

啮齿动物和鸟类对红松种子的消耗^{*}

姚晓琳^{1,2} 朴正吉³ 李步杭^{1,2} 张健^{1,2} 王绪高¹ 叶吉^{1,2} 郝占庆^{1*}

(¹中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016 ²中国科学院研究生院, 北京 100049 ³吉林省长白山科学研究院, 吉林安图 133613)

摘要 2006—2007年在长白山相同海拔的阔叶红松林和白桦林样地内研究了啮齿动物和鸟类对红松球果种子的消耗情况. 结果表明: 阔叶红松林中啮齿动物对红松球果种子的消耗量明显大于鸟类 ($P < 0.01$), 而白桦林中鸟类的消耗量明显大于啮齿动物 ($P < 0.01$); 两林型中啮齿动物的总消耗量明显大于鸟类, 二者差异极显著 ($P < 0.01$). 啮齿动物对阔叶红松林中埋藏种子的消耗量显著多于白桦林, 两林型中啮齿动物对埋藏种子的消耗量均随埋藏深度的增加而减少.

关键词 红松 啮齿动物 鸟类 种子消耗

文章编号 1001-9332(2008)08-1759-05 **中图分类号** Q58.1 **文献标识码** A

Pinus koraiensis seed consumption by rodents and birds. YAO Xiaolin², PIAO Zhengji, LI Buhang², ZHANG Jian², WANG Xugao, YE Ji², HAO Zhanqing (¹Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; ²Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; ³Changbaishan Academy of Sciences, Antu 133613, Jilin, China). -Chin J Appl Ecol, 2008, 19(8): 1759-1763.

Abstract An investigation from 2006 to 2007 was made on the Pinus koraiensis seed consumption by rodents and birds in the broad-leaved P. koraiensis mixed forest and birch forest at the same altitude in Changbai Mountains. The results showed that in broad-leaved P. koraiensis mixed forest, rodents consumed more pinecone seeds than birds, while in birch forest, birds did more than rodents. In the two forests, the total number of pinecone seeds consumed by rodents was significantly higher than that consumed by birds ($P < 0.01$). In addition, rodents consumed more embedded seeds in broad-leaved P. koraiensis mixed forest than in birch forest, and the consumption amount in the two forests decreased with increasing embedded depth.

Key words Pinus koraiensis; rodents; birds; seed consumption

在自然界中, 大部分树木都是靠种子库来实现种群更新. 种子从离开母体到幼苗建成的过程中始终受到动物活动的影响^[1], 其中由动物捕食种子而引起的种子死亡率影响着植物的种群结构及群落的物种组成^[2-4], 进而不同程度地影响植物种群的更新. 红松 (Pinus koraiensis) 是我国东北地区阔叶红松林中的优势树种, 其种子的特点是: 1) 红松球果大, 种子在球果内有种鳞包裹, 成熟后种子不脱落, 球果

落地后种子也不会从中散出; 2) 具有深休眠性, 自然条件下, 成熟的种子要在第3年春季才能大量萌发^[5]. 陶大立等^[6]的研究结果表明, 自然状态下, 埋藏于枯落物下的红松球果中的种子多数已经腐烂或者丧失发芽能力, 如果没有动物的帮助, 红松自身很难完成种子扩散, 实现天然更新. 红松种子是啮齿动物、鸟类及一些大型兽类的重要食物资源, 其中以啮齿动物和鸟类为主^[5]. 多年来, 动物与红松天然更新的关系受到许多学者的关注^[5-8], 如开展了有关松鼠 (Sciurus vulgaris) 和星鸦 (Nucifraga cybacea) 对红松种子的消耗与传播^[9], 以及星鸦的贮食行为及松鼠对贮食生境的选择^[10-11]等研究, 但这些研

*国家自然科学基金项目 (30570306)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-430) 和国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (2006BAD03A09).

**通讯作者, E-mail: hzq@iae.ac.cn

2007-12-18 收稿, 2008-06-03 接受.

