

# 甘南草原主要草食动物的食性及其生态位特征

苏军虎<sup>①②③</sup> Weihong Ji<sup>②④</sup> 徐长林<sup>①</sup> 南志标<sup>③</sup>

① 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 中美草地畜牧业可持续发展研究中心 兰州 730070; ② 甘肃农业大学-新西兰梅西大学草地生物多样性研究中心 兰州 730070; ③ 草地农业生态系统国家重点实验室, 兰州大学草地农业科技学院 兰州 730020; ④ 自然科学与数学学院, 新西兰梅西大学 奥克兰

**摘要:** 家畜放牧系统中草食动物食性及其生态位特征的认识对草地管理有重要的现实指导意义。本文采用粪便和胃内容物显微组织分析法, 分析了甘南草原 4 种主要草食动物牦牛 (*Bos mutus*)、藏羊 (*Ovis aries*)、喜马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*) 和高原麝鼠 (*Eospalax baileyi*) 秋季的食性及食物生态位重叠程度。结果表明, 4 种动物的食物资源谱存有较大差异, 禾草科的发草 (*Deschampsia caespitosa*) 和莎草科的扁穗草 (*Brylkinia compressus*) 是藏羊和牦牛食物结构的主体, 而喜马拉雅旱獭的食谱中绝大部分是鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*) 和克氏针茅 (*Stipa capillata*), 高原麝鼠采食具有发达根茎的美丽风毛菊 (*Saussurea superba*)、鹅绒委陵菜、蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*) 及垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)。牦牛和藏羊的食物生态位宽度显著高于喜马拉雅旱獭和高原麝鼠。食物生态位重叠度以藏羊和牦牛最高, 其次为喜马拉雅旱獭和高原麝鼠, 重叠度最低的是藏羊和高原麝鼠。甘南草原 4 种主要草食动物的食性及其生态位特征的分析可为优化当地草地管理策略提供重要依据。

**关键词:** 甘南草原; 草食动物; 食性; 生态位

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 03-381-09

## The Ecological Characteristics of Food Habits for Four Herbivores in Gannan Meadow

SU Jun-Hu<sup>①②③</sup> Weihong Ji<sup>②④</sup> XU Chang-Lin<sup>①</sup> NAN Zhi-Biao<sup>③</sup>

① College of Grassland Science, Key Laboratory of Grassland Ecosystem (Ministry of Education), Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing land Ecosystem Sustainability, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; ② Gansu Agricultural University-Massey University Research Centre for Grassland Biodiversity, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070;

③ State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystems, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; ④ Institute of Natural and Mathematical Sciences, Massey University, Private Bag 102 904

North Shore Mail Centre 0632, Auckland, New Zealand

**基金项目** 甘肃省杰出青年基金项目 (No. 1606RJDA314), 国家自然科学基金项目 (No. 31460566), 中国博士后科学基金项目 (No. 2015M572614, 2016T90958), 甘肃省教育厅科研项目 (No. 2015A-073);

