

青海门源地区大鸮和雕鸮的食性比较*

崔庆虎 连新明 张同作 苏建平**

(中国科学院西北高原生物研究所 西宁 810001)

摘要: 1999~2002年的6~8月份,在青海门源地区收集了大鸮和雕鸮的吐弃块(pellets)和残留食物(food remains),带回实验室进行分检鉴定、研究分析。大鸮食物中共有736个猎物,其中高原鼯鼠28只、高原鼠兔139只、甘肃鼠兔142只、田鼠科动物422只、雀形目鸟类4只、香鼬1只;各猎物对大鸮食物的生物量贡献率分别为14.26%、40.79%、17.39%、26.99%、0.22%、0.35%。雕鸮食物中共有330个猎物,其中高原鼯鼠17只、高原鼠兔77只、甘肃鼠兔44只、田鼠科动物183只、雀形目鸟类2只、红脚鹬2只、高原兔5只;各猎物对雕鸮食物的生物量贡献率分别为11.83%、30.87%、7.36%、16.00%、0.15%、0.62%、33.17%。雕鸮的食物生态位宽度与大鸮的食物生态位宽度相近,食物生态位高度重叠,但是它们捕食同种猎物的比例显著不同。

关键词: 大鸮;雕鸮;食性比较

中图分类号: Q958.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2003)06-57-07

Food Habits Comparison between *Buteo hemilasius* and *Bubo bubo*

CUI Qing-Hu LIAN Xin-Ming ZHANG Tong-Zuo SU Jian-Ping

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract: The pellets and food remains of *Buteo hemilasius* and *Bubo bubo* were collected from June to August during the period of 1999 - 2002 in the region of Menyuan County, Qinghai Province. *Buteo hemilasius* diet consisted of 28 plateau zokors, 139 plateau pikas, 142 Gansu pikas, 422 voles, 4 Passeriforms and 1 weasel. The biomass contributions of those preys to *Buteo hemilasius* diet were 14.26%, 40.79%, 17.39%, 26.99%, 0.22%, and 0.35%, respectively. *Bubo bubo* diet comprised 17 plateau zokors, 77 plateau pikas, 44 Gansu pikas, 183 voles, 2 passeriforms, 2 redshank and 5 hares. The biomass contributions of those preys to *Bubo bubo* diet were 11.83%, 30.87%, 7.36%, 16.00%, 0.15%, 0.62% and 33.17%, respectively. The food niche breadth indexes of *Buteo hemilasius* and *Bubo bubo* were similar (FNB were 1.606 and 1.751 respectively). Their diets overlap index was 0.92. But, the percentage of dietary composition of *Buteo hemilasius* and *Bubo bubo* was different significantly (Pearson Chi-Square Test, $P = 0.001 < 0.01$; Likelihood Ratio Chi-Square Test, $P = 0.001 < 0.01$).

Key words: *Buteo hemilasius*; *Bubo bubo*; Food habits comparison

* 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目“青藏高原草地鼠害的生态治理”;

** 通讯联系人, E-mail: jpsu@mail.nwipb.ac.cn;

第一作者介绍 崔庆虎,男,27岁,硕士研究生;主要从事动物生态学和保护生物学研究。

收稿日期:2003-01-05,修回日期:2003-08-28

大鸮 (*Buteo hemilasius*) 和雕鸮 (*Bubo bubo*) 分别为隼形目和鸮形目鸟类, 均为国家二级重点保护动物, 在自然生态系统食物链中为顶端营养级, 对生态系统平衡与稳定的维持起着十分重要的作用。20 世纪 80 年代以来, 国内对猛禽的研究大多集中于种类数量调查、迁徙规律和繁殖习性的研究, 对猛禽食性的研究很少, 如红隼 (*Falco tinnunculus*)^[1]、纵纹腹小鸮 (*Athene noctua*)^[2] 和长耳鸮 (*Asio otus*)^[3,4] 食性的研究, 涉及大鸮和雕鸮食性的研究仅见江明道^[5] 和牛红星等^[6] 的报道。国外对猛禽食性的研究较多, 或分析单种猛禽的食性^[7-9,10], 或比较多种猛禽的食性^[11,12], 然而, 对大鸮和雕鸮食性的专门研究未见报道。为此, 作者于 1999~2002 年的 6~8 月, 在青海门源地区进行野外调查, 并收集了大鸮和雕鸮的吐弃块和残留食物, 带回实验室进行分析研究。

1 研究地区自然概况

研究材料是在青海门源地区收集。该地区地处北纬 37°29' ~ 37°45', 东经 101°12' ~ 101°33', 海拔约 3 200 m。研究地区主要的植被类型为矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸和金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛, 研究地区还有众多的电线杆和围栏。研究地区单子叶植物以矮嵩草、异针茅 (*Stipa aliena*)、垂穗披针草 (*Elymus nutans*)、小嵩草 (*K. pygmaea*)、早熟禾 (*Poa* spp.)、苔草 (*Carex* spp.) 为主, 双子叶植物以鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*)、雪白委陵菜 (*P. nivea*)、二裂委陵菜 (*P. bifurca*)、细叶亚菊 (*Ajania tenuifolia*)、矮火绒草 (*Leontopodium nanum*)、萼果香薷 (*Elsholtzia calycocarpa*)、摩岭草 (*Morina chinensis*)、大通风毛菊 (*Saussurea katochaete*) 等最为常见。分布于研究地区的小哺乳动物有藏仓鼠 (*Cricetulus kamensis*)、长尾仓鼠 (*C. longicaudatus*)、灰仓鼠 (*C. migratorius*)、高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*)、根田鼠 (*Microtus oeconomus*)、松田鼠 (*Pitymys irene*)、甘肃鼠兔 (*Ochotona cansus*)、托氏鼠兔 (*O. thomasi*)、高原鼠兔 (*O. curzoniae*)、高原兔 (*Lepus oiostolus*)、喜

马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*) 等, 其中藏仓鼠、长尾仓鼠、灰仓鼠、松田鼠、托氏鼠兔较为罕见。分布于研究地区的兽类捕食者有香鼬 (*Mustela altaica*)、艾虎 (*M. eversmanni*)、狼 (*Canis lupus*)、赤狐 (*Vulpes vulpes*) 及藏狐 (*V. ferrilata*) 等。分布于研究地区的常见鸟类除大鸮和雕鸮外还有红隼、纵纹腹小鸮、小云雀 (*Alauda gulgula*)、角百灵 (*Eremophila alpestris*)、黄头鹡鸰 (*Motacilla citreola*)、红嘴山鸦 (*Pyrhacorax pyrrhacorax*) 等。

2 材料与方 法

2.1 材料的收集与处理

猛禽食性研究或用吐弃块^[7,14], 或用残留食物^[12], 或把吐弃块和残留食物结合起来进行分析^[10]。只用吐弃块进行猛禽食性分析, 可能会产生偏差, 因为有些猎物被捕获了, 但没有被取食^[7]; 有些猎物被捕获了, 也被取食了, 但只是取食了一部分; 况且, 在一定的鉴定条件下, 不同猎物的骨骼在捕食者吐弃块中再现的几率也不同^[14]。同样, 只用残留食物的数据也可能产生偏差。为避免偏差, 本研究把吐弃块和残留食物结合起来分析大鸮和雕鸮的食性。

1999~2002 年的 6~8 月份在大鸮和雕鸮的栖息地收集它们的吐弃块和残留食物。大鸮的吐弃块和残留食物收集于电线杆下方和土围栏、铁丝围栏处, 雕鸮的吐弃块和残留食物收集于雕鸮鸟巢下方的悬崖处。研究地区分布的猛禽有雕鸮、大鸮、红隼和纵纹腹小鸮, 它们的吐弃块大致呈圆柱形, 其大小(长度×直径)分别为 12.4(14.2~10.6)×4.9(4.0~5.8) cm、7.1(5.6~8.6)×3.3(2.7~3.9) cm、4.1(3.7~4.6)×1.2(0.8~1.4) cm 和 2.8(2.5~3.3)×0.9(0.7~1.1) cm, 与 4 种鸟成体体型的大小趋势一致, 用肉眼就能轻易区分。把收集到的吐弃块和残留食物装入信封, 并标明采集的时间和地点, 带回实验室处理。先依据外部形态特征把残留食物鉴定到种, 记录猎物的种类和个数。让吐弃块自然晾干、潮解, 让其自行松散, 用镊子把其中具有鉴别特征的骨骼、羽毛、喙等分拣

出来,小型哺乳类主要是依据头骨、上下颌的齿式特征进行鉴定^[2],鸟类主要依据喙、羽毛等特征进行鉴定。由于田鼠科动物的头骨难以鉴定到种,所以把根田鼠、松田鼠归为一类称为田鼠科动物。雀形目鸟类也很难鉴定到种,也把它们单独归成了一类。把吐弃块和残留食物中得到的猎物种类及其个数结合起来进行数据分析。

2.2 猎物平均体重及其对猛禽食物生物量贡献率 依据《青海经济动物志》^[13]中各个物种所有记录样本的体重计算各个物种的平均体重(表1)。猎物的平均体重的计算方法为:平均体重 = 1/2(雌性平均体重 + 雄性平均体重)。

表1 猎物平均体重表*

猎物	n	体重范围 (g)	平均体重 (g)
高原鼫鼠 <i>Myospalax baileyi</i>	129	137 ~ 490	267.4
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	140	118.5 ~ 188.3	154.1
甘肃鼠兔 <i>Ochotona cansus</i>	50	50 ~ 99	64.3
田鼠科动物* Arvicolidae	10	26 ~ 54.5	33.6
雀形目鸟类 Passeriforms			
小云雀 <i>Alauda gulgula</i>	15	24 ~ 40	
角百灵 <i>Eremophila alpestris</i>	34	24 ~ 39	29.05
黄头鹌鹑 <i>Motacilla citreola</i>	8	20 ~ 25	
红脚鹬 <i>Tringa totanus</i>	20	90 ~ 150	119.8
香鼬 <i>Mustela altaica</i>	12	110 ~ 280	183.75
高原兔 <i>Lepus oiostolus</i>	12	2 020 ~ 3 400	2 549.45

* 数据来源于中国科学院西北高原生物研究所(1989)编著的《青海经济动物志》; # 表示用根田鼠数据代替田鼠科动物的数据,原因见本文

2.3 数据分析与处理 食物生态位宽度(food niche breadth, FNB)采用香农-威纳多样性指数^[15]来计算,公式按:

$$FNB = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

这里, s 为猎物的种类, P_i 为猎物 i 的个数在捕食者食物中所占的百分比。FNB 值越大,表明捕食者的食物生态位就越宽。

大鸺和雕鸮食物生态位重叠(diet overlap index)应用测量比例重叠的生态位重叠指数^[12]来计算,公式按:

$$C_{ih} = 1 - \frac{1}{2} \sum |N_{ij}/N_i - N_{ij}/N_h| \quad (2)$$

猛禽吐弃块中的小型鸟类主要为雀形目鸟类,很难鉴定到种,所以用数量较为丰富的角百灵、小云雀和黄头鹌鹑的平均体重来代替雀形目鸟类的平均体重。同样田鼠科动物也很难鉴定到种,又由于在研究地区根田鼠数量丰富,而松田鼠数量很少^[13],所以用根田鼠的平均体重来代替田鼠科动物的平均体重。某类猎物对一种猛禽食物的生物量贡献为该猎物在这种猛禽食物中出现的个数与该猎物平均体重的乘积,该类猎物对这种猛禽食物的生物量贡献率也就是该类猎物的生物量贡献占该种猛禽所有猎物生物量贡献总和的百分率。

这里, C_{ih} 为 i 物种和 h 物种的生态位重叠指数, N_{ij} 为 j 资源在 i 物种资源谱中出现的等级值, N_i 为 i 物种资源谱的总等级值, N_{jh} 为 j 资源在 h 物种资源谱中出现的等级值, N_h 为 h 物种资源谱的总等级值。生态位重叠指数的范围为 0 ~ 1; 0 表示完全不重叠; 1 表示完全重叠。

