

四种昼行性动物取食和贮藏红松种子的行为比较

栗海军^{①②} 马建章^① 宗诚^①

(^①东北林业大学野生动物资源学院 哈尔滨 150040; ^②贵州大学林学院 贵阳 550025)

摘要:于2005年10月1~7日,采用全时焦点观察法研究了黑龙江凉水国家级自然保护区19林班原始红松林内松鼠(*Sciurus vulgaris*)、星鸦(*Nucifraga caryocatactes*)、花鼠(*Eutamias sibiricus*)和普通鹇(*Sitta europaea*)4种昼行性动物取食和贮藏红松种子的行为。结果表明:①4种动物的取食和贮藏过程包括找寻、松塔的处理与种子剥食、松塔和种子的搬运、确定贮藏点、掩藏和警戒等6个环节,但它们在6个环节所耗费的时间均存在较大差异;②4种动物的种子消耗量亦存在较大差异($\chi^2 = 144.67, df = 3, P < 0.05$)松鼠、星鸦、花鼠和普通鹇每次平均取食红松种子的数量分别为40.0粒、20.9粒、16.7粒和1.3粒。松鼠与星鸦能够在地面和树冠层取食或收获红松松塔及种子,而花鼠与普通鹇则主要在地面取食;③4种动物贮藏种子的能力亦有较大差异($\chi^2 = 68.76, df = 3, P < 0.05$ Kruskal-Wallis)松鼠、星鸦和普通鹇主要分散贮藏红松种子,松鼠和星鸦的贮藏量最多,而花鼠很少分散贮藏种子,但能将许多红松种子集中贮藏在少数的贮藏点;④取食松籽的种间竞争激烈,在红松林的垂直高度上,松鼠和星鸦具有高度重叠的取食生态位,花鼠和普通鹇因为种群数量大,对地面种子库的消耗量较大。分析结果显示,松鼠与星鸦是红松种子扩散的传播者,普通鹇是种子消耗者兼传播者,而花鼠则几乎是完全的捕食者。

关键词:红松种子;分散贮藏;集中贮藏;松鼠;星鸦;花鼠;普通鹇

中图分类号:Q958 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2007)02-10-07

Behavior Comparison between Four Diurnal Animals on Seed Consumption and Hoarding of Korean Pine

SU Hai-Jun^{①②} MA Jian-Zhang^① ZONG Cheng^①

(^① Wildlife Resources College, Northeast Forestry University, Harbin 150040;

^② Forestry College, Guizhou University, Guiyang 550005, China)

Abstract: Behaviors of seed consuming and hoarding behaviors on Korean Pine (*Pinus koraiensis*) of 4 species, *Sciurus vulgaris*, *Eutamias sibiricus*, *Nucifraga caryocatactes* and *Sitta europaea*, were observed at compartment 19th in Liangshui National Nature Reserve from Oct. 1 to 7, 2005. Data were collected from 5:30 am to 17:30 pm by all-time focus sampling method. The results showed that: 1) a typical behavior of seed consumption and hoarding included 6 actions: seeking, disposal & eating, conveying, determining caching-spot, hoarding and alertness. The time spent on the six actions between the four species was difference; 2) the amounts of seed consumption of these four species were significantly different ($\chi^2 = 144.67, df = 3, P < 0.05$). The means of seed number eaten by *Sciurus vulgaris*, *N. caryocatactes*, *E. sibiricus* and *Sitta europaea* were 40.0, 20.9, 16.7 and 1.3 respectively. Both *Sciurus vulgaris* and *N. caryocatactes* were the important predators to Korean Pine seeds not only on the ground but also in the canopy layer. Comparatively *E. sibiricus* and *Sitta europaea* could only gain seeds on the ground; 3) The difference in

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 30470235)、黑龙江省自然科学基金项目(No. C01-24)及贵州省自然科学基金项目(黔科合J字 2006 028号资助);

