

675261

西双版纳雾凉季热带次生林林窗边缘小气候要素的时空分布特征*

张一平¹ 赵获² 马友鑫¹ 刘玉洪¹ 窦军霞¹ 郭萍¹

1 中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223

2 云南大学地球科学系气象专业 2001 届 昆明 650091

摘要 本文利用西双版纳雾凉季热带次生林林窗边缘的小气候垂直观测资料,探讨了昼间林窗边缘及中央和林内树表温、气温、水汽压及相对湿度的时空分布变化规律。指出在林窗区域,林缘不仅具有显著的热力效应,同样具有明显的水汽效应,其中以昼间受太阳直接照射较多的北侧林墙最为显著,从而构成了林窗区域立体空间的环境异质性。其结果对深入探讨林窗区域的热量、水汽传输,小气候的形成机制及林窗边缘植物的生理、生长特性等具有重要意义。

关键词 林窗 林缘 热力效应 水汽效应 小气候要素 垂直分布

1 引言

林窗是指倒木或人为破坏形成的面积大于 4m^2 的林间空地。作为群落演替的起始地,它的大小和环境变化程度及其更新状况对各种森林类型的更新和演替有重要作用^[1]。而在热带雨林中作用更加显著和重要^[2]。

森林与旷地之间的界面称为林缘。林缘的地面附近的热力环境与林内外有较大差别。20世纪以来,因受人口增长压力和经济利益驱动,全球热带雨林正以 $150,000\text{km}^2/\text{a}$ 的速度消失,人为活动并导致森林严重的片断化,林缘面积相对倍增,边缘效应对森林生态系统结构与功能的影响愈加重要,成为森林生态学的一个研究热点。另一方面,作为森林更新成熟阶段的林窗,其发展的方向和速度受大小和环境变化程度影响,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种森林类型的更新有着重要作用,引起广泛关注^[3-6]。Chen^[7], Kapos^[8], Camargo and Kapos^[9], Sizer^[10] 和马友鑫^[11] 等曾对温带至热带的不同类型森林的边缘热力效应进行研究。这些研究主要集中于单一高度的水平梯度变化,未考虑林缘树木的高度。由于林缘是一个立体界面,树木在林缘处形成的侧向界面,构成了林缘区域立体空间的环境异质性;由于林缘侧向界面的不同方位所导致的太阳辐射差异,又将引起不同方位侧向界面的热力效应在立体空间上的不同,使得森林内部(林内)与林窗空地之间热量的水平输送和垂直扩散产生差异,形成小气候微环境的垂直变化,势必对森林边缘附近的幼苗生长、发育,以及对林缘树木的侧向生长各种生理过程等产生影响。

* 云南省自然科学基金(98C098M),中国科学院重大项目(KZ951-A1-104-01)项目资助。

所以忽略森林内外林缘作为一个三维立体空间, 其垂直方向上也存在环境异质性问题, 对全面认识林缘环境异质性的生物多样性、生态位影响, 森林内外边缘的深入研究均十分不利。但是在此领域国内外研究均不多见, 张一平等^[12]利用热带次生林林缘树表温, 探讨了林缘不同热力作用面的热力效应, 指出了林缘是一个不可忽视的热力作用面, 但是由于仅用表面温度进行了分析, 还需深入探索: 林缘侧向界面立体小气候效应是否确实存在(除树表温之外, 气温、湿度、风速、光照等是否有同样现象)? 是否具有普遍性? 是否已达到对边缘生物产生影响的强度? 其强度在不同季节、不同朝向、不同森林类型的情况如何? 等等。

为了进一步探讨林缘立体空间的小气候环境异质性, 本文利用西双版纳雾凉季热带次生林林窗边缘不同方向小气候要素(气温、表面温度、湿度)的垂直观测资料, 试对林缘小气候要素的空间分布特征和变化规律进行初步分析。