究主要集中在动物消耗、传播及贮藏种子的行为方面,而有关动物对红松种子消耗量的研究则较少见。为此,本文在长白山自然保护区阔叶红松林和白桦林内调查分析了啮齿动物和鸟类对红松种子的消耗量及其差异,旨在深入研究啮齿动物和鸟类对红松种源的影响,为生态管理提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究地位于长白山国家级自然保护区北坡的阔叶红松林带(42°23'N, 128°05'E),海拔800 m;该地区属于温带季风大陆性山地气候,年平均气温3.6℃,最冷月(1月)平均气温-15.6℃,最热月(7月)平均气温19.7℃,年平均降水量700 mm。本试验选择阔叶红松林和白桦林两种林型进行,阔叶红松林中的主要树种为红松、紫椴(*Tilia amurensis*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)和水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)等,林下少见红松幼苗;白桦林中的主要树种为白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)和色木槭(*Acer mono*)等,林下多见红松幼苗及幼树。该地区分布的啮齿动物主要有松鼠、花鼠(*Eutamias sibiricus*)、大林姬鼠(*Apodemus speciosus*)、棕背鼠平(*Clethrionomys rutilus*)、红背鼠平(*Clethrionomys rutilus*)等,鸟类主要有星鸦、普通鵙(*Sitta europaea*)、红交嘴雀(*Loxia curvirostra*)和黑啄木鸟(*Dryocopus martius*)等^[12]。

1.2 研究方法

1.2.1 样带设置 在阔叶红松林和白桦林内分别各选取两块样地,每块样地内分别设置两条长150 m的样带,每条样带上每隔10 m设置1个红松球果放置样点。

1.2.2 地表种子消耗试验 2006年10月下旬,选取成熟完整、大小均匀的红松球果若干,将红松球果按以下3种处理方式放置于样带上:1)啮齿动物消耗种子试验,将网眼为0.5 m×0.5 m的铁丝网截成50 m×50 m×50 m的铁丝笼固定于地表,在铁丝笼的侧面分别开设2个5 m×5 m的方形小口,以便啮齿动物进入;2)鸟类消耗种子试验,在林中设置高1 m的30 m×30 m的托盘,供鸟类直接消耗;3)对照处理,将红松球果直接放置于地表,供啮齿动物、鸟类以及其他动物如獾子和孢子等取食。每条样带上3种处理方式相互间隔,每个处理上放置2枚球果(每个球果上系有标签,便于调查,并将地

表的枯落物清除)。每个处理20个重复。在选取的红松球果中随机抽取30个样本,统计平均一个红松球果包含的种子数。红松球果放置后的第2天开始调查,记录球果上种子的缺失数量(包括动物就地取食和搬运数量,以下均称为消耗量)、地表的种壳数量以及地表完整的种子数量,并在记录后将地表的种壳清理干净,便于下次调查,调查连续进行8 d。
1.2.3 埋藏种子消耗试验 2006年11月初,选取成熟无虫蛀的红松球果,将种子从球果中取出,从中挑选成熟饱满的种子,沿样带将种子按4种深度进行埋藏:直接放置于地表,距离地表2.5和10 m,并均覆盖地被物恢复原状。埋藏时将这4种深度的埋藏点作为1组,每个深度之间间隔2 m;每组埋藏点间的间距为10 m;每个埋藏点埋藏10粒种子。阔叶红松林中共设45组(每个深度45个重复,共计180个埋藏点);白桦林中共设30组(每个深度30个重复,共计120个埋藏点),并于2007年春季对这些埋藏点进行调查,记录种子的剩余量以及残留的种壳数。

1.3 数据处理

采用SPSS 13.0对所得数据进行统计分析,用Kruskal-Wallis检验不同处理红松球果的种子缺失量和不同埋藏深度种子消耗量之间的差异,使用Microsoft Excel作图。

