

我国亚热带西部山区积温有效性研究*

余优森 葛秉钧 任三学

(甘肃省气象干旱研究所)

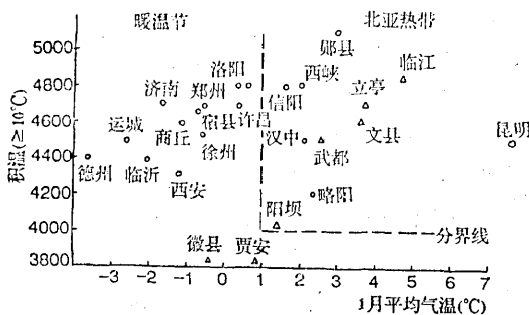
提 要

本文通过亚热带西部山区与亚热带东部地区积温有效性的对比指出,西部亚热带山区无效积温少,有效积温高于或相当于东部地区;西部的日温周期更适宜于亚热带植物的生长,西部山区能量等效积温比实际积温高500—1000°C。最后提出划分亚热带西北界限的指标为 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $> 4000^{\circ}\text{C}$ (湿润区)和 $> 4200^{\circ}\text{C}$ (半干旱区)。

一、引言

积温是表征农业热量条件的主要指标之一。积温虽然能反映一个地区热量的基本状况,但是,同等积温的不等效性问题已为国内外学者所关注^[1-4]。在相同的积温条件下,由于所处的自然条件和干湿状况不相同、组合积累的日温周期及月温各有差异,因而,积温对自然景观、作物分布的影响及其农业耕制的组合形式不尽一样。

我们在研究划分北亚热带西北界限时,



附图 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与1月气温组合结构的热量效应功能图

采用前人所用的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温4500°C作为划分北亚热带西北界的热量指标,就不能如实地反映出甘肃陇南北亚热带的西北界限,即热量指标与北亚热带自然景观不相吻合的问题。因此,在研究确定划分北亚热带西北界限热量指标时,必须要研究和考虑积温的有效性,以便客观地确定北亚热带的西北界限。

二、热量资源的组合结构与效应功能

热量资源对自然景观和农业的影响,不仅受热量的多寡所限制,而且亦因热量的组合结构不同,其效应功能有明显差异。例如:在相同的年平均气温和相近的积温条件下,由于各月的气温变化和组合累积的积温不尽一样,尤其是积温与冬季(1月)气温的组合结构不同,因而,热量资源的效应功能及其自然景观和作物分布有很大差异。

附图是不同的年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温与1月平均气温组合结构的热量效应功能。从图中看出,在年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温4000—4800°C与不同的1月平均气温(即越冬气象条件)组合下,可以形成两种截然不同的农业气候

同样亦遇到了同等积温的有效性。如果

*本课题为国家气象局、国家农业区划委员会及省科委资助项目。

带。在1月平均气温1℃以上的地区为鲜明的北亚热带一年两熟区，自然景观为季风常绿阔叶树与落叶阔叶树混交林，生长有代表性的北亚热带指示植物。而在1月平均气温1℃以下的地区为明显的暖温带一年两熟区，自然景观为典型的落叶阔叶林。表明在相同的积温条件下，由于1月越冬气象条件不同，积温的效应功能有很大差别。

三、夏季高温与无效积温

活动积温是作物生长季内日活动温度（日平均气温）的总和，它既包括了对作物生长发育有效的日温累积，也包括了对作物生育有抑制作用的高温日温累积，而这些属于高温的日温周期变化对作物的生长发育是无效的。因此，我们将这种对作物生育无效，或起抑制作用的高温或低温的日温累积积温定为“无效积温”。

根据作物三基点温度的要求，只有在最适宜的温度下，作物的生长发育最为迅速，在高温或低温下，作物即停止生长发育⁽⁵⁾。以亚热带作物温州密柑为例，果实生长发育的最适宜日平均气温为20—25℃，高于28℃即不利于果实的生长膨大，超过30℃即停止生长⁽⁵⁻⁷⁾，在柑桔开花座果期日均气温超过30℃即发生严重的落花落果。

