

# 内蒙古典型草原主要草食动物食性及其营养生态位研究——以羊草群落为例

刘贵河<sup>1</sup>, 王国杰<sup>2</sup>, 汪诗平<sup>2\*</sup>, 张英俊<sup>3</sup>, 宛新荣<sup>4</sup>, 郝树广<sup>4</sup>

(1. 河北北方学院动物科技学院牧业工程系, 河北 张家口 075000; 2. 中国科学院青藏高原研究所高寒生态学和生物多样性实验室, 北京 100101; 3. 中国农业大学动物科技学院草业科学系, 北京 100193; 4. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

**摘要:**为探讨典型草原主要食草动物(绵羊、达乌尔黄鼠和亚洲小车蝗)的食性及其种间生态位变化与草原退化的关系,以内蒙古典型草原为研究对象,于 2003 年 7—8 月运用饱和链烷技术研究羊草群落不同放牧强度下绵羊、达乌尔黄鼠和亚洲小车蝗的食性及其生态位变化。结果表明,随牧压的增大,群落中羊草和克氏针茅的数量减少,星毛委陵菜比例增加;随牧压的增加,绵羊采食黄囊苔草的比例显著增加,在重度放牧区,绵羊没有采食西伯利亚羽茅和米氏冰草,而是增加了对星毛委陵菜的采食;达乌尔黄鼠在围栏内采食羊草的比例显著高于围栏外放牧区;但在围栏内没有采食米氏冰草、黄囊苔草和星毛委陵菜;围栏内无法捕捉亚洲小车蝗,在放牧区亚洲小车蝗对克氏针茅的采食随牧压的增加显著降低,但增加了对米氏冰草和星毛委陵菜的采食。三者同时采食羊草和糙隐子草,且对羊草的选择性指数最高;随牧压的增大,绵羊的生态位宽度变宽,而达乌尔黄鼠和亚洲小车蝗的生态位宽度变窄,三者生态位重叠程度类似。因此,重度放牧改变了羊草群落的植被组成,使其演替为星毛委陵菜群落,从而导致了草地的退化,而鼠类和蝗虫的危害则加剧了草地的退化演替,三者对草地资源的共同掠夺导致草原严重退化。

**关键词:**典型草原;绵羊;达乌尔黄鼠;亚洲小车蝗;食性;营养生态位

中图分类号:S812.29 文献标识码:A 文章编号:1004-5759(2013)01-0103-09

天然草原承受着各种各样的干扰,放牧家畜频繁的啃食和践踏不仅改变了植物群落的结构和种类组成,也决定了群落的演替方向<sup>[1,2]</sup>,同时,依附在草原上的其他小哺乳动物和无脊椎动物(以下统称食草动物)也不同程度的影响着草原群落的演替<sup>[3-5]</sup>。相反,植被群落的变化也影响着食草动物群落与种群结构的改变<sup>[6-9]</sup>,二者互为因果又相辅相成,这种关系形成了不同放牧强度下草原特有的生态系统。在该系统中,食草动物对食物资源相互竞争,出现生态位重叠与分化现象<sup>[10]</sup>。如偶蹄目动物驼鹿与孢子、驼鹿与马鹿、绵羊与山羊、绵羊和驯鹿、藏绵羊与普氏原羚等的营养生态位存在不同程度的重叠<sup>[11,12]</sup>,它们对食物资源存在严重的竞争。再如内蒙古荒漠草原啮齿目动物草原黄鼠与短尾仓鼠、小毛足鼠、五趾心颅跳鼠、五趾跳鼠和子午沙鼠的空间生态位几乎完全重叠,存在严重的资源利用竞争<sup>[10]</sup>。而内蒙古典型草原达乌尔黄鼠与达乌尔鼠兔生态位重叠程度最大,与布氏田鼠重叠度最小<sup>[13]</sup>。前人对内蒙古典型草原 11 种蝗虫营养生态位进行了研究,其中亚洲小车蝗与白边雏蝗生态位重叠度最高,与短星翅蝗重叠度最小,并且按营养生态位分化划分为 5 个不同的营养需要类群<sup>[14]</sup>。以上这些研究主要集中在同一类物种内,对不同类食草动物种间生态位变化及相关关系研究较少,如反刍动物与啮齿目动物生态位变化及其相互关系研究<sup>[15,16]</sup>。而草原上反刍动物、啮齿目动物、无脊椎动物的食性及生态位变化共同决定着草原的演替方向,但这方面的研究未见报道。

上述研究是采用植被样方法、胃内容物显微组织学分析法以及嗦囊内含物显微分析技术等传统的方法进行,这些方法都有很大的局限性,或者是测定精确度不高,或是实验繁锁、工作量大、费用昂贵、难以控制等<sup>[17]</sup>。而链烷技术是一项测定食草动物食性食量的新技术<sup>[18,19]</sup>,目前被认为是一种估测食草动物食性食量最为精确的方法<sup>[20,21]</sup>,且成功估测了放牧家畜对多种牧草的采食<sup>[22,23]</sup>,但在啮齿动物和无脊椎动物食性食量估测方面未见报道。

①收稿日期:2012-08-21;改回日期:2012-11-02

基金项目:中国科学院“百人计划”优先资助项目(292005312D1102626)和中国科学院知识创新工程方向性项目(KSCX2-YW-N-040)资助。

作者简介:刘贵河(1968-),男,内蒙古太仆寺旗人,副教授,博士。E-mail:guihelu@sina.com

\*通讯作者。E-mail:wangship2008@yahoo.cn

对内蒙古典型草原研究主要集中于放牧强度研究<sup>[24]</sup>、群落多样性研究<sup>[25]</sup>、放牧对草地影响<sup>[26]</sup>以及啮齿动物、蝗虫种群结构及其对草地的危害上<sup>[27-29]</sup>,对放牧家畜、啮齿动物、蝗虫三者食性及其生态位关系研究未见报道。