2 结果与分析

2.1 不同林型地表红松球果种子消耗情况

经计算,1个红松球果中平均含有 136.2 ± 5.2 粒种子。由此推算,阔叶红松林和白桦林中地表放置的红松球果的种子量均为16320粒。由表1可以看出,在阔叶红松林中,啮齿动物消耗的红松种子量明显多于鸟类的消耗量,二者之间差异极显著($P < 0.01$);对照处理的种子消耗量明显多于鸟类的消耗量,二者之间差异显著($P = 0.045$);啮齿动物与对照处理的种子消耗量之间差异不显著($P = 0.226$)。啮齿动物对种子的消耗要明显快于鸟类(图1A)。

表1 不同林型红松球果种子消耗情况(粒)

Tab 1 Statistic of seed consumption in pinecone in different forests (grains, mean±SD, n=20)

林型 Forest type	鸟类 Birds	啮齿动物 Rodents	对照处理 Open treatment
A	30.80±5.3	168.25±24.4	126.05±25.9
B	27.35±2.8	10.45±2.9	11.00±2.4

A 阔叶红松林 Broad-leaved P. koraiensis mixed forest; B 白桦林 Birch forest 下同 The same below

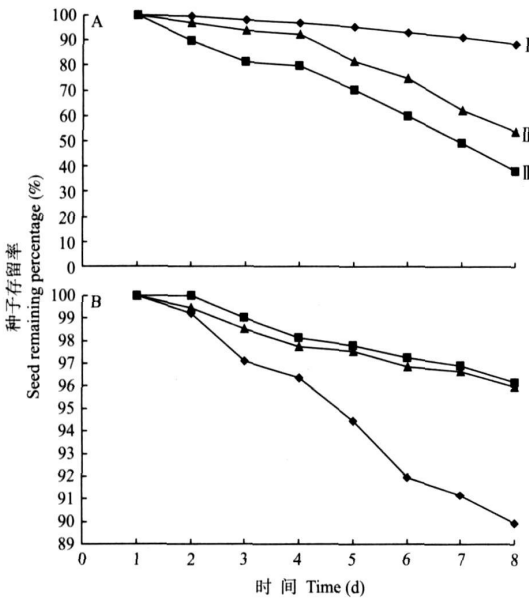


图 1 阔叶红松林 (A) 和白桦林 (B) 中红松球果种子存留动态
 Fig. 1 Survival dynamics of seeds in pinecone in broad-leaved *P. korajensis* mixed forest (A) and birch forest (B).
 I: 鸟类 Birds II: 啮齿动物 Rodents III: 对照 Control 下同 The same below

白桦林中 3 种处理的红松球果种子消耗量之间差异很大, 其中鸟类的消耗量明显多于啮齿动物, 且差异极显著 ($P < 0.01$); 而对照处理与啮齿动物消耗量间的差异并不显著 ($P = 0.445$). 鸟类对种子的

表 3 不同林型埋藏种子消耗情况

Tab. 3 Consumption of embedded seeds in different forests

林型 Forest type	埋藏种子总量 Number of burial seeds (grains)	种子剩余总量 Number of residual seeds (grains)	就地取食量 Number of seeds eaten in situ (grains)	就地取食率 Eaten in situ rate (%)	搬运量 Number of moved seeds (grains)	搬运率 Moved rate (%)	总消耗量 Number of consumption seeds (grains)	消耗率 Consumption rate (%)
A	1800	1300	47	2.61	453	25.17	500	27.78
B	1200	1002	32	2.67	166	13.83	198	16.50

由图 2 可以看出, 阔叶红松林中不同埋藏深度种子的消耗量存在显著差异 ($P = 0.002$), 其中直接放置于地表的种子消耗量最多 (245 粒), 其与埋藏深度为 2 cm 的种子消耗量差异显著 ($P = 0.046$), 与其他两种埋藏深度的种子的消耗量差异极显著 ($P < 0.01$); 而白桦林中各个埋藏深度之间种子的消耗量差异虽不显著 ($P = 0.511$), 但不同埋藏深度种子的消耗量表现为随埋藏深度的增加而逐渐减少. 直接放置于地表的种子的消耗量在两种林型间差异显著 ($P = 0.006$), 其中阔叶林中的消耗量明显多于白桦林, 而其他埋藏深度种子的消耗量在两种林型间均无显著差异. 两种林型中的种子消耗量均

表 2 不同林型种子的消耗率和日消耗率

Tab. 2 Seed consumption rate and daily seed consumption rate in different forests

林型 Forest type	种子数 Number of seeds (grains)	调查时间 Observed time (d)	种子消耗率 Seed consumption rate (%)	种子日消耗率 Daily seed consumption rate (%)
A	16320	7	39.84	5.69 ± 0.914
B	16320	7	5.98	0.85 ± 0.131

消耗明显快于啮齿动物 (图 1 B).

