

# 三种林-茶复合林分中环境因子和茶的光合特征参数的日变化规律

刘志龙<sup>1,2</sup>, 方建民<sup>3</sup>, 虞木奎<sup>1,①</sup>, 王 臣<sup>1</sup>, 刘洪剑<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 安徽省林业科学研究院, 安徽 合肥 230031)

**摘要:** 对栎树-茶(*Koelreuteria paniculata-Camellia sinensis*)、香樟-茶(*Cinnamomum camphora-Camellia sinensis*)和枫香-茶(*Liquidambar formosana-Camellia sinensis*) 3种林-茶复合林分中环境因子的日变化及茶[*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze.]的光合特征参数日变化和相关性进行了分析研究。结果显示,在3种林-茶复合林分中,光合有效辐射强度和气温的日变化呈单峰曲线,均在12:00达到最高值;空气相对湿度和大气CO<sub>2</sub>浓度呈先降后升的日变化趋势,分别在10:00和14:00达到最低值;各环境因子在全天不同时刻均有极显著差异( $P < 0.01$ )。3种林-茶复合林分中茶的净光合速率日变化均表现为不对称的双峰型曲线,峰值分别出现在10:00和14:00,其中枫香-茶复合林分中茶的净光合速率日均值最高( $0.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ );茶的气孔导度与蒸腾速率均在每日的早、晚较低,并在10:00达到最高;胞间CO<sub>2</sub>浓度日变化整体呈“W”型曲线,每日的早、晚较高,在10:00最低,其中栎树-茶复合林分中茶的胞间CO<sub>2</sub>浓度的日均值最高;茶的净光合速率和蒸腾速率日均值在3种林-茶复合林分间有极显著差异( $P < 0.01$ ),气孔导度和胞间CO<sub>2</sub>浓度日均值差异不显著。除气温与茶的净光合速率,以及光合有效辐射强度与茶的胞间CO<sub>2</sub>浓度、气温和空气相对湿度间相关性不显著外,其余环境因子与茶的净光合速率以及两两指标之间的相关性均达显著或极显著水平。综合分析结果表明,枫香-茶复合林分可改善茶的生长环境,促进茶生长,适合在安徽芜湖推广种植。

**关键词:** 茶; 林-茶复合林分; 光合特征参数; 环境因子; 日变化; 相关分析

中图分类号: Q948.11; S571.1 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2009)02-0062-06

## Diurnal variations of environmental factors and photosynthetic parameters of *Camellia sinensis* in three forest-tea mixed stands

LIU Zhi-long<sup>1,2</sup>, FANG Jian-min<sup>3</sup>, YU Mu-kui<sup>1,①</sup>, WANG Chen<sup>1</sup>, LIU Hong-jian<sup>3</sup> (1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 3. Forestry Research Institute of Anhui Province, Hefei 230031, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2009, 18(2): 62-67

**Abstract:** Diurnal variations of environmental factors and photosynthetic parameters of *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. in three forest-tea mixed stands of *Koelreuteria paniculata-Camellia sinensis*, *Cinnamomum camphora-Camellia sinensis* and *Liquidambar formosana-Camellia sinensis* and their correlation were studied. The results show that the diurnal variations of photosynthetically active radiation intensity and air temperature show a single-peak curve and both the maximum values occur at 12:00. The air relative humidity and air CO<sub>2</sub> concentration decrease firstly and then increase, and the lowest values occur at 10:00 and 14:00, respectively. The environmental factors are extremely significantly different at different times ( $P < 0.01$ ). All the diurnal variations of net photosynthetic rate of *Camellia sinensis* in the three forest-tea mixed stands show a asymmetric double-peak curve, and the peak values appear at 10:00 and

收稿日期: 2008-09-23

基金项目: 国家林业局重点科技项目(2003-052-L52);“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A160101);浙江省林业科技项目(06A01)

