

祁连山青海云杉林辐射平衡研究¹⁾

王金叶 张 虎 车克钧 阎文德 王艺林

(甘肃省祁连山水源林研究所, 张掖 734000)

提 要

研究了青海云杉林的辐射平衡,表明青海云杉林林冠辐射平衡各分量在总辐射中所占的比例为:反射辐射 12.07%,净长波辐射 29.46%,净全辐射 58.47%,辐射平衡各分量与总辐射线性回归,相关紧密;青海云杉林林内总辐射比林外减少 71.02%,林内净辐射变幅小于林冠层。

关键词: 祁连山 青海云杉林 辐射平衡 净辐射

1 试验区概况

试验地分别设在祁连山寺大隆林区(38°27'N, 99°54'E)和西水大野口林区(38°24'N, 100°17'E),属温带高寒半干旱山地森林草原气候,年平均气温 0.7℃,最热月(7月)气温 12.2℃,最冷月(1月)气温 -12.9℃,年降雨量 433.6mm,年蒸发量 1081.7mm,年均相对湿度 60%。区内土壤、植被类型复杂,具有明显垂直梯度和水平差异,森林土壤为山地灰褐土和亚高山灌丛草甸土。山地森林生态系统主要有青海云杉群落(Community picea

crassifolia)、祁连圆柏群落(Community sabina przewalskii)、高山灌丛群落和中低山阳性灌木群落组成,以青海云杉群落为主。

2 研究方法

2.1 选择青海云杉林的典型林分和对照观测点(见表1),在西水大野口典型林分内架设梯度观测塔(高 30m),安装 ZSAC 小气候自动记录仪。该记录仪由中国农业大学和内蒙古林学院共同研制,设有 24 个通道,分别观测不同层次温度、湿度、辐射、风速、土壤热通量、地温等多种因子。

表 1 辐射观测试验地简况

试验地	林区	位置	海拔	坡向	坡度	郁闭度(或盖度)
黑洼云杉林	寺大隆	38°27'N, 99°54'E	2670m	N	27°	0.5
黑洼草林	寺大隆	38°27'N, 99°54'E	2700m	SW	30°	60
排露沟云杉林	西水	38°24'N, 100°17'E	2650m	N	30°	0.4

2.2 选择典型天气(晴天)利用辐射仪器,在寺大隆各观测点测定辐射因子,利用小气候自动记录仪分层布置的辐射探头和温湿度探头,在西水大野口测点全天候连续测定辐射因子和各相关因子。

2.3 使用 TBQ 总日射表人工观测时用下面公式(1)计算辐射日总量;使用小气候记录仪观测时用公式(2)计算辐射日总量;利用公式(3)计算有效辐射日总量(或净长波辐射 I),统一使用国际单位 $W \cdot m^{-2}$ 。

1) 林业部“八五”重点资助项目;本文由王金叶执笔。

$$\sum Q_s = (Q_{t_1}/2)(t_1 - t_0) + 30(Q_{t_1} + Q_{t_n}) + 60(Q_{t_2} + \dots + Q_{t_{n-1}}) + (Q_{t_n}/2)(t'_0 - t_n) \quad (1)$$

式中, $\sum Q_s$ 为辐射日总量 ($W \cdot m^{-2}$); $Q_{t_1}, Q_{t_2}, \dots, Q_{t_n}$ 为每小时观测的辐射通量 ($W \cdot m^{-2}$); t_0 为日出时间; t'_0 为日落时间; t_1, t_2, \dots, t_n 为测定时间。

$$\sum Q_s = 60 \sum Q_t \quad (2)$$

Q_t 为每小时观测的辐射通量 ($W \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$); t 代表观测时间。

$$I = 698[\delta\sigma T^4(0.39 - 0.058\sqrt{e}) \cdot (1 - cn^2) + 4\delta\sigma T^3(T_0 - T)]^{[1]} \quad (3)$$

