

南靖和溪南亚热带雨林林隙内树种更新初步研究

朱小龙, 李振基*

(厦门大学生命科学学院, 生态学研究所, 福建 厦门 361005)

摘要: 通过对南靖南亚热带雨林中林隙和非林隙林分的研究调查, 初步分析了主要树种在林隙内外的数量特征、树种在林隙内的空间分布与数量和生长状况的关系。由于受光照条件和林隙边缘植物的影响, 决定林隙区域内土壤种子库种子萌发、幼苗生长、发育, 植物种群数量分布等特征, 最终影响到森林的更新。

关键词: 林隙; 幼苗更新; 空间分布

中图分类号: Q 948

文献标识码: A

林隙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(主林层)树木死亡而形成的将由新个体占据与更新的空间^[1~5]。导致林隙形成的因素有很多, 在林隙形成时大体有三种表现结果: 1) 连根拔起的倒树(uprooting treefall), 这种树倒方式主要是风力作用, 从而形成树倒丘(mound) 和倒坑(pit); 2) 枯立(standing die), 这是指树木死亡后树叶或树枝脱落, 树干仍站立于林分中形成站杆; 3) 折干(breakage 或 wind snap or trunk snapping), 即树木自树干某处折断而形成林隙^[4,5]。除上述三种方式外, 有时候大树大枝脱落也会形成小林隙, 通过不同的林隙形成方式形成的林隙微环境也各不相同。当林隙形成后, 林隙内的环境条件发生了不同程度的变化, 不同的树种对此作出了不同的反应, 林隙周围树木的侧枝不断向林隙内延伸, 林隙内的前期更新(advanced regeneration) 树木个体在生长和结构上有所反应。林隙土壤种子库中的种子或新侵入树种的种子逐渐萌发生长, 有些树木的根或茎上亦会产生无性系小株侵入林隙。随着林隙形成年龄的增加, 林隙内的环境条件也随之发生变化, 不同树种的不同特征亦会在生存竞争中随林隙年龄的变化而变化, 直至最后林隙被填充完备后, 进入林冠层的只有少数树种的少数个体^[5]。林隙从发

生到结束的过程, 是树种的更新动态过程。林隙更新动态研究是我们认识森林自然变化规律与合理经营森林的基础, 现在这一研究领域已成为国内外森林动态学研究的热点和重点之一^[6~9]。

南靖和溪南亚热带雨林长期以来, 受到了当地居民的精心保护, 保护时间长达近 800 年, 这里的植被已是地带性的顶极植被, 生物多样性极其丰富, 生态系统已走向稳定的波动^[10]。其中组成的动植物种类确是一直变化着的, 一些小的植物在竞争过程中已被扼杀, 而大的树木到其生理年龄前后也枯死或倒下, 行将倒下的树木受台风的影响极为严重, 1999 年的大台风即是一例。在这一年中有近 5% 的大树被吹倒, 另在 1995 年的台风也吹倒了少量树木。不同时间的倒木空出的林隙为我们研究林隙对物种多样性的形成奠定了良好的基础。本文对南靖南亚热带雨林的林隙内幼苗的种类和空间分布开展初步研究, 探索南亚热带雨林林隙更新规律, 为保护区的经营管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样地介绍

福建虎伯寮国家级自然保护区位于福建省东南部南靖县境内, 地处东经 $117^{\circ} 12' 42'' \sim 117^{\circ} 22' 45''$, 北纬 $24^{\circ} 30' 05'' \sim 24^{\circ} 56' 20''$, 总面积 $2\ 650\ \text{hm}^2$ 。本课题研究地点和溪六斗山($24^{\circ} 55' \text{N}$, $117^{\circ} 14' \text{E}$), 位于该保护区的东北部, 是保护区核心区的一部分, 当地年均温 $20.4\ ^{\circ}\text{C}$, 年降雨量达 $2\ 001.3\ \text{mm}$, 年平均湿度为 81.4% , 林内土壤为花岗岩发育的灰化红壤,

收稿日期: 2002- 05- 20

作者简介: 朱小龙(1977-), 男, 硕士研究生。

* 通讯作者

表层为砂质至壤质粘土,属南亚热带季风气候区,光、热、水条件十分优越,地带性植被类型为常绿阔叶林. 这里是我国东南部保存较完整的南亚热带性质的较原始森林群落,是东南沿海低纬度、低海拔地区不可多得的珍稀植被,其林冠浓密且凹凸不平,垂直层次多,呈连续状,常年绿色,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,附生植物等湿热性雨林景观. 上述诸多雨林特征构成较明显的体现了亚热带雨林的特征^[10].

