

吉林长白山北坡天然林鼠害调查

娄昆^{1,2}, 施玉华^{1,2}, 张义锋^{1,2}, 朴正吉³, 肖治术⁴, 路纪琪^{1,2},
ALFRED M Sichilima⁵, 王振龙^{1,2*}

(1. 郑州大学生命科学学院, 郑州 450001; 2. 郑州大学生物多样性与生态学研究所, 郑州 450001; 3. 长白山科学研究所, 吉林延边 133613; 4. 中国科学院动物研究所, 农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101; 5. Department of Biological Sciences, School of Mathematics & Natural Sciences, Copperbelt University, P. O. Box 21692, Kitwe, Zambia)

摘要: 吉林省长白山北坡天然林是我国重要的红松 *Pinus koraiensis* 种源基地, 近年鼠害严重。2015 年 4—6 月、9—10 月, 在阔叶林、针阔混交林、针叶林、暗针叶林及岳桦 *Betula ermanii* 林中调查鼠害发生情况, 统计危害发生的树种和部位, 并在危害发生林型中采用笼捕法和陷阱法调查鼠类的组成。结果表明: 1) 鼠害主要发生在春季海拔 800~1 100 m 的针阔混交林; 2) 受害树种主要为椴树 *Tilia tuan* (3.61% ± 1.05%)、假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (3.00% ± 0.63%)、红松 (1.73% ± 0.31%)、色木槭 *A. mono* (1.28% ± 0.14%) 等重要经济林木, 受害部位主要集中于林木基部 (58.90%) 和裸露根部 (37.99%); 3) 长白山北坡林区春季鼠类捕获率较高, 秋季较低; 4) 捕获的主要鼠种为棕背鼯 *Myodes rufocanus*、朝鲜姬鼠 *Apodemus peninsulae* 和红背鼯 *M. rutilus*, 陷阱法对棕背鼯的捕获率远高于笼捕法, 但对朝鲜姬鼠和红背鼯的捕获率较笼捕法低。

关键词: 长白山北坡天然林; 针阔混交林; 鼠害; 笼捕法; 陷阱法

中图分类号: Q959.837; Q958.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7083(2017)03-0341-05

Investigation on the Pest Rodent of Natural Forest in the North Slope of Mt. Changbaishan

LOU Kun^{1,2}, SHI Yuhua^{1,2}, ZHANG Yifeng^{1,2}, PIAO Zhengji³, XIAO Zhishu⁴, LU Jiqi^{1,2},
ALFRED M Sichilima⁵, WANG Zhenlong^{1,2*}

(1. School of Life Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Institute of Biodiversity and Ecology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Changbai Mountain Academy of Science, Yanbian, Jilin Province 133613, China; 4. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents in Agriculture, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 5. Department of Biological Sciences, School of Mathematics & Natural Sciences, Copperbelt University, P. O. Box 21692, Kitwe, Zambia)

Abstract: The north slope of Mt. Changbaishan natural forest is an important Korean pine (*Pinus koraiensis*) provenance base of China. However, in recent years, this pine plantation has been seriously infested with pest rodents. In this study, field survey was conducted from April to June, and September to October 2015 to investigate the scale and criteria of tree damage in 5 types of forests including: the broad-leaved forest, coniferous and broad-leaved mixed forest, coniferous forest, dark coniferous forest and Yuehua (*Betula ermanii*) forest. In addition, we also surveyed twice in damage forest type to justify the composition and density of rodents using the bucket trap and live-cage trap in spring and autumn. The results showed that: 1) pest rodents only occurred in coniferous and broad-leaved mixed forest during spring at the altitude of 800~1 100 m; 2) the damage percentages of trees species were markedly observed on local and economically-valued trees such as *Tilia tuan* (3.61% ± 1.05%), *Acer pseudo-sieboldianum* (3.00% ± 0.63%), *Pinus koraiensis* (1.73% ± 0.31%) and *A. mono* (1.28% ± 0.14%), etc. Moreover, these damages mostly happened on stem base (58.90%) and bare root (37.99%) of the trees. 3) the rodent capture rate was higher in the north slope of Mt. Changbaishan forest area in spring, but lower in autumn. 4) most of captured rodent species were *Myodes rufocanus*, *Apodemus peninsulae* and *M. rutilus*. Bucket trap was fit for capturing *M. rufocanus*, while live-cage trap could be used to capture *A. peninsulae* and *M. rutilus*.