式中, I 为净长波辐射 ($W \cdot m^{-2}$); σ 为灰体辐射系数, 森林为 0.95; δ 表示波尔兹曼常数; T, e 分别为地上的温度 (K) 和绝对湿度; n 为总云量; c 是经验系数 (0.67)。

3 结果与分析

3.1 青海云杉林内外总辐射比较

利用寺大隆定位站观测点 8 月 4—10 日连续 7 个晴天的辐射观测资料, 用公式 (1) 计算出, 青海云杉林内总辐射日总量为 $86342.6 W \cdot m^{-2}$, 林外为 $422485.44 W \cdot m^{-2}$, 林内外日总量比值为 0.204, 差异极大。这主要是由于林冠对太阳直接辐射强烈削弱 (吸收、反射) 和坡向、坡度的不同而引起。为了消除坡向、坡度的影响, 利用公式: $Q' = Q[\sinh \cos\alpha + \cosh \cos(A - \beta)\sin\alpha]^{[2]}$ 式中, Q' 为坡面上的总辐射 ($W \cdot m^{-2}$), Q 代表水平面上的总辐射 ($W \cdot m^{-2}$), h 为太阳高度角; A 为太阳方位角; α 代表坡度; β 为坡向。

计算出青海云杉林上空实际接受的日总辐射为 $296412.68 W \cdot m^{-2}$, 林内比林外总辐射实际减少 71.02%。分析认为是由于林冠

的遮蔽作用, 使林内日照时数 (1.9h) 仅为林外 (5.9h) 的 35.19%, 林冠吸收、反射约 70% 的太阳辐射能。林内太阳总辐射减少形成了有利于云杉幼苗生长发育的湿润环境。

林外总辐射日变化呈正态单峰线, 中午 13 时前后出现最大值; 林内总辐射日变化在中午 12 时前后出现陡升陡降现象, 最大值出现在中午 12 时 (图 1), 这是由于正午 12 时太阳高度角最高, 直接辐射被削弱最小而引起。

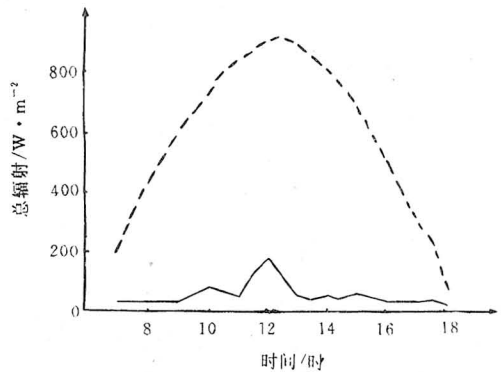


图 1 林内外总辐射日变化
实线: 林内总辐射, 断线: 林外总辐射

3.2 净辐射变化规律

西水大野口青海云杉林冠层日净辐射 9—10 月份平均为 $127020 W \cdot m^{-2}$, 占总辐射 57.45%, 日均极值差为 270660; 林内日净辐射为 $40114 W \cdot m^{-2}$, 占总辐射 18.14%, 日均极值差 96960 (表 2); 净辐射林内外之比为 0.3158, 日均极值差之比为 0.3582, 说明青海云杉林冠层的有效辐射能是林内的 3 倍多, 林内净辐射变幅小于林外。

表 2 1995 年 9—10 月净辐射统计表 (单位: $W \cdot m^{-2}$)

位置	日净辐射	最大净辐射	最小净辐射	极值差
林内 2m	40114	96960	0	96960
林冠层	127020	272040	1380	270660

分析典型天气(晴天)净辐射日变化(图2),林内和林冠层净辐射与总辐射日变化趋势相同,呈正态单峰线,净辐射一般白天为正值,夜间为负值,在一天内出现两个零值。第一次零值出现林内滞后于林冠层,第二次零值出现林内超前于林冠层,表明在一日内林内净辐射变幅小,林冠层净辐射变幅大,白天林冠层获得的能量比林内多,夜间林冠层阻挡了地面长波辐射,使林内净辐射大于林冠层。