**第一作者简介** 苏军虎, 男, 博士; 研究方向: 动物生态与草地保护; E-mail: sujh@gsau.edu.cn.

收稿日期: 2016-07-20, 修回日期: 2017-01-15 DOI: 10.13859/j.cjz.201703003

**Abstract:** The knowledge of food habit and feeding each of herbivores plays very important role in the grassland management for traditional grazing systems. To understand the diet composition and trophic niches of the main herbivores of the Gannan meadow, we measured the dietary composition and food-niche overlaps of four herbivores, Yak, Tibetan Sheep, Himalayan Marmot and Plateau Zokor. First, we conducted a vegetation survey during the fall of 2014 in Luqu, Gannan meadow and collected all the plant species (78 species) to make micro-specimen as the reference for identifying the plant species in the content of stomachs and dejection of target herbivores species. Then we made a vegetation survey by collecting all the plant species in the plot 1 m × 1 m in size to evaluation the food availability. Total of 20 plots were selected randomly from three vegetation plot of 200 - 300 m in length and 100 m in width. The contents of stomach or rejection were collected and washed in distilled water with 2% alcohol. The materials remnants were filtrated by sieve (1 - 0.3 mm) and washed with 5% potassium hydroxide to remove the black color from the plant fragment remains. Samples were passed through ethanol and finally dehydrated with xylene. A permanent slide of each sample fragment was prepared for observation under a microscope. The relative frequency percentage of each plants species in the samples was calculated, and the dietary composition and trophic niches of these herbivores were analysed based on these data. We used Duncans new multiple range method to investigate significant differences in plants species composition between the four herbivores. Sheep and Yaks mainly fed on Hairgrass (*Deschampsia caespitosa*) and Blysmus (*Brylkinia compressus*), while Himalayan Marmot took more Tibetan. Cinquefoil (*Potentilla anserina*) and Krylov Needlegrass (*Stipa capillata*). Plateau Zokor preferred the shafts and bulb root plants of Saussurea (*Saussurea superba*), Cinquefoil, Dandelion (*Taraxacum mongolicum*), Shawls Grass (*Elymus nutans*). The food niche breadth of Yak, Tibetan Sheep, Himalayan Marmot and Plateau Zokor was 3.38, 3.30, 2.65 and 2.60 respectively. Food-niche overlap was highest in Tibetan Sheep and Yaks which reached at 0.94, followed by Plateau Zokor and Himalayan Marmot (0.76), the lowest value (0.41) was found in Tibetan Sheep and Plateau Zokor, while the whole food-niche overlap of the four mammals was 0.09. The diet composition and food-niche overlaps of four main herbivores provided the overall understanding of those species and their habitat, and may contribute to improving grassland management at local and regional levels.

**Key words:** Gannan meadow; Herbivores; Diet; Niche

草地放牧利用作为实现草地多功能利用的重要途径 (McNaughton 1979, Osem et al. 2002), 可对草地生态系统的组成、结构、过程和功能产生重要的影响 (Jones 2000)。草地放牧利用下草食动物食性变化可根本性地改变动植物关系, 是影响草地生态系统的关键因素之一 (王德利等 2011, Cosentino et al. 2013, Chu et al. 2015)。草食动物食性及生态位变化也共同决定着草地的演替方向 (刘贵河等 2013), 明晰放牧条件下各动植物生态位特征及其相互关系, 能为草地恢复重建及其利用管理提供重要的启

示 (Harpole et al. 2007, Davidson et al. 2010, 苏军虎等 2016)。

甘南草原是黄河首曲最大的一块生态湿地, 被誉为“天下第一湾”和“高原水塔”, 由于长期的放牧过量超载、低投入和缺乏科学管理, 甘南草原退化问题愈演愈烈, 草地退化、沙化面积不断扩大。甘肃省野生动植物管理局 2011 年完成的《甘肃省湿地资源调查报告》显示, 甘南牧区草场普遍超载过牧, 约 90% 草地出现退化, 水体、湿地与植被呈明显减少趋势, 导致牧草生产能力和质量下降, 并连年诱发鼠虫

灾害,若不重视其管理未来 10 年内甘南州草地乃至青藏高原东部恐成中国第四大沙尘源。甘南草原退化已经成为制约草地畜牧业及社会经济可持续发展的瓶颈因素,也已经上升为一项十分严重的生态环境问题,引起了各级政府的高度重视(姚玉璧等 2007)。

草原退化有着气候、环境和放牧利用等人类活动干扰的深层次原因(李博 1997)。放牧利用下啮齿动物的数量增多(鼠害),更使得草地退化认识愈发复杂(苏军虎等 2016)。认识放牧利用下家畜和啮齿动物间作用关系,可为草地管理利用提供重要的依据(苏军虎等 2013,才让吉等 2015,卫智军等 2015)。生态位理论是生态学最重要的理论之一,它通过对物种生态位的宽度、重叠度等重要测度值计算,分析物种间竞争关系(孙儒泳 2011,井光花等 2015,陈顺德等 2016)。分析放牧系统中家畜和啮齿动物食性及其营养生态位特征,对草地放牧生态系统管理和鼠害防控等均具有重要的理论和现实指导意义(苏军虎等 2016)。本研究选取传统放牧利用下甘南草原碌曲县样区,利用粪便和胃内容物显微组织分析法,分析牦牛(*Bos mutus*)、藏羊(*Ovis aries*)、喜马拉雅旱獭(*Marmota himalayana*)和高原麝鼠(*Eospalax baileyi*)4 种草食动物的食性及食物生态位重叠程度,以期从食物资源利用层面揭示草原放牧利用下家畜和啮齿类食性、生态位关系及其变化规律,为甘南草原的修复及其合理管理利用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

