

山杏的种子雨及鼠类的捕食作用*

路纪琪^{1,2,3} 李宏俊¹ 张知彬^{1**}

(¹ 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 100080; ² 郑州大学生物工程系, 郑州 450001;

³ 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 山杏 (*Prunus armeniaca*) 是一种灌木状小乔木, 在北京山区较为贫瘠、干旱的阳坡地带广泛分布。于 2002 年 7 月和 2003 年 7~9 月, 采用种子收集筐估计了山杏种子的产量、种子雨的动态变化过程; 在 2003 年的研究中, 把收集筐中所获得的种子转入扣网之中以排除鸟类的影响, 并设置了地表对照样方, 调查和比较了扣网内和对照样方中、扣网和对照样方之间山杏种子被取食、搬离的动态变化及其差异性。研究表明, 山杏种子的下落高峰发生于 7 月下旬至 8 月上旬, 败育种子的下落早于完好种子且数量极少; 在扣网内和对照样方中, 被取食和被搬运的种子数量之间存在显著性差异, 在扣网和对照样方之间, 被取食和被搬运的种子数量的差异均未达到显著性水平; 鼠类是种子雨期间取食山杏种子的主要动物, 鸟类的作用可以忽略。

关键词 山杏, 种子雨, 产量, 鼠类, 捕食

中图分类号 Q958 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2005)05-0528-05

Seedrain of wild apricot and predation by small rodents. LU Jiqi^{1,2,3}, LI Hongjun¹, ZHANG Zhibin¹ (¹ State Key Laboratory of Integrated Management on Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; ² Department of Bioengineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; ³ Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(5): 528 ~ 532.

Wild apricot (*Prunus armeniaca*), a shrub-like small arbor, is distributed widely on sunny slopes of mountainous areas of Beijing, that survives well under dry conditions with poor soil or in deforested hills. Few studies had been done on the production and seed-rain, much less on the effect of consumption and removal by small rodents on dynamics of seed-bank. During July, 2002 and July to September, 2003, we estimated the production and seed-rain of wild apricot using collecting basket. The sample size was 16 and 20, in 2002 and 2003, respectively. The differences between consumed seeds and removed seeds within enclosure and ground quadrat, and the differences between enclosure and ground quadrat were compared. The results showed that the seed production of wild apricot varied significantly among years, and the peak of seeds falling occurred from late July to early August, among which the aborted seeds fell prior to the intact ones. There was significant difference between consumed and removed seeds both within enclosure and ground quadrat, which suggested that rodents tended to eat and transport seeds from the same sites. The difference of consumed seeds and removed seeds, respectively, between enclosure and ground quadrat were not significant, which indicated that rodents were the main factor affecting the fate of seeds in seed-bank of wild apricot in the course of seed-rain, and the impact from birds was negligible. The percentage of seeds consumed and removed by rodents was low compared to the productivity.

Key words wild apricot, seed-rain, production, predation, rodents.

1 引言

种子是多数植物实现更新的主要源泉^[10,20], 种子植物的天然更新大致包括种子生产、种子运动和种子在适宜位点萌发并最终建成为成体等 3 个阶段^[15]。在果实成熟季节, 种子从母体植物散落的过程称为种子雨, 其中部分种子进入土壤浅层形成种子库。许多植食性动物以种子或植物的其他繁殖体为食。动物的取食无疑会影响种子的产量及土壤种子库的动态, 并最终对植物的更新产生不同程度的

影响^[20]。

山杏 (*Prunus armeniaca*) 广布于北京市东灵山地区, 是森林较为退化的山坡环境中常见的一种灌木状小乔木, 既可形成山杏矮林或灌丛, 也可以亚优势种或伴生种的形式混生于干旱阳坡的其他类型的灌丛中^[1]。作为群落演替的先锋植物, 山杏能够较

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-SW-103)、国家自然科学基金重点项目 (30431030)、国家重点基础研究发展规划项目 (G2000046802)、科技部招标项目 (FS2000-009) 和中国科学院百人计划资助项目。