第一作者介绍: 栗海军,男,博士研究生,讲师,研究方向: 野生动物生态与自然保护区管理, E-mail: haijun-su@163.com

收稿日期: 2006-08-15, 修回日期: 2007-01-06

hoarding seed ability between these four species was significantly existed ($\chi^2 = 68.76, df = 3, P < 0.05$, Kruskal-Wallis Test). *Sciurus vulgaris*, *N. caryocatactes* and *Sitta europaea* hoarded seeds disersedly. *Sciurus vulgaris* and *N. caryocatactes* hoarded a larger number of seeds than *E. sibiricus*, however, the later one could hoarded many seeds in a few specific spots; and 4) the interspecific competition in seed consumption was intense among these four species. There was a highly overlap on niche of seed-eating between *Sciurus vulgaris* and *N. caryocatactes* in the vertical distribution of Korean Pine forest, and maybe the Korean Pine seeds a vital food for the both of them. Both *E. sibiricus* and *Sitta europaea* were the intensive seed consumers on the ground because of their huge population size. In conclusion that in the angle of seed dispersal *Sciurus vulgaris* and *N. caryocatactes* are the dispersers, *Sitta europaea* is the consumer and also disperser, while *E. sibiricus* is nearly the pure seed consumer.

Key words Korean Pine seed; Scatter hoarding; Larder hoarding; *Sciurus vulgaris*; *Eutamias sibiricus*; *Nucifraga caryocatactes*; *Sitta europaea*

为适应自然环境条件下食物资源在空间与时间上分布的不均衡性^[1-3],许多动物都具有强烈的贮食行为,在高纬度地区,因季节性环境变化大,冬季环境严酷,因而具有贮食习性的动物比低纬度地区更普遍^[1,3],它们贮藏的食物对于其能否顺利越冬可能是至关重要的^[4];与此同时许多植物也进化成为依赖动物传播的物种(zoochory-dependent species)^[5]。根据贮藏食物的空间分布,可将动物贮食方式分为集中贮藏(larder hoarding)与分散贮藏(scatter hoarding)^[6],显然,分散贮藏更有利于种子的传播和幼苗建成。近年来,对于啮齿动物的贮食行为作用格局及影响因素^[7-9]、对所传播植物种群更新的影响^[10,11]等方面研究较多,但对于同域的贮食动物野外取食行为的观察与比较鲜见报道,而对于贮食动物取食及贮食行为的研究不仅有利于揭示其种间种内关系、行为进化与适应等,也是研究动植物协同进化、植物扩散与动物传播关系的基础。

国家一级保护树种红松(*Pinus koraiensis*)主要分布在小兴安岭及长白山地区。其优良的品质,富含营养的松籽使其极具经济价值。成熟的松籽包被在球果(松塔)中,只能依靠动物取出,因此其天然更新与扩散需要完全地依赖于动物的贮食传播^[12],每年10月上旬至11月初红松籽成熟采收时期为动物贮食活动高峰期,此后由于种子雨的消失,也不再出现强烈而明显的贮食行为*。这些特性使其成为研究动物贮食行为及动植物间关系的良好材料^[13,14]。

高中信^[15]、刘博文^[16]等研究了红松林内的动物分布,认为林内仅松鼠(*Sciurus vulgaris*)、星鸦(*Nucifraga caryocatactes*)、普通鸺(*Sitta europaea*)具有分散贮食的行为;鲁长虎^[5]认为松鼠对红松的更新十分重要,而星鸦则对红松的扩散有着重要作用。但目前在野外条件下,对红松主要取食动物的觅食行为进行的具体研究与比较不多,仅对普通鸺^[17]、星鸦^[18]的贮藏行为有过单独研究。究竟主要取食红松的动物的觅食行为有何异同?在取食松籽的种间竞争上情况怎样?本文通过野外的观察研究,着重比较和分析了4种捕食松籽的昼行性动物取食与贮藏红松种子的行为差异,并初步探讨了这些动物在红松天然更新中的作用。

1 研究地概况

研究地点为黑龙江省凉水国家级自然保护区(128°48'08"~128°55'46"E, 47°07'15"~47°14'38"N,海拔300~700 m),地处小兴安岭山脉的南段达里带岭支脉的东坡。区内的地带性植被是以红松为主的针阔叶混交林,属温带针阔叶混交林地带北部亚地带。主要观察点选择在该区第19林班的原始红松林内,林内原始林相保存完好,倒木与枯立木众多,优势种红松多为100年生以上的高大乔木,结实能力强。主要伴生树种有大青杨(*Populus ussuriensis*)等,林下

* 宗诚.小兴安岭松鼠的贮食行为研究.东北林业大学硕士学位论文.2004.