本研究以内蒙古典型草原羊草(*Leymus chinensis*)群落为研究对象,运用链烷技术研究不同放牧强度下绵羊(*Ovis aries*)、优势鼠种达乌尔黄鼠(*Spermophilus dauricus*)、优势蝗虫亚洲小车蝗(*Oedaleus asiaticus*)食性变化及营养生态位关系,以揭示天然草原放牧演替规律,为合理利用和保护草原提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于2003年7—8月选择在中国科学院内蒙古草原生态系统定位站羊草样地(北纬43°32′59″,东经116°41′37″,海拔1260m,年降水量平均为350mm)进行。羊草样地自1979年围封以来一直处于未利用状态,面积400m×600m,内部约有86种植物,分属于28科67属,其中常见者约45种左右。以根茎禾草羊草占显著优势,其次为大针茅(*Stipa grandis*)、洽草(*Koeleria cristata*)和冰草(*Agropyron cristatum*)等,这些禾草构成了群落的主体,其重量比率达60%以上。禾草以外的杂类草种类约75种,草群高度50~60cm,盖度30%~40%,多雨年份可达60%~70%<sup>[30]</sup>。根据内蒙古草原生态系统定位研究站多年的长期监测资料,牧草一般在4月中下旬返青,8月中下旬地上生物量达高峰,9月中下旬枯黄,生长季150d左右<sup>[31]</sup>。土壤为暗栗钙土,土层深100~150cm,土壤有机质层厚20~39cm。土壤粘粒平均为21%,砂粒为60%。样地以外南侧的草地长期处于自由放牧状态,根据离开村庄(饮水点)距离的远近,出现了中度放牧利用和重度放牧利用区域。

### 1.2 试验设计

**1.2.1 自由放牧绵羊食性研究** 对天然草原自由放牧的家畜而言,放牧梯度等级的确定最好是根据离开水源的距离来确定<sup>[32,33]</sup>,该试验的放牧强度是以离开村庄或围栏距离的远近来选择不同放牧压力的试验小区,在羊草群落中,重度放牧区(HG)选择离村庄1.6km以内,中度放牧区(MG)离村庄1.6km到3.2km,无牧区(NG)在围栏内<sup>[34]</sup>。因为当地牧民的家畜晚上都圈于圈中。试验从7月20日开始到8月8日结束,为期20d。试验开始在每个放牧强度下的放牧区内随机布置10个1.0m×1.0m的网笼,试验结束后,笼内的植物齐地面刈割,并在笼外随机做10个1.0m×1.0m的样方,用笼内外地上生物量的差值来估测绵羊所食牧草的种类。

**1.2.2 优势鼠种食性研究** 采用4号木板夹,在不同牧压区域进行鼠类取样,夹距5m,行距50m,共3行,每行100夹,共放置300夹,从7月27日开始连续测定3日,在每日的上午和傍晚查夹并取鼠,每40夹的面积为1hm<sup>2</sup>,3日连续夹捕数目可视为样地鼠密度。捕获的鼠经熏蒸灭蚤(疫)后,统计鼠的种类和数量,以计算鼠的密度及优势鼠种比例(表1)。在羊草群落的围栏内,鼠的密度最大,主要鼠种为莫氏田鼠,在围栏外放牧区,鼠的密度大大降低,但主要鼠种为达乌尔黄鼠;在放牧区域达乌尔黄鼠数量最多,为优势种。然后在实验室解剖达乌尔黄鼠并取其胃内含物。

表1 不同放牧强度鼠种的密度及其比例

Table 1 The density of mice and proportion of dominant species at different grazing intensity

放牧强度 Grazing intensity	鼠密度 Density of mice (只 Head/hm <sup>2</sup> )	达乌尔黄鼠比例 Proportion of <i>S. dauricus</i> (%)	莫氏田鼠比例 Proportion of <i>M. maximowiczii</i> (%)	黑线仓鼠比例 Proportion of <i>Cricetulus barabensis</i> (%)	其他鼠种比例 Proportion of other mice (%)
NG	86.93	1.2	96.2	2.1	0.5
MG	3.73	100.0	0	0	0
HG	7.07	94.3	0	3.8	1.9

NG:无牧区 No grazing; MG:中等放牧区 Moderate grazing; HG:重度放牧区 Heavy grazing. 下同 The same below.

1.2.3 优势蝗虫食性研究 运用扫网的方法测定草原蝗虫的种类和密度,从 7 月 27 日开始连续 3 d 在不同牧压试验区内随机取 20 个点,每点向外辐射扫 10 网,共计 200 网,统计蝗虫种类与数量,计算蝗虫密度,确定优势蝗虫种并在笼内关养 1 d,以便收集其粪便。试验区不同牧压下优势蝗虫均为亚洲小车蝗(表 2)。

### 1.3 样品采集和处理

1.3.1 植物样品的采集与处理 在不同放牧压力下的试验区内,从 7 月 24 日开始至 26 日,沿 2 条 100 m 样线分别做 10 个样方(1.0 m×1.0 m),每个样方间隔 10 m。样方内植物齐地面刈割,分种称量鲜重后,在 65℃烘箱中烘干至恒重,称量干物质量。取相对生物量大于 0.5%的每种牧草约 20~200 g 过 1 mm 筛粉碎,分析其链烷含量。

1.3.2 羊粪样品的采集与处理 试验开始,在试验区域随机选择 10 只绵羊,带上集粪袋,7 d 后开始收粪,连续收集 3 d 新鲜羊粪并置于 65℃烘箱中烘干,然后将每只绵羊的粪便分别混合均匀,粉碎过 1 mm 筛,分析其链烷含量。

