

长白山区热量资源立体分布模式及其应用

马树庆 袁福香

(吉林省气象科学研究所, 长春 130062)

提 要

采用二次趋势面函数模拟长白山区热量资源的地理分布,用地理细网格分析方法推算山区各地的热量资源状况。并以此为基本依据,分析山区主要农作物品种的合理布局,指出不同品种在各地的适宜种植高度带。该项分析已在长白山区气候及农业资源立体开发中发挥作用。

关键词: 热量资源 数学模拟 作物品种布局 长白山区

引 言

长白山区位于我国东北三省的东半部,主要由张广才岭、老爷岭、白头山、威虎岭、千山山脉、延边盆地、敦化盆地及牡丹江盆地组成,总面积 16 万 km^2 。该山区为东北—西南走向,依海拔高度可分为:丘陵山区(400m 左右)、中山低山(500—1000m)和高山台地(700—2691m,白头山一带)三级阶梯。区内山脉盆地丘陵纵横交错,地貌较复杂,因而农业气候资源地理分布差别较大,垂直变化明显。本文首先建立山区热量资源的立体分布模式,推算各地热量资源,并用于分析农作物品种的立体布局,为该山区气候、生物资源的开发利用提供科学依据。

1 热量资源的地理分布模式

山区热量资源地域差异较大,气象站又较少,资源不足,给气候资源分析及开发利用带来不便。我们根据山地气候学原理,通过建

立资源推算模式来估算各地的热量资源。山区某地的热量条件(T)在很大程度上取决于该地的海拔高度(h)、经度(λ)和纬度(φ),因山区地貌复杂,这种关系多是非线性的,须用非线性函数模拟。本项研究在分析比较了几种非线性建模方案的基础上,认为采用二次趋势面函数精度较高,且简便易行。所谓二次趋势面函数就是将山区各地的地理因子 h 、 λ 、 φ 进行二次组合,建立三元二次曲面方程。即:

$$T = (\lambda, \varphi, h)A(\lambda, \varphi, h)'$$

其中 A 为 3×3 阶系数矩阵。使用研究范围内 56 个气象站建站至今平均气象资料,统计出各地多年平均稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 初日、终日、间隔日数、积温等有关热量要素值。用多元回归程序计算,得到各地热量资源要素多年平均值的推算模式:

① 日平均气温稳定通过 10°C 的初日(T_1)

$$\begin{aligned} T_1 = & 0.4916\varphi^2 + 8.9133 \times 10^{-3}\lambda^2 - 5.2194 \times 10^{-6}h^2 \\ & - 8.4941 \times 10^{-4}\lambda \cdot h - 7.1634 \times 10^{-3}\varphi \cdot h - 7.962 \times 10^{-2}\varphi \cdot \lambda \\ & - 35.4593\varphi + 0.4865\lambda + 0.3653h + 1004.642 \end{aligned} \quad (1)$$

② 气温稳定通过 10°C 的终日(T_2)

$$\begin{aligned} T_2 = & 0.4513\varphi^2 - 2.0863 \times 10^{-2}\lambda^2 - 2.4462 \times 10^{-7}h^2 \\ & - 1.382 \times 10^{-3}\lambda \cdot h - 6.9262 \times 10^{-4}\varphi \cdot h + 0.1834\varphi \cdot \lambda \\ & - 64.9168\varphi - 1.9442\lambda + 0.1837h + 1571.429 \end{aligned} \quad (2)$$

③ 稳定通过 10°C 的间隔日数(生长季长度, T_3)

$$\begin{aligned} T_3 = & 7.4164 \times 10^{-2}\varphi^2 - 3.4288 \times 10^{-2}\lambda^2 + 4.7137 \times 10^{-6}h^2 \\ & - 1.5077 \times 10^{-3}\lambda \cdot h + 7.4887 \times 10^{-3}\varphi \cdot h + 0.2813\varphi \cdot \lambda \\ & - 41.954\varphi - 1.801\lambda - 9.876 \times 10^{-2}h + 938.6182 \end{aligned} \quad (3)$$

④ 稳定通过 10°C 活动积温(T_4)

$$T_4 = 11.5227\varphi^2 + 0.8466\lambda^2 + 4.2478 \times 10^{-5}h^2 - 4.1893 \times 10^{-2}\lambda \cdot h - 0.1229\varphi \cdot h - 5.9249\varphi \cdot \lambda - 280.561\varphi - 1.6412\lambda + 9.558h + 12693.16 \quad (4)$$

⑤80%保证率的稳定通过10℃积温(T_5)

$$T_5 = 9.5666\varphi^2 + 0.8995\lambda^2 + 5.3512 \times 10^{-5}h^2 - 6.8294 \times 10^{-2}\lambda \cdot h - 8.8929 \times 10^{-2}\varphi \cdot h - 6.4354\varphi \cdot \lambda - 47.9766\varphi + 11.3871\lambda + 11.2602h + 6419.20 \quad (5)$$

⑥年平均气温(T_6)

$$T_6 = 2.4649 \times 10^{-2}\varphi^2 + 5.0571 \times 10^{-3}\lambda^2 + 1.0492 \times 10^{-7}h^2 + 1.5489 \times 10^{-4}\lambda \cdot h - 5.327 \times 10^4\varphi \cdot h - 2.8433 \times 10^{-2}\varphi \cdot \lambda + 0.7208\varphi - 9.3506 \times 10^{-2}\lambda - 3.1507 \times 10^{-3}h + 15.1257 \quad (6)$$

式中, T_1 从4月1日算起, T_2 从9月1日算起。上述模式复相关系数和F检验都达到了极显著水平。这类模式的物理意义是,山区每个热量要素与海拔高度、纬度、经度三者的关系都是二次抛物线的函数关系,而每个二次函数又都与其它两个因子有密切关系。如热量与海拔高度的关系就随着纬度、经度而变化。因而,由海拔高度、纬度、经度3个因子组

成的二次趋势函数实际上是3个独立二次函数的有机组合。这样可客观反应热量要素在复杂山区的分布趋势。用 $\Delta T=T-T_A$ (实际)和 $\Delta T/T_A\%$ 计算56个站点的相对误差,得 T_1-T_6 的相对误差依次为5.6%、5.7%、2.1%、3.7%、3.5%和6.8%。大部分站点误差在正、负5%以内,可满足农业生产要求。

附表 热量资源要素与各因子的相关系数

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
φ^2	0.629	-0.290	-0.238	-0.316	-0.312	-0.497
λ^2	0.437	-0.341	-0.421	-0.491	-0.495	-0.523
h^2	0.870	-0.808	-0.856	-0.784	-0.784	-0.718
$\lambda \cdot h$	0.887	-0.887	-0.889	-0.860	-0.856	-0.778
$\varphi \cdot h$	0.890	-0.893	-0.904	-0.864	-0.863	-0.785
$\lambda \cdot \varphi$	0.344	-0.325	-0.342	-0.397	-0.395	-0.533
φ	0.273	-0.298	-0.288	-0.322	-0.317	-0.502
λ	0.440	-0.345	-0.406	-0.494	-0.498	-0.527
h	0.833	-0.885	-0.896	-0.856	-0.855	-0.773
复相关	0.982	0.983	0.984	0.971	0.979	0.977
F值	136.5	148.3	157.1	81.4	85.2	105.4

从附表看出,热量资源与海拔高度的关系最密切,随着海拔高度的升高,稳定通过10℃的初日逐渐推迟,终日逐渐提前,间隔日数缩短,积温减少,年平均气温降低。任一地

方热量要素与海拔高度的关系模式可由方程(1)~(6)推算出来,如将白头山中部地带的经、纬度($\lambda=128^\circ, \varphi=42.5^\circ$)代入各模式中,得到这种相关方程为:

$$T_1 = 27.5329 - 0.02653h + 4.7137 \times 10^{-6}h^2$$

$$T_2 = 34.6446 - 0.0226h - 2.4462 \times 10^{-7}h^2$$

$$T_3 = 170.9005 - 0.0478h - 5.2194 \times 10^{-6}h^2$$

$$T_4 = 3011.2119 - 1.2912h + 4.2478 \times 10^{-5}h^2$$

$$T_5 = 2846.2444 - 1.2513h + 5.3512 \times 10^{-5}h^2$$

$$T_6 = 6.4932 - 0.005964h + 1.0492 \times 10^{-7}h^2$$

分别令其一阶导数为0,得到热量资源在任一高度上的递减率。例如当 $h=500m$ 时,海

拔高度每上升100m,年平均气温下降0.6℃,稳定通过10℃初日推迟2.7天,终日

提早 2.3 天,作物生长季节缩短 5.0 天,积温减少 129 C。热量资源与经度关系也较大,与纬度关系不十分明显。

2 热量资源的地理分布

为了尽可能缩小资源分析的地理尺度,反映局地热量资源情况,以满足山区资源开发的要求,我们采用地理细网格划分方法。以 $(1/6) \times (1/6)$ 度为单位网格面积,将研究区域分为 940 个小区,将每个小区的 λ (度)、 φ (度)、 h (取中心及四角五点平均高度,相当于对地势进行了五点场的平滑处理)代入方程(1)~(6)中计算,再进行误差内插,得到山区热量资源要素值的地理分布(其中 T_4 如图 1)。总体上看,中部白头山、张广才岭、老爷岭及龙岗山一带海拔 1000m 以上的地带,热量最贫乏,积温多在 1900 C 以下,作物有效生育日数不足 120 天;南部的丹东、本溪地区及集安市岭南一带热量资源丰富,积温在 2800—3300 C 之间;作物有效生长期为 150—170 天;西部半山区热量资源也较丰富,东北部山区比较贫乏。从分布图上可看到,热量资源的地理分布较复杂,其等值线的走势与地貌、地形有关,这与实际情况非常吻合,反应了山地气候的基本规律。

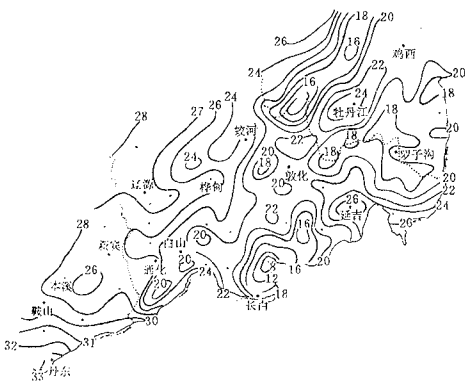


图 1 长白山区平均气温稳定通过 10 C 积温 ($\times 100$ C)

3 作物品种的立体布局

在长白山区,热量资源的多少及地域分布决定了农作物产量高低及地域变化。按照这一特点安排主要农作物品种的地域分布及垂直变化是合理开发利用气候资源、抗御低

温冷害的有效措施,也是山区农业生产的战略性措施。将 80% 保证率的积温及稳定通过 10 C 间隔日数的分布图与主要粮豆作物(玉米、水稻、大豆等)所需的热量指标(10 C 积温和生育期长度)^[13]进行综合对比分析,确定了长白山区农作物品种布局(图 2)。西南部的抚顺、凤城、丹东、集安岭南一带为晚熟品种区;通化市的西北部、辽源清原、新宾等市县为中熟或中晚熟区;蛟河、延边盆地中部、牡丹江盆地及方志、延寿等市县的多数地方属于中熟或中早熟区,其中冷凉地带为早熟区;长白山中部高海拔地带属于早熟、极早熟区,有的地带只适合耐寒作物生长,为非喜温作物区或非农业区。

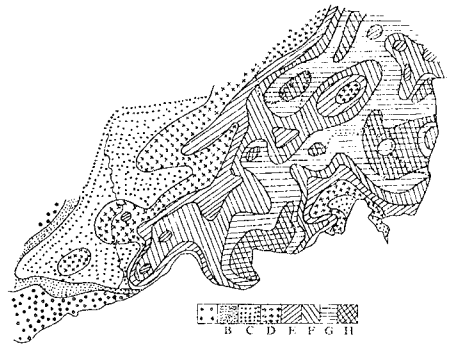


图 2 长白山区主要作物品种布局

- A: 晚熟区, B: 中晚熟区, C: 中熟区
- D: 中早熟区, E: 早熟区, F: 极早熟区
- G: 抗寒作物区, H: 非农业区

热量资源的垂直变化规律决定山区作物品种布局的垂直带性分布。不同品种在各地的适宜种植高度由品种的热量指标及地理条件决定,其适宜高度上限(h_L)可由方程(5)推导出来:

$$h_L = (-b + \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a \quad (7)$$

其中 a 是方程(5)中 h 的二次项系数, b 是一次项系数, c 是常数项。即 $a = 5.3512 \times 10^{-5}$ 、 $b = 11.2602 - 6.829 \times 10^{-2} \lambda - 8.8929 \times 10^{-2} \varphi$ 、 $c = 9.5666 \varphi^2 + 0.8995 \lambda^2 - 6.4354 \varphi \cdot \lambda - 47.9766 \varphi + 11.3872 \lambda + 6419.20 - T_L$, T_L 为该品种所需的热量指标(稳定通过 10 C 活动积温)的最低值。计算结果表明,长白山区各地品种适宜种植高度差别较大,总的来看,适宜高度由西南向东北递降。就某一地方而言,

较晚熟品种在低海拔地带,偏早熟品种在海拔地带。

我们分别以该山区西南部、中部和北部地区的中心位置为中心,通过相应的方程推算出各高度带内的热量要素值及不同品种适宜的海拔高度上限,并与品种所需的热量指标综合对比,绘制了各地农作物品种垂直分布示意图(图3),从图3可较直观地看出各地区不同品种的适宜种植高度带,还可查出各高度带内的稳定通过10℃初日、终日及间隔日数,了解稳定通过10℃初日、终日随海拔高度变化的情况。同一品种在不同地区的适种高度差别较大,如中熟品种在西南部千山一带可种到580m高度,在中部白头山一带只能种在420m左右,而在张广才岭一带只能种在350m以下,实际上这些地区海拔都在400m以上,故只能种早熟类品种。

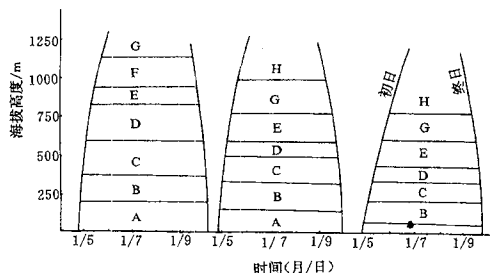


图3 长白山区农作物品种的垂直分布示意图 (说明同图2)

4 结 语

地势高度及地理位置决定长白山区的热量资源分布,用二次趋势面函数及地理细网格方法推算无测站区的热量资源要素值的地理分布,效果较好,能满足山区气候及其它农业资源开发的要求。

长白山区热量资源的区域差异较大,垂直变化明显,多数地区热量资源贫乏,这就要根据热量资源的立体分布安排主要农作物品种区域布局及垂直结构。

作物布局又是个较复杂的问题,需在一般规律的前提下进行具体、灵活的决策。晚熟品种产量一般高于早熟品种,但在低温年内会发生低温冷害,造成严重减产,因而风险较大。上述分析考虑的是平均气候条件,实际上热量条件年变化也较大,品种安排也要尽可能适应这种变化,高温年适当扩大晚熟品种比例,低温年适当扩大早熟比例。在气候不十分明确的时候,在一个地区可适当地按一定比例进行早、中、晚熟品种搭配^[2],从而获得高温年增产,低温年少减产的效果。总之,应在遵循一般规律的基础上,根据品种、年景及栽培措施等具体问题具体分析。

参考文献

- 1 吉林省农作物品种区划组. 吉林省农作物品种区划. 长春:吉林人民出版社,1981,7:20—30.
- 2 王书裕. 从农作物品种安排看热量资源合理利用. 自然资源,1980,(3):72—75.

The Thermal Resources Models and Application on Crop Varieties Arrangement in Changbai Mountains

Ma Shuqing Yuan Fuxiang

(Meteorological Institute of Jilin Province, Changchun, 130062)

Abstract

The trend surface models to calculate thermal resource in Changbai mountainous region of China were developed. The geographic distribution of the resources were given by using network method. The rational arrangement of the crop varieties were analyzed with the thermal resource condition, and suitable cultural elevation of every variety in every region were calculated. The study has played an important role in agricultural resource exploration of the mountainous region.

Key Words: thermal resources calculate models crops varieties arrangement Changbai mountain region