灌丛多为刺五加 (*Acanthopanax senticosus*) 毛榛 (*Corylus mandshurica*) 卫茅 (*Evonymus*) 忍冬 (*Lonicera*) 等, 草本有蕨类、羊胡子苔草 (*Carex callitrichos*) 等。

2 对象与方法

2.1 研究对象 在凉水原始阔叶红松林内, 已发现具有贮食习性的、捕食松籽的动物包括 6 种啮齿类和 3 种鸟类动物^[51], 其中易于观察的昼行性动物包括松鸦 (*Garrulus glandarius*) 花鼠、松鼠、星鸦、和普通鹌, 因调查地松鸦数量极少, 因此将其余 4 种做为研究对象, 其中又以花鼠和普通鹌的数量较多。

2.2 观察方案与程序 野外观察时间为 2005 年 10 月 1~7 日, 正是松籽成熟期, 但林内松塔被人为采摘情况严重, 仅树冠顶端残留部分松塔。根据以往研究经验, 结合当时当地的日出与日落情况, 确定每日观察时间为 5:30~17:30 时, 计 12 h, 共计 7 d 3 个小组共计观察 252 h。采用全时焦点观察法 (All-time Focus Sampling), 模拟风落松塔情形, 高抛松塔发出声音, 或直接布撒松籽, 然后隐蔽, 以 10× 望远镜观察动物取食行为, 用秒表记录动作时间, 根据松塔剥食情况记录每次取食粒数, 追踪并查验埋藏点, 记录贮点 (贮藏点) 埋藏松籽粒数及微生境生态因子。观察点的设置兼顾坡向、坡位、坡度差异。所得数据录入 STATISTICA 6.0 及 Excel 软件进行分析与处理。

2.3 微生境调查方法 以贮藏点为中心, 设置 1 m×1 m 小样方, 共计 88 个样方, 记录样方所处的坡度、坡向、坡位、灌木优势种类与密度等环境因子; 对于地面埋藏的贮藏点, 取当年落叶层表面至腐殖质层垂直高度作为贮藏点落叶层厚度, 以直尺实测贮藏点口径前后左右 4 处值, 取平均数; 记录不同物种贮藏点所处地点类型 (落叶层下埋藏、枯立木、树干纵裂中或倒木、木道下放置)。

2.4 行为的分类与定义 为便于观察与记录, 通过预观察, 将红松贮食动物的一次取食与贮藏活动的行为谱分解为以下动作:

找寻 (seeking): 出现在观察视野中动物搜寻红松松塔及种子的动作过程。

处理与剥食 (disposal & eating): 处理指动物接触松塔或红松种子后, 用前爪、前齿或喙将球果鳞片剥离, 取出种子含入口中的动作过程, 而剥食指现场嗑食或搬至某处嗑食松籽的动作过程。两个动作常常难以区分计时, 故做为一个动作处理。

搬运 (conveying): 携带松籽从取食处理点到贮藏点的动作过程。

确定贮藏点 (determining caching-spot): 搬运种子至某处停留, 尝试性地进行贮藏种子的行为, 该行为与贮藏行为的明显区别是贮藏后没有掩盖动作而且会马上将放好的种子再次搬运至他处。

贮藏或掩藏 (hoarding): 指具体的掩藏行为, 即将种子放置到贮藏点, 较长时间不再取出, 然后或有敲击、掩盖等一系列动作行为的总和。

警戒 (alertness): 在整个取食或贮藏行为过程中都可能出现的站立并翘首不动或四处张望, 或当有同种竞争者侵入时表现出的吼叫声、驱赶追逐甚至撕打等行为的总和。

2.5 分析与统计方法 在分析动物活动的日节律时, 将 7 个观察日内每日每个时段 (以 2 h 为单位) 所记录到的动物个体各环节行为的平均记录时间累加, 得到各时段总的观察日内的活动时间总数 (T_i), 即可反映出该物种的日活动节律。

$$T_i = \sum_{n=1}^7 \left(\frac{\sum t_i}{N_i} \right)$$

其中, T_i 为某种动物观察期时段 i 内的活动时间总数; t_i 为某种动物某个观察日时段 i 内记录的活动时间数 (min); N_i 为时段 i 内记录到的某种动物活动个体数。

