

云南拉沙山滇金丝猴的种子传播

李 宁¹ 高 帅¹ 陈思宇¹ 任源浩¹ 李延鹏² 黄志旁^{2*} 肖 文² 崔亮伟³

(¹南京晓庄学院应用生态研究所, 南京 211171; ²大理大学东喜玛拉雅研究院, 云南大理 671003; ³西南林业大学林学院 云南省高校极小种群野生动物保育重点实验室, 昆明 650224)

摘 要 灵长类是森林中重要的种子传播者, 其行为对于森林植物的更新具有重要的生态意义。虽然大量国外科学家关注了灵长类的种子传播行为, 但我国的灵长类种子传播研究依然处于起步阶段, 这不利于厘清我国灵长类的种子传播行为特点。本研究以云南拉沙山为研究地, 关注滇金丝猴对果实性植物的取食及其对种子的传播作用, 通过在夜栖地和午休地收集粪便分析灵长类的种子传播特点。结果表明: 滇金丝猴共取食 9 科 14 种果实性植物, 其中蔷薇科植物相对较多, 共有 6 种, 占有植物种类的 42.86%。果实特征影响着滇金丝猴的食物选择, 滇金丝猴偏好选择肉质果植物和红色果实植物, 分别有 12 种和 8 种, 各占总数的 85.71% 和 57.14%。不同类型的栖息地中, 滇金丝猴粪便排放的种子有所差异, 75% 的种子被排放至夜栖地, 仅有 25% 被排放至午休地。在夜栖地中, 大量完整的蔷薇科植物种子被滇金丝猴排放至冷杉林中, 这对于某些阔叶树种子在冷杉林中更新至关重要。本研究初步证实了滇金丝猴作为种子传播者在生态系统植物更新中的重要作用。

关键词 滇金丝猴; 种子传播; 栖息地利用; 种子排放格局

Seed dispersal by black snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) at Mt. Lasha, Yunnan, China. LI Ning¹, GAO Shuai¹, CHEN Si-yu¹, REN Yuan-hao¹, LI Yan-peng², HUANG Zhi-pang^{2*}, XIAO Wen², CUI Liang-wei³ (¹*Institute of Applied Ecology, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China*; ²*Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671003, Yunnan, China*; ³*Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control in Yunnan Province, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China*).

Abstract: Primate is an important seed dispersal vector in forest, which plays an important role in forest regeneration. While many foreign scientists focused on the seed dispersal behaviors of primate, the studies on primate seed dispersal behaviors were still at the primary stage in China. In this study, we observed the fruit foraging behaviors of black-and-white snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Mt. Lasha and counted the intact seeds from the feces collected from the night-roosting sites and noon-sleeping sites. *R. bieti* consumed fruits from 14 plant species, belonging to nine families. Six out of the 14 species were from Rosaceae, with a percentage of 42.86%. Fruit traits influenced fruit choice of *R. bieti*, who preferred fleshy fruits (85.71%, $n=12$) and red fruits (57.14%, $n=8$). The distribution pattern of feces between night-roosting sites and noon-sleeping sites was different, with 75% of feces being found in the sleeping sites and 25% in noon-nap sites. Most of Rosaceae seeds were found under the night-roosting sites of *R. bieti* in conifer forest, indicating that *R. bieti* could affect the regeneration of broadleaved tree species in conifer forest. Our results highlight the important role of *R. bieti* in seed dispersal in forest ecosystem.

Key words: *Rhinopithecus bieti*; seed dispersal; habitat utilization; seed deposition pattern.