1.3.3 鼠胃内含物取样与处理 对试验期内所取的达乌尔黄鼠进行解剖,取胃内含物,并按放牧梯度混合胃内含物,在 65℃烘箱中烘干,粉碎过 1 mm 筛,分析其链烷含量。

1.3.4 蝗虫粪便取样与处理 试验期内每日上午 9:00—11:00 期间扫网,取优势蝗虫种成熟个体约 150 头(雄:雌=1:1),放置在笼中(1.0 m×0.5 m×0.5 m),不加任何食物,从 12:00 开始每隔 6 h 收集 1 次粪便,共收集 4 次,粪便样品在 65℃烘箱中烘干,分析其链烷模式。

### 1.4 样品分析

植物与粪便样品链烷模式分析方法参见刘贵河等<sup>[35]</sup>的方法进行分析。

### 1.5 数据处理和分析

1.5.1 采食牧草比例计算 对放牧绵羊、优势鼠种和优势蝗虫的牧草采食比例采用最小平方优化程序 Eatwhat 软件进行计算<sup>[36]</sup>。

1.5.2 多样性指数和选择性指数计算 采用 Shannon—Wiener 指数(1949)计算多样性指数,公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^r P_i \times \ln P_i$$

式中, $H$  为多样性指数, $P_i$  为第  $i$  种物种在群落中的相对生物量<sup>[37]</sup>。

选择性指数(SI)又称偏嗜性指数,是指食物中某种牧草占的重量百分率与群落中该种植物占的重量百分率的比值。用公式  $SI = D/P$  计算。式中, $D$  为食性中牧草的百分数, $P$  为群落中牧草的百分数<sup>[38,39]</sup>。

1.5.3 营养生态位计算 食草动物营养生态位宽度采用 Shannon—Wiener 信息指数计算,生态位重叠指数采用 Hurlbert(1978)重叠指数计算,计算公式分别为: $B_j = - \sum_{i=1}^r P_{ij} \times \ln P_{ij}$  和  $O_{ik} = \sum_{j=1}^r \frac{P_{ij} \times P_{kj}}{C_j}$ ,式中, $B_j$  为生态位宽度; $O_{ik}$  为生态位重叠指数; $P_{ij}$  为  $i$  食草动物利用  $j$  资源的比例; $P_{kj}$  为  $k$  食草动物利用  $j$  资源的比例; $C_j$  为第  $j$  个资源状态的相对多度<sup>[37]</sup>。

1.5.4 数据分析 试验数据采用 SPSS 11.5 软件进行单因素方差分析,所有数据用 Excel 计算并形成图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同放牧强度下植物的种类组成及其群落中主要植物链烷模式

根据植被样方,羊草群落中共有 12~27 种植物,但其中 7 种植物的地上生物量占整个群落生物量的 96%~99%以上,它们是食草动物主要的食物来源,其中优势种羊草随放牧强度的增加而降低,而星毛委陵菜却有所增加,并且在重度放牧区变成了优势植物种(表 3)。对群落中所有植物样品进行了链烷模式分析,发现所有植物种

表 2 不同放牧强度蝗虫的密度和亚洲小车蝗的比例

Table 2 The density of grasshopper and proportion of *Oedaleus asiaticus* at different grazing intensity

放牧强度 Grazing intensity	蝗虫密度 Density of grasshopper (成虫 Adult/ 200 网 Nets)	亚洲小车蝗比例 Proportion of <i>O. asiaticus</i> (%)	亚洲小车蝗密度 Density of <i>O. asiaticus</i> (成虫 Adult/ 200 网 Nets)
NG	—	—	—
MG	40.8	41.5	16.9
HG	39.3	56.8	22.3

中奇数碳链的浓度高于偶数碳链浓度,并且优势链烷为  $C_{27}$ 、 $C_{29}$  和  $C_{31}$ ,链烷模式存在种间差异(表 4)。

## 2.2 不同放牧强度下 3 种食草动物的食性及其对牧草的选择性指数

根据放牧前后笼内外牧草生物量的差异结合链烷技术,可以估测出绵羊采食了 4~5 种植物,随牧压的增加,黄囊苔草采食比例显著增加,但在重度放牧区,绵羊没有采食西伯利亚羽茅和米氏冰草,而是增加了对星毛委陵菜的采食;达乌尔黄鼠主要采食 3~6 种植物,且在围栏内采食的羊草显著高于围栏外放牧区;但在围栏内没有采食米氏冰草、黄囊苔草和星毛委陵菜;由于围栏内植被盖度和高度相对较高,蝗虫很难被捕捉,故此,无牧区无法得知亚洲小车蝗的食性,在放牧

区亚洲小车蝗主要采食 3~5 种植物,其中对克氏针茅的采食随牧压的增加显著降低,但增加了对米氏冰草和星毛委陵菜的采食(表 5)。不同牧压下,绵羊对牧草的选择性指数不同(表 6),绵羊对黄囊苔草和羊草具有很高的选择性,表现为随牧压的增大其选择性指数上升;达乌尔黄鼠则优先采食糙隐子草和羊草,尽管其在群落中的数量随牧压的变化而变化,但达乌尔黄鼠对其具有极高的选择性(表 6);亚洲小车蝗对羊草和克氏针茅优先采食,并且在重度放牧区对米氏冰草优先采食(表 6)。

表 3 不同放牧强度下主要植物种及其干物质比例

Table 3 Main plant species and their dry matter proportion at different grazing intensities %