调查试验区位于甘肃省甘南藏族自治州碌曲县,该区地处青藏高原东北缘,地势高亢,地形复杂,绝大部分地区海拔都在 3 000 ~ 4 000 m 之间。境内年平均温度 2.6℃,1 月份平均温度 -9.0℃,7 月份平均温度 13.0℃,年绝对最高温度 28.9℃,年绝对最低温度 -30.6℃。不低于 0℃年积温 1 214 ~ 2 477℃,

全年无霜期 56 d。年均降水量 516 mm。土壤以亚高山草甸土和高山草甸土为主。高寒灌丛草甸和高寒草甸分别占全县草地面积 88.68% 和 11.32%,是主要放牧场。当地的主要草食动物除了牦牛、藏羊外,野生的草食动物是喜马拉雅旱獭和高原麝鼠。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 植物采集与处理** 本项工作于 2014 年在甘肃省甘南藏族自治州碌曲县拉仁关乡则岔进行。于 2014 年 9 ~ 10 月,采集栖息地内所有 78 种植物的根、茎、叶 3 个部位样本,对样本进行编号、煮沸、褪色,采用显微组织学方法制片处理,在 40 倍显微镜下进行标准表皮切片分析并拍照,制成参考植物显微图谱存于计算机中,以供食性鉴别分析对比使用。

**1.2.2 植物资源丰富度调查** 于 2014 年 9 ~ 10 月,在调查样地内设置互相平行的 3 条样带,样带长度 300 m,样带间距 100 m,样带上每隔 30 m 取 1 个样方,样方大小为 1 m × 1 m,总共 20 个样方。用针刺法统计各物种的盖度,以盖度表示植物资源的相对比例(徐长林 2016)。

**1.2.3 粪便及胃内容物采集、处理与制片** 于 2014 年 9 ~ 10 月,以非损伤性和可获得性为原则,选取牦牛、藏羊和喜马拉雅旱獭粪便样。根据对牦牛和藏羊野外行为及粪便新鲜程度观察,保证所取样本为不同个体粪便。喜马拉雅旱獭的粪便根据其家群分布,在每个旱獭的便所内依据新鲜程度和粪堆情况采集,以保证采集不同个体的粪便。牦牛、藏羊和喜马拉雅旱獭分别采集了 28、30 和 28 份粪便样。高原麝鼠复杂的洞道结构和地下生活方式,很难获得粪便样本,本研究选择用弓形夹捕捉后,解剖处理采摘胃及其内容物,共采集到 40 份胃内容物。

所有粪样和胃内容物分别放置于培养皿中,标号后用 5% 的氢氧化钠煮沸、褪色,然后以不同浓度梯度的乙醇溶液进行处理,再行二甲苯透明(Aryal et al. 2015),然后用 200 目细筛过滤,取少许过滤物均匀涂于载玻片上,

以清水作介质，每一粪便或胃内容物样本涂片 4 张，制片，以待后续镜检。

**1.2.4 镜检与食性分析** 显微组织分析法使用显微组织学技术，根据可辨认的植物部分来确定动物的食物组成（单继红等 2005）。粪便显微分析法的基础是粪便中存在可以辨认的植物角质碎片，通过碎片的特点来确定食物中植物的组成比例（付和平等 2003，宛新荣等 2007，曹伊凡等 2009）。镜检时根据植物角质表皮可鉴别的特征细胞的形状、大小、排列方式及细胞壁的厚度、气孔的形状、大小等，并对照标准植物切片照片，记录 200 个视野中出现的植物残片种类，确定其植物类型和检出频次。

### 1.3 计算方法

**1.3.1 食物生态位宽度** 采用香农-维纳（Shannon-Weiner）多样性指数来计算（Krebs 1972），

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i, \text{ 其中, } H' \text{ 为 } i \text{ 种的生态位宽度, } P_i \text{ 为食物 } i \text{ 在取食者食物中出现的频率. } H' \text{ 值越大, 表明取食者的食物生态位就越宽.}$$

**1.3.2 生态位重叠** 物种间的生态位重叠采用以下测度公式计算（Krebs 1972）。

$$C = \frac{\sum P_{1i} P_{2i} \dots P_{ni}}{\sqrt{\sum P_{1i}^2 P_{2i}^2 \dots P_{ni}^2}}, \text{ 式中, } C \text{ 为生态位重叠度,}$$

$P_{1i}$ 、 $P_{2i}$  分别为种 1、种 2 在  $i$  资源位上的利用频率。

### 1.4 统计分析

采用 Spss 19.0 中的 Duncan's 新复极差分析，检验 4 种草食动物间所取食植物相对密度百分比的差异显著性，显著水平设置为 0.05。取食植物的相对密度百分比（ $R$ ）采用以下公式： $R = 100\%$ （检出某种植物残片的频次平均值/植物残片的总检出频次）。

## 2 结果

### 2.1 植物资源的分布及其频度

通过样方调查，我们了解了则岔地区 4 种

草食动物利用栖息地的主要植被种类及其相对比例（表 1）。主要有 9 科 15 个属 18 种植物资源供草食动物取食。其中，禾本科、莎草科、蔷薇科植物相对比例最高，分别占 32.58%、44.32%、13.92%。还有，豆科、蓼科、车前科、牻牛儿苗科和毛茛科植物，但所占比例较低。这些植物中除车前科只有车前属在中国分布外，其余均含有多个属，但在调查样地只分布一个属。

### 2.2 4 种草食动物的食性及其取食植物的相对比例

4 种草食动物共采食 22 种植物，比利用栖息地植物种类（18 种）多，如克氏针茅（*Stipa capillata*）、棘豆（*Oxytropis* sp.）、直梗唐松草（*Thalictrum alpinum*）、独行菜（*Lepidium apetalum*）等，这与放牧家畜的游走活动距离有关。食性分析发现藏羊采食 14 种植物，取食选择比例为 63.63%。牦牛采食 12 种植物，取食选择比例为 54.54%。喜马拉雅旱獭采食 8 种植物，取食选择比例为 36.36%。高原鼯鼠采食 11 种植物，取食选择比例为 50%。4 种食草动物对不同科植物的采食率均存在较为明显的差异，各种植物在其各自的食谱中所占比例也存在较大差异（表 2）。就禾本科和莎草科这两类占有绝对优势的植物而言，牦牛和藏羊均表现为很大的偏好性，喜马拉雅旱獭对禾本科和莎草科的喜好次之，对蔷薇科的鹅绒委陵菜有偏好性，食谱狭窄。高原鼯鼠对蔷薇科表现很大的偏好性。

### 2.3 4 种草食动物的生态位宽度及食物生态位重叠

利用香农-维纳多样性指数计算获得生态位宽度。4 种草食动物生态位宽度分别为藏羊 3.38、牦牛 3.30、高原鼯鼠 2.65、喜马拉雅旱獭 2.60。

食物生态位重叠度以牦牛和藏羊为最高（0.94），其次为喜马拉雅旱獭和高原鼯鼠（0.76），生态位重叠度最低的是高原鼯鼠和藏羊（0.41）。喜马拉雅旱獭和牦牛、喜马拉雅旱

表 1 甘南碌曲则岔地区主要植物种类及相对比例

Table 1 Main plant varieties and their percent relative frequency (RF) of in Luqu Zecha, Gannan

科名 Family	属名 Genus	种名 Species	相对比例 (%) Relative frequency	相对比例合计 (%) Total of relative frequency
禾本科 Gramineae	早熟禾属 <i>Poa</i>	草地早熟禾 <i>P. pratensis</i>	0.45	32.58
	发草属 <i>Deschampsia</i>	发草 <i>D. caespitosa</i>	29.24	
	披碱草属 <i>Elymus</i>	垂穗披碱草 <i>E. nutans</i>	0.89	
	剪股颖属 <i>Agrostis</i>	匍匐剪股颖 <i>A. stolonifera</i>	2.00	
豆科 Leguminosae	扁蓿豆属 <i>Melilotoides</i>	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.98	0.98
莎草科 Cyperaceae	嵩草属 <i>Kobresia</i>	矮生嵩草 <i>K. humilis</i>	2.45	44.32
	苔草属 <i>Carex</i>	苔草 <i>C. tristachya</i>	7.34	
	扁穗草属 <i>Brylkinia</i>	扁穗草 <i>B. compressus</i>	34.53	
菊科 Compositae	蒲公英属 <i>Taraxacum</i>	蒲公英 <i>T. mongolicum</i>	3.07	3.33
	蒿属 <i>Artemisia</i>	黄花蒿 <i>A. annua</i>	0.22	
		蒿 <i>Artemisia</i> sp.	0.04	
蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i>	西伯利亚蓼 <i>P. sibiricum</i>	0.09	0.09
车前科 Plantaginaceae	车前属 <i>Plantago</i>	车前 <i>P. asiatica</i>	4.49	4.49
牻牛儿苗科 Geraniaceae	老鹳草属 <i>Geranium</i>	鼠掌老鹳草 <i>G. sibiricum</i>	0.58	0.58
蔷薇科 Rosaceae	委陵菜属 <i>Potentilla</i>	鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i>	13.17	13.92
	委陵菜属 <i>Potentilla</i>	多列委陵菜 <i>P. multifida</i>	0.44	
	路边青属 <i>Geum</i>	路边青 <i>G. aleppicum</i>	0.31	
毛茛科 Ranunculaceae	毛茛属 <i>Ranunculus</i>	毛茛 <i>R. japonic</i>	0.09	0.09