1.2 研究方法

1) 样地选择: 首先,先对整个雨林进行摸底调查,初步确定 15 个比较有代表性的林隙,向保护区同志询问各林隙形成的原因及时间,然后再从这些林窗中挑出 3 个典型林隙,分别为 1999 年、1995 年风倒形成的林隙、1992 年枯死木形成的林隙以及三个典型 5 m × 5 m 林缘样地.

2) 环境及地形条件的测定: 样地的经纬度、海拔高度采用 GPS 确定,采用罗盘仪测定坡向、坡度. 林隙冠层、林隙中部和底部、林缘的光照强度测定采用 ZDS-10 照度计,同时记录地面枯枝落叶层的厚度等.

3) 林隙内植物幼苗空间分布测定: 在倒木形成的林隙内,先记录倒木方向、确定林隙形状,后选倒木所在的轴线作为中心线,记录样地内各幼苗的种类、高度、胸围以及到中心线的垂直距离. 枯死木形成的林隙内则以枯死木中心为原点,记录下样地内各幼苗的种类、高度、胸围以及到原点距离.

4) 样地植物种类的鉴定: 植物种类的鉴定采用《福建植物志》^[11].

2 实验结果与讨论

2.1 各林隙的简单描述

林隙 1: 林隙形成时间: 1999 年 10 月; 林外光照强度: 33 000~ 100 800 Lx, 冠层光照强度: 5 250 Lx 中层光照强度: 1 596 Lx, 下层光照强度: 332 Lx; 坡向: 西南, 坡位: 中, 坡形: 平; 斑块大小: 13 m × 26 m; 斑块形状: 椭圆; 倒木方向: 西; 倒木类型: 风倒; 土壤类型: 壤土; 枯枝落叶层厚度: 3 cm.

林隙 2: 林隙形成时间: 1995 年; 林外光照强度: 33 000~ 100 800 Lx, 冠层光照强度: 7 456 Lx, 中层光照强度: 5 780 Lx, 下层光照强度: 530 Lx; 坡向: 南, 坡位: 中, 坡形: 平; 斑块大小: 15 m × 20 m; 斑块

形状: 椭圆; 倒木方向: 南; 倒木类型: 风倒; 土壤类型: 壤土; 枯枝落叶层厚度: 5 cm.

林隙 3: 林隙形成时间: 1992 年; 林外光照强度: 33 000~ 100 800 Lx, 位置: 山顶; 斑块大小: 5 m × 5 m; 斑块形状: 圆; 倒木类型: 枯立; 土壤类型: 壤土, 枯枝落叶层厚度: 2 cm.

2.2 林隙、林缘的植物种类比较

虽然调查的林隙与林缘的面积与形状并不一致,但是对多样植物种类和数量的比较还是能大致揭示其生物多样性丰富程度. 所有样方所统计出来的植物种类及数量如表 1 所示.

多样地的种类组成相似性系数由公式 $n = c / (a + b)$ 计算, 其中 n 为相似性系数, c 为相比较两样地相同的物种数, a 、 b 分别为两样地各自物种数. 相似性系数矩阵由表 2 所示.

由表 1 可见,在南亚热带雨林中,林隙内植物种类的丰富程度显著大于林缘,3 个林隙样方内共有植物 72 种,而三个林缘样方内仅有 23 种. 林隙林缘中均广泛分布的种类有白楸、三叉苦、鹅掌柴、华南吴茱萸、山乌桕、小叶羊公豆等,仅分布于林缘的种类有华鼠刺、木荚红豆、黄毛榕、拟赤杨、里白等 5 种植物. 林隙内由于光照条件的梯度变化而形成了温度、湿度等微环境梯度变化,同时林隙内由于幼苗的更新作用,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,从而阳性植物、阴生植物、耐阴植物等多类植物均可在林隙中的不同空间位置或者演化的不同阶段获得萌发与生长的合适条件,而林缘中生境条件则相对单调,因此林隙内植物种类比林缘丰富的可能原因在于林隙内微环境异质性大于林缘. 华鼠刺、拟赤杨等阳生植物仅分布于林缘而未见于林隙中,可能与其种子的散布范围小,无法扩散入森林内部,或者其种子的生活能力低,在扩散后无法在土壤种子库中长期存活有关.

由表 2 可见,3 个林隙样方与 3 个林缘样方之间,植物种类组成的相似性的变动范围在 18%~ 37% 之间,相似程度低,结果表明南亚热带雨林中斑块化作用很明显,各斑块之间的种类组成显著不同从而导致了南亚热带雨林在小面积内实现丰富的物种多样性. 曹敏等对热带森林中斑块动态对其物种多样性的维持重要性方面已经开展研究^[12],我们在南亚热带雨林的结论同样证明了斑块在森林生态系统的物种多样性维持方面具有重要的作用.

表1 和溪南亚热带雨林林隙与林缘植物种类与数量比较

Tab.1 Compare of plant species and quantity between canopy gaps and edges of forest in southern subtropical rain forest in Letu

植物名称	林隙1	林隙2	林隙3	林缘1	林缘2	林缘3
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i> (Lam.) muell.- Arg.	17	19	7	1	1	1
三叉苦 <i>Euodia lepta</i> (Spreng) Merr.	12	1		2	3	
山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i> (Lour.) Merr.	5	1				
毛茜草树 <i>Randia acuminatissima</i> Merr.	4	3	1			
绢毛杜英 <i>Elaeocarpus nitenifolius</i> Merr. Et Chun.	2	2				
华山姜 <i>Alpinia chinensis</i> (Retz.) Rosc.	2	1				
白背瓜馥木 <i>Fissistigma glaucescens</i> (Hance.) Merr.	2	1				
红叶藤 <i>Rourea microphylla</i> (Hook. & Arn.) Planch.	2	1	1			
红栲 <i>Castanopsis hystrix</i> A. DC.	1	1				
硬壳桂 <i>Cryptocarya chingü</i> Cheng	1	1				
玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i> Ait. f.	1	1	1			
红磷蒲桃 <i>Syzygium hancei</i> Merr. et Perry.	1	1				
狗骨柴 <i>Tricalysia dubia</i> (Lindl.) Ohwi.	1	1				
香楠 <i>Randia canthioides</i> Champ. ex Benth	40		2			3
山油麻 <i>Trema dielsiana</i> Hand.- Mazz.	7					
华南吴茱萸 <i>Euodia austrosinensis</i> Hand.- Mazz.	7			2	2	
枇杷叶紫珠 <i>Callicarpa kochiana</i> Makino	4			2		
疏花卫矛 <i>Euonymus laxiflorus</i> Champ. ex Benth.	3					
五月茶 <i>Antidesma bunius</i> (L.) Spreng	3					
山苍子 <i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	2			1		
牛矢果 <i>Osmanthus matsumuranus</i> Hay.	2					1
毛冬青 <i>Ilex pubescens</i> Hook. et Arn	2					1
网脉叶酸藤果 <i>Embelia rudis</i> Hand.- Mazz	2					
大果卫矛 <i>Euonymus myrianthus</i> Hensl	1					
山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> (Lour.) Poir.	1					
毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i> Champ. ex Benth.	1			1		
羊舌树 <i>Symplocos glauca</i> (Thunb.) Lour.	1					
野柿 <i>Diospyros kaki</i> L. f. var. <i>sulvestris</i> Makino	1					
山乌桕 <i>Sapium discolor</i> (Champ. ex Benth.) Muell.- Arg.	1			1		2
罗伞树 <i>Ardisia quinquegona</i> Bl.	1					
臀形果 <i>Pygeum topengii</i> Merr.	1					
野漆树 <i>Toxicodendron succedaneum</i> (L.) Kuntze	1					
乌药 <i>Lindera aggregata</i> (Sims.) Kosterm.	1					
山菅兰 <i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	1					
鸡屎藤 <i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	1					
大叶冬青 <i>Ilex latifolia</i> Thunb		4				
鹅掌柴 <i>Schfflera octophylla</i> (Lour.) Harms.		4	2	1	1	
华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i> (Gardn. et Champ.) Hook. f. ex Benth.		4				

