

# 不同林—茶栽培模式小气候特征研究\*

黄寿波 范兴海 傅懋毅 傅金和

**摘要** 在安徽省黄山市,于夏季对杉木—茶、板栗—茶间作园和纯茶园同步进行小气候测定,结果表明:相对光强、气温和土温、温度日较差、风速均随茶园内的植被覆盖度增大而减少,空气湿度则随植被覆盖度增加而增大。杉木—茶、板栗—茶间作园和纯茶园的相对光强分别是41%、63%和100%,日平均气温分别是25.0、26.4和27.2℃,0 cm地温日较差分别是6.4、10.5和19.7℃,200 cm高处平均风速分别是0.3、0.4和0.6 m·s<sup>-1</sup>。空气相对湿度和绝对湿度,杉木—茶间作园比纯茶园分别增加6%和4 hpa,板栗—茶间作园比纯茶园分别增加4%和2 hpa。

**关键词** 林—茶栽培模式、小气候、茶园、杉木、板栗

茶树(*Camellia sinensis* (L.) Kuntze)是典型的亚热带常绿阔叶植物<sup>[1]</sup>,性喜温暖、湿润、散射光和排水良好的酸性土壤,极端的高温、低温、干旱,强烈的直射光,地下水位过高,土壤碱性太重等对茶树生育不利<sup>[2]</sup>。为了创造良好的茶园生态环境,提高茶叶产量和品质,人们除了选择合适的地区<sup>[3]</sup>和海拔高度<sup>[4]</sup>栽培茶树外,还采用林、茶间作<sup>[5]</sup>等方法,以改善茶园内的生态环境,提高茶园的经济和生态效益。关于茶园及茶树树冠内的小气候特征<sup>[6,7]</sup>,茶园遮荫对茶树生理、生化特性的影响<sup>[8]</sup>,茶树与乌桕间作的气候效应<sup>[9,10]</sup>,已有报道。本文仅对杉木—茶间作园和板栗—茶间作园的小气候特征进行探讨。

## 1 试验区自然概况

试验区设在安徽省黄山市徽州区黄山林科所岩寺分所(29°51'N,118°18'E,海拔117 m)。该地区属亚热带常绿阔叶林红黄壤地区,亚热带东岸型湿润季风气候区,具有温暖湿润、雨量充沛、四季分明、雨热同季的气候特征。全年太阳总辐射为450 kJ·cm<sup>-2</sup>,年平均日照时数1979 h,年平均气温16.4℃,最冷月(1月)平均气温3.7℃,最热月(7月)平均气温28.2℃,极端最低气温-10.9℃,极端最高气温40.5℃,≥10℃期间活动积温5165℃·日;年降水量1508 mm,其中春季(29%)和夏季(44%)较多,秋季(16%)和冬季(11%)较少,年平均空气相对湿度79%。试验区土壤为红壤,土层深厚,有20~30 cm的腐殖质层,pH5.0~5.5。生态条件适合当地林木和茶树生育,但7~8月份,有时会发生茶树旱热害;冬季和早春也会引起茶树冻害,对提高茶叶产量和品质不利。

1993-06-21收稿。

黄寿波教授,范兴海(浙江农业大学 杭州 310029),傅懋毅,傅金和(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)。

\*本研究为加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的“中国农用林业系统综合研究/亚热带丘陵坡地农用林业模式研究”项目的部分内容。亚林所曹群根同志参与野外观测,承蒙黄山市林科所赵德铭先生等大力协助并提供试验现场,在此一并致谢。

## 2 试验材料及方法

试验共分三个小区，杉木—茶间作园、板栗—茶间作园和纯茶园（对照）。杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 于1977年定植，株距3 m，行距6.5 m，树高12~15 m，分枝高度2~4 m，主干胸径20~25 cm，树冠直径2~3 m，茶树间种在杉木园内，双条种植，树高约1.1 m，树幅1.4 m。植被覆盖度（包括杉木及茶树树冠）约70%，其中杉木郁闭度50%。板栗 (*Castanea mollissima* Bl.) 于1977年定植，株行距6 m×6 m，树高5~6 m，分枝高度0.3~0.5 m，树冠直径5~7 m，茶树间种在板栗园内，双条种植，茶树高约1.2 m，冠幅约1.5 m，植被覆盖度约55%，其中板栗郁闭度37%。纯茶园于1975年定植，品种为当地地方品种，树高约1.3 m，双行条栽，株行距0.5 m×1.5 m，双条间距离4.5 m，管理水平较差，树冠覆盖度约40%。试验区布置如图1所示。

