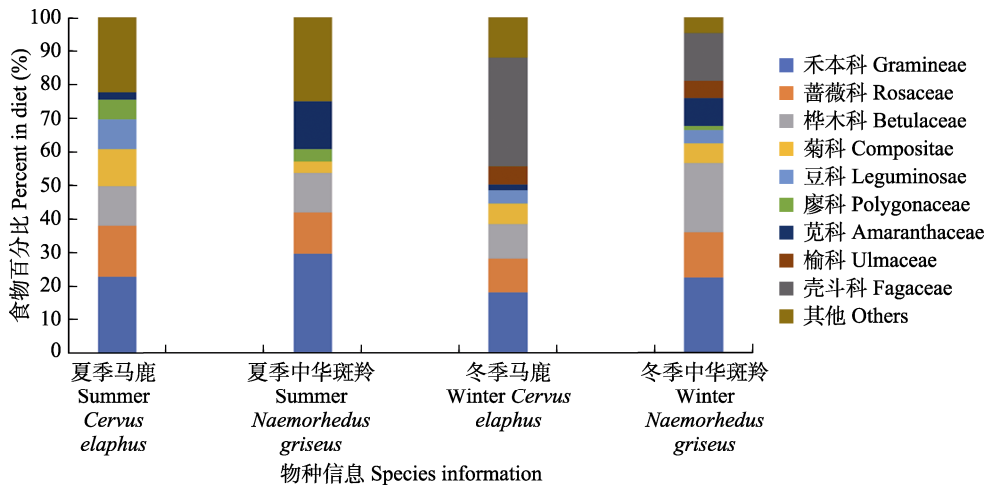


图 2 马鹿和中华斑羚不同季节食物类型

Fig. 2 Relative percentage of plant categories in the diets of Red Deer and Chinese Goral during summer and winter

依次是夏季马鹿、冬季马鹿、夏季中华斑羚、冬季中华斑羚，Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数由高到低均是夏季马鹿、夏季中华斑羚、冬季马鹿、冬季中华斑羚（表 1）。夏季时马鹿与中华斑羚食物重叠度为 85.4%，冬季重叠度为 77.6%。

### 3 讨论

同域分布的有蹄类物种往往存在较强的种间竞争,对食物资源的获取是主要因素之一(王仁忠 1997, 原宝东等 2016)。物种能够在同域中共存,种间至少在资源生态位上存在一种维度的分离,空间或食物(Roy et al. 2011, Ruslin et al. 2019, 吕忠海等 2020)。在赛罕乌拉国家

级自然保护区,过去由于马鹿、中华斑羚种群数量较少,在生态位上尚未构成明显竞争,但随着保护力度加强,野生动物种群数量有了明显提高,导致马鹿与中华斑羚存在空间重叠现象(杨婧等 2019),造成马鹿与中华斑羚在食物资源上产生潜在竞争,在夏季时食物资源相对丰富,两者之间的竞争不明显,但在冬季食物资源较为匮乏时导致竞争趋势加剧。

在夏季时,马鹿取食木本植物的比例大于草本植物,王志勇等(2019)在对贺兰山马鹿的食性分析中也得到相似结果,主要与马鹿活动区域相关。在赛罕乌拉保护区,夏季时马鹿往往偏好于山顶缓坡区域和林间边缘地带活动,喜欢灌丛草地等环境,在此区域内往往木

表 1 冬、夏季马鹿和中华斑羚生态位宽度指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数

Table 1 The trophic niches index, Shannon-Wiener index, Pielou evenness index for winter and summer Red Deer and Chinese Goral

	夏季 Summer		冬季 Winter	
	马鹿 Red Deer	中华斑羚 Chinese Goral	马鹿 Red Deer	中华斑羚 Chinese Goral
生态位宽度 Niche breadth index	13.71	5.34	11.08	4.02
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	1.76	1.30	1.06	0.96
Pielou 均匀度 Pielou evenness index	0.57	0.46	0.38	0.35

