

西南喀斯特山地森林群落土壤种子库研究综述^{*}

马文宝 薛建辉^{**} 卜晓莉 吴永波

(南京林业大学江苏省高校林业生态工程重点实验室, 南京 210037)

摘 要 土壤种子库作为喀斯特山地研究的重要组成部分,其研究成果在深入探讨喀斯特地区植被结构、功能与动态方面具有十分重要而独特的作用。本文系统介绍了该地区种子库的研究方法及主要内容。在对已有成果进行综合分析的基础上,就目前喀斯特土壤种子库研究中亟待解决的一些问题进行了探讨,认为今后应加强森林群落中优势种或建群种土壤种子库动态变化,外来入侵物种土壤种子库动态及其对群落物种多样性的影响机理和土壤种子库在退化植被恢复中的作用与潜力等领域的研究工作,以期从事西南喀斯特地区土壤种子库研究和该地区植被群落恢复实践提供理论指导。

关键词 喀斯特山地;种子库;植被恢复;重建

中图分类号 S512 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)12-2619-05

Soil seed bank of forest communities in Southwest Karst Mountains : A review. MA Wen-bao, XUE Jian-hui, BU Xiao-li, WU Yong-bo (*The Key Laboratory of Forestry Ecological Engineering in Jiangsu Province, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China*). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(12) 2619–2623.

Abstract : Soil seed bank is an important part of the study of Karst Mountains, especially for the structure, function, and dynamics of vegetations in Karst region. This paper reviewed the methodologies and main subjects in the study of soil seed bank in this region. Based on a comprehensive analysis on related achievements, some problems to be urgently approached were presented. It was considered that the soil seed bank under dominant or constructive species in forest communities, the dynamic changes of soil seed bank under effects of invasive species and their affecting mechanisms on the species diversity of forest communities, and the roles of soil seed bank in vegetation restoration, etc., should be further studied, which would provide theoretical guidance for the studies on the soil seed bank and the practices in vegetation restoration in Southwest Karst region of China.

Key words : Karst Mountains; soil seed bank; vegetation restoration; reconstruction.

土壤种子库是指存在于土壤上层凋落物和土壤
中全部存活种子的总和(Simpson, 1989),是植物群落更新发展的重要基础之一(Moles & Drake, 1999),它的存在将为植物群落的演替、群落遭受干扰和破坏后的恢复提供繁殖体(Fenner, 1992; Ke-brom & Tesfaye, 2000; 杨跃军等, 2001),其储量、种类组成与结构是群落更新与恢复的重要决定因素(Shaw, 1996; Wijdeven & Kuzee, 2000)。土壤种子库通常分为 2 种类型,即瞬时土壤种子库(transient soil seed banks)和长久土壤种子库(permanent soil

seed banks)(Thompson & Grime, 1979)。土壤种子库中的长寿命种子被认为是植物种群基因多样性的潜在提供者(Harper, 1977),因此,土壤种子库在维持种群和群落的生态多样性和遗传多样性方面具有重要意义。同时,土壤种子库也是一种自然力,与植被群落的动态密切相关,属于潜在植物群落,对退化生态系统的恢复至关重要(Coffin & Lauenroth, 1989)。

我国是世界上喀斯特山地面积最大、分布最广的国家。其中,西南喀斯特山区面积达 54 万 km² (朱守谦, 2002)。生境的严酷性和脆弱性是喀斯特山地最典型的特征,集中表现为岩石裸露率高,石漠化严重,土壤稀少、浅薄零星,水分和养分供应及保