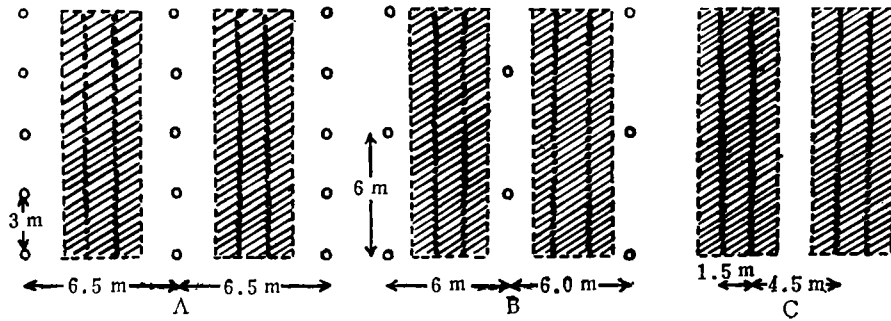


图1 试验区布置示意

A, 杉木—茶间作园; B, 板栗—茶间作园; C, 纯茶园

(小圆圈表示杉木和板栗树位置, 小黑点表示茶树位置, 斜线部分表示茶树覆盖的地面)

小气候观测于1992年7月15~22日和8月21~28日进行，相当于当地的夏茶末和秋茶始采期。各小气候因子每隔3 h观测1次，在离地面50、120、200 cm高处测定气温、空气湿度和风速；在离地面120 cm高处测定净辐射和光强。测定0 cm及地下5、10、15、20 cm土壤温度，并在0 cm处测定地面最高和最低温度，用国产ZF-2型照度计测定光强，用DFY-5型净全辐射表测定净辐射；用阿斯曼通风干湿表测定气温和湿度；热电式微风仪测定风速；套管式地温表、地面最高温度表和地面最低温度表测定地面(0 cm)温度、地面最高和最低温度；用曲管地温表测定地面以下5、10、15、20 cm土壤温度。

## 3 结果及分析

### 3.1 相对光强的分布

太阳光进入农林系统后，受到植被中茎叶的层层削弱，使系统内发生着对太阳光能多次反射、吸收和透射过程。这个过程与农林系统的结构，特别是植被盖度有关。在小气候研究中，通常用透光率( $S_p$ )表示农林系统中的透光情况，其表达式为： $R_p = (I/I_0) \times 100\%$ 。式中  $I$  为农林系统中某一高度的光强， $I_0$  为农林系统上方或对照点（裸露地）的光强。用百分数

表示。 $S_r$ 也称相对光强。表1是不同林、茶栽培模式内透光率的分布。由表1可见,杉木—茶间作园的平均透光率为41.3%,板栗—茶间作园平均为63.1%,这主要受林冠盖度影响。一般枝叶愈密,林冠盖度愈大,相对光强也愈小,晴天正午前后这种差异最明显。

表1 林—茶间作园与纯茶园的茶树树冠面上的透光率

(单位: %, 1992)

日期(月—日)	杉木—茶间作园	板栗—茶间作园	纯茶园	天气类型
07—18	52.0	66.6	100	晴
07—19	34.4	56.6	100	晴, 午后阵雨
07—20	44.0	63.0	100	晴
07—21	38.0	55.0	100	晴
08—25	36.0	53.0	100	县
08—26	44.2	67.2	100	县
08—27	47.2	76.5	100	晴, 午后阵雨
08—28	34.7	66.5	100	晴
平均	41.3	63.1	100	

### 3.2 空气温度的分布

农林系统内的气温状况,主要决定于辐射和湍流状况。在林、茶间作园中,林冠是外活动面,茶树树冠是中活动面,土壤表面是内活动面。白昼,太阳辐射从进入林冠表面开始,就受到植被(林冠)的削弱,使到达茶树表面的辐射量大为减少,到达地面的就更少,因此近地空气层温度不可能升得很高,中午前后(如14时),茶树树冠表面获得的辐射热量比较多,湍流弱,蒸腾较小,出现最高温度,并由此向上、向下递减。土壤表面仍然为内活动面,出现第二个最高温度(图2)。夜间或清晨(如5时),茶树树冠表面和地面失热多于得热,树冠表面出现温度垂直廓线的最低点,树冠以上为辐射型的温度分布,离地面50 cm高度到树冠表面为日射型分布,50 cm以下到地面又为辐射型分布。

