

## 马占相思人工林温湿效应的时空动态

彭少麟<sup>1</sup> 申卫军<sup>1</sup> 戴智明<sup>2</sup> 林永标<sup>1</sup> 任海<sup>1</sup>

: 1. 中国科学院华南植物研究所, 广东广州 510650; 2. 广东省鹤山市林业科学研究所, 广东鹤山 529725

**摘要:** 对马占相思人工林温湿两方面 11 年定位观测资料进行了总结, 分析了马占相思人工林空气及土壤温湿度在空间(水平的和垂直的)和时间尺度(年、季、日)上的动态变化。从功能上来看, 可把马占相思人工林的温湿效应简要地概括为调温(湿季降温, 干季保温)、滞缓温变以及增湿 3 个方面, 具体体现在: ① 约 7 龄的马占相思人工林即可表现出较为明显而稳定的温湿效应。林内 11 年的平均气温 (21.7℃) 比林外低 0.5℃, 表层土壤(0-20 cm)的平均温度(21.3℃)比林外低 2.0℃。马占相思林内极端最高温小于林外, 极端最低温则高于林外。林分的降温效应湿季比干季明显, 保温效应主要体现在湿季的深夜和干季气温较低的时候。② 林内白天各垂直层的气温随距地高度的增加而降低, 夜晚出现随高度增加气温升高的逆温现象, 干季各层气温间的分异要比湿季明显。在湿季, 土壤温度从地表层开始向下逐渐递减; 干季 0-5 cm 处的地温呈递减趋势, 深于 5 cm 则土温随深度的增加而增加。一般林内的气温变化要滞后于林外 1-2 h。③ 马占相思林内的平均相对湿度为 82%, 比林外高 4%。在晴天, 林内相对湿度的变化呈“U”型, 林内空气湿度随高度增加而下降, 但在湿季, 接近林冠约 7 m 处的湿度要大于近地表和林冠上层。土壤湿度在 0-40 cm 处随土层深度的增加而增加, 40-120 cm 处则随土层深度的增加而逐渐减少。

**关键词:** 马占相思林; 温湿效应; 时空动态

中图分类号: Q948.11

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2001) 04-0277-07

## TEMPORAL AND SPATIAL DYNAMICS OF TEMPERATURE AND MOISTURE IN AN ACACIA MANGIUM PLANTATION

PENG Shao-lin<sup>1</sup> SHEN Wei-jun<sup>1</sup> DAI Zhi-ming<sup>2</sup> LIN Yong-biao<sup>1</sup> REN Hai<sup>1</sup>

(1. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Heshan Institute of Forestry, Heshan 529725, China)

**Abstract:** Based on the data investigated from 1988 to 1998 for air and soil temperature and moisture in a 15-year-old artificial forest of *Acacia mangium* in Guangdong, China, the temporal and spatial dynamics of the forest was analyzed. The results showed that even 7-year-old *A. mangium* forest was able to have function of regulating air and soil temperatures, to delay temperature variation, and to increase moisture in the forest. Mean air temperature within 11 years inside forest was 21.7℃ which was lower than that outside forest by 0.5℃. Mean soil temperature at 0-20cm depths under forest was 21.3℃ which was lower than that outside forest by 2℃, the effect of forest on lowering temperature was more obvious in wet season than in dry season. Air temperature inside forest decreased vertically with height increase at daytime, but to the contrary at night. The differences in temperature at the four vertical layers (forest

收稿日期: 2000-08-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(39899370, 30100021), 广东省自然科学基金项目(980952, 010551); 广东省团队项目(003031), 中科院生物科技特支费(STZ-01-36)资助。

height at 0.5, 2, 7 and 16 m) were more distinctive in dry season than in wet season. Air relative humidity inside forest averaged 82% which was higher than that outside forest by 4%.

**Key words:** *Acacia mangium* forest; Temperature and moisture effect; Temporal and spatial dynamics

森林植物的各种生理生态行为都受其生境微气象因子的影响。生态系统内生产者的光合与呼吸、生长发育、消费者的生存与发展、食物链以及分解过程等无不受水热等生境因子的影响<sup>[1-3]</sup>。同样,森林的存在和林冠的遮幕,又在很大程度上创造和改变着森林生态环境,形成独特的林内小气候,这些小气候反过来又会影响森林生态系统的结构与功能。这样,森林生态系统内生物因子与环境因子间便产生了复杂的相互作用,这种相互作用在时间和空间上都是动态的,从而形成了系统动态的反馈途径之一。因此,森林小气候研究无疑是森林生态系统功能研究的基本内容之一。

马占相思(*Acacia mangium* Willd.)原产澳大利亚昆士兰沿海,巴布亚新几内亚西南部和印度尼西亚东部,速生耐瘠,固氮能力强,是很好的先锋树种<sup>[4]</sup>。1979年由中国林业科学研究院热带林业研究所引种室引入我国,成为我国热带亚热带地区的主要造林树种之一。1984年,中国科学院华南植物研究所在广东鹤山建立生态定位研究站,以马占相思为先锋树种,营造了试验用人工林,开展恢复生态学研究。自1988年以来开始对该林分进行小气候观测,1997年底又开始用森林小气候自动观测系统进行观测,本文是对11年(1988-1998年)温、湿两方面研究资料的总结。

## 1 试验地概况

中国科学院鹤山丘陵综合开放试验站位于广东省中部的鹤山市郊,东经112°54′、北纬22°41′。试验站所在地属亚热带季风气候。年平均气温21.7℃,极端最高温37.5℃,极端最低温0℃;年均太阳辐射能4350.5 MJ m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>;年均≥10℃有效积温7597℃,年均降雨量1800 mm,有明显的干湿季之分,干季为10-3月,湿季为4-9月;年均蒸发量1638.8 mm。丘陵地土壤为赤红壤(砖红壤性红壤)。

马占相思林试验地面积0.74 hm<sup>2</sup>,坡向东南,坡度26°,海拔70 m,相对高差10-18 m。马占相思林为1984年人工种植,株行距3.5 m×3.5 m,至1998年林龄15年,林分平均高15 m,林木平均胸径16.2 cm,郁闭度92%,整个林分的叶面积指数7.5。林下主要有豺皮樟(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)、胶樟(*Litsea glutinosa*)、九节(*Psychotria rubra*)、白背叶(*Mallotus apelta*)、木姜子(*Litsea cubeba*)、鬼灯笼(*Clerodendron fortunatum*)、春花(*Raphiolepis indica*)、酸藤子(*Embelia laeta*)、扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*)等<sup>[5]</sup>。林分已形成乔、灌、草3层结构,灌木层盖度约0.5,草本层盖度约0.3,林地枯落物层厚5-7 cm。

## 2 研究方法

1988-1998年人工观测林内与林外气象站各气象因子,主要观测项目为气温(包括干湿球、最高、最低温度)和地温(地表温度、距地面5、10、15、20 cm处的土温及最高、最低地表温度),每天观测3次;8:00,14:00和20:00,2:00时缺,但在统计时已按气象观测规范所规定的订正方法对2:00的值作出了订正<sup>[6]</sup>。百叶箱干湿球湿度表感应端距地1.5 m,气象站距林内小气候观测点约150 m,

气象站代表林外的空旷地,与林内比较来衡量马占相思林的温湿效应。湿度根据干湿球温差与湿球温度查湿度计算表而得。

1997年11月开始安装长春气象仪器研究所研制的MAOS-I小气候自动观测系统,同时坚持人工观测,以作比较。马占相思林内小气候垂直观测梯度分布分别为距地面0.5、2.0、7.0、16.0 m。本文林内温度和湿度效应的垂直梯度分布即来自自动观测系统。

**土壤湿度测定** 在坡面不同部位沿着与等高线垂直方向设置10个中子水分仪的测量点,1994年8月开始用中子水分仪(日本产PM-800型)每隔5 d观测1次,并配合烘干法对土壤含水量进行了1个整年的观测。用中子水分仪观测后土壤含水量的计算公式为:

$$\text{土壤含水量(\%)} = m \left( \frac{R}{R_w} \right) - c$$

式中,R为土壤中的中子计数率;R<sub>w</sub>为水体中的中子计数率;m和c均为常数,这里分别取值122.72和-12.683<sup>[7]</sup>。

### 3 结果和分析

#### 3.1 气温的时空动态

**年际变化** 马占相思人工林内气温11年中的变化有升有降(图1a),与林外气温的变化趋势极为一致,由此说明外界大气候对森林生态系统小气候的变化起支配作用。从图中还可看出,林内年均气温都比林外低,11年平均林内(21.7℃)比林外低0.5℃。鹤山站近11年(90年代)的平均气温(22.2℃)比此前的多年平均气温(21.7℃)高出约0.5℃,气温增加之剧烈非常惊人。

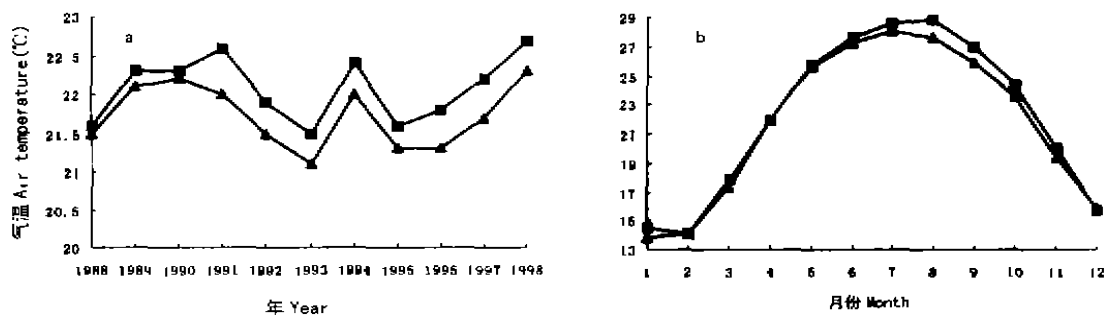


图1 马占相思林内(▲)及林外(■)气温的年(a)月(b)变化(1988-1998)

Fig. 1 Yearly (a) and monthly (b) changes in air temperature inside (▲) and outside *Acacia mangium* forest (■) during 1988-1998

对林内与林外(气象站)气温资料的统计表明,林分对温度有明显的调节作用。最热月7月林内平均温度28℃,林外28.6℃;最冷月1月林内平均温度13.8℃,林外14.5℃。11年间,林内的极端最高温要比林外的低,极端最低温比林外的高,而且它们并非同时出现,显示了森林对极端温度的调节。林内极端最高温度37.0℃(1996年8月2日),林外极端最高温38.4℃(1990年8月22日);林内极端最低温1.5℃(1996年2月21、22日),林外极端最低温1.0℃(1991年12月29日)。

**月变化** 林内全年各月的平均气温(11年平均)在夏季均比林外低,温差最高可达1.1℃(图1b)。在1-5月、11-12月则非常接近,最大温差0.7℃,这可能是由于干季上层乔木有一定程度的落叶,在某种程度上加强温度负效应,从而使林内、林外的温差变小。林内干季平均气温比湿季

低 4.4℃, 林外则低 7.9℃, 说明林分在干季对温度变化的调节更加明显。

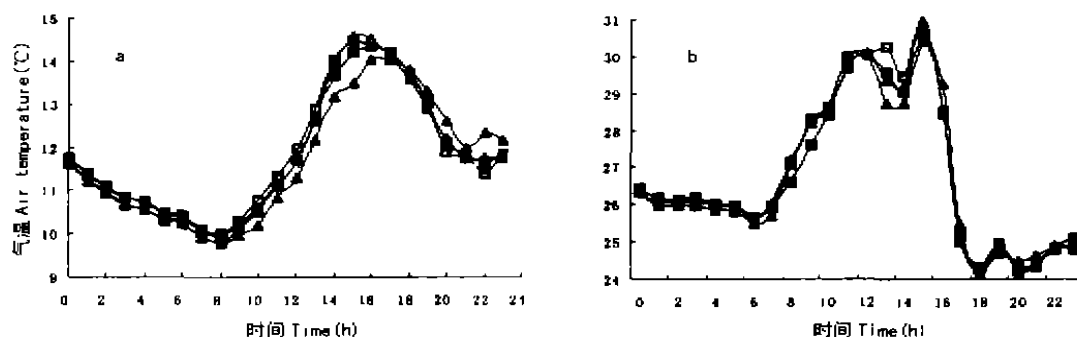


图 2 干(a)和湿(b)季马占相思林内气温的日进程及垂直分布

Fig. 2 Diurnal variation and vertical distribution of air temperature in *Acacia mangium* forest in dry (a) and wet (b) seasons

土壤深度 Soil depth: ▲ 0.5 m; △ 2 m; ■ 7 m; □ 16 m

**林内气温的日进程及垂直梯度分异** 在干季天气晴好的条件下, 林内平均气温在 1 天中的 14:00–16:00 间达到一个峰值, 在凌晨 4:00–8:00 间降到最低, 其变化的线型类似正弦曲线(图 2a)。林内平均气温不仅比同时刻林外气温低, 而且其峰值出现的时间也要滞后 1–2 h。林内气温垂直梯度的分布也与时间有关, 林内 0.5 m 处的气温在峰值以前是四个层次中最低的(图 2a), 气温达到最大值后(14:00–16:00), 林内温度随高度增加而下降, 0.5 m 处的温度在 21:00–23:00 间则上升到比其它各层都高, 相对来说, 这一时段林外气温已下降较多, 这说明森林在降温过程中也滞后于林外, 16 m 处的气温在 20:00 以前都处于各层中最高值, 此后则逐渐下降, 变为各层中的最小者。2 m 和 7 m 处的气温变化一直处于最高层和最低层之间, 并且两者相差很小。从这个变化过程中也看出了森林对温度在垂直方向上的调节, 在林外温度较高时, 林内温度随高度下降而下降, 而在林外温度较低时(如干季某些低温日), 林内温度又随高度下降而增加。湿季林内温度的垂直梯度变化与干季相似, 只是各层之间的差异更小, 从图 2b 中可看出四个层次的温度日变化过程几乎重叠。

### 3.2 土壤温度的时空变化

土壤温度与气温的季节变化相似, 干季明显比湿季低, 林内比林外低。林内表层土壤(0–20 cm) 11 年的平均温度为 21.3℃, 林外 23.3℃。林内极端最高地表温度 47.2℃, 林外 58.5℃; 林内极端最低地表温度 2.5℃, 林外 1.5℃。林内干季平均土壤温度 17.6℃, 湿季 25.0℃; 林外干季平均土壤温度 18.9℃, 湿季 27.8℃。干季林内外土壤温度差较湿季大, 最大温差在 7、8 月份可达 3.5℃(表 1)。

由表 1 可看出林内外土壤温度的垂直梯度变化。在干季, 土壤温度在 0–5 cm 间逐渐下降, 深于 5 cm 后又逐渐升高或保持不变。3 月份和 10 月份的土壤温度在各层都非常接近, 这两个月份也是干湿季的过渡时期。湿季各月土壤温度的垂直梯度变化趋势都相同, 即随着深度的增加, 土温下降。

### 3.3 林内空气湿度的时空变化

马占相思林内 11 年平均空气相对湿度为 82%, 林外 78%。林外空气相对湿度平均比林内低 4%, 在夏季 7、8 月林内外湿度差可达 7%–8%, 干季时林内外空气相对湿度较接近(图 3)。春季时

表1 马占相思林内、林外土壤温度(°C)的时空变化(1988-1998年)

Table 1 Spatial and temporal changes in soil temperature inside and outside *Acazia mangium* forest during 1988-1998

月份 Months	马占相思林内土壤温度 Temperature for soil depth inside forest					林外(气象站)土壤温度 Temperatures for soil depth outside forest				
	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
1	14.3	14.6	15.3	15.0	15.2	15.5	14.9	14.8	15.0	15.0
2	14.2	14.1	14.2	14.5	14.7	15.8	15.0	14.9	14.9	14.5
3	17.1	16.6	16.4	16.4	16.4	18.5	18.9	18.4	18.2	17.5
4	22.3	21.3	20.9	20.5	20.1	24.6	22.8	19.0	22.3	21.2
5	25.5	24.6	24	23.6	23.3	28.7	27.3	26.2	25.7	24.7
6	26.9	26.0	25.6	25.3	25.0	31.0	29.4	28.7	27.8	27.2
7	27.7	26.8	26.5	26.2	25.9	32.4	30.4	29.7	29.3	28.1
8	27.9	27.0	27.1	26.5	26.2	32.7	30.7	29.9	29.6	29.3
9	26.2	25.6	25.5	25.4	25.3	30.2	28.7	28.9	28.2	27.8
10	24.1	23.3	23.2	23.2	23.1	28.0	25.8	25.5	25.4	25.3
11	20.2	19.8	19.9	20.1	20.1	22.3	21.2	21.1	21.5	21.7
12	16.4	16.1	16.6	17	17.0	18.3	17.6	17.3	17.4	17.2
Average	22.0	21.4	21.4	21.2	21.1	24.9	23.6	23.1	23.1	22.5

空气湿度较高,夏季林内空气湿度与春季相当,此后逐渐递减,10-12月的空气湿度明显低于其它月份。总的来说,林内外空气湿度从7月份开始,呈缓慢递减的趋势,直至翌年2月份又开始缓慢回升。林内外空气湿度年际间并无明显的节律变化。

**林内空气湿度的日进程及垂直梯度变化** 无论是干季还是湿季,林内空气湿度在1天中的变化趋势相似,在8:00-20:00间形成一个U形的变化曲线(图4a,b),干季的U形低于湿季,“谷底”持续时段要比湿季的短约2-3h,并且“谷底”至“谷顶”的变化幅度不如湿季大,约低10%。从垂直梯度变化来看,16m处的空气相对湿度始终最低,在干季时0.5m处的湿度最高,而在湿季时2m和7m的湿度则高于0.5m处,这可能与这两层更接近或处于林冠层有关,由于湿季林冠蒸腾量较大,虽然16m高于林冠1-2m,但通常林外风速大,温度高,故湿度为各层最低。

### 3.4 林内土壤湿度的时空动态

土壤湿度在年内的变化呈现出几个比较明显的峰值,分别在梅雨季节结束后的5月、最热月7月及干季的11月(图5)。总体来看,湿季土壤湿度明显高于干季,7月份最大。虽然土壤含水量在各月间有振动,但振幅不大,最大时为10.3%。据周国逸等的研究,马占相思林内不同坡位的土壤含水量也是不同的,自7月份后,中坡土壤含水量大于下坡,其余各月土壤含水量均表现出上坡<中坡<下坡。

土壤含水量在土壤剖面上也有较大变化,在0-20cm间逐渐增加,20-40cm处达到最大值,此后逐渐下降并趋于稳定(图6)。

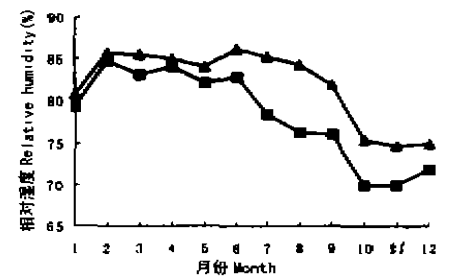


图3 马占相思林内(▲)和林外(■)空气湿度的月变化(1988-1998)

Fig. 3 Monthly change in air humidity inside (▲) and outside (■) forest

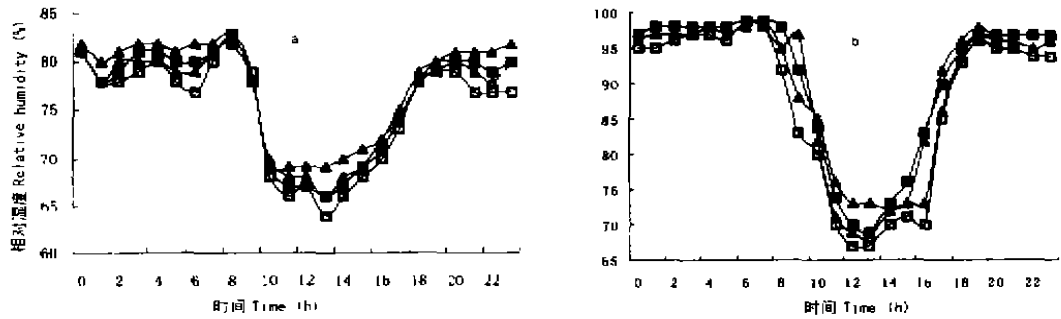


图4 干湿季马占相思林内空气湿度的日进程及垂直分布

Fig. 4 Diurnal variation and vertical distribution of air humidity in *Acacia mangium* forest in dry (a) and wet (b) seasons

土壤深度 Soil depth ▲ 0.5 m; △ 2 m; ■ 7 m; □ 16 m

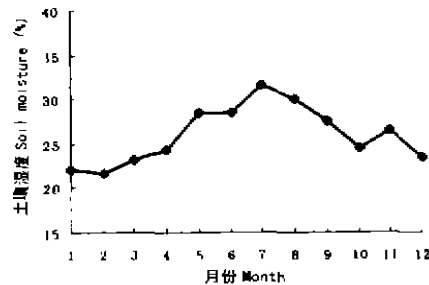


图5 马占相思林地土壤湿度的月变化

Fig. 5 Monthly change in soil moisture under forest

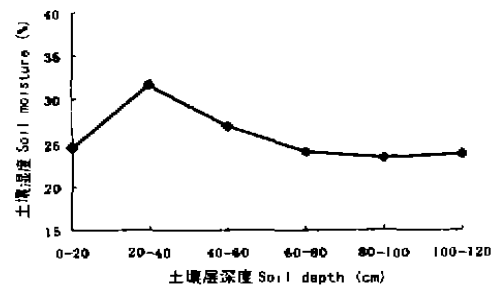


图6 马占相思林内不同深度的土壤湿度

Fig. 6 Change in soil moisture at different soil depth in the forest

#### 4 结论

1991年时本研究的马占相思试验林已有7龄,从图1可看出,1990年后,林内平均温度比林外低约 $0.6^{\circ}\text{C}$ ,但此前几年的林内平均气温比林外低约 $0.3^{\circ}\text{C}$ ,随着林龄的增长,马占相思人工林的降温效应逐渐增加。约7龄的马占相思人工林即有较稳定的降温效应。与林外气温变化相比,林分的降温效应在湿季和下午温度较高时则更加明显。在湿季温度较高时,土壤各层的温度自上而下递减;干季温度较低时,5 cm以下土壤层又表现出增温趋势。另外,从垂直梯度日变化过程也可看出,深夜林冠上方的气温要低于林内,在其它时间则高于林内,因此,森林对温度有明显的调节作用。从林内气温的日进程中发现,天气晴好的条件下,1天中林外最高温出现在下午2:00左右,林内则出现在下午4:00左右,体现了林分对增温过程的滞缓。无论是水平层次上(林内与林外)还是垂直层次上,马占相思人工林都体现出增湿的效应,在湿季白天这种增湿效应更加明显,在干季时较弱。因此,从功能上来说,可将森林的温湿效应简要地概括为调温(降温和保温)、滞缓温变和增湿3个方面。

从林内气温与地温的垂直分布可见,即使在林冠以上1 m处的气温,也与林内的气温相差不超过 $1.0^{\circ}\text{C}$ ,而此层次的温度与同时间林外的气象站的气温相比,却要低 $3-5^{\circ}\text{C}$ ,可见森林的温湿效

应不仅在于森林植物所占居的空间层,也扩展到了植物-大气间的界面层。同样,在土壤表层也反映出了这种效应的延伸,这种表层的土壤也可视为植物-土壤间的界面层,而这一界面层的厚度及其温湿特征可能正是揭示土壤-植被-大气在全球气候系统内相互作用机理的关键所在

#### 参考文献:

- [1] Lee R. *Forest Microclimatology* [M]. Columbia University Press, 1978
- [2] 曾友特,余作岳,张文其. 小良热带人工混交林早期的温湿效应 [J]. 生态学报, 1995, 15(增刊): 204-210.
- [3] 常杰,潘晓东,葛滢,等. 亚热带常绿阔叶林(*Quercus glauca*)的小气候特征 [J]. 生态学报, 1999, 19(1): 68-75.
- [4] 任海,彭少麟,余作岳. 马占相思的生物生态学特性 [J]. 生态学杂志, 1996, 15(4): 1-5.
- [5] 方焯,丁明慧,吕冬梅,等. 南亚热带丘陵马占相思人工林降雨的水文动态及其营养元素迁移 [J]. 生态学报, 1995, 15(增刊): 115-123.
- [6] 中央气象局. 地面气象观测规范 [M]. 北京:气象出版社, 1979
- [7] 周国逸,彭少麟,余作岳. 马占相思人工林某些水文学过程的基本规律初探 [J]. 生态学报, 1995, 15(增刊): 212-216.

---

### 欢迎订阅 欢迎投稿

## 《热带亚热带植物学报》(季刊)

《热带亚热带植物学报》是中国科学院主管、中国科学院华南植物研究所和广东省植物学会联合主办,科学出版社出版的国家级学术性期刊。主要刊载热带亚热带地区植物学研究的论文报告、科研简报、综述述评等;介绍植物学研究领域中各分支学科的新发现、新理论、新方法和新技术等,为推动植物学研究和开发热带亚热带植物资源、为国民经济建设和科学技术进步做出贡献。主要读者对象为本学科的研究人员、大专院校师生等。

本刊创刊于1993年,刊号为CN 44-1374/Q,是中国自然科学核心期刊。本刊多年来被美国《生物学文摘》(BA)、美国《化学文摘》(CA)、英国《CAB International》的多种专业文摘以及《中国科学引文数据库》、《中国生物学文摘》等收录。

本刊为季刊,16开,88页,2002年每册10.00元,全年订价46元(包括邮费),可直接汇款到本刊编辑部或通过天津“联合征订服务部”订购,地址为:天津市大寺泉集北里别墅17号,邮编:300385,电话:(022)23973378。

编辑部地址:广州市乐意居华南植物研究所内,邮编:510650

电话:(020)85232414 传真:(020)85231711

E-mail: jtsb@scib.ac.cn 网址: <http://xuebao.scib.ac.cn>