

鼠害对草地生物量的危害损失分析

张永生¹, 欧阳芳^{2,3}, 戈峰^{2,3}, 袁哲明^{1*}

(1.湖南农业大学植物保护学院, 湖南 长沙 410128; 2.中国科学院动物研究所, 北京 100101; 3.农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101)

摘要: 利用中国畜牧业统计资料, 结合全国草地覆盖遥感数据, 采用生态能学方法, 分析了2000—2010年中国草地鼠害发生的空间分布特征与变化趋势, 评估了鼠害对草地生态系统生物量的危害损失。结果表明: 2000—2010年, 中国草地鼠害的发生面积、发生程度和造成的损失总体呈上升趋势; 11年间全国由于鼠害造成草地生物量的损失年均约 $1.181\ 54 \times 10^7$ t, 年份间鼠害差异大, 2006年草地生物量损失最大, 为 $2.537\ 23 \times 10^7$ t; 区域草地鼠害损失大小排序为西南、西北、华北、东北, 西藏自治区鼠害最严重, 年均草地生物量损失占全国总量的38.09%。

关键词: 鼠害; 草地生物量; 生态效率

中图分类号: S443

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2017)04-0417-06

Analysis of biomass loss from rodent pest in grassland

ZHANG Yongsheng¹, OUYANG Fang^{2,3}, GE Feng^{2,3}, YUAN Zheming^{1*}

(1.College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3.State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Beijing 100101, China)

Abstract: Based on the statistical data of animal husbandry and remote sensing data of grassland coverage, we analyzed the spatial distribution and occurrence trend of rodent pest in grassland and estimated biomass loss in grassland ecosystem caused by rodent pest by the method of ecological energetics from 2000 to 2010 in China. Results showed that the occurrence areas and occurrence intensity of rodent pest and the biomass loss of grassland showed general upward trend, and the average annual loss of grassland caused by rodent pest was about 11.815 4 million tons from 2000 to 2010. The grassland loss between years varied widely and in 2006 there was the largest loss of 25.372 3 million tons. The grassland loss in descending order for regions was Southwest, Northwest, North and Northeast, and among the provinces, the most serious loss occurred in Tibet where the average annual loss accounted for 38.09 % of the national total.

Keywords: rodent pest; grassland biomass; ecological efficiencies

草地生态系统是面积最大的生态系统类型, 2010年中国草地生态系统面积约为 2.84×10^6 km², 占全国总面积的30%, 其次为森林与农田, 分别约占20%与19%。草地生态系统对维持自然生态系统的格局、功能与过程具有特殊的生态意义, 其生态服务功能的不可替代性越来越受到关注^[1-2]。

在草地生态系统的消费者亚系统中, 鼠类占有

重要地位。长期以来, 过度放牧、乱垦、乱采等人类活动加剧了草地鼠害的发生, 加之近年来全球性气候变暖、干旱加剧、火灾频繁等自然因素的作用, 导致草地鼠害频繁暴发, 成为引发草原退化、沙化和水土流失的重要因素, 严重威胁草原生态环境以及草地畜牧业可持续发展^[3-4]。评估与分析鼠害对草地资源造成的损失, 对于制定合理的区域草地生

收稿日期: 2017-02-22

修回日期: 2017-06-05

基金项目: 环境保护部专项(STSN-04-04); 国家自然科学基金项目(31300347)

作者简介: 张永生(1980—), 男, 山西忻州人, 博士研究生, 主要从事害虫预测预报研究, yshzhang@hunau.edu.cn; *通信作者, 袁哲明, 博士, 教授, 主要从事害虫预测预报研究, zhmyuan@sina.com