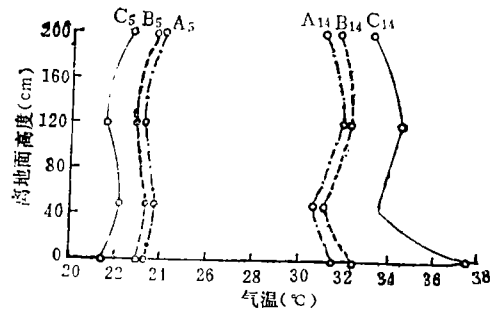


图2 不同茶园气温垂直变化比较

(1992年8月27日,晴)

( $A_5, A_{14}$ 示杉木—茶间作园;  $B_5, B_{14}$ 示板栗—茶间作园;  $C_5, C_{14}$ 示纯茶园)

林、茶间作园内近地空气层温度具有周期性变化特点,其日变化轨迹为一单峰型正弦曲线,一日中有一个最高值和一个最低值。据1992年盛夏和初秋观测,最高值出现在14时前后,最低值出现在日出前(图3)。从图中还可以看出,不同林茶间作园内,茶树树冠表面的气温日变幅是以对照区(纯茶园)最大,板栗—茶间作园其次,杉木—茶间作园最小,因为杉木—茶间作园植被盖度最大,太阳辐射被植被削弱较多,气温日变幅最小。另外,从图中还可以看出,不论是那类林、茶栽培模式,其气温日变幅都是晴天大于阴天。

### 3.3 土壤温度的分布

受植被对太阳辐射的削弱作用,土壤表面,白天直接接受太阳辐射而增热,夜间放射长波辐射而冷却,因而引起温度的昼夜变化(图4)。土壤上层(耕作层)温度日变化具有下列特征:①温度变化曲线是一条单峰型的正弦曲线,一天中有一个最高温度出现在正午以后,有一

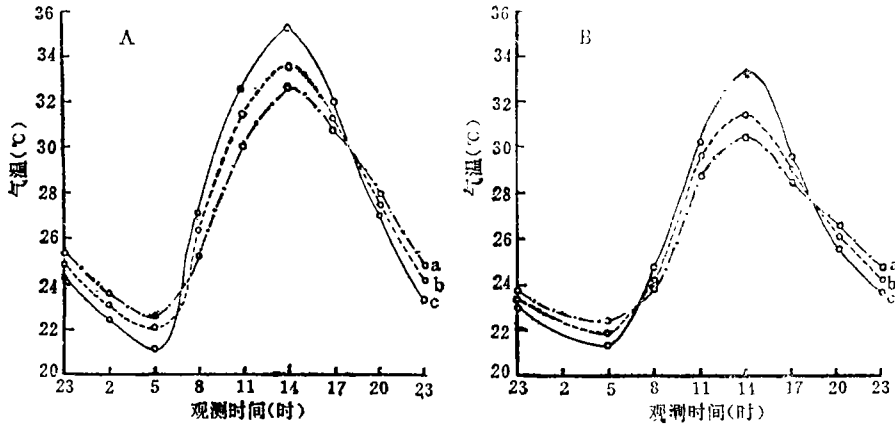


图3 不同茶园的气温日变化

A图: 1992年7月17,18日,晴天; B图: 1992年8月25,26日,阴天;

a: 杉木-茶间作园, b: 板栗-茶间作园, c: 纯茶园, 测定高度: 茶树树冠表面(120 cm)。

个最低温度出现在日出以前。②土壤温度日较差随土壤深度增加而减小,土表日较差最大,越向深层,变幅越小。如杉木-茶间作园 0 cm 温度日较差为 6.8℃, 而 20 cm 深为 1.2℃。③一日中出现最高、最低温度的时间,地表最早,愈向深层愈落后,平均深度每增加 10 cm,最高、最低温度出现的时间落后约 2~3 h。④不同林、茶栽培模式的土温日较差,以纯茶园最大,板栗-茶间作园其次,杉木-茶间作园最小,如 7 月 18, 19 日(晴天) 0 cm 的温度日较差各处理分别是: 12.8、8.3 和 6.8℃。土壤温度的上述变化特征,主要决定于地面辐射平衡日变化和土壤的热特性(土壤热容量和导热率),同时还受地面与大气间乱流交换的影响。

