

## 云南金沙江流域云南松天然林林隙更新研究

彭建松<sup>1</sup>, 柴勇<sup>2</sup>, 孟广涛<sup>2\*\*</sup>, 方向京<sup>2</sup>, 李贵祥<sup>2</sup>, 和丽萍<sup>2</sup>

(1. 西南林学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

**摘要:**通过对云南金沙江流域永仁县白马河和响水河林场云南松天然林中林隙和非林隙林分的调查, 分析了云南金沙江流域云南松天然林中不同发育时期云南松更新苗对林隙大小和林隙形成年龄的反应, 对比分析了林隙与非林隙林分内树种多样性。

**关键词:**金沙江流域; 云南松林; 林隙; 更新

**中图分类号:** S754 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2005)02-0114-04

### A Study on the Gap Phase Regeneration in the Natural Forest of *Pinus yunnanensis* along the Reaches of Jinshajiang in Yunnan Province

PENG Jian-song<sup>1</sup>, CHAI Yong<sup>2</sup>, MENG Guang-tao<sup>2</sup>, FANG Xiang-jing<sup>2</sup>

LI Gui-xiang<sup>2</sup>, HE Li-ping<sup>2</sup>

(1. Southwest Forestry College, Kunming, Yunnan 650224, China; 2. Yunnan Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650204, China)

**Abstract:** Based on surveying the gaps and non-gap stands in the natural forest of *Pinus yunnanensis* in Baima and Xiangshuihe forestry farms in Yongren county, Jinshajiang Valley of Yunnan province, the reaction of regeneration salphling of *Pinus yunnanensis* in different growth period to the size and age of gaps is studied. Tree species diversity in gaps and non-gap stands is compared with.

**Key words:** reaches of Jinshajiang; forests of *Pinus yunnanensis*; gap; regeneration

森林群落中由于某一林冠层树木死亡而在林地上形成不连续的林中空隙, 即林隙(gap)。林隙是一种经常发生的小尺度的森林干扰形式。当林中空隙的面积为4~1 000 m<sup>2</sup>时, 作为林隙调查, 当林中空隙面积大于1 000 m<sup>2</sup>时视为林中旷地<sup>[1]</sup>。林隙改变了群落的光照、水分、土壤条件, 为新的物种侵入、生长和更新提供了充足的资源和环境。林隙是森林循环更新的一个重要阶段, 对维持群落内众多物种共存和多样性具有重要作用, 也是森林景观结构与动态的基础, 对植被的正常更新具有重要作用<sup>[1-3]</sup>。近年来, 国内外学者对不同类型森林林隙的更新规律和物种多样性进行了研究, 关于云南松天然林的结构与动态也已取得了很大进展, 但这些工作主要侧重于区系、外貌及一般群落结构的研究, 就云南松林林隙的更新规律的研究还未见报道。本

文选取云南省金沙江流域永仁县内云南松天然林的林隙作为研究对象, 探讨云南松天然林林隙的更新规律, 为合理保护利用云南松天然林提供依据。

### 1 研究地区自然概况

研究地(永仁县)位于滇中高原北缘, 与川西深切高中山—江(金沙江)之隔。地理位置为101°19'~101°52'E, 25°52'~26°32'N。地势西北高, 东南低, 以中低山丘陵为主, 最低海拔在永定金沙江水面, 海拔仅926 m, 最高在宜就大雪山, 海拔2 884.7 m。金沙江流经永仁境段, 从永仁与大姚交界的顺山滩起至与元谋交界的母猪滩止, 长157 km, 县内主要河流有万马河、永定河、白马河、羊蹄河、江底河、永兴河等6条, 均为金沙江的一、二级支流。土壤主要为棕壤、黄红壤、中性紫色土、红壤、酸性紫色

收稿日期: 2004-04-19 修回日期: 2004-10-12

基金项目: 国家重点科技攻关项目“金沙江流域退化天然林恢复重建技术与示范”(2001BA510B0603)及“云南省不同类型区生态恢复重建模式与天然林保护监测、预警研究”(2000-K01-04-05)。

