

## 天目山老龄柳杉林土壤种子库状态与更新

俞飞<sup>1</sup>, 侯平<sup>1</sup>, 陈全明<sup>2</sup>, 王祖良<sup>3</sup>

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省临安市上甘街道 林业管理站, 浙江, 临安 311300; 3. 浙江省天目山国家级自然保护区 管理局, 浙江 临安 311300)

摘要: 采用典型样线法对浙江天目山老龄柳杉 *Cryptomeria fortunei* 林的土壤种子库状态及更新特征展开研究, 以此解译柳杉种子库的基本特征, 为柳杉林天然更新机制研究奠定基础。结果表明: 天目山老龄柳杉林土壤种子库属于短暂性土壤种子库, 而且产生的种子活力低下, 发育不完善的种子占 60% ~70%, 霉烂种子占 30% ~40%。种子活力低下, 枯落物层过厚, 缺乏光照及化感作用等因素导致林下幼苗更新存在障碍, 需进行人为更新才能实现其可持续生长。表 4 参 21

关键词: 森林生态学; 柳杉; 土壤种子库; 天然更新; 天目山

中图分类号: S754; Q948.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)04-0464-05

## Soil seed bank and natural regeneration in an old-growth *Cryptomeria fortunei* stand on Mount Tianmu

YU Fei<sup>1</sup>, HOU Ping<sup>1</sup>, CHEN Quan-ming<sup>2</sup>, WANG Zhu-liang<sup>3</sup>

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin 'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Station of Shanggan Town, Lin 'an 311300, Zhejiang, China; 3. Management Office, National Nature Reserve of Mount Tianmu, Lin 'an 311300, Zhejiang, China.)

Abstract: Soil seed bank in *Cryptomeria fortunei* stand had never been studied before, but the status of the forest 's soil seed bank has important influence on the forest 's development. The soil seed bank and regeneration of the old-growth *Cryptomeria fortunei* on Mount Tianmu were determined using sample line approach. Results showed that the soil seed bank was short-term persistent as there were no vital seeds in the seed bank after the spring germination period with seeds being 60% - 70% immature and the rest rotten. Thus, one reason for the failure of natural regeneration of old-growth *C. fortunei* is low vitality, a heavy litter layer, lack of sunshine, and allelopathy; therefore artificial reforestation should be considered. [Ch, 4 tab. 21 ref.]

Key words: forest ecology; *Cryptomeria fortunei*; soil seed bank; natural regeneration; Mount Tianmu

土壤种子库(soil seed bank)是指存在于土壤上层枯落物和土壤中的全部存活种子<sup>[1]</sup>。一个植物群落的种子库是对它过去状况的“进化记忆”,也是反映群落现在和将来特点的一个重要因素。土壤种子库是种群生态学研究的重要内容,它对种群个体的繁殖、种群的扩展更新、种群遭破坏后的恢复和物种抵抗不良环境有着重要意义<sup>[2]</sup>。所以研究一个群落的土壤种子库状况是研究一个种群发展的重要组成部分。柳杉 *Cryptomeria fortunei* 系杉科 Taxodiaceae 柳杉属 *Cryptomeria* 植物,为我国特有种,常绿针叶乔木,产自长江流域以南至广东、广西、贵州等地,是南方主要用材林树种。长久以来,人们对柳杉的研究主要集中于人工更新,如抚育条件优化等,但是,无论从经济角度还是生态角度出发,

收稿日期: 2007-07-26; 修回日期: 2007-09-17

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y305235)

作者简介: 俞飞, 硕士, 从事柳杉种群生态学等研究。E-mail: 205yufei@163.com。通信作者: 侯平, 教授, 博士, 从事旅游生态学等研究。E-mail: houpingg@263.net

森林的天然更新才是实现资源可持续利用的最适宜途径。土壤种子库是森林天然更新的基础, 但柳杉林的土壤种子库研究却未见报道, 所以, 通过对种子库的研究来探讨柳杉天然更新, 具有重要的现实意义和理论价值。

## 1 研究区概况

研究区位于浙江省临安市境内的天目山国家级自然保护区, 30°18'30"~30°21'37" N, 119°24'11"~119°27'11" E, 总面积为 4 284 hm<sup>2</sup>, 最高海拔 1 506 m。该区受海洋暖湿气候的影响较大, 年平均气温为 8.8 ~14.8 °C; 年降水量 1 390 ~1 870 mm。成土母岩主要为流纹质凝灰岩。土壤类型海拔 600 m 以下为红壤, 海拔 600 m 以上为黄壤。本研究样地的海拔高度为 450 ~1 100 m。天目山的柳杉主要分布在这一海拔区间内, 植株高大, 年代悠久, 胸径大于 50 cm 的达 2 032 株, 占总数的 37%。林内主要乔木有柳杉 *Cryptomeria fortunei*, 银杏 *Ginkgo biloba*, 金钱松 *Pseudolarix amabilis* 等; 灌木层主要有山胡椒 *Lindera glauca*, 胡颓子 *Elaeagnus pungens*, 白蜡树 *Fraxinus chinensis* 等; 草本层主要有阔叶箬竹 *Indocalamus latifolius*, 大蓟 *Cirsium japonicum*, 翠云草 *Selaginella uncinata* 等。

## 2 研究方法

### 2.1 调查研究时间的安排

本调查安排在春季种子萌发完成后, 而新生种子尚未进入土壤的 7 月(柳杉种子于 11 月下落, 翌年 4 - 5 月萌发完成) 研究柳杉林土壤种子库的状态。选择这一时期对种子库进行研究, 可以在短期内了解该林分种子库的一些重要特性。同时, 我们还开展了林下幼苗更新调查。

### 2.2 样方设置及采样

采用典型样线法<sup>[3]</sup>对天目山柳杉林土壤种子库进行调查, 共选取样线 5 条, 每条样线长 50 m, 样线所在林分基本情况见表 1。采样时沿样线每隔 5 m 设一个 20 cm × 20 cm 的正方形采样点, 每条样线 10 个。在每一采样点按枯枝落叶层、腐殖质层 (< 5 cm) 和土层 (去除腐殖质层后的 0 ~10 cm) 共 3 层分别采样, 每层采集样品 50 个, 共计 150 个, 逐一作好标记装入袋中取回。

在每一样线附近 50 m 内柳杉林中, 随机选取 4 块面积为 20 m × 20 m 的正方形样方, 统计各样方内柳杉幼苗的数量, 共调查 20 个样方。

### 2.3 种子分离筛选

野外采集回来的土样置于常温下。每份土样依次过筛, 筛孔为 1 ~4 mm, 然后人工挑选种子。最后进行淘洗。待反复冲洗干净后剔除杂物, 捡出种子进行统计。捡出的种子采用四唑法鉴定其活力<sup>[4]</sup>。分别记录柳杉种子总数、完整种子(有活力种子)、腐烂种子(种子发霉变黑)和空粒种子(中空和破损种子)。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤种子库特征

柳杉球果成熟时间为每年的 11 月, 种子萌发为翌年的 4 月。本次调查是在 7 月中旬, 即种子发芽完成而新种子尚未进入之时。取样结果(表 2)表明, 各样线所在林下所有柳杉种子均没有活力, 即土壤种子库储量均为 0, 可见柳杉种子从开始下落到完全失去活力整个时间间隔还不到 1 a, 种子库持续时间较短, 说明天目山老龄柳杉林土壤种子库属于 Thompson 和 Grime<sup>[5]</sup>定义的第 1 类型, 即土壤种子库仅在冬季存在, 春季萌发。表 3 则进一步显示各样线中柳杉种子不论分布于哪一层, 都没有具活力的种子, 可以推测柳杉种子的结构可能是导致它不能长久存活的一个重要因素。柳杉种子扁平

表 1 样线分布

样线号	海拔 /m	坡向	坡度/°	平均树高/m	郁闭度
1	454	南	5	26.3	0.9
2	588	西南	25	24.1	0.8
3	646	西南	15	27.4	0.9
4	986	南	28	28.0	0.7
5	1 106	南	10	26.7	0.8

(约 3.5 mm × 2.0 mm × 1.0 mm), 这一结构亦符合 Thompson<sup>[6]</sup>及 Funes<sup>[7]</sup>等的种子形状和土壤种子库寿命假说, 即繁殖体扁平或细长的土壤种子库寿命短。

由表 2 可知, 天目山老龄柳杉林种子储量丰富, 尤其是样线 1, 样线 2, 样线 3 中, 可达约 1 000 粒·m<sup>-2</sup>, 但是这些种子中空粒占了 60%左右, 可见天目山柳杉种子品质较差。土壤种子库的丧失主要途径是萌发、被捕食和生理死亡等<sup>[8]</sup>, 而柳杉种子较小, 被动物捕食的风险较小。结合表 2 可知, 天目山柳杉土壤种子库的丧失主要是由种子霉变引起的。

天目山柳杉林土壤种子库林下垂直分布呈 2 种状态(表 3)。海拔较高的样线 4 和样线 5(海拔 900 m 以上), 柳杉种子主要分布在枯枝落叶层。与大部分针叶林土壤种子库调查结果一致<sup>[9, 10]</sup>, 原因是针叶林枯落物分解缓慢, 能在林下堆积阻碍种子进入土壤。天目山柳杉林年代久远, 枯落物厚度大, 加之柳杉种子非常轻, 下落后受重力作用影响较小, 主要散布在枯落物层是正常的。海拔较低的样线 1, 样线 2 和样线 3 处柳杉种子的垂直分布情况与大部分针叶林并不一致, 主要集中在腐殖质层。主要是由于这 3 处海拔相对较低, 种子经雨水、重力等因素影响而再次分布, 进入了腐殖质层导致的。

### 3.2 林下幼苗调查

如果老龄柳杉林土壤种子库为短暂性土壤种子库, 那么具有活力的种子应当在春季萌发, 形成幼苗, 逐步产生更新层。柳杉群落林下幼苗调查结果表明柳杉群落自然更新数量几乎为 0(表 4), 这与夏爱梅等<sup>[11]</sup>的调查结果一致。样线 4 和样线 5 中, 大多数种子落在枯枝落叶层, 枯枝落叶不能提供种子萌发必要的养分和水分, 致使种子不能萌发。有的种子虽然萌发了, 但是枯落物层过厚, 胚根无法正常

抵达土壤引起烂根死亡<sup>[12]</sup>。

样线 1, 样线 2 和样线 3 处种子主要停留在腐殖质层, 但是真正转化成幼苗的比例几乎为 0。可能原因有: 柳杉种子为短命种子, 在等待萌发期间发生霉烂损失了一部分种子。柳杉为中等阳性树种, 天目山柳杉林内郁闭度高, 不能提供种子萌发或幼苗生长必需的光照。前人的研究发现天目山柳杉的更新只在林窗这一阳光充裕的生境下发生<sup>[11]</sup>, 所以, 光照很有可能是影响柳杉更新的一个重要因素。化感作用也可能是抑制柳杉种子萌发或幼苗生长的因素。

## 4 结论与讨论

夏爱梅等<sup>[11]</sup>认为柳杉群落是天目山海拔 1 000 m 附近的顶极群落。成熟度越高群落优势种输入

表 2 各样线土壤种子活力特征

Table 2 Characteristic of the seed bank in different sample plots

样线号	各类种子数/(粒·m <sup>-2</sup> )			
	种子总数	有活力种子	霉烂种子	空粒
1	1 027.5* ±21.1	0	367.5(35.77)	660.0(64.23)
2	958.3* ±31.7	0	365.8(38.17)	592.5(61.83)
3	961.1* ±17.4	0	358.6(37.31)	602.5(62.69)
4	412.5 ±12.1	0	117.5(28.48)	295.0(71.52)
5	360.0 ±7.0	0	157.5(43.75)	202.5(56.25)

说明: \*P < 0.05。括号内为各类种子数占种子总数的百分比%。

表 3 土壤种子库垂直分布

Table 3 Vertical distribution of seed banks

样线号	各样线垂直层种子数/(粒·m <sup>-2</sup> )		
	枯枝落叶层	腐殖质层	0~10 cm 土层
1	152.5 ±6.3(14.84)	772.2* ±14.3(75.16)	102.8 ±3.21(10.00)
2	230.6 ±7.5(24.06)	583.3* ±31.8(60.87)	144.4 ±4.47(15.30)
3	252.8 ±8.9(26.30)	613.9* ±9.7(63.87)	94.4 ±2.9(9.83)
4	252.5 ±9.2(61.21)	155.0 ±5.6(37.58)	5.0* ±1.4(1.21)
5	230.0 ±5.4(63.89)	112.5 ±2.6(31.25)	17.5* ±1.8(4.86)

说明: \*P < 0.05。括号内为各层种子数占种子总数的百分比%。

表 4 柳杉群落幼苗数量

Table 4 The number of seeding of *Cryptomeria fortunei*

样线号	各样线林下幼苗数量/株		
	1	3	5 m
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	0	0
5	0	0	0

到土壤中的种子量越少<sup>[13,14]</sup>。样线 5 处土壤种子数量远低于样线 1 处, 这是因为样线 5 处种群成熟度远大于样线 1 处。可见种群成熟度差异是造成柳杉林土壤种子库数量差异的一大原因。

本次调查首次发现天目山老龄柳杉林土壤种子库为短暂性土壤种子库, 土壤种子库储量为 0。这一现象符合植物本身个体寿命与种子休眠假说, 即个体寿命长的植物具有较少的休眠种子, 寿命短的植物具有较多休眠种子<sup>[15]</sup>, 这是因为短命植物抵抗逆境能力差, 种子是延续生命的重要手段, 而长命植物植株本身抗逆能力较强, 对种子的依赖非常小。Johnson<sup>[16]</sup>发现 3 种植物的种子只在幼龄林土壤中存在; Kellman<sup>[17]</sup>则发现 100 a 树龄的针叶林林分中种子储量非常低。短暂性土壤种子库是柳杉老龄林的特征, 而其他龄级状态的土壤库特征则需进一步研究证实。

天目山柳杉年代久远, 目前受病虫害、酸雨等侵害严重, 树势较弱<sup>[18]</sup>。为了保持其正常生长, 必须将大部分能量分配于抵御病虫害, 而分配给种子的能量必定减少, 导致产生的种子品质低下。虽然有大量种子产生, 但是种子多为空粒, 而且活力低下, 在土壤中存活时间不到 1 a, 符合 R 繁殖策略, 即大量生产大量死亡。种子是森林实现自我更新的基础, 天目山老龄柳杉生产的种子活力低下, 可能是导致柳杉林下更新失败的一个重要因子。

此外, 柳杉林下枯落物太厚亦会影响种子萌发。本调查发现, 在人为干扰较少, 基本处于自然状态的区域中, 柳杉种子在其林下各层的分布状况和前人的研究结果是一致的, 即种子主要集中在枯枝落叶层, 这是因为柳杉种子本身质量比较轻, 而且针叶林枯落物分解缓慢, 厚度大, 自然条件下种子很难穿过枯枝落叶形成的隔离带进入土壤层。

林分的总体光照条件不足等环境因子有可能导致林下更新失败。光照是影响林内微环境湿度、温度变化的重要原因, 凡影响光照条件的因子都极大地影响种子发芽和幼苗生长<sup>[19]</sup>, 如林分郁闭度大小及更新苗在林分中的位置等。

化感自毒作用影响森林更新已经得到广泛证实<sup>[20,21]</sup>。从群落和生态水平上来讲, 植物可以通过火的周期性发生来清除系统中积累的化感物质, 消除化感物质带来的不利影响。但是天目山为国家级自然保护区, 已有几十年没有发生过较大范围的火灾, 良好的保护从短期来看虽然保护了林区内的自然环境, 但是也改变了生态系统的自然干扰机制, 使生态系统的部分或全部排毒功能难以有效发挥作用, 积累在土壤中的毒素无法清除, 对存在于其中的种子萌发或幼苗的生长产生抑制作用, 最终导致柳杉天然更新障碍。因此, 化感作用也有可能是柳杉不能更新的主要原因之一。

森林群落结构复杂, 影响其土壤种子库和幼苗更新的因素较多。本次调查结果表明, 天目山柳杉树龄过老可能是影响其土壤种子库输入的重要因素, 而霉变是其丧失的主要途径。光照和化感作用可能是影响其自我更新障碍的关键。柳杉是天目山国家级自然保护区的一大特色, 具有重要的观赏、科研、人文等价值。良好的保护并不能促进柳杉的自我更新, 因此很有必要进行人工更新, 去除不利于柳杉更新因子的影响, 以实现天目山柳杉林的可持续生长。

#### 参考文献:

- [1] SIMPSON R L. Ecology of Soil Seed Bank[M]. San Diego: Academic Press, 1989: 149 - 209.
- [2] BAKKER J P. Nature Management by Grazing and Cutting[M]. Dordrecht: Kluwer, 1989.
- [3] 尹锴, 潘存德, 刘翠玲. 天山云杉林土壤种子库物种组成及其垂直空间分布[J]. 新疆农业大学学报, 2005, 28 (4): 1 - 4.
- [4] 傅家瑞. 种子生理[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [5] THOMPSON K, GRIME J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in the contrasting habitats[J]. J Ecol, 1979, 67: 893 - 921.
- [6] THOMPSON K, BANK S R, HODGSON J G. Seed size and shape predict persistence in the soil[J]. Func Ecol, 1993, 7: 236 - 241.
- [7] FUNES G, BASCONCELO S, DIAZ S, et al. Seed size and shape are good predictors of seed persistence in soil in temperate mountain grasslands of Argentina[J]. Seed Sci Res, 1999, 9 (4): 341 - 345.
- [8] 于顺利, 蒋高明. 土壤种子库研究进展及若干研究热点[J]. 植物生态学报, 2003, 27 (4): 552 - 560.

