

## 生态茶园不同套种模式光合有效辐射特征\*

宋清海<sup>1</sup>, 毛加梅<sup>2</sup>, 赵俊福<sup>1</sup>, 汪云刚<sup>2</sup>, 张一平<sup>1</sup>, 赵俊斌<sup>1</sup>, 谭正洪<sup>1</sup>, 唐建维<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园 热带森林生态学重点实验室, 云南 昆明 650223;

2. 云南农业科学院 茶叶研究所, 云南 勐海 666201)

**摘要:** 为探讨不同套种模式生态茶园光合有效辐射特征及其差异, 分别在西双版纳勐海县选取人工套种的沉香-茶树、樟树-茶树、千斤拔-茶树以及纯茶园样地, 在干热季、雨季和雾凉季分别同步测定光合有效辐射。结果表明同一样地不同季节的光合有效辐射量差异较大。在雾凉季, 各样地的光合有效辐射的数值较低, 以樟树-茶园模式为最小, 而干热季总体上数值较大。各套种模式光合有效辐射日总量则呈现千斤拔-茶树模式最大, 樟树-茶树模式为最小。干热季光合有效辐射最强, 在纯茶园日总量可达  $38.57 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ; 但雾凉季近地层光合有效辐射最弱, 在遮蔽较小的千斤拔-茶树模式日总量仅为  $23.03 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。不同套种模式光合有效辐射与纯茶园的比值具有较大差异。干热季, 樟树-茶树模式的光合有效辐射仅为纯茶园的 65.9%, 雨季为 76.0%, 雾凉季为 87.2%。而千斤拔-茶树模式的光合有效辐射在干热季、雨季和雾凉季则分别为纯茶园的 90.2%、91.2% 和 99.9%。各套种模式光合有效辐射的比值均是干热季 < 雨季 < 雾凉季。

**关键词:** 生态茶园; 光合有效辐射; 西双版纳; 套种模式

中图分类号: Q 945. 11 文献标志码: A 文章编号: 0258-7971(2014)01-0144-05

生态茶园(ecological tea plantation)是一种以茶树为主体, 以生态学和经济学的原理为指导建立起来的一种高效益的多物种、多层次结构的人工生态系统<sup>[1-2]</sup>。因此, 因地制宜地建立茶园生态系统, 充分发挥生态系统中多物种、多层次的相互作用, 可以获得最大的生态效益、经济效益和社会效益<sup>[1-3]</sup>。

研究表明生态茶园能显著提高生物能产出密度, 提高茶叶产量。生态茶园的生物能产出密度是纯茶园的 215.5%<sup>[4-5]</sup>。采用不同的遮荫水平对茶树光环境及茶叶品质的影响研究表明<sup>[6]</sup>, 生态茶园能较好完善茶园的光照强度, 有利于提高茶叶品质。

太阳辐射状况是植物生长重要决定因子之一<sup>[7-8]</sup>, 生态茶园的太阳辐射状况势必对茶叶的光合作用和茶树的生长有着重要影响<sup>[9]</sup>。目前对不同套种模式的生态茶园光合有效辐射的比较研究

较少, 缺乏不同套种模式下生态茶园光合有效辐射差异的直接观测数据。

截至 2010 年, 西双版纳茶园面积已达 4.87 万  $\text{hm}^2$ 。然而, 目前茶园三“R”问题(残留 Residue、抗药性 Resistance 和再猖獗 Resurgence)却越来越突出, 茶叶品质受到严重影响。因此, 中国科学院西双版纳热带植物园和云南省农业科学院茶叶研究所合作在勐海茶园进行了生态茶园的建设与示范研究, 采取了不同经济植物与茶园的套种模式, 以期切实改变目前人工茶园单一种植的局面, 解决茶园中突出的三“R”问题, 提高茶叶品质, 以持续、稳定地生产出优质茶叶。

## 1 研究样地概况

观测样地位于西双版纳州勐海县云南省农业科学院茶叶研究所的茶园试验区。选取了 3 种经济

\* 收稿日期: 2013-01-11

基金项目: 西双版纳州科技局项目(YX200902); 中国科学院农业项目办公室项目(KSCX2-YW-N-48-06); 国家自然科学基金(41001063)。