^{*}“ 十一五 ”科技支撑计划资助项目(2006BAD03A03)。

^{**} 通讯作者 E-mail : jhxue@njfu.edu.cn

收稿日期 : 2009-05-06 接受日期 : 2009-08-18

存能力差,抗干扰能力弱等(朱守谦,2002;王德炉等,2005;彭晚霞等,2008;王克林等,2008)。喀斯特地区石漠化问题已成为制约和束缚该地区社会经济可持续发展的关键问题之一。通过荒漠化及石漠化治理,恢复和重建受损喀斯特山地生态系统已成为生态学研究热点(冯秀等,2007)。作者检索了近20年来国内外学术期刊上有关喀斯特地区土壤种子库研究的文献,共检索到30篇,其中外文4篇,中文26篇。从发表的时间看,1989—1999年期间发表2篇,2000—2009年28篇。有关我国西南喀斯特山地林地种子库的研究地域主要集中在重庆市(10.7%)、广西省(14.3%)、贵州省(50%)和云南省(25%)。从研究内容来看,不同演替阶段、不同土地利用类型、不同人为干扰方式、不同喀斯特地点森林群落的土壤种子库组成及数量研究最多,计21篇;其次研究土壤种子库与地表植被种类组成关系的有4篇,研究土壤种子库动态的有3篇,土壤种子库在地表植被建立与恢复中的应用1篇,另有2篇是喀斯特地区种子库研究方法方面的论文。本文系统总结了西南喀斯特山地森林群落土壤种子库的研究方法、研究领域及重要进展,分析了该地区森林种子库的动态变化规律及影响因素,提出了今后应深入探讨的一些问题。

1 西南喀斯特山地种子库研究方法

1.1 取样方法、取样大小和取样深度

由于种子在土壤水平和垂直方向上分布极不均匀,所以减少取样随机误差,提高精确性是研究土壤种子库的首要问题(于顺利和蒋高明,2003;白文娟和焦菊英,2006)。到目前为止,野外取样方法主要有随机法、样线法、小支撑多样点法等,其中样线法最为常用(白文娟和焦菊英,2006),通常在研究的样地中设置一条长样线,在水平样线上每隔几米设一个小样方,样方大小主要有10 cm × 10 cm(沈有信等,2004,2007;沈有信和刘文耀,2004;Shen *et al.*, 2007);15 cm × 15 cm(龙梅和张嵘嵘,2001);20 cm × 20 cm(吕仕洪等,2007)和40 cm × 25 cm(李阳兵等,2006)等多种设定。

对同一地点,如果采样深度不同,其土壤种子库的密度会发生较大偏差。因此,垂直取样深度也是土壤种子库采样中值得注意的问题。在喀斯特地区种子库的取样深度多为0~10 cm,分为3层(沈有信等,2004,2007;沈有信和刘文耀,2004)和0~20 cm

分为4层(刘济明,2000a,2000b,2001;Liu,2000;龙梅和张嵘嵘,2001;欧祖兰等,2006;吕仕洪等,2007)。沈有信等(2007)认为,15~20个10 cm × 10 cm、10 cm深的土样便能反应滇中喀斯特森林地区种子库,但在研究黔中喀斯特植被土壤种子库时,取样大小为20 cm × 20 cm,取样深度为20 cm,并发现15~20 cm土层中种子含量大大减少(刘济明,2000a,2000b,2001;Liu,2000)。

1.2 取样时间

取样时间是土壤种子库研究中非常重要的一个因素,直接影响到实验结果(López-Marlo *et al.*, 2000)。通常判定长久种子库的土样应该在萌发完成之后或在种子成熟和开始散布之前,即夏季。如果要同时综合判定瞬时土壤种子库和长久种子库,就应该在种子开始萌发之前(Warr *et al.*, 1994),即冬季或早春。如沈有信和刘文耀(2004)对紫茎泽兰的长久种子库研究中采样时间分别安排在萌发季节末期(7月)到次年种子散落之前(4月)。吕仕洪等(2007)研究不同季节对桂西南石漠化山地种子库组成和数量影响时,取样时间为5月和11月。