** 通讯作者

收稿日期: 2004-05-08 改回日期: 2004-07-08

快地侵入并定居于植被严重退化的山坡、裸地,对土壤贫瘠和干旱条件有一定的耐受性,因而对于保护生态环境、减少水土流失具有重要作用^[4]。山杏的种仁含有丰富的营养物质,因而是当地多种鼠类的食物之一,有些鼠类还贮藏山杏种子作为食物短缺期的补充食物^[3~5]。因此,鼠类的作用必然会影响到山杏种子的命运、种子库动态,最终影响到山杏的更新与补充。张知彬等^[3,4]采用人工埋藏和人工释放山杏种子的方法,就鼠类对山杏种子扩散、存活、萌发的影响等进行了研究。本研究的主要目的是分析山杏的种子雨、种子下落期间鼠类对种子的捕食作用,以期能为野生山杏资源的有效管理、促进山杏的更新和补充提供一些基础资料。

2 研究地区与方法

2.1 研究地区

本项研究在北京市门头沟区东灵山地区的梨园岭村(40°00'N,115°30'E)进行,当地海拔约1100 m。虽然村民已经外迁,但是由于人类经济开发活动的长期干扰,主要群落类型以灌丛和弃耕地为主,另有少量次生林群落,生态系统正处于缓慢的恢复之中。次生林群落中以辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、五角枫(*Acer mono*)和山杏等为主;弃耕地群落中,从春季到秋季依次有野青茅(*Calamagrostis arundinacea*)、细叶苔草(*Carex rigescens*)和白莲蒿(*Artemisia gmelinii*)等种类出现。

2.2 样地设置

在研究地区,选择位于山坡上成片的山杏树林,面积约2000 m²,坡向东偏南,坡度45°左右。山杏树平均高为245.8 cm,覆盖度为43%。

在研究样地中随机设置了种子收集筐(2002年为16个,2003年为20个),用于种子雨的调查统计。收集筐的大小为50 cm × 50 cm,筐底用网眼为2 mm × 2 mm的尼龙网制成。收集筐用4根细钢筋作支架,筐内尼龙网适当放松距地表约80 cm,以防止坚果下落后的反弹。在2003年的研究中,为了确定鸟类对于山杏种子的影响,作者还设计了扣网处理,即在每次检查完毕之后,将收集筐中所收集到的种子(去掉果肉的果核),移入收集筐附近的扣网之中。扣网用网眼为2.5 cm × 2.5 cm防锈铁丝网制成,大小为50 cm × 50 cm × 20 cm,扣网的上面及侧面封闭,下面开放并与地面紧密接触。在扣网四

周近地面处各剪4个5 cm × 5 cm的开口,只容许小型啮齿动物进出,而一些食坚果鸟类如喜鹊(*Pica pica*)、松鸦(*Garrulus glandarius*)等则难以通过。同时还设置了20个地面对照样方,大小亦为50 cm × 50 cm,位置与种子收集筐相对应,间隔为1~2 m,作为扣网处理的对照组,以确定鸟类对山杏种子是否有显著的影响。

2.3 山杏种子雨及种子命运动态

样方设置完成之后,于开始调查前清理对照样方中的杂物包括树枝、树叶、往年的种子残片、败育种子等。在2002年和2003年,均自7月5日起开始种子雨调查,调查频次为每天一次,每次调查的时间基本一致。调查持续到种子雨结束时为止。

山杏成熟之后从母树上散落到地表,果肉(中果皮)自动裂开使种子(果核)暴露,有些果肉则残留在树上,种子直接散落于地表。败育种子很小、果肉极薄且与内果皮紧贴,打开之后没有果仁或皱缩成很薄的一层,无营养价值可言。

调查种子收集筐中的种子时,首先清理落叶等杂物,按完好和败育两种类型进行计数。随后移出完好的山杏果实,取出种子,用防水记号笔直接在内果皮上进行标记编号,随后将种子移入扣网之内,在下次检查时,记录扣网内种子的存留、取食、移走情况。在调查对照样方中的果实时,亦需清理杂物,对散落的种子按完好、败育和取食3种情况进行记录,随后对完好种子标记编号,标记方法同上所述。在下次检查时,对已标记种子按存留、取食和移走3种情况进行记录。每次检查完毕后,将被取食的种子残骸和败育种子去除。