态系统保护政策和经济开发决策,以及维护人类健康安全都具有重要意义。目前有关有害生物对生态系统的危害损失的评估研究,主要是基于生态系统服务功能的价值评估^[1-2,5-9],鲜有针对草地害鼠对草地生态系统所造成危害损失的系统分析和估算。草地分布范围广、分布不均衡,害鼠种类多、危害特点多样,鼠害分布具有明显的地域性,加大了鼠害对草地危害损失量的评估难度。草地鼠害损失评估主要是基于鼠害发生面积、发生次数和发生等级等方面的测报,多数只是定性而非定量,并且提供的信息量也相对较少,因此,需要建立新的草地损失量的估算方法。

害鼠作为草地生态系统中占有重要地位的一类消费者,其啃食草地后同化效率平均为70%~90%,因此可使用生态效率能流的计算方法,通过害鼠的个体生物量推算其对草地造成的生物量损失。笔者从生态系统能量流动的角度出发,拟从生态效率和生物量来估算害鼠对草地生态系统造成的损失量。利用2000—2010年全国畜牧业统计资料和遥感数据,分析草地主要害鼠的空间分布特征和变化趋势,估算鼠害对草地造成的生物量损失,以期评估鼠害对草地生态系统的影响提供新思路和方法借鉴。

1 数据来源

2000—2010年,中国草地鼠害发生面积数据主要来源于全国畜牧业统计资料;草地分布与面积来源于分辨率为30 m×30 m的遥感数据;畜牧业统计资料与遥感数据均来自环境保护部和中国科学院主持的“全国生态环境十年变化遥感调查与评估专项”项目组。

根据王丽焕等^[10]提出的中国草地害鼠常见的优势种,结合农业部文件,确定布氏田鼠、长爪沙鼠、达乌尔黄鼠、高原鼠兔、鼢鼠为具有代表性的优势害鼠种。

2 鼠害对草地生物量损失的估算方法

根据草地生物量损失与害鼠摄入量的关系、害鼠摄入量与害鼠生产量的关系,利用害鼠的发生数

据与生态效率数据,先算得草地主要害鼠的摄入量后,再估算草地鼠害造成的损害量,即草地生物量损失。依据文献^[11],草地生物量的损失量为 L 。

$$L=C \cdot I。$$

式中: C 为损害系数; I 为种群摄入量。

$$I=\frac{P}{Ne \cdot Ae}。$$

式中: Ae 为同化效率; Ne 为净生态效率; P 为种群生产量。

$$P=B \cdot D \cdot O。$$

式中: B 为个体生物量; D 为种群密度; O 为发生面积。

有害生物为害的部位与方式不同,损害系数 C 也会不同,如为害叶片的,其摄入量就估算为损害量,即 C 为1;为害根部、茎秆或花果等的,除摄入量造成损失外,还会对其他器官或部位造成损害, C 会大于1。为了估算简便,对鼠害取 C 为1进行计算。同化效率 Ae 是同化量与摄入量的比值,净生态效率 Ne 是生产量与同化量的比值,这2个参数直接从相关文献中(表1)获得,不需再进行计算。个体生物量 B 用害鼠的鲜重来表示(表1)。由于全国范围不同区域的真实害鼠种群密度 D 很难完整获得,在此情况下,使用防治指标代替,评估害鼠达到防治密度阈值时所造成的损失,反映的是最低损失量。害鼠的防治指标来自相关文献(表1),其中长爪沙鼠的防治指标参照农业部办公厅农办牧[2003]13号文件《关于印发<休牧禁牧技术规程(试行)>等九个技术规程的通知》规程;达乌尔黄鼠未见明确的防治指标相关报道,因此比对了其与平均体重相近的鼢鼠的生物学特性,估算得到达乌尔黄鼠和鼢鼠的体重与防治指标的比值,估算了达乌尔黄鼠的防治指标,发现与特喜铁等^[12]调查得到达乌尔黄鼠在海拉尔东山的平均密度相近,因此运用了此密度进行估算。鼠害发生面积 O 是鼠害种群密度达到或大于防治指标的草地面积,来自畜牧业统计数据。

利用ArcGIS 10.2软件计算草地面积,分析草地鼠害发生的空间分布和鼠害造成草地生物量损失的空间分布。

表 1 5 种害鼠的相关参数

Table 1 Parameter values of the 5 main rodent pests

害鼠	个体生物量/g	防治指标/(头·hm ⁻²)	同化效率	净生态效率
布氏田鼠 <i>Microtus brandti</i>	28.5 ^[13]	40.0 ^[17]	0.71 ^[20]	0.015 ^[11]
长爪沙鼠 <i>Meiiones unguiculataus</i>	42.7 ^[13]	50.0	0.84 ^[21]	
达尔黄鼠 <i>Spermophilus dauricus</i>	327.5 ^[14]	15.0 ^[12]	0.68 ^[22]	
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	126.3 ^[15]	19.1 ^[18]	0.65 ^[23]	
鼯鼠 <i>Myospalax fontanieri</i>	286.5 ^[16]	21.3 ^[19]	0.73 ^[23]	

3 结果与分析

害发生数据，确定草地鼠害的发生分布范围，并计算发生面积。2010 年中国草地鼠害的空间分布见图 1。

3.1 草地鼠害的发生分布与面积

根据遥感调查数据，结合中国畜牧业资料中的鼠

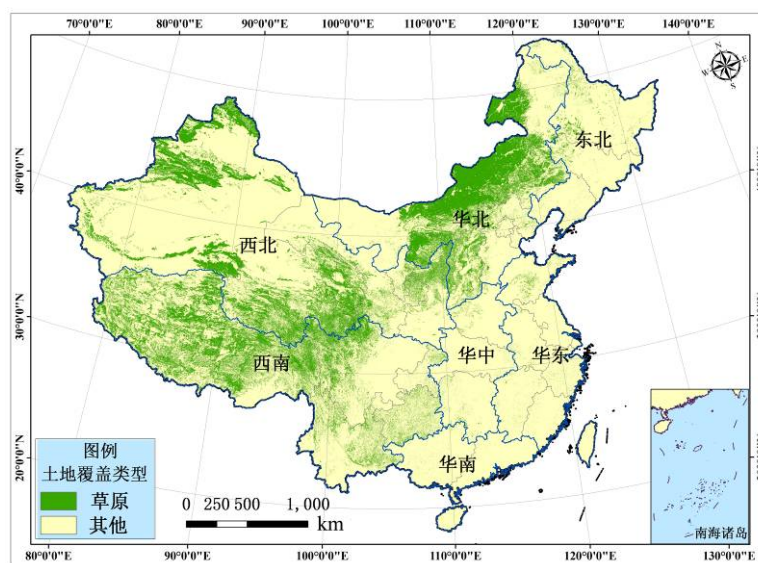


图 1 2010 年中国草地鼠害的空间分布

Fig.1 Spatial distribution of rodent pest in grassland of China in 2010

从全国 7 大地理区域分析草地鼠害发生的面积及变化趋势来看，2000—2010 年，全国草地鼠害发生面积较大的区域有西南、西北和华北地区，华东、华中和华南地区发生面积非常小。西南地区年际间

变化大，2004 年到 2006 年鼠害发生面积较大，2004 年发生面积骤增，2007 年又骤降；西北地区发生面积呈缓慢增长趋势；华北地区呈波动变化；东北地区变化很小(表 2)。

表 2 2000—2010 年中国各区域草地鼠害发生面积

Table 2 Occurrence area of rodent pest in grassland in seven regions of China from 2000 to 2010

年份	鼠害发生面积/ $\times 10^3 \text{ hm}^2$						
	西南	西北	华北	东北	华东	华中	华南
2000	14.59	11 465.11	5 113.52	797.69	5.11	0.54	129.28
2001	5.69	9 881.53	5 938.38	625.40	1.12	90.22	2.14
2002	14 367.33	13 853.46	8 060.02	1 950.10	0.39	18.61	1.62
2003	3 836.35	14 526.68	7 385.02	1 209.70	0.45	5.48	9.12
2004	48 072.84	17 984.05	10 179.65	921.26	0.53	2.18	1.19
2005	48 057.61	22 367.32	8 247.42	1 438.70	0.03	2.86	0.57
2006	67 665.51	20 512.77	8 098.73	1 559.00	0.03	13.36	8.62
2007	5 828.39	16 743.81	7 192.72	1 601.50	0.36	48.76	0.16
2008	8 549.67	17 856.33	8 421.00	1 615.00	0.00	0.00	0.00
2009	8 657.60	21 242.20	9 202.67	1 490.67	0.00	0.00	0.00
2010	8 851.33	20 649.33	7 520.00	1 376.00	0.00	0.00	0.00

3.2 草地鼠害的发生程度

鼠害的发生程度为发生鼠害的草地面积占总草地面积的比例。2000—2010年,全国草地鼠害发生程度较高的区域有西北、西南、东北与华北地区,其中,西北地区鼠害发生程度最高,且呈缓慢增加趋势;西南地区鼠害发生程度从2001年到

2006年显著增加,至2007年骤降,以后到2010年都比较平稳,仅2004年到2006年这3年高于东北地区;东北地区鼠害发生程度呈波动变化;华北地区鼠害发生程度呈增加趋势。华东、华中和华南地区鼠害的发生面积本身就非常小,因此发生程度也很低(表3)。

表3 2000—2010年中国各区域草地鼠害发生程度

Table 3 Occurrence intensity of rodent pest in grassland in seven regions of China from 2000 to 2010

年份	鼠害发生程度/%						
	西南	西北	华北	东北	华东	华中	华南
2000	0.03	13.96	1.96	9.59	0.06	0.00	0.32
2001	0.01	11.32	2.10	4.80	0.02	0.45	0.13
2002	6.55	15.80	6.03	14.46	0.00	0.10	0.02
2003	2.06	18.92	3.47	8.66	0.00	0.03	0.48
2004	13.19	16.71	3.68	7.15	0.00	0.01	0.19
2005	12.54	26.56	3.18	11.29	0.00	0.02	0.00
2006	18.09	23.13	3.71	12.06	0.00	0.07	0.97
2007	4.11	19.30	3.32	12.25	0.00	0.26	0.02
2008	4.16	21.14	6.93	10.40	0.00	0.00	0.00
2009	4.22	21.79	6.89	8.79	0.00	0.00	0.00
2010	4.31	21.07	5.86	8.20	0.00	0.00	0.00

3.3 草地生物量损失

2000—2010年,全国因鼠害造成的年均草地生物量损失为 1.18154×10^7 t。2000到2006年,草地生物量损失呈显著上升趋势,约增长了4倍多。2004到2006年是高峰期,其中2006年达到峰值,损失量为 2.53723×10^7 t。2007年骤降了67.9%,2007到2010年又呈缓慢上升趋势。

全国7大区域中,西南和西北地区草地生物量损失分别约占年均总损失量的42.67%和37.32%;

华北和东北地区分别约占17.03%与2.91%;华东、华中、华南地区草地生物量损失所占比例很小,约共占0.07%。2000—2010年,7大区域的草地生物量损失整体呈上升趋势。西南地区草地生物量损失波动幅度较大,与全国的变化趋势相似,2004到2006年是高峰期,2006年达最高值,也是各区中的最高值,为 1.75441×10^7 t。2007年骤降了91%,之后3年趋于平稳。西北、华北和东北地区的草地生物量损失均呈平稳上升趋势(表4)。

表4 2000—2010年中国各区域鼠害造成的草地损失生物量

Table 4 Grassland loss caused by rodent pest in four regions of China from 2000 to 2010

