

# 模拟林窗光照条件对南亚热带雨林土壤 种子库幼苗萌发的影响

朱小龙, 李振基\*, 谢明芝, 宋爱琴, 刘毅

(厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 2002~2003 年研究了模拟林窗光照条件对福建南靖和溪南亚热带雨林土壤种子库幼苗萌发的影响. 结果显示: 和溪南亚热带雨林土壤种子库萌发的乔灌木及木质藤本幼苗的种类有 43 种, 其优势成分香楠 (*Randia canthioides*)、三叉苦 (*Euodia lepta*)、山油麻 (*Trema dielsiana*)、山黄麻 (*Trema orientalis*)、椴木 (*Alalia chinensis*) 等为先锋物种, 杜茎山 (*Maesa japonica*) 为林下植物, 榕属植物 (*Ficus*) 生态位较独特. 在数量上, 春季最高 (1 391 株/m<sup>2</sup>), 秋季次之 (1 116 株/m<sup>2</sup>), 夏季 (940 株/m<sup>2</sup>) 和冬季 (930 株/m<sup>2</sup>) 最低; 在垂直分布上, 土壤种子库 0~2 cm 与 2~5 cm 两个层次在种类组成上是一致的, 对于同个物种一般上层数量明显高于下层; 在出苗顺序上, 各物种在不同季节的出苗顺序基本一致, 白楸 (*Mallotus paniculatus*)、三叉苦、山黄麻、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、山乌桕 (*Sapium discolor*)、椴木等植物一般在萌发实验开始的早期出苗, 香楠、笔管榕 (*Ficus virens*)、凸脉榕 (*Ficus nervosa*)、山油麻、黄毛榕 (*Ficus fulva*)、玉叶金花 (*Psychotria pubescens*)、野牡丹 (*Melastoma candidum*) 等在中期和晚期出苗, 杜茎山、拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*)、雅榕 (*Ficus concinna*)、红栲 (*Castanopsis hystrix*) 等一般在萌发实验晚期出苗.

**关键词:** 林窗; 幼苗; 土壤种子库

**中图分类号:** Q145.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0438-0479(2006)01-0125-06

林窗这一概念是伴随森林循环的研究而产生的, 用以表示群落中一株以上林冠层树木死亡而形成的由新个体占据更新的空间<sup>[1~3]</sup>. 林窗作为特殊的干扰体系, 为不同种类的植物提供了更新的机会<sup>[4]</sup>. 林窗更新动态研究是认识森林自然变化规律与合理经营森林的基础<sup>[1~4]</sup>. 近年来, 我国林学界和植物学界积极开展了这方面的研究工作, 但由于起步晚, 目前的研究还处在林窗基本特征的描述阶段, 对其机理、机制性问题尚缺乏深入探讨, 而国外已从早期的林窗描述特征研究转向林窗内生理生态学及其相关机制的研究<sup>[5]</sup>.

土壤种子库是指由埋藏在土壤中或处于土壤表层的、具有活力的种子组成的储存库<sup>[6]</sup>. 在森林中出现林窗的条件下, 这些种子能够迅速萌发和侵占环境条件适合于它们的地段, 从而对森林的更新过程产生重大影响<sup>[6,7]</sup>.

福建南靖和溪南亚热带雨林长期以来受到当地居民的保护, 保护时间近 800 年<sup>[8]</sup>, 这里的植被已是地带性的顶极植被, 对南亚热带地区退化植被的生态恢复具有指导意义, 因此南靖南亚热带雨林自我维持的机

理应开展深入的研究. 由于树木自身的死亡以及受台风、暴雨等因素的影响, 南靖和溪南亚热带雨林内形成大小不同的林窗<sup>[9]</sup>. 林窗形成后, 土壤种子库如何通过幼苗萌发对其进行响应? 不同季节形成的林窗中, 其土壤种子库萌发的幼苗的种类与数量是否有所不同? 土壤种子库的各组成种类在林窗形成后, 其出苗顺序如何? 本文通过和溪南亚热带雨林现实林窗幼苗调查和模拟林窗光照条件下的土壤种子库萌发实验, 对以上 3 个问题开展研究, 为深入探讨南靖南亚热带雨林的更新机理和当地森林生态系统管理提供依据.

## 1 研究方法

### 1.1 样地介绍

南靖和溪南亚热带雨林 (24°55' N, 117°14' E), 属南亚热带季风气候区, 年均温 20.4℃, 年降雨量达 2 001.3 mm, 年均相对湿度为 81.4%, 林内土壤为花岗岩发育的灰化红壤, 表层为砂质和壤质粘土, 地带性植被类型为以红栲 (*Castanopsis hystrix*)、乌来栲 (*Castanopsis uraiana*) 为建群种的常绿阔叶林, 具有林内树干通直, 有板状根、大型木质藤本、滴水叶尖、绞杀植物、老茎生花、附生植物等明显雨林特征<sup>[8,9]</sup>.

### 1.2 现实林窗生境与幼苗调查

调查时间为 2002 年 4 月 29 日. 首先, 对整个森林

收稿日期: 2005-01-28

基金项目: 福建省自然科学基金(C0310004)资助

作者简介: 朱小龙(1977-), 男, 博士研究生.

\*通讯作者: zhenjil@163.com

进行摸底调查,初步确定 15 个比较有代表性的林窗,调查各林窗形成的原因及时间,然后再从这些林窗中选出 2 个典型林窗,分别为 1999 年、1995 年风倒形成的林窗.用罗盘仪测定坡向.林窗中心冠层、地表、林下和林外的光照强度测定采用 ZDS-10 照度计,分别测定其整点日变化.同时记录地面枯枝落叶层的厚度、记录倒木方向、确定林窗形状,然后记录样地内各幼苗的种类、数量.

### 1.3 土壤种子库样品的采集

在雨林内确定东西南北 4 个坡面,由坡底往坡顶拉样线,每隔 10 m 取边长 10 cm 正方形土样 1 次,43 个采样点,各点分上层(0~2 cm)、下层(2~5 cm)分别取样.2002 年 4 月 30 日、2002 年 7 月 30 日、2002 年 10 月 30 日、2003 年 1 月 26 日,春、夏、秋、冬 4 个季节各采样一次.不同采样时间中同一样点的采样范围在 0.25 m<sup>2</sup> 以内以保证种子来源的一致性.

### 1.4 模拟林窗条件下土壤种子库的萌发实验

各份样品独立混匀,分别平铺于直径 20 cm 花盆中,盆内垫有适量经 105℃ 灭活植物种子的农田土壤作萌发基质,依据前面测定的林窗中心下层的平均光照强度,用单层遮阳网遮盖近似模拟林窗地表的光照条件(透光率 10%)进行土壤种子库萌发.每天浇水保持土壤湿润,每 15 天松土 1 次.约每 30 天观察各盆样品乔木与灌木种类的出苗状况,鉴定并记数.直到 1 个月内无新幼苗发生,结束萌发实验.

## 2 结果与分析

### 2.1 和溪南亚热带雨林现实林窗的描述

林窗 1:林窗形成时间:1999 年;冠层透光率:15.9%;地表透光率:7.8%;坡向:西南;大小:13 m × 26 m;形状:椭圆;倒木方向:西;倒木类型:风倒;凋落物层厚度:3 cm.

林窗 2:林窗形成时间:1995 年;冠层透光率:22.6%;地表透光率:13.5%;坡向:南;大小:15 m × 20 m;形状:椭圆;倒木方向:南;倒木类型:风倒;凋落物层厚度:5 cm.

林窗的形成导致森林群落生境的异质化,与林下生境相比,其一般变化规律是:林窗中的光照明显增加;土壤和空气温度增高,而且变动的幅度加大;土壤表层湿度高,土壤营养元素的有效性增加<sup>[10,11]</sup>;并且,林窗中环境条件的具有偏向性和局部性<sup>[15]</sup>,因此在实验室条件要对其进行真实模拟的难度非常大.由于具体的生境因子中,林窗中最为明显的环境变化就是光照的增强,如在本实验研究样地中,林下的地表透光率

一般低于 5%,而在新形成的林窗中地表透光率可超过 10%,光照的增强导致了其他环境因子的相应变化<sup>[3,10,11]</sup>.本研究模拟林窗中的光照条件可以接近自然状况,体现林窗形成对土壤种子库幼苗发生的影响.

### 2.2 和溪南亚热带雨林现实林窗内乔灌木幼苗的种类与数量

表 1 为 2002 年 4 月调查的林窗 1 与林窗 2 中乔灌木及木质藤本幼苗的种类与数量.由表 1 和溪南亚热带雨林的建群种红栲和乌来栲的幼苗在两林窗的幼苗组成上均不占据重要地位,林窗 1 内有乔灌木和木质藤本 35 种,主要种类为香楠(*Randia canthioides*)、白楸(*Mallotus paniculatus*)、三叉苦(*Euodia lepta*)、山油麻(*Trema dielsiana*)、山黄皮(*Randia cochinchinensis*)和毛茜草树(*Randia acuminatissima*)等,林窗 2 内有 37 种,主要种类为白楸、大叶冬青(*Ilex latifolia*)、鹅掌柴(*Schefflera octophylla*)和华杜英(*Eleoarpus chinensis*)等.林窗 1 与林窗 2 在幼苗种类组成方面的相似程度仅 0.41.造成此现象的原因除了种子来源的差异以外,林窗形成时间的先后也有很大影响.林窗形成后,由于幼苗本身的竞争、遮蔽和冠层树种的侧向填充作用,环境条件随着时间的推移逐步由阳性生境向阴性生境过渡.本次调查时,林窗 1 仅形成 3 年,而林窗 2 已形成 7 年,因此在幼苗种类组成上表现出阳性种类的下降和阴性种类的上升.

### 2.3 模拟林窗光照条件下土壤种子库幼苗萌发种类与数量

模拟林窗光照土壤种子库萌发实验中,和溪南亚热带雨林土壤种子库萌发的乔灌木及木质藤本幼苗的种类有 43 种,略高于片断化的热带雨林土壤种子库中乔灌木物种数量(37 种)<sup>[12]</sup>,优势成分香楠、三叉苦、山油麻、山黄麻、榕木(*Aralia chinensis*)等为先锋物种,杜茎山(*Maesa japonica*)为林下植物,榕属植物生态位较为独特.顶极成分很少、密度小并且驻留时间很短,例如红栲种子密度仅 6.82 粒/m<sup>2</sup>,并仅在其种子雨刚结束的冬季样品中出现.种子在土壤中的存在状态与种子本身的生物学特性有关,先锋物种的种子一般较小、含水量低,常常具有休眠现象,因而能在土壤种子库中长时间驻留;而顶级物种的种子较大、含水量较高,富含淀粉,常常表现出快速萌发,或因霉烂、动物取食等因素损耗,很难进入土壤种子库或仅以静止的形式驻留很短的时间<sup>[10]</sup>,例如在和溪南亚热带雨林中,先锋物种白楸的种子直径约为 0.2 cm,含水量低于 25%,而顶级物种红栲种子的直径约为 0.7 cm,含水量超过 40%且富含淀粉.

表 1 和溪南亚热带雨林地林窗乔木幼苗种类与数量

Tab. 1 Seedling species and quantity in canopy gaps in southern subtropical rain forest in Hexi

植物名称	林窗 1	林窗 2	植物名称	林窗 1	林窗 2
香楠 <i>Randia canthioides</i>	40		罗伞树 <i>Ardisia quinquegona</i>	1	
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	17	19	臀形果 <i>Pygeum topengii</i>	1	
三叉苦 <i>Euodia lepta</i>	12	1	野漆树 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	1	
山油麻 <i>Trema dielsiana</i>	7		乌药 <i>Lindera aggregata</i>	1	
华南吴茱萸 <i>Euodia austrosinensis</i>	7		鸡屎藤 <i>Paederia scandens</i>	1	
山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i>	5	1	亮叶猴耳环 <i>Pithecellobium lucidum</i>	1	2
猴耳环 <i>Pithecellobium clypearia</i>	5	3	大叶冬青 <i>Ilex latifolia</i>		4
毛茜草树 <i>Randia acuminatissima</i>	4	3	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>		4
枇杷叶紫珠 <i>Callicarpa kochiana</i>	4		华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>		4
疏花卫矛 <i>Euonymus laxiflorus</i>	3		毛叶嘉赐树 <i>Casearia velutina</i>		3
五月茶 <i>Antidesma bunius</i>	3		尖脉木姜子 <i>Litsea avutivena</i>		3
绢毛杜英 <i>Elaeocarpus nitentifolius</i>	2	2	橄榄 <i>Canarium album</i>		3
华山姜 <i>Alpinia chinensis</i>	2	1	杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>		2
白背瓜馥木 <i>Fissistigma glaucescens</i>	2	1	厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>		2
红叶藤 <i>Rourea microphylla</i>	2	1	黄桐 <i>Endospermum chinense</i>		2
山苍子 <i>Litsea cubeba</i>	2		柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>		2
牛矢果 <i>Osmanthus matsumuranus</i>	2		粗叶木 <i>Lasianthus chinensis</i>		1
毛冬青 <i>Ilex pubescens</i>	2		粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>		1
网脉叶酸藤果 <i>Embelia rudis</i>	2		扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i>		1
红栲 <i>Castanopsis hystrix</i>	1	1	沉水樟 <i>Cinnamomum micranthum</i>		1
硬壳桂 <i>Cryptocarya chingii</i>	1	1	藤黄檀 <i>Dalbergia hancei</i>		1
玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	1	1	笔罗子 <i>Meliosma rigida</i>		1
红磷蒲桃 <i>Syzygium hancei</i>	1	1	算盘珠 <i>Glochidion puberum</i>		1
狗骨柴 <i>Tricalysia dubia</i>	1	1	白背叶 <i>Mallotus apelta</i>		1
大果卫矛 <i>Euonymus myrianthus</i>	1		小紫金牛 <i>Ardisia chinensis</i>		1
山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	1		薄叶润楠 <i>Machilus leptophylla</i>		1
毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i>	1		短柱树参 <i>Dendropanax brevistylus</i>		1
羊舌树 <i>Symplocos glauca</i>	1		华南省藤 <i>Calamus rhabdocladus</i>		1
野柿 <i>Diospyros kaki</i>	1		当归藤 <i>Embelia parvifolia</i>		1
山乌桕 <i>Sapium discolor</i>	1				

与现实林窗对幼苗更新影响的研究结果相比较,土壤种子库中出现的物种大部分在林窗中出现,其优势成分也基本一致,均为香楠、三叉苦和白楸等物种,结果表明:亚热带雨林土壤种子库作为森林中的潜在种群,在森林受干扰形成林窗后即结束休眠大量萌发补充进林窗的幼苗库中,参与森林循环更新过程。

和溪南亚热带雨林土壤种子库萌发幼苗的优势成分与鼎湖山季风常绿阔叶林土壤种子库研究的优势成分基本一致<sup>[13]</sup>,均为三叉苦、杜茎山和榕属植物等。表 2 列出各个物种在不同季节的有效萌发种子数量。从表 2 中可以看出,三叉苦、香楠、杜茎山、凸脉榕(*Ficus nervosa*)等 11 个亚热带雨林土壤种子库的优势成分 4 个季节的萌发幼苗总数达 1 643 株,占总萌发幼苗数量的 88%。Garwood 将热带森林土壤种子库分为暂时性、持久性的、假持久性的、季节性暂时的、滞后暂

时的 5 种对策<sup>[14]</sup>,而在同一森林土壤种子库中可以存在多种形式的适应对策。从和溪南亚热带土壤种子库中各种子在不同季节的丰度以及萌发行为上看,三叉苦、香楠、杜茎山、凸脉榕、榕木、玉叶金花(*Psychotria pubescens*)、白楸等物种在四个季节中数量稳定,应属于持久性物种。山油麻、笔管榕、雅榕(*Ficus concinna*)等物种在各个季节中数量波动较大,属于季节性暂时物种。

实验表明,和溪南亚热带雨林土壤种子库乔灌木种类在不同的季节中形成林窗后萌发的幼苗数量具有明显的不同,其中春季(4 月)最高,为 1 391 株/m<sup>2</sup>,秋季(10 月)次之为 1 116 株/m<sup>2</sup>,夏季(7 月)与冬季(1 月)数量低,分别为 940 株/m<sup>2</sup>与 930 株/m<sup>2</sup>。Onaindia 在西班牙天然林与人工针叶林土壤种子库季节动态的研究中得出的结论与本文的结果是一致的<sup>[13]</sup>,春季最

表 2 土壤种子库主要物种幼苗萌发数量的季节动态

Tab.2 Seasonal quantity dynamics of seedlings of common species from soil seed bank

种 类	幼苗数量/株				
	春季	夏季	秋季	冬季	总计
三叉苦 <i>Euodia lepta</i>	98	63	132	105	398
香楠 <i>Randia canthioides</i>	139	69	28	43	279
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	45	28	78	37	188
凸脉榕 <i>Ficus nervosa</i>	3	64	54	55	176
楸木 <i>Aralia chinensis</i>	17	15	47	33	112
山油麻 <i>Trema dielsiana</i>	51	31	2	26	110
笔管榕 <i>Ficus virens</i>	92	5	4	3	104
玉叶金花 <i>Psychotria pubescens</i>	29	31	22	14	96
山黄麻 <i>Trema orientalis</i>	5	3	65	19	92
黄毛榕 <i>Ficus fulva</i>	28	31	21	8	88
雅榕 <i>Ficus concinna</i>	35	25	0	0	60
野牡丹 <i>Melastoma candidum</i>	14	3	15	11	43
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	8	4	2	9	23
紫珠 <i>Callicarpa dichotoma</i>	0	9	4	8	21
冬青 <i>Ilex purpurea</i>	1	2	3	6	12
山乌桕 <i>Sapium discolor</i>	2	2	3	3	10
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	1	0	1	6	8
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	0	0	4	1	5
红紫珠 <i>Callicarpa rubella</i>	4	0	0	0	4
红栲 <i>Castanopsis hystrix</i>	0	0	0	3	3
葡蟠 <i>Broussonetia kaempferi</i>	0	0	0	3	3
石斑木 <i>Rhaphiolepis indica</i>	2	1	0	0	3
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	3	0	0	0	3
英逐 <i>Viburnum fordiae</i>	0	0	0	2	2

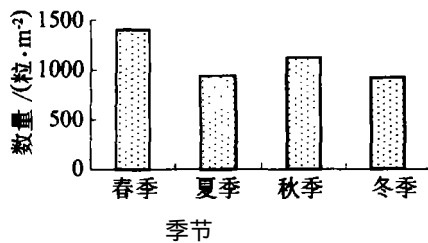


图 1 和溪南亚热带雨林土壤种子库幼苗萌发的(粒/ $m^2$ )季节动态

Fig. 1 Seasonal seedlings germination dynamics in soil seed bank of subtropical rain forest in Hexi

高,秋季次之,夏季与冬季数量最低。

### 2.4 模拟林窗条件下不同层次南亚热带雨林土壤种子库幼苗萌发响应

表 3 为南亚热带雨林土壤种子库春、夏、秋、冬 4 个季节样品上层(0~2 cm)和下层(2~5 cm)萌发的幼苗总数,南亚热带雨林中上层土壤中种子的含量显著高于下层( $p < 0.05$ )。曹敏等对西双版纳热带森林的土壤种子库储量及优势成分开展研究得出与本实验结

果一致的结论,同样认为季节性雨林上层(0~2 cm)的土壤中种子密度高于中下层<sup>[6]</sup>。

以下分别对 4 个季节中主要植物在土壤种子库萌发的幼苗数上下两个层次的数量进行合并后做分布图。从图 2 可得,森林土壤种子库 0~2 cm 与 2~5 cm 两个层次在种类组成上是一致的,对于同个物种一般上层数量明显高于下层。

表 3 和溪南亚热带雨林土壤种子库幼苗萌发数量的垂直的分布

Tab.3 Vertical distribution of seeds storage in soil seed bank of subtropical rain forest in Hexi

季 节	幼苗数量/株	
	下层	上层
春季样品	360	238
夏季样品	274	131
秋季样品	271	220
冬季样品	263	138

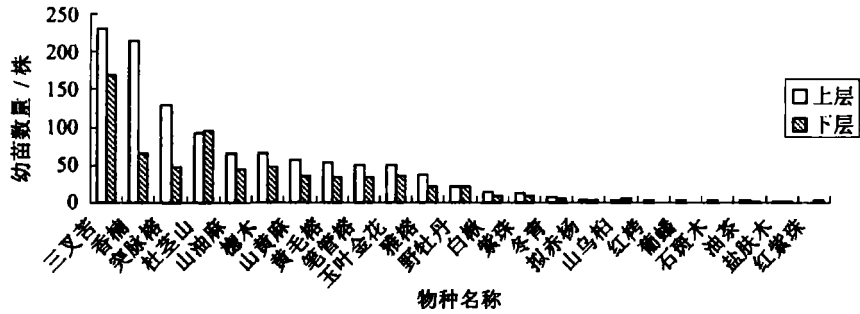


图 2 和溪南亚热带雨林土壤种子库中主要物种幼苗萌发数量的垂直分布  
Fig.2 Vertical distribution of seeds storage in soil seed bank of subtropical rain forest in Hexi