用 SPSS for windows 11.0 软件进行捕食者-猎物列联表分析。

3 结果

3.1 猎物个数在猛禽食物中的状况 材料中共鉴定出 1 066 个猎物(表 2),大鸺材料中有 736 个猎物,雕鸮材料中有 330 个猎物。高原鼫

鼠、雀形目鸟类、红脚鹬、香鼬和高原兔在两猛禽食物中出现的频率较低,不足 10%;高原鼠兔、甘肃鼠兔和田鼠科动物为两猛禽的主要食物,分别占其食物总数量的 95.2% 和 92.11% (图 1), 其中田鼠科动物分别以 57.34% 和 55.45% 的绝对优势在大鸺和雕鸮的食物成分中占据首要位置。

从图 1 可以看出,大鸺和雕鸮的食物还是有差别,红脚鹬和高原兔没有出现于大鸺的食物中,香鼬没有出现于雕鸮的食物中;不同猎物在大鸺和雕鸮食物中出现的比例趋势也是有差别的,主要食物类型在两种猛禽食物中出现的百分率也不同。

表 2 猎物的个数及其百分率以及对猛禽食物的生物量贡献率

猎物	大鸺			雕鸮		
	个数(n)	百分率(%)		个数(n)	百分率(%)	
		占总个数	占总生物量		占总个数	占总生物量
高原鼯鼠	28	3.8	14.26	17	5.15	11.83
高原鼠兔	139	18.89	40.79	77	23.33	30.87
甘肃鼠兔	142	19.29	17.39	44	13.33	7.36
田鼠科动物	422	57.34	26.99	183	55.45	16
雀形目鸟类	4	0.54	0.22	2	0.61	0.15
红脚鹬	0	0	0	2	0.61	0.62
香鼬	1	0.14	0.35	0	0	0
高原兔	0	0	0	5	1.52	33.17
总计	736	100	100	330	100	100

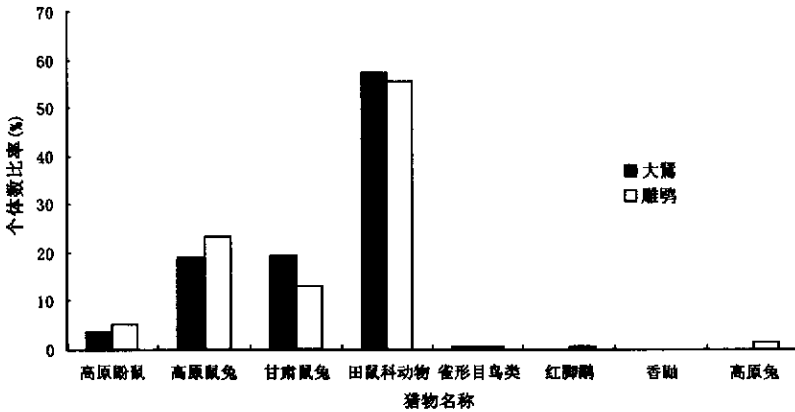


图 1 猎物个数在猛禽食物中出现的百分率

3.2 两种猛禽的食物生态位宽度和食物生态位重叠 由公式(1)计算,大鸺的食物生态位宽度(FNB)为 1.606,雕鸮的食物生态位宽度(FNB)为 1.751。由公式(2)计算,大鸺和雕鸮的食物生态位重叠指数为: $C_{(大鸺,雕鸮)} = 0.92$ 。两猛禽捕食的猎物类型相似,均以小哺乳动物为主要食物,尤其是主要食物资源相同(表 2, 图 1),表现为两猛禽的食物生态位宽度相近,

食物生态位高度重叠。

3.3 猎物对猛禽食物的生物量贡献率 把猎物个数转换成猎物生物量贡献率进行对比(图 2)。体重较小的甘肃鼠兔、田鼠科动物和雀形目鸟类的生物量贡献率在猛禽食物中都有不同程度的下降,而体重较大的高原鼯鼠、高原鼠兔、红脚鹬、香鼬和高原兔的生物量贡献率在猛禽食物中均有不同程度的上升。但雀形目鸟

类、红脚鹬和香鼬由于数量较少,它们对猛禽食物的生物量贡献率依然较低。田鼠科动物和甘肃鼠兔凭借其数量优势而对猛禽食物的生物量贡献率依然较高。高原鼯鼠和高原兔平均体重较大,也成为猛禽食物主要的生物量贡献者。猛禽食物构成格局发生了明显变化,已不再只