獭和藏羊、高原麝鼠和牦牛的重叠度接近, 分别为 0.44、0.50 及 0.48。4 种草食动物综合食物生态位重叠度仅为 0.09。

### 3 讨论

#### 3.1 生态位研究的食性分析

有多种方法可以确定草食性哺乳动物的食性 (王桂明等 1996, 热娜古丽·艾合麦提等 2015), 其中使用最广泛的是显微组织分析鉴别胃内容物或粪便中的植物表皮碎片 (刘贵河等 2013)。由于粪便显微组织分析法具有非损伤性的优点, 已成为大型有蹄类和小哺乳动物食性分析的常用方法 (杨维康等 2011, 董潭成等 2015)。粪便显微组织分析法的难点是植物碎片的识别, 作为食性定量分析方法, 该方法存在一定的偏差, 如动物的不同消化程度及生理差异, 制片处理中产生的误差等 (单继红等 2005), 但依据细微的结构, 对参考植物的根、茎、叶

等不同部位进行多次对比, 结合不同消化道产物 (胃内容物、粪便), 植物消化情况差异分析, 以及取食动物的行为观察等, 可以有效避免误差。本研究中禾本科的牧草容易消化, 在粪便中的鉴别存有一定难度, 需要对其茎的结构进行对比, 并结合采食行为观察来确证, 在这些定性分析的基础上, 主要依据茎的结构进行定量分析。相对于地面动物, 地下动物高原麝鼠的自然采食行为难以观察, 本研究中采取胃内容物进行分析, 胃内容物中植物残渣能有效鉴别植物的种类, 这样有效避免了食性分析以及后续生态位等测定的误差。

本研究有效鉴别了牦牛、藏羊、喜马拉雅旱獭和高原麝鼠 4 种草食动物的食性, 藏羊和牦牛的食物种类差异不大, 主要是禾本科 (发草、披碱草、针茅) 和莎草科 (矮生嵩草、苔草、扁穗草) 物种。而喜马拉雅旱獭的食物种类主要是蔷薇科 (鹅绒委陵菜) 和禾本科 (披

表 2 4 种草食动物的食性及其取食植物的相对比例比较

Table 2 Diet composition and percent relative frequency (RF) of plants between four herbivores