年份	草地损失生物量/ $\times 10^4$ t						
	西南	西北	华北	东北	华东	华中	华南
2000	0.38	297.26	132.58	20.68	0.13	0.01	3.35
2001	0.15	256.21	153.97	16.22	0.03	2.34	0.06
2002	372.51	359.19	208.98	50.56	0.01	0.48	0.04
2003	99.47	376.64	191.48	31.36	0.01	0.14	0.24
2004	1246.42	466.29	263.94	23.89	0.01	0.06	0.03
2005	1246.02	579.93	213.84	37.30	0.00	0.07	0.01
2006	1754.41	531.85	209.98	40.42	0.00	0.35	0.22
2007	151.12	434.13	186.49	41.52	0.01	1.26	0.00
2008	221.67	462.97	218.34	41.87	0.00	0.00	0.00
2009	224.47	550.76	238.60	38.65	0.00	0.00	0.00
2010	229.49	535.39	194.98	35.68	0.00	0.00	0.00

将鼠害所造成的草地生物量损失分为 5 级，全国各地区年均草地损失量的分级及空间分布见图 2。31 个省、市、自治区中，西藏的年均草地生物量损失最大，占全国年均总损失量的 38.09%；其次

为青海、内蒙古、甘肃、新疆、四川，这 5 个省、自治区的年均损失量占全国年均总损失量的 54.64%；北京、天津、上海、浙江、江西、山东、贵州等省、直辖市几乎无损失(图 3)。

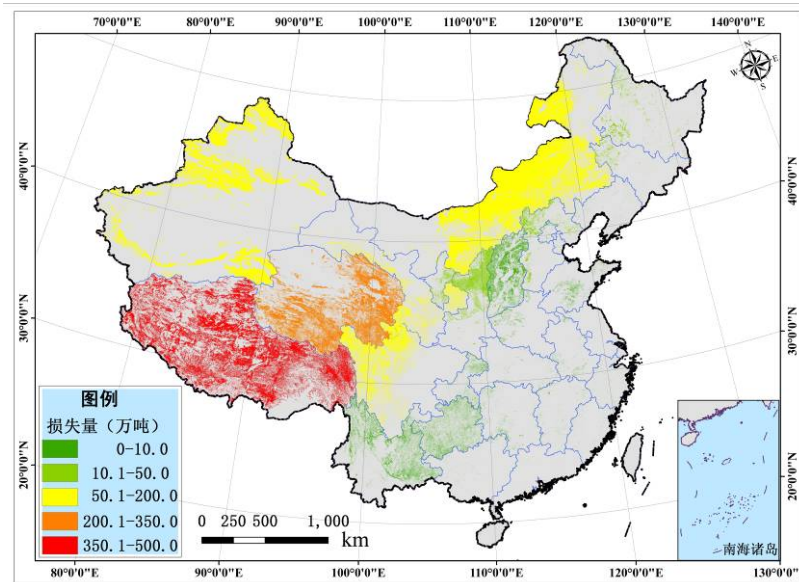
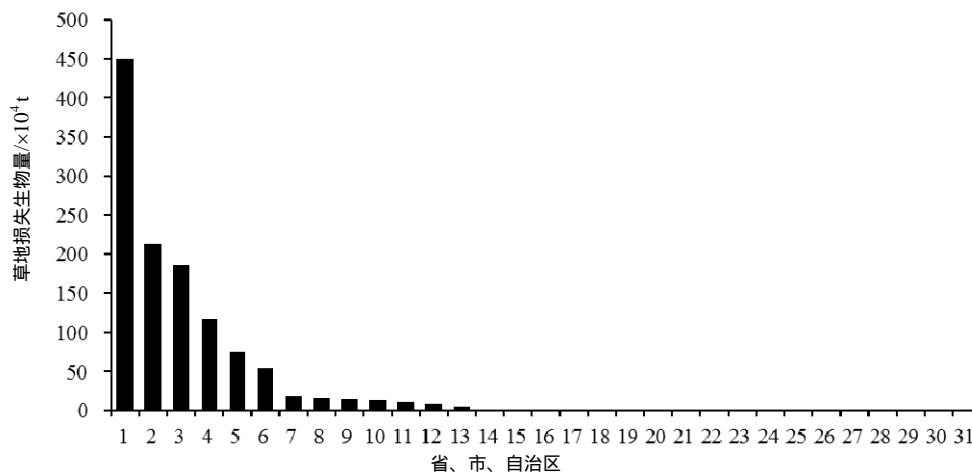


