

西双版纳热带次生林林窗边缘树表温度的时空分布^{*}

张 一 平 王 进 欣 马 友 鑫 刘 玉 洪
(中国科学院西双版纳热带植物园, 650223, 昆明; 第一作者男, 43 岁, 博士, 研究员)

摘要 该文利用热带次生林林窗边缘树干的表面温度观测资料, 探讨了昼间林窗边缘和林内树表温的时空分布和变化规律、林窗边缘与林内树表温的差异、林窗边缘树表温与林窗中央地表温的差异. 指出在林窗区域, 受太阳直接照射的东侧和北侧林窗中部存在表面温度高值区, 是林窗区域除林冠面、林窗地面、林内地面之外的新的第 4 热力作用面, 对探讨林窗区域的热量传输、小气候形成以及林窗边缘植物的侧向生长等均有重要意义. 其结果可为进一步研究林窗小气候形成机制提供研究基础, 为研究林窗更新以及对生物多样性影响提供科学参考.

关键词 林窗, 林缘垂直作用面, 表面温度, 热力作用面

中图分类号 S718.45

Zhang Yiping; Wang Jinxin; Ma Youxin; Liu Yuhong. Temporal-spatial characteristics of trunk surface temperature at the edge of canopy gap in tropical secondary forest of Xishuangbanna in dry season. *Journal of Beijing Forestry University* (2000) 22(3) 8~13 [Ch, 29 ref.] Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, CAS, Kunming, 650223, P. R. China.

Microclimatic measurements were conducted at the edge of secondary forest canopy gap in Xishuangbanna, Yunnan Province, in fog-cool season and dry-hot season. The temporal-spatial distribution of trunk surface temperature at the edge of canopy gap and in the interior of secondary forest were discussed in this paper. The differences between the edge of canopy gap and interior of forest and the differences between trunk surface temperature at the edge and surface temperature in the center of gap were also analyzed. The findings showed that there were high temperature regions on the east and north of middle vertical active surface of edge. So that the vertical active surface of edge is a new thermal active surface on the vicinage of canopy gap beyond soil surface on the interior of forest, soil surface on the gap, and forest canopy surface. The results supply a research basis for understanding microclimatic formation of canopy gap, the regeneration of forest canopy gap and for studying impacts of biodiversity.

Key words canopy gap, vertical active surface of edge, surface temperature, thermal active surface

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. 从 80 年代初开始, 小尺度的林窗干扰开始受到广泛重视. 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^[8~11]和林窗特征的研究^[12~17], 而对林窗热力特征的研究尚未见报道.

另一方面, 林缘作为自然景观主要特征之一, 其物理和生物显著变化(即边缘效应)的重要性同样引起广泛关注^[18~21]. Chen^[22], Kapos^[23], Camargo and Kapos^[24], Sizer^[25] 和马友鑫^[26] 等曾对温带至热带的不同类型森林的边缘热力效应进行过研究. 但这

1999-12-27 收稿
<http://www.chinainfo.gov.cn/periodical/bjlydxxb/>

^{*} 国家自然科学基金项目(39770141)、中国科学院“院长基金”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、云南省自然科学基金项目(98C098M)的部分研究成果

些研究主要集中于给定单一高度的水平梯度变化,而对垂直空间变化则研究较少,特别是对林窗边缘热力状况的时空分布研究尚未见报道。

林窗更新中,除林窗地面的幼苗、幼树之外,林缘植物的侧向生长作用也是不可忽略的一部分。另一方面,林窗边缘附近的热力作用可能是森林与林窗空地之间热量和水气等的水平输送和垂直扩散的重要驱动力。而且温度直接影响植物的生命活动,间接影响其它多种生态条件,其中,植物表面温度更是对植物生长、发育和各种生理过程有着直接影响。林窗区域林窗边缘林墙面乃是除林冠面、林窗地面、林内地面之外第 4 个界面,具有其特有的热力分布特征,其热力状况势必对林窗植物,特别是林窗边缘不同高度植物的生长、发育有着影响。所以对林窗边缘热力状况(树表温)的时空分布开展研究,有助于从立体空间探讨林窗边缘植物更新机制;并可为深入研究林窗不同热力作用面相互作用以及林窗生物多样性等提供参考。本文根据 1998 年 12 月~1999 年 4 月期间,在西双版纳地区对不同月份的次生林林窗 4 次小气候观测资料,对林窗边缘的热力状况的时空分布特征进行初步分析。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地概况

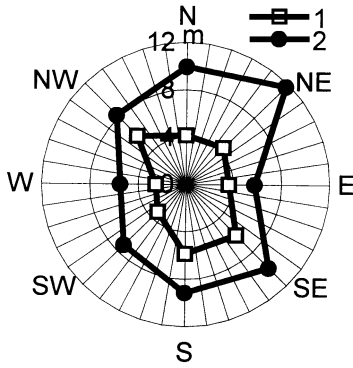
西双版纳位于云南省南部,终年受西南季风控制,属热带季风气候,一年中有干热季(3~4 月)、湿热季(5~10 月)和雾凉季(11 月~次年 2 月)之分^[27]。在雾凉季的晴天,雾浓且维持时间长,一般夜间 22 时后,逐渐起雾,在中午 12 时才逐渐消散;干热季与雾凉季相比,雾生成时刻较迟,维持时间也较短,一般雾在夜间 23 时之后形成,而在上午 10 时左右就逐渐消散。

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 580 m),是原生植被(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稀朗,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^[28];群落高度多在 10~16 m,枝下高 8~12 m,平均胸径 7.5~8.5 cm。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 microcarpa* 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(*Horfieldia 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*)^[29]等。土壤为砖红壤。

1.2 研究方法

本文所选择的林窗(图 1)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 51 m²;扩展林窗面积约 199 m²。



1 林窗边缘 2 扩展林窗边缘
图 1 次生林林窗轮廓

FIGURE 1 The out line of secondary forest gap

观测在 1998 年 12 月 4~21 日,1999 年 1 月 22~27 日,3 月 6~15 日和 4 月 11~20 日的昼间(8~20 时)进行。与本研究相关的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,下同)和林内树干的不同高度(0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 16 m)的表面温度以及林窗中央地表面温度(红外辐射温度计, COMPAC3, 日本 Minolta 株式会社)。

2 结果与分析

由于西双版纳地区雾凉季(11 月~次年 2 月)和干热季(3~4 月)的气候状况和林冠结构有较大差异,所以将观测资料分为雾凉季(1998 年 12 月和 1999 年 1 月平均)和干热季(1999 年 3 月和 4 月平

均) 进行分析.

2.1 表面温度的时空分布

2.1.1 林内表面温度的时空分布

次生林林内平均(4 方位) 树表温时空分布的时间变化如图 2 所示. 可见在雾凉季(图 2a) 上午 12 时前, 林地地面附近(4 m 以下) 的树表温随高度增高而降低, 在 4 m 以上变化不大; 12 时后由于雾逐渐变薄, 太阳辐射的作用增加, 林冠面受热较大, 导致树冠温度最高, 树表温垂直分布多呈现逆温分布(温度随高度增加而升高); 特别是在 16 时, 表面温度为最高, 并且温度随高度的变率也最大.

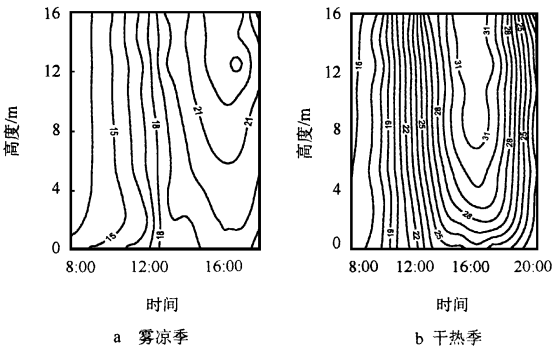


图 2 林内树表温时间变化

FIGURE 2 Variation of trunk surface temperature in the interior of forest

在干热季(图 2b) 树表温垂直分布的时间变化与雾凉季相似, 但时间变率和空间变率均大于雾凉季. 由此可知, 林内的主要热力面是林冠面.

2.1.2 林窗边缘表面温度的时空分布

雾凉季林窗 4 方位边缘不同时刻树表温的时空分布(图略) 同样受雾的影响, 上下午的时刻分布有明显差异.

上午 12 时前, 林窗 4 方位边缘的表面温度随高度变化, 在高度 4 m 以下基本上是呈现降低趋势, 4 m 高度以上变化较小; 12 时后雾散日出, 受太阳辐射的影响, 林窗不同方位边缘表面温度的垂直分布出现较大差异. 下午, 由于太阳高度较低, 林窗东侧和北侧边缘, 树干受到太阳的直接照射, 树干表面温度升高较快, 表面温度较高, 在树干中部, 形成表面温度高值区, 特别是在 15~ 16 时表面温度出现最大值. 因此, 林窗东侧和北侧边缘的树表温垂直分布形成了上下部的不同变化趋势: 高度 8 m 以下, 表面温度随高度增高而升高; 高度 8 m 以上, 则随高度增加而递减. 另外, 在 13 时, 林窗东侧边缘的地面出现表面温度高值区.

林窗南侧和西侧边缘, 虽然下午树干表面温度均有升高, 但是除林冠外, 树干基本上没有太阳直接照射, 其垂直分布与林内(图 2) 相似. 树干表面温度

随高度增加而递增, 林冠温度最高.

干热季各方位树表温的时空分布(图略) 规律与雾凉季相近, 在上午各方位的树表温随高度变化较小. 下午林窗北侧和东侧边缘林墙中部出现树表温的高值区, 表面温度垂直分布出现低—高一低—低的分布型. 而南侧和西侧边缘的树表温垂直分布是上高下低分布型. 另外, 干热季各方位树表温的时间变率和垂直变率均大于雾凉季.

由以上分析可知, 在雾凉季和干热季林窗东侧和北侧边缘林墙中部存在表面温度的高值区, 形成林窗区域新的热力作用面.

2.1.3 林窗边缘与林内树表温差值的时空变化

笔者分别计算了雾凉季和干热季各方位林窗边缘树表温与林内树表温的差值. 在雾凉季(图 3) 北侧和东侧边缘的树表温差值上午均较小, 即林窗边缘与林内的树表温基本相同; 下午多数差值为正, 林窗边缘的树表温高于林内, 其高值区出现在树根处(0 m) 和林墙中部(约 8 m), 显示了林缘林墙中部的热力作用. 而南侧和西侧边缘(图略) 的树表温整个昼间差值均较小, 即林窗南侧和西侧边缘的树表温与林内是基本相同的.

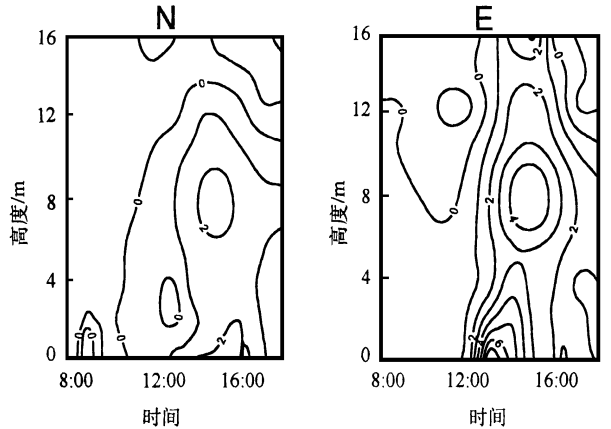


图 3 雾凉季林窗边缘与林内树表温差

FIGURE 3 Variation of difference of the trunk surface temperature between the edge of gap and interior forest in the fog-cool season

在干热季, 由于雾消散时刻较雾凉季早(约 10 时前后), 加之处于换叶期, 多数植物的冠层较稀朗, 林缘树表温与林内树表温差值的时空分布(图 4) 不同于雾凉季. 北侧和东侧边缘, 早上 8 时由于雾的影响, 没有太阳直接辐射, 各高度树表温低于林内树表温, 但差异较小, $|\Delta t_s| < 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. 10 时后雾散日出, 由于林窗边缘树干表面受太阳直接照射, 呈现增温效应, 使得林窗边缘高度 8 m 以下的树表温的增温率大于林内, 树表温高于林内相应位置, $\Delta t_s > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$; 但是林窗边缘树干上部由于树冠相对较茂密, 增温率小于林内, $\Delta t_s < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. 如此造成了在林窗北侧和

东侧边缘, 林墙下部的树表温高于林内 ($\Delta t_s > 0$ $^{\circ}\text{C}$), 最大值可达 8 $^{\circ}\text{C}$ 以上 (东侧, 15 时); 而林墙上部的树表温低于林内 ($\Delta t_s < 0$ $^{\circ}\text{C}$), 最大差异达 8 $^{\circ}\text{C}$ 以上 (东侧, 15 时).

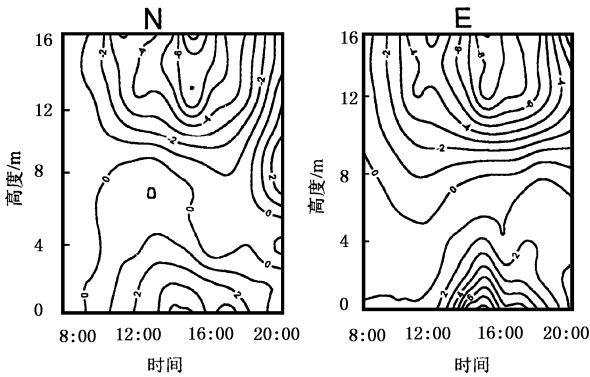


图 4 干热季林窗边缘与林内树表温差

FIGURE 4 Variation of difference of the trunk surface temperature between the edge of gap and interior forest in the dry-hot season

树表温差值的垂直分布将造成林窗边缘不同高度的热量水平传输方向差异, 即在林窗边缘下部, 热量水平传递方向是从林缘向林内, 而在林窗边缘上部热量是从林内向林缘传递, 这对林窗边缘的热力分布和热量流动将产生影响, 是否确实还待进一步深入研究.

在南侧和西侧边缘 (图略), 林缘与林内树表温的差异较小; 西侧同样显示了林缘上部 $\Delta t_s < 0$ $^{\circ}\text{C}$, 下部 $\Delta t_s > 0$ $^{\circ}\text{C}$ 的分布趋势. 南侧的垂直分布为上午 $\Delta t_s > 0$ $^{\circ}\text{C}$, 而下午 $\Delta t_s < 0$ $^{\circ}\text{C}$.

2.2 林窗边缘树表温与林窗中央地表温的比较

2.2.1 林窗中央地表温的时间变化

雾凉季和干热季林窗中央地表温的时间变化 (图 5) 显示, 中午地表面温度较高, 早晚较低, 基本上可分为上午、中午和下午; 由于受太阳高度季节变化的影响, 林窗中央地表温的变幅雾凉季较小 (14.4 ~ 19.9 $^{\circ}\text{C}$), 而干热季较大 (19.3 ~ 34.4 $^{\circ}\text{C}$), 约是雾凉季的 3 倍.

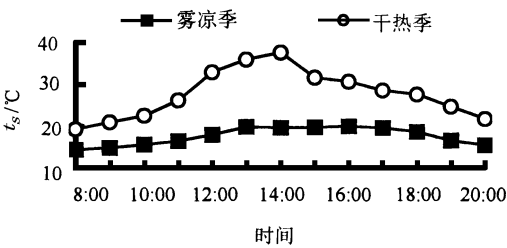


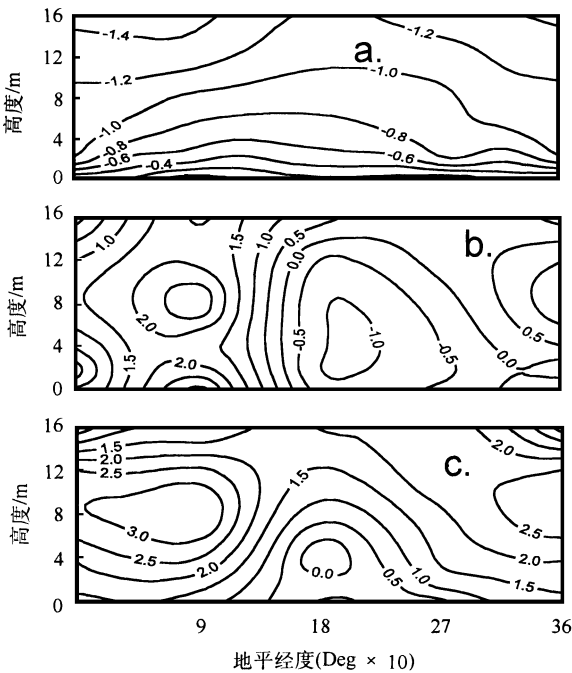
图 5 林窗中央地表温的时间变化

FIGURE 5 Variation of surface temperature on the center of gap

2.2.2 林窗边缘树表温与林窗中央地表温的比较

笔者统计了林窗中央地表温上午、中午和下午的平均值, 计算了不同时段林窗边缘树表温与林窗中央地表温的差.

由雾凉季的差值空间分布 (图 6) 可见, 上午 (图 6a) 差值均为负值, 其差值的绝对值为上大下小, 显示了雾凉季上午林窗中央地表的热力作用较大. 中午 (图 6b), 随着雾散日出, 太阳辐射对林窗中央和东侧、北侧边缘的作用加大, 各方位间差值呈现不同分布: 虽然中午林窗中央地表温有升高 (图 5), 但是由于太阳高度较低, 受林窗边缘的树木影响, 日照时间较短, 使得林窗中央地表温升幅较小; 林窗东侧、北侧边缘受太阳辐射的直接照射较多, 树表温升幅较大, 导致东侧、北侧的差值为正, 最大中心出现在东侧边缘的中部和树根基处; 南侧和西侧边缘由于太阳直接辐射较小, 树表温低于林窗中央地面. 下午 (图 6c) 差值为正的区域进一步扩大, 除南侧 4 m 高度附近差值为负之外, 其它区域差值均为正值, 最大中心仍然出现在东侧边缘. 显示了雾凉季下午, 林窗边缘林墙面的热力作用均大于林窗中央地面. 以上结果显示了雾凉季中午、下午林窗东侧、北侧边缘林墙的热力作用大于林窗地面, 成为林窗区域新的热力作用面, 对林窗区域的热量传输起着不可忽视的作用.



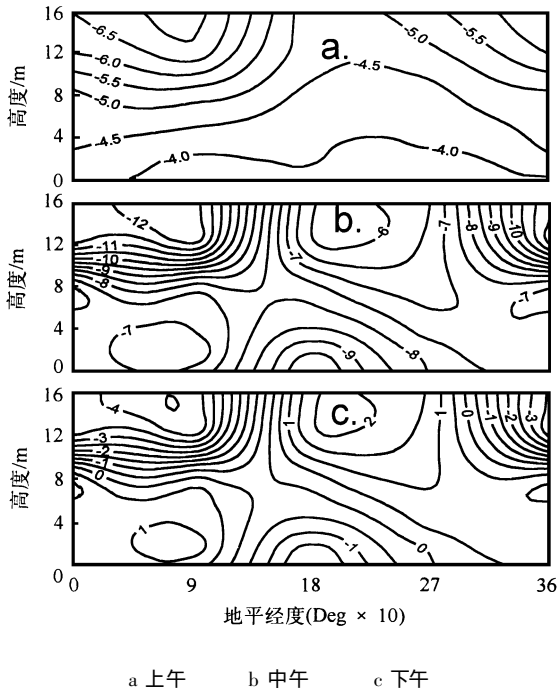
a 上午 b 中午 c 下午

图 6 雾凉季林窗边缘树表温与林窗中央地表温的差
FIGURE 6 Spatial variation of the difference between the trunk surface temperature near edge and surface temperature in the center of gap in the fog-cool season

干热季林窗边缘树表温与林窗中央地表温的差

值空间分布由图 7 给出. 可见上午(图 7a), 各方位的差值均为负值, 并且绝对差值大于雾凉季, 说明干热季上午林窗中央地面的热力作用大于林缘林墙. 中午(图 7b) 由于太阳高度增高, 林窗中央地面受到的太阳直接辐射量增加, 林窗中央地表增温较快(图 5), 地表温高于林窗边缘树表温, 导致差值为负, 并且绝对值较大, 最大差异中心出现在东侧边缘林冠部位, 次极大值区域则在南侧边缘树根基处. 显示干热季中午林窗中央地面仍然是主要热力作用面. 但是下午(图 7c), 由于太阳西斜, 林窗中央受周围树木影响, 太阳直接辐射减弱, 地表温降低(图 5), 林窗边缘树表温与林窗中央地表温的差异减小, 在林窗东侧边缘下部和南侧上部出现正差值, 其余区域仍然是负差值. 显示了干热季下午, 林窗边缘林墙某些区域的热力作用大于林窗中央地表面.

由以上分析可以认为: 在林窗边缘, 不同时间、不同位置, 其热力作用的效应不同, 林墙的热力作用在上午、中下午具有明显差异, 并且随所处位置的不同而各异. 这不可避免地会对林窗内的小气候分布产生影响, 进而影响林窗, 特别是林窗边缘生物的生长、发育, 最终影响林窗的演替、更新.



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 臧润国. 林隙(gap)更新动态研究进展. 生态学杂志, 1998, 17(2): 50~ 58

16 臧润国, 郭忠林, 高文韬. 长白山自然保护区阔叶红松林林隙更新的研究. 应用生态学报, 1998, 9(4): 349~ 353

17 国庆喜. 长白山红松林林隙状况与更新研究. 东北林业大学学报, 1998, 26(1): 4~ 7

18 Lee R. Forest Microclimatology. New York: Columbia University Press, 1978. 276

19 Mucia C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution, 1995, 10: 58~ 62

20 Tuner I M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. Journal of Applied Ecology, 1996. 33: 200~ 209

21 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

22 Chen J. Edge Effects: Microclimatic Pattern and Biological Responses in Old growth Douglas fir Forests. USA: PhD Thesis, University of Washington, Seattle, WA, 1991

23 Kapos V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. Journal of Tropical Ecology, 1989. 5: 173~ 185

24 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

25 Sizer N C. The edge effect and natural regeneration in lowland tropical rain forest, central Amazonia. Cambridge: PhD Thesis, University of Cambridge, UK. 1992

26 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

27 张克映. 滇南气候的特征及其形成因子的初步分析. 气象学报, 1966, 33(2): 210~ 230

28 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. 植物生态学报, 1998, 22(6): 489~ 496

29 唐勇, 曹敏, 张建侯, 等. 西双版纳白背桐次生林土壤种子库、种子雨研究. 植物生态学报, 1998, 22(6): 505~ 512

(责任编辑 胡涌 李文军)

生物技术研究取得重要进展

生物学院森林生物学实验中心蒋湘宁教授主持的国家自然科学基金重点项目“树木形成层及木质部细胞骨架与木材形成机理与基因调控”于2000年3月3日通过国家自然科学基金委员会组织的中期检查,评价为取得重要进展。该项目进行至今已2年,北京林业大学和南京林业大学在学科和实验建设资金和研究人员调配方面给予了大力支持。课题组人员围绕项目的主要目标展开

了高强度、高投入、高速度地攻坚式研究,并取得了可喜的突破性进展。北京林业大学方面成功地自主克隆获得并分析了定位于形成层表达的GRP1.8启动子,经高强度研究和多次探索,实现了真核生物基因启动子在原核生物大肠杆菌中被诱导表达成功,突破了真核生物基因启动子在原核生物大肠杆菌中表达困难的限制,为进一步进行基因克隆、构建、定时定位诱导表达等基因工

程上游工作奠定了良好基础;建立起了若干植物材料的组织培养再生体系,为进一步进行转基因研究等基因工程下游工作奠定了良好基础;分别建立起了植物激素、木质素、纤维素等细胞骨架密切相关成分的仪器分析、电镜组织化学分析方法;比较研究了杨树形成层不同活动时期的结构与功能。

(本刊编辑部)