

浙江天童山鼠类对栲树种子的捕食和扩散*

张天澍^{1,3} 李 恺^{1,3**} 王 群^{1,3} 蔡永立^{2,3} 杨 坤^{1,3} 陈立侨^{1,3}¹华东师范大学生命科学学院, 上海 200062; ²华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200062;³华东师范大学城市化生态过程与生态恢复上海市重点实验室, 上海 200062)

摘 要 在浙江天童山国家森林公园, 研究了鼠类在常绿阔叶林、马尾松林和灌丛几种生境内对栲树 (*Castanopsis fargesii*) 种子的捕食和扩散的影响。结果表明, 社鼠 (*Niviventer confucianus*) 和针毛鼠 (*N. fulvescens*) 是栲树种子的主要捕食者。种子在刚布下后的几天内消失的最快, 随后其日消失率便逐渐降低, 在不同生境中, 其日消失率也有所不同, 在灌丛中日消失率最高 (7.54%), 其次是马尾松林 (7.29%), 而常绿阔叶林中 3 条样带的日消失率较低。在损失的种子中, 各种种子命运所占比例在样带中存在着差异, 灌丛中失踪的种子比例最高, 占 97.77%, 而样带 2 的则最低, 只占 8.91%。这与不同样带中的植被组成密切相关。同时, 鼠类对栲树种子扩散的距离比较近, 观察到的最远扩散距离为 12.7 m。

关键词 栲树, 种子捕食, 扩散, 鼠类, 天童山

中图分类号 Q958 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2006)02-0161-05

Seed predation and dispersal of *Castanopsis fargesii* by rodents in Tiantong Mountain, Zhejiang Province. ZHANG Tianshu^{1,3}, LI Kai^{1,3}, WANG Qun^{1,3}, CAI Yongli^{2,3}, YANG Kun^{1,3}, CHEN Liqiao^{1,3} (¹School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; ²School of Resources and Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; ³Shanghai Key Laboratory for Ecology of Urbanization Process and Eco-restoration, Shanghai 200062, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(2):161~165.

This paper studied the effects of rodents on the seed predation and dispersal of *Castanopsis fargesii* in Tiantong Mountain, a National Forest Park in Ningbo City of Zhejiang Province. In this Mountain, evergreen broad-leaved forest is the major forest type, while *C. fargesii* is the dominant species. For seed release, five transects are located in three types of habitats; three in evergreen broad-leaved forest, and other two in *Pinus massoniana* forest and shrub land, respectively. The results showed that rodents *Niviventer confucianus* and *Niviventer fulvescens* were the main seed predators. The loss rate of *C. fargesii* seed was high during the beginning of observation period, and then decreased gradually. The daily seed disappearance rate (DSDR) varied in different habitats, which was the highest (7.54%) in shrub land, and the lowest (4.47%) in evergreen broad-leaved forest. Among the lost seeds, three categories of their fate were defined: (1) the seeds were consumed by rodents, and the fragments of the seeds were within the tags; (2) the seeds were cut from the tags by rodents, and their fate was unknown; (3) both the seed and the tag disappeared. The proportion of the three categories in these habitats was differed. In shrub land, the third category was the highest (97.77%), while at the second transect of evergreen broad-leaved forest, it was the lowest (8.91%). The difference was related to the vegetation composition and density in the habitats. The dispersal distance of the seeds by rodents was quite short, with the maximum of 12.7 m.

Key words *Castanopsis fargesii*, seed predation, dispersal, rodents, Tiantong Mountain.