Keywords: the north slope of Mt. Changbaishan natural forest; coniferous and broad-leaved mixed forest; pest rodent; live-cage trap; bucket trap

收稿日期: 2016-12-02 接受日期: 2017-03-14

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2012BAD19B00)

作者简介: 娄昆 (1986—), 男, 硕士研究生, 主要从事生态学、动物学研究, E-mail: loukweixue@126.com

* 通信作者 Corresponding author, 教授, E-mail: wzl@zzu.edu.cn

森林鼠害的发生与多种因素有关,如食物(Hansson,1979)、树皮化学组成(Hansson,1991,1992)、栖息环境(Hansson,1992;Hansson *et al.*,2000)、雪被(Hansson,2002;Sullivan & Sullivan,2008)、鼠类密度(Marta *et al.*,2012)等,其中栖息地改变和食物缺乏是鼠害爆发的常见诱因(Hansson,2002)。鼠类危害林木的主要方式有搜集巢材、觅食、磨牙、繁殖示好等(蔡红霞,2002),不同地区、不同鼠种危害的类型往往不同。

森林鼠类常啃食树木表皮形成层,破坏水分和营养运输组织,导致树木死亡。对森林鼠害防治已有较多研究,主要防治方法包括:1)物理防治,如利用地箭、弓形铗、弓箭、鼠铗等器械,开展人工灭鼠(连培华,2008)。此类方法效果明显,但时间、人力、物力耗费较大;2)化学防治,包括各种化学杀鼠剂,如磷化锌类、杀鼠醚类等。此类方法操作简单、见效快,但易产生耐药性、药效不稳定、易受环境条件影响、污染环境、破坏生态平衡等,风险较高;3)生物防治,利用害鼠的天敌、寄生性病原微生物或生物毒素等控制鼠类种群数量。天敌控制虽能起到一定作用,但控制效果具有滞后性。微生物或生物毒素控制效果较快,但致病力的特异性较强,仅对特定鼠种有作用,且受环境温度、光照、降雨量等因素影响较大(刘少英等,1998;杨学军等,2002);4)生态防治,多为以营林为基础的综合治理措施(舒凤梅等,1995),属于预防性治理,对已发生的鼠害防治效果较差(连培华,2008)。可见,不同方法均有其优缺点,适用的条件不同,在鼠害防治时,应根据当地环境、鼠种、发生时间、危害类型等采取合适的方法进行防治。

长白山地区天然林是我国重要的红松 *Pinus koraiensis* 种源基地,鼠害时有发生,对当地的生态平衡和可持续发展构成严重威胁(连培华,2008)。鼠类大量取食林木种子或幼苗,造成林区种子数量急剧下降、幼苗建成率低,最终导致森林更新能力减弱(张宏利等,2003)。除此之外,有些鼠种啃食树皮、树根、树枝、嫩芽等,造成林木生长缓慢、病虫害增加、死亡率增加(姚圣忠,2005)。因此,对长白山天然林区鼠类的构成和鼠害发生的特征进行综合分析,并展开防治探索,是林区管理和保护的现实需要。

从 20 世纪 50 年代开始,科研人员先后对东北红松直播防鼠害、东北林区采伐迹地鼠类区系、鼠类种群数量变动趋势及主要害鼠的种群年龄结构等进

行了研究(寿振黄等,1958)。近年来,对地势、森林类型、郁闭度、区系演替、垂直分布规律等与鼠害发生的关系进行了研究(杨春文等,1996;刘少英等,1998;金建丽等,2003)。然而对吉林省长白山北坡天然林的鼠害调查及防治鲜有报道,本研究采用随机抽样法对鼠害发生情况进行调查,采用笼捕法和陷阱法对鼠类进行调查,并对 2 种方法的捕获效果进行比较,为当地天然林鼠害控制提供理论指导和技术参考。

1 研究地区概况

吉林长白山国家级自然保护区(127°09' ~ 128°55'E,41°31' ~ 42°28'N)面积约 19 万 hm^2 ,海拔 500 ~ 2 700 m,属温带大陆性山地气候,年均降水量 700 ~ 1 300 mm,年均气温 -2.3 ~ 3.8℃,冬季漫长寒冷,积雪期 199 ~ 219 d(王晓雨等,2015)。

2 研究方法

2.1 样地的选择

依托中国科学院沈阳应用生态研究所建立的森林固定监测样点(曹伟,李媛媛,2008;陈坤,2015),选择 5 种不同的林型作为研究样地,依次为阔叶林(700 ~ 1 000 m)、针阔混交林(800 ~ 1 100 m)、针叶林(1 100 ~ 1 400 m)、暗针叶林(1 100 ~ 1 800 m)及岳桦 *Betula ermanii* 林(1 700 ~ 2 100 m),每个林型随机设置 2 个样方,样方面积均为 1 hm^2 (100 m × 100 m),进行危害率、危害部位及危害程度调查。另外,在鼠害发生严重的针阔混交林内设置 2 个笼捕样方,面积均为 1 hm^2 ;3 个陷阱样方,面积均为 0.09 hm^2 (30 m × 30 m),分别用笼捕法和陷阱法进行害鼠防治实验。

2.2 危害率调查

记录样方内林木(胸径大于 1 cm)受危害情况,按照树种分别计算危害率,即危害率(%) = 危害株数/调查样方的总株数(董岚等,2009)。春、秋各调查 1 次,每次对发生的危害进行标记,避免重复计算。

2.3 林木不同部位危害程度调查

在每个样方内,依据危害情况将植株主要分为 4 部分:树冠、1 m 以上树干、基部(1 m 以下树干)和地面裸露根部,分别测定各部位危害发生程度。

2.4 鼠类调查

在春季(2015 年 4—6 月)和秋季(2015 年 9—

10月)各进行1次,在针阔混交林的对应样方内设置陷阱和活捕笼调查鼠类数量。记录鼠种、性别、体质量、头体长、尾长和繁殖情况等,并计算2种方法的捕获率。

笼捕法:在每个笼捕样方7×7布设活捕笼(30 cm×13.5 cm×12 cm),笼间距约16 m,共设置49个捕鼠笼。笼捕样方间距70~80 m。以花生作诱饵,活捕笼共放置3 d,前2 d机关关闭,第3天开启机关,第4天查看捕获情况。

陷阱法:在每个陷阱样方3×3布设陷阱,陷阱间距10 m,共设置9个陷阱。陷阱样方间距70~80 m。陷阱为圆形塑料桶(高20.4 cm,上、下直径分别为21.9 cm和15.4 cm)。陷阱上口缘略低于或与地面齐平,并用泥土填充陷阱周围空隙,用落叶覆盖周围新土以保持原状,桶内加水3~4 cm,防止捕获物逃脱或相互残杀。下午布设陷阱,次日清晨检查捕获情况,连捕3 d。

2.5 数据分析

对样方中受危害林木、未危害林木以及捕获的鼠类进行汇总,计算危害率、危害比例、危害程度、相对危害程度、捕获率。危害比例(%)=受害的某种林木数量/样方中总受害林木的数量;危害程度(cm²/hm²)=单位林地面积内某种林木某一部位的啃食面积之和;相对危害程度(%)=受害的某种林木某一部位的啃食面积之和/受害总林木同一部位啃食总面积;捕获率(%)=捕获的鼠类数量/样方中捕获装置总数量。其中危害率、危害程度及捕获率以 Mean ± SE 表示。

3 结果

3.1 危害情况

经过2015年春季(4—6月)和秋季(9—10月)的2次调查,仅春季在针阔混交林中有鼠害发生,单位面积内危害株数为116.50株/hm²,其他林型在春、秋两季均未发生鼠害(表1)。

表1 春季和秋季鼠类危害调查
Table 1 The rodents damage in spring and autumn

林型 Forest type	海拔 Altitude/m	单位面积危害株数 Damage amount/(株/hm ²)	
		春季 Spring	秋季 Autumn
阔叶林	700~1 000	0.00	0.00
针阔混交林	800~1 100	116.50 ± 13.50	0.00
针叶林	1 100~1 400	0.00	0.00
暗针叶林	1 100~1 800	0.00	0.00
岳桦林	1 800~2 100	0.00	0.00

3.2 受害树种

在针阔混交林内,鼠类主要危害乔木,危害比例为98.71%(230/233),少量灌木,为1.29%(3/233);危害率较高的树种为椴树 *Tilia tuan* (3.61% ± 1.05%)、假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (3.00% ± 0.63%)、红松 (1.73% ± 0.31%)、色木槭 *A. mono* (1.28% ± 0.14%)等重要经济林木,其中危害比例依次为椴树(29.81%)、假色槭(24.77%)、红松(14.29%)及色木槭(10.57%)(表2)。

表2 鼠类对针阔混交林主要树种的危害
Table 2 The rodent damage of different tree species in coniferous and broad-leaved mixed forest

树种 Species	危害率 Damage rate/%	危害比例 Hazard ratio/%
椴树 <i>Tilia tuan</i>	3.61 ± 1.05	29.81
假色槭 <i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	3.00 ± 0.63	24.77
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	1.73 ± 0.31	14.29
色木槭 <i>Acer mono</i>	1.28 ± 0.14	10.57
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	0.63 ± 0.16	5.20
三花槭 <i>Acer triflorum</i>	0.55 ± 0.36	4.54
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	0.48 ± 0.20	3.96
水曲柳 <i>Fraxinus manschurica</i>	0.21 ± 0.02	1.73
黄檗 <i>Phellodendron amurense</i>	0.20 ± 0.09	1.65
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	0.14 ± 0.14	1.16
白牛槭 <i>Acer mandshuricum</i>	0.12 ± 0.12	0.99
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i>	0.10 ± 0.01	0.83
香杨 <i>Populus koreana</i>	0.06 ± 0.06	0.50
合计	12.11 ± 3.29	100

3.3 危害部位与程度

鼠类对林木的主要危害部位是根部和树基(图1),对椴树根部的危害程度为1 577.52 cm²/hm² ± 1 330.26 cm²/hm²,相对危害程度为10.04%;对假色槭根部的危害程度为1 158.07 cm²/hm² ± 164.78 cm²/hm²,相对危害程度为7.37%;对红松根部的危害程度为8 693.43 cm²/hm² ± 6 450.11 cm²/hm²,相对危害程度为55.33%;对色木槭根部的危害程度为1 113.67 cm²/hm² ± 500.57 cm²/hm²,相对危害程度为7.09%。对椴树基部的危害程度为4 999.52 cm²/hm² ± 674.11 cm²/hm²,相对危害程度为20.42%;对假色槭基部的危害程度为3 190.11 cm²/hm² ± 1 302.94 cm²/hm²,相对危害程度为13.03%;对红松基部的危害程度为14 633.93 cm²/hm² ± 8 618.34 cm²/hm²,相对危害程度为59.77%;对色木槭基部的危害程度为867.46 cm²/hm² ± 300.41 cm²/hm²,相对危害程度为3.54%。

