

青海高原天然牧草产量预报方法及模式

颜亮东

(青海省海北州气象局, 海北 810200)

提 要

依据青海省铁卜加牧业气象试验站观测的多年资料和牧草的生物学特性, 根据天然牧草的生育规律及其在不同生育阶段对气象条件的要求和反映, 将牧草产量分解成平均经济产量和气象产量, 设计和计算综合牧业气象指标——水热指数, 并分析牧草产量形成规律, 对不同时期的牧草产量进行模拟预报。应用该预报模式可求出牧草产量、积累速度及可达到的牧草产量最大值。

关键词: 天然牧草 产量形成 水热指数 预报模式

1 资料来源

本文所用资料, 取自青海省铁卜加牧业气象试验站 1987—1995 年的观测资料, 该站自 1986 年建立以来, 开展基本的地面气象和 8 种天然牧草发育期的观测, 同时测定土壤湿度和 5—9 月各月末的牧草产量。牧草观测场面积 1hm^2 , 海拔 3270m , 属草甸草场, 具有很好的代表性, 离大气候观测场 1.5km , 相应气候资料可作为同步资料使用。

2 基本思路

2.1 天然牧草生长发育和产量的形成虽然受环境等诸多因素的限制, 但对一地区而言, 土壤的物理特性(土质、有机质含量、物理性粘粒含量、含盐量、土层厚度、pH 值等)年际间变化很小, 年际间产量的差异主要是气象条件造成的, 因此可将牧草产量积累量分解为两部分, 一是平均经济产量, 即由牧草的生物学特性所决定的牧草产量, 它在一年中由少到多; 二是气象产量, 即由气象条件所决定的产量。

2.2 根据牧草生育过程的特点将牧草的全生长期分为三个阶段, 即缓慢生长期、旺盛生长期、渐止生长期; 这是牧草的生物学特性所决定的, 是牧草平均经济产量的形成规律, 可

用 logistic 曲线进行模拟。

2.3 牧草不同的生育时期和阶段对气象条件的要求和反映不同, 加之高原上热量和水分均不富余, 因此气象产量的模拟必须要考虑水和温度的有效性及它们的综合效应, 由此提出一个气象指标——水热指数。

3 水热指数的设计和计算

3.1 水热指数的设计

对于牧草生育和产量形成, 上面提到水热影响较大, 且在不同的生育时期, 水热影响的效应不同, 故设计水热指数时必须要考虑以下几个方面:

3.1.1 不同的时期水热指数的形式不应当一样。

3.1.2 牧草吸收水分主要通过根系进行, 因此降水项主要考虑土壤湿度。

3.1.3 牧草绝大部分根系分布在 50cm 土层内, 而大部分根系分布在 20cm 土层内, 因此主要考虑 50cm 土层内的有效水分。

3.1.4 考虑温度的有效性, 必须考虑牧草生育的上、下限温度值, 而牧草生育的生物学上、下限温度值在不同的生育期是不同的。

综上所述, 水热指数的表达形式为:

$$IH = f(w) \cdot f(T)$$

$$= a \cdot \frac{w_i}{w_0} \cdot \sum \frac{T_i}{T_a - T_b} \quad (1)$$

式中 $f(w)$ 为土壤湿度项, $f(T)$ 为温度项, w_i 为土壤实测相对湿度, w_0 为土壤最适相对湿度, T_i 为气温, T_a 、 T_b 为生物学上、下限温度

值。 a 为其它因素影响系数, b 为各时段生物学下限温度, 要求 $T_i \geq b$ 。

3.2 水热指数的计算

根据式(1), 5—9月各月末的水热指数的计算式为:

$$IH = \begin{cases} 1.25 \frac{W_i}{W_c} \cdot \sum \frac{T_i}{22} & (T_i \geq 3^\circ\text{C}) \quad \text{返青—5月31日, 0—32天} \\ 1.25 \frac{W_i}{W_c} \cdot \sum \frac{T_i}{20} & (T_i \geq 5^\circ\text{C}) \quad \text{6月, 33—62天} \\ 0.5 \times 1.25 \frac{W_i}{W_c} \cdot \sum \frac{T_i}{20} & (T_i \geq 5^\circ\text{C}) \quad \text{7月, 63—93天} \\ 1.25 \times \frac{W_i}{W_c} \cdot Y_{TM} \cdot \sum \frac{T_i}{20} & (T_i \geq 5^\circ\text{C}) \quad \text{8月, 94—124天} \end{cases}$$

式中, W_c 为田间持水量; 当 $\frac{W_i}{W_c} = 0.8$ 时土壤水分最适合于牧草生长, 1.25 为最适牧草生长的换算系数; $\frac{1}{22}$ 为上限 25°C 、下限 3°C 时温度有效性系数; $\frac{1}{20}$ 为上限 25°C 、下限 5°C 时温

度有效性系数; 0.5 是牧草生长自身间的阻滞系数; Y_{TM} 为7月份牧草的气象产量, 是考虑牧草生长的前后相关性对8月份的水热利用影响而设置的。计算结果见附表。

附表 铁卜加站牧草产量预报模式数据资料/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

时间	5月			6月			7月			8月		
	$\bar{Y}$	$\bar{Y}_m$	IH	$\bar{Y}$	$\bar{Y}_m$	IH	$\bar{Y}$	$\bar{Y}_m$	IH	$\bar{Y}$	$\bar{Y}_m$	IH
1987	708.0			1962.0	0.1094	5.5572	2803.5	0.0465	3.1589	2959.5	0.0711	3.1229
1988	708.0	0.4984	3.2396	3108.0	0.7574	4.3428	3639.0	0.3583	3.6045	3610.5	0.3067	5.1383
1989	1560.0	2.3016	3.8554	3786.0	1.1409	4.4055	6000.0	1.2396	4.6904	6049.5	1.1895	9.9876
1990	805.5	0.7048	3.1110	2182.5	0.2341	3.7061	2440.5	-0.0873	2.8080	2454.0	-0.1118	2.5778
1991	250.5	-0.4698	2.6865	1195.5	-0.3240	3.0450	2001.0	-0.2531	3.0465	2340.0	-0.1531	2.2298
1992	124.5	-0.7365	2.4963	886.5	-0.4897	2.9795	1663.5	-0.3791	2.6625	1885.5	-0.3175	2.3160
1993	171.0	-0.6381	2.9124	1741.5	-0.0153	3.8060	2542.5	-0.0549	3.1079	2610.0	-0.0553	2.1671
1994	70.5	-0.8508	2.2891	493.5	-0.7209	2.0625	1425.0	-0.4692	2.5410	1209.0	-0.5624	1.7884
1995	84.0	-0.8222	2.3325	559.5	-0.6836	2.9165	1603.5	-0.4015	2.7110	1747.5	-0.3675	1.9946
$\bar{Y}_i$	4725			1768.5			2679.0			2763.0		
$\bar{Y}_i$	528.0			1869.0			2640.0			2760.0		

4 产量预报模式的建立

4.1 产量的分解

根据青海省铁卜加牧业气象试验站9年的观测资料分析, 平均返青期为4月29日, 牧草产量在8月31日以前呈“S”型曲线上, 0—32天为缓慢生长期, 产量积累速度为 $1.14\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 33—93天为旺盛生长期, 产量积累速度为 $3.62\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 94—124天为渐止生长期, 产量积累速度为 $0.27\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 黄

枯期由于枯枝败叶, 产量下降, 一年中呈单峰型。以历年各月末的平均产量作为平均经济产量, 各月末的实际产量与平均经济产量的差值作为气象产量, 表达式为:

$$Y_i = Y_t + Y_m \quad (3)$$

对气象产量作如下处理:

$$Y'_m = \frac{Y_i - Y_t}{Y_t}$$

$$\text{则 } Y_i = Y_t(1 + Y'_m) \quad (4)$$

式中 Y_t 为平均经济产量, Y'_m 为气象产量。

4.2 平均经济产量预报模式 $\hat{Y}_t$ 的模拟

以天为单位,用 Logistic 曲线进行模拟,模式为:

$$\begin{aligned}\hat{Y}_t &= C/[1 + \exp(a + bt)] \\ &= 2774.86/[1 + \exp(3.7655 - 0.0724t)]\end{aligned}\quad (5)$$

式中 a 、 b 值用最小二乘法求得,其中求算 a 、 b 值的 $r=0.9890$, $n=8$; c 为在当地平均条件下平均经济产量的理论上限,计算时首先采

$$\hat{Y}_m = \begin{cases} 0.0001705\exp 2.6218IH & 0-32 \text{ 天} & n=8 & r=0.9763 \\ -2.4094 + 0.7428IH & 33-93 \text{ 天} & n=15 & r=0.9417 \\ 0.8025\ln IH - 0.9193 & 94-124 \text{ 天} & n=8 & r=0.9773 \end{cases} \quad (6)$$

式(6)中 $\hat{Y}_m$ 为气象产量, IH 为水热指数。

4.4 产量预报模式

结合式(5)、式(6)的模拟结果,即可得出青海高原天然牧草产量预报模式为:

$$\hat{Y}_t = \hat{Y}_t + \hat{Y}_m$$

5 结语

5.1 本文设法将牧草产量分解,并用相似性原理和气象产量的形成规律为依据,设法将牧草产量的形成规律用数学方程表示,使牧草产量形成的动态问题转化为数学表达式的求解问题。

用概率度量法求算非线性量的度量,再反复应用等差三点法^[1],确定最佳值为 $2774.86\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, t 为牧草生长的天数,用天作单位,也可用旬作单位(本文用天作单位),模拟结果见附表。

4.3 气象产量预报模式的模拟^[2]

由于不同的生育时期, IH 的影响效应不同, Y_m 的增减也不一致, IH 与 Y_m 对应的曲线也不一样,模拟结果为:

5.2 我国对牧草产量的动态变化及预测预报多为定性或半定量,本文所用预报模式完全定量化,可求出任何时期的牧草产量。

5.3 本文预报模式中含有时间 t , 在应用中不但可求出牧草产量,而且一阶求导可求出不同生育时期的积累速度,二阶求导等于零,可求出不同生育时期可达到的最大值。

参考文献

- 1 魏淑秋. 农业气象统计. 福州: 福建科学技术出版社, 1985: 147—150.
- 2 冯定原. 农业气象预报情报方法. 北京: 气象出版社, 1988: 434—455.

The Yield Forecasting Model of Natural Herbage in Qinghai Highland

Yan Liangdong

(Haibei Meteorological Office, Qinghai Province 810200)

Abstract

According to the observations obtained at Tiebujia Animal Husbandry Meteorological Station in Qinghai province, the biological features of natural herbage growth, and the meteorological condition during different growth and development periods, the herbage yield is decomposed into the average economical yield and climatic yield. The animal husbandry meteorological index, or water-heat index, is designed and calculated. The formation rule of the natural herbage yield is analysed, and the yield in different stages is simulated. The forecasting model can be used to calculate the total yield, accumulative velocity of yield and the potential maximum yield.

Key Words: natural herbage yield water-heat index yield forecasting