

贺兰山同域分布岩羊和马鹿的夏季食性

昝 野¹, 张明明¹, 刘振生^{1,*}, 胡天华², 李志刚²

(1. 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040; 2. 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 银川 750021)

摘要: 2008年7—8月贺兰山对同域分布的岩羊和马鹿粪便进行采集, 利用粪便显微分析法对二者夏季食性进行了研究。从10个沟系中一共收集了297堆岩羊和305堆马鹿粪便, 每堆中捡拾2粒粪粒, 组成40个复合样本进行分析。结果表明, 夏季在岩羊采食的19科35种(属)植物中, 针茅(29.74%)、早熟禾(18.82%)、内蒙古邪蒿(10.30%)、灰榆(7.76%)、冰草(7.47%)是其主要食物, 针茅是岩羊夏季的大宗食物; 夏季在马鹿取食的11科18种(属)植物中, 小红柳(36.26%)、山杨(23.10%)、灰榆(16.84%)等是其主要食物, 小红柳为马鹿夏季的大宗食物。夏季岩羊采食植物中, 乔木占8.67%, 灌木占3.97%, 禾本科草本占69.43%, 非禾本科草本占17.94%; 马鹿采食植物中, 乔木占89.61%, 灌木占5.38%, 禾本科草本占1.03%, 非禾本科草本占3.99%。从食物多样性和食物生态位宽度来看, 岩羊的Shannon-Wiener指数高于马鹿, 而马鹿的Pielou均匀性指数和食物生态位宽度指数高于岩羊, 岩羊和马鹿共有9种食物重叠, 生态位重叠指数为65.17%。

关键词: 粪堆; 粪便分析; 食性; 有蹄类

Summer diets of Sympatric Blue Sheep (*Pseudois nayaur*) and Red Deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China

CHANG Ye¹, ZHANG Mingming¹, LIU Zhensheng^{1,*}, HU Tianhua², LI Zhigang²

1 College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Helan Mountains National Nature Reserve, Yinchuan 750021, China

Abstract: We collected fresh fecal samples of sympatric blue sheep (*Pseudois nayaur*, $n = 297$ dung piles) and red deer (*Cervus elaphus alxaicus*, $n = 305$ dung piles) during summer between July and August 2008 in 10 drainages of the Helan Mountains of Ningxia Muslem and Inner Mongolia municipalities. Two fecal pellets from each of 40 dung piles of both sheep and deer were mixed to form a single, species-specific composite sample. Microhistological analyses indicated that blue sheep consumed 35 plant species or genera from 19 families; *Stipa* spp., *Poa* spp., *Seseli intramongolicum*, *Ulmus glaucescens*, *Agropyron cristatum* were most common. Red deer fed on 18 plant species or genus from 11 families, and *Salix microtachya* var. *bordensis*, *Populus davidiana*, *Ulmus glaucescens*, *Agropyron cristatum* were most common. Graminoids comprised 69% of the diet of sheep, followed by forbs (18%), browse (8%), and shrubs (4%). Red deer fed mostly on browse (90% browse, 5% shrubs, 4% forbs, 1% graminoids). The Shannon-Wiener diversity index for blue sheep was higher than that for red deer. The Pielou uniformity index and food niche breadth of red deer were higher than those of blue sheep. Nine of the 43 identified species were eaten by both species, and the niche overlap index was 65.17%.

Key Words: dung piles; fecal samples; food habits; ungulate

同域分布的物种对资源的竞争是群落生态学研究热点之一。许多学者认为竞争是导致不同物种对资

基金项目: 国家新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-08-0753); 国家自然科学基金资助项目(30670309, 30970371); 国家“十一五”科技支撑资助项目(2008BADB0B04); 宁夏回族自治区林业局自选课题资助项目(2004-01); 宁夏贺兰山国家级自然保护区第二次综合科学考察专项资金资助项目

收稿日期: 2009-09-03; 修订日期: 2009-11-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenshengliu@163.net

源利用产生差异的一个主要因素,进而使不同物种之间的形态和行为产生差异^[1-4]。食物是联系动物与环境的纽带,它是资源的重要组成部分。食性研究既是开展动物营养学研究的基础,也是开展动物种群生态学的前提,对于野生动物的保护管理、驯养繁殖等均具有重要的意义^[5]。由于有蹄类动物数量众多、种类丰富,以植物为主要食物,使得同域分布有蹄类动物之间的竞争尤为激烈^[6-7]。有蹄类动物的取食对栖息地植物和动物群落的结构和组成都有直接或间接的影响,可以看作是生物群落进化和演替的关键物种^[8-11]。因此同域分布有蹄类的食性研究对了解同域分布的物种对资源的竞争具有重要的意义。