作者简介: 彭建松(1973-), 男, 湖南长沙人, 生态学硕士, 讲师, 主要从事树木分类学及群落生态学研究。

\*\* 通讯作者: 孟广涛。

土。腐殖质层厚2~30 cm, pH 值5.66~6.71,有机质含量0.349%~3.467%。气候为北亚热带西南季风型气候,冬暖夏凉,干湿季分明,因相对高差较大而立体气候明显,年均温11.6~19.5℃,年均降雨900~1 295.3 mm,90%左右集中在6~10月的雨季。

2 研究方法

野外调查地点根据白马河和响水河林场工作人员的帮助找寻,对老鹰盘附近云南松天然林(林龄相同,均约为150 a,林分高16~22 m,郁闭度0.5~0.7)面积共约7.8 hm<sup>2</sup>的6个调查样地中所有林隙进行调查,寻找每一个林隙。当发现林隙时,分别测量树冠空隙(直接处于树冠空隙下的空间,CG)和扩展林隙(由树冠空隙周围树木所围成的空间林隙,EG)的长轴及与长轴中心垂直的短轴。记录林隙形成木的种类,测量其胸径和高度,根据当地林区工作人员的经验并结合形成木的腐烂程度判断每个倒木(形成木)的年龄。林隙形成木形成方式分为枯立、枯(折)枝、干基折断、干中折断和掘根风倒5类记载并测量每个林隙周围林冠层树木的高度和胸径。对林隙中高1.5 m以上的树木进行每木调查,记测其种名、高度和胸径、并估算年龄。对高度不足1.5 m的植物如果数量较少,每木测量,如果数量较大,则在林隙中随机选取2 m×2 m的小样方,调查其种类、高度和基径,记载林隙内草本层的优势种类。在林隙的附近设置10 m×10 m的对照样方,记测对照样方内乔木(高于1.5 m)的种类、高度、胸径,对于低于1.5 m的树种测量其基径、高度,记载种类与年龄,记载对照样方内草本层的优势种类,林隙面积按椭圆面积公式计算(Runkle1982)。

3 结果分析

3.1 林隙大小对不同发育时期更新苗木数量的影响

林隙大小是表征林隙特征的重要指标,也是衡量林隙内生态环境特征的重要指标。不同大小的林隙内、温度、水分、光照、土壤等生态因子及其组合会呈现不同特点,对更新苗木的生长产生的效应亦不同,从而对林隙内苗木的更新和生长产生重要影响<sup>[1-5]</sup>。不同树种对林隙大小会有不同的反应,同一树种在不同生长发育时期对林隙大小的反应也不同。为了了解不同生长发育时期云南松更新苗木对林隙大小的反应,将更新苗木按高度区分为≤0.5 m

的幼苗,0.5~1.5 m 幼树和小于林冠层平均高度1/2,高度在1.5~11.0 m 的小径木等3个发育时期。将林隙大小分为4~100 m<sup>2</sup>,100~200 m<sup>2</sup>,200~300 m<sup>2</sup>,300~400 m<sup>2</sup>,400~500 m<sup>2</sup>等5个等级。选择林隙形成年龄同在30~40 a 的林隙分别计算林隙内不同发育时期更新苗木的更新密度(更新密度=更新数量/林隙面积,并与这些林隙面积相对应。

表1 不同生长发育时期云南松更新密度对林隙大小的反应

Table 1 Reaction of regeneration density of <i>Pinus yunnanensis</i> in different growth period to gap size					
更新苗木高度	更新密度/株·hm <sup>-2</sup>				
	4~100 m <sup>2</sup>	100~200 m <sup>2</sup>	200~300 m <sup>2</sup>	300~400 m <sup>2</sup>	400~500 m <sup>2</sup>
<0.5m	2 063	128	37	269	614
0.5~1.5m	2 167	511	74	350	16
1.5~11m	825	2 426	1 383	916	501
总计	50.55	3 065	1 494	1 535	1 131

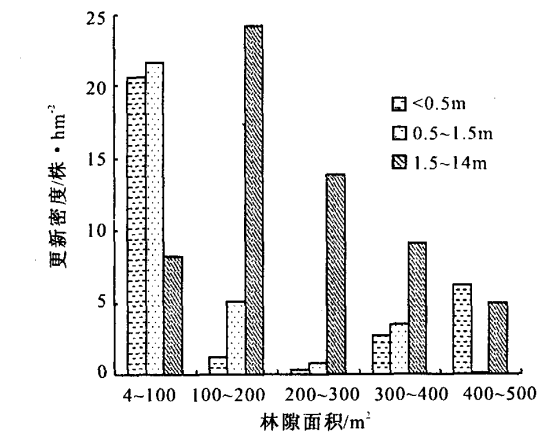


图1 不同生长发育时期云南松更新密度对林隙大小的反应

Fig.1 Reaction of regeneration density of *Pinus yunnanensis* in different growing period to gap size

从表1、图1可以看出,处于不同发育时期的云南松更新苗木对林隙大小反应的趋势是:高度≤0.5 m 的云南松幼苗更新密度在林隙面积4~100 m<sup>2</sup>为最大,以后随着林隙面积的增大而增多,当林隙面积大于300 m<sup>2</sup>时,更新密度又有一定程度回升。林隙面积为200~300 m<sup>2</sup>时,高度≤0.5 m 的云南松幼苗的更新密度最小,仅为37 株/hm<sup>2</sup>;高度在0.5~1.5 m 之间的幼树的更新密度在林隙面积4~100 m<sup>2</sup>为最大,随着面积的增加更新密度逐渐下降,当面积达到400~500 m<sup>2</sup>时,幼树的更新密度仅为16 株/hm<sup>2</sup>;高度为1.5~11 m 的小径木在林隙面积为100~200 m<sup>2</sup>时达到最大值,为24.26%,随后随面

积的增加或减小开始下降。不同发育时期云南松更新苗(包括幼苗、幼树、小径木)的更新密度的总和在不同面积的林隙中存在明显差异,总的趋势是随着林隙面积的增加,不同发育时期云南松更新频度的总和下降,这表明随着林隙面积的增加,单位面积云南松更新数量呈下降趋势,当林隙面积为4~100 m<sup>2</sup>时,总的更新密度达到最大为50.55株/hm<sup>2</sup>,当林隙面积为400~500 m<sup>2</sup>时,总的更新密度达到最小值为11.31株/hm<sup>2</sup>。

林隙形成后,不但增加了光到达森林下层的持续时间,而且增加了林隙生境内的光照强度,林隙内的光照强度明显大于林下,随着林隙面积的增加,林隙内的光照强度也明显增加,即光照强度是大林隙>小林隙>林下。同时林隙也改变了水热条件,林隙内的温度比林下高,且变幅大,林隙内与林下湿度差异也较大。同时林隙的形成也影响土壤养分状况和资源有效性的改变<sup>[1-4]</sup>。云南松属于阳性树种,但在幼苗阶段需要一定的荫蔽条件,较小的林隙(4~100 m<sup>2</sup>)不仅为种子的发芽提供了适度的光照和温度条件,还能为幼苗的生长提供一定的荫蔽。较小的林隙内环境有利于云南松更新幼苗和幼树的生长。从而出现了在小的林隙内幼苗、幼树更新密度高,而小径木较少的现象。相反,较大的林隙光照强烈,地表干燥,杂草繁茂,不利于云南松种子的萌发和出苗,即使林隙内有幼苗产生,也往往因灌木、杂草的竞争而不能正常生长,因而较大的林隙不利于幼苗幼树的生存。而小径木的形成和生长既需要环境条件和资源有效性比林下有明显改善,特别是光照充分,又不应有强烈的竞争而造成的生存威胁。结果表明,当林隙面积在100~300 m<sup>2</sup>,特别在100~200 m<sup>2</sup>时,小径木的更新频度最大。

3.2 不同发育时期云南松更新苗木对林隙形成年龄的反应

以10 a为龄阶,将所调查的所有林隙的年龄,按1~10 a,10~20 a,20~30 a,30~40 a,40~50 a划分为5个等级,并与不同发育阶段云南松苗木的更新密度相对应(表2)。

表2 不同生长发育时期云南松更新密度对林隙年龄的反应

Table 2 Reaction of regeneration density of <i>Pinus yunnanensis</i> in different growth period to gap age					
更新苗	更新密度/株·hm <sup>-2</sup>				
木高度	1~10a	10~20a	20~30a	30~40a	40~50a
<0.5m	178	702	879	491	109
0.5~1.5m	71	256	1 098	471	388
1.5~11m	106	527	608	1 098	542