1.3 种类鉴定

种类鉴定是土壤种子库研究的基础,常用方法有种子萌发法和物理法(于顺利和蒋高明,2003;张玲等,2003),其中种子萌发法最常见,大约90%的研究工作采用萌发法(Thompson *et al.*, 1997),国内基本采用这一方法(张玲等,2004;白文娟和焦菊英,2006;沈有信等,2008)。该方法是将采集土壤样品置于温室内,保持最佳的萌发环境让尽量多的物种种子萌发,通过鉴定这些萌发幼苗的种类与数量来推断土壤种子库的种类组成与密度。综上,喀斯特山地森林种子库研究中常采用样线法,早春(4—5月)或冬季(11月)进行取样,种类鉴定采用种子萌发法,但在不同地点取样大小和取样深度不同。

2 土壤种子库的组成和储量

西南喀斯特山地种子库组成和储量因喀斯特类型、土地利用类型和人为干扰类型不同而存在较大差异。李阳兵等(2006)研究表明,重庆喀斯特山地种子库储量为227.4~454.8粒·m⁻²,随着土地利用强度增大,木本植物种子减少,草本植物种子增多,且以农田杂草为主,土地利用方式的变化(如陡坡开垦)是对次生植被及其种子库的主要威胁。桂西北3种不同干扰方式的土壤种子库中共有33种

植物种子, 分属 20 科, 以菊科植物最多(达 8 种), 且不同干扰方式下土壤种子密度存在显著差异(徐丽丽等 2008)。桂西南石漠化山地土壤种子库中储量为 $64.6 \sim 339.7$ 粒 $\cdot m^{-2}$, 共 108 种植物, 隶属于 33 科 81 属, 其中草本 81 种、灌木 20 种、藤本 7 种(吕仕洪等 2007)。贵州茂兰 3 个不同岩性(纯灰岩、不纯碳酸盐岩和纯白云岩) 森林的土壤种子库储量为 $187.5 \sim 550$ 粒 $\cdot m^{-2}$, 主要由菊科和荨麻科组成(黄红慧等 2007)。贵州省普定县喀斯特石漠化地区封山育林、退耕还林 2 年和农耕地等 3 种不同土地利用类型平均种子密度分别为 1664、8060 和 6239 粒 $\cdot m^{-2}$, 三者之间存在显著差异, 物种组成以草本植物为主, 菊科和禾本科占优势(李生等, 2008)。贵州省都匀市喀斯特封山育林区 8 个不同封育年限样地的土壤种子库中共有 18 科 45 属 46 种, 种子密度为 $2309 \sim 4459$ 粒 $\cdot m^{-2}$ (刘济明等, 2006)。滇东南喀斯特山地次生林下种子储量变化范围为 $4930 \sim 14930$ 粒 $\cdot m^{-2}$ (沈有信等 2004)。研究表明, 喀斯特地区森林土壤种子库中种子储量、物种组成在不同生境条件下存在显著差异。

在垂直方向上, 土壤种子库中约 80% ~ 90% 的种子分布于土壤上层 2 cm 处, 集中分布于凋落物层或土壤上层的几毫米处(Kemp, 1989), 且随着土壤深度的增加, 单位面积种子数量下降(Guo *et al.*, 1998)。同样, 西南喀斯特山地森林种子库储量随着土壤深度的增加而减小(龙梅和张嵘嵘 2001; 沈有信等, 2004, 2007; 欧祖兰等, 2006; 吕仕洪等, 2007; 龙翠玲和余世孝 2007; 黄红慧等 2007)。

3 土壤种子库动态变化及影响因素

3.1 土壤种子库的季节变化

土壤种子库的物种组成和数量随不同季节而变化(于顺利和蒋高明 2003)。土壤种子库动态变化受种子输入和种子输出 2 个过程影响, 土壤种子库的输入取决于种子雨的散布, 而输出主要受萌发、被捕食和生理死亡等因素影响。对桂西南石漠化山地各演替阶段群落土壤种子库调查表明, 在 11 月份采样的土壤种子库其种子储量和物种组成均比在 5 月份采样的高。这是因为每年 9—10 月为该地区植物种子成熟的高峰期, 大多数种子在 11 月散落并进入土壤层中, 而 5 月份由于种子萌发或腐烂等原因, 且大多数植物未结实或者种子未成熟, 因而种子密度较低(吕仕洪等 2007)。

