

围栏条件下花鼠找寻种子的途径和方式

牛可坤^① 焦广强^① 于飞^① 易现峰^{①②*}

(^①河南科技大学农学院 洛阳 471003; ^②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)

摘要:2009年8月和2010年8月,在黑龙江省带岭区东方红林场半天然围栏内研究了花鼠(*Eutamias sibiricus*)对地表放置和埋藏种子的发现过程,摸清围栏条件下花鼠找寻种子信号的途径和方式。实验步骤如下:第1天在花鼠巢区对角每释放点地表放置1粒标记种子,共30粒;第2天在巢区对角每释放点埋藏1粒标记种子,共30粒,第3天在巢区对角按1粒、2粒、3粒次序循环重复埋藏标记种子,共60粒;第4天在巢区对角每释放点埋藏1个塑料标签作为“伪种子”,共30个;第5天在巢区对角每释放点埋藏1粒未标记种子,共30粒,研究花鼠对3种林木种子(红松 *Pinus koraiensis*、平榛 *Corylus heterophylla* 和毛榛 *C. mandshurica*)以及“伪种子”的发现率。结果表明,地表释放和埋藏对花鼠发现3种林木种子无显著影响。种子类型和埋藏点大小对花鼠发现种子具有显著影响,埋藏点越大,发现率越高。花鼠对空标签的发掘率分别为3.75%、1.67%和42.92%,说明视觉在发现种子过程的作用。花鼠在寻找自身埋藏点与人工埋藏点的标记种子发现率间差异不显著,说明空间记忆的作用在短时间内较弱。围栏条件下花鼠可依靠嗅觉和视觉的共同作用寻找种子,视觉信号可在短时间内形成,但嗅觉的作用在发现种子的过程中还是主要的。

关键词:花鼠;埋藏点;种子找回;红松;毛榛;平榛

中图分类号:Q958 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2011)01-45-07

Study on Finding Seeds by *Eutamias sibiricus* in Semi-natural Enclosures

NIU Ke-Kun^① JIAO Guang-Qiang^① YU Fei^① YI Xian-Feng^{①②*}

(^①College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003;

^②State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents in Agriculture, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Seed recovery processes were investigated with *Eutamias sibiricus* in the semi-natural enclosures in Dongfanghong Forest Dailing District of Heilongjiang Province in August 2009 and 2010. In the beginning of experiments, we constructed 16 semi-natural enclosures with one nest in each enclosure which is 10 m × 10 m × 2.5 m in size and one *E. sibiricus* was released in it. All the enclosures with natural vegetation were covered by net to protect the animal from predator. In the first 3 days, we laid 30 seeds of *Pinus koraiensis* in the center of enclosure every day to check the discovery rate for each animal. Then, we choose 8 very active one as target animal to test the seed recovery process. In the formal experiment, we laid 30 tagged seeds evenly in the half enclosure area against the nest side in the first day; buried 30 tagged seeds 2 cm depth evenly in the same

基金项目 科技部“973”项目(No. 2007CB109102),国家自然科学基金项目(No. 30700078);

* 通讯作者, E-mail: yxfeng1975@126.com;

第一作者介绍 牛可坤,男,硕士研究生;研究方向:生态系统生态学;E-mail: niukekun@126.com。

收稿日期:2010-07-14, **修回日期:**2010-11-02

region in the second day; buried 60 marked seeds alternately with 1, 2 and 3 seeds in each cache in the third day to see whether cache size influences seed recovery rate. In the fourth day, we buried 30 tags only unevenly to test whether animal can locate seeds by vision; fifth day, we buried 30 untagged seeds to see whether the animal can find seed by smell. We used three seed species (*P. koraiensis*, *Corylus heterophylla* and *C. mandshurica*) in this study. Our results showed no difference in seed discovery rates regardless ground surface releasing and burial. However, seed recovery rates varied significantly with seed species and cache sizes. The recovery rates of "false seeds" were 3.75% (*P. koraiensis*), 1.67% (*C. heterophylla*) and 42.92% (*C. mandshurica*), indicating the significance of vision. The recovery rates between handling caches and chipmunk's own caches were not significantly different. These results showed that *E. sibiricus* rely on olfaction and vision to recover seeds under the semi-natural enclosures and olfaction might play an important role in finding seeds.

