

秦岭火地塘林区油松林辐射平衡特征研究

余 鸽¹, 王得祥^{2*}, 陈书军², 雷瑞德²

(1. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:测定和分析了2005年8—10月份、2006年4—7月份秦岭火地塘林区油松林太阳辐射的变化,并通过归类对晴天、阴天辐射平衡分量以及反射率、净辐射率、有效辐射率的日变化特征进行分析。结果表明:油松林日平均总辐射、净辐射、反射辐射和有效辐射分别为14.83、9.13、1.29、5.83 MJ·m⁻²;晴天,总辐射、净辐射、反射辐射日变化呈单峰曲线变化,阴天呈多峰曲线;油松林林冠有效辐射始终为正值;不同天气条件下反射率、有效辐射率呈“U”形变化;净辐射率变化趋势为白天高,早晨、傍晚低,晴天净辐射率为63.58%~65.08%,阴天净辐射率为56.36%~71.60%。

关键词:总辐射; 反射辐射; 净辐射; 有效辐射

中图分类号:S718.512.2

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2007)02-0021-04

Characteristics of Radiation Balance of *Pinus tabulaeformis* Community in Different Seasons in Huoditang Forest Farm in Qinling Mountains

YU Ge¹, WANG De-xiang², CHEN Shu-jun², LEI Rui-de²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

万方数据

Abstract: Daily values of solar radiation components of *Pinus tabulaeformis* community in Huoditang Forest Farm in Qinling Mountains from year 2005(August to October) to year 2006(April to July) were measured and analyzed. Daily variations of radiation balance components, distributing ratios of reflective radiation, net radiation and effective radiation in sunny days and in cloudy days were analyzed. The main conclusions were as follows. Average values of daily global radiation, net radiation, reflective radiation and effective radiation received by *Pinus tabulaeformis* community were 14.83, 9.13, 1.29, 5.83 MJ·m⁻² respectively. In sunny days, daily variations of global radiation, net radiation and reflective radiation presented an one-peaked pattern, while solar radiation components showed a pattern of several peaks in cloudy days. Effective radiation received by *Pinus tabulaeformis* community above the canopy was positive. In sunny days and cloudy days, daily variations of distributing ratio of reflective radiation and effective radiation presented a “U” pattern. Daily variations of distributing ratio of net radiation showed a tendency of higher values at daytime and lower in the early morning and in the afternoon. In the daytime, the scopes of variation of distributing ratio of net radiation in sunny days and in cloudy days were 63.58%~65.08% and 56.36%~71.60% respectively.

Key words: global radiation; reflective radiation; net radiation; effective radiation

太阳辐射能不仅为生命系统的生存与繁衍提供动力并发挥多种效应,而且也推动着环境系统各要素的变化和发展。自 Burns(1911年)应用美国气象

局的热电记录仪首次定量地测定了太阳辐射能在森林群落中的分布以来^[1],国内学者对不同群落林冠辐射能的分布、变化、利用率等作了一系列的研

收稿日期:2006-09-07 修回日期:2006-10-16

基金项目:河南省自然科学基金(0624050023)

作者简介:余 鸽(1980-),女,陕西长安人,硕士研究生,研究方向为森林生态学。

* 通讯作者:王得祥(1966-),男,教授,博导,主要从事生态学教学、科研工作。

究^[2~5]。

油松(*Pinus tabulaeformis*)是秦岭火地塘林区建群树种之一,主要分布于松栎林亚带,并在该区域形成较稳定的群落,对调节气候、稳定该地区生态平衡有着重要作用。目前,国家秦岭森林生态站对秦岭火地塘油松群落的光合特性^[6]、群落类型及结构特征^[7]等方面进行了研究,但对油松林的能量环境研究尚属空白。因此,本研究利用火地塘油松林综合观测样地中的森林环境因子梯度观测塔,对秦岭火地塘油松林太阳辐射环境进行了测定和分析。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于秦岭南坡火地塘林区,地处 33°18′~33°28′N,108°20′~108°39′E,属长江水系的汇流区域。林区海拔 800~2 500 m。年平均气温 8~10℃,年降水量 900~1 200 mm,年蒸发量 800~950 mm,干燥度 1.0,年总日照 1 100~1 300 h,无霜期 199 d,土壤主要为花岗岩母质发育形成的山地棕壤。

