

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

张一平 刘玉洪 马友鑫 王进欣

(中国科学院西双版纳热带植物园森林生态研究室, 昆明 650223)

摘要 利用西双版纳干热季(4月)次生林林窗的温度观测资料,探讨了林窗4方位的气温时空变化特征。由于林窗不同区域所受太阳辐射的影响不同,加之林缘热力效应的综合作用,林窗中存在明显的气温差异,特别是最高气温差异显著;气温最高值和气温日较差最大值不在林窗中央而出现在林窗东侧林缘树冠垂线处。这势必造成林窗不同区域热量传输的不同,形成林窗小气候的差异。其结果可作为森林林窗小气候及有关生态学进一步研究的基础。

关键词 热带;次生林;林窗;气温

Primary analysis on characteristics of air temperature in dry hot season to canopy gap on Xishuangbanna tropic secondary forest Zhang Yiping, Liu Yuhong, Ma Youxin, Wang Jinxing (Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(2): 7~12

Temperature measurements at the secondary forest canopy gap were conducted in Xishuangbanna, Yunnan in April, 1998 (dry hot season). On the basis of this measurements, the maximum and minimum temperature characteristics and their time-space variations on 4 azimuth in the secondary forest canopy gap were discussed. The results showed that there was a significantly thermal effect at the gap, and the maximum temperature and the diurnal range of air temperature in the gap was quite different, the extreme value was on the east edge of gap, which may be a reason to form the gap microclimate. The results supplied a basis in further studying canopy gap microclimate and the relevant ecological phenomena.

Key words tropic; secondary forest; canopy gap; air temperature

1 引 言

森林群落演替更新作为生态学研究的核心问题,一直是研究热点,而群落演替更新的重要生态动力(ecology force)乃是自然或人为的干扰。从80年代初开始,小尺度的林窗干扰(canopy gap disturbance)开始受到广泛重视。

由于林窗是群落演替的起始地,其大小和环境变化程度决定了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。对于世界范围内的各

• 中国科学院“九五”重点项目(KZ95Z-S1-101)和云南省自然科学基金项目(98C098M)

张一平:男,1957年8月生,博士,研究员,主要从事森林气象、农业气象、山地气候和城市气候研究。

收稿日期:1998-10-19

种森林类型的更新和演替均有重要作用^[1],而在热带雨林中的作用更加显著和重要^[2],因此,国外学者十分重视林窗的研究。其中,林窗及周边热力特征变化对森林生态环境异质性的影响是目前学者研究兴趣所在^[3-7]。国内林窗研究刚刚起步,多为综述性和林窗特征的研究^[8-17],而对林窗热力特征的研究尚未见报道。

在静风区,林窗附近的热力可能是森林与林窗空地之间热量和水汽等的水平输送和垂直扩散的重要驱动力;同时,研究林窗热力特征有助于理解其小气候形成原因。作者根据1998年4月在我国静风区——西双版纳地区次生林林窗小气候观测资料,对林窗热力特征进行了分析,旨在为探讨林窗小气候形成机制和林窗生物多样性等提供科学依据。