作者简介: 宋清海(1979-), 男, 山东人, 研究生, 助理研究员, 主要从事全球变化生态学方面的研究。

通信作者: 唐建维(1964-), 男, 广西人, 博士, 研究员, 主要从事生态系统生态学方面的研究。E-mail: tangjw@xtbg.org.cn。

植物与茶树的套种模式(沉香-茶树模式,樟树-茶树模式,千斤拔-茶树模式),以及一种纯茶园模式作为对照,共 4 种模式作为研究样地,见表 1。

表 1 不同树种的基本情况  
Tab. 1 The information of the different plants

树种	株高/m	冠幅/m	树龄/a	种植密度/ (株/hm <sup>2</sup> )
茶树	1.3	1.2	58	22 000
沉香	1.4	0.9	3	10 000
樟树	4.5	1.4	8	8 000
千斤拔	2.7	1.2	4	12 000

## 2 研究方法

分别在 4 块研究样地安装 1 套光合有效辐射自动观测仪(型号为 LI-190SZ),自动观测仪安装在距植物冠面垂直距离约 1.5 m,用 CR1000 数据采集器自动采集数据,采样频率为 0.5 Hz,数据经仪器处理后输出 30 min 平均值。

分别在干热季(4月)、雨季(9月)和雾凉季(12月)典型天气测定 7~10 d,观测时间采用北京时间。

首先,根据不同季节获得的 30 min 数据进行统计分析,得到每个季节的光合有效辐射日变化特征,然后 30 min 平均值乘以 1 800 s 得到光合有效辐射 30 min 总量,再把 30 min 总量加和,得到光合有效辐射日总量(mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>)。此外,不同套种模式的光合有效辐射日总量与纯茶园的总量相比,以比较不同套种模式的差异。叶面积指数使用 LAI2000(Licor 公司,美国)进行测定,分别在每块样地不同方位各测 5 个值,其平均值为该样地叶面积指数(图 1)。由于叶面积指数在 1 a 内变化较小,仅在 12 月份测定了 1 次。

## 3 结果

**3.1 光合有效辐射日变化特征** 从不同季节不同套种模式光合有效辐射日变化(图 2)来看,各模式由于套种植物种类不同,导致植物冠幅结构具有较大差异,影响了到达地面的光合有效辐射的数值。

各套种模式的光合有效辐射日变化规律均相

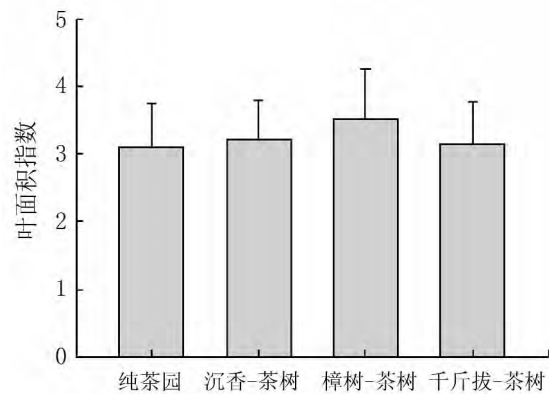


图 1 不同样地的叶面积指数

Fig. 1 Leaf area index of the different sites

似,中午时分,太阳辐射透过冠层林隙,光合有效辐射达到最大,随后逐渐降低。但同一块地不同季节的光合有效辐射量差异较大。在雾凉季,各样地的光合有效辐射的数值较低,以樟树-茶园模式为最小。而干热季总体上数值较大。从图 2 还可看出,千斤拔-茶树模式的光合有效辐射日变化趋近于纯茶园,数值均较大。

**3.2 光合有效辐射日总量特征** 从表 2 可见,纯茶园光合有效辐射数值最高,各套种模式中,千斤拔-茶树模式的光合有效辐射日总量最大,樟树-茶树模式为最小。不同季节中,干热季光合有效辐射最强,在纯茶园总量可达 38.57 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。雾凉季近地层光合有效辐射最弱,在遮蔽较小的千斤拔-茶树模式日总量仅为 23.03 mol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。