岩羊(*Pseudois nayaur*)和马鹿(*Cervus elaphus*)是贺兰山同域分布的2种有蹄类,均为中国Ⅱ级重点保护野生动物,其中岩羊为青藏高原特有种^[12],而马鹿阿拉善亚种(*C. e. alxaicus*)目前仅分布于宁夏和内蒙古交界的贺兰山中段,是我国惟一幸存的该亚种有效种群^[13-15],也是各亚种中分布范围最小、数量最少的一个隔离种群^[16]。根据取食不同植物类型的形态特征和反刍动物的生理特征,岩羊和马鹿都是介于精饲者和粗饲者之间的中间类型^[17-20],因此,这两物种之间是否有明显的食物竞争?其竞争力的定量表示如何?其次,在北方地区,夏季是有蹄类动物食物最丰富的季节,食物竞争的压力可能较小,食物重叠度是怎样表达的?鉴于此,于2008年夏季对贺兰山同域分布的岩羊和马鹿的食性进行了研究,以期验证预测。

1 研究地区自然概况

贺兰山位于银川平原和阿拉善高原之间(北纬38°21'—39°22',东经105°44'—106°42'),海拔高度一般为2 000—3 000 m。贺兰山是荒漠与半荒漠草原之间的分界线,全年干旱少雨,年均降水量200—400 mm之间,年均蒸发量为2 000 mm,年均无霜期170 d。贺兰山的植被垂直分布明显,从山麓到主峰有4个植被垂直带:①山地草原带,分布于海拔1 400—1 600 m,以短花针茅(*Stipa breviflora*)和灌木亚菊(*Ajania fruticulosa*)为建群种,植被旱生化明显,覆盖度10%左右;②山地疏林草原带,位于海拔1 600—2 000 m之间,灰榆(*Ulmus pumila*)稀疏个体与大量蒙古草原区系植物相结合,生长着大面积蒙古扁桃(*Prunus mongolica*)灌丛;③山地针叶林带,分布于1 900—3 100 m的中山和亚高山地带,本带又分为两个植被亚带,即油松(*Pinus tabulaeformis*)林亚带(1 900—2 350 m)和青海云杉(*Pinus crassifolia*)林亚带(2 350—3 100 m),混生有山杨(*Populus davidiana*)林和灰榆、杜松(*Juniperus rigida*)疏林,以及小叶金露梅(*Dasiphora parvifolia*)灌丛和华西银露梅(*D. mandshurica*)灌丛;④亚高山灌丛和草甸带,位于3 100—3 556 m的主峰周围地带,建群种为毛蕊杯腺柳(*Salix cupularis*)和鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*)等^[21-22]。

2 研究方法

2.1 植物和粪便的收集

在2008年7—8月,选择岩羊和马鹿集中分布的10个沟系(马莲口、苏峪口、大水沟、小水沟、哈拉乌、古拉本、镇木关、椿树沟、拜寺口、插旗口)沿垂直于等高线方向各设置长度2 000—3 000 m的样线。根据夏季野外岩羊和马鹿粪便干燥和风化程度,沿样线拾捡3 d内的新鲜粪便(颜色较深,表面有湿润光泽,因风化失水较少不易掰开或踩碎。)装在信封里,记录收集时间、地点、生境类型、地理坐标等数据。从一共发现297堆岩羊粪便和305堆马鹿粪便中拾捡粪粒,每个发现的粪堆中取2粒作为分析样本,分别组成20个岩羊和马鹿复合样本,粪便样本冷冻保存。

2004—2008年的7—8月在进行岩羊和马鹿的行为学观察的同时,采集其活动区域的所有植物种类,取每种植物的花、茎、叶、杆,每种植物标本采集2份(相同标识),一份装在牛皮纸信封内,待实验室处理后作为粪便显微组织分析的参照植物样本的标准切片,另一份置于标本夹中,请专家做物种鉴定。

2.2 显微片的制备

将参照植物在60℃烘箱里烘72 h至恒重,用筛孔为1 mm的植物粉碎机粉碎,然后在40—100目分样筛中筛选,取筛上样,用解离液处理制片。

取少量植物粉碎样(约1 g)放入小烧杯中,加10—15 mL解离液(NaClO),放置观察,观察时间根据不同植物硝化速率而定。每间隔3 h用镊子夹取少许悬浮物置于滴有蒸馏水的载玻片上,用滤纸吸掉水分后,在

