

# 土壤种子库的研究方法综述

白文娟<sup>1,2,3</sup>, 焦菊英<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘 要:** 主要从取样方法、取样时间和种类鉴定等方面对土壤种子库研究方法进行综述, 重点介绍了种子萌发法, 并且提出了要采取长期定位观测的方法对土壤种子库的长期完整动态进行较系统的研究, 而且最好在种子库长期的定位研究中搞清楚研究区内植物种的物种特性并且建立一个幼苗标本库, 以增加土壤种子库研究的准确性。

**关键词:** 土壤种子库; 研究方法; 种子萌发法

**中图分类号:** S154    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-7601(2006)06-0195-04

土壤种子库中的种子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<sup>[1]</sup>。土壤种子库通常分为两种类型, 即瞬时土壤种子库 (Transient soil seed banks) 和长久土壤种子库 (Permanent soil seed banks)<sup>[2]</sup>。在大多数生境中, 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。土壤种子库作为植被潜在更新能力的重要组成部分, 在植被自然恢复过程中起着重要的作用。它是植被重建与恢复的重要种源, 是植被恢复的模板, 很大程度上决定了植被恢复的进度和方向<sup>[3~5]</sup>。对于自然恢复来说, 即使微气候非常适宜, 但如果缺乏种源的话, 也很难进行植被恢复<sup>[6]</sup>。美国普列利冰川沼泽的种子库的研究结果表明, 因为有了种子库的存在, 才使得冰川沼泽植被在水淹、虫害、牲畜牧食等各种胁迫下仍能不断更新和再生<sup>[7]</sup>。国内较早地进行了种子库的应用实验, 如铅锌尾矿地植被恢复的成功也说明了种子库在受损植被恢复中的重要作用<sup>[8]</sup>。可见, 研究土壤种子库对退化生态系统的恢复与重建具有重要的理论和实践意义。

国外对土壤种子库的研究较早, 而且做了大量的工作, 最早可追溯到 Darwin (1859) 的工作, 他用幼苗数表示种子数量, 获得了人类第一个有关土壤种子库的数据。其后, 研究者从植物学、遗传学、生态学、杂草科学和农学等各个学科领域对土壤种子库进行了研究。已有的研究已经涉及到森林、草地、农田耕地、水域等不同生态系统的土壤种子库的种子大小、形状、垂直分布、生活、生境等方面的相互关系。我国对土壤种子库的研究起步较晚, 始于 20 世

纪 80 年代后期<sup>[9]</sup>, 对热带雨林、南亚热带季风常绿阔叶林、中亚热带常绿阔叶林、落叶常绿阔叶混交林、落叶阔叶林、落叶松林、草地、红松林、喀斯特森林等植被类型的土壤种子库特征, 土壤种子库在废弃地植被恢复中的作用, 以及干扰对土壤种子库的影响等方面也进行了研究。这些研究工作所取得的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。而且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、研究方法、研究热点等方面进行了综述<sup>[10~13]</sup>。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, 但是对其进行详尽的综述还很少<sup>[14]</sup>。本文主要从土壤种子库的研究方法方面进行较系统的总结, 以为将来的相关工作提供一些信息。其研究方法主要涉及取样方法、取样量的大小、取样时间和种类鉴定等方面。

## 1 取样方法

由于种子在土壤水平和垂直方向上分布极不均匀, 所以减少取样的随机误差, 提高取样的精确性, 是研究土壤种子库的首要问题<sup>[10]</sup>。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。随机法是指在研究的样地上随机地取一定量土样的取样方法。此方法比较简单易行, 适于在微地形一致的样地进行。小支撑多样点法指的是从大样方内的子样方再分亚单位小样方, 形成多级样方, 土壤种子库取样点分别设在一级样方、二级样方、三级样方的中心, 整个样地上空

收稿日期: 2006-04-25

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (40571094, 40271074); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”项目 (01140301)

作者简介: 白文娟 (1979—), 女, 山西榆次人, 硕士, 主要从事植被恢复与环境效应评价研究。E-mail: wenjuanlucky@yahoo.com.cn