作者简介: 刘志龙(1982—),男,安徽滁州市人,博士研究生,研究方向为人工林定向培育的理论和技術。

①通讯作者 E-mail: yumukui@sina.com

14:00, in which the daily mean value of net photosynthetic rate of *Camellia sinensis* in the *Liquidambar formosana*-*Camellia sinensis* mixed stand is the highest ( $0.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). The stomatal conductance and transpiration rate of *Camellia sinensis* are lower at morning and late afternoon in a day, and the peak values occur at 10:00. The diurnal variation of intercellular  $\text{CO}_2$  concentration presents a "W" curve, in which the value is higher at morning and late afternoon in a day, and the lowest value occurs at 10:00. The daily mean value of intercellular  $\text{CO}_2$  concentration of *Camellia sinensis* in the *Koelreuteria paniculata*-*Camellia sinensis* mixed stand is the highest. The daily mean values of net photosynthetic rate and transpiration rate of *Camellia sinensis* in the three forest-tea mixed stands are all extremely significantly different ( $P < 0.01$ ), while the difference between daily mean values of stomatal conductance and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration is not significant. All the environmental factors have significant or extremely significant correlations with net photosynthetic rate of *Camellia sinensis* and with each other index, except that the correlations between air temperature and net photosynthetic rate of *Camellia sinensis*, photosynthetically active radiation intensity and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration of *Camellia sinensis*, air temperature and air relative humidity are not significant. By comprehensive analysis, it is suggested that *Liquidambar formosana*-*Camellia sinensis* mixed stand can improve the growth environment of *Camellia sinensis* and promote its growth, the mixed stand is suitable for extending and planting in Wuhu of Anhui Province.

**Key words:** *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze.; forest-tea mixed stand; photosynthetic parameter; environmental factor; diurnal variation; correlation analysis

光合作用是植物生长发育的基础,也是植物生产力高低的决定因素,对环境条件变化很敏感。很多学者对茶[*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze.]及其他植物的光合作用进行了大量研究<sup>[1-8]</sup>。茶叶片的光合作用主要受到光合有效辐射、环境温度、 $\text{CO}_2$ 浓度、叶片生理成熟度以及不同栽培措施的影响。与单一种植的茶园相比,林-茶复合模式具有多方面的生态优势<sup>[3]</sup>,但在林-茶复合系统内不同树种间存在着对环境资源的争夺,因此,如何科学地选择光合利用型复合模式及间作植物的种类等,是农林复合系统的重要研究内容<sup>[4]</sup>。

作者选择了3种林-茶复合林分,对环境因子的日变化、茶光合特征参数的日变化以及茶光合特征参数与环境因子的相关性进行了分析,以揭示林-茶复合体系中茶光合作用的基本生理生态学特征和规律,分析茶生长的适宜生态条件,为制定林-茶复合体系优质高产栽培技术措施提供科学依据。

## 1 实验区概况和研究方法

### 1.1 实验区概况

实验地位于安徽省芜湖市繁昌县新林茶场。该茶场位于安徽省东南部,地处长江中下游南岸,属于沿江平原生态区,茶场的地理位置为东经  $117^{\circ}57' \sim 118^{\circ}54'$ 、北纬  $30^{\circ}38' \sim 31^{\circ}34'$ ,属于亚热带边缘地

区,植被类型为亚热带落叶林和常绿阔叶林混交林地带,水分充足,气候适宜。年均降水量  $1\,198.1 \sim 1\,413.2 \text{ mm}$ ,年均降水天数  $128.1 \sim 145.2 \text{ d}$ ,年均气温  $15.7 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 16.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,全年无霜期  $220 \sim 240 \text{ d}$ ,土壤以红壤为主。

供试的3种林-茶复合系统分别为5年生枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、香樟[*Cinnamomum camphora* (L.) Presl]和栎树(*Koelreuteria paniculata* Laxm.)与茶复合种植的林分,复合树种的生长状况见表1。3个树种的密度均为  $2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ,东西向排列,与茶的排列方向相同,所有林分均采用相同的管理抚育措施。