我们统计分析我国亚热带主要柑桔产地， $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间旬均气温与旬最高气温的相关关系得出，两者呈极显著的正相关，日均气温 $\geq 30^\circ\text{C}$ ，日最高气温均 $\geq 35^\circ\text{C}$ 。为此，将日最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的日温累积定为高温无效积温，即：

$$\Sigma T_N = \sum_{i=1}^n T_{\geq 35}$$

式中： ΣT_N 为高温无效积温， $\Sigma T_{\geq 35}$ 为日最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的日平均气温累积和。

为了分析比较 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温的有效性，将活动积温减去高温无效积温即为有效活动积温。

$$\Sigma T_e = \Sigma T_{10} - \Sigma T_{\geq 35}$$

式中： ΣT_e 为有效活动积温； ΣT_{10} 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温； $\Sigma T_{\geq 35}$ 同上。

统计分析甘肃陇南北亚热带与我国亚热带地区代表站的全年 $\geq 35^\circ\text{C}$ 高温日数、无效积温及有效积温得表1

表1 我国亚热带地区全年高温日数和无效积温（建站—1980年）

区 域	站 名	$\geq 35^\circ\text{C}$ 日数		ΣT_N (°C)	$\Sigma T_{2.2}$ (°C)	ΣT_e (°C)	积温有效率 (%)	7-8月气温 (°C)
		全年	7-8月					
亚 热 带 西 部 山 区	武都	2.0	2.0	46.5	4518.7	4501.8	99.0	24.5
	文县	4.2	3.4	103.4	4614.2	4517.2	98.0	24.3
	临江	7.5	3.5	212.3	4865.8	4570.4	95.6	25.2
	立亭	3.5	1.5	95.8	4700.5	4521.6	97.9	24.7
	汉中	4.3	3.3	112.4	4439.6	4381.2	97.5	25.3
	绵阳	2.9	2.4	70.7	5162.2	5091.5	98.6	25.7
	昆明	0	0	0	4661.4	4661.4	100	19.7
亚 热 带 东 部 地 区	西峡	19.5	12.0	515.6	4840.5	4324.9	89.3	26.9
	郧县	29.3	20.8	803.7	5139.3	4335.6	84.4	27.9
	万县	36.9	26.7	1017.2	5882.9	4865.7	82.7	28.5
	宜昌	23.9	20.0	658.5	5373.7	4715.5	87.7	28.0
	衡阳	42.9	33.0	1242.7	5671.9	4429.2	78.1	29.5
	衡县	28.3	24.4	805.4	5500.6	4695.2	85.4	28.9
	赣州	34.7	27.5	993.2	6150.3	5157.1	83.9	29.3
	温州	3.6	3.2	102.3	5637.5	5535.2	98.2	27.9
上海	8.7	8.2	238.4	4958.4	4720.0	98.6	27.8	
汕头	2.1	0.9	58.9	7600.7	7541.8	99.2	28.1	

从分析对比可看出，甘肃陇南和我国亚热带西部山区及东部沿海，由于高大山体和海洋水汽的调节作用，全年 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的高温日数及无效积温明显偏少，高温日数仅2—8天，无效积温为40—230℃；而我国亚热带东部和中部地区，由于伏期受强副热带高压控制影响，大部分地区持续高温，全年 $\geq 35^\circ\text{C}$ 高温日数有19—42天，无效积温一般为500—1000℃，亚热带西部山区 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温的有效天数比东、中部地区多10—30天。结果表明，甘肃陇南北亚热带和我国亚热带西部山区，虽然 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温比东部和中部