通讯作者: 焦菊英, E-mail: jiaojuying@yahoo.com.cn

间取样点为规则网格结构。此方法较为复杂,野外不易实施,用的比较少<sup>[11]</sup>。样线法通常是在研究的样地中设置一条长样线,在样线上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。此方法在国内外的土壤种子库研究中用的比较多<sup>[15~17]</sup>,因为这种方法能够保证取样的全面性。

## 2 取样量的大小

到目前为止,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>[18]</sup>。通过对这 3 种方法的实验对比发现,大数量的小样方法具有较高的可靠性<sup>[19]</sup>。具体来说,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)取样以了解种子的垂直分布特征。也有部分研究取 5, 15, 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 的。具体的取样数目还应根据研究目的和研究群落的特点确定<sup>[12]</sup>。

## 3 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<sup>[20]</sup>。其确定要根据研究者的研究目的是对瞬时土壤种子库还是对长久土壤种子库感兴趣决定。瞬时土壤种子库种子在土壤中存活不超过一年时间,而长久土壤种子库种子在土壤中休眠至少一年。判定长久种子库的土样应该在萌发完成之后而种子成熟和开始散布之前,即夏天。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<sup>[21]</sup>,即冬季或早春。

## 4 种类鉴定

种类鉴定是土壤种子库研究的基础,也是非常关键的环节。种类鉴定常用的方法有种子萌发法和物理法。

### 4.1 物理法

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,利用密度差异而把种子从其它机体及矿物质中分离出来<sup>[12]</sup>。网筛分选法是用各种大小网孔的筛子冲洗土样,网筛分选减小土样的体积后,在显微镜下查找种子。漂浮浓缩法和网筛分选法要成功地从土壤中分离出种子比较困难,而且即使分离出种子,还需要

进一步鉴定其活力。常用的鉴定种子活力的方法主要有四唑(Tetrazolium)染色法(北京大学张玲<sup>[22]</sup>对太白山土壤种子库的调查采用此法),直接检验胚法(具有汁液、油性及新鲜胚的种子被认为是存活的种子<sup>[23]</sup>)和种子萌发法。四唑染色法即是将 2、3、5~三苯四唑氯化物(TTC)称得 1 g,加重蒸水 100 ml (PH6.5~7.0)作为染色剂,把植物种子用自来水冲洗干净,浸泡 2 h 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 2 h,然后从四唑溶液中取出种子在放大镜下区分着色及未着色种子;着色种子是有生活力的种子<sup>[24]</sup>。

### 4.2 种子萌发法

所谓种子萌发法就是把土样置于温室,给予其最理想的萌发条件,即适当的光、温、湿度条件,使存活的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>[13]</sup>。国内外的学者通过对比发现,种子萌发法比较易行,可以省去鉴定种子活力这个步骤,而且对种苗的鉴定要比直接对种子的鉴定容易的多,所以大约 90%的工作都采用此法<sup>[25]</sup>。因此本文将着重介绍国内外种子萌发法的具体过程,以为相关的工作者提供一些帮助。

**4.2.1 萌发前的土样处理** 国外的大多数研究在进行土样处理前,一般都要将土样冷藏(4~5℃)一个月或两个月,以打破种子休眠<sup>[26~28]</sup>。也有的研究是在实验进行了三四个月以后,再将土样冷藏大约两个月,接着再继续进行萌发实验<sup>[29~30]</sup>。国内的研究到目前为止,还很少有对土样进行冷藏处理的。

为了加快种子萌发速度,增加萌发数量,许多研究都对土样进行浓缩处理,即用网孔筛对土样进行筛洗,各研究筛洗方法不一,有过两次筛(2, 0.2 mm<sup>[30]</sup>; 4, 2 mm<sup>[31]</sup>; 4, 0.25 mm<sup>[32]</sup>; 4, 0.21 mm<sup>[33]</sup>)的,也有过一次筛的(0.2 mm)<sup>[34~36]</sup>,这要根据所取生境土样的土质而定。国外也有的研究在萌发前要在土样中加入一些化学溶液(如钠、碳酸氢盐溶液或六偏磷酸盐溶液)以溶解一些细小颗粒<sup>[37~38]</sup>。国内的研究很少对土样进行浓缩处理,一般都是将土样进行简单处理(自然风干,过筛去除杂物)后即开始萌发实验<sup>[39~40]</sup>。

**4.2.2 萌发条件** 不同的物种所需的萌发条件是不同的,目前国内外的研究大都在温室中进行<sup>[32, 35, 39, 41]</sup>,而且可以控制温度和光度(一般光照条件下的温度控制在 25℃左右,黑暗条件下的温度控制在 15℃左右)。也有的研究是在恒温状态下进行的(一般保持在 25℃左右)<sup>[26, 29, 42]</sup>。但是温室条

件并非适合所有物种的萌发,因为同一个条件并不一定能够同时满足所有种子的萌发要求。这也正是种子萌发法的一个缺点所在。因此在运用萌发法时要搞清楚研究区物种的种子特性以了解其萌发条件。另外,国内也有部分研究是在阳光充足的平台上进行的<sup>[43~44]</sup>。总之,首先要满足种子萌发最基本的环境条件,那就是适宜的温度和充足的水分。

在进行萌发实验时,需要将土样置于不含植物种子的无菌的肥沃基质或砂子上(115℃恒温烘箱中处理 48 h<sup>[40]</sup>),一方面为幼苗萌发及生长提供一定的营养,另一方面砂子还起透气的作用。如果幼苗萌发后不能及时鉴定的话,基质层可适当铺厚一些,以为幼苗的进一步生长提供营养。

4.2.3 萌发所需时间 根据目前的研究来看,各实验所用的时间长短不一,基本上集中在四个月到一年的时间内。萌发所需时间不仅受取样生境的影响,而且实验中的一些操作也直接影响到它的长短,如实验盘中土样的厚度,如果土层太厚,种子在土壤中埋藏太深,就会导致种子由于光照不足而不能萌发<sup>[45]</sup>。虽然后期的土样搅动可以刺激新的萌发,但这样就会延长萌发时间。所以,大部分研究都对土样进行浓缩,然后铺成 1cm 左右的薄层,确保所有种子曝露在适宜的光和温度下,以促进种子快速萌发<sup>[12]</sup>。

4.2.4 萌发过程中的处理 为了促进休眠种子的萌发,国外的许多研究在实验进行几个月后,都要喷洒一定浓度(大都是 1 g/L)的赤霉素(GA3)<sup>[20,32,37,46]</sup>。国内这方面的处理还几乎没有。为了防止土壤板结,在给幼苗浇水时最好从试验盘底部的输水孔注水<sup>[33]</sup>。因为土壤板结会影响种子的萌发。

在萌发过程中,要适时适量浇水,浇水过多的话,常常引起幼苗的死亡。

4.2.5 幼苗鉴定 幼苗的鉴定比较难,也是这项研究的关键。要鉴定幼苗除具备一定的专业知识外,经验也是非常重要的。鉴定幼苗主要以植物的形态特征为主,辅以种子的形态特征、幼苗的颜色、气味和某些种子萌发特点<sup>[14]</sup>。对于很难鉴定的幼苗,要将其移栽到其它容器中,待其长大后再进行鉴定。另外,最好能采集所取生境地上植被的一些成熟种子带回实验室进行种植,建立一个研究区幼苗标本库,以更加准确地鉴定种子库中萌发的幼苗。

综上所述,目前土壤种子库研究应用最广的方法是种子萌发法。但是在应用萌发法时要考虑打破种子休眠和了解研究区种子萌发所需要的条件。另

外,应该改变以往短期间断的调查样地的研究方法,采取长期定位观测的研究方法,以对土壤种子库的长期的完整动态进行较系统的研究,而且最好在种子库长期的定位研究中搞清楚研究区内植物种的物种特性并且建立一个幼苗标本库,以增加土壤种子库研究的准确性。

## 参考文献:

- [1] Simposon R L. Ecology of soil seed bank[M]. San Diego: Academic Press, 1989. 149—209.
- [2] Thompson K, J P Grime. Seasonal variation in the seed bank of herbaceous species in ten contrasting habitats[J]. Journal of Ecology, 1979, 67: 893—921.
- [3] Adel J, Behnam H, Younes A, et al. Soil seed banks in the Arasbaran proested area of Iran and their significance for conservation management[J]. Biol Conserv, 2003, 109: 425—431.
- [4] Falinska K. seed bank dynamics in abandoned meadows during a 20-year period in the Bialowieza National Park[J]. J Ecol, 1999, 87: 461—475.
- [5] 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.
- [6] Singarayer K, Floretine, Martin E. Restoration on abandoned tropical pasturelands-do we know enough[M]. Westbrooke: Nature Conservation. 2004. 85—94.
- [7] Johnson E A. Buried seed population in the subarctic forest east of Great Slave Lake, North West Territories[J]. Canadian Journal of Botany, 1975, 53: 2933—2941.
- [8] 张志权, 束文圣, 等. 引入土壤种子库对铅锌尾矿废弃地植被恢复的作用[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 601—607.
- [9] 刘济明, 桤树种子库及更新[J]. 贵州大学学报, 1998, 15(3): 192—187.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 仲延凯, 张海燕. 割草干扰对典型草原土壤种子库种子数量与组成的影响 V 土壤种子库研究方法的探讨[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2001, 32(6): 644—648.
- [15] Holmes P M. Depth distribution and composition of seed-banks in alien-invaded and uninvaded fynbos vegetation[J]. Austral Ecology, 2002, 27: 110—120.
- [16] Bai Wen ming, Bao Xue mei, Li Ling hao. Effects of Agriophyllum squarrosum seed banks on its colonization in a moving sand dune in Hunshandake Sand land of China[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 59: 151—157.
- [17] 唐勇, 曹敏, 张建侯, 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.

- [18] Roberts H A. Seed banks in soils[A]. Coaker T H. Advances in Applied Biology[C]. London: Academic Press, 1981. 1—55.
- [19] Bigwood D W. Spatial pattern analysis of seed banks; an improving method and optimizing sampling[J]. Ecology, 1988, 69: 497—507.
- [20] A López—Mari o, E Luis—Calabuig. Floristic composition of established vegetation and the soil seed bank in pasture communities under different traditional management regimes[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment 2000, 78: 273—282.
- [21] Warr S J, Kent M, Thompson J P. Seed bank composition and variability in five woodlands in south—west England[J]. J. Biogeogr, 1994, 21: 152—168.
- [22] 张玲, 方精云. 太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.
- [23] 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.
- [24] Fu Jiarui. Seed Physiology[M]. Beijing: Science Press, 1985.
- [25] Thompson K, Bakker J P, Bekker R M. The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity[M]. London: Cambridge University Press, 1997. 26—32.
- [26] Katsuhiko Osumi, Shobu Sakurai. Seedling emergence of Betula maximowicziana following human disturbance and the role of buried viable seeds[J]. Forest Ecology and Management, 1997, 93: 235—243.
- [27] Adel Jalili, Behnam Hamzeh'ee. Soil seed banks in the Arasbaran Protected Area of Iran and their significance for conservation management[J]. Biological Conservation, 2003, 109: 425—431.
- [28] Beth A, Middleton. Soil seed banks and the potential restoration of forested wetlands after farming[J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40: 1025—1034.
- [29] Miren Onaindia, Ibone Amezaga. Seasonal variation in the seed banks of native woodland and coniferous plantations in Northern Spain[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 126: 163—172.
- [30] Christine Rmermann, Thierry Dutoit. Influence of former cultivation on the unique Mediterranean steppe of France and consequences for conservation management[J]. Biological Conservation, 2005, 121: 21—33.
- [31] F Dessaint, R Chadoeuf, G Barralis. Nine years, soil seed bank and weed vegetation relationships in an arable field without weed control[J]. Journal of Applied Ecology, 1997, 34: 123—130.
- [32] M Olatunde Akinola, Kenthompson, Sarahm Buckland. Soil seed bank of an upland calcareous grassland after 6 years of climate and management manipulation[J]. Journal of Applied Ecology, 1998, 35: 544—552.
- [33] 沈有信, 江洁, 陈胜国, 等. 滇东南岩溶山地退化植被土壤种子库的储量与组成[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 101—106.
- [34] R F Pywell, P D Putwain, N R Webb. The decline of heathland seed populations following the conversion to agriculture[J]. Journal of Applied 32. Rein Ecology, 1997, 34: 949—960.
- [35] Kalamees, Martin Zobel. Soil seed bank composition in different successional stages of a species rich wooded meadow in laelatu, western Estonia[J]. Acta Oecologica, 1998, 19(2): 175—180.
- [36] 刘贵华, 李伟, 王相磊, 等. 湖南茶陵湖里沼泽种子库与地表植被的关系[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 450—456.
- [37] Ramón Reiné, Cristina Chocarro, Federico Fillat. Soil seed bank and management regimes of semi-natural mountain meadow communities[R]. Agriculture. Ecosystem and Environment. 2004.
- [38] Syed Shahid Shaukat, Imran Ali Siddiqui. Spatial pattern analysis of seeds of an arable soil seed bank and its relationship with above-ground vegetation in an arid region[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 57: 311—327.
- [39] 赵丽娅, 李锋瑞, 王先之. 草地沙化过程地上植被与土壤种子库变化特征[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1745—1756.
- [40] 唐勇, 曹敏, 张建侯, 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.
- [41] P M S Ashton, P G Harris, R Thadani. Soil seed bank dynamics in relation to topographic position of a mixed-deciduous forest in southern New England, USA[J]. Forest Ecology and Management, 1998, 111: 15—22.
- [42] Bai Wen Ming, Bao Xue Mei, Li Ling Hao. Effects of Agriophyllum squarrosum seed banks on its colonization in a moving sand dune in Hunshandake Sand Land of China[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 59: 151—157.
- [43] 杨小波, 陈明智, 吴庆书. 热带地区不同土地利用系统土壤种子库的研究[J]. 土壤学报, 1999, 36(3): 327—333.
- [44] 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, 2004, 19(3): 361—368.
- [45] Fenner M. Seed Ecology[M]. London: Chapman and Hall, 1985.
- [46] R M Bekker, G L Verweij, R E N Smith, et al. Soil seed banks in European grasslands; does land use affect regeneration perspectives[J]. Journal of Applied Ecology, 1997, 34: 1293—1310.