以 Kruskal-Wallis 非参数检验法对 4 种动物单次取食松籽数差异及贮点埋藏松籽数的差异进行检验。取观察期内单次平均取食松籽粒数来衡量每种动物的取食能力; 取观察期内每种

动物贮藏松籽的总数,即贮点内平均松籽数与贮点数的乘积来衡量其贮藏能力。需要说明的是,本研究仅从行为角度以动物单次取食松籽数上来分析动物对松籽的消耗能力,因此分析比较时不考虑不同物种个体的大小等生理因素。

3 结果

3.1 取食与贮藏行为谱比较 在每次观察中,并不一定都能记录到前述行为谱中所有的行为环节,而且在行为谱的统计比较中也发现对于不同的动作环节,各种动物表现的强度有所不同(表 1)。

表 1 四种动物取食与贮藏松籽行为的平均时间分配(s)

Table 1 Average time budget of foraging and hoarding behaviors of four species of animals

种类 Species	N	找寻 Seeking	处理与剥食 Disposal & eating	搬运 Conveying	确定贮藏点 Determining caching-spot	贮藏 Hoarding	警戒 Alertness
松鼠 <i>S. vulgaris</i>	25	6.3 ± 2.2 (n = 25, 100%)	31.0 ± 5.8 (n = 25, 100%)	7.0 ± 2.5 (n = 25, 100%)	3.5 ± 1.2 (n = 11, 44%)	5.6 ± 2.2 (n = 35, 100%)	4.5 ± 1.3 (n = 20, 80%)
花鼠 <i>E. sibiricus</i>	80	14.3 ± 4.0 (n = 70, 86%)	19.1 ± 4.2 (n = 80, 100%)	20.2 ± 8.5 (n = 54, 68%)	-	4.13 ± 2.6 (n = 4, 5%)	25.8 ± 6.47 (n = 80, 100%)
星鸦 <i>N. caryocatactes</i>	31	5.2 ± 1.3 (n = 31, 100%)	13.5 ± 6.8 (n = 31, 100%)	21.99 ± 6.22 (n = 31, 100%)	4.8 ± 1.1 (n = 25, 81%)	6.8 ± 2.5 (n = 13, 42%)	17.7 ± 6.1 (n = 19, 61%)
普通鹌 <i>S. europaea</i>	60	12.0 ± 3.5 (n = 60, 100%)	5.9 ± 2.1 (n = 60, 100%)	2.1 ± 0.5 (n = 60, 100%)	9.0 ± 2.5 (n = 36, 60%)	9.5 ± 3.0 (n = 36, 60%)	13.3 ± 4.5 (n = 10, 17%)

表中括号内数据表示行为出现的次数及频率;N表示观察总次数。

Data in the brackets show the times and frequency of the behaviors; N represents the accumulate numbers of animal observed.

在观察中发现 4 种动物的“找寻”、“处理与剥食”及“搬运”行为都较常见,但花鼠的“搬运”行为稍弱,在 80 次取食观察中,共搬运 54 次(占 68%,低于其他 3 种动物),26 次为现场取食而无搬运行为,而松鼠、星鸦、普通鹌在每次观察中均发现这 3 种行为;星鸦与普通鹌的“确定贮藏点”行为较松鼠强烈(分别占 81% 和 60%),而花鼠未发现该行为。

松鼠主要分散贮藏红松种子,常常一次搬运后会将会所收获的种子分成多个贮点贮藏。在 25 次观察中,共在 35 个贮点进行了掘埋、掩盖、掩饰等完整的贮藏动作。星鸦以喙代爪也具有完整的贮藏动作,但因星鸦有时搬运的飞翔距离较远,无法确定其是否埋藏,因而在 31 次观察中,仅发现 13 次贮藏行为(占 42%)。普通鹌的贮藏行为也很常见,而花鼠的贮藏行为极弱,在 80 次取食观察中,仅发现 4 次贮藏行为,且均为搬运放置到倒木或林间木道下隐蔽处,无明显的掘埋、掩盖等动作,绝大多数情况下为现场取食或搬运至某处取食。“警戒”行为

