

两种新型方法防治高原鼯鼠的比较研究

张同作^{1,3}, 雷晓水², 崔庆虎^{1,3}, 巨海兰², 郭德卿², 苏建平¹

(1. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 青海省大通县森防站, 青海 大通 810100;
3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 利用窒息灭鼠弹和灭鼠雷两种新型地下鼠防治方法对高原鼯鼠 (*M yospalax baileyi*) 进行防治。结果表明: 灭鼠雷的灭鼠率 (86.65%) 高于窒息灭鼠弹灭鼠率 (59.64%), 两种方法灭鼠效果差异显著 ($F = 96.47, P < 0.01$); 两种方法的春季灭鼠率 (87.84% 和 60.39%) 均高于秋季灭鼠率 (85.45% 和 58.89%); 两种方法在退耕地、幼林地和撂荒地的平均灭鼠率 (66.30%) 高于灌丛和次生林中的平均灭鼠率 (49.65%)。结论是灭鼠雷比窒息灭鼠弹更适于防治高原鼯鼠, 两种方法春季防治优于秋季, 在造林时间较短的幼林地效果更好。

关键词: 窒息灭鼠弹; 灭鼠雷; 防治; 高原鼯鼠

中图分类号: S764.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2007)01-0102-04

Efficiency Comparison of Two New Methods of Controlling Plateau Zokor

ZHANG Tong-zuo^{1,3}, LEI Xiao-shui², CUI Qing-hu^{1,3}, JU Hai-lan², GUO De-qing², SU Jian-ping¹

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810001, China;

2. Forest Pest Management and Quarantine Station of Datong County in Qinghai Province, Datong, Qinghai 810100, China;

3. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The actual effects of controlling plateau zokor were compared with two new measures of choke bomb of rodent control (CBRC) and mine of rodent control (MRC) in forests between spring and autumn in 2002. The results showed that the lethal efficiency of CBRC and MRC were 59.64% and 86.65% respectively. It was obvious that MRC was better method in controlling plateau zokor than CBRC with higher lethal efficiency with significant differences in lethal efficiencies ($F = 96.47, P < 0.01$). The lethal efficiency of CBRC and MRC in spring were 87.84% and 60.39% higher than those in autumn (85.45% and 58.89%), as well as average lethal efficiency (66.30%) in grain for grass area, young forest area and secondary forest were higher than the average value (49.65%) in shrub and wasteland. It is suggested that the MRC had higher efficiency than CBRC. The optimal using season of these two methods should be selected in spring and the optimal forest type was young forest.

Key words: choke bomb of rodent control (CBRC); mine of rodent control (MRC); prevention and cure; *M yospalax baileyi*

随着近年来退耕还林还草生态工程的普遍实施,人工林面积不断扩大,青海省林区地下鼠害普遍发生,甚至许多地方已猖獗成灾,地下害鼠的防治已成为当前林业生产中亟待解决的问题之一^[1,2]。林业生产中地下鼠的防治主要使用两种方法,一是使用化学灭鼠剂进行灭杀^[3~8],二是利用人工地箭进行物理捕杀^[9~11]。然而,化学药剂灭鼠存在诸多不足^[12,13],在灭鼠的同时,给生态环境带来的负面效应一直难以解决。而弓箭法效率低下,对草皮的破

坏比较严重。为此,探索新的高效灭鼠方法已成为当前地下鼠防治中的一项重要任务。

高原鼯鼠 (*M yospalax baileyi*) 春、秋两季为活动高峰期,3月中旬至5月上旬,土壤解冻,禾草、杂草正在萌芽或刚刚出土,鼯鼠经过一冬的体力消耗,开始掘洞觅食,追逐异性,交配怀孕,是一年中鼯鼠活动危害的第一个高峰期;封冻前,8月中旬至10月上旬,秋作物成熟,鼯鼠拉运食物,贮存冬粮,是一年中鼯鼠活动危害的第二个高峰期^[14,15]。2002年春

收稿日期: 2006-04-10 修回日期: 2006-07-03

基金项目: 中国科学院、中央组织部“西部之光”人才培养计划资助项目 (110980150)

作者简介: 张同作 (1972-), 男, 甘肃武威人, 博士研究生, 从事鼠害治理与生态学研究。

* 通讯作者: 苏建平。

秋季在青海大通县运用窒息灭鼠弹和灭鼠雷在高原鼯鼠活动的两个高峰季节选择不同的林地和宜林地类型进行防治试验,检验两种方法的防治效果,比较它们灭鼠效率的差异,分析它们适灭的林地类型,为窒息灭鼠弹和灭鼠雷在林业生产中的推广应用提供真实有效的依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验所用窒息灭鼠弹和灭鼠雷是中国兵器工业第 213 研究所研制的最新灭鼠产品,为首批生产。窒息灭鼠弹是利用军事烟火技术,结合生物、化学等方面的知识,利用药剂反应后产生大量窒息性气体和活性微粒,在高温下吸收鼠洞内氧气,使鼯鼠很快窒息死亡。该弹释放的窒息性气体化学性质稳定,在鼠洞内不易失效^[16]。

灭鼠雷是利用鼯鼠怕光、怕风,看见有打开的洞口就去堵洞的习性,把装有适量爆炸物的“雷”置于挖开的洞口内,连接上触发装置,当鼯鼠来堵洞时,触动触发器而被炸死,它采用的火药燃速较低,属于爆炸级水平,而且产品之间不会殉爆。

1.2 方法

2002 年,在大通全县林区选择高原鼯鼠相对高密度分布的退耕(还林还草)地、幼林地、灌丛、撂荒地、次生林 5 种林地或宜林地类型进行试验研究。试验在春、秋两季分别进行。春季选择在 4 月下旬至 5 月上旬进行,秋季则选择在 9 月下旬至 10 月中旬进行。

1.2.1 窒息灭鼠弹防治方法 春、秋两季在 5 种林地类型中分别选取面积为 1 hm² 的 3 个样方,利用开洞堵洞法准确判别样方中有效洞口数,解剖鼠道,点燃投弹,然后完全的封闭洞口。投放 1 周后再次检查有效洞口数量,以有效洞口数代表活动鼯鼠的相对数量。其灭鼠率(%) = (投放前活动数 - 投放后活动数) / 投放前活动数

1.2.2 灭鼠雷防治方法 春、秋时节在 5 种林地类型中分别进行灭鼠雷效果检验实验。在高原鼯鼠重度发生区分别选择面积为 1 hm² 的 3 个样方,利用开洞堵洞法准确判定样方中有效洞口数,在每个有效洞口设置 1 个灭鼠雷,24 h 后观察鼯鼠踩雷情况,计数灭鼠雷击发及当场灭鼠数量,将灭鼠雷已击发但并无死鼠的洞口封堵,24 h 后继续观察开洞情况,以灭后开洞数作为鼯鼠的现存量,不开洞者则认为该鼠击发逃离后死亡。灭鼠率(%) = 当场灭鼠数 + (击发后逃离数 - 存活数) / 踩雷数

1.3 统计分析

所有统计分析均在 SPSS12.0 统计软件进行。用 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 检验样本的正态分布性,用 One-Way ANOVA 分析单种灭鼠方法同一季节不同林型灭鼠率差异,用同种方法检验相同季节不同方法灭鼠效率差异。用 Hierarchical Cluster Analysis 分析不同林地灭鼠效果的相近程度。所有统计分析中: n = 样本数, $s.e.$ = 标准误, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 窒息灭鼠弹灭鼠率

窒息灭鼠弹在 5 种林地中春、秋两季的平均灭鼠率分别为 60.39% ($s.e. = 2.95\%$, $n = 15$) 和 58.89% ($s.e. = 3.21\%$, $n = 15$), 平均灭鼠率为 59.64% ($s.e. = 2.14\%$, $n = 30$)。尽管春、秋两季的灭鼠率不存在显著差异 ($F = 0.119$, $P > 0.05$), 但春季灭鼠率略高于秋季灭鼠率。One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 表明样本符合正态分布。One-Way ANOVA 分析结果为: 春季, 在所有林地中的灭鼠率不存在显著差异 ($F = 2.80$, $P > 0.05$), 但在退耕地和次生林以及幼林地和次生林却均存在显著差异 ($P < 0.05$)。秋季, 在所有样地中的灭鼠率存在极显著差异 ($F = 6.87$, $P < 0.01$), 尤其以退耕地和灌丛 ($P < 0.05$), 退耕地和次生林 ($P < 0.01$), 幼林地和次生林 ($P < 0.05$), 撂荒地和灌丛 ($P < 0.05$), 撂荒地和次生林 ($P < 0.01$) 的差异最为显著 (图 1)。

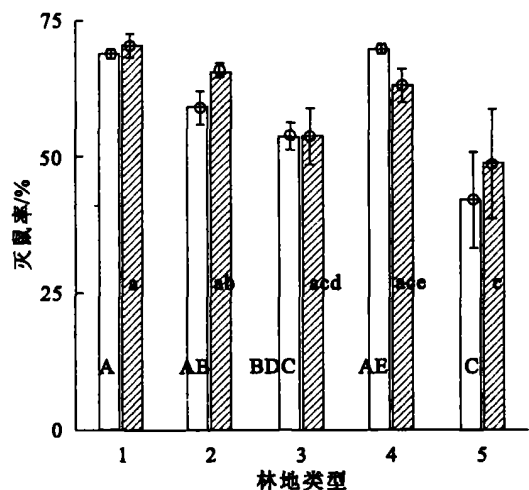


图 1 窒息灭鼠弹春、秋两季在不同林地中的灭鼠率

Fig 1 The efficiency of controlling plateau zokor with CBRC in spring and autumn

1 - 退耕地, 2 - 幼林地, 3 - 灌丛, 4 - 撂荒地, 5 - 次生林; - 春季, - 秋季; 有相同字母者表示灭鼠率差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 灭鼠雷灭鼠率

灭鼠雷在 5 种林地中春、秋两季的平均灭鼠率

分别为 87.84% ($se = 2.44\%$, $n = 15$)和 85.45% ($se = 2.46\%$, $n = 15$),平均灭鼠率为 86.65% ($se = 1.72\%$, $n = 30$)。尽管春、秋两季的灭鼠率不存在显著差异 ($F = 0.472$, $P > 0.05$),但春季灭鼠率略高于秋季灭鼠率。所有样本均符合标准正态分布。Noe-way ANOVA 分析表明,春季灭鼠率在所有样地中均存在极显著差异 ($F = 21.20$, $P < 0.01$),具体地讲,灌丛和退耕地、幼林地、撂荒地和次生林中的防治率均存在显著差异 ($P < 0.01$),次生林和退耕地、幼林地、撂荒地、灌丛中的灭鼠率也都存在显著差异 ($P < 0.01$),而退耕地与幼林地、撂荒地三者间互不存在显著差异 ($P > 0.05$)。秋季灭鼠率在所有样地中也存在显著差异 ($F = 4.61$, $P < 0.05$),尤其以退耕地和次生林 ($P < 0.01$)、幼林地和次生林 ($P < 0.05$)、撂荒地和次生林 ($P < 0.01$)的差异最为显著,而在退耕地和幼林地 ($P > 0.05$)、退耕地和灌丛 ($P > 0.05$)、幼林地和撂荒地 ($P > 0.05$)、幼林地和灌丛 ($P > 0.05$)、幼林地和撂荒地 ($P > 0.05$)以及灌丛和撂荒地 ($P > 0.05$)上的灭鼠效率却不存在显著差异 (图 2)。

2.3 窒息灭鼠弹和灭鼠雷同一季节灭鼠效果

窒息灭鼠弹和灭鼠雷春季的灭鼠率存在极显著差异 ($F = 51.39$, $P < 0.01$),灭鼠雷在春季的灭鼠效

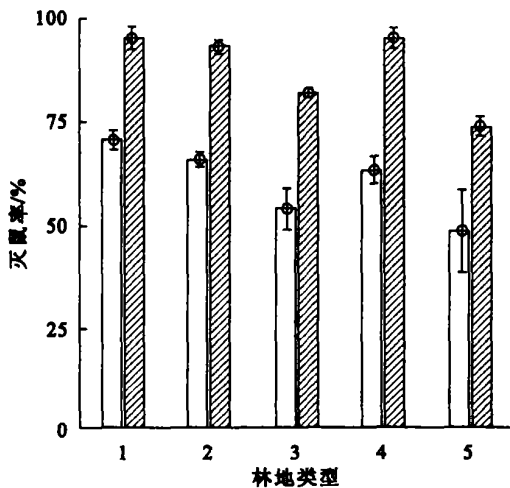


图 3 窒息灭鼠弹和灭鼠雷春季灭鼠率比较
Fig 3 The efficiency of controlling plateau zokor with CBRC and MRC in spring

1 - 退耕地, 2 - 幼林地, 3 - 灌丛, 4 - 撂荒地, 5 - 次生林; ▨ - 灭鼠雷, □ - 窒息灭鼠弹

2.4 聚类分析

窒息灭鼠弹灭鼠率聚类分析的结果表明:退耕地、撂荒地和幼林地灭鼠效果比较相近,聚为一类,其平均灭鼠率为 66.30% ($se = 1.23\%$, $n = 18$);而灌丛和次生林的灭鼠率最为接近,聚为另一类,其平均值为 49.65% ($se = 3.43\%$, $n = 12$) (图 5)。

果明显高于窒息灭鼠弹灭鼠效果;秋季,灭鼠率也存在极显著差异 ($F = 43.09$, $P < 0.01$),灭鼠雷的灭鼠率远大于窒息灭鼠弹灭鼠率 (图 3, 4)。两种方法在全年的灭鼠率存在极显著的差异 ($F = 96.47$, $P < 0.01$),灭鼠雷的灭鼠率远高于窒息灭鼠弹。

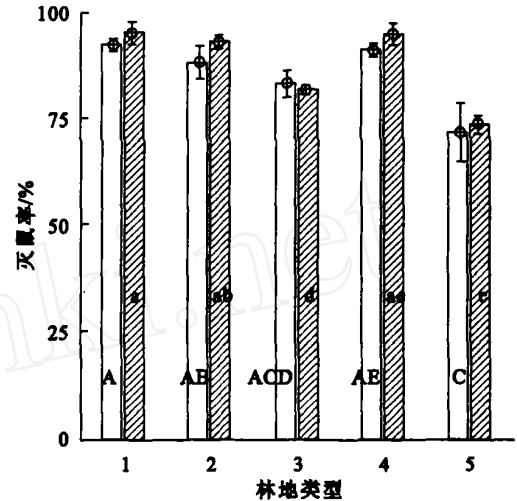


图 2 灭鼠雷春、秋两季在不同样地中的灭鼠率
Fig 2 The efficiency of controlling plateau zokor with MRC in spring and autumn

1 - 退耕地, 2 - 幼林地, 3 - 灌丛, 4 - 撂荒地, 5 - 次生林; ▨ - 春季, ▩ - 秋季; 有相同字母者表示灭鼠率差异不显著 ($P > 0.05$)

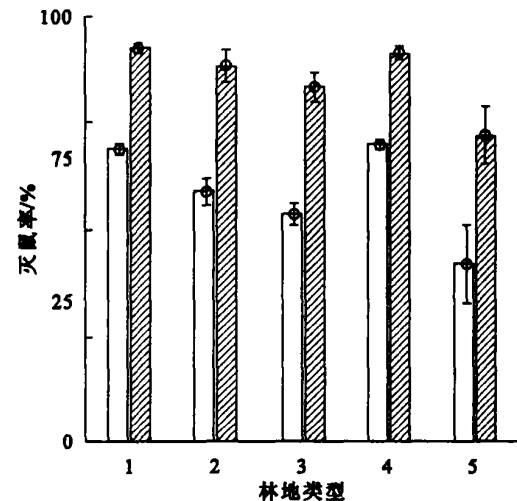


图 4 窒息灭鼠弹和灭鼠雷秋季灭鼠率比较
Fig 4 The efficiency of controlling plateau zokor with CBRC and MRC in autumn

这两类之间差异极为显著 ($F = 27.68$, $P < 0.01$)。

灭鼠雷灭鼠率聚类分析的结果同窒息灭鼠弹分析结果基本一致,即退耕地、撂荒地和幼林地灭鼠效果比较相近,聚为一类,其平均灭鼠率为 92.58% ($se = 1.00\%$, $n = 18$);灌丛和次生林的灭鼠率最为接近,聚为另一类,其平均值为 77.74% ($se =$

2. 25%, $n = 12$) (图 6), 两类之间差异极为显著 ($F = 45.52, P < 0.01$)。

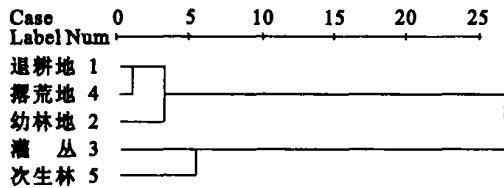


图 5 窒息灭鼠弹不同林地灭鼠效果聚类图

Fig 5 Clustering chart on efficiency of controlling plateau zokor with CBRC

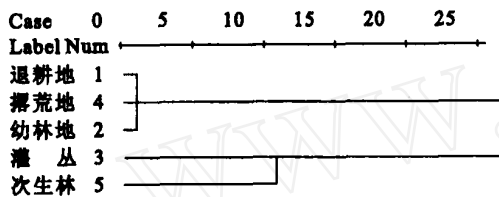


图 6 灭鼠雷不同林地灭鼠效果聚类图

Fig 6 Clustering chart on efficiency of controlling plateau zokor with MRC

3 结论与讨论

3.1 窒息灭鼠弹和灭鼠雷具有推广价值

从操作原理分析,窒息灭鼠弹和灭鼠雷与生产上长期使用的弓箭捕获法均属物理防治方法,但这两种方法具有操作相对简单,易携带,对草皮破坏小的优点。与化学药物防治相比,这两种方法具有不留任何有害残余物,不造成二次中毒,不环境污染且对天敌生物无危害等优点。因此,它们具有一定的推广应用价值。

3.2 春季灭鼠优于秋季

研究表明尽管窒息灭鼠弹春、秋季灭鼠率不存在显著差异,但春季灭鼠率高于秋季灭鼠率。而灭鼠雷两个季节的灭鼠率存在显著的差异,春季灭鼠率远高于秋季灭鼠率。这种春季灭鼠率高于秋季灭鼠率的特性可能是由高原鼯鼠不同季节活动强度不同所造成。春季时候,高原鼯鼠经过一个冬季的消耗,其洞内贮存的食物已消耗殆尽,其体能极大的下降。因此在春季土地解冻之后,它迅速而频繁地出外取食,借以补充体能并得以迅速恢复。而这个时候它能够摄取的食物非常有限,这就迫使高原鼯鼠必须通过更频繁的活动和更长距离的移动来达到目的,因此,它被灭杀的几率就更大。另外,因为春季正值高原鼯鼠繁殖高峰期,它们追逐异性、交配等一系列的繁殖行为必然增加它们的活动量,因而导致它们被灭杀。而在秋季时节,高原鼯鼠的繁殖活

动已全部结束,体能也得到最大限度的恢复和发展,此时外界食物丰富,它们的活动必然减少,因此被灭杀的几率大大下降。因此,在实际生产中,防治高原鼯鼠的季节应以春季为先。

3.3 灭鼠雷防治效果优于窒息灭鼠弹

灭鼠雷的灭鼠率 (86.65%) 远高于窒息灭鼠弹灭鼠率 (59.64%); 这表明,在高原鼯鼠的防治中,灭鼠雷比窒息灭鼠弹更加有效。已知灭鼠雷结构简单,操作简单易学,其安置直接在有效洞口进行,可避免防鼠的盲目性,只要设置适当,其击发率可以达到 88.60%,灭鼠率达到 86.65%。且灭鼠后当场就可见到死亡害鼠,效果相当直观,有利推广。而窒息灭鼠弹防治存在以下不足: 1) 由于地下鼠对异味和气压气流特别敏感,能够识别不同种、不同性别和异物等的化学信号^[17~21]。灭鼠弹点燃投放后不但其烟雾有异味,而且瞬间改变洞道内的气压,这就促使鼯鼠迅速堵洞,使烟雾无法接近害鼠,从而无法达到目的或效果下降。2) 灭鼠弹的烟雾在洞道内长期有异味,如果当时不能致死,就会迫使害鼠弃穴迁移。3) 地下鼠洞道结构复杂,纵横交错,洞内塌方堵洞现象严重,防后见不到死鼠,因此其防效不能精确定论,需要考虑交叉因素的影响,效果不明显。

3.4 窒息灭鼠弹和灭鼠雷适灭生境类型

图 5 和 6 表明了一种相同的趋势: 使用两种方法防治高原鼯鼠的效果可以划分为两种类型,一类灭鼠率较高,分别为退耕地、撂荒地和幼林地; 另一类防治效果较差,由灌丛和次生林组成。已知次生林和灌丛植物根系发达,对地面造成的缝隙过多,当用窒息灭鼠弹进行灭鼠时,烟雾不易保存,在鼠洞内长距离流通时会通过过多的缝隙而散布于外,造成灭鼠效率的下降。当然,也因为次生林和灌丛中植物茂密、植物根系发达造成土壤地底较为疏松,不利灭鼠雷的设置,从而导致其灭鼠效率低下。而退耕地和撂荒地中因树木相对较小和根系并不发达的原因而避免了这些不利因素的存在,使其间的捕获率大大提高。撂荒地属于宜林类型,没有树木及根系的存在,自然其捕获率相对较高。

参考文献:

- [1] 张同作, 苏建平, 冯俊义, 等. 退耕还林还草地鼠类调查及控制对策研究 [J]. 草业科学, 2005, 22 (4): 83-87.
- [2] 赵丰钰, 冯俊义. 青藏高原退耕还林 (草) 地鼠害防治技术研究 [J]. 中国森林病虫, 2003, 22 (5): 17-19.
- [3] 陈孝达, 张学武, 胡忠朗, 等. 溴敌隆加增效剂防治林区鼯鼠试验 [J]. 兽类学报, 2002, 22 (1): 39-45.

(下转第 108 页)

醇提取液的毒性大于丙酮提取液的毒性,且两者毒性均较强,具有开发的潜力。

3 结论与讨论

本研究比较了皂荚乙醇和丙酮提取物的杀鼠活性。其中,小鼠对皂荚乙醇提取液的耐药量大于 $1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,小于 $4.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。乙醇提取液对小鼠的致死中量 $LD_{50} = 2.2098$;小鼠对丙酮提取液的耐药量大于 $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,小于 $6.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。丙酮提取液对小鼠的致死中量 $LD_{50} = 3.5201$ 。证明皂荚两种提取物均具有明显的杀鼠活性,皂荚乙醇和丙酮提取物中杀鼠化合物的浓度较高或杀鼠化合物的活性较强。根据相似相溶的原理,可以初步判定,皂荚中含有可以溶于乙醇或丙酮的杀鼠活性物质。但从对小鼠的致死速度来分析,皂荚乙醇和丙酮提取液中不仅存在着杀鼠化合物的浓度差异或杀鼠化合物的活性不同,而且还可能存在着作用机理不尽相同的杀鼠活性成分。

皂荚是广泛分布于我国的资源植物,很少受有害生物的危害,本研究对其皂荚的乙醇和丙酮提取物的杀鼠活性进行了初步的筛选,同时确定了皂荚的乙醇和丙酮提取物具有较强的杀鼠活性,为下一步分离和提纯杀鼠活性成分提供了线索,也为皂荚作为植物源灭鼠剂的开发提供了依据。

参考文献:

- [1] 韩崇选,张宏利,杨学军,等. 利用植物控制害鼠的应用研究现状及展望[J]. 西北农业学报,2004,13(3):89-92
- [2] 张宏利,韩崇选,杨学军,等. 我国植物源灭鼠剂的研究及应用[J]. 西北林学院学报,2005,20(4):129-132
- [3] 李端,周立刚,姜微波,等. 皂荚提取物对植物病原菌的抑制作用[J]. 植物病理学报,2005,35(6):86-89
- [4] 蒋建新,张卫明,朱莉伟,等. 我国皂荚资源的化学利用[J]. 中国野生植物资源,2003,22(6):9-10
- [5] 邵金良,袁唯,皂荚的功能作用及其研究进展[J]. 食品研究与开发,2005,26(2):48-51
- [6] 梁静谊,安鑫南,蒋建新,等. 皂荚化学组成的研究[J]. 中国野生植物资源,2003,22(3):44-46
- [7] 胡国化编著. 功能性食品胶[M]. 北京:化学工业出版社,2003:74-77
- [8] 邵金良,袁唯,董文明,等. 皂荚的功能成分及其综合利用[J]. 中国食物与营养,2005,(4):23
- [9] 张宏利,韩崇选,杨学军,等. 皂荚化学成分及杀鼠活性初步研究[J]. 西北农业学报,2005,14(4):117-120
- [10] 陈晓岚,廖新成,韩伟诚,等. 皂角皂甙元成分的提取和结构鉴定[J]. 郑州大学学报(自然科学版),2000,32(3):76-77
- [11] 陆益,扬帆,梁宁生,等. 茶多酚毒理学试验研究[J]. 广西医科大学学报,2005,22(6):831-832
- [12] 张宏利,韩崇选,杨清娥,等. 苦参碱的提取分离及对小鼠的毒性研究[J]. 西北植物学报,2005,25(8):1649-1652
- [13] 张宏利,卜书海,韩崇选,等. 鼠害及其防治方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(增):167-172
- [14] 韩崇选. 农林啮齿动物灾害环境修复与安全诊断[M]. 陕西杨陵:西北农林科技大学出版社,2004:543-560
- [1] 韩崇选,张宏利,杨学军,等. 利用植物控制害鼠的应用研究现状
- [4] 樊乃昌,景增春,王权业,等. 溴敌隆防治高原鼠兔和高原鼯鼠的研究[J]. 兽类学报,1986,6(3):211-217
- [5] 王廷正,李金钢. 药物防治甘肃鼯鼠的试验研究[J]. 陕西师范大学学报,1991,19(增):87-89
- [6] 刘仁华. 毒鼠磷防治东北鼯鼠试验研究[J]. 兽类学报,1989,9(2):154-156
- [7] 田金权. 毒鼠磷灭杀森林害鼠的研究[J]. 东北林业大学学报,1988,16(3):75-79
- [8] 张明,洪杰,武奇,杨殿林. 磷化锌、氯敌鼠钠盐与胡萝卜、元葱搅拌毒饵杀鼯鼠试验[J]. 内蒙古草业,2001,(1):13-14
- [9] 张元山,张治胜,刘全仁. 九箭捕捉鼯鼠技术[J]. 中国森林病虫害,2003,22(6):33-34
- [10] 张志海. 一种捕打鼯鼠的工具 弹簧箭[J]. 植物保护,1987,(1):48
- [11] 姚国龙,曹川健,晁建勇,等. 高效弓箭捕杀鼯鼠技术[J]. 中国森林病虫害,2004,23(4):40-41
- [12] 张桂林,姜志宽. 毒鼠强的危害及中毒处理与预防对策[J]. 中华卫生杀虫药械,2003,9(4):4-5
- [13] 胡龙阳,何雪萍. 家猫溴敌隆鼠药二重中毒的救治[J]. 福建畜牧兽医,1999,(4):39
- [14] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海经济动物志[M]. 西宁:青海人民出版社,1989:681-682
- [15] 祁永忠. 高原鼯鼠发生规律及防治技术[J]. 植保技术与推广,1994,(5):7-8
- [16] 孙定国. 窒息灭鼠弹研究[J]. 火工品,1996,(2):44-46
- [17] 李金钢,王廷正,赵新全. 甘肃鼯鼠粪尿气味对侵占行为的影响[J]. 动物学报,2003,49(5):682-686
- [18] Heth G, Nevo E, Todrank J. Seasonal changes in urinary odors and in responses to them by blind subterranean mole rats[J]. Physiology and Behavior, 1996a, 60: 963-968
- [19] Heth G, Beauchamp G K, Nevo E, Yamazaki K. Species, population and individual specific odors on urine of mole rats (*Spalax ehrenbergi*) detected by laboratory rats[J]. Chemoecology, 1996b, (7): 107-111.
- [20] Heth G, Todrank J. Patterns of urination of a blind subterranean rodent, *Spalax ehrenbergi*[J]. Ethology, 1997, 103: 138-148
- [21] Todrank J, Heth G. Individual odours in two chromosomal species of blind, subterranean mole rat (*Spalax ehrenbergi*): conspecific and crossspecies discrimination[J]. Ethology, 1996, 102: 806-811.

(上接第 105 页)