### 1.2 方法

在2008年8月上旬选择天气晴好的日期,分别对3种林-茶复合林分中茶的光合特征参数及各环境因子进行测定。其中,光合特征参数主要测定净光合速率、胞间  $\text{CO}_2$ 浓度、气孔导度和蒸腾速率等指标;环境因子主要测定光合有效辐射强度、气温、空气  $\text{CO}_2$ 浓度和空气相对湿度等指标。

采用美国LI-COR公司生产的LI2640便携式光合作用系统测定仪进行上述各指标的测定,开放式气路,自然光源,叶室面积  $2 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ 。在每个测定日的6:00至18:00,每隔2h测定1次,每次取茶的3组叶片进行测定,每组叶片重复测定3次,结果取平均值。

表1 供试的3种林-茶复合林分中复合树种的生长状况

Table 1 Growth status of mixed tree species in three forest-tea mixed stands

树种 Tree species	树龄/a Age	树高/m Height	胸径/cm DBH	冠幅/m Crown width	根幅/m Root range	郁闭度/% Canopy density
栎树 <i>Koelreuteria paniculata</i>	5	7.50	7.50	4.20	4.20	90-95
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	5	7.30	7.45	3.80	5.20	90-95
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	5	5.50	7.16	4.10	3.50	90-95

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 13.0 统计分析软件对实验数据进行统计和相关性分析,采用 One - Way ANOVA 方法进行方差分析,并采用 LSD 法对数据进行多重比较。

## 2 结果和分析

### 2.1 供试的3种林-茶复合林分中环境因子的日变化

供试的3种林-茶复合林分中环境因子的日变化见表2。由表2可以看出,3种林-茶复合林分中的光合有效辐射强度(PHAR)的日变化都呈现先升后降的变化趋势,均在12:00达到最高点;在6:00和18:00,由于处于日出和日落的时段,这2个时段的光合有效辐射强度最弱,且差异不大。气温(Ta)的日变化趋势与光合有效辐射强度的日变化趋势基

本相似,从早上6:00开始逐渐上升,至中午12:00达到全天的最高温度,然后开始下降。

由表2还可以看出,3种林-茶复合林分中大气CO<sub>2</sub>浓度(Ca)的日变化与光合有效辐射强度和气温的日变化趋势恰好相反,表现为早晚较高,14:00达全天最低点。早晨随着气温和光合有效辐射强度的升高,大气CO<sub>2</sub>浓度逐渐下降;14:00后,随着气温和光合有效辐射强度的下降,大气CO<sub>2</sub>浓度逐渐回升。3种林-茶复合林分中空气相对湿度(RH)的日变化与大气CO<sub>2</sub>浓度日变化趋势相似,均呈先降后升的变化趋势。随着光合有效辐射强度的增强和气温的升高,空气相对湿度逐渐下降,在10:00降至最低,以后随着光合有效辐射强度和气温的下降,空气相对湿度又逐渐升高。

差异显著性分析结果表明,3种林-茶复合林分中各环境因子在全天不同时刻都有极显著差异

表2 三种林-茶复合林分中环境因子的日变化<sup>1)</sup>Table 2 Diurnal variations of environmental factors in three forest-tea mixed stands<sup>1)</sup>