3.2 干扰因素对种子库动态的影响

动物对于土壤种子库的影响很重要, 一些脊椎动物有意或无意地在打洞时把种子带入土中, 如鸟类和豪猪、蛇、田鼠等啮齿类动物常把种子埋进土壤中作为食物储藏。班勇(1995) 研究发现, 蚂蚁会将种子埋藏到不同深度的土壤中, 蚯蚓也可导致大量的种子埋藏在土壤中。可见, 动物是将种子散布到安全立地的关键, 对于森林土壤种子库的动态至关重要(Jensen, 1982)。龙翠玲和朱守谦(2001) 采用人工模拟自然种子埋藏试验表明, 种子库中种子命运受种子休眠特性、埋藏条件和动物活动的影响。

干扰也对种子库动态有一定的影响。人类干扰(如农耕和放牧) 能降低土壤种子库的密度, 并且改变种子库的物种组成(沈有信和张彦东 2001; 徐丽丽等 2008)。不同人类干扰活动会导致一些种子埋藏到土壤中去, 如在农业耕作中, 犁田活动是导致种子埋藏到土壤中的主要方式。放牧降低土壤种子库的物种多样性(Meissner & Facell, 1999), 还能降低土壤种子库中大多数植物种的种子密度, 但也能提高个别植物的种子数量(Jutila & Heli, 1998)。

4 土壤种子库与地表植被种类组成的关系

土壤种子库的组成结构与更高演替阶段群落组成结构之间的相似度系数表示土壤种子库恢复的潜力(喻理飞等 2000)。目前, 常将现有植被组成现状或物种比例、种子库组成现状或物种比例相结合来评价退化系统的质量或预测植被的发展动态(杨小波等 1999)。许多研究者对种子库与地表植被种类组成进行对比分析, 发现土壤种子库和地上植被的关系有 2 种情况, 即不相似性和相似性。一些研究表明, 种子库和地表植被在种类组成上存在显著差异(即不相似性), 土壤萌发种子组成与地上植被共有的物种不多, 说明地上植被与土壤种子库中发芽种子的相关性不大(欧祖兰等 2007; 李峰等 2007; 黄红慧等 2008)。又如单个物种紫茎泽兰种子库密度与样地内地表植株间没有直接联系(沈有信和刘文耀 2004)。滇东南典型喀斯特山地次生林的土壤种子库与地表植被间相似性较小(沈有信等 2003)。相反, 一些研究表明, 种子库和地表植被在种类组成上存在相当高的相似性(龙翠玲和余世孝 2007), 在一些植物群落的种子库中, 现存群落的优势种和其他主要树种均有活力种子存在, 群落具有较强的更新潜力(刘济明和钟章成 2000 ;

刘济明, 2001)。对植物群落的干扰方式不同会引起土壤种子库和地表植被相似性的差异,如徐丽丽等(2008)研究发现,刈割群落和开垦群落土壤种子库与地面植被物种组成相似性系数较大,而火烧群落地上与地下物种组成相似性系数仅为0.296。

5 土壤种子库在原有植被恢复中的应用

土壤种子库持续时间的长短是影响植被恢复的一个重要因素,土壤种子库里的持久成分在自然选择中最终能保存自己的基因,一旦遇到合适的条件,就可能在地上植被中出现并发挥作用。当群落受到时空上不可预测的干扰时,持久种子库具有促进自然恢复进程的趋势(Holmes & Newton, 2004)。喀斯特地区土壤种子库在植被恢复中的作用正日益受到重视。人为干扰下,滇东南喀斯特山地生境破碎化程度正不断加剧。沈有信等(2004)以该地区次生林样地和灌丛为研究对象,样地周边区域正遭受各种人为干扰而向草丛阶段退化,它们已成为受强度干扰的群落所包围的“岛屿”,其土壤不仅承接和储藏了群落地表植被所产生的种子,还承接和储藏了大量来自周围灌草丛植被群落内的草本植物种子,这有利于干扰生境中的植被恢复。