在阔叶红松林和白桦林中, 啮齿动物对种子的消耗量存在显著差异 ($P < 0.01$), 鸟类的消耗量差异不显著 ($P = 0.404$). 两个林型中种子总的消耗量之间差异显著 ($P < 0.01$), 且阔叶红松林中的种子消耗量 (6502 粒) 明显多于白桦林 (976 粒), 同时, 阔叶红松林中种子的消耗率和日消耗率均高于白桦林 (表 2).

2.2 不同林型埋藏种子消耗情况

由表 3 可以看出, 两个林型中啮齿动物对埋藏的种子的搬运率均高于就地取食率, 即啮齿动物只就地取食少量的种子, 而将大部分种子搬走, 这有助于种子扩散. 阔叶红松林中啮齿动物对埋藏的种子的消耗率要高于白桦林, 说明白桦林中埋藏的红松种子存活率高于阔叶红松林, 意味着白桦林中有更多的红松幼苗可以建成.

随着埋藏深度的增加而减少.

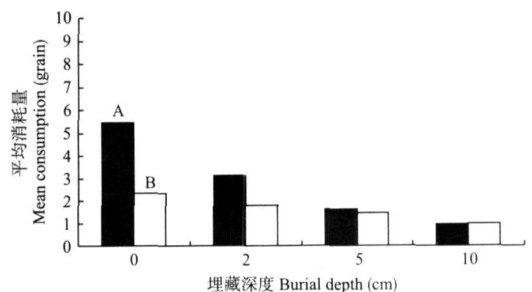


图 2 阔叶红松林 (A) 和白桦林 (B) 中各埋藏深度的种子消耗量

Fig. 2 Seed consumption in different embedded depth in *P. korajensis* mixed forest (A) and birch forest (B).

3 讨 论

本研究结果表明,阔叶红松林中啮齿动物对红松球果种子的消耗量明显多于鸟类,啮齿动物是红松种子的主要消耗者.从地表留下的种壳数量上看,被动物就地消耗的种子量只占啮齿动物对种子消耗量的 12.12%;其余被消耗的种子一部分被动物搬运到洞穴或其他地方消耗掉,一部分则被分散贮藏起来^[5,13],而这些分散贮藏的种子只有一部分会被动物取食,仍有一部分贮藏点的种子因被动物遗忘而保存下来并萌发^[14-15].啮齿动物在 2 d内可将 95%~99%的约弗松(*Pinus jeffreyi*)种子搬运走,并将其中的大部分种子埋藏起来^[16],而且埋藏点通常远离母树,这大大降低了母树下种子的密度^[17],并且被搬运的种子通常都成熟饱满,有利于种子的萌发^[18-19].马建章等^[11]指出,松鼠的贮食生境非常广泛,包括针阔混交林、阔叶混交林和次生白桦林等,这对红松的扩散及天然更新起到重要的作用.

鸟类对植物种子的捕食与扩散具有重要的作用^[20-21].星鸦是红松重要的种子传播者^[7].在小兴安岭的凉水自然保护区,星鸦对红松种子的扩散有利于红松更新^[10].本研究中,白桦林中鸟类对红松种子的消耗量明显多于啮齿动物,进一步说明鸟类对种子的扩散具有重要作用.

啮齿动物对阔叶红松林中红松种子的消耗量要明显多于白桦林,这可能是因为秋季阔叶红松林中除有大量红松果实外,还有大量的其他植物种子,如蒙古栎、毛榛(*Corylus mandshurica*)等,啮齿动物更趋向于在食物源丰富的地方进行觅食,因此阔叶林中啮齿动物的种类和数量可能相对较多,对种子的消耗量也较大.而鸟类在阔叶林中和白桦林中对种子的消耗量几乎一致,是由于鸟类的活动范围相对较大,林型对鸟类的取食活动没有较大的影响.

