

哀牢山北段光资源特征初步分析*

马友鑫 张克映 张一平

(中国科学院昆明生态研究所)

提 要 本文在分析哀牢山北段光资源随海拔和坡向变化特征时发现,与迎风西南坡比较,背风东北坡海拔 1000—1900 米处有一较强的年日照和太阳总幅射增加的焚风效应带,尤以海拔 1500—1600 米最明显,这有利于农业生产,但在 >1900 米处则相对较低。最后,给出日照与雨量的指数关系。

关键词 哀牢山 光资源 焚风效应

了解山地对太阳辐射或日照分布的影响,有助于讨论山地气候特征,同时对山区自然、农林和经济生态等区划工作也有重要意义。本文以斜贯滇中,并与西南季风风系直交的哀牢山北段不同海拔的日照来分析山地光资源时空分布特征。

一、资 料 与 方 法

文中使用东坡 1986 年和西坡 1982—1986 年总共 8 个测站的日照资料。首先绘制实际地形遮蔽图,然后用图解法^[1]求算太阳可照时数,再计算日照百分率,进而估算出山地太阳辐射。

研究表明,计算到达地面的月太阳总辐射 Q (兆焦/平方米·月)采用下式最佳^[2]

$$Q = Q_0(a + bS_1), \quad (1)$$

式中 S_1 为月平均日照率; Q_0 为理想大气条件下的月总辐射; a, b 为经验系数。王宇根据云南天气气候特点,认为干、雨季分别采用不同的 a, b 值,效果更佳^[1]。我们由已知的昆明和腾冲资料以经度订正法求出位于两地间的哀牢山北段的 a, b 值(表 1)。式(1)中 Q_0 值根据测点纬度和年均气压值,由王宇(1980 年)编制的表 2—4 查得。

表 1 方程(1)中干、雨季经验系数

Table 1 Empirical coefficients of dry and rainy seasons in equation (1)

地 点		昆 明		腾 冲		哀牢山北段	
季 节		干季	雨季	干季	雨季	干季	雨季
经验系数	a	0.167	0.179	0.173	0.229	0.170	0.200
	b	0.626	0.578	0.672	0.587	0.646	0.582

直接辐射 S (兆焦/平方米·月)和光合有效辐射 PAR (兆焦/平方米·月)采用下式计

* 国家自然科学基金资助项目。刘玉洪、李石荣同志参加部分工作,谨此致谢。

1) 王宇, 1980, 云南省太阳辐射能的计算和时空分布, 云南气象通讯, 第 4 期。

本文改回日期: 1992-06-27。

算^{〔3〕}

$$S=Q(0.1216+0.8226S_r), \quad (2)$$

$$PAR=Q(0.5530-0.1152S_r). \quad (3)$$

散射辐射 D 以 $D=Q-S$ 确定。为了便于东、西坡分析比较,用比值法将东坡日照和太阳辐射订正到与西坡相同时段(1982—1986年)。

二、山地日照特点

1. 由图 1 看出:1)哀牢山北段除山麓外,山地东、西坡日照具有干季多,雨季少特征,且以东坡单峰型变化明显;2)山麓,东坡(海拔 950—1270 米)和西坡(海拔 1162 米)日照分别以 2—5 月和 1—5 月最丰富和雨季最少;而且东坡 12—1 月因地形云雾所致,日照相对较低。

2. 雨季日照时数与干季或与年的比值(%)分别为 K_1 、 K_2 ,并与海拔 H 具有如下指数关系

$$K_1=135.42\exp(-4.55\times 10^{-4}H), \quad (4)$$

$$K_2=61.47\exp(-2.81\times 10^{-4}H). \quad (5)$$

以上两式相关系数均在 0.98 以上,达到极显著水平($\alpha=0.001$).经验式说明,海拔愈高,云雨对日照的影响愈大,干季日照量对年总量的贡献也愈大。

表 2 东、西坡日照百分率直减率

Table 2 Sunshine lapse rates on the east and west slopes

坡 向	海拔(米)	日照百分率直减率(百分率/100 米)		
		干 季	雨 季	年
东 坡	1960 >	1.82	5.45	3.64
	1740 >	-0.64	1.28	0.43
	1270 >	0.00	-1.25	-0.63
	950 >	0.01	1.37	0.79
	平 均	0.01	1.37	0.79
西 坡	2450 >	0.97	1.45	1.29
	1830 >	0.57	1.14	0.57
	1480 >	-0.31	2.20	0.94
	1162 >	0.54	1.55	1.01
	平 均	0.54	1.55	1.01