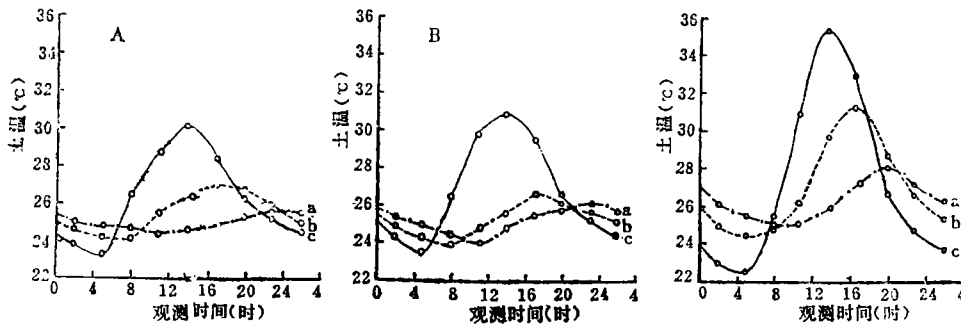


图4 不同茶园的土温日变化(1992年7月18,19日,晴)

A图: 杉木-茶间作园, B图: 板栗-茶间作园, C图: 纯茶园; a 示距地表 20 cm, b, 10 cm, c: 0 cm 的土温。

地表接受太阳辐射后,土壤中各层热量也进行上下交换,因而土壤温度的垂直分布也具有一定的特点。据观测,典型晴天昼夜土温垂直变化可以归纳成 4 种基本的分布型式,①日射型:以 14 时为代表,土温随深度增加而降低,热量向下输送;②辐射型:以 5 时为代表,土温随深度增加而增加,热量向上输送;③清晨转换型:以 8 时为代表,10 cm 深度以上是日射型,10 cm 以下是辐射型;④傍晚转换型:以 20 时为代表,上层是辐射型,下层是日射型(图 5)。不同林、茶栽培模式晴天的土温垂直变化,都具有以上几种分布型式,但温度的垂直廓线各不相同,一般纯茶园上下层之间温度差别最大,杉木-茶和板栗-茶间作园差别较小。一天中,则以 14 时上下层的温度差别最大,清晨 5 时差异较小。

林、茶间作后,由于林冠对太阳辐射的遮蔽和地面长波辐射的阻挡作用,因而使增温期(夏季或白昼)的土表温度降低,降温期(冬季或夜间)的土表温度增高,温度日较差减小,在亚热带地区来讲,这对茶树生育是有利的。据观测,在湿润亚热带地区7~8月,林、茶间作园比纯茶园0 cm温度日较差降低10℃左右,个别的日子可减少15℃以上(表2),这主要是由于植被对太阳辐射减弱所致。在间作园中,太阳直接辐射很少到达地面,致使白昼地温不能升得太高,夜间也不会降得过低。

3.4 空气温度的分布

林、茶间作园中空气湿度的分布及变化,除决定于总蒸散量和空气温度外,还决定于乱流水汽变换强度。通常在林、茶间作园中,由于总的蒸散量增大,且湍流交换弱,地面蒸发和植物蒸腾的水汽不易逸散,因此空气湿度总比裸地大些(表3)。林、茶间作园的空气湿度均比纯茶园大,一般日平均相对湿度比纯茶园大3%~5%,日平均绝对湿度大2~3 hpa。两类

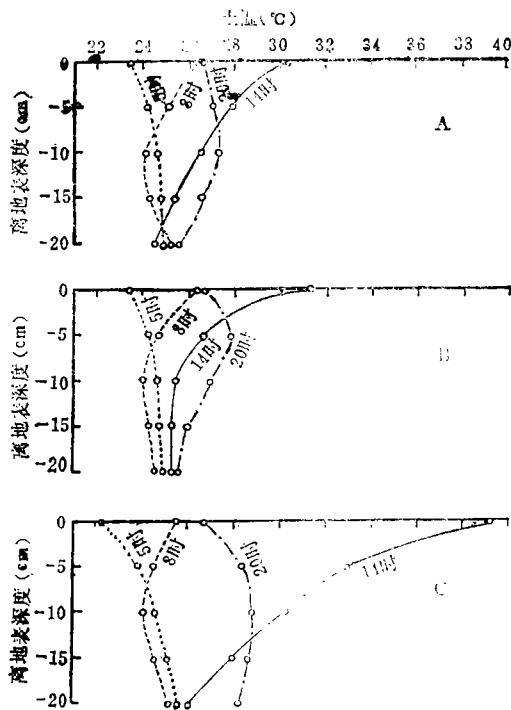


图5 不同茶园土温的垂直变化 (1992年7月18, 19日, 晴)

A图: 杉木—茶间作园, B图: 板栗—茶间作园, C图: 纯茶园

表2 林、茶间作园与纯茶园0 cm地温日较差

(单位: ℃, 1992)

日期 (月—日)	杉木—茶间作园			板栗—茶间作园			纯茶园		
	最高温度	最低温度	日较差	最高温度	最低温度	日较差	最高温度	最低温度	日较差
07—18	30.8	22.6	8.2	34.0	22.7	11.3	46.2	22.3	23.9
07—19	28.0	23.9	4.1	33.5	22.8	10.7	41.5	22.1	19.4
07—20	30.4	23.3	7.1	33.1	23.6	9.5	40.1	22.0	18.1
07—21	31.0	24.0	7.0	34.1	23.1	11.0	40.6	23.0	17.6
08—26	28.5	23.0	5.5	31.0	21.3	9.7	39.6	21.5	18.1
08—27	29.6	23.1	6.5	34.4	22.6	11.8	42.0	21.5	20.5
08—28	29.6	23.1	6.5	31.5	22.3	9.2	42.2	22.1	20.1
平均	29.7	23.3	6.4	33.1	22.6	10.5	41.7	22.0	19.7

间作园之间的湿度差异不大,虽然杉木—茶间作园的植被盖度比板栗—茶间作园大些,但板栗树的分枝高度比杉木低,近地空气层的水汽不易向高空逸散,同时板栗树枝叶茂盛,蒸腾强度比杉木大,因此空气湿度则是板栗—茶间作园略大些。

在湿润亚热带暖季,林、茶间作园中空气绝对湿度的大小,与地面蒸发和植物蒸腾大小关系最为密切。当温度升高时,蒸发、蒸腾强,空气中含有水汽多,因此绝对湿度大;反之,绝对湿度小。绝对湿度的最大值出现在14时左右,最小值出现在日出前(图6-A)。空气中相对湿度的日变化与气温日变化相反,最大值出现在日出前后气温最低时,最小值出现在14时

表3 林、茶间作园与纯茶园上的空气绝对湿度( $e$ )和相对湿度( $r$ ) (1992)

日期 (月-日)	高度 (cm)	杉木-茶间作园		板栗-茶间作园		纯茶园	
		$e$ (hpa)	$r$ (%)	$e$ (hpa)	$r$ (%)	$e$ (hpa)	$r$ (%)
07-15~21	50	30.3	84	31.0	87	29.6	81
	120	31.2	88	31.8	90	30.2	84
	200	30.9	84	30.2	85	28.4	83
08-25~28	50	29.6	85	30.3	87	28.8	82
	120	30.9	90	31.7	91	30.0	85
	200	30.8	84	29.5	85	29.6	84

前后气温最高时(图6-B),这是因为相对湿度是绝对湿度和温度的函数所致,但不论是绝对湿度还是相对湿度,均是板栗-茶间作园最大,杉木-茶间作园其次,纯茶园最小。板栗-茶间作园的树冠盖度虽然小于杉木-茶间作园,但因板栗的分枝高度低于杉木,因而使离地面120 cm 高处的水汽不易逸散,因而空气湿度较大。

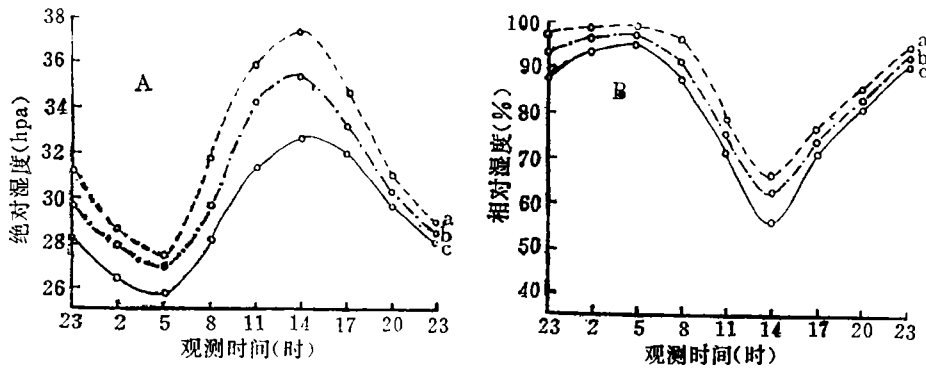


图6 不同茶园茶树冠层(120 cm)的空气湿度日变化  
(1992年9月17, 18日,晴);A图,绝对湿度,B图,相对湿度;  
a示板栗-茶间作园,b示杉木-茶间作园,c示纯茶园。

林、茶间作园与纯茶园空气湿度的差异,发生在蒸发强烈、温度差异最大的白昼(表4)。在白昼,纯茶园虽然蒸发很强,但因湍流扩散的结果,由地面蒸发的水汽很快地被扩散到自由空气中去,而林、茶间作园中的空气从蒸发和蒸腾所获得的水汽,因湍流交换弱而不易逸散,所以不论是绝对湿度还是相对湿度均较纯茶园高;夜间,由于温度下降,蒸发较弱,林、

表4 林、茶间作园与纯茶园200 cm高处空气湿度差值的日变化

农林系统类型	项目	17时	20时	23时	02时	05时	08时	11时	14时	17时
杉木-茶间作	$\Delta e$ (hpa)	2.9	0.9	1.2	1.5	1.1	2.5	2.7	4.3	4.0
	$\Delta r$ (%)	7	5	5	2	0	9	10	11	8
板栗-茶间作	$\Delta e$ (hpa)	2.3	0.2	0.7	0.9	1.2	2.2	2.4	4.1	3.6
	$\Delta r$ (%)	5	3	2	1	1	7	9	9	6

注:测定时间为1992年7月17, 18日,晴; $\Delta e$ :绝对湿度差, $\Delta r$ :相对湿度差。

茶间作园与纯茶园内外湿度差异不大，而且比白昼要小。

### 3.5 风的状况

林、茶系统中风速的分布，除受植被盖度等影响外，还与林茶系统结构、林木的分枝高度和密度等有关。在林、茶间作园中，风速受到茶树和林木枝叶的阻挡，摩擦作用大为增加，通风性减小，风速减弱，因此在林冠以下不论那个高度，间作园的风速均比纯茶园小(表 5)，但板栗—茶间作园与杉木—茶间作园的风速差异不大。

表5 林、茶间作园与纯茶园日平均风速比较

(单位:  $m \cdot s^{-1}$ , 1992年)

日 期 (月—日)	杉木—茶间作园			板栗—茶间作园			纯 茶 园		
	50 cm	120 cm	200 cm	50 cm	120 cm	200 cm	50 cm	120 cm	200cm
07—17	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.4
07—18	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.4
07—19	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.4
07—20	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
07—21	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
08—25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
08—26	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5	0.3	0.4	0.6
08—27	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	0.3	0.9
08—28	0.2	0.3	0.4	0.2	0.4	0.6	0.3	0.4	0.8

林、茶间作园中，离地面200 cm 高度以下的风速垂直分布，主要受该高度范围植物主干及枝叶密集程度影响。离地面50 cm 高处风速最小，这是因为该高度的空气运动，受到林木和茶树枝叶影响，使风速明显减弱。离地面120 cm 高处，受到树冠冠层的摩擦作用，日平均风速大于离地50 cm 高处，而小于离地200 cm 高处的风速。

## 4 结论与建议

(1) 在湿润亚热带地区的暖季，不同林—茶栽培模式的小气候特征，主要受植被盖度、林木和茶树种类或品种、年龄、高度、树冠结构、栽植方式及密度、栽培管理措施等因子影响。上述因子影响了农林系统内的各个物质面(层)内辐射特性及热量平衡各分量的变化，杉木—茶和板栗—茶间作园内有3个活动面(层)，即杉木、栗树树冠表面，茶树树冠表面和土壤表面；纯茶园内只有2个活动面(层)，即茶树树冠表面和土壤表面。由于不同林—茶栽培模式其活动层的高度、厚度、面积比例不同，引起净辐射及热量平衡各分量不同，因而造成不同栽培模式内光、温、湿、风等小气候要素变化。由此认为，人为调整各系统内活动面(层)的面积及高度，亦即林冠面积和厚度(植被盖度)就可合理调节小气候的变化。