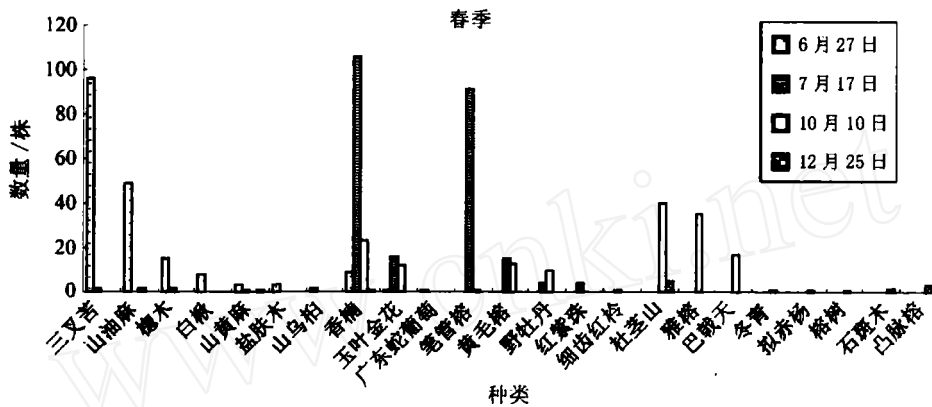


图 3 和溪南亚热带雨林春季土壤种子库中各物种的出苗顺序  
Fig.3 Germinating sequence of different species in spring soil seed bank of subtropical rain forest in Hexi

### 2.5 模拟林窗条件下南亚热带雨林土壤种子库物种的出苗顺序

本实验把土壤种子库中幼苗的出苗顺序分为早、中、晚三类,其中在萌发实验开始后前 2 个月内出苗的植物为早出苗种类,在 2 个月与 4 个月之间的为中出苗种类,4 个月以后出苗的即为晚出苗种类.在 4 个季节中,虽然出苗时间略有不同,但各个物种在不同季节的出苗顺序基本一致.图 3 为和溪南亚热带雨林春季土壤种子库中各个物种的出苗顺序,由图 3:白楸、三叉苦、山黄麻、盐肤木、山乌桕、槲木等植物一般在萌发实验开始的早期出苗,香楠、笔管榕、凸脉榕、山油麻、黄毛榕、玉叶金花、野牡丹等在中期和晚期出苗,杜茎山、拟赤杨、雅榕、红栲、紫珠 (*Callicarpa dichotoma*)、冬青一般在萌发实验晚期出苗.土壤种子库物种间出苗顺序的差别主要在于不同物种种子萌发对光资源敏感程度的差异性,早出苗种类对有效光照的增加变化比较敏感,林窗形成后,在有效光照增加的刺激下即快速萌发,而晚出苗种类则对有效光照的变化较不敏感.

早出苗与晚出苗这两种更新策略在南亚热带雨林的森林循环过程中各有优劣.在春季、夏季等温度较高

的季节条件下,林窗形成后,早出苗种类由于出苗时间早,可先占领林窗内空地,有效的获得光资源,同时根系也可以较早发展,并抑制其他物种种子的萌发,因此在竞争中处于优势.而若林窗是在秋季、冬季形成,则对晚出苗物种较有利,因早出苗物种在迅速萌发后幼苗未获得有效生长的情况下,马上面临被冬季的低温造成大量的凋亡的危险,而晚出苗的种类可以通过继续休眠,躲避冬季低温的影响,在气温较高的春夏季节实现萌发,补充进幼苗库中.林窗形成后,植物在土壤种子库中萌发的时间异质性可能是其在森林中实现共存的重要原因之一.