种子传播(seed dispersal)是植物种子离开母树到达适宜萌发生境的生态过程,它影响着植物种群续存和群落生物多样性维系(Howe *et al.*, 1982; Jordano, 2014)。在热带和亚热带区域,80%~90%的植物依赖于动物来传播其种子(Jordano *et al.*, 2011)。灵长类就是主要的传播动物类群之一。

灵长类的种子传播对植物更新的影响一直都是生态学研究热点(Andresen *et al.*, 2018)。一些案例表明:在猕猴亚科中,79%的猕猴个体对生境干扰的适应能力更强,它们对植物的种子传播距离要远大于另外21%的个体(Albert *et al.*, 2014);安第斯怪柳猴(*Saguinus fuscicollis*)和狨猴(*S. mystax*)取食后常将植物种子定向地排放至其休憩地中;蜘蛛猴(*Ateles paniscus*)常将肉豆蔻属植物(*Virola calophylla*)种子排放至夜栖地,这些灵长类的栖息地正是适于幼苗萌发的适宜生境,故灵长类常因为长距离和定向运动而成为植物种子的高质量传播者(Russo *et al.*, 2006; Muñoz Lazo *et al.*, 2011)。因此,灵长类在森林中一直扮演重要的角色。我国的灵长类种子传播依然处于空缺的阶段(陈远等, 2017),相关研究仅西黑长臂猿(*Nomascus nasutus*) (范朋飞等, 2008)和川金丝猴有少量报道(*Rhinopithecus roxellana*) (Chen *et al.*, 2018),结果初步分析了西黑长臂猿的体内传播和川金丝猴的附着传播,这不利于全面地认识我国特有灵长类在生态系统中的重要作用。因此,以我国濒危灵长类为研究对象,系统研究它们对森林植物种子传播及对植物更新的影响,应是我国生态学家重点关注的问题。

滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)又称黑白仰鼻猴,隶属于灵长目、猴科、疣猴亚科、仰鼻猴属(任宝平等, 2004)。滇金丝猴是备受人们关注的旗舰物种,是我国特有种,国家 I 级重点保护动物, IUCN 濒危种(Bleisch *et al.*, 2008)。目前,滇金丝猴现存 17 群,数量约为 2500 只,仅分布于云南与西藏交界处的喜马拉雅山南缘横断山系的云岭山脉,澜沧江和金沙江之间的狭小区域(98°37'E—98°59'E; 26°14'N—29°40'N),最北到达西藏芒康的红拉山,最南至云南云龙天池(图 1, Long *et al.*, 1994)。虽然大量研究关注了滇金丝猴的行为学、保护生物学,但对其在生态系统的种子传播功能涉及较少,这不利于全面认识此濒危物种的生态价值。本研究以云岭省级保护区拉沙山猴群为研究对象,重点关注其对果实性植物的取食和种子传播,拟回答两个科学问题:(1)滇

金丝猴食谱中果实性食物占多少比例,哪些植物种子被滇金丝猴传播?粪便中主要是什么科种子?(2)滇金丝猴将植物种子排放至什么样的生境,对植被更新有何影响?

1 研究地区与研究方法

研究地点位于云南省兰坪县云岭保护区拉沙山,拉沙山区域为云岭省级自然保护区的重要区域,区域主要植被类型为暗针叶林、针阔混交林、阔叶落叶林和常绿阔叶林,林下植被以竹林和杜鹃林为主。拉沙山区域年均降雨量为 910 mm, 85% 降雨出现在 5—10 月,全年可分为干湿两个季节(Huang *et al.*, 2012)。拉沙山滇金丝猴数量约 100 只,由 11 个家庭单元和 2 个全雄群组成,为滇金丝猴南部种群(Huang *et al.*, 2012)(图 1)。

于 2008 年、2009 年、2011 年、2013 年和 2015 年 7 月至 11 月,每天早上猴群离开过夜地前至猴群进入过夜地休息这段时间内跟踪猴群,在猴群的对面开阔的区域用单筒望远镜(Leica TELEVID 77, 德国)观察猴群,采用瞬时扫描取样法观察和记录个体的行为,间隔为 10 min。记录扫描到个体的行为(取食、移动、休息和其他)。在过程中个体有取食行为时,记录其取食植物种类和部位。将滇金丝猴取食的食物部分划分为:芽、叶、花、果、无脊椎动物和其他(Huang *et al.*, 2017),每月观察取食时间不