Key words: *Eutamias sibiricus*; Cache; Seed recovery; *Pinus koraiensis*; *Corylus mandshurica*; *Corylus heterophylla*.

在森林生态系统中,具有大种子的植物通常依赖小型啮齿类动物参与其种子扩散^[1-5]。在此过程中,动物可依赖植物种子作为食物储备,保证自身的生存和繁衍^[6]。另一方面,如果埋藏点内的种子不能被找回,种子捕食者就可以扮演种子扩散者的角色。根据动物埋藏策略的不同,食物贮藏可以分为集中贮藏和分散贮藏。前者通常集中贮藏较多的食物在巢穴中,对植物的更新无益;后者通常将食物贮藏在分散的埋藏点中,从而降低偷盗率^[6-7]。然而,分散贮藏的同时降低了动物对埋藏点内种子的找回率。

对于分散贮食动物来说,有效找回贮藏的食物对其生存至关重要,这也是分散贮食行为的进化动力^[6,8-9]。贮食动物通过什么方式找回贮藏的食物,是研究分散贮食动物找回贮藏食物机制的关键问题^[6]。一些研究表明,嗅觉、视觉、空间记忆和随机探索可能在许多分散贮食啮齿动物找回贮藏食物的过程中发挥重要作用^[9-11]。啮齿动物常常利用发达的嗅觉来定位和找回埋藏的食物并对人工贮藏点进行寻找与挖掘^[12-13]。行为学家们对具有贮食习性的动物是怎样找到贮藏食物的很感兴趣,但是野外环境比较复杂,研究难度大,很难定量研究嗅觉和视觉及空间记忆对啮齿动物找寻埋藏种子的作用。本研究通过野外围栏控制实验,探

寻花鼠(*Eutamias sibiricus*)寻找种子的途径和方式。

1 研究方法

1.1 研究地点 实验在黑龙江省伊春市带岭区东方红林场进行。该林场位于黑龙江省小兴安岭南坡(128°57'16" ~ 129°17'50" E, 46°50'8" ~ 46°59'20" N),全年平均气温 1.4℃,月平均最低气温 -19.4℃,极端低温 -40℃(1月上旬),月平均最高气温 20.9℃(7月),极端高温 37℃。以低山地为主,多为缓坡。最高海拔 1 050 m,最低海拔 250 m。年降水量平均为 660 mm,全年无霜期 115 d。

1.2 围栏设计 在研究区选择地势相对平坦的地段建造 16 个半天然围栏(长×宽×高:10 m×10 m×2.5 m)。为模拟林下植被的高度和盖度,人为除去围栏内部分杂草,并在每个围栏中随机选取 20 个样点,测量植被高度;随机选取 5 个 1 m² 的样方,估算出其盖度。所用 8 个围栏的植被高度($F = 1.94, df = 7, P = 0.066$)和盖度($F = 1.424, df = 7, P = 0.230$)差异均不显著(表 1)。围栏上方用遮阳网遮盖,防止天敌捕食。在围栏一角砌置一个鼠巢,巢内放置一些棉花供花鼠作巢和取暖。鼠巢旁置一水槽,供花鼠饮水,并按时补充水槽中的水分(图 1)。

表 1 8 个围栏内的植被高度和盖度 (Mean ± SD)
Table 1 Vegetation height and coverage in eight enclosures

| | 围栏编号 No. of enclosures | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 高度 (cm) Height | 17.05 ± 1.17 | 17.57 ± 0.95 | 17.12 ± 1.53 | 16.33 ± 0.91 | 17.16 ± 1.23 | 17.04 ± 1.09 | 16.83 ± 0.65 | 17.43 ± 1.76 |
| 盖度 (%) Coverage | 81.40 ± 10.69 | 81.00 ± 4.24 | 88.20 ± 4.44 | 87.20 ± 7.29 | 89.20 ± 4.21 | 80.40 ± 9.91 | 89.80 ± 2.49 | 81.00 ± 12.65 |

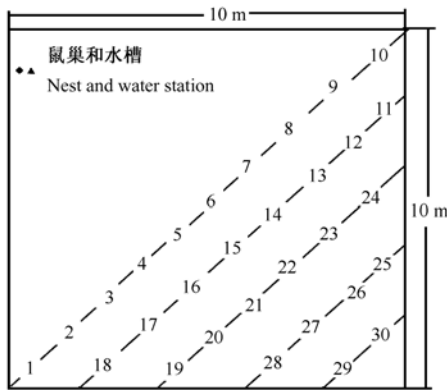


图 1 实验围栏及围栏内种子释放点

Fig. 1 Experimental enclosure and seed stations

1 ~ 30 为释放点。1 - 30 seed stations.

1.3 实验种子和实验动物 选取当地 3 种主要林木种子作为实验种子: 红松 (*Pinus koraiensis*)、平榛 (*Corylus heterophylla*) 和毛榛 (*C. mandshurica*)。3 种林木种子特征见表 2。

表 2 3 种林木种子的主要特征

Table 2 Seed characteristics of three seed species

| 种子特征 Seed traits | 红松 <i>Pinus koraiensis</i> | 平榛 <i>Corylus heterophylla</i> | 毛榛 <i>C. mandshurica</i> |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 种子大小 Seed size (cm × cm) (n = 16) | 1.60 × 1.11 | 1.58 × 1.44 | 1.43 × 1.20 |
| 种子重量 Seed mass (g) (n = 16) | 0.73 ± 0.05 | 1.18 ± 0.28 | 0.73 ± 0.08 |
| 种皮厚度 Seed coat thickness (cm) (n = 16) | 0.11 ± 0.01 | 0.24 ± 0.03 | 0.11 ± 0.01 |
| 种仁比例 Proportion of seed kernel (%) (n = 16) | 37.03 ± 1.82 | 18.66 ± 4.29 | 38.57 ± 3.55 |
| 单宁含量 Tannin content (%) (n = 6) | 0.02 ± 0.01 | 0.07 ± 0.02 | 0.25 ± 0.02 |
| 单粒种子热值 Caloric value per seed (kJ) (n = 6) | 7.44 ± 0.05 | 4.30 ± 0.03 | 6.21 ± 0.02 |

1.4 种子标记和释放 种子标记采用 Zhang 等^[14]的方法, 在 10 cm 细铁丝一端系一实验种子, 另一端系一 2.5 cm × 3.5 cm 塑料牌标记, 该标记方法对鼠类搬运种子没有显著影响^[15]。对于每一种实验种子, 第 1 天在巢区对角区

选用参与分散埋藏当地林木种子的花鼠作为研究对象。2009 年 7 ~ 8 月, 以花生为诱饵, 用活捕笼 (长 × 宽 × 高: 25 cm × 12 cm × 12 cm) 在野外捕获花鼠, 逐一称重编号后单独放在饲养笼 (长 × 宽 × 高: 80 cm × 50 cm × 40 cm, 钢丝笼) 内饲养, 在饲养笼一角置一巢箱 (长 × 宽 × 高: 10 cm × 10 cm × 10 cm), 内放适量棉花保暖。在正式实验开始前, 在 16 个围栏内各放入一只花鼠, 早上 7:00 时在每个围栏中央分别释放 30 粒标记红松种子, 下午统计围栏内花鼠对标记种子埋藏率。连续调查 3 d, 筛选出分散埋藏活跃的花鼠 8 只 [5 ♀, 3 ♂, 体重: (96.3 ± 3.0) g, 红松种子的平均埋藏率在 20% 以上], 放入 8 个围栏中。让花鼠在围栏中适应 2 d, 期间每天 7:00 时释放 20 粒花生在围栏中央, 供花鼠食用, 让其适应围栏中环境。实验过程中, 每晚提供 20 粒花生作为其过夜食物。

(约 50 m² 区域) 地表每释放点放置 1 粒标记种子 (图 1), 共 30 粒 (处理 A); 第 2 天在巢区对角每释放点埋藏 1 粒标记种子, 共 30 粒 (处理 B); 第 3 天在巢区对角释放点按 1 粒、2 粒、3 粒次序循环重复埋藏标记种子, 共 60 粒 (处理

