

# 森林土壤种子库研究方法综述

冯伟 汪小进 宣力 丁增发 (安徽省林业科学研究院, 安徽合肥 230031)

**摘要** 森林生态系统是陆地上重要的生态系统之一, 具有多样的生态功能。森林土壤种子库作为潜在的植物群落, 是森林未来地上植被发生的源泉。土壤种子库研究是植物生态学研究的一个重要领域, 有助于对植被更新和植被演替动态的了解, 对于植被恢复具有重要意义。研究森林土壤种子库有其基本的方法和体系。详细介绍了目前最常用的几种森林土壤种子库取样方法、取样时间以及种类鉴定, 为开展对森林土壤种子库的研究提供参考。

**关键词** 森林; 土壤种子库; 研究方法

中图分类号 S722.1<sup>+</sup>9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)09-03657-03

## Review of the Research Methods of Forest Soil Seed Bank

FENG Wei et al (Forestry Academy of Anhui Province, Hefei, Anhui 230031)

**Abstract** Forest ecosystem is one of the important ecosystems on the earth with lots of ecological function. As the potential community, forest soil seed bank is origin of the plants in forest ecosystem. The research on soil seed bank is an important subject in plant ecology. Effects of seed bank on populations of species and persistence of communities are important. In this paper the methodology of soil seed bank was reviewed, including sampling methods, sampling time and identification of seedling etc.

**Key words** Forest; Soil seed bank; Research method

土壤种子库是指存留于土壤表面及土层中有活力的植物种子的总和<sup>[1]</sup>。森林生态系统中, 植物以休眠繁殖体形式存在的个体远远超过地上植株的数量, 森林土壤种子库内的种子作为植被潜在更新能力的重要组成部分, 与植被演替动态、林窗发育及生物多样性都有密切关系, 在很大程度上决定了植被发展的进度和方向<sup>[2-4]</sup>。国外对于森林土壤种子库的研究较早, Synington<sup>[5]</sup>1933年首次报道了马来西亚热带雨林的土壤种子库状况, 开创了森林土壤种子库研究工作的先河。此后, 森林土壤种子库的研究逐渐成为植物生态学中较为活跃的领域之一, 很多研究人员从以下方面对土壤种子库开展了大量研究: 土壤种子库在植被恢复和更新中的潜在作用<sup>[6-7]</sup>; 影响种子活力、萌发和休眠的生物因素与非生物因素<sup>[8-9]</sup>; 植被不同演替阶段的土壤种子库动态<sup>[10-11]</sup>及火灾等干扰对土壤种子库物种组成和空间分布的影响<sup>[12]</sup>。自20世纪80年代以来, 种子库已成为我国植物生态学研究研究的热点之一, 其中关于森林群落土壤种子库的研究较多, 主要有对针叶林<sup>[13-14]</sup>、常绿阔叶林<sup>[15]</sup>、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林<sup>[16]</sup>、次生林<sup>[17-18]</sup>等的研究。这些研究成果为今后进一步开展这方面的研究提供了很多宝贵的经验。

土壤种子库的研究方法是进行土壤种子库研究的基础和关键, 虽然国内已有一些学者从不同生境、不同性质的土壤种子库的研究动态、研究内容、研究热点等方面进行了综述<sup>[19-22]</sup>, 但针对森林土壤种子库研究方法的综述还未有报道。笔者对森林土壤种子库的研究方法进行系统总结, 包括取样方法、取样大小、取样时间和种类鉴定等。

## 1 取样方法

植被种子在森林土壤水平和垂直方向上的分布都是不均匀、无规则的, 大部分种子在土壤中呈泊松分布或负二项式分布<sup>[23]</sup>, 所以减少取样的随机误差, 提高取样的精确性、代表性, 是研究森林土壤种子库的首要问题。国内外学者尝试

着各种取样方法期望对聚集分布的生物做一个比较准确的估测<sup>[24]</sup>。在森林土壤种子库方面, 野外取样的方法主要有随机法、小支撑多样点法以及样线法等。随机法是指在研究样地上随机获取一定量土样的取样方法。这种方法简单易行, 适宜在小范围内, 环境条件较为一致的样地内进行。小支撑多样点法指从大样方内的子样方再分亚单位小样方, 形成多级样方, 取样点分别位于一级样方、二级样方和三级样方的中心, 整个样地上的取样点为规则的网络结构。此方法较为复杂, 且要求苛刻, 野外不易实施, 用的比较少<sup>[20]</sup>。样线法通常是在研究的样地中设置一条长样线, 沿样线每隔几米设一个小样方, 样方大小不定, 有1 m×1 m、10 cm×10 cm、50 cm×50 cm等多种设定。此方法在国内外森林土壤种子库研究中较为常见<sup>[25-26]</sup>, 且能够保证取样的全面性。