本植物分布较为广泛(雍世鹏等 2011);此外,取食植物的差异可能也跟动物的体型相关(Montague et al 1985),马鹿体型高大,易于获取木本植物高处生长的嫩枝条,这也是马鹿在夏季时更多取食木本植物的一个原因。中华斑羚夏季时多活动于山巅陡坡处,草本植物资源丰富,在实地调查中也发现中华斑羚栖息地附近啃食过的羊草、滨藜等草本植物嫩叶。唐书培等(2018)曾对赛罕乌拉保护区中华斑羚的夏季食物构成进行过研究,在食物种类上与本研究有较大差异,但在主要取食的科水平的植物及其所占比例差异不大,取食草本植物的比例大于木本植物,主要原因可能是在以往中华斑羚食性研究中共采集植物样本 46 种,而本研究采取植物样品 80 种,且本研究对植物不同部位的细胞形态均做了装片,分辨精确度更高,因此在本研究得到更多种取食植物种类。

冬季时,马鹿与中华斑羚的取食植物种类较夏季显著下降(附录 1),主要是由于食物资源匮乏所致。何欢(2015)对赤峰高格斯台地区马鹿食物组成的研究表明,冬、夏季食物组成差异显著,冬季取食植物 15 种,远远小于夏季的 40 种。吕忠海等(2020)的研究结果显示,冬季时马鹿与狍的取食植物种类少于夏季,且木本植物所占比例明显上升,主要原因便是冬季可利用植物资源较少。在本研究区域,冬季自然环境恶劣,积雪较深,马鹿与中华斑羚能够获取的食物资源有限,只能取食高出雪被的木本植物,多为蒙古栎、白桦、虎榛子等。

食物重叠指数是判断同域物种竞争程度的有效参数,可以明确同域分布物种为共存而采取的取食策略(Estevo et al. 2017, Sato et al. 2018),评估野生动物对环境的适应性(Camposa et al. 2004, Yoshihara et al. 2008)。在不同季节的比较中,夏季马鹿与中华斑羚的各项指数大于冬季(表 1),显示季节对马鹿和中华斑羚的食物影响较为显著,且季节对中华斑羚的影响大于马鹿。在实际调查中发现,马鹿与中华斑羚栖息地存在一定程度的重合,但

中华斑羚往往生活的高海拔陡坡处,适宜栖息地范围小(唐书培等 2019),马鹿的适宜栖息地面积远大于中华斑羚,展示出马鹿对保护区环境有更强的适应性,在与中华斑羚的竞争中处于优势地位。在夏季食物资源丰富时,中华斑羚受到的影响相对较小,但到冬季较为明显,导致中华斑羚取食趋向特化。本研究中,冬、夏季节的马鹿与中华斑羚均存在食物重叠现象,夏季时食物重叠指数明显大于冬季,显示出对共同资源的利用。对可可西里有蹄类动物的食物重叠性研究表明,藏野驴(*Equus kiang*)和藏羚羊(*Pantholops hodgsoni*)在冷季的食物重叠指数大于暖季,而藏野驴与藏原羚(*Procapra picticaudata*)、野牦牛(*BOS mutus*)在暖季的食物重叠指数大于冷季(曹伊凡等 2009),显示出不同物种之间的竞争存在差异,从而实现种间共存。

本研究对冬、夏两季马鹿及中华斑羚的食物构成进行比较研究,通过对食物多样性、生态位宽度、食物重叠指数进行分析,解析两者对栖息地的适应程度,发现无论是冬、夏季,马鹿的生态位宽度都大于中华斑羚,马鹿对环境资源变化的适应性强于中华斑羚。据此建议,保护区在以后的工作中需要加强对中华斑羚的保护工作,在夏季时马鹿与中华斑羚食物资源丰富,中华斑羚所面对竞争或许有限,但在冬季食物资源匮乏必将导致竞争加剧,可以对中华斑羚进行草料投喂,减少中华斑羚因食物减少而造成损失,以便有效促进这一隔离种群稳定复壮。

## 参 考 文 献

- Ahrens H, Pincus R. 1981. On two measures of unbalancedness in a one-way model and their relation to efficiency. *Biometrical Journal*, 23(1): 227-235.
- Camposa A A, Takatsuki S, Lhagvasuren B. 2004. Food overlap between Mongolian gazelles and livestock in Omnogobi, southern Mongolia. *Ecological Research*, 19(4): 455-460.
- Colwell R K, Futuyama D J. 1971. On the measurement of niche

