

# 松鼠贮食时对红松松塔的选择特征

梁振玲, 戎可\* (东北林业大学野生动物资源学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** [目的] 揭示松鼠贮食时对红松松塔的选择特征。[方法] 通过样线调查的方法收集松鼠贮食时丢弃的松塔核, 测量其长宽数据。根据已经建立的松塔质量评价标准进行分析。[结果] 无论在哪个贮食阶段, 松鼠都倾向于选择较大的松塔贮藏, 且将最大的松塔贮藏

在距离母树林 150~300 m 的范围内。[结论] 松鼠选择较大的松塔贮藏以降低贮藏能耗, 获得最大的能量收益。

**关键词** 行为生态学; 贮食行为; 松鼠; 红松; 凉水保护区

**中图分类号** S718.69 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)10-04431-02

## Cone Selection of Eurasian Red Squirrels (*Sciurus vulgaris*) Hoarding Behavior

Liang Zhen-ling et al (College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** [Objective] The research aims to reveal the *Sciurus vulgaris*' selectivity of *Pinus koraiensis* cones during hoarding pine seeds. [Method] According to line-transect investigation, we collected and measured the data of length and width of the cone cores abandoned by *Sciurus vulgaris* while they hoarded. Then the obtained data were analyzed by quantitative evaluation standard that we previously established. [Result] No matter in which hoarding phase, *Sciurus vulgaris* were apt to select the larger cones for storage and hoarded the largest cones within 150-300 m away from the parent forest. [Conclusion] During hoarding pine seeds, *Sciurus vulgaris* selected the larger pine cones in order to reduce energy consumption and gain the maximum energy incomes.

**Key words** Behavioral ecology; Hoarding behavior; *Sciurus vulgaris*; *Pinus koraiensis*; Liangshui Nature Reserve

松鼠(*Sciurus vulgaris*)是松鼠科(Sciuridae)树栖啮齿类动物, 广布于欧亚大陆, 目前已记录超过 40 个亚种<sup>[1]</sup>, 我国分布有其中 5 个<sup>[2]</sup>。松鼠的贮食行为发达, 通过分散贮藏行为传播林木种子, 在森林生态系统的天然更新中起着积极的作用<sup>[3]</sup>。

红松(*Pinus koraiensis*)是国家Ⅱ级重点保护野生植物, 主要分布于亚洲东北部日本海西岸从朝鲜半岛经中国东北到俄罗斯远东南部的三角地带。阔叶红松林是中国东北地带性植被, 分布区大致与长白山、小兴安岭山脉所延伸的范围相一致<sup>[4]</sup>。红松种子的传播对动物有近乎绝对的依赖性<sup>[5-6]</sup>, 松鼠对红松种子的传播起着积极的作用<sup>[7]</sup>。松鼠在贮食过程中, 为了实现净能量收益的最大化<sup>[8]</sup>, 对贮藏对象具有一定程度的选择<sup>[9]</sup>。该研究的目的在于探索松鼠如何对红松松塔进行选择, 研究松鼠对贮藏对象的选择性, 既有助于深入理解松鼠对红松的更新作用, 揭示动植物间的协同进化关系<sup>[10]</sup>, 也将对制定和实施科学有效的松鼠和红松保护计划具有重要意义。

## 1 材料与方

**1.1 研究地概况** 野外研究地点在黑龙江凉水国家级自然保护区(128°48'08"~128°55'46" E, 47°07'15"~47°14'38" N)。保护区总面积为 6 394 hm<sup>2</sup>, 南北长 1 100 m, 东西宽 6 250 m。保护区核心区 3 740 hm<sup>2</sup>, 其中原始红松林面积 2 375 hm<sup>2</sup>。保护区全境地貌属于低山, 地形北高南低, 最高峰为岭来东山, 海拔约 707 m, 位于保护区最北部, 保护区最低海拔为 280 m, 位于保护区最南部。相对高差一般在 100~200 m, 平均坡度在 10°~15°, 最大坡度 40°。保护区地处中

纬大陆东岸, 属温带大陆性季风气候, 冬长夏短。保护区年平均气温 -0.3℃左右, 年平均相对湿度 78%左右, 年平均降水量 676.0 mm, 年蒸发量 805.4 mm, 无霜期 100~120 d。

保护区地带性植被是以红松(*Pinus koraiensis*)占优势的针阔混交林, 分为山地和谷地植被两大类。20 世纪前半叶对红松的“拔大毛”式的采伐, 使处于不同演替阶段的原始阔叶红松林被分割成大小不一的斑块。红松种子是松鼠最主要的越冬食物, 松鼠通过秋季大量贮藏红松种子来满足冬季食物匮乏时其对能量和营养的需求<sup>[7,11]</sup>。

**1.2 松塔品质衡量标准的确定** 为了选取能够衡量松塔品质且易于测量的指标, 笔者从人工打下的松塔堆中随机抽取 293 个松塔测量以下指标, 以分析松塔外形度量与种子量的关系: ①塔核长和塔核宽: 剥去松塔的鳞片, 使用精度为 0.02 mm 的千分尺测量塔核的最大长度和最大宽度; ②每个松塔的种子数; ③种子总质量和塔核重: 使用精度为 0.2 g 的便携式电子秤测量。

**1.3 松鼠贮食对松塔的选择性** 2008 年 9 月 18 日~11 月 8 日, 在凉水自然保护区 16 和 19 林班沿东西方向均匀布设 10 条固定样线, 每条样线长度 1 500 m, 样线间距 150 m, 覆盖 16 和 19 林班全境所有不同的林型。为了分析不同贮藏时期松鼠对松塔的选择特征, 将贮藏期分为初段、中段和末段 3 个阶段。调查分别设在 3 个阶段末期进行, 时间分别为: ①2008 年 9 月 18~20 日, 基本为松鼠贮食期初段结束; ②2008 年 10 月 16~18 日, 基本为松鼠贮食期中段结束; ③2008 年 11 月 6~8 日, 为全部贮食期结束。每次调查分别收集样线上全部松鼠丢弃的塔核, 记录塔核数量, 分别测量塔核的长、宽。每次调查测定完所需数据后, 将塔核就地掩埋, 以免影响后续调查。

**1.4 数据分析方法** 为满足正态分布假设, 分析前将种子数进行对数转换, 其余数据使用原始数据。全部转换后的数据经 Kolmogorov-Smirnov test 检验符合正态分布。因此, 采

**基金项目** 林业公益性行业科研专项(200904012)。

**作者简介** 梁振玲(1986-), 女, 陕西榆林人, 硕士研究生, 研究方向: 野生动物生态学, E-mail: liangzhenling@163.com。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事野生动物生态学与动物行为学研究, E-mail: rongke@nefu.edu.cn。

**收稿日期** 2013-03-11

用单因子方差分析 (One-way ANOVA) 和 Tukey-Kramer HSD 多重比较进行数据的统计分析。

为了分析贮食距离对松鼠选择松塔的影响,将塔核数据分为 4 组:0~150 m、150~300 m、300~450 m 和 >450 m。

为了选取合适的红松松塔质量测量标准,分别以单塔种子数量、种子质量为因变量,以塔核长、塔核宽、二者的交互为自变量,进行逐步线性回归,以最小 AIC 为判定标准。

数据的统计分析使用 JMP 7.02 (SAS Institute Inc. 2007) 软件包。所有数据描述除特别说明外,均采用平均值  $\pm$  标准误的方法,显著性水平为 0.05。

## 2 结果与分析

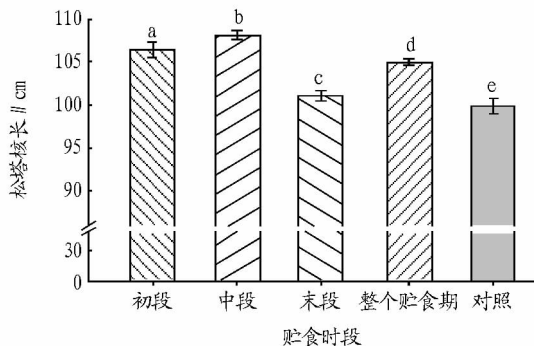
**2.1 红松松塔质量判定标准** 对抽样的 293 个红松松塔的测量结果表明,其松塔核长( $99.91 \pm 0.86$ ) cm,宽( $51.67 \pm 0.22$ ) cm,每个松塔结籽量( $124.3 \pm 1.9$ ) 粒,种子单粒重( $0.5933 \pm 0.0065$ ) g。逐步线性回归分析的结果表明,塔核长与单塔种子数量间有显著的线性关系。塔核长与 1 个松塔种子数量可以用下式描述( $R^2 = 0.35$ , GLM-General Factorial ANOVA,  $F_{1,293} = 158.27$ ,  $P < 0.0001$ ):

$$N = 1.32L - 7.43$$

式中: $N$  为种子数量, $L$  为塔核长。也就是说,塔核越长,相应的产种子数量越多。

考虑到野外调查采集数据的方便与可行性,该研究仅用塔核长来衡量松塔的产种子能力。

**2.2 松鼠贮食的松塔选择性** 对松鼠丢弃的塔核进行分析表明,松鼠丢弃的塔核显著长于对照松塔的塔核 (One-way ANOVA,  $F_{1,2098} = 28.99$ ,  $P < 0.0001$ ; 图 1、2), 说明松鼠倾向于选择较大的松塔贮藏。

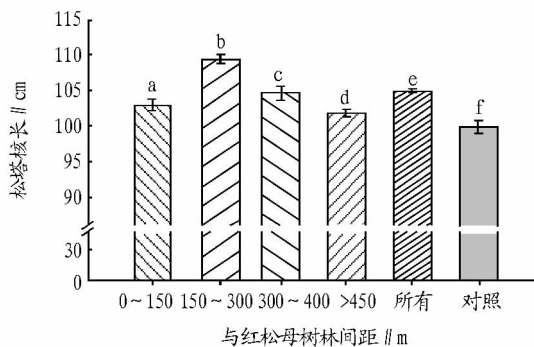


注:样本量 a:n=494;b:n=804;c:n=255;d:n=1 553;e:n=293。

图 1 不同贮食时段松鼠贮藏松塔大小的差异

对不同时段松鼠丢弃的松塔分析表明,贮食初段和中段丢弃的塔核显著长于末段 (One-way ANOVA,  $F_{2,1803} = 46.88$ ,  $P < 0.0001$ ; 图 1), 说明在可供选择的情况下,松鼠会尽量选择较大的松塔进行贮藏。

对被松鼠丢弃在与红松母树林不同距离上的塔核分析表明,距离母树 150~300 m 范围内的塔核显著长于丢弃在其他地方的塔核长度 (One-way ANOVA,  $F_{3,1802} = 30.57$ ,  $P < 0.0001$ ; 图 2)。综合以上结果表明,松鼠倾向于选择比较大松塔进行贮藏,而且将比较大的松塔贮藏在距离母树 150~300 m 的范围内,即贮藏在林缘和母树林内比较大的林隙内。



注:样本量 a:n=494;b:n=804;c:n=255;d:n=253;e:n=1 806;f:n=293。

图 2 不同贮食距离松鼠贮藏松塔大小的差异

## 3 结论与讨论

(1) 松鼠贮藏红松种子时,总是先剥去松塔鳞片,然后叼着带有种子的塔核,一边朝向巢树运动,一边在地面逐渐埋藏松籽,建立贮点<sup>[11]</sup>。相对于种子来说,松鼠携带塔核表面上看是做无用功,但由于松鼠没有颊囊,如果不携带塔核则需要来回往返于取食地,移动成本非常大,不是最优的行为策略<sup>[12]</sup>。另外,研究结果表明,松鼠贮食时选择的松塔个体都比较大,较大的松塔不仅种子数量多,单粒种子的质量也比较大。虽然携带这样的塔核会消耗松鼠更大的能量,但松鼠在一次贮食过程中可以贮藏更多的松籽,获取更大的净能量收益,这对于提高松鼠贮食效率是有利的,这一结果同时也印证了取食优化假说<sup>[8]</sup>。

(2) 在不同的贮食阶段,松鼠可供选择的松塔大小是不同的。在贮食初期,由于松塔没有完全成熟,松鼠需要在选择较大的松塔和选择成熟的松塔间进行权衡 (trade-off), 因此这一时期松鼠对松塔的选择差异也比较大;在贮食中期,松塔全部成熟,松鼠选择最大的松塔进行贮藏。但无论如何,这 2 个时期松鼠贮藏的松塔都显著大于对照组,也大于贮食末期贮藏的松塔。其原因在于,随着时间的推移,红松松塔被人为采收,树上余下的松塔不仅数量少,而且质量也较差,松鼠只能从中选取较大的松塔进行贮藏。

(3) 从不同贮食距离来看,丢弃在距母树 150~300 m 距离上的松塔是最大的,这意味在被松鼠传播到这个距离上的红松种子质量是最好的。这个距离上有 2 种情况,一种是红松母树林内比较大的林隙斑块,另一种就是林缘。这一结果与松鼠贮食生境选择的结果是一致的<sup>[7]</sup>,即松鼠将最优质的松籽贮藏在其越冬生境中<sup>[11]</sup>,而这种生境恰恰在红松林外、林缘和红松林窗中,这就解释了林窗和林缘出现比较密集的更新苗的原因。这一结果说明了松鼠对于红松种子传播的积极作用。

(4) 从管理的角度讲,为了保证红松天然更新的种子库需求,有必要延迟松塔的人工采摘时间,给松鼠传播红松种子留出足够的时间。而目前的情况是松塔人工采摘时间越来越提前,这必然会破坏红松的天然更新过程,值得警惕。

(下转第 4435 页)

测与室内分析相结合的方法,开展了对防护林建设技术的研究工作,分析了各树种的生长和立地特点,为这些树种在暖温带地区沙岸防护应用方面提供了依据。

## 5 树种选择的基本原则

沙质海岸地形复杂,岸段条件各异,形成了许多有典型特色的生态环境,这对造林树种的选择和应用提出了新的要求。通过认真科学地分析沿海区域生态环境特点和主要障碍因子等,吸取国内外沿海防护林建设的成功经验,提出江苏省沙质海岸耐盐树种选择的若干基本原则。

**5.1 适地适树,挖掘资源潜力** 沙质海岸地形复杂,环境各异,树种选择上要根据不同防护目的以及不同林种的要求坚持适地适树原则,这也是一般性的原则。例如在沙质海岸盐碱化严重的地区栽植如中山杉、美国白蜡 (*Fraxinus americana*) 等有很好的防护效果,另外水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)、刺槐等也适宜在江苏沿海沙质海岸上生长,具有防护作用。在此基础上,考虑到沙质海岸侵蚀严重,在营建防护林考虑其防护效能的同时也应适当考虑栽植树种对土壤的改良培肥等作用,充分发挥林木的防护作用与生态效应<sup>[12]</sup>。例如刺槐的落叶分解及刺槐自身的固氮作用可以提高土壤肥力,改良土壤理化性质,促进其他树种的生长。此外江苏沿海沙质海岸分布着一些风景名胜、湿地公园和森林公园等,一些地区已被开辟为旅游胜地,因此在选择树种的同时应突出沿海景观的特色,提高景观功能。总之,适地适树选择树种对沙质海岸进行防护的同时,应适当发挥树种的生态效益、景观功能等,充分挖掘树种资源的潜力。

**5.2 引进适生树种,兼顾灌木树种,丰富生物多样性** 由于立地条件等的限制,沿海沙质海岸造林树种相对较少,且林相单一。如果只选用当地乡土树种进行造林,会产生病虫害严重、抗性弱和管理不到位等问题,导致乡土树种的防护功能下降,所以有必要适当地引进优良树种,同时注重当地乡土树种资源的优化和管理,这样不仅可以丰富沙质海岸地区的种质资源,还能显著提高林带的防护效能。

过去沙质海岸防护林树种的选择,往往偏重于高大乔木树种,灌木树种易被忽视。随着实践经验的提高,人们逐渐认识到灌木在防蚀护岸等方面的优势。灌木不仅具有良好的抗旱、保水、防风沙、降盐碱等优点,而且生长快、耐贫瘠、对土壤环境要求不高,对水、肥的需求少,适生性要好于乔木

树种与草本植物,在沙质海岸不适于基干林带建设的区域,灌木树种会起到独特的作用。但单一的灌木群落也易产生表土侵蚀,对初期的水土保持不利<sup>[13]</sup>,影响防护效能。因此,应尽可能选择适宜的乔灌混交树种,建设乔灌草相结合的多层次、多功能的防护林,这样不仅可以促进乔木层的生长,有利于基干林带形成,而且能优化林带结构,增加生物多样性<sup>[12]</sup>,从总体上提升林带的防护效能。例如在江苏赣榆县的实地研究表明,落羽杉与紫穗槐、美国白蜡与金针菜 (*Hemerocallis citrina* Baroni) 乔灌木组合的防护效能要比单一树种的效能更好。

**5.3 先试验后推广,抗蚀耐盐防风“三效合一”** 考虑到江苏沙质海岸条件的差异性,沙质海岸海洋性灾害较严重,不同的立地条件对树种的要求也不尽相同。因此应结合江苏省的实际情况,在试验点种植筛选出针对江苏省沙质海岸特点的树种,筛选出防蚀耐盐防风等综合效能最优化的树种或者树种组合,然后逐步推广,以实现防护林带的可持续发展<sup>[14]</sup>。

## 参考文献

- PAUL D K. Coastal erosion—underlying factors and human impacts [J]. *Shore & Beach*, 2000, 68(1): 3–16.
- 季子修. 中国海岸侵蚀特点及侵蚀加剧原因分析 [J]. *自然灾害学报*, 1996, 5(2): 65–75.
- 于吉涛, 陈子燊. 砂质海岸侵蚀研究进展 [J]. *热带地理*, 2009, 29(2): 112–116.
- 李震, 雷怀彦. 中国砂质海岸分布特征与存在问题 [J]. *海洋地质动态*, 2006, 22(6): 1–4.
- 戴亚南, 张鹰. 江苏沿海地区海洋灾害类型及其防治探讨 [J]. *生态环境*, 2006, 15(6): 1417–1420.
- 张忍顺, 陆丽云, 王艳红. 江苏海岸侵蚀过程及其趋势 [J]. *地理研究*, 2002, 21(4): 469–477.
- 牛东玲, 王启基. 盐碱地治理研究进展 [J]. *土壤通报*, 2002, 33(6): 449–455.
- 彭津琴, 刘永强, 杨玉芳, 等. 遏制土壤盐碱化、荒漠化的必要性及技术进展 [J]. *天津农业科学*, 2008, 14(4): 26–29.
- 李成, 乔勇进, 张敦伦. 山东省沿海沙质海岸防护林树种的选择 [J]. *防护林科技*, 2002(4): 64–66.
- 国家发展改革委. 江苏沿海地区发展规划 [S]. 2009.
- 许景伟, 李传荣, 王卫东, 等. 论山东沿海防护林体系工程建设 [J]. *防护林科技*, 2007(1): 47–49.
- 陈侃, 尹盼, 林飞, 等. 北仑区沿海防护林树种选择与造林模式研究 [J]. *江西林业科技*, 2009(5): 5–7.
- 宋林旭, 汪婷, 周明涛, 等. 灌木在边坡生态防护中的作用 [J]. *中国水土保持*, 2005(7): 34–35.
- 乔勇进, 张敦伦, 郗金标. 山东省沿海沙质海岸的特点及适宜的防护林树种 [J]. *河北林果研究*, 2002, 17(2): 106–110.
- ZONG C, MA Y, RONG K, et al. The effects of hoarding habitat selection of Eurasian red squirrels (*Sciurus vulgaris*) on natural regeneration of the Korean pines [J]. *Acta Oecologica Sinica*, 2009, 29(6): 362–366.
- STEPHENS D W, CHARNOV E L. Optimal foraging: Some simple stochastic models [J]. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1982, 10(4): 251–263.
- MOLINARI A, WAUTERS L A, AIROLDI G, et al. Cone selection by Eurasian red squirrels in mixed conifer forests in the Italian Alps [J]. *Acta Oecologica*, 2006, 30(1): 1–10.
- 马建章, 宗诚, 吴庆明, 等. 凉水自然保护区松鼠 (*Sciurus vulgaris*) 贮食生境选择 [J]. *生态学报*, 2006, 26(11): 3542–3548.
- 戎可, 宗诚, 马建章, 等. 凉水自然保护区松鼠的越冬行为策略 [J]. *兽类学报*, 2009, 29(2): 142–151.
- TSURIM I, ABRAMSKY Z. The Effect of Travel Costs on Food Hoarding in Gerbils [J]. *Journal of Mammalogy*, 2004, 85(1): 67–71.

(上接第 4432 页)

## 参考文献

- LURZ P W W, JOHN G, LOUISE M. *Sciurus vulgaris* [J]. *Mammalian Species*, 2005, 769: 1–10.
- 黄文几, 陈延熹, 温业新. 中国啮齿类 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1995: 66–67.
- 马建章, 戎可, 宗诚, 等. 松鼠生态学研究现状与展望 [J]. *动物学杂志*, 2008, 41(1): 159–164.
- 马建章, 庄丽文, 陈动, 等. 红松的地理分布 [J]. *东北林业大学学报*, 1992, 20(5): 40–48.
- 陶大立, 赵大昌, 赵士洞, 等. 红松天然更新对动物的依赖性——一个排除动物影响的球果发芽实验 [J]. *生物多样性*, 1995, 3(3): 131–133.
- HUTCHINS H E, HUTCHINS S A, LIU B. The role of birds and mammals in Korean pine (*Pinus koraiensis*) regeneration dynamics [J]. *Oecologia*, 1996, 107(1): 120–130.