续表 1

植物名称	林隙 1	林隙 2	林隙 3	林缘 1	林缘 2	林缘 3
毛叶嘉赐树 <i>Casearia velutina</i> Bl.		3				
尖脉木姜子 <i>Litsea avutivena</i> Hayata		3				
橄榄 <i>Canarium album</i> (Lour.) Ræusch		3				
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i> Hemsl.		2				
厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i> (Hance) Hemsl.		2				
黄桐 <i>Endospermum chinense</i> Benth.		2				
柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i> Lour.		2			1	
粗叶木 <i>Lasianthus chinensis</i> Benth.		1				
粗叶榕 <i>Ficus hirta</i> Vahl		1				
双盖蕨 <i>Diplazium donianum</i> (Mett.) Tard-Blot.		1				
扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i> (Hook. f.) Gagnep.		1				
沉水樟 <i>Cinnamomum micranthum</i> (Hay.) Hay.		1				
藤黄檀 <i>Dalbergia hancei</i> Benth.		1	1			
攀援星蕨 <i>Microsorium buergerianum</i> (Miq.) Ching		1				
狗脊 <i>Woodwardia japonica</i> (L. f.) Sm.		1				
金毛狗 <i>Cibotium barometz</i> (L.) J. Sm.		1		1		3
乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i> L.		1		1		
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i> Sieb. et Wils.		1	1			
算盘珠 <i>Glochidion puberum</i> (L.) Hutch.		1				
野茉莉 <i>Styrax japonica</i> Sieb. et Zucc.		1				
白背叶 <i>Mallotus apelta</i> (Lour.) Muell.-Arg.		1				
小紫金牛 <i>Ardisia chinensis</i> Benth.		1				
薄叶润楠 <i>Machilus leptophylla</i> Hand.-Mazz		1				
短柱树参 <i>Dendropanax brevistylus</i> Ling.		1				
华南省藤 <i>Calamus rhabdocladus</i> Burret.		1				
深绿卷柏 <i>Selaginella doederleinii</i> Hieron.		1				
单叶新月蕨 <i>Pronephrium simplex</i> (Hook.) Holtt.		1				
当归藤 <i>Embelia parvifolia</i> Wall.		1				
密花豆藤 <i>Spatholobus suberectus</i> Dunn.			1			
土密树 <i>Bridelia monoica</i> (Lour.) Merr.			1			
木蜡树 <i>Toxicodendron sylvestri</i> (Sieb. et Zucc.) Kuntze			1	2		
八角枫 <i>Alangium chinensis</i> (Lour.) Harms.			1	1		
黄毛木 <i>Aralia decaisneana</i> Hance			2	1		
里白 <i>Hicriopteris glauca</i> (Thunb.) Ching				1		
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i> (Hemsl.) Makino					1	
黄毛榕 <i>Ficus fulva</i> Reinw.					1	
木荚红豆 <i>Ormosia xylocarpa</i> Chun ex Merr.					1	
猴耳环 <i>Pithecellobium clypearia</i> (Jack) Benth	5	3		1		
亮叶猴耳环 <i>Pithecellobium lucidum</i> Benth	1	2			1	
华鼠刺 <i>Itea chinensis</i> Hook. et Arn				1	1	1

表 2 和溪南亚热带雨林林隙 \ 林缘植物种类相似程度

Tab. 2 Species similarity of canopy gaps and edges of forest in southern subtropical rain forest in Letu

