

不同土地利用方式和植被特征 对高原鼠兔行为的影响

潘璇 米玛旺堆*

西藏大学理学院 拉萨 850000

摘要: 2009年3~7月,在西藏自治区墨竹工卡县日多乡念村(29°46'N, 92°19'~92°20'E,海拔4423~5015 m),采用目标动物抽样法对高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)的警戒行为和取食行为进行了观察,利用广义线性模型(GLM)的泊松回归模型分析了不同土地利用、植被覆盖度、植物类别和植被优势种对高原鼠兔行为影响的差异。研究表明,雌性高原鼠兔取食行为频率高于雄性($\beta = -0.203$, $SE = 0.096$, $P < 0.05$),警戒行为频率低于雄性($\beta = 0.199$, $SE = 0.088$, $P < 0.05$)。高原鼠兔的取食行为($\beta = -0.009$, $SE = 0.004$, $P < 0.05$)随着栖息地内双子叶植物覆盖比例增高而呈递减趋势,相应地,随着栖息地内单子叶植物覆盖比例的增高呈现递增趋势($\beta = 0.009$, $SE = 0.004$, $P < 0.05$)。高原鼠兔的警戒行为在放牧地($\beta = 0.273$, $SE = 0.131$, $P < 0.05$)以及植被覆盖度高的栖息地内($\beta = 0.007$, $SE = 0.003$, $P < 0.05$)均呈递增趋势。随着藁草属植物覆盖度比例增高,高原鼠兔的取食行为($\beta = 0.023$, $SE = 0.006$, $P < 0.001$)呈现递增趋势,而警戒行为呈递减趋势($\beta = -0.018$, $SE = 0.007$, $P < 0.05$)。

关键词: 高原鼠兔; 土地利用; 植被覆盖度; 植物类别; 性别; 行为

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2017)05-761-07

Effects of Different Land-use Type and Vegetation Characteristics on Behaviors of Plateau Pika (*Ochotona curzoniae*)

PAN Xuan Migmar Wangdwei*

School of Sciences, Tibet University, Lhasa 850000, China

Abstract: The foraging and vigilance behaviors of Plateau Pika (*Ochotona curzoniae*) was studied from March to July 2009 in the Nian Valley (29°46'N, 92°19' - 92°20'E) Rotok Township, Mozhu Gonggar County, Lhasa Prefecture, Tibet Autonomous Region. We captured the Plateau Pike in 16 quadrats and marked each of them using ear marks to identify their gender later, then released them to the field. We made an observation on the behavior of those remarked Pikes, and used Poisson regression to determine if the behavioral frequencies of these sampled Plateau Pikes were affected by vegetation characteristics, as well as by land-use

基金项目 西藏大学高原学者基金项目(藏财教指[2014]108号),2016年度留学人员科技活动项目(人社厅函[2018]176号);

* 通讯作者, E-mail: migmarwangdwei@gmail.com;

第一作者介绍: 潘璇,女,硕士;研究方向:小型兽类行为生态学; E-mail: panxuan5500@163.com。

收稿日期: 2016-12-21, 修回日期: 2017-03-20 DOI: 10.13859/j.cjz.201705005

type. The results showed that the forage frequency of females was higher than males ($\beta = -0.203$, $SE = 0.096$, $P < 0.05$), whereas male vigilance frequency was higher than females ($\beta = 0.199$, $SE = 0.088$, $P < 0.05$). The foraging behavior of Pike showed a descending trend with increasing of dicotyledons plants in the vegetation ($\beta = -0.009$, $SE = 0.004$, $P < 0.05$), whereas the forage frequency of Pike was increased with increasing of monocotyledons plants in the vegetation ($\beta = 0.009$, $SE = 0.004$, $P < 0.05$). The vigilance behavior of Pika showed an increasing trend at the grazing areas ($\beta = 0.007$, $SE = 0.003$, $P < 0.05$) and at habitat with denseness of vegetation ($\beta = 0.023$, $SE = 0.006$, $P < 0.001$). The forage behavior of Pika was positively increase as the coverness of *Carex* spp increase, while, the frequency of vigilance behavior of the animal showed a negative correlation with the cover of *Carex* spp in the vegetation ($\beta = -0.018$, $SE = 0.007$, $P < 0.05$).