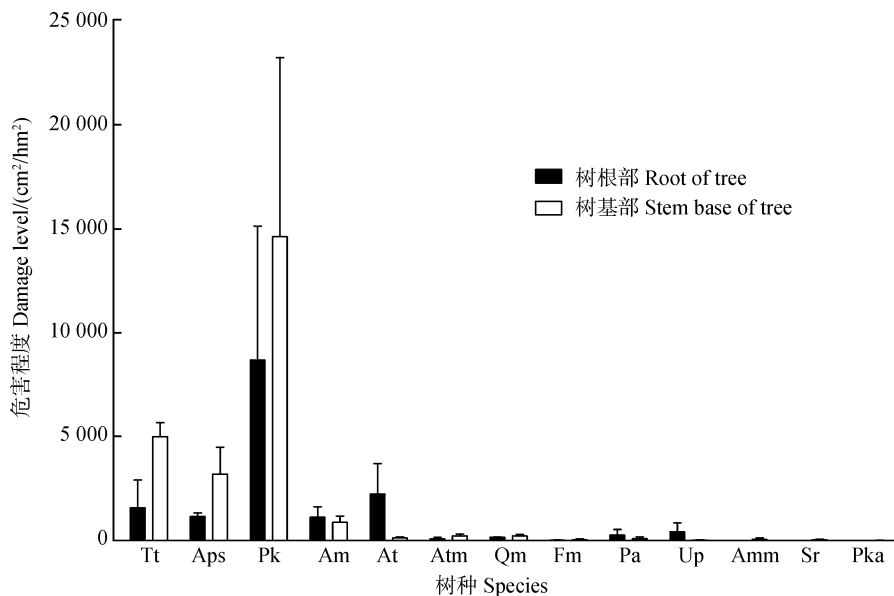


图 1 林木根部和基部的受害程度

Fig. 1 The damage level of root and stem base of tree

Tt. 椴树 *Tilia tuan*, Aps. 假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum*, Pk. 红松 *Pinus koraiensis*, Am. 色木槭 *Acer mono*, At. 青楷槭 *Acer tegmentosum*, Atm. 三花槭 *Acer triflorum*, Qm. 蒙古栎 *Quercus mongolica*, Fm. 水曲柳 *Fraxinus mandschurica*, Pa. 黄檗 *Phellodendron amurense*, Up. 榆树 *Ulmus pumila*, Amm. 白牛槭 *Acer mandshuricum*, Sr. 暴马丁香 *Syringa reticulata*, Pka. 香杨 *Populus koreana*。

3.4 害鼠数量调查

2015 年春季(4—6 月)和秋季(9—10 月)在针阔混交林内捕获鼠类 143 只。陷阱法和笼捕法对不同鼠种的捕获率季节间差异较大,春季,陷阱法对棕背鼯 *Myodes rufocanus*、朝鲜姬鼠 *Apodemus peninsulae*、红背鼯 *M. rutilus* 的捕获率分别为 113.58%、6.17%、0.00%,笼捕法对三者的捕获率分别为

15.31%、8.16%、6.12%;秋季,陷阱法对棕背鼯、朝鲜姬鼠、红背鼯的捕获率分别为 8.64%、1.23%、1.23%,笼捕法对三者的捕获率分别为 4.08%、3.06%、1.02%(表 3)。

4 讨论

野外调查发现,长白山北坡天然林区鼠害主要

表 3 春季和秋季鼠类捕获率
Table 3 The capture rates of rodents in spring and autumn

	春季 Spring			秋季 Autumn		
	棕背鼯 <i>Myodes rufocanus</i>	朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	红背鼯 <i>M. rutilus</i>	棕背鼯 <i>M. rufocanus</i>	朝鲜姬鼠 <i>A. peninsulae</i>	红背鼯 <i>M. rutilus</i>
陷阱法的捕获率/%	113.58 ± 6.17	6.17 ± 4.45	0.00 ± 0.00	8.64 ± 4.45	1.23 ± 1.23	1.23 ± 1.23
笼捕法的捕获率/%	15.31 ± 7.15	8.16 ± 4.08	6.12 ± 4.08	4.08 ± 2.04	3.06 ± 1.02	1.02 ± 1.02