10 × 10 倍的显微镜下观察,如结构清晰,则将样品转置 200 目分样筛中用水冲去残留解离液,放入 50 ml 烧杯中,用花红番红染色剂染色 30 min。转置分样筛中冲去残留染色剂后加甘油,用加拿大树胶封片。每个植物样本制片 3 张。

粪便制片方法与植物相同,每个复合样本制片 10 张。

2.3 显微片的镜检

每张显微片在放大 100 倍的显微镜下检查 10 个视野,记录每个视野中出现的可辨认植物表皮角质碎片,求出每种植物在岩羊和马鹿复合粪便样本中出现的频率 $F(\%)$,依公式

$$F = 100(1 - e^{-D})$$

转换为每个视野中每种植物可辨认表皮角质碎片的平均密度 D , D 又可转换为相对密度 RD 。

$RD = (\text{每种植物可辨认的表皮角质碎片的密度}) / (\text{各种植物可辨认角质碎片的密度之和}) \times 100\%$ 。

镜检结束后,用放大 100 倍(或 400 倍)的显微数码相机对所有显微片拍照,作为资料保存。

利用 Shannon-Wiener 指数 H' 、均匀度指数 J' 、生态位宽度指数 B 分析岩羊和马鹿在夏季的食物组成多样性^[23],具体公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

Pielou 均匀性指数

$$J' = H' / H_{\max}$$

食物生态位宽度指数

$$B = 1 / \sum P_i^2$$

式中, P_i 代表某植物的碎片数在所有植物碎片总数中的比例, $H_{\max} = \ln S$, S 为粪样中发现的植物种数。

运用 Schoener 食物重叠指数^[24]计算岩羊和马鹿的食物重叠,公式如下:

$$D_{ij} = 1 - 0.5 \left(\sum |P_{ik} - P_{jk}| \right)$$

式中, P_{ik} 、 P_{jk} 分别为岩羊和马鹿共同采食植物在各自取食植物中所占的百分比。 D_{ij} 值介于 0(没有重叠)和 1(完全重叠)之间。

3 结果

3.1 岩羊和马鹿的夏季食物组成

对 10 个沟系的 40 份岩羊和马鹿复合粪便样本利用粪便显微分析法进行镜检,结果表明,贺兰山岩羊在夏季共取食 19 科 35 种(属)植物。针茅(*Stipa* spp.)、早熟禾(*Poa* spp.)、内蒙古邪蒿(*Seseli intramongolicum*)、灰榆、冰草(*Agropyron cristatum*)等植物构成岩羊夏季食物组成的 86.79%,其中针茅为 29.74%,早熟禾为 18.82%,内蒙古邪蒿为 10.30%,针茅是岩羊夏季的大宗食物。贺兰山马鹿在夏季共取食 11 科 18 种(属)植物,小红柳(*Salix microtachya* var. *bordensis*)、山杨、灰榆等乔木构成马鹿夏季食物组成的 89.60%,其中小红柳占 36.26%,山杨占 23.10%,灰榆占 16.84%,青海云杉占 10.08%,小红柳为马鹿夏季的大宗食物(表 1)。岩羊和马鹿共有 9 种食物重叠,分别为灰榆、山杨、酸枣(*Zizyphus jujube* var. *spinosa*)、小叶金露梅、蒙古扁桃、黄刺玫(*Rosa xanthina*)、针茅、苔草(*Carex* spp.)和大黄(*Rheum* spp.), Schoener 食物重叠指数为 65.17%。

3.2 岩羊和马鹿的食物比较

岩羊在夏季采食的众多植物中,草本植物是岩羊的主要食物,占岩羊总采食量的 89.65%。乔木和灌木仅占 8.67% 和 1.68%;马鹿采食的植物中,乔木所占比例高达 89.61%,而草本植物仅占 4.73%(图 1)。

从食物多样性和食物生态位宽度来看,岩羊的 Shannon-Wiener 指数高于马鹿,而马鹿的 Pielou 均匀性指数和食物生态位宽度指数高于岩羊(表 2)。

表 1 贺兰山岩羊和马鹿夏季食物组成

Table 1 Diet composition of blue sheep and red deer during summer in Helan Mountains

科 Family	植物种类 Plant species	F (%)		RD (%)	
		岩羊 Blue sheep	马鹿 Red deer	岩羊 Blue sheep	马鹿 Red deer
麻黄科 Ephedraceae	斑子麻黄 <i>Ephedra rhytidospema</i>	T	—	0.12	—
松科 Pinaceae	青海云杉 <i>Picea crassifolia</i>	—	28.98	—	10.08
	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	—	10.29	—	3.20
杨柳科 Salicaceae	山杨 <i>Populus davidiana</i>	6.46	53.34	0.90	23.10
	小红柳 <i>Salix microtachya</i> var. <i>bordensis</i>	—	70.78	—	36.26
榆科 Ulmaceae	灰榆 <i>Ulmus glaucescens</i>	43.75	43.52	7.76	16.84
蓼科 Polygonaceae	大黄 <i>Rheum</i> spp.	T	1.15	0.05	0.34
藜科 Chenopodiaceae	松叶猪毛菜 <i>Salsola laricifolia</i>	T	—	0.10	—
小蘗科 Berberidaceae	小蘗 <i>Berberis</i> spp.	1.22	—	0.17	—
景天科 Crassulaceae	小丛红景天 <i>Rhodiola dumulosa</i>	—	T	—	0.28
虎耳草科 Saxifragaceae	茶藨子 <i>Ribes</i> spp.	T	—	0.04	—
蔷薇科 Rosaceae	小叶金露梅 <i>Potentilla parvifolia</i>	1.12	8.23	0.15	2.53
	银露梅 <i>Potentilla glabra</i>	—	5.34	—	1.62
	蒙古扁桃 <i>Amygdalus mongolica</i>	T	2.87	0.02	0.86
	黄刺玫 <i>Rosa xanthina</i>	T	1.27	0.00	0.38
	绣线菊 <i>Spiraea</i> spp.	T	—	0.00	—
豆科 Leguminosae	刺叶柄棘豆 <i>Oxytropis aciphylla</i>	2.19	—	0.30	—
	胡枝子 <i>Lespedeza</i> spp.	1.92	—	0.26	—
	锦鸡儿 <i>Caragana</i> spp.	T	—	0.08	—
	黄芪 <i>Astragalus</i> spp.	15.62	—	2.29	—
鼠李科 Rhamnaceae	酸枣 <i>Zizyphus jujube</i> var. <i>spinosa</i>	T	T	0.01	0.12
伞形科 Umbelliferae	内蒙古邪蒿 <i>Seseli intramongolicum</i>	53.42	—	10.3	—
蓝雪科 Plumbaginaceae	补血草 <i>Limonium</i> spp.	T	—	0.01	—
旋花科 Polemoniaceae	刺旋花 <i>Convolvulus tragacanthoides</i>	1.1	—	0.15	—
茜草科 Rubiaceae	内蒙野丁香 <i>Leptodermis ordosica</i>	T	—	0.00	—
	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	1.71	—	0.23	—
忍冬科 Caprifoliaceae	小叶忍冬 <i>Lonicera microphylla</i>	2.1	—	0.29	—
菊科 Compositae	灌木亚菊 <i>Ajania fruticulosa</i>	T	—	0.00	—
	阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	T	—	0.00	—
	蒿 <i>Artemisia</i> spp.	—	5.11	—	1.55
	小红菊 <i>Dendranthemum chanelii</i>	—	3.53	—	1.06
	火绒草 <i>Leontopodium</i> spp.	—	T	—	0.06
禾本科 Gramineae	针茅 <i>Stipa</i> spp.	88.98	3.42	29.74	1.03
	早熟禾 <i>Poa</i> spp.	75.23	—	18.82	—
	冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	42.52	—	7.47	—
	鹅观草 <i>Roegneria</i> spp.	37.73	—	6.39	—
	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	23.13	—	3.55	—
	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	20.81	—	3.15	—
	披碱草 <i>Elymus</i> spp.	2.32	—	0.32	—
	狗尾草 <i>Setaria</i> spp.	T	—	0.00	—
莎草科 Cyperaceae	苔草 <i>Carex</i> spp.	36.12	1.23	6.04	0.36
	嵩草 <i>Kobresia</i> spp.	1.08	—	0.15	—
百合科 Liliaceae	葱 <i>Alliums</i> spp.	8.11	1.13	1.14	0.33

F: 每种植物在岩羊和马鹿粪便样本中出现的频率; RD: 占食物的百分比; T: RD < 1%

4 讨论

4.1 夏季岩羊的食物特征

利用粪便显微分析法获得的结果显示草本植物是岩羊夏季的主要食物(图1),其中针茅、早熟禾、冰草、鹅观草等禾本科草本接近岩羊夏季总食物的70%,其他非禾本科草本也占有较高的比例,而在乔木和灌木中除灰榆外,均占的比例很少(表1、图1)。这研究结果与Liu等^[25]用直接观察法对同一地区岩羊的食性研究是基本一致,而且取食比例也较为接近。然而在本次研究中占较高比例的冰草在直接观察法中却没有记录到,可能由于在直接观察过程中,由于距离岩羊较远,而且禾本科植物比较相似,因此将冰草误记为其他禾本科草本。此外,一些取食比例较少的食物在2种研究方法中得到的结果也有一定差别,本次研究获得的岩羊取食的植物种类也少于直接观察法获得的结果^[25],这与不同的研究方法有关,一些取食较少的或容易消化的植物利用粪便显微分析法很难被发现^[26]。

在青藏高原许多学者对岩羊夏季的食性进行了研究,得到的结果也存在一定的差异,如在青海省野牛沟岩羊取食较多的是莎草科的苔草和嵩草^[27];在西藏自治区羌塘自然保护区岩羊则主要取食与小叶金露梅和银露梅同属的二裂叶委陵菜(*P. bifurca*)、黄芪和棘豆^[18];在印度的 Trans-Himalaya 地区,夏季岩羊取食80%禾本科草本,其中针茅24.1%、披碱草20.7%、羊茅(*Festuca* spp.)17.2%,16%的非禾本科草本和4%的灌木^[28];在尼泊尔的 Mustang 地区夏季岩羊的食物中禾本科草本占51.1%,主要有针茅和披碱草,灌木中主要取食一种金露梅(*P. fruticosa*),占20%左右^[20],而在尼泊尔的 Manang 地区夏季岩羊的食物中禾本科草本占41.5%,主要包括针茅、早熟禾、披碱草和羊茅,此外还取食33.2%的灌木^[29]。通过上述研究可以看出,不同地区分布的岩羊虽然某些取食的植物相似,但也有很大的差别,贺兰山岩羊夏季的食性也是一样,这显然与不同地区的植物种类、分布范围、分布密度不同有密切的关系,表明岩羊具有广谱食性。

4.2 夏季马鹿的食物特征

马鹿广泛分布于欧洲、高加索地区、中亚、西伯利亚南部、蒙古、朝鲜半岛、中国的东北和西北地区、喜马拉雅地区、非洲西北部及北美地区^[30],仅我国就有8个亚种^[31]。夏季贺兰山马鹿共取食18种植物,小红柳、山杨、灰榆等乔木构成马鹿夏季食物组成的89.60%,其中小红柳占36.26%,山杨占23.10%,灰榆占16.84%,青海云杉占10.08%(表1),表明乔木的枝叶是贺兰山马鹿夏季的主要食物。崔多英等^[22]采用与本研究相同的方法报道了贺兰山马鹿冬季的食性,共取食26种(属)植物,其中灰榆(27.37%)、山杨(11.75%)、蒙古扁桃(9.83%)、小叶金露梅(8.12%)、针茅和早熟禾(7.51%)和锦鸡儿(6.52%)是其主要食物。与冬季相比,夏季马鹿取食植物的种类有所减少,这显然不符合北方地区冬季植物资源匮乏,而夏季植物资源极度丰富的事实,产生这一现象的原因与植物的不同生长其细胞的成熟度不同有关。

粪便显微分析法的基本原理是植物角质层留有表皮细胞的印迹。角质碎片通过动物消化道后除大小变化外,仍具有原表皮细胞的模式结构。植物各科、属,甚至种的表皮细胞结构各具特点,因此根据粪便中未被

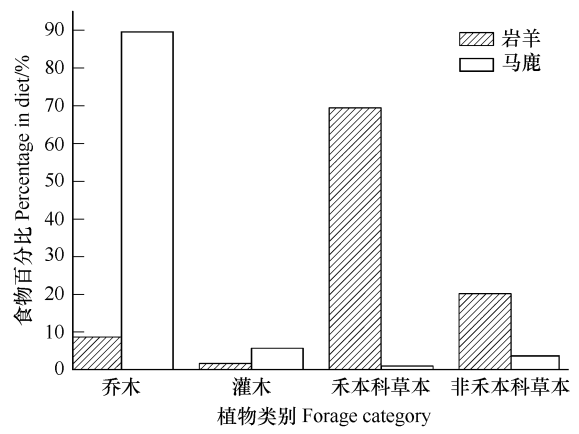


图1 岩羊和马鹿对不同植物类别采食比例的比较
Fig. 1 Relative percentage of forage categories in the diets of blue sheep and red deer

表2 岩羊和马鹿食物多样性指数及生态位宽度的比较
Table 2 Food diversity index and niche breadth of blue sheep and red deer

	岩羊 Blue sheep	马鹿 Red deer
食物种类 Species	35	18
H'	2.79	2.64
H_{max}	3.56	2.89
J'	0.78	0.91
B	4.49	4.74

消化的角质碎片的细胞结构,可鉴定动物取食的植物种类^[5,32]。粪便显微分析法是基于粪便中可辨认植物碎片来确定食物的组成,但在实际研究中不同植物的消化率存在种间差异,不同植物种的角质碎片的不同辨认率和不同碎裂程度也存在种间差异,导致一些较嫩的、消化率高的植物被低估,甚至无法检测到。此外,由于不同的季节马鹿食物的丰富度不同,因此贺兰山马鹿夏季和冬季取食植物的种类不同可能也与不同季节迁徙区域食物丰富度以及不同季节营养对策有关。

夏季灰榆和山杨依然是马鹿主要取食的植物,但是小红柳却成为马鹿的大宗食物,这与冬季存在很大差别。在贺兰山马鹿存在季节性迁移现象,夏季在高海拔地区活动而冬季则在低海拔地区活动^[13,33],由于小红柳主要分布在高海拔地区,所以当冬季马鹿迁移到低海拔地区时其食物中没有小红柳,而当夏季马鹿回到高海拔地区时,小红柳就成为其主要取食的植物大宗食物。

国内对马鹿食性的研究主要集中在对东北马鹿(*C. e. xanthopygus*)的研究,如在带岭地区冬季其取食的木本植物的枝条占98.8%,主要由杨、桦(*Betula* spp.)、柳和紫椴(*Tilia amurensis*)构成^[34];而在迎春地区其取食木本植物的枝条占82.09%,主要由榆、紫椴、榛(*Corylus mandshurica*)、暴马丁香(*Syringa amurensis*)、杨和黄檗(*Phellodendron amurense*)组成^[35];在夏季野生东北马鹿主要取食木本植物的叶以及杂草,枝条的比例仅占11.31%^[36];而在圈养条件下,通过饲喂试验夏季马鹿取食26科85种植物,与野外研究获得的结果存在很大差异^[37]。由于地区分布区的差异,贺兰山马鹿取食植物的种类与东北马鹿存在较大的差异,但也存在一个相同点,即木本植物是马鹿的主要食物。

4.3 夏季岩羊和马鹿的食物重叠

马鹿夏季分布在高海拔地区,但是由于岩羊是贺兰山的优势物种,所以从海拔1 400 m的山地草原带开始一直到海拔3 000 m的亚高山灌丛和草甸带均有岩羊的分布,因此比较岩羊和马鹿夏季的食物重叠有重要的意义。虽然同域分布的岩羊和马鹿在夏季有9种食物重叠,Schoener食物重叠指数也达到了65.17%,显示出岩羊和马鹿的食物存在较大程度的重叠,但除灰榆外,其他食物均重叠的较少(表1)。在夏季岩羊主要取食草本植物(89.65%),而马鹿主要取食乔木的枝、叶(89.61%)(图1),表明岩羊和马鹿取食的植物存在很大的差异。这一结果验证了预测,即在食物丰富的夏季同域分布的岩羊和马鹿的食物虽然有一定的重叠,但也有许多食物是不同的。造成岩羊和马鹿食物选择差异的最大原因,可能与夏季岩羊和马鹿活动的生境不同有关,夏季岩羊偏好的取食地位于海拔高度1 600—2 000 m的山地疏林草原带,地形为平滑起伏的坡、明显断裂的坡和悬崖,以灰榆和山杨为优势乔木或无树,乔木矮小稀疏且距离远,接近低矮但密度较大的灌木,食物较多,位于<30°和>35°半阴半阳坡的下坡位,且接近水源^[38];马鹿主要分布于贺兰山中段海拔2 000 m以上的地带,偏好栖息山地针叶林、亚高山灌丛和草甸带,在山地疏林草原带分布较少^[13,33],正是这种不同生境类型内植物种类的不同导致了岩羊和马鹿夏季的食性较大差异。

同域分布物种的生态位格局体现为一种相互补偿机制,如果物种之间以一种相似的方式利用同种资源时,经常会在利用其它资源时表现出明显的差别,反映在食物、空间和时间资源上^[24,39-40]。对贺兰山同域分布岩羊和马鹿夏季食性的研究结果显示,二者在食物资源的利用上也存在这种补偿机制,那么在其他季节岩羊和马鹿在食物资源选择上是否也存在补偿机制,在空间和时间资源上岩羊和马鹿又体现出怎样的相互补偿机制,还需进一步研究。

References:

- [1] Waller D M, Alverson W S. The white-tailed deer: a keystone herbivore. *Wildlife Society Bulletin*, 1997, 25 (2): 217-226.
- [2] Schoener T W. The controversy over interspecific competition. *American Scientist*, 1982, 70 (6): 586-595.
- [3] Gordon I J, Illius A W. Resource partitioning by ungulates on the Isle of Rhum. *Oecologia*, 1989, 79 (3): 383-389.
- [4] Spencer L M. Morphological correlates of dietary resource partitioning in the African Bovidae. *Journal of Mammalogy*, 1995, 76 (2): 448-471.
- [5] Zheng R Q, Bao Y X. Study methods and procedures for ungulate food habits. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (7): 1532-1539.
- [6] McCullough D R. Density dependence and life-history strategies of ungulates. *Journal of Mammalogy*, 1999, 80 (4): 1130-1146.

- [7] Stearns S C. The Evolution of Life Histories. New York: Oxford University Press, 1992: 12-58.
- [8] McShea W J, Rappole J H. White-tailed deer as keystone species within forested habitats in Virginia. *Virginia Journal of Science*, 1992, 43 (1B): 177-186.
- [9] Paine R T. Phycology for the mammalogist: marine rocky shores and mammal-dominated communities: how different are the structuring processes? *Journal of Mammalogy*, 2000, 81 (3): 637-648.
- [10] Rooney T P. Deer impacts on forest ecosystems: a North American perspective. *Forestry*, 2001, 74 (3): 201-208.
- [11] Rooney T P, Waller D M. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 2003, 181 (1/2): 165-176.
- [12] Wang X M, Liu Z X, Xu H F, Li M, Li Y G. The blue sheep population ecology and its conservation in Helan Mountain, China. *Biodiversity Science*, 1998, 6 (1): 1-5.
- [13] Wang X M, Li M, Tang S X, Liu Z X, Li Y G, Sheng H L. The study of resource and conservation of artiodactyls in Helan Mountain. *Chinese Journal of Zoology*, 1999, 34 (5): 26-29.
- [14] Sheng H L. The Deer in China. Shanghai: East China Normal University Press, 1992: 215.
- [15] Li M, Wang X M, Sheng H L, Tamate H, Masuda R, Nagata J, Ohtaishi N. Origin and genetic diversity of four subspecies of red deer (*Cervus elaphus*). *Zoological Research*, 1998, 19 (3): 177-183.
- [16] Zhang X L, Li Z G, Lu H J, Guo H L. Studies on ecological habits and population dynamics of Ningxia red deer. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology (suppl.)*, 1999, 22-27.
- [17] Hofmann R R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 1989, 78 (4): 443-457.
- [18] Schaller, G. B. Wildlife of the Tibetan Steppe. Chicago: University of Chicago Press, 1998: 189-222.
- [19] Mishra C, Van Wieren S E, Ketner P, Heitkönig I M A, Prins H H T. Competition between domestic livestock and wild bharal *Pseudois nayaur* in the Indian Trans-Himalaya. *Journal of Applied Ecology*, 2004, 41 (2): 344-354.
- [20] Shrestha R, Wegge P, Koirala R A. Summer diets of wild and domestic ungulates in Nepal Himalaya. *Journal of Zoology*, 2005, 266 (1): 111-119.
- [21] Di W Z. Plantae vasculares Helan Mountain. Xi'an: Northwestern University Press, 1987: 2-11.
- [22] Cui D Y, Liu Z S, Wang X M, Zhai H, Hu T H, Li Z G. Winter food-habits of red deer in Helan Mountains, China. *Zoological Research*, 2007, 28 (4): 383-388.
- [23] Li Z Q, Jiang Z G. Diet analysis for Tibetan gazelle (*Procapra picticaudata*) in Tianjun area, Qinghai province, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2007, 27 (1): 64-67.
- [24] Schoener T W. The anolis lizards of bimini: resource partitioning in a complex fauna. *Ecology*, 1968, 49 (4): 704-726.
- [25] Liu Z S, Wang X M, Teng L W, Cao L R. Food habits of blue sheep, *Pseudois nayaur* in the Helan Mountains, China. *Folia Zoologica*, 2007, 56 (1): 13-22.
- [26] Gao Z X, Chen H P, Wang X P. Evaluation of fecal analysis for determining food habits of herbivores. *Acta Theriologica Sinica*, 1999, 11 (3): 186-193.
- [27] Harris R B, Miller D J. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan Plateau ungulates. *Mammalia*, 1995, 59 (2): 197-212.
- [28] Mishra C, Van Wieren S E, Ketner P, Heitkönig I M A, Prins H H T. Competition between domestic livestock and wild bharal *Pseudois nayaur* in the Indian Trans-Himalaya. *Journal of Applied Ecology*, 2004, 41 (2): 344-354.
- [29] Shrestha R, Wegge P. Wild sheep and livestock in Nepal Trans-Himalaya: coexistence or competition? *Environmental Conservation*, 2008, 35 (2): 125-136.
- [30] Nowak R M. Walker's Mammals of the World. 6th ed. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1999: 1110-1113.
- [31] Wang Y X. A Complete Checklist of Mammal Species and Subspecies in China a Taxonomic and Geographic Reference. Beijing: Chinese Forestry Press, 2003: 125-126.
- [32] Chen H P. Evaluation on research methods of ungulates diets. *Chinese Journal of Zoology*, 1991, 26 (2): 40-41, 64.
- [33] Luo Y, Zhang M M, Liu Z S, Li Z G, Hu T H, Zhai H. Winter and Spring Habitat Selection of Red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (5): 2757-2763.
- [34] Chen H P, Xiao Q Z. Winter food-habits of red deer in Dailing. *Acta Theriologica Sinica*, 1989, 9 (1): 8-15.
- [35] Li Y K, Zhang M H. Food-habits of red deer in winter in Wanda Mountain forest region. *Journal of Northeast Forestry University*, 2005, 33 (3): 104-105.
- [36] Li J C, Yan T F. Food habits and harm to young forest of wild red deer. *Chinese Journal of Zoology*, 1989, 24 (3): 34-36.

- [37] Zhu Y Q, Xu Y H. Observation on food habits of captive red deer in summer. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 1990, (2): 9-12.
- [38] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y. Summer feeding and bedding habitat selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28 (9): 4277-4285.
- [39] Pinaka E R. Competition and niche theory// May R M, eds. *Theoretical Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1976: 23-46.
- [40] Bagchi S, Goyal S P, Sankar K. Niche relationships of an ungulate assemblage in a dry tropical forest. *Journal of Mammalogy*, 2003, 84(3): 981-988.

参考文献:

- [5] 郑荣泉, 鲍毅新. 有蹄类食性研究方法及其研究进展. *生态学报*, 2004, 24 (7): 1532-1539.
- [12] 王小明, 刘志霄, 徐宏发, 李明, 李元广. 贺兰山岩羊种群生态及保护. *生物多样性*, 1998, 6 (1): 1-5.
- [13] 王小明, 李明, 唐绍祥, 刘志霄, 李元广, 盛和林. 贺兰山偶蹄类动物资源及保护现状研究. *动物学杂志*, 1999, 34 (5): 26-29.
- [14] 盛和林. *中国鹿类动物*. 上海: 华东师范大学出版社, 1992: 215.
- [15] 李明, 王小明, 盛和林, 玉手英利, 增田隆一, 永田纯子, 大森司纪之. 马鹿四个亚种的起源和遗传分化研究. *动物学研究*, 1998, 19 (3): 177-183.
- [16] 张显理, 李志刚, 吕海军, 郭宏玲. 宁夏马鹿的生态习性与种群动态研究. *宁夏农林科技(增刊)*, 1999, 22-27.
- [21] 狄维忠. *贺兰山维管植物*. 西安: 西北大学出版社, 1987: 2-11.
- [22] 崔多英, 刘振生, 王小明, 翟昊, 胡天华, 李志刚. 贺兰山马鹿冬季食性分析. *动物学研究*, 2007, 28 (4): 383-388.
- [23] 李忠秋, 蒋志刚. 青海省天峻地区藏原羚的食性分析. *兽类学报*, 2007, 27 (1): 64-67.
- [26] 高中信, 陈化鹏, 王筱平. 粪便分析法测定植食动物食性的评价. *兽类学报*, 1999, 11 (3): 186-193.
- [31] 王应祥. *中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全*. 北京: 中国林业出版社, 2003: 125-126.
- [32] 陈化鹏. 有蹄类食性研究方法的评价. *动物学杂志*, 1991, 26 (2): 40-41, 64.
- [33] 骆颖, 张明明, 刘振生, 李志刚, 胡天华, 翟昊. 贺兰山马鹿冬春季对生境的选择. *生态学报*, 2009, 29 (5): 2757-2763.
- [34] 陈化鹏, 萧前柱. 带岭林区马鹿冬季食性研究. *兽类学报*, 1989, 9 (1): 8-15.
- [35] 李言阔, 张明海. 完达山林区马鹿的冬季食性. *东北林业大学学报*, 2005, 33 (3): 104-105.
- [36] 李继承, 颜廷峰. 林区野生马鹿食性与危害幼林的分析. *动物学杂志*, 1989, 24 (3): 34-36.
- [37] 朱永勤, 徐艳华. 公园圈养马鹿夏季食性观察. *特产研究*, 1990, (2): 9-12.
- [38] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)夏季取食和卧息生境选择. *生态学报*, 2008, 28 (9): 4277-4285.