图 2 2000—2010 年中国年均草地损失量的空间分布

Fig.2 Spatial distribution of annual grassland loss in China during 2000—2010



1 至 31 分别为西藏、青海、内蒙古、甘肃、新疆、四川、宁夏、陕西、黑龙江、吉林、河北、辽宁、山西、湖南、广东、云南、重庆、广西、湖北、河南、福建、海南、安徽、江苏、北京、天津、上海、浙江、江西、山东、贵州。

图 3 2000—2010 年中国各省、市、自治区年均草地生物量损失

Fig.3 Annual grassland loss of provinces in China during 2000—2010

4 讨论

基于生态能学方法，笔者提出了一种鼠害造成草地生态系统生物量损失的计算方法，利用畜牧业和农业统计数据、草地覆盖遥感数据，可以准确地评估草地鼠害发生的范围、程度、趋势和造成的草地损失量，为评估草地鼠害造成的危害损失提供了一种思路与方法。从 2000 年到 2010 年，中国

草地鼠害的发生面积、发生程度和造成的损失总体呈上升趋势。2005 年后，由于受粮食补贴、退耕还林补贴系列国家政策以及市场价格因素影响，牧草种植、行业发展起伏波动大，这可能是西南地区 2004—2006 年出现草地损失的高峰期，尤其是 2006 年达到最高的原因。估算出 11 年间鼠害造成的草地生物量年均损失 $1.18154 \times 10^7 t$ ，而目前中国进入流通领域的商品草约为 $4.0 \times 10^6 t$ ，2013 年进口的苜

藓和燕麦草分别为 7.556×10^5 t 和 4.28×10^4 t^[24], 可见草地鼠害造成的危害非常严重。草地不仅是一种可更新的农业自然资源, 而且也是一个巨大的碳库, 每公顷草坪每天吸收二氧化碳 900 kg, 释放氧气 600 kg^[25], 鼠害不仅可直接导致牧草产量减少, 还可通过生态环境而间接造成经济损失, 尤其是在当前的低碳经济中草地发挥着重要作用。华北, 西南和西北等地区因鼠害造成的损失占比大, 主要集中在西藏、青海、内蒙古、甘肃、新疆、四川等地区, 应重点针对以上地区制定防鼠治鼠措施。

在鼠害造成草地生态系统生物量损失的计算中, 用防治指标作为种群密度进行了估算, 但草地鼠害造成损失时的种群密度通常是高于防治指标的, 笔者采用防治指标估算的损失量低估了鼠害造成的实际损失。使用防治指标估算反映的是最低损失量, 有时会比实际损失量低很多, 因此, 在草地生物量损失评估中, 特别是比较容易获得种群密度的中小尺度研究, 要使用实际调查的真实种群密度, 这样估算的损失量更接近真实损失。对于主要害鼠的其他各项参数, 如鲜重、生态效率、损害系数等也仍需要更多的研究数据来准确确定。使用 5 种主要害鼠及其参数对草地生物量损失进行评估计算, 由于中国草地分布范围广、分布不均衡, 不同区域的主要害鼠种类可能有所差异, 以及同种害鼠在不同区域其参数也有可能不同, 因此, 不同的区域应该要使用不同区域的主要害鼠种类及其相应的参数来计算, 这样估算的损失量会更准确, 更接近真实情况, 这需要进一步深入研究。

参与文献:

- [1] 高雅, 林慧龙. 草地生态系统服务价值估算前瞻[J]. 草业学报, 2014, 23(3): 290-301.
- [2] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1101-1110.
- [3] 郭正刚, 王倩, 陈鹤. 我国天然草地鼠害防控中的问题与对策[J]. 草业科学, 2014, 31(1): 168-172.
- [4] LIN H L, FENG Q S, LIANG T G, et al. Modelling global-scale potential grassland changes in spatio-temporal patterns to global climate change[J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2013, 20(1): 86-96.
- [5] 池永宽, 熊康宁, 刘肇军, 等. 我国天然草地生态系统服务价值评估[J]. 生态经济, 2015, 31(10): 132-137.
- [6] 刘兴元, 牟月亭. 草地生态系统服务功能及其价值评估研究进展[J]. 草业学报, 2012, 21(6): 286-295.
- [7] 刘兴元, 龙瑞军, 尚占环. 草地生态系统服务功能及其价值评估方法研究[J]. 草业学报, 2011, 20(1): 167-174.
- [8] AGBENYEGA O, BURGESS P J, COOK M J, et al. Application of an ecosystem function framework to perceptions of community woodlands[J]. Land Use Policy, 2009, 26(3): 551-557.
- [9] LIN H L, ZHANG Y J. Evaluation of six methods to predict grassland net primary productivity along an altitudinal gradient in the Alxa Rangeland, Western Inner Mongolia, China[J]. Grassland Science, 2013, 59(2): 100-110.
- [10] 王丽焕, 郑群英, 肖冰雪, 等. 我国草地鼠害防治研究进展[J]. 四川草原, 2005(5): 48-52.
- [11] 戈峰, 丁岩钦. 昆虫生态能学理论及其在害虫管理中的应用[J]. 昆虫知识, 1998, 35(5): 296-300.
- [12] 特喜铁, 刘高峰. 海拉尔东山达乌尔黄鼠种群结构研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(2): 62-64.
- [13] 李玉莲, 傅善江, 林永达, 等. 内蒙古草原布氏田鼠和长爪沙鼠体重及身体成分的季节变化[J]. 动物学杂志, 2011, 46(4): 131-135.
- [14] 张梦远. 黄鼠附睾形态学季节性变化及血小板源生长因子免疫活性的变化[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [15] 刘发央, 刘荣堂. 高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 的研究现状及最新进展[J]. 甘肃科技, 2002, 18(3): 30-31.
- [16] 张三亮, 刘荣堂, 寇明君, 等. 甘肃省鼯鼠亚科动物形态学标记多样性研究[J]. 中国森林病虫, 2008, 27(5): 1-3.
- [17] 苏永志, 宛新荣, 王梦军, 等. 典型草原区布氏田鼠鼠害防治的经济阈值[J]. 动物学杂志, 2013, 48(4): 521-525.
- [18] 杨振宇, 江小蕾. 高原鼠兔对草地植被的危害及防治阈值研究[J]. 草业科学, 2002, 19(4): 63-65.
- [19] 余晓华, 刘荣堂. 高原鼯鼠的经济损害和经济阈值研究[J]. 草原与草坪, 2002, 98(3): 36-37.
- [20] 宋志刚, 王德华. 内蒙古草原布氏田鼠的最大同化能[J]. 兽类学报, 2001, 21(4): 271-278.
- [21] 周延林, 王利民, 鲍伟东. 几种啮齿动物食物利用研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2000, 31(2): 201-207.
- [22] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 209.
- [23] 王祖望, 曾缙祥, 韩永才, 等. 高山草甸生态系——小哺乳动物能量动态的研究 I. 高原鼠兔和中华鼯鼠对天然食物的消化率和同化水平的测定[J]. 动物学报, 1980, 26(2): 184-195.
- [24] 思雨. 中国牧草产业现状浅谈[J]. 中国食品, 2015(14): 96-97.
- [25] 闫永庆, 贺宝文, 侯典玲. 草坪与树木在大庆地区绿地建设中应用情况的对比分析[J]. 黑龙江生态工程职业技术学院学报, 2007, 20(1): 19-20.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗维