

文章编号: 1000-5692(2005)01-0050-06

云南金沙江流域云南松天然林林隙特征

彭建松¹, 柴 勇², 孟广涛², 方向京², 李贵祥², 和丽萍²

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

摘要: 通过对云南省金沙江流域永仁县响水河和白马河林场云南松 *Pinus yunnanensis* 天然林中 45 个林隙的调查, 研究了云南松天然林林隙的基本特征和自然干扰规律。结果表明: 永仁县云南松林林隙的形状近似于椭圆形。扩展林隙和树冠空隙的平均面积分别为 469.42 m² 和 181.90 m², 扩展林隙和树冠空隙在云南松林景观中的面积比例分别为 28.23% 和 10.49%, 年干扰频率分别为 0.6721% 和 0.2497%, 林隙干扰的返回间隔期约有 400.48 a。大多数林隙在 40 a 以前形成。大多数林隙是由 1~3 株形成木创造的, 而由 1 株形成木创造的林隙最多。林隙形成木的径级结构以 30~50 cm 这一范围居多, 高度以 20~30 m 居多, 林隙形成木通过掘根、干基折断、干中折断、枯立、折枝或枯枝这几种形式形成, 其比例分别是 33.7%, 27.9%, 18.6%, 17.4% 和 2.4%, 在不同的林隙中可见到形成木这几种形式的不同组合。以林隙动态理论为基础, 对永仁县云南松天然林的经营提出了几点建议。表 5 参 10

关键词: 云南松; 天然林; 林隙; 干扰; 金沙江流域

中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A

云南松 *Pinus yunnanensis* 天然林是云南省金沙江流域永仁县稳定的森林生态系统, 是金沙江流域和当地最宝贵的自然资源和环境保障系统, 对保护金沙江流域的生态平衡和促进国民经济发展具有重要作用。如何合理保护与持续利用云南松天然林, 已成为摆在我们面前最关键的任务。

林隙 (gap) 的概念最初是由英国植物生态学家 Watt (1947) 提出来的, 用以表示群落中 1 株以上的林冠层树木死亡而形成的将由新个体占据与更新的空间^[1~3]。这一术语自提出以来已被广泛接受, 直到 20 世纪 70 年代末人们才重新开始对它进行广泛深入地研究。随着研究的深入, 其含义也逐渐扩大。美国森林生态学家 Runkle (1981) 对林隙的概念进行扩充, 把林隙定义为树冠空隙和扩展林隙。现在林隙的 2 种概念已被广泛应用, 但仍以树冠空隙的概念应用较多^[4~6]。林隙是森林循环更新的一个重要阶段, 也是维持森林生物多样性的一个重要环境。它构成了森林景观的流动镶嵌结构, 对植被的正常更新具有重要作用。林隙的形成与消亡过程也正是森林不断发育与更新的生态学过程^[7,8]。林隙特征指的是林隙的形状、大小、年龄、形成方式以及形成木结构的时空变化规律。林隙特征的研究是认识森林生态系统长期动态变化规律的基础^[1~3]。关于云南松天然林的群落结构和动态研究已取得了很大的进展, 但关于云南松天然林林隙方面的研究尚未见报道。本文通过对云南金沙江流域云南松天然林林隙的特征和干扰状况的研究, 试图从林隙的角度进一步研究云南松天然林的更新规律, 为

收稿日期: 2004-04-19; 修回日期: 2004-09-21

基金项目: “十五”国家科技攻关重点项目(2001BA510B0603); “九五”国家科技攻关重点项目(2000-k01-04-05)

作者简介: 彭建松, 讲师, 硕士, 从事树木分类学及群落生态学等研究。通讯作者: 孟广涛, 副研究员, 从事林业生态工程和森林生态学等研究。E-mail: menggt2001@sina.com

合理保护和利用云南松天然林提供理论依据。

1 研究地区自然概况与研究方法

1.1 研究地区自然概况

研究地(永仁县)位于滇中高原北缘, 与川西深切高中山一江(金沙江)之隔。地理位置为 $25^{\circ}52' \sim 26^{\circ}32' N$, $101^{\circ}19' \sim 101^{\circ}52' E$ 。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 926.0 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、江底河和永兴河等 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、红壤和酸性紫色土。腐殖质层厚 2~30 cm, pH 值 5.66~6.71, 有机质为 3.49~34.67 g·kg⁻¹。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, 年均温为 11.6~19.5 °C, 年均降水量为 900.0~1 295.3 mm, 90% 左右集中在 6~10 月的雨季。

1.2 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)面积共约 7.8 hm² 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(canopy gap, 直接处于树冠空隙下的空间)和扩展林隙(expanded gap, 由树冠空隙周围树木所围成的空间林隙)的长轴及与长轴中心垂直的短轴的长度。林隙面积按椭圆面积公式计算(Runkle 1982)。

记录林隙形成木的种类, 用围尺测量其胸径, 用皮尺或测高器测定其高度。对于林隙形成木已腐烂或其他原因移走的林隙, 若其更新苗木高度未到达林冠层, 仍作为林隙调查。反之, 则不作为林隙调查。腐烂形成木的胸径根据其残体测定或估算。由于其他原因移走的形成木的胸径可根据留下的残桩(≥ 1.3 m)测定或根据残桩(< 1.3 m)的基径和相同基径的云南松的基径与胸径之比的平均值求得。腐烂或其他原因移走的林隙形成木的高度可通过测定周围 5 株相同胸径的云南松活立木的平均高度求得。对于折断形成木的高度和胸径可用同样的方法求得。

林隙形成木形成方式按掘根风倒、干基折断、枯立、干中折断和折枝等 5 类记载, 但在野外很难将枯立、干基折断和干中折断分开。为此, 将残留站立树干高度 ≥ 10 m 规定为枯立, 将残留站立树干高度 ≥ 2 m 并 < 10 m 的规定为干中折断, 而将残留站立树干高度 < 2 m 的规定为干基折断^[3]。

林隙的年龄是指林隙自形成以来至调查时的年数, 在单株形成木所形成的林隙中, 就是形成木倒伏或枯死后至今的年龄。而对有多个形成木的林隙, 各个形成木形成至今的年数可能不同, 我们取其中最早的一株形成木形成年龄作为多株形成木形成的林隙年龄^[5~7]。由于没有对每个林隙做精确的长期定位监测, 并受到研究条件限制, 对林隙的形成年龄只能做粗略的估计。估计的依据主要是根据林隙周围择伐林分在不同年份择伐后树基及倒木的腐烂情况, 再加上当地工作人员的实际经验, 对比其他调查林分内倒木的腐烂情况, 从而推测林隙的形成年龄。这种推测林隙年龄的方法虽不太精确, 但估计的误差一般不会超过 10 a, 这对于概括分析林隙的年龄和形成阶段还是有价值的。另外通过测定更新幼树的年龄加上形成林隙到出现更新幼树的时间(一般为 3 a)也可推算出林隙的年龄。

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, 测量其高度和基径。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, 调查对照样方内乔木(高于 1.5 m)的种类, 测量其高度和胸径。对于低于 1.5 m 的树种测量其基径和高度, 记载种类与年龄。记载对照样方内草本层的优势种类。

2 结果分析

2.1 林隙形状

在计算林隙面积和分析林隙的特征时分别按扩展林隙和树冠空隙 2 种概念来分析^[5~7]。在永仁县

白马河、响水河云南松天然林中，林隙平面一般呈椭圆形或圆形，大多数林隙接近于椭圆形，少数接近于圆形。45个林隙的扩展林隙的长轴平均为29.49 m，短轴为20.74 m，长轴与短轴的比例平均为1.42。树冠空隙的长轴平均为22.68 m，短轴平均为10.70 m，长轴与短轴的比例为2.12。扩展林隙长轴平均值较树冠空隙的长轴的平均值大6.81 m，为树冠空隙长轴平均值的1.3倍，扩展林隙的短轴较树冠空隙短轴平均值大10.04 m，为树冠空隙短轴平均值的1.94倍。可见随着林隙的形成和发展，林隙内环境因子的改变，特别是光照的改善，北侧林隙周围的主林层乔木的树冠向着林隙中心生长，导致树冠空隙的长短轴的比例较扩展林隙大。

2.2 林隙的大小结构

以椭圆面积计算公式分别计算所调查到的45个林隙的扩展林隙和树冠空隙面积，分别以200 m²和100 m²为面积等级（上限排外法）统计不同等级内的林隙数，结果见表1。

表1 云南松天然林林隙大小结构

Table 1 Area structure of gaps in *Pinus yunnanensis* natural forest in Yongren

扩展林隙面积/m ²	林隙数/个	百分比/%	树冠空隙面积/m ²	林隙数/个	百分比/%
<200	1	2.2	<100	4	8.9
200~400	16	35.6	100~200	27	60.0
400~600	23	51.1	200~300	10	22.2
600~800	4	8.9	300~400	3	6.7
>800	1	2.2	400~500	1	2.2

由表1可知，在永仁县的云南松林中，大多数扩展林隙的面积为200~800 m²左右，而其中绝大多数为200~600 m²，占林隙总数的86.7%。小于200 m²的扩展林隙只有1个，占林隙总数的2.2%，大于600 m²的林隙只有5个，占林隙总数11.1%。扩展林隙的平均面积为469.42 m²，最大面积为942.3 m²，最小面积为168.8 m²。从树冠空隙来看，大多数面积为100~300 m²，占林隙总数的82.2%。树冠空隙的平均面积为181.90 m²，最小面积为31.1 m²，最大面积为426.2 m²。大于300 m²的林隙只有4个，占林隙总数的8.9%。小于100 m²的林隙只有4个，占8.9%。在我们的调查中，还发现2个特大型林隙（没有将数据统计在扩展林隙与树冠空隙面积中），其扩展林隙和树冠空隙的面积分别达到2643.7 m²和1828.4 m²，均大于0.1 hm²，而大于0.1 hm²的干扰应属于大型干扰的范围。这些大型林隙一般由多个倒木形成，犹如一块小的皆伐迹地，说明在云南松林中，除存在小型干扰外，亦有大型干扰的存在。这些大型干扰主要是由山体滑坡和风倒形成。

2.3 林隙的年龄结构

林隙的年龄是表征林隙动态特征和林隙更新动态的一个重要参数^[4]，以10 a为龄级（上限排外法）统计不同龄级内的林隙数，结果见表2。

表2 林隙的年龄结构估计

Table 2 Estimation of age structure of gaps in *Pinus yunnanensis* natural forest in Yongren

林隙年龄/a	林隙数/个	百分比/%	林隙年龄/a	林隙数/个	百分比/%
<10	10	22.2	30~40	12	26.6
10~20	13	28.9	40~50	3	6.7
20~30	7	15.6			

从表2可看出，10~20 a的林隙最多，占林隙总数的28.9%，40~50 a的林隙最少，仅占林隙总数的6.7%。每隔10 a左右形成的林隙数量无规律性变化。

2.4 林隙的形成方式

林隙是由小尺度干扰所形成。在永仁县云南松天然林中形成木形成方式有掘根风倒、干基折断、枯立、干中折断和折枝等5种类型。根据调查方法中的定义和规定，以我们所调查的45个林隙中的

86 个形成木为基础, 统计出不同形式形成木在林隙形成木中的比例, 列于表 3。

从表 3 可以看出, 永仁县云南松天然林中林隙形成木最主要是通过掘根、干基折断和干中折断, 也就是通常意义上的风倒和风折形成的。二者合计占调查林隙形成木总数的 80.2%, 可见在永仁县云南松天然林中, 风是促进树木死亡形成林隙的重要外界因素, 加上调查地点山体坡度大, 土层不深, 可能加剧了风的影响。以枯立形式死亡而形成林隙的树木占调查林隙形成木总数的 17.4%, 也是创造林隙形成木的重要形式。

在调查中发现, 大多数大树的枯立是由于树木年龄较大而自然衰老死亡造成的, 也有部分树木枯立是由病虫害造成的。对调查的 45 个林隙的形成方式统计的结果表明, 云南松林中的林隙可分别由掘根、干基折断、干中折断和折枝或枯枝 5 种形式形成, 也可由它们的不同组合而形成, 其中掘根在林隙的形成中所占的比例最大, 占调查林隙数的 37.8%, 其他几种方式及其组合在林隙的形成中也经常见到。

2.5 林隙形成木的结构

2.5.1 林隙形成木的径级结构 云南松天然林林隙形成木的径级结构是指形成林隙的形成木在不同径级上的株数分配比例, 以 10 cm 作为一个径级单位 (上限排外法), 各形成木在不同径级内的株数统计结果见表 4。

表 4 永仁县云南松天然林林隙形成木的径级结构

Table 4 Diameter class structure of gap makers in *Pinus yunnanensis* natural forest in Yongren

径级/cm	数量/株	比例/%	径级/cm	数量/株	比例/%
< 10	2	2.3	30~40	30	34.9
10~20	8	9.3	40~50	20	23.3
20~30	10	11.6	> 50	16	18.6

从表 4 可以看出, 各林隙形成木在不同径级中的株数分配比例不同, 以 30~50 cm 居多, 占形成木的比例为 58.2%, 这与云南松林冠层乔木的胸径以 20~50 cm 这一范围内占绝大多数相一致。当胸径 < 10 cm 时, 云南松很难达到林冠层, 不易形成形成木。在调查的林隙中, 小于 10 cm 的形成木可能是由于大树在倒伏时压折所致。50 cm 以上径级的树木个体相对较少, 但由于地上部分庞大, 在永仁坡度较大土层较薄的山地上较易倒伏, 再加上年龄较大, 生长势较弱, 可能是导致 50 cm 以上径级树木形成林隙较多的缘故。

2.5.2 林隙形成木的高度结构 林隙形成木的高度结构是指形成木在不同高度级内的株数分布情况。以 10 m 作为一个径级单位 (上限排外法), 将形成木在不同高度级内的株数统计结果见表 5。

从表 5 可以看出, 林隙形成木在不同高度级中的株数比例不同, 绝大多数 (90.7%) 林隙形成木的高度在 20 cm 以上, 这是因为大多数树木只有在进入林冠层后才能创造林隙。一般来说, 上层的林隙形成木是林隙的真正创造者, 下层部分林隙形成木是由于上层形成木折倒时受机械损伤或小气候的剧烈改变以及竞争中的自然淘汰引起的。

2.5.3 林隙创造者的数量 在不同森林中, 形成 1 个林隙有时以 1 株树为主, 有时又有多株形成。对调查到的 45 个林隙形成木数量进行统计可知, 在永仁云南松天然林中, 形成或创造 1 个林隙的形

表 3 永仁云南松天然林林隙形成木的形成方式
Table 3 The different forms of gap makers in *Pinus yunnanensis* natural forest in Yongren

形成木的形式	形成木个数	百分比/%
掘根	29	33.7
枯木	15	17.4
干基折断	24	27.9
干中折断	16	18.6
折枝	2	2.4

表 5 永仁县云南松天然林林隙形成木的高度结构

Table 5 Height structure of gap makers in *Pinus yunnanensis* natural forest in Yongren

高度级/m	数量/株	比例/%
< 20	8	9.3
20~25	30	34.9
25~30	30	34.9
30~35	12	14.0
> 35	6	6.9

成木数量变化在1~4株之间,由单株形成木形成的林隙有20个,占调查林隙总数的44.4%;双形成木林隙有18个,占调查林隙总数的40.0%;由3株形成木形成的林隙有6个,占调查林隙总数的13.4%;由4株形成木形成的林隙仅有1个,占调查林隙总数的2.2%。由此可以看出,永仁云南松天然林中,大多数林隙由1~3株形成木所创造,由单株形成木形成的林隙最多,这与东北阔叶红松 *Pinus koraiensis* 林中由2株形成木形成的林隙最多,其次分别为1株、3株和4株形成的林隙⁹不同,而永仁云南松天然林却以单株形成木形成的林隙最多,其次分别为2株、3株和4株所形成的林隙。这在一定程度上说明,云南松林分结构较简单,树木间的相互关系不紧密。

2.6 林隙在森林景观中所占的面积比例及干扰频率

材冠层树木死亡后形成的林隙,以不同大小和空间分布于森林景观中。这些空隙斑块亦是森林景观的一部分,其动态变化影响着森林景观格局和过程^[9,10]。在永仁白马河和响水河所调查的总面积为7.8 hm²的样地内调查到林隙45个,则可算出永仁云南松天然林林隙出现的密度为5.76个·hm⁻²。样地内45个林隙按扩展林隙计算总面积为22 023.9 m²,按树冠空隙计算总面积为8 185.5 m²,由此可推算出扩展林隙和树冠空隙在云南松天然林景观中所占的面积比例分别为28.23%和10.49%。如果按扩展林隙的概念,则林隙在云南松天然林景观中占1/4以上的面积,即使仅从树冠层的空隙来看,林隙在云南松天然林景观中也占1/10以上的面积。这些比率充分说明,林隙是云南松天然林中重要组成部分。从调查样地内45个林隙的总体看,其树冠空隙和扩展空隙的面积比例为37.2%,即在永仁云南松天然林中,树冠空隙约占扩展林隙的37.2%左右。样地45个林隙中,估计其最大形成年龄在42 a左右,如果就以42 a为基准计算的话,在7.8 hm²样地内,42 a共形成45个林隙,则林隙形成速率为0.14个·hm⁻²·a⁻¹。从面积来看,则扩展林隙的年形成速率为67.23 m²·hm⁻²,树冠空隙的年形成速率为24.99 m²·hm⁻²。从面积的百分比来看,扩展林隙的年形成速率为0.6721%,树冠空隙的年形成速率为0.2497%。根据树冠空隙的干扰频率,则可以计算出云南松天然林中林隙的周转率或返回间隔期(return interval)为1/0.2497% = 400.48 a,也就是说云南松天然林中的任何一个点大约400 a经历一个干扰。这个干扰频率与海南岛热带雨林相比慢得多,是海南热带雨林干扰频率的39.6%(0.2497/0.6305)。较温带红松林区相比要快,是长白山红松林区林隙干扰频率的1.66倍(0.2497/0.1500)。云南松天然林中较长的返回间隔期和较慢的干扰频率,说明云南松天然林中存在较慢的森林循环。

2.7 林隙干扰对森林经营的意义

云南永仁云南松天然林经过林隙自然干扰而维持着其正常的结构和功能。这可以启示我们,在对这类森林进行经营和干预时,应以自然的林隙特征和干扰规律为基础,考虑实施经营措施可行性的同时,尽量模拟林隙干扰的自然规律才能对云南松天然林进行科学管理,实现可持续经营。

对云南松天然林进行采伐时应以择伐为主。因为在云南松林中,林分的自然更新以形成林隙的小型树冠干扰为主,合理择伐可以与树冠干扰相类似。择伐后留下的面积应控制在200~800 m²左右,择伐时每个点可采伐2~4株树木,如果树木较大,则只采伐1株,扩展林隙平均应在500 m²左右,树冠空隙平均应在180 m²左右,择伐应在大树自然枯倒的前几年进行,只在少部分地段进行面积不超过0.26 hm²的小面积皆伐。择伐后留下的空隙可尽量保持椭圆型,如果用空隙在森林景观中出现的密度来控制择伐强度的话,则在森林中应使择伐后留下的树冠空隙在6个·hm⁻²,择伐林木的胸径为30~50 cm,高度为20~30 m。

虽然林隙可由林木经掘根、干基折断、干中折断、枯立、折枝或枯枝形成,但考虑到采伐的可操作性及经济意义,采伐时只有模拟干基折断是可行的,所以我们在采伐每株树木时应尽量采取自干基部锯断的方式。

3 讨论

永仁云南松天然林林隙年龄一般不超过50 a,林隙形成40 a以后,逐渐由更新的幼树填充,而到50 a以后,大部分林隙无法辨认,逐步结束林隙状态,而更新的树种中以云南松占绝对优势。可以认为,永仁云南松天然林目前处于比较稳定的状态。

永仁云南松天然林中林隙的分布与所处坡位、坡向和坡度有一定的关系。一般来说山脊、上坡和中坡分布的林隙较多；坡度较大，林隙较多；阳坡较阴坡林隙多，而且林隙的分布不呈均匀分布。今后可进一步就云南松林林隙的空间分布进行研究，为研究云南松林天然更新的机制提供依据。

永仁云南松天然林的径级结构、高度结构及林分结构随着海拔、坡位和坡向会发生一定的变化，林隙的大小、年龄结构和更新苗木的种类、数量和更新速度也存在差异，尚需深入研究。

云南松天然林的可持续经营和金沙江流域的植被恢复与保护应以林隙特征和自然干扰规律的研究为基础。今后可对林隙内的种子库以及幼苗更新规律、林隙内生境的变化做更详尽的研究。

参考文献：

- [1] Grubb P J. The maintenance of species richness in plant communities: importance of the regeneration niche[J]. *Biol Rev*, 1997, 75: 107—145.
- [2] Antolin, M F, Addicott J F. Colonization, among short movement, and local population neighborhoods of two aphid species[J]. *Oikos*, 1994, 61: 45—53.
- [3] Bormann F H, Likens G E. *Pattern and Process in a Forested Ecosystem* [M]. New York: Springer-Verlag, 1979.
- [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] 藏润国, 郭忠凌, 高文韬. 长白山自然保护区阔叶红松林林隙更新的研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 349—353.
- [6] 藏润国, 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, 9(2): 151—158.
- [7] 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): 69—75.
- [8] 罗大庆, 郭泉水, 薛云英, 等. 西藏色季拉山冷杉原始林林隙更新研究[J]. 林业科学, 2002, 48(5): 564—569.
- [9] 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.
- [10] 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.

Gap characteristics in the natural forests of *Pinus yunnanensis* along the Jinshajiang Basin in Yunnan Province

PENG Jian-song¹, CHAI Yong², MENG Guang-tao², FANG Xiang-jing², LI Gui-xiang², HE Li-ping²

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

Abstract: The gap characteristics and natural disturbance regimes of 45 gaps in the natural forests of *Pinus yunnanensis* were studied, in Baimahe Forest Farm and Xiangshuihe Forest Farm of Yongren County, in Yunnan Province. The results showed that these gaps were elliptic in horizontal form. The average area of expand gap (EG) and canopy gap (CG) were 469.42 m² and 181.90 m² respectively, the area percentage of both in the forest landscape were 28.23% and 10.49% respectively, and annual natural disturbance frequency of both were 0.672 1% and 0.247 9% respectively. So the return interval of the gap was gotten, about 400.48 a. These gaps mostly formed 40 a ago, and made by 1 to 3 gap makers (mainly by one). The diameter of gap makers was mainly from 30 to 50 cm, and the height of which was mainly from 20 to 30 m. The manners of gap formation in the percentage order from high to low were: uprooting (33.7%), breakage at trunk base (27.9%), breakage on trunk (18.6%), standing die (17.4%), and breakage on branch (2.4%). The combination of the different manners can be found often. Finally, based on the theory of gap dynamics, some suggestions on the natural forest of *Pinus yunnanensis* management were provided. [Ch, 5 tab, 10 ref.]

Key words: *Pinus yunnanensis*; natural forests gap; disturbance; Jinshajiang Basin