油松林为同龄林,林龄 55 a,平均胸径 19.4 cm,主要树种为油松(*Pinus ta bulaeformis*),林中混生有华山松(*P. armandi*)、锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)、漆树(*Toxicodendron verniciflnum*)、木姜子(*Litsea pungens*)、青榨槭(*Acer davidii*)、四照花(*Dendrobenthamia japonica* var. *chin-rnsis*)等。

1.2 观测方法

将地面和整个油松林作为一个完整的森林系统,林冠作用面的辐射平衡(R_n)可以表示为^[8]:

$$R_n = (Q - Q_r) - I \tag{1}$$

$$I = Q_{UL} - \delta Q_{DL} \tag{2}$$

式中: R_n 为实测数据, Q 为总辐射, Q_r 为反射辐射,

I 为有效辐射, Q_{DL} 、 Q_{UL} 为林冠向下、向上的长波辐射, δ 为灰体系数(0.95)。

样地内建有 28.5 m 环境因子梯度观测塔,该系统由 CR23XPB 数据采集器和观测仪器组成,采用 Campbell 公司开发的 Loggernet 数据采集软件,每 2 s 自动读取数据 1 次,经处理后输出 0.5 h 平均值。辐射仪(荷兰 CNR-1)设置在冠层上(27 m),该仪器上下各有一组(长、短波长各 1 个)辐射探头,可分别观测向下和向上的短波、长波辐射。本文分析采用 2005 年(8—10 月)、2006 年(4—7 月)观测数据。

2 结果与分析

2.1 油松林不同生长阶段辐射能变化规律

根据油松的生长过程,将油松林的生长划分为 3 个阶段:生长季初期(4 月、5 月)、生长季中期(6 月、7 月)、生长季末期(8—10 月)。

表 1 可见,太阳辐射日总量(Q)在生长季中期最大,为 $18.59 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,生长季末期最小,为 $12.52 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,整个生长季日平均总量为 $14.83 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。有效辐射(I)整个生长季变幅较小,根据资料分析,生长季中期林冠温度较高,且空气湿度较大,使得中期的有效辐射较小,不同生长季平均值为 $5.83 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。净辐射日总量(R_n)在生长季中期最大,为 $12.73 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,几乎为生长季末期的 2 倍,其主要原因为油松林的反射辐射季节变化不明显,而有效辐射在生长季中期较小所致。反射辐射(Q_r)在生长季中期为 $1.58 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,较其他季节略大。林冠向下(Q_{DL})、向上(Q_{UL})长波辐射最大值均在生长季中期,分别为 $30.06 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $34.35 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,最小值出现在生长季末期,分别为 $26.96 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $31.23 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

表 1 生长季林冠辐射日总量
Table 1 Total daily values of solar radiation components in different seasons MJ/m² · d

	Q	Q_r	R_n	Q_{DL}	Q_{UL}	I
平均值	14.83	1.29	9.13	27.10	31.52	5.83
生长季初期	15.49	1.29	9.65	26.58	31.13	5.94
生长季中期	18.59	1.58	12.73	30.06	34.35	5.79
生长季末期	12.52	1.15	7.10	26.96	31.23	5.83

2.2 油松林辐射能日变化特征

2.2.1 总辐射 晴朗天气条件下,总辐射的日变化呈单峰曲线(图 1),12:30—13:00 太阳高度角最大,

总辐射达到一天中最大值($948.33 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$),早、晚太阳高度角最小,总辐射值接近零。阴天总辐射的日变化除受太阳高度角影响外,还受空气湿度、云量、云层厚度的影响,但基本变化趋势还是早晚低、中午

高。阴天条件下总辐射整体低于晴天总辐射,一天中最大值为 $456.73\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

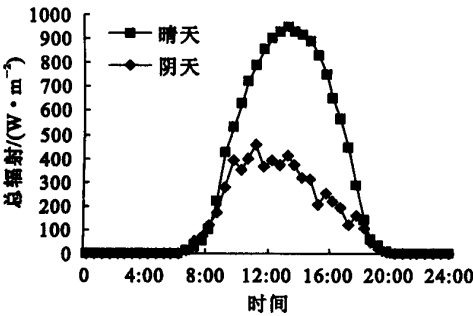


图1 总辐射日变化

Fig. 1 Daily variation of the total radiation

2.2.2 反射辐射 晴天反射辐射日变化与总辐射日变化趋势相同(图2),中午13:00—13:30出现最大值($76.44\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$),早、晚净辐射接近零。阴天反射辐射日变化受云量影响,总体趋势为中午高于下午,最大值为 $33.78\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