植物种 Plant species	放牧强度 Grazing intensities		
	NG	MG	HG
西伯利亚羽茅 <i>Achnatherum sibiricum</i>	14.88	2.49	0.03
米氏冰草 <i>Agropyron michnoi</i>	1.70	8.10	1.39
黄囊苔草 <i>Carex korshinskii</i>	5.95	6.81	6.66
糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	5.63	32.97	24.91
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	32.19	18.79	6.11
星毛委陵菜 <i>Potentilla acaulis</i>	0.06	0.01	42.42
克氏针茅 <i>Stipa krylovii</i>	36.01	30.49	18.23
总生物量比例 Proportion of total DM	96.42	99.66	99.75

表 4 主要植物种链烷模式

Table 4 N-alkane concentrations of main plant species

mg/kg DM

植物种 Plant species	$C_{21}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{25}$	$C_{26}$	$C_{27}$	$C_{28}$	$C_{29}$	$C_{30}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{35}$	总和 Total
西伯利亚羽茅 <i>A. sibiricum</i>	3	16	4	13	3	51	23	1252	12	52	3	13	0	1445
米氏冰草 <i>A. michnoi</i>	0	6	4	10	2	43	4	185	8	521	8	100	3	894
黄囊苔草 <i>C. korshinskii</i>	3	4	2	5	3	28	8	491	29	848	14	75	3	1513
糙隐子草 <i>C. squarrosa</i>	5	7	1	8	3	42	6	159	8	265	8	92	5	609
羊草 <i>L. chinensis</i>	1	3	1	4	1	10	2	28	3	76	3	22	1	155
星毛委陵菜 <i>P. acaulis</i>	1	3	2	8	2	134	21	1159	18	355	6	36	8	1753
克氏针茅 <i>S. krylovii</i>	5	5	2	10	3	49	6	321	22	2014	20	153	14	2624

注:  $C_{21}$ ~ $C_{35}$  分别为碳原子数 21~35 的链烷,如二十一烷和三十五烷。

Note:  $C_{21}$  -  $C_{35}$  denote the alkane containing 21-35 carbon atom, for example Heneicosane and Pentatriacontane.

## 2.3 不同放牧强度下主要植物种生态位宽度

不同放牧压力下,同一植物种的生态位宽度是不同的,生态位宽度较大的植物种是群落中的优势种或建群种。本试验区优势种为羊草和克氏针茅,但由于放牧利用,糙隐子草演变为次优势种,在过度放牧区星毛委陵菜变为优势种(表 7),其他种则是群落的伴生种。

## 2.4 不同放牧强度 3 种食草动物营养生态位宽度及其重叠度

3 种食草动物在不同放牧压力下,其营养生态位宽度是不一样的(表 8),随牧压的增大,绵羊的营养生态位变窄,而达乌尔黄鼠和亚洲小车蝗的生态位变宽,这与食草动物的选择性采食和群落中地上生物量有关。生态位重叠程度反映了物种间对资源利用的相似程度,同时也反映它们之间的潜在竞争程度。3 种食草动物在羊草群落中生态位重叠度类似(表 9),说明 3 种草食动物对资源的利用程度相似,竞争较为激烈。结合 3 种食草动物对牧草的选择性指数(表 6)分析,三者对羊草的竞争最为激烈,其次是对糙隐子草的竞争。

表 5 不同放牧强度 3 种食草动物食物组成(平均值±标准误)  
Table 5 Estimated diet composition (mean±S. E) of three herbivores  
using the n-alkane technique at different grazing intensity

植物种 Plant species	绵羊 <i>O. aries</i>		达乌尔黄鼠 <i>S. dauricus</i>			亚洲小车蝗 <i>O. asiaticus</i>	
	MG	HG	NG	MG	HG	MG	HG
西伯利亚羽茅 <i>A. sibiricum</i>	1.6±0.2	0	0	0	0	0	0
米氏冰草 <i>A. michnoi</i>	8.0±1.8	0	0	2.1±0.2 a	1.2±0.2 a	0	2.7±0.2
黄囊苔草 <i>C. korshinskii</i>	28.4±2.1 b	42.6±2.2 a	0	2.4±0.7 a	2.1±0.2 a	0	0
糙隐子草 <i>C. squarrosa</i>	14.7±0.2 a	19.8±1.2 a	12.4±2.1 a	52.1±2.8 a	48.0±2.2 a	24.2±1.2 a	18.7±1.2 a
羊草 <i>L. chinensis</i>	47.3±1.7 a	33.3±1.5 a	66.5±3.1 a	29.1±1.6 b	16.3±1.4 b	33.9±2.1 a	23.2±1.2 a
星毛委陵菜 <i>P. acaulis</i>	0	4.4±0.2	0	0	22.4±1.2	0	31.1±2.2
克氏针茅 <i>S. krylovii</i>	0	0	21.1±2.4 a	14.3±1.8 a	10.0±0.8 a	41.9±2.4 a	24.3±2.1 b

注:同行不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different letters in the same row indicate significant differences( $P<0.05$ ).