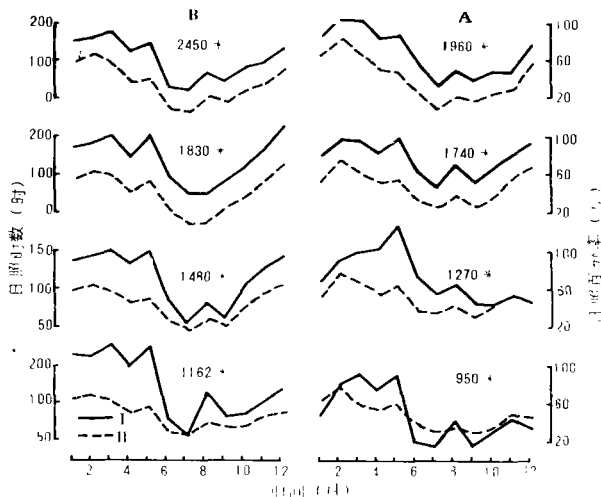


图 1 东(A)、西(B)坡不同海拔日照时数(I)和日照百分率(II)的年变化

Fig. 1 Annual variations of sunshine hours (I) and percents (II) at different altitude of the east (A) and west (B) slopes

表 2 中,坡面平均日照百分率直减率:1)雨季大于干季;2)迎风雨坡大于背风干坡(东坡);3)因地形云雨影响,东坡与西坡直减率是上大下小;4)西坡谷地位于无量山背风坡底,雨季云雨相对减少,日照增多,故直减率偏大,且干季谷地多辐射雾致使日照递增(-0.003/100 米)东坡谷地至坡中日照也有递增趋势,此为东坡多有冷平流入侵谷地所致。

3. 由于冷(约北东向)、暖(约南

西向)平流过山期间具明显不同天气特征,使日照分布改变。由表 3 看出:1)暖平流期间日照显著高于冷平流期;2)平流间的日照差异是干季大于雨季、干坡(东坡)大于湿坡(西坡)。

综上所述,东坡(>2000 米)、西坡(>1800 米)至山顶带因雨季云雨特多,月均实照仅 70—100 时,限制了喜光温作物(水稻、玉米等)生殖生长;在此高度以下尤其在背风干坡日照较丰富,有益于作物光合作用。在干季,山地云雨少,日照充沛,月均实照都超过 140 时,有利于诸如小麦等小春作物生长发育。

表 3 冷、暖平流对日照的影响

Table 3 Effects of cold and warm advections on sunshine

平流型	冷、暖平流日照(时/天)			
	东 坡		西 坡	
	干 季	雨 季	干 季	雨 季
冷平流	2.84	2.25	3.78	2.18
暖平流	5.38	4.02	5.94	3.87
差 值	-2.54	-1.77	-2.16	-1.67

三、山地太阳辐射特点

1. 由图 2 看出,哀牢山东、西坡坡地上太阳总辐射具有相似的单峰型年变特征,3—5 月最丰,分别占年总量 33%和 32%。太阳辐射各分量随海拔升高而减少,直接辐射 S 与总辐射 Q 年总量每升高 100 米平均直减率(兆焦/平方米)是东坡(49 和 56)<西坡(67 和 70),而散射辐射 D 则是东坡(7)>西坡(3)。

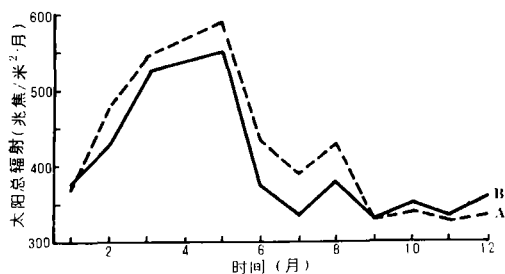


图 2 东(A)、西(B)坡地太阳总辐射的年变化

Fig. 2 Annual variations of the total solar radiation on the east(A) and west (B) slopes

2. 雨季与干季辐射分量的比值反映出夏冬半年辐射特征。图 3 表明 S_r/S_d (S_r, S_d 分别为干、雨季的直接辐射)与 Q_r/Q_d (Q_r, Q_d 分别为干、雨季总辐射)随高度变化呈“8”字型。东坡<1600 米和西坡谷<1250 米,因焚风效应, $Q_r/Q_d > 1.0$, 即 Q 夏半年>冬半年。而在其高度以上,东、西坡 $Q_r/Q_d < 1.0$, 即 Q 冬半年>夏半年,反映出西南季风气候特征^[4]。在海拔 1800 米以上, Q_r/Q_d 值东坡比西坡明显减小,似反映出东坡 Q_d 比西坡明显增多或雨季东坡云雨增多, Q_r 减少。 S_r/S_d 有与 Q_r/Q_d

