

蒙古野驴、鹅喉羚和家畜的食物重叠*

初红军^{1,2,4} 蒋志刚^{3**} 兰文旭⁴ 王 臣⁵ 陶永善⁶ 蒋 峰⁶

1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 81000
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049
3. 中国科学院动物研究所, 北京 100101
4. 新疆阿勒泰地区野生动植物保护办公室, 阿勒泰市 836500
5. 新疆普氏野马繁殖研究中心, 乌鲁木齐 830000
6. 新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区阿勒泰管理站, 阿勒泰市 836500

摘要 采用粪样显微分析技术研究了新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区及周边区域蒙古野驴、鹅喉羚及家羊、家马和家骆驼 3 种家养有蹄类春季、秋季和冬季食性组成及食物生态位。结果发现: (1) 蒙古野驴、鹅喉羚和家畜主要采食针茅、驼绒藜、蒿和梭梭, 但是, 它们采食的植物科数和种数都不相同, 各植物种类在食谱中所占的比例不同; (2) 各个季节有蹄类动物两两之间的食物生态位重叠均在 0.8 以上, 最低为 0.832 (冬季鹅喉羚和家马), 最高达到 0.986 (秋季蒙古野驴和家羊; 秋季家马和家羊), 五种有蹄类之间的食物生态位重叠度也达到了 0.3 以上。表明在卡拉麦里山有蹄类自然保护区, 上述野生动物及季节性进入该自然保护区的家畜之间均存在食物竞争; 冬季积雪深, 食物短缺, 荒漠有蹄类易因冻饿及疾病等造成死亡。因此, 应采取限制秋冬季进入该自然保护区, 家畜数量及调整放牧区域等保护管理措施, 对该区域荒漠有蹄类动物实施有效保护 [动物学报 54 (6): 941-954, 2008]。

关键词 蒙古野驴 鹅喉羚 食物重叠 营养生态位宽度

Dietary overlap among kulan *Equus hemionus*, goitered gazelle *Gazella subgutturosa* and livestock*

CHU Hong-Jun^{1,2,4}, JIANG Zhi-Gang^{3**}, LAN Wen-Xu⁴, WANG Chen⁵, TAO Yong-Shan⁶, JIANG Feng⁶

1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810008, China
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China
4. Wildlife Conservation Office, Altay Prefecture, Xinjiang 836500, China
5. Xinjiang Research Center for Breeding Przewalski's Horse, Urumqi 830000, China
6. Altay Management Station, Kalamaili Mountains Ungulate Nature Reserve, Xinjiang 836500, China

Abstract We studied overlap among diets of kulan *Equus hemionus*, goitered gazelle *Gazella subgutturosa sairensis* and three domestic livestock, using micro-histological analysis of fresh fecal samples collected in the Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang, China during autumn and winter 2007, and spring 2008. Kulan, goitered gazelle and domestic livestock mainly ate *Stipa*

2008-04-14 收稿, 2008-05-28 接受

* 本研究得到新疆自治区科技攻关和重点科技项目“中国阿尔泰山及其南部荒漠有蹄类多样性现状与保护研究”(200433116)、科技部科技支撑项目(2007CB106801)、国家林业局野生动植物保护司及阿勒泰地区科技局经费资助 [The research was supported by the Key Science and Technology Project of Xinjiang Uigur Autonomous Region, “Status and Conservation Research of Ungulates in the Chinese Altay and its Southern Deserts (200433116)”, Science Supporting Project of National Ministry of Science and Technology (2007CB106801), Wild Fauna and Flora Conservation Department of State Forestry Administration and Science and Technology Bureau of Altay Region].

** 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: jiangzg@ioz.ac.cn

© 2008 动物学报 *Acta Zoologica Sinica*

spp., *Ceratoides latens*, *Artemisia* spp. and white saxaul *Haloxylon persicum*, although plant families and species compositions of their diets differed. Pianka Niche Overlap Index C values of kulan, goitered gazelle, and 3 domestic livestock species were all over 0.8, varying from 0.832 (between goitered gazelle and domestic horse in winter) to 0.986 (between kulan and domestic sheep in autumn, and between domestic horse and domestic sheep in autumn). We interpret these high overlap values as indicating serious food competition among wild animals and seasonal pastoral livestock, especially, during winters when deep snow covered ground and forage was scarce. Wild ungulates may be die due to malnutrition during those severe winters. Thus we recommend that managers of Kalamaili Ungulate Nature Reserve should set up guidelines for restricting the number of livestock entering the nature reserve in autumn, or restricting the grazing area of livestock in winter, and protecting wild ungulates in the nature reserve [*Acta Zoologica Sinica* 54 (6): 941–954, 2008].

Key words Kulan, Goitered gazelle, Dietary overlap, Trophic niche width

食性研究既是进行动物营养学研究的第一步,也是从营养学的角度探讨动物取食策略、生境适应机制的基础。同时,动物的种群动态、行为、生理等均有赖于食性研究。在实践中,确定动物的食性也是进行种群科学管理的前提(吴建平, 2007)。国内外学者围绕珍稀濒危和资源野生动物的食性进行了广泛的研究,如对普氏原羚(*Capra przewalskii*) (李迪强等, 1999)、藏羚(*antholops hodgsoni*) (曹伊凡等, 2008)、鬣羚(*Capricornis sumatraensis*) (宋延龄等, 2005)、亚洲象(*Elephas maximus*) (陈进等, 2006)、原麝(*Moschus moschiferus*) (吴建平, 2007)、马鹿(*Cervus elaphus*) (乔建芳等, 2006; 崔多英等, 2007)、獐(*Hydropotes inermis*) (郭光普、张恩迪, 2005)、驯鹿(*Rangifer tarandus*) (Kumpula, 2001)、虎(*anthera tigris*) (Biswas and Sankar, 2003)、藏原羚(*Capra peticaudata*) (李忠秋、蒋志刚, 2007)、棕熊(*Ursus arctos*) (Elgmork and Kaasa, 1992; Naves et al., 2006)、黑熊(*Ursus thibetanus*) (Hashimoto et al., 2003; 王文等, 2008)、狼(*Canis lupus*) (Malcolm, 1997; Santos et al., 2003; Hovers and Tungalaktuja, 2005; 张洪海等, 2000)等食性进行了专题研究。一直以来,同域分布的野生动物食物组成及竞争的研究为国内外同行所重视(Bedunah and Harris, 2005; Cederlund and Nystrom, 1981; Genin et al., 1994; Heroldova, 1996; Kingery et al., 1996; Taber et al., 1997; De Alba Becerra et al., 1998; Latham et al., 1999; Neale and Sacks, 2001; Adams et al., 2003; J como et al., 2004; Novack et al., 2005; Azevedo et al., 2006; Phillips et al., 2007)。而近年来对同域分布的大中型有蹄类之间及其与家畜之间食物生态位研究成为新的热点,国内外学者围绕西班牙北山羊(*Capra pyrenaica*)和家羊(Mart nez, 2002),角马(*Connochaetes taurinus*)、东非狷羚(*Alcephalus buselaphus*)和家牛(Ego et al., 2003),岩羊(*seudois nayaur*)和家畜(Mishra et al.,

2004)、蒙古瞪羚(*Capra gutturosa*)与家畜(Campos-Arceiz et al., 2004; Yoshihara et al., 2008),亚洲象和大独角犀(Steinheim et al., 2005),藏羚羊、藏原羚和西藏野驴(*Equus kiang*) (殷宝法等, 2007),普氏原羚与藏系绵羊(Liu and Jiang, 2004),西藏盘羊(*Ovis ammon hodgsoni*)、岩羊和藏系山羊(Shrestha et al., 2005),红小羚羊(*Cephalophus natalensis*)、普通小羚羊(*Cephalophus grimmia*)和李氏岛羚(*Neotragus moschatus*) (Prins et al., 2006),马鹿和家牛(Moser and Witme, 2000),普氏原羚与藏原羚及藏系绵羊或山羊(Li et al., 2007)进行了较为深入的研究。

我国现存马科(Equidae)动物有3种,即蒙古野驴(*E. hemionus*)、西藏野驴和普氏野马(*E. przewalskii*) (高行宜、谷景和, 1989)。作为低海拔干旱荒漠区有蹄类的典型代表,蒙古野驴目前较集中分布于准噶尔盆地东部的卡拉麦里山有蹄类自然保护区至乌伦古河以南一带(郑生武、高行宜, 2000)。2001年8月26日,27匹人工繁育的普氏野马首次被野放到卡拉麦里山有蹄类自然保护区北部的别勒库都克区域,由于对水源地的极度依赖性,目前放野普氏野马群在该区域围绕南北方向穿越该保护区的国道216线两侧栖息分布。因此,新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区不仅是目前我国惟一有两种野生马科动物栖息分布的保护区,而且是种群数量可观的鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)及种群濒危的中亚盘羊(*Ovis ammon*)的荒漠栖息区,同时还是冷期(秋季、冬季、春季)家畜越冬渡春的天然草场。

围绕新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区栖息的荒漠有蹄类及其栖息地开展的研究工作包括分布及历史变迁(高行宜等, 1989; 蒋志刚, 2004; 郑生武、高行宜, 2000)、种群资源现状(楚国忠等, 1985; 葛炎等, 2003)、种群结构及影响因子(高行宜等, 1996, 1997; 高行宜、姚军, 2006; 许可芬等, 1997)、食性分析(岳建兵, 2006; 刘伟等, 2008)

等方面。岳建兵(2006)研究了夏秋季蒙古野驴及鹅喉羚的食性,刘伟等(2008)研究了秋季蒙古野驴的食性,但对蒙古野驴和其同域鹅喉羚及家畜食性的综合分析,尤其是上述马科动物与家畜食性竞争的研究尚未开展。基于此,我们于2007年秋季、冬季和2008年春季对新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区内蒙古野驴、鹅喉羚及其同域分布的家畜采食地进行了野外考察、拾取粪样和粪样显微技术分析。期望通过本研究回答3个问题:(1)卡拉麦里山有蹄类自然保护区内蒙古野驴、鹅喉羚及家畜不同季节对食物的选择有差异吗?(2)如果它们对食物有明显选择,那么上述野生有蹄类和家畜的食性生态位重叠程度如何?(3)这种食物生态位重叠对卡拉麦里山有蹄类自然保护区的保护管理有何启示?