(2) 不同林、茶栽培模式内的相对光强、气温、土温、温度日较差、风速等，均随植被盖度的增加而减小，即杉木—茶间作园最小，板栗—茶间作园其次，纯茶园最大。空气的相对湿度和绝对湿度一般与温度和风速变化相反，即随植被盖度的增加而增大。但本试验中，板栗的分枝高度很低，但近地面空气层的水汽不易逸散，同时板栗因蒸腾强度大，因而使板栗—茶间作园湿度最大，杉木—茶间作园其次，纯茶园最小。上述小气候特点，在亚热带地区的高温干旱季节(夏、秋茶)，林、茶间作能满足茶树喜温暖、湿润、散射光和避免高温、干旱、强直射光的要求，这对茶树生育和提高夏、秋茶产量、品质是有利的。不过，本试验中，杉木

—茶的植被覆盖度已达70%，遮光过度，通风不良，已对茶树正常光合作用产生不良影响。为了提高林茶系统的经济效益，合理利用小气候资源，应根据林、茶的每年经济投入、产出和社会需要，合理调节林、茶栽植密度和植被盖度。这个问题有待进一步研究。

### 参 考 文 献

- 1 中国农业科学院茶叶研究所主编. 中国茶树栽培学. 上海: 科技出版社, 1986, 128~142.
- 2 Huang Shoubo. Meteorology of the tea plant in China: a review agricultural and forest meteorology, 1989, 47(1): 19~30.
- 3 中国农业科学院农业气象所等. 中国茶树气候区划. 农业气象, 1982, 3(1): 1~5.
- 4 Huang Shoubo. A study on the ecological climates of some famous tea growing areas in high mountainous regions of China. Chinese Geographical Science, 1991, 1(2): 121~128.
- 5 沈兴儒. 桐桐—茶村人工混交林效益初探. 茶业通报, 1986, (2): 19~21.
- 6 黄寿波. 茶园小气候特征. 农业气象, 1983, 4(4): 35~39.
- 7 黄寿波, 范兴海, 姚国坤, 等. 丛栽茶村桐冠小气候及其对新梢生育和生化成分的影响. 应用生态学报, 1993, 4(1): 99~101.
- 8 Huang Shoubo, Pan Genshen, Gao Renjun, et al. Physiological and biochemical characteristics of tea plants interplanted with trees. Agroforestry Systems in China, CAF & IDRC, Singapore, 1991. 162~166.
- 9 黄晓澜, 丁瑞兴. 亚热带丘陵区茶林复合系统小气候特征研究. 生态学报, 1991, 11(1): 7~12.
- 10 丁瑞兴, 黄晓澜, 周亚军, 等. 茶园间植乌桕的气候生态效应. 应用生态学报, 1992, 3(2): 131~173.

## Study on the Microclimate Effects in Different Tree-tea Intercropping Models and Pure Tea Plantation

Huang Shoubo    Fan Xinghai    Fu Maoyi    Fu Jinhe

**Abstract** The microclimate observation in the Chinese fir-tea, hairy chestnut-tea intercropping models and pure tea plantation have been made in the summer of 1992 in Huangshan City, Anhui Province. The result indicate that when the plant covering level increases in tea plantation intercropping with trees, the relative intensity of illumination, air temperature, soil temperature, temperature differentiation between day and night, and wind speed decrease, but air humidity increases. In Chinese fir-tea, hairy chestnut-tea and pure tea plantations, the relative intensity of illumination is 41%, 63%, and, 100% respectively; average day air temperature 25.0 °C, 26.4 °C and 27.2 °C respectively; soil temperatures differentiation (0 cm) between day and night 6.4°C, 10.5 °C and 19.7 °C respectively; average wind speed at the height of 200 cm 0.3 m·s<sup>-1</sup>, 0.4 m·s<sup>-1</sup> and 0.6 m·s<sup>-1</sup> respectively; Compared with that of the pure tea plantation, the relative humidity and absolute one of Chinese fir-tea intercropping models increase 6% and 4 hpa respectively; the hairy chestnut-tea intercropping model's does 4% and 2 hpa respectively.

**Key words** fores-ttea intercropping model, microclimate, tea plantation, Chinese fir, hairy chestnut

Huang Shoubo, Professor, Fan Xinghai (Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029), Fu Maoyi, Fu Jinhe (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF).