

鸟类栖木在森林植被恢复中的生态意义

李新华*

(南京农业大学 生命科学学院, 南京 210095)

摘要: 鸟类传播种子对于植物种群自然更新及群落演替具有重要的生态意义, 鸟类栖息的树木具有富集种子雨功能, 在山体滑坡区及废弃矿区等干扰生境中人工设置鸟类栖木, 可以增加鸟类传播的种子雨输入, 丰富土壤种子库, 尤其食果鸟类可以传播那些处于群落演替中期至后期的乔、灌木树种, 能够促进受干扰地区森林植被的演替进程。5·12 汶川大地震对地震灾区造成了大面积的山体滑坡和严重的植被破坏, 在地震灾区森林植被的生态恢复工作中, 一些地区可以采用人工设置鸟类栖木方法, 充分利用山体滑坡区周围残余森林的丰富种子源及众多食果鸟类, 促进灾区森林植被的自然恢复。

关键词: 食果鸟类; 种子传播; 种子雨; 栖木; 生态恢复

文章编号: 1000-0933(2009)08-4448-07 中图分类号: Q948.12, Q958.12 文献标识码: A

Ecological significance of bird perches on the restoration of forest vegetation

LI Xin-Hua*

College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4448 ~ 4454.

Abstract: Avian seed dispersal is important for the natural regeneration of plant populations and the successional development of plant communities. Birds can enhance the seed rain beneath both natural and artificial perches. The addition of bird perches can therefore increase the input of bird-dispersed seeds and enrich the soil seed bank in mountain landslides, abandoned mines, and other disturbed areas. Frugivorous birds usually disperse seeds of mid- to late-successional trees and shrubs, so bird perches may accelerate the successional development of forest vegetation in disturbed areas. The earthquake centred on Wenchuan, Sichuan, on May 12, 2008, caused extensive mountain hazards, such as landslides and debris flows, and has resulted in severe damage to forests. It is suggested that bird perches may be integrated into the ecological restoration projects in the disaster areas, so as to take advantage of abundant seed sources and a diversity of frugivorous birds from the remnant forests around the landslides and thus promote natural recovery of the forest vegetation that was damaged by the earthquake.

Key Words: frugivorous birds; seed dispersal; seed rain; perch; ecological restoration

生态系统的恢复工作需要有关影响种子传播、种子萌发和幼苗建立方面的知识^[1]。在自然条件下, 植被的种类组成是气候、土壤类型、种子传播和植物种群更新等因素综合作用的结果, 而种子的成功传播则依次取决于繁殖体及其传播媒介的可能性^[2]。种子传播对于植物种群的更新式样、扩张速率、集合种群的动态, 以及不同水平的群落多样性都具有关键性的影响^[3,4]。在热带地区荒废牧场上, 缺少对周围森林植物种子的有效传播是阻碍森林植被恢复的主要限制因子之一^[5]。在许多热带地区, 鸟类、蝙蝠等食果动物是许多先锋植物的主要种子传播者, 并在这些植物的早期定居中具有重要作用^[6,7]。鸟类传播种子在加速森林植被的恢复

基金项目: 南京农业大学生命科学实验中心开放资助项目

收稿日期: 2008-09-21; 修订日期: 2008-12-31

致谢: 新加坡国立大学 (National University of Singapore) Richard Corlett 教授润色英文摘要。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Lixinhua@njau.edu.cn

过程中具有显著的生态意义,尤其在那些高度片段化的森林景观中^[8,9]。本文拟论述鸟类传播种子对植物种群的自然更新和群落演替方面的生态意义,尤其重点阐述鸟类栖木在富集种子雨及其在森林植被生态恢复中的重要意义和应用前景,以期为我国退化与受损森林生态系统的恢复、以及退耕还林的实践、特别是为 5·12 汶川大地震灾区森林植被的生态恢复工作提供有益的参考。