6 结语与展望

综上,我国关于喀斯特森林土壤种子库的研究主要集中在种子库的种类组成、数量与空间分布,结合国内外土壤种子库的研究进展,建议在西南喀斯特山地森林土壤种子库研究中应关注以下几个方面的研究:

1)喀斯特山地森林种子库研究方法。在喀斯特森林群落实地考察和取样中发现土壤浅薄、裸露率高导致取样深度和大小不能满足要求,采用种子萌发法检测土壤种子库种类组成时,由于物理阻碍、生物和化学作用等因素会抑制部分种类种子萌发。因此,作者认为在喀斯特森林种子库研究中应增加取样大小和数量,并要对打破种子休眠、促使种子萌发的条件开展研究,同时建立研究区内植物种子图谱和幼苗标本数据库并结合分子生物学技术来弥补种子萌发鉴定的缺点(萌发时间长短不一,幼苗死亡率高),使调查结果更具典型性和代表性。

2)喀斯特山地森林种子库与地表植被的关系。尽管土壤种子库与地表植被的对应关系已开展了一些研究,但主要集中于对土壤种子库与植被的种类

组成进行相关性比较分析,这些相关性除了因喀斯特地表植被类型的变化外,还存在着多种影响因素,如物种丰富度、环境因子(土壤理化性质、温度)等,这些因素间是相互影响和协同发展的。因此,需进一步加强其他因素对土壤种子库与地表植被关系的研究。同时,在喀斯特山地人为干扰林地植被恢复研究中,应进一步开展不同干扰方式和不同恢复阶段土壤种子库与地表植被相关性研究。

3)优势种和外来入侵种的种子库动态研究。生态系统中的优势种对整个生态系统起着控制作用,代表了群落恢复的潜力和趋势,应重视喀斯特山地森林群落中优势种或建群种的种子库季节动态变化研究;目前,外来入侵种如紫茎泽兰由中缅边境传入我国西南喀斯特地区,在云南、贵州、四川和广西等省区大量发生,对我国的农牧业生产造成极大的危害。因此,研究外来入侵物种在西南喀斯特山地土壤种子库的动态及对群落物种多样性的影响机理,不但对喀斯特山地森林物种多样性保护管理具有重要的现实意义,将成为今后喀斯特地区生态研究的重点之一。

4)喀斯特山地森林种子库的应用。由于种子的耐胁迫能力比幼苗和植株强,更能逃避干扰、疾病和捕食的损害,因此,土壤种子库在植被遭受破坏后的自然恢复中常常起着关键作用。在西南喀斯特山地森林植被恢复与重建中,充分发挥喀斯特森林土壤种子库尤其是持久种子库的基因库和进化记忆功能,以及通过种子库移植等方法恢复喀斯特地区植被,将更有利于喀斯特物种多样性和遗传多样性的恢复,但土壤种子库在喀斯特森林保护和恢复实践中的研究还很少。因此,今后应加强喀斯特山地森林种子库在退化植被恢复中作用与潜力的研究,并利用森林土壤种子库促进群落结构与功能恢复,加速喀斯特森林群落的正向演替进程也是有待研究的重要课题之一。

参考文献

- 白文娟,焦菊英. 2006. 土壤种子库的研究方法综述. 干旱地区农业研究, 24(6): 196-198.
- 班勇. 1995. 土壤种子库的结构与动态. 生态学杂志, 14(6): 42-47.
- 冯秀,全川,丁勇,等. 2007. 土壤种子库在植被恢复与重建中的作用与潜力. 内蒙古大学学报, 38(1): 102-108.
- 黄红慧,蒋忠诚,李先琨,等. 2007. 茂兰喀斯特原生林不同地球化学背景下的土壤种子库的初步研究. 地球与环境, 35(1): 39-45.
- 李峰,梁士楚,王丽君,等. 2007. 桂林岩溶石山阴香群

