

山区作物气候生产潜力估算中参数的 计算和修正问题*

王效瑞 田红

(安徽省气候资料中心, 合肥 230061)

提 要

基于皖西大别山岳西县常年(1957~1993年)和临时测站资料以及有关的研究成果, 讨论了山区作物气候生产潜力估算中有关参数的计算和修正问题. 给出了地形因子(海拔高度、坡向、坡度)订正后的光温水参数资料, 研究了适用于大别山区不同高度上水平地表面的作物气候生产潜力计算方法, 并计算了不同高度、不同坡向、不同坡度的作物气候生产潜力.

关键词: 光温水; 地形因子; 作物; 气候生产潜力; 参数修正.

引 言

为合理利用和开发山区气候资源以及提高粮食生产水平, 计算山区作物气候生产潜力, 以评估其气候资源利用的水平是很有意义的. 然而, 受其测站稀少和资料序列短的限制, 较为系统和完整的研究成果并不多见. 以往的农业气候资源评价及作物生产潜力的计算多是针对平原地区或者仅仅根据山区有限测站的资料作出的. 为此, 笔者利用岳西县常年与短期气象资料、作物资料和文献[1]和[2]的方法, 讨论了考虑地形因子影响的光温水资料获取和修正问题, 给出山区水平地面和倾斜地面上作物气候生产潜力的计算方法及其计算结果.

1 资料获取方法

岳西县地处大别山腹地, 地形复杂, 高差悬殊, 平均海拔 600 m 左右, 山地坡度一般为 30°左右. 我们以县气象站 1957~1993 年观测记录为基准资料, 运用差值、比值、回归等方法, 对本县 12 个气象哨 1978~1983 年的资料以及 1991~1992 年的气候考察资料进行缺测插补和序列延长, 经过筛选后分别对温度、降水和太阳辐射资料进行海拔高度、坡度和坡向等地形因子的订正, 从而得到用于农业气候资源评价的网格点资料.

* 中国气象局科教司(1991~1993)重点课题资助.
1994-12-28 收到, 1995-12-02 收到修改稿.

1.1 年(月)平均温度

对于无夜间观测的考察点或哨组资料, 可按观测规范, 根据各考察点的日平均气温计算月平均温度, 进而得到年平均温度. 为获取全县温度场, 首先假定某测点的温度值(T)由其空间位置(即经度 λ , 纬度 φ , 海拔高度 h)和地形因素(G)来确定, 亦即

$$T = T(\lambda, \varphi, h, G) = T' + T_G \quad (1)$$

式中, T' 为受空间位置因素决定的温度值, 可用多元一次回归方程来表示:

$$T' = a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3h \quad (2)$$

T_G 为地形引起的温度效应项

$$T_G = T - T' \quad (3)$$

用考察点或哨组及县站资料计算的岳西县年(月)平均温度回归方程如表 1 所示. 因岳西各点经、纬度均在 116°E 、 30°N 以上, 海拔高度的量级为 $10^2 \sim 10^3$. 为便于计算, 令 $Y = T'$, $X_1 = \lambda - 116$, $X_2 = \varphi - 30$, $X_3 = h/100$. 由全县乡镇组成的网格点尺度大约为 $4' \times 4'$ (经纬距).

利用式(1)~(3), 即可得到全县各月温度场分布.

表 1 岳西县年(月)平均温度回归方程

月份	回 归 方 程	F	相关系数
1 月	$Y = 4.9659 + 0.2297X_1 - 1.0796X_2 - 0.4925X_3$	34.4*	0.9677
4 月	$Y = 17.3777 - 0.4276X_1 - 0.7545X_2 - 0.6305X_3$	30.2*	0.9585
7 月	$Y = 28.403 - 0.2447X_1 - 0.2369X_2 - 0.6148X_3$	12.2*	0.9062
10 月	$Y = 19.6155 - 0.6707X_1 - 2.3935X_2 - 0.64X_3$	12.4*	0.9171
全年	$Y = 17.3697 - 0.9774X_1 - 0.8512X_2 - 0.5305X_3$	29.8*	0.963

* 通过 0.01 信度检验 ($F_{0.01} = 7.59$).

1.2 年(月)降水量

资料分析表明, 在海拔 1000 m 范围内, 某高度(H , 单位: 10^2 m)处的年雨量 R_H 可由下式求出:

$$R_H = R_0 + C \cdot H \quad (4)$$

式中, R_0 为山麓处的年雨量(mm), C 为年雨量直减率($\text{mm}/10^2$ m). 用 R_0 除以式(4)的两端得到:

$$\frac{R_H}{R_0} = 1 + \frac{C}{R_0} \cdot H \quad (5)$$

据分析, 各山地之间 R_H/R_0 与 H 间的线性相关系数达 0.99, 对应的 C/R_0 值基本稳定在 0.04. 利用这种线性关系, 海拔 1000 m 以下 H 处的年雨量可由下式近似地得到:

$$R_H = R_0(1 + 0.04H) \quad (6)$$

大别山南北坡山麓处的年雨量 R_0 几乎相等, 这里取 $R_0 = 1400$ mm.

各测点月雨量与其年雨量比值的年变化基本符合正态分布, 且随海拔高度的变化很小. 所以, 根据不同海拔高度各测站月雨量资料计算月雨量占年雨量的比值(P_i), 以此代表相应海拔高度欲求测站的比值, 根据欲求测站的年雨量(R), 按下式计算欲求测站各月雨量(r_i):

$$r_i = R \cdot P_i \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (7)$$

1.3 太阳总辐射量

1.3.1 水平地表面总辐射量

由于实测资料极少,总辐射量主要由经验公式计算而得.利用合肥、庐山实测资料以及霍山、岳西、潜山、黄山等测站的计算值,给出如下函数关系:

$$Q_n = 4929.12 - 0.005 h \quad (8)$$

式中, Q_n 为计算的年总辐射量(单位: MJ/m^2), h 为海拔高度(单位: m), 该式相关系数为 -0.97 , 信度 $\alpha=0.01$. 资料分析表明, 本区域年总辐射量纬向变化可视为零, 故式(8)未作纬向订正. 另外, 该式仅适用于本区域海拔 2000 m 以下范围.

岳西站的月辐射量 Q 由下式^[1]计算:

$$Q = Q_0(0.248 + 0.752S_i) \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (9)$$

式中, Q_0 为无云条件下的月总辐射(可查表而得), S_i 为月日照百分率. 由于月总辐射与其年总量比值的纬向变化极小, 所以对其它网格点的月总辐射, 在用式(8)计算年总辐射(Q_n)后, 仍采用比值法来间接获得, 即

$$Q = Q_n \cdot K_i \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (10)$$

式中 K_i 为月值比例系数, 岳西县不同海拔高度上的 K_i 值见表 2.

表 2 岳西各月不同海拔高度 K_i 值

高度 (m)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
100	0.054	0.063	0.075	0.090	0.103	0.112	0.118	0.110	0.084	0.078	0.062	0.051
400	0.055	0.061	0.074	0.087	0.102	0.109	0.117	0.114	0.088	0.078	0.063	0.054
1000	0.063	0.062	0.071	0.079	0.090	0.096	0.124	0.114	0.093	0.083	0.065	0.060
1800	0.064	0.067	0.079	0.088	0.096	0.094	0.104	0.097	0.084	0.083	0.071	0.061

1.3.2 倾斜地面上的总辐射量

倾斜地面上的太阳总辐射 Q_x 的计算式^[2]为:

$$Q_x = (Q - Q_d) \cdot R_x + Q_d(1 + \cos\beta)/2 + \gamma \cdot Q(1 - \cos\beta)/2 \quad (11)$$

式中, Q 和 Q_d 分别为水平面上的月总辐射和散射辐射, γ 为地面反射率(取 $\gamma=0.2$), β 为倾斜面与水平面的夹角(本文取 $\beta_1=15^\circ$, $\beta_2=30^\circ$). R_x 为倾斜面修正系数(是纬度、日期、斜面坡度的函数, 见表 3).

表 3 30°N 不同朝向及倾斜面修正系数(R_x)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
正南 15°	1.377	1.264	1.140	1.034	0.984	0.934	0.947	1.004	1.098	1.221	1.348	1.418	1.146
正南 30°	1.661	1.442	1.202	1.000	0.870	0.815	0.840	0.945	1.122	1.359	1.603	1.739	1.217
正北 15°	0.760	0.816	0.880	0.936	0.976	0.994	0.986	0.953	0.902	0.838	0.774	0.740	0.880
正北 30°	0.555	0.642	0.743	0.836	0.903	0.933	0.919	0.863	0.779	0.676	0.578	0.526	0.746

首先计算岳西县气象站所在高度(海拔 400 m)南北两坡向坡度为 15° 和 30° 处的 Q_x , 由式(9)、(11)和图 1 得到海拔 400 m 高度不同坡度上的 Q_x . 根据式(8)、(10)、(11)和

图 1 可以得到其它海拔高度上不同坡向、不同坡度上的 Q_x .

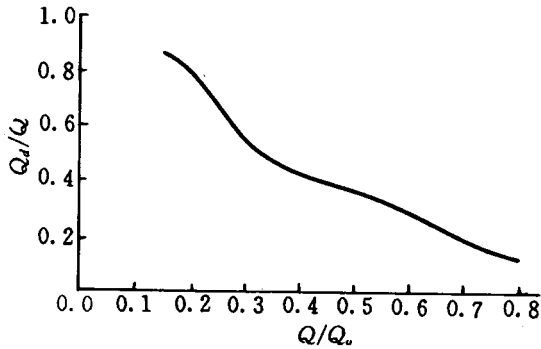


图 1 水平面上散射辐射的估算(引自文献[2])

2 作物气候生产潜力估算

2.1 作物光能利用率

作物光能利用率(E)计算式^[1]:

$$E(\%) = \frac{500 \cdot Y \cdot N}{\Sigma Q \times 666.7 \times 10^4} \quad (12)$$

式中, Y 为生物学产量, N 为 1 g 干物质燃烧所释放的能量(4.1868 J/g), ΣQ 为作物生育期间太阳辐射量(单位: MJ). 岳西县不同高度的水平地面上作物的 E 值随高度升高而递减, 海拔 200~1000 m 的 E 值变化范围: 一季稻 0.82~0.68, 春玉米 1.30~0.23, 小麦 0.49~0.06, 春马铃薯 0.99~0.66. 无论水稻或大田作物, 其光能利用率都没有达到理论的最高值, 作物的增产潜力还很大.

2.2 作物光温生产潜力

光温生产潜力是对光能生产潜力进行温度订正后的生产潜力. 考虑到构成光能生产潜力各有关物理量的普适性, 以及岳西县尽管地处亚热带, 但因其平均海拔较高, 热量条件与地处南温带的皖北地区相同的情况. 可根据文献[1], 得到岳西县作物光能生产潜力(Y_r)为:

$$Y_r = 0.92058 \Sigma Q \quad (13)$$

式中 Y_r 为生物学产量(单位: kg/hm²).

利用岳西县不同海拔高度上的旬平均气温资料, 按温度分阶段函数^[1], 求出逐旬的函数值 $f(t)$, 并乘以该旬的太阳辐射量(以月总量除 3 概算而得), 即可得到经过温度订正后的太阳辐射值(Q'), 然后按作物生育期累加得到全生育期的 $\Sigma Q'$. 于是作物光温生产潜力(Y_t)为:

$$Y_t = 0.92058 \Sigma Q \cdot f(t) = 0.92058 \Sigma Q' \quad (14)$$

式中 Y_t 的单位同 Y_r 。为避免 $\Sigma Q'$ 计算的繁琐,建立了岳西县不同高度各类作物生育期间 ΣQ 与 $\Sigma Q'$ 的函数关系:

$$\Sigma Q' = 98.04 + 0.589\Sigma Q \quad \text{适用于} \leq 200 \text{ m 高度} \quad (15 \text{ a})$$

$$\Sigma Q' = 150.1 + 0.457\Sigma Q \quad \text{适用于} 400 \text{ m 高度} \quad (15 \text{ b})$$

$$\Sigma Q' = 141.8 + 0.345\Sigma Q \quad \text{适用于} 800 \text{ m 高度} \quad (15 \text{ c})$$

这样,只要知道某高度作物生育期间的 ΣQ ,利用式(14)、(15)就可得到作物光温生产潜力 Y_t 。

2.3 作物气候生产潜力

对于形成作物产量的光温水三要素而言,仅考虑光能生产潜力和光温生产潜力显然是不全面的,因为水分在作物光合作用过程中是不可缺少和替代的。事实上,当环境水分条件低于作物适宜水分下限(干旱)或高于作物适宜水分上限(渍涝)时,都对作物干物质的形成极为不利。作物气候生产潜力(Y_c)是对 Y_t 进行水分条件修正后的潜力。

据文献[3],作物产量与蒸腾量之间存在如下关系:

$$M/M_0 = k \cdot ET/ET_0 \quad (16)$$

式中, M_0 和 M 分别为 ET_0 和 ET 条件下的作物干物质重量, k 为视作物和地区而定的系数,表示早年或涝年的作物单产与上一年单产的比值,岳西县的 $k=0.85$ 。 ET_0 为农田可能蒸散量,考虑到该值利用 Penman 公式计算时的繁琐,笔者在此将 ET_0 表示为日平均气温稳定通过 10°C 期间的降水量(R)与气候学中的张宝坤干燥指数(d)的乘积,即

$$ET_0 = R \cdot d \quad (17)$$

ET 为农田实际蒸散量,可认为它等于降水量减去流出量 $C \cdot R$, 即:

$$ET = R - C \cdot R = R(1 - C) \quad (18)$$

式中, C 为从地表和渗入地下的流出量占降水量的比例系数,岳西属山区, $C=0.30$ 。

由式(16)得到水分订正函数

$$f(w) = k \cdot ET/ET_0 = 0.595/d \quad (19)$$

亦即

$$f(w) = \begin{cases} 0.595/d & 0.595 < d \\ 1 & 0.595 \geq d \end{cases}$$

于是,作物气候生产潜力计算公式为:

$$Y_c = Y_t \cdot f(w) = 0.5477\Sigma Q \cdot f(t)/d \quad (20)$$

式中, Y_c 为经过温度、降水订正后的生物学产量,单位为 kg/hm^2 。因资料有限,加之研究区域较小,对 d 值随高度的变化暂不考虑。利用式(15)和式(20)即可得到不同高度的水平地面上各类作物的气候生产潜力(表4)。

同样,利用不同海拔高度、不同坡度上的太阳总辐射(表略),以及作物全生育期资料,可获得不同高度上、不同坡向、不同坡度各类作物的 ΣQ 和 $\Sigma Q'$ 值,从而得到各海拔高度不同坡向和坡度的作物气候生产潜力。

表 4 岳西县作物气候生产潜力(kg/hm²)

海拔高度 (m)	生产潜力	中稻	早稻	晚稻	春玉米	夏玉米	冬小麦	夏大豆	夏甘薯	春土豆	油菜
≤200	Y_t	12600	5850	4500	8550	5700	9450	6150	12300	9600	4200
	Y_c	11850	5550	4200	8100	5400	8850	5850	11550	9000	3900
400	Y_t	10350	4950	3900	6900	4800	7500	5250	10200	8100	3750
	Y_c	9750	4650	3600	6450	4500	7050	4950	9600	7650	3600
600*	Y_t	10200	—	—	6900	4800	9450	5100	9300	8100	3900
	Y_c	9600	—	—	6450	4500	7500	4800	8700	7650	3600
800	Y_t	7350	—	—	5250	3750	6450	4050	6900	6000	3300
	Y_c	6900	—	—	4950	3600	6000	3750	6450	5700	3150
1000*	Y_t	6750	—	—	5250	3750	6750	4050	6900	6000	3300
	Y_c	6300	—	—	4950	3600	6300	3750	6450	5700	3150

* 600 m、1000 m 的 Y_t 、 Y_c 分别按 400 m、800 m 的 $f(t)$ 、 $f(w)$ 函数式中的系数计算。

3 讨 论

(1) 山区某测点的年(月)平均温度(T')与经度、纬度及海拔高度的关系可用多元一次回归方程来表示,地形引起的温度效应项(T_G)可通过实际温度测值(T)减去 T' 来获得。

(2) 海拔高度 1000 m 或推至最大降水高度以下的山地,其年雨量直减率 C 与山麓处的年雨量 R_0 的比值基本稳定在 0.04。

(3) 本区域海拔 2000 m 以下各测点年总太阳辐射与海拔高度存在很好的负相关关系;年总辐射量、月总辐射量占其年总辐射量的比值的纬向变化极少,可视为零。

(4) 山区作物的光能利用率 E 值随高度而下降,且各类作物的光能利用水平远未达到其理论最高值。

(5) 利用各高度上作物生育期间太阳辐射总量(ΣQ)与其温度订正后的($\Sigma Q'$)之间的函数关系,可推算作物光温生产潜力(Y_t)。

(6) 水分订正时,将农田可能蒸散量 ET 表示为日平均气温稳定通过 10℃ 期间的降水量与干燥指数的乘积,可使计算便捷,且具有一定物理气候意义,但对于干燥指数随高度的变化还需作进一步研究。

(7) 对山地间的遮蔽和地形地貌郁蔽度对太阳辐射的影响,以及山地暖坡带的作用未予考虑,仅就山地海拔高度、坡度与坡向等地形因子影响下的光温水三要素的获取及作物气候生产潜力计算问题进行了研究。

参 考 文 献

- 1 王效瑞,王善型,田红. 皖北地区中低产田生产潜力估算与区划研究. 大气科学研究与应用, 1993, (2): 106.
- 2 Liu B Y H and Jordan R C. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy*, 1960, 4(3): 1~19.
- 3 侯光良. 关于我国作物气候生产潜力估算的初步讨论. 中国农业气候资源和农业气候区划文集. 北京: 气象出版社, 1986.

AN APPROACH TO PARAMETERS CORRECTING METHODS FOR CALCULATING THE CLIMATIC PRODUCTIVE POTENTIALITIES OF CROPS IN MOUNTAIN AREAS

Wang Xiaorui Tian Hong

(Anhui Climatological Research Center, Hefei 230061)

Abstract

On the basis of the normal and temporary meteorological data (1957~1993) in Yuexi county of Dabie Mountain areas in west Anhui province and with the help of recent research achievements, the three parameters of light, temperature and water corrected by topographic factors (sea level elevation, slope, slope direction) are obtained. As a result, a corrected scheme of calculating climatic productive potentialities of crops, which is suitable for Dabie Mountain areas concerning various altitudes, slopes and directions, is established.

key words: Light, temperature and water; Topographic factor; Crops; Climatic productive potentiality; Parameters correcting.