### 参考文献:

- [1] Watt A S. Pattern and process in the plant community [J]. Ecology, 1947, 35:1 - 22.
- [2] Whitmore T C. Gaps in the forest canopy [M]//Tomlinson P B, Zimernann M H. Tropical Trees as Living Systems. Cambridge: Cambridge University Press, 1978: 639 - 655.
- [3] 臧润国. 林隙更新研究进展 [J]. 生态学杂志, 1998, 17 (2): 50 - 58.
- [4] 彭闪江, 黄忠良, 彭少麟, 等. 植物天然更新过程中种子和

- 幼苗死亡的影响因素[J]. 广西植物, 2004, 24(2): 113 - 121.
- [5] 梁晓东, 叶万辉. 林窗研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(4): 355 - 364.
- [6] 曹敏, 唐勇, 张建侯, 等. 西双版纳热带森林的土壤种子库储量及优势成分[J]. 云南植物研究, 1997, 19(2): 177 - 183.
- [7] Murdoch A J, Ellis R H. Longevity, viability and dormancy[M]//Fenner M. Seeds — the Ecology of Regeneration in Plant Communities. Wallingford: CAB International, 1992: 193 - 200.
- [8] 何景. 从福建南靖县和溪镇“雨林”的发现谈到我国东南亚热带雨林[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1955, 5: 31 - 41.
- [9] 朱小龙, 李振基. 南靖和溪南亚热带雨林林隙内树种更新初步研究[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2002, 41(5): 589 - 595.
- [10] Brokaw N V. Gap-phase regeneration in a tropical forest [J]. Ecology, 1985, 66(3): 682 - 687.
- [11] 张德强, 叶万辉, 周国逸, 等. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林林隙生境变化的局部性与偏向性研究[J]. 热带亚热带森林生态系统研究, 2002(9): 132 - 136.
- [12] 唐勇, 曹敏, 盛才余. 西双版纳热带森林土壤种子库的季节变化[J]. 广西植物, 2000, 20(4): 371 - 376.
- [13] 黄忠良, 孔国辉, 魏平, 等. 南亚热带森林不同演替阶段土壤种子库的初步研究[J]. 热带亚热带植物学报, 1996, 4(4): 42 - 49.
- [14] Garwood N C. Tropical soil seed banks: a review [M]// Lee R M A, Parker V T, Simpson R L. Ecology of Soil Seed Banks. San Diego: Academic Press, 1989: 149 - 203.
- [15] Onaindia M, Amezcaga I. Seasonal variation in the seed banks of native woodland and coniferous plantations in Northern Spain [J]. Forest Ecology and Management, 2000, 126: 163 - 172.

## Effect of Simulating Forest Gap's Illumination on Germination of Seed from Seed Bank in Subtropical Rainforest in Hexi, Nanjing, China

ZHU Xiao-long, LI Zhen-ji<sup>\*</sup>, XIE Ming-yi, SONG Ai-qin, LIU Yi

(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** The effect of simulating forest gap's illumination intensity (10% of full sunlight) on germination of soil seed bank of subtropical rain forest in Hexi Nanjing, China was studied. Results showed: there were 43 of tree, shrub and vine species seedlings in our germinating experiment of Hexi south subtropical rain forest's soil seed bank. The common species were *Euodia lepta*, *Randia canthioides*, *Maesa japonica*, *Trema orientalis* and species of *ficus*, which were all pioneer species. The seedlings of spring sample, reached 1 391 indiv./m<sup>2</sup> was the highest, then that of autumn sample was 1 116 indiv./m<sup>2</sup>, that of summer sample was 940 indiv./m<sup>2</sup> and that of winter sample was 930 indiv./m<sup>2</sup>. Seedlings that germinated from upper layer of soil seed bank (0~2 cm) was more than that of under layer soil seed bank (2~5cm), although composing species being similar. Species had different germinating sequence in soil seed bank after forest gap forming. In our experiment, seeds of *Mallotus paniculatus*, *Euodia lepta*, *Trema orientalis*, *Rhus chinensis*, *Sapium discolor* and *Aralia chinensis* germinated in the forepart, *Randia canthioides*, *Trema dielsiana*, *Ficus fulva*, *Psychotria pubescens* and *Melastoma candidum*, germinated in the middle phase and late phase, *Maesa japonica*, *Ficus concinna*, *Castanopsis hystrix* and *Alniphyllum fortunei*, germinated in the late phase.

**Key words:** forest gap; seedling; seed bank