

文章编号: 1004-4965 (2000) 04-0374-06

西双版纳雾凉季次生林林窗光照特征初步分析

张一平, 王进欣, 刘玉洪, 马友鑫, 李佑荣

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘 要

利用西双版纳雾凉季次生林林窗光照观测资料, 探讨了林窗光照的时空变化特征。结果表明: 由于天气现象(浓雾)和林窗树木的共同影响, 林窗区域光强存在明显的差异; 受浓雾影响的上午, 光强的时间变化及水平梯度均不明显; 11 时后雾散日出, 在太阳辐射的影响下, 各测点光强均迅速上升, 尤以林窗偏东侧林缘最为突出; 中午的平均光强最大区域由林窗中心向东北侧林缘移动; 但在林窗偏西侧, 受树木遮蔽影响, 光强增加较小, 形成平均光强的低值区, 使得中午林窗区域光照强度呈现显著的不对称性, 同时造成光强水平梯度增大; 下午由于太阳西进, 林窗区域均受到树木遮蔽影响, 光强降低, 水平梯度变化趋于和缓。研究结果可为探讨林窗演替、更新机制及林窗生物多样性研究提供参考。

关键词: 林窗; 光照; 次生林; 热带; 西双版纳

中图分类号: P422.12

文献标识码: B

1 引 言

自 80 年代始, 与生态学研究的核心问题群落演替更新密切相关的小尺度林窗干扰(canopy gap disturbance)成为研究的热点。

林窗作为群落演替更新的起始地, 其大小和环境的变化程度决定林窗发展的方向和速度, 并且林窗的更新状况直接影响到顶级森林的结构、种类组成和种群动态。对世界范围内的各种森林类型的更新和演替均有重要的作用^[1], 而在热带雨林中的作用更加显著和重要^[2], 因此国内外学者十分重视林窗的研究。其中林窗及周边热力特征的变化对森林生态环境异质性的影响是目前学者研究重要方向之一^[3~6], 国内已有一些研究^[6~10], 但林窗与环境关系的研究尚不多^[10, 11]。

光照是植物进行光合作用并赖以生长的前提条件, 是影响热带雨林木下植物生长生存的众多环境因子中最常遇到的限制因子, 影响着树种更新^[12], 林窗的发生导致更多的光到达林地表面, 这对热带森林的演替和更新将有重大影响^[13], 林窗内地表面温度、近地层温度等热力特征也发生相应的变化^[14], 光照环境和热力特征的改变将影响土壤理化性质、营养元素分解、土壤微生物活性等

收稿日期: 1999-09-27; 修订日期: 2000-04-17

基金项目: 中国科学院“院长基金”, 云南省自然科学基金项目(98C098M), 中国科学院“九五”重点项目(KZ95Z-S1-101)和人事部“非教育系统留学回国人员科技活动择优资助经费”资助项目的部分研究成果

作者简介: 张一平(1957-), 男, 云南省人, 研究员, 博士, 主要研究生态气候、森林气象、城市气候。

的变化, 最终影响到林窗及周边各生物学过程的变化^[16~17]。

本文根据 1999 年 1 月西双版纳地区次生林林窗小气候观测资料, 对林窗光照特征进行初步分析, 旨在为探讨林窗小气候形成机制及其对林窗生物多样性的影响等提供科学依据。

2 样地概况及研究方法

2.1 样地概况

西双版纳位于云南省南部, 终年受西南季风控制, 属热带季风气候, 一年中有干热季(3~4 月)、湿热季(5~10 月)和雾凉季(11~2 月)之分^[18]。在雾凉季, 晴好天气时, 雾浓且维持时间长, 从夜间 22: 00 之后, 浓雾逐渐生成, 直至上午 11: 00 以后才逐渐消散, 有时甚至可以维持到中午 13: 00。