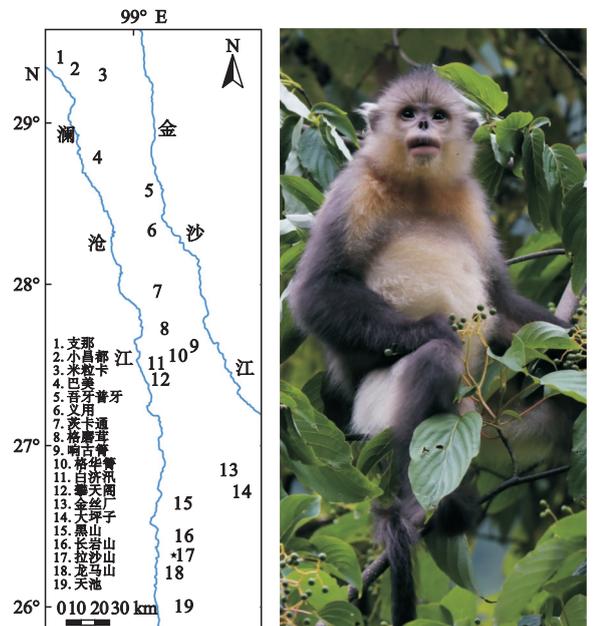


图 1 滇金丝猴种群分布区(A)及其对果实植物的取食(B)
Fig. 1 Distribution of black snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) and its feeding behavior for fruiting trees

表 1 滇金丝猴的食物组成

Table 1 Food composition of black snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*)

食物部位	取食频次(百分比,%)				
	2008	2009	2011	2013	2015
地衣	4102 (81.58)	2713 (77.14)	2699 (80.93)	2123 (88.94)	5746 (87.10)
树叶	70 (1.39)	42 (1.19)	40 (1.20)	51 (2.14)	322 (4.88)
芽	14 (0.28)	4 (0.11)	8 (0.24)	0 (0)	4 (0.06)
果实	595 (11.83)	530 (15.07)	576 (17.27)	186 (7.79)	380 (5.76)
昆虫	180 (3.58)	219 (6.23)	9 (0.27)	21 (0.88)	118 (1.79)
未知	67 (1.33)	9 (0.26)	3 (0.09)	6 (0.25)	27(0.41)
合计	5028	3517	3335	2387	6597

少于 5 个全天。采用单因素方差分析比较滇金丝猴对不同类型食物的取食差异,并采用双因素方差分析果实颜色和果实类型对滇金丝猴取食果实差异的影响。

为研究滇金丝猴的种子排放格局,在猴群午休地和过夜地中收集粪便(12:00—14:00, 19:00—06:00),下午在猴群离开午休地和早上猴群离开过夜地时收集粪便,记录位置和栖息地类型。采用 0.5、1.0、2.0 mm 网孔的筛子清洗粪便并计数粪便中完好种子的数量。统计滇金丝猴对不同栖息地利用频次并采用 Kolmogorov-Smirnov 检验差异,采用 ArcGIS 10.0 模拟滇金丝猴午休地和过夜地的种子排放格局。

2 结果与分析

2.1 滇金丝猴的食物组成

地衣(*Bryoria* sp. + *Usnea longissima*)是拉沙山滇金丝猴的最主要的食物,约占其食谱的 77.14%~81.58%(单因素方差分析, $F=25.74$, $P=0.00$)。此外,果实性食物成为滇金丝猴的重要食物,年均取食比例为 $11.54\% \pm 4.31\%$ ($n=5$, 变化幅度 5.76%~17.27%)(表 1)。

2.2 滇金丝猴的果实性食物组成

滇金丝猴共取食 9 科 14 种果实性植物,其中蔷薇科植物相对较多,共有 6 种,占有植物种类的 42.86%。果实颜色(双因素方差分析, $F=2.663$, $P=0.03$)和类型(双因素方差分析, $F=3.882$, $P=0.01$)影响着滇金丝猴的食物选择,但二者的交互作用并不影响(双因素方差分析, $F=3.473$, $P=0.07$)。滇金丝猴偏好选择肉质果植物和红色果实的植物,分别有 12 种和 8 种,各占总数的 85.71%和 57.14%。不同年份滇金丝猴对果实性植物选择有所差异。