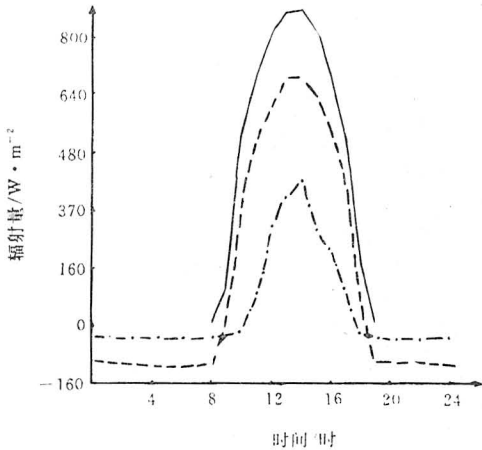


图2 净辐射日变化

实线:总辐射,断线:林冠层净辐射,点划线:林内净辐射

3.3 净全辐射

对辐射平衡方程: $R=Q_0-Q_e-I$

式中, R 是净全辐射(或辐射差额); Q_0 代表总辐射; Q_e 为反射辐射; I 为净长波辐射。各因子利用辐射和小气候观测资料进行统计推算(表3),显示出青海云杉林冠层10月份净全辐射日总量为 $110208W \cdot m^{-2}$,辐射平衡各分量在总辐射中所占比例为:反射辐射12.07%,净长波辐射29.46%,净全辐射58.47%。

表3 1995年10月1—15日辐射平衡各因子统计
(单位: $W \cdot m^{-2}$)

因子	Q_0	Q_e	I	R
数值	188244	22712	55457	110075
百分率(%)	100	12.07	29.46	58.47

3.4 辐射平衡因子相关性

根据辐射平衡各因子实测和计算数据,进行线性回归 $Y=aX+b$,建立相关方程,并做 F 检验(表4),相关系数为: $r_{Q_0}=0.9986$, $r_I=0.8968$, $r_R=0.9929$, F 检验值 $F_i >> F_{0.05(1,13)}$,证明线性回归关系显著,方程可以用来通过总辐射测定,推算辐射平衡各因子。

表4 辐射平衡因子与总辐射的相关方程

相关方程	相关系数	F_i	$F_{0.05(1,13)}$
$Q_e=0.1225Q_0-355.77$	0.9986	4545.56	
$I=0.1762Q_0-22289$	0.8968	53.42	4.67
$R=0.7013Q_0-21932$	0.9929	905.11	

4 结论

4.1 林冠遮蔽使青海云杉林林内总辐射比林外减少71.02%,林内形成了有利于幼苗生长发育的湿润环境。

4.2 青海云杉林林内净辐射仅为林冠层的31.58%。林内净辐射变幅小于林冠层,其值白天小于林冠层,夜间大于林冠层,是由于白天林冠层获得的能量多,夜间林冠层阻挡了地面长波辐射造成。

4.3 辐射平衡各分量在总辐射中所占的比例为:反射辐射12.07%,净长波辐射29.46%,总净全辐射58.47%。

4.4 辐射平衡各分量与总辐射线性相关紧密,可以用总辐射观测值推算辐射平衡各因子。

参考文献

- 1 马雪华.森林生态系统定位研究方法.北京:中国科学技术出版社,1994:246—256.
- 2 翁笃鸣.小气候和农用小气候.北京:农业出版社,1983.

Research on Radiation Budget of Qinghai Spruce Forest in Qilian Mountain

Wang Jinye Zhanghu Che Kejun Yan Wende Wang Yilin

(Water Source Forest Institute of Qilian Mountain, Gansu Province, 734000)

Abstract

The radiation budget of Qinghai spruce (*Picea crassifolis*) forest was studied. The ratio of the components of radiation budget to the global radiation in the spruce forest crown was given, that is 12.07% for the reflection, 29.46% for the long wave net radiation, and 58.47% for net radiation. The relationship between the components and the global radiation is a linear correlation. The global radiation within the forest crown decreases by 71.02% than that out of the forest. Amplitude of net radiation in the forest is less than that within the plant crown.

Key Words: Qilian Mountain Qinghai spruce forest radiation budget net radiation