植物科 Plant family	植物种类 Plant species	藏羊 <i>B. mutus</i>	牦牛 <i>O. aries</i>	喜马拉雅旱獭 <i>M. himalayana</i>	高原麝鼠 <i>E. baileyi</i>
禾本科 Gramineae	草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	21.77 ± 2.36 <sup>a</sup>	18.60 ± 0.51 <sup>b</sup>	0	0
	垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	7.48 ± 0.59 <sup>d</sup>	9.84 ± 1.94 <sup>c</sup>	12.67 ± 1.85 <sup>b</sup>	19.04 ± 1.32 <sup>a</sup>
	克氏针茅 <i>Stipa capillata</i>	6.98 ± 0.62 <sup>b</sup>	0	23.31 ± 1.97 <sup>a</sup>	0
豆科 Leguminosae	扁蓿豆 <i>Melilotoides ruthenica</i>	4.77 ± 0.97 <sup>b</sup>	9.39 ± 0.62 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.86 <sup>c</sup>	0
	棘豆 <i>Oxytropis</i> sp.	0	0	0	1.72 ± 0.35
莎草科 Cyperaceae	矮生嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	3.57 ± 0.26 <sup>b</sup>	4.76 ± 0.84 <sup>a</sup>	0	0.64 ± 0.17 <sup>c</sup>
	苔草 <i>Carex tristachya</i>	2.91 ± 0.65	4.94 ± 0.38 <sup>b</sup>	8.46 ± 0.77 <sup>a</sup>	0
	扁穗草 <i>Brylkinia compressus</i>	18.73 ± 1.19 <sup>a</sup>	18.85 ± 0.45 <sup>a</sup>	0	0
菊科 Compositae	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	5.27 ± 1.11 <sup>b</sup>	4.83 ± 0.50 <sup>b</sup>	5.95 ± 1.54 <sup>b</sup>	8.38 ± 1.17 <sup>a</sup>
	美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	0	0	0	7.14 ± 0.72
	蒿 <i>Artemisia</i> sp.	4.58 ± 1.4 <sup>b</sup>	0	10.49 ± 3.50 <sup>a</sup>	0
	黄花蒿 <i>A. annua</i>	0	3.18 ± 0.50	0	0
蓼科 Polygonaceae	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	1.85 ± 0.31 <sup>b</sup>	2.38 ± 0.29 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.65 <sup>a</sup>	3.83 ± 0.59 <sup>b</sup>
牦牛儿苗科 Geraniaceae	鼠掌老鹳草 <i>Geranium sibiricum</i>	0	4.71 ± 0.70	0	0
蔷薇科 Rosaceae	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	12.18 ± 2.08 <sup>c</sup>	13.57 ± 0.90 <sup>c</sup>	32.98 ± 3.59 <sup>b</sup>	40.19 ± 3.00 <sup>a</sup>
	雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>	0	0	0	11.80 ± 2.58
毛茛科 Ranunculaceae	直梗唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0	0	0	2.03 ± 0.80
龙胆科 Gentianaceae	线叶龙胆 <i>Gentiana farreri</i>	0	0	0	1.98 ± 0.99
	麻花苳 <i>G. straminea</i>	0	0	0	2.73 ± 0.61
玄参科 Scrophulariaceae	兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	1.74 ± 0.31	0	0	0
十字花科 Cruciferae	独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	6.65 ± 0.50 <sup>a</sup>	4.67 ± 0.70 <sup>b</sup>	0	0
伞形科 Umbelliferae	柴胡 <i>Bupleuri radix</i>	1.34 ± 0.21	0	0	0
	未知 Unknown	0.18 ± 0.15 <sup>d</sup>	0.24 ± 0.12 <sup>bd</sup>	0.44 ± 0.15 <sup>ac</sup>	0.52 ± 0.24 <sup>b</sup>

同行数据标注相同字母表示不同动物间取食植物的相对比例差异不显著，不同字母表示不同动物间取食植物的相对比例差异显著 ( $P < 0.05$ )；未标记字母表示没有进行草食动物间取食植物相对比例的比较。

The same letters within the same line show no significant different between four herbivores grazing plants percent relative frequency, while different letters within the same line show significant different at 0.05 level. No letters marked when no data can be compared.

碱草、针茅)植物。高原麝鼠的食物种类主要是蔷薇科(鹅绒委陵菜、雪白委陵菜)和禾本科(披碱草)植物。4种动物的食性与食物的可获得性有关,但也有一定的选择性。食物生态位重叠度以牦牛和藏羊为最高,其次为喜马拉雅旱獭和高原麝鼠,生态位重叠度最低的是高原麝鼠和藏羊。高原麝鼠选择了地下空间位,

其余3种不同,这在生态位重叠度指数上也有显现。

### 3.2 家畜放牧影响下的各草食动物的生态位特征

生态位理论研究的一个重要方面就是通过物种的生态位宽度、重叠度等的计测,进而研究物种间的竞争关系(李德志等 2006)。生

态系统中竞争的结果是促使物种选择相适应的生态位。但生态位概念与竞争排斥原理是紧紧地联系在一起。一般地来讲，种内竞争促使两物种的生态位接近，种间竞争又促使两竞争物种生态位分开，这是两个相反的进化方向(柳江等 2002)。

生态位宽度是指一个种群在一个群落中所利用的各种不同资源的总和(张继义等 2003)。当食物资源充足时，食草动物利用最适于其生存和最方便利用的食物资源，导致食物生态位变窄(王世贵等 2009)，当食物资源短缺时，它们则尽量发挥其资源利用潜力，促使生态位变宽。一般情况下，随着放牧压力的增大，如果家畜取食的是优势种，则会使植物种间竞争关系减弱，若是稀有种或罕见种，则会导致该种在该系统中的消失。这在不同的生态系统中有不同的情况。

“与畜争食”是定性和定量草原鼠害的一个重要依据。但要想对鼠类动物“与畜争食”的危害程度有一个客观准确的认识，必须在同一生境、同一时段内同时研究“争食双方”的食性特征，并对其食物资源生态位的分异或重叠情况作出科学的分析和判断(才让吉等 2015)。国内外现有的报道大都局限于鼠种的食谱组成、食量及不同食物在食谱中的占比等与单个物种食性相关的领域(周延林等 2000)，草地传统放牧利用下各主要草食动物食性及其营养生态位如何，是否是导致草原退化的关键因素一直缺乏实例验证(才让吉等 2015)。在本研究中，禾本科和莎草科植物是当地生境植被结构(可获得性食物)的主体成分，两个科的物种数占植物总物种数的 27.27%，丰富度占到了 76.90%。同样食性分析中禾草和莎草也是两种家畜食物构成的基本来源，牦牛、藏羊对禾草和莎草的取食比例比喜马拉雅旱獭和高原鼯鼠高，同时，这两种家畜的生态位宽度也显著较高。可见在食物资源的占有上，家畜具有绝对的主导地位，对此从鼠类与家畜在食物生态位上的重叠程度也得到了证明。

本研究中牦牛与藏羊的食谱相近，其食物生态位重叠程度较大，对食物资源存在激烈的竞争，主要表现为对禾本科植物的竞争。禾本科植物是优良的牧草，分布比例占到该地区植物组成的 32.58%，而牦牛与藏羊的资源利用方式也相似。牦牛和藏羊的生态位宽度也较大，与当地环境相适应。喜马拉雅旱獭和高原鼯鼠的生态位宽度较牦牛和藏羊小，生态位重叠度也较小，喜马拉雅旱獭是地面活动的动物，它的取食方式类似于牦牛和藏羊，高原鼯鼠取食地下的根，其和藏羊的重叠度最低。4 种食草动物生态位存在分离，与长期的环境适应有关，4 种食草动物是当地的主要取食动物，其食性及生态位特征适应于当地的植被状况和资源特征。

但造成食草动物生态位重叠的原因有很多，其中动物本身对植物的选择性采食和食物资源的可获得性是主要因素(胡德夫等 1999)。本研究只分析了秋季的特征，秋季食物资源不足，部分植物的营养物质开始贮存于根部，高原鼯鼠取食大部分植物的根部，而藏羊对植物根部的取食较少，两者食物竞争程度低，呈现出较低生态位重叠度。然而春季返青期食物竞争和生态位特征如何，还有待于进一步分析。此外，大中型家畜放牧强度的增加，会导致植物资源分布和营养分配模式的变化，可能会给生态系统中草食动物带来不同影响，在资源条件及其可获得性改变的情况下，啮齿类的取食种类可能会增加，生态位宽度变大，增大啮齿类与牦牛、藏羊对食物资源的竞争，从而加速草地的退化进程。本研究没有考虑放牧强度，未来很有必要分析不同放牧压力下草地退化过程中各草食动物的食性及其生态位特征变化，优化和指导草地管理策略，实现草地资源的永续利用和健康管理。

## 参 考 文 献

- Aryal A, Brunton D, Ji W H, et al. 2015. Habitat, diet, macronutrient and fiber balance of Himalayan marmot (*Marmota himalayana*)