是高原鼠兔、甘肃鼠兔和田鼠科动物构成猛禽食物的绝大部分,这三类猎物 and 高原鼯鼠一起对大鸺食物的生物量贡献率为 99.43%,和高原鼯鼠、高原兔一道对雕鹫食物的生物量贡献率为 99.23%。

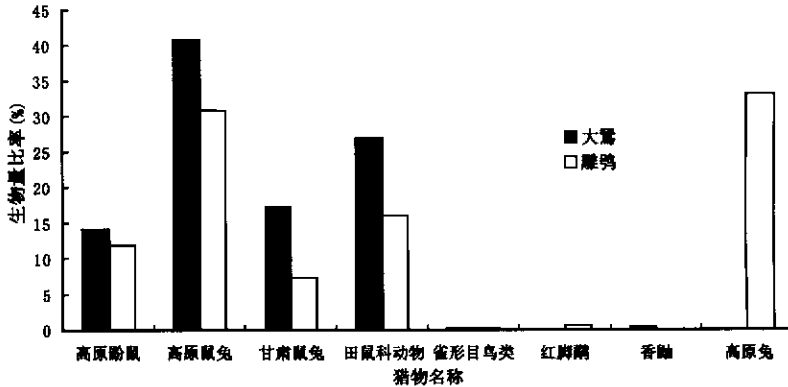


图 2 猎物对猛禽食物的生物量贡献率

3.3 猛禽对猎物选择性捕食差异 列联表分析结果(表 3)显示,捕食者与猎物之间并非独立,这意味着大鸺和雕鹫捕食同种猎物的比例是不同的,其差异达到了极显著水平;捕食者与猎物比例不存在线性关联。因此,虽然两猛禽主要食物类型相同,食物生态位宽度相差不大,且高度重叠,但两猛禽对同种猎物的选择性仍有差异。

表 3 捕食者-猎物列联表分析卡方检验结果

	统计量	自由度	显著水平(双侧)
皮尔逊 χ^2	24.061	7	0.001
似然比 χ^2	25.306	7	0.001
线性关联度	0.000	1	0.994
样本数	1066		

4 讨论

4.1 两猛禽食物组成的共同点 影响猛禽食物成分的因素之一是可获得猎物的种类及其丰富度^[8-11,16]。一般说来,猛禽栖息环境中分布的猎物种类才有可能出现于猛禽的食物中,数量较为丰富的猎物种类才有可能在猛禽食物中出现较高的频率。刘季科等^[17]和夏武平等^[18]

的研究表明,工作地区的优势小哺乳动物为高原鼠兔、甘肃鼠兔和根田鼠。由于放牧制度改变等原因,据野外观测在研究期间根田鼠已成为数量最为丰富的小哺乳动物,所以以根田鼠为主的田鼠科动物在大鸺和雕鹫食物中出现的频率最高,均超过了 50%,与高原鼠兔和甘肃鼠兔共同构成了大鸺和雕鹫的主要食物。捕捉等人为活动对高原鼯鼠种群的影响较大,其密度较低,况且高原鼯鼠为地下鼠类,很少出地面活动^①,所以在两猛禽食物中出现的频率均较低。通常情况下丰富度高的猎物在捕食者食物中出现的频率也高,但猎物在捕食者食物中出现的比例不同于猎物在环境中的实际比例^[7,14]。雀形目鸟类在研究期间虽然数量丰富,但在猛禽食物中出现的频率却较低,可能是因为雀形目鸟类体型较小,活动敏捷,不易被捕获。Petty 等^[12]研究也表明,数量丰富但行动敏捷的金翅雀在猛禽食物中出现的频率相对较低。上述猎物也是研究地区的常见种或优势种,所以它们均出现于两猛禽的食物中。

① 张堰铭.高原鼯鼠在高寒草甸生态系统中的作用.中科院西北高原生物研究所博士论文,2000.

猛禽及其猎物的活动节律也影响猛禽的食物构成,只有活动时间和猛禽活动时间重叠或部分重叠的猎物才有可能出现于猛禽的食物中。大鸮为昼行性鸟类,雕鸮为夜行性鸟类,在晨昏时间也活动。高原鼯鼠为昼夜活动动物^[19]。高原鼠兔以昼间活动为主,在夜间也有活动,而且在破晓前活动频率仍较高^[19,20]。据野外观察,甘肃鼠兔和高原鼠兔的活动节律相似。根田鼠也为昼夜活动动物^[19]。这些猎物的活动时间与两猛禽的活动时间都有不同程度的重叠,所以它们均出现于两猛禽的食物中。

总之,同域分布的大鸮和雕鸮拥有同样的可获得猎物类型及其丰富度,猎物活动时间与大鸮和雕鸮活动时间不同程度的重叠使得它们有机会捕食相同的猎物类型,这是两猛禽食物生态位宽度相近、食物生态位高度重叠的原因。

4.2 两猛禽食物组成的差异 猛禽的身体大小和捕食方式以及猛禽与猎物所处的栖息地都影响着猛禽的捕食^[7-21]。捕食者-猎物系统是长期协同进化的产物,为追求适合度最大化,彼此都有一系列形态、生理和行为上的适应性特征^[15]。雕鸮的体型和体重都要比大鸮大些,雕鸮主要以俯冲的方式捕食猎物,这是一种以速度取胜的捕获方式,而大鸮常主要以“坐而等”(sit-and-wait)的方式进行捕食,从某种程度上说这是一种“偷袭”的捕获方式。栖息地的植被结构影响着捕食者对猎物的探测和捕获,也影响着猎物对捕食者的探测和逃避^[21,22]。高原鼠兔喜栖植被低矮的开阔栖息地,而甘肃鼠兔喜栖灌丛和禾本科植物占优势的郁闭栖息地^①。据野外观察,大鸮捕捉猎物时,常常是先落在电线杆或围栏上,观察好猎物的位置,然后轻轻地落在猎物的洞口,进行捕食。所以对于大鸮而言,在开阔栖息地和在郁闭栖息地中其捕食方式的难易程度没有多大的差别,表现为选择开阔栖息地的高原鼠兔和选择郁闭栖息地的甘肃鼠兔在大鸮食物中出现的频率相近(分别为18.89%和19.29%)。对于雕鸮而言,在郁闭栖息地中视野受限制,发现猎物的难度增加,再加上灌丛等障碍物的影响,又增加了捕捉猎物的

难度,所以在郁闭栖息地中俯冲式的捕捉方式就难以发挥速度优势。因此,选择郁闭栖息地的甘肃鼠兔比选择开阔栖息地的高原鼠兔在雕鸮食物中出现的频率低得多(分别为13.33%和23.33%)。

猎物的身体大小和机动性也影响猛禽的食物构成^[23]。在同一类动物中,体重越大,相对奔跑能力也越大,被捕杀的机会就越小^[24]。身体机动性越大的猎物被捕食者捕杀的机会越小。对于以夜间活动为主的高原兔而言,即使它在白天被大鸮追捕,它的身体大小和机动性对于大鸮而言,其捕食成功率也非常低,所以高原兔没有出现在大鸮的食物中。以昼间活动为主的香鼬^[25],行动非常敏捷,其机动性对于大鸮和雕鸮而言是很难追捕到的,香鼬之所以出现于大鸮的食物中,可能是偶食的或残病个体等。

总之,猛禽的身体大小和捕食方式、猎物的身体大小和机动性以及它们所处的栖息地都使得两猛禽在捕食具体猎物种类时更有选择性,这正是捕食者-猎物列联表分析的结果:两猛禽捕食同种猎物的比例显著不同。

大鸮和雕鸮栖息于相同的环境,食物生态位宽度相近,食物生态位高度重叠,它们之间应该有着激烈的竞争,但是,两猛禽捕食时间和捕食方式等差异,以及猎物活动时间和栖息地利用方式等差异,使得两猛禽的生态位有一定程度的分化,共存于生态系统之中。

致谢 中国科学院动物研究所雷富民研究员提供文献,中国科学院西北高原生物研究所张晓爱研究员鉴定部分标本,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 常家传. 红隼生态观察. 动物学杂志, 1988, 23(1): 20-22.
- [2] 雷富民. 陕西岐山地区纵纹腹小鸮的食性研究. 武夷科学, 1995, 12: 136-142.