因子 Factor	不同时间各环境因子的均值 Average value of environmental factors at different times						
	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
栎树-茶复合林分 <i>Koelreuteria paniculata</i> - <i>Camellia sinensis</i> mixed stand							
PHAR	2.25 ± 0.35a	20.40 ± 0.57d	22.54 ± 1.22e	38.75 ± 1.77f	16.00 ± 0.95c	10.82 ± 0.97b	1.92 ± 0.12a
Ta	28.05 ± 0.71a	31.49 ± 0.94b	33.75 ± 0.81c	35.25 ± 0.85c	35.66 ± 0.49c	33.86 ± 0.58c	34.28 ± 0.58c
Ca	325.38 ± 9.83d	278.39 ± 9.14bc	274.92 ± 2.72bc	265.42 ± 2.29ab	243.29 ± 9.82a	314.27 ± 20.56d	304.96 ± 8.68cd
RH	66.90 ± 2.62c	62.87 ± 2.41bc	55.59 ± 1.67a	56.86 ± 1.39a	58.50 ± 0.64ab	63.31 ± 0.48bc	61.88 ± 1.45bc
香樟-茶复合林分 <i>Cinnamomum camphora</i> - <i>Camellia sinensis</i> mixed stand							
PHAR	4.50 ± 0.71b	20.17 ± 0.71d	20.27 ± 0.23d	41.00 ± 1.41e	20.17 ± 0.25d	9.92 ± 0.59c	1.44 ± 0.16a
Ta	29.23 ± 0.18a	32.81 ± 0.17b	36.50 ± 0.34e	36.89 ± 0.31e	36.31 ± 0.17e	34.86 ± 0.55d	33.63 ± 0.07c
Ca	324.95 ± 28.24d	274.98 ± 9.81bc	269.78 ± 0.37b	258.61 ± 8.41ab	232.38 ± 2.75a	305.20 ± 10.3cd	305.28 ± 5.9cd
RH	65.06 ± 3.68c	61.05 ± 2.22ab	56.17 ± 2.36a	56.99 ± 0.81ab	58.31 ± 2.77ab	61.37 ± 1.94abc	63.30 ± 2.09bc
枫香-茶复合林分 <i>Liquidambar formosana</i> - <i>Camellia sinensis</i> mixed stand							
PHAR	3.94 ± 0.80b	21.25 ± 1.77d	23.61 ± 0.39e	38.95 ± 1.49f	16.84 ± 1.65d	10.17 ± 1.17c	1.25 ± 0.35a
Ta	29.83 ± 0.17a	34.89 ± 0.48b	35.57 ± 0.63bc	36.94 ± 0.13d	36.07 ± 0.25bc	34.62 ± 1.16b	34.61 ± 1.13b
Ca	303.40 ± 24.19cd	282.85 ± 7.75bc	275.21 ± 7.9b	282.90 ± 4.7bc	229.92 ± 0.63a	316.98 ± 10.69cd	309.83 ± 9.00d
RH	62.02 ± 0.17c	56.51 ± 1.22a	55.84 ± 1.45a	56.57 ± 0.18a	59.14 ± 1.33bc	62.91 ± 2.20c	60.52 ± 2.32c

<sup>1)</sup> PHAR: 光合有效辐射强度 Photosynthetically active radiation intensity ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ); Ta: 气温 Air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ); Ca: 大气CO<sub>2</sub>浓度 Air CO<sub>2</sub> concentration ( $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ); RH: 空气相对湿度 Air relative humidity (%). 同行中不同的字母表示经 LSD 检验在1%水平上差异显著 Different letters in the same row indicate the significant difference at 1% level by LSD test.

( $P < 0.01$ )。3种林-茶复合林分间的日平均气温具有极显著差异( $P < 0.01$ ),其他3个环境因子的日均值无极显著差异( $P > 0.01$ )。

## 2.2 供试的3种林-茶复合林分中茶光合特征参数的日变化

在3种林-茶复合林分中茶光合特征参数的日变化及日均值分别见图1和表3。由图1可见,3种林-茶复合林分中茶净光合速率的日变化均表现为不对称的双峰型曲线,存在“午休”现象(图1-A),净光合速率的主峰和次主峰出现的时间也基本一致,分别为10:00和14:00。全天各时段3种林-茶