地区偏少，但对作物生长发育有效的积温却比东、中部地区高或相当。西部山区和沿海地区活动积温的有效率为97—100%，东、中部为78—89%，西部山区比中、东部地区高11—19%。因此，尽管亚热带西部地区的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温比东部少，而其积温的有效性（即实际有效积温）却与东、中部地区相近。

在7—8月间当柑果实进入迅速膨大期时，正是出现 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日数的集中时段，夏季高温对柑果实生长膨大是很不利的。从表1看出，在甘肃陇南和亚热带西部山区，7—8月柑果实生长膨大期的平均气温，一般都在最适宜的温度范围之内；而亚热带东、中部桔区一般均超出适宜的温度范围，接近于柑果实停止生长膨大的温度。由于西部山区夏季温度适宜，故武都的温州密柑果实生长迅速膨大期均出现在8月；而东部桔区受高温影响则出现在9月，7—8两月果实生长非常缓慢，柑果实迅速膨大期的后滞效应，主要是受伏期高温的影响。正因如此，温州密柑的品质并不是积温愈多愈好。而是在积温适中的西部山区品质最优。

四、日温周期与积温的有效性

积温是在某一时段内的逐日平均气温累积之和，而平均气温又是日温周期正余弦波的统计平均值，因此，可将积温看作是由某一时段内日温周期的累积总和。不同的日温周期累积总和的积温，对作物生长发育的影响作用是不相同的。在作物适宜的日温周期变化范围内，即适宜昼温和夜温变化所累积的积温，对作物的生长发育最为有利。因此，日温周期的有效性主要是反映在日最高、最低气温的匹配是否适宜于作物对昼夜温度变化的要求。

研究表明，在作物适宜的昼夜温度变化范围内，日较差大对作物生长发育及其产量与品质形成极为有利^[8]，积温的有效性也好；反之亦然。以柑果实生长期对日温周期昼夜温度的要求为例，据日本人栗原观察

研究，温州密柑果实生长期以昼温 $23-28^{\circ}\text{C}$ 、夜温 $13-18^{\circ}\text{C}$ 生长最快^[7]。我们统计分析甘肃陇南和我国亚热带地区气温日较差及其最高、最低气温的匹配表明（见表2），在亚热带地区不论是年气温日较差、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温期间的气温日较差，或是柑果实生长成熟期（7—9月）的气温日较差，除个别地方外，各地相差并不大（均在 $7-9^{\circ}\text{C}$ 之间）。但是，昼夜温度匹配的日温周期却不大相同，西部亚热带山区的昼温（以日最高气温代表），一般在 $23-30^{\circ}\text{C}$ ，夜温（以日最低气温代表），一般在 $14-22^{\circ}\text{C}$ 之间，很适宜于柑果实生长迅速膨大和成熟；而东部地区的昼温一般在 $29-35^{\circ}\text{C}$ 之间，夜温在 $19-25^{\circ}\text{C}$ 之间，大大超出了柑桔适宜的昼夜温度要求，因此，对柑果实生长成熟不利。说明不同的昼夜温度匹配变化的日温周期及其累积温度，对作物生长发育的影响及其热量效应功能是不相同的。

表2 甘肃陇南与我国亚热带地区气温日较差比较

站名	年气温日较差	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间日较差(3—11月)	7—9月日较差	7—9月最高气温		7—9月最低气温	
				范围	平均值	范围	平均值
武都	9.1	9.7	9.4	30—24	28.1	20—15	18.7
文县	9.3	9.5	9.3	30—24	28.2	20—16	18.9
临江	9.4	9.8	9.5	30—24	29.0	21—16	19.5
立亭	8.7	9.2	9.0	30—23	28.0	20—16	19.0
汉中	8.8	8.8	8.3	30—24	28.3	22—16	20.0
绵阳	8.1	8.2	7.9	30—25	28.9	22—18	21.0
昆明	11.1	10.2	7.9	24—22	23.3	16—14	15.7
西峡	10.1	10.2	9.2	32—26	30.1	23—17	20.9
郧县	8.4	9.6	9.0	33—27	31.0	24—18	22.0
万县	8.1	8.5	9.4	34—29	32.4	24—20	23.1
宜昌	8.3	8.5	8.7	33—28	31.3	24—19	22.7
衡阳	7.6	8.0	8.9	35—30	33.1	25—21	24.2
衢县	8.1	8.2	8.6	34—29	32.3	25—21	23.7
赣州	8.2	8.3	8.9	34—31	33.3	25—22	24.4
温州	7.0	7.0	6.8	31—28	30.8	25—22	24.0
上海	7.6	7.6	7.0	31—27	30.3	24—20	23.3