2 研究地概况与研究方法

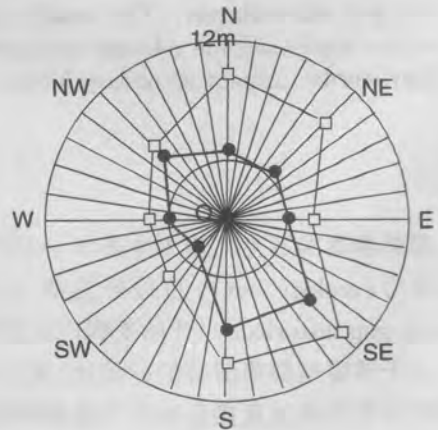
2.1 研究地概况

观测样地设在中国科学院西双版纳热带植物园内(云南省西双版纳州勐仑镇,21°55' N, 101°15' E,海拔580 m),系砍伐原始雨林种植农作物后于1970年撂荒形成的次生林。面积约10 hm²;东西向分布,南侧有橡胶林,北侧有沟谷雨林,处于连片森林中。构成群落的乔木层高20 m左右,其中有自然更新的白背桐 [*Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg]、灯台树 [*Alstonia scholaris* (Linn.) R. Br.]、云南石梓 (*Gmelina arborea* Roxb.)、绒毛紫薇 (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)、榕树 (*Ficus microcarpa* Linn. f.)、潺槁木姜子 (*Litsea glutinosa* C. B. Rob.)等,引入种有芒果 (*Mangifera indica* Linn.)、大叶藤黄 (*Garcinia xanthochymus* Hook. f. ex T. Anders)、川楝 (*Melia toosendan* Sieb. ex Zucc.)、麻楝 (*Chukrasia tabularia* A. Juss)等,灌木层为狭叶楠木 [*Phoebe lanceolata* (Wall. ex Nees) Nees]、窄序岩豆藤 (*Millettia leptobotrya* Dunn)、笔管榕 (*Ficus superba* Miq.)、苦竹 [*Pleioblastus amarus* (Keng) Keng f.]等。

2.2 研究方法

为了开展研究在林中人为砍伐出一个林窗(图1)。内圈线为林窗边缘(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。北侧和东北侧的林冠冠幅较大(约5 m),其他各侧的冠幅较小(约1~3 m)。另外,4月为西双版纳干季后期,多数树木处换叶期,林窗南侧树木树冠较稀疏。

在林窗中沿南北向和东西向设置两条观测样线,每条样线设置7个观测点,考虑到边缘效应的作用,观测点为不等距分布,分别位于林窗中央、林缘树冠垂线处(1)、林缘树干处(2)和林内(3)。于1998年4月4~14日



—□— 林缘树干中心距 extended gap
—●— 林缘树冠垂线中心距 canopy gap

图1 林窗概况

Fig 1 The survey of canopy gap

观测各点地上 1.5 m 高处最高及最低气温(最高及最低温度表,天津气象海洋仪器厂)、气温(HN-K 型电子温湿度计,日本国 CHINO 株式会社)以及地面温度(红外辐射温度计,COMPAC3,日本国 Minolta 株式会社)。并对观测结果进行分析。

3 结果与分析

3.1 林窗气温逐日变化

4 月 4 日至 4 月 14 日林窗中央的最高及最低气温的逐日变化如表 1 所示。可见最高气温在晴好天气具有较高值,多云天(7 日、11 日)较低。而最低气温的逐日变化则相反,一般在晴好天气最低气温值较低,多云天气气温较高。气温日较差晴天较大,最大可达 22.3℃(14 日),多云天小,在 11 日仅为 14.4℃。

表 1 西双版纳热带次生林林窗中央最高及最低气温的逐日变化(1998-04-04~1998-04-14)

Tab 1 Variations in the maximum and minimum air temperature on the center of canopy gap on Xishuangbanna tropic secondary forest (1998-04-04~1998-04-14)

指标 Index	最高及最低气温逐日变化 Variations in the maximum and minimum air temperature (°C)										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
最高气温 T_{\max} (°C)	32.3	34.7	32.5	33.5	33.3	36.6	35.5	32.9	37.1	37.0	37.0
最低气温 T_{\min} (°C)	-	15.2	15.7	17.2	16.1	15.6	15.2	18.5	15.4	15.7	14.7
气温日较差 $T_{\max}-T_{\min}$ (°C)	-	19.5	16.8	16.3	17.2	21.0	20.3	14.4	21.7	21.3	22.3

表 2 为林窗不同方向各观测点(林缘树冠垂线处、林缘树干处和林内)与林窗中央最高气温差值的逐日分布。从表 2 可看出,不同侧向和相同方位不同测点之间有较明显差异,其中以东侧差异最显著。而各日之间的差异一般相对较小。

林窗不同方向各观测点与林窗中央最低气温差值的逐日变化见表 3。其变化与最高气温有所差异:首先,受天气影响较大,在前期及后期(5、6 和 13 日)最低气温差值较大。其次,不同方位间差异也较大,相同方位不同测点间差异在东侧和西侧较大,北侧和南侧较小。

3.2 林窗气温的空间分布

3.2.1 最高气温空间分布 各测点与林窗中央最高气温差值的空间变化见表 4,虽天气不同最高气温值有所差异,但与林窗中央差值的空间变化却十分相近。在南北方向,林冠垂线处(N_1 和 S_1)差值较小($|\Delta T_{\max}| \leq 0.5^\circ\text{C}$),但南侧由于树木正处换叶期树冠较稀疏,日照较多, $\Delta T_{\max} > 0^\circ\text{C}$,北侧由于太阳高度角较高,林缘树冠冠幅较大,加之树木换叶程度较小,树冠叶密度大于南侧,对日照的遮蔽较大,使 $\Delta T_{\max} < 0^\circ\text{C}$ 。其余各观测点均是 $\Delta T_{\max} < 0^\circ\text{C}$,最高气温均小于林窗中央;差值变化晴天略大于阴天,以林内差异最显著,达 -1.7°C (S_3 , 晴天);林缘树干处(S_2 、 N_2)与林内(S_3 、 N_3)的温差相近,造成南侧林缘处温差变率大于北侧。东西方向最高气温差值在东侧林缘树冠垂线处(E_1)和林缘树干处(E_2)为正值($\Delta T_{\max} > 0^\circ\text{C}$),并且受天气状况影响较小,而在西侧林缘树冠垂线处(W_1)和林缘树干处(W_2)差值均为负值($\Delta T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)。这是由于西双版纳地区雾较大,11 时后才逐渐消散,日照主要在下午,使得林窗东侧受日照较多,造成林窗中最热点不是在林窗中央,而是出现在林窗东侧。其余各观测点最高气温差值分布与南北向相似,差值大多为负,林内差异最显著。

由表4还可看出,最高气温差值的空间变化东西侧大于南北侧,并且最大值出现在东侧林缘树冠垂线处(E_1),晴天和多云天的 ΔT_{\max} 分别为 1.1°C 和 1.5°C ,而负值最大值则在西侧林内(W_3),晴天和多云天的 ΔT_{\max} 相同,均为 -2.5°C 。

表2 西双版纳热带次生林林窗各点与中央的最高气温差值的逐日变化(1998-04-04~1998-04-14)

Tab 2 Variations of day by day in difference of maximum air temperature between various locations and the center of canopy gap on Xishuangbanna tropic secondary forest (1998-04-04~1998-04-14)

位置 ¹⁾ Location		林窗各测点与中央的最高气温差值的逐日变化($^\circ\text{C}$) Variations of day by day in difference of maximum air temperature between various locations and the center										
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
北侧 North	1	-0.1	-0.4	0.7	-1.0	-0.6	-1.1	-0.1	0.1	-0.4	0.2	-0.8
	2	-1.1	-2.0	-0.9	-2.3	-1.7	-2.9	-1.5	-0.8	-2.0	-1.4	-2.5
	3	-1.2	-1.6	-0.6	-1.9	-1.3	-2.1	-1.5	-0.4	-1.6	-0.9	-2.5
南侧 South	1	0.2	0.2	1.3	0.1	0.9	-0.6	0.7	0.7	-0.1	0.2	-1.0
	2	-1.1	-2.1	-0.9	2.5	-1.8	-2.6	-1.5	0.3	-2.0	-1.1	-2.4
	3	-0.8	-2.5	-1.1	-2.6	-1.7	-2.4	-1.3	0	-1.9	-1.2	-2.8
东侧 East	1	0.2	1.1	2.4	1.3	1.1	2.0	0.8	1.6	1.1	1.4	-0.2
	2	0.2	0.4	1.5	0	0.3	0	0.5	1.1	2.4	3.0	1.2
	3	-1.4	-2.3	-1.2	-2.7	-2.1	-2.9	-1.8	-1.2	-2.4	-1.8	-2.6
西侧 West	1	-1.4	-1.9	-0.2	-2.1	-1.0	-1.5	-1.5	-0.6	-1.7	-0.7	-1.7
	2	-0.6	-1.5	-0.2	-1.5	-1.0	-1.9	-1.1	-0.2	-0.3	0.7	-1.0
	3	-1.8	-3.5	-1.5	-3.4	-2.1	-3.6	-2.3	-1.5	-2.4	-2.2	-3.1

¹⁾1 - 林缘树冠垂线处 on the perpendicular of canopy edge of gap; 2 - 林缘树干处 on the bole of edge of gap; 3 - 林内 on the interior of forest

表3 西双版纳热带次生林林窗各点中央的最低气温差值的逐日变化(1998-04-04~1998-04-14)

Tab 3 Variations of day by day in difference of minimum air temperature between various locations and the center of canopy gap on Xishuangbanna tropic secondary forest (1998-04-04~1998-04-14)

位置 ¹⁾ Location		林窗各测点与中央的最低气温差值的逐日变化($^\circ\text{C}$) Variations of day by day in difference of maximum air temperature between various locations and the center										
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
北侧 North	1	-	0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.2	-0.3	0.1	0.2	0.5
	2	-	1.0	0.9	-0.1	0.2	0	-0.1	0.1	0.1	0.5	0
	3	-	1.7	1.2	0.5	0.2	0.3	0.5	0.7	0.6	1.1	0.6
南侧 South	1	-	0.6	0.3	-0.2	-0.2	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3
	2	-	1.3	0.8	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	0.6	0.8	0.8
	3	-	1.8	1.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	1.1	0.6
东侧 East	1	-	-0.2	-0.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	0.1	0.3	0.1
	2	-	1.1	1.0	0.3	0.2	0.6	0.6	0.3	0.7	0.8	0.6
	3	-	1.2	1.2	0.4	0.5	0.9	0.4	0.6	0.3	0.9	0.6
西侧 West	1	-	0.4	0.3	-0.7	-0.6	-0.5	0	-0.5	-0.2	-0.2	-0.2
	2	-	1.4	0.8	0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.5	0.6	0.5
	3	-	1.3	0.8	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	0.8

¹⁾1 - 林缘树冠垂线处 on the perpendicular of canopy edge of gap; 2 - 林缘树干处 on the bole of edge of gap; 3 - 林内 on the interior of forest

3.2.2 最低气温空间分布 从林窗各观测点与林窗中央最低气温差值的空间变化(表5)来看,其空间分布特征基本不受天气状况影响,但是差值在晴天和多云天之间有所不同。在南北

向,晴天除北侧林缘树冠垂线处(N_1)的最低气温略低于林窗中央($\Delta T_{\min} = -0.1^\circ\text{C}$)之外,其余各测点的最低气温均高于林窗中央($\Delta T_{\min} > 0^\circ\text{C}$),以林内差值最大,而南侧林内(S_3)差异最显著($\Delta T_{\min} = 0.8^\circ\text{C}$);在多云天,林窗的南北两侧,最低气温小于(N_1)或等于(N_2 、 S_1)林窗中央,而林内的最低气温高于林窗中央,但差值小于晴天。东西向,晴天和多云天,在林缘树冠垂线处(E_1 、 W_1) $\Delta T_{\min} < 0^\circ\text{C}$,最低气温低于林窗中央,且多云天的差异大于晴天,而其余各测点 $\Delta T_{\min} > 0^\circ\text{C}$,最低气温高于林窗中央,晴天差异显著。

在林窗内不同方位各测点之间最低气温差值的变化较大,特别是在林缘区域(林缘树冠与树干之间)各测点间的差异显著。

表 4 西双版纳热带次生林林窗不同天气条件下各测点与中央最高气温差值的空间变化

Tab 4 Variation of difference of maximum air temperatures between various locations and the center of canopy gap Xishuangbanna tropic secondary forest at the clear and the cloud

天气 State of sky	林窗各测点与中央最高气温差值的空间变化($^\circ\text{C}$) ¹⁾ Variation of difference of maximum air temperatures between various locations and the center											
	N_1	N_2	N_3	S_1	S_2	S_3	E_1	E_2	E_3	W_1	W_2	W_3
晴 Clear	-0.3	-1.8	-1.5	0.2	-1.7	-1.7	1.1	1.1	-2.1	-1.3	-0.8	-2.5
多云 Cloud	-0.5	-1.6	-1.2	0.4	-1.1	-1.3	1.5	0.6	-2.0	-1.4	-0.7	-2.5

¹⁾ N - 北侧 north; S - 南侧 south; E - 东侧 east; W - 西侧 west; 1 - 林缘树冠垂线处 on the perpendicular of canopy edge of gap; 2 - 林缘树干处 on the bole of edge of gap; 3 - 林内 on the interior of forest

表 5 西双版纳热带次生林林窗不同天气条件下各测点与中央最低气温差值的空间变化

Tab 5 Variation of difference of minimum air temperatures between various locations and the center of canopy gap Xishuangbanna tropic secondary forest at the clear and the cloud

天气 State of sky	林窗各测点与中央最低气温差值的空间变化($^\circ\text{C}$) ¹⁾ Variation of difference of minimum air temperatures between various locations and the center											
	N_1	N_2	N_3	S_1	S_2	S_3	E_1	E_2	E_3	W_1	W_2	W_3
晴 Clear	-0.1	0.2	0.7	0.2	0.7	0.8	-0.2	0.7	0.8	-0.1	0.5	0.6
多云 Cloud	-0.3	0	0.6	-0.1	0.4	0.6	-0.6	0.3	0.5	-0.6	0.1	0.4

¹⁾ N - 北侧 north; S - 南侧 south; E - 东侧 east; W - 西侧 west; 1 - 林缘树冠垂线处 on the perpendicular of canopy edge of gap; 2 - 林缘树干处 on the bole of edge of gap; 3 - 林内 on the interior of forest

3.2.3 气温日较差空间分布 气温日较差主要由最高气温所决定,其空间分布特征与最高气温相似(表 6)。在南北侧,林缘树冠垂线处(S_1 、 N_1)与林窗中央相近,其余各测点均明显小于林窗中央。在东西侧,东侧的林缘树冠垂线处(E_1)气温日较差大于林窗中央,差值达 1.3°C (晴天)和 2.1°C (多云天),林缘树干处(E_2)的气温日较差与林窗中央相近,林内则小于林窗中

表 6 西双版纳热带次生林不同天气条件下林窗各点与中央气温日较差差值的空间变化

Tab 6 Variation of difference of diurnal range of air temperatures between various locations and the center of canopy gap Xishuangbanna tropic secondary forest at the clear and the cloud

天气 State of sky	林窗各测点与中央气温日较差差值的空间变化($^\circ\text{C}$) ¹⁾ Variation of difference of diurnal range of air temperatures between various locations and the center											
	N_1	N_2	N_3	S_1	S_2	S_3	E_1	E_2	E_3	W_1	W_2	W_3
晴 Clear	-0.3	-2.1	-2.3	0.0	-2.4	-2.6	1.3	0.4	-2.8	-1.2	-1.3	-3.1
多云 Cloud	-0.2	-1.6	-1.8	0.5	-1.5	-1.9	2.1	0.3	-2.5	-0.8	-0.8	-2.8

¹⁾ N - 北侧 north; S - 南侧 south; E - 东侧 east; W - 西侧 west; 1 - 林缘树冠垂线处 on the perpendicular of canopy edge of gap; 2 - 林缘树干处 on the bole of edge of gap; 3 - 林内 on the interior of forest

央;西侧各测点的气温日较差均小于林窗中央,林缘树冠垂线处(W_1)和林缘树干处(W_2),其气温日较差与林窗中央的差值变化不大,林内(W_3)差异最显著,晴天为 -3.1°C ,多云天为 -2.8°C 。

由于观测期间上午雾较大,日照主要在下午,造成气温日较差最大值不在林窗中央而在东侧林缘树冠垂线处,而东侧林内的气温日较差仍小于林窗中央,这样造成气温日较差的空间变化在东侧最大。

4 讨 论

林窗区域由于小气候的改变,造成林窗及其边缘的生物多样性与林外、林内的差异。通过干热季4月西双版纳次生林林窗及其林缘的气温空间分布特征的分析,可初步看到在林窗边缘不同方位,由于受太阳辐射的不同,加之林缘热力效应,造成林窗不同区域的气温之间存在差异,特别是最高气温的时空分布存在明显差异,气温最高值和气温日较差最大值不在林窗中央而在林窗东侧林缘树冠垂线处。这势必造成林窗不同区域热量传输的不同,最终将影响林窗的热力状况。林窗的这种热力效应将深刻影响林窗及其附近的动植物生长发育及分布。

参 考 文 献

- 1 Platt W J, Strong D R. Special feature-gaps in canopy ecology. *Ecology*, 1989, 70: 535.
- 2 Denslow J S. Gap partitioning among tropical raincanopy trees. *Biotropica*, 1980, 12(Supplement): 47~55.
- 3 Sharpe P J H, Walker J, Penridge L K, *et al.* Spatial consideration in physiological models of tree growth. *Tree Physiology*, 1986, 2: 403~421.
- 4 Walker J, Sharpe P J H, Penridge L K, *et al.* Ecological field theory: the concept and field tests. *Vegetatio*, 1989, 83: 81~95.
- 5 Mauchamp A, Rambal S, Lebart J. Simulating the dynamics of a vegetation mosaic: a spatialized functional model. *Ecological Modelling*, 1994, 71: 107~130.
- 6 Thierry J M, Herbes J M, Valentin C. A model simulating the genesis of banded vegetation patterns in Nigger. *Journal of Ecology*, 1995, 83: 497~507.
- 7 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*. *Journal of Ecology*, 1997, 85: 289~299.
- 8 奚为民,钟章成. 林窗植被研究进展. 西南师范大学学报(自然科学版), 1992, 17(2): 268~274.
- 9 班 勇. 自然干扰与森林林冠空隙动态. 生态学杂志, 1996, 15(3): 43~49.
- 10 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.
- 11 藏润国,徐 化. 林窗研究进展. 林业科学, 1998, 34(1): 90~98.
- 12 奚为民,钟章成,毕润生. 四川缙云山森林群落林窗边缘效应的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(3): 232~242.
- 13 夏 冰,兰 涛,贺善安,等. 云南亚高山冷杉林林窗的研究. 植物资源与环境, 1996, 5(4): 1~8.
- 14 吴 刚. 长白山红松阔叶林林冠空隙特征研究. 应用生态学报, 1997, 8(4): 360~364.
- 15 藏润国. 长白山自然保护区阔叶红松林林窗干扰状况的研究. 植物生态学报, 1998, 22(2): 135~142.
- 16 藏润国,郭忠林,高文韬. 长白山自然保护区阔叶红松林林窗更新的研究. 应用生态学报, 1998, 9(4): 349~353.
- 17 国庆喜. 长白山红松林林窗状况与更新研究. 东北林业大学学报, 1998, 26(1): 4~7. (责任编辑:宗世贤)