样地编号	林隙 1	林隙 2	林隙 3	林缘 1	林缘 2	林缘 3
林隙 1	1					
林隙 2	0.370	1				
林隙 3	0.200	0.237	1			
林缘 1	0.301	0.193	0.345	1		
林缘 2	0.170	0.214	0.175	0.462	1	
林缘 3	0.182	0.038	0.200	0.300	0.235	1

2.3 林隙内幼苗的空间分布

3 个林隙内, 植物优势种主要有: 白楸、香楠、三叉苦、山油麻、山黄皮等, 以下分别对各林隙内的优势种植物的幼苗空间分布状况展开讨论。

因林隙 3 的成因为枯死木, 经过林隙周围树木的侧枝不断向林隙内延伸造成林隙的面积较小, 与林隙 1, 2 不同, 因此为了探讨倒木造成的林隙内幼苗的空间分布, 以上表 3 和表 4 的数据合计, 做出以下的柱状图(其中白楸 *Mallotus paniculatus* 用 MP 表示, 三叉苦 *Euodia lepta* 用 EL, 山油麻 *Trema dielsiana* 用 TD, 山黄皮 *Randia cochinchinensis* 用

表 3 1 号林隙优势植物空间数量分布表

Tab. 3 Spatial distribution of preponderant plant species in gap 1

优势种	距倒木距离(m) 的分布数量(株)			合计(株)
	0~ 2 m	2~ 4 m	4 m 以上	
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	15	1	1	17
三叉苦 <i>Euodia lepta</i>	1	2	9	12
山油麻 <i>Trema dielsiana</i>	4	3	0	7
山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i>	3	1	1	5
香楠 <i>Randia canthioides</i>	23	12	5	40

表 4 2 号林隙优势植物数量空间分布表

Tab. 4 Spatial distribution of preponderant plant species in gap 2

优势种	距倒木距离(m) 的分布数量(株)			合计(株)
	0~ 2 m	2~ 4 m	4 m 以上	
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	19	3	0	22
三叉苦 <i>Euodia lepta</i>	0	1	0	1
山油麻 <i>Trema dielsiana</i>	0	0	0	0
山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i>	1	0	0	1
香楠 <i>Randia canthioides</i>	0	0	0	0

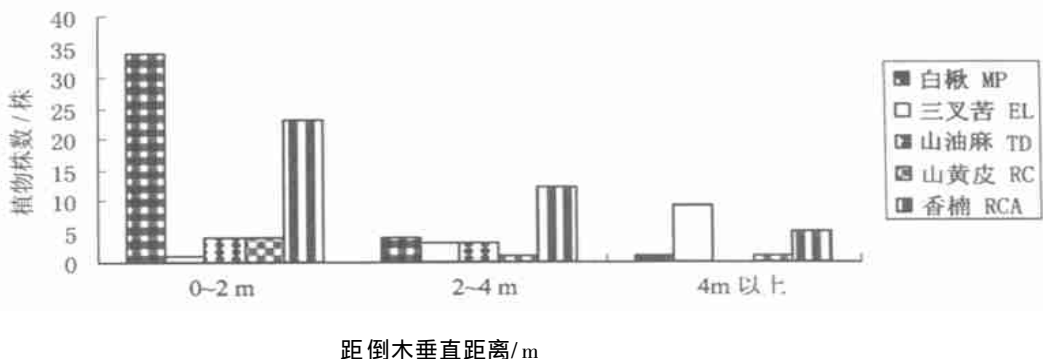


图 1 林隙中优势种的数量与空间关系分布柱状图

Fig. 1 Relation between preponderant plant species quantity and spatial distribution in gaps

表 5 3 号林隙优势植物数量空间分布表

Tab. 5 Spatial distribution of preponderant plant species in gap3

优势种	距枯死木原点距离(m)的分布数量(株)			合计(株)
	0~ 2 m	2~ 4 m	4 m 以上	
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	3	4	0	7
八角枫 <i>Alangium chinensis</i>	1	0	0	1
黄毛 木 <i>Aralia decaisneana</i>	2	0	0	2
鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	2	0	0	2
土密树 <i>Bridelia monoica</i>	0	1	0	1
毛茜草树 <i>Randia acuminatissima</i>	1	0	0	1
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i>	2	0	0	2
香楠 <i>Randia canthioides</i>	1	2		