- breadth and overlap. *Ecology*, 52(4): 567–576.
- Deng S, Li J, Qu Y, et al. 2021. Camera trap reveals the co-occurrence patterns of two sympatric muntjac species in southern Anhui Province, China: No spatial segregation. *Ecology and Evolution*, 11(24): 17801–17809.
- Estevo C A, Nagy-Reis M B, Nichols J D. 2017. When habitat matters: Habitat preferences can modulate co-occurrence patterns of similar sympatric species. *PLoS One*, 12(7): e0179489.
- Fisher J T, Anholt B, Bradbury S, et al. 2013. Spatial segregation of sympatric marten and fishers: The influence of landscapes and species-scapes. *Ecography*, 36(2): 240–248.
- Focardi S, Aragno P, Montanaro P, et al. 2006. Inter-specific competition from fallow deer (*Dama dama*) reduces habitat quality for the Italian roe deer (*Capreolus capreolus*). *Ecography*, 29(3): 407–417.
- Hardin G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science*, 131(2904): 1292–1297.
- Kruskal W H, Wallis W A. 1952. Use of ranks in one criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47: 583–621.
- Levins R. 1968. *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations*. Princeton: Princeton University Press.
- Montague W D, Peter J V. 1985. A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and nonruminant herbivores. *The American Naturalist*, 125(5): 641–672.
- Owen S N, Mills M G. 2008. Predator-prey size relationships in an African large-mammal food web. *Journal of Animal Ecology*, 77(1): 173–83.
- Pianka E R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1): 53–74.
- Rautiainen H, Bergvall U A, Felton A M, et al. 2021. Nutritional niche separation between native roe deer and the nonnative fallow deer—a test of interspecific competition. *Mammal Research*, 66(3): 443–455.
- Roy K, Singh M, Singh M. 2011. Diet and dietary-niche breadth of diurnal rain forest primates in the Central Western Ghats, India. *Folia Primatologica*, 82(6): 283–298.
- Ruslin F, Matsuda I, Md-Zain B M. 2019. The feeding ecology and dietary overlap in two sympatric primate species, the long-tailed macaque (*Macaca fascicularis*) and dusky langur (*Trachypithecus obscurus obscurus*) in Malaysia. *Primates*, 60(1): 41–50.
- Sato J J, Shimada T, Kyogoku D, et al. 2018. Dietary niche partitioning between sympatric wood mouse species (Muridae: *Apodemus*) revealed by DNA meta - barcoding analysis. *Journal of Mammalogy*, 99(4): 952–964.
- Schoener T W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185(4145): 27–39.
- Seiki T, Yuki M. 2020. Food habits of horses, cattle, and sheep-goats and food supply in the forest–steppe zone of Mongolia: A case study in Mogod sum (county) in Bulgan aimag (province). *Journal of Arid Environments*, 174: e104039.
- Shannon E C, Weaver W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Illinois: Urbana University of Illinois Press.
- Wiegand H, Pielou E C. 1971. An introduction to mathematical ecology. *Wiley Interscience. Biometrical Journal*, 13: 219–220.
- Yoshihara Y, Ito T Y, Lhagvasuren B, et al. 2008. A comparison of food resources used by Mongolian gazelles and sympatric livestock in three areas in Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 72(1): 48–55.
- Zengeya F M, Murwira A, Caron A, et al. 2015. Spatial overlap between sympatric wild and domestic herbivores links to resource gradients. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1(2): 56–65.
- 曹伊凡, 苏建平. 2006. 一种用于食草动物粪便显微组织分析的临时装片新技术. *兽类学报*, 26(4): 407–410.
- 曹伊凡, 张同作, 连新明, 等. 2009. 青海省可可西里地区几种有蹄类动物的食物重叠初步分析. *四川动物*, 28(1): 49–54.
- 昝野, 张明明, 刘振生, 等. 2010. 贺兰山同域分布岩羊和马鹿的夏季食性. *生态学报*, 30(6): 1486–1493.
- 初红军, 蒋志刚, 兰文旭. 2008. 蒙古野驴、鹅喉羚和家畜的食物重叠. *动物学报*, 54(6): 941–954.
- 崔多英, 刘振生, 王小明, 等. 2007. 贺兰山马鹿冬季食性分析. *动物学研究*, 28(4): 383–388.
- 何欢. 2015. 内蒙古高格斯台地区夏季和冬季马鹿食物组分比较研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 胡磊. 2013. 基于红外自动相机技术的马鹿和狍活动节律与马鹿集群行为. 北京: 北京林业大学硕士学位论文.