1 研究地区及方法

1.1 研究地区概况

卡拉麦里山有蹄类自然保护区(88°30′ - 90°03′E, 44°36′ - 46°00′N)位于准噶尔盆地的东部,

1982年4月经新疆维吾尔自治区人民政府批准建立,总面积18000 km²,是以保护普氏野马、蒙古野驴、鹅喉羚、盘羊等大中型荒漠有蹄类及栖息地为主的野生动物保护区。保护区东西宽约117.5 km,南北长约147.5 km,区内地形由东向西逐渐降低。地形地貌有卡拉麦里低山山地、古尔班通古特部分沙漠和荒漠戈壁三大部分组成。卡拉麦里山海拔高度600-1470 m,山口谷地高差最大300 m余,属低山荒漠、半荒漠景观。保护区地处北半球中纬度地区的欧亚大陆腹地,气候类型属中温带大陆性干旱性气候,最热月平均温为25℃-30℃,极端最高气温可达50℃,最冷月平均气温在-20℃以下,极端最低气温-38℃,年平均气温2.4℃,年平均降水量159.1 mm,年蒸发量2090.4 mm,每月最小相对湿度低于20%。大风日每年50-80天,主要灾害性天气有干旱、干热风、寒潮、低温和雪灾等,干旱使天然草场受灾严重,雪灾、寒潮造成野生动物觅食困难。区内水资源较为贫乏,主要有十几处泉水、黄泥滩蓄积水和一些人工广口井,成为旱季野生动物重要的天然饮水点

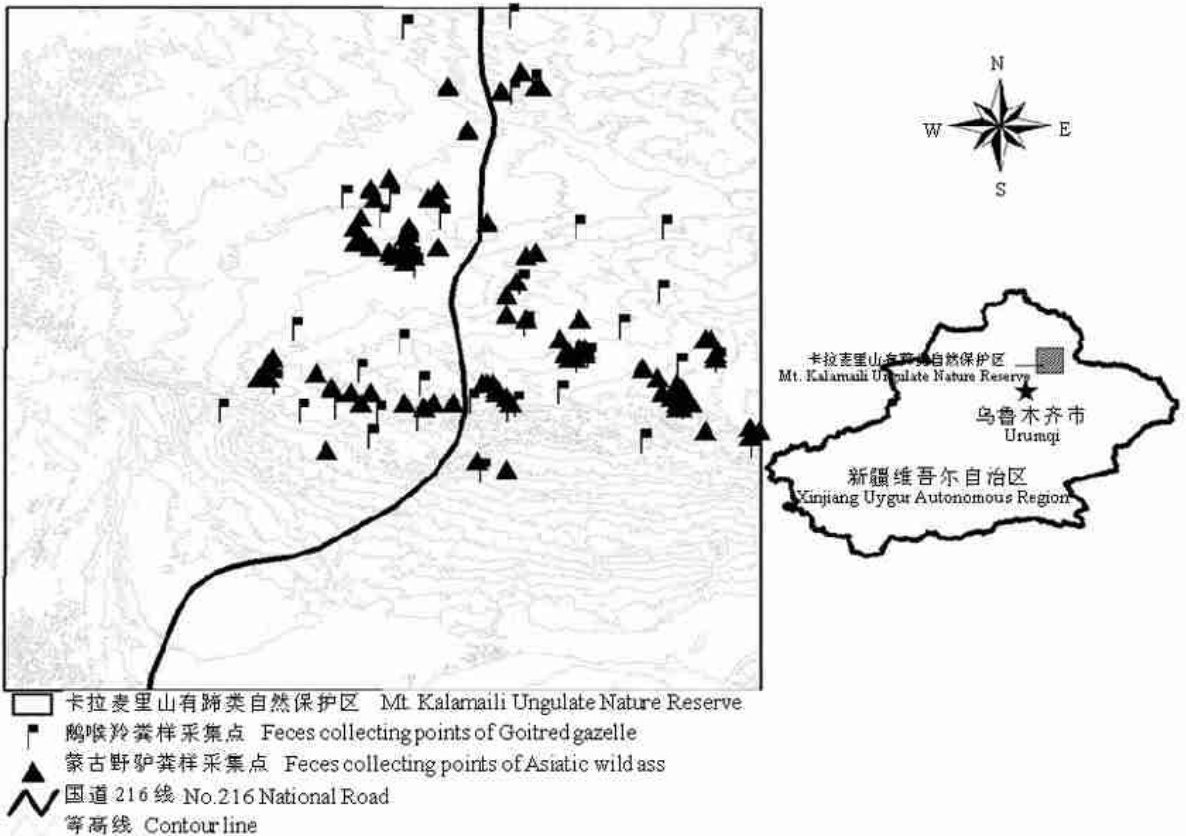


图1 蒙古野驴和鹅喉羚粪样采集区域

Fig 1 Feces collecting points of Asiatic wild ass and Götred gazelle

(葛炎等, 2003)。植被群落组成简单, 分布稀疏, 建群种植物是超旱生和旱生的灌木、小半灌木及旱生的一年生草本、多年生草本和短命植物等荒漠植物组成。据初步调查, 区内植物种类有 31 科 139 种, 优势种类依次为藜科、菊科、豆科、莎草科、蓼科、禾本科、柽柳科、麻黄科等。卡拉麦里山处于古北界蒙新区, 野生动物种群结构较为复杂多样, 种类繁多, 据本自然保护区考察及资料记载, 共有野生动物 58 科 288 种, 其中国家 I 级重点保护野生动物 13 种, II 级重点保护野生动物 36 种。

1.2 样品收集和样方调查

以 30 km/h 速度驾车在整个保护区范围内寻找蒙古野驴和鹅喉羚种群。野外发现蒙古野驴及鹅喉羚后, 用望远镜观察其活动情况, 观察并记录该动物种类、种群数量、年龄和性别组成及植被状况等数据, 仔细观察动物的活动, 待该动物群体自动离开后, 收集其新鲜粪便, 用自封口的聚乙烯塑料袋分装。鹅喉羚粪堆通过以下特点来确认: a) 成堆不散; b) 粪粒表面黑且有光泽; c) 出现在鹅喉羚的足迹链上及重复使用的粪堆上。鹅喉羚和家羊每堆粪便取样 20 粒, 蒙古野驴、家马和骆驼每堆粪便取样 3-5 颗, 在聚乙烯袋上用记号笔记录采集时间、采集地编号和物种名, 野外取回的粪样开口置阴凉处风干后, 每堆粪样中取出 2 粒 (或一部分) 组成混合粪样保存。采集粪样的同时, 记录采集地的地理坐标, 并把当地能见到的每种植物的茎、叶、花、果、种子等分别取样装入聚乙烯袋, 在袋上记录采集时间、采集地编号、物种名和采集部位, 自然晾干后备用。所有被确认的采食点, 在其中心做 10 m × 10 m 的样方; 并从采食点出发, 任意选择方向驾车行驶 500 m, 在距车 10 到 30 m 处做相同大小的样方, 作为对比样方。每个大样方中随机圈取 3 个 1 m × 1 m 小样方, 调查每种植物的数量和盖度, 测量记录后剪取地上部分, 按照物种类别进行分拣到种。用自制布袋分装, 记录物种名、采集地编号、样方号和采集时间等, 实验室内 60 恒温下烘 24 h, 称量干重作为该物种的地上生物量。

按照卡拉麦里山有蹄类自然保护区的环境条件, 2007 年 8 月到 10 月 (秋季) 共收集到蒙古野驴粪便 132 份、鹅喉羚粪便 41 份、家羊粪便 22 份、家马粪便 67 份、骆驼粪便 32 份; 2007 年 12 月到 2008 年 1 月 (冬季) 共收集到蒙古野驴粪便 28 份、鹅喉羚粪便 32 份、家羊粪便 43 份、家马粪

便 20 份、骆驼粪便 31 份; 2008 年 3 月到 4 月 (春季) 蒙古野驴粪便 51 份、鹅喉羚粪便 53 份、家羊粪便 54 份、家马粪便 25 份、骆驼粪便 27 份。

1.3 装片制备及镜检

1.3.1 粪样制片

将每种混合粪样置于 60℃ 烘箱内烘干 24 h 至恒重, 放入 24000 r/min 粉碎机中粉碎 10-20 s, 将粉碎的粪样粉末过 120 目筛 (孔径 0.125 mm), 留取筛上部分编号; 取 1 药匙混合粪样粉末放入 100 ml 烧杯中, 加入 40-50 ml 20% 硝酸溶液, 放入酒精灯上加热煮沸 3-5 min, 向烧杯中加满蒸馏水, 倒入 120 目筛过滤; 用蒸馏水冲洗 2-3 min, 冲掉残存硝酸溶液, 用载玻片将粪样碎片刮堆, 移入另一载玻片; 用滤纸吸去水分, 加入 1% 的番红溶液染色 (粪样碎片要完全浸在番红溶液中) 25-30 min, 用滤纸吸掉多余番红溶液; 再用酒精-二甲苯重脱水 (分别 50%、75%、95%、100% 酒精溶液, 50% 乙醇和 50% 二甲苯混合液, 二甲苯), 直到过多染料被洗去 (粪样碎片中没有水分残存)。用镊子夹取适量粪样碎片放入载玻片, 加入 1-2 滴二甲苯, 用盖玻片刮平涂匀, 滴入适量中性树脂溶液再用盖玻片刮平涂匀, 用盖玻片覆盖样品, 水平放置于阴凉处 5-15 天, 编号放入病理切片盒中待镜检用。每种混合粪样制片 15 张。

1.3.2 对照植物的制片

1) 材料的修剪 从大叶片上剪裁 2 cm × 1 cm 的长方形小片; 小叶片修剪过即可 (弓形弧形叶片须有代表性组织)。茎部表皮需要修剪, 剪成 2 cm 一段, 纵向剖开。2) 硝化 将材料放入含 50ml 10% 硝酸的烧杯中, 煮沸 5-20 min, 直到叶肉分解, 表皮漂浮起来。3) 染色 将烧杯中植物碎片用镊子夹出, 放入装满蒸馏水的 500 ml 烧杯中, 用玻璃棒搅拌后, 尽可能多地倒掉烧杯中的液体; 然后将烧杯重新加满水, 加入 1 滴氨水, 再一次倒掉上层清液, 换上蒸馏水, 静置片刻; 将植物碎片夹出放在载玻片上, 用滤纸吸去水分, 在 1% 番红中染色 20-30 min (植物碎片要完全浸在番红溶液中)。4) 透明、脱水 用滤纸吸去多余番红染料, 再用酒精-二甲苯重脱水, 直到过多染料被洗去。5) 制片 将植物碎片中表皮转移到载玻片上, 滴加 2-3 滴二甲苯, 展开, 用滤纸吸去过多二甲苯, 滴入适量中性树脂溶液, 用盖玻片覆盖样品, 水平放置于阴凉处 5-15 天, 对照植物每种组织通常制作 5 个样片。

粪样、对照植物显微装片在 100 倍的显微镜下镜检, 根据对照植物表皮细胞的形状结构、大小及排列方式等特征, 综合采集地的植被组成情况, 确定粪样中残留碎片的植物种类。每张镜检样片在 100 倍显微镜下随机检查 10–15 个视野, 一定要避免反复, 记录每种植物可辨认表皮角质碎片在所有视野中出现的次数, 作为一个统计样本; 每个物种镜检及总计录次数要达 300 次以上, 并且由一人完成。

1.4 数据处理

采用下列公式计算粪样中各植物种类的相对密度 (Relative density, RD), RD_i 可作为植物 i 的被利用频率 (高中信等, 1995)。

$$F_i = \frac{\text{记录到的每种植物碎片出现的次数}}{\text{视野数}} \times 100\%$$

依公式:

$$F_i = 100(1 - e^{-D_i})$$

转换为每个视野中每种植物可辨认较之碎片的平均密度 (Average density):

$$D_i = -\text{LN}(1 - F_i/100)$$

D_i 可转换成相对密度:

$$RD_i = \left[D_i \setminus \sum_{i=1}^n D_i \right] \times 100 \quad (1)$$

式中: F_i 、 D_i 、 RD_i 分别为种 i 在粪样中的出现频次、平均密度、相对密度。

对所抽取的植物样方数据进行统计处理, 得出各种植物的平均数量 (Average number)、平均生物量 (Average biomass)、植被的平均盖度 (Average cover) 及标准差。并依下列公式可以计算出每种的相对生物量 (Relative biomass, RB)、相对数量 (Relative number, RN) 和相对盖度 (Relative cover, RC) (樊乃昌等, 1995):

$$RB_i = \left[B_i \setminus \sum_{i=1}^n B_i \right] \times 100 \quad (2)$$

$$RN_i = \left[N_i \setminus \sum_{i=1}^n N_i \right] \times 100 \quad (3)$$

$$RC_i = \left[C_i \setminus \sum_{i=1}^n C_i \right] \times 100 \quad (4)$$

式中: RB_i 、 RN_i 、 RC_i 分别为种 i 的相对生物量、相对数量和相对盖度; B_i 、 N_i 和 C_i 分别为种 i 的平均生物量、平均数量和平均盖度。

采用蒋志刚、夏武平 (1985) 的公式计算每一资源位上的资源相对丰富度 (Resource relative

abundance, RA_i):

$$RA_i = 0.4RB_i + 0.4RC_i + 0.2RN_i \quad (5)$$

在食物利用维上的生态位宽度 (Niche width), 用百分比相似指数公式 (Feinsinger and Spear, 1981) 计算:

$$S = 1 - 0.5 \sum_{i=1}^n |i - Q_i| \quad (6)$$

式中: i 、 Q_i 分别为 i 资源位上的资源相对丰富度和被利用频率。

两个物种间生态位重叠 (Niche overlap) 使用 Pianka (1973) 推荐的生态位重叠值测度公式计算:

$$C = \frac{\sum 1_i 2_i}{\sqrt{\sum 1_i^2 \sum 2_i^2}}$$

式中 1_i 、 2_i 分别为种 1、种 2 在 i 资源位上的利用频率。

依上式, 五个物种之间的生态位重叠用下列公式:

$$C = \frac{\sum 1_i 2_i \dots 5_i}{\sqrt{\sum 1_i^2 \sum 2_i^2 \dots \sum 5_i^2}} \quad (7)$$

食物多样性分析利用 Shannon-Weiner Index (Krebs, 1978) 计算:

$$H = - \sum_{i=1}^n i \log_2 i \quad (8)$$

式中: H 为多样性指数, i 为 i 种食物所占采食食物总数的频次比。

均匀性公式:

$$H_{\max} = \log_2 S$$

$$E = H/H_{\max} \quad (9)$$

式中: H_{\max} 为最大多样性指数, S 为采食食物总数, E 为均匀性指数, H 为实际多样性指数。

使用 Student-Newman-Keuls (N-K 检验, 显著性水平 $\alpha = 0.05$) 方法对五种有蹄类不同季节采食植物科数、种数及占食物主要组成成分的针茅、蒿、驼绒藜、梭梭和各种有蹄类不同季节采食植物科数、种数及占食物主要组成成分的针茅、蒿、驼绒藜、梭梭进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA), 所有分析在 SPSS13.0 For Windows 软件中完成。

2 结果

2.1 卡拉麦里山有蹄类自然保护区植物资源相对丰富度

卡拉麦里山有蹄类自然保护区植物资源相对丰

富度中针茅属 37.55%、蒿属 23.54%、驼绒藜 11.65%、假木贼属 8.77%，占卡拉麦里山植物资源丰富度 80% 以上，充分说明整个区域是典型的干旱荒漠区 (表 1)。

表 1 卡拉麦里山有蹄类自然保护区植物资源的相对生物量、相对数量、相对盖度和相对丰富度

Table 1 Relative biomass, relative number, relative cover and relative abundance of plant resources in the Kalamaili Nature Reserve

植物资源位	相对生物量	相对数量	相对盖度	相对丰富度
State of plant resource	Relative biomass (%)	Relative number (%)	Relative cover (%)	Relative abundance (%)
针茅 <i>Sipa</i> sp.	23.309	38.935	51.088	37.546
驼绒藜 <i>Ceratoides latens</i>	17.519	2.540	10.323	11.645
梭梭 <i>Haloxylon persicum</i>	2.507	0.113	4.867	2.972
蒿属 <i>Artemisia</i> sp.	22.038	27.923	22.843	23.537
角果藜 <i>Ceratocarpus arenarius</i>	0.683	0.519	0.188	0.452
多根葱 <i>Allium polyrhizum</i>	0.117	0.371	0.034	0.135
盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>	2.793	1.089	0.084	1.369
木蓼 <i>Atraphaxis</i> sp.	0.463	0.018	0.488	0.384
琵琶柴 <i>Raunuria soongorica</i>	3.283	0.338	1.473	1.970
假木贼 <i>Anabasis</i> sp.	12.030	17.614	1.082	8.768
麻黄 <i>Ephedra</i> sp.	4.716	1.511	0.280	2.301
怪柳 <i>Tamarix</i> sp.	0.646	0.002	0.081	0.291
沙拐枣 <i>Calligonum</i> sp.	0.188	0.004	0.105	0.118
刺锦鸡 <i>Cargana spinosa</i>	0.503	0.001	0.015	0.208
禾本科 ^a Gramineae	1.430	6.367	3.3615	3.190
其他 ^b others	7.78	2.654	3.686	5.116

a. 狗尾草 (*Setaria viridis*)、画眉草 (*Eragrostis pilosa*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、东方旱麦草 (*Eragopyrum orientale*)、羽毛三芒草 (*Aristida pennata*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、赖草属 (*Leymus* Hochst)、芦苇 (*Phragmites australis*) 和獐毛属 (*Adurpus* Trin.)。b. 补血草属 (*Limonium* sp.)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、小蓬 (*Nanophyton sinacum*)、霸王属 (*Zygophyllum* L.)、星状刺果藜 (*Echinopsilon diuarica* Tum.)、兔唇花 (*Lagochilus* sp.)、棱枝草 (*Goniolimon* sp.)、黄花棒果芥 (*Sterigmastemum tomentosum*)、木地肤 (*Koohia prostrata*)、猪毛菜属 (*Salsola* L.)、鹤虱属 (*Lappula* L.)、顶羽菊 (*Artemisia absinthium*)、苔草属 (*Carex* L.)、小甘菊 (*Camarinia discoides*)、独行菜 (*Lepidium pefoliatum* L.)、独尾草 (*Eremurus inderiensis*)、大黄 (*Rheum* sp.)、天仙子 (*Hyoscyamus niger* L.)、滨藜 (*Atriplex patens*) 和鸢尾属 (*Iris* L.) 等稀少及短命植物。

2.2 不同季节蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和家骆驼的食物资源利用谱

春季，卡拉麦里山有蹄类自然保护区栖息的蒙古野驴、鹅喉羚和家畜所采食的植物科数和种数都不相同 (表 8)，统计显示五种有蹄类所采食的植物科数有显著性差异 ($F_{5,45} = 4.476$, $P = 0.004$)，所采食的植物种数也有显著性差异 ($F_{5,45} = 5.091$, $P = 0.002$)。各植物种类在食谱中所占的比例不同 (表 2)。但针茅、蒿、驼绒藜和梭梭合计在春季五种有蹄类所采食的植物中分别占 84.82% (蒙古野驴)、83.31% (鹅喉羚)、92.01% (家马)、91.27% (家羊) 和 82.39% (骆驼)。春季五种有蹄类所采食的针茅有显著性差异 ($F_{5,45} = 24.540$,

$P = 0.000$)，蒿没有显著性差异 ($F_{5,45} = 2.067$, $P = 0.101$)，驼绒藜有显著性差异 ($F_{5,45} = 6.859$, $P = 0.000$)，梭梭有显著性差异 ($F_{5,45} = 2.817$, $P = 0.036$)。

秋季，卡拉麦里山有蹄类自然保护区栖息的蒙古野驴、鹅喉羚和家畜所采食的植物科数和种数均不相同 (表 8)，统计显示五种有蹄类所采食的植物科数有显著性差异 ($F_{5,45} = 2.726$, $P = 0.041$)，所采食的植物种数也有显著性差异 ($F_{5,45} = 3.034$, $P = 0.027$)。各植物种类在食谱中所占的比例不同 (表 3)。但针茅、蒿、驼绒藜和梭梭合计在秋季五种有蹄类所采食的植物中分别占 92.17% (蒙古野驴)、88.79% (鹅喉羚)、88.65% (家马)、92.02%

表2 春季蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和家骆驼的食物资源利用谱 (%)