发生在针阔混交林,主要受害树种为红松、椴树及槭树等重要经济林木,危害发生在林木基部及裸露根部,棕背鼯为该林区的主要害鼠,且陷阱法对棕背鼯的捕获率比笼捕法高。

鼠类对林木的危害存在一定的物种差异(赵恒刚等,2004),红松、樟子松 *Pinus sylvestris* 等是鼠类危害的常见针叶树种(连培华,2008),然而,有些鼠种偏好阔叶树种(Marta et al., 2012),如欧鼯 *M. glareolus*喜啃食小叶椴 *Tilia cordata*(Pigott, 1985)。长白山北坡天然林主要受害树种为红松、椴树及槭树等重要经济林木,且受害的树种主要分布

在针阔混交林,在阔叶林、针叶林、暗针叶林及岳桦林等少有分布,可见,鼠类对不同林型、不同树种的危害有较大差异(Zbigniew,2007)。

鼠类对林木的危害方式多种多样,如搜集巢材、磨牙、觅食等(蔡红霞,2002)。本地区鼠类的危害形式主要为觅食剥啃,早春在针阔混交林中发现,啃食痕迹主要集中在林木基部或地面裸露根部,而对一定高度的树干和树冠部位危害较轻,地面落枝也有啃食现象,偶尔发现个别灌木或小树枝头也有啃食痕迹。这可能与自然环境条件、鼠类生活习性有关,棕背鼯、红背鼯多在地面活动,朝鲜姬鼠除地面

活动外,还在小树或灌木上活动,加之长白山冬季漫长寒冷,积雪期很长,在积雪层厚、水源充足的林区内,鼠害发生的概率较高(侯坤龙,1995)。另有研究表明,食物缺乏和分布不均也是鼠害发生的常见诱因(董岚,2009)。从危害率看,虽然红松危害率不高,但危害面积最大,可能与红松树皮中化学成分有关。有研究表明,树皮中次生物质含量低、糖含量高的树种更容易遭受鼠类危害(刘少英等,2002)。

调查显示,长白山针阔混交林内的主要鼠种为棕背鼯、朝鲜姬鼠、红背鼯,其中棕背鼯在数量上占优势,与以往的研究结果一致,棕背鼯为当地优势鼠种且为北方林区主要害鼠,危害程度与其数量有直接关系(舒凤梅等,1975;杨春文等,1994)。鼠害的防治方法主要有化学防治、生物防治、物理防治等(Newsome,1990;侯坤龙等,1995;张宏利等,2003)。本研究对物理防治的2种方法进行评估和比较,结果表明,陷阱法对目标鼠种棕背鼯的捕获率优于笼捕法,在捕获朝鲜姬鼠上,陷阱法秋季捕获率远低于春季。因此,在进行鼠类数量控制和鼠害防治时,应区分不同季节、不同鼠种,采取合适的方法,以最小的投入取得最大的防治效果。

致谢:本调查得到了吉林长白山森林生态系统国家野外科学观测研究站及长白山自然保护中心等单位同志们的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献:

蔡红霞. 2002. 洪雅人工林赤腹松鼠的种群生态和其对林木危害的研究[D]. 成都: 四川大学.
曹伟, 李媛媛. 2008. 中国长白山植物区系的垂直分布格局[J]. 北京林业大学学报, 30(4): 53-58.
陈坤. 2015. 长白山天然林区鼠类对林木的危害及其对种子更新的影响[D]. 郑州: 郑州大学.
董岚, 纪岷, 徐玮, 等. 2009. 人工林赤腹松鼠危害与繁殖关系的初步研究[J]. 四川动物, 28(2): 197-201.
侯坤龙, 于滨丽, 来建华. 1995. 黑龙江省森林鼠害发生及防治对策[J]. 森林病虫害通讯, 4: 43-45.
金建丽, 杨春文, 张广臣. 2003. 长白山林区棕背鼯秋季种群数量的预测[J]. 兽类学报, 23(1): 85-88.
连培华. 2008. 武夷山市竹林鼠害发生及防治对策[J]. 福建林业科技, 35(3): 223-231.
刘少英, 冉江洪, 林强, 等. 2002. 四川省人工林鼠害危害原因分析[J]. 林业科学研究, 15(5): 614-619.

刘少英, 冉江洪, 赵定全. 1998. 我国森林鼠害及其防治[J]. 四川动物, 17(1): 21-23.
寿振黄, 王战, 夏武平, 等. 1958. 红松直播防鼠害之研究报告[R]. 北京: 科学出版社: 257-258.
舒凤梅, 杨可兴, 郭明仁, 等. 1975. 伊春林区鼠害与测报意见[J]. 动物学报, 21(1): 9-17.
舒凤梅, 李奇, 孙浩然, 等. 1995. 林木鼠害综合治理的依据和对策[J]. 林业科技通讯, (5): 12-13.
王晓雨, 于大炮, 周莉, 等. 2015. 长白山北坡林线岳桦种群空间分布格局[J]. 生态学报, 35(1): 116-124.
杨春文, 张春美, 单玉祥, 等. 1994. 长白山林区鼠类垂直分布与防治对策[J]. 森林病虫害通讯, (2): 40-42.
杨春文, 张春美, 张广臣, 等. 1996. 长白山地林区棕背鼯种群数量分布及变动的研究[J]. 森林病虫害通讯, (3): 9-11.
杨学军, 韩崇选, 王明春, 等. 2002. 生物措施在林业鼠害治理中的作用[J]. 西北林学院学报, 17(3): 58-62.
姚圣忠, 胡德夫, 周娜, 等. 2005. 我国森林啮齿动物的发生及防控措施研究现状[J]. 中国森林病虫害, 24(5): 22-26.
张宏利, 卜书海, 韩崇选, 等. 2003. 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), 31: 167-172.
赵恒刚, 毕华明, 国志锋, 等. 2004. 我国森林鼠害研究概况[J]. 河北林果研究, 19(2): 193-200.
Hansson L, Jedrzejewska B, Jedrzejewski W. 2000. Regional differences in dynamics of bank vole populations in Europe [J]. Polish Journal of Ecology, 48: 163-177.
Hansson L. 1979. Food as a limiting factor for small rodent numbers - tests of two hypotheses [J]. Oecologia, 37(3): 297-314.
Hansson L. 1991. Bark consumption by voles in relation to mineral contents [J]. Journal of Chemical Ecology, 17(4): 735-743.
Hansson L. 1992. Vole densities and consumption of bark in relation to soil type and bark mineral content [J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 7: 229-235.
Hansson L. 2002. Dynamics and trophic interactions of small rodents: landscape or regional effects on spatial variation? [J]. Oecologia, 130(2): 259-266.
Marta H, Josef B, Eva J, et al. 2012. Rodent damage to natural and replanted mountain forest regeneration [J]. The Scientific World Journal, 2012: 872536. DOI: 10.1100/2012/872536.
Newsome AE. 1990. The control of vertebrate pests by vertebrate predation [J]. Tree, 5(6): 187-191.
Pigott CD. 1985. Selective damage to tree-seedlings by bank voles (*Myodes glareolus*) [J]. Oecologia, 67(3): 367-371.
Sullivan TP, Sullivan DS. 2008. Vole-feeding damage and forest plantation protection: large-scale application of diversionsary food to reduce damage to newly planted trees [J]. Crop Protection, 27(3): 775-784.
Zbigniew B. 2007. Damage caused by rodents in polish forests [J]. International Journal of Pest Management, 53(4): 303-310.