

# 长白山区热量资源推算与农作物品种布局

马树庆 梁洪海

(吉林省气象科学研究所)

**提 要** 本文根据地理纬度、经度和海拔建立了吉林省东部长白山区热量资源的推算方程;采用地理细网格场的分析方法,推算出山区各地的热量资源状况,绘出细网格热量资源分布图,并以此为依据,制定了该山区农作物品种布局方案。

**关键词** 热量资源 推算方程 作物品种布局 长白山区

吉林省东部长白山区,一般指张广才岭、哈达岭以东的地区,包括长白山、张广才岭、威虎岭、老岭、盘岭等山脉和盆地。行政区包括通化市、浑江市、延边朝鲜族自治州、吉林市的蛟河、桦甸、磐石县,以及辽源市的东丰县,共22个市县,总土地面积9.47万平方公里,占吉林省总土地面积的一半,是中国境内长白山脉的主体地段。根据地貌结构可将该区划分为三个阶梯,即中部海拔700—2691米的中山台原地带,海拔1000米左右的中山低山地带和海拔400米左右的低山丘陵地带(亦称为半山区)。

长白山区幅员广阔,地形地势复杂,因而气象要素的地域变化较大,垂直变化也非常明显,因此直接使用现有的气象资料不可能全面、客观地反应山区热量资源的变化规律,很不适应山区农业生产的需要。如制定山区农作物品种布局方案时,仅考虑县级平均热量条件是很不够的,只有考虑到县级以下的、局地范围的热量资源状况,才能达到因地制宜地发展农业生产的目。因此我们通过建立热量资源推算模式计算山区各地的热量条件,通过山区热量资源的空间分布特征,制定山区农作物品种布局方案,为山区农业发展提供科学依据。

## 一、热量资源估算模式

在山地气候学中常用方程

$$\hat{T} = T_0 + \beta_\varphi \Delta\varphi + \beta_\lambda \Delta\lambda + \beta_h \Delta h, \quad (1)$$

$$T = \hat{T} + \Delta T, \quad (2)$$

推算无测站区的气象要素值。其中 $\Delta\varphi$ 、 $\Delta\lambda$ 和 $\Delta h$ 分别为山区某一点的纬度( $\varphi$ )、经度( $\lambda$ )和海拔( $h$ )与基准点的纬度( $\varphi_0$ )、经度( $\lambda_0$ )和海拔( $h_0$ )的差值, $T_0$ 为基准点的气象要素值, $\hat{T}$ 为气象要素推算值, $T$ 为经过误差( $\Delta T$ )订正后的气象要素值, $\beta_\varphi$ 、 $\beta_\lambda$ 和 $\beta_h$ 分别为气象要素值在纬向、经向和垂直方向的变化梯度。用多元回归方法建立热量资源估算方程,其梯度是回归系数, $T_0$ 是方程的常数项,基准点用坐标原点代替,故方程(1)可写成:

$$\hat{T} = b_0 + b_1\varphi + b_2\lambda + b_3h. \quad (3)$$

我们采用山区 29 个气象站的资料,建立了长白山区各地各项热量资源要素的推算方程(表 1)。其中  $T$  的下角标 1—8 依次代表:1. 多年平均气温;2. 5—9 月平均气温;3. 日平均气温稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  期间的活动积温;4. 日平均气温稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  期间的日数;5. 日平均气温稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的初日,本文中 4 月 1 日为 1,以后逐日累加;6. 日平均气温稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的终日,本文中 9 月 1 日为 1,以后逐日累加;7. 80% 保证率的稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的活动积温;8. 80% 保证率的稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的间隔日数。

表 1 长白山区热量要素的推算方程

Table 1 Equations to infer the thermal resources of the Changbai Mountainous Region

推 算 方 程	复相关系数
$\hat{T}_1 = 45.026 - 0.834\varphi - 0.027\lambda - 0.005h$	0.887
$\hat{T}_2 = 83.476 - 0.396\varphi - 0.381\lambda - 0.006h$	0.955
$\hat{T}_3 = 17790.560 - 128.316\varphi - 72.870\lambda - 1.353h$	0.954
$\hat{T}_4 = 651.300 - 6.772\varphi - 1.587\lambda - 0.052h$	0.947
$\hat{T}_5 = -330.735 + 3.398\varphi + 1.675\lambda + 0.028h$	0.948
$\hat{T}_6 = 168.201 - 3.345\varphi + 0.077\lambda - 0.024h$	0.926
$\hat{T}_7 = 17883.150 - 111.880\varphi - 80.398\lambda - 1.216h$	0.952
$\hat{T}_8 = 664.265 - 6.122\varphi - 1.962\lambda - 0.053h$	0.951