**3.3 各套种模式与纯茶园的比较** 由图 3 可见,不同套种模式光合有效辐射与纯茶园的比值具有较大差异。具有较大冠幅和遮蔽较大的樟树-茶树模式在不同季节比值均较小。而植株还较小,遮蔽较小的千斤拔-茶树模式和沉香-茶树模式的比值较大。其中,干热季,樟树-茶树模式的光合有效辐射仅为纯茶园的 65.9%,雨季为 76.0%,雾凉季为 87.2%。千斤拔-茶树模式则比值为最大,干热季为 90.2%、91.2%和 99.9%。沉香-茶树模式居中。各套种模式光合有效辐射的比值均是干热季 < 雨季 < 雾凉季。

## 4 讨论

茶园间作对茶叶的光合、产量影响已有报道<sup>[7]</sup>,但在自然条件下不同人工套种模式与纯茶

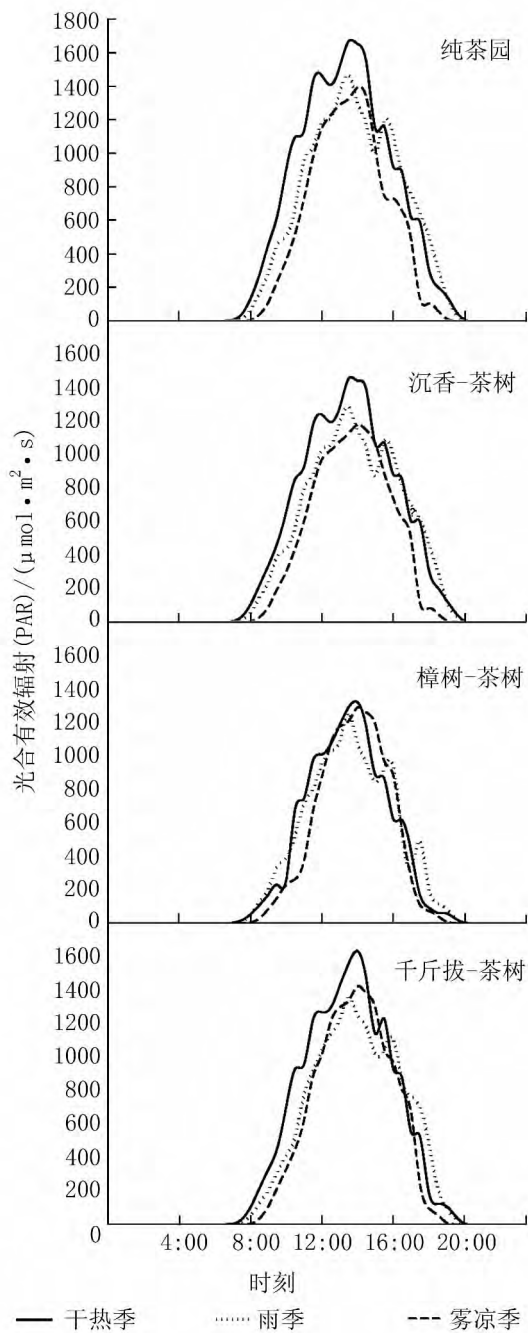


图 2 不同样地光合有效辐射日变化特征

Fig. 2 Diurnal variations of PAR in the different sites

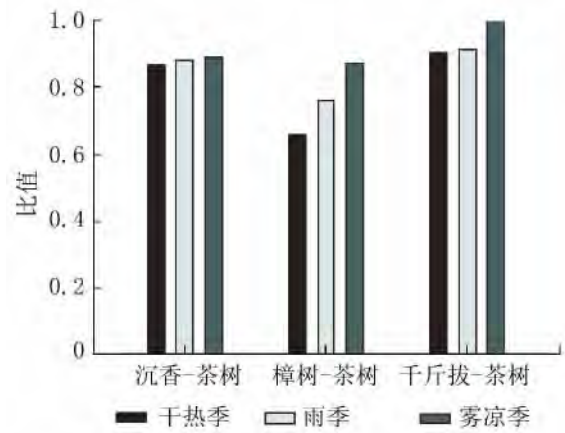


图 3 各套种模式光合有效辐射与纯茶园比值

Fig. 3 PAR ratio of each intercropping site compare with tea site

园进行光合有效辐射的比较研究尚少<sup>[10]</sup>. 研究结果显示: 不同样地的光合有效辐射量有较明显的季节差异, 雾凉季不同样地光合有效辐射日总量为全年最小, 而干热季最大. 因此, 可以认为在雾凉季, 较小的光合有效辐射降低茶叶的光合作用, 可能在一定程度上增强了茶树抗旱的能力.