复合林分中茶的净光合速率日均值均有极显著差异( $P < 0.01$ ),3种林-茶复合林分中茶的净光合速率日均值从大到小依次为枫香-茶复合林分、香樟-茶复合林分、栲树-茶复合林分,净光合速率日均值分别为0.80、0.60和0.54  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (表3)。

在3种林-茶复合林分中茶的气孔导度(图1-B)与蒸腾速率(图1-C)均在每天的早、晚较低,随着光照强度升高,气温逐渐上升,空气相对湿度不断降低,叶片气孔逐渐张开,气孔导度与蒸腾速率随之增高,并在10:00出现最高峰,然后开始逐渐下降。气孔导度和蒸腾速率的日变化趋势与净光合速率基

- 栲树-茶复合林分 *Koelreuteria paniculata*-*Camellia sinensis* mixed stand
- 香樟-茶复合林分 *Cinnamomum camphora*-*Camellia sinensis* mixed stand
- ▲— 枫香-茶复合林分 *Liquidambar formosana*-*Camellia sinensis* mixed stand

A: 净光合速率的日变化 Diurnal variation of net photosynthetic rate; B: 气孔导度的日变化 Diurnal variation of stomatal conductance; C: 蒸腾速率的日变化 Diurnal variation of transpiration rate; D: 胞间  $\text{CO}_2$  浓度的日变化 Diurnal variation of intercellular  $\text{CO}_2$  concentration.

图1 三种林-茶复合林分中茶光合特征参数的日变化

Fig.1 Diurnal variations of photosynthetic parameters of *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. in three forest-tea mixed stands

表 3 三种林-茶复合林分中茶的光合特征参数日均值的比较<sup>1)</sup>Table 3 Comparison of daily mean values of photosynthetic parameters of *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. in three forest-tea mixed stands<sup>1)</sup>

复合林分 Mixed stand	净光合速 率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Net photosynthetic rate	气孔导 度/ $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Stomatal conductance	蒸腾速 率/ $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Transpiration rate	胞间 $\text{CO}_2$ 浓 度/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Intercellular $\text{CO}_2$ concentration
栎树-茶 <i>Koelreuteria paniculata-Camellia sinensis</i>	0.54 ± 0.04a	0.09 ± 0.01a	1.65 ± 0.07a	287.32 ± 17.45a
香樟-茶 <i>Cinnamomum camphora-Camellia sinensis</i>	0.60 ± 0.04b	0.10 ± 0.01a	1.81 ± 0.15b	272.59 ± 18.68a
枫香-茶 <i>Liquidambar formosana-Camellia sinensis</i>	0.80 ± 0.06c	0.08 ± 0.01a	1.68 ± 0.16c	280.83 ± 16.70a

<sup>1)</sup> 同列中不同的字母表示经 LSD 检验在 1% 水平上差异显著 Different letters in the same column indicate the significant difference at 1% level by LSD test.

本一致,达到全天的最高点之后逐渐下降,到 14:00 后下降速度加剧,傍晚时分气孔基本关闭,气孔导度降到最低值。气孔导度受环境因子的影响很大,适宜的光强和温度有利于气孔张开,降低气孔阻力,增大气孔导度;反之,气孔导度降低,胞间  $\text{CO}_2$  浓度下降。显著性分析结果显示(表 3),3 种林-茶复合林分间茶的气孔导度日均值差异不显著,而蒸腾速率日均值差异极显著。

受大气  $\text{CO}_2$  浓度的影响,胞间  $\text{CO}_2$  浓度在每天的早晨比较高;随着光强逐渐升高,气温逐渐上升,胞间  $\text{CO}_2$  浓度开始下降。3 种林-茶复合林分中茶的胞间  $\text{CO}_2$  浓度的日变化趋势与气孔导度的日变化趋势相反(图 1-D),气孔导度在一定程度上控制着胞间  $\text{CO}_2$  浓度。胞间  $\text{CO}_2$  浓度在上午表现为不断下降,大约在 10:00 出现最低值,12:00 略有升高,出现 1 个小波峰,随后开始下降,在 14:00 后再次升高,整体呈“W”型曲线。显著性分析结果表明(表 3),3 种林-茶复合林分间茶的胞间  $\text{CO}_2$  浓度无极显著差异