注:  $\varphi, \lambda$  的单位: (度);  $h$  的单位 (米)。

表 1 中各方程的复相关系数都达到极显著水平,说明长白山区热量资源的分布在很大程度上取决于地理、地貌条件的变化。热量条件与地理因子的偏相关系数(表 2),可以看出,该区的热量资源与海拔密切相关,海拔每升高 100 米,年平均气温降低  $0.52^{\circ}\text{C}$ , 5—9 月平均气温降低  $0.57^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温降低  $135.30^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的间隔日数减少 5.2 天,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的初日延迟 2.8 天,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  终日提前 2.4 天。热量条件与经度的关系也比较密切,经度越高,热量资源越贫乏,这主要是东部日本海的影响。日本海的海洋性气候对该区夏半年的热量条件影响较大,经度每升高 1 度, 5—9 月平均气温下降  $0.38^{\circ}\text{C}$ , 而对全年平均气温影响较小。该区距日本海越近,冬、夏季温差越小。热量资源与纬度的关系不显著,主要是由于该区南部比北部高,纬度和海拔对热量条件的影响相互抵消了,热量随海拔而减少的趋势掩盖了热量随纬度的递减趋势。

表 2 热量推算方程的偏相关系数

Table 2 The partial correlation coefficients of the thermal resource equations

因 子	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_7$	$T_8$
$r_{\varphi}$	-0.218	-0.010	-0.072	-0.145	0.138	-0.144	-0.039	-0.095
$r_{\lambda}$	-0.213	-0.620	-0.547	-0.460	0.560	-0.570	-0.168	-0.429
$r_h$	-0.698	-0.748	-0.765	-0.773	0.723	-0.779	-0.760	-0.792

注: 样本为 29, 达到 0.100, 0.050, 0.010 和 0.001 显著水平的相关系数临界值依次为 0.312, 0.367, 0.471 和 0.579。

用 29 个气象站和 58 个资料年代较长的林业气象站、气象哨的资料,分析了热量资源推算方程的实用效果,其结果为:  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温的推算误差 ( $\Delta T_s$ ) 的平均值为  $58.9^{\circ}\text{C}$ ,

平均相对误差为 2.42%，其中相对误差在  $\pm 1\%$  以内的样本点占有所有样本点的 34%，在  $\pm 5\%$  以内的样本点占 92%。其它几个项目的推算误差也较小，故不再详述。这说明，推算方程的精度是较高的。

## 二、热量资源的地理分布

为了弄清长白山区各地、特别是无气象观测区域的热量资源状况，将该区划分成 620 多个单位面积为  $\varphi \times \lambda = 10' \times 10'$  的地理网格，根据 1:50 万地势图查算每个网格的纬度、经度和海拔。海拔取网格四角和中心点五点的平均值，相当于对山区地势场进行了平滑处理，便于反应每个网格的平均状况。将各点的纬度、经度和海拔代入方程中，计算出各点的  $\Delta T_r$ ，然后用  $T = \hat{T} + \Delta T_r$  算出各网格的热量要素值，并绘成地理分布图。其中年平均气温和稳定通过  $10^\circ\text{C}$  的活动积温的地理分布图(图 1, 2)。该区热量资源分布很不平衡，西部低山丘陵地带、西南部集安岭南地区和延边盆地的中部等区域的热量资源比较丰富，年平均气温  $3.0-5.6^\circ\text{C}$ ， $\geq 10^\circ\text{C}$  活动积温为  $2600-3000^\circ\text{C}$ 。中部山区，特别是中南部中山台原地带，热量资源贫乏，年平均气温在  $0^\circ\text{C}$  左右， $\geq 10^\circ\text{C}$  积温为  $300-2000^\circ\text{C}$ 。由半山区向中山台原的过渡地带，年平均气温  $1.0-3.0^\circ\text{C}$ ， $\geq 10^\circ\text{C}$  积温为  $2000-2600^\circ\text{C}$ 。其它

