

# 广东地表太阳总辐射与生产潜力

黄伟峰 沈雪苹

(气象学系)

太阳总辐射是地球表面最重要的能源。了解太阳总辐射的变化,对于研究气候的形成、探讨自然地理规律都具有重要意义。

关于太阳总辐射的问题,有不少学者作过计算和研究。本文利用广东省1958—1975年的观测资料,就太阳总辐射的时空变化作初步的分析研究,以探讨其变化规律,以及总辐射与生产潜力的关系。

## (一) 太阳总辐射的年变化

广东地处低纬,北回归线横贯大陆的中腰,终年太阳高度角大,太阳总辐射年总量为110—134千卡/厘米<sup>2</sup>(<sup>1</sup>)。

我省总辐射的变化有两种型式:(1)位于北回归线以南地区,总辐射最大值出现在5月和7月,最小值出现在2月,呈双峰型变化;(2)位于北回归线以北地区,总辐射最大值出现在7月,最小值出现在2月,呈单峰型变化(见图1)。这种变化型式,除决定于太阳高度角外,还决定于云量、大气透明度等。在北回归线以南地区,太阳一年两次通过天顶时,太阳高度角最大。以海口(北纬22°02′)为例,每年5月21日左右太阳通过天顶,太阳辐射总量出现第一次最大值;夏至以后,太阳直射点南移,7月24日左右又一次通过天顶,出现第二次最大值。纬度愈低,双峰型的变化表现得愈明显(图2)。6月是华南前汛期雨季,云量明显地多于5月和7月(图1),总辐射受到削弱,出现低值点。

夏至以后,我省以台风雨为主,月降水量逐渐减少,每年的10月、11月份,雨量最少,秋高气爽,晴日较多,大气透明度好。因此,下半年的总辐射量相对多于上半年。

冬至以后,太阳直射点北移,本省各地太阳高度角逐渐增大,但由于2—3月间受华南准静止锋的影响,出现连续阴雨天气过程,日照率显著下降(图1),太阳总辐射反而减小,出现总辐射年最低值。

总辐射的年变化还表现在年振幅上。由表1可以看出,本省总辐射的年振幅为南北大,中部小。

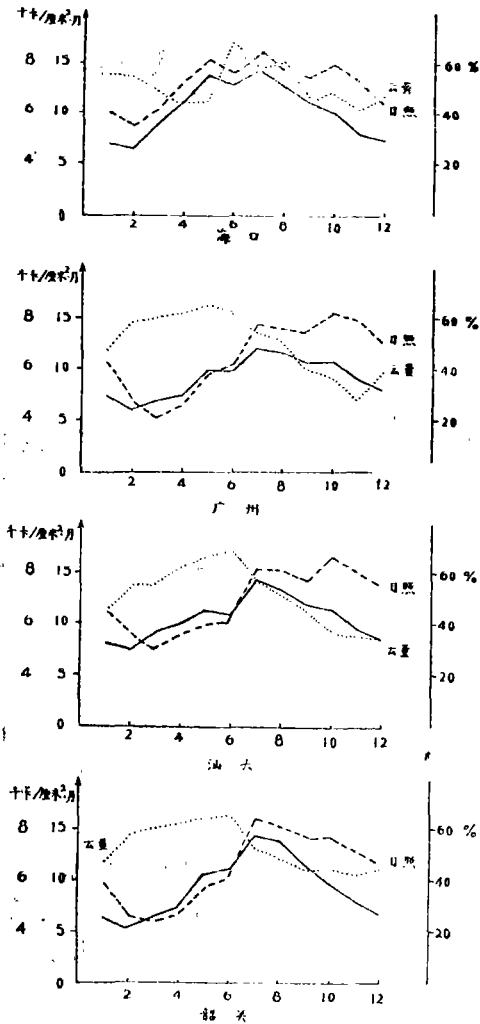


图 1

C. И. 萨维诺夫认为总辐射的逐年变化是不大的。他根据苏联巴甫洛夫斯克的辐射观测值, 求得逐年总辐射对多年平均的变差(百分数), 从而发现总辐射的逐年变化值不超过±5—6%<sup>(2)</sup>。本省情况与此出入较大。由表2可知, 本省总辐射的逐年变化的最大值达到±16—17%。本省处于季风热带和南亚热带, 天气复杂多变, 云量和大气透明度的变化都较中高纬度地区复杂, 因此总辐射的逐年变化较大。

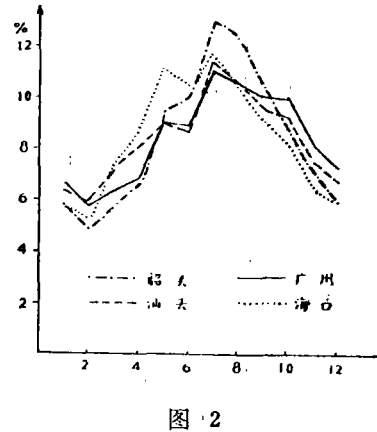


图 2

表 1 总辐射的年振幅(卡/厘米<sup>2</sup>)

地点	月最大值	月最小值	年振幅	$\frac{\text{最小}}{\text{最大}} \times 100\%$
韶关	14481.9(7)	5326.9(2)	9155.0	36.8
汕头	14372.9(7)	7388.2(2)	6984.7	51.4
广州	12005.8(7)	6017.4(2)	5988.5	50.1
中山	12782.5(7)	6500.4(2)	6282.1	50.9
海口	14407.9(7)	6367.1(2)	8040.8	44.2

表2 广东各站总辐射年总量的逐年变差(%)

站名 年份	韶关	汕头	广州	海口	站名 年份	韶关	汕头	广州	海口
1958		3.4	12.7	7.4	1967	2.6	-0.2	-2.3	2.5
1959		5.0	4.5	-0.4	1968	2.3	-4.6	-4.4	7.6
1960		5.7	2.3	-12.9	1969	1.3	-8.8	-4.4	4.4
1961	-7.4	4.0	-1.2	-17.1	1970	-9.7	-10.1	-9.5	---
1962	-1.5	10.8	8.4	0.3	1971	5.4	3.2	0.5	-0.5
1963	9.8	15.2	16.0	13.8	1972	-1.7	-7.8	-1.8	-7.8
1964	5.2	7.1	6.6	9.0	1973	-6.9	-3.6	-12.6	-7.4
1965	6.3	0.3	2.2	15.0	1974	1.3	-6.3	-6.1	-12.8
1966	0.5	1.3	2.8	12.7	1975	-12.5	-14.6	-13.9	-13.7

### (二) 太阳总辐射的季节变化和月际变化

表3是季总辐射量占年总辐射量的百分比。由表看出，除海南岛外，本省大陆季总辐射量均以夏季最大，秋季次之，春季又次之，冬季最小。

季总辐射量秋季大于春季，是本省总辐射季节变化的基本特征，也是区别于中高纬度总辐射季节变化的主要特点。春季热带海洋气团逐渐向北推进，雨季开始，云量明显增加，总辐射大为削弱。这时北方正值春旱季节，天气多晴朗，云量少，故总辐射显著增加。例如，广州春季总辐射量，仅为北京的60%<sup>[8]</sup>。秋季，本省除受台风影响外，雨量明显减少，地面和高空均为高压控制，出现秋高气爽的天气，为一年中云量最少的季节，大气透明度较大，造成总辐射秋季大于春季，这正是我省许多地区秋温高于春温的根本原因。

表3 各地季总辐射占年总辐射量的百分比

季节 % 地点	春	夏	秋	冬
韶关	21.9	35.4	26.1	16.6
汕头	24.1	30.6	26.3	19.0
广州	22.4	30.5	27.9	19.5
海口	27.4	32.4	23.5	16.7

T. Γ. 别尔良德在研究总辐射随季变化时指出，季总辐射量与纬度有很大的依赖关系<sup>[2]</sup>。图3说明了本省总辐射相对季总量与纬度的关系，由图可知，本省市总辐射量并不完全依赖于纬度，南北之间不是直线的升降规律。总辐射的季节变化，与其说是决定于纬度，毋宁说是决定于当地的天气气候条件。

春季，总辐射量自南向北减少。北部春雨多，云量大，总辐射的季节分配明显减

少。南部地区，尤其雷州半岛、海南岛一带，春季云、雨量较少，天气多晴好，常出现干旱，总辐射为全省最大（占27.4%），造成南部地区春季总辐射明显地大于秋季。

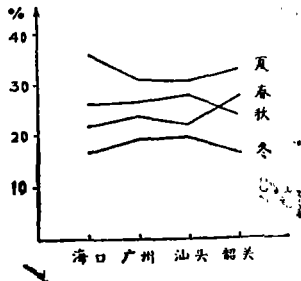


图3

夏季，总辐射量为各季最高，其分布则是南北大，中部小。因为北部影响总辐射的低云量显著减少，如韶关7月份为3.7，8月为3.9，日照率最大；南部则是由于纬度低，太阳高度角大，日照率也大之故。

秋季，除南部海南岛外，总辐射的分布也是自南向北减少；海南岛由于常受台风影响，云量多，日照率减小，总辐射大大被削弱，为全省最低。

低。

冬季，总辐射的分布如同秋季。北部由于纬度较高，太阳高度角较小，又常受冷锋和华南静止锋的影响，阴雨日数较多，总辐射分布为低值区；南部海南一带，受海洋影响，云、雨量大于别的地区，使总辐射量也显著减小。

总辐射的月际变化如表4所示。由表可以看出：

1. 总辐射的月际变化，上半年基本上为正值，下半年为负值。正值表示总辐射月总量随着太阳高度角的升高而逐月增加；负值表示随着太阳高度的减小而逐月下降。但在上半年升值中，仍有两个负值：一个是2—1月份，因为2月份是全省总辐射月总量最低的月份；另一个是6—5月（韶关除外），因为6月份是总辐射年变化的次低点，其月总量普遍小于相邻的5月和7月。

2. 总辐射月际间的最大升值，北部出现在7—6月，南部出现在5—4月。7月开始，北部的雨量明显减小，7月份总辐射月总量大幅度增加，故出现最大升值。5—4月间，太阳直射点北移，接近或通过南部的天顶，太阳高度角最大，故出现最大的升值。

3. 总辐射月际间最大的降值，北部出现在9—8月，中部和南部均出现在11—10月。北部纬度高，8月以后，太阳高度角迅速减小，故9月份总辐射减少最快；中部和南部，纬度较低，太阳高度角较大，9月份总辐射下降不明显，10月份秋高气爽，总辐射仍然较大。如广州10月总辐射量大于9月份。11月起，太阳高度角迅速减小，总辐射值下降最快。

表4 总辐射月际变化值(千卡/厘米<sup>2</sup>)

	2-1	3-2	4-3	5-4	6-5	7-6	8-7	9-8	10-9	11-10	12-11	1-12
韶关	-1.1	1.1	0.95	3.2	0.54	3.3	-0.7	-2.2	-1.9	-1.8	-1.2	-0.25
汕头	-0.67	1.7	0.97	1.3	-0.50	3.4	-1.0	-1.4	-0.38	-2.1	-0.98	-0.46
广州	-1.3	0.88	0.54	2.3	-0.72	2.3	-0.5	-0.84	-0.17	-1.8	-1.1	-0.58
海口	-0.63	2.64	2.0	2.9	-1.0	1.6	-1.7	-1.7	-0.93	-2.2	-0.61	-0.28

### (三) 从太阳辐射看生产潜力

植物进行光合作用，制造各种碳水化合物，其能源来自太阳辐射。太阳辐射能的多少，直接影响农作物生长、发育及其产量。根据国际水稻研究所的研究指出，在孕穗、开花和谷粒成熟阶段，产量与太阳总辐射成正相关<sup>[4]</sup>。就广东省的水稻生产来说，例如每年5月下旬至6月上旬是韶关地区水稻生长进入花粉母细胞减数分裂期，这时期要求日总辐射量较高，若日总辐射量减少，则将造成颖花退化多，穗粒数减少。表7列举了韶关地区5月下旬至6月中旬总辐射与早造产量的关系。由表可知，从1963年至1979年的17年中，5月下旬至6月中旬的太阳总辐射超过2650卡/厘米<sup>2</sup>·旬的有13年，其中与上一年早造产量相比，增产的有10年（占77%），减产的有3年（占23%）。总辐射<2650卡/厘米<sup>2</sup>·旬的有4年，与前一年早造产量相比，全部属减产年份。如1965年总辐射为3199卡/厘米<sup>2</sup>·旬，在1964年大幅度增产的基础上，又增产了12.9%。1968年总辐射为2379卡/厘米<sup>2</sup>·旬，早造就比上一年减产17%。

表5 韶关地区5月下旬至6月中旬总辐射与早造产量的关系\*

年份	旬总辐射 (卡/厘米 <sup>2</sup> ·旬)	与上一年产量比较(%) (增产+) (减产-)	年份	旬总辐射 (卡/厘米 <sup>2</sup> ·旬)	与上一年产量比较(%) (增产+) (减产-)
1963	3147	3.3	1972	3207	-0.2
1964	2719	23.9	1973	2582	-7.6
1965	3199	12.9	1974	3023	34.7
1966	2786	-6.0	1975	1936	-7.7
1967	3357	10.1	1976	2728	9.3
1968	2379	-17.0	1977	3147	4.8
1969	2879	15.2	1978	3031	7.0
1970	2953	17.8	1979	3070	7.0
1971	2629	-2.7			

\*此表根据韶关地区气象台的资料。

一个地区农业生产潜力有多大，可以从获得的太阳辐射能量来估计。植物在光合作用过程中，不是所有波长的辐射能都能被利用的，一般认为，植物在光合作用过程中，只利用太阳光谱0.38—0.76μ（微米）区间的能量，这个光谱区的太阳辐射，称为光合作用有效辐射，即

$$K_s = \frac{\int_{0.38\mu}^{0.76\mu} s_h(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} s_h(\lambda) d\lambda}$$

式中 $K_s$ 为直接辐射通量中光合成有效辐射所占的份额,  $S_h(\lambda)$ 为在太阳高度 $h$ 时地面上直接辐射光谱通量<sup>[6]</sup>.  $H. A.$ 叶菲莫娃<sup>[6]</sup>取 $K_s = 0.43$ . 散射辐射通量中光合成有效辐射所占的份额 $K_D$ 较 $K_s$ 为大,  $H. A.$ 叶菲莫娃取 $K_D = 0.57$ . 于是得关系式如下:

$$Q_g = 0.43S + 0.57D$$

式中 $Q_g$ 为光合成有效辐射,  $S$ 为太阳直接辐射,  $D$ 为散射辐射, 对于这样的比例关系, 曾先后被人采用过<sup>[7,8,9]</sup>. 利用光合成有效辐射资料, 可以获得单位面积上植物贮积潜能的多少, 进而估算农作物的产量.

本文亦根据上式确定的比例系数, 利用广东实测的辐射资料, 计算韶关、广州、海口等地日平均气温稳定通过 $\geq 10^\circ\text{C}$ 时期的光合成有效辐射值(表6):

表6 韶关、广州、海口的光合成有效辐射值

地点	纬度	$\geq 10^\circ\text{C}$ 持续天数	光合成有效辐射	
			千卡/厘米 <sup>2</sup>	百万千卡/亩
韶 关	24°48'	286	47.539	316.895
广 州	23°08'	330	50.936	339.539
海 口	20°02'	365	61.482	409.839

由表6可以看出, 本省植物积蓄的潜能相当丰富, 以单位面积(亩)计, 潜能值在310百万千卡以上, 其中海南地区最大, 韶关地区最小, 南北之间相差可达100百万千卡以上.

据资料记载, 植物的干物质有90—95%是通过光合作用形成的. 而植物通过光合作用, 把光能转化为潜能, 贮积在碳水化合物里. 然而植物利用太阳辐射能于光合作用的效率是不高的. 据文献(7)计算, 光合作用的最大能量效果22.4%, 若考虑呼吸作用消耗的能量则吸收的光能以进行光合作用的理论有效系数只有15.68%. 此外, 阳光照射在作物群体上, 一部分被反射, 一部分漏射到地面, 其余则被吸收. 因此, 与产量相联系的能量只有10%左右. 根据埃尔白列顿资料<sup>[10]</sup>, 1克干物质的碳水化合物, 完全燃烧放出的热量为4.25千卡, 即每形成1克干物质需要4.25千卡能量. 经济产量(指收获中有经济价值的籽粒、果实、块根、纤维等)按生物产量(包括茎、叶、根、果实等整个植株重量)35%计算, 则不同利用系数的光合成有效辐射用于形成产量, 如表7所示.

表7列举了不同辐射有效利用系数的生产潜力, 其中10%的利用系数是一个经过长期努力, 有希望达到的理论指标.

2%的利用系数是目前的农业技术水平条件下已经达到的数值. 5%的利用系数是一个能够达到的指标, 这不仅是有人曾经从土壤肥力和植物生理的角度计算过华北平原单季水稻达到2500斤的亩产<sup>[10]</sup>, 而且更重要的是近年来我国已有不少单位(社队)在粮食生产方面已经达到这个指标. 如广东省五华县示范农场1972年在5.15亩的土地上进行三造水稻连作加冬种蚕豆试验, 取得平均亩产3217斤(均折成稻谷)的高产成绩. 又如云浮县镇安公社1978年试验田, 亩产突破3000斤大关(三造计, 南方日报1979年10月7日). 以上事实说明, 我省的农业生产是有很大潜力的.

表7 不同辐射利用系数的生产潜力(经济产量公斤/亩)

地 点	不同利用系数的生产潜力		
	10%	5%	2%
韶 关	2609.7	1304.8	522.1
广 州	2796.2	1398.1	559.2
海 南	3375.1	1687.6	675.0

#### (四) 结 语

综上所述,本省太阳总辐射的变化不仅决定于纬度,更决定于当地的天气气候条件。总辐射的年变化有两种基本型式:单峰型和双峰型。总辐射的逐年变化较中高纬度地区为大。总辐射的季节变化是秋季大于春季,这是本省总辐射季节变化的主要特点,也是本省许多地区秋温高于春温的根本原因。总辐射的月际变化,以春秋过渡季节为最显著,春季4—5月间总辐射急剧上升,10—11月总辐射急剧下降。这种变化与本省气温的变化是一致的。所以总辐射的变化决定了本省气温的变化。

广东地处低纬,终年太阳高度角大,太阳总辐射丰富。它是决定农业单位面积产量的一个重要因素,为农业生产提供良好的热量条件。从总辐射的有效利用系数来看,2%的利用系数是目前已达到的指标,即亩产1000斤以上;5%的利用系数,即亩产3000斤左右,是能够达到的指标;10%的利用系数,即亩产5000—6000斤,是经过努力有希望达到的理论指标。

生产潜力的计算只是从光能角度为农业增产提供科学依据,然而农业产量的增加还有赖于科学种田、机械化程度和抗御自然灾害的能力,等等。若没有这些条件的配合,仅有丰富的辐射资源,也不可能达到增产的目的。

#### 参 考 文 献

- [1] 黄润本,广东地表热量平衡,地理学报,1960,3.
- [2] K. Я. 康德拉捷夫,太阳辐射能,科学出版社,1962,545.
- [3] 陈建绥,中国太阳总辐射的年变化,地理集刊,1963,6.
- [4] Chang T. T., Oka H. I., Genetic information on the climatic adaptability of rice cultivars, Climate and Rice, Philippines, 1976.
- [5] Молдау X., Росс Ю., Тооминг х., Ундла и, Географическое распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) на территории Европейской части СССР. сб. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. Издательство АН СССР, М, 1963.

- [6] ЕФимова Н. А., Распределение фотосинтетически активной радиации на территории советского, ГГО Труды выпуск, 179, 1965.
- [7] 龙斯王, 青藏高原光合作用有效辐射分布及其生产潜力, 青藏高原气象论文选, 1974.
- [8] 陈明荣, 秦岭地区气候的生产潜力, 西北大学学报, 1979, 1.
- [9] 日本农业技术研究所气象科, 水田の放射状态について, 农业气象, 22(昭和42年), 3.
- [10] 竺可桢, 论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系, 人民日报, 1964, 3, 17.

## Total Solar Radiation and Its Latent Production Forces in Guangdong

*Huang Weifeng    Shen Xueping*

### Abstract

Based on observational data of the total solar radiation in Guangdong (1958-1975), the total solar radiation changes of time and space and relation between total solar radiation and latent production forces are analysed.

Guangdong is rich in total solar radiation. Owing to situating in low latitude, it provides a favourable condition for agriculture production. From the point of view of the effective using coefficient of the total solar radiation, the effective using coefficient of 2% is an index which has been reached nowadays (1000 jin of grain yield per mu), of 5% is an index which is possible of realization (3000 jin grain yield per mu), of 10% is a theoretic index which we wish to reach through our labour (5000-6000 jin of grain yield per mu).