( $P > 0.01$ ),但栎树-茶复合林分中茶的胞间  $\text{CO}_2$  浓度最高。

### 2.3 供试的 3 种林-茶复合林分中茶光合特征参数与环境因子间的相关性分析

对 3 种林-茶复合林分中茶的光合特征参数与环境因子的相关性进行分析,结果表明(表 4),除气温与净光合速率、光合有效辐射强度与胞间  $\text{CO}_2$  浓度及气温和空气相对湿度间相关性不显著外,其余生理生态因子指标与净光合速率以及两两指标间的相关性均达显著或极显著水平。

光合作用的限制因素是多方面的。由表 4 还可以看出,在 3 种林-茶复合林分中,茶的净光合速率与气孔导度、蒸腾速率和光合有效辐射强度呈极显著的正相关关系,与气温呈正相关关系,与胞间  $\text{CO}_2$  浓度、空气  $\text{CO}_2$  浓度和空气相对湿度之间呈显著或极显著的负相关关系,说明当光合有效辐射强度增强时气温上升,茶的净光合速率随之升高;在光合有效辐射强度增强的同时,蒸腾速率也随之升高。另

表 4 三种林-茶复合林分中茶的光合特征参数及环境因子的相关系数<sup>1)</sup>Table 4 Correlation coefficient of photosynthetic parameters of *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. and environmental factors in three forest-tea mixed stands<sup>1)</sup>

参数和因子 Parameter and factor	相关系数 Correlation coefficient								
	Pn	Cs	Ci	Rt	Ta	Ca	RH	PHAR	
Pn	1.000								
Cs	0.481 **	1.000							
Ci	-0.659 **	-0.671 **	1.000						
Rt	0.555 **	0.970 **	-0.701 **	1.000					
Ta	0.271	0.588 **	-0.563 **	0.703 **	1.000				
Ca	-0.129 **	-0.557 **	0.451 **	-0.566 **	-0.482 **	1.000			
RH	-0.380 *	-0.684 **	0.625 **	-0.788 **	-0.818 **	0.521 **	1.000		
PHAR	0.677 **	0.440 **	-0.290	0.524 **	0.199	-0.113	-0.238	1.000	

<sup>1)</sup> Pn: 净光合速率 Net photosynthetic rate; Cs: 气孔导度 Stomatal conductance; Ci: 胞间  $\text{CO}_2$  浓度 Intercellular  $\text{CO}_2$  concentration; Rt: 蒸腾速率 Transpiration rate; Ta: 气温 Air temperature; Ca: 大气  $\text{CO}_2$  浓度 Air  $\text{CO}_2$  concentration; RH: 空气相对湿度 Air relative humidity; PHAR: 光合有效辐射强度 Photosynthetically active radiation intensity. \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ .

外,在光合作用过程中,当光合有效辐射强度增强、净光合速率升高的同时,CO<sub>2</sub>作为光合作用的原料被同化和转运,导致茶叶片周围大气 CO<sub>2</sub>浓度的降低。

### 3 结论和讨论

在3种林-茶复合林分中,光合有效辐射强度和气温的日变化呈单峰曲线;空气相对湿度随着光合有效辐射强度和气温的变化呈先降后升的趋势。通常情况下,林木的光照条件除受太阳高度角和方位角等不可控因子影响外,还主要受树木株行距和冠形的影响。由于树冠荫蔽时间和荫蔽强度的不同,林分中不同位置的光合有效辐射强度的日变化特征以及空间分布也不同。同时,光也是光合作用中最强烈的影响因子,主要表现在光谱成分和光照强度方面<sup>[9]</sup>。复合树种的荫蔽导致光合有效辐射强度发生改变,光合有效辐射强度的变化又引起气温、空气相对湿度等环境因子的变化,而空气相对湿度通过影响气孔开闭来控制 CO<sub>2</sub> 流量,从而影响植物的光合速率<sup>[10]</sup>,因而,在光强度高时,适当提高温度,可以提高植物的光合效率<sup>[11]</sup>。