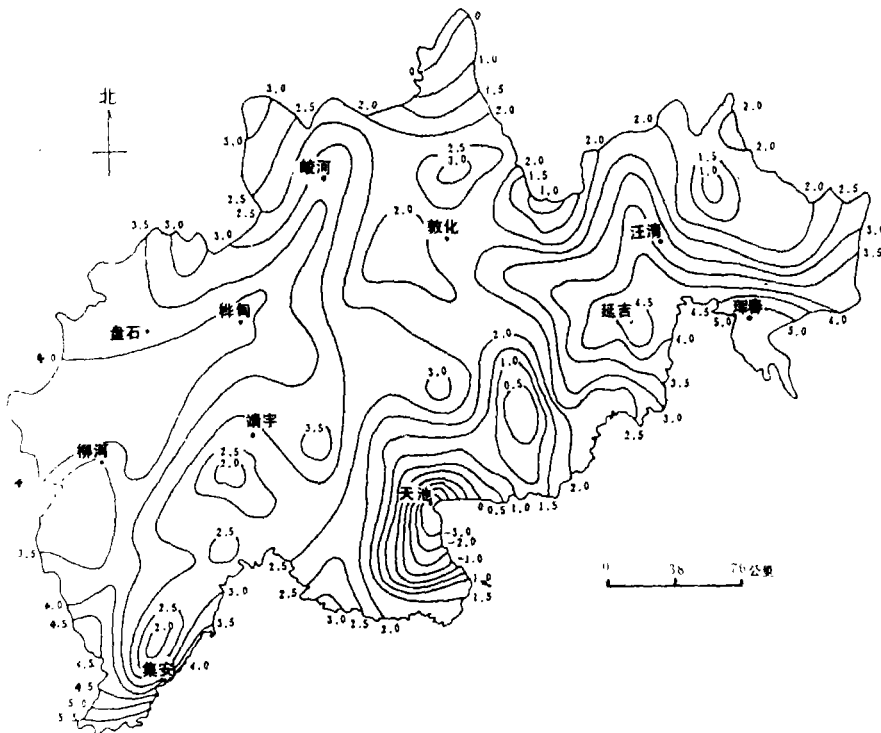
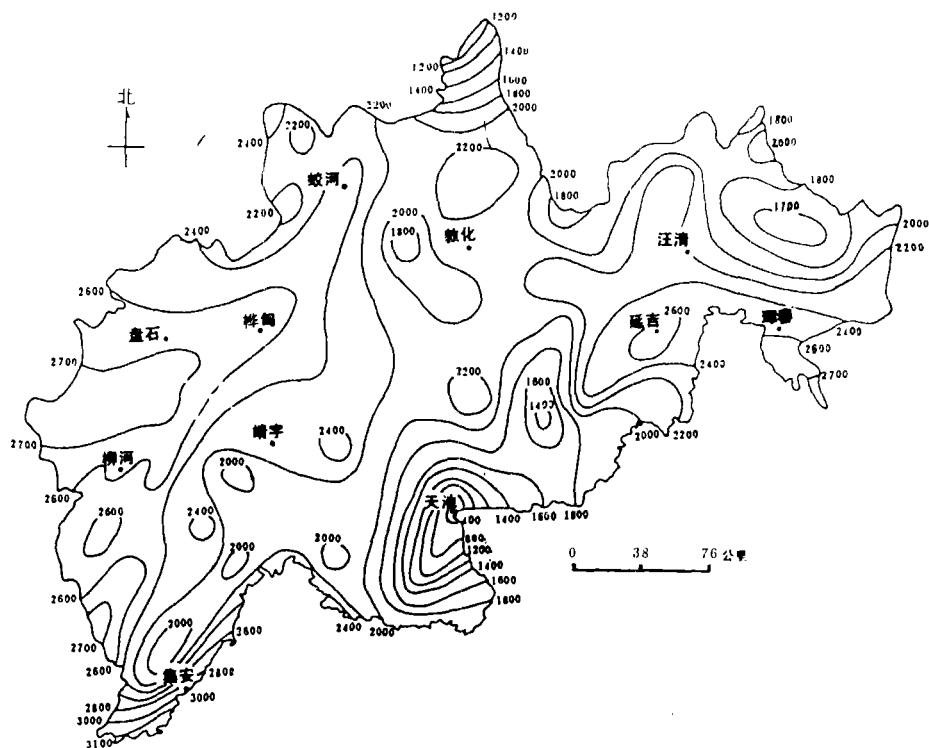