从表2可知,林隙形成年龄不同,不同发育时期云南松苗木的更新密度会发生变化,云南松幼苗和幼树的更新密度在形成年龄为20~30 a的林隙中最大为879株/hm<sup>2</sup>和1 098株/hm<sup>2</sup>。随着林隙年龄的增加或减少而呈下降趋势。幼苗和幼树在形成云南松小径木的更新密度随着林隙形成年龄的增加而增加,当林隙形成年龄为30~40 a时,达到最大为1 098株/hm<sup>2</sup>,当林隙年龄为40~50 a时,小径木的更新密度下降明显,仅为30~40 a时小径木更新密度的49株/hm<sup>2</sup>。

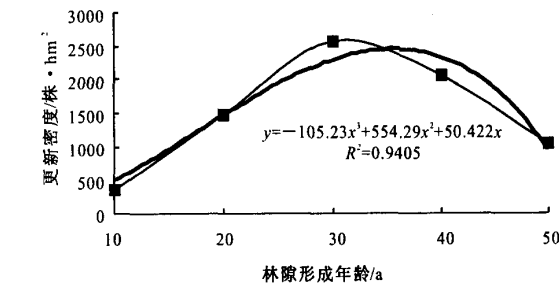


图2 更新密度与林隙形成年龄关系  
Fig.2 Relation of regeneration density and gap age

林隙形成年龄直接影响着林隙的更新状况及其与周围林分结构的差异,也决定着林隙在森林循环中的大小,不同林隙内更新状况有着明显的差异,一定程度上可以看作是更新苗木对林隙生境变化的适应过程和种间、种内竞争的结果<sup>[1-3]</sup>。林隙形成后,林隙内种子库中的种子会萌发产生更新幼苗,林分内存在的更新幼苗也会加速生长,随着林隙年龄的增长,林隙内的物种、密度、高度、生物量和种间、种内关系会发生变化,在林隙发育的不同阶段,其物理环境和生物环境交织发展,形成了林隙变化的系统动态过程。一般来说林隙形成3 a后开始出现云南松更新幼苗。50 a后,林隙被更新幼树填充而逐步结束林隙状态,在林隙形成至林隙结束的时间尺度上,更新苗木为适应不断变化的物理和生物环境,必然在不同发育阶段的个体数量上做出反应。

统计不同发育阶段云南松总的更新密度,用更新密度对林隙年龄做折线图,对每个树种的折线图分别在Excel下用幂函数,指数函数对数函数,二次多项式和三次多项式进行拟合。从图2可以看出,云南松的更新密度对林隙形成年龄能用三次多项式来得到最好拟合(且R<sup>2</sup>值大于0.8),这表明,在林隙形成的前30 a,随着林隙年龄的增加,云南松更新的平均密度增加,当林隙年龄为20~30 a时,林隙更新的平均密度最大,为2 585株/hm<sup>2</sup>,以后随

着林隙年龄进一步增加,云南松更新的平均密度下降。

3.3 林隙与非林隙林分内树种多样性对比分析

以调查的林隙和对照林分中树种中的个体数为基础,运用 Shannon-Wiener 指数公式,分别计算出物种的多样性指数  $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$ , 其中  $n_i$  为第  $i$  个树种的个体数,  $p_i$  为个体数比例,  $N$  为所有调查的 45 个林隙或对照林分中所有树种的个体数。物种丰富度分别用物种数量  $S$  和 Marglef 丰富指数  $R^1 = (S - 1) / \log_2 N$  来计算,生态优势度用公式  $\lambda = \sum n_i \times (n_i - 1) / N \times (N - 1) \approx P_i^2$ , 均匀度指数用公式  $E = H' / \log_2 S$  求得,在上述公式中  $S$  为物种数,  $N$  为个体总数。在计算出  $E$ 、 $\lambda$  和  $S$  后,还计算了林隙内和对照林分中的均优多指数  $Z = (E - \lambda) S$ ,用以表示树种在林隙和对照林分中的综合多样性(表3)。

表3 云南松天然林林隙及非林隙林分的多样性指数

Table 3 Tree species diversity indexes in gaps and non-gap stand in the natural forest of *Pinus yunnanensis*

林分类型	多样性指数					
	<i>S</i>	<i>R</i> <sup>1</sup>	<i>E</i>	$\lambda$	<i>H'</i>	<i>Z</i>
林隙内林分	20	5.465	0.281	0.291	0.462	-0.210
非林隙对照林分	5	2.000	0.359	0.778	0.359	-1.390

从表3可以看出,林隙内的物种丰富度远远大于非林隙对照林分,45个林隙内物种数(即树种丰富度)为20种,非林隙对照林分为5种。从 Marglef 丰富度指数  $R^1$  来看,林隙内的  $R^1 = 5.465$ ,对照林分中  $R^1 = 2.0$ ,林隙内的  $R^1$  为对照林分中  $R^1$  的  $5.465 / 2.0 = 2.73$  倍,由此可以看出,林隙能明显地提高云南松天然林的物种丰富度。林隙内的均匀度指数和生态优势度略低于非林隙林分,这说明林隙内树种的个体数在不同树种之间的分布略低于非林隙对照林分。但如果从综合考虑物种丰富度  $S$ ,个体在树种间分布的均匀度  $E$  和个体在树种间的生态优势度  $\lambda$  之均优多指数  $Z = (E - \lambda) S$  来看,林隙内的综合多样性要明显高于非林隙对照林分。上述计算和分析都表明,林隙的存在增加了金沙江流域云南松天然林的物种丰富度,提高了树种多样性,为不同树种的共存提供了必要的生态基础,是维持云南松天然林物种多样性的重要机制。反过来,云南松天然林林隙内和非林隙林分内多样性指标又远远低于热带山地雨林林隙和非林隙的多样性指数,较常

绿阔叶林的多样性指标也低得多,因此,云南松天然林的生物多样性水平较低。

4 结论与讨论

永仁云南松林林隙更新的树种中以云南松占优势,能通过林隙更新到达林冠层的树种也以云南松占绝对优势。可以认为永仁云南松林目前处于比较稳定的状态。

林隙的形成改变了林内光照条件,构成了不同于郁闭林分的异质性生境,林隙内的更新状况取决于林隙内的异质性生境,今后可进一步就林隙内和非林隙林分内各种生态因子的时空变化规律进行研究,为研究林隙更新提供依据。

永仁云南松林隙的更新状况除与林隙大小、形成年龄相关,还与周围林分状况、林隙所处坡位、海拔有一定的关系。今后可就这些方面进一步研究。

林隙更新所需的种子来源于林隙内的种子库,今后可对云南松天然林内种子的类型、数量、扩散及埋藏形式、种子萌发所需环境条件进行研究,为研究林隙更新规律提供理论支持。

参考文献:

[1] 梁晓东,叶万辉,蚁伟民. 林窗与生物多样性维持[J]. 生态学杂志,2001,20(5):64-68.

[2] 臧润国,余世孝,刘静艳,等. 海南霸王岭热带山地雨林林隙更新规律的研究[J]. 生态学报,1999,19(2):151-158.

[3] 臧润国. 长白山自然保护区阔叶红松林林隙更新研究[J]. 应用生态学报,1998,9(4):349-353.

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

[5] 王进欣,张一平. 林窗微环境异质性及物种的响应[J]. 南京林业大学学报,2002,26(1):564-569.

[6] 罗大庆,郭泉水,薛会炎,等. 西藏色季拉山冷杉原始林林隙更新研究[J]. 林业科学研究,2002,15(5):564-569.

[7] 叶万辉. 物种多样性与植物群落的维持机制[J]. 生物多样性,2000,8(1):17-24.

[8] Grubb P.J. The maintenance of species richness in plant communities: importance of the regeneration niche[J]. Biological Review. 1997, 57: 107-145.

[9] Antolin M.F, Addicott J.F. Colongization, among short movement, and local population neighborhoods of two aphid species[J]. Oikos, 1991, 61: 45-53.

[10] Bormann F.H, Likens G.E. Pattern and Process in A Forested Ecosystem[M]. New York: Springer-Verlag, 1979.