

西双版纳望天树林干热季不同林窗间的小气候差异

刘文杰¹, 李庆军¹, 张光明¹, 施济普¹, 白坤甲¹, 王昌命²

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园热带雨林生态站, 云南省勐腊县勐仑 666303; 2. 西南林学院, 昆明 650235)

摘要: 对西双版纳望天树林干热季不同林窗间的小气候差异进行了观测, 对比分析了 3 个不同大小林窗 (200m²、140m²、60m²) 内的温度、相对湿度和光强分布状况及温度垂直分布形式。结果表明, 各林窗内温度、湿度日变化均比林内大, 其中以大林窗最为明显, 且最小林窗内的温湿度变化最为缓慢; 林窗内的光照强度为林内的 10 倍以上; 大林窗中央地表温度及冠层 0.5m 处气温、相对湿度日较差比最小林窗分别高 15.8°C、3.9°C、14%, 但夜间各林窗内的温湿度差别不明显; 昼间, 大林窗 (形成最晚) 内具有两个加热层 (幼苗冠层、地表), 小林窗 (形成较早) 仅有一个加热层 (幼树冠层), 且前者的加热强度大于后者。

关键词: 望天树林; 林窗; 小气候差异; 西双版纳

The microclimatic differences between and within canopy gaps in the dry-hot season in *Shorea chinensis* forest

LIU Wenjie¹, LI Qing-Jun¹, ZHANG Guangming¹, SHI Ji-Pu¹, BAI Kun-Jia¹, WANG Changming²
(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Menglun, Yunnan 666303, China; 2. Southwest Forestry College, Kunming 650235, China)

Abstract: The horizontal and vertical differences of the microclimatic elements in three canopy gaps of different sizes (200m²、140m²、60m²) and in the understory within a tropical rain forest (dominated by *Shorea chinensis*) in Xishuangbanna were measured using light intensity, air temperature, air relative humidity and ground surface temperature. The results indicated that the variation of the air temperature, ground surface temperature and air relative humidity were greater in all the gap center than in understory, with the largest gap had the greatest variation. And the light intensity in the gap center was at least ten times than that in the understory. The range of ground surface temperature, air temperature and air relative humidity at 0.5m above canopy in the largest gap center were 15.8°C, 3.9°C and 14% greater than that in the smaller gap. The differences were not significant in the night. In the largest gap (formed latest) there were two heating layers both on the seeding canopy and ground surface. In the small gap (formed early), there was only one heating layer on the young tree's canopy, and the heating intensity was greater in the largest gap.

Key words: *Shorea chinensis* forest; canopy gap; microclimatic differences; Xishuangbanna

文章编号: 1000-0933(2000)06-0932-06 中图分类号: Q 143 文献标识码: A

林窗作为一种森林干扰的驱动因素^[1], 是在 80 年代以后才普遍受到重视的。林窗干扰被公认为是推动植被演替和更新的重要生态动力, 因而植被动态研究也始终是围绕着干扰体系和植物对林窗的反映来

基金项目: 国家自然科学基金(397000519)资助项目

唐建维先生给予了很大帮助, 张云飞同志参加了观测工作, 谨此致谢。

收稿日期: 1998-12-18; 修订日期: 1999-10-20

作者简介: 刘文杰(1969~), 男, 河南封丘县人。主要从事热带森林生态系统水文、小气候方面的研究工作。

进行的^[2]。林窗形成后, 林窗内的物理特征及辐射状况的改变, 极大地促进了林窗内幼苗幼树的生长, 而植物的生长又不停地改变着林窗内的微环境^[3]。林窗内的小气候随着林窗形状、面积、纬度及位置的变化而表现出不同的特点^[4~12]。我国在林窗研究方面起步较晚, 且多是针对林窗内物种变化方面的研究, 林窗小气候方面研究较少。