图 1 长白山区年平均气温的地理分布( $^\circ\text{C}$ )

Fig. 1 Distribution of annual mean temperature in the Changbai Mountainous Region( $^\circ\text{C}$ )

图2 长白山区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温的地理分布( $^{\circ}\text{C}$ )Fig. 2 Distribution of active accumulated temperature of daily mean temperature  
 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  in the Changbai Mountainous Region( $^{\circ}\text{C}$ )

几个项目的地理分布与上述趋势相近。总的状况是:西部低山丘陵区稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的初日为 5 月 1—12 日,终日为 9 月 27 日—10 月 8 日,间隔日数为 135—155 天;中山低山地带稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的初日为 5 月 12—20 日,终日为 9 月 18—27 日,间隔日数为 120—135 天;中山台原地带稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  初日为 5 月 20 日—6 月 20 日,终日为 8 月 1 日—9 月 18 日,间隔日数为 80—120 天。

### 三、山区农作物品种布局分析

上述分析看出,长白山区热量资源比较贫乏,且分布不匀。该区农作物产量的丰歉取决于热量条件,按热量条件的分布特征进行山区农作物品种布局是合理利用气候资源、抗御低温冷害、提高农业生产水平的主要措施。从吉林省几种主要农作物品种的热量指标(表 3)看,同一熟型的热量指标差别较小,可综合起来分析。对照各品种的热量指标,采用 80% 保证率的稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的活动积温分布图和 80% 保证率的稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的间隔日数的分布图进行叠加分析,绘制了该区农作物品种布局图(图 3),用稳定通过  $10^{\circ}\text{C}$  的初日确定了主要农作物品种区的适宜播种期。从图 3 可看出,该区只有西南部的

表 3 长白山地区主要农作物品种的热量指标 (播种 成熟)

Table 3 The thermal indices of crops in the changbai Mountainous Region (from sowing to ripening)

品 种 作 物	晚 熟		中 晚 熟		中 熟		中 早 熟		早 熟		极 早 熟	
	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
玉 米	2800	145	2700	135	2550	120	2400	120	2100	115	2100	100
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
高 粱	3000	150	2800	145	2700	140	2550	128	2400	125	2200	115
			2700	140	2550	130	2450	123	2200	115		
			/	/	/	/	/	/	/	/		
谷 子			2800	145	2700	140	2550	130	2450	123		
					2550	120	2450	120	2200	115	2000	110
					/	/	/	/	/	/	/	/
大 豆					2800	143	2550	130	2450	125	2200	115
			2700	140	2600	130	2500	125	2200	120		
			/	/	/	/	/	/	/	/		
水 稻	3000	145	2800	140	2650	130	2500	120	2400	110	2200	100
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3100	150	2900	145	2800	135	2650	130	2500	120	2350	110
综 合	2850	145	2700	135	2500	130	2300	120	2200	115	2000	100
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3000	150	2850	145	2700	135	2500	130	2300	120	2200	115

注: T 是  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温, N 是  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的日数, 即有效生育日数。

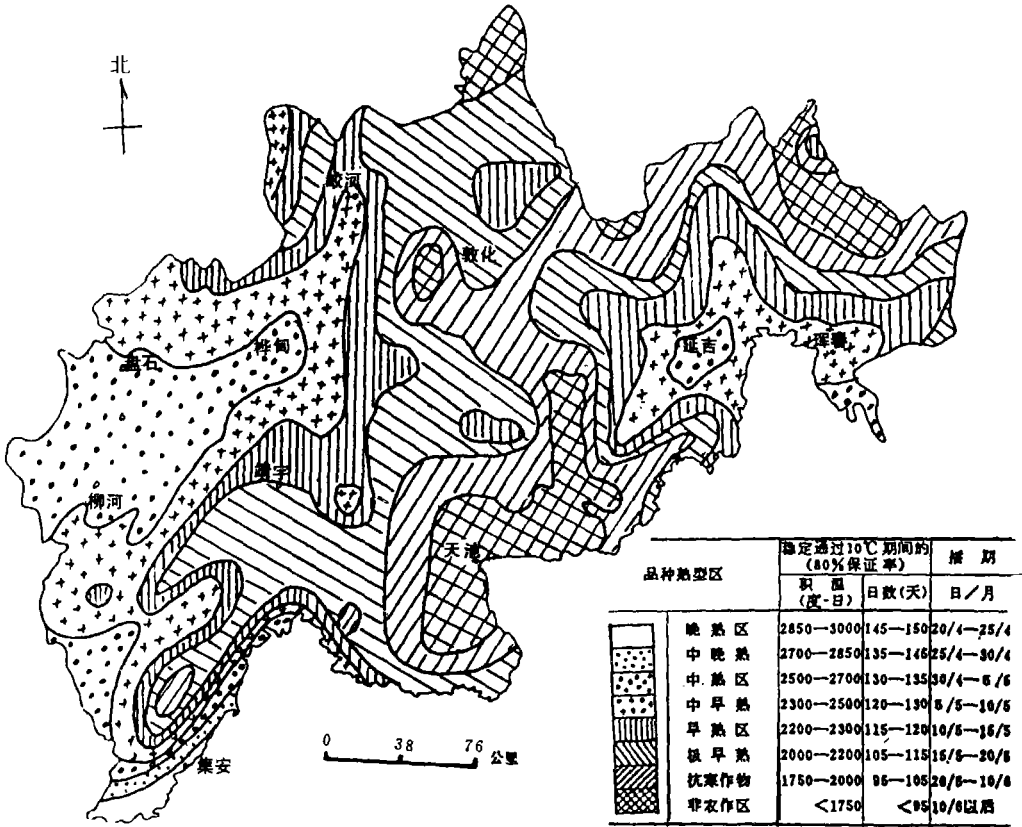


图 3 长白山区农作物品种布局图

Fig. 3 The category arrangement in the Changbai Mountainous Region

集安县岭南地区可采用晚熟品种和中晚熟品种,适播期为4月20—30日;西部低山丘陵区和东部延边盆地的中心地带应采用中熟品种,适播期为4月30日—5月5日;低山丘陵向中山低山的过渡地带适合早熟品种,适播期为5月10—20日;中部的中山台原地带只能采用极早熟品种,其中高寒地带只能种植生长季短的耐寒作物,如小麦、马铃薯、油菜等。白头山海拔1500米以上的地带,热量条件没有达到主要农作物热量指标的下限,是非农作区,但适合发展林业和特色产业,而且森林植被也随着气候的垂直变化而表现为明显的垂直带性分布<sup>[1]</sup>。

#### 四、农作物品种的立体布局分析

热量资源的垂直变化是山区热量分布的首要特征,因此根据立体气候特征安排农作物及其品种的立体布局,是充分利用气候资源的有效措施。延经向将该区划分成三部分来分析,经度125°—127°为西部山区,以老岭山脉为主体;127°—129°为中部山区,以白头山、英额岭为主体,属于中山台原;129°—130°为东部山区,以延边盆地为主体,属于中

表4 热量条件与海拔的相关方程

Table 4 The relative equations between the therm conditions and elevations(m)

西部山区经度125°—127°	中部山区127°—129°	东部山区129°—130°
$\hat{T}_3 = 3205.094 - 1.3530h$	$\hat{T}_3 = 3009.770 - 1.3530h$	$T_3 = 2761.377 - 1.3530h$
$\hat{T}_4 = 166.597 - 0.0517h$	$\hat{T}_4 = 160.354 - 0.0517h$	$T_4 = 151.762 - 0.0517h$
$\hat{T}_5 = 23.366 + 0.0279h$	$\hat{T}_5 = 28.080 + 0.0279h$	$T_5 = 34.148 + 0.0279h$
$\hat{T}_6 = 37.365 - 0.0237h$	$\hat{T}_6 = 35.831 - 0.0237h$	$T_6 = 33.308 - 0.0237h$
$\hat{T}_7 = 3037.962 - 1.2160h$	$\hat{T}_7 = 2837.300 - 1.2160h$	$T_7 = 2587.006 - 1.2160h$
$\hat{T}_8 = 159.537 - 0.0531h$	$T_8 = 152.944 - 0.0531h$	$T_8 = 141.122 - 0.0531h$