2 研究地概况及研究方法

2.1 研究地概况

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, 年中有干热季(3~4月)、湿热季(5~10月)和雾凉季(11月~次年2月)之分。在雾凉季的晴天, 雾浓且维持时间长, 一般夜间22时后, 逐渐起雾, 次日中午12时才逐渐消散; 干热季与雾凉季相比, 雾生成时刻较迟, 维持时间也较短, 一般雾在夜间23时之后形成, 而在上午10时左右就逐渐消散。

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580m), 为原生植被(热带季节性雨林)被刀耕火种后, 撂荒恢复起来的次生林。林冠季相变化是干热季疏朗, 湿热季后期和雾凉季密集, 群落结构复杂, 成层现象明显, 可划分为乔木层、灌木层、草本层、及层间植物4个层次; 群落高度多在10~16m, 枝下高8~12m, 平均胸径7.5~8.5cm。乔木层主要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 microcapa* Linn. f.)、鸡血藤(*Millettia leptobotrya* Dunn)、潺槁木姜子(*Litsea glutinosa* C. B. Rob.)、海红豆(*Adenanthera pavonina* Linn.)等, 还有人为引入的芒果(*Mangifera indica* Linn.)、大叶藤黄(*Garcinia xanthochymus* Hook. f. ex T. Anders)、川楝(*Melia toosenden* Sieb. ex Zucc.)、毛麻楝(*Chukrasia tabularia* A. Juss)、滇南风吹楠(*Horsfieldia tetrapala* C. Y Wu)等; 灌木层为鸡血藤、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; 层间植物主要有爪哇下果藤(*Gouania javanica*)等; 草本植物主要有马唐(*Digitaria sanguinalis*)、竹叶草(*Oplismenus compositus*)等。土壤为砖红壤。

2.2 研究方法

本文所选择的林窗形成于1993年,在1998年12月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,东西向短的长型林窗,实际林窗面积约为 50m^2 ;扩展林窗面积约 200m^2 。

观测在2000年12月18日~12月21日昼间(8~20时)正点进行。观测要素为林窗边缘的东(E)、南(S)、西(W)、北(N)侧(以林窗中央为基准)、林内及林窗中央的不同高度(0.5m, 1.5m, 4m, 8m, 12m, 14.5m)的树表温(林窗中央除外)、气温、水汽压及相对湿度(东侧因仪器故障缺测)。观测期间天气晴好。

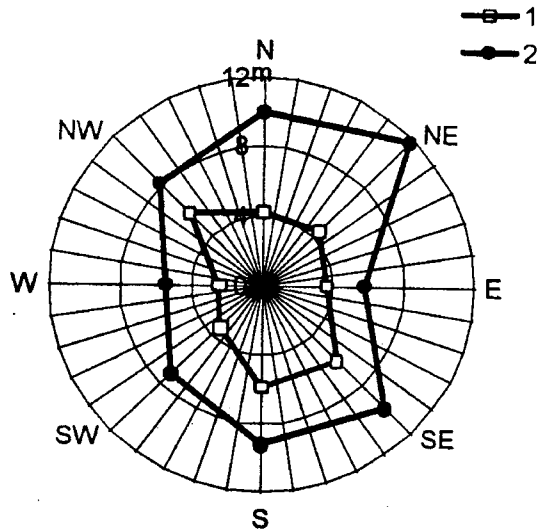


图1 次生林林窗轮廓

1. 实际林窗边缘 2. 扩展林窗边缘

3 结果与分析

3.1 不同方位林缘与林内树表温的时空分布

在对西双版纳热带次生林林窗辐射能量环境的研究中发现,林窗不仅近地层水平空间存在热力差异,而且其林缘处的立体空间同样也存在表面温度的显著差异,以东侧林缘林墙中部的热力效应最明显。对热带季节雨林林缘树表温的初步研究也同样显示了林缘侧向界面热力效应的立体空间特征十分显著,对林缘的影响是不可忽视。初步认为在森林林缘区域除了公认的3类热力作用面(林冠面、林内地面和林外地面)之外,还存在新的热力作用面(林缘侧向界面),构成了林缘区域的第4热力作用面,4个热力作用面通过温度差异使热量平移或垂直运动,影响林窗的热力状况,对林窗小气候形成具有重要作用^[12]。

次生林各方位林缘与林内树表温的时空分布如图2所示。可见其结果与已有的研究结果^[12]一致,林窗东侧和北侧边缘林墙有显著的热力作用,特别是在中午和下午,其热力作用大于林内树表面,进一步证实了林缘林墙是不可忽视热力因子之一。林窗边缘不同方位、不同高度的树表温分布差异势必影响林窗边缘植物的热量传输、光合作用、蒸腾作用等。

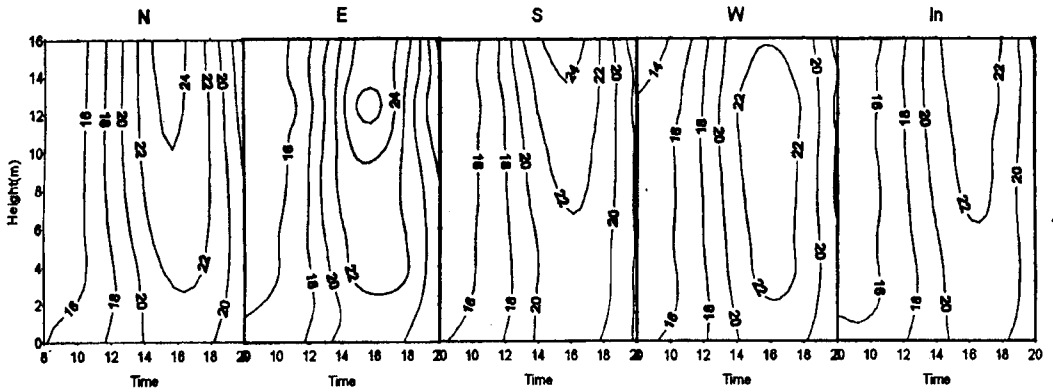


图2 林窗各方位树表温时空分布 (°C)
N-北侧 E-东侧 S-南侧 W-西侧 In-林内

3. 2 气温的时空分布

3. 2. 1 林内和林窗边缘各方位气温的时空分布

次生林林内和林缘各侧气温的分布如图3(见下页)所示(东侧缺测)。在8~14时和18~20时期间,气温为逐渐升高和降低,但随高度的变化不大,午后(15~17时)气温垂直温度梯度逐渐变大,呈现逆温现象,在16时前后最为明显。这是由于午间林冠受热的同时,也加热了周围的空气,使气温升高,并热量自上而下传递。这进一步证实了林冠面作为林内主要热力面的重要作用。值得注意的是北侧林缘气温垂直分布规律虽然与其它各方位相类似,但16时前后垂直温度梯度为最大,在13~14m处气温达26°C以上。

3. 2. 2 不同方位林窗边缘及林窗中央与林内气温差值的时空分布

林窗北、南、西侧边缘及林窗中央空地与林内气温的差值如图4(见下页)所示。可见,北侧林缘因为朝南向,在10~16时,受太阳辐射影响较大,与林内的气温差异显著,14时前后差值最大,并在12m处出现高值中心,最大温差可达1.6°C;早上(9时前)和下午(16时后)气温低于林内($\Delta T < 0^\circ\text{C}$)。南侧和西侧林缘,由于方位的影响,接受到的太阳辐射较少,与林内的气温差异较小,南侧林缘的气温大多低于林内;而西侧林缘的气温差值则是以14~15时为界,上午气温差为正,下午为负。这充分显示了不同方位林窗边缘,其气温垂直分布呈现不同特征,形成了不同的小气候环境。

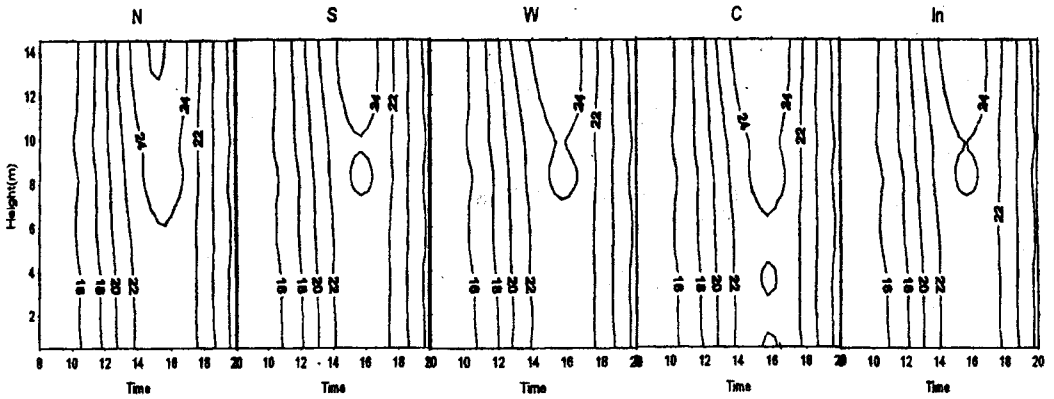


图3 林窗不同方位气温时空分布 (°C)

N-北侧 S-南侧 W-西侧 C-中央 In-林内(下同)

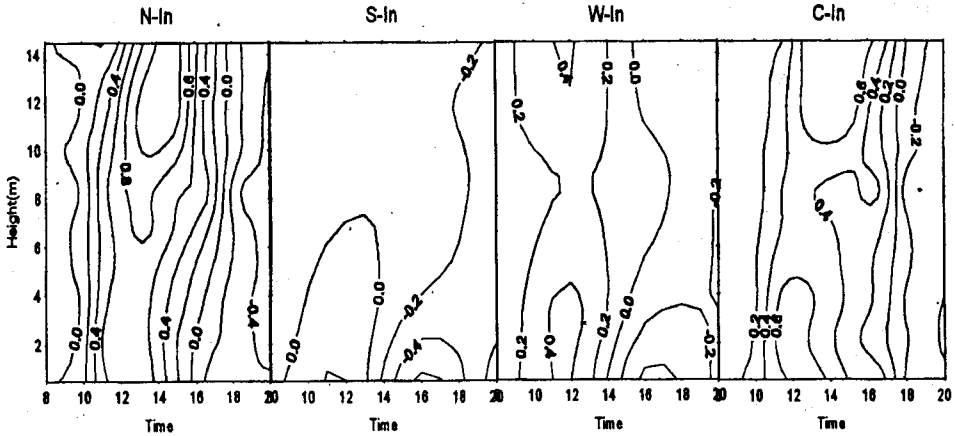


图4 林窗各方位与林内气温差值时空分布 (°C)

林窗中央由于受树木遮蔽相对较小,日出后气温升高迅速,17时以前,气温差均为正值,变率远大于南侧、西侧,并在中午(12~15时)在林冠高度和林窗地面附近形成气温差高值区($\Delta T > 0.6^\circ\text{C}$),这是由于林窗中央空地没有树木遮蔽,地面受太阳辐射较多,成为另一个重要的热面;而林冠高度的热力作用,不仅向下传递,同时也向周围传递,在林窗边缘树冠热力作用的影响下,林窗中央树冠高度附近的气温较高,气温差值也较大,这进一步显示了林冠的热力作用效应的重要性。

3. 2. 3 各方位林窗边缘及林内的气-树表温差值的时空分布

根据热力学定律，热量是从高温处向低温处传递，为了探讨林窗边缘处的热量传递方向，求算了不同方位林窗边缘各高度气温与树表温的差值如图 5 所示。可见，气温与树表温差值在上午和傍晚，差值较小且大多为负，显示了热量是由林窗边缘树木传向空气。11~17 时间，气-树表温差值大多为正，且以地面附近差值显著，显示了热量由空气传向树木。

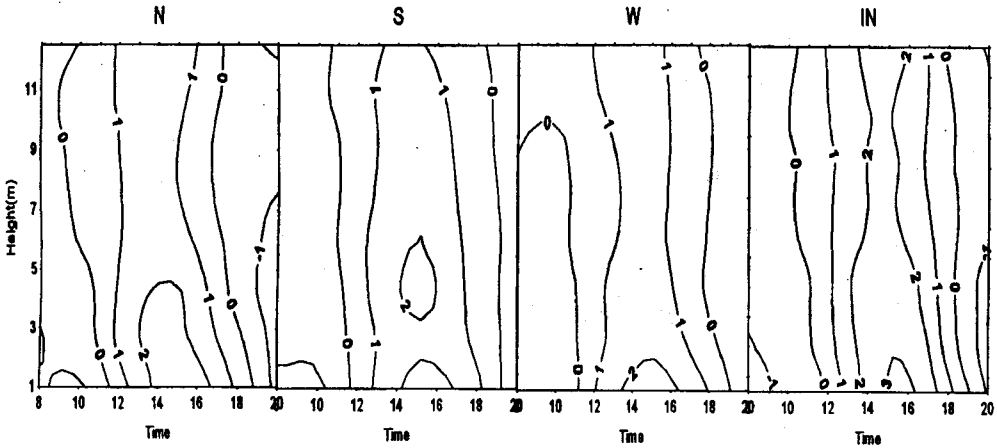


图 5 林窗各方位及林内气-树表温差时空分布 (°C)

3. 3 林窗边缘水汽压的时空分布

当大气中水汽含量增加时，水汽压也相应增大；反之，水汽压减少。因此，水汽压可以用来表示大气中水汽含量的多少。

3. 3. 1 各方位林窗边缘水汽压的时空变化

在 12 时之前和 19 时后，各方位水汽压在垂直方向变化不显著，同一时刻各高度上的水汽压基本相同。14~16 时，在高度 8m 以下呈现降低趋势，以上则为升高趋势。16~18 时，水汽压在地面附近和林冠附近出现了两个高值区如图 6 所示（见下页）。

3. 3. 2 林窗边缘与林内水汽压差值的时空变化

如图 7（见下页）所示，林窗边缘北侧与林内水汽压的差值昼间绝大多数为正，地面差值较大，12 时可达 1.7hPa，向上逐渐减小，中午在林冠高度出现负值区。南侧的水汽压差值呈现上下相反的趋势，并且中午负值区较大（水汽压小于林内），离地面较近，而早晚则反之；西侧的水汽压差值分布在 6m 以下则呈现上午正，下午负的趋势，其上则多为负值。但与北侧相比，南侧、西侧水汽压差的绝对值都不大。林窗中央水汽压大多小于林内，而且差值自下而上逐渐增大，林冠附近最大差值可达 -2.1hPa。

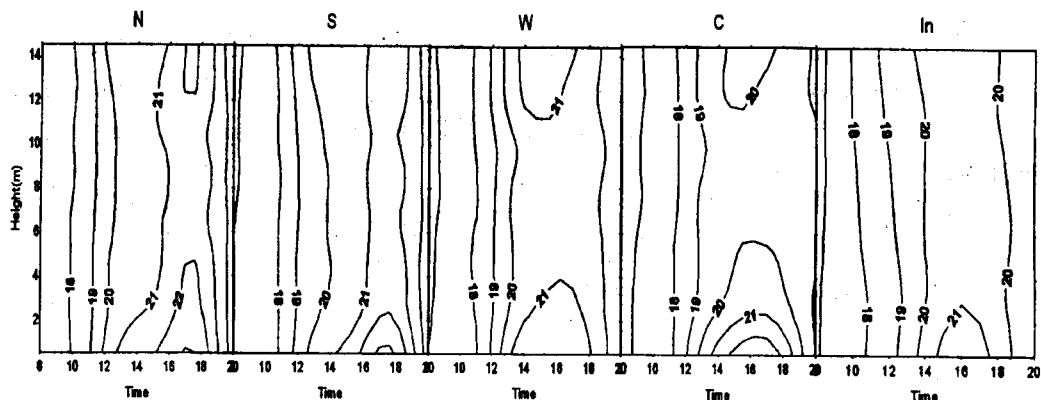


图6 林窗不同方位水汽压时空分布 (hPa)

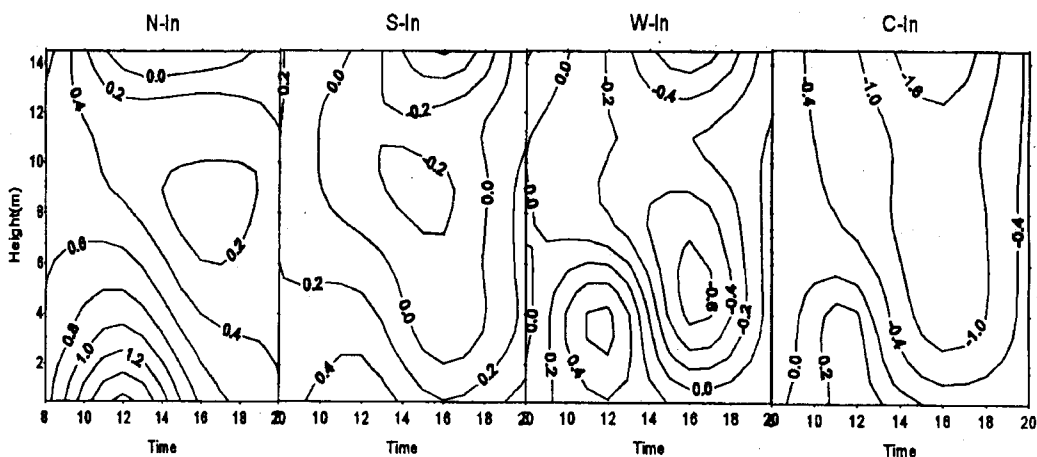


图7 不同方位林窗边缘与林内水汽压差值时空分布 (hPa)

以上分析可知,在林窗区域,水汽压在不同方位林窗边缘的垂直分布同样存在差异;与林内相比,在不同方位其差值在不同时刻、不同高度均有明显差异,说明林窗区域水汽压同样表现了环境异质性。

3.4 相对湿度的时空分布

一定温度条件下,一定体积的空气中所能容纳的水汽数量是有一定限度的,当水汽含量恰好达到这个限度时,其水汽压为饱和水汽压。它的大小与温度有关,温度越高,饱和水汽压越大。相对湿度就是大气中实际水汽含量与饱和水汽含量的比数。

3. 4. 1 各方位相对湿度的时空变化

各方位相对湿度的时空分布如图 8 所示, 14 时之前, 相对湿度随时间增加而降低, 但同一时刻相对湿度在垂直方向变化不大。到 16 时, 气温较高, 饱和水汽压增大, 相对湿度进一步降低。并且由于此时温度存在较大的垂直梯度, 相对湿度也相应随高度呈现较显著变化。此时, 基本受不到太阳直接照射的南侧林冠下, 相对湿度最大; 北侧林冠下及林窗中央空地相应高度上, 相对湿度为最小。16 时之后, 相对湿度随时间增加而升高, 且垂直变化减小。

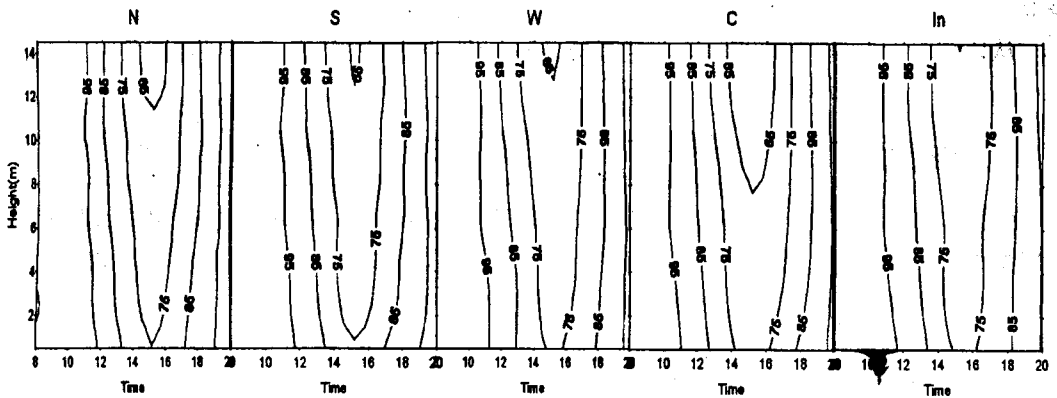


图 8 林窗不同方位相对湿度时空分布 (%)

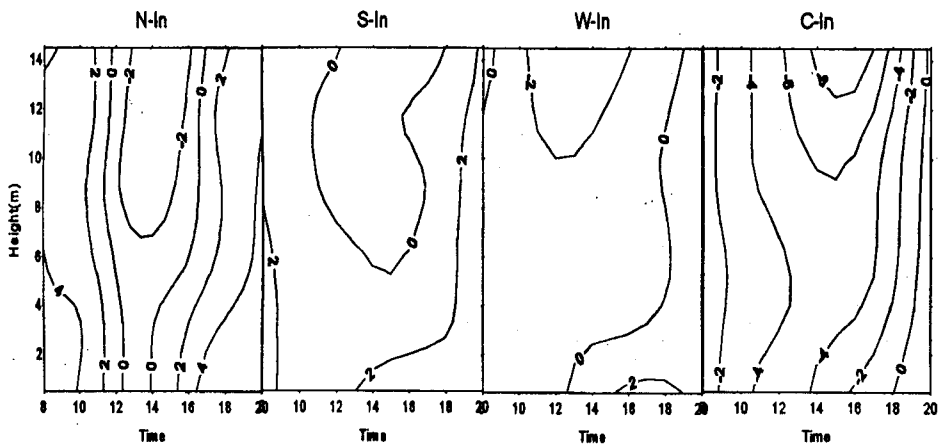


图 9 林窗各方位与林内相对湿度差值时空分布 (%)

从整个昼间来看, 由于太阳辐射影响显著, 相对湿度变化最大的是林窗边缘北侧; 林内和林窗边缘西、南侧变化则较小。

3. 4. 2 林窗边缘及林窗中央空地与林内相对湿度差值的时空变化

林窗边缘北、南、西三侧与林内相对湿度的差值的分布有很大的相似性(见上页图9)。上午, 差值多为正值, 垂直变化较小; 14时前后, 差值多为负值, 自地面向上差值逐渐增大, 林冠下为低值区。此后, 差值逐渐变为正值。而差异以林窗边缘北侧为最显著, 西侧次之, 南侧最小; 但负值区域以南侧、西侧较大, 北侧较小。

林窗中央空地与林内相对湿度差值昼间大都为负值, 差值最大可以达到9.5% (林冠下)。这表明林窗中央空地的空气比林内干燥, 而且随高度增加, 与林内相对湿度的差值越大。

从以上分析, 进一步显示了林窗区域各种小气候要素均反映了其环境异质性。

4 讨论与小结

(1) 本次观测显示了林窗东侧和北侧边缘林墙(tree wall)的树表温大于林内树表温, 北侧林墙的气温大于林内气温, 甚至大于林窗中央。可见, 林窗东侧(气温缺测)和北侧边缘林墙是影响林窗热力状况不可忽略的重要因子之一。

(2) 由于植物表面温度对植物的能量传输、光合作用、蒸腾作用等起着重要作用。林窗边缘不同方位、不同高度的树表温分布差异, 势必影响林窗边缘植物的能量传输、光合作用、蒸腾作用等, 导致林窗边缘树木的生长(特别是侧向生长)产生差异, 最终影响到林窗的更新。

(3) 由于林冠面上植物蒸腾作用和地面附近土壤水分蒸发及植物蒸腾, 在日照强的时段, 林冠和地面附近均有较多水汽。尤其以北侧边缘林墙最为显著, 水汽含量甚至大于林内。可见, 北侧林墙不仅是重要的热力因子, 对水汽的影响也很突出。

(4) 林窗边缘北侧受太阳辐射和温度的影响, 导致相对湿度昼间变率最大; 而林内相对湿度变化则较为平缓。

综上所述, 林窗边缘林墙不仅具有显著的热力效应, 同样具有明显的水汽效应, 充分显示林窗形成后, 在其立体空间形成了显著的环境异质性。其结果不仅对探讨林窗区域的热力特征、水汽输送、小气候的形成机制意义, 而且对探讨林窗边缘植物的生理机制、生长特性等也有重要意义。

致谢: 本研究得到了中国生态系统研究网络西双版纳热带森林生态站的大力支持, 在观测中使用了部分该站的观测仪器, 在此表示感谢。

参考文献

- [1] Platt W J, Strong D R. Special Feature: Gaps in canopy ecology. *Ecology*, 1989: 70
- [2] Denslow J S. Gap partitioning among tropical raincanopy trees. *Biotropica*, 1980, 12 (Supplement): 47-55
- [3] Lee R. *Forest Microclimatology*. New York: Columbia University Press, 1978. 276
- [4] Mucia C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Evolution*, 1995, 10: 58

- 62

- [5] Tuner I M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 1996. 33: 200 - 209
- [6] 王庆锁, 王襄平, 罗菊春, 等. 生态交错带与生物多样性. *生物多样性*, 1997 (5): 126 - 131
- [7] Chen J. Edge Effects: Microclimatic Pattern and Biological Responses in Old - growth Douglas - fir forests. USA: PhD Thesis, University of Washington, Seattle, W A, 1991
- [8] Kapos V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 1989. 5: 173 - 185
- [9] Camargo J L C, Kapos V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 1995, 11: 205 - 221
- [10] Sizer N C. The edge effect and natural regeneration in lowland tropical rain forest, central Amazonian. Cambridge: PhD Thesis, University of Cambridge, UK. 1992
- [11] 马友鑫, 刘玉洪, 张克映. 西双版纳热带雨林片断小气候边缘效应的初步研究. *植物生态学报*, 1998, 22 (3): 250 - 255
- [12] 张一平, 王进欣, 马友鑫, 刘玉洪. 西双版纳热带次生林林窗边缘树表温度的时空分布. *北京林业大学学报*, 2000, 22 (3): 8 - 13

Temporal - spatial Characteristics of Factors of Microclimate at Edge of canopy Gap in Tropical Secondary Forest of Xishuangbanna in Fog - cool Season

Zhang Yiping¹ Zhao Di² Ma Youxin¹ Liu Yuhong¹ Dou Junxia¹ Guo Ping¹

1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS Kunming 650223

2 Earth Science Department, Yunnan University Kunming 650091

Abstract Vertical microclimate measurements were conducted at the edge of tropical secondary forest canopy gap in Xishuangbanna in fog - cool season in 2000. The daytime temporal - spatial distribution of trunk surface temperature, air temperature, vapor pressure and relative humidity at different part of the canopy gap were discussed in this paper. The findings showed that the edge of gap has not only remarkable thermal effect, but also important water vapor effect, especially on the north edge. The effects of thermal and water vapor consist of the environment heterogeneity of canopy gap. The result would supply a research basis for discussing thermal and water vapor transport of canopy gap, microclimate formation and vegetal and physiological characteristics of plants at the edge of canopy gap.

Key words Canopy gap; Edge of canopy gap; Thermal effect; Water vapor effect; Factors of microclimate; Vertical distribution