① 苏建平. 高原鼠兔和甘肃鼠兔栖息地选择的比较研究. 中国科学院西北高原生物研究所博士论文. 2001.

- [3] 张健旭,曹玉萍.长耳鸮越冬期的习性、数量和食性.动物学杂志,1995,30(1):21~23.
- [4] 闫理钦,王金秀,王连东等.长耳鸮越冬习性及其食性分析.四川动物,1998,17(4):185.
- [5] 江明道.雕鸮的生态及其保护.野生动物,1984,6:16~18.
- [6] 牛红星,吕九全,路纪琪等.河南省猛禽的调查.动物学杂志,2002,37(1):36~38.
- [7] Pearson B O, Pearson A K. Owl predation in Pennsylvania, with notes on the small mammals of Delaware County. *Journal of Mammalogy*, 1947,28(2):137~147.
- [8] Cheylan G. La place trophique de l'aigle de Bonelli (*Hieraetus fasciatus*) dans les biocenoses méditerranéennes. *Alauda*, 1977,45:1~15.
- [9] Simeon C, Wilhelm J L. Essai sur l'alimentation annuelle de l'aigle de Bonelli (*Hieraetus fasciatus*) en Provence. *Alauda*, 1988,56:226~237.
- [10] Diego O, Juan M P. Influence of prey densities in the distribution and breeding success of Bonelli's eagle (*Hieraetus fasciatus*): management implications. *Biological Conservation*, 2000,93:19~25.
- [11] Korpinäki E, Huhtala K. Does the year-to-year variation in the diet of eagle and Ural owls support the alternative prey hypothesis? *Oikos*, 1990,58:47~54.
- [12] Petty S J, Patterson I J, Anderson D I K, et al. Numbers, breeding performance, and diet of the sparrowhawk *Accipiter nisus* and merlin *Falco columbarius* in relation to cone crops and seed-eating finches. *Forest Ecology and Management*, 1995,79:133~146.
- [13] 中国科学院西北高原生物研究所.青海经济动物志.西宁:青海人民出版社,1989.
- [14] Kotler B P. Owl predation on desert rodents which differ in morphology and behavior. *Journal of Mammalogy*, 1985,66(2):824~828.
- [15] 孙儒泳.动物生态学原理(第三版).北京:北京师范大学出版社,2001.
- [16] Pulliam H R. Diet optimization with nutrient constraints. *Am Nat*, 1975,109:765~768.
- [17] 刘季科,梁杰荣,周兴民等.高寒草甸生态系统定位站地区的啮齿动物群落与数量.见:夏武平主编.高寒草甸生态系统(1).兰州:甘肃人民出版社,1982.34~43.
- [18] 夏武平,周兴民,刘季科等.高寒草甸地区的生物群落.见:刘季科,王祖望主编.高寒草甸生态系统(3).北京:科学出版社,1991.1~7.
- [19] 曾缙祥,王祖望,韩永才.五种小哺乳动物活动节律的初步研究.兽类学报,1981,1(2):189~197.
- [20] 宗浩,夏武平.高原鼠兔和达乌尔鼠兔的昼夜活动节律与能量代谢的研究及比较.见:夏武平主编.高原生物学集刊(6).北京:科学出版社,1987.105~114.
- [21] Janes S W. Habitat selection in raptorial birds. In: Cody M L, ed. *Habitat Selection in Birds*. New York: Academic Press, 1985.159~187.
- [22] Stephens D W, Krebs J R. *Foraging Theory*. Princeton: Princeton University Press, 1986. 247.
- [23] Bartholomew G A Jr, Caswell H H Jr. Locomotion in kangaroo rats and its adaptive significance. *J Mammal*, 1951,32:155~169.
- [24] Longland W S, Price M V. Direct observation of owls and heteromyid rodents: can predation risk explain microhabitat use? *Ecol*, 1991,72(6):2261~2273.
- [25] 梁杰荣,程云年,艾虎和香鼯活动节律的初步研究.见:夏武平主编.高原生物学集刊(4).北京:科学出版社,1985.83~88.