

典型草原区布氏田鼠鼠害防治的经济阈值

苏永志^{①②} 宛新荣^② 王梦军^② 陈卫^{①*} 杜森云^③ 王军^③ 萨仁高娃^③ 玉涛^④

① 首都师范大学生命科学学院 北京 100048; ② 中国科学院动物研究所 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点

实验室 北京 100101; ③ 内蒙古锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗草原工作站 东乌珠穆沁旗 026300;

④ 内蒙古锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗农牧业局 东乌珠穆沁旗 026300

摘要: 采用种群动态分析方法, 分析了内蒙古典型草原区布氏田鼠防治经济阈值。结果表明, 1995 ~ 2005 年间布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 早春化学防治的经济阈值分别为 36.4、48.8、45.2、39.6、51.2、51.7、48.6、47.2、45.4、40.8、40.1 只/hm², 而 2010 ~ 2012 年间的经济阈值则为 41.8、39.8、38.7 只/hm²。1995 ~ 2012 年间, 布氏田鼠防治的经济阈值基本稳定在 45 只/hm² 左右。布氏田鼠鼠害的防治经济阈值主要受牧羊放牧收益、灭鼠成本和灭鼠成效的影响, 牧羊年均放牧收益与布氏田鼠早春防治经济阈值呈反比关系。根据 2010 ~ 2012 年间的调查结果, 近年来布氏田鼠早春防治经济阈值的参考数值为 40 只/hm²。

关键词: 布氏田鼠; 鼠害防治; 化学防治; 经济阈值; 典型草原

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2013)04-521-05

Economical Thresholds of Brandt's Vole in the Typical Steppe in Inner Mongolia Grassland

SU Yong-Zhi^{①②} WAN Xin-Rong^② WANG Meng-Jun^② CHEN Wei^{①*}

DU Sen-Yun^③ WANG Jun^③ SARENGAOWA^③ YU Tao^④

① College of Life Science, Capital Normal University, Beijing 100048;

② State Key Lab of Integrated Management of Pest Insects & Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101; ③ Grassland Station of Dong Ujmčin Qi, Xilin Gol League, Inner Mongolia, Dong Ujmčin Qi 026300;

④ Agricultural Bureau of Dong Ujmčin Qi, Xilin Gol League, Inner Mongolia, Dong Ujmčin Qi 026300, China

Abstract: The economical threshold of Brandt's Vole (*Lasiopodomys brandtii*) was analyzed in the typical steppe in Inner Mongolia. Results showed that the economical threshold of vole fluctuated from 1995 to 2012. From 1995 to 2005, the economical threshold is 36.4, 48.8, 45.2, 39.6, 51.2, 51.7, 48.6, 47.2, 45.4, 40.8, and 40.1 voles per hectare, and from 2010 to 2012, the economical threshold is 41.8, 39.8, 38.7 voles per hectare respectively. The economical threshold of voles is mainly affected by two factors: the annual income to herd a sheep and the character of the population dynamic of voles in current year. The relationship of the annual income of sheep-herding and the economical threshold is inverse proportion. Based on the results from 2010 to 2012, the economical threshold of Brandt's Vole is about 40 individuals per hectare in recent years.

Key words: Brandt's Vole (*Lasiopodomys brandtii*); Pest rodent management; Lethal control; Economical threshold; Typical steppe

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30671380, 30971929), 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (No. 201203041);

* 通讯作者, E-mail: wlfeixiong@sohu.com;

第一作者介绍 苏永志, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学和动物行为学; E-mail: suyongzhihu@163.com。

收稿日期: 2013-02-01, **修回日期:** 2013-05-19

布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 为内蒙古典型草原区的主要害鼠, 其种群数量增长长期可严重危害牧草资源 (Zhong et al. 1999, Shi et al. 2002)。同时, 其挖掘活动也是加剧草场退化与沙化进程的重要因素之一, 有关该鼠鼠害的防治研究一直颇受重视 (武晓东 1990)。准确衡量布氏田鼠的危害程度, 对于制定有效的防治措施, 具有重要意义。

害鼠在草地上造成的危害大小, 一般与其种群密度直接相关 (施大钊等 2005, 王兴堂等 2009)。如果低于特定的密度, 防治费用的投资会低于灭鼠收益, 经济上得不偿失; 反过来, 如果超过这个密度而未实施灭鼠, 那么, 因其危害所导致的经济损失就会超过灭鼠投资。这个特定的密度, 即单位面积的防治费用与该密度条件下害鼠所造成牧草的损失价值相等时的密度, 即定义为鼠害防治经济阈值 (张知彬等 1998, 施大钊等 2009)。