[9] 尹华军, 刘庆. 川西米罗亚高山云杉林种子雨和土壤种子库研究[J]. 植物生态学报, 2005, 29 (1): 108 - 115.

[10] 徐化成. 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持续性[J]. 植物生态学报, 1996, 20 (1): 28 - 34.

[11] 夏爱梅, 达良俊, 朱虹霞, 等. 天目山柳杉群落结构及其更新类型[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21 (1): 44 - 50.

[12] NAKAGAW M, KURAHASHI A, HOGETS T. The regeneration characteristics of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* on cut stumps in the sub-boreal forests of Hokkaido Tokyo University [J]. *Forest Ecol Manage*, 2003, 180: 353 - 359.

[13] REES M. Trade-offs among dispersal strategies in British plants[J]. *Nature*, 1993, 366: 150 - 152.

[14] HARPER J L. *Population Biology of Plant* [M]. London: Academic Press, 1977.

[15] KROPAC A. Estimation of weed seeds in Arab soil[J]. *Pedobiologia*, 1966, 6: 105 - 128.

[16] JOHNOSON E A. Buried seed populations in the subarctic forest east of Great Slave Lake, Northwest Territories[J]. *Can J Bot*, 1975, 53: 2 933 - 2 941.

[17] KELLMAN M C. Preliminary seed budgets for two plant communities in coastal British Columbia[J]. *Biography*, 1974, 1: 123 - 133.

[18] 张欣, 杨淑贞, 赵明水, 等. 天目山自然保护区柳杉种群内和种间竞争[J]. 农村生态环境, 2004, 20 (4): 10 - 14.

[19] 张志权. 土壤种子库[J]. 生态学杂志, 1996, 15 (6): 36 - 42.

[20] 马越强, 廖利平. 杉木连栽对其种子萌发的影响[J]. 应用生态学报, 1997, 16 (6): 12 - 16.

[21] PELLISSIER F, SOUTO X C. Allelopathy in northern temperate and boreal semi-natural woodland[J]. *Crit Rev Plant Sci*, 1999, 18: 637 - 652.



## 中国山区生态经济与新农村建设高峰论坛召开

2008年5月19日, 由中国农工民主党中央委员会主办, 农工民主党浙江省委、浙江林学院、临安市委市政府承办的“中国山区生态经济与新农村建设高峰论坛”在浙江林学院开幕。论坛宗旨是: 推进政府、业界、学界的研究、总结、交流与探讨, 提升农业休闲、观光、农家乐旅游业的发展水平; 促进生态与环境保护, 寻求南方山区生态经济可持续发展路径, 推动生态文明建设, 实现传统农业和现代农业的转变, 探讨新农村建设途径。

全国人大常委会副委员长、中国农工民主党中央委员会主席、中国工程院院士桑国卫在开幕式上致辞。他指出, 目前我国农村人口占全国人口的60%, 农村发展的任务很重, 环境保护、生态建设大部分都在农村, 因此如何在科学发展观指导下, 把生态建设和经济发展这两项工作有机地结合起来, 走出一条山区经济快速可持续发展的路子, 是我们思索和面对的难题。希望与会专家学者为生态文明建设建言献策, 贡献智慧和力量, 并预祝大会圆满成功。

开幕式由中国农工民主党中央委员会副主席、全国妇联副主席汪纪戎主持。汪纪戎宣布论坛开幕后, 与会人员全体起立, 向在四川地震中遇难的同胞默哀3分钟。

中共浙江省委副书记夏宝龙, 环境保护部党组成员祝光耀, 中国绿化基金会主席、国家林业局原局长王志宝, 中国农工民主党浙江省委主委、浙江省政协副主席姚克, 中共浙江林学院委员会书记陈敬佑, 中共杭州市委副书记王金财, 中共临安市委书记邵毅等出席开幕式并先后致辞。

杜春华