经比较,本研究的两个林型中,啮齿动物对种子的消耗量明显大于鸟类.就对种子的消耗来说,啮齿动物是种子的主要消耗者,而鸟类次之.在北京东灵山地区,鼠类是山杏(*Prunus ameniaca*)种子的主要消耗者,对地表种子库起着重要的作用,而鸟类的作用并不明显^[22].啮齿动物对种子的消耗不仅影响着植物种群的组成与结构^[23],而且对更新起到一定的限制作用^[24-25].辽东栎(*Quercus liaotungensis*)自然更新较差的主要原因之一就是鼠类对种子的过度捕食^[26-27].从种子扩散角度而言,鼠类比鸟类更能有效地扩散种子^[28].

从埋藏种子的消耗情况来看,啮齿动物在取食种子的同时也搬运走大量的种子,与其对红松球果的种子消耗情况一致.两林型中啮齿动物对种子的消耗量均随埋藏深度的增加而减少.许多研究表明,鼠类发现种子的能力随埋藏深度的增加而降低^[16,29-30],这也可能是本研究中埋藏深度在 5 和 10 cm 的种子剩余量较多的原因,而且 0.5~10 cm 的埋藏深度,适合多数植物种子的萌发^[23,31-32],有利于植物种群的更新.

鉴于啮齿动物大量消耗红松种子,加之 20 世纪 90 年代后人为的大量采摘红松球果,导致地表种源急剧减少,更新匮乏,因此,应尽量减少人为干扰,恢复红松的天然更新,以维护生态系统的平衡.

参考文献

- [1] Li H-J (李宏俊), Zhang Z-B (张知彬). Relationship between animals and plant regeneration by seed I. Object methods and significance. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2000, 8(4): 405-412 (in Chinese).
- [2] Li H-J (李宏俊), Zhang Z-B (张知彬). Relationship between animals and plant regeneration by seed II. Seed predation, dispersal and burial by animals and relationship between animals and seedling establishment. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2001, 9(1): 25-37 (in Chinese).
- [3] Schupp EW. Animal variation in seed fall, postdispersal and recruitment of a neotropical tree. *Ecology*, 1990, 71: 504-515.
- [4] Wilson MF, Whelan CJ. Variation in postdispersal survival of vertebrate dispersed seeds: Effects of density, habitat location, season, and species. *Oikos*, 1990, 57: 191-198.
- [5] Lu CH (鲁长虎). Review on the study of relationship between natural regeneration of Korean pine and animals. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2003, 22(1): 49-53 (in Chinese).
- [6] Tao D-L (陶大立), Zhao D-C (赵大昌), Zhao SD (赵士洞), et al. Dependence of natural regeneration of Korean pine on animals: An outcropsure experiment. *Biodiversity Science* (生物多样性), 1995, 3(3): 131-133 (in Chinese).
- [7] Hutchins HE, Hutchins SA, Liu BW. The role of birds and mammals in Korean Pine (*Pinus koraiensis*) regeneration dynamics. *Oecologia*, 1996, 107: 120-130.
- [8] Shou Z-H (寿振黄), Wang Z (王战), Xia W-P (夏武平). A Report on the Rodent Preventing in Direct Seeding of Korean Pine (*Pinus koraiensis*). Beijing: Science Press, 1958 (in Chinese).
- [9] Lu CH (鲁长虎), Liu B-W (刘伯文), Wu J-P (吴建平). Foraging and dispersing of Korean pine seed by animals in broad-leaved Korean pine forest. *Journal of Northeast Forestry University* (东北林业大学学报), 2001, 29(5): 96-98 (in Chinese).