关于我国草地鼠害经济阈值研究工作主要开始于 20 世纪 80 年代, 最早由孙崇潞等 (1986) 研究了新疆地区黄兔尾鼠 (*Lagurus luteus*) 的防治经济阈值。其后, 鼠害防治的经济阈值问题开始引起政府与研究人员的重视, 有关各地害鼠的工作相继开展 (杨学军等 2006, 徐满厚 2012)。近年来, 高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*)、高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*)、中华鼯鼠 (*M. fontanieri*)、长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 等一些重要草地害鼠的防治经济阈值均为研究人员所攻克 (张知彬等 1998)。

有关布氏田鼠对草原植被危害的研究已经有报导 (秦娇等 2009), 对于该鼠的防治研究已有研究报道 (罗泽珣等 1975), 钟文勤等 (1992) 在内蒙古地区开展了布氏田鼠防治经济阈值的研究。但由于研究年限已久, 20 年间有关布氏田鼠的鼠害防治经济阈值的基本参数已经发生了很多变化, 如在防治方法、防治药物、防治药效、防治人员工资和牧草价格牧羊受益方面等, 这些参数的变化也要求重新估算布氏田鼠的防治经济阈值以符合实际

情况。为此, 作者结合当前放牧模式的改变, 将布氏田鼠种群数量动态因素引入经济阈值估算模型, 使模型具有一定的预测能力, 以顺应新经济形式下鼠害治理工作需要。同时, 将布氏田鼠所造成的牧草损失直接与牧羊收益挂钩计算实际损失量, 避免对夏季鲜草估价所产生的计算偏差。

1 材料与方法

本项研究是于 1995 ~ 2012 年间在内蒙古锡林郭勒典型草原地区进行的。估算的基本思路如下: 通过比较布氏田鼠一年中所消耗的牧草量, 计算出每只布氏田鼠消耗 (或挤占) 了相当于维持多少只羊的牧草资源。然后, 通过每只牧羊年均存栏收益, 将布氏田鼠实际消耗的牧草量换算成经济单位; 进而建立在实际灭效情形下的灭鼠投资与挽回的经济损失之间的等式, 最终计算出布氏田鼠鼠害防治的经济阈值。模型主要涉及 5 个参数: (1) 牧羊年均放牧收益; (2) 牧羊年均牧草消耗量; (3) 5 月份每只布氏田鼠在全年中可能造成的牧草危害量; (4) 草原上大面积灭鼠的效率; (5) 草原上大面积灭鼠的成本。

在上述 5 个参数中, 牧羊年均放牧收益数据依照 1995 ~ 2012 年间在内蒙古锡林郭勒地区的牧民调查研究结果, 牧羊年均牧草消耗量参考汪诗平等 (1997) 在同一地区的研究结果; 草原上大面积灭鼠效率与成本数据则是参考锡林郭勒盟草原工作站、锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗草原工作站于 1995 ~ 2012 年间采用机械化大面积防治布氏田鼠鼠害的统计数据。下文将着重介绍布氏田鼠在全年中牧草危害量的估算方法。

1.1 布氏田鼠全年牧草危害量的估算 根据布氏田鼠对牧草资源危害方式的特点 (王桂明等 1992), 将其全年牧草危害量分解为 5 ~ 10 月份牧草消耗量 M_1 和越冬贮草消耗量 M_2 。由于布氏田鼠种群数量逐月变动, 经历 5 ~ 8 月份的繁殖期后种群数量增加数倍甚至十几倍。受布氏田鼠种群繁衍因素的影响 (Wan et al.

1999, Zhang et al. 2003), 5 月份每只布氏田鼠在全年中实际造成的牧草量危害量远远超过该个体本身在全年的牧草消耗量,换言之,布氏田鼠对牧草的危害量实际上存在一个放大效应。而这个效应需要结合布氏田鼠种群数量的动态特征来估算。

设 t 时刻布氏田鼠种群密度为 D_t , 5 月份布氏田鼠的密度为 D_5 , 10 月份的密度为 D_{10} ; 5 ~ 10 月份每只鼠日消耗牧草量为 Y (总量为 M_1), 10 月份每只鼠越冬贮草消耗量为 W 。若按每月 30.5 d 计算,可以得到:

$$M_1 = \frac{Y \times 30.5}{D_5} \times \int_{5月}^{10月} D_t \cdot dt \quad (1)$$

$$M_2 = W \times (D_{10}/D_5) \quad (2)$$

这样, 5 月份每只布氏田鼠, 经种群自然繁衍后在 1 年将要造成的牧草危害量 M 应为两者之和(宛新荣等 2001), 即: $M = M_1 + M_2$ 。

