

# 西双版纳人工林林窗光照剖面分布特征

王进欣 张一平 马友鑫 刘玉洪 李佑荣 段文平

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

**摘要:** 以林窗北缘为中心, 研究了西双版纳地区橡胶林林窗及周边 N-S 样带上光照水平梯度分布。结果表明: 林窗的发生导致光照明显增加, 从林内到林窗中央, 光强呈明显增大趋势, 上午雾未消退时, 相对光照强度水平梯度变化曲线峰值出现于林窗中央, 午后雾消退后, 林窗边缘为相对光强梯度变化最甚的地段, 峰值由林窗中央向林窗北缘移进。林窗边缘、林窗中央及林内光照强度日变化曲线均为不对称的单峰型, 但峰值出现时间和振幅不同。在太阳高度角、方位角、天气状况、林窗边缘乔木高度(H)与林窗直径(D)之间(H/D)、林缘乔木冠层结构等的影响下, 林窗及不同方位边缘的光照状况差异很大。光照的影响范围从林窗北缘深入至林内 12 m, 林窗南缘深入至林内 8 m, 林窗边缘侧光随深入林内的距离呈指数递减。西双版纳多雾的环境条件对林窗及周边相对光照强度的影响不容忽视。晴天林内透光率日变化曲线呈倒 Z 字型, 林窗边缘及林窗中央相对光照强度日变化曲线为 M 字型, 均在早晚出现峰值。

**关键词:** 人工林; 林窗; 光照强度; 时间变化; 水平分布

**中图分类号:** S718.51<sup>+</sup>2.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)01-0027-04

**Linear character of the sunshine of the gap in the artificial forest in Xishuangbanna** WANG Jing-xing, ZHANG Yi-ping, MA You-xin, LIU Yu-hong, LI You-rong, DUAN Wen-pin (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(1): 27~30

**Abstract:** Taking the north-edge of gap as a central point, the character of temporal and spatial distribution of sunshine were studied along sample line from the interior of forest to the center of gap in rubber forest in dry season in Xishuangbanna. The results indicated that creation of gaps result in significantly increasing of sunshine. The sunshine in day was the open > the center > the interior, When the clouds did not disappear and the fog did not lift, the maximum value of horizontal variation of relative light intensity (RLI) occurred in the center of gap. After the clouds disappearing and the fog lifting, variation of RLI was significant at the edge of gap, at same time, the maximum value was shifted to gap-edge. The curve of diurnal variation of the light intensity (LI) is left-leaning single-peak, but degree of respective variation is different. Because of the influence of the angle and the azimuth of the sun, weather, the ratios of height of edge-arbor to diameter of gap and canopy structure of edge-arbor, the condition of sunshine of gap and its edge is significant. Gap influences extent on light was up to 12 m and 8 m into forests from the edge of north-facing and south-facing direction. Light from gap-edge extending into the interior decrease according to index curve; Condition of foggy environment have a significantly influence on LI of gap and its edge; Curve of the diurnal variations of transmission rate of the interior was in the shape of "Z" in clear day. Curve of the diurnal variations of RLI of the center and the gap-edge was in the shape of "M" in clear day, peak value all occurred in morning and evening.

**Key words:** the artificial forest; gap; light intensity; temporal variation; horizontal distribution

光是影响热带雨林植物生长和生存的诸多环境因子中最常遇到的限制因子, 是森林演替过程中影响树种更新的重要因子<sup>[1]</sup>, 林窗的发生导致光照的增加, 地表面温度、近地层温度等热力特征也发生相应的变化<sup>[2]</sup>, 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、土壤微生物活性等的变

**收稿日期:** 1999-09-27

**基金项目:** 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)的部分研究结果

**作者简介:** 王进欣, 男, 1971年11月生, 硕士, 主要从事森林生态研究。

化,最终影响到林窗及周边各生物学过程的变化<sup>[3~8]</sup>。

人工单层胶林郁闭林地内光强的水平分布除受林间空隙均匀分布影响外还受林窗边缘侧光的影响,林窗的产生不仅增加林窗内的光照,而且可增强林窗边缘的侧光效应,提高林窗周边橡胶-茶-咖啡人工群落的光能利用率。本文根据西双版纳橡胶林林窗及周边小气候观测资料探讨林窗及周边光照水平变化及影响范围,为热带资源综合利用及胶园持续生产提供科学依据。