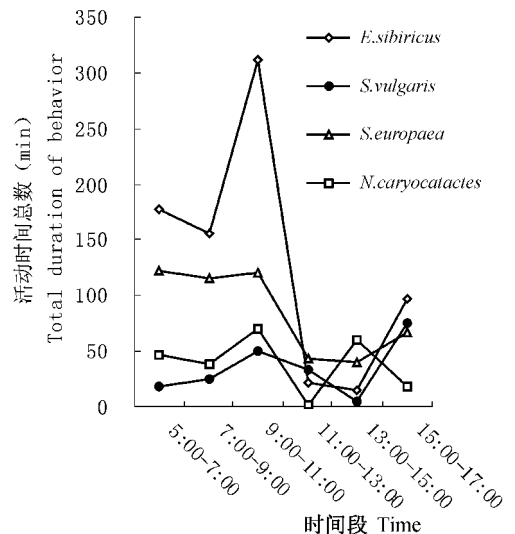


图 1 四种动物取食与贮藏活动日节律

Fig. 1 Daily rhythms of foraging and hoarding behaviors of four species

在觅食活动中可随时出现,除普通鹌外 3 种动物都表现出较强的“警戒”行为,其中花鼠与松鼠的警戒行为最强,在所观察的 25 次松鼠的取

食与贮藏行为中,共出现 20 次警戒行为,而花鼠在所有的观察中均出现警戒行为。

比较行为的时间分配,松鼠与星鸦的“找寻”时间明显短于花鼠与普通鸚,普通鸚的“处理与剥食”行为时间最短,花鼠与星鸦的“搬运”时间要远长于松鼠与普通鸚;“埋藏”的时间分配差异不大,花鼠的“警戒”行为时间最长。

3.2 取食及贮藏行为日活动节律 由图 1 可看出 4 种动物在 9:00~11:00 时段内,取食与贮藏活动均较为频繁,在 15:00 左右也有一个活动高峰。花鼠、普通鸚、星鸦在 11:00~13:00 时段内,松鼠在 13:00~15:00 时段内的取食活动较少。

3.3 取食及贮藏能力、贮点微生境比较 松鼠、星鸦、花鼠均能剥食松塔,剥离球果鳞片取出多粒松籽含于口腔囊中,而普通鸚由于喙短而无法有效剥食松塔^[7],多是盗取松鼠、星鸦剥食的松塔或撒落的松籽。仅松鼠和星鸦具备搬运松塔的能力,松鼠仅取食松塔而对人工撒落的松籽置之不理。Kruskal-Wallis 非参数检验表明 4 种动物取食籽粒数存在显著差异 ($\chi^2 = 144.67, df = 3, P < 0.05$),以单次平均取食粒数衡量取食能力,排序为:松鼠(40.0 粒) > 星鸦(20.9 粒) > 花鼠(16.7 粒) > 普通鸚(1.3 粒)。4 种动物贮点内埋藏的松籽粒数同样具有显著差异(Kruskal-Wallis 非参数检验, $\chi^2 = 68.76, df = 3, P < 0.05$)。贮藏能力排序为:松鼠(175 粒) > 星鸦(117 粒) > 普通鸚(36 粒) > 花鼠(24 粒)(图 2)。

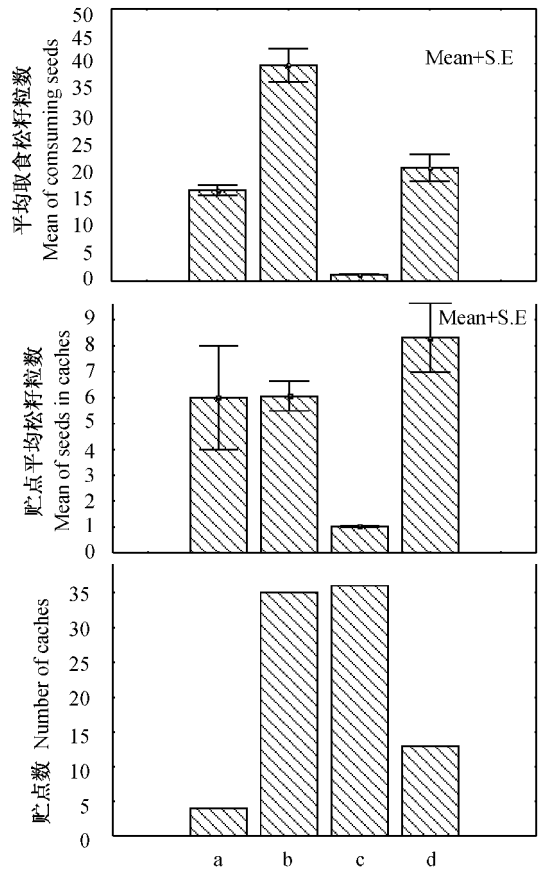


图 2 四种动物取食与贮藏松籽能力比较
Fig. 2 The foraging and hoarding capacities of four species of animals

a: 花鼠; b: 松鼠; c: 普通鸚; d: 星鸦。
a: *Eutamias sibiricus*; b: *Sciurus vulgaris*;
c: *Sitta europaea*; d: *Nucifraga caryocatactes*.

