

# 荔枝林小气候特征及其与大气气候的关系

王春林<sup>1,2</sup>, 董永春<sup>3</sup>, 刘锦銮<sup>1</sup>, 何健<sup>1</sup>

(1. 广东省气候与农业气象中心, 广州 510080; 2. 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 3. 广州国际专业气象台, 广州 510080)

**摘要:** 利用 2002-2003 年间荔枝林小气候梯度观测资料, 分析荔枝林小气候特征及其与背景大气气候之间的关系。受“山谷风”下沉气流影响, 荔枝林冠层气温与背景大气气候相比, 夜间气温明显偏低, 其日变化幅度偏高, 年平均偏低 0.35-0.75℃, 冬春季和夜间更加明显。因此在冬季冷空气过程中, 荔枝林将承受较长的低温时间。不同梯度气温相比, 冠层气温比冠层上偏高 0.2-0.4℃, 夏秋季和白天更加明显。荔枝林具有显著而稳定的增湿效应, 全年月平均相对湿度均高于背景大气气候 7% 左右。荔枝林气温、相对湿度等小气候因素与背景大气气候相比, 具有相同的时间变化趋势, 并存在显著的线性关系。此研究结果可为应用常规气象站监测、预测气象资料推算荔枝林小气候状况, 开展农用天气服务和防灾减灾工作提供依据和参考。

**关键词:** 广东省; 荔枝; 小气候; 农用天气

**中图分类号:** S716.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3395(2005)04-0347-06

## Microclimatic Characteristics in Litchi Forest in Relation to Macroclimate

WANG Chun-lin<sup>1,2</sup>, DONG Yong-chun<sup>3</sup>, LIU Jin-luan<sup>1</sup>, HE Jian<sup>1</sup>

(1. Guangdong Climate and Agrometeorology Center, Guangzhou 510080, China; 2. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 3. Guangzhou International Specialised Weather Servers, Guangzhou 510080, China)

**Abstract:** Using microclimatic data recorded from 2002 to 2003 in litchi (*Litchi chinensis*) forest in Huadu, the relationship between the microclimate and macroclimate was studied. The results indicated that average monthly air temperature in litchi forest canopy was lower by 0.35-0.75℃ than that obtained at meteorological station in Huadu. This was particularly obvious in winter and spring, and at night. Temperature in the canopy was by 0.2-0.4℃ higher than that above the canopy, which was more obvious in summer and autumn and in the daytime. Average monthly relative humidity in litchi forest increased by 7% compared to that in macroclimate, indicating that the humidification in litchi forest always causes diseases and pests.

**Key words:** Guangdong; Litchi; Microclimate; Agricultural weather

农田小气候与代表区域平均状况的大气候相比, 对露天农业生产具有更为直接的影响。研究农田小气候特征及其与背景大气气候之间的关系, 对深入了解农田生态系统水热平衡特性及其生态功能具有科学意义<sup>[1-3]</sup>, 对充分利用气候资源、保证作物的正常生长及防御气象灾害具有实践意义。随着农业生产集约经营对田间气象服务保障的迫切需求, 国内外对农田小气候的研究不断深化<sup>[1-5]</sup>。20 世纪 70 年代中期以后, 研究对象由水稻等大宗作物扩展

到果蔬园艺、畜禽饲养等产业, 许多学者还研究了多种森林群落的环境特征<sup>[2-8]</sup>, 但对荔枝林等亚热带经济林果的研究并不多见。

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 是典型的南亚热带常绿果树, 分布于北纬 18°-25° 之间, 广东是荔枝主产区之一, 种植面积和产量均居全国首位。积温、日照时数和有效水分等气候因子与荔枝产量高低以及品质优劣密切相关, 其中温度条件对荔枝花芽分化和安全越冬至关重要。本研究利用小气候梯度

收稿日期: 2004-06-21 接受日期: 2004-08-17

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA509B14); 广东省农用天气预报关键技术及防寒减灾对策(B30902)资助

观测资料,结合代表背景大气候的花都气象站同步观测资料,分析荔枝林小气候特征及其与背景大气候之间的关系,为探讨人工林生态系统的功能提供科学依据,为利用常规气象观测、预报资料规划、指导荔枝生产,趋利避害,制定防灾减灾措施提供决策参考。

## 1 试验区概况

试验区位于广州市花都区狮岭镇联星村的叶海荔枝园,总面积约 200 hm<sup>2</sup>,2000 年定植,品种有妃子笑(*Litchi chinensis* Sonn. cv. Feizixiao)、桂味(cv. Guiwei)、糯米糍(cv. Nuomici) 3 种,其中妃子笑占 70%。不同品种严格分垄种植,采取统一矮化密植栽培方式,行距 3 m,株距 2.2 m,植株高度 1.5–2.0 m。试验区符合“典型性、代表性、一致性”原则。参照花都气象站资料,试验区年平均气温 21.9℃,最冷月 1 月平均气温 13.3℃,最热月 7 月平均气温 28.7℃,历年极端最低气温 0.4℃,极端最高气温 38.1℃;年均降水量 1 792 mm,4–9 月为主汛期,占全年近 80%;年蒸发量 1 648 mm;平均相对湿度 78%;年日照时数 1 823 h;参照广州五山气象站 1991–1997 年资料计算,年总辐射 3 908 MJ m<sup>-2</sup>,直接辐射 1 453 MJ m<sup>-2</sup>,属于南亚热带季风湿润气候。

## 2 小气候观测设置

荔枝林小气候梯度观测站位于 23.43°N, 113.08°E,海拔高度 44 m,地形坡度 5°左右,坡向正南。根据荔枝林垂直结构特征,设置 3 层气温梯度,

传感器高度自上而下分别为 2.2 m、1.5 m、0.35 m,分别代表荔枝林冠层上方气温(Ta)、冠层内气温(Ti)和冠层下方气温(Tb);相对湿度(RH)观测高度为 1.5 m;风速(WS)、风向(WD)观测高度均为 2.4 m。分别采用芬兰 Vaisala 公司的 HMP45A 型温湿度传感器(探测精度分别为 0.2℃和 3%)、长春气象仪器研究所的 EC9-1 型风向风速传感器(探测精度分别为 3°和 0.1 m s<sup>-1</sup>)和广东省气象技术装备中心的 WP3103 型自动气象站数据采集系统。资料采集频率为 1 h,每天 24 次连续记录。本文所用资料时段为 2002 年 1 月 1 日到 2003 年 12 月 31 日,通过预处理程序去除由于仪器维护、通讯等原因造成的异常数据,尚有大约 70%的资料可用。

采用同步观测的花都气象站资料代表背景大气候状况(文中简称花都站)。花都站位于 23.23°N, 113.13°E,与荔枝林小气候自动观测站直线距离约 20 km,海拔高度 5.4 m,观测场环境和仪器安装及其型号等符合国家标准。所用资料包括定时(2:00、8:00、14:00、20:00)气温、相对湿度,以及 24 时次逐时正点风速、风向资料。

## 3 结果和分析

### 3.1 荔枝林小气候年变化特征

#### 3.1.1 气温年变化特征

荔枝林各层气温年变化情况与背景大气候基本一致(图 1),最冷月和最热月分别出现在 1 月和 7 月,冠层月平均气温(2 年平均)分别为 13.5℃和 28.9℃,其中 2002 年 7 月平均气温低于相邻的 6、8

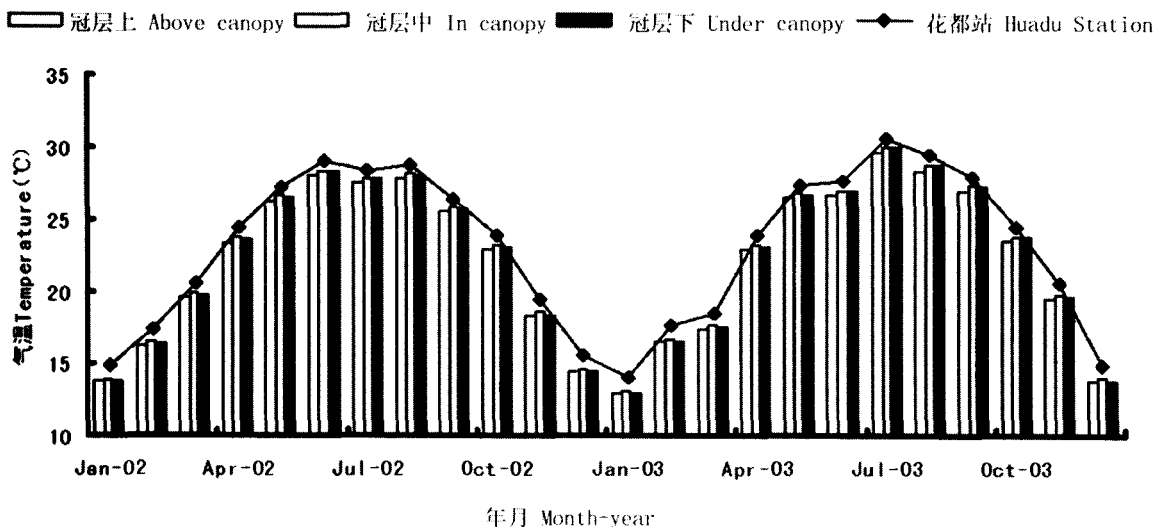


图 1 荔枝林和花都站月平均气温

Fig. 1 Average monthly temperature in litchi forest and Huadu Meteorological Station

月,与当年7月降水异常偏多有关(图2)。垂直梯度相比,荔枝林各月平均气温均以冠层内为最高,比冠层下略高0.1℃,比冠层上高0.2-0.4℃,夏秋季比冬春季更明显。

荔枝林3个梯度月平均气温全年均低于花都站,冠层月平均气温比花都站偏低0.6-1.0℃,考虑海拔高度影响(0.0065℃ m<sup>-1</sup>),荔枝林气温依然低于背景大气候0.35-0.75℃,冬春季幅度大于夏秋季。冬季林内气温低于空旷裸地的现象,在鼎湖山南亚热带地带性群落季风常绿阔叶林内也有出现<sup>[2]</sup>,原因可能是:(1)南亚热带气候特征是太阳辐射较强,夏长冬短,甚至无冬,林冠层对辐射能有吸收、削弱作用,同时对林内热气流的垂直传输有阻塞作用;(2)冬季荔枝林仍然具有较大的储水能力和较强的蒸腾作用,使林内保持较大的空气湿度(图2),因而提高林内温度需要的热量比裸地多;(3)冬季冷空气来临时,荔枝林上空冷空气与林内空气相互作用形成湍流,其强度远大于裸地,而湍流热传导系数是分子热传导系数的105倍<sup>[4]</sup>,因此荔枝林气温低于裸地。

### 3.1.2 相对湿度年变化

荔枝林相对湿度年变化趋势与气温、降水一致,但变化幅度不大,即使在降水偏少的相对干季(10-3月),仍然保持在75%以上(图2)。荔枝林冠层年平均相对湿度为82%,比花都站高7%左右,偏高幅度没有明显季节性规律变化特征,显示荔枝林具有显著且比较稳定的增湿功能。

### 3.1.3 风速风向年变化特征

荔枝林年平均风速(X)为1.7 m s<sup>-1</sup>,比花都站(2.6 m s<sup>-1</sup>)小0.9 m s<sup>-1</sup>(平均衰减35%);月平均风速绝对变差(标准差δ)荔枝林(0.18 m s<sup>-1</sup>)小于花都站(0.434 m s<sup>-1</sup>),相对变差(δ/X)也是荔枝林(0.106)小于花都站(0.167),反映荔枝林对风速及其振幅均有明显的阻挡作用(图略)。荔枝林和花都站均以北风最多(分别占19%、20%);第二多风向荔枝林为东风(10%),花都站为东南偏南风(12%),反映局部地形对荔枝林小气候的影响。

## 3.2 荔枝林小气候日变化特征

### 3.2.1 气温日变化特征

荔枝林气温的日动态明显受太阳辐射影响,各梯度日最低气温年平均17.2-17.9℃,均出现在凌晨6:00左右;日最高气温年平均24.8-25.4℃,出现在正午后的14:00-15:00(图3),没有发现日极端最高气温出现时间随着高度下降逐渐延迟现象<sup>[9]</sup>,可能与采样频率较低有关。

荔枝林各梯度气温均与花都站同步观测资料呈显著线性关系(表1)。夜间荔枝林平均比花都站低1.5℃,白天与花都站差异不大,正午后(12:00-18:00)冠层内和冠层下气温比花都站还略高(图3)。

### 3.2.2 气温日较差

荔枝林气温日较差与花都站显著相关(图4),荔枝林冠层气温日较差年平均达9.9℃,比花都站同期(7.7℃)高2.2℃。进一步分析荔枝林冠层内日最高气温(y<sub>m</sub>)、日最低气温(y<sub>n</sub>)与花都站对应因素(x)的相关关系(y<sub>m</sub>=1.047x-0.4772, R<sup>2</sup>=0.9667, n=471;

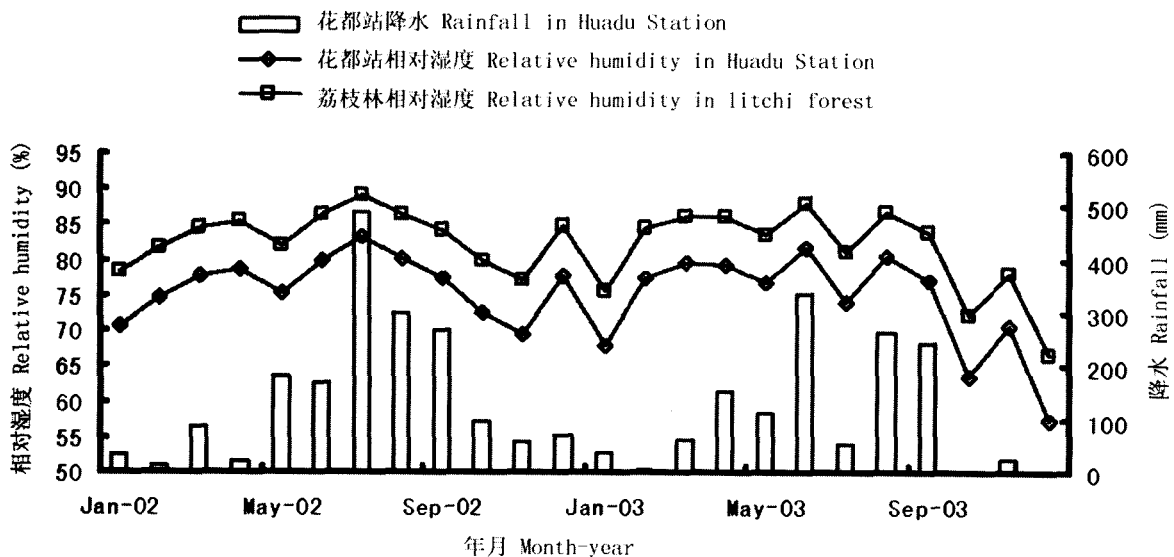


图2 荔枝林冠层和花都站月平均相对湿度

Fig. 2 Average monthly relative humidity in litchi forest canopy and in Huadu Meteorological Station

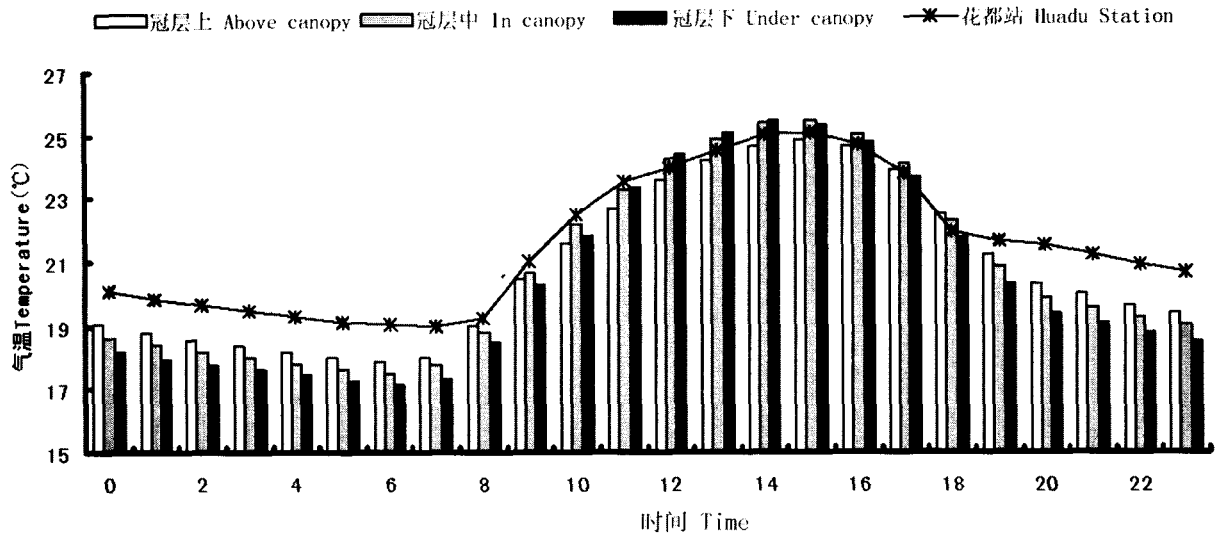


图 3 荔枝林不同梯度的气温全年平均的日变化

Fig. 3 Average annual diurnal changes in temperature at different layers of litchi forest

表 1 荔枝林小气候因素与花都站气候因素的相关分析

Table 1 Relationships between microclimatic factors in litchi forest and in Huadu Meteorological Station

| 气候因素<br>Factors                       | 时间 Time                                   |   |   |   |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
|                                       | 2:00                                      | 8:00                                      | 14:00                                     | 20:00                                     |
| 冠层上气温<br>Temperature above canopy     | $y=1.0093x-1.6284$<br>$R^2=0.9764, n=526$ | $y=1.0106x-0.8703$<br>$R^2=0.9852, n=540$ | $y=1.0015x-0.3582$<br>$R^2=0.982, n=533$  | $y=1.0182x-2.1424$<br>$R^2=0.971, n=493$  |
| 冠层中气温<br>Temperature in canopy        | $y=1.0319x-2.077$<br>$R^2=0.9771, n=464$  | $y=1.0399x-1.1818$<br>$R^2=0.9828, n=481$ | $y=0.9945x+0.4675$<br>$R^2=0.939, n=552$  | $y=1.0262x-2.1934$<br>$R^2=0.9748, n=418$ |
| 冠层下气温<br>Temperature under canopy     | $y=1.0092x-1.8993$<br>$R^2=0.9786, n=440$ | $y=1.0506x-1.7356$<br>$R^2=0.9855, n=480$ | $y=1.0543x-0.5339$<br>$R^2=0.9653, n=474$ | $y=1.0035x-1.9776$<br>$R^2=0.9759, n=386$ |
| 冠层中相对湿度<br>Reative humidity in canopy | $y=0.7467x+27.532$<br>$R^2=0.5543, n=202$ | $y=0.9021x+13.815$<br>$R^2=0.5969, n=251$ | $y=1.0521x+1.5513$<br>$R^2=0.6605, n=441$ | $y=0.7399x+30.432$<br>$R^2=0.5716, n=266$ |
| 冠层上风速<br>Wind speed above canopy      | $y=0.4606x+0.3851$<br>$R^2=0.4221, n=473$ | $y=0.4351x+0.657$<br>$R^2=0.4652, n=526$  | $y=0.3816x+1.1369$<br>$R^2=0.4206, n=522$ | $y=0.4208x+0.1908$<br>$R^2=0.3702, n=509$ |

花都站气候因素为自变量  $x$ , 荔枝林因素为应变量  $y$ ,  $R^2$  为解释方差,  $n$  为有效样本数. Factors in Huadu Meteorological Station are considered as independent variable  $x$ , while those in litchi forest are dependent variable  $y$ .  $R^2$ : RSQ;  $n$ : samples valuable.

$y_n = 1.0309x - 1.9608, R^2 = 0.9791, n = 472$ ) 表明: 日最高气温 ( $y_m$ ) 与花都站比较接近, 而日最低气温 ( $y_n$ ) 比花都站明显偏低, 表明荔枝林夜间气温偏低是导致其气温日较差大于背景大气候的原因。

### 3.2.3 气温梯度日变化特征

不同梯度气温相比, 白天 (9:00–17:00) 冠层内气温高于冠层上方和冠层下方气温, 呈现典型日射型温度分布; 夜间 (18:00–8:00) 冠层下气温最低, 冠层上气温最高, 呈典型的辐射逆温分布 (图 5), 与中亚热带的常绿阔叶林<sup>[5]</sup>、暖温带落叶阔叶林<sup>[6]</sup>均具有类似特征。逆温幅度随着风速增大而减小 (图略)。

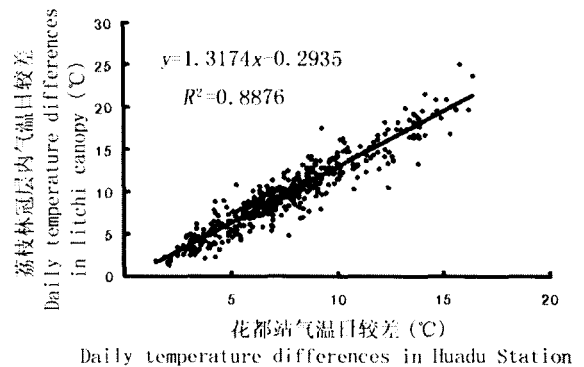


图 4 荔枝林冠层与花都站气温日较差关系

Fig. 4 The relationship between daily temperature differences in litchi forest canopy and in Huadu Station

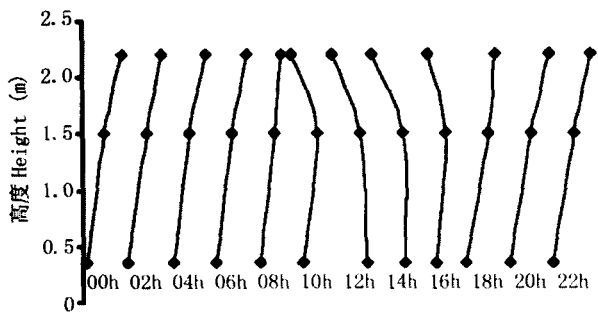


图 5 荔枝林气温垂直梯度日变化(向右为气温增大方向, 不同时间水平坐标相对独立)

Fig. 5 Daily change in temperatures of vertical distribution in the litchi forest. The lines inclining rightward represent increased temperature. Horizontal axis for each time is relatively independent.

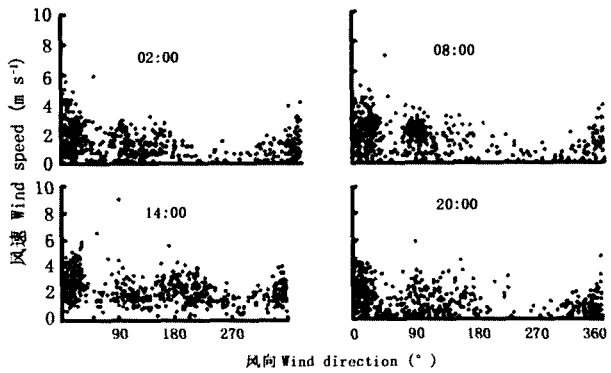


图 7 荔枝林不同时间风速、风向点聚图

Fig. 7 The relationship between wind speed and wind direction at different times in litchi forest

### 3.2.4 相对湿度日变化特征

荔枝林冠层相对湿度日变化与气温相反,呈“U”型分布(图6)。夜间林内相对湿度较高(年平均85%);8:00开始随着气温上升,相对湿度迅速下降,在气温最高时(14:00-15:00)达到最低值(年平均61%),比正午时间滞后2-3h。荔枝林冠层相对湿度全天均高于花都站,夜间比白天更明显。不同时间荔枝林相对湿度与花都站同步资料均有明显的线性关系,但显著性比气温差(表1)。

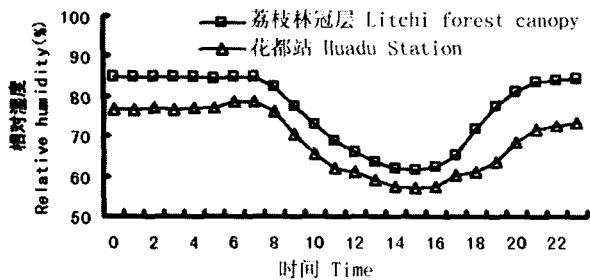


图 6 荔枝林和花都站相对湿度年平均的日变化

Fig. 6 Average annual diurnal changes in relative humidity in litchi forest and Huadu Meteorological Station

林有一定的“山谷风”现象存在。根据山谷风规律,理论上夜间还应存在下坡气流(北风),但从风向频率上不易察觉,是由于北风本身是全年性主导风向。

## 4 结论和讨论

与背景大气候相比,荔枝林受“山谷风”下沉气流影响,夜间气温总体偏低,逆温程度大,在弱风( $<1.0 \text{ m s}^{-1}$ )情况下尤其明显,当风速增大时,随着湍流交换加强,荔枝林气温趋于均匀化。荔枝林冠层气温全年偏低,月平均气温偏低 $0.35\text{--}0.75^\circ\text{C}$ ,偏低幅度冬春季和夜间(低温时段)比较明显;垂直梯度相比,冠层内气温比冠层上偏高 $0.2\text{--}0.4^\circ\text{C}$ ,夏秋季和白天更加明显。

一般认为,夏季林内气温低于空旷裸地,而冬季则高于空旷裸地;白天林内气温比空旷裸地低,夜间则高。实际上,林地气温状况主要取决于植被对太阳辐射的削弱作用和对湍流影响大小的对比结果,对于不同树种、不同演替阶段及不同的栽培措施,温度状况不尽相同<sup>[1]</sup>。本研究中的荔枝林地处亚热带,没有气候学意义上的冬季,因此表现为全年性气温偏低,在地带性森林群落鼎湖山季风常绿阔叶林中也存在类似现象<sup>[2]</sup>。

根据上述分析,可以预见在冷空气过程中,荔枝林将承受较长的低温时段。例如在2002年12月下旬的典型寒害天气过程中,荔枝林冠层气温始终低于花都站,低于 $5^\circ\text{C}$ 时间累计达36h,比花都站多11h,降温幅度也大于花都站(图8)。冬季 $0\text{--}2^\circ\text{C}$ 的适当低温,对荔枝花芽分化和形成最为有利,而低于 $-2\text{--}4^\circ\text{C}$ 则造成寒害。这是在进行荔枝生产布局 and 冬季防寒减灾工作中需要予以考虑的。

荔枝林气温日变化幅度大于背景大气候。以往

### 3.2.5 风速风向日变化特征

荔枝林风速日变化与气温基本同步,全天均低于花都站(图略),白天(9:00-17:00)荔枝林平均风速( $2.2 \text{ m s}^{-1}$ )比花都站( $3.0 \text{ m s}^{-1}$ )小 $0.8 \text{ m s}^{-1}$ ,相对偏小27%;夜间(18:00-8:00)( $1.4 \text{ m s}^{-1}$ )比花都站( $2.5 \text{ m s}^{-1}$ )小 $1.1 \text{ m s}^{-1}$ ,相对偏小44%;可见荔枝林对风速阻挡作用在风速较小的夜间更加显著。不同时间荔枝林风速与花都站有显著的线性关系,但显著性不如气温大(表1)。

荔枝林风向14:00南风频率较其他时段高(图7),花都站没有发现明显的风向日变化,表明荔枝

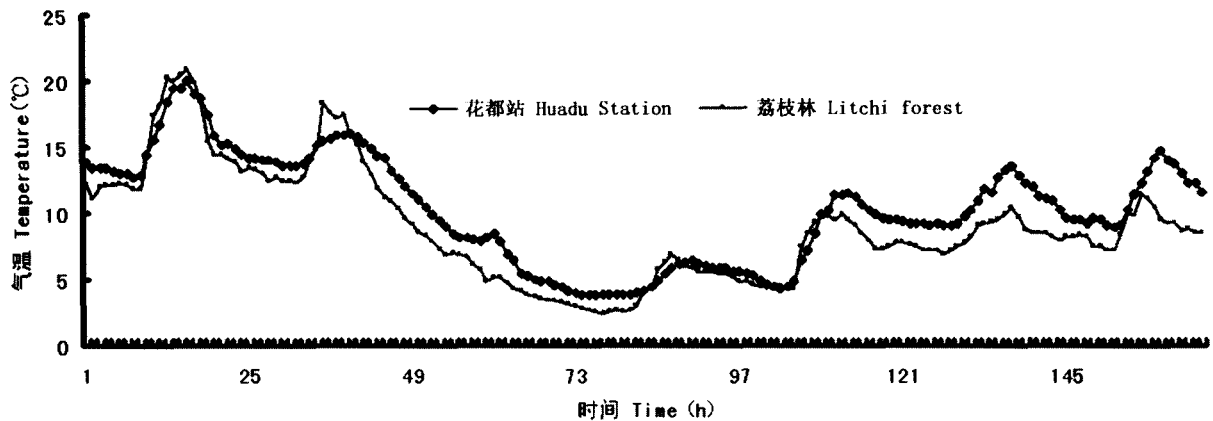


图8 冷空气过程中荔枝林冠层和花都站气温逐时变化(2002年12月23-30日)

Fig. 8 Changes in temperature in litchi forest canopy during a cold wave course from 23 to 30, Dec. 2002

研究认为,充分发育的落叶阔叶林具有减缓林内气温波动和振幅的功能<sup>[3]</sup>,且具有气温日变化振幅夏季较大的特点<sup>[4]</sup>。本研究中没有发现林冠减缓林内气温波动和振幅的效应,除“山谷风”地形影响外,可能还与经济林管理措施以及周边水体等因素有关,具体原因有待进一步探讨。

荔枝林增湿效应显著,对于植被群落水热平衡具有重要影响,另一方面,较高的相对湿度,常常有利于荔枝霜疫霉病等病虫害发生发展。

#### 参考文献

- [1] 周国逸. 生态系统水热原理及其应用 [M]. 北京: 气象出版社, 1997. 1-216.
- [2] Yan J H (闫俊华), Zhou G Y (周国逸), Wei Q (韦琴). Environment of microclimate of monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan [J]. J Wuhan Bot Res (武汉植物学研究), 2000, 18 (5):397-404. (in Chinese)
- [3] Li H T (李海涛), Chen L Z (陈灵芝). Study on the microclimate in the mountain forest in the warm temperate zone [J]. Acta Phytoecol Sin (植物生态学报), 1999, 23(2):139-147. (in Chinese)
- [4] Unsworth M H, Crossley A. Capture of wind driven cloud by vegetation [A]. In: Coughtrey M H, Martin M H, Unsworth M H. Pollutant Transport and Fate in Ecosystem [M]. Oxford: Blackwell Press, 1987. 125-127.
- [5] Chang J (常杰), Pan X D (潘晓东), GE Y (葛滢), et al. Features of the microclimate in the evergreen broad-leaved forest dominated by *Quercus glauca* [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 1999, 19(1):68-75. (in Chinese)
- [6] William R. Water deficits and plant growth [A]. In: Kozlowski T. Sources of Water [M]. New York: Academic Press, 1984. 1-20.
- [7] Ishibashi M, Terashima I. Effects of continuous leaf wetness on photosynthesis: adverse aspects of rainfall [J]. Plant Cell Environ, 1995, 18:431-438.
- [8] Hirose T, Werger M J A. Canopy structure and photon flux partitioning among species in a herbaceous plant community [J]. Ecology, 1995, 76(2):466-474.