1 鸟类传播种子在植物种群自然更新及群落演替中的作用

种子传播是种群更新过程中的一个起点,是联结成年植物与幼苗的一座重要桥梁,也是植物种群动态的一个重要环节^[10,11]。鸟类传播种子对于植物的迁移,以及植物种群的自然更新与分布格局都具有特别重要的意义^[10,12~15]。并且鸟类消化道处理过程对于种子发芽和幼苗生长也会产生不同的影响,有时能够明显地促进种子的发芽^[16,17]。由于鸟类等食果动物具有高度的可移动性,它们传播种子的距离通常比风、水等物理传播媒介大。世界上很多植物种类是通过鸟类进行种子传播的^[18,19]。鸟类等动物种子传播者可以 3 种方式对植物的繁殖成功产生影响,即①取食果实中种子的不同方法;②在其消化道中对吞食的种子可能施加化学的或机械的影响;③以产生种子雨的方式来影响植物繁殖的成功性^[20]。

种子植物和鸟类都是生态系统中的重要组成部分。世界上很多森林及疏林的分布都与动物种子传播者密切相关,如陆地生物圈中有很大面积森林中的优势种就是那些依赖于鸦科鸟类进行远距离果实或种子传播的树种^[21]。在大多数植物群落中相当一部分植物种类是由动物传播的,如在热带森林中,至少 50%,常常 75% 或更多的森林树种产生适应于鸟类和哺乳动物取食的肉质果实^[12],而在温带森林中,30% 至 50% 树种是依靠食果动物传播种子^[22]。鸟类等食果动物还可以将种子定向传播至其他树木下及特定的生境中^[23,24]。

植被原生演替过程中最关键的阶段是早期生物的定居阶段,而生物因素和非生物因素都会对该阶段产生重要影响。其中生物因素包括植物的种子大小及种子的传播方式等生物学特性和生态学特征^[25]。片段化常绿阔叶林下土壤种子库研究显示,土壤种子库组成仅部分来源于地上植物,且与地面植被的物种相似性系数较低,平均不到 0.3^[26]。在植物群落演替的不同阶段,都伴随着群落内植物种类组成的改变,而群落演替中新的植物种类不可能来自于原来的群落本身,都离不开群落外部植物种类的迁入或侵入。植物迁移可能性的实现不仅取决于新繁殖体的大量产生,而且要求植物具有各种迁移手段,即所有能使植物繁殖体离开母体一定距离的适应性^[10,12,27]。武汉珞珈山植被演替中,樟树(*Cinnamomum camphora*)种群尽管在以其自身为建群种的群落内更新不良,但鸟类传播种子已使樟树种群成功地侵入到侧柏(*Platycladus orientalis*)林、马尾松(*Pinus massoniana*)林中,使原先单一树种组成的针叶林发展为针叶、常绿阔叶混交林^[28]。

山体滑坡是对热带雨林最严重的自然干扰因素之一。1976 年在巴拿马东南部沿海地区发生了 2 次浅源性地震,震级分别为里氏 6.7 级和 7.0 级,在面积为 450 km² 的地震灾区内,地震引起的山体滑坡彻底摧毁了至少 54 km² 的热带雨林,同时,也在原先覆盖着热带雨林的低海拔地区及那些地形陡峭的山地引发了新一轮的森林植物群落演替过程。在地震发生 20 个月后,在巴拿马一处面积为 2 hm² 的山体滑坡区,1 种处于群落演替早期阶段的山黄麻属树种(*Trema micrantha*)就已经在裸露的山体上普遍生长^[29]。山黄麻属(*Trema*)植物也是东南亚地区的典型先锋树种,在我国西双版纳地区一些食果鸟大量传播先锋树种银毛叶山黄麻(*T. orientalis*)等植物种子,银毛叶山黄麻能率先占据那些受到干扰后形成的林缘、林窗等生境,以及原始森林被毁的地区,可以在轮歇休闲地及丢荒地上迅速形成先锋种群,由此进一步形成以山黄麻为优势树种的植物群落,从而诱发森林的更新和演替过程^[30,31]。

2 鸟类栖木在种子雨输入中的作用

种子雨和种子库是现代生态学研究的一个热点,因为种子雨和种子库是植物种群自然更新及植物群落演替的物质基础^[32]。鸟类传播的种子雨对西双版纳片断化森林中的土壤种子库和种子雨有重要影响^[33,34]。鸟类和蝙蝠是热带地区重要的种子传播者,因为它们传播先锋植物和其他植物(树木、草本植物和附生植物)的种子,连接片段化的森林,维持植物多样性。在热带地区牧场中的孤立树木由于有很多取食果实的鸟类和蝙蝠在树上栖息,因而具有种子聚集地的功能,这些孤立树木下面数量丰富的不同植物种子能够使之成为新

的植物群落发展的核心^[35~37]。在热带撂荒地或弃耕地演替的早期阶段,如果先锋木本植物没有建立起来的话,鸟类传播的种子雨是很弱的。种子散落到先锋树种下面对于具肉质果实的植物开拓新的生境是一个有利的条件,而鸟类传播者在这些先锋树种下面输入的种子数量最多^[38]。树篱也能够吸引食果鸟类在其内部活动和栖息,促进鸟类传播种子的沉积作用,并为实生苗的存活和生长提供有利的生境条件,同时,鸟类传播种子也能够增加树篱中的物种多样性^[2,39~41]。

3 人工设置栖木在植被生态恢复中的应用

原生裸地没有土壤、有机质及 N、P 等营养元素的积累很少,温度、水分条件变化剧烈,这些特征都不利于生物的进入和定居。不过,原生演替过程中植被的变化并不完全遵循地衣→苔藓→草本植物→木本植物的过程^[25]。虽然风常常是干扰生境中最常见的种子传播媒介,但是,那些依靠风力传播最初进入热带山体滑坡区域的植物种类,如禾草类和蕨类植物,常常在持续数十年内都会在分布和数量上处于优势地位,因而会减缓植物群落演替的速率。然而,脊椎动物,尤其是鸟类,能够传播那些处于群落演替中期至后期的树种,因此能够加速森林的演替进程^[42,43]。

通过人工设置鸟类栖木来增加种子雨输入的方法已经在实践中得到了一定的应用。美国佛罗里达中部一处废弃的磷矿上开展的植被生态恢复试验结果显示,在人工移栽用作鸟类栖木的 7 棵死树下方,在持续 20 个月的时间里收集到鸟类传播的许多不同类群的植物种子,且种子密度达到 340 粒/(m²/a),是没有栖木的对照生境的 150 倍。并且,这些种子都来源于附近的森林,表明鸟类栖木对处于原生演替环境中的植物多样性具有一定的促进作用。不过,恶劣的生境条件和较高的种子捕食率常常会对种子的萌发和实生苗的生长产生不利影响,导致那些处于群落演替后期阶段的目标树种难以成功定居^[9]。而在美国纽约一处面积为 1.5 hm²的垃圾填埋地(landfill)上进行的植被恢复试验中,人工在该地栽种了 17 种乔木和灌木树种,1a 后在人工林内调查到 1074 株木本植物实生苗,而 95% 的实生苗都来源于人工林以外的周围树林种子源,其中 71% 的实生苗(20 种植物)为鸟类传播所致。这种情况说明填埋地上栽植的树木尽管本身产生的实生苗数量十分有限,但由于能够吸引食果鸟类在树上栖息,从而增加鸟类传播的种子雨在这些栖木下面聚集,进而使人工林地中新增加 20 种植物的大量实生苗^[44]。类似地,在热带地区一些废弃的牧场中,栖木也能够来增加鸟类等动物传播的种子雨的输入,从而促进植物群落的演替^[45,46]。

在波多黎各,虽然山体滑坡是自然干扰体系的一部分,但是大约一半的滑坡都发生在道路周围,反映人类干扰活动能够增加山体滑坡发生的频率^[47]。山体滑坡发生后现有植被及表层土壤的丧失导致植被垂直结构毁坏,大多数土壤养分流失,以及土壤种子库丧失^[48~50]。这些损失使得控制水土流失和恢复热带雨林的工作更加困难,而植物繁殖体的来源被认为是波多黎各山体滑坡区域中植被恢复的主要限制因子之一^[50]。由于山体滑坡后土壤中几乎没有种子存在,因而这些生境中植物群落的演替需要依赖于外源种子雨的输入^[51]。

Shiels & Walker 在波多黎各选择了 3 类分别处于不同演替阶段的山体滑坡区,即①地表基本裸露区,②地表为禾草覆盖区,及③以芒萁属(*Dicranopteris*)和微羽里白属(*Gleichenia*)蕨类植物占优势的滑坡区,每种类型各选择 2 个实验区。在这 6 个实验区中分别竖立高 4.0~4.5 m、仅有树干和树枝、各具 17 至 18 个分枝的小树作为鸟类的栖木。在 14 个月的期间里,在 6 个实验区中共计收集到 ≥ 2 mm 的种子 21 507 粒,隶属于 28 种植物;其中鸟类传播的种子有 222 粒,隶属于 14 种植物。各实验区有栖木的生境斑块中都发现鸟类传播的种子,但在没有栖木的对照斑块中总共才有 2 粒鸟类传播的种子。而其他大多数由风力传播的种子在栖木区和对照区都普遍存在^[52]。

由于大多数输入的种子都是风力传播的,波多黎各山体滑坡区的植被恢复在没有引入鸟类栖木的情况下也能够自然发生。然而,山体滑坡区的森林植被恢复必须要有处于群落演替中期至后期树种的繁殖体输入,并且波多黎各山体滑坡区周围森林树种很少是通过风力传播的,山体滑坡区也缺少鸟类栖息的树木。如果没有人工设置的鸟类栖木,鸟类的传播种子仅能够从森林的边缘输入山体滑坡区,那样就会延缓森林植被恢复的速率^[52]。因此,鸟类栖木的引入可以促进鸟类传播森林树种的种子,因而能够加速山体滑坡生境中植物群

落演替的速率。不过,山体滑坡环境中还有其他一些因素会进一步影响输入种子的萌发及实生苗的定居,如在新形成的山体滑坡区域土壤的有无及其营养成分含量高低等。在巴拿马地震导致的山体滑坡区,1种处于群落演替早期阶段的山黄麻属树种(*T. micrantha*)尽管在裸露的山体上生长最普遍的,然而由于土壤贫瘠等原因,与邻近非山体滑坡区的同种树木个体相比较,表现出叶片萎黄、生长速率低、植株矮小等不良症状,而对照的树木仅仅呈倒伏状。并且,在地震发生20个月后,该山体滑坡区的植被覆盖率仍处于很低的水平。而在相同的气候条件下,在农业弃耕地上林冠郁闭的森林植被仅在一年内就可以发展起来^[29]。由此看来,虽然促进种子输入是加速受损森林恢复的一个关键步骤,但是除了鸟类栖木外的其他相关恢复技术今后仍需要进一步开展研究,以提高森林树种在山体滑坡区成功定居的几率和森林植被恢复的水平^[52]。

4 鸟类栖木在汶川地震灾后森林植被恢复中的潜在生态功能

在干扰后形成的片段化景观中,植物繁殖体的缺乏或与种子源距离太远都会减缓森林恢复的速率^[53]。虽然有时可以通过人工种植那些目标植物种类来加快处于演替后期的、物种多样性高的森林植被的恢复,但是人工造林需要投入很大的人力,并且费用也很高。即使如此,这种人工措施也不能产生与自然演替结果相同的生态系统,如在物种多样性和生态过程方面^[9]。最近,Méndez 等在地中海地区自然植被的生态恢复实践中,提出了植物群落的被动恢复(passive restoration)概念,即尽可能地评估地中海地区生态系统中那些可节省人力、物力、资金等恢复工作成本的基本生态要素,并了解那些能够被有效地应用于生态恢复的重要生态过程及生态系统属性^[54]。由于种子等植物繁殖体的输入在植物群落生态恢复中具有关键性作用,那些传播种子的鸟类等动物在地中海地区植被恢复中可帮助人们节约许多工作成本,因而具有重要的生态意义。鸟类从植物母株上取食肉质果实,将种子排泄或呕出在适宜的生态境中,这是天然造林中最常见的方法之一^[55,56]。在波多黎各山体滑坡区引入吸引鸟类的栖木就代表了一种实用且费用低的植被恢复技术,这种方法有利于自然的种子传播,并为加速山体滑坡区中森林树木种子库的积累提供了可能性^[52]。