- 落土壤种子库的研究. 四川林业科技, **28**(6):57-61.
- 李 生, 姚小华, 任华东, 等. 2008. 黔中石漠化地区不同土地利用类型土壤种子库特征. 生态学报, **28**(9):4602-4608.
- 李阳兵, 谢德体, 魏朝富, 等. 2006. 重庆喀斯特山地土壤种子分布特征. 生态环境, **15**(2):358-361.
- 刘济明, 陈 洪, 何跃军, 等. 2006. 喀斯特封山育林区土壤种子库研究. 西南农业大学学报, **28**(3):376-380.
- 刘济明, 钟章成. 2000. 梵净山栲树群落的种子雨, 种子库及更新. 植物生态学报, **24**(4):402-407.
- 刘济明. 2000a. 贵州茂兰喀斯特山地顶部森林群落种子库研究. 林业科学研究, **13**(1):44-50.
- 刘济明. 2000b. 茂兰喀斯特森林中华蚊母树群落土壤种子库动态初探. 植物生态学报, **24**(3):366-374.
- 刘济明. 2001. 贵州茂兰喀斯特森林中华蚊母树群落种子库及其萌发特征. 生态学报, **21**(2):197-203.
- 龙 梅, 张嵘嵘. 2001. 金阳石林地区土壤种子库的储量与组成. 贵州农业科学, **32**(5):24-26.
- 龙翠玲, 余世孝. 2007. 茂兰喀斯特森林林隙种子雨、种子库空间变异. 云南植物研究, **29**(3):327-332.
- 龙翠玲, 朱守谦. 2001. 喀斯特森林土壤种子库种子命运初探. 贵州师范大学学报(自然科学版), **19**(2):20-22.
- 吕仕洪, 陆树华, 欧祖兰, 等. 2007. 桂西南石漠化山地土壤种子库的基本特征及植被恢复对策. 植物资源与环境学报, **16**(1):6-11.
- 欧祖兰, 吕仕洪, 陆树华, 等. 2006. 桂西南峰丛洼地退化植被土壤种子库的初步研究. 广西植物, **26**(6):643-649.
- 彭晓霞, 王充林, 宋同清, 等. 2008. 喀斯特脆弱生态系统复合退化控制与重建模式研究. 生态学报, **28**(2):811-820.
- 沈有信, 陈胜国, 江 洁, 等. 2003. 滇东南岩溶山地次生林土壤种子库储量与优势成分. 广西植物, **23**(6):528-532.
- 沈有信, 江 洁, 陈胜国, 等. 2004. 滇东南岩溶山地退化植被土壤种子库的储量与组成. 植物生态学报, **28**(1):101-106.
- 沈有信, 刘文耀, 崔建武. 2007. 滇中喀斯特森林土壤种子库的种-面积关系. 植物生态学报, **31**(1):50-55.
- 沈有信, 刘文耀, 官会林. 2008. 土壤种子库样品萌发的前处理方法: 水洗减量术. 土壤学报, **45**(6):1199-1202.
- 沈有信, 刘文耀. 2004. 长久性紫茎泽兰土壤种子库. 植物生态学报, **28**(6):768-772.
- 沈有信, 张彦东, 张 萍, 等. 2001. 云南北部泥石流多发干旱河谷区不同干扰对土壤种子库的影响. 植物生态学报, **25**(5):623-629.
- 王德炉, 喻理飞. 2005. 喀斯特环境生态脆弱性数量评价. 南京林业大学学报(自然科学版), **29**(6):23-26.
- 王克林, 苏以荣, 曾馥平, 等. 2008. 西南喀斯特典型生态系统土壤特征与植被适应性恢复研究. 农业现代化研究, **29**(6):641-645.
- 徐丽丽, 于一尊, 王克林, 等. 2008. 不同人为干扰方式对桂西北喀斯特草群土壤种子库组成与分布的影响. 中国岩溶, **27**(4):309-315.
- 杨小波, 陈明智, 吴庆书. 1999. 热带地区不同土地利用系统土壤种子库的研究. 土壤学报, **36**(3):327-333.
- 杨跃军, 孙向阳, 王保平. 2001. 森林土壤种子库与天然更新. 应用生态学报, **12**(2):304-308.
- 于顺利, 蒋高明. 2003. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点. 植物生态学报, **27**(4):552-560.
- 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 2000. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究. 林业科学, **36**(6):12-19.
- 张 玲, 李广贺, 张 旭. 2004. 土壤种子库研究综述. 生态学杂志, **23**(2):114-120.
- 朱守谦. 2002. 喀斯特森林生态环境研究(II). 贵阳: 贵州科技出版社.
- Coffin DP, Lauenroth WR. 1989. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semi-arid grassland. *American Journal of Botany*, **76**:53-58.
- Fenner M. 1992. Seeds : The Ecology of Regeneration in Plant Communities. Wallingford : CAB International.
- Guo QF, Rundel PW, Goodall DW. 1998. Horizontal and vertical distribution of desert seed bank : Patterns , causes , and implications. *Journal of Arid Environments*, **38** :465-478.
- Harper JL. 1977. The Population Biology of Plants. London : Academic Press.