西双版纳望天树林是以龙脑香科植物望天树(*Shorea chinensis*) 为上层优势树种, 在水分、热量和海拔均达到极限条件的热带北缘季节雨林群落。其性质与特点不同于中国热带北缘地区的各种热带山地雨林, 是一种最接近湿润雨林的季雨林。由于地处具有山原地貌和季风气候特点的热带北缘, 该群落受到了季节干旱和冬季一定低温的影响^[13, 14]。本文对西双版纳望天树林 3 个不同大小林窗间的小气候要素进行了观测研究, 比较了林窗中央至林内小气候要素的水平差异及林窗中央温度的垂直分布形式, 为深入研究热带雨林树种更新与环境小气候的关系提供参考。

1 样地自然环境与群落结构特征

观测样地在西双版纳勐腊县东南部 15 km 处的补蚌望天树林内(21°29'N, 101°34'E), 海拔 750 m, 属北热带西南季风气候。一年中有干季(雾凉季 11~2 月和干热季 3~4 月)和雨季之分^[15]。与世界热带雨林分布的主要地区相比, 本区纬度偏北、海拔偏高、气候偏干, 表现为热量偏低、年和日温较差偏大、降雨偏少和降雨季节变化明显。年均温 21.1℃, 相对湿度 87%, 年均风速 0.5 m/s, 年降雨量 1500~1600 mm, 主要分布在雨季(占 83%), 干季仅占 17%, 但干季多大雾、重露(热带雨林覆盖区几乎天天出现), 部分弥补了降雨的不足。

群落上层优势种为望天树(高 40~60 m), 中层树种主要有小叶藤黄(*Garcinia cowleyana*)、番龙眼(*Pometia tomentosa*)、大叶白颜树(*Gironniera subaequalis*)等(高 18~30 m), 下层主要树种有三桠果(*Baccaurea ramiflora*)、假海桐(*Pittosporopsis kerrii*) (高 6~20 m)等。其中林冠不连续的望天树可高出下层林冠 20~30 m, 成为耸出巨树。群落结构特征详见文献^[13, 14]。

所选的 3 个林窗(林窗 1、林窗 2、林窗 3)近似圆形(面积分别约 200 m²、140 m²、60 m²), 所在地坡向分别为 SE、SE、SW, 坡度分别约 10°、10°、15°, 位置均为坡中部, 3 个林窗相距约在 1 km 内。林窗 1 内多为望天树幼苗(占 90% 左右), 平均径级约 1.2 cm, 幼苗分布较稀疏, 其冠层不连续, 冠层高约 1 m。林窗 2 内也以望天树幼树居多(占 40% 左右, 平均径级约 2.0 cm), 但混有其它幼树, 幼树冠层较连续, 冠层高约 2.3 m。林窗 3 内树木林冠较高(高约 4~5 m), 且树种较为混杂(望天树仅占 15% 左右, 平均径级约 5.0 cm)。从林窗的形成时间来看, 林窗 2 比林窗 1 约早半年, 而林窗 3 又比林窗 2 约早一年到两年, 即它们处于不同林窗期^[16], 且林窗 3 的物种多样性明显高于林窗 2 和林窗 1, 以林窗 1 的最低。

2 研究方法

在林窗 1、林窗 2、林窗 3 中央的林冠层以上 0.5 m、地表以上 0.5 m 各布设一套 TR-71 型自记温湿计(日本 TAND 株式会社生产)测定其空气温湿度的变化。从各林窗中央至林内 24 m 处每 3 m 间距布设 TR-71 型自记温湿计和通风干湿表(天津气象海洋仪器厂生产)及最高、最低温度表(距地 1.5 m)测定温湿度的水平变化, 同时测定各林窗中央地表及林内地表最高、最低温度。以上项目观测日期为 1998 年 4 月 10~12 日。与此同时, 测定了各林窗中央地面至冠层以上 1 m 的昼间温度垂直分布变化, 林窗 1 的测定日期为 4 月 11 日(以 30 cm 间距布设 TR-71 型自记温湿计和温度表), 林窗 2、林窗 3 的测定日期为 4 月 12 日(以 50 cm 间距布设 TR-71 型自记温湿计和温度表), 并将林窗 1 的垂直温度分布采用其内布设的最高、最低温度表测值订正到 12 日, 用于比较。在 4 月 10~12 日分别测定了林窗 1、林窗 2、林窗 3 中央至林内光照强度的水平变化(用照度计(德国 GOSSEN 公司生产)自林窗中央至林内移动观测)。以上观测日期均为晴朗无云天气, 人工观测频度每小时一次, 自记为 10 min 一次。观测时间选择在干热季 4 月, 是因为此时是本区最为干热的时期, 小气候差异较为明显。