C);第4天在巢区对角每释放点埋藏1个带铁丝标签(“伪种子”),共30个(处理D);第5天在巢区对角每释放点埋藏1粒未标记种子,共30粒(处理E)。每次埋藏变换埋藏点的位置,以削弱花鼠的空间记忆。研究表明^[15],围栏条件下花鼠在埋藏深度 ≤ 3 cm时种子发现率为55.83%,随着埋藏深度的增加,花鼠发现埋藏种子的比例逐渐减少,故将埋藏深度设定2.0 cm。围栏内种子和标签的释放及埋藏在每天早上7:00时进行,下午16:00时统计种子命运并清理当天围栏内的种子、种皮及标签。种子命运分6种:原地剩余(IS)、原地取食(EIS)、移动未取食(IAR)、移动后取食(EAR)、移动后埋藏(CAR)和丢失(M)。埋藏点大小定义为每个埋藏点内种子的数目。若花鼠将“伪种子”系带的细铁丝从埋藏点挖出即为发现“伪种子”。围栏内实验种子释放次序分别为红松、毛榛、平榛,验证视觉和嗅觉在发现种子过程中的作用。

$$\text{发现率} = \left[\frac{\text{每组提供数量} - \text{原地剩余数量}}{\text{每组提供数量}} \right] \times 100\%$$

为验证空间记忆在找寻种子中的作用,2010年8月,选择10只具有埋藏习性的花鼠[雌雄各5只,体重:(79.40 ± 3.70)g],分别放入10个围栏中适应2 d。实验开始当天7:00时,在围栏中央放置标记的红松种子40粒。在花鼠上午的活动高峰结束之后(10:00~11:00时之间),将其控制在巢中限制其在围栏内的活动,同时清理释放点原地取食、剩余、移动后取食和移动后完整(在地表)的种子,并检查每只花鼠的埋藏点的数量、大小和坐标。然后,逐一取出埋藏点的种子,模拟埋藏点微环境替换上相等数量的种子,并在该埋藏点旁边40 cm处以同样方式埋藏相等数量的种子作为对照。随后,让花鼠自由活动,下午17:00时开始调查统计两种埋藏点的丢失率。

1.5 统计与分析 采用SPSS for Windows (Version 16.0)作数据统计与分析。将发现率与移动取食率进行反正弦数据转换进行方差分析。鉴于雌性花鼠样本量太少,将雌雄样本合

并分析^[15],采用General Linear Model进行数据分析 and 多重比较,分析不同方式处理下发现率的差异性。运用Paired-Samples *t*-Test分析花鼠自身埋藏点与人工埋藏点的找回率之间的差异性。

2 结果与分析

花鼠对A、B、D和E4种处理方式的红松种子的发现率分别为66.25%、75.00%、3.75%和85.83%,之间差异极显著($F = 16.85, df = 3, P < 0.0001$),处理A > D ($P < 0.0001$), B > D ($P < 0.0001$), A < E ($P = 0.040$) (图2)。花鼠对A、B、D和E4种处理下平榛种子的发现率分别为61.67%、71.67%、1.67%和97.50% (图2),之间差异达极显著水平($F = 50.978, df = 3, P < 0.0001$);处理A > D ($P < 0.0001$), B > D ($P < 0.0001$), A < E ($P < 0.0001$) (图2)。对于毛榛种子而言,花鼠对4种方式处理下的种子的发现率分别为87.08%、86.25%、42.92%和99.17%,之间差异显著($F = 18.452, df = 3, P < 0.0001$);处理A > D ($P < 0.0001$), B > D ($P < 0.0001$), A < E ($P = 0.023$)。对于3种种子而言,处理A与处理B之间均无显著性差异(红松: $P = 0.413$;平榛: $P = 0.198$;毛榛: $P = 0.864$)。对于红松种子而言,处理B与处理E之间无显著性差异($P = 0.197$),对平榛与毛榛而言,处理B与处理E之间差异均显著(平榛: $P < 0.0001$;毛榛: $P = 0.034$)。对于3种种子而言,处理C与处理A、B之间无显著性差异($P > 0.05$),但大于处理D,小于处理E($P < 0.05$)。3种种子C处理之间无显著性差异($P > 0.05$)。

埋藏点大小均显著影响花鼠对3种种子的发现过程(红松: $F = 4.298, df = 2, P = 0.027$;平榛: $F = 5.566, df = 2, P = 0.011$;毛榛: $F = 12.703, df = 2, P < 0.0001$)。埋藏点越大,种子被发现的几率越大,3粒种子的埋藏点明显高于1粒的埋藏点(红松: $P = 0.010$;平榛: $P = 0.040$,毛榛: $P < 0.0001$) (图3)。

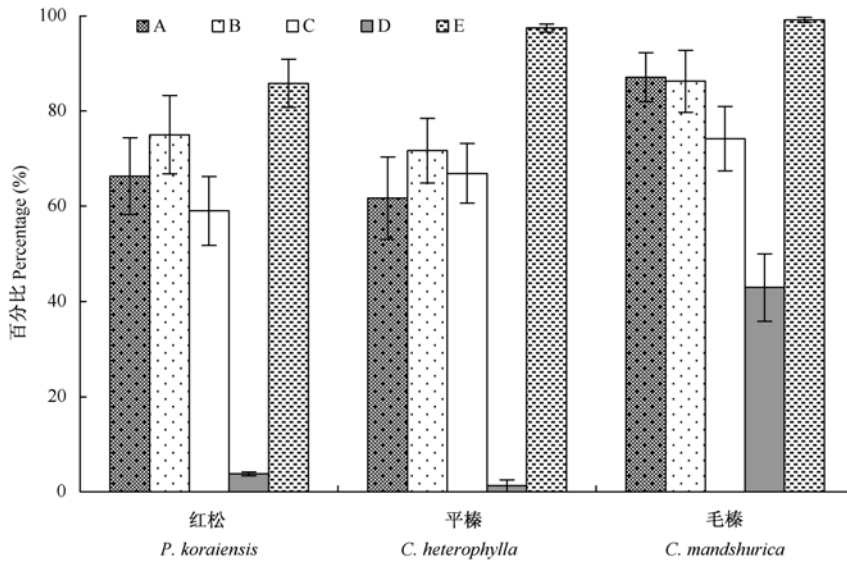


图2 花鼠对地表放置和埋藏的3种种子及标签的发现率

Fig. 2 Recovery rates of seed and tags laid on the surface and buried in soil of 3 seed species

A: 每释放点地表放置1粒标记种子; B: 每释放点埋藏1粒标记种子; C: 按1粒、2粒、3粒次序循环重复埋藏标记种子; D: 每释放点埋藏1个带铁丝标签(伪种子); E: 每释放点埋藏1粒未标记种子。

A: One marked seed released on the surface at each seed site; B: One marked seed buried at each seed site; C: Marked seeds buried at each seed site in a repeated order of 1, 2 and 3; D: One tag only buried at each seed site; E: One untagged seeds buried at each seed site.

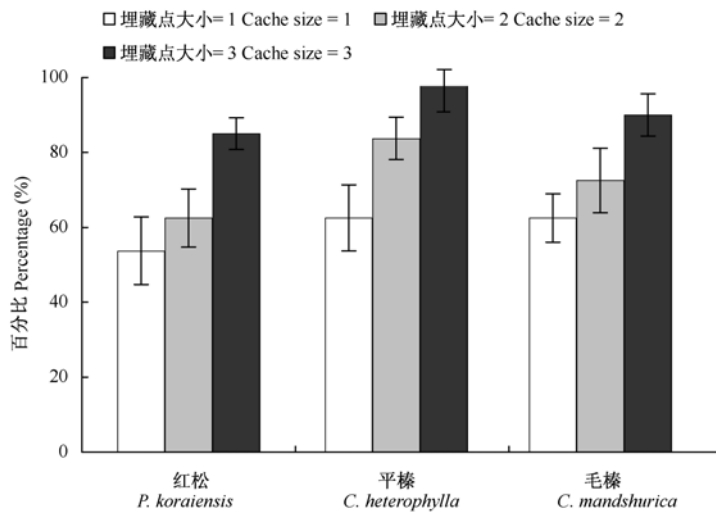


图3 埋藏点大小对花鼠发现3种种子的影响

Fig. 3 Effects of cache size on recovery rates of 3 seed species

结果表明,花鼠对自身埋藏点和人工埋藏点的找回率分别为 52. 89% 和 45. 82% (图 4), 二者之间差异不显著 ($F = -1. 020, df = 9, P = 0. 334$)。

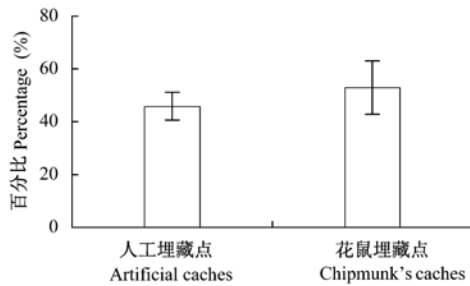


图4 花鼠对自身和人工埋藏点的发现率

Fig. 4 Recovery rates of artificial and chipmunk's own caches

3 讨论

研究表明^[9-10,12,17],嗅觉、视觉、随机探索挖掘和空间记忆是许多分散贮食动物找回贮藏食物的重要方式。嗅觉可能是啮齿动物用于定位并找回埋藏的食物最主要的途径和方式^[6,12-13]。本研究结果,地表释放和埋藏并没有显著改变花鼠对3种种子的发现率,表明嗅觉在花鼠发现种子过程中的重要作用。结果显示,花鼠对埋藏的无标记种子的发现率比标记的种子还要高,说明当有视觉信号(标签)的存在时,花鼠可能转向依赖视觉信号来发现种子,而淡化嗅觉功能。一些夜行性的鼠类主要(或完全)依赖嗅觉来发现埋藏种子^[12],而昼行性的小型哺乳类可依赖于视觉和嗅觉一同参与埋藏种子的发现^[18-20]。花鼠对大埋藏点的高发现率说明,气味及标记牌作为嗅觉和视觉信号有助于花鼠发现并挖掘3种林木种子。研究表明^[6,9],嗅觉信息对贮食者和非贮食者的影响是相同的,仅依靠嗅觉找回贮藏食物并不能体现食物贮藏的优势,贮食动物应该有某种优于非贮食动物的找寻方式。花鼠对“伪种子”的盗取,则进一步说明花鼠不是依靠单一途径(嗅觉)发现和寻找种子。花鼠经过短时间的适应,即对作为视觉信号的标记牌(伪种子)进行了一定比例的挖掘,而且随着实验的进行,花鼠对毛榛的“伪种子”的挖掘率显著提高,说明昼行性的花鼠也可依赖视觉来发现种子。张洪茂等^[21]在围栏条件下的研究表明,岩松鼠

(*Sciurotamias davidianus*)主要依赖嗅觉寻找分散贮藏的核桃(*Juglans regia*)种子,随机探索具有一定的意义,但视觉和空间记忆意义不大。我们的结果却表明了视觉的重要作用,这种差异可能与选择的种子和实验动物不同有关。一些鸟类^[22-23]和小型哺乳动物^[18-20]具有定向扩散的特点,以便通过视觉和空间记忆寻找种子。因为只有贮食动物熟悉食物贮藏点^[6,9,24],空间记忆也可能是贮食动物找回自己贮藏食物的辅助手段。我们的结果表明,花鼠对自身埋藏点和人工埋藏点的找回率差异并不显著,说明短时间内空间记忆在花鼠发现种子过程中的作用并不很强。尽管实验中埋藏点的位置不断变换,但花鼠在10 m × 10 m的空间内对临近种子埋藏点反复探索可使空间记忆得以逐步强化,因此空间记忆的作用在本次实验中不能完全排除。然而,红松组的实验结果在一定程度上可以说明,花鼠短时间内可以通过学习依赖视觉信号找寻到“伪种子”。因此,花鼠可能主要依赖嗅觉和视觉发现种子和埋藏点,视觉信号和空间记忆可在一段时间内形成,但嗅觉的作用可能是主要的。

参 考 文 献

- [1] Herrera C M. Seed dispersal by vertebrates//Herrera C M, Pellmyr O. Plant-animal Interactions, an Evolutionary Approach. Oxford: Blackwell Scientific,2002: 185-208.
- [2] Jansen P A, Bartholomeus M, Bongers F, et al. The role of seed size in dispersal by a scatter hoarding rodent//Levey D J, Silva W R, Galetti M. Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation. Wallingford: CAB International,2002: 209-225.
- [3] Roth J K, Vander Wall S B. Primary and secondary seed dispersal of Bush Chinquapin (Fagaceae) by scatter hoarding rodents. Ecology,2005,86: 2428-2439.
- [4] Steele M A, Manierre S, Genna T, et al. The innate basis of food hoarding decisions in grey squirrels: evidence for behavioral adaptations to the oaks. Animal Behaviour, 2006,71: 155-160.
- [5] Muñoz A, Bonal R. Rodents change acorn dispersal behaviour in response to ungulate presence. Oikos,2007, 116: 1631-1638.
- [6] Vander Wall S B. Food hoarding in animals. Chicago,

- Illinois, USA: University of Chicago Press, 1990.
- [7] Jenkins S H, Rothstein A, Green W C H. Food hoarding by Merriam's kangaroo rats: a test of alternative hypotheses. *Ecology*, 1995, 76: 2470 - 2481.
- [8] Vander Wall S B, Jenkins S H. Reciprocal pilferage and the evolution of food-hoarding behavior. *Behavioral Ecology*, 2003, 14: 656 - 667.
- [9] Vander Wall S B, Briggs J S, Jenkins S H, et al. Do food-hoarding animals have a cache recovery advantage? Determining recovery of stored food. *Animal Behaviour*, 2006, 72: 89 - 197.
- [10] Vander Wall S B. The influence of environmental conditions on cache recovery and cache pilferage by yellow pine chipmunks (*Tamias amoenus*) and deer mice (*Peromyscus maniculatus*). *Behavioral Ecology*, 2000, 11: 544 - 549.
- [11] Devenport J A, Luna L D, Devenport L D. Placement, retrieval, and memory of caches by thirteen-lined ground squirrels. *Ethology*, 2000, 106: 171 - 183.
- [12] Vander Wall S B. Foraging success of granivorous rodents: effects of variation in seed and soilwater on olfaction. *Ecology*, 1998, 79: 233 - 241.
- [13] Xiao Z S, Zhang Z B. Effects of seed species and burial depth on seed recovery by female adult Edward's long-tailed rats. *Acta Theriologica Sinica*, 2004, 24: 311 - 314.
- [14] Zhang Z B, Wang F S. Effect of rodents on seed dispersal and survival of wild apricot (*Prunus armeniaca*). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21: 839 - 845.
- [15] 张洪茂, 张知彬. 埋藏点深度、间距及大小对花鼠发现向日葵种子的影响. *兽类学报*, 2006, 26: 398 - 402.
- [16] Xiao Z S, Jansen P A, Zhang Z B. Using seed-tagging methods for assessing post-dispersal seed fate in rodent-dispersed trees. *Forest Ecology and Management*, 2006, 223: 18 - 23.
- [17] Winterrowd M F, Weigl P D. Mechanisms of cache retrieval in the group nesting southern flying squirrel (*Glaucomys volans*). *Ethology*, 2006, 112: 1136 - 1144.
- [18] Vander Wall S B. Dispersal of singleleaf pinon pine (*Pinus monophylla*) by seed-caching rodents. *Journal of Mammalogy*, 1997, 78: 181 - 191.
- [19] Vander Wall S B. Recaching of Jeffrey pine (*Pinus jeffreyi*) seeds by yellow pine chipmunks (*Tamias amoenus*): potential effects on plant reproductive success. *Canadian Journal of Zoology*, 1998, 76: 154 - 162.
- [20] Hoshizaki K, Suzuki W, Nakashizuka T. Evaluation of secondary dispersal in a large-seeded tree *Aesculus turbinata*: a test of directed dispersal. *Plant Ecology*, 1999, 144: 167 - 176.
- [21] 张洪茂, 张知彬. 围栏条件下影响岩松鼠寻找分散贮藏核桃种子的关键因素. *生物多样性*, 2007, 15(4): 329 - 336.
- [22] Sargent S. Seed fate in a tropical mistletoe: the importance of host twig size. *Functional Ecology*, 1995, 9: 197 - 204.
- [23] Tewksbury J J, Nabhan G P, Norman D, et al. In situ conservation of wild chilies and their biotic associates. *Biological Conservation*, 1999, 13: 98 - 107.
- [24] Jacobs L F, Liman E R. Grey squirrels remember the locations of buried nuts. *Animal Behaviour*, 1991, 41: 103 - 110.