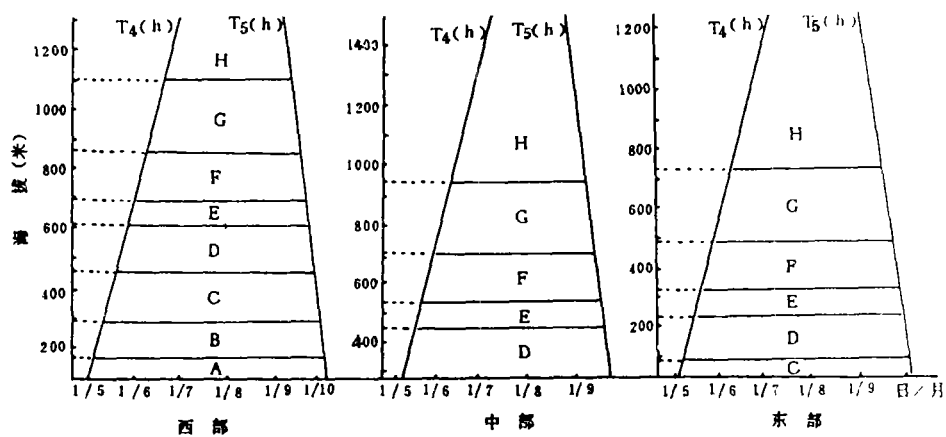


图4 长白山区农作物品种垂直分布

Fig. 4 The vertical distribution of crop variety in the Changbai Mountainous Region

A. 晚熟品种; B. 中晚熟品种; C. 中熟品种; D. 中早熟品种; E. 早熟品种; F. 极早熟品种; G. 耐寒作物带; H. 非农区(林业区)

山低山地带。将各区中心位置的经、纬度代入表 1 的  $T_s-T_a$  方程中,得到各区热量随着地势而变化的方程(表 4),由此可计算出各高度带内的活动积温、适播期和有效生育日数等。根据这些推算结果,对照各作物和品种的热量指标,得到各区的农作物品种的立体布局方案(图 4)。西部、中部和东部山区品种布局的垂直变化是有差异的,如西部山区在 300—450 米高度带上可采用中熟品种,在中部山区,这一高度带只适合中早熟品种,而在东部山区,这一高度带只能种极早熟品种,这是由热量资源随经度的升高而减少的规律决定的。实际上,农作物品种的垂直分布只是山区立体农业开发的一个主要方面,此外,农作物结构、林种结构、植被类型、农林牧各业的系统结构等也都有立体发展特征<sup>[2]</sup>。山区立体气候与立体农业开发之间的内在联系,是山区农业发展必须遵守的客观规律。

### 参 考 文 献

- [1] 杨美华,1981,长白山的气候特征及北坡垂直气候带,气象学报,39(3),第 311—320 页。  
[2] 徐樵利等,1988,鄂西南山区建立良性农业生态系统的途径,山地研究,6(1),第 1—10 页。

## THE ESTIMATING METHOD OF THERMAL RESOURCES AND THE ARRANGEMENT OF CROP VARIETY IN THE CHANGBAI MOUNTAINOUS REGION

Ma Shuqing Liang Honghai

(Meteorological Institute of Jilin Province)

### Abstract

The estimating equations of the thermal resources in the Changbai Mountainous Region were developed by using the data of climatological stations in the mountains, in accordance with the multiple regression analysis between the thermal resources and geographical factors. The amount of many thermal factors in every regions of the mountain were calculated and the crop variety arrangement was devised. The distribution of the thermal resources in this region is out of balance and the variation of the variety in every region is greater.

In the southwest hilly region, the thermal resources are plentifuler. It is suitable for growing the late and middle ripening varieties. The mountains in the central region, where the resources are meagrer, are only suitable for growing early ripening varieties. Some of regions, intervening in the hill and middle mountain, are suitable for growing the early and middleearly varieties.

**Key words** thermal resources, estimating method, crop variety arrangemnt, Changbai Mountainous Region