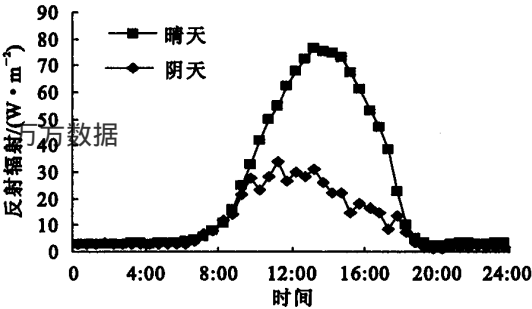


图2 反射辐射日变化

Fig. 2 Daily variation of the reflective radiation

反射率(反射辐射与总辐射之比)表示的是不同下垫面对于太阳辐射的反射能力。影响反射率的因素主要为下垫面的颜色、湿度、粗糙度以及太阳高度角。对于日变化而言,反射率主要受太阳高度角的影响,随着太阳高度角的增大而减小。晴天和阴天条件下(图3),反射率曲线均呈“U”形,其中,晴天日间反射率下午高于中午,最大反射率为 8.65% ;阴天受天气影响,反射率为 $6.17\%\sim 11.07\%$ 。

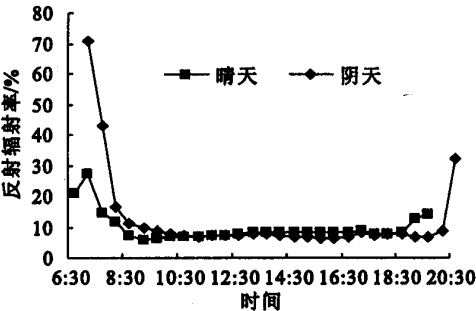


图3 反射率日变化

Fig. 3 Daily variation of distributing ratio of reflective radiation

2.2.3 净辐射 晴天条件下,净辐射日变化与总辐射日变化完全相同。研究表明,净辐射与总辐射具有很好的线性关系,两者之间的回归方程为:

$$R_n=0.8702Q-59.026$$
$$R^2=0.9985$$

(3)

从图4可看出,净辐射日变化在12:30—13:00出现最大值,为 $766.73\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,早、晚为负值。但阴天除受总辐射影响外,云层、云量及空气湿度也是影响净辐射变化的重要因素。阴天日间表现为上午高于下午,最大值出现在11:00,为 $379.17\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

从图5可知,晴天条件下,生长季净辐射率(净辐射与总辐射之比)的日变化趋势为中午高,早、晚低;日间净辐射率较稳定,一般保持在 $63.58\%\sim 65.08\%$ 。阴天受天气影响,净辐射率变化较大,但总体趋势仍与晴天一致,变化范围为 $56.36\%\sim 71.60\%$ 。

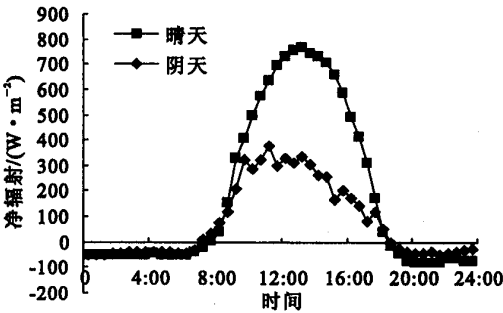


图4 净辐射日变化

Fig. 4 Daily variation of the net radiation

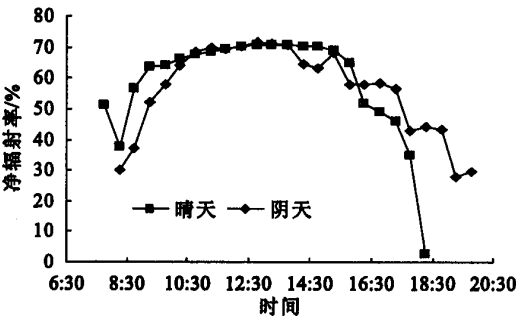


图5 净辐射率日变化

Fig. 5 Daily variation of distributing ratio of net radiation

2.2.4 有效辐射 油松林的有效辐射为油松林林冠长波辐射与吸收的大气逆辐射之差。晴天,有效辐射随着太阳高度角增大而增大(图6),在13:00达到最大值,且较大值保持一定时段,到15:00迅速下降,至次日清晨达到最低值。阴天有效辐射变化不规则,但其最低值与最高值差值不大,说明林冠向上、

向下长波辐射值较为接近。

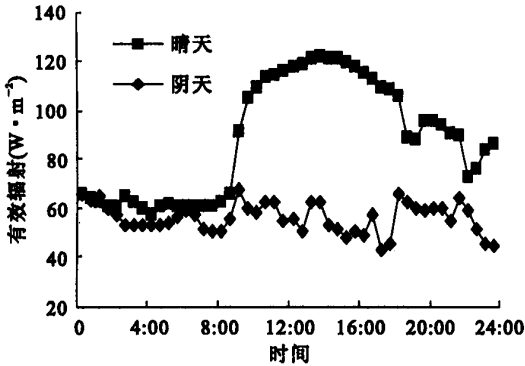


图 6 有效辐射日变化

Fig. 6 Daily variation of the effective radiation

晴天,油松林有效辐射率呈“U”形变化(图 7),总体与净辐射率相反。以后阴天有效辐射率变化与晴天基本相同,仅在 14:30 变化较大,且高于晴天有效辐射率。

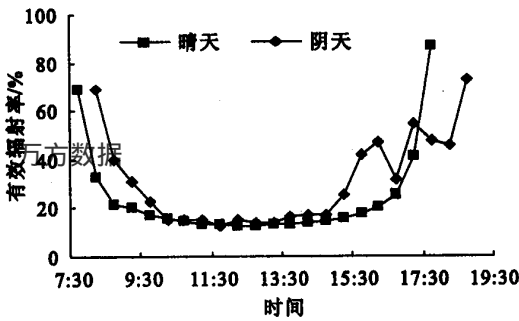


图 7 有效辐射率日变化

Fig. 7 Daily variation of distributing ratio of effective radiation

3 结论

研究表明,秦岭火地塘林区生长季油松林日平

均总辐射、净辐射、反射辐射、有效辐射分别为 14.83、9.13、1.29、5.83 MJ·m⁻²·d⁻¹。

不同天气下,油松冠层太阳总辐射、净辐射、反射辐射的日变化存在一定的差异。晴天各辐射变化呈单峰曲线,总辐射、反射辐射、净辐射最大值分别为 948.33、76.44、766.73 W·m⁻²。阴天受云量、湿度等影响,各辐射日变化呈多峰曲线,变化趋势为早晚低、中午高,其值比晴天各辐射值分别低 491.60、42.66、387.56 W·m⁻²。油松林林冠有效辐射始终为正值。

晴天和阴天条件下,反射率均呈“U”形变化,晴天最大反射率为 8.65%,阴天受天气变化影响,日间反射率为 6.17%~11.07%。天净辐射率日变化较稳定,一般保持在 63.58%~65.08%;阴天净辐射率变化较大,变化范围为 56.36%~71.60%。油松林有效辐射率变化与净辐射率相反,早晨和傍晚较高。

参考文献:

- [1] Burns G P. Measurement of solar radiant energy in plant habitats[J]. Ecology, 1923, 4(2): 189-195.
- [2] 孙雪峰,陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林辐射能量环境初步研究[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 278-286.
- [3] 倪惠,周光裕. 青冈林能量生态的研究[J]. 宁波大学学报, 1998, 11(1): 40-46.
- [4] 王得祥,刘淑明,雷瑞德,等. 秦岭华山松群落的能量环境及光能利用研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 5-8.
- [5] 张一平,窦军霞,于贵瑞,等. 西双版纳热带季雨林太阳辐射特征研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(5): 17-25.
- [6] 张红星,张硕新,雷瑞德. 火地塘油松群落中 9 种植物光合特性研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(1): 20-24.
- [7] 雷瑞德,彭鸿,党坤良. 火地塘林区油松林的群落类型及结构特征的研究[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(增): 65-70.
- [8] 贺庆棠. 中国森林气象学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 40-41.