相类似特征,只是坡地各高度均是 $D_r > D_d$ (D_r, D_d 分别为干、雨季的散射辐射),其比值由山麓的 1.4—1.5 至山顶降为 1.3 左右,在海拔 1300 米以上东坡比西坡偏高。由图 4 看出,直接辐射在总辐射中的比重是东坡>西坡,干季多 1—3%,全年多 2—5%(<2000 米)。在海拔 1900 米以下雨季是东高西低,相差最大达 7%(1500—1600 米);其上则相反,西高东低,最大相差为 4%(2200—2300 米)。换言之,山地上坡全年 D 值占 Q 的 55%左右,雨季占 65—70%,表明山地 D 项居重要地位。

图 5 显示出东、西坡太阳总辐射的差异。1 月由于东坡频受北来冷空气的影响,东下坡(<180 米)云雾多,总辐射东坡<西坡;而在海拔 1800 米以上,迎风西坡多地形云雾及

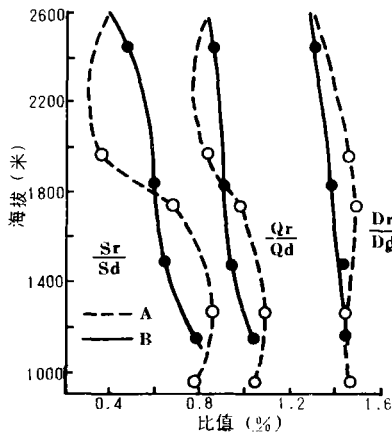


图 3 东(A)、西(B)坡雨季与干季太阳辐射比值的高度变化

Fig. 3 Altitude variation in ratio of solar radiations in rainy to in dry seasons on the east(A) and west(B) slopes

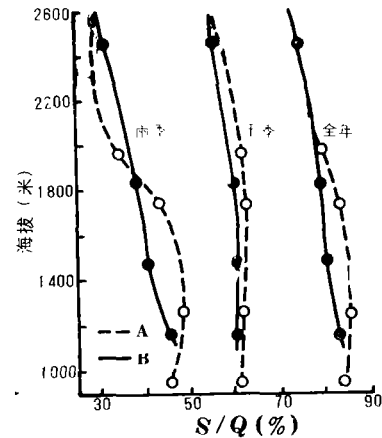


图 4 东(A)、西(B)坡的直接辐射与总辐射的百分比随海拔变化

Fig. 4 Altitude variation in ratio of direct radiation to the total radiation on the east(A) and west(B) slopes

背风东坡位于云雾层上方,总辐射东坡又高于西坡。在干季后期(4月),背风干燥东坡各高处总辐射均高于迎风湿润西坡。在海拔1500—1600米处,这种东高西低分布特征在雨季盛期(6—8月)尤为显著,因此时东下坡的焚风雨影区和西上坡的地形雨表现最充分。在海拔1900米以上,7月总辐射东坡反低于西坡,其原因主要是雨季湿层深厚的西南季风受山地抬升在西坡凝云降水又形成热力抬升(降水释热),两者综合使山顶带云层升高,后随西南风越过山脊在东坡便形成一个相对多云雨带,如海拔2100—2500米处的雨季降水日数东坡比西坡平均增多6—10天(即为佐证)。在雨季后(9—10月),西南季风减弱衰退,偏东北冷空气时有侵入,在东坡则形成地形冷锋(多云雨),总辐射在海拔1700米以下东、西坡相当,其上东、西坡分异最为显著。

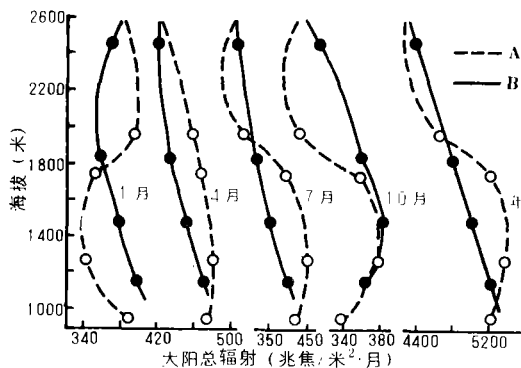


图 5 东(A)、西(B)坡不同时期太阳总辐射的高度变化

Fig. 5 Altitude variation of total solar radiation in different periods on the east(A) and west(B) slopes

3. 各界限温度的总辐射与光合有效辐射是评价光热配合程度和计算植物光合生产力的重要参量。由图6可知,哀牢山地各界限温度的光合有效辐射和总辐射随海拔升高而减少,而且界限温度越高减少越快。 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的总辐射量占年总量百分比,由东坡2000米、西坡1600米处的100%至山顶(海拔2600米)分别降至80%和40%(图6-b)。图6-a揭示出东、西坡光合有效辐射的差异。界限温度为5— 10°C 时,在海拔2000米以下,光合有效辐射值东坡高于西坡,其高度之上则反之。这反映在光合生产潜力上,当

光能利用率为 2% 时,在海拔 1200 米处东坡(24000 公斤/公顷)高于西坡(23200 公斤/公顷),至海拔 1600 米处东、西坡分别减至 23700 和 22000(公斤/公顷);但至 2300 米处西坡(19800 公斤/公顷)反而高于东坡(19000 公斤/公顷)。实际调查结果,在海拔 1600 米处东坡水稻和玉米产量分别为 6400 和 6000(公斤/公顷),比西坡的 4500 和 4200(公斤/公顷)分别增加 42 和 43(%);在 2300 米处,东、西坡玉米产量分别降至 2300 和 1500 公斤/公顷。

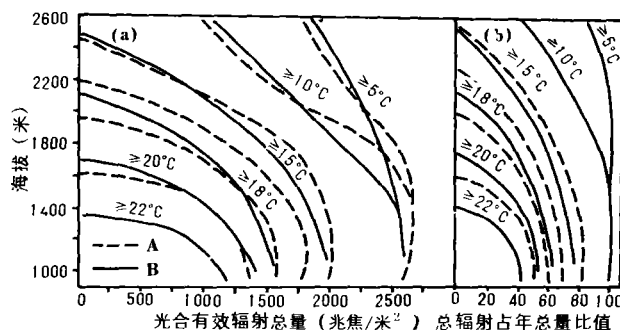


图 6 东(A)、西(B)坡各界限温度光合有效辐射总量及总辐射总量与其年总量比值的高度变化

Fig. 6 Altitude variations of total of PAR in various threshold temperatures and in ratio of Q on the east(A) and west(B) slopes

四、日照和雨量关系

上述日照与降雨的直接联系,通过统计发现,山地各站月均日照百分率 $S_{ii}(\%)$ 与月雨量 R_i (毫米)有下列关系

$$S_{ii} = a \exp(-bR_i), \quad (6)$$

式中 a, b 为经验系数; i 为月份(1, 2, ..., 12)。经验证,式中对滇西山区均有效。不过干、雨季分别使用 a, b 值,则效果更佳。在哀牢山区干、雨季的实验式为

$$S_{id} = 75.49 \exp(-0.00711R_d),$$

$$S_{ir} = 58.97 \exp(-0.00274R_r).$$

两式均通过 0.001 极显著水平。由此估算景东年日照率(50%)比实测(47%)仅偏高 3%。因此在没有或有短期日照资料的滇西山区,可用附近气象站长期观测资料或山地短期考察资料,求出式(6)的 a, b 值,然后用测站雨量推估日照率,再用 $T_i = C_i S_{ii}$ (C_i 为实际地形条下月可照时数)。求出每月实际日照时数。值得注意的是,对于高差较大山地,因天气状况不同,搬用山间盆地的 a, b 值估算山地日照,可能产生较大误差。因此实际应用时尚需对 a, b 加以高差订正。

参 考 文 献

- [1] 翁笃鸣等, 1981, 小气候和农田小气候, 农业出版社, 第 120—121 页。

- [2] 王炳忠等,1980,我国的太阳能资源及其计算,太阳能学报,1(1),第1—9页。
[3] 云南省气象局,1984,云南省农业气候资料集,云南人民出版社,第1—2页。
[4] Zhang Keying,1988,The climatic dividing line between SW and SE monsoons and their differences in climatology and ecology in Yunnan Province of China. *Climatological Notes*,38,197—207.

AN ANALYSIS ON LIGHT RESOURCES IN THE NORTHERN PART OF THE AILAO MOUNTAIN

Ma Youxin Zhang Keying Zhang Yiping

(*Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

The Ailao Mountain lies in middle Yunnan Province at NNW—SSE direction and is closely perpendicular to the wind regime of southwest monsoon. Thus, the research on the topoclimatic effects is very conspicuous. In this paper, the altitude and slope distribution characteristics of the light resources in the northern part of Ailao Mountain were discussed according to the sunshine data observed at different altitudes on the northeast and southwest slopes from 1982 to 1986 and in 1986. The findings show that the sunshine is greater in dry season and less in rainy season on the middle to upper slopes, but abundant from January (SW slope) and February (NE slope) to May at the foot, and the total solar radiation is higher in spring, taking 1/3 of the annual total. Comparing with SW slope, the annual sunshine and the total radiation on NE slope are strongly increased at altitudes from 1000—1900m, particularly at 1500—1600m with an increase of 5% and 400MJ m^{-2} , separately. This is advantageous to agriculture. But the sunshine and total radiation is decreased at altitudes $>1900\text{m}$ resulting from clouds over the ridge, decreased by 2% and 240MJ m^{-2} , respectively, especially at altitudes of 2200m to 2400m. The mean lapse rate of the sunshine and total radiation is greater on SW slope than on NE slope. Finally, an exponent function relationship between monthly sunshine percent (S_1) and rainfall (R) is carried out, i. e., $S_1 = a \exp(-b R)$.

Key words Ailao Mountain, light resource, sunshine, rainfall