2.4 山杏种子产量的估计

在2002年和2003年,用种子收集筐估计了山杏种子的单位产量,只包括完好种子。方法是定期对每个收集筐中的果实计数。在2003年,调查了扣网和对照样方中山杏种子的存留率、取食率、移走率的估计值。存留率是指最后一次检查时存留种子占累积数量的百分率,取食率是指被动物就地取食的种子占累积数量的百分率,移走率是指被动物移走的种子占累积数量的百分率。

2.5 取食山杏种子的啮齿动物调查

本研究采用两种方法对取食山杏种子的啮齿动物进行了调查。方法之一是用咬痕判断(2002、2003年)。因为山杏种子具有木质化而坚硬的内果皮,鼠类要打开内果皮取食果仁,会在内果皮上留下明显的

咬啮和刮磨痕迹。室内饲喂实验表明,不同鼠类所留下的咬痕不同,可据此对取食山杏坚果的鼠类进行鉴别^[6];方法之二是在2003年以花生为诱饵、用捕鼠笼(24 cm × 10 cm × 10 cm)在样地中进行活捕调查。捕鼠笼置于地表样方附近,于种子雨开始前和种子雨期间分别进行一次,每次连续观察10 d。对捕到的鼠类记录其种类、性别、体重,然后原地释放。

2.6 统计分析

采用SPSS for windows (Version 10.0)对有关数据进行统计分析。用Mann-Whitney U test 检验:两年间山杏种子产量之间的差异性;被动物移走和取食种子在扣网中和对照样方之间的差异。用Wilcoxon test 分别检验扣网中和对照样方中被移走和取食种子之间的差异;用Spearman 相关性分析检验扣网和对照样方中山杏种子取食率、移走率和存留率之间的相关性。

3 结果与分析

3.1 山杏的种子雨

在2002年,山杏果实的散落从7月上旬开始,至7月末即告结束,持续了约26 d,所收集到完好山杏种子仅有49枚,败育种子仅有3枚,可见该年山杏种子产量极低。在2003年研究期间,山杏果实从7月上旬开始散落,到7月22~27日达到高峰,随后逐渐减少,到8月23日基本结束。2003年的山杏种子产量(Mean ±SD)为350.80 ±51.15枚·0.25 m⁻²,显著大于2002年的种子产量(Mann-Whitney U, Z = -5.102, P = 0.000)(表1)。与完好种子相比,败育种子的数量极少,而且在种子雨的早期即行散落(图1)。在种子雨期间所散落主要是成熟的山杏种子(图1)。

3.2 扣网和对照样方中山杏种子的命运

3.2.1 鼠类对山杏种子的取食和搬运 随着山杏果实的下落和逐渐积累,开始有动物从扣网和对照样方中取食和搬运部分种子(图2、3)。取食和搬运的高峰发生于7月下旬至8月上旬,到种子雨结束时,虽然扣网和对照样方中仍有大量的完好种子存留,而鼠类对种子的取食和搬运活动已经变得非常弱。两次鼠类数量调查(活捕笼法)中只获得1只大仓鼠(*Cricetulus triton*) (雌性,体重127.2 g),但根据留在山杏种子内果皮上的咬痕判断,被就地取食的种子均为岩松鼠(*Sciurotamias davidianus*)所为。在调查期间,有2次观察到岩松鼠的取食活动,

并多次听到其鸣叫。被取食的种子数量在扣网和地表样方有所不同,但其差异并未达到显著性水平(Mann-Whitney U, Z = -0.407, P = 0.684)。与此类似,被搬离种子源的种子数量在扣网中和对照样方之间也没有显著性差异(Mann-Whitney U, Z = -0.943, P = 0.346)。这一结果说明,鼠类(主要是岩松鼠)对种子雨期间山杏种子的取食和搬运起着重要作用,同时也说明岩松鼠对山杏种子有一定的偏好性。

表1 山杏种子产量的估计值(枚·0.25 m⁻²)