五、山地与平原的积温不等效性

如上所述，我国热带、亚热带西部山区

与东部地区积温的有效性是不相同的。由于这种积温的不等效性，使得以往的热量气候带区划指标与实际的自然景观及其指示植物分布有明显出入。例如按热带热量区划指标积温 $\geq 8000^{\circ}\text{C}$ 的规定，云南西双版纳不能划为热带，实际上西双版纳能生长橡胶、咖啡、椰子、木棉等热带作物和林木；同样，甘肃的康县阳坝和西部北亚热带山区，按北亚热带热量区划指标积温 $\geq 4500^{\circ}\text{C}$ 的规定，它们不能划为北亚热带，实际上这里仍生长有高大的杉、樟、枇杷、油桐、芭蕉等亚热带指示植物。

造成这种积温的不等效性问题，除了前面所述的亚热带西部山区少无效积温和日温周期适宜而外，还与热量在不同空气密度中能量的不等效性有关。陈明荣根据不同空气密度传热效果不同和空气密度随高度增加呈指数递减的规律，提出了能量等效积温概念⁽¹⁾。其公式如下：

$$\Sigma T_E = \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right) \Sigma T_n$$

$$\text{或 } \Sigma T_E = \left(\frac{P_0}{P}\right) \Sigma T_n$$

表3 不同热量活动积温与等效积温比较

项 站名	海拔高度 (m)	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	
		期间日数	活动积温	等效积温	
热 带	湛江	26	365	8356	8356
	河口	137	365	8223	8323
	勐腊	639	365	7629	8224
	景洪	553	365	7921	8404
南 亚 热 带	广州	6	336	7599	7599
	梧州	119	304	6992	6992
	富宁	686	310	6475	7025
	思茅	1302	343	6236	7078
北 亚 热 带	上海	8	232	4958	4958
	西峡	252	229	4840	4985
	汉中	509	222	4493	4767
	武都	1081	230	4518	5130
	昆明	1892	262	4490	5666

式中， ΣT_E 为能量等效积温； ρ_0 、 P_0 分别

代表海平面空气密度或气压； ρ 、 P 分别代表某高度的空气密度或气压； ΣT_n 为某高度 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温。

我们根据能量等效积温公式，计算出不同海拔高度热量带的等效积温得表3。从对比分析的结果可看出，采用能量等效积温分析平原与高原区划积温的效应功能具有可比性，与实际的自然景观和指示植物分布相吻合，表明我国西部山区的等效积温要比实际积温高500—1000 $^{\circ}\text{C}$ ，使得西部热带、亚热带作物的种植高度向上抬高了600—2000m。

六、我国北亚热带西、北界限的划分

对于我国北亚热带北界的划分，国内已有很多研究。但一致认为北亚热带北界必须同时具备两个基本气候条件，即：一是热量条件能满足稻麦或玉麦一年两熟的要求；二是冬季温度条件能保证亚热带作物安全越冬，无严重冻害。并确定北亚热带北界的热量指标为 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在4500 $^{\circ}\text{C}$ 以上（有的是4200 $^{\circ}\text{C}$ 以上）；最冷月平均气温 $\geq 1^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温多年平均在 -11°C 以上^(2、3、9)。