## 1 样地概况及研究方法

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<sup>[9]</sup>。在西双版纳,雾浓且维持时间长,从夜间22:00起,地区处于浓雾之中,直到11:00以后才逐渐消散,有时甚至可以维持到13:00。

本次观测的样地设在中国科学院西双版纳热带植物园生态站的橡胶-茶-咖啡人工群落试验区内(101°15'E, 21°56'N, 海拔约580 m),橡胶于1989年定植于坡度小于6°的西南坡上,采用宽行密株的种植方式(行距5 m,株距1.5 m),行间间种茶、咖啡,现橡胶平均高21 m。

该林窗为定植橡胶时人为留出的林间空隙,且林窗内没有间作作物,林窗为南北向长(约24 m),

东西向短(约12 m)的长型林窗,面积约226 m<sup>2</sup>;考虑林窗的边缘效应,观测样地的设置采用在林窗南缘和北缘附近布点较密的不等距水平梯度格局,以林窗北缘为中心沿N-S向向林内和林窗进行不等距的水平布点:向北深入林内1、2、4、8、12、16、24和32 m处布点;向南4、8、12、16、20、22、23、24、25、26、28、32、36、40和44 m处布点,其中4~24 m各点位于林窗区内,25~44 m各点位于南向林内。使用JD-3数字照度计(上海嘉定学联仪表厂),于1999年1月6~19日对各测点进行了昼间(8:00~18:00)光照强度观测。观测在正点进行,观测期间天气晴好。以下分析中林内点为南、北2方位林内观测值的平均值,并记录天气状况。

## 2 结果与分析

干季晴天不同测点光照强度、相对光照强度的日变化及干季晴天相对光强时空分布特征见表1、表2和图1。

### 2.1 旷地、林窗边缘和林窗中央光照强度对比

表1表明光照强度以旷地最大,由于受林窗边缘树冠透光率、太阳高度角、方位角、林窗边缘树高(H)与林窗直径(D)之比、天气条件及林冠结构等因素的影响,12:00~16:00林窗北缘的光照强度大于林窗中央,其余时间即8:00~11:00及17:00~18:00的光照强度则是林窗中央大于林窗北缘。旷地、林窗北缘及林窗中央的光照强度日变化曲线均

表1 西双版纳人工林林窗干季晴天不同测点光照强度时间变化

Table 1 Temporal variation of the light intensity of different sites in clear day in dry season in the artificial forest of Xishuangbanna

位置 Sites	光照强度 Light intensity (lux)											
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
旷地 The open	325	4 915	19 515	47 900	75 750	147 600	124 900	122 850	89 100	60 850	18 770	
林窗北缘 North-edge of gap	112	2 575	7 955	14 545	38 265	135 800	131 050	109 500	53 750	7 810	3 340	
林窗中央 Center of gap	150	4 250	12 015	21 325	35 320	66 100	123 400	26 050	13 140	26 680	17 335	

表2 西双版纳人工林林窗干季晴天不同测点相对光照强度时间变化

Table 2 Temporal variation of relative light intensity of different sites in clear day in dry season in the artificial forest of Xishuangbanna

位置 Sites	相对光照强度 Relative light intensity (%)											
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
北侧林内 North-interior	16.3	22.5	19.2	13.4	11.8	3.2	3.3	3.5	6.7	4.3	7.8	
南侧林内 South-interior	8.5	20.7	15.4	8.8	11.9	7.9	3.6	3.6	4.7	5.2	17.4	
林窗北缘 North-edge of gap	34.3	53.1	42.6	32.7	43.4	92.0	97.1	89.1	58.3	13.5	21.4	
林窗中央 Center of gap	46.4	86.7	63.9	50.1	45.2	44.8	91.5	21.2	14.9	40.3	92.4	

为单峰型,但峰值出现时间和振幅不同,太阳东升西落,林窗边缘树木遮荫随之作自西向东的位移,进而引致各测点光照强度依次涨落,表现为位相上的一致性。旷地、林窗北缘光照强度日变化曲线峰值于 13:00 出现,林窗中央峰值滞后约 60 min,同时随测点的南移。上突曲线以各自峰值点为中心呈收缩之势。

### 2.2 林内、林窗北缘及林窗中央相对光照强度(透光率)日变化特征

表 2 表明晴天林内透光率表现为早晚高午后

低,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。因受林窗边缘侧光的影响,透光率同样表现为上午北侧林内大于南侧林内,下午南侧林内大于北侧林内。林窗北缘及林窗中央的透光率明显高于林内,与光照强度的分布相似,13:00~16:00 的透光率是林窗北缘大于林窗中央,其余时间即 8:00~12:00 及 17:00~18:00 则是林窗中央大于林窗北缘。

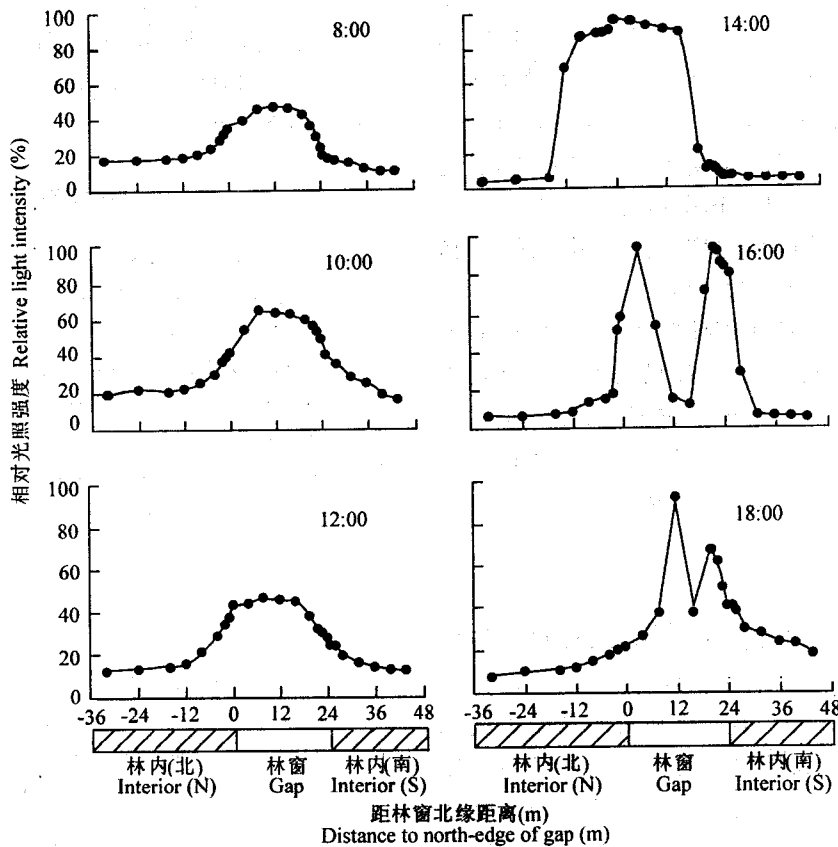


图 1 西双版纳人工林林窗干季晴天相对光照强度时空分布特征  
 Fig. 1 The character of temporal and spatial distribution of the relative light intensity (RLI) in clear day in dry season in artificial forest of Xishuangbanna

### 2.3 相对光照强度时空分布特征

从图 1 可清楚看出,若以旷地照度为 100,则水平样带上相对光照强度分布特征午前与午后明显不同:午前各时刻相对光照强度呈正态分布,只是振幅不同,而午后分布曲线较为复杂。午前曲线峰值均出现于林窗中央区,随后向两侧递减,林窗中央至林

窗边缘(林窗北缘位于图上 0 m 处,林窗南缘位于图上 24 m 处)相对光照强度速减,平均递减率每 10 m 为 17%~37%,林窗边缘至林内相对光照强度继续降低,但平均递减率明显减小。北侧林内在距林窗北缘 12 m 处,南侧林内在距林窗南缘 8 m 处曲线趋于平缓,基本不随水平距离变化,此时光强不及旷地

的21%。因受侧光影响,北侧相对光照强度变化曲线平缓点较南侧为远(北侧12 m,南侧8 m);午后雾退日出,太阳升高并西进,林窗边缘遮荫区随之东退,林窗北缘相对光强骤然突起,牵引峰值左进,使曲线复杂化,午后14:00表现尤为突出,林窗北缘向北8 m向南16 m范围内(即图上-8~16 m区间)相对光强变化和缓,而从林窗北缘深入林内8~16 m(即图上-8~-16 m区间)及林窗区16~22 m范围内相对光强变化剧烈,平均递减率为20.5%。之后随太阳西进峰值又回至林窗中央区,因林窗西南侧林木不整齐,致使14:00之后林窗中央区光照强度变化趋于复杂化,出现低值区与高值区相间的情形,北侧林内距林窗北缘12 m,南侧林内距林窗南缘16 m曲线趋于平缓,基本不随水平距离变化,此时光强不及旷地的4.8%~5.8%,因受侧光影响北侧相对光照强度变化曲线平缓点较南侧为近(北侧12 m,南侧16 m);同时也可看出由林窗边缘向林内相对光照强度随距林窗边缘距离的增大而呈指数递减,其中午前和林窗北缘表现尤为明显。

林窗及周边环境相对光照强度上午均值、下午均值及昼间均值近似正态分布,只是上午相对光照强度均值分布曲线峰值出现于林窗中央,因受太阳高度角、方位角及雾消退时间的影响,下午及昼间相对光强均值曲线峰值左移至林窗北缘处。

### 3 讨论

西双版纳雾日较多,消退时间较晚,使得上午林窗及周边环境光照强度绝对值降低,但由于在雾的笼罩下散射光比重加大,另外早晚太阳高度角低也使得散射光成分增大,散射光易于穿透林冠到达林下,因此早晚林内透光率、林窗区相对光照强度将有所增加;林内光照与林段组成结构、林冠郁闭度、林木间空隙大小及组合程度关系密切,同时也因地理位置、天气状况、季节的不同而有明显的差异,但林窗产生后,林窗边缘侧光对林内光照的影响随深入林内的距离而呈指数递减;午后林窗北缘光照强度绝对值大于林窗区,甚至接近旷地,这势必成为林窗主要热力作用面;林窗及周边光照环境的异质性势必造成林窗边缘、林内、林窗区太阳辐射光、热效应的差异,加之干季胶林落叶后林窗及周边光热性质

和强度将发生改变,如此时引进间作春茶,通过其本身生长发育的调节,在时间和空间上使光资源得以充分利用,据云南热带植物研究所研究<sup>[10]</sup>,云南大叶茶、金鸡纳、云南萝芙木等,在一定荫蔽条件下,其产量及其他有效成分含量均高于或接近于林外旷地,而且由于胶树冬春季节落叶为茶叶提供必要的光照条件。因而引入耐荫经济作物间作于林下,不仅可形成互相促进的群体,而且有利于光能的有效利用。

研究结果表明:从林窗北缘深入至林内16 m,从林窗南缘深入至林内8 m相对光照强度水平变化趋缓,可认为林窗影响范围随不同方位而异;林窗边缘光照强度的差异势必导致林窗及周边气温、地温、相对湿度等其他小气候的差异,进一步影响土壤及生物学过程的变化。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] Canham C D. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperature and tropical forests [J]. *Can J Forest Res*, 1990, 20: 620~631.
- [3] Augspurger C K. Light requirements of neo-tropical tree seedling: a comparative study of growth and survival [J]. *Journal of Ecology*, 1984, 72: 777~795.
- [4] Canham C D. Growth and canopy architecture of shade-tolerant tree: Response to canopy gaps [J]. *Ecology*, 1988, 69(3): 786~795.
- [5] Lawton R O, Putz F E. Natural disturbance and gap-phase regeneration in a wind-exposed tropical lower mountain rain forest [J]. *Ecology*, 1988, 69: 764~777.
- [6] Popma J, Bongers F. Pioneer species distribution in tree-fall gaps in neo-tropical rain forest: a gap definition and its consequences [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1988, 4: 77~88.
- [7] Brown N. The implications of climates and gap microclimate for seedling growth condition in a Bornean lowland rain forest [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1993, 9: 153~168.
- [8] 曾希柏, 青长乐, 谢德体, 等. 光照条件对土壤植物系统氮素状况影响的研究[J]. *应用生态学报*, 1998, 9(2): 139~144.
- [9] 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(2): 219~230.
- [10] 云南热带植物研究所. 热带地区人工多层多种植物群落的初步观察[J]. *热带科技通讯*, 1973, (2): 24~28.

(责任编辑:宗世贤)