3 结果

3.1 林窗间的温度差异

3.1.1 温度的水平差异 由图 1 可看出, 干热季昼间冠层 0.5 m 处气温以林窗 1(大林窗)的最高, 林窗 3

(小林窗)的较低,其中林窗 1 和林窗 2 的差别小于林窗 3 与林窗 1 及林窗 2 的差别,即林窗 1 的日变化最为剧烈,林窗 3 的日变化最为缓慢。夜间各林窗冠层气温变化较相近,但林窗 1 的降温强度比林窗 2、林窗 3 的大,其最低温度也是最小(表 1)。在 03 点雾生成后,各林窗冠层 0.5m 处气温均有回升,以林窗 1 的最为明显(升高 0.6℃),但此后气温又均在缓慢下降,仍以林窗 1 的降温强度较大。冠层 0.5m 处气温日较差如表 1 所示,其中林窗 1 的气温日较差最大(12.7℃),林窗 3 的最小(8.8℃),且林窗 1 与林窗 2 的较相近。

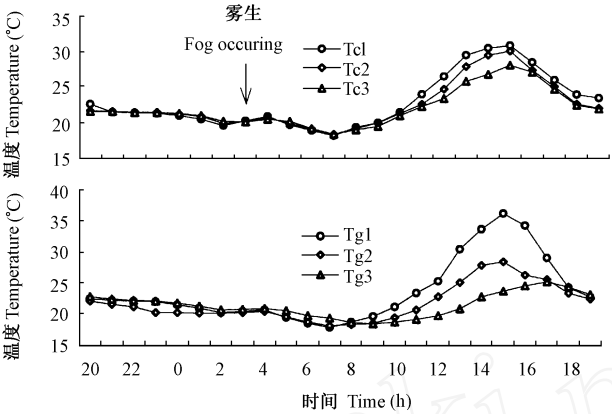


图 1 不同林窗中央冠层 0.5m 处温度(T_c)及地表 0.5m 处温度(T_g)日变化
(干热季)1, 林窗 1; 2, 林窗 2; 3, 林窗 3

Fig. 1 Diurnal change of air temperature at 0.5m above canopy (T_c) and ground (T_g) in different gap center in dry-hot season, 1, 2 and 3 representing Gap1, Gap2 and Gap3, respectively.

表 1 不同林窗中央极值温度及湿度比较(干热季)

		$T_a(^{\circ}\text{C})$			$T_a(^{\circ}\text{C})$			$T_a(^{\circ}\text{C})$		
		Max	M in	Range	Max	M in	Range	Max	M in	Range
林窗 1	Gap1	30.9	18.2	12.7	40.7	17.8	22.9	100	52	48
林窗 2	Gap2	30.1	18.3	11.8	28.7	18.3	10.4	100	58	42
林窗 3	Gap3	27.1	18.3	8.8	25.6	18.5	7.1	100	66	34
林内	Interior	-	-	-	25.2	18.5	6.7	-	-	-

* 表中 T_a , RH , T_g 分别表示冠层 0.5m 处气温、相对湿度及地表温度, Max, M in, Range 分别表示最高、最低及日较差。
 T_a , RH 和 T_g representing air temperature, relative humidity at 0.5m above canopy and ground surface temperature; Max and M in representing maximum and minimum

地表 0.5m 处气温昼间变化与冠层 0.5m 处相似, 但林窗 1 的变化强度明显增大(比林窗 1 冠层 0.5m 处气温变化强度大 5~6℃, 这与林窗 1 内光照较充足、幼苗冠层不连续而地表气层易蓄热有关), 而林窗 2、林窗 3 则减弱, 尤以林窗 3 最明显, 这是因林窗 2、林窗 3 的冠层较连续, 影响到了地表气温的升高。夜间地表 0.5m 处气温变化与冠层 0.5m 处相似, 仍以林窗 1 的较明显, 林窗 2、林窗 3 较相近。地面温度日较差则是林窗 1 的最大(22.9℃), 其值远远大于林窗 2、林窗 3 及林内, 其中以林窗 3(7.1℃)与林内(6.7℃)最为相近(表 1)。

由各林窗中央至林内气温(距地面 1.5m)日较差的水平变化如表 2 所示。各林窗相比, 以林窗 1 的水平变化最剧烈。从林窗 1 中央到林内 15m 处气温基本趋于稳定, 林窗 2 到 12m 处趋于稳定, 而林窗 3 则到 6m 处就已趋于稳定。

3.1.2 温度的垂直分布差异 由图 2 可看出, 林窗 1(形成最晚)内昼间有两个加热层(幼苗冠层和地面), 林窗 2(形成较早)、林窗 3(形成最早)内仅有 1 个加热层(幼树冠层); 林窗 1 内自地面向上首先为绝热分布

形式, 随后为逆温分布形式, 从幼苗冠层向上又为绝热分布形式。而林窗 2、林窗 3 自地面至幼树冠层均为逆温分布形式。林窗 2 与林窗 3 相比, 以林窗 3 的冠层至地表温度递减率较低。这说明不同林窗期、不同大小林窗内的温度垂直分布形式是不相同的。

表 2 不同林窗中央至林内的 1.5m 高处气温及相对湿度水平变化(干热季)

Table 2 Variation in range of air temperature and relative humidity at 1.5m above ground with distance from Gap center to interior in dry-hot season									
距离	Distance(m)	0	3	6	12	15	20	24	
T_r ($^{\circ}\text{C}$)	林窗 1 Gap1	12.7	12.7	12.8	8.2	7.0	6.8	6.7	
	林窗 2 Gap2	10.6	10.4	10.5	7.0	6.9	6.7	6.8	
	林窗 3 Gap3	7.5	7.5	6.9	6.9	6.8	6.9	6.8	
RH_r ($^{\circ}\text{C}$)	林窗 1 Gap1	48	45	46	33	31	30	29	
	林窗 2 Gap2	35	33	34	30	30	28	29	
	林窗 3 Gap3	32	31	29	28	28	29	28	

* 表中 T_r 、 RH_r 分别表示温度日较差及湿度日较差 T_r and RH_r representing temperature range and humidity range

3.2 林窗间的相对湿度差异

由图 3 可看出, 各林窗冠层 0.5m 处及地表 0.5m 处相对湿度分布形式几乎与气温分布形式相反, 最高温度与最小相对湿度、最低温度与最大相对湿度分别对应, 只是各林窗内最大相对湿度(100%) 在雾生成后持续时间较长而已。昼间各林窗冠层 0.5m 处、地表 0.5m 处相对湿度均以林窗 1 的最低、林窗 3 的最高, 但地表 0.5m 处相对湿度变化不如冠层 0.5m 处剧烈。其中, 昼间冠层 0.5m 处相对湿度变化以林窗 1 和林窗 2 较相近, 而林窗 3 的变化较缓; 地表 0.5m 处相对湿度变化则以林窗 2 和林窗 3 的较相近, 林窗 1 的变化较剧烈。夜间各林窗冠层 0.5m 处相对湿度差别较小, 03 点雾生成后均达到了 100%; 地表 0.5m 处相对湿度变化则略有差异, 林窗 1 在雾生成后相对湿度即达到 100%, 而林窗 2、林窗 3 的相对湿度在雾生成约 3h 后才达到 100%, 这可能与林窗 2、林窗 3 较连续的冠层阻挡冠层上部雾的下沉扩散有关。冠层 0.5m 处相对湿度日较差以林窗 1 的最大(48%)、林窗 3 的最小(34%) (表 1), 其中以林窗 1 和林窗 2 比较接近。

各林窗中央至林内相对湿度(距地面 1.5m) 日较差的水平变化(表 2), 仍以林窗 1 的最剧烈, 且相对湿度趋于稳定的水平距离与冠层 0.5m 处气温相似。

3.3 林窗间光照强度的水平变化差异

以各林窗中央的照度为 100, 则由林窗中央至林内相对照度的水平变化曲线(图 4) 可看出, 林窗 1 和林窗 2 的水平变化具 S 曲线特征, 而林窗 3 则不具此特征。由各林窗中央至林内的相对光强持续降低, 因林窗大小不同, 林窗 1 约至 15m 后光强才趋于稳定, 而林窗 2、林窗 3 分别为 12m、9m。同时, 林内的光强均不及林窗中央的 10%。

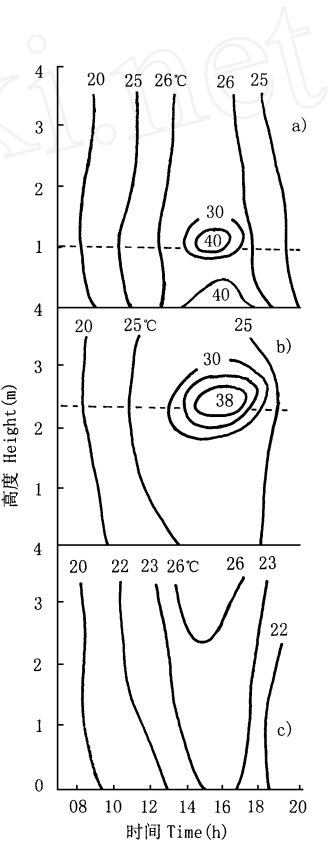


图 2 不同林窗中央空气温度垂直分布日变化(干热季)
a) 林窗 1 b) 林窗 2 c) 林窗 3; ---; 冠层
Fig.2 Diurnal change of air temperature in different Gap center shown as isopleths on height and time coordinates in dry-hot season.
a) Gap1; b) Gap2; c) Gap3; ---; Canopy

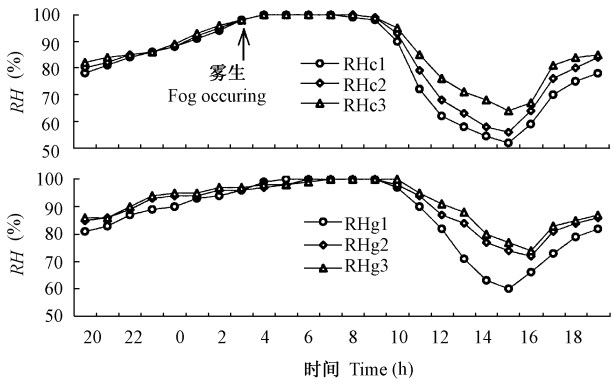


图 3 不同林窗中央冠层 0.5m 处相对湿度(RH_c)及地表 0.5m 处相对湿度(RH_g)日变化 (干热季) 1 林窗 1; 2 林窗 2; 3 林窗 3

Fig. 3 Diurnal change of air relative humidity at 0.5m above canopy (RH_c) and ground (RH_g) in different Gap center in dry-hot season. 1, 2 and 3 representing Gap1, Gap2 and Gap3, respectively

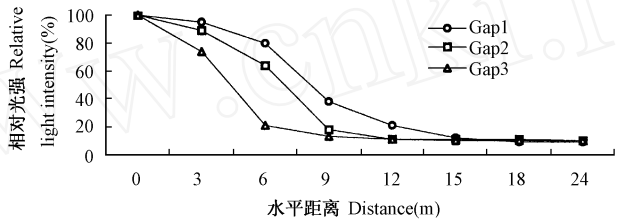


图 4 不同林窗内相对光强的水平距离变化(干热季 4 月 10~12 日 14:00)

1 林窗 1, 2 林窗 2, 3 林窗 3

Fig. 4 Variation of relative light intensity with distance from different Gap center to interior at 14:00 on 10~12 April, 1998. 1, 2 and 3 representing Gap1, Gap2 and Gap3, respectively

4 结论与讨论

4.1 林窗内温度、湿度日变化均较林内大,其中以大林窗表现最为明显。林窗 1(大林窗)的冠层 0.5m 处气温、相对湿度及地表温度日较差比林窗 3(小林窗)的分别大 3.9℃、14%、15.8℃,但夜间各林窗的温湿度差别较不明显。

4.2 昼间,大林窗(形成最晚)内具有两个加热层(幼苗冠层和地面),两个小林窗 2 各只有一个加热层(幼树冠层),且大林窗内的加热强度也是最高。各林窗相比,以最小林窗(形成最早)内的林下温湿度变化较缓。林窗中央 14:00 时的光照强度为林内的 10 倍以上,但以最小林窗的水平变化最剧烈。

大林窗内的两个加热层既有利于上层幼苗的生长,又有利于土壤内其它种子的萌发(因土壤温度较高)。各小林窗内的一个加热层在幼树冠层上部有利于幼树生长,下部则为荫生植物的生长创造了条件,即:林窗向高级形式演替发展。

参考文献

[1] Whitmore T C. Gaps in the forest canopy. In: Tomlinson P B, Zimmermann M H. eds. *Tropical Trees—a living systems*. New York: Cambridge University Press, 1978. 639~655.

[2] 夏冰,邓飞,贺善安. 林窗研究进展. *植物资源与环境*, 1997, 6(4): 50~57.

[3] Canham C D. An index for understory light levels in and around canopy gaps. *Ecology*, 1988, 69: 786~795.

- [4] Ashton P M S. Some measurement of the microclimatic differences within a Sri Lankan tropical rainforest. *Agriculture and forest meteorology*, 1992, **59**: 217~ 235.
- [5] Freitas C R and Enright N J. Microclimatic differences between and within canopy gaps in a temperate rainforest. *International Journal of Biometeorology*, 1995, **38**(4): 188~ 193.
- [6] Lertzman K P and Krebs C. Gap-phase structure of a subalpine old-growth forest. *Canada Journal of Forest Resources*, 1991, **21**: 1730~ 1740.
- [7] Brokaw N V L. Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology*, 1985, **66**: 682~ 687.
- [8] Runkle J R. Disturbance regimes in temperate forest. In: Pickett S. T. A. and White P. S. . *The Ecology of Nature Disturbance and Dynamics*. Orlando: Academic Press, 1985. 17~ 33.
- [9] Poulson T L and Platt W J. Gap light regimes influence canopy tree diversity. *Ecology*, 1989, **70**(3): 553~ 555.
- [10] Veblen T T. The regeneration dynamics and species coexistence. In: Glenn-Lewin D. C. , Peet R. K. and Veblen T. T. . *Plant Succession: Theory and Prediction*. London, Chapman & Hall, 1992. 165~ 187.
- [11] Chazdon R L and Fetcher N. Light environments of tropical forest. In: E. Medina, H. A. Monney and C. Vazquez-Yanes. *Physiological Ecology of Plants of the Wet Tropical-Dr. W. Junk*, The Hague, 1984. 27~ 36.
- [12] Pearcy R W. Photosynthetic gas exchange response of Australian tropical forest trees in canopy, gap and understorey micro-environments. *Funct. Ecol.* 1987. **1**: 169~ 179.
- [13] 朱 华. 西双版纳望天树林的群落生态学研究. *云南植物研究*, 1992, **14**(3): 237~ 258.
- [14] 朱 华. 望天树林与相近类型植被结构的比较研究. *云南植物研究*, 1993, **15**(1): 34~ 36.
- [15] 张克映. 滇南气候特征及其形成因子的初步分析. *气象学报*, 1966, **33**(2): 210~ 230.
- [16] Bray J R. Gap phase replacement in a maple-basswood forest. *Ecology*, 1956, **37**: 598~ 600.