1.2 布氏田鼠鼠害防治经济阈值估算的原理

通过计算平均每只牧羊的年消耗牧草量 (M') 和 5 月份每只布氏田鼠在 1 年中所消耗的牧草量(包含放大效应), 就可以估算 5 月份每只鼠消耗或挤占了相当于维持多少只羊的牧草资源。结合各年度牧羊年均放牧收益 (I), 即可计算出 5 月份每只布氏田鼠在全年中将要造成的经济损失量 (X): $X = (M \times I) / M'$ 。

在此基础上, 结合实际灭鼠工作的灭效或者灭鼠率 (η), 就很容易计算出特定害鼠密度下的灭鼠所挽回的经济损失量(或灭鼠收益), 再通过计算单位面积的灭鼠成本 (C), 根据鼠害防治经济阈值的定义“灭鼠收益等于灭鼠成本条件下的害鼠种群密度”列出等式关系(张知彬等 1998), 计算出鼠害防治的经济阈值

(economical threshold, E), $C = E \times \eta \times X$ 整理得:

$$E = C / (\eta \times X) = (C \times M') / (\eta \times M \times I) \quad (3)。$$

2 结果与分析

2.1 每只布氏田鼠在全年中造成的牧草危害量估计 布氏田鼠的牧草消耗量分为两个部分: 即日食消耗量以及非取食性牧草消耗量。野外调查表明, 每只布氏田鼠在 5 ~ 10 月份每日平均消耗牧草量为 0.032 kg, 10 月份平均每只布氏田鼠贮草消耗量 (W) 为 0.75 kg(宛新荣等 2001)。结合各年度 5 ~ 10 月份布氏田鼠种群数量动态过程, 按公式(1)、(2)分别计算出 M_1 、 M_2 , 两者相加即得 M (表 1)。

从表 1 中可以得到, 布氏田鼠春夏秋危害量 $M_1 = 15.76$ kg, 冬季贮草危害量 $M_2 = 1.79$ kg, 全年累计危害量估计值 $M = 17.55$ kg。这个数据表明, 春季草场上每存在 1 只布氏田鼠, 将在全年中造成的新鲜牧草损失平均为 17.55 kg。这个数据已经包括田鼠种群正常消长而带来的损失变化量。2000 ~ 2012 年间的每只布氏田鼠全年的累计危害量估计值不再单独计算, 直接应用此参数数值。

2.2 其他参数的估算与调查结果 除了每只布氏田鼠在全年中可能造成的牧草危害量估计外, 鼠害经济阈值的估算还涉及其他 4 个参数, 即牧羊年均放牧收益 (I)、牧羊年均牧草消耗量 (M')、草原上大面积灭鼠的效率 (η) 和草原上大面积灭鼠的成本 (C)。

牧羊年均放牧收益 (I) 根据 1995 ~ 2005 年间对当地牧户的调查走访结果, 平均牧羊收益

表 1 1995 ~ 1999 年度平均每只布氏田鼠在全年中造成的牧草危害量(鲜重: kg)

Table 1 Estimation of annual mean fresh grass damage caused by *Lasiopodomys brandtii* (in fresh: kg)

		年份 Year					平均 Mean
		1995	1996	1997	1998	1999	
春夏秋危害量 M_1	Damages from spring to autumn M_1	19.03	14.98	20.74	14.27	9.76	15.76
冬季贮草危害量 M_2	Damage in winter M_2	2.25	1.22	3.00	1.73	0.75	1.79
全年累计危害量 M	Total damages M	21.28	16.20	23.74	16.00	10.51	17.55

分别为 86.3、64.3、69.4、79.2、61.3、93.0、99.0、102.0、106.0、118.0、120.0 元。另汪诗平等(1997)在同一地区的研究结果, 牧羊存栏 1 年平均消耗的牧草量折合成鲜重约为 2 080 kg ($M' = 2\,080\text{ kg}$)。而 1995 ~ 1999 年间春季每公顷灭鼠费用为 22.5 元 ($C = 22.5$ 元), 平均灭效为 85% ($\eta = 0.85$)。2000 ~ 2005 年间每公顷灭鼠费用为 34.5 元 ($C = 34.5$ 元), 平均灭效为 85% ($\eta = 0.85$)。2010 ~ 2012 年, 每公顷的灭鼠成本为 45 元。