5·12 汶川大地震灾区大都位于“华西雨屏带”,是我国生物多样性保护的关键区域之一^[57],仅位于九顶山西坡的汶川县雁门沟就由种子植物94科333属687种^[58],其中如冬青属(*Ilex*)、卫矛属(*Euonymus*)、山矾属(*Symplocos*)、蔷薇属(*Rosa*)、悬钩子属(*Rubus*)等森林植物都适应于鸟类传播种子^[59-61]。四川省的鸟类资源非常丰富,共有鸟类21目80科683种^[62],其中黑顶噪鹛(*Garrulax affinis*)、橙翅噪鹛(*G. elliotii*)、画眉(*G. canorus*)、乌鸫(*Turdus merula*)、斑鸫(*T. naumanni*)、红嘴蓝鹊(*Urocissa erythrorhyncha*)、松鸦(*Garrulus glandarius*)、八哥(*Acridotheres cristatellus*)、丝光椋鸟(*Sturnus sericeus*)、白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)等多种鸟类分别取食栎属(*Quercus*)、蔷薇属、悬钩子属、花楸属(*Sorbus*)、木姜子属(*Litsea*)、山胡椒属(*Lindera*)、榕属(*Ficus*)、胡颓子属(*Elaeagnus*)、荚蒾属(*Viburnum*)、忍冬属(*Lonicera*)等森林植物的果实^[63],这些鸟类都是潜在的重要种子传播者。

5·12 汶川大地震对地震灾区造成了大面积的山体滑坡和严重的植被破坏。然而,与森林植被的大面积毁坏相比较,地震灾区的鸟类群落受大地震的影响相对较小。尽管地震灾区的森林植被受到大面积的山体滑坡的影响,已经发生了严重的破碎化,但是绝大多数森林植物种类并没有在地震灾区灭绝或消失,它们仍然存在于山体滑坡形成的“裸地”周围的片段化森林中,这些都是今后这些“裸地”上植物群落演替所需的潜在种子源。此外,地震灾区的气候条件并未发生根本的改变。因此,稳定的气候条件、充足的种子来源、以及包括鸟类等食果动物在内的丰富种子传播媒介,都为山体滑坡、泥石流等导致的次生裸地上森林植被的自然演替和恢复提供了有利的条件。

当前,地震灾区正在开展道路交通、住房等大量基础设施的恢复重建工作,在资金、人力、物力等多方面面临很大压力和困难的情况下,采用人工造林等措施恢复森林植被显然困难重重。因此认为,除了在公路、桥梁等重要基础设施沿线可考虑采用生态工程措施尽快恢复山地植被外,在其他多数受山体滑坡和泥石流等次生地质灾害影响的大面积区域,应充分考虑和积极利用自然因素(如鸟类等食果动物对植物种子的传播作用)来恢复那些严重受损的森林植被。在一些次生裸地上,可以先种植少量适应能力强的乡土树种作为吸引鸟类

栖息和活动的栖木,进而通过鸟类传播种子来增加源自周围森林的种子雨在这些栖木周围沉积,丰富这些区域的土壤种子库,为加快森林植被的恢复进程创造可能性。甚至可以在那些地势陡峭的山体滑坡区人工放置一些死亡的树木,既能增加鸟类传播的种子雨沉积,又可以截留部分被雨水从周围非滑坡山体中冲刷下来的泥土,从而提高滑坡区的土壤及矿质营养物质的含量。这些综合措施将为加快山体滑坡区森林植被的自然恢复提供有利的条件。

References:

- [1] Chambers J C, MacMahon J A. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1994,25:263 — 292
- [2] Sarlöv-Herlin I, Fry G. Dispersal of woody plants in forest edges and hedgerows in a southern Swedish agricultural area: the role of site and landscape structure. *Landscape Ecology*, 2000,15:229 — 242
- [3] Nathan N, Muller-Landau H C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution*, 2000,15:278 — 285
- [4] Levin S A, Muller-Landau H C, Nathan R, *et al.* Ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 2003,34:575 — 604.
- [5] Holl K D, Loik M E, Lin E H V, *et al.* Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 2000, 8:339 — 349.
- [6] Uhl C, Clark K, Clark H, *et al.* Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin. *Journal of Ecology*, 1981,69:631 — 649.
- [7] Da Silva J M C, Uhl C, Murray G. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology*, 1996,10:491 — 503.
- [8] DeBussche M, Escarre J, Lepart J. Ornithocory and plant succession in Mediterranean abandoned orchards. *Vegetatio*, 1982,48:255 — 266
- [9] McClanahan T R, Wolfe W. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology*, 1993, 7:279 — 288.
- [10] Harper J H. Population biology of plants. London: Academic Press, 1977. 1 — 892.
- [11] Herrera C M, Jordano P, Lopez-Soria L, *et al.* Recruitment of a mast-fruited, bird-dispersed tree: Bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs*, 1994,64:315 — 344.
- [12] Howe H F, Smallwood J. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1982,13:201 — 228.
- [13] Herrera C M. Long-term dynamics of Mediterranean frugivorous birds and fleshy-fruits: a 12-year study. *Ecological Monographs*, 1998,68:511 — 538.
- [14] Burns K C. Broad-scale reciprocity in an avian seed dispersal mutualism. *Global Ecology & Biogeography*, 2003,12:421 — 426.
- [15] Clark C J, Poulsen J R, Connor E F, *et al.* Fruiting trees as dispersal foci in a semi-deciduous tropical forest. *Oecologia*, 2004,139:66 — 75.
- [16] Barnea A, Yom-Tov Y, Friedman J. Differential germination of two closely related species of *Solanum* in response to bird ingestion. *Oikos*, 1990,57 (2):222 — 228.
- [17] Figueroa J A, Castro S A. Effects of bird ingestion on seed germination of four woody species of the temperate rainforest of Chiloé island, Chile. *Plant Ecology*, 2002,160:17 — 23.
- [18] Ridley H N. The dispersal of plants throughout the world. Asford: L. Reeve & Company, 1930. 383 — 514.
- [19] Van der Pijil. Principles of dispersal in higher plants (Third edition). Berlin: Springer-Verlag, 1982. 1 — 214.
- [20] Murray K G. Avian seed dispersal of three neotropical gap-dependent plants. *Ecological Monographs*, 1988,58(4):271 — 298.
- [21] Powell J A, Zimmermann N E. Multiscale analysis of active seed dispersal contributes to resolving Reid's paradox. *Ecology*, 2004,85:490 — 506.
- [22] Herrera C M. Seed dispersal by vertebrates. In: Herrera C M & Pellmyr O. eds. *Plant-animal Interactions: an Evolutionary Approach*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2003,185 — 208.
- [23] Wenny D G, Levey D J. Directed seed dispersal by bellbirds in a tropical cloud forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1998,95:6204 — 6207.
- [24] Clark C J, Poulsen J R, Bolker B M, *et al.* Comparative seed shadows of bird-, monkey-, and wind-dispersed trees. *Ecology*, 2005,86:2684 — 2694.
- [25] Xu Z Q, Li W H, Bao W K, *et al.* A review on primary succession of vegetation. *Acta Ecologica Sinica*, 2005,25(12):3383 — 3389.