从不同套种模式光合有效辐射的日变化特征来看, 近地层的光合有效辐射量受套种植物遮蔽程度影响较大. 樟树-茶树套种模式近地层光合有效辐射为最小, 这主要是由于樟树植株已较高, 整个套种模式的群落叶面积指数较大(图 1), 对茶树起到了一定的遮光作用, 从而使得到达近地层的光合有效辐射较小. 而千斤拔和沉香, 定植时间较晚, 植株还未长成足以对茶树起到遮蔽的程度, 因而这两种套种模式的光合有效辐射特征与纯茶园较接近.

从不同套种模式光合有效辐射日总量也同样可以看出, 具有较大叶面积指数的樟树-茶树模式日总量为最小, 套种植物樟树已初步起到了对茶树的遮光作用.

表 2 不同样地不同季节光合有效辐射日总量

Tab. 2 Diurnal PAR accumulations in different seasons in different sites  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$

季节	纯茶园	沉香-茶树	樟树-茶树	千斤拔-茶树
干热季	38.57	33.41	25.41	34.79
雨季	33.26	29.35	25.28	30.33
雾凉季	26.41	23.52	23.03	26.38

茶园的不同套种模式将有利于改善纯茶园的单一模式,提高群落的稳定性等<sup>[10]</sup>。本研究初步探讨了3种套种模式的生态效应,显示出生态茶园比纯茶园有一定的环境效应优势。今后需要进一步探讨生态茶园的环境效应,探索更加多样的套种模式,以提高生态茶园的系统稳定性。

随着沉香和千斤拔植株的继续生长,冠幅的增大,改善茶园光合有效辐射环境的作用也必将逐渐显现。今后需要继续持续同步观测不同种植模式的光辐射环境状况,探讨同一样地年际间光合有效辐射特征的差异,并同时探讨同一季节不同样地可能发生的变化等,为生态茶园不同套种模式提供数据支持和理论基础<sup>[11]</sup>。

