

长白山云冷杉针阔混交林 林隙夏季光照特征研究

黄传响¹, 亢新刚^{1*}, 王晶晶¹, 赵浩彦¹, 高延², 冯启详², 王卓晖², 姚景春²

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 吉林省汪清林业局, 吉林 汪清 133200)

摘要: 以长白山云冷杉针阔混交林 3 个不同大小的林隙 (Gap1, 456.2 m², Gap2, 290.2 m² 和 Gap3, 83.9 m²) 为研究对象, 以实际小气候要素 (光照、空气温度、土壤温度和湿度) 观测数据为基础, 对林隙光照强度特征初步分析。结果表明: 光照强度在林隙中央位置、南北和东西方向的时空变化具有差异性, 其中, S-N 方向上的变化幅度大于 E-W 方向。中央位置的光照强度、湿度、空气温度、土壤温度的昼间变化均呈现了不对称的单峰型变化趋势; 林隙内光照强度最大值出现的位置和时间不同, Gap1 光照强度的最高值出现在中央位置附近, 出现时间在 11:00 - 13:00; Gap2 出现在中央位置偏东北附近, 出现时间在 13:00 - 15:00; Gap3 则出现在中央位置偏北附近, 出现时间在 11:00 - 13:00; 林隙光照强度在一天当中的差异程度也不同, 上午和下午差异不显著, 中午以及中午前后时间段上差异显著 ($P < 0.05$)。

关键词: 林隙; 光照强度; 时空分布; 云冷杉林; 长白山

中图分类号: S718.54⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2011)02 - 0312 - 06

Characteristics of Light Intensity in Summer in the Gaps in the Mixed Spruce-Fir Forest in Changbai Mountain

HUANG Chuan-xiang¹, KANG Xin-gang^{1*}, WANG Jing-jing¹, ZHAO Hao-yan¹,
GAO Yan², FENG Qi-xiang², WANG Zhuo-hui², YAO Jing-chun²

(1. The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Wangqing Forestry Bureau, Jilin Province, Wangqing 133200, China)

Abstract: Three gaps of different sizes in the spruce - fir forests in Changbai Mountains were studied, based on continual observation on micro-climate factors, the characteristics of light intensity in different gaps were analyzed. The results indicated that there was time and spatial difference in the light intensity in the gap center, south-north and east-west directions. Meanwhile, the changes in the light intensity was larger in the S-N than those in the E-W. The light intensity, humidity, temperature, soil temperature all exhibited single peak changing tendency in the center of the gaps; the maximum light intensity occurred at different time and in different locations in the gaps. The highest light intensity was near the center for gap1, and the appearing time was 11:00 - 13:00; but the highest light intensity was on the northeast sites near the center and on the north

收稿日期: 2010 - 11 - 10 修回日期: 2011 - 01 - 20

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项课题 (200804027)

作者简介: 黄传响 (1984-), 男, 硕士生, 主要从事森林可持续经营方向, E-mail: chuanxiangh@126.com; * 通讯作者: 亢新刚, 教授, 博士生导师。

sites near the center respectively for gap2 and gap3, and their appearing time was 13:00 – 15:00 and 11:00 – 13:00 respectively. The light intensity changed in the daytime. It changed insignificantly in the morning and afternoon, but significantly around noon ($P < 0.05$).

Key words: forest gap; light intensity; spatial and temporal distribution; spruce-fir forests; Changbai Mountains

林隙最初是由英国学者 Watt 提出,用以表示森林中一株以上冠层乔木死亡后所产生的林中空地或小地段^[1]。林隙在森林更新和演替中扮演着极其重要的角色^[2]。林隙产生增强了干扰生境的异质性^[3-4],在林隙内部,无论是从林隙中央位置到林隙边缘木根基处还是从林地作用层到林冠作用生境都是异质的^[6-10]。林隙异质程度对植物生活史具有决定性作用^[5]。

林隙的出现使地表光照增加,而光是影响植物生长和生存的诸多环境因子中最重要限制因子之一,通过对林隙/林冠下光照状况的观测,分析其时空变化规律,能更好地理解自然更新过程^[11]。国内外对不同气候条件下各物种组成的人工林和天然林林隙内部及周围小气候的时空变化进行了广泛的研究^[12-15]。Chazdon 等^[16]在对美洲哥斯达黎加热带雨林林下光量子监测中发现,一般林下光合有效辐射是全光照的 1% ~ 2%,而在 200 m 地林隙中央位置为 9%,在 400 m 的林隙中央位置则是 20% ~ 35%;臧润国等^[17]通过观测,得出小气候要素在林隙与林内有着明显差异,大小林隙之间也有不同的结论。林隙内的小气候随着林隙形状、面积、纬度及位置的变化而表现出不同的特点。已有研究表明,在林隙的各个特征指标中,林隙面积是最重要的指标^[18]和决定树种组成的关键^[19]。一般认为,林隙面积大则获得光照多^[20],空气和土壤温度也升高,湿度则降低。张一平^[14-15]对西双版纳地区热带林隙的研究中发现,受地方气候、太阳高度和林隙边缘树木的共同影响,形成不同季节、不同时间林隙区域小气候在时间和空间上的差异,最大值区域均存在随时间和季节变化而动态位移的现象。最大值不一定出现在林隙中央位置,而较多地出现在林隙北侧-东北侧林缘处,导致林隙区域光强、地表温度及土壤温度等小气候要素的分布存在空间不对称性。目前,我国在林隙光环境因子的研究主要集中在热带雨林和次生林^[14-15,20],云冷杉林的研究还未见报道。鉴于云冷杉林分在我国森林资源和生态环境建设中的重要地位和作用,本文以长白山云冷杉林林隙为研究对象,初步分析了林隙夏季光照特征,有助于理解林隙对更新等生态学过程,以期以后相关科学研究提供参考。

1 试验地自然概况

本研究地区位于吉林省汪清县金沟岭林场,研究区属长白山系老爷岭山脉雪岭支脉,经营面积为 16 286 hm²。林场地貌为低山丘陵,海拔 300 ~ 1 200 m,坡度 5° ~ 25°,个别陡坡在 35°以上。该区属季风型气候,全年平均气温 3.9 °C, ≥ 10 °C 的积温为 2 144 °C。1 月份气温最低,平均为 -32 °C;7 月份气温最高,平均为 22 °C。年降水量 600 ~ 700 mm,且多集中在 7 月份。早霜从 9 月中旬开始,晚霜延至翌年 5 月末,生长期为 120 d;积雪平均厚度达 50 cm。本区属低山灰化土灰棕壤区,母岩为玄武岩。在海拔 800 ~ 1 000 m 处为针叶林灰棕壤土,河谷是草甸土、泥炭土、沼泽土或冲积土。结构一般为黏壤土类,粒状结构,湿松,根系多,平均厚度为 40 cm。主要乔木树种有长白鱼鳞杉 (*Picea jezoensis* var. *komarovii*)、红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、臭冷杉 (*Abies nephrolepic*)、红松 (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)、椴树 (*T. tuan* Szyszy L.)、色木槭 (*Acer mona* Maxim)、白桦 (*Betula platyphylla* Suk.)、枫桦 (*Ribbed Birch*)、山杨 (*Populus davidiana* Dode.)、蒙古栎 (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) 等;主要下木有忍冬 (*Lonicera ruprechtiana*)、暴马丁香 (*Syringa reticulata*)、卫矛 (*Euonymus alatus*)、榛子 (*Corylus heterophylla*) 等;主要地被物为莎草 (*Cyperus rotundus*)、禾本科草类及少数灌木,如珍珠梅 (*Sorbaria sorbifolia*)、柳叶绣线菊 (*Speraea salicifolia*) 等。

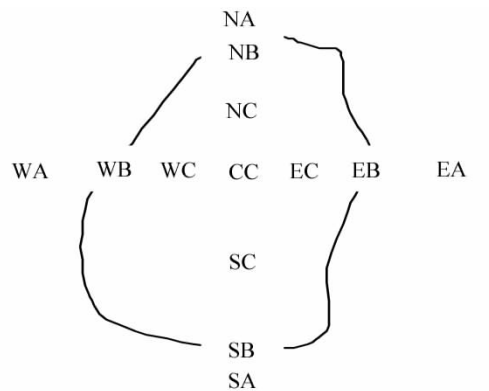
2 研究方法

2010 年 7—8 月对吉林汪清金沟岭林场检查法样地 I 大区 4 小区进行林隙调查,在 4 小区内按海拔由低到高布设 5 条样线,每条样线向左右各拓宽 10 m,形成一条宽 20 m 的样带。样带总长度为 1 000 m,

均匀分布在小区中,样带总面积 2 hm²,占调查区域的 10.0%,符合抽样调查强度要求,共计调查 39 个林隙。本文通过 GIS 软件计算林隙的扩展林隙面积,面积大小 20.3 ~ 560.2 m²,按照林界的范围指数(1.5,1.0,0.5)选取不同林隙大小 3 个林隙(分别记作 Gap1、Gap2、Gap3)作为代表研究。面积分别为 456.2 m², 290.2 m² 和 83.9 m²;林隙内主要树种为槭类、红松、冷杉和其它小灌木等。

2010 年 8 月在林隙内沿南北和东西轴向布设两条观测样线,每条样线上布设 7 个观测点,考虑到边缘效应,观测点为不等距分布,分别在林隙中央位置、实际林缘处、扩展林缘处和实际林缘与林隙中央位置的中央位置处。并在每条样线延伸至林内 15 m 作为林内观测点。林隙 1 和林隙 2 布设 13 个观测点,林隙 3 布设 11 个观测点。观测点的具体分布见图 1,在观测点上进行距离地面 1.5 m 处气温和地下 5 ~ 10 cm 土壤温度测定,每日 07:00 - 17:00 进行观测。空气温度采用 Kestrel4500 袖珍气象追踪仪(美国产)进行观测,土壤温度采用 6300 针式温度计(美国产)观测,人工观测每小时记录 1 次。光照强度采用数字式照度计测量。测量时间为 1 周。

数据处理采用 SPSS(version13.0) 软件进行统计分析。



图中线条表示实际林缘,EA、WA、SA、NA 分别表示东、西、南、北扩展林缘处;EB、WB、SB、NB 分别表示东、西、南、北实际林缘处;EC、WC、SC、NC 分别表示实际林缘与中央位置的中央位置处;CC 表示林隙中央位置。

EA、WA、SA、NA east、west、south、north edge of expanded canopy; EB、WB、SB、NB east、west、south、north edge of canopy; EC、WC、SC、NC center of gap center to east、west、south、north edge of canopy; CC gap center.

图 1 林隙内观测点设置示意图

Fig.1 Location of research sites in gap

3 结果与分析

3.1 林隙因子和光照特征

表 1 林隙基本特征和光照统计表

Tab.1 The basic characteristics and light in different gaps

林隙号 Gap No.	基本特征 Basic characteristics				光照特征 Light characteristics			
	林隙面/m ² Gap area	林隙年龄/a Gap age	冠层高度/cm Height	更新密度/(N · hm ⁻²) Regeneration indensity	最大值/lx Max	最小值/lx Min	平均值/lx Mean	林内/lx Non-gap
Gap1	456.2	22	131	5 392	19 623	328	2 560	646
Gap2	231.2	15	83	6 352	22 633	80	2 210	646
Gap3	83.9	12	65	15 966	17 376	178	1 443	646

林隙基本因子和林内光照特征见表 1,林隙均位于中坡,3 个林隙均为南北方向长、东西方向短。坡度在 5° ~ 10°,海拔在 700 m 左右,林隙内更新树种主要有色木、红松、冷杉和其它小灌木,其中,Gap1 灌木较多,树种种类多于另外两个林隙,Gap2 阔叶树种较多,Gap3 针叶树种较多。从表 1 中可以看出,林隙的光照强度与林隙面积大小存在一定的关系,林隙光照强度平均是林内的 4 ~ 6 倍。

3.2 林隙中央位置光照和温湿度特征

长白山云冷杉针阔混交林林隙昼间光照强度、湿度、空气温度、土壤温度的时空变化见图 2,林隙的中央位置的小气候要素时空变化分布不同,光照和湿度的时空变化在一天当中呈现对称的单峰型分布,空气温度和土壤温度在一天当中呈现不对称的单峰型分布。在 07:00 - 10:00 以前和 15:00 - 17:00 以后,由于太阳辐射较弱,各要素的时空变化均较小,11:00 - 15:00 时间段,各要素的时空变化增大,中午时段,光照强度和湿度分别达到了最高值和最低值,Gap1 光照的最大值为 19 623 lx,湿度为 64%,Gap2 次之,Gap3 的变化幅度最小,原因可能是 Gap3 面积较小,边缘木树冠对光照的遮掩等的影响,导致其太

阳辐射较弱。空气温度和土壤温度的最高值并没有出现在中午时段,而是出现在中午偏后的 13:00 - 15:00 的时间段里,空气温度和土壤温度的最高值分别达到 28.4 °C 和 24.2 °C,这与以往的研究结论相符^[14-15]。林隙中央位置光照的变化幅度为 Gap1 > Gap2 > Gap3。由以上分析可以说明,长白山云冷杉针阔混交林林隙中央位置小气候要素与林隙面积有关,大林隙的各要素的变化幅度大于小林隙,当林隙较大时,各要素的值与旷地相似,当林隙较小时,各要素值与林内相当。

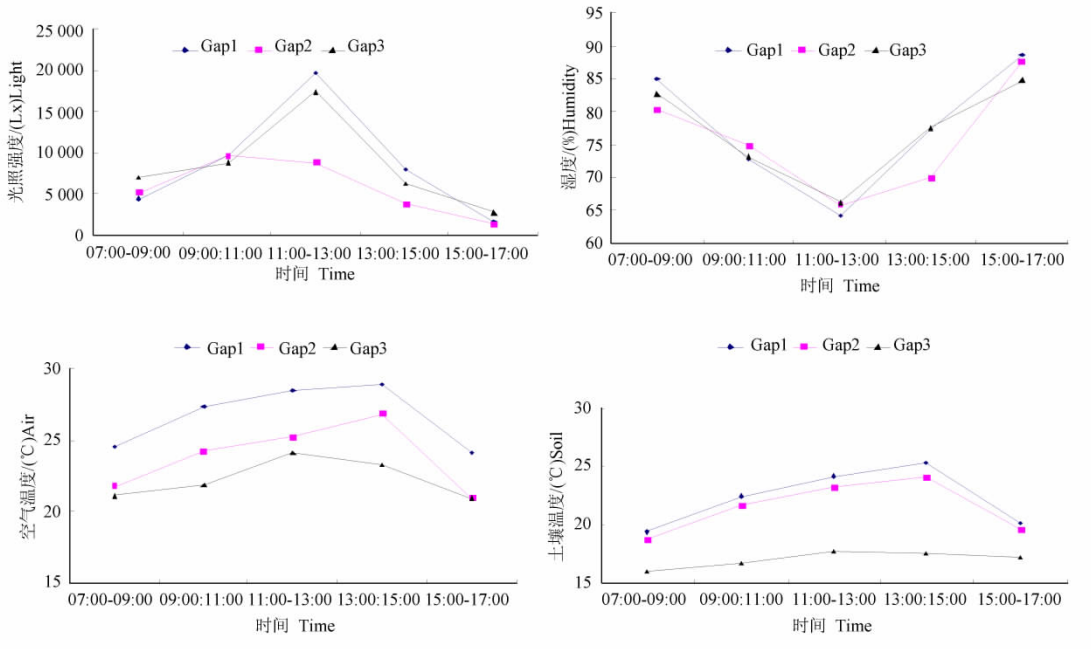


图 2 林隙中央位置光照和温湿度昼间变化

Fig. 2 Daily variations light and temperature-humidity in center of different gaps

3.3 林隙不同方向上光照强度变化特征

3.3.1 林隙南北方向上光照强度变化特征 林隙干扰改变了局部的光照强度,尤其是小林隙的方位角对光照水平的影响。由图 3 可以看出,长白山云冷杉针阔混交林光照强度的在南北方向上的昼间变化也呈现出了单峰型的变化趋势,Gap1 和 Gap3 为对称性,Gap2 为非对称性,07:00 - 09:00 和 15:00 - 17:00 变化幅度较小,中午时间段变化幅度较大。Gap2 光照强度的最高值出现了随着时间的变化位移现象,上午最高值出现在中央位置附近,中午时间移至中央位置偏南附近,下午时间最高值移至中央位置偏北附近。Gap1 光照强度的最大值出现在林隙中央位置,出现时间段为 11:00

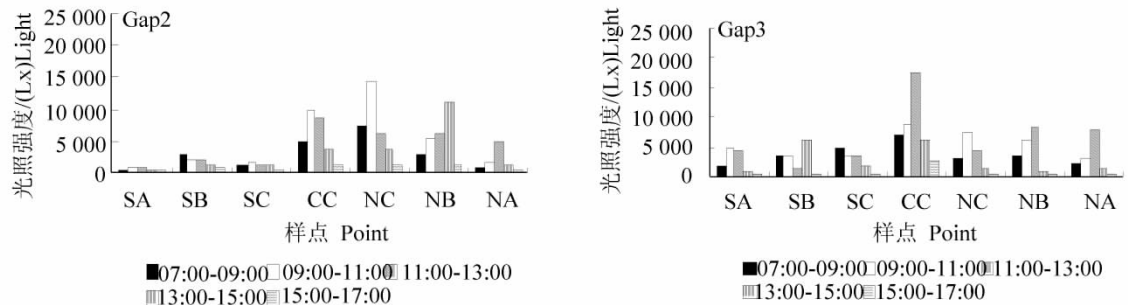


图 3 林隙南北方向上光照强度昼间变化

Fig. 3 Variation of light intensity along south-north in different gaps

- 13:00,且中央位置的变化趋势较显著。Gap2 光照强度的最大值出现在 NC(中央位置偏北)的位置,在 09:00 - 11:00 出现,Gap2 光照强度在南方向上的一天当中的值较低,远低于相同条件下其它位置的光照强度,原因可能是 Gap2 在南林边缘木的高度相对较高,树冠层阻挡了太阳的一部分辐射。Gap3 光照强度的变化与 Gap1 相似,最大值出现在林隙中央位置位置和中午时间段。

3.3.2 林隙东西方向光照强度变化特征

由图 4 可以看出,长白山云冷杉针阔混交林林隙内光照强度在东西方向上也呈现了单峰型的变化趋势,Gap1 和 Gap3 为对称性,Gap2 为非对称性。光照强度在东西方向上的变化幅度小于南北方向,且光照强度的值在一天当中比较小,林隙在 09:00 - 11:00 的变化幅度大于 15:00 - 17:00,15:00 - 17:00 光照强

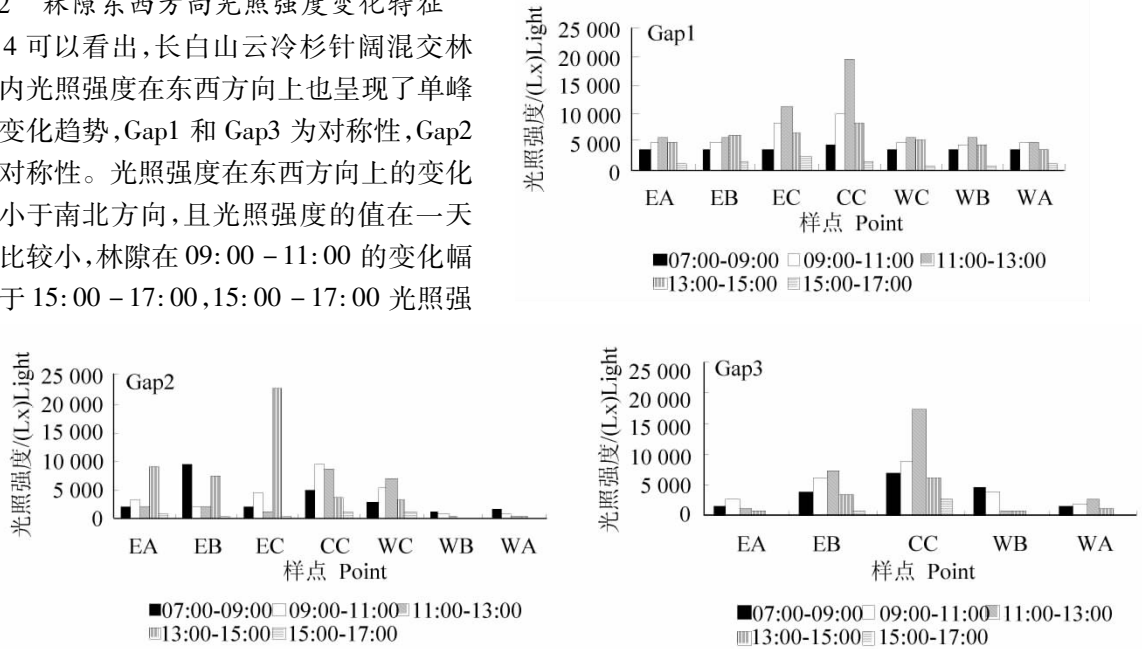


图 4 林隙东西方向光照强度昼间变化

Fig. 4 Variation of light intensity along with east - west in different gaps

度很小,几乎接近林内。Gap1 光照强度在东西方向上的最大值出现在林隙中央位置,出现时间为 11:00 - 13:00,中央位置偏东的位置(EC) 相对其它样点来说较高,出现时间也在 11:00 - 13:00,上午时间段,光照强度变化较为缓和,各样点数值相差不大; Gap2 光照强度在东西方向的最高值也出现了位移的现象,上午偏东缘处,中午在中央位置偏东附近,上午时间段,最大值出现在中央位置偏东缘处,出现时间在 07:00 - 09:00,11:00 - 13:00,最大值出现在中央位置附近,13:00 - 15:00,最大值出现在中央位置偏东附近,且 Gap2 光照强度在 WA 处的值较小,几乎接近林内; Gap3 的光照强度变化趋势与 Gap1 相近,最大值出现在中央位置附近,出现时间段均为 11:00 - 13:00,但光照强度的数值明显比其它两林隙的值小,除去中央位置之外,东西方向上差异不显著。原因可能是,当林隙面积较小时,周围边缘木的树冠层遮挡了太阳辐射,各个样点几乎和林内处于同一水平,变化幅度不大。

4 结论与讨论

林隙作为经常发生的小规模干扰,是森林生态系统得以长期维持的重要驱动力之一,其中,光环境的改变增强了林隙内环境异质性,也为新物种的确立、提高物种的生长力等提供了有利条件。而不同大小林隙内光照强度的差别对下层植被格局有着重要的影响,林隙内光照强度水平分布格局对更新幼苗幼树的格局分布也具有重要的影响。

本研究表明,林隙中央位置的光照强度、温湿度的昼间变化呈现了不对称的单峰型变化趋势。Gap1 光照强度最高值和湿度指数的最低值出现在 11:00 - 13:00,而空气温度和土壤温度的最高值出现在 13:00 - 15:00,Gap2 各要素的变化趋势与之相似,Gap3 的光照强度的最高值和湿度指数的最低值分别在 09:00 - 11:00 和 11:00 - 13:00,空气温度和土壤温度最高值出现 11:00 - 13:00。

长白山区云冷杉针阔混交林不同大小林隙内光照强度的水平空间分布差异显著,一般认为,太阳辐射随着林隙面积的增大而增强,但在林隙内不同位置,其增幅有所不同。从林隙内光照强度的昼间变化可以看出,在南北和东西方向上均出现了单峰型变化趋势,南北方向上的变化幅度大于东西方向,林隙内光照强度的最高值一般不是出现在林隙中央位置,而是出现在中央位置偏某一处,综合分析可以看

出, Gap1 光照强度的最高值出现在中央位置附近, Gap2 出现在中央位置偏东北附近, Gap3 出现在中央位置偏北附近, 这与张一平、陈小梅等^[14-15]研究的结果基本相符, 说明云冷杉针阔混交林与热带雨林、次生林具有相似性, 云冷杉林内的林隙多为小林隙, 主要是由采伐形成, 受面积因素影响, 其光照强度及异质性程度明显低于大林隙, 但光强仍高于林内。鉴于条件有限, 本次研究只选择3个林隙作为研究对象, 研究内容只涉及到水平空间分布, 在以后的研究中, 对于环境要素的垂直空间分布以及结合更新因子的研究是今后研究的重要方向。

参考文献:

- [1] Watt A S. Pattern and progress in the plant community [J]. *Journal of Ecology*, 1947, 35: 1 - 7.
- [2] Plant W J, Strong D R. Special feature - gaps in canopy ecology [J]. *Ecolog*, 1989, 70(3): 535.
- [3] Cornel J H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs [J]. *Science*, 1978, 199: 1302 - 1310.
- [4] Denslow J S. Tropical rain forest gaps and tree species diversity [J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1987, 18: 431 - 451.
- [5] 班勇. 自然干扰与森林林冠空隙动态 [J]. *生态学杂志*, 1996, 15(3): 43 - 49.
- [6] Evans G C. Ecological studies on the rain forest of Southern Nigeria: The atmospheric environmental conditions [J]. *Journal of Ecology*, 1939, 27(4): 36 - 182.
- [7] Hill R D. Microclimatic observations at Bukit Timah forest reserve [J]. *Singapore. Malayan Forester*, 1966, 29(7): 78 - 86.
- [8] Fetcher N, Oberbauer S F, Strain B R. Vegetation effects on microclimate in lowland tropical forest in Costa Rica [J]. *International Journal of Bio - meteorology*. 1985, 29(5): 145 - 155.
- [9] Pinker R. The microclimate of a dry tropical forest [J]. *Agricultural Meteorology*, 1980, 22(7): 249 - 265.
- [10] Raieh J W. Seasonal and spatial variation in the light environment in a tropical dipterocarp forest and gaps [J]. *Bio - tropica*, 1987, 21(3): 299 - 302.
- [11] Yirdaw E, Luukkanen O. Photosynthetically active radiation transmittance of forest plantation canopies in the Ethiopian highlands [J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, 18(8): 17 - 24.
- [12] Wright E F, Coates K D, Bartemucci P. Regeneration from seed of six tree species in the interior cedar - hemlock forest of British Columbia as affected by substrate and canopy gap position [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1998, 28(2): 1352 - 1364.
- [13] Bartsch N. Element release in beech (*Fagus sylvatica* L.) forest gaps [J]. *Water Air and Soil Pollution*, 2000, 12(2): 3 - 16.
- [14] 张一平, 刘玉洪, 马友鑫, 等. 西双版纳热带次生林林窗干热季气温分布特征的初步分析 [J]. *植物资源与环境*, 1999, 8(2): 7 - 12.
- [15] 张一平, 马友鑫, 刘玉洪, 等. 哀牢山北部常绿阔叶林林窗小气候空间分布特征 [J]. *北京林业大学学报*, 2001, 23(4): 80 - 83.
- [16] Chazdon R L, Pearcy R W. The importance of sunflecks for forest understory plants [J]. *Bioscience*, 1991, 4(1): 760 - 766.
- [17] 臧润国, 刘静艳, 辛国荣. 南亚热带常绿阔叶林林隙小气候初步分析 [J]. *植物生态学报*, 1999, 23: 123 - 129.
- [18] 胡理乐, 朱教君, 谭辉, 等. 一种测量林窗面积的改良方法: 等角椭圆扇形法 [J]. *生态学杂志*, 2007, 26(3): 455 - 460.
- [19] McCarthy J. Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forests [J]. *Environmental Review*, 2001, 9: 1 - 59.
- [20] 陈梅, 朱教君, 闫巧玲. 辽东山区次生林不同大小林窗光照特征比较 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19(2): 2555 - 2560.