

太白山红桦林林隙特征的研究*

苏建文¹ 岳明^{1**} 王永军²

(¹西北大学¹生命科学院, ²城市与资源学系 西安 710069)

摘要 对太白山红桦林林隙的一般特征和干扰状况进行了初步研究,分析了植被中林隙的数量、类型及成因,并对林隙形成木的类型、数量、物种构成和径级结构做了分析。结果表明,太白山红桦林林隙以自然立枯形成的最多;林隙线状密度为23.5个/km;冠空隙面积在20~80 m²范围内的最多,冠空隙总面积占整个林分面积的4.7%;扩展林隙的面积在50~100 m²范围内的最多,占整个林分的11.9%;林隙的形成木以红桦为主,径级在20~40 cm范围内的占绝大部分;在太白山红桦林中,大多数的林隙由1~3株林隙形成木形成,其中单株形成木形成的林隙最多,每个林隙的林隙形成木平均为1.51株;林隙的腐烂等级为C级的分布较多;冠空隙径高比多分布在0.30~0.45之间,扩展林隙径高比多分布在0.60~0.80之间;林隙内幼苗主要有红桦、华山松,在大面积的林隙内红桦幼苗占绝对优势。图1表5参26

关键词 太白山; 红桦; 林隙

CLC S792.159.02

Gap Characteristics of *Betula albo-sinensis* Forest in the Taibai Mountains*

SU Jianwen¹, YUE Ming^{1**} & WANG Yongjun²

(¹School of Life Science, Northwest University, Xi'an 710069, China)

(²Department of Urban and Resources Science, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract The gap characteristics and disturbance regime in the *Betula albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains were studied, including the quantity, type and causal factors of gaps and the type, number, species composition and size structure of gap makers (GM). The results indicated that the most gaps were formed by standing death. The linear gap density in the forest was 23.5 gaps/km. The canopy gaps (CG) and expanded gaps (EG) covered 4.7% and 11.9% of the total land area, respectively. The canopy gaps varied from 18.9 m² to 289.2 m², with their majority less than 80 m². The expanded gaps varied from 45.2 m² to 398.2 m² with the most between 50 m² and 200 m². The average number of GM per gap was 1.5 and most gaps were formed by 1~3 GM. The major gap makers were *B. albo-sinensis*, and it was most possible to create gaps by uprooting or standing death of trees when they were 20~40 cm in D.B.H. The decay class of maximum gap maker was chiefly C class (about 35~45 years old). The ratio of the CG diameter vs. the gap height of canopy gap and the ratio of the EG diameter vs. the gap height centralized at about 0.30~0.45 and 0.60~0.80, respectively. The seedlings in the gaps were mainly *B. albo-sinensis* and *Pinus armandii*, and the large gap size was suitable for regeneration of *B. albo-sinensis*. Fig 1, Tab 5, Ref 26

Keywords Taibai Mountain; *Betula albo-sinensis* forest; canopy gap

CLC S792.159.02

红桦(*Betula albo-sinensis*)林主要分布于暖温带及北亚热带的高、中山地区,中亚热带的川西山地海拔2 500~3 000 m也有分布,在山地垂直带谱中一般处于落叶阔叶林带之上。在秦岭地区,红桦林是植被垂直带谱的重要组成成分,在北坡分布于海拔2 200~2 750 m,南坡分布在海拔1 950~2 650 m之间^[1]。秦岭大面积分布的桦林很早就引起了植被研究者的注意,对于桦林在秦岭植被垂直带中的作用和地位意见分歧很大,多数认为桦林不稳定属次生林,将被云、冷杉林取代^[1,2]。但有孢粉资料证实,秦岭桦林存在的历史久远,桦林或

以桦为优势的针阔叶混交林,地质时期和现代都可形成地带性(水平和垂直)森林,是凉温湿润气候的顶极植物群落^[3],因此不少研究者在对秦岭植被垂直带及物种多样性的研究中将桦木林作为地带性森林群落看待^[2~4]。

我们认为,产生上述分歧的最大原因在于,是将秦岭分布的海拔跨度达600 m以上的桦木林作为匀质性实体,还是作为空间上处于不同发育阶段的斑块镶嵌体。如果将其看作一个空间上异质、时间上变动的“流动镶嵌体”,那么从桦木林小尺度干扰——林隙的动力学机制入手,便可能找到其大面积稳定存在的证据与机制。林隙干扰作为群落时空格局及其动态的驱动力,是森林群落发展变化和结构维持的必要成分,将干扰状况与群落特征结合起来研究有助于对群落动态变化规律的深入理解。从林隙干扰的角度探讨群落结构动态及维持机制在国外

收稿日期: 2004-11-19 接受日期: 2005-02-04

* 陕西省自然科学基金资助(FH90953) Supported by the Provincial Natural Science Foundation of Shaanxi, China

** 通讯作者 Corresponding author (E-mail: suda1999@163.com)

生态研究中越来越受到重视^[5-13]。我国在林隙动态方面的研究开始时间不长,对温带阔叶混交林、亚高山云冷杉林、亚高山暗针叶林、常绿阔叶林、亚热带季风常绿阔叶林和热带山地雨林等类型已有了一些研究^[14-18],而对于落叶阔叶林的研究很少。根据我们对邻近的佛坪国家级自然保护区植被的观察研究,红桦属强阳性树种,中等大小的植株即有立枯现象,从而形成林隙,这可能是桦林在动态中保持稳定的机制^[19],但该假设在当时尚缺乏有力的调查证据和深入研究。本研究以太白山红桦林为主要研究对象,通过林隙的小尺度干扰特征来探讨其长期稳定存在的可能机制,这对秦岭植被带谱的划分与确认、植被资源的保护和永续利用具有重要的理论和现实意义。本文主要报道红桦林的林隙形成特征。

1 研究地区自然状况与研究方法

1.1 研究地区自然状况

太白山系秦岭主峰,海拔 3 767 m,冰期曾经过强烈的冰蚀作用。相对高差超过 3 000 m,山地垂直气候带明显,植被类型复杂,植物种类丰富,种子植物有 125 科 657 属 1 782 种,占秦岭种子植物总数的 52.9%。由于地处暖温带和亚热带的过渡区,其植被属于含常绿成分的夏绿林地区。太白山自上而下的垂直带植被分别为:落叶栎林带、桦木林带、针叶林带、高山灌丛与草甸带。

调查在太白山红桦坪〔(λ(E) 107°49′, φ(N) 34°08′)〕进行,海拔 2 200 ~ 2 490 m,属于红桦林带,一般形成大面积的纯林,过渡地带常混生有华山松(*Pinus armandii*)、巴山冷杉(*Abies fargesii*)、牛皮桦(*Betula utilis*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、椅杨(*Populus purdomii*)、亮绿椴(*Tilia laetevirens*)等。该林灌木成分在 30 种以上,形成优势的有峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、陕甘花楸(*Sorbus koehneana*)、川滇绣线菊(*Spiraea schneideriana* var. *amphidoxa*)、华桔竹(*Fargesia spathacea*)、药枇杷(*Rhododendron purdomii*)、冰川茶藨子(*Ribes glaciale*)、细叶五加(*Acanthopanax stenophyllum*)、红脉忍冬(*Lonicera nervosa*)、扫帚菊(*Pertya sinensis*)、秦岭蔷薇(*Rosa tsinglingensis*)、密穗小檗(*Berberis dasystachya*)等。草本层成分在 50 种以上,主要有假冷蕨(*Pseudocystopteris spinulosa*)、陕西峨嵋蕨(*Lunathyrium giraldii*)、细毛苔草(*Carex capilliformis*)、大花糙苏(*Phlomis megalantha*)、索骨丹(*Rodgersia aequalifolia*)、升麻(*Cimicifuga foetida*)、大叶碎米荠(*Cardamine macrophylla*)等。该林所在的区段是秦岭的多雨区,年降水量在 1 000 mm 左右,气候凉温湿润,年平均气温 1 ~ 5 °C,生长期约 100 d。土壤为山地暗棕壤, pH 值 5.9 ~ 6.7,成土母质以花岗岩为主^[19]。

1.2 研究方法及路线

本次调查采用样线调查法,是进行大范围林隙调查最常用的方法。具体步骤是:分别沿海拔 2 300 m (I)、2 390 m

(II)、2 450 m (III)、2 600 m (IV) 四条样线,各样线从爬山的小路向内延伸 50 m 开始调查,以此为起点用罗盘仪指示沿一方向穿行,用测步器计测走过的步数,步测始终由一个人完成。遇到林隙后先作标记,记载走过的步数(每步约 0.6 m),下次继续从标记点开始作调查,在调查样地所调查的内容有林隙大小、高度,林隙形成木的种类、株数、胸径、枯死原因、腐烂等级、枯死原因、立地特征等林隙特征,并钻取林隙形成木木芯和林隙周围树木木芯进行生长分析,以判别林隙形成的年龄。

2 结果分析

2.1 红桦林林隙的形成方式

林隙是林冠干扰的产物,太白山红桦林林隙的形成方式主要有 3 种:自然立枯、人为间伐、风倒(当一个林隙由不同的方式形成时,以最大林隙形成木的形成方式为准)。太白山的红桦林林隙主要是由自然立枯所形成的,自然立枯的林隙占全部林隙的 68.29%,其它方式形成的林隙较少。主要原因是红桦常与一些木质藤本植物如猕猴桃属(*Actinidia*)、藤山柳属(*Clematoclethra*)、五味子属(*Schisandra*)、串果藤属(*Sino-franchetia*)植物等相伴而生,藤本常缠绕在红桦上,扩大了它的承载面积,冬天下雪时其上积雪太多,树干无法承受如此大的压力,加上在风的作用下,很容易从树干中部折断,形成站杆。人为间伐形成的林隙占到 17.07%,主要是人为间伐华山松所造成的;风倒所占的比例较少,占 14.63%。

2.2 林隙的大小结构

林隙的大小是林隙的重要特征,通过对林隙内光、热、水分、土壤、营养物质等的影响,最终影响到林隙中树木的地上部分和地下部分的生长发育,是林隙更新的决定因素之一^[17]。运用样线调查法,沿 4 条不同海拔高度样线穿行的总距离为 1 742 m,在 2 300 m (I) 样线上调查 455 m,2 600 m (IV) 样线上调查 225 m,根据梯形的面积计算公式,样地总面积为 63 444 m²。样线上出现的林隙总计 41 个,平均每穿行 100 m,有 2.35 个林隙,即林隙的线状密度为 23.5 个/km。在林隙面积的测量中,假定林隙是椭圆形的,把林隙周围相距最远的两株树干之间的距离定为椭圆长轴,与之垂直的两树干间的距离定为短轴,并同时测量这 4 株树冠所围成的长度,分别用以计算扩展林隙和冠空隙面积^[14]。单个林隙面积采用椭圆面积公式 $A = \pi lw/4$ 计算,其中 A 为林隙面积, l 为长轴长, w 为短轴长^[15]。

对冠空隙而言,以 20 m² 为级别,采用上限排外法统计各级内出现的林隙数和相对百分比以及各级面积总和所占比例。在所调查的 41 个林隙中,冠空隙的总面积 $A_{cc} = 2 985.5$ m²,冠空隙平均面积为 72.82 m²。冠林隙的面积占整个林分面积的 4.7%,20 ~ 80 m² 之间的林隙个数最多,占全部林隙数量的 63.41%,其他各级数冠林隙的面积分布都比较均匀(表 1)。

表 1 太白山红桦林冠空隙面积级数表
Table 1 Canopy gap area in *B. albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains

A/m^2	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 140	> 140	Σ
个数 No. of gaps	5	10	8	8	2	2	2	4	41
$P(\text{No.})/\%$	12.19	24.39	19.51	19.51	4.88	4.88	4.88	9.76	100
Σ A/m^2	48.5	297.9	394	547.3	180	221.9	273.9	1022.1	2985.5
$P(\text{area})/\%$	1.62	9.98	13.20	18.33	6.02	7.43	9.17	34.23	100

对扩展林隙而言,以 50 m²为级别,采用上限排外法统计各级内出现的林隙数和相对百分比以及各级面积总和所占比例,扩展林隙的总面积为 A_{EG} = 7 563.3 m²,扩展林隙的平均面积为 184.47 m². 扩展林隙面积占整个林分面积的 11.9%. 50 ~ 100 m²之间的林隙个体数最多,占整个林隙数量的 26.83% (表 2).

表 2 太白山红桦林扩展林隙的面积级数表

Table 2 Expanded gap area in *B. albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains

A/m ²	0 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 250	250 ~ 300	> 300	Σ
个数 No. of gaps	1	11	9	5	6	4	5	41
P(No.)/%	2.44	26.83	21.95	12.20	14.63	9.76	12.20	100
Σ A/m ²	45.2	832.8	1141.1	896.7	1307	1070.5	2270.1	7563.3
P(area)/%	0.60	11.01	15.09	11.86	17.28	14.15	30.01	100

2.3 太白山红桦林林隙的形成速率

在 1 742 m 的样线上共遇到了 41 个林隙. 为了准确判断调查中所碰到的林隙的年龄,分别对林隙形成木和林隙周围的一棵大树用生长锥钻取木芯. 对木芯进行序列分析,比较其生长释放特征,已出现生长释放的年代作为林隙发生年^[15, 20]. 取样最老的林隙是 70 a,最年轻的林隙是 10 a,林隙每年每公里的形成速率平均为 41/1.742/(70 - 10) = 0.39 km⁻¹ a⁻¹,则每年每公里形成的冠空隙的面积为 0.39 × 72.82 = 28.40 m²,每年每平方公里形成的扩展林隙的面积为 0.39 × 184.47 = 71.94

m². 以上研究表明,平均每年每公里约有 0.39 个林隙形成.

2.4 林隙形成木的种类和径级分布

林隙形成木的组成与林分优势树种的组成密切相关. 林隙的形成是林冠干扰的产物,林隙形成木的种类主要是优势树种或建群种. 红桦林带为纯林或以红桦为优势树种的混交林,主要伴生的树种有华山松、巴山冷杉、山杨、太白槭(*Acer giraldii*) (表 3). 从表中可以看出,红桦林构成林隙形成木的形成树种主要是红桦和华山松,红桦林隙形成木占到总数的 66.13%. 华山松次之占 12.90%,其他树种所占的比例很少.

表 3 太白山红桦林林隙形成木的种类和径级分布

Table 3 Diameter class structure of gap makers in *B. albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains

种类 Species	径级 Diameter class (d/cm)						腐烂 Rotten	Σ	Σ (P/%)
	0 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60			
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	1	9	10	13	7	1		41	66.13
华山松 <i>Pinus armandii</i>	1	1	4	2				8	12.90
牛皮桦 <i>Betula utilis</i>		1						1	1.61
太白杨 <i>Populus purdomii</i>			1			2	2	5	8.06
亮绿椴 <i>Tilia laetevirens</i>			2	1		1		4	6.45
无法鉴定 Unidentified							3	3	4.84

林隙形成木的径级结构是指形成林隙的个数种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),各树种在不同的径级内的株数统计结果见表 3. 从表中可以看出,各树种在不同径级内的株数分配比例相差很大,但都在 60 cm 以下,调查发现,在红桦林内主林层的优势树种的胸径大多数在 20 cm 以上才开始倒伏,20 cm 以下的林隙形成木大多是主林层倒下时的受害者. 红桦林林隙形成木集中分布在 20 ~ 30 cm 和 30 ~ 40 cm,占总数的 53.23%,而 10 cm 以下和 50 cm 以上的仅占 8.10%

2.5 林隙形成木的数量特征

若林隙是由单株树木的死亡形成的,可称其为单形成木林隙;由两株树木死亡形成的,称其为双形成木林隙;由三株或三株以上的形成木形成的,则称其为多形成木林隙^[21]. 调查发现,红桦林每个林隙内林隙形成木的数量很少大于 3 株,以单形成木形成的林隙数量最多,占到 63.41%;双形成木林隙占 26.83%,多形成木林隙占 9.76%. 调查的 41 个林隙中共有形成木 62 个,每个林隙平均拥有的形成木为 1.51 株. 每株林隙形成木所形成的扩展林隙的平均面积为 121.99 m²,冠空隙面积为 48.15 m².

2.6 林隙形成木的腐烂等级

在确定林隙形成木的腐烂程度时分为 4 个等级:A 级的标

准是倒木上树枝树皮保持完整;B 级的标准是倒木上树枝不完整,剩余树皮易脱落;C 级的标准是倒木上树皮已完全脱落,树木边材已开始腐烂;D 级的标准是倒木已完全腐烂,心材已破碎. 最大林隙形成木的腐烂等级在很大程度上反应了林隙形成的时间序列^[25]. 在该研究区内,红桦林最大林隙形成木的腐烂等级见表 4. 从表中可知,最大林隙形成木在各个腐烂等级上分布不均匀,以 C 级的分布较多.

表 4 太白山红桦林最大林隙形成木腐烂等级统计表

Table 4 Decay class structure of maximum gap makers in *B. albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains

腐烂等级 Decay class	A	B	C	D
林隙的个数 No. of canopy gap	7	8	16	10
P/%	17.07	19.51	39.02	24.39

2.7 林隙的直径和高度的比值分布状况

有关研究表明,不考虑不同森林类型林隙高度差异的林隙大小是不能准确度量林隙对其中植被的潜在影响^[17]. 因为大小一致但高度相差甚远的两个林隙中,随着太阳直接辐射的不同,其他环境因子(如水分、温度、土壤营养物质等)也会有差异,必然使其中植物个体的生理生化特性以及整个林隙的更新

表现出差异. 因此, 必须将林隙直径与林隙高度的比值作为森林林隙特征的一个重要方面. 对太白山红桦林群落中冠空隙直

径与高度的比值(d_{CG}/H)和扩展林隙直径与林隙高度的比值(d_{EG}/H)分布情况作图, 见图 1.

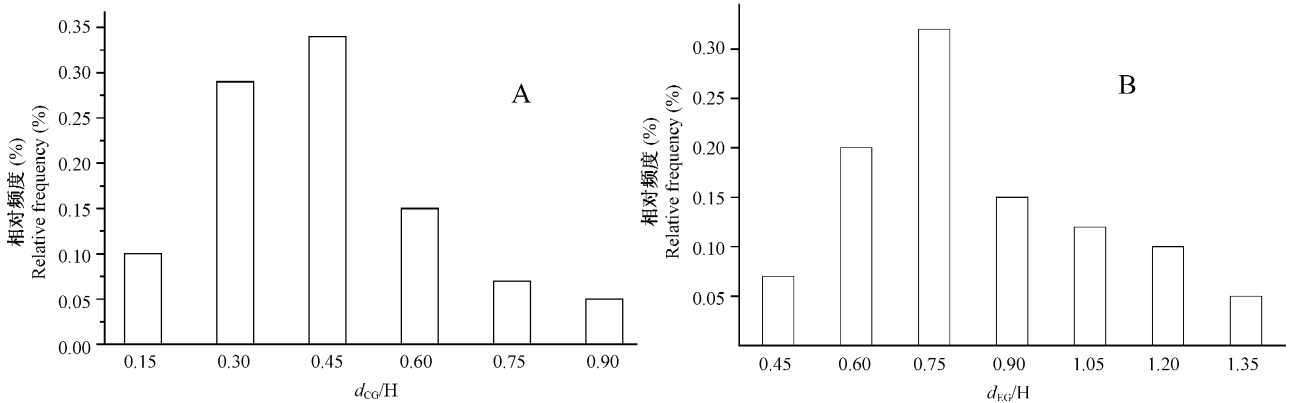


图1 太白山红桦林冠空隙直径与林隙高度的比值(d_{CG}/H , A)以及扩展林隙直径与林隙高度的比值(d_{EG}/H , B)的分布情况
Fig. 1 Ratio distribution of d_{CG}/H (A) and d_{EG}/H (B) in *B. albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains

从图中可以看出, 冠空隙的直径与高度的比值呈单峰型变化, 比值在 0.30 ~ 0.45 的分布最多; 扩展林隙的直径与高度的比值也呈单峰型变化, 比值在 0.60 ~ 0.90 的分布最多.

2.8 林隙内幼树的种类及数量

太白山红桦林可鉴别的 1 ~ 15 a 的乔木树种幼苗在不同

大小林隙内的分布见表 5. 红桦林林冠下幼苗分布较少. 红桦林幼苗在林隙内有较多的分布, 主要集中在桦木属(*Betula*)、槭属(*Acer*)和杨属(*Populus*). 槭属、杨属在林隙内分布较为均匀, 红桦幼苗在林隙内分布不均匀, 在面积大的林隙内分布着多株幼苗, 而小林隙内几乎无幼苗的分布.

表 5 太白山红桦林林隙内幼树的种类及数量
Table 5 Number of saplings in gap of *B. albo-sinensis* forest in the Taibai Mountains

A/m^2	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 140	> 140	Σ
桦木属 <i>Betula</i>	0	3	6	8	12	20	19	28	96
松属 <i>Pinus</i>	1	8	3	2	0	1	0	1	16
槭属 <i>Acer</i>	3	9	6	4	1	0	2	3	28
杨属 <i>Populus</i>	8	5	1	2	0	3	9	1	29
冷杉属 <i>Abies</i>	0	2	0	1	0	1	2	0	6
其它 Others	1	3	0	0	0	1	1	0	6

4 结论与讨论

4.1 林隙的形成方式影响林隙的大小、形状、空间结构^[17,18]. 太白山红桦林中以自然立枯形成的林隙最为普遍, 占到林隙总数的 68.29%. 红桦根系较发达, 随着树龄增大, 主根日益退化, 使得红桦的生理效率降低, 树木对外界因素(风、雪、病虫害)的敏感性增大, 再加上缠绕在红桦的藤本植物猕猴桃、藤山柳、和绞杀植物五味子等作用, 引起红桦树木干枯. 该形成方式和热带雨林的相似, 都是由藤本植物和绞杀植物引起的^[21], 不过在热带雨林中它们起直接的作用, 而在红桦林中藤本植物的作用是间接的. 这种林隙的形成方式对林隙生态环境的影响较小, 形成的林隙面积也较小. 风倒和间伐形成的较少. 因此红桦林林隙的形成与天气变化特别是降雪量有较大的关系. 同样的在阔叶林中, 日本常绿阔叶林以折干为主(50.5%)^[24], 与太白山相比, 主要是受海风的干扰较为严重.

4.2 经过 4 条样线的调查, 太白山红桦林林隙的线密度为 23.5 个/km. 冠空隙总面积为 2 985.5 m^2 , 占整个林分面积的 4.7%, 冠空隙的平均面积为 72.82 m^2 ; 扩展林隙的总面积为 7 563.3 m^2 , 占整个林分面积的 11.9%, 扩展林隙的平均面积为 184.47 m^2 . 表 1、表 2 显示, 红桦林冠空隙的面积在 100 m^2 以下的占到 80.48%, 扩展林隙的面积在 200 m^2 以下的占到

63.42%. 在红桦林中实际林隙和扩展林隙的分布均以小面积为主. 实际林隙的面积小于扩展林隙, 且面积的分布范围较大. 冠空隙和扩展林隙的面积所占的比例比针叶林、温带长白山红松林的要小^[15,23], 与山地常绿落叶阔叶混交林、南亚热带常绿阔叶林面积接近^[14,18]. 红桦林群落中冠空隙直径与高度的比值(d_{CG}/H)和扩展林隙直径与林隙高度的比值(d_{EG}/H)都偏小, 二者比值表示了林隙对于周围林分的开敞程度. 曹子林等研究表明, 边界木树体越高, 优势度越大, 导致光照指数下降^[26]. 光照指数的降低, 温度指数也相应下降, 进而影响地下土壤种子的萌发和幼苗的生长. 红桦林 d_{CG}/H 值偏小, 表现出林隙下光照的不足.

4.3 太白山红桦林林隙多由单形成木形成, 与山毛榉林类似^[24], 其中单形成木占到 63.41%, 每个林隙平均形成木拥有量为 1.51 株. 每个林隙形成木所形成的扩展林隙的平均面积为 121.99 m^2 , 冠空隙面积为 48.15 m^2 . 虽然整个林隙的面积较小, 但与热带雨林、针叶林相比, 每个形成木所占的林隙面积还是较大的. 已报道的其它林型形成木数量往往较多, 以多形成木为主. 如缙云山森林林隙形成木以双形成木较多^[22], 长白山暗针叶林以三形成木较多^[23].

4.4 林隙形成木的种类绝大多数为群落的优势树种红桦、华山松, 它们对于红桦林中林隙中小尺度的干扰事件起着决定性

的作用。不同的树种年生长量不同,但对于红桦这样的纯林或以红桦为优势树种的混交林,以红桦作为判别的标准,太白山红桦林的径级分布在 30 cm 附近的最多,20 ~ 40 cm 的占到总数的 53.23%。这样的红桦年龄在 50 a 左右,即红桦在成活 50 a 以后生命力开始下降,生理效率的降低会加剧病虫害的侵袭的敏感性,这些因素都会加剧树木对外界因素(风、雪等)的敏感性。

4.5 林隙的腐烂等级和林隙年龄的判断是相一致的,但对林隙年龄的判断较为困难,对木芯进行序列分析,用已出现生长释放的年代当作林隙发生年;对于腐烂等级,不同的形成木腐烂速度不同,判断起来也不准确。所以我们将二者结合起来估计林隙的年龄。在红桦林内以 35 ~ 45 a 的林隙和腐烂等级以 C 级的较多,在多形成木的林隙,同一林隙内林隙形成木的腐烂等级多不相同,这说明红桦林下更新速度较慢,无法及时对林隙进行填充,而是周围树木继续死亡以后形成更大的林隙,这可能就是红桦通过林隙更新的机制。

4.6 不同树种对林隙的反应不同,同一树种对大小不同的林隙反应也不相同^[25]。红桦林林冠下幼苗分布较少,而林隙内幼苗分布相对较多,主要集中在桦木属、槭属和杨属,以现有的这些幼苗和幼树,只有红桦能发展成优势群落。从秦岭相应海拔高度的情况看,群落建群种可能是华山松、巴山冷杉、红桦等。在林隙内,红桦幼苗分布相对比较集中,呈不均匀分布,在有双形成木、多形成木形成的面积较大的林隙内分布较多,在小的林隙内红桦幼苗的分布较少。与林隙面积呈显著的正相关性($r = 0.847, P < 0.05$)。红桦为强阳性树种,对光照的要求较高。面积大的林隙内光照较强,有利于它们的发芽和幼苗,红桦幼苗生长较快,发芽后与草本和灌木的竞争能力较强,能较快地占领林冠的上层,发展成优势群落。红桦对林隙表现出强烈的正效应,它的更新是在林隙周围树种继续死亡后,形成大的林隙,形成空间上异质、时间上变动的“流动镶嵌体”斑块,满足红桦幼苗生长的光照条件后才能发展成优势群落。华山松和巴山冷杉的幼苗都较少,对林隙的反应不明显,未表现出能够发展成优势群落的潜力。杨属在林隙内主要是萌蘖幼苗,呈集群分布,和周围植被的竞争能力较弱,生长缓慢,不能迅速占领冠层上部。本文的结果显示,红桦林林隙大小是决定其更新成功和长时间稳定的关键因素。

References

- 1 Fu ZJ (付志军), Guo JL (郭俊理). Preliminary studies of *Betula albo-sinensis* forest in Taibai Mountain. *Acta Phyto Ecol Sin* (植物生态学报), 1994, **18** (3): 261 ~ 270
- 2 李家俊主编. 太白山自然保护区综合考察论文集. 西安: 陕西师范大学出版社, 1989. 141 ~ 158
- 3 Zhu ZC (朱志诚). Stability of the *Betula* forest in the Taibai Mountain of Qinling Mountain range. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), 1991, **9** (2): 169 ~ 175
- 4 Yue M (岳明), Zhang LJ (张林静), Dang GD (党高弟). The relationships of higher plants diversity and elevation gradient in Foping national reserve. *Sci Geo Sin* (地理科学), 2002, **22** (3): 349 ~ 354
- 5 Watt AS. Pattern and process in plant community. *Ecol*, 1947, **35**: 1 ~ 22
- 6 Kneeshaw DD. Canopy gap characteristics and tree replacement in the southeastern boreal forest. *Ecol*, 1998, **79** (3): 783 ~ 794
- 7 Ostertag R. Blowground effects of canopy gaps in a tropical wet forest. *Ecol*, 1998, **79** (4): 1294 ~ 1304
- 8 Whitmore TC. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecol*, 1989, **70**: 536 ~ 538
- 9 Brokaw NV. Gap phase regeneration in a tropical forest. *Ecol*, 1985, **66**: 682 ~ 687
- 10 Runkle. Gap regeneration in some old-growth forest of eastern United States. *Ecol*, 1981, **62**: 1041 ~ 1051
- 11 Runkle. Gap dynamics in an *Ohio acer-fagus* forest and speculations on the geography of disturbance. *Can J For Res*, 1990, **20**: 632 ~ 641
- 12 Runkle. Sapling diameter growth in gaps for *Nothofagus* species in New Zealand. *Ecol*, 1995, **76** (7): 2107 ~ 2117
- 13 Whitmore TC. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecol*, 1989, **70**: 536 ~ 538
- 14 Xi WM (奚为民), Zhong ZC (钟章成), Bi RC (毕润成). The study of edge effect of the forest communities in Jinyun Mountain. *Acta Phytoecol Geobot Sin* (植物生态学和地植物学报), 1993, **17** (3): 232 ~ 242
- 15 Xia B (夏冰), Lan T (兰涛), He SA (贺善安), Deng F (邓飞), Yao G (姚淦). Canopy gaps in subalpine spruce-fir forests of the hills around Bitaihai Lake Yunnan Province. *Plant Resour Environ* (植物资源与环境), 1996, **5** (4): 1 ~ 8
- 16 Wu N (吴宁). Dynamics of forest gaps in subalpine coniferous forests on the eastern of Gongga Mountain. *Acta Phyto Ecol Sin* (植物生态学报), 1999, **23**: 228 ~ 237
- 17 臧润国, 刘静艳, 董大方. 林隙动态与森林多样性. 北京: 林业出版社, 1999. 55 ~ 70
- 18 Liu JY (刘静艳), Wang BS (王伯荪), Zang RG (臧润国). Gap formation and its characteristics in south subtropical evergreen broad-leaved forest. *J Appl Ecol* (应用生态学报), 1999, **10**: 385 ~ 388
- 19 岳明. 佛坪自然保护区的植被. 见: 任毅主编. 秦岭大熊猫栖息地植物. 西安: 陕西科技出版社, 1998. 346 ~ 415
- 20 Foster DR. Disturbance history, community organization and vegetation dynamics of the old-growth Pisgah forest, southwestern New Hampshire. *J Ecol*, 1988, **76**: 105 ~ 134
- 21 Zang RG (臧润国). Research advances of gap regeneration dynamics. *Chin J Ecol* (生态学报), 1998, **17** (2): 50 ~ 58
- 22 Wang ZP (王周平), Li XG (李旭光), Shi SY (石胜友). Forming characteristics of gap in the forest in Jinyun Mountain. *J Southwest China Norm Univ* (西南师范大学学报), 2000, **25** (3): 305 ~ 309
- 23 Yang X (杨修). Gap characteristics and disturbance regime in a dark coniferous forest in Changbai Mountain areas. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2002, **22** (11): 1825 ~ 1831
- 24 Nakashizuka T. Regeneration process of climax beech forests IV: gap formation. *Japan J Ecol*, 1984, **34**: 75 ~ 85
- 25 Liu Q (刘庆), Wu Y (吴彦). Effects of gap size on regeneration of subalpine coniferous forests in northwest Yunnan. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2002, **8**: 453 ~ 459
- 26 Cao ZL (曹子林), Lin SZ (林思祖), Yang M (杨梅), Liu HB (刘洪波). Regression analysis of gap structures and gap ages on light, temperature and humidity in *Castanopsis spach* stand in Wuyi Mountain. *Acta Bot Bor-Occid Sin* (西北植物学报), 2004, **24** (1): 105 ~ 110