Key words: Plateau Pika, *Ochotona curzoniae*; Land use; Vegetation cover; Vegetation types; Gender; Behavior

最佳觅食理论 (optimal foraging theory, OFT) 中动物通过消耗最少的热量获得最多的能量, 动物行为是在捕食者压力和食物需求之间进行的一种权衡 (Krebs 1980, Pyke 1984, Brown et al. 1999)。动物常根据环境条件的变化以及自身生理状况来调整行为 (Flannigan et al. 2002), 从而形成特定条件下的时间分配。而集群、植被覆盖率、性别、捕食风险、人为干扰等因素是影响动物活动节律与时间分配模式的重要因素 (Caraco 1979, Frid et al. 2002)。

高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 隶属于兔形目鼠兔科, 是青藏高原上的小型优势哺乳动物 (施银柱 1983), 主要以禾本科植物和豆类植物为食 (蒋志刚等 1985)。近年来因为高原鼠兔的高原适应性 (Burmester et al. 2002, 陈婷方等 2005, 谢玲等 2014, 白振忠 2015, Pichon et al. 2015) 以及在生态系统中的作用 (Smith et al. 1999, Wilson et al. 2015) 受到国内外的广泛关注。

前人对鼠兔的活动节律和时间分配有过一定的研究 (边疆晖等 1999, 魏万红等 2004, Wangdwei 2012, 王振宇等 2015), 结果表明, 集群数量增加的同时会降低鼠兔的警戒行为和取食行为 (边疆晖等 2001)。风险捕食假说 (predation risk temporal allocation hypothesis) (Lima et al. 1999) 中动物在不断变化的风险条

件下从事任何活动时所采用的反捕食行为将存在在一个时间序列的分配。

高原鼠兔能够权衡捕食风险的大小, 依据风险水平来进行相应行为策略调整 (魏万红等 2004)。但目前关于植物类别和优势物种等因素与高原鼠兔行为关系的报道较少 (边疆晖等 2001, 张卫国等 2010), 尤其是不同性别鼠兔的行为差异未见报道。本研究比较了高原鼠兔雌雄个体的行为模式差异, 以及鼠兔活动时间分配模式在土地利用类型、植被覆盖度、植物类别和物种因素上的差异, 并分析了以上因素对高原鼠兔昼间活动的影响, 以解释高原鼠兔的行为特征, 为高原鼠兔的行为模式研究和嵩草草地生态系统的可持续研究提供基础依据。

1 研究地点概况

研究地位于拉萨市墨竹工卡县日多乡念村 (29°46'N, 92°19'~92°20'E, 海拔 4 423~5 015 m), 放牧是该区域的主要土地利用方式。在 1980 年到 2010 年间, 日多乡平均气温为 4.2℃, 年平均降水量 582 mm, 其中 5~9 月的降雨量为年降水量的 99%。

日多乡区域为高山草甸生态系统, 优势植物物种为高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、赤箭嵩草 (*K. schoenoides*)、囊状嵩草 (*K. fragilis*) (Wangdwei 2012)。在该区域主要的高原鼠兔捕

食者有猎隼 (*Falco cherrug*)、藏狐 (*Vulpes ferrilata*) (Clark et al. 2008)、大鸮 (*Buteo hemilasius*)。分布的其他哺乳动物有喜马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*)、岩羊 (*Pseudois nayaur*)、藏原羚 (*Procapra picticaudata*)、高原兔 (*Lepus oiostolus*) 以及斯氏高山䎃 (*Alticola stoliczkanus*)；鸟类有棕颈雪雀 (*Montifringilla ruficollis*)、白腰雪雀 (*Pyrgilauda taczanowskii*) 和地山雀 (*Pseudopodoces humilis*) (MacKinnon et al. 2000, 米玛旺堆等 2013)。

研究分别选取了两种不同干扰类型的数据采集地点, 一种是牦牛放牧区 (日间牦牛在此放牧), 另一种为曾经的牦牛夜宿地 (牧民和牦牛多年前在此扎营夜宿)。两种样方的地形相似, 但植被覆盖率 (放牧地 70%, 夜宿地 29.75%)、鼠兔洞穴数量以及植物类别组成均有差异, 夜宿地的洞穴数量比放牧地多 3.58 倍, 95% 置信区间 (confidence interval, CI) 2.74 ~ 4.67 (Wangdwei 2012)。夜宿地的植物类别以双子叶植物为主, 有独一味 (*Lamiophlomis rotata*)、尼泊尔香青 (*Anaphalis nepalensis*)、菊状千里光 (*Senecio analogus*)、圆穗蓼 (*Polygonum macrophyllum*)、垫状点地梅 (*Androsace tapete*)、肉果草 (*Lancea tibetica*)、委陵菜属 (*Potentilla* spp.)、风毛菊属 (*Saussurea* sp.) 物种, 以及少部分单子叶植物, 赤箭嵩草和薹草属 (*Carex* spp.) 物种等; 牦牛放牧地的植物类别以单子叶植物为主, 有高山嵩草、囊状嵩草, 少部分双子叶植物如托花红景天 (*Rhodiola stapfii*)、委陵菜属物种等。