表 2 4 种动物贮点微生境(示贮点数)

Table 2 The hoarding micro-habitats of four species of animals

种类 Species	贮藏方式 Hoarding type	坡向 Slope			落叶平均厚度 Thickness of tree litter (Mean μm)	贮藏地点 Caches*		主要灌木类型 Main shrub**
		阳 Adret	阴 Ubac	半阴半阳 Intermediate type		地面 Ground	其他 Others	
<i>S. vulgaris</i>	分散 Scatter	19(54%)	0(17%)	10(29%)	2.5	35	-	R + Y
<i>E. sibiricus</i>	集中 Larder	-	4	-	-	-	4	-
<i>N. caryocatactes</i>	分散 Scatter	7(54%)	-	0(46%)	2.7	13	-	R + C
<i>S. europaea</i>	分散 Scatter	15(42%)	7(19%)	14(39%)	1.5	9(25%)	27(75%)	R + Y

* 地面指落叶层下并浅埋入土中;其他地点指枯立木、倒木、树干、木道下等 Caches under the ground means that the seeds were buried under the ground covered with the tree litters; other types of cache include dead standing trees, collapsed trees, tree stems or wooded pathways etc.

** 灌木类型: R 为忍冬, Y 为卫矛, C 为刺五加 Types of shrub: R: *Lonicera*, Y: *Evonymus*, C: *Acanthopanax senticosus*.

松鼠与星鸦埋藏贮点的微生境类似,花鼠则是集中将松籽置于隐蔽物下,未观察到其分散埋藏的行为,而普通鹌分散贮藏地点多样,详见表 2。

4 讨 论

完整的取食与贮藏松籽行为包括找寻、处理与剥食、搬运、确定贮藏点、贮藏、警戒 6 个动作环节。但并非每种动物或每次觅食都包括这些环节,每个环节出现的次数及时间分配反映出该种动物的取食与贮藏习性,另外,取食(剥食)能力与贮藏能力在一定程度上决定着动物对红松的作用角色。

在取食能力上,就单次取食籽粒数而言,松鼠 > 星鸦 > 花鼠 > 普通鹌。松鼠与星鸦剥食松塔的能力极强,单次平均取食粒数达到 40.0 和 20.9 粒,多次观察到两者循声追寻风吹落下的成熟松塔或是在树上啄或咬落松塔后,再下树寻找剥食。因而对我们将松塔高抛落地的声音十分敏感,所以“找寻”时间都短于花鼠和普通鹌。就这 4 种动物比较而言,可以认为松鼠和星鸦具有较强的松籽捕食行为能力。花鼠的剥食能力也很强(16.7 粒/次),普通鹌的剥食能力最弱(1.3 粒/次),两者均未观察到在树上采食松塔,但两者在林内具有显著的种群优势。因此,4 种动物均是红松籽主要的捕食者,松鼠与星鸦不仅在地面取食,还是树冠层的重要取食者,而花鼠与普通鹌则只在地面取食。

在贮藏能力上,松鼠、星鸦 > 普通鹌 > 花鼠。松鼠与星鸦都表现出较强的贮食行为,但因为星鸦有时搬运飞行的距离较远,无法判断是否埋藏,因此观察到的埋藏率(表 1)小于松鼠,实际上星鸦贮食行为也十分发达^[18]。调查发现两者贮点在阳坡灌木密度较大地点较多(都为 54%),这种生境可能有利于红松幼苗的建成,而其埋藏的深度也有利于种子的萌发^[19]。普通鹌埋藏在地面的部分贮点(25%),也可能为种子的萌发创造机会^[17]。而花鼠仅集中贮藏部分种子,且无掩盖行为,因此认为花鼠的贮食能力极弱,并且无益于红松的更新扩

散。

松籽是松鼠与星鸦的重要食物,对于松鼠而言甚至决定着其越冬生存状况^[4],所以进化出了极强的捕食与贮藏行为能力。松籽对于花鼠与普通鹌的重要性稍弱,它们只在地面取食,而由于人为采摘,地面遗留的松塔已极少。普通鹌更是无法剥食松塔,只能盗取^[17]。就种间竞争而言,四者都互为取食竞争者,松鼠与星鸦可能有着较高的捕食生态位的重叠,而花鼠与普通鹌因其强大的种群数量也具有较强的竞争力,但种间竞争的量化情况,尚需进一步研究。松籽被分散贮藏得越多,则越有机会萌发和建成,就此而言,对于红松种群的天然更新扩散,松鼠与星鸦是较有益的传播者,普通鹌尽管分散贮点很多,但地面贮点比例较小,应是损大于益的传播者,而花鼠则近乎是完全的捕食者。

致谢 野外工作得到凉水保护区管理局刘吉春副局长、李文友科长、东北林业大学野生动物资源学院曹晓玲、李小巧等同学的帮助,特致谢意。

参 考 文 献

- [1] Vander Wall S B ed. Food hoarding in animals. Chicago: University of Chicago Press, 1990, 123 ~ 156.
- [2] 尚玉昌编著. 行为生态学. 北京: 北京大学出版社, 1998, 50.
- [3] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004, 120 ~ 123.
- [4] 栗海军, 马建章, 邹红菲等. 凉水保护区松鼠冬季重取食物的贮藏点与越冬生存策略. 兽类学报, 2006, 26(3): 262 ~ 266.
- [5] 鲁长虎编著. 种子传播——动物的作用. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003.
- [6] Smith C C, Reichman O J. The evolution of food caching by birds and mammals. *Ann Rev Ecol Syst*, 1984, 15: 329 ~ 351.
- [7] 曹林, 肖治术, 张知彬等. 亚热带林区啮齿动物对樱桃种子捕食和搬运的作用格局. 动物学杂志, 2006, 41(4): 27 ~ 32.
- [8] 路纪琪, 张知彬. 啮齿动物分散贮食的影响因素. 生态学杂志, 2005, 24(3): 283 ~ 286.
- [9] Xiao Z S, Zhang Z B, Wang Y S. The effects of seed abundance on seed predation and dispersal by rodents in *Xastanopsis*

- fargesii*(Fagaceae). *Plant Ecology* 2005 ,177 :249 ~ 257.
- [10] Xiao Z S ,Zhang Z B ,Wang Y S. Impacts of scatter-hoarding rodents on restoration of oil tea (*Camellia oleifera*) in a fragmented forest. *Forest Ecology and Management* ,2004 , 196 :405 ~ 412.
- [11] 王巍 ,马克平. 东灵山地区动物对辽东栎坚果的捕食和传播. *生态学报* 2001 21(2) :204 ~ 210.
- [12] 陶大力 ,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试验. *生物多样性* ,1995 3(3) :131 ~ 133.
- [13] Hayashida M. Seed dispersal by red squirrels and subsequent establishment of Korean pine. *Forest Ecology Management* , 1989 28 :115 ~ 129.
- [14] 鲁长虎. 动物与红松天然更新关系的研究综述. *生态学杂志* 2003 22(1) :49 ~ 53.
- [15] 高中信. 红松林野生动物垂直分布. 见 :马建章主编. 凉水自然保护区研究(第一集). 哈尔滨 :东北林业大学出版社 ,1993 ,123 ~ 125.
- [16] 刘博文. 小兴安岭食针叶树种子的鸟兽. *林业科技* , 1999 24(5) :26 ~ 29.
- [17] 邹红菲 ,郑昕 ,马建章等. 凉水自然保护区普通鹌贮食红松种子行为观察与分析. *东北林业大学学报* ,2005 33(1) :68 ~ 70.
- [18] 鲁长虎. 星鸦的贮食行为及其对红松种子的传播作用. *动物学报* 2000 48(3) :317 ~ 321.
- [19] Zang R G ,Li J Q ,Zhu C Q. Life-history process and conservation of Korean Pine populations in the Xiaoxing' an Mountains of northeast China. *Journal of Beijing Forestry University* (English Ed.) ,1998 7(2) :60 ~ 70.