2.3 1995 ~ 2005 年间布氏田鼠防治经济阈值

根据 M' 、 η 、 C 、 M 以及 I 的数值, 参照公式 (3), 计算出各年度布氏田鼠的防治经济阈值 (E) (表 2)。

2000 ~ 2005 年间每公顷灭鼠费用上涨较快, 达到 34.5 元 (即 $C = 34.5$ 元, 其中鼠药费用 30.0 元/hm², 投放费用 4.50 元/hm²), 同时平均牧羊年放牧收益也上升很快。2000 ~ 2003 年间, 由于牧羊收购价格的上涨, 牧羊收益逐年提高, 但由于灭鼠费用也相应增加 (主要是灭鼠药物换代, 价格上扬, 导致成本增加), 实际上田鼠防治的经济阈值没有变化多少。2004 ~

2005 年间由于牧业税的取消, 导致牧羊放牧收益有一个显著的增加。这些因素导致布氏田鼠防治经济阈值的下降。从 2010 ~ 2012 年的数据来看, 近年来, 布氏田鼠的早春防治经济阈值大致为 40 只/hm²。

3 讨 论

由于劳务工资、药物成本、调研费用上升等因素的影响, 单位面积的灭鼠成本已由 1987 年度的 11.25 元/hm² (钟文勤等 1992) 调整到 1995 年的 22.5 元/hm², 目前是 50.0 元/hm², 与此相对应, 牧羊存栏收益也逐渐上升。因此, 原先所估算的布氏田鼠鼠害防治经济阈值已很难适应新经济形式下鼠害防治工作的需要。本模型采用了最新的市场物价重新估算, 其估计结果无疑更具实用性。除了各项价格因素重新调整外, 新模型在估算方法上也有重大的改进。首先, 在估算 5 ~ 10 月份布氏田鼠所造成的牧草量危害量过程中, 引进各年度布氏田鼠种群数量动态特征的数据, 解决了由于害鼠数量动态特征的年度差异造成的估计偏差问题, 模型的预测功能有了很大的提高; 从 1995 ~ 2012 年

表 2 各年度布氏田鼠的防治经济阈值
Table 2 Economical threshold of *Lasiopodomys brandti* in each year

年份 Year	C	M	M'	η	I	E
1995	22.5	17.55	2 080	0.85	86.3	36.4
1996	22.5	17.55	2 080	0.85	64.3	48.8
1997	22.5	17.55	2 080	0.85	69.4	45.2
1998	22.5	17.55	2 080	0.85	39.6	39.6
1999	22.5	17.55	2 080	0.85	51.2	51.2
2000	34.5	17.55	2 080	0.85	93.0	51.7
2001	34.5	17.55	2 080	0.85	99.0	48.6
2002	34.5	17.55	2 080	0.85	102.0	47.2
2003	34.5	17.55	2 080	0.85	106.0	45.4
2004	34.5	17.55	2 080	0.85	118.0	40.8
2005	34.5	17.55	2 080	0.85	120.0	40.1
2010	45.0	17.55	2 080	0.85	150.0	41.83
2011	50.0	17.55	2 080	0.85	175.0	39.84
2012	50.0	17.55	2 080	0.85	180.0	38.73

C . 灭鼠的成本 (元); M . 年均牧草危害量 (kg); M' . 年均牧草消耗量 (kg); η . 灭鼠的效率; I . 牧羊年均放牧收益 (元); E . 防治经济阈值 (只/hm²) $E = C/(\eta \times X) = (C \times M')/(\eta \times M \times I)$ 。

C . Cost of deratization (yuan); M . Annual mean fresh grass damage (kg); M' . Annual mean fresh grass consumption (kg); η . Annual mean efficiency of deratization; I . Annual mean proceeds of graving (yuan); E . Economical threshold (per hm²) $E = C/(\eta \times X) = (C \times M')/(\eta \times M \times I)$ 。

间田鼠防治经济阈值估算结果来看,尽管经历了多次市场价格因素的调整,新模型所计算出来的布氏田鼠防治经济阈值大体很稳定,1995~2005年间,布氏田鼠鼠害防治的经济阈值在45只/hm²左右;而在2010~2012年间,布氏田鼠鼠害防治的经济阈值在40只/hm²。

可以看到,各年份间布氏田鼠防治经济阈值的数值具有一定的波动性,但总体上大致在40~50只/hm²之间波动。个别年份由于牧羊收购价格的变动造成经济阈值的短期波动。从经济阈值计算公式来分析,本文所使用的单位面积灭鼠成本(C)、灭效(η)以及每只牧羊年消耗牧草量(M')都为固定值,并将布氏田鼠年均牧草危害量 M 也视为常量。本文所使用的单位面积灭鼠成本(C)、灭效(η)在一定时间段内也大致稳定。因此经济阈值的大小主要取决于牧羊年均放牧收益 I 。