- 蒋志刚, 马勇, 吴毅, 等. 2011. 中国哺乳动物多样性. 生物多样性, 23(3): 351–364.
- 李桂林. 2005. 赛罕乌拉自然保护区志. 赤峰: 内蒙古科学技术出版社.
- 吕忠海, 冯源, 于沿泽, 等. 2020. 高食性重叠度对同域物种生境分离的影响——以马鹿和狍为例. 东北林业大学学报, 48(2): 72–75.
- 吕忠海, 张玮琪, 刘浩, 等. 2020. 西藏马鹿与同域野生有蹄类、家畜草青期食性比较. 应用生态学报, 31(2): 651–658.
- 唐书培, 姜秀丽, 王晓玲, 等. 2018. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区中华斑羚的季节性食物构成分析. 四川动物, 37(3): 311–316.
- 唐书培, 穆丽光, 王晓玲, 等. 2019. 基于 MaxEnt 模型的赛罕乌拉国家级自然保护区斑羚生境适宜性评价. 北京林业大学学报, 41(1): 102–108.
- 王仁忠. 1997. 放牧影响下羊草草地主要植物种群生态位宽度与生态位重叠的研究. 植物生态学报, 43(4): 9–16.
- 王志勇, 孟德怀, 骆颖, 等. 2019. 贺兰山马鹿春季食性分析. 野生动物学报, 40(4): 825–831.
- 杨婧, 陈照娟, 乌力吉, 等. 2019. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区中华斑羚行为节律初步研究. 四川动物, 38(3): 256–262.
- 雍世鹏, 邢莲莲, 李桂林, 等. 2011. 赛罕乌拉国家级自然保护区生物多样性编目. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 722–735.
- 原宝东, 闫永峰. 2016. 鹞鹩冬季和春季取食生态位初步研究. 四川动物, 35(3): 426–430.
- 张金龙, 马克平. 2014. 种间联结和生态位重叠的计算: spaa 程序包. 中国生物多样性保护与研究进展. 北京: 气象出版社, 165–174.
- 张书理. 2007. 内蒙古赛罕乌拉自然保护区植物多样性及其保护研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文.
- 钟林强. 2020. 同域分布马鹿与梅花鹿采食和营养策略及采食生境评价. 哈尔滨: 东北林业大学博士学位论文.
- 朱国芬. 2018. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区隔离长尾斑羚群体遗传结构及个体空间分布研究. 北京: 北京林业大学硕士学位论文.
- 朱明月, 杨淼, 张玮琪, 等. 2019. 黑龙江穆稜东北红豆杉自然保护区马鹿与狍冬季食性组成的比较. 东北林业大学学报, 47(5): 100–104.

### 附录 1 冬、夏季马鹿和中华斑羚取食植物种类及相对密度 ( $D_R$ )

#### Appendix 1 Plant species and relative density ( $D_R$ ) of winter and summer feeding by Red Deer and Chinese Goral

植物种类 Plant species		夏季 Summer				冬季 Winter			
科 Family	物种 Species	中华斑羚 Chinese Goral		马鹿 Red Deer		中华斑羚 Chinese Goral		马鹿 Red Deer	
		取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities	取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities	取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities	取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities
蔷薇科 Rosaceae	山杏 <i>Armeniaea sibirica</i>	1	9.87	3	7.09	13	0.24	6	7.25
	山荆子 <i>Malus baccata</i>	3	6.07	6	4.95	10	1.27	6	4.95
	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	8	3.17			3	5.32		
	耧斗叶绣线菊 <i>Spiraea aquilegifolia</i>	5	4.23	11	5.48			7	6.21
禾本科 Gramineae	龙牙草 <i>Agrimonia pilosa</i>	18	0.69	8	3.92	4	4.89		
	羊草 <i>Leymus chinensis</i>	6	3.59	2	10.5	6	4.13	4	10.10
	针茅 <i>Stipa capillata</i>	15	1.26	15	0.47	12	0.65		
	剪股颖 <i>Agrostis matsumurae</i>	8	3.17	10	2.91	13	0.24	11	4.02
	大叶章 <i>Deyeuxia langsdorffii</i>	20	0.34			7	4.04		
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	13	1.79	14	0.95	5	4.36	12	3.14
	冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	13	1.98						
	油芒 <i>Eccoilopus cotulifer</i>	10	2.57	13	1.43	4	4.89	9	5.24
桦木科 Betulaceae	虎榛子 <i>Ostryopsis davidiana</i>	6	3.59	1	11.00	2	5.48	2	10.60
	黑桦 <i>Betula dahurica</i>	2	9.27	10	2.91			3	10.30
	白桦 <i>B. platyphylla</i>			10	2.91	4	4.89		

续附录 1

植物种类 Plant species		夏季 Summer				冬季 Winter			
科 Family	物种 Species	中华斑羚 Chinese Goral		马鹿 Red Deer		中华斑羚 Chinese Goral		马鹿 Red Deer	
		取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities	取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities	取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities	取食序位 Feeding order	相对密度 Relative densities
菊科 Compositae	漏芦 <i>Stemmacantha uniflora</i>	4	4.9	13	1.92	5	4.36		
	野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	9	2.77	9	3.41	13	0.24	8	5.73
	蓝刺头 <i>Echinops sphaerocephalus</i>	18	0.70			8	3.41		
	麻花头 <i>Serratula centauroides</i>							17	0.47
	火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>			13	1.92				
豆科 Leguminosae	多茎野豌豆 <i>Vicia multicaulis</i>	8	3.17						
	歪头菜 <i>V. unijuga</i>	18	0.69	14	0.95			13	2.36
	尖叶胡枝子 <i>Lespedeza hedysaroides</i>	13	1.98			10	1.27	14	1.28
	三色胡枝子 <i>L. bicolor</i>	10	2.57						
蓼科 Polygonaceae	高山蓼 <i>Polygonum alpinum</i>	7	3.38	13	1.92	10	1.27	17	0.47
	水蓼 <i>P. hydropiper</i>	11	2.37	11	2.41	10	1.04		
石竹科 Caryophyllaceae	蝇子草 <i>Silene gallica</i>	7	3.38	7	4.43	10	1.27		
	石竹 <i>Dianthus chinensis</i>	20	0.34			13	0.24		
唇形科 Labiatae	益母草 <i>Leonurus artemisia</i>	14	1.42	15	0.47				
	多裂叶荆芥 <i>Schizonepeta multifida</i>	18	0.69			12	0.65		
	黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>	16	1.05	11	2.41	12	0.65	14	1.28
杜鹃花科 Ericaceae	照山白 <i>Rhododendronmicranthum</i>	7	3.38			7	4.04		
百合科 Liliaceae	山韭 <i>Allium senescens</i>	11	2.38	4	6.55	13	0.24	14	1.28
无患子科 Sapindaceae	色木槭 <i>Acer mono</i>	11	2.37			11	0.98		
苋科 Amaranthaceae	滨藜 <i>Atriplex patens</i>	13	1.98	8	3.92	11	0.98	5	8.38
景天科 Crassulaceae	钝叶瓦松 <i>Orostachys malacophyllus</i>	14	1.42	13	1.92	13	0.24	16	0.58
	八宝 <i>Hylotelephium erythrostickum</i>	19	0.52						
油藓科 Hookeriaceae	白藓 <i>Dictamnus dasycarpus</i>	16	1.05	5	6.01	11	0.98	17	0.47
玄参科 Scrophulariaceae	穗花 <i>Styrophyton caudatum</i>	17	0.87						
茜草科 Rubiaceae	蓬子菜 <i>Galium verum</i>	17	0.87						
伞形科 Umbellifere	狭叶柴胡 <i>Bupleurum chinense</i>	18	0.69						
忍冬科 Caprifoliaceae	华北蓝盆花 <i>Scabiosa tschiliensis</i>	20	0.34						
榆科 Ulmaceae	大果榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	21	0.17			4	4.89	10	5.04
桔梗科 Campanulaceae	狭叶沙参 <i>Adenophora gmelinii</i>	21	0.17			13	0.24		
藜科 Chenopodiaceae	猪毛菜 <i>Salsola collina</i>			10	2.91			15	1.06
车前科 Plantaginaceae	柳穿鱼 <i>Linaria japonica</i>			11	2.41				
	草乌头 <i>Aconitum kusnezoffii</i>			13	1.92				
壳斗科 Fagaceae	蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>					1	32.6	1	14.4

仅列出  $D_R > 1\%$  的种类。