根据我们对 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温有效性和能量等效积温的分析研究，我国亚热带西部山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的有效性或等效积温要比实际活动积温高500—1000 $^{\circ}\text{C}$ 。实地考察亚热带西、北界的自然景观，在甘肃陇南北亚热带湿润地区的康县阳坝山区气象剖面点，正规气象观测实测的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在4000 $^{\circ}\text{C}$ 以上，周围分布有地带性的杉、樟、茶、竹、油桐、枇杷、芭蕉、棕榈等典型的亚热带指示植物，而且，从阳坝向暖温带过渡到铜钱、白杨、贾安乡时，仍分布有零星的油桐、茶叶、棕榈等树种。在北亚热带半干旱区的文县石鸡坝， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在4200 $^{\circ}\text{C}$ 以上，分布有地带性的慈竹、柑桔等亚热带指示植物，这些皆非局地性小气候所致。同时，我们在研究陇南北亚热带湿润区界限时，亦有同样的情况。因此，我们确定甘肃陇南北亚热带西、北界的

热量指标是：北亚热带湿润区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 4000°C 以上；北亚热带半干旱区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 4200°C 以上。

量指标，在北亚热带湿润区为 10°C 积温 $\geq 4000^{\circ}\text{C}$ ；在北亚热带半干旱区为 $\geq 4200^{\circ}\text{C}$ 。

七、结语

1. 不同的热量组合结构，资源的总体效应功能对自然景观及作物分布的影响有很大的差异。

2. 我国西部亚热带山区的高温日数明显偏少，积温的有效性好于东部，积温的有效率要比东、中部地区高11—19%。

3. 我国西部亚热带山区伏秋季（7—9月）的日温周期及其昼夜温度匹配明显优于中、东部地区，有利于柑桔果实生长迅速膨大和形成优质。

4. 在平原和高原地区能量等效积温具有可比性，西北山区的等效积温要比实际活动积温高 $500—1000^{\circ}\text{C}$ 。

5. 甘肃陇南北亚热带西、北界限的热

参 考 文 献

- (1) 陈明荣，试论平原与高原气温的不等效性，全国局地气候学术会议论文摘要，第9号，1987年。
- (2) 陈咸吉，中国气候区划新探，气象学报，40卷1期，1982。
- (3) 丘宝剑，中国农业气候区划再论，地理学报，38卷2期，1983。
- (4) Robertson·D·W, Some agrometeorological problems, in Canada, Monthly Publication of the Canadian Branch Royal Meteorological society, Vol.4, No.2, p1—21.
- (5) 程纯枢，中国农业百科全书(农业气象卷)，农业出版社，1986, 10。
- (6) 周雪芝等，温州密柑果实生长与气象条件的关系研究，中国柑桔，1990, 1。
- (7) 沈兆敏，柑桔与气候，重庆出版社，1989。
- (8) 余优森，日温周期特征及其对产量、品质的影响，中国农业气象，1986，第7卷第1期。
- (9) 亚热带东部丘陵山区农业气候资源及其合理利用研究课题协作组，中国亚热带东部丘陵山区农业气候资源研究，科学出版社，1989。

Study on the effectiveness of accumulated temperature in the sub-tropical western mountain areas in China

Yu Yousen Ge Bingjun Ren Sanxue

(Lanzhou Dryness and Meteorology Institute)

Abstract

In this paper, the effectiveness of accumulated temperatures in the western mountain areas and eastern areas of China over the sub-tropical regions is intercompared. The results show that the ineffective accumulated temperature appears less in the western mountain areas but effective accumulated temperature occurs more frequently than or equal to those in the eastern areas. The period of day temperature in the western area is more suitable for growing of sub-tropical flora. The equivalently accumulated temperature is $500—1000^{\circ}\text{C}$ higher than the actual one in the western mountain areas. Finally, the index of demarcating line of sub-tropical northwest areas is given.