- Holmes PM, Newton RJ. 2004. Patterns of seed persistence in South African fynbos. *Plants Ecology*, **172** :143-158.
- Jensen TS. 1982. Seed production and outbreaks of non-cyclic rodent populations in deciduous forests. *Oecologia*, **54** :184-192.
- Holmes PM, Newton RJ. 2004. Patterns of seed Persistence in South African fynbos. *Plants Ecology*, **172** :143-158.
- Jutila BE, Heli M. 1998. Seed bank of grazed and ungrazed Baltic seashore meadows. *Journal of Vegetation Science*, **9** :395-408.
- Kebrom T, Tesfaye B. 2000. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello Ethiopia. *Biotropica*, **32** :23-32.
- Kemp PR. 1989. Seed bank and vegetation processes in deserts// Leck MA, Parker VT, Simpson RL, eds. Ecology of Soil Seed Bank. San Diego : Academic Press :257-282.
- Liu JM. 2000. The seed bank of forest community at the pinnacles of Maolan Karst hilly area in Guizhou. *Forest Research*, **13** :44-50.
- López-Marlo A, Luis-Calabuig E, Fillat F, et al. 2000. Floristic composition of established vegetation and the soil seed bank in pasture communities under different traditional management regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **78** :273-282.
- Meissner RA, Facelli JM. 1999. Effects of sheep exclusion on the soil seed bank and annual vegetation in chenopod shrublands of South Australia. *Journal of Arid Environments*, **42** :117-128.
- Moles AT, Drake DR. 1999. Potential contribution of the seed rain and seed bank to regeneration of native forest under plantation pine in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, **37** :83-93.
- Shaw PJA. 1996. Role of seed bank substrates in the revegetation of fly ash and gypsum in the United Kingdom. *Restoration Ecology*, **4** :61-70.
- Shen YX, Liu WY, Cao M, et al. 2007. Seasonal variation in density and species richness of soil seed-banks in karst forests and degraded vegetation in central Yunnan, SW China. *Seed Science Research*, **17** :99-107.
- Simpson RL. 1989. Seed banks : General concepts and methodological issues// Leck MA, Parker VT, Simpson RL, eds. Ecology of Soil Seed Bank. San Diego : Academic Press :107-122.
- Thompson K, Grime JP. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, **67** :893-921.
- Thompson K, Bekker JP, Bakker RM. 1997. The Soil Seed Banks of North West Europe : Methodology, Density and Longevity. London : Cambridge University Press.
- Warr SJ, Kent M, Thompson K. 1994. Seed bank composition and variability in five woodlands in south-west England. *Journal of Biogeography*, **21** :152-168.
- Wijdeven SMJ, Kuzee ME. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration Ecology*, **8** :414-424.