2008 年,滇金丝猴主要选择取食五加(*Acanthopanax gracilistylus*)(39.36%)和康藏花楸(*Sorbus thibetica*)(31.75%),而在 2009 年则选择细齿稠李(*Padus obtusata*)(29.06%)和五加(19.62%)。2011 年,灯台树(*Bothrocaryum controversum*)(54.75%)和康藏花楸(15.20%);2013 年则偏向五加(43.01%)和梯叶花楸(*S. scalaris*)(31.72%),而 2015 年五加(49.6%)和云南泡花树(*Meliosma yunnanensis*)(24.2%)则成为了滇金丝猴的主要果实性食物(表 2)。

2.3 滇金丝猴的种子排放地及粪便种子组成

不同类型的栖息地中,滇金丝猴排放的种子有所差异。75%的种子被排放至滇金丝猴的过夜地中,仅有 25%被排放至午休地中。从过夜地角度而言,大量的种子被滇金丝猴散布至冷杉林中(Kolmogorov-Smirnov test, $0.01 < P < 0.05$);从午休地而言,滇金丝猴对阔叶林和冷杉林的利用并无显著差异(Kolmogorov-Smirnov test, $P > 0.05$)(图 2)。此外,在冷杉林所搜集的 200 颗粪便中,大部分种子都被灵长类所消化,仅发现 39 颗完整的蔷薇科种子。

3 讨论

滇金丝猴在生态系统中扮演重要的角色,它是部分植物的重要种子传播者。滇金丝猴虽然主要以地衣为主要食物,但也会选择取食果实。在拉沙山,共有 9 科 14 种果实性植物被滇金丝猴传播,又以蔷薇科植物为主。肉质果植物和红色果实常被滇金丝猴取食,而夜栖地是滇金丝猴的主要种子排放地。在夜栖地中,大量的植物种子被滇金丝猴排放至冷杉林中,这对于某些阔叶树种子在冷杉林中更新至关重要。

果实特征影响着滇金丝猴的种子搬运量。蔷薇科植物的果实被滇金丝猴取食较多,这可能与蔷薇

表2 滇金丝猴对果树的果实取食

Table 2 Fruit consumption pattern of fruiting trees by black snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*)

科	种	果实颜色	果实类型	取食频次 (%)				
				2008	2009	2011	2013	2015
槭树科	三角槭	黄	干果	-	-	3 (0.52)	-	-
猕猴桃科	紫果猕猴桃	绿	肉质果	-	-	32 (5.53)	4 (2.15)	14 (3.71)
山矾科	大叶山矾	蓝	肉质果	-	-	-	-	7 (1.86)
五加科	五加	黑	肉质果	233 (39.36)	104 (19.62)	10 (1.73)	80 (43.01)	187 (49.60)
山茱萸科	灯台树	黑	肉质果	-	43 (8.11)	317 (54.75)	2 (1.08)	-
桑寄生科	桑寄生	黄	肉质果	-	1 (0.19)	1 (0.17)	1 (0.54)	1 (0.27)
蔷薇科	毛樱桃	红	肉质果	70 (11.82)	10 (1.89)	27 (4.66)	-	-
	康藏花楸	红	肉质果	188 (31.76)	17 (3.21)	88 (15.20)	11 (5.91)	28 (7.43)
	少齿花楸	红	肉质果	4 (0.68)	21 (3.96)	1 (0.17)	26 (13.98)	19 (5.04)
	梯叶花楸	红	肉质果	62 (10.47)	101 (19.06)	41 (7.08)	59 (31.72)	10 (2.65)
	细齿稠李	红	肉质果	35 (5.91)	154 (29.06)	47 (8.12)	1 (0.54)	-
清风藤科	疣果花楸	红	肉质果	-	-	12 (2.07)	2 (1.08)	17 (4.51)
	云南泡花树	红	干果	-	16 (3.02)	-	-	92 (24.40)
五味子科	红花五味子	红	肉质果	-	63 (11.89)	-	-	2 (0.30)

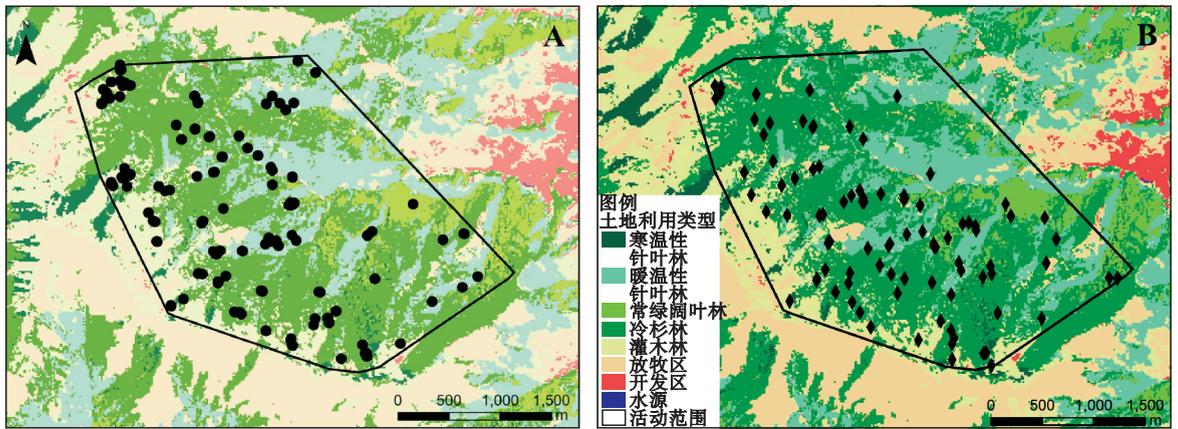


图2 滇金丝猴的活动范围及种子排放格局

Fig.2 Active range of black snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) and its seed deposition pattern at Mt. Lasha, Yunnan, Southeast China

A: ●代表午间休憩地的种子排放格局, B: ◆代表夜栖地的种子排放格局。

科植物的资源量和果期相关。在拉沙山, 蔷薇科植物数量分布较多, 且果期多集中在7—11月。果实的丰富度往往是影响动物取食的主要因子 (Huang *et al.*, 2017)。只要维系一定的资源量, 即使处于干扰较大的生境, 植物果实依然会被动物取食 (李宁等, 2015)。滇金丝猴偏好选择红色的果实, 这可能与果实的“广告效应”有关。与颜色暗淡的果实相比, 一些鲜艳的果实在成熟后常发出强烈的广告效应, 吸引着动物的取食 (Herrera *et al.*, 2009)。此外, 滇金丝猴还偏好选择肉质果植物, 这可能与果实的营养成分有关。肉质果实不仅能提供水分, 更能提供动物生存所需的糖分 (Hou *et al.*, 2018), 故动物会优先选择肉质果实。

种子被动物排放至什么样的生境对于植物种群

更新至关重要 (Schupp *et al.*, 2010; 李宁等, 2015)。动物取食后的生境利用就决定了种子的排放格局, 进而影响了一年生幼苗的更新 (Schupp *et al.*, 2010; Puerta-Piñero *et al.*, 2012)。不同栖息地的利用时间和功能差异也影响着动物的种子排放。对于灵长类而言, 夜栖地是灵长类的重要种子排放地, 其对更新的影响往往要大于午间休憩地 (Russo *et al.*, 2006)。因为夜栖地被动物利用时间较长, 且经常会被重复利用 (Puerta-Piñero *et al.*, 2012; Côrtes *et al.*, 2013), 所以夜栖地种子数量往往要大于其他栖息地。在拉沙山, 滇金丝猴的夜栖地中发现更多的粪便和种子, 得到了以往研究的支持 (Russo *et al.*, 2006)。其次, 大量完整的蔷薇科种子被滇金丝猴散布至冷杉林, 这对于冷杉林的阔叶树种更新意义较大。通常, 同

种植物的母树下,由于密度制约所导致的幼苗死亡率较高,往往不利于同种植物的种群更新(Janzen, 1970)。而滇金丝猴将蔷薇科种子排放至冷杉林中,这有利于蔷薇科的种子占据新生境,更利于它们的萌发和更新。

致 谢 本研究获得云南省中青年学术和技术带头人培养项目(2014HB024,2015HB047)、云南省“中国三江并流区生物多样性协同创新中心”、云南省大理大学三江并流区域生物多样性保护与利用省创新团队和云南省高校洱海流域保护与可持续发展研究重点实验室等项目的支持。野外研究获得云岭省级自然保护区管护局的支持,野外科研助理张金福、苏庆生和张金山给予帮助和支持。

参考文献

- 陈 远,王 征,向左甫. 2017. 灵长类动物对植物种子的传播作用. 生物多样性, **25**(3): 325-331.
- 范鹏飞,黄 蓓,蒋学龙. 2008. 云南无量山黑长臂猿对植物种子的传播作用. 兽类学报, **28**(3): 232-236.
- 李 宁,钟 明,冷 欣,等. 2015. 食果动物传播植物种子的有效性. 生态学杂志, **34**(7): 2041-2047.
- 任宝平,李 明,魏辅文,等. 2004. 滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*). 动物学杂志, **39**(5): 111, 104.
- Albert A, McConkey K, Savini T, et al. 2014. The value of disturbance-tolerant cercopithecine monkeys as seed dispersers in degraded habitats. *Biological Conservation*, **170**: 300-310.
- Andresen E, Arroyo-Rodríguez V, Ramos-Robles M. 2018. Primate seed dispersal: Old and new challenges. *International Journal of Primatology*, **39**: 443-465.
- Bleisch W, Richardson M. 2008. *Rhinopithecus bieti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T19597A8986243. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T19597A8986243.en>. Downloaded on 14 January 2019.
- Chen Y, Chen H, Zhang Y, et al. 2018. First evidence of epizoochorous seed dispersal by golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in temperate forest. *Plant Ecology*, **219**: 417-427.
- Côrtes MC, Uriarte M. 2013. Integrating frugivory and animal movement: A review of the evidence and implications for scaling seed dispersal. *Biological Reviews*, **88**: 255-272.
- Herrera JM, García D. 2009. The role of remnant trees in seed dispersal through the matrix: Being alone is not always so

- sad. *Biological Conservation*, **142**: 149-158.
- Hou R, He S, Wu F, et al. 2018. Seasonal variation in diet and nutrition of the northern-most population of *Rhinopithecus roxellana*. *American Journal of Primatology*, **80**: e22755.
- Howe HF, Smallwood J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **13**: 201-228.
- Huang ZP, Cui LW, Scott MB, et al. 2012. Seasonality of reproduction of wild black-and-white snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Mt. Lasha, Yunnan, China. *Primates*, **53**: 237-245.
- Huang ZP, Scott MB, LiYP, et al. 2017. Black-and-white snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) feeding behavior in a degraded forest fragment: Clues to a stressed population. *Primates*, **58**: 517-524.
- Janzen DH. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, **104**: 501-528.
- Jordano P, Forget PM, Lambert JE, et al. 2011. Frugivores and seed dispersal: Mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. *Biology Letters*, **7**: 321-323.
- Jordano P. 2014. Fruits and frugivory// Gallagher RS, ed. Seeds: The ecology of regeneration of plant communities. 3rd edition, Wallingford, UK CABI, 18-61.
- Long YC, Kirkpatrick CR, Zhong T, et al. 1994. Report on the distribution, population, and ecology of the yunnan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*). *Primates*, **35**(2): 241-250.
- Muñoz Lazo FJJ, Culot L, Huynen MC, et al. 2011. Effect of resting patterns of tamarins (*Saguinus fuscicollis* and *Saguinus mystax*) on the spatial distribution of seeds and seedling recruitment. *International Journal of Primatology*, **32**: 223-237.
- Puerta-Piñero C, Pino J, Gómez JM. 2012. Direct and indirect landscape effects on *Quercus ilex* regeneration in heterogeneous environments. *Oecologia*, **170**: 1009-1020.
- Russo SE, Portnoy S, Augspurger CK. 2006. Incorporating animal behavior into seed dispersal models: Implications for seed shadows. *Ecology*, **87**: 3160-3174.
- Schupp EW, Jordano P, Gomez JM. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: A conceptual review. *New Phytologist*, **188**: 333-353.

作者简介 李 宁,男,1983年生,副教授,主要从事动植物关系生态学研究。E-mail: lining196@126.com
责任编辑 张 敏