RC, 香楠 *Randia canthioides* 用 RCA, 以下各图同)可以更直观地反映问题。

从图 1 中看出, 在林隙的边缘到林隙中心, 由于光照强度明显比较高, 白楸、香楠、山油麻三种植物分布的数量呈递增趋势。例如, 由于光照强度不够, 山油麻在离林隙中轴线四米以外的范围内就消失了。三叉苦对林隙环境的反应与前 3 种植物相反, 分布密度与林隙中轴线的距离呈负相关, 这可能与其种子的萌发存在光抑制有关。图 1 还表明, 山黄皮的分布与其距离林隙中轴线远近没有关系, 可能山黄皮种子萌发行为受光照的影响并不强烈。

林隙自形成到发育为成熟的斑块的过程中, 不同树种的更新与生长特性都在发生着不同程度的变化, 树木的种类密度等也会发生相应的变化, 林隙自形成到成熟的整个过程亦是树种多样性的动态变化过程。随着林隙不同年龄阶段的变化, 各项多样性指数亦发生不同的变动。物种多样性的这种动态变化总趋势与林隙内的环境条件变化与各物种对环境因子的反应行为有关。在林隙形成的初期, 林隙内的环境与林下有较大的不同, 特别是光照的增强使得耐阴性或阴性的树种此条件下萌发受抑制或竞争力不强, 阳性物种具有较高的竞争力, 该阶段的树种更新以阳性的树种为主。随着林隙的发育, 林隙内更新幼苗的生长, 高大幼苗对环境进行改造, 这阶段林隙内的光照较前一阶段相比, 进入地面的较少, 林隙底层荫蔽度增加, 这时的林隙环境同时适宜于大部分耐阴性性种类和多数阳性种类的更新, 该阶段林隙内物种竞争相对平衡树种数较多, 多样性指数也较高。当林隙继续发育, 林隙内更新物种达到冠层, 林隙内地面的透光量进一步减少, 在此条件下阳

性树种的树种无法取得萌发条件, 甚至已更新的个体也会因为过度荫蔽而死亡, 仅阴性或耐阴性种类能顺利萌发、生长, 从而表现出林隙内植物物种丰富度减少, 多样性下降的结果。

表 3 和表 4 同样证实了这个结论。在 1999 年形成的林隙 1 中(表 3)同时拥有白楸、香楠、山油麻、山黄皮、三叉苦等五种植物, 而在 1995 年形成的林隙 2 中(表 4)却只剩下白楸有分布, 而其他四种植物都很少, 甚至没有分布。因为林隙刚形成后, 在林隙中没有形成高大的乔木层, 所以林隙中的光照条件是比较接近的, 土壤中种子库中白楸、香楠、山油麻、山黄皮等植物的种子在光照促进下萌发。随着时间的增长, 白楸生长迅速, 迅速到达冠层, 处在白楸下的其他阳性植物光照不足在竞争中失败, 并有被淘汰的趋势。

在调查表明, 白楸在南亚热带雨林更新中处主导地位。在林隙中白楸分布较多并可迅速进入冠层, 在林下, 白楸的分布很少。从林下采集的土壤做的土壤种子库萌发实验表明, 林内每平方米土壤中有近 40 粒有生活力的白楸种子。因此白楸在林下分布稀少的可能原因是林下的光照强度低于达到白楸种子萌发的要求, 当森林中林隙形成后, 光照条件能够满足白楸种子的萌发后, 土壤种子库中白楸种子开始萌发生长。按照 Whitmore 对各树种在林隙中的不同反应上分两个基本的生态种组的划分方法^[2, 4, 5], 白楸属于南亚热带雨林的先锋树种。

以下探讨白楸和香楠在林隙 1, 林隙 2 中高度与空间分布的关系:

表 6 白楸和香楠生长高度与空间分布的关系

Tab.6 Relation between spatial distribution and the height of *Mallotus paniculatus* and *Randia canthioides* in gaps

种 名	平均高度/m					
	0~ 2 m 范围	株 数	2~ 4 m 范围	株 数	4 m 以外	株 数
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	4.07	15	0.5	1	1	1
香楠 <i>Randia canthioides</i>	2.8	23	1.1	12	1.5	4

根据表 6 的数据作图:

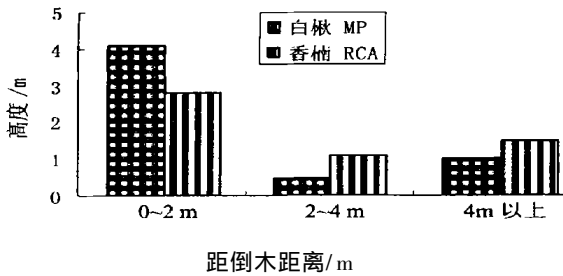


图 2 白楸和香楠生长高度与空间分布关系分布柱状图

Fig. 2 Relation between spatial distribution and the height of *Mallotus paniculatus* and *Randia canthioides* in gaps

图 2 表明作为阳性物种的白楸和香楠生长高度与其距离林隙中轴线的距离呈负相关, 即较强的光照条件不仅有利白楸、香楠种子从土壤中萌发而且有利于幼苗的生长。在 2~ 4 m, 两植物幼苗的平均高度低于 4 m 以外的幼苗高度的可能原因有二者的生长时间不同。在 2~ 4 m 范围光照条件促进

了白楸、香楠种子的大量萌发, 由于平均生长时间短于 4 m 以外的幼苗, 因此平均高度相对较低。

林隙 3 的结果与从林隙 1, 2 中所得到的结论是基本一致的。

参考文献:

[1] Watt A S. Pattern and process in the plant community [J]. *Ecol.*, 1947, 35: 1- 22.

[2] Whitmore T C. Gaps in the forest canopy. *Tropical Trees as Living Systems*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. 639- 655.

[3] Borman F H, Likens G E. Pattern and Process in a Forested Ecosystem [M]. New York: Springer Verlag, 1979.

[4] 臧润国, 徐化成. 林隙(gap)研究进展[J]. *林业科学*, 1998, 34(1): 90- 98.

[5] 臧润国. 林隙(gap)更新动态研究进展[J]. *生态学杂志*, 1998, 17(2): 50- 58.

[6] 夏冰, 邓飞, 贺善安. 林窗研究进展[J]. *植物资源与环境*, 1997, 6(4): 50- 57.

[7] 吴刚. 长白山红松阔叶林林冠空隙特征研究[J]. *应用生态学报*, 1997, 8(4): 360- 364.

[8] 洪伟, 吴承桢, 林成来, 等. 福建龙栖山森林群落林窗边缘效应研究[J]. *林业科学*, 2000, 36(2): 33- 38.

[9] 臧润国, 杨彦承, 刘静艳, 等. 海南岛热带山地雨林林隙及其自然干扰特征[J]. *林业科学*, 1999, 35(1): 2- 8.

[10] 林鹏主编. 福建南靖南亚热带雨林自然保护区科学考察报告[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1999.

[11] 福建省科学技术委员会福建植物志编写组. 福建植物志[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1983.

[12] 曹敏, 付先惠, 杨一光, 等. 热带森林中的斑块动态与物种多样性维持[J]. *生物多样性*, 2000, 8(2): 172- 179.

Study on the Influence of Gap on the Regeneration of Seedlings in Southern Subtropical Rainforest in Hexi, Nanjing, China

ZHU Xiaolong, LI Zhenji

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

Abstract: Based on an investigation on gaps and non-gaps stands in the southern subtropical rain forest in Letu stand in Nanjing, Fujian, China, the quantitative characteristics of tree species in gaps and non-gaps stands, the regeneration responses of seedlings of tree species to gaps and tree species diversity changes were analyzed. Due to solar radiation and the influence of the trees that located at the edge of the gap, environment have an important effect on seed germination, seedling growth and development in gap. And plant species distribution would influence forest regeneration and succession finally.

Key words: gap; seedlings regeneration; spatial distribution