## 2 取样大小

减少随机误差, 提高取样的精确性, 是野外取样的首要原则。目前森林土壤种子库取样量的大小还没有一个统一的标准, 经常采用的方法有3种: 大数量的小样方法、小数量的大样方法、大单位内子样方再分亚单位小样方法<sup>[10]</sup>。

在很多的森林土壤种子库的研究中, 数据都有一个大的标准误差, 其原因主要是种子在特定生境中的分布是不均匀的。Roberts认为通常通过取大量的小样本可以获得较为贴近实际的结果, 而不是少量的大样本<sup>[10]</sup>。Bigwood<sup>[27]</sup>等也发现, 采集大量的小样本来估测种子数量的准确性比采集少量的大样本来估测种子数量的准确性要提高很多。因此, 研究人员必须尽可能地增大取样器容量和取样数量。具体说来, 大部分研究的取样深度为10 cm, 并且分3层(0~2 cm、2~4 cm、4~10 cm或0~2 cm、2~5 cm、5~10 cm)取样以了解种子库的垂直分布特征。也有部分研究的深度选取5、15或20 cm。取样面积的大小也不确定, 10 cm×10 cm的较多, 也有100 cm×50 cm、50 cm×50 cm、20 cm×20 cm等各种设定。总之, 具体的取样数目和取样大小还应根据研究目的和研究群落的特点确定<sup>[21]</sup>。

## 3 取样时间

取样时间是森林土壤种子库研究中一个非常重要的问

基金项目 安徽省林业科学研究院后备人才科研基金资助。

作者简介 冯伟(1982-), 男, 安徽合肥人, 硕士, 从事森林生态与生物多样性保护研究。

收稿日期 2008-01-03

题,直接影响实验结果。通常,森林土壤种子库有短暂种子库和持久种子库之分。很多研究中,土壤样品的采集是在群落中大多数物种已经散布了它们的种子之后,而在第一个萌发季节完成之前,因而土样主要包含短暂种子库中的种子。Warr 等<sup>[28]</sup>认为在多年生植物或夏季一年生植物占优势的群落中,应该在夏天采集判定持久种子库的土样,即在萌发完成之后而种子成熟和散布开始之前。如果需要土样中包含持久种子库和短暂种子库的综合,就应该在冬天或早春取样,即萌发开始之前。在冬季一年生植物占优势的群落中,代表持久种子库的土样应该在冬天或早春采集。如果某一群落里同时具有夏季和冬季一年生植物,冬季一年生植物种子库的最精确取样应该在冬季或早春,夏季一年生植物种子库的最精确取样应该在夏季或早秋。每月<sup>[29]</sup>或每季<sup>[30]</sup>的土样可以用来精确描述每一物种土壤种子库密度的季节分布。多年连续取样可以揭示持久种子库大小的年际变化<sup>[31]</sup>。

#### 4 种类鉴定

**4.1 物理法** 主要包括漂浮浓缩法和网筛分选法。漂浮浓缩法是用各种浓度的盐溶液淘洗土样,利用密度差异把种子从其他有机体和矿物质中分离出来。在研究单个物种的种子库大小时,漂浮法是可行的。由于不同物种的种子库密度变化很大,在研究植物群落种子库时漂浮法不太适合,且此法取样量大时,人工和时间均耗费较多;网筛分选法是用各种大小网孔的筛子冲洗土样,通过网筛分选减小土样体积,同时将种子按大小粒径分组,以便鉴定。此法与漂浮法一样,需耗费大量的人工和时间。

物理法分离出的种子由于需在显微镜下查找、鉴定,且需要确定种子的活力,因此,这种方法难度较大。常用的鉴定种子活力的方法主要有四唑(Tetrazolium)染色法<sup>[32]</sup>和直接检验法<sup>[33]</sup>(具有汁液、油性及新鲜胚的种子被认为是存活的种子)。四唑染色法是将2,3,5-三苯四唑氯化物(TTC)称得1g,加重蒸水100 ml(pH值6.5~7.0)作为染色剂,把植物种子用自来水冲洗干净,浸泡2h后,吸干种子表面水分,横切不断裂,放入四唑溶液中,在35~40℃温箱内染色2h,然后从四唑溶液中取出种子在放大镜下观察,着色种子是有生活力的种子。

**4.2 种子萌发法** 这种方法目前应用较广,即将采集来的土样分层处理,并借助于低温层积、适当高温或化学物质刺激等各种方法,打破种子休眠,通过控制适当的光照、温度、湿度条件,使存活种子尽可能全部萌发,并定时记录种苗数目,鉴定种苗种类<sup>[22]</sup>。为了提高土样中大多数物种种子的萌发率,许多研究在萌发前都进行土样处理,即先通过物理法进行土样浓缩处理。通常是用小孔网筛对土样进行筛洗<sup>[34]</sup>。萌发过程中要保证植物生长所需的营养、水分和光照。由于有些植物只有等到成熟或开花才能被鉴定,必要时可把它们从实验盘中移到其他的容器中培养直至能鉴定。如果不对土样进行筛减,则萌发时间必须保证在1年以上<sup>[35]</sup>。

影响萌发法统计结果的因素包括取样时间、萌发条件、萌发前处理、萌发时间、萌发时的处理、土层厚度、外界污染等<sup>[21]</sup>。萌发法可以确切检测出具有活力的杂草种子,从而

确知种子库的实际规模,劳动量相对较小。但萌发法耗时较长,对难打破休眠的种子不能统计。萌发法虽然使用比较普遍,但也存在着一些缺陷,萌发部分只是种子库的一部分,是在研究人员设定的条件下,有活力种子的一部分萌发。因为还有一些种子需要经过特殊处理才能萌发,而且如果从取样到萌发中的任何一个环节发生改变,其研究结果可能都不一样。如果需要对种子库的群落多样性进行研究,萌发法就不能提供较为准确的估测<sup>[10,36-37]</sup>。

#### 5 群落结构指标选择

群落结构是森林土壤种子库研究的重要内容之一。通过种子库群落结构各项指标,可以了解并判断样地森林生态系统的健康和功能优良与否<sup>[38-39]</sup>。森林土壤种子库研究常用的群落结构指标如下<sup>[32,40-41]</sup>:

$$\text{Shannon 指数: } H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$$

$$\text{Simpson 指数: } = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i^2)$$

$$\text{丰富度指数: } R = (S - 1) / \ln N$$

$$\text{生态优势度: } C = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

式中,  $S$  为群落中的物种总数,  $P_i$  为第  $i$  种物种的比例多度,  $P_i = n_i / N$ ,  $n_i$  为第  $i$  个物种的个体数,  $N$  为样方中所有物种总个体数。

$$\text{均匀度指数: } E = (N_2 - 1) / (N_1 - 1)$$

式中,  $N_1 = e^H$ ,  $N_2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^s P_i^2}$  为 Shannon 多样性指数,  $E$  为 Simpson 多样性指数。

$$\text{相似性系数: } S_j = \frac{100c}{0.5(a + b)}$$

式中,  $c$  为两群落共有的物种数,  $a$  和  $b$  分别为两群落各自的物种数。

#### 6 小结

在种子库研究早期, Cippindale 等<sup>[42]</sup>就已经提出,具有土壤种子库知识,对于解决农林业生产实践中出现的生态学问题,以及在研究土壤与种间竞争对群落影响的基本问题上将是很有价值的。进行种子库研究,有利于对森林种群趋势的预测,并可通过计算机模拟,了解未来森林群落的动态变化,即森林生态系统的演替规律,以便在森林经营过程中采取相应的管理策略。因而种子库研究方法的探讨必将是森林土壤种子库研究的首要内容。随着科技的发展,将会有更先进的技术手段应用于森林土壤种子库研究。