- [10] Lu C-H (鲁长虎). Hoarding behavior of Eurasian nutcracker (*Nucifraga caucasicata*) and its role in seed dispersal of Korean pine (*Pinus koraiensis*). *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), 2002, **48** (3): 317–321 (in Chinese)
- [11] Ma J-Z (马建章), Zong C (宗诚), Wu Q-M (吴庆明), et al. Hoarding habitat selection of squirrels (*Sciurus vulgaris*) in Liangshui Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2006, **26** (12): 3542–3548 (in Chinese)
- [12] Gao W (高玮), Sheng L-X (盛连喜). The Animals on the Changbai Mountain Massif of China. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 2002 (in Chinese)
- [13] Vander Wall SB. Dispersal of singleleaf pinon pine (*Pinus monophylla*) by seed-caching rodents. *Journal of Mammalogy*, 1997, **78**: 181–191
- [14] Stapanian MA, Smith CC. Density-dependent survival of scatterhoarded nuts: An experimental approach. *Ecology*, 1984, **65**: 1387–1396
- [15] Thompson DC, Thompson PS. Food habits and caching behavior of urban grey squirrels. *Canadian Journal of Zoology*, 1980, **58**: 701–710
- [16] Vander Wall SB. The role of animals in dispersing a wind-dispersed pine. *Ecology*, 1992, **73**: 614–621
- [17] Janzen DH. Seed Predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1971, **2**: 465–492
- [18] Ma J (马杰), Li Q-F (李庆芬), Sun R-Y (孙儒永), et al. Influence on seed bank of *Quercus liaotungensis* by birds and rodents in Dongling Mountain. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2004, **23** (1): 107–110 (in Chinese)
- [19] Vander Wall SB. *Food Hoarding in Animals*. Chicago: University of Chicago Press, 1990: 157–160
- [20] Vander Wall SB, Balda RP. Coadaptation of the Clark's nutcracker and the pinon pine for efficient seed harvest and dispersal. *Ecological Monographs*, 1977, **47**: 89–111
- [21] Vander Wall SB. Foraging of Clark's nutcrackers on rapidly changing pine seed resources. *The Condor*, 1988, **90**: 621–631
- [22] Lu J-Q (路纪琪), Li H-J (李宏俊), Zhang Z-B (张知彬). Seed rain of wild apricot and predation by small rodents. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2005, **24** (5): 528–532 (in Chinese)
- [23] Campbell DJ, Atkinson IAE. Effects of kiore (*Rattus exulans* Peale) on recruitment of indigenous coastal trees on northern offshore islands of New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 1999, **29**: 265–290
- [24] Hulme PE. Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.): Microsite seed or herbivore limitation. *Journal of Ecology*, 1996, **84**: 853–861
- [25] Maon JL, Simms EL. Rodent limited establishment of bush lupine: Field experiments on the cumulative effect of granivory. *Journal of Ecology*, 2001, **89**: 578–588
- [26] Herrera J. Acorn predation and seedling production in a low density of cork oak (*Quercus suber* L.). *Forest Ecology and Management*, 1995, **76**: 197–201
- [27] Santos T, Telleria JL. Vertebrate predation on Holm Oak (*Quercus ilex*) acorns in a fragmented habitat: Effects on seedling recruitment. *Forest Ecology and Management*, 1997, **98**: 181–187
- [28] Vander Wall SB, Balda RP. Ecology and evolution of food storage behavior in conifer seed-caching corvids. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 1981, **56**: 217–242
- [29] Reichman OJ, Oberstein D. Selection of seed distribution types by *Dipodomys merriami* and *Perognathus amplus*. *Ecology*, 1977, **58**: 636–643
- [30] Vander Wall SB. Foraging success of granivorous rodents: Effects of variation in seed and soil water on olfaction. *Ecology*, 1998, **79**: 233–241
- [31] Abbott HG, Quink TF. Ecology of eastern white pine seed caches made by small forest mammals. *Ecology*, 1970, **51**: 271–278
- [32] Tomback DF. How nutcrackers find their seed stores. *The Condor*, 1980, **82**: 11–19

作者简介 姚晓琳,女,1980年生,硕士研究生.主要从事动物生态学研究. E-mail: y.x@home1.com

责任编辑 李凤琴