- in the Central Himalaya, Nepal. *Journal of Mammalogy*, 96(2): 308–316.
- Chu C, Adler P B. 2015. Large niche differences emerge at the recruitment stage to stabilize grassland coexistence. *Ecological Monographs*, 85(3): 373–392.
- Cosentino B J, Schooley R L, Bestelmeyer B T, et al. 2013. Response of lizard community structure to desert grassland restoration mediated by a keystone rodent. *Biodiversity & Conservation*, 22(4): 921–935.
- Davidson A D, Ponce E, Lightfoot D C, et al. 2010. Rapid response of a grassland ecosystem to an experimental manipulation of a keystone rodent and domestic livestock. *Ecology*, 91(11): 3189–3200.
- Harpole W S, Tilman D. 2007. Grassland species loss resulting from reduced niche dimension. *Nature*, 446(7137): 791–793.
- Jones A. 2000. Effects of cattle grazing on North American arid ecosystems: a quantitative review. *Western North American Naturalist*, 60(2): 155–164.
- Krebs C J. 1972. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Research, 48(1): 133–148.
- McNaughton S J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *American Naturalist*, 113(5): 691–703.
- Osem Y, Perevolotsky A, Kigel J. 2002. Grazing effect on diversity of annual plant communities in a semi-arid rangeland: interactions with small-scale spatial and temporal variation in primary productivity. *Journal of Ecology*, 90(6): 936–946.
- 才让吉, 卫万荣, 张卫国. 2015. 草原鼠类与草食家畜食物生态位分异初探. *草业科学*, 32(5): 802–808.
- 曹伊凡, 林恭华, 卢学峰, 等. 2009. 柯氏鼠兔的食性分析. *动物学杂志*, 44(1): 58–62.
- 陈顺德, 陈贵英, 王琼, 等. 2016. 峨眉山夏季小型兽类垂直空间生态位的初步研究. *兽类学报*, 36(2): 248–254.
- 董潭成, 初红军, 刘冬志, 等. 2015. 新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区狼在夏季和秋季的食性. *干旱区研究*, 32(3): 512–517.
- 付和平, 马春梅, 艾东, 等. 2003. 内蒙古阿拉善荒漠主要啮齿类种群生态位. *内蒙古农业大学学报: 自然科学版*, 24(4): 22–25.
- 胡德夫, 盛和林. 1999. 准噶尔盆地沙质荒漠啮齿动物群落在短命植物存在期的空间-食物资源利用. *兽类学报*, 19(1): 25–26.
- 井光花, 程积民, 苏纪帅, 等. 2015. 黄土区长期封育草地优势物种生态位宽度与生态位重叠对不同干扰的响应特征. *草业学报*, 24(9): 43–72.
- 李博. 1997. 中国北方草地退化及其防治对策. *中国农业科学*, 30(6): 1–9.
- 李德志, 石强, 臧润国, 等. 2006. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型. *林业科学*, 42(7): 95–103.
- 刘贵河, 王国杰, 汪诗平, 等. 2013. 内蒙古荒漠草原主要草食动物食性及其营养生态位. *生态学报*, 33(3): 856–866.
- 柳江, 洪伟, 吴承祯, 等. 2002. 退化红壤区植被恢复过程中灌木层主要种群的生态位特征. *植物资源与环境学报*, 11(2): 1–16.
- 热娜古丽·艾合麦提, 李叶, 张翔, 等. 2015. 阿尔金山国家级自然保护区高原鼠兔的食性显微组织分析. *中国媒介生物学及控制杂志*, 26(2): 164–167.
- 单继红, 吴建平. 2005. 食草动物食性研究的主要方法及其评价. *野生动物*, 26(3): 47–49.
- 苏军虎, 刘荣堂, 纪维红, 等. 2013. 我国草地鼠害防治与研究的发展阶段及特征. *草业科学*, 30(7): 1116–1123.
- 苏军虎, 南志标, 纪维红. 2016. 家畜放牧对啮齿动物影响的研究进展. *草业学报*, 25(11): 136–148.
- 孙儒泳. 2001. *动物生态学原理*. 北京: 北京师范大学出版社, 334–348.
- 宛新荣, 刘伟, 王广和, 等. 2007. 浑善达克沙地小毛足鼠的食量与食性动态. *生态学杂志*, 26(2): 223–227.
- 王德利, 王岭. 2011. 草食动物与草地植物多样性的互作关系研究进展. *草地学报*, 19(4): 699–704.
- 王桂明, 周庆强, 钟文勤. 1996. 内蒙古典型草原 4 种常见小哺乳动物的营养生态位及相互关系. *生态学报*, 16(1): 71–76.
- 王世贵, 马小梅. 2009. 浙江杭州地区红褐斑腿蝗的食性选择及其取食生态位. *植物保护*, 35(4): 39–44.
- 卫智军, 牛富宝, 刘红梅, 等. 2015. 短花针茅荒漠草原植物种群生态位对放牧的响应. *中国草地学报*, 37(5): 24–32.
- 徐长林. 2016. 坡向对青藏高原东北缘高寒草甸植被构成和养分特征的影响. *草业学报*, 25(4): 26–35.



- 杨维康, 刘伟, 黄怡, 等. 2011. 古尔班通古特沙漠南缘大沙鼠的食性. 干旱区地理, 34(6): 912-918.
- 姚玉璧, 邓振镛, 尹东, 等. 2007. 黄河首曲流域草地生态与自然  
环境退化成因及对策研究. 草业科学, 24(12): 87-93.
- 张继义, 赵哈林, 张铜会, 等. 2003. 科尔沁沙地植物群落恢复演  
替系列种群生态位动态特征. 生态学报, 23(12): 2741-2746.
- 周延林, 王利民, 鲍伟东. 2000. 几种啮齿动物食性比较研究. 内  
蒙古大学学报: 自然科学版, 31(6): 613-617.