(英文摘要下转第 203 页)

[2] 李善才,马 艳,曹丕梅.榆林市马铃薯生产现状、问题及对策[A].陈伊里.马铃薯产业与西部开发[C].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001.74—77.

[3] 王治琴.延安市马铃薯生产状况及产业化发展途径[A].陈伊里,屈冬玉.高新技术与马铃薯产业[C].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2002.204—207.

[4] 屈冬玉,金黎平,谢开云,等.中国马铃薯产业现状、问题和趋势[A].陈伊里.马铃薯产业与西部开发[C].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001.1—8.

[5] 中国食品工业协会.关于进一步加快马铃薯加工和产业发展的调研报告[J].中国科技成果,2002,18,22—25.

Study on potato industrialization development strategy in Shaanxi

WEI Yan-an

(Shaanxi Provincial Department of Agriculture, Xi'an, Shaanxi 710003, China)

**Abstract:** Based on the potato industrialization development conditions in Shaanxi province, the opinion of developing Shaanxi potato industry to a regional leading industry is raised. It also discussed some strategy, such as the overall concept, regional allocation, potato processing development, industrialization system building, technological advancement and etc. Northern part and southern part of Shaanxi province must be the main potato production bases, three special use orientations of potato product must be emphasized.

**Keywords:** potato; industrialization; Shaanxi Province

(上接第 198 页)

A review on the research methods of soil seed bank

BAI Wen-juan<sup>1,2,3</sup>, JIAO Ju-ying<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi

712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Soil seed bank includes all live seeds existed both in litter and in soil, which is simply classified into transient soil seed bank with seeds germinated within a year of initial dispersal, and persistent soil seed bank with seeds remained in soil more than one year. The soil seed bank, as the potential for regeneration, plays an important role in the natural restoration of vegetation. This paper reviewed its research methods, including sampling methods, sampling time and identification of seedling. It suggests that long-term anchor observation is adopted for the dynamics of soil seed bank and seedling specimen bank should be founded to identify seedling correctly.

**Keywords:** soil seed bank; research methods; germination method