本次观测的样地设在中科院西双版纳热带植物园的次生演替研究长期试验地内(21° 54' N, 101° 46' E, 海拔 580 m)。原生植被为热带季节性雨林, 现为刀耕火种 1970 年撂荒后恢复起来的次生林, 林冠季相变化以干热季稀疏, 雨季后期和雾凉季初密集; 群落高度 10~16 m, 枝下高 8~12 m, 平均胸径 7.5~8.5 cm。乔木层主要有白背桐(*Mallotus paniculatus*)、大叶藤黄(*Garcinia xanthochymus*)、川楝(*Melia toosenden*)等; 灌木层主要有狭叶楠木(*Phoebe lanceolata*)、窄序岩豆藤(*Millettia leptobotrya*)、笔官榕(*Ficus superba* var. *japonica*)、潺槁木姜子(*Litsea glutinosa*)等; 层间植物主要有爪哇下果藤(*Gouania javanica*)等; 草本植物及幼苗层主要有马唐(*Digitaria sanguinalis*)、竹叶草(*Oplismenus compositus*)^[19]等。土壤为砖红壤。

2.2 研究方法

本文所选择的林窗(图 1)形成于 1993 年, 观测前对林窗内的植物进行了清伐。图 1 中的内圈线为实际林窗边缘(林缘树冠垂线处), 外圈线为扩展林窗边缘(林缘树干处)。该林窗为南北向长(约 12 m), 东西向短(约 8 m)的长型林窗, 实际林窗面积约 51 m²; 扩展林窗面积约 199 m²。北侧和东北侧的林冠冠幅较大(约 5 m), 其他各侧冠幅较小(约 1~3 m), 1 月为西双版纳雾凉季, 枝叶仍茂盛。

在林窗中沿南-北向、东北-西南向、东-西向、东南-西北向设置的 4 条观测样线, 每条样线设置 7 个观测点, 考虑林窗边缘效应的作用, 观测点为不等距分布, 分别位于林窗中央、林窗边缘树冠冠缘垂直投影处, 林缘乔木根基处、林内。观测于 1999 年 1 月 22~27 日进行; 在正点使用 JD-3 数字照度计(上海嘉定学联仪表厂)观测光照强度; 观测期间天气晴好。以下分析中林内点为 4 方位林内观测值的平均值。

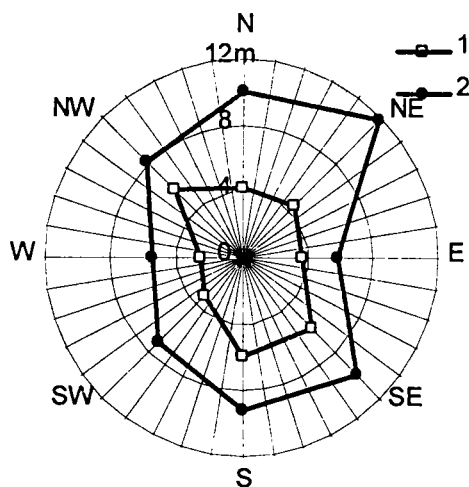


图 1 次生林林窗轮廓

Fig1 The out-line of secondary forest gap.

1.林窗边缘 The edge of gap;

2.扩展林窗边缘 The edge of extended gap.

3 结果与分析

3.1 林窗中央、林缘、林内光照强度对比

林窗中央和林内光照强度时间变化曲线为单峰型(图 2), 上午 8 时以后太阳虽已升起, 但因受雾的影响, 太阳辐射较弱, 光强变化较平缓, 数值较低; 雾消散后, 12~13 时光强迅速升高。但是林窗中央的变率较大, 可达 $(3.02 \times 10^4 \text{ Lux/h})$, 约为林内 $(0.082 \times 10^4 \text{ Lux/h})$ 的 36.8 倍; 林窗中央和林内的光照强度均于 13 时达峰值, 林窗中央的最大值为 $4.46 \times 10^4 \text{ Lux}$, 而林内仅为 $0.22 \times 10^4 \text{ Lux}$, 不足林窗中央的 1/20; 其后(13~14 时)光强又迅速下降, 林窗中央的变率为 $3.84 \times 10^4 \text{ Lux/h}$, 林内为 $0.16 \times 10^4 \text{ Lux/h}$, 林窗中央与林内比值为 20。14 时后林窗中央和林内的光强变化又趋于和缓。

林缘各测点光强变化趋势与中央相似, 均为单峰型(图略)。但由于各测点受太阳辐射影响不同, 造成光强变化的最大值出现在林窗东北侧(图 3 a, b), 特别是雾消散后的 13 时, 其值最大。

由以上分析可知, 在雾凉季林窗区域光照强度最大值均在中午出现, 以东北侧的光强数值最大, 这可能是造成热带次生林林窗温度最高区域出现在林窗东-东北侧^[11]的原因之一。

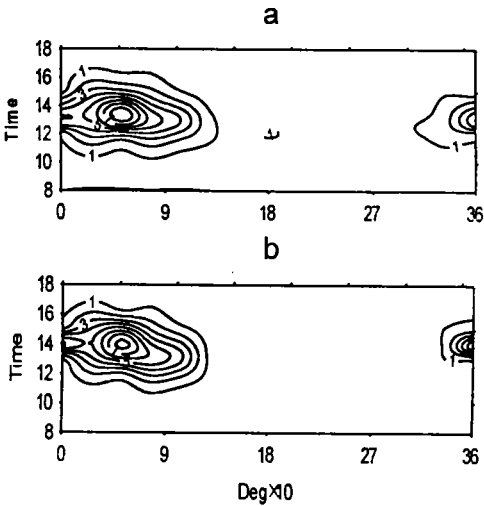
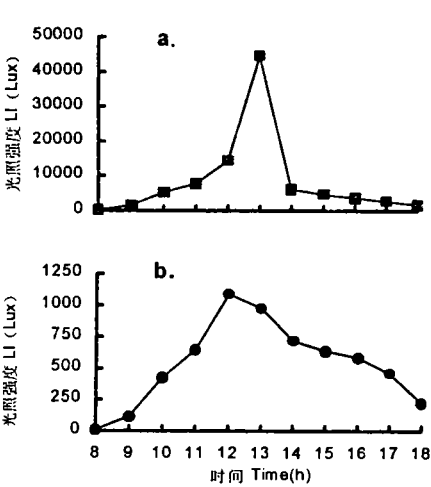


图 2 雾凉季(晴天次生林林窗中央、林内光照强度时间变化 a. 中央; b. 林内。

Fig.2 Temporal variation of light intensity (LI) of the center in secondary forest gap in clear day in foggy-cool season. a. the center; b. the interior.

图 3 雾凉季晴天次生林林窗不光强时间变化 a. 实际林窗边缘; b. 扩展林窗边缘 (10^4 Lux)。

Fig.3 Temporal variation of light intensity(LI) of the gap in clear day in foggy-cool season. a. the edge of gap; b. the edge of extended gap.

3.2 林内相对光照强度时间变化特征

从林内相对光强 ($RLI = \text{林内光强} \times 100 / \text{林窗中央光强}$, %) 时间变化(图 4)可见, 晴天林内相对光强的日变化值远小于林窗中央。上午变化较小, 相对光强约在 9.6 % ~ 7.6 %, 中午虽然雾散日出, 但是在太阳高度角最高时(13 时)的相对光强达最低(5.1 %); 随着太阳高度角的降低, 相对光强逐渐增加, 于 17 时达最大(15.6 %)。其原因是: 早晚时刻随太阳高度角的降低日光中直射光比重减小, 散射光比重增大, 散射光较直射光容易进入林下, 造成林内相对光强较大。

3.3 林窗各测点相对光强非对称性特征

林窗各测点的相对光强(各测点光强 $\times 100$ /林窗中央光强,%) (图5)为: 上午(8~11时)较小($RLI \leq 100\%$), 下午(16~20时)次之, 而中午(12~15时)差异最大, 最大相对光强分别可达(1794%, NE2)(1419%, NE1)(636%, E2)(270%, E1)(1111%, N2)(502%, N1); 另外, 林窗各测点与中央相对光强的区域分异十分显著, 特别是中午的分异最为明显, 表现为不对称性分布。东侧林缘、北侧林缘和东北侧林缘相对光强变化上、下午变化和缓, 中午变化显著, 光强大于林窗中央($RLI > 100\%$); 西北边缘、西侧林缘、南侧林缘、西南侧林缘和东南侧林缘的相对光强时间变化趋势与林内(图4)相近; 并且光照基本上小于林窗中央($RLI \leq 100\%$), 其最小值出现在遮蔽程度较高的南侧扩展林窗边缘, 光照强度仅为林窗中央的3.7%。相对光强的如此变化, 乃是由于西双版纳地区雾凉季上午雾较浓, 消退时间晚(约在11时以后), 上午光照强度的时间变化均较小; 在中午, 林窗偏东侧受日照相对较多, 光强较大, 大于林窗中央, 并出现较大的相对光强, 甚至可达林窗中央的17.9倍; 与之相反, 偏西侧虽然有太阳辐射, 但是受到树木的影响, 处于荫蔽之中, 光强较小, 低于林窗中央, 且出现相对光强的最小值; 下午太阳西沉, 林窗区域由于树木遮蔽影响, 各测点间光强的差异和时间变化均减小, 相对光强向100%趋近。

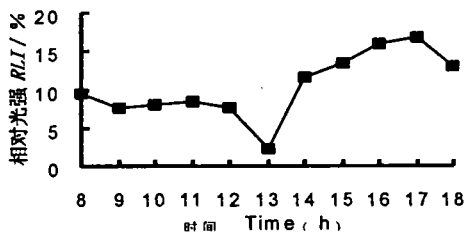


图4 雾凉季(1月)晴天次生林林内相对光强时间变化

Fig.4 Diurnal variation of relative light intensity (RLI) in secondary forest in clear day in foggy-cool season.

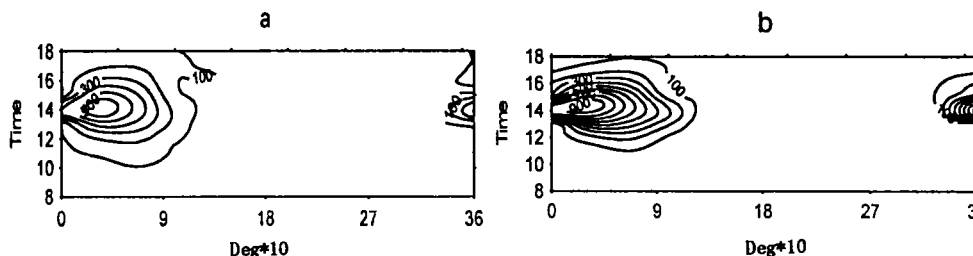


图5 雾凉季晴天次生林林窗不同方位相对光强时间变化 a. 实际林窗边缘; b. 扩展林窗边缘。

Fig.5 Temporal variation of relative light intensity (RLI) of the gap in secondary forest on 8-azimuth in clear day in foggy-cool season. a. the edge of gap; b. the edge of extended gap.

3.4 平均光强水平分布特征

分别统计了各测点上午(8~11时)、中午(12~15时)和下午(16~20时)的平均光强, 其水平分布特征如图6所示。可见: 上午由于大雾笼罩, 没有直接辐射, 林窗区略高于林内, 虽然林窗中心的平均光强为最大, 但光强水平梯度不明显(图6a); 11时后雾散日出, 中午林窗地面受太阳辐射影响, 各测点光强均迅速上升; 并且随着太阳的西进, 太阳直接辐射主要集中在林窗偏东侧, 在林窗东侧-东北侧林缘增值最为突出(图3), 造成光强均值最大值由林窗中心区(图6a)向东北侧林缘移动(图6b), 以林窗东北侧林缘为最大, 但是偏西侧受树木遮蔽影响, 光强增加较小(图3), 形成平均光强的低值区; 使得中午林窗区域光照强度呈现显著的不对称性, 同时光强的水平梯度趋于明显; 下午由于太阳偏西, 太阳辐射受树木遮蔽, 林窗内的日照减少, 光强降低, 虽然光强均值的最大区域仍在林窗东北侧林缘, 但水平梯度已趋于和缓(图6c)。

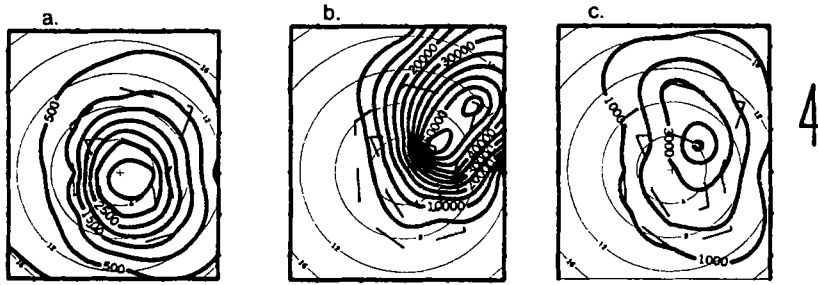


图 6 雾凉季晴天次生林林窗光照强度均值水平分布 (Lux) a. 上午; b. 中午; c. 下午。

Fig.6 The horizontal distribution of Mean light intensity of the gap in secondary forest in clear day in foggy-cool season. a. A.M; b. Noon; c. P.M.

4 小结与讨论

在西双版纳雾凉季, 由于区域性天气现象(浓雾)和林窗树木的共同影响, 造成上午林窗各测点的光强差异较小; 随着雾消日出, 中午林窗地面受到太阳辐射的影响, 光强迅速升高, 且以受太阳直接辐射影响最大的林窗东北侧林缘最显著, 形成光强最高值区域, 同时也造成较大的光强水平梯度; 下午由于太阳西进, 林窗地面受树木遮蔽影响, 光强下降, 虽然光强值最大区域仍在林窗东北侧林缘, 但水平梯度变化已趋于和缓。如此看来, 在西双版纳雾凉季作为林窗主要热力作用面之一的林窗地表面, 在不同时段其最大光照的数值和出现区域均存在较大差异, 使得林窗区域的光强分布存在时间差异和空间不对称性, 如此的光强分布势必造成林窗不同区域热力作用的差异, 进而导致林窗区域热量传输和热量储存的不同, 产生不同的热力效应。众所周知, 种子萌发, 幼苗生长、发育, 植物的分布等均与光照和温度有着密切关系, 本研究所得的光照最大区域出现在林窗边缘的结果, 为解释林窗边缘生物多样性指数最大的现象^[10]和热带林窗最热区域中午、下午出现在林窗东-东北侧边缘的结果^[11], 在光照条件方面提供基础。另外, 光照对林窗热力作用的影响机制是林窗小气候形成的物理基础, 受到林缘冠层结构、林缘乔木高度 (H) 与林窗直径 (D) 之比 (H/D)、太阳高度角、方位角、天气状况, 地表面状况等的影响, 对此进行更深入的研究将是今后的重点。

参 考 文 献

- [1] PLATT W J, STRONG D R. Special feature-gaps in canopy ecology[J]. *Ecology*, 1989, 70: 535.
- [2] DENSLOW J S. Gap partitioning among tropical rain canopy trees[J]. *Bio-tropica* (supplement), 1980, 12: 47~55.
- [3] SHARPE P J H, WALKER J, PENRIDGE L K, et al. Spatial consideration in physiological models of tree growth. tree[J]. *physiology*, 1986, 2: 403~421.
- [4] THIERY J M, HERBES J M, VALENTIN C. A model simulating the genesis of banded vegetation patterns in Nigger[J]. *Journal of Ecology*, 1995, 83: 497~507.
- [5] BRESHEARS D D, MYERS O B, JOHNSON S R, et al. Differential use of heterogeneous soil moisture by two semiarid woody species, *Pinus edulis* and *Juniperus monosperma*[J]. *Journal of Ecology*, 1997, 85: 289~299.
- [6] 夏为民, 钟章成. 林窗植被研究进展[J]. 西南师范大学学报, 1992, 17 (2): 265~274.
- [7] 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.
- [8] 臧润国, 徐化成. 林窗干扰研究进展[J]. 林业科学, 1998, 34 (1): 90~98.
- [9] 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.

- [10] 安树青, 洪必恭, 李朝阳, 等. 紫金山次生林林窗植被和环境的研究[J], 应用生态学报, 1997, 8 (3): 24.
- [11] 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.
- [12] CHAZDON R L, FETCHER N. Photosynthetic light environments in a lowland tropical rain forest in Costa Rica [J]. *Journal of Ecology*, 1984, 72: 553~564.
- [13] HARTSHORN G S. Tree falls and tropical forest dynamic[A]. TOMLINSON P B, ZIMMERMAN M H. (Eds.). *Tropical trees as living systems*[C], Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1986. 617~638.
- [14] CANHAM C D et al. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests[J]. *Can. J. Forest Res.*, 1990, 20: 620~631.
- [15] AUGSPURGER C K. Light requirements of neo-tropical tree seeding: a comparative study of growth and survival [J]. *Journal of Ecology*, 1984, 72: 777~795.
- [16] CANHAM C D. Growth and canopy architecture of shade-tolerant tree: Response to canopy gaps [J]. *Ecology*, 1988, 69: 786~795.
- [17] BROWN N. The implications of climates and gap microclimate for seeding growth condition in a Bornean lowland rain forest [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1993, 9: 153~168.
- [18] 张克映. 滇南气候的特征及其形成因子的初步分析[J], 气象学报, 1966, 33: 210~230.
- [19] 唐建维, 张建侯, 宋启示, 等. 西双版纳热带次生林生物量的初步研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22: 489~496.

A PRELIMINARY STUDY ON THE SUN-SHINE CHARACTERISTICS OF THE SECONDARY FOREST GAP IN XISHUANGBANNA IN FOGGY-COOL SAESON

ZHANG Yi-ping, WANG Jing-xing, LIU Yu-hong, MA You-xin, LI You-rong

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS 650223, China)

Abstract

Light intensity measurements in the tropical secondary forest canopy gap were conducted in Xishuangbanna, Yunnan, in January 1999 (foggy-cool season). On the basis of this measurement, spatial-temporal variations of light intensity on 8 azimuth in the secondary forest canopy gap were discussed. The results indicated that: Because of the influence of Condition of foggy environment and the tree, the light intensity is significant different in the gap, showing that temporal and spatial-temporal variation of light intensity is not significant in the morning in the study site; after the fog lifting, due to the influence of radiation, the light intensity significantly increase on all sites, the second-east edge of gap is dominant; the maximum mean value of light intensity was shifted to the North-east edge, on the other hand, because of the influence of shade of the edge-arbor, second-west sites light intensity mildly increase, becoming source of low light intensity. Asymmetry of light is significant in the gap at noon. At the same time, horizontal gradient becomes significant. With the sun moved westward, because of the influence of the shade of tree at the edge of gap, spatial variation of light intensity is not significant in the study site. This result will provide references of studying forest dynamic and bio-diversity.

Key words: gap; characteristics of sun-shine; secondary forest; tropical; Xishuangbanna