3种林-茶复合林分中茶的净光合速率日变化呈“双峰”型曲线,有明显的“午休”现象,峰值分别出现在10:00和14:00;同一天中不同时段茶的净光合速率存在极显著差异( $P < 0.01$ ),3种林-茶复合林分中茶的净光合速率日均值从大至小依次为枫香-茶复合林分( $0.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、香樟-茶复合林分( $0.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )和栎树-茶复合林分( $0.54 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )。由于本研究是针对同一茶品种与不同树种的复合种植模式进行的,因此,不同复合林分间茶的净光合速率差异主要是由于光合有效辐射强度以及因其变化而引起的其他环境因子的综合作用造成的。

光合作用是一个复杂的生理过程,植物叶片净光合速率不仅受光照强度、气温、空气相对湿度和土壤含水量等环境因素的影响,与植物的自身因素也

密切相关<sup>[12]</sup>,因此,植物光合作用是自身的生理特性与环境条件综合作用的结果<sup>[13]</sup>。对3种林-茶复合林分中茶的光合特征参数与环境因子的相关性进行综合分析,对茶的复合栽培技术研究具有重要的意义。

综合分析后认为,枫香-茶复合种植模式具有较小的冠幅和较大的冠层粗糙度,可使林分内的太阳透射量增加,从而改善和调节小气候因子,保持一种较利于茶生长发育的环境条件。该林分在供试的3个林-茶复合林分中最有利于茶的生长,适合在安徽芜湖进行推广种植。

#### 参考文献:

- [1] 陶汉之,王镇恒. 我国茶光合作用研究进展及发展趋势[J]. 茶叶科学, 1995, 15(1): 1-8.
- [2] 傅金和,傅懋毅,曹群根,等. 桃茶人工复合生态系统小气候特征研究[J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21(3): 293-298.
- [3] 王正周. 茶林复合茶园的生态优势[J]. 蚕桑茶叶通讯, 1995(3): 32-34.
- [4] 高峻,孟平,吴斌,等. 杏-丹参林药复合系统中丹参光合和蒸腾特性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(2): 64-67.
- [5] 温国胜,王林和,张国盛. 臭柏的光合速率与生态因子的关联分析[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(3): 206-210.
- [6] 张文标,金则新,柯世省,等. 木荷光合特性日变化及其与环境因子相关性分析[J]. 广西植物, 2006, 26(5): 492-498.
- [7] 宋于洋,塔依尔,王炳举,等. 沙棘叶片光合速率与其环境因子的日变化规律研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(1): 8-11.
- [8] 邹学校,马艳青,张竹青,等. 环境因子对辣椒光合与蒸腾特性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(4): 15-20.
- [9] 刘福娟. 光合作用的影响因素分析[J]. 农机化研究, 2004(4): 237.
- [10] 徐克章,曹正菊,陈星,等. 人参叶片光合作用和气孔开闭日变化的研究[J]. 植物生理学通讯, 1987(3): 35-36.
- [11] 冀瑞萍. 光强、温度、CO<sub>2</sub>对光合作用的影响[J]. 晋中师范高等专科学校学报, 2000, 17(3): 36-37.
- [12] 韦兰英,莫凌,曾丹娟,等. 桂北地区中华猕猴桃光合作用的日变化特征[J]. 西北农业学报, 2008, 17(6): 107-112.
- [13] 张颖,呼天明. 普那菊苣夏季光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(5): 184-187.