1 引言

鼠类作为生态系统中的一个重要功能群, 在消费植物种子的同时, 又作为种子二次散布的重要媒介之一, 对植物种群分布及种群更新具有十分关键的作用^[1, 11, 12, 14, 17, 23]。如中华姬鼠 (*Apodemus draco*) 通过搬运和埋藏小叶藤黄 (*Garcinia cowa*) 种子的过程, 促进了小叶藤黄种群的更新^[3]; 北美花鼠 (*Tamias* spp.) 将植物的种子埋藏在地下 7~22 mm 的深度, 这非常适合于种子的萌发^[22]; 以及鼠

类的活动影响山杏和辽东栎种子的扩散和存活^[7, 18, 23], 由此可见, 鼠类在搬运和埋藏种子过程中不仅改善了植物种子萌发的条件, 而且帮助了植物种群的扩散。

栲树 (*Castanopsis fargesii*) 广泛分布于中国亚热带地区, 是浙江天童山国家森林公园常绿阔叶林的主要优势种之一^[6]。几十年来由于人类的反复砍伐, 以栲树为优势种的植物群落受到严重破坏, 仅

* 国家自然科学基金重点资助项目 (30130060)。

** 通讯作者

收稿日期: 2005-06-19 接受日期: 2005-09-26

有小片的常绿阔叶林残存于保护区内或局部不易到达的生境。近年来,随着国家自然保护和生态恢复力度的加强,人们迫切需要了解植物种群,特别是作为当地顶级群落建群种的栲树的自然更新和恢复能力。目前对这一地区栲树群落有了较多地分析^[5],对栲树种群的更新也有所涉及^[4],但动物的捕食和扩散对栲树种群分布和更新有何作用却研究不多。

栲树果实为坚果,富含淀粉等营养物质,是鼠类喜食的食物^[9]。通过对人工标记种子的跟踪,本文研究了鼠类在常绿阔叶林、马尾松林和灌丛等生境内对栲树种子的捕食和扩散的影响,为深入分析栲树种群更新的机制提供依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地概况

研究地选择在浙江天童山国家森林公园(29°48'N, 121°47'E),一般山峰海拔为300 m左右,海拔最高峰太白山653.3 m。该区属亚热带季风气候,温和多雨,四季分明。年平均气温为16.2℃,最热月为7月,平均气温为27.9℃;最冷月为1月,平均气温为4.1℃^[6]。地带性植被为栲树、木荷(*Schima superba*)和米槠(*Castanopsis carlesii*)为优势种组成的亚热带常绿阔叶林,公园内保存有成片恢复较好的常绿阔叶林,周边地区植被破坏比较严重,多为处于不同演替阶段的次生类型或人工植被。

2.2 捕食动物的确定

为了确定捕食栲树种子的动物种类,在每种生境中布1条样带,每隔5 m布一个捕鼠夹,每一条带上布40个,带之间相隔25 m左右,然后每隔2 d观察一次,对捕到的老鼠进行种类鉴定。同时为了排除日出性种类如松鼠、鸟类的取食,每天分早晚两次检测种子的被取食情况。

2.3 样带设计和种子布置

于2003年11月,栲树种子下落高峰期,在公园内和边缘地带选择3种群落类型设置种子样带:常绿阔叶林、马尾松林和灌丛。其中常绿阔叶林分布有结果的栲树母株,马尾松林内和附近有少量栲树母株,灌丛内及附近无栲树母株。我们在常绿阔叶林中根据样地的大小设了3条种子带(带1~3),3条带上设置的样点数分别为22、12、20,样带间隔100 m。马尾松林和灌丛的样地面积较小,各设一条种子带,为样带4(带长100 m)和样带5(带长100 m)。5条样带的地表植被盖度大小依次为:样带2

>样带1>样带3>样带4>样带5。在布种子时,选取饱满的栲树种子,顺坡向每隔10 m布一个点,每点布上栲树种子(数量为10、20、30、40、50不等)。在常绿阔叶林3条样带中一共布下1140粒栲树种子,在样带4和样带5,分别布下200和210粒种子。从11月6日开始,平均每4 d观察一次种子被捕食的情况,共观察28 d。

同时,为了进一步研究鼠类的取食行为,我们还设计了不同的种子放置状态。分为两种情况:一种是有无枯枝落叶掩盖,即将一部分栲树种子用枯枝落叶掩盖,而另一部分种子不覆盖;另一种情况是种子有无标签,即将种子按有无标签分别放置。借此来研究不同的种子状态是否对鼠类的取食行为造成影响。

动物传播种子的跟踪技术有多种方法^[8, 13, 15, 16, 19~21],本实验采用的是种子标签法^[7],在种子一端钻一个小孔,然后用3 cm长的铜丝(0.4 mm)拴一个小铝牌(1 cm×3 cm),整个铝牌和铜丝重约0.3 g,并在铝牌上刻上数字标记,用于跟踪每一粒种子的命运。

2004年3月,在栲树种子萌发前,对样带1~4所布种子的最终命运进行了统计,在样带左右各50 m的范围内寻找带标签的种子,并测定种子扩散的距离。

2.4 数据处理

不同种子放置状态的比较采用Paired-t检验。各生境中种子命运的比较采用独立样本t检验,试验数据用spss 11.5 for windows处理,作图采用Microsoft Excel。检验均为双尾检验,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 捕食栲树种子的鼠类种类

通过对已捕鼠类的鉴定,主要取食栲树种子的为社鼠(*Niviventer confucianus*)和针毛鼠(*N. fulvescens*)两种鼠类,另外吴化前^[1]曾发现当地还有大足鼠(*Rattus nitidus*)和白腹巨鼠(*Leopoldamus edwardsi*)两种鼠类,但在本次实验中未观察到。同时通过早晚两次对种子的检测,发现种子均在晚上被取食,并且在研究地未发现松鼠,因而排除了日出性种类如松鼠、鸟类对种子的取食。

1)吴化前. 1996. 天空常绿阔叶林不同演替阶段中土壤动物群落学研究[D]. (博士学位论文)上海:华东师范大学.

3.2 栲树种子存留数随时间的变化

从图 1 可知,在布下种子后种子的数量开始时快速减少,后期速度则逐渐减慢,反映出种子的密度影响到鼠类捕食种子的强度。以样带 1 为例,一共布了 490 粒栲树种子,在整个观察期(28 d)内,前 15 d 内减少了 367 粒,占总数的 74.90%,剩下的 123 粒在后面的 13 d 内只减少了 41 粒。

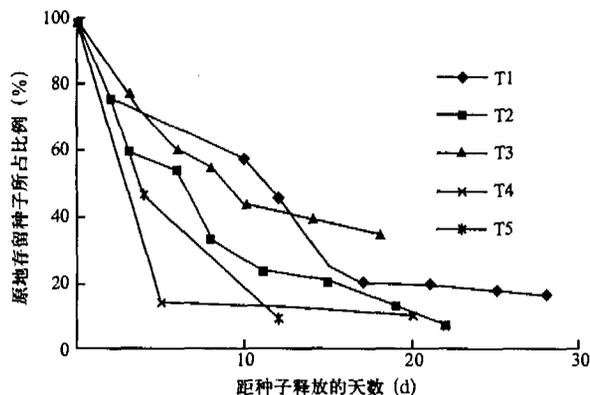


图 1 栲树 5 条样带种子存留数的变化

Fig.1 Change of seed quantities remaining in five transects

注: T1 为样带 1; T2 为样带 2; T3 为样带 3; T4 为样带 4; T5 为样带 5。下同。

另外,表 1 显示了栲树种子在不同的放置状态下的种子的日消失率。通过统计检验,有掩盖和无掩盖种子的日消失率无显著差异($P > 0.05$),并且所布种子的有无标签也无显著差异($P > 0.05$)。由此可见,种子的这两种放置状态对种子日消失率的影响不显著。

表 1 不同放置状态下种子的日消失率(%)

Tab.1 Daily seed disappearance rate of different released treatments

样带	有掩盖	无掩盖	无标签	有标签
T ₁	2.23	3.04	5.88	4.55
T ₂	9.09	6.53	16.67	5.91
T ₃	2.64	3.69	7.14	4.06
T ₄	20.00	16.89	-	-
T ₅	0	8.33	25.00	12.63

3.3 栲树种子消失率和种子日消失率

种子的消失率(seed disappearance rate, SDR)是指消失的种子数占所布种子的百分比,而种子的日消失率(daily seed disappearance rate, DSDR)定义为 $DSDR = e^{\ln SDR/T}$ (T 为观察的天数)^[23]。从表 2 可见,种子的消失率和种子日消失率在样带间存在一定差异。以观察的前 12 d 为例,常绿阔叶林中样带 1 种子消失率(SDR)为 53.67%,其日消失率为

4.47%;样带 2 的 SDR 为 76.15%,DSDR 为 6.35%;样带 3 的 SDR 为 57.80%,DSDR 为 4.82%;而马尾松林样带和灌丛样带的 DSDR 都较高分别为 7.29%和 7.54%。其中灌丛样带 DSDR 是 5 条样带中最高的。

表 2 各生境中栲树的种子消失率和种子日消失率

Tab.2 Seed disappearance rate and daily seed disappearance rate in different habitats

样带	观察的时间 (d)	种子消失率 (%)	种子日消失率 (%)
T ₁	12	53.67	4.47
T ₂	12	76.15	6.35
T ₃	12	57.80	4.82
T ₄	12	87.50	7.29
T ₅	12	90.48	7.54

对于常绿阔叶林中的 3 条样带,每次观察时的种子日消失率的变化情况如图 2 所示。从图中可见,种子刚布下时的 DSDR 是最高的,随着 1 个低谷后,会出现第 2 个高峰,但峰值较小,然后逐渐降低。

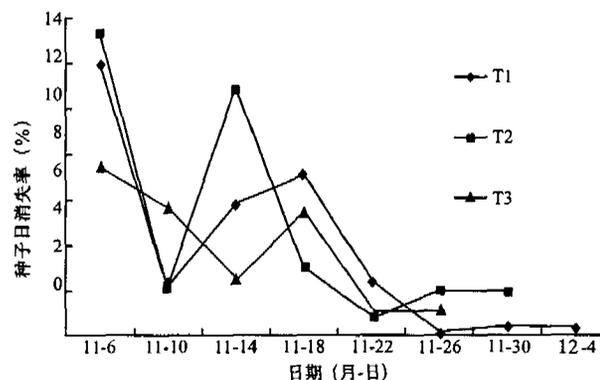


图 2 常绿阔叶林中 3 条样带的种子日消失率变化

Fig.2 Daily seed disappearance rate at transect 1-3 in the evergreen broad-leaved forest

3.4 各生境中的种子命运

栲树种子在不同生境中的种子命运所占比例是不同的,可分成 3 类:种子被取食,标签还连着种子的残余部分(I);种子被搬走,仅标签留在原地(II);标签和种子均消失(III)。从图 3 可知,常绿阔叶林中 3 条样带丢失的种子中,第 3 种情况的比例(分别为 39.1%,8.91%,21.7%)要低于马尾松林(55.56%)和灌丛样带(97.77%),两者之间存在着显著性差异($P < 0.05$)。

3.5 栲树种子的扩散距离

对栲树种子扩散距离的统计发现,栲树种子在

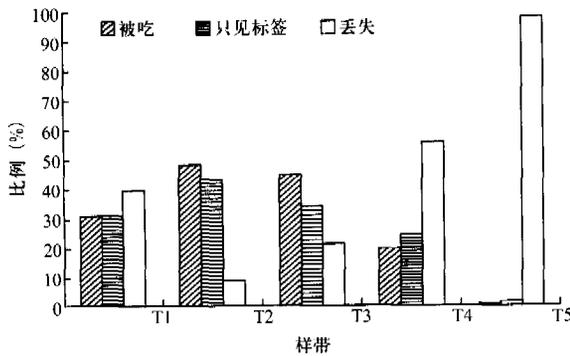


图3 不同种子命运所占比例
Fig.3 Seeds fate ratios of five transects

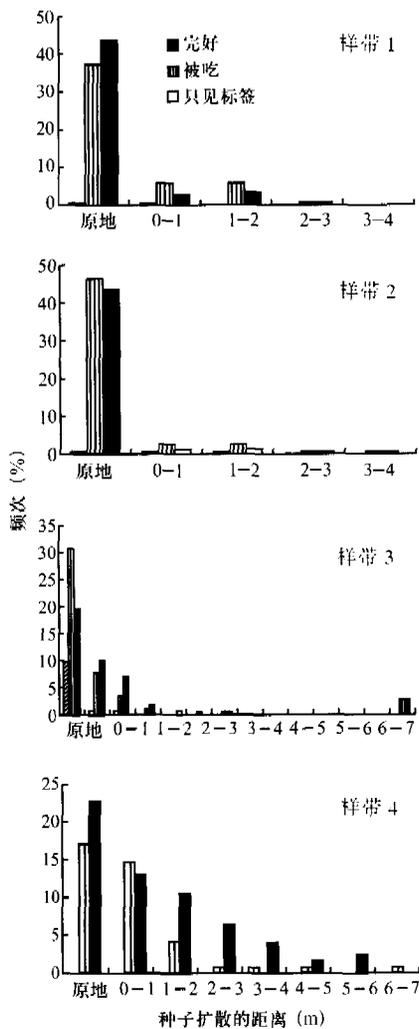


图4 种子扩散距离
Fig.4 Dispersal distance of seeds

不同生境中扩散的距离存在差异(图4)。在样带1和样带2中种子扩散的距离较近,一般在4m以内,平均距离分别为1.07m和1.26m,而在样带3和样带4中种子扩散的距离要远一些,最远达到12.7m。并且不同样带中未被鼠类拖走的栲树种子(包括原地消耗和在原地未动)的比例不同,分别为57.95%、87.73%、45.79%和24.50%(图4)。

4 讨论

动物对植物种子的捕食和扩散对植物种群的分布、重建以及群落的组成及多样性具有重要的作用^[1,2,10,11,18,23],一方面,动物对植物种子的捕食,减小了植物种子存活、萌发的几率;而另一方面,许多植物的更新又必须依赖动物对种子的扩散。这反映了动物之间的一种协同进化的关系。

同时,动物对种子的扩散可分为两种情况,一种是以食肉质果的鸟类为代表的消化道扩散,即动物吃下果实后种子随粪便排除,从而使种子得以扩散^[10];另一种就是以啮齿类为代表的贮食扩散,即通过贮食行为来完成对植物种子的扩散^[11,18,23]。种子贮藏地点的微环境对种子能否萌发有至关重要的影响,啮齿类通常将种子埋藏在地表下和林地内的枯枝层下,这样的生境非常适宜种子的萌发^[11]。因此鼠类对种子的扩散,对树种的更新具有重要的作用。

本研究表明,鼠类对栲树种子存在巨大的捕食压力。一方面是由栲树种子本身的特性所决定的,栲树种子富含淀粉等营养物质,是鼠类喜食的食物^[9],并且栲树的果皮较薄,容易被鼠类咬开,取食内部的种子;另一方面鼠类对栲树种子的捕食和扩散与生境类型和生境中的种子密度密切相关。

首先,种子密度对鼠类捕食的影响主要体现在日消失率逐渐降低。在刚布下种子的几天内,种子损失的特别快,接着就进入一个减少较缓慢的阶段。这主要是因为刚布下种子时密度最大,鼠类接触种子的几率高,因而其捕食压力也就最大,以后随着种子被鼠类取食而逐渐的减少,其密度也就越来越低,因而它的日消失率也就逐渐降低。另外,虽然种子的品质的下降也会影响鼠类的取食,但在整个观察期内,绝大多数种子保持完好,并未霉烂,因此在本次实验中种子密度对种子取食的影响比种子品质的影响着更重要的作用。

其次,生境类型也是影响鼠类对种子捕食和扩散

的主要因素。不同生境类型中的群落结构和组成是不同的,比如灌丛中植被简单,种子的类型单一,而常绿阔叶林和马尾松林中,植被组成较复杂。在本文中,不同生境中的种子日消失率(DSDR)存在着差异,例如常绿阔叶林和马尾松林的种子日消失率都要低于灌丛中的种子日消失率(7.54%),这主要是由于在常绿阔叶林和马尾松林中,植被组成较复杂,特别是常绿阔叶林中有茂密的蕨类植物如里白(*Diplazium glaucum*)等,从而增大了动物找到种子的难度,同时背景中其它的种子也分散了鼠类对栲树种子的注意力,从而降低了栲树种子的捕食压力^[2]。

生境类型的对种子扩散距离的影响从图4中可见。总体来讲,鼠类对栲树种子的扩散距离较近,观察到的最远扩散距离为12.7m,这与以往的研究结果一致。例如李宏俊等对辽东栎(*Quercus liaotungensis*)的研究表明,鼠类对辽东栎种子的传播大多数在20m以内^[18]。从被鼠类拖走的栲树种子所处的微生境来看,一般都是在较隐蔽的地方,如蕨类的下层或边缘,还有树根附近和草丛中。这主要是因为鼠类在这些地方的捕食风险要远远低于其它地方,同时还观察到有一部分种子被鼠类拖到巢穴中取食。这4条样带中未被鼠类拖走的种子所占比例从高到低分别为样带2、样带1、样带3和样带4(87.73%, 57.95%, 45.79%和24.50%),这一点与此4条样带的地表植被盖度是正相关的,也就是当地表植被太茂密时鼠类就倾向于就地取食种子;另外,常绿阔叶林中3条样带损失的种子中,第3种情况(即标签和种子都没有找到)的比例要低于马尾松林和灌丛样带,这也反映了生境类型影响鼠类的取食行为,由于在第2条样带,地表的蕨类植物生长得最茂密,鼠类倾向于就地取食,所以这条样带失踪种子的比例最低(8.91%),而灌丛植被组成正好相反,比较简单,因而失踪种子的比例最高(97.77%),绝大多数都被动物搬运走。由此可见,影响鼠类取食行为是与生境类型密切相关的。

实验结果显示,在这4条样带中最后存活下来未被取食的栲树种子数量很少;在实验中还观察到极少数被鼠类掩埋起来萌发成幼苗的种子,而绝大多数种子都被鼠类扩散并取食,可见鼠类对栲树种子的捕食压力是很大的,这也是在自然状态下栲树种群更新率较低的原因。另外,以前的研究表明,鼠类对植物种子的捕食和扩散还与该生境中的鼠类的密度有关,但本次试验仅仅对鼠类的种类作了调查,