Tab.1 Productivity of seeds of wild apricot

年份	种子数	平均值 ±标准差	最小值	最大值
2002	16	12.24 ±3.00	0	11
2003	20	350.80 ±51.15	23	192

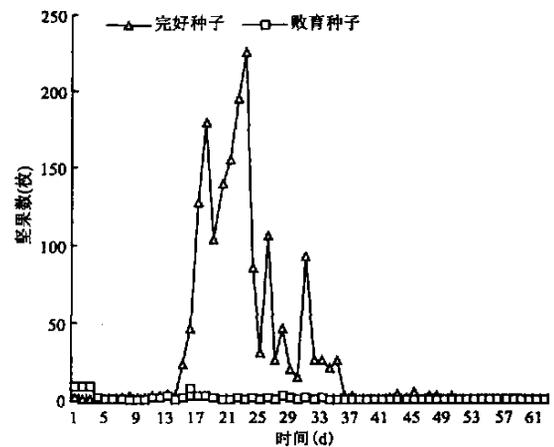


图1 收集筐中山杏种子的散落动态(2003年)

Fig.1 Dynamics of seed-fall in the collecting basket

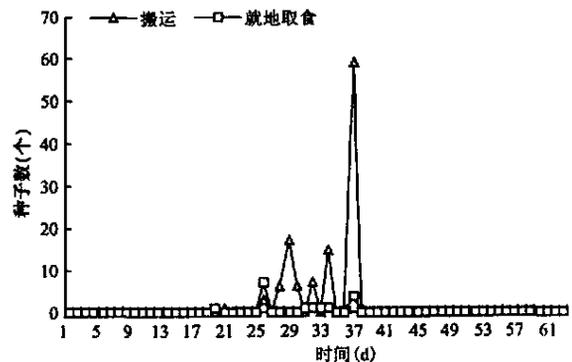


图2 扣网中山杏坚果被就地取食和搬运的动态(2003年)

Fig.2 Dynamics of removed and eaten in situ seeds of wild apricot within enclosure

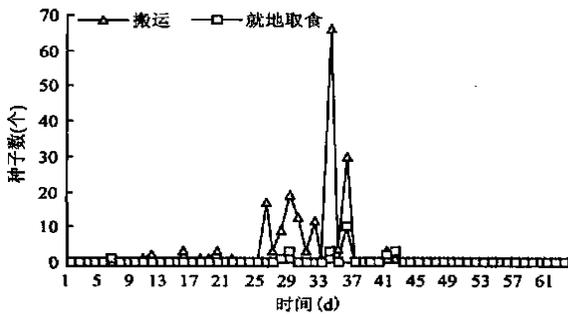


图3 对照样方中山杏种子被就地取食和搬运的动态(2003年)
Fig.3 Dynamics of removed and eaten in situ seeds of wild apricot on ground quadrat

在扣网之内,鼠类所搬运的山杏种子数量明显多于取食的数量 (Wilcoxon, $Z = -2.023$, $P = 0.043$),与此类似,在对照样方中,被鼠类搬离的种子数量也多于就地取食的量,其差异也达到了显著性水平 (Wilcoxon, $Z = -2.252$, $P = 0.024$),说明鼠类倾向于把山杏种子搬离种子源,而较少就地取食。总体来看,相对于山杏种子的产量而言,被鼠类取食和搬运的量只占很少一部分(图4、5)。

3.2.2 扣网和地表样方中种子命运的相关性 山杏种子被移入对照样方和扣网中(来自收集筐)之后,其主要的命运类型为被鼠类就地取食、搬离种子源、存留,各种命运所占比例的统计如表2所示。不同命运的相关性分析。由表3可见,在扣网和对照样方中,鼠类对山杏种子的取食率与搬运率之间均呈现为显著的正相关关系,说明鼠类倾向于在同一个位点取食、搬运种子,而不是在此处取食,而从另

外的地方搬运,调查结果也表明,有些样点的山杏种子被鼠类部分取食或搬离(有一个对照样方中的种子被全部搬离),而有些样点则完全没有取食和搬运发生,即搬运率为零(表2)。

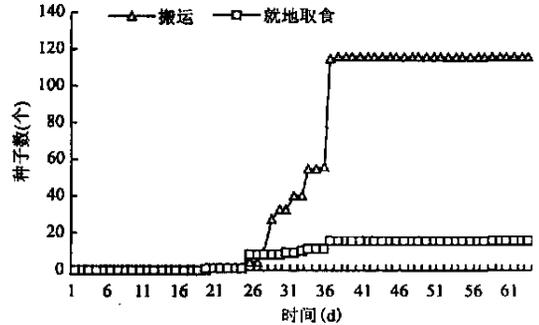


图4 扣网中被就地取食和搬运种子的累积变化(2003年)
Fig.4 Accumulation of consumed in situ and removed seeds within enclosure

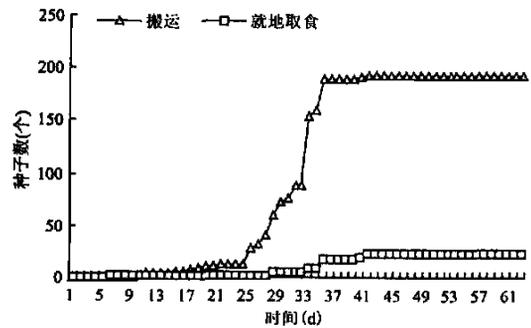


图5 地表样方中被就地取食和搬运种子的累积变化(2003年)
Fig.5 Accumulation of consumed in situ and removed seeds on ground quadrat

表2 山杏种子不同命运的比例统计

Tab.2 Statistics of seeds of wild apricot with different fates within enclosure and ground quadrat

处理	数量	取食率		搬运率		存留率	
		范围	平均值 ±标准差	范围	平均值 ±标准差	范围	平均值 ±标准差
扣网	20	0.00 ~ 5.21	0.75 ±1.71	0.00 ~ 95.06	6.76 ±21.40	0.00 ~ 100.00	92.50 ±22.57
对照	20	0.00 ~ 8.97	0.92 ±2.28	0.00 ~ 100.00	8.34 ±22.92	0.00 ~ 100.00	90.73 ±23.44

表3 扣网和对照样方中种子命运的相关性分析

Tab.3 Correlative analysis of seed fates between enclosure and ground quadrat (r/p)

对照	扣网		
	取食率	搬运率	存留率
取食率		0.663/0.001*	-0.704/0.001*
搬运率	0.483/0.031*		-0.998/0.000*
存留率	-0.651/0.02*	-0.928/0.000*	

4 讨论

研究表明,山杏种子的产量在不同年份之间差异极大,在低产年份,种子雨持续时间短,至7月底即告结束。在丰产年份持续近2个月,从7月上旬开始,至8月下旬结束,持续将近2个月。果实的下落高峰期7月下旬。由于山杏种子的特殊结构,即具有木质化而坚硬的内果皮^[20],不易受到真菌和寄生虫的侵害等,其种子雨的主要成分可以相对简

单地分为完好和败育两种类型。从时间格局来看,败育种子的下落早于完好种子,而且败育种子的数量只占极小的比例。对于鼠类来说,败育种子没有任何营养价值可言,因而不被鼠类取食和搬运。

采用扣网处理以排除鸟类的影响,对扣网内和对照样方中山杏种子被取食和搬运的差异性进行分析,二者的差异均未达显著性水平($P > 0.05$)。结合内果皮上的咬痕特征^[6]、实地观察和活捕调查,可以确定,在山杏种子雨期间,鼠类(主要是岩松鼠)对山杏种子的被取食和搬运起着关键作用,是影响地表山杏种子库命运的主要因素,而鸟类的作用是可以忽略的。这也证实了以前的推测^[3]。

有关对栎类坚果种子雨和种子库动态的研究也表明,影响地表种子库中种子命运的主要因素是动物尤其是小型鼠类的取食和搬运活动^[2,8,9,12,14,17,18]。鼠类对种子或坚果的搬运对植物是有好处的。一方面,通过鼠类的搬运,可以降低母树附近种子或坚果的密度,进而降低了在母树下所萌发的幼苗之间的竞争;被鼠类搬离母树的种子或坚果常常被集中或分散地贮藏起来,如果被分散贮藏的部分种子或坚果在以后未被贮藏者或其他个体取食,则有可能存活到萌发,最终建成幼苗^[10~13,18,19],从而促进植物的天然更新和分布区的拓展^[20]。

在扣网内和对照样方中,鼠类对山杏种子取食和搬运的高峰均发生于种子雨的中期,随后,取食和搬运活动趋于减弱。与山杏种子的产量相比,被鼠类取食和搬运的坚果只占很小的比例。至调查结束时,仍然有大量完好的种子存留于扣网内(平均为92.50%)和对照样方中(平均为90.73%),其主要原因可能在于山杏种子的丰产造成了捕食者的饱和^[7],初步研究结果表明,山杏种子的生产有明显的大小年现象,如2001年、2002年的产量均极低。对于这些在丰产年份所存留的山杏种子,可以人工收集,选择适宜的生境和位置进行埋藏^[4,16],以促进山杏树的更新,加快森林退化地区的生态恢复进程。

参考文献

- [1] 马克平,陈灵芝,于顺利,等. 1997. 北京东灵山地区植物群落的基本类型[A]. 见:陈灵芝. 暖温带森林生态系统结构与功能的研究[C]. 北京:科学出版社,56~75.
- [2] 孙书存,陈灵芝. 2000. 东灵山地区辽东栎种子库统计[J]. 植物生态学报,24(2):215~221.
- [3] 张知彬,王福生. 2001a. 鼠类对山杏种子存活和萌发的影响[J]. 生态学报,21(11):1761~1768.
- [4] 张知彬,王福生. 2001b. 鼠类对山杏(*Prunus armeniaca*)种子扩散及存活作用研究[J]. 生态学报,21(5):839~845.
- [5] 陈卫,高武,傅必谦. 2000. 北京兽类志[M]. 北京:北京出版社,153~249.
- [6] 路纪琪,张知彬. 2004. 鼠类对山杏和辽东栎种子的贮藏[J]. 兽类学报,24(2):132~138.
- [7] Alcántara JM, Rey PJ, Sánchez-Lafuente AM, et al. 2000. Early effects of rodent post-dispersal seed predation on the outcome of the plant-seed disperser interaction[J]. *Oikos*, 88:362~370.
- [8] Crawley MJ, Long CR. 1995. Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* [J]. *J. Ecol.*, 83:683~696.
- [9] Herrera J. 1995. Acorn predation and seedling production in a low-density of cork oak (*Quercus suber* L.) [J]. *For. Ecol. Man.*, 76:197~201.
- [10] Harper JL. 1977. Population Biology of Plants[M]. London: Academic Press, 83~110.
- [11] Jansen PA, Forget P-M. Scatter-hoarding rodents and tree regeneration[A]. In: Bongers F, eds. Dynamics and plant-animal interactions in a neotropical rainforest [C]. Nouragues: Kluwer Academic Publisher, 275~288.
- [12] Kikuzawa K. 1988. Dispersal of *Quercus mongolica* acorns in a broad-leaved deciduous forest: 1. Disappearance [J]. *For. Ecol. Man.*, 25:1~8.
- [13] Li HJ, Zhang ZB. 2003. Effects of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak (*Quercus liaotungensis* Koidz) [J]. *For. Ecol. Man.*, 176:387~396.
- [14] Miyaki M, Kikuzawa K. 1988. Dispersal of *Quercus mongolica* acorns in a broadleaved deciduous forest 2. Scatterhoarding by mice [J]. *For. Ecol. Man.*, 25:9~16.
- [15] Nanthan R, Muller-Landau HC. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment [J]. *Trends Ecol. Evol.*, 15(7):278~285.
- [16] Radivanyi A. 1970. Small mammals and regeneration of white spruce forests in west Alberta [J]. *Ecology*, 51:1120~11.
- [17] Shaw MW. 1968a. Factors affecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in North Wales I. A preliminary study of acorn production [J]. *J. Ecol.*, 56:565~583.
- [18] Shaw MW. 1968b. Factors affecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in North Wales II. Acorns losses and germination under field conditions [J]. *J. Ecol.*, 56:647~660.
- [19] Sork VL. 1984. Examination of seed dispersal and survival in red oak, *Quercus rubra* (Fagaceae), using metal-tagged acorns [J]. *Ecology*, 65:1020~1022.
- [20] Vander Wall SB. 1990. Food hoarding in animals [M]. Chicago: University of Chicago Press.

作者简介 路纪琪,男,1964年生,在职博士。主要从事动物生态学研究。发表论文50篇。

责任编辑 李凤芹