鼠害经济阈值与布氏田鼠年均牧草危害量 M 、牧羊年均放牧收益 I 成反比关系。从公式(1)、(2)上可以看到,如果从5月份开始,布氏田鼠种群数量激增将导致 M 的增加,相反,如果布氏田鼠种群数量出现崩溃,将导致 M 的减少。即布氏田鼠种群数量增长年份防治的经济阈值低、下降年份种群防治阈值高。因此如果能准确地预测田鼠动态规律,了解布氏田鼠种群数量中长期动态规律,也可以对经济阈值的估算进行调整,使之更符合实际情况。

此外,布氏田鼠种群动态特征的影响,具有一定的波动性。一般在田鼠数量上升年份,防治阈值下降,而在田鼠种群数量下降年份,防治阈值上升。这表明布氏田鼠的种群动态模式也在一定程度上影响鼠害防治的经济阈值。如果能准确地预测到田鼠当年的种群动态模式,对加强布氏田鼠鼠害的防治也具有一定的指导意义。

参 考 文 献

- Shi D Z, Wan X R, Davis S A, et al. 2002. Simulation of lethal control and fertility control in a demographic model for Bandt's vole (*Microtus brandti*). *Journal of Applied Ecology*, 39 (2): 337–348.
- Wan X R, Zhong W Q, Wang M J, et al. 1999. The social

structure and mating system of Brandt's vole (*Microtus brandti*) // Zhang Z B, Hinds L, Singleton G, et al. *Rodent Biology and Management*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 117–118.

Zhong W Q, Wang M J, Wan X R. 1999. Ecological management of Brandt's vole (*Microtus brandti*) in Inner Mongolia, China // Singleton G R, Hinds L A, Leirs H. *Ecological-Based Rodent Management*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 199–214.

Zhang Z Z, Pech R, Davis S, et al. 2003. Extrinsic and intrinsic factors determine the eruptive dynamics of Brandt's voles (*Microtus brandti*) in Inner Mongolia, China. *Oikos*, 100 (2): 299–310.

罗泽珣,郝守身,梁志安,等. 1975. 呼伦贝尔草原有关布氏田鼠防治方面的某些生物学研究. *动物学报*, 21(1): 51–61.

秦姣,员旭疆,苏红田,等. 2009. 模拟条件下布氏田鼠对草原植被的作用 I——植被生物量的影响. *草业科学*, 26 (6): 140–145.

施大钊,郭永旺,苏红田. 2009. 农牧业鼠害及控制进展. *中国媒介生物学及控制杂志*, 20(6): 499–501.

施大钊,员旭疆. 2005. 改进草原鼠虫害预警系统的管理. *草地学报*, 13(1): 71–74.

孙崇璐,郝守身,范福来,等. 1986. 黄兔尾鼠防治中经济阈值的探讨. *动物学报*, 32(1): 86–91.

宛新荣,王广和,钟文勤. 2001. 布氏田鼠非取食性牧草消耗量的测定. *生态学杂志*, 20(4): 76–78.

汪诗平,李永宏. 1997. 不同放牧率和放牧时期绵羊粪便中各化学成分变化及与所食牧草各成分间的关系. *动物营养学报*, 9(2): 47–54.

王桂明,周庆强,钟文勤,等. 1992. 布氏田鼠 (*Microtus brandti*) 的食性. *兽类学报*, 12(1): 57–64.

王兴堂,花立民,苏军虎,等. 2009. 高原鼠兔的经济损害水平及防治指标研究. *草业学报*, 18(6): 198–203.

武晓东. 1990. 布氏田鼠种群生态研究. *兽类学报*, 10(1): 54–59.

徐满厚,刘彤,姜莉. 2012. 古尔班通古特沙漠南部梭梭鼠害特征及防治生态阈值研究. *干旱区资源与环境*, 26(6): 126–133.

杨学军,韩崇选,李继光,等. 2006. 固原退耕还林区经济林木甘肃鼯鼠防治经济阈值研究. *林业科学*, 42(9): 74–78.

张知彬,王祖望. 1998. 农业重要害鼠的生态学及控制对策. 北京: 海洋出版社, 209–220.

钟文勤,周庆强,王广和,等. 1992. 布氏田鼠对草场产草量的危害及防治阈值的研究 // 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. *草原生态系统研究: 第4集*. 北京: 科学出版, 191–198.