**致谢** 本研究得到了云南省农业科学院茶叶研究所的大力支持,在此表示诚挚的感谢。

#### 参考文献:

- [1] 陈宗懋. 2008年欧盟发布茶叶中农药残留新标准[J]. 中国茶叶, 2008, 30(4): 7.  
CHEN Z M. The new standard of pesticide residue in tea has been released[J]. Chinese Tea, 2008, 30(4): 7.
- [2] 车生泉. 持续农业的生态学理论体系[J]. 生态经济, 1998, 75(2): 34-35.  
CHE S Q. The ecological theory system of the sustainable agriculture[J]. Ecological Economy, 1998, 75(2): 34-35.
- [3] 梁涛. 我国生态复合茶园建设研究进展[J]. 茶业通报, 2005, 27(2): 62-63.  
LIANG T. Progress of compound ecological tea plantation in China[J]. Journal of Tea Business, 2005, 27(2): 62-63.
- [4] 田永辉, 梁远发, 王国华, 等. 人工生态茶园生态效应研究[J]. 茶叶科学, 2001, 21(2): 170-174.  
TIAN Y H, LIANG Y F, WANG G H, et al. Study on ecological benefits of artificial ecological tea garden[J]. Journal of Tea Science, 2001, 21(2): 170-174.
- [5] 田永辉, 梁远发, 王国华, 等. 人工生态茶园光效能研究[J]. 中国农学通报, 2001, 17(4): 25-27.  
TIAN Y H, LIANG Y F, WANG G H, et al. Study on light transmittance efficiency of artificial ecological tea garden[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2001, 17(4): 25-27.
- [6] 肖润林, 王久荣, 单武雄, 等. 不同遮荫水平对茶树光合环境及茶叶品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 6-11.  
XIAO R L, WANG J R, SHAN W X, et al. Tea plantation environment and quality under different degrees of shading[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(6): 6-11.
- [7] LIEFFERS V J, MESSIER C, STADT K J, et al. Predicting and managing light in the understory of boreal forests[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1999, 29: 796-811.
- [8] 贺庆棠. 中国森林气象学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 40-41.  
HE Q T. Chinese Forest Meteorology[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 2000: 40-41.
- [9] 朱劲伟, 崔启武. 林冠的结构和光分布—光的吸收理论的探讨[J]. 林业科学, 1982, 18(3): 258-265.  
ZHU J W, CUI Q W. Theoretical study on the absorption of light by forest canopy of various structures[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1982, 18(3): 258-265.
- [10] 黄东风, 李卫华, 范平, 等. 低碳经济与中国茶业可持续发展对策研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 1110-1115.  
HUANG D F, LI W H, FAN P, et al. Countermeasures of low-carbon economy for sustainable development of China's tea industry[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(5): 1110-1115.
- [11] 吴秉礼, 李福林. 对生态林业的初步探讨[J]. 林业科学, 1993, 29(2): 152-156.  
WU B L, LI F L. Preliminary study on the ecological forestry[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1993, 29(2): 152-156.

## Photosynthetic active radiation in an ecological tea plantation by different interplanting patterns

SONG Qing-hai<sup>1</sup>, MAO Jia-mei<sup>2</sup>, ZHAO Jun-fu<sup>1</sup>, WANG Yun-gang<sup>2</sup>,  
ZHANG Yi-ping<sup>1</sup>, ZHAO Jun-bin<sup>1</sup>, TAN Zheng-hong<sup>1</sup>, TANG Jian-wei<sup>1</sup>  
(1. Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden,  
Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;  
2. Tea Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Menghai 666201, China)

**Abstract:** The diurnal and seasonal variations of photosynthetic active radiation (PAR) in the three seasons (hot-dry season, rainy season and foggy-cool season) were observed in a monoculture tea plantation and three different tree and tea mixed plantations (Chinese eaglewood-tea, camphor tree-tea, *Flemingia macrophylla*-tea) in Xishuangbanna. The results showed obvious seasonal variations in 4 plantations. The lower PAR appeared in the foggy-cool seasons, of which the lowest value was in the camphor tree-tea. As a whole, PAR was higher in hot-dry seasons. The diurnal accumulation of PAR was highest in the *Flemingia macrophylla*-tea pattern, and relatively low in the camphor tree-tea pattern. In hot-dry seasons, the diurnal accumulation of PAR was highest in monoculture tea plantation ( $38.57 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). In foggy-cool seasons, however, the diurnal accumulation of PAR was lowest in *Flemingia macrophylla*-tea pattern ( $23.03 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). The PAR ratio in camphor tree-tea plantation was 65.9%, 76.0% and 87.2% to that of the monoculture tea plantation in hot-dry seasons, rainy seasons and foggy-cool seasons respectively, which had the lowest value to all other patterns. However, comparing to the monoculture tea plantation, the PAR ratios of *Flemingia macrophylla*-tea pattern were 90.2%, 91.2% and 99.9% to that of the monoculture tea plantation in hot-dry seasons, rainy seasons and foggy-cool seasons respectively, which was the highest of all patterns. PAR ratios were ranked as hot-dry season < rainy season < foggy-cool season by all the patterns.

**Key words:** ecological tea plantation; photosynthetically active radiation; Xishuangbanna; intercropping