- [26] Song R S, Yu M J, Li M H, *et al.* Soil seed bank and natural regeneration of fragmented evergreen broad-leaved forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2008,28(6):2554—2562.
- [27] Li H J, Zhang Z B. Relationship between animals and plant regeneration by seed II. Seed predation, dispersal and burial by animals and relationship between animal and seedling establishment. *Biodiversity Science*,2001,9(1):25—37.
- [28] Zhou J, Liu G H, Pan M Q, *et al.* Study on vegetation and its succession on Loujia hill, Wuchang, Wuhan II. secondary succession of vegetation. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1999,17(4):332—338.
- [29] Garwood N C, Janos D P, Brokaw N. Earthquake-caused landslides: a major disturbance to tropical forests. *Science*,1979,205:997—999.
- [30] Wang Z J, Li G F, Cao M, *et al.* Study on bird diversity and frugivorous birds in fallow succession forest regions of Mengsong, Xishuangbanna. *Zoological Research*,2001,22(3):205—210.
- [31] Wang Z J, Cao M, Li G F, *et al.* *Trema orientalis* seeds dispersed by birds and its ecological role. *Zoological Research*,2002,23(3):214—219.
- [32] Li X S, Peng M C, Dang C L. Research progress on natural regeneration of plants. *Chinese Journal of Ecology*, 2007,26(12):2081—2088.
- [33] Tang Y, Cao M, Zhang J H, *et al.* The impact of slash-and-burn agriculture on the soil seed bank of *Trema orientalis* forest. *Acta Botanica Yunnanica*, 1997,19(4):423—428.
- [34] Cao M, Tang Y, Sheng C Y, *et al.* Viable seeds buried in the tropical forest soils of Xishuangbanna, SW China. *Seed Science Research*, 2000,10:255—264.
- [35] Yarranton G A, Morrison R G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology*, 1974,62:417—428.
- [36] Galindo-Gonzalez J, Guevara S, Sosa V J. Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 2000,14(6):1693—1073.
- [37] Ing T, Gillespie M, Lamb D. The role of isolated trees in facilitating tree seedling recruitment at a degraded sub-tropical rainforest site. *Restoration Ecology*,1999,7(3):288—297.
- [38] Debussche M, Isemann P. Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. *Oikos*, 1994,69:414—426.
- [39] Tewksbury J J, Levey D J, Haddad N M, *et al.* Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences(USA)*,2002,99:12923—12926.
- [40] Corbit M, Marks P L, Gardescu S. Hedgerows as habitat corridors for forest herbs in central New York, USA. *Journal of Ecology*, 1999,87:220—232.
- [41] Li X H, Yin X M, Xia B, *et al.* Effects of bird seed dispersal on diversity of the invaded plants in several hedge types. *Acta Ecologica Sinica*, 2006,26(6):1657—1666.
- [42] Walker L R. Effects of fern thickets on woodland development on landslides in Puerto Rico. *Journal of Vegetation Science*,1994,5:525—532.
- [43] Wunderle J M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 1997,99:223—235.
- [44] Robinson G R, Handel S N. Forest restoration on a closed landfill: rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology*, 1993,7(2):271—278.
- [45] Aide T M, Cavelier J. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology*, 1994,2:219—229.
- [46] Holl K D. Do perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? *Restoration Ecology*, 1998,6:253—261.
- [47] Larsen M C, Torres Sanchez A J. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions in Puerto Rico. *Geomorphology*, 1998,24:309—331.
- [48] Guariguata M R. Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal of Ecology*, 1990,78:814—832.
- [49] Walker L R. Effects of fern thickets on woodland development on landslides in Puerto Rico. *Journal of Vegetation Science*, 1994,5:525—532.
- [50] Walker L R, Zarin D J, Fetcher N, *et al.* Ecosystem development and plant succession on landslides in the Caribbean. *Biotropica*, 1996,28:566—576.
- [51] Restrepo C, Vitousek P. Landslides, alien species, and the diversity of a Hawaiian montane mesic ecosystem. *Biotropica*, 2001,33:409—420.
- [52] Shiels A B, Walker L R. Bird perches increase forest seeds on Puerto Rican landslides. *Restoration Ecology*, 2003,11(4):457—465.
- [53] McClanahan T R. The effect of a seed source on primary succession in a forest ecosystem. *Vegetatio*, 1986,65:175—178.
- [54] Méndez M, García D, Maestre F T, *et al.* More ecology is needed to restore Mediterranean ecosystems; a reply to Valladares and Gianoli. *Restoration Ecology*, 2008,16(2):210—216.
- [55] Mckey D. The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Gilbert L E, Raven P H. eds. *Coevolution of Animals and Plants*. University of

Texas Press, Austin and London, 1975, 159—191.