表 6 不同放牧强度 3 种食草动物对牧草的选择性指数(SI)  
Table 6 Selectivity index (SI) of three herbivores of primary plant species at different grazing intensity

植物种 Plant species	绵羊 <i>O. aries</i>		达乌尔黄鼠 <i>S. dauricus</i>		亚洲小车蝗 <i>O. asiaticus</i>		
	MG	HG	NG	MG	HG	MG	HG
西伯利亚羽茅 <i>A. sibiricum</i>	0.64	—	—	—	—	—	—
米氏冰草 <i>A. michnoi</i>	0.99	—	—	0.25	0.72	—	1.94
黄囊苔草 <i>C. korshinskii</i>	4.17	6.40	—	0.29	0.30	—	—
糙隐子草 <i>C. squarrosa</i>	0.45	0.79	2.13	1.61	1.97	0.73	0.75
羊草 <i>L. chinensis</i>	2.52	5.45	2.08	1.54	2.62	1.80	3.80
星毛委陵菜 <i>P. acaulis</i>	—	0.10	—	—	0.52	—	0.73
克氏针茅 <i>S. krylovii</i>	—	—	0.58	0.46	0.55	1.37	1.33

### 3 讨论

放牧家畜食性的变化受很多因素影响,比如,牧草的适口性、物候期、形态学特征及气候、地形等因素<sup>[40]</sup>。当放牧地牧草资源(地上生物量)丰富时,放牧家畜能够选择喜食的牧草种,反之,家畜就被迫采食先前不喜食的植物种,尤其在重牧区<sup>[2]</sup>。本试验研究得出了相似的结论,随牧压的增加,群落中优质羊草的比例下降(表 3),但绵羊对羊草的选择性指数却增加(表 6),说明羊草是绵羊嗜食的牧草,虽然黄囊苔草在群落中的比例基本没有随牧压的改变而改变,但随牧压的增大,绵羊显著增加了对它的采食比例,说明黄囊苔草也是绵羊的喜食牧草种<sup>[41]</sup>。在重度放牧区,绵羊没有采食西伯利亚羽茅和米氏冰草,被迫采食了先前不喜食的星毛委陵菜<sup>[39]</sup>,这主要与群落中这些牧草的数量与易接近程度有直接关系<sup>[42]</sup>,因为群落中星毛委陵菜的数量增加到了 40% 以上(表 3),进一步说明在优质牧草不足的情况下,绵羊也会采食先前不喜食的牧草种类,尽管绵羊具有很强的选择性<sup>[43]</sup>,且这种选择性受群落中牧草资源的影响较大<sup>[44]</sup>。

表 7 不同放牧强度主要植物种生态位宽度

Table 7 Coefficient of niche breadth of main plant species in different grazing intensity

植物种 Plant species	放牧强度 Grazing intensities		
	NG	MG	HG
西伯利亚羽茅 <i>A. sibiricum</i>	0.28	0.09	0.00
米氏冰草 <i>A. michnoi</i>	0.07	0.20	0.06
黄囊苔草 <i>C. korshinskii</i>	0.17	0.18	0.18
糙隐子草 <i>C. squarrosa</i>	0.16	0.37	0.35
羊草 <i>L. chinensis</i>	0.36	0.31	0.17
星毛委陵菜 <i>P. acaulis</i>	0.00	0.00	0.36
克氏针茅 <i>S. krylovii</i>	0.37	0.36	0.31

啮齿动物食性较为复杂,因为多数啮齿动物除了采食牧草茎叶外,还采食植物根系、牧草种子和无脊椎动物<sup>[45]</sup>,所以在分析啮齿动物采食牧草种类时,只能进行粗略的估测,不能确定相对准确的采食比例<sup>[46]</sup>。虽然链烷技术在理论上可以通过比较牧草和啮齿动物粪便(或胃肠内容物)中的链烷模式来评价其所食牧草的比例<sup>[19]</sup>,但羊草样地围栏内植物种类较多,达乌尔黄鼠食性较为复杂,受试验条件和方法的限制,本研究只能粗略估测出其采食了3种牧草,而且对羊草的采食最多,建议以后结合其他方法进一步深入研究。受群落中羊草数量的限制,达乌尔黄鼠在围栏内采食羊草的比例显著高于围栏外,在围栏外放牧区,达乌尔黄鼠主要采食5~6种牧草,主要以禾草和杂类草为主,此结果与王桂明等<sup>[13]</sup>的研究结果类似,尽管群落中牧草种类和数量随牧压改变发生了巨大的变化,但达乌尔黄鼠仍喜食羊草和糙隐子草,达乌尔黄鼠的这种选择性采食可能与鼠种有关<sup>[47]</sup>,也可能与植物生长季节有关<sup>[48]</sup>。本研究在放牧区黄鼠增加了对星毛委陵菜的采食,这与群落中星毛委陵菜的生物量有关,说明鼠的食性与其栖息地牧草数量相关<sup>[49]</sup>,同时也印证了啮齿动物的食性受控于群落物种多样性的观点<sup>[9,50]</sup>。

前人总结了很多的方法来评价蝗虫食性,但大多数方法只能对蝗虫采食的牧草种类进行归类<sup>[51]</sup>,虽然噱囊内含物显微分析技术被广泛用于评价蝗虫的食性<sup>[52]</sup>,但在实际应用中很难被推广<sup>[53]</sup>,本研究应用链烷技术估测的亚洲小车蝗食性主要以禾草为主,此结果与前人的研究结果一致<sup>[14,28]</sup>,说明链烷技术可以较好地估测天然草原蝗虫的食性。本研究发现,亚洲小车蝗的食性随牧草丰富度的变化而变化,在中度放牧区,牧草种类及其地上生物量较为丰富,蝗虫采食的牧草种类较为单一,相反,在重度放牧区,即牧草资源发生变化时,它们会改变其食物选择性,扩大其食谱范围,如在重牧区增加了对星毛委陵菜的采食,降低了对克氏针茅的采食,这些结果与前人<sup>[54]</sup>的研究结果类似,说明蝗虫的选择性采食是建立在食物丰富度基础之上,但对米氏冰草的采食例外,其原因可能与季节变化和植被类型有关<sup>[8,14,55]</sup>,需进一步深入研究。