#### 参考文献

- [1] SIMPSON R L. Ecology of soil seed bank [M]. San Diego: Academic Press, 1989: 149 - 209.
- [2] ADEL J, BEHNAM H, YOUNES A, et al. Soil seed banks in the Arasbaran protected area of Iran and their significance for conservation management [J]. Biod Conserv, 2003, 109: 425 - 431.
- [3] FAJNSKA K. Seed bank dynamics in abandoned meadows during a 20-year period in the Białowieża National Park [J]. J Ecol, 1999, 87: 461 - 475.
- [4] PECO B, ORTEGA M, LEVASSOR C. Similarity between seed bank and vegetation in Mediterranean grassland: a predictive model [J]. J Veg Sci, 1998, 9: 815 - 828.
- [5] SYMINGTON C F. The study of secondary growth on rain forest sites in Malaya [J]. Malayan forester, 1933, 2: 107 - 117.
- [6] KALAMEES R, ZOBEL M. The role of the seed bank in gap regeneration in a calcareous grassland community [J]. Ecology, 2002, 83(4): 1017 - 1025.
- [7] ZHANG Z Q, SHU W S, LAN C Y, et al. Soil seed bank as an input of seed source in revegetation of Lead/Zinc mine tailings [J]. Restoration Ecology,

- 2001,9(4):378-385.
- [8] DALING J W, HUBBELL S P. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species [J]. *Journal of Ecology*, 2002, 90(3):557-568.
- [9] RICE K J, DYER A R. Seed aging, delayed germination and reduced competitive ability in *Bomus tectorum* [J]. *Hart Ecology*, 2001, 155(2):237-243.
- [10] ROBERTS H A. Seed banks in soil [J]. *Advances in Applied Biology*, 1981, 6:1-55.
- [11] BEKKER R M, VERWEIJ G L, BAKKER J P, et al. Soil seed bank dynamics in hayfield succession [J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88(4):594-607.
- [12] ROGERS W E, HARINETT D C. Temporal vegetation dynamics and recolonization mechanisms on different-size soil disturbances in tallgrass prairie [J]. *American Journal of Botany*, 2001, 88(9):1634-1642.
- [13] 郭晋平, 薛俊杰, 庞泉沟自然保护区华北落叶松林土壤种子库的研究 [J]. *武汉植物学研究*, 1998, 16(2):131-136.
- [14] 徐化成, 班勇. 大兴安岭北部兴安落叶松种子在土壤中的分布及其种子库的连续性 [J]. *植物生态学报*, 1996, 20(1):28-34.
- [15] 彭军, 李旭光, 董鸣, 等. 重庆四面山亚热带常绿阔叶林种子库研究 [J]. *植物生态学报*, 2000, 24(2):209-214.
- [16] 安树青, 林向阳, 洪必恭, 等. 宝华山主要植被类型土壤种子库初探 [J]. *植物生态学报*, 1996, 20(1):41-50.
- [17] 周先叶. 广东黑石顶自然保护区森林次生演替不同阶段土壤种子库的研究 [J]. *植物生态学*, 2000, 24(2):222-230.
- [18] 唐勇, 曹敏, 张建候, 等. 西双版纳白背桐次生林土壤种子库、种子雨研究 [J]. *植物生态学报*, 1998, 22(6):505-512.
- [19] 于顺利, 蒋高明. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点 [J]. *植物生态学报*, 2003, 27(4):552-560.
- [20] 李秋艳, 赵文智. 干旱区土壤种子库的研究进展 [J]. *地球科学进展*, 2005, 20(3):350-357.
- [21] 李伟, 刘贵华, 周进, 等. 淡水湿地种子库研究综述 [J]. *生态学报*, 2002, 22(3):395-401.
- [22] 张玲, 李广贺, 张旭. 土壤种子库研究综述 [J]. *生态学杂志*, 2004, 23(2):114-120.
- [23] AMBROSI O L, DORADO J, DELMONTE J P. Assessment of the sample size to estimate the weed seedbank in soil [J]. *Weed Research*, 1997, 37:129-137.
- [24] KERSHAW K A. Quantitative and dynamic ecology [M]. New York: Elsevier, 1973.
- [25] HOLMES P M. Depth distribution and composition of seed banks in alien invaded and uninvaded fynbos vegetation [J]. *Austral Ecology*, 2002, 27:110-120.
- [26] 唐勇, 曹敏, 张建候, 等. 西双版纳热带森林土壤种子库与地上植被的关系 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10(3):279-282.
- [27] HIGWOOD D W. Spatial pattern analysis of seed banks: an improving method and optimizing sampling [J]. *Ecology*, 1988, 69:497-507.
- [28] WARR S J, KENT M, Thompson J P. Seed bank composition and variability in five woodlands in southwest England [J]. *J. Biogeogr*, 1994, 21:152-168.
- [29] ZAMANA U, KHANMA. The role of buried viable seeds in saline desert plant community [J]. *Bangladesh J. Bot*, 1992, 21:1-10.
- [30] GILFEDDER J, KIRKPATRICK J B. Germinable soil seed and competitive relationships between a rare native species and exotics in a semi-natural pasture in the Midlands, Tasmania [J]. *Biol. Conserva*, 1993, 64:113-119.
- [31] COFFIN D P, LAUENROTH W K. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland [J]. *Amer J Bot*, 1989, 76:53-58.
- [32] 张玲, 方精云. 长白山土壤种子库储量与物种多样性的垂直格局 [J]. *地理学报*, 2004, 59(6):880-888.
- [33] PAKER C E, VENABLE D L. Seed bank in desert annuals: Implications for persistence and coexistence in variable environments [J]. *Ecology*, 1996, 77:1427-1435.
- [34] TERHEERDT G N J, VERWEIJ G L, BEKKER R M. An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving [J]. *Funct. Ecol*, 1996, 10:144-151.
- [35] FENNER M. Seed Ecology [M]. London: Chapman and Hall, 1985:21-28.
- [36] GROSS K L. A comparison of method for estimating seed numbers in the soil [J]. *Journal of Ecology*, 1990, 78:1079-1093.
- [37] THOMPSON K, GRIME J P. Seasonal variation in the seedbanks of herbaceous species in ten contrasting habitats [J]. *Ecology*, 1979, 67:893-921.
- [38] 陈勤娟, 朱曦, 葛映川, 等. 东明山森林公园鸟类群落生态 [J]. *浙江林学院学报*, 2001, 18(2):165-168.
- [39] 李有根, 楼炉煊, 金水虎, 等. 浙江野生腊梅群落及其区系 [J]. *浙江林学院学报*, 2002, 19(2):127-132.
- [40] 张玲, 方精云. 秦岭太白山4类森林土壤种子库的储量分布与物种多样性 [J]. *生物多样性*, 2004, 12(1):131-136.
- [41] 郑华, 欧阳志云, 王效科, 等. 红壤丘陵区不同森林恢复类型土壤种子库特征研究 [J]. *自然资源学报*, 2005, 19(3):361-368.
- [42] CHIPINDALE W E, MILTON W E. On the viable seeds present in the soil beneath pastures [J]. *J. Ecol*, 1934, 22:508-531.

(上接第3645页)

**4.2 以点带面** 应该充分发挥各地县的特色体育,并以它们为龙头带动周边农村体育的发展,如河南温县,以发展太极拳特色体育为重点,大力开展全民健身活动,实现了群众体育与太极拳特色体育的协调发展和相互促进,使健身活动群众化。又如山西省在大运高速公路沿线的农村基层进行了百镇千村大运体育走廊示范项目的建设,提出建设以篮球项目为主带动农村体育开展的体育走廊,成为国家体育总局的“全国农村体育活动基地示范项目”和“中国全民健身著名景观”,推动了全省百万农民健身活动开展。还有山东、东北等地的健身秧歌,广东的舞狮表演等,都会在本地区农民健身活动中起到以点带面的效果,也为开展农民健身活动开拓了一种新思路。

总之,开展农民健身是社会的可持续发展和落实科学发展观的需要,是适合中国国情的需要,是社会主义新农村建

设中投资小、见效快,农民直接受益的一项活动,是一项长期任务。要做好这项工作,必须要坚持从实际出发,科学规划,因地制宜,量力而行,有计划、有步骤、有重点地扎实、稳步推进,要与新农村建设的其他措施协调配合,开拓思维,充分调动各方面的积极性,尊重农民的意愿,不增加农民的负担,真正造福于广大农民群众,使广大农民享受到基本的体育服务,使大众健身条件的城乡差别越来越小,那才是几亿农民真正的小康之日。

#### 参考文献

- [1] 中共中央文献研究室. 十六大以来重要文献选编: 上 [M]. 北京: 中央文献出版社, 2005.
- [2] 核心是以人为本——论贯彻落实科学发展观 [N]. 南方日报, 2004-04-05.
- [3] 体育要为新农村建设添砖加瓦 [N]. 人民日报, 2006-09-14.
- [4] 陈学梅. 科学体育在全民健身中的作用 [J]. 体育学刊, 1998(2):76.
- [5] 刘生. 简述田径运动与全民健身计划的实施 [J]. 青海师范大学学报: 自然科学版, 1999(3):59-63.