- [56] Howe H F, Estabrook F G. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. *American Naturalist*, 1977, 111: 817—832.
- [57] Zhuang P, Gao X M. The concept of the Rainy Zone of West China and its significance to the biodiversity conservation in China. *Biodiversity Science*, 2002, 10(3): 339—344.
- [58] Tu W G, Gao X F, Liu S H, *et al.* Floristics of vascular plants on the west slope of Mt. Jiuding in Wenchuan, Sichuan, China. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2008, 14(3): 298—302.
- [59] Li X H, Yin X M, He S A. Tree fruits eaten by birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen in autumn and winter. *Chinese Journal of Zoology*, 2001, 36(6): 20—24.
- [60] Li X H, Yin X M, He S A. Seed dispersal by frugivorous birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen in autumn and winter. *Biodiversity Science*, 2001, 9(1): 68—72.
- [61] Li X H, Yin X M. Seed dispersal by frugivorous birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen in spring and summer. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1452—1458.
- [62] Xu Y, Ran J H, Yue B S. The updated number of species of birds in Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 2008, 27(3): 429—431.
- [63] Li G Y. *Sichuan Fauna Economica; Birds*. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 1985, 1—365.

参考文献:

- [25] 许中旗, 李文华, 鲍维楷, 等. 植被原生演替研究进展. *生态学报*, 2005, 25(12): 3383—3389.
- [26] 宋瑞生, 于明坚, 李铭红, 等. 片段化常绿阔叶林的土壤种子库及天然更新. *生态学报*, 2008, 28(6): 2554—2562.
- [27] 李宏俊, 张知彬. 动物与植物种子更新的关系 II. 动物对种子的捕食、扩散、贮藏及与幼苗建成的关系. *生物多样性*, 2001, 9(1): 25—37.
- [28] 周进, 刘贵华, 潘明清, 等. 武昌珞珈山植被及其演替研究 II. 植被演替. *武汉植物学研究*, 1999, 17(4): 332—338.
- [30] 王直军, 李国锋, 曹敏, 等. 西双版纳勐宋轮歇演替区鸟类多样性及食果鸟研究. *动物学研究*, 2001, 22(3): 205—210.
- [31] 王直军, 曹敏, 李国锋, 等. 鸟类对山黄麻种子的传播及其生态作用. *动物学研究*, 2002, 23(3): 214—219.
- [32] 李小双, 彭明春, 党承林. 植物自然更新研究进展. *生态学杂志*, 2007, 26(12): 2081—2088.
- [33] 唐勇, 曹敏, 张建侯, 等. 刀耕火种地山黄麻林的土壤种子库和种子雨研究. *云南植物研究*, 1997, 19(4): 423—428.
- [41] 李新华, 尹晓明, 夏冰, 等. 鸟类传播种子对几种树篱中侵入植物多样性的影响. *生态学报*, 2006, 26(6): 1657—1666.
- [57] 庄平, 高贤明. 华西雨屏带及其对我国生物多样性保育的意义. *生物多样性*, 2002, 10(3): 339—344.
- [58] 涂卫国, 高信芬, 刘士华, 等. 九顶山西坡汶川段维管植物区系研究. *应用与环境生物学报*, 2008, 14(3): 298—302.
- [59] 李新华, 尹晓明, 贺善安. 南京中山植物园秋冬季鸟类对树木果实的取食作用. *动物学杂志*, 2001, 36(6): 20—24.
- [60] 李新华, 尹晓明, 贺善安. 南京中山植物园秋冬季鸟类对植物种子的传播作用. *生物多样性*, 2001, 9(1): 68—72.
- [61] 李新华, 尹晓明. 南京中山植物园春夏季节鸟类对植物种子的传播作用. *生态学报*, 2004, 24(7): 1452—1458.
- [62] 徐雨, 冉江洪, 岳碧松. 四川省鸟类种数的最新统计. *四川动物*, 2008, 27(3): 429—431.
- [63] 李桂垣 主编. *四川资源动物志*, 第三卷, 鸟类. 成都: 四川科学技术出版社, 1985. 1—365.