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<sup>[37]</sup>。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,导致营养生态位变窄<sup>[52]</sup>,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<sup>[13]</sup>。本试验随放牧压力的增加,绵羊的生态位变窄,并不是放牧区食物资源丰富的结果,而是资源严重不足造成的<sup>[39,56]</sup>,说明群落中食物资源匮乏、可利用牧草资源的减少也会限制绵羊的选择性采食,这也是退化草地对过度放牧做出的一种适应性反应。放牧直接改变了群落中牧草的种类组成和数量<sup>[39]</sup>,植物群落多样性的变化又影响了小型食草动物的食物结构和栖息地环境<sup>[57,58]</sup>,进而改变了群落中小型食草动物的种群结构<sup>[8,59]</sup>,小型食草动物的选择性采食又改变了植物群落的空间竞争格局,从而影响植物群落结构和多样性<sup>[60]</sup>。本研究发现,随牧压的增大,群落中优势植物种及其生态位发生了改变,依附于其中的达乌尔黄鼠和亚洲小车蝗成为群落中的优势种,由于其可食的牧草种类增加以及二者有着广泛的食物资源取食潜力<sup>[52,61]</sup>,故此,其生态位变宽。这暗示了过度放牧是草地退化的直接原因,而退化草地植被类型演替为小型食草动物喜食的牧草种类,扩大了其食谱范围,从而使喜食该类牧草的鼠、虫种群增加,造成鼠、虫害发生。而鼠、虫通过肆虐地采食、挖洞等干扰活动,加剧了植被退化演替进程<sup>[3]</sup>。

不同种群生态位重叠就意味着对食物资源存在竞争,尤其在食物资源不足时<sup>[62,63]</sup>。本研究达乌尔黄鼠和亚洲小车蝗的生态位宽度都接近于绵羊的生态位宽度,并且生态位重叠程度类似,说明3种食草动物的食谱相近,

表8 不同放牧强度3种食草动物营养生态位宽度

Table 8 Coefficient of trophic niche breadth of three herbivores at different grazing intensity

食草动物 Herbivores	放牧强度 Grazing intensities		
	NG	MG	HG
绵羊 <i>O. aries</i>	—	1.31	1.19
达乌尔黄鼠 <i>S. dauricus</i>	0.86	1.15	1.35
亚洲小车蝗 <i>O. asiaticus</i>	—	1.07	1.45

表9 3种食草动物营养生态位重叠度

Table 9 Overlap of trophic niche among three herbivores in *L. chinensis* community

食草动物 Herbivores	达乌尔黄鼠 <i>S. dauricus</i>	亚洲小车蝗 <i>O. asiaticus</i>
绵羊 <i>O. aries</i>	0.079 1	0.061 9
达乌尔黄鼠 <i>S. dauricus</i>		0.076 3

对食物资源存在激烈的竞争,主要表现为对优质羊草的竞争。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利用性是主要因素<sup>[13,64]</sup>。此外,种群的密度也是影响生态位重叠的一个重要因素<sup>[65]</sup>,一个种群的密度增加会严重影响另一个与之生态位重叠的种群数量,它们之间是负相关关系<sup>[16]</sup>。本研究随着牧压的增加,群落中鼠的密度明显降低(表 1),由于在无牧区内没有得到蝗虫的密度,但在放牧区蝗虫的密度也同样降低(表 2)。从另一个角度来讲,当野生食草动物(鼠和蝗虫)种群数量增加也会影响放牧家畜的数量,因为一旦鼠、虫害发生,绵羊的食物资源将受到严重的威胁,进而影响放牧绵羊的种群数量和生产力的发挥。因此,控制放牧压力,合理利用草原是防止鼠、虫害发生的有效措施,同时,控制鼠、虫的种群密度,防止鼠、虫害的发生对保证放牧家畜的食物安全也具有十分重要的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 李永宏. 内蒙古锡林河流域羊草草原和大针茅草原在放牧影响下的分异和趋同[J]. 植物生态学报, 1988, 12(3): 189-196.
- [2] 汪诗平, 李永宏, 王艳芬, 等. 不同放牧率对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响[J]. 植物学报, 2001, 43(1): 89-96.
- [3] 江小蕾. 植被均匀度与高原鼠兔种群数量相关性研究[J]. 草业学报, 1998, 7(1): 60-64.
- [4] 崔越. 利用 GIS 辅助分析草原放牧活动对蝗虫群落的影响[J]. 畜牧兽医学报, 1999, 30(6): 574-576.
- [5] 宛新荣, 刘伟, 王广和, 等. 浑善达克沙地小毛足鼠的食量与食性动态[J]. 生态学杂志, 2007, 26(2): 223-227.
- [6] 汪诗平. 内蒙古典型草原放牧绵羊体增重与放牧率之间的关系[J]. 草业学报, 2000, 9(2): 10-16.
- [7] Kang L, Chen Y L. Dynamics of grasshopper communities under different grazing intensities in Inner Mongolian steppes[J]. Entomologia Sinica, 1995, 2(3): 265-281.
- [8] 邱星辉, 李鸿昌. 围栏禁牧对羊草草原和大针茅草原蝗虫丰富度的影响[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 403-406.
- [9] 刘伟, 周立, 王溪. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 376-382.
- [10] 付和平, 武晓东, 杨泽龙. 不同干扰条件下荒漠啮齿动物生态位特征[J]. 生态学报, 2005, 10: 2637-2643.
- [11] Myserud A. Diet overlap among ruminants in Fennoscandia[J]. Oecologia, 2000, 124: 130-137.
- [12] Liu B W, Jiang Z G. Dietary overlap between przewalski's gazelle and domestic sheep in the Qinghai lake region and implication for rangeland management[J]. Journal of Wildlife Management, 2004, 68(2): 241-246.
- [13] 王桂明, 周庆强, 钟文勤. 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[J]. 生态学报, 1996, 16(1): 71-76.
- [14] 康乐, 陈永林. 草原蝗虫营养生态位的研究[J]. 昆虫学报, 1994, 37(2): 178-189.
- [15] Mellado M, Olvera A, Querob A, et al. Dietary overlap between prairie dog (*Cynomys mexicanus*) and beef cattle in a desert rangeland of northern Mexico[J]. Journal of Arid Environments, 2005, 62: 449-458.
- [16] Harald S, Atle M, Gunnar A. Sheep grazing and rodent populations: Evidence of negative interactions from a landscape scale experiment[J]. Oecologia, 2005, 143: 357-364.
- [17] 汪诗平. 几种草食动物日粮植物组成研究技术和方法的比较[J]. 草业学报, 1995, 4(3): 8-16.
- [18] 肖金玉, 侯扶江, 于应文, 等. 链烷技术估测放牧动物牧草采食量与消化率[J]. 草业学报, 2005, 14(4): 125-130.
- [19] Dove H, Mayes R W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition herbivores: a review[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1991, 42: 913-952.
- [20] Dove H. Using the n-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1992, 43: 1711-1724.
- [21] 刘贵河, 林立军, 张英俊, 等. 饱和链烷技术测定绵羊食性食量精确性研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1356-1363.
- [22] Lippke H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture[J]. Crop Science, 2002, 42: 869-872.
- [23] 刘贵河, 汪诗平, 张英俊, 等. 链烷技术估测典型草原放牧牛食性食量方法研究[J]. 草地学报, 2009, 17(6): 693-698.
- [24] 郑阳, 徐柱, Taro Takahashi, 等. 内蒙古典型草原优化放牧管理模拟研究——以内蒙古太仆寺旗为例[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3933-3940.
- [25] 单贵莲, 徐柱, 宁发, 等. 围封年限对典型草原群落结构及物种多样性的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(6): 1-8.
- [26] 韩文军, 春亮, 侯向阳. 过度放牧对羊草杂类草群落种的构成和现存生物量的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(9): 195-199.

- [27] 王利清, 杨玉平, 董维惠, 等. 典型草原鼠类群落结构研究[J]. 中国草地学报, 2012, 26(3): 75-81.
- [28] 卢辉, 韩建国. 典型草原三种蝗虫种群死亡率和竞争的研究[J]. 草地学报, 2008, 16(5): 481-484.
- [29] 卢辉, 韩建国, 张泽华. 锡林郭勒典型草原植物多样性和蝗虫种群的关系[J]. 草原与草坪, 2008, 3: 21-24.
- [30] 于遵波, 洪绂曾, 韩建国. 草地生态资产及功能价值的能值评估——以锡林郭勒羊草草地为例[J]. 中国草地学报, 2006, 28(2): 1-6.
- [31] 潘庆民, 白永飞, 韩兴国, 等. 内蒙古典型草原羊草群落氮素去向的示踪研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(5): 665-671.
- [32] Fuls E R. Ecosystem modification created by patch-overgrazing in semi-arid grassland[J]. Journal of Arid Environment, 1992, 23: 59-69.
- [33] Pickup G, Chewings V H. A grazing gradient approach to land degradation assessment in arid areas from remotely-sensed data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 597-617.
- [34] Holechek J L. An approach for setting the stocking rate[J]. Rangelands, 1988, 10: 10-14.
- [35] 刘贵河, 张英俊, 汪诗平, 等. 影响内蒙古典型草原 3 种牧草饱和链烷回收率的因素研究[J]. 草业学报, 2006, 15(4): 109-114.
- [36] Dove H, Moore A D. Using a least-squares optimization procedure to estimate botanical composition based on the alkanes of plant cuticular wax[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1995, 46: 1535-1544.
- [37] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 77-97.
- [38] Van Dyne G M, Heady H F. Botanical composition of sheep and cattle diets on a mature annual range[J]. Hilgardia, 1965, 36(13): 465-492.
- [39] 汪诗平. 不同放牧率下绵羊的食性及食物多样性与草地植物多样性间的关系[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 237-243.
- [40] 汪诗平. 不同放牧季节绵羊的食性及食物多样性与草地植物多样性间的关系[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 951-957.
- [41] Boo R M, Lindstrom L I, Elia O R, *et al.* Botanical composition and seasonal trends of cattle diets in central Argentina[J]. Journal of Range Management, 1993, 46: 479-482.
- [42] Dummont B, Petit M, Dhour P. Choice of sheep and cattle between vegetative and reproductive cocksfoot patches[J]. Applied Animal Behaviour Science, 1995, 43: 1-15.
- [43] 汪诗平, 李永宏. 放牧绵羊行为生态学研究 V. 采食行为参数与草地状况的关系[J]. 草业学报, 1997, 6(4): 31-38.
- [44] 王旭, 王德利, 刘颖, 等. 不同放牧率下绵羊的采食量与食性选择研究[J]. 东北师范大学学报(自然科学版), 2002, 34(1): 36-40.
- [45] 赵天飙, 梁炜, 秦丰程, 等. 草原黄鼠生态学研究概述[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学版), 2000, 29(2): 125-129.
- [46] 邹波, 宁振东, 王庭林, 等. 花鼠的食性和食量研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1997, 8(6): 469-471.
- [47] 曹伊凡, 林恭华, 卢学峰, 等. 柯氏鼠兔的食性分析[J]. 动物学杂志, 2009, 44(1): 58-62.
- [48] 杨维康, 刘伟, 黄怡, 等. 古尔班通古特沙漠南缘大沙鼠的食性[J]. 干旱区地理, 2011, 34(6): 912-918.
- [49] 娜日苏, 苏和, 武晓东. 五趾跳鼠的植物性食物选择与其栖息地植被的关系[J]. 草地学报, 2009, 17(3): 383-388.
- [50] 王梦军, 宛新荣, 钟文勤. 食草动物与植物的相互关系[J]. 生态学杂志, 2001, 20(5): 39-43.
- [51] Nelson M L, Gangwere S K. A key to grasshopper food plants based on anatomical features[J]. The Michigan Boianisi, 1981, 20: 11-126.
- [52] 王世贵, 马小梅. 浙江杭州地区红褐斑腿蝗的食性选择及其取食生态位[J]. 植物保护, 2009, 35(4): 39-43.
- [53] Norbury G L, Sanson G D. Problems with measuring diet selection of terrestrial, mammalian herbivores[J]. Australia Journal of Ecology, 1992, 17: 1-7.
- [54] 贺达汉, 郑哲民. 荒漠草原蝗虫营养生态位及种间食物竞争模型的研究[J]. 应用生态学报, 1997, 8(6): 605-611.
- [55] Edward E W. Absence of inter specific competition among Tallgrass Prairie grasshoppers during a drought[J]. Ecology, 1992, 73: 1038-1044.
- [56] 韩苑鸿, 汪诗平, 陈佐忠. 以放牧率梯度研究内蒙古典型草原主要植物种群的生态位[J]. 草地学报, 1999, 7(3): 204-210.
- [57] 武晓东, 阿娟, 付和平, 等. 人为不同干扰条件下荒漠啮齿动物群落格局的动态特征——动物与植物群落的典型相关分析[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 5999-6017.
- [58] Torrusio S, Cigliano M M, Wysiecki M L. Grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) and plant community relationships in the



- Argentine pampas[J]. *Journal of Biogeography*, 2009, 29(2): 221-229.
- [59] 钟文勤, 周庆强, 孙崇璐. 内蒙古白音锡勒典型草原区鼠类群落的空间配置及其结构的研究[J]. *生态学报*, 1981, 1(1): 12-21.
- [60] 赵成章, 周伟, 王科明, 等. 黑河上游蝗虫与植被关系的 CCA 分析[J]. *生态学报*, 2011, 31(12): 3384-3390.
- [61] 白雪薇, 史献明, 董国润, 等. 河北省塞北管理区达乌尔黄鼠食性调查[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2010, 12(4): 382-383.
- [62] William J, Zielinski N, Duncan P. Diets of sympatric populations of American Martens (*Martes americana*) and Fishers (*Martes pennanti*) in California[J]. *Journal of Mammalogy*, 2004, 85(3): 470-477.
- [63] Ricardo B A, Pelliza S, David E, *et al.* High potential for competition between guanacos and sheep in Patagonia[J]. *Journal of Wildlife Management*, 2004, 68(4): 924-938.
- [64] Scott A W. Niche overlap and the potential for competition and intraguild predation between size-structured populations[J]. *Ecology*, 1992, 73(4): 1431-1444.
- [65] 程中秋, 张克斌, 刘建, 等. 宁夏盐池荒漠草原区天然草地植物生态位研究[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(3): 36-40, 47.

**Study on the diet composition and trophic niche of main herbivores in the Inner Mongolia  
Typical steppe—Taking *Leymus chinensis* community as an example**

LIU Gui-he<sup>1</sup>, WANG Guo-jie<sup>2</sup>, WANG Shi-ping<sup>2</sup>, ZHANG Ying-jun<sup>3</sup>,  
WAN Xin-rong<sup>4</sup>, HAO Shu-guang<sup>4</sup>

(1. Department of Animal Husbandry and Engineering, Animal and Technology College, Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China; 2. Key Laboratory of Alpine Ecology and Biodiversity, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101 China; 3. Department of Grassland Science, Animal and Technology College, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 4. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract:** In order to discuss the relations of grassland degradation and the diet composition and trophic niche of main herbivores (*Ovis aries*, *Spermophilus dauricus*, *Oedaleus asiaticus*) in the Inner Mongolia steppe, we research change of diet composition and trophic niche of main herbivores in the different grazing intensity in June—July 2003 by using n-alkane technique. The results showed that the richness of *Leymus chinensis* and *Stipa krylovii* decreased significantly with the increase of grazing intensity, while the proportion of *Potentilla acaulis* in the community increased at the same time. The proportion of *Carex korshinskii* ingested by *O. aries* increased significantly with the increase of grazing intensity, and *Achnatherum sibiricum* and *Agropyron michnoi* were not ingested by *O. aries* instead of *P. acaulis*. The proportion of *L. chinensis* ingested by *S. dauricus* inside fence more than outside fence significantly, but *A. michnoi*, *C. korshinskii* and *P. acaulis* were not ingested inside fence. There was no comparison of dietary in *O. asiaticus* between inside and outside fence due to having no capture it, but the proportion of *S. krylovii* ingested by *O. asiaticus* reduced significantly with the increase of grazing intensity, and instead of increasing the proportion of *A. michnoi* and *P. acaulis*. The same plant species of ingested were *L. chinensis* and *C. squarrosa*. Furthermore, the selected index of *L. chinensis* was highest. The trophic niche of *O. aries* was broadened with the increased grazing intensity, on the contrary *S. dauricus* and *O. asiaticus*, furthermore, the overlap of trophic niche among three herbivores were similar. In conclusion, an action of heavy grazing in Inner Mongolia steppe changed the *L. chinensis* community into the *P. acaulis* community, and this succession lead to the degradation of grassland. While the spoliating grassland resources by *O. aries*, *S. dauricus*, *O. asiaticus* have accelerated the process.

**Key words:** typical steppe; *Ovis aries*; *Spermophilus dauricus*; *Oedaleus asiaticus*; diet composition; trophic niche