

天山中部地区北山羊食性及其季节变化

罗东^① 李叶^② 时磊^{①*}

① 新疆农业大学动物科学学院 乌鲁木齐 830052; ② 北京山漠投资咨询有限公司 北京 100101

摘要: 本研究采用粪便显微组织分析法, 调查了天山中部地区北山羊 (*Capra sibirica*) 的食物组成及季节变化。结果表明, 在北山羊的粪便显微装片中共鉴定出 14 科 37 种 (属) 植物。禾本科为北山羊主要食物, 夏季和冬季分别占食谱的 54.30% 和 59.34%。莎草科、豆科、蔷薇科以及菊科也是北山羊较为重要的食物。其中高山早熟禾 (*Poa alpina*)、嵩草属 (*Kobresia* spp.) 和针茅属 (*Stipa* spp.) 物种均为夏季和冬季采食较多的植物。卡方检验结果表明, 北山羊的食物组成在夏季和冬季间有明显变化, 蔷薇科和菊科在冬季食谱中所占的比例显著低于夏季 (蔷薇科, Pearson $\chi^2 = 13.737$, $df = 1$, $P < 0.01$; 菊科, Pearson $\chi^2 = 4.784$, $df = 1$, $P < 0.05$), 而对禾本科的采食比例冬季显著高于夏季 (禾本科, Pearson $\chi^2 = 4.319$, $df = 1$, $P < 0.05$)。种属水平上北山羊夏季与冬季的采食食物种类的比例具有极显著差异 (Pearson $\chi^2 = 89.495$, $df = 36$, $P < 0.01$)。上述研究结果表明, 天山中部地区的北山羊属于泛食性物种, 且食性有明显的季节变化。

关键词: 食性分析; 粪便显微组织分析; 季节变化; 北山羊

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2018) 03-321-08

Seasonal Variation in Feeding Habits of the Asiatic Ibex (*Capra sibirica*) in the Central Tianshan Mountains

LUO Dong^① LI Ye^② SHI Lei^{①*}

① College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052; ② Beijing ShanMo Investment Consultancy Ltd., Beijing 100101, China

Abstract: The dietary composition and seasonal dietary shift of the Asiatic Ibex (*Capra sibirica*) in the central Tianshan Mountains were investigated using fecal micro-histological analysis. Total of 37 species (genus) of plants from 14 different families were identified in the fecal samples of the Asiatic Ibex (Table 1). Poaceae was found to be the main food source of the Ibex, accounting for 54.30% and 59.34% of its diet in the summer and winter, respectively. Cyperaceae, Fabaceae, Rosaceae and Asteraceae were also important food items of the ibex. Within these groups, *Poa alpina*, *Kobresia* spp., and *Stipa* spp. were the most commonly foraged plants (Table 1). The result of Chi-square tests revealed that the foraging habits of the ibex

基金项目 公益性行业 (农业) 科研专项 (No. 201203041);

* 通讯作者, E-mail: shileixj@126.com;

第一作者介绍 罗东, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 254286728@qq.com。

收稿日期: 2017-10-14, 修回日期: 2018-01-06 DOI: 10.13859/j.cjz.201803001

in summer and winter were significantly different. The proportion of Rosaceae (Pearson $\chi^2 = 13.737$, $df = 1$, $P < 0.01$) and Asteraceae (Pearson $\chi^2 = 4.784$, $df = 1$, $P < 0.05$) consumed in winter was significantly lower than in summer, while the amount of Poaceae (Pearson $\chi^2 = 4.319$, $df = 1$, $P < 0.05$) consumed in winter was significantly higher than in summer. At the plant species level, there were significant differences in the proportions consumed in summer and winter (Pearson $\chi^2 = 89.495$, $df = 36$, $P < 0.01$) (Fig. 2). The results indicate that the Asiatic ibex of the central Tianshan Mountains exhibits a generalist feeding patterns with significant seasonal shift.

Key word: Feeding habits; Fecal microstructure analysis; Feasonal shift; Asiatic Ibex (*Capra sibirica*)

北山羊 (*Capra sibirica*) 又被称为羴羊或野山羊, 栖息在海拔 3 000 ~ 6 000 m 的高山草原、岩石山地等 (杨博辉 2006), 冬季迁移到海拔相对较低的山间生活 (汪松等 1998)。北山羊在境外主要分布在中亚山地、印度巴基斯坦北部、蒙古的西部南部、俄罗斯的西伯利亚南部等高山地区。我国主要分布在新疆、青海、内蒙古西部、甘肃北部等山地地区 (Smith 等 2009)。我国 1988 年颁布的《国家重点保护野生动物名录》中, 北山羊被确定为国家 I 级重点保护野生动物。1998 年被《中国濒危动物红皮书》列为濒危 (EN) 物种 (汪松等 1998)。蒋志刚等 (2016) 在中国脊椎动物红色名录中, 将北山羊定为近危 (NT)。目前关于北山羊的研究涉及种群资源与栖息分布状况 (Xu et al. 2007, 王君等 2012)、形态学 (汪松 2009)、活动节律 (徐峰等 2006)、社群结构 (朱新胜等 2016) 和生境 (Li et al. 2015a) 等。

天山位于中亚腹地, 在世界范围内具有特殊的干旱区腹地高山、亚高山生态系统, 其植被区系特征明显而独特, 有别于同纬度的其他生态环境, 研究栖息于该区域的野生有蹄类动物的食性规律和特点具有重要的意义。目前, 有学者研究了分布在喜马拉雅山 (Awasthi et al. 2003) 和哈萨克斯坦 (Fedosenko et al. 1983) 的北山羊食性, 但对分布在天山中部地区的北山羊的食性尚未见有研究报道。动物食性研究也一直都是濒危动物保护和资源动物管理的关注热点 (刘燕等 2015)。野生有蹄类动物的食性受食物资源、动物不同季节的营养状况和家

畜竞争的强烈影响 (Bhattacharya et al. 2012)。因此食性的研究可以为该地区北山羊的保护管理、高山草场生态恢复等提供重要的基础资料。在研究方法上, 有蹄类动物食性的研究中粪便显微组织分析法因其取样容易以及对动物影响较小等优势被广泛采用 (Shrestha et al. 2005, Bhattacharya et al. 2012)。本文通过粪便显微组织分析法研究天山中部地区北山羊的食物组成, 分析主要食物种类的比例大小及营养生态位宽度的季节变化。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究于 2009 年 7 月与 2010 年 1 月在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州和静县西北依连哈比尔尕山腹地 (43°07' ~ 43°27'N, 86°01' ~ 86°29'E) 开展 (图 1)。研究区主要包括古仁沟主沟、金箍儿沟、那仁牧提沟、阿乎合头沟及诺尔和头沟 (李叶 2013a)。当地地形较为复杂, 山脉与沟谷交错, 冰川融化为河流的主要补给来源。区内海拔最高山峰 4 537 m, 最低 2 801 m。雪线为 3 900 m。在海拔 3 000 m 以上的地区为高寒气候, 雪线以上地区常年由冰雪覆盖。年均气温 - 4.7 °C, 年降水量 280 ~ 350 mm, 年降雪量 70.5 mm。全年连续降水时间最长的月份为 6 ~ 8 月。高山盆地气候有明显的季节变化, 具体表现为夏季凉爽, 持续较短, 日照充足。而冬季寒冷, 持续较长, 积雪较厚。夏季平均气温 20 °C 左右, 冬季为 - 15 °C 左右。区内山谷、盆地存在“地形逆温”现象。

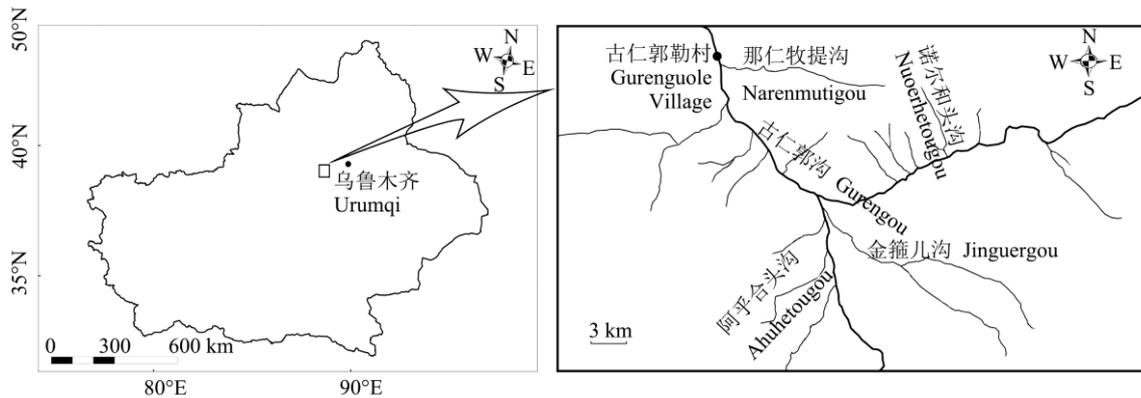


图1 研究区域及调查沟系分布示意图

Fig. 1 Study region showing a total of 5 ditches in Gurenguoleng areas of Central Tianshan Mountains, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

植被生长较好, 植被类型为高山高寒草甸草原、亚高山高寒草甸草原、高山、亚高山高寒草原, 小溪、河流穿行在山间小平原或谷底, 平缓的山坡都是较好的牧场。当地常见植物有紫花针茅 (*Stipa purpurea*)、葱属 (*Allium* spp.) 植物、委陵菜属 (*Potentilla* spp.) 植物、火绒草 (*Leontopodium leontopodioides*) 等, 主要的野生动物有猞猁 (*Lynx lynx*)、狼 (*Canis lupus*)、秃鹫 (*Aegypius monachus*)、金雕 (*Aquila chrysaetos*)、石鸡 (*Alectoris chukar*) 和暗腹雪鸡 (*Tetraogallus himalayensis*) 以及灰旱獭 (*Marmota baibacina*) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 粪样采集 北山羊的粪样于 2009 年 7 月和 2010 年 1 月在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州和静县巴伦台乡古仁沟地区采集。在该区域虽有盘羊 (*Ovis ammon*) 分布, 但两种同域分布的野生有蹄类动物在栖息地选择上存在差异 (李叶等 2013a, 2014, Li et al. 2015a, b)。此外, 野外观察表明盘羊粪样与北山羊粪样在形状大小上有较大差异, 北山羊的粪形状偏锥形, 而盘羊呈念珠形, 可进行严格区分。我们在采集粪样的同时也结合野外观察, 在野外发现北山羊后, 先以较远的距离进行观察, 当羊群离开后, 观察的人在原地用对讲机指挥

另外一人到达刚才北山羊的采食卧息地点采集新鲜的粪样, 并做标记。7 月和 1 月各采集粪样 100 份, 每 10 份做成一个复合粪样。即 7 月和 1 月各 10 个复合粪样。据研究地的自然情况将一年划分为春季 (4 月初至 5 月底)、夏季 (6 月初至 9 月底)、秋季 (10 月初至 11 月中旬) 和冬季 (12 月下旬至次年 3 月) (周平等 2010)。

1.2.2 显微装片的制备 由于研究地区的特殊高山地形特点, 对照植物设定样方采集时按照科学的随机取样, 设定 1 m × 1 m 的样方, 样方内的植物全部齐地剪取, 样方沿样线布设, 在古仁沟、金箍儿沟等 5 条沟系中, 按照谷底到山脊的样线, 每隔 300 m 布设一个样方。为保证尽可能采集研究区内的所有植物物种, 尽量走更多的样线, 之后再行植物种类鉴定, 所采集的植物共鉴定出 27 科 81 属 118 种。然后再制备各植物的显微装片, 方法参考刘伟等 (2008), 每种植物制作 5 张装片。北山羊粪样显微装片的制备方法参考曹伊凡等 (2006)。

1.2.3 粪样的镜检 以植物参考装片为标准, 在 400 倍的显微镜下找出植物的鉴定特征, 编制植物检索表, 在光学显微镜 100 倍的视野范围内与粪样装片中的可识别植物角质碎片进行比对, 单个视野下的每种植物若出现 1 次则记为 1, 若出现两次或两次以上也记为 1, 不重复

记录。夏季和冬季各观察 8 个复合粪样，每个复合粪样观察 5 张装片，每张粪样装片观察 5 个视野，每个视野不重复。最后统计出每种植物出现的频次 F ，用公式： $F = 100(1 - e^{-D})$ 算出每种植物种的颗粒平均密度 D ，再根据如下公式求出各植物种的相对颗粒密度 D_R ， $D_{Ri} = [D_i / (D_1 + D_2 + \dots + D_n)] \cdot 100\%$ ， D_{Ri} 即为北山羊食谱中 i 植物种所占的比例，即得到各种植物在北山羊食谱中所占的比例（康乐等 1992）。

1.3 统计分析

利用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Pielou 均匀度指 J ，以及生态位宽度指数 B 分析北山羊夏季与冬季的食物组成多样性（李叶等 2013b）。香农-维纳多样性指数（Shannon-Wiener index, H' ） $H' = -\sum P_i \ln(P_i)$ ， P_i 表示植物种 i 在全部植物碎片中所占的比例（即 $D_{Ri} / 100$ ）。Pielou 均匀度指数（Pielou evenness index, J ） $J = H' / H_{\max}$ ， $H_{\max} = \ln S$ ， S 表示粪样中存在的植物物种数。食物生态位宽度指数 $B = 1 / \sum P_i^2$ 。用 SPSS19.0 对夏季冬季植物种类的采食比例进行卡方检验。

2 结果

2.1 北山羊的食性

在天山古仁沟地区北山羊分布区内，共采集 27 科 118 种植物。使用粪便显微分析法，在采集的北山羊粪样中，共镜检鉴定出 14 科 37 种（属）植物，其中禾本科为北山羊主要食物，夏季和冬季分别占食谱的 54.30% 和 59.34%。其次是莎草科、豆科、蔷薇科、菊科等植物（表 1）。在粪样中所鉴定出的 37 种（属）植物中，高山早熟禾（*Poa alpina*）、嵩草（*Kobresia* spp.）及针茅（*Stipa* spp.）均为北山羊夏季和冬季采食较多的植物。北山羊食性在种属水平上具有极显著季节间差异（Pearson $\chi^2 = 89.495$ ， $df = 36$ ， $P < 0.001$ ）。上述结果表明，禾本科、莎草科、豆科以及蔷薇科和菊科等 5 科植物为北山羊的主要食物类群，其中高山早熟禾、嵩草植

物以及针茅为北山羊全年采食较多的植物。

2.2 北山羊食性的季节变化

北山羊夏季的粪样中，共镜检鉴定出植物 14 科 34 种（属）（表 1），下列 5 科植物为北山羊夏季的主要食物类群，占其夏季食物组成的 96.05%。依次为禾本科（54.30%）、莎草科（24.70%）、蔷薇科（6.64%）、菊科（5.48%）、豆科（4.93%）（图 2）。

冬季共镜检鉴定出植物 11 科 28 种（属）（表 1）。同样上述 5 科为北山羊冬季的主要食物类群，在冬季粪样的可识别碎片中占 95.87%。但所占比例与夏季不同，依次为禾本科（59.34%）、莎草科（25.08%）、豆科（5.23%）、菊科（3.47%）、蔷薇科（2.74%）（图 2）。

北山羊的食谱中上述 5 科主要食物所占比例在夏季和冬季间除豆科和莎草科外，另外 3 科均差异显著或极显著（禾本科，Pearson $\chi^2 = 4.319$ ， $df = 1$ ， $P < 0.05$ ；蔷薇科，Pearson $\chi^2 = 13.737$ ， $df = 1$ ， $P < 0.01$ ；菊科，Pearson $\chi^2 = 4.784$ ， $df = 1$ ， $P < 0.05$ ）。在种属水平上北山羊夏季与冬季的采食比例具有极显著差异（Pearson $\chi^2 = 89.495$ ， $df = 36$ ， $P < 0.01$ ）。

2.3 北山羊的食物多样性与生态位宽度

北山羊夏季采食植物的种数、Shannon wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数以及食物生态位宽度指数均高于冬季（表 2）。

3 讨论

食性是动物生活史的重要组成部分，食性分析对于了解有蹄类动物的生态学至关重要（苏军虎等 2017），也是科学保护和管理有蹄类动物的基本要求（Bhattacharya et al. 2012）。本研究初步分析了天山中部古仁沟地区北山羊的食性，结果表明，天山中部古仁沟地区分布的北山羊主要食物由禾本科、莎草科、蔷薇科、豆科等多种植物组成（表 1）。欧洲地区的研究报道也表明，西班牙山羊（*Capra pyrenaica*）表现出食性泛化的趋势（Mart ínez 2000, 2001, 2002）。与上述研究结果类似，本研究表明天山

表 1 北山羊夏季与冬季的食谱

Table 1 Dietary components of *Capra sibirica* in the summer and winter

食物种类 Food species	夏季 Summer (%)	冬季 Winter (%)	卡方检验结果 Result of Chi-square tests (P)
禾本科 Poaceae	54.30	59.34	0.038
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	0.15	0.48	0.230
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	7.86	4.75	0.018
落草 <i>Koeleria cristata</i>	1.57	3.61	0.011
高山早熟禾 <i>Poa alpina</i>	23.96	24.44	0.151
小早熟禾 <i>P. parvissima</i>	1.40	1.23	0.537
扭轴鹅冠草 <i>Raegneria schrenkiana</i>	6.19	4.17	0.064
天山针茅 <i>Stipa tianschanica</i>	0.61	0.48	0.771
针茅属 <i>Stipa</i> spp.	12.57	20.19	0.001
莎草科 Cyperaceae	24.70	25.08	0.250
扁穗草 <i>Brylkinia caudata</i>	0.30	0.48	0.691
无脉苔草 <i>Carex enervis</i>	0.15	0.48	0.230
圆囊苔草 <i>C. orbicularis</i>	0.15	0.00	0.999
苔草 <i>Carex</i> spp.	1.40	0.98	0.308
矮生嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	0.15	0.00	0.518
嵩草属 <i>Kobresia</i> spp.	22.54	23.14	0.153
蔷薇科 Rosaceae	6.64	2.74	0.000
绢毛委陵菜 <i>Potentilla sericea</i>	0.45	0.48	0.746
委陵菜属 <i>Potentilla</i> spp.	6.19	2.26	0.000
菊科 Asteraceae	5.48	3.47	0.029
高山紫菀 <i>Aster alpinus</i>	0.15	0.00	0.999
黄头小甘菊 <i>Cancrinia chrysocephala</i>	2.96	2.26	0.274
假泽山飞蓬 <i>Erigeron pseudoseravschanicus</i>	0.15	0.00	0.999
黄白火绒草 <i>Ligularia narynensis</i>	2.07	0.98	0.041
多裂蒲公英 <i>Taraxacum dissectum</i>	0.15	0.24	0.999
豆科 Fabaceae	4.93	5.23	0.782
马街山黄耆 <i>Astragalus mahoschanicus</i>	1.08	0.48	0.122
黄芪属 <i>Astragalus</i> spp.	0.15	0.00	0.518
棘豆属 <i>Oxytropis</i> spp.	3.70	4.75	0.480
十字花科 Cruciferae	0.60	0.24	0.252
腺异蕊芥 <i>Dimorphostemon glandulosus</i>	0.15	0.00	0.999
葶苈属 <i>Draba</i> spp.	0.45	0.24	0.411
百合科 Liliaceae	0.30	0.98	0.101
宽苞韭 <i>Allium platyspathum</i>	0.30	0.98	0.101
蓼科 Polygonaceae	0.45	0.48	0.999
准格尔蓼 <i>Polygonum songoricum</i>	0.45	0.24	0.708
天山大黄 <i>Rheum wittrockii</i>	0.00	0.24	0.405
毛茛科 Ranunculaceae	1.08	0.48	0.034
鸟足毛茛 <i>Ranunculus brotherusii</i>	1.08	0.24	0.001
天山毛茛 <i>R. popovii</i>	0.00	0.24	0.164
紫草科 Boraginaceae	0.15	0.00	0.999
西藏微孔草 <i>Microula tibetica</i>	0.15	0.00	0.999
报春花科 Primulaceae	0.15	0.24	0.999
天山点地梅 <i>Androsace ovczinnikovii</i>	0.15	0.24	0.999
茜草科 Rubiaceae	0.30	0.00	0.101
单花拉拉藤 <i>Galium exile</i>	0.30	0.00	0.101
石竹科 Caryophyllaceae	0.61	1.71	0.437
小瓣女娄菜 <i>Melandrium apetalum</i>	0.61	0.98	0.880
繁缕属 <i>Stellaria</i> spp.	0.00	0.73	0.066
罂粟科 Papaveraceae	0.30	0.00	0.277
野罂粟 <i>Papaveraceae nudicaule</i>	0.30	0.00	0.277

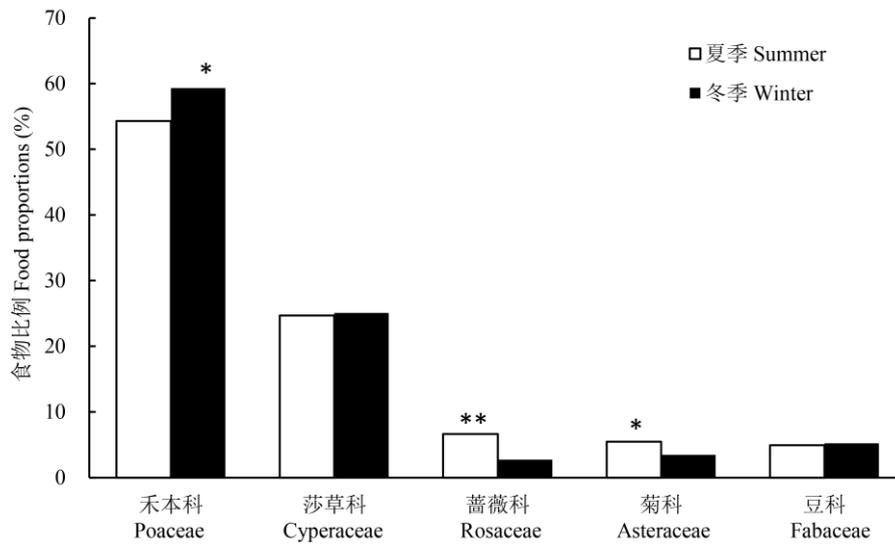


图 2 北山羊在夏季与冬季主要食物类群的比例

Fig. 2 Main food categories of *Capra sibirica* in the summer and winter

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

表 2 天山古仁沟北山羊季节间食物多样性指数和生态位宽度的比较

Table 2 Food diversity index and niche breadth of *Capra sibirica* in different season from Guren ditch in Tianshan Mountain

项目 Index	夏季 Summer	冬季 Winter
采食植物种数 Number of plant species (n)	34.00	28.00
香农-维纳多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (H)	2.37	2.16
最大香农-维纳多样性指数 The max of Shannon-Wiener diversity index (H_{max})	3.53	3.33
皮洛均匀度指数 Pielou evenness index (J)	0.67	0.65
食物生态位宽度 Food niche breadth (B)	7.07	6.13

中部地区的北山羊亦属于泛食性物种，并且其食物组成有明显的季节变化（图 2）。

食性的季节性变化可能是受植物物候的影响。有蹄类动物的采食对策包括对采食时间、地点和食物种类的选择，这种对策也是为了能与自身的生存环境相适应而产生的结果（刘丙万等 2002, 蒋志刚 2004）。北山羊在不同的物候期对不同植物的采食也是对高寒山地环境的适应。天山古仁沟地区夏季的植物资源较为丰富，禾本科的嫩叶与幼芽部分，以及非禾本科的草本植物，能给草食动物提供大量的可消化蛋白质与能量（Schaller et al. 1988）。冬季的植物资源相对较为匮乏，虽然大部分禾本科植物

的嫩叶与幼芽部分以及非禾本科草本植物变得干枯硬化，不便于采食，其适口性也相应降低，但由于自身生存的需要，再加上禾本科与豆科植物都能提供相对较好的蛋白质与能量，所以在冬季北山羊的食谱当中，禾本科与豆科植物所占比例较夏季有所增加（图 2），其中禾本科的增加已达到了显著水平，豆科的增加虽未达到显著水平，但在采食序位上已上升为第三位。另一方面，在本研究区内，相对低矮的蔷薇科和菊科植物更容易受冬季大雪覆盖而导致北山羊采食减少；雪盖也同时会降低冬季整体被采食植物种类的多样性，这也可能是禾本科、莎草科和豆科在冬季采食比例有所上升的一个原

因。此外, 虽然棘豆属的植物在春季时的消化率最高, 但是从夏季一直到冬季都会保留较高含量的蛋白质 (Long et al. 1999, Larter et al. 2001), 是高山有蹄类动物重要的蛋白质食物来源 (Shrestha et al. 2008)。在冬季其他植物资源减少的情况下, 北山羊增加对棘豆属植物的摄取有助于满足自身的营养需求。

除此之外, 山地大型有蹄类动物普遍存在季节性的垂直迁徙行为, 夏季多停留在高海拔区域, 以躲避蚊虫或高温 (Li et al. 2015a); 而冬季迫于降雪、低温和食物资源匮乏等原因而迁移至低海拔区域 (Li et al. 2015b, Büntgen et al. 2017)。喜湿的莎草科植物在天山腹地多存在于山体下部或盆地沟谷地带, 水域河流周边是其生长的最适合生境, 而绝少生长于山顶裸岩的干旱地带。沟谷地带也是多数豆科植物最适宜的生长区域。莎草科和豆科植物的垂直分布格局变化可能也是其冬季被更多采食的原因之一。

致谢 新疆林业科学院林宣龙同志协助样品采集, 新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州和静县林业局野生动植物保护管理站阿克拜尔·吐尔逊站长为野外调查提供帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- Awasthi A, Uniyal S K, Rawat G S, et al. 2003. Food plants and feeding habits of Himalayan Ungulates. *Current Science*, 85(6): 719–723.
- Bhattacharya T, Kittur S, Sathyakumar S, et al. 2012. Diet overlap between wild ungulates and domestic livestock in the Greater Himalaya: Implications for management of grazing practices. *Proceedings of the Zoological Society*, 65(1): 11–21.
- Büntgen U, Greuter L, Bollmann K, et al. 2017. Elevational range shifts in four mountain ungulate species from the Swiss Alps. *Ecosphere*, 8(4): e01761.10.1002/ecs2.1761.
- Fedosenko A K, Savinov E F. 1983. The Siberian ibex // Gvozdev E V, Kapitonov V. *Mammals of Kazakhstan*. Moscow: All-Union Theriological Society Press, 92–143.
- Larter N C, Nagy J A. 2001. Seasonal and annual variability in the quality of important forage plants on Banks Island, Canadian High Arctic. *Applied Vegetation Science*, 4(1): 115–128.
- Li Y, Yu Y Q, Shi L. 2015a. Foraging and bedding site selection by Asiatic ibex (*Capra sibirica*) during summer in Central Tianshan Mountains. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(1): 1–6.
- Li Y, Yu Y Q, Shi L. 2015b. Key factors on foraging and bedding sites selection of the Asiatic ibex (*Capra sibirica*) in Central Tianshan Mountains in winter. *Folia Zoologica*, 64(1): 17–24.
- Long R J, Apori S O, Castro F B, et al. 1999. Feed value of native forages of the Tibetan plateau of China. *Animal Feed Science and Technology*, 80(2): 101–113.
- Martínez T M. 2000. Diet selection by Spanish wild goat in early summer in Sierra Nevada. *Acta Theriologica*, 45(3): 335–346.
- Martínez T M. 2001. The feeding strategy of Spanish wild goat (*Capra pyrenaica*) in the northern Sierra de Gredos (central Spain). *Folia Zoologica*, 50(1): 19–33.
- Martínez T M. 2002. Summer feeding strategy of Spanish wild goat *Capra pyrenaica* and domestic sheep *Ovis aries* in south-eastern Spain. *Acta Theriologica*, 47(4): 479–490.
- Schaller G B, Ren J. 1988. Effects of a snowstorm on Tibetan Antelope. *Journal of Mammalogy*, 69(3): 631–634.
- Shrestha R, Wegge P, Koirala R A. 2005. Summer diets of wild and domestic ungulates in Nepal Himalaya. *Journal of Zoology*, 266(2): 111–119.
- Shrestha R, Wegge P. 2008. Wild sheep and livestock in Nepal Trans-Himalaya: coexistence or competition. *Environmental Conservation*, 35(2): 125–136.
- Xu F, Ma M, Wu Y Q, et al. 2007. Distribution of the Ibex (*Capra ibex*) in Tomur National Nature Reserve of Xinjiang, China. *Zoological Research*, 28(6): 670–672.
- 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.
- 蒋志刚. 2004. *动物行为原理与物种保护方法*. 北京: 科学出版社.
- 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 2016. 中国脊椎动物红色名录. *生物多样性*, 24(5): 500–551.
- 康乐, 陈永林. 1992. 草原蝗虫食料植物叶片表皮显微结构的研究. *草原生态系统研究*, (4): 125–139.
- 李叶, 王兵, 黄永丽, 等. 2013b. 天山地区三种自由放牧家畜食性

- 和营养生态位的显微组织分析. 家畜生态学报, 34(9): 65–68.
- 李叶, 余玉群, 史军, 等. 2013a. 天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择. 生态学报, 33(24): 7644–7650.
- 李叶, 余玉群, 史军, 等. 2014. 天山盘羊冬季采食地和卧息地的生境分离. 生态学报, 33(2): 358–364.
- 刘丙万, 蒋志刚. 2002. 普氏原羚的采食对策. 动物学报, 48(3): 309–316.
- 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.
- 刘燕, 毕俊怀, 武晓东. 2015. 内蒙古中部蒙古野驴春季食性分析. 动物学杂志, 50(3): 321–328.
- Smith A T, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 493.
- 苏军虎, Ji W H, 徐长林, 等. 2017. 甘南草原主要草食动物的食性及其生态位特征. 动物学杂志, 52(3): 381–389.
- 汪松. 2009. 中国物种红色名录: 第2卷 脊椎动物(上下). 北京: 高等教育出版社.
- 汪松, 解焱. 1998. 中国濒危动物红皮书: 兽类. 北京: 科学出版社, 355–359.
- 王君, 时坤, Riordan P. 2012. 新疆塔什库尔干岩羊和北山羊种群密度调查. 野生动物学报, 33(3): 113–117.
- 徐峰, 马鸣, 吴逸群. 2006. 新疆托木尔峰自然保护区冬季北山羊昼间活动节律与时间分配. 动物学杂志, 41(6): 139–141.
- 杨博辉. 2006. 中国野生偶蹄目动物遗传资源. 兰州: 甘肃科学技术出版社.
- 周平, 张明军, 李忠勤, 等. 2010. 中国天山冰川区降水、积雪 pH 和电导率季节变化特征分析. 干旱区地理: 汉文版, 33(4): 518–524.
- 朱新胜, 汪沐阳, 杨维康, 等. 2016. 新疆天山中部北山羊社群结构. 兽类学报, 36(1): 56–63.