而鼠类的密度对栲树种子捕食和扩散的影响有待今后进一步的深入研究。

致谢 华东师范大学资源与环境科学学院宋永昌教授、胡星明同学及生命科学学院徐宏发教授、彭士明同学在实验过程中给予大力支持,在此深表谢意。

参考文献

- [1] 马杰,李庆芬,孙儒泳,等. 2004. 啮齿动物和鸟类对东灵山地区辽东栎种子丢失的影响[J]. 生态学杂志, 23(1): 107~110.
- [2] 王巍,马克平,高贤明. 2000. 东灵山地区脊椎动物对辽东栎坚果捕食的时空格局[J]. 动物学报, 42(3): 289~293.
- [3] 刘勇,陈进,白智林,等. 2002. 小叶藤黄(*Garcinia cowa*)种子传播、种子被捕食及幼苗的空间分布[J]. 植物生态学报, 26(4): 427~434.
- [4] 刘济明. 1998. 栲树种子库及更新[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 15(3): 182~187.
- [5] 宋永昌,王祥荣. 1995. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 1~2.
- [6] 张庆费,宋永昌,吴化前,等. 1999. 浙江天童常绿阔叶林演替过程凋落物数量及分解动态[J]. 植物生态学报, 23(3): 250~255.
- [7] 张知彬,王福生. 2001. 鼠类对山杏种子存活和萌发的影响[J]. 生态学报, 21(11): 1761~1768.
- [8] 肖治术,张知彬. 2003. 食果动物传播种子的跟踪技术[J]. 生物多样性, 11(3): 248~255.
- [9] 肖治术,张知彬. 2004. 都江堰林区小型兽类取食林木种子的调查[J]. 兽类学报, 24(2): 121~124.
- [10] 鲁长虎,常家传,许青. 2004. 黄桷的更新特点及食果实鸟类对其种子的传播[J]. 生态学杂志, 23(1): 24~29.
- [11] 鲁长虎. 2001. 啮齿类对植物种子的传播作用[J]. 生态学杂志, 20(6): 56~58.
- [12] 鲁长虎. 2003. 动物与红松天然更新关系的研究综述[J]. 生态学杂志, 22(1): 49~53.
- [13] Alverson WS, Diaz AG. 1988. Measurement of the dispersal of large seeds and fruits with a magnetic locator[J]. *Biotropica*, 21: 61~63.
- [14] Wang BC, Smith TB. 2002. Closing the seed dispersal loop[J]. *Trends Ecol. Evol.*, 17(8): 379~385.
- [15] Daly M, Jacobs LF, Wilson MI, et al. 1992. Scatter-hoarding by kangaroo rats (*Dipodomys merriami*) and pilferage from their caches[J]. *Behav. Ecol.*, 3: 102~111.
- [16] Herrera CM, Jordano P, Lopez-Soria L, et al. 1994. Recruitment of a mast-fruiting, bird-dispersed tree: Bridging frugivore activity and seedling establishment[J]. *Ecol. Monogr.*, 64: 315~344.
- [17] Wunderle Jr JM. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands[J]. *For. Ecol. Manage.*, 99: 223~235.
- [18] Li HJ, Zhang ZB. 2003. Effect of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak (*Quercus liaotungensis* Koidz)[J]. *For. Ecol. Manage.*, 76: 387~396.
- [19] Longland WS, Clements C. 1995. Use of fluorescent pigments in studies of seed caching by rodents[J]. *J. Mammal.*, 76: 1260~1266.
- [20] Sork VL. 1984. Examination of seed dispersal and survival in red oak, *Quercus rubra* (Fagaceae), using metal-tagged acorns[J]. *Ecology*, 65: 1020~1022.
- [21] Vander Wall SB, Joyner JW. 1998. Recaching of Jeffrey pine (*Pinus jeffreyi*) seeds by yellow pine chipmunks (*Tamias amoenus*): Potential effects on plant reproductive success[J]. *Can. J. Zool.*, 76: 154~162.
- [22] Vander Wall SB. 1993. Cache site selection by chipmunks (*Tamias* spp.) and its influence on the effectiveness of seed dispersal in Jeffrey pine (*Pinus jeffreyi*) [J]. *Oecologia*, 96: 246~252.
- [23] Zhang ZB, Wang FS. 2001. Effect of rodents on seed dispersal and survival of wild apricot (*Prunus armeniaca*) [J]. *Acta Ecol. Sin.*, 21: 839~845.

作者简介 张天澍,男,1977年8月,博士研究生。主要从事动物生态学方面的研究。E-mail: zhangtianshu2000@sohu.com
责任编辑 李凤芹