Table 2 Food spectrum (%) of Mongolia assess, goitred gazelles, domestic horses, domestic sheep, domestic camels in spring in the Kalamaili Nature Reserve

植物资源位 State of plant resource	蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	家马 <i>E. caballus</i>	家羊 <i>O. aries</i>	骆驼 <i>Camelus</i> sp.
针茅 <i>Stipa</i> sp.	48.32±0.49	33.52±0.46	50.09±0.37	40.16±0.38	27.83±0.88
驼绒藜 <i>C. arborescens</i>	11.15±0.75	21.80±0.90	17.87±0.51	23.04±1.04	29.97±0.93
梭梭 <i>H. persicum</i>	7.09±0.43	6.21±0.56	6.30±0.48	11.96±0.54	7.48±0.38
蒿 <i>Artemisia</i> sp.	18.26±0.60	16.73±0.92	12.08±0.61	16.11±0.50	17.11±0.96
角果藜 <i>C. arenarius</i>	T*	0.78±0.16	T	T	T
多根葱 <i>A. polyrhizum</i>	1.01±0.21	1.94±0.21	1.57±0.36	0.92±0.19	2.14±0.28
木蓼 <i>Atraphaxis</i> sp.	3.04±0.35	3.88±0.32	2.62±0.28	1.38±0.21	2.14±0.28
琵琶柴 <i>R. soongorica</i>	T	1.16±0.23	T	T	0.53±0.17
假木贼 <i>Anabasis</i> sp.	0.51±0.16	1.16±0.26	1.05±0.33	1.38±0.21	1.07±0.23
麻黄 <i>Ephedra</i> sp.	2.03±0.26	T	0.52±0.17	0.92±0.19	1.60±0.26
怪柳 <i>Tamarix</i> sp.	T	T	0.52±0.17	T	1.07±0.23
刺锦鸡 <i>C. spinosa</i>	T	5.05±0.52	1.05±0.22	0.46±0.15	4.81±0.59
禾本科*Gramineae	2.02±0.21	1.16±0.12	1.57±0.21	0.46±0.23	1.07±0.34
其它 ^b others	6.59±0.32	6.60±0.28	4.72±0.25	3.22±0.17	3.20±0.29

* T 表示镜检没有发现。

a. 狗尾草 (*Setaria viridis*)、画眉草 (*Eragrostis pilosa*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、东方旱麦草 (*Erenopyrum orientale*)、羽毛三芒草 (*Aristida pennata*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、赖草属 (*Leymus* Hochst)、芦苇 (*Phragmites australis*) 和獐毛属 (*Aeluropus* Trin.)。b. 补血草属 (*Limonium* sp.)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、小蓬 (*Nanophyton erinaceum*)、霸王属 (*Zygophyllum* L.)、星状刺果藜 (*Echinopsilon diuvarica* Tum.)、兔唇花 (*Lagochilus* sp.)、棱枝草 (*Goniolimon* sp.)、黄花棒果芥 (*Sterigmastenum tomentosum*)、木地肤 (*Koohia prostrata*)、猪毛菜属 (*Salsola* L.)、鹤虱属 (*Lappula* L.)、顶羽菊 (*Artemisia absinthium*)、苔草属 (*Carex* L.)、小甘菊 (*Canarina discoides*)、独行菜 (*Lepidium pefoliatum* L.)、独尾草 (*Eremurus inderiensis*)、大黄 (*Rheum* sp.)、天仙子 (*Hyoscyamus niger* L.)、滨藜 (*Atriplex patens*) 和鸢尾属 (*Iris* L.) 等稀少及短命植物。

* T: not found in feces fragments checking.

表3 秋季蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和家骆驼的食物资源利用谱 (%)

Table 3 Food spectrum (%) of Mongolia assess, goitred gazelles, domestic horses, domestic sheep, domestic camels in autumn in the Kalamaili Nature Reserve

植物资源位 State of plant resource	蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	家马 <i>E. caballus</i>	家羊 <i>O. aries</i>	骆驼 <i>Camelus</i> sp.
针茅 <i>Stipa</i> sp.	47.52±0.35	35.44±0.46	44.47±0.44	41.62±0.31	45.04±0.33
驼绒藜 <i>C. arborescens</i>	23.55±0.80	5.60±0.27	17.84±0.52	20.46±0.37	12.32±0.35
梭梭 <i>H. persicum</i>	7.48±0.29	27.82±0.46	8.41±0.24	10.37±0.31	14.23±0.46
蒿 <i>Artemisia</i> sp.	13.62±0.18	19.93±0.38	17.93±0.56	19.57±0.52	13.91±0.51
角果藜 <i>C. arenarius</i>	0.52±0.10	0.28±0.07	0.77±0.14	0.89±0.12	1.26±0.14
多根葱 <i>A. polyrhizum</i>	0.41±0.09	0.56±0.10	0.10±0.08	0.59±0.10	0.63±0.11
盐生草 <i>H. glomeratus</i>	1.23±0.06	T	0.90±0.16	0.30±0.08	T
木蓼 <i>Atraphaxis</i> sp.	1.38±0.59	1.68±0.18	1.94±0.23	T	T
琵琶柴 <i>R. soongorica</i>	1.04±0.11	0.84±0.16	1.74±0.26	T	1.89±0.20
假木贼 <i>Anabasis</i> sp.	0.30±0.10	0.56±0.10	0.28±0.08	1.48±0.14	2.21±0.16
麻黄 <i>Ephedra</i> sp.	0.31±0.06	T	0.28±0.04	T	T
怪柳 <i>Tamarix</i> sp.	0.29±0.06	0.28±0.07	T	0.59±0.10	0.32±0.08
沙拐枣 <i>C. mongolicum</i>	0.06±0.06	T	0.21±0.05	T	T
刺锦鸡 <i>C. spinosa</i>	T	2.52±0.21	0.61±0.08	1.78±0.19	3.79±0.27
禾本科*Gramineae	1.75±0.17	4.42±0.26	8.75±0.21	1.96±0.13	1.48±0.23
其它 ^b Others	1.52±0.19	2.52±0.18	0.96±0.14	0.89±0.17	-

* T 表示镜检没有发现。

a. 狗尾草 (*Setaria viridis*)、画眉草 (*Eragrostis pilosa*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、东方旱麦草 (*Erenopyrum orientale*)、羽毛三芒草 (*Aristida pennata*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、赖草属 (*Leymus* Hochst)、芦苇 (*Phragmites australis*) 和獐毛属 (*Aeluropus* Trin.)。b. 补血草属 (*Limonium* sp.)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、小蓬 (*Nanophyton erinaceum*)、霸王属 (*Zygophyllum* L.)、星状刺果藜 (*Echinopsilon diuvarica* Tum.)、兔唇花 (*Lagochilus* sp.)、棱枝草 (*Goniolimon* sp.)、黄花棒果芥 (*Sterigmastenum tomentosum*)、木地肤 (*Koohia prostrata*)、猪毛菜属 (*Salsola* L.)、鹤虱属 (*Lappula* L.)、顶羽菊 (*Artemisia absinthium*)、苔草属 (*Carex* L.)、小甘菊 (*Canarina discoides*)、独行菜 (*Lepidium pefoliatum* L.)、独尾草 (*Eremurus inderiensis*)、大黄 (*Rheum* sp.)、天仙子 (*Hyoscyamus niger* L.)、滨藜 (*Atriplex patens*) 和鸢尾属 (*Iris* L.) 等稀少及短命植物。

* T: not found in feces fragments checking.

(家羊) 和 85.5% (骆驼)。秋季五种有蹄类所采食的针茅没有显著性差异 ($F_{5,45} = 1.676$, $P = 0.172$), 蒿有显著性差异 ($F_{5,45} = 8.015$, $P = 0.000$), 驼绒藜有显著性差异 ($F_{5,45} = 8.431$, $P = 0.000$), 梭梭有显著性差异 ($F_{5,45} = 21.467$, $P = 0.000$)。

冬季, 卡拉麦里山有蹄类自然保护区栖息的蒙古野驴、鹅喉羚和家畜所采食的植物科数和种数也均不相同 (表 8), 五种有蹄类所采食的植物科数有显著性差异 ($F_{5,45} = 21.327$, $P = 0.000$), 所采食的植物种数也有显著性差异 ($F_{5,45} = 17.235$, $P = 0.000$)。各植物种类在食谱中所占的比例不同 (表 4)。但针茅、蒿、驼绒藜和梭梭合计在冬季五种有蹄类所采食的植物中分别占 97.46% (蒙古野驴)、76.08% (鹅喉羚)、96.19% (家马)、95.56% (家羊) 和 93.21% (骆驼)。冬季五种有蹄类所采食的针茅没有显著性差异 ($F_{5,45} = 1.813$, $P = 0.143$), 蒿有显著性差异 ($F_{5,45} = 3.076$, $P =$

0.025), 驼绒藜有显著性差异 ($F_{5,45} = 17.869$, $P = 0.000$), 梭梭有显著性差异 ($F_{5,45} = 5.013$, $P = 0.002$)。

每种有蹄类在不同季节采食的植物科数、种数及占食物主要组成成分的针茅、蒿、驼绒藜、梭梭显著性分析结果见表 5。

2.3 蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊、骆驼的食物生态位宽度和重叠度

根据植物资源的相对丰富度和食物资源利用谱计算出五种动物的营养生态位宽度 (表 6) 和五种动物的食物生态位重叠度 (表 7)。

春季食物生态位宽度: 蒙古野驴 0.801 > 家羊 0.750 > 鹅喉羚 0.747 > 家马 0.731 > 骆驼 0.680。

秋季食物生态位宽度: 家羊 0.772 > 家马 0.761 > 骆驼 0.742 > 蒙古野驴 0.723 > 鹅喉羚 0.711。

冬季食物生态位宽度: 蒙古野驴 0.772 > 家羊 0.768 > 骆驼 0.746 > 鹅喉羚 = 家马 0.712。

表 4 冬季蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和家骆驼的食物资源利用谱 (%)

Table 4 Food spectrum (%) of Mongolia ass, goitred gazelles, domestic horses, domestic sheep, domestic camels in winter in the Kalamaili Nature Reserve

植物资源位 State of plant resource	蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	家马 <i>E. caballus</i>	家羊 <i>O. aries</i>	骆驼 <i>Camelus</i> sp.
针茅 <i>Stipa</i> sp.	53.03±0.23	33.2±0.24	43.53±0.26	45.09±0.22	38.66±0.29
驼绒藜 <i>C. arborescens</i>	21.10±0.53	12.12±0.32	37.15±0.47	19.98±0.57	26.76±0.38
白梭梭 <i>H. persianum</i>	6.74±0.25	13.01±0.66	5.38±0.36	11.85±0.48	11.81±0.43
蒿 <i>Artemisia</i> sp.	16.59±0.43	17.75±0.61	10.13±0.38	18.73±0.44	16.04±0.52
角果藜 <i>C. arvensis</i>	T	0.30±0.09	T	T	0.56±0.10
多根葱 <i>A. polyrhizum</i>	T	T	T	T	0.28±0.07
盐生草 <i>H. glomeratus</i>	T	0.59±0.12	0.32±0.08	T	T
木蓼 <i>Atraphaxis</i> sp.	0.28±0.06	0.59±0.12	0.32±0.08	T	T
琵琶柴 <i>R. soongarica</i>	0.56±0.09	2.66±0.23	1.27±0.15	0.62±0.11	1.69±0.14
假木贼 <i>Anabasis</i> sp.	0.84±0.10	T	0.95±0.13	1.25±0.19	1.12±0.13
麻黄 <i>Ephedra</i> sp.	T	T	T	T	0.28±0.17
怪柳 <i>Tamarix</i> sp.	T	3.25±0.27	T	T	T
沙拐枣 <i>C. mongolicum turcz</i>	0.28±0.06	0.30±0.09	0.63±0.11	0.31±0.09	0.84±0.12
刺锦鸡 <i>C. spinosa</i>	0.56±0.09	14.49±0.53	0.32±0.08	0.93±0.11	0.56±0.10
禾本科 ^a Gramineae	T	0.59±0.11	T	0.62±0.15	0.28±0.07
其它 ^b Others	T	1.18±0.15	T	0.62±0.14	1.12±0.16

* T 表示镜检没有发现。

a. 狗尾草 (*Setaria viridis*)、画眉草 (*Eragrostis pilosa*)、芨芨草 (*Adnatherum splendens*)、东方旱麦草 (*Eremopyrum orientale*)、羽毛三芒草 (*Aristida pennata*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、赖草属 (*Leymus* Hochst.)、芦苇 (*Phragmites australis*) 和獐毛属 (*Aeluropus* Trin.)。b. 补血草属 (*Limonium* sp.)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、小蓬 (*Nanophyton sinense*)、霸王属 (*Zygophyllum* L.)、星状刺果藜 (*Echinopsilon diuvarica* Tum.)、兔唇花 (*Lagochilus* sp.)、棱枝草 (*Gonolimon* sp.)、黄花棒果芥 (*Sterigmastenum tomentosum*)、木地肤 (*Koohia prostrata*)、猪毛菜属 (*Salsola* L.)、鹤虱属 (*Lappula* L.)、顶羽菊 (*Artemisia absinthium*)、苔草属 (*Carex* L.)、小甘菊 (*Camarinia discoides*)、独行菜 (*Lepidium pefoliatum* L.)、独尾草 (*Eremurus inderiensis*)、大黄 (*Rheum* sp.)、天仙子 (*Hyoscyamus niger* L.)、滨藜 (*Atriplex patens*) 和鸢尾属 (*Iris* L.) 等稀少及短命植物。

* T: not found in feces fragments checking.

表5 各种有蹄类采食因子季节性差异的单因子方差分析*

Table 5 One-Way ANOVA analyses of seasonal significance differences on ungulates dietary compositions*

有蹄类种类 Ungulate species	科数		种数		针茅		蒿		驼绒藜		梭梭	
	Number of Families		Number of species		<i>Stipa</i> sp.		<i>Artemisis</i> sp.		<i>C. latens</i>		<i>H. persicum</i>	
	<i>F</i>		<i>F</i>		<i>F</i>		<i>F</i>		<i>F</i>		<i>F</i>	
蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	8.866	0.001	9.257	0.001	0.900	0.418	15.538	0.000	1.718	0.199	0.269	0.766
鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	6.848	0.004	5.664	0.009	2.036	0.150	0.133	0.876	19.784	0.000	13.992	< 0.001
家马 <i>E. caballus</i>	8.502	0.001	12.804	0.000	1.062	0.360	2.227	0.127	17.732	0.000	0.342	0.714
家羊 <i>O. avies</i>	4.662	0.019	2.620	0.091	4.023	0.030	0.298	0.745	1.200	0.317	0.171	0.844
骆驼 <i>Camelus</i> sp.	6.224	0.006	1.416	0.260	39.184	0.000	0.789	0.464	18.354	0.000	2.919	0.071

* 显著性水平 $\alpha = 0.05$, $df_1 = 2$, $df_2 = 27$ 。* Significance $\alpha = 0.05$, $df_1 = 2$, $df_2 = 27$.

表6 蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊、骆驼食物生态位的宽度

Table 6 Dietary niche widths among Mongolian wild ass, goitred gazelles, domestic horses, domestic sheep, and domestic camels in the Kalamaili Nature Reserve

	蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	家马 <i>E. caballus</i>	家羊 <i>O. avies</i>	骆驼 <i>Camelus</i> sp.
春季 Spring	0.801	0.747	0.731	0.750	0.680
秋季 Autumn	0.723	0.711	0.761	0.772	0.742
冬季 Winter	0.772	0.712	0.712	0.768	0.746

表7 是在卡拉麦里山有蹄类自然保护区栖居的有蹄类各个季节食物生态位重叠度。可见两种有蹄类之间的食物生态位重叠均在 0.8 以上, 最低为

0.832 (冬季, 鹅喉羚和家马), 最高达到 0.986 (秋季, 蒙古野驴和家羊; 家马和家羊)。五种有蹄类之间的食物生态位重叠度也达到了 0.3 以上。

表7 蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和骆驼食物生态位重叠

Table 7 Dietary niche overlaps of Mongolian wild ass, goitred gazelles, domestic horses, domestic sheep, and domestic camels in the Kalamaili Nature Reserve

物种对 Species pair		秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring
蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	0.836	0.884	0.941
	家马 <i>E. caballus</i>	0.982	0.919	0.984
	家羊 <i>O. avies</i>	0.986	0.964	0.955
	骆驼 <i>Camelus</i> sp.	0.968	0.943	0.848
鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	家马 <i>E. caballus</i>	0.880	0.832	0.954
	家羊 <i>O. avies</i>	0.888	0.935	0.980
	骆驼 <i>Camelus</i> sp.	0.925	0.909	0.971
家马 <i>E. caballus</i>	家羊 <i>O. avies</i>	0.986	0.937	0.972
	骆驼 <i>Camelus</i> sp.	0.972	0.974	0.882
家羊 <i>O. avies</i>	骆驼 <i>Camelus</i> sp.	0.974	0.984	0.953
五种动物的重叠度 Overlap among 5 animals		0.373	0.326	0.308

2.4 蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和骆驼食物多样性指数和均匀性指数

春季, 鹅喉羚食物多样性指数最高, 因此其采食食物丰富度较高; 而骆驼的均匀性指数最高, 说明其采食食物均匀性也较高。

秋季, 骆驼食物多样性指数及均匀性指数最高, 因此其采食食物丰富度及均匀性都较高。

冬季, 鹅喉羚食物多样性指数及均匀性指数最高, 因此其采食食物丰富度和均匀性都较高。

表 8 蒙古野驴、鹅喉羚、家马、家羊和骆驼采食植物种类、食物多样性指数和均匀性指数

Table 8 Vegetation species, food diversity and evenness indices of Mongolian wild ass, goitred gazelles, domestic horses, domestic sheep, and domestic camels in the Kalamaili Nature Reserve

		蒙古野驴 <i>E. hemionus</i>	鹅喉羚 <i>G. subgutturosa</i>	家马 <i>E. caballus</i>	家羊 <i>O. avies</i>	骆驼 <i>Camelus</i> sp.
	食物科数/种数 Number of food families/species	10/18	11/20	11/20	9/15	10/15
春季 Spring	多样性指数 Diversity Index	2.527	2.926	2.469	2.405	2.749
	均匀性指数 Index of Evenness	0.606	0.677	0.571	0.616	0.704
	食物科数/种数 No. food families/species	9/27	9/19	9/26	9/15	6/15
秋季 Autumn	多样性指数 Diversity Index	2.271	2.468	2.478	2.339	2.541
	均匀性指数 Index of Evenness	0.478	0.581	0.529	0.599	0.650
	食物科数/种数 No. food families/species	5/9	7/17	6/10	7/11	8/14
冬季 Winter	多样性指数 Diversity Index	1.840	2.700	1.884	2.111	2.296
	均匀性指数 Index of Evenness	0.581	0.691	0.567	0.610	0.603

3 讨论

有蹄类食性研究方法的精确性直接关系到该类动物资源科学管理的水平 (陈化鹏, 1991)。国内外有蹄类食性的研究方法主要有直接观察法、利用法、胃分析法和粪样显微分析技术。近年来, 粪样 DNA 分析技术逐渐运用到对动物食性的判定上, 其中粪样显微分析技术是近 20 年来国内研究有蹄类食性的最主要方法, 其优点是易于取样和保存, 且对动物干扰小 (郑荣泉、鲍毅新, 2001)。但由于该技术基于植物被消化后可辨认部分来确定食物组成, 动物对不同植物种或同种植物不同部分的消化率不同及各种植物碎片的鉴别特征间的差异, 使不同植物种间的可辨认部分与不可辨认部分的比例

变化很大, 导致估计结果出现误差, 对此已提出的修正因子在相应研究中显著地提高了估计结果的准确性 (Fitzgerald and Waddlingto, 2001)。因此, 评价粪样显微分析技术的精确性包括两个方面: 一是粪便中各种植物的角质碎片能否定性、定量地反映动物的实际食物组成; 二是显微组织学能否定性、定量地确定粪便中的植物组成 (郑荣泉、鲍毅新, 2001)。本研究野外采样区域大, 粪样收集由多年从事野外考察工作且熟知动物习性的专业人员独立完成。室内研究采取了粪便显微分析法, 制作了 2000 张左右的粪样及植物标本样片, 并由一名专业人员完成由制片到镜检的大量工作。通过大量试验同样证实: 粪便分析结果除受植物的碎片大小、可辨认率、每克碎片数以及消化、样本处理方法和

镜检方法等因素的影响外, 镜检者的经验是影响粪便分析结果的重要因素, 加强对镜检者的系统训练是提高估计结果精度的一个重要途径 (高中信等, 1991)。

食性分析和食物种类的多样性是研究食草动物摄食生态学的重要参数, 有助于探讨物种间的食物重叠及其竞争关系 (Hurtubia, 1973)。针茅 (37.55%)、蒿 (23.54%)、驼绒藜 (11.65%)、假木贼 (8.77%) 及梭梭 (2.97%) 占典型荒漠景观的卡拉麦里山植物资源丰富度 80% 以上 (表 1), 这限制了该区域生存的普氏野马、蒙古野驴及鹅喉羚与秋冬季进入该区域的家畜可以采食的植物种类和资源相对量。这种情形与生存在蒙古国荒漠区的蒙古野驴 (Feh et al., 2001; Reading et al., 2001)、鹅喉羚及蒙古瞪羚 (Campos-Arceiz et al., 2004) 相似。蒙古野驴与鹅喉羚是卡拉麦里山有蹄类自然保护区广布且有季节性迁移习性的大中型食草动物。粪样显微分析技术显示, 蒙古野驴、鹅喉羚及家畜主要采食禾本科植物、蒿属植物、驼绒藜及梭梭。马科动物尤其是蒙古野驴采食以针茅为主的禾本科植物的比例达到或接近 50%, 说明非反刍有蹄类在食物种类及资源有限的条件下对针茅属植物的依赖, 与岳建兵 (2006) 的研究结果一致。相比而言, 鹅喉羚和家羊对以针茅属为主的禾本科植物的采食比例比马科动物要低一些, 但仍然达到 40% 以上, 而对梭梭的采食量都达到 10% 以上, 这一方面说明了秋季梭梭的适口性对羊亚科动物较好, 同时其含水分和盐分相对丰富的嫩枝对秋季即将进入发情期的羊亚科动物可能是需要的。粪样显微分析发现, 秋季假木贼在蒙古野驴及鹅喉羚的食物中只占相当小的比例 (均小于 1%), 因为假木贼等植物具有毒性且适口性差, 这与岳建兵 (2006) 发现的秋季蒙古野驴食物组成中假木贼占 14.7% 及鹅喉羚为 30.04% 有较大的差异, 而与刘伟等 (2008) 的结论一致。我们在秋季进行野外采食地样方调查时发现, 蒙古野驴和鹅喉羚仅取食少量或不取食假木贼。家骆驼采食植物种类及比例, 尤其是以针茅属为主的禾本科植物的比例, 与蒙古野驴几乎相同。蒙古野驴栖息在保护区内, 而家骆驼是牧民的驮畜, 由于秋季没有或极少降雪, 在秋季只在保护区北部边沿区域活动。家畜限制在保护区北部靠近乌仑古河等有水源的区域, 部分家骆驼秋季的栖息地靠近野放普氏野马的栖息地, 由于目前该区域野放的普氏野马数量尚少, 短期内不会产生剧

烈的食物竞争, 但依然需要在秋季由管护及监测人员积极协调该区域家畜牧种类及数量问题。由于保护区内以针茅属为主的秋季荒漠草场面积大, 且家畜的活动区受水源的限制, 因此秋季蒙古野驴和鹅喉羚采取移动的方式避免产生食物资源的竞争, 这和岳建兵 (2006) 的研究论述有所不同。冬季, 蒙古野驴、鹅喉羚及家畜的粪样显微分析显示所采食的主要植物种类及比例与秋季仍相似, 五种野生与家养动物在冬季都普遍采食梭梭, 说明该灌木成为冬季卡拉麦里山有蹄类自然保护区有蹄类越冬的重要食物。鹅喉羚还采食 14.49% 的刺锦鸡, 在野外观察中经常发现鹅喉羚在冬季沿刺锦鸡等灌木生长茂盛且积雪少的沟壑中采食, 有时就反刍卧息在无雪的刺锦鸡丛下。冬季牧民围绕卡拉麦里山及西部沙漠区域放牧家畜, 这些地区也有蒙古野驴和鹅喉羚分布, 但由于蒙古野驴和鹅喉羚移动性较强且畏人, 因此, 蒙古野驴和鹅喉羚多在没有放牧的冬牧场内游移采食, 避免了与家畜的直接竞争。另一部分蒙古野驴和鹅喉羚则迁往保护区以南, 在没有或很少有牧民放牧的火烧山油田、五彩湾及将军戈壁一带栖息越冬。因此在上述区域尤其在火烧山油田的井区作业范围内可见数量可观的鹅喉羚种群。根据雪深情况, 还有一部分蒙古野驴和鹅喉羚种群冬季反向北迁到以散巴斯陶为中心的春秋季节活动区域越冬, 向东最远可到达野马泉和小草湖一带, 向西可以进入沙漠。冬季散巴斯陶区域还是家马和加骆驼的采食地, 同样由于地域面积的广大和灵活的迁移, 蒙古野驴及鹅喉羚群避免和家畜产生竞争。但可供采食地域面积有限雪深 40 cm 以上, 限制了野生有蹄类的迁移时, 则会出现蒙古野驴及鹅喉羚因冻饿和疾病而大量死亡的现象, 在 1994 年到 2006 年间, 此类灾难在该区域至少发生了 4 次。

卡拉麦里山有蹄类自然保护区各种有蹄类不同季节的采食因子存在区别 (表 5), 不同季节每种有蹄类采食的植物科数都有显著性差异 (< 0.05)。不同季节蒙古野驴、鹅喉羚、家马和家羊采食的植物种数都有显著性差异 (< 0.05), 说明不同季节上述 4 种动物所采食植物种类的选择是有显著差别的; 但家驼采食的植物种数没有显著性差异 (> 0.05), 说明这种个体较大的反刍类所采食植物种类没有季节性变化。不同季节蒙古野驴、鹅喉羚、家马和家羊采食的针茅没有有显著性差异 (> 0.05), 说明 4 种有蹄类在各个季节对针茅都是喜食的, 因此存在对针茅潜在的食物竞

争; 但不同季节家驼采食针茅有显著性差异 (< 0.05), 说明不同季节其对针茅的采食有选择性。不同季节蒙古野驴对蒿的采食没有显著性差异 (> 0.05), 说明其在各个季节对蒿都较多采食; 而不同季节鹅喉羚、家马、家羊和骆驼采食的蒿有显著性差异 (< 0.05), 说明不同季节其对蒿的采食有选择性。不同季节蒙古野驴、家羊采食的驼绒藜没有显著性差异 (> 0.05), 说明两种有蹄类在各个季节对驼绒藜都是喜食的, 因此存在对驼绒藜的潜在食物竞争; 而不同季节鹅喉羚、家马和骆驼对驼绒藜的采食有显著性差异 (< 0.05), 说明不同季节它们对驼绒藜的采食有选择性。不同季节蒙古野驴、家马、家羊和骆驼采食的梭梭没有显著性差异 (> 0.05), 说明4种有蹄类在各个季节对梭梭都是喜食的, 也就存在对梭梭潜在的食物竞争; 但不同季节鹅喉羚采食梭梭有显著性差异 (< 0.05), 说明不同季节鹅喉羚对梭梭的采食有一定变化。

与杨维康等 (2005) 和孙铭娟 (2003) 在新疆东部木垒县研究不同的是: 我们在三个季节鹅喉羚的粪便中都没有检测出麻黄属植物, 这或许有研究地域不同的原因 (天山东部和准噶尔盆地东北部)。但我们在不同季节解剖探查多个因捕食、盗猎及车辆撞击而死亡的鹅喉羚胃内容物时, 也没有发现麻黄属植物的碎片, 说明鹅喉羚不采食适口性差且有一定毒性的麻黄属植物。虽然野外经常观察到鹅喉羚沿麻黄属植物多的沟壑采食并移动, 但在其离开后靠近检查新鲜啃痕时仅发现针茅被大量啃食, 以及刺锦鸡被啃食的痕迹 (尤其是冬春季节), 而麻黄属植物则没有任何啃痕, 这与我们通过粪便显微分析得到的结果是一致的 (表 2、3、4)。

无论在卡拉麦里山有蹄类自然保护区的蒙古野驴及鹅喉羚, 还是仅春季、秋季和冬季游牧的家畜, 其两两物种之间的食物生态位宽度都在 0.68 以上, 说明其生态幅比较宽, 对环境资源利用的多样性比较高。另一方面, 其两两物种之间的食物生态位重叠度都在 0.85 以上, 就连五个物种之间的食物生态位重叠度都达到了 0.3 以上, 暗示在卡拉麦里山有蹄类自然保护区干旱区荒漠植被初级生产力低下的栖息环境下, 同域分布的有蹄类将产生较为严重的食物竞争, 在诸如厚雪、低温严寒等恶劣环境因子的影响下, 尤其在冬末春初易造成草食动物缺乏营养, 进而感染疾病导致死亡。因比, 限制进入卡拉麦里山有蹄类自然保护区游牧的家畜数量

就成为保护区管理者与当地社区政府和群众必须面对的问题。要下大力气解决牧民冬季传统游牧方式, 建议用家羊替换牛, 亦即小畜换大畜的定居饲养模式, 减少秋季和冬季进入保护区放牧家畜的数量, 以便从根本上缓解牧业发展与野生有蹄类保护问题。同时, 为牧民提供冬季生活用煤来替代对该区域荒漠有蹄类重要食物梭梭的采伐, 结合国家公益林管护的法规, 采用适当的封育手段, 恢复以梭梭及白梭梭为建群种的荒漠和沙漠植被。实施严格的环保措施, 保护火烧山、五彩湾一带越冬的蒙古野驴及鹅喉羚种群, 把煤电及石油等国家重大项目开发对保护区有蹄类冬季栖息地的影响程度降到最低。因此, 需要制定并尽快实施一个可持续的荒漠草场使用方案来使家畜和有蹄类和谐共存, 从而保护当地的生物多样性。

致谢 本研究野外及实验室工作得到中国科学院新疆生态与地理研究所杨维康博士、刘伟硕士、徐文轩硕士的热情帮助和指导。感谢戚英杰、赵威武、艾代、李斌、哈里、王振彪、张彦豹等同志参加野外资料收集工作。感谢 Department of Ecosystem and Conservation Sciences, University of Montana 的 Richard Harris 博士提出宝贵修改意见, 特此致谢!

参考文献 (References)

- Adams JR, Kelly BT, Waits LP, 2003. Using faecal DNA sampling and GIS to monitor hybridization between red wolves *Canis rufus* and coyotes *Canis latrans*. *Molecular Ecology* 12: 2175–2186.
- Azevedo FCC, Lester V, Gorsuch W, Larivi re S, Wising AJ, Murray DL, 2006. Dietary breadth and overlap among five sympatric prairie Carnivores. *Journal of Zoology* 269: 127–135.
- Bedunah D, Harris R, 2005. Observations on changes in Kazak Pastoral use in two townships in Western China: a loss of traditions. *Nomadic Peoples* 9: 107–129.
- Biswas S, Sankar K, 2003. Prey abundance and food habit of tigers *anthera tigris tigris* in Pench National Park, Madhya Pradesh, India. *J. Zool. Lond.* 256: 411–420.
- Campos Arceiz A, Takatsuki S, Llagvasuren B, 2004. Food overlap between Mongolia gazelle and livestock in Omnogobi, southern Mongolia. *Ecological Research* 19: 455–460.
- Cao YF, Su JP, Lian XM, Zhang TZ, Cui QH, 2008. Food habits of Tibetan antelope *anthera hodgsoni* in the Kekexili Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica* 28 (1): 14–19 (In Chinese).
- Cederlund G, Nystrom A, 1981. Seasonal differences between moose and roe deer in ability to digest browse. *Holarctic Ecology* 4: 59–65.
- Chen HP, 1991. Evaluation of fecal analysis determining food habits of ungulates. *Chinese Journal of Zoology* 26 (2): 40–43 (In Chinese).
- Chen J, Deng XB, Zhang L, Bai ZL, 2006. Diet composition and foraging ecology of Asian elephants in Shangyong, Xishuangbanna, China. *Acta Ecologica Sinica* 26 (2): 309–316 (In Chinese).
- Chu G, Liang C, Ruan Y, Wang W, Hou Y, 1985. The summer habitat and population numbers of the Mongolian wild ass in the Kalamaili Wildlife Reserve, Xinjiang Uygur Autonomous Region. *Acta Zoologica Sinica* 31 (2): 178–186 (In Chinese).
- Cui DY, Liu ZS, Wang XM, Zhai H, Hu TH, Li ZG, 2007. Winter food-

- habits of red deer *Cervus elaphus akaicus* in Helan Mountains, China. *Zoological Research* 28 (4): 383–388 (In Chinese).
- De Alba Becerra R, Winder J, Holechek JL, Cardenas M, 1998. Diets of 3 cattle breeds on Chihuahuan Desert Rangeland. *Journal of Range Management* 51 (3): 270–275.
- Ego WK, Mbuvi DM, Kibet PFK, 2003. Dietary composition of wildebeest *Connochaetes taurinus kongoni* *Alcephalus buselaphus* and cattle *Bos indicus* grazing on a common ranch in south-central Kenya. *Afr. J. Ecol.* 41: 83–92.
- Elgmork K, Kaasa J, 1992. Food habits and foraging of the brown bear *Ursus arctos* in central south Norway. *Ecography* 15: 101–110.
- Fan NC, Jing ZC, Zhang DC, 1995. Studies on the food resource niches of Plateau pika and Daurian pika. *Acta Theriologica Sinica* 15 (1): 36–40 (In Chinese).
- Feh C, Munkhtuya B, Enkhbold S, Sukhbaatar T, 2001. Ecology and social structure of the Gobi khulan *Equus hemionus* sub sp. in the Gobi B National Park, Mongolia. *Biological Conservation* 101: 51–61.
- Feinsinger P, Spear EE, 1981. A simple measure of niche breadth. *Ecology* 62: 27–32.
- Fitzgerald AE, Waddlingto DC, 1979. Comparison of two methods of fecal analysis of herbivore diet. *Journal of Wildlife Management* 43: 468–473.
- Gao XY, Gu JH, Zhou JD, 1989. The change on the distribution area of the wild horse in the modern times. *Arid Zone Research* 6 (2): 49–54 (In Chinese).
- Gao XY, Gu JH, 1989. The distribution and status of the Equidae in China. *Acta Theriologica Sinica* 8 (4): 269–274 (In Chinese).
- Gao XY, Xu KF, Yao J, Jia ZX, 1996. The population structure of goitred gazelle in Xinjiang. *Acta Theriologica Sinica* 16 (1): 14–18 (In Chinese).
- Gao XY, Xu KF, Yao J, Jia ZX, Qiao DL, Xiong YF, Zhao B, 1997. The resources of goitred gazelle in Changji Hui Autonomous Prefecture, Xinjiang. *Arid Zone Research* 14 (Suppl.): 14–16 (In Chinese).
- Gao XY, Yao J, 2006. Study on the geography distribution and population of *Gazella subgutturosa* in the Hami Basin, Xinjiang in early winter. *Arid Land Geography* 29 (2): 213–218 (In Chinese).
- Gao ZX, Chen HP, Wang XP, 1991. Evaluation of fecal analysis determining food habits of Herbivores. *Acta Theriologica Sinica* 11 (3): 186–193 (In Chinese).
- Gao ZX, Jin K, Ma JZ, Chen HH, 1995. Winter food habits of Mongolian gazelle in Huhai-beir Grassland. *Acta Theriologica Sinica* 15 (3): 203–208 (In Chinese).
- Ge Y, Liu CG, Chu HJ, Tao YS, 2003. Present situation of the *Equus hemionus* resources in the Karamori Mountain Nature Reserve, Xinjiang. *Arid Zone Research* 20 (1): 32–35 (In Chinese).
- Genin D, Villca Z, Abasto P, 1994. Diet selection and utilization by llama and sheep in a high altitude, Arid Rangeland of Bolivia. *Journal of Range Management* 47 (3): 245–248.
- Guo GP, Zhang ED, 2005. Diet of the Chinese water deer *Hydropotes inermis* in Zhoushan Archipelago, China. *Acta Theriologica Sinica* 25 (2): 122–130 (In Chinese).
- Hashimoto Y, Kaji M, Sawada H, Takatsuki S, 2003. Five-year study on the autumn food habits of the Asiatic black bear in relation to nut production. *Ecological Research* 18: 485–492.
- Heroldova M, 1996. Dietary overlap of three ungulate species in the Palava Biosphere Reserve. *Forest Ecology and Management* 88: 139–142.
- Hovens JPM, Tungalakutja K, 2005. Seasonal fluctuations of the wolf diet in the Hustai National Park (Mongolia). *Mammalian Biology* 70 (4): 210–217.
- Hurtubia J, 1973. Trophic diversity measurement in sympatric predatory species. *Ecology* 54: 885–890.
- J como AT de A, Silveira L, Diniz-Filho JAF, 2004. Niche separation between the maned wolf *Chrysocyon brachyurus*, the crab-eating fox *Disicyon thous* and the hoary fox *Disicyon vetulus* in central Brazil. *J. Zool. Lond.* 262: 99–106.
- Jiang ZG, Xia WP, 1985. Utilization of the food resources by plateau pika. *Acta Theriologica Sinica* 5 (4): 20–27 (In Chinese).
- Jiang ZG, 2004. Przewalskii horse *Equus przewalskii*. *Chinese Journal of Zoology* 39 (2): 100–101 (In Chinese).
- Kingery JL, Mosley JC, Bordwell KC, 1996. Dietary overlap among cattle and cervids in Northern Idaho Forests. *Journal of Range Management* 49 (1): 8–15.
- Krebs CJ, 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York: Harper & Row Publishers.
- Kumpula J, 2001. Winter grazing of reindeer in woodland lichen pasture: effect of lichen availability on the condition of reindeer. *Small Ruminant Research* 39: 121–130.
- Latham J, Staines BW, Goman ML, 1999. Comparative feeding ecology of red *Cervus elaphus* and roe deer *Capreolus capreolus* in Scottish plantation forests. *J. Zool. Lond.* 247: 409–418.
- Li DQ, Jiang ZG, Wang ZW, 1999. Diet analysis of *rocapra przewalskii*. *Zoological Research* 20 (1): 74–77 (In Chinese).
- Li Z, Jiang Z, Li C, 2007. Dietary overlap of Przewalski's gazelle, Tibetan gazelle, and Tibetan sheep on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Wildlife Management* 72 (4): 944–948.
- Li Z, Jiang Z, 2007. Diet analysis for Tibetan gazelle *rocapra picticaudata* in Tianjun area, Qinghai Province, China. *Acta Theriologica Sinica* 27 (1): 64–67 (In Chinese).
- Liu B, Jiang Z, 2004. Dietary overlap between Przewalski's gazelle and domestic sheep in the Qinghai Lake region and implication for rangeland management. *Journal of Wildlife Management* 68 (2): 223–228.
- Liu W, Yang WK, Xu WX, 2008. Food habits of the Kulan *Equus hemionus* in autumn. *Acta Theriologica Sinica* 28 (1): 33–36 (In Chinese).
- Malcolm J, 1997. The diet of the Ethiopian wolf (*Canis simensis* R. ppell) from a grassland area of the Bale Mountains, Ethiopia. *Afr. J. Ecol.* 35: 162–164.
- Martinez T, 2002. Summer feeding strategy of Spanish ibex *Capra pyrenaica* and domestic sheep *Ovis aries* in south-eastern Spain. *Acta Theriologica* 47 (4): 479–490.
- Mishra C, Van Wieren SE, Ketner P, Heikkinen IMA, Prins HHT, 2004. Competition between domestic livestock and wild bharal *saudois nayaur* in the Indian Trans-Himalaya. *Journal of Applied Ecology* 41: 344–354.
- Moser BW, Witme GW, 2000. The effects of elk and cattle foraging on the vegetation, birds, and small mammals of the Bridge Creek Wildlife Area, Oregon. *International Biodeterioration & Biodegradation* 45: 151–157.
- Naves J, Fernandez-Gil A, Rodriguez C, Delibes M, 2006. Brown bear food habits at the border of its range: a long-term study. *Journal of Mammalogy* 87 (5): 899–908.
- Neale JC, Sacks BN, 2001. Resource utilization and interspecific relations of sympatric bobcats and coyotes. *Oikos* 94: 236–249.
- Novack AJ, Main MB, Sunquist ME, Labisky RF, 2005. Foraging ecology of jaguar *panthera onca* and puma *uma concolor* in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *J. Zool. Lond.* 267: 167–178.
- Phillips RB, Winchell CS, Schmidt RH, 2007. Dietary overlap of an alien and native carnivore on San Clemente Island, California. *Journal of Mammalogy* 88 (1): 173–180.
- Pianka ER, 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 53–74.
- Prins HHT, de Boer WF, van Oeveren H, Correia A, Mafuca J, Ollif H, 2006. Co-existence and niche segregation of three small bovid species in southern Mozambique. *Afr. J. Ecol.* 44: 186–198.
- Qiao JF, Yang WK, Gao XY, 2006. Food habits analysis and foraging habitat selection of Tarim deer *Cervus daphus yarkandensis*. *Chinese Science Bulletin* 51 (1): 121–125 (In Chinese).
- Reading RP, Henry MM, Lhagvasuren B, Feh C, Kane DP, Dulamtseren S, Enkhbold S, 2001. Status and distribution of khulan *Equus hemionus* in Mongolia. *J. Zool. Lond.* 254: 381–389.
- Santos EF, Setz EZF, Gobbi N, 2003. Diet of the maned wolf *Chrysocyon brachyurus* and its role in seed dispersal on a cattle ranch in Brazil. *J. Zool. Lond.* 260: 203–208.
- Shrestha R, Wegge P, Koirala RA, 2005. Summer diets of wild and domestic ungulates in Nepal Himalaya. *J. Zool. Lond.* 266: 111–119.
- Song YL, Gong HS, Zeng ZG, Wang XZ, Zhu L, Zhao NX, 2005. Food habits of serow. *Chinese Journal of Zoology* 40 (5): 50–56 (In Chinese).

- Chinese).
- Souris AC, Kaczensky P, Julliard R, Walzer C, 2007. Time budget, behavioral synchrony and body score development of a newly released Przewalski's horse group *Equus ferus przewalskii*, in the Great Gobi B strictly protected area in SW Mongolia. *Applied Animal Behaviour Science* 107: 307–321.
- Steinheim G, Wegge P, Fjellstad JI, Jnawali SR, Weladji RB, 2005. Dry season diets and habitat use of sympatric Asian elephants *Elphas maximus* and greater one-horned rhinoceros *Rhinoceros unicornis* in Nepal. *J. Zool. Lond.* 265: 377–385.
- Sun MJ, 2003. Study On Habitat Selection and Dietary of the *Gazella subgutturosa sairensis* in South-Eastern of Jungar Basin. Master Dissertation of the Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 1–82 (In Chinese).
- Taber AB, Novaro AJ, Neris N, Colman FH, 1997. The food habits of sympatric jaguar and puma in the Paraguayan Chaco. *Biotropica* 29 (2): 204–213.
- Wang W, Ma JZ, Yu HL, Hu LQ, 2008. Food habits of Asiatic black bears in the Xiaoxinganling Mountains. *Acta Theriologica Sinica* 28 (1): 7–13 (In Chinese).
- Wu JP, Shan JH, Li YK, 2007. Winter diet of Siberian musk deer in the Lesser Xingan Mountains. *Acta Theriologica Sinica* 27 (1): 58–63 (In Chinese).
- Xu KF, Ren ZG, Gao XY, 1997. Resources and status of *Equus Hemionus* and *Gazella Subgutturosa* of the Karamori Mountain Nature Reserve, Xinjiang. *Arid Zone Research (Suppl.)* 14: 17–22 (In Chinese).
- Yang WK, Qiao JF, Yao J, Gao XY, 2005. Characteristics of foraging habitat of goitred gazelles *Gazella subgutturosa sairensis* in Eastern Junggar Basin, Xinjiang. *Acta Theriologica Sinica* 25 (4): 355–360 (In Chinese).
- Yin B, Huai H, Zhang Y, Zhou L, Wei W, 2007. Trophic niches of *antholops hodgsoni*, *rocopra pitaicaudata* and *Equus kiang* in Kekexili region. *Chinese Journal of Applied Ecology* 18 (4): 766–770 (In Chinese).
- Yoshihara Y, Ito TY, Lhagvasuren B, Takatsuki S, 2008. A comparison of food resources used by Mongolian gazelles and sympatric livestock in three areas in Mongolia. *Journal of Arid Environments* 72: 48–55.
- Yue JB, 2006. Studies on the Number, Distribution and Food Preference of Asiatic wild ASS in Kalamaili Nature Reserve. Master Dissertation of the Beijing Forestry University, 1–45 (In Chinese).
- Zhang HH, Wang ZL, Ma WX, Sun YY, 2000. Food habits of wolf, *Canis lupus*, in Xinganling Mountains. *Journal of Qufu Normal University* 26 (1): 80–82 (In Chinese).
- Zheng RQ, Bao YX, 2004. Study methods and procedures for ungulate food habits. *Acta Ecologica Sinica* 24 (7): 1532–1539 (In Chinese).
- Zheng SW, Gao XY, 2000. Status of wild ass in China. *Chinese Biodiversity* 8 (1): 81–87 (In Chinese).
- 曹伊凡, 苏建平, 连新明, 张同作, 崔庆虎, 2008. 可可西里自然保护区藏羚羊的食性分析. *兽类学报* 28 (1): 14–19.
- 陈化鹏, 1991. 有蹄类食性研究方法的评价. *动物学杂志* 26 (2): 40–43.
- 陈进, 邓晓保, 张玲, 白智林, 2006. 西双版纳尚勇亚洲象的食物组成与取食生态. *生态学报* 26 (2): 309–316.
- 楚国忠, 梁崇歧, 阮云秋, 王伟, 侯韵秋, 1985. 卡拉麦里山有蹄类野生动物保护区野驴的夏季栖息地及种群数量. *动物学报* 31 (2): 178–186.
- 崔多英, 刘振生, 王小明, 翟昊, 胡天华, 李志刚, 2007. 贺兰山马鹿冬季食性分析. *动物学研究* 28 (4): 383–388.
- 樊乃昌, 景增春, 张道川, 1995. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔食物资源维生态位的研究. *兽类学报* 15 (1): 36–40.
- 高行宜, 谷景和, 周嘉, 1989. 野马分布区的近代变迁. *干旱区研究* 2: 49–54.
- 高行宜, 谷景和, 1989. 马科在中国的分布与现状. *兽类学报* 8 (4): 269–274.
- 高行宜, 许可芬, 姚军, 贾泽信, 1996. 新疆鹅喉羚的种群结构. *兽类学报* 16: 14–18.
- 高行宜, 许可芬, 姚军, 贾泽信, 乔德禄, 熊义锋, 赵斌, 1997. 新疆昌吉州的鹅喉羚资源. *干旱区研究* 14 (增刊): 14–16.
- 高行宜, 姚军, 2006. 新疆哈密盆地初冬鹅喉羚的地理分布与种群数量. *干旱区地理* 29: 213–218.
- 高中信, 陈化鹏, 王筱平, 1991. 粪便分析法测定植食动物食性的评价. *兽类学报* 11 (3): 186–193.
- 高中信, 金昆, 马建章, 陈华豪, 1995. 呼伦贝尔草原蒙古瞪羚冬季食性. *兽类学报* 15 (3): 203–208.
- 葛炎, 刘楚光, 初红军, 陶永善, 2003. 新疆卡拉麦里山自然保护区蒙古野驴的资源现状. *干旱区研究* 20 (1): 32–35.
- 郭光普, 张恩迪, 2005. 舟山群岛獐的食性研究. *兽类学报* 25 (2): 122–130.
- 蒋志刚, 夏武平, 1985. 高原鼠兔生物资源的利用. *兽类学报* 5: 20–27.
- 蒋志刚, 2004. 普氏野马 (*Equus przewalskii*). *动物学杂志* 39 (2): 100–101.
- 李迪强, 蒋志刚, 王祖望, 1999. 普氏原羚的食性分析. *动物学研究* 20 (1): 74–77.
- 李忠秋, 蒋志刚, 2007. 青海省天峻地区藏原羚的食性分析. *兽类学报* 27 (1): 64–67.
- 刘伟, 杨维康, 徐文轩, 2008. 蒙古野驴的秋季食性分析. *兽类学报* 28 (1): 33–36.
- 乔建芳, 杨维康, 高行宜, 2006. 塔里木马鹿 (*Cervus elaphus yarkandensis*) 的食性分析与采食地选择. *科学通报* 51 (1): 121–125.
- 宋延龄, 巩会生, 曾治高, 王学志, 朱乐, 赵纳勋, 2005. 鬃羚食性的研究. *动物学杂志* 40 (5): 50–56.
- 孙铭娟, 2003. 准噶尔盆地东南缘鹅喉羚 (*Gazella subgutturosa sairensis*) 栖息地选择与食性研究. 中国科学院研究生院硕士学位论文.
- 王文, 马建章, 余辉亮, 胡立清, 2008. 小兴安岭地区黑熊的食性分析. *兽类学报* 28 (1): 7–13.
- 吴建平, 单继红, 李言阔, 2007. 小兴安岭地区原麝冬季食性研究. *兽类学报* 27 (1): 58–63.
- 许可芬, 任志刚, 高行宜, 1997. 卡拉麦里山保护区的蒙古野驴、鹅喉羚资源及生存现状. *干旱区研究* 14 (增刊): 17–22.
- 杨维康, 乔建芳, 姚军, 高行宜, 2005. 新疆准噶尔盆地东部鹅喉羚采食地的特征. *兽类学报* 25: 355–360.
- 殷宝法, 淮虎银, 张德铿, 周乐, 魏万红, 2007. 可可西里地区藏羚羊、藏原羚和藏野驴的营养生态位. *应用生态学报* 18 (4): 766–770.
- 岳建兵, 2006. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区蒙古野驴的种群数量分布及食性选择的研究. 北京林业大学硕士学位论文, 1–45.
- 张洪海, 王振龙, 马文祥, 孙玉英, 2000. 大、小兴安岭地区狼的食性. *曲阜师范大学学报* 26 (1): 80–82.
- 郑荣泉, 鲍毅新, 2004. 有蹄类食性研究方法及其研究进展. *生态学学报* 24 (7): 1532–1539.
- 郑生武, 高行宜, 2000. 中国野驴的现状、分布区的历史变迁原因探讨. *生物多样性* 8 (1): 81–87.