2 研究方法

2.1 行为变量的定义

Smith 等 (1986) 对高原鼠兔非社会行为进行定义, 并将非社会行为归类为七类: 坐、警戒、取食、移动、挖掘、刈割和地面闭眼休息, 其中警戒和取食行为占鼠兔地面上可观测到行为的 63%, 因而警戒行为和取食行为是高原鼠兔很具有代表性的两种行为, 本研究以这

两种行为作为观察比较对象。参照 Smith 等 (1986)、王学高 (1990)、樊乃昌等 (1996) 对这两种行为进行定义。警戒: 前肢离地站立, 或者颈部伸直坐在草地上, 并且伴随头的左右转动环视或双目凝视固定方向。取食: 消费食物的过程, 包括采食、咀嚼、吞咽、移动以及间断性观望 (指观望时间小于 3 s)、警戒 (指警戒时间小于 3 s) 的姿势。

2.2 数据采集

数据采集工作进行时间为 2009 年 3 ~ 7 月中每月的 10 至 21 日, 研究区域为跨度 22 km 的样带, 海拔 4 423 ~ 5 015 m。样带上随机布设 16 个 30 m × 30 m 的样方, 并按照 1 ~ 16 进行编号, 其中夜宿地样方 10 个, 放牧地样方 6 个, 总调查面积 1.44 hm²。

诱捕鼠兔: 为了区分雌雄鼠兔, 对鼠兔实施诱捕并带上耳标。分别在每个样方内按照 9 行 5 列的格局, 放置鼠笼 (大小为 5.2 cm × 6.5 cm × 16.7 cm, H. B. Sherman Traps, Inc., Tallahassee, Florida), 鼠笼之间相互间隔 6 ~ 7 m。鼠笼内放置胡萝卜、饼干或炒熟的大麦作为诱饵。捕捉到的鼠兔, 记录性别, 不同性别个体用不同颜色的耳环 (National Band and Tag Company, NEWPORT, Kentucky, 型号为 1841, 直径为 1 cm) 进行标记, 标记后的鼠兔在原地释放。

行为观察: 行为观察过程中不区分样方利用类型, 随机抽取样方进行观察。观察时间集中在 9:00 ~ 19:00 时, 采用目标动物抽样法 (focal animal sampling) 观察动物的行为。在抽取到的样方内随机抽样 1 只鼠兔个体进行观察, 记录鼠兔耳标的颜色确定性别。每天的观察中, 同一样方内每个动物只观察一次, 持续观察时间为 15 min (Smith et al. 1986, Dobson et al. 1998), 观察中记录观察时间、观察样方编号、取食和警戒行为的发生频次。高原鼠兔警戒性高, 为了避免观察者对其行为产生干扰, 观察时在样方外较远处借助 10 × 50 望远镜 (BOSMA 10 × 50), 并保持静止, 直到鼠兔已

经习惯于观察者的存在。观察过程中, 如果目标动物受到人类活动等外界因素干扰, 离开观察者视野, 则放弃观察并舍弃该行为样本, 视为无效观察, 该次观察数据不计入数据分析。每个样方的 15 min 观察周期结束后, 为确保每次观察的独立性, 会间隔约 5 min 再进行下一个样方的行为观察。整个研究共获取了 502 份有效样本数据。

植被数据的测定: 植被覆盖度和植被种类数据测定按照常规法进行。在 16 个研究区域中每个区域都随机选择 4 个 1 m^2 的小样方, 总计 64 个小样方。然后测定每一个小样方的盖度值, 取其平均值作为该研究区域的盖度值; 详细记录每一个小样方中出现的全部物种以及各物种所占的覆盖度比例, 取其平均值作为该研究区域的物种数据, 根据各物种所占比例的排列确定其优势种; 将各小样方已经统计的物种进行单双子叶归类, 分别相加计算出单双子叶植物所占的密度比例。

2.3 数据分析

研究中将不同土地利用类型、植被覆盖度、植物类别、植被优势种作为协变量, 高原鼠兔的警戒和取食行为作为预测变量, 用广义线性模型 (generalized linear model, GLM) 的泊松回归模型分析这些因素对高原鼠兔行为的影响, 根据 $P < 0.05$ 选择了最优模型, 并依据 Poisson 分布的方差和均值相等的原理, 检查数据的过渡离势 (Kabacoff 2011), 所有统计检验运用 R version 3.2.4 软件进行分析。

3 研究结果

3.1 不同土地利用类型对高原鼠兔行为分配的影响

高原鼠兔取食行为在土地利用类型之间不存在显著差异 ($\beta = -0.192$, $SE = 0.145$, $P = 0.185$), 即土地利用类型对取食行为没有显著影响。高原鼠兔警戒行为在土地利用类型之间存在显著差异, 在夜宿地警戒频率显著低于放牧地 ($\beta = 0.273$, $SE = 0.132$, $P < 0.05$)。

3.2 高原鼠兔行为性别间的差异

高原鼠兔取食行为不同性别间存在显著差异, 雄性 ($\beta = -0.203$, $SE = 0.096$, $P < 0.05$) 取食频率显著低于雌性。高原鼠兔警戒行为不同性别之间也存在显著差异, 雌性警戒行为频次显著低于雄性 ($\beta = 0.199$, $SE = 0.088$, $P < 0.05$)。

3.3 植被覆盖度对高原鼠兔行为时间分配的影响

高原鼠兔的警戒行为和植被覆盖度之间存在显著差异 ($\beta = 0.007$, $SE = 0.003$, $P < 0.05$); 高原鼠兔取食行为与植被覆盖率之间不存在统计意义上的趋势 ($\beta = -0.006$, $SE = 0.005$, $P = 0.176$)。

3.4 植物类别对高原鼠兔行为时间分配的影响

高原鼠兔的警戒行为与单子叶植物覆盖度 ($\beta = 0.002$, $SE = 0.002$, $P = 0.269$)、双子叶植物覆盖度 ($\beta = 0.003$, $SE = 0.004$, $P = 0.397$) 之间均无显著差异。取食行为随着单子叶植物覆盖度 ($\beta = 0.009$, $SE = 0.004$, $P < 0.05$) 比例的增高而增高, 随着双子叶植物覆盖度 ($\beta = -0.009$, $SE = 0.004$, $P < 0.05$) 的增高而减小。

3.5 优势植物物种覆盖度对高原鼠兔行为时间分配的影响

随着藁草属植物覆盖度的增加, 高原鼠兔的警戒行为呈现递减趋势, 取食行为却呈现递增趋势。同时, 高原鼠兔的警戒行为随着尼泊尔香青覆盖度的增加呈现递增趋势 (表 1)。

4 讨论

本研究观察的时间为 3 ~ 7 月, 在这个时期, 高原上的植物经历萌发至茂盛阶段 (周婷等 2015)。3 月为青藏高原枯草期, 同时也为高原鼠兔的繁殖启动期 (殷宝法等 2004, 聂海燕 2005, 曲家鹏等 2008, 陈千权等 2013), 此时植物地上生物量小, 雌性个体由于承担繁殖重任, 需要更多的能量, 因而取食活动要比雄性更频繁。而雄性个体需维持一定的空间领

表 1 各优势物种对高原鼠兔警戒和取食行为的影响

Table 1 Effects of dominant plant species on behaviors of *Ochotona curzoniae*

	警戒行为 Vigilance				取食行为 Foraging			
	估计值 Estimate (β)	标准误 Standard error	Z 值 Z value	概率值 P value	估计值 Estimate (β)	标准误 Standard error	Z 值 Z value	概率值 P value
高山嵩草 <i>K. pygmaea</i>	0.006	0.004	1.291	1.967	0.004	0.004	0.946	0.344
囊状嵩草 <i>K. fragilis</i>	0.014	0.007	1.872	0.061	- 0.011	0.008	- 1.354	0.176
藁草属 <i>Carex</i> spp.	- 0.018	0.007	- 2.458	0.014	0.023	0.006	3.613	< 0.001
尼泊尔香青 <i>Anaphalis nepalensis</i>	0.031	0.010	3.106	0.002	- 0.001	0.011	- 0.121	0.904
独一味 <i>Lamiophlomis rotata</i>	0.023	0.018	1.272	0.203	- 0.019	0.020	- 0.982	0.326
肉果草 <i>Lancea tibetica</i>	- 0.046	0.015	- 3.030	0.002	- 0.007	0.014	- 0.520	0.603
委陵菜 <i>Potentilla</i> spp.	0.022	0.010	2.166	0.030	- 0.007	0.010	- 0.685	0.493

域资源，保护配偶，暴露在洞穴外的时间更多，警戒的频次也相应更多。

高原鼠兔食物组成的总体特征为双子叶植物的种类多于单子叶植物种类（蒋志刚等 1985），可能是因为单、双子叶植物的营养成分有所差异，双子叶植物营养成分更高（薛艳林 2014，和海秀 2015）。当栖息地内单子叶植物增多，双子叶植物减少，鼠兔转向取食不喜食的单子叶植物（刘伟等 2009，徐吉伟等 2014）。通过增加取食单子叶植物的频次来满足正常生命活动所需的能量。

藁草属植物是莎草科单子叶植物，是嵩草草地生态系统的重要组成部分（Miehe et al. 2009, Harris et al. 2016），在本研究中高原鼠兔的取食行为与该优势物种之间存在正相关（表 1），这也许与鼠兔在青藏高原高寒草甸生态系统中的食性有关，目前关于鼠兔食性的研究报道主要在青海省和甘肃省进行（蒋志刚等 1985，刘伟等 2008），西藏自治区尚未见报道。因降水、温度等气候条件的不同，青海省与西藏自治区的高寒草甸植被组成类型会有所差异，鼠兔的喜食物种也相应会有所差异，这需要后期具体的食性研究来验证本文结论。

本文的数据分析结果显示，植被覆盖度对高原鼠兔取食行为没有影响。在 Wangdwei (2012) 的研究中，取食行为与植被覆盖度为显著性负相关，在植被覆盖率高的地方，取食行为频率很低。与本文结论不同的原因可能有以下两个方面，首先是 2009 年西藏拉萨地区的降水量少、气温高（Wangdwei 2012），使得植物地上生物量发生改变（Yang et al. 2009，岳石 2012，王常顺等 2013，于惠 2013），植物发育速率加快，高草草甸植物成熟提早，实际生长期缩短，限制了干物质积累，导致生物量减少（李英年等 2010），使得植被覆盖度对高原鼠兔取食行为没有显著性影响；其次，在本研究中，取食行为受植被类型因素的影响更为显著。

高原鼠兔警戒行为与植被覆盖率之间存在正相关，随着植被覆盖率越高，高原鼠兔的警戒行为越来越频繁。植被覆盖度越高，高原鼠兔视线受阻，不利于发现天敌（Smith et al. 1986，边疆晖等 1999，Wangdwei 2012，李叶等 2014），捕食风险增加，反捕食行为更频繁。尼泊尔香青的地上部分较高，且研究区域中放牧地植被覆盖率高于夜宿地植被覆盖率。本研究中高原鼠兔的警戒行为与优势物种尼泊尔

尔香青覆盖度之间存在显著正相关, 且其在放牧地的警戒频次大于夜宿地, 都证实了这一点。当覆盖度越高时, 越不利于鼠兔的反捕食行为, 使得鼠兔警戒行为频次增多。该结论也与前人的研究结果相吻合: 当捕食风险增加时, 猎物既可通过改变活动区域、减少地面活动时间、寻求隐蔽场所等方法以减少被捕食的风险 (Brown et al. 1988, Jedrzejewski et al. 1993), 也可以通过增加警戒的频次和时间、减少取食和社会行为发生的频次等方法来减少被捕食风险 (Kotler et al. 1991, Randall et al. 2001)。上述结果符合捕食风险的时间分配假说, 同时印证了高原鼠兔更倾向于植被覆盖低的栖息环境生存, 表明鼠兔不是导致草地退化的直接原因, 高密度的鼠兔是对草地退化的回应 (Wangdwei et al. 2013)。

参 考 文 献

- Brown J S, Kotler B P, Smith R J, et al. 1988. The effects of owl predation on the foraging behavior of heteromyid rodents. *Oecologia*, 76(3): 408–415.
- Brown J S, Laundré J W, Gurung M. 1999. The ecology of fear: optimal foraging, game theory, and trophic interactions. *Journal of Mammalogy*, 80(2): 385–399.
- Burmester T, Ebner B, Weich B, et al. 2002. Cytoglobin: a novel globin type ubiquitously expressed in vertebrate tissues. *Molecular Biology and Evolution*, 19(4): 416–21.
- Caraco T. 1979. Time budgeting and group size: A test of theory. *Ecology*, 60(3): 618–627.
- Clark H O, Newman D P, Murdoch J D, et al. 2008. *Vulpes ferrilata* (*carnivora: canidae*). *Mammalian Species*, 821(1): 1–6.
- Dobson F S, Smith A T, Wang X G. 1998. Social and ecological influences on dispersal and philopatry in the plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Behavioral Ecology*, 9(6): 622–635.
- Flannigan G, Stookey J M. 2002. Day-time time budgets of pregnant mares housed in tie stalls: a comparison of draft versus light mares. *Applied Animal Behaviour Science*, 78(2/4): 125–143.
- Frid A, Dill L M. 2002. Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Ecology and Society*, 6(1): 840–842.
- Harris R B, Samberg L H, Yeh E T, et al. 2016. Rangeland responses to pastoralists' grazing management on a Tibetan steppe grassland, Qinghai Province, China. *Rangeland Journal*, 38(1): 1–15.
- Jedrzejewski W, Rychlik L, Jedrzejewska B. 1993. Responses of bank voles to the odours of seven species of predators: experimental data and their relevance to natural predator-vole relationships. *Oikos*, 68(2): 251–257.
- Kabacoff R I. 2011. *R in Action. Data Analysis and Graphic with R*. Pearson Schweiz Ag, 1–474.
- Kotler B P, Brown J S, Hasson O. 1991. Factors affecting gerbil foraging behavior and rates of owl predation. *Ecology*, 72(6): 2249–2260.
- Krebs J R. 1980. Optimal foraging, predation risk, and territory defence. *Ardea* 68(1): 83–90.
- Lima S L, Bednekoff P A. 1999. Temporal variation in danger drives antipredator behavior: The predation risk allocation hypothesis. *American Naturalist*, 153(6): 649–659.
- MacKinnon J R, Phillipps K. 2000. A field guide to the birds of China. *Colonial Waterbirds*, 18(1): 841–843.
- Miehe G, Miehe S, Kaiser K, et al. 2009. How old is pastoralism in Tibet? An ecological approach to the making of a Tibetan landscape. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 276(1/4): 130–147.
- Pichon A, Voituron N, Bai Z, et al. 2015. Comparative ventilatory strategies of acclimated rats and burrowing plateau pika (*Ochotona curzoniae*) in response to hypoxic-hypercapnia. *Comparative Biochemistry & Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 187: 103–110.
- Pyke G H. 1984. Optimal foraging theory: A critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15(1984): 523–575.
- Randall J A, King D K B. 2001. Assessment and defence of solitary kangaroo rats under risk of predation by snakes. *Animal Behaviour*, 61(3): 579–587.
- Smith A T, Foggin J M. 1999. The plateau pika (*Ochotona curzoniae*) is a keystone species for biodiversity on the Tibetan plateau. *Animal Conservation*, 2(4): 235–240.
- Smith A T, Smith H J. 1986. Social behavior of the steppe-dwelling black-lipped pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica*

- Sinica, 6(1): 13–32.
- Wangdwei M. 2012. Demography, distribution, and behavior of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) in relation to land-use type and yak (*Bos grunniens*) grazing on the Qinghai-Tibetan Plateau, China. Bergen: Bergen University.
- Wangdwei M, Steele B, Harris R B. 2013. Demographic responses of plateau pikas to vegetation cover and land use in the Tibet Autonomous Region, China. *Journal of Mammalogy*, 94(5): 1077–1086.
- Wilson M C, Smith A T. 2015. The pika and the watershed: The impact of small mammal poisoning on the ecohydrology of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ambio A Journal of the Human Environment*, 44(1): 1–7.
- Yang Y H, Fang J Y, Pan Y D, et al. 2009. Aboveground biomass in Tibetan grasslands. *Journal of Arid Environments*, 73(1): 91–95.
- 白振忠. 2015. 高原鼠兔对缺氧、寒冷极端高原环境适应的分子机制研究. 南宁: 青海大学博士学位论文.
- 边疆晖, 景增春, 刘季科. 2001. 相关风险因子对高原鼠兔摄食行为的影响. *兽类学报*, 21(3): 187–194.
- 边疆晖, 景增春. 1999. 地表覆盖物对高原鼠兔栖息地利用的影响. *兽类学报*, 19(3): 212–220.
- 陈千权, 曲家鹏, 张堰铭. 2013. 高原鼠兔繁殖期攻击行为的动态格局. *兽类学报*, 33(1): 63–67.
- 陈婷方, 白振忠, 侯冰, 等. 2005. 青藏高原高原鼠兔肌红蛋白 (mgb) 基因编码区的克隆与分析. *高原医学杂志*, 15(4): 4–7.
- 樊乃昌, 张道川. 1996. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔的摄食行为及对栖息地适应性的研究. *兽类学报*, 16(1): 48–53.
- 和海秀. 2015. 天然草地不同牧草营养物质四季变化及绵羊率的研究. 石河子: 石河子大学硕士学位论文.
- 蒋志刚, 夏武平. 1985. 高原鼠兔食物资源利用的研究. *兽类学报*, 5(4): 251–262.
- 李叶, 王振宇, 张翔, 等. 2014. 阿尔金山自然保护区高原鼠兔夏季微生境选择的主导因子分析. *中国媒介生物学及控制杂志*, 25(1): 28–31.
- 李英年, 薛晓娟, 王建雷, 等. 2010. 典型高寒植物生长繁殖特征对模拟气候变化的短期响应. *生态学杂志*, 29(4): 624–629.
- 刘伟, 张毓, 王溪, 等. 2008. 植物生长季节不同栖息地高原鼠兔的食物选择. *兽类学报*, 28(4): 358–366.
- 刘伟, 张毓, 王溪, 等. 2009. 高原鼠兔冬季的食物选择. *兽类学报*, 29(1): 12–19.
- 米玛旺堆, 马红梅. 2013. 青藏高原异质栖息地棕颈雪雀和白腰雪雀的分布研究. *西藏大学学报*, 28(2): 1–6.
- 聂海燕. 2005. 植食性小哺乳动物种群进化生态学研究: 高原鼠兔种群生活史进化对策. 杭州: 浙江大学博士学位论文.
- 曲家鹏, 杨敏, 李文靖, 等. 2008. 高原鼠兔家群结构的季节变异. *兽类学报*, 28(2): 144–150.
- 施银柱. 1983. 草场植被影响高原鼠兔密度的探讨. *兽类学报*, 3(2): 181–187.
- 王常顺, 孟凡栋, 李新娥, 等. 2013. 青藏高原草地生态系统对气候变化的响应. *生态学杂志*, 32(6): 1587–1595.
- 王学高. 1990. 高原鼠兔交配期及交配行为模式的研究. *兽类学报*, 10(1): 60–65.
- 王振宇, 李叶, 张翔, 等. 2015. 高原兔夏季卧栖地生境利用关键因子分析. *四川动物*, 35(1): 47–52.
- 魏万红, 曹伊凡, 张堰铭, 等. 2004. 捕食风险对高原鼠兔行为的影响. *动物学报*, 50(3): 319–325.
- 谢玲, 郭新异, 张涓泽, 等. 2014. 高原鼠兔诱导型一氧化氮合酶 cDNA 克隆及序列分析. *四川动物*, 33(4): 511–521.
- 徐吉伟, 杨国荣, 黄彬, 等. 2014. 植物营养成分对草原啮齿动物的影响. *草业科学*, 31(11): 2148–2154.
- 薛艳林. 2014. 典型草原主要植物及群落青贮特性. 呼和浩特: 中国农业科学院博士学位论文.
- 殷宝法, 王金龙, 魏万红, 等. 2004. 高寒草甸生态系统中高原鼠兔的繁殖特征. *兽类学报*, 24(3): 222–228.
- 于惠. 2013. 青藏高原草地变化及其对气候的响应. 兰州: 兰州大学博士学位论文.
- 岳石. 2012. 青藏高原高寒草地地上净初级生产力和氮磷计量特征的年际动态及其在畜牧业中的意义. 北京: 北京大学硕士学位论文.
- 张卫国, 刘蓉, 江小雷. 2010. 风险性声讯信号对高原鼠兔行为模式的影响. *草地学报*, 18(1): 115–120.
- 周婷, 张寅生, 高海峰, 等. 2015. 青藏高原高寒草地植被指数变化与地表温度的相互关系. *冰川冻土*, 37(1): 58–69.