

蔗糖生产最佳榨期和高糖期的预报

符 合 吴全衍·谭宗琨

(广西气象台, 南宁 530022)

提 要

分析广西 13 家糖厂历年实际榨期和榨季蔗糖分资料可知, 有大部年份的榨期安排不够合理, 从而降低了糖厂的经济效益。针对榨期安排的问题, 作者从分析蔗糖分积累动态变化入手, 将其分类进行模拟, 建立模型。阐述蔗糖分积累动态类型和原料蔗产量预报技术, 在此基础上, 比较系统地研究了蔗糖生产最佳榨期和高糖期预报的理论依据和预报方法。

关键词: 蔗糖生产 最佳榨期 高糖期 预报 蔗糖分积累

1 问题提出

蔗糖分积累是由低逐渐升高再由高逐渐下降的动态变化过程。在蔗糖生产中, 根据当年原料蔗总产和糖厂压榨能力, 将榨期安排在开榨和停榨时蔗糖分大致相等的相对高糖时段内, 是获得榨季最大总含糖量, 提高产糖量及糖厂经济效益的有效措施之一。

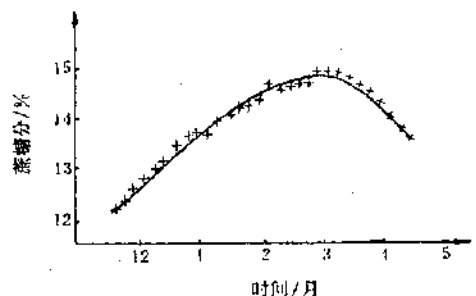
然而, 据分析广西 13 家糖厂历年的实际榨期和榨季蔗糖分资料, 有 60%—91% 的年份榨期安排不够合理: 多数年份榨期安排偏早, 开榨初期蔗糖分比较低, 而榨季往往在高糖期便结束了; 少数年份榨期安排偏迟, 当蔗糖分降至 10% 以下时仍未停榨, 不利于榨季蔗糖分和总含糖量的提高。

榨期安排不合理有诸多原因。有些年份由于原料蔗估产不准, 致使开榨前估算榨期所需天数过多或过少, 蔗糖分积累受每年天气气候条件(如秋季干旱、冬季低温等)变化的影响, 造成不同年份蔗糖分的高低、积累和下降速率的快慢以及高糖期出现迟早的明显差异。过去只根据当年原料蔗总产和常年的蔗糖分积累变化情况安排榨期, 造成榨期安排不够合理。对此进行蔗糖分积累动态变化的分类模拟, 建立模拟模型, 提出蔗糖生产最佳榨期和高糖期预报的理论依据和预报方法。

2 蔗糖分积累的动态模拟模型

2.1 总体状况的模拟模型

据统计分析广西 13 家有代表性的糖厂历年逐候平均蔗糖分资料发现, 蔗糖分积累动态过程可以分为 4 个阶段: 生长期的缓升阶段, 此阶段蔗糖分含量低, 积累的速率较慢; 快速积累阶段, 这是蔗糖分积累最迅速的时期, 但蔗糖分含量仍较低, 尚未进入工艺成熟期; 工艺成熟期后的缓升阶段, 其特点是蔗糖分含量高, 持续时间较长, 但上升速率比第二阶段慢; 下降阶段, 此阶段的前期蔗糖分下降速率比较慢, 但后期下降速率逐渐加快(如图)。从图中曲线上升和下降总的变化趋势来看, 前 3 个阶段呈 logistic 生长曲线变化, 后一阶段则呈指数函数曲线变化, 其积累动态模拟模型:



附图 逐候蔗糖分实测值

$$SC(t) = \begin{cases} \frac{SC_m}{1 + \exp(a + bt)} & (t \leq th) \\ p \exp(qt) & (t > th, q < 0) \end{cases} \quad (1)$$

式中: SC_m 为蔗糖分含量上限值, a, b, p, q 为常数, t 为时间变量, th 为曲线上升与下降的转折时间。

用式(1)对 13 家糖厂历年候平均蔗糖分资料进行模拟, 均获得较好的结果。如南宁糖厂的模拟模型为:

$$SC(t) = \begin{cases} \frac{15.4863}{1 + \exp(-3.2285 - 0.0949t)} & (R = 0.9981) \\ 15.1747 \exp(-0.0103t) & (R = 0.9605) \end{cases}$$

表明模拟模型能客观地反映实际蔗糖分积累的动态变化过程。

2.2 分类模拟模型

由于受天气气候条件和品种等的影响, 造成蔗糖分积累的年际差异。因此, 将历年蔗糖分积累过程划分为低糖、偏低、平糖、偏高、高糖等类型进行模拟, 进一步揭示不同类型蔗糖分的变化规律。

分类主要以历年榨季蔗糖分和 1 月蔗糖分为标准划分, 分类的方法是: 设 $\alpha(\beta_i)$ 为蔗糖分类型集, β_i 为各型子集 ($i=1, 2, \dots, n$), 即 $\alpha(\beta_i)$ 的取值区间为:

$$\alpha(\beta_i) \in [\beta_1, \beta_n]$$

$$\text{而 } \beta_i \in [SC_{i-1}, SC_i] \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中: } \begin{cases} SC_{i-1} = SC_{\min} + \Delta \cdot (i-1) \\ SC_i = SC_{\min} + \Delta \cdot i \end{cases} \quad (2)$$

$$\Delta = \frac{SC_{\max} - SC_{\min}}{n} \quad (3)$$

SC_{\max} 和 SC_{\min} 分别为用于分类的蔗糖分序列最大值和最小值, Δ 为分类级差, n 为类型数。

用上述方法对各糖厂历年蔗糖分进行分类, 各类均用式(1)模拟(模拟模型略)。蔗糖分积累分类模拟的结果比较好, 绝大部分模型的相关系数在 0.9 以上, 只有个别模型在 0.75—0.89 之间, 其信度均达 0.001 的显著水平。表明各类型的蔗糖分积累变化规律与总体状况的变化是一致的, 这就为分型预报提供了重要依据。

3 蔗糖分积累动态类型和原料蔗产量预报

蔗糖分积累动态类型预报和原料蔗总产量预报, 是开展最佳榨期和高糖期预报的基础。

3.1 蔗糖分积累动态类型预报方法

3.1.1 资料预处理

据对 13 家糖厂历年蔗糖分资料序列分

析, 除个别糖厂外, 大部分糖厂 1982 年以前无论是榨季、月、旬和候的蔗糖分均比较高, 1983 年以后却偏低。经 t 检验, 两段资料差异明显。产生这种差异的原因之一是有的糖厂对蔗糖分测定作了不同程度的调整。为了提高资料序列的真实性, 对 1983 年以后的资料必须进行适当订正。

设 $SC1_{ij}, SC2_{ik}$ 分别为 i 序列 1982 年以前和 1983 年以后的蔗糖分样本。样本长度分别为 m 和 $n-m$, 则两段样本的平均之差 δ_i 为:

$$\delta_i = \overline{SC1_{ij}} - \overline{SC2_{ik}}$$

$$(i = 1, 2, \dots, l) (j = 1, 2, \dots, m)$$

$$(k = m+1, m+2, \dots, n)$$

用 δ_i 对第二段的蔗糖分值订正为:

$$SC2'_{ik} = SC2_{ik} + \delta_i$$

订正后两段样本组成的新序列为 SC_i , 平均值为:

$$\overline{SC}_i = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^m SC1_{ij} + \sum_{k=m+1}^n SC2'_{ik} \right)$$

其距平值

$$\Delta SC_i = SC_i - \overline{SC}_i$$

用以上方法计算出历年榨季或 1 月蔗糖分的距平值, 视为气象蔗糖分, 并用其与气象因子进行相关统计, 建立预报模式。

3.1.2 预报模式

分别用大气环流和地面气象因子建立各糖厂榨季蔗糖分的预报模式, 各糖厂建立的模式均达 3 个以上(模式略)。各模式的历史拟合率和预报效果均比较好, 并能在开榨前作出预报。

冻害是影响蔗糖分及其积累的重要因素, 在广西, 甘蔗冻害往往出现在 12 月下旬或 1 月份, 因而, 1 月蔗糖分不仅可反映榨季蔗糖分的高低, 而且也是各类型蔗糖分积累

的重要标志。用大气环流因子建立了各厂1月份蔗糖分的多种预报模式(模式略),以便进行综合分析,做好蔗糖分类型预报。

3.1.3 类型集成预报

由于榨季蔗糖分和1月蔗糖分都建立3个以上的预报模式,在进行预报时,便各有若干个预报值,因此,首先根据前述 $\beta_i[SC_{i-1}, SC_i]$ 的取值区间确定预报值所属的蔗糖分积累动态变化类型(低糖型编码为1,偏低型为2,平糖型为3,偏高型为4,高糖型为5),然后用下式集成,作出类型预报。

$$C = (\sum_{j=1}^n Z_j + \sum_{i=1}^m V_i) / P \quad (4)$$

其中: C 为集成预报的类型, Z_j 为榨季蔗糖分预报的类型, V_i 为1月蔗糖分预报的类型, P 为各类型的总数, $P=n+m$ 。

由式(4)确定的 C 值是用榨季和1月蔗糖分各预报模式预报所属类型求算的,在实际预报中,除了利用 C 值外,还可根据当年气象条件对前期蔗糖分积累快慢的影响,未来长期天气预报和对其他糖厂的预报结果对 C 值进行综合判断,作出当年蔗糖分积累动态的类型预报。

3.2 原料蔗总产预报

糖厂原料蔗总产是确定最佳榨期的主要依据之一。总产 TY 由单产 Y 和甘蔗种植面积 S 构成,即

$$TY = Y \times S \quad (5)$$

原料蔗单产 Y 主要由三项分量构成:

$$Y = Y_t + Y_w + \epsilon \quad (6)$$

式中, Y_t 为时间趋势产量分量,是由农业生产技术水平提高所形成的产量,一般是逐年上升的,是时间的函数; Y_w 是气象产量分量,即因气象条件的波动而增加或减少的产量; ϵ 为随机误差,在一般情况下可忽略不计。因此,甘蔗单产构成可略为:

$$Y = Y_t + Y_w \quad (7)$$

式中 Y_t 用调和权重法求出。

用 Y_w 分别与大气环流和地面气象因子进行相关普查,建立原料蔗单产预报模式,用两种模式综合作出气象产量的预报,然后用式(7)计算出单产。

根据糖厂当年甘蔗可收面积,用式(5)求算原料蔗总产。

4 蔗糖生产最佳榨期和高糖期预报方法

最佳榨期预报是根据当年估计或预报的原料蔗总产、糖厂压榨能力和预估所需的洗机断槽天数,综合计算本榨季所需的时间长度,然后以预报的蔗糖分积累动态变化所属类型的曲线为依据,确定的在开榨和停榨时蔗糖分大致相等的相对高糖时段。高糖期预报,是根据所预报的蔗糖分积累动态变化所属类型的曲线,以某一蔗糖分作为界限,确定的蔗糖分均高于此界限的高糖时段。

从最佳榨期和高糖期的含义看出,预报最佳榨期和高糖期主要目的是为糖厂合理制定开榨和收榨时间提供决策依据,使之在蔗糖分相对较高的时段压榨,提高蔗糖分;同时,也为糖厂掌握当年高糖期出现的时间,增加压榨量,进行“高糖高榨”。

4.1 最佳榨期预报

4.1.1 预报思路

总产糖量 TPS 是由总含糖量 TSC 和总收率 TR 确定的,其关系式为:

$$TPS = TSC \times TR \quad (8)$$

TR 对同一糖厂来说变化较小,对 TPS 影响不大。总含糖量是原料蔗总产 TY 与榨季蔗糖分 SC 的乘积,即:

$$TSC = TY \times SC \quad (9)$$

同理,式(9)也适用于单位时间的含糖量,因此有:

$$TSC = \sum_{i=1}^n SC_i \cdot TY_i \quad (10)$$

由于单位时间蔗糖分 SC_i 是一时间函数,由式(1)确定,则:

$$TSC = \sum_{i=a}^{th} \left(\frac{SC_m}{1 + \exp(a + bt_i)} \right) \times TY_i + \sum_{j=th}^{th} P \cdot \exp(qt_j) \cdot TY_j \quad (11)$$

式中单位时间压榨量不是时间函数,但可视为生产正常情况下全榨季压榨量的日平均值,则 $TY_i = TY_j = \overline{TY}$,且 \overline{TY} 小于等于压榨设计能力,式(11)可写成:

$$TSC = \overline{TY} \left[\sum_{i=a}^{th} \frac{SC_m}{1 + \exp(a + bt_i)} + \sum_{j=th}^{th} P \exp(qt_j) \right] \quad (12)$$

从式(12)可知: TSC 的值由式(1)决定。

因式(1)为连续性函数,则式(12)的积分形式为:

$$TSC = \overline{TY} \left(\int_{t_h}^{t_h} \frac{SC_{max}}{1 + \exp(a + bt)} dt + \int_{t_h}^{t_e} P \exp(qt) dt \right) \quad (13)$$

式(13)的含义是:在 $[t_s, t_e]$ 区间内,总含糖量 TSC 是 $[t_s, t_h]$ 和 $[t_h, t_e]$ 两区间蔗糖分变化曲线与横轴(时间轴)所围成的面积之和与平均日榨量 \overline{TY} 的乘积。

从两段积分的上下限可看出: t_s 和 t_e 分别是榨季的开始和结束时间,其长度由估算的所需经历天数 D 确定。而 D 则由原料蔗总产 TY ,平均日榨量 \overline{TY} 和洗机断槽时间 θ 求算:

$$D = TY / \overline{TY} + \theta \quad (14)$$

D 还必须满足:

$$D = t_e - t_s \quad (15)$$

且 t_s 点处的蔗糖分值等于 t_e 点处的蔗糖分值,即:

$$\frac{SC_m}{1 + \exp(a + b \cdot t_s)} = P \exp(q \cdot t_e) \quad (16)$$

这样,榨季总含糖量 TSC 达到最大。由此不难看出,最佳榨期的确定要先求出 t_s 和 t_e 。

设 $t_h=0$,用泰勒级数对式(16)两边展开,取级数前三项和,整理后求出 t_s 或 t_e 的解。

4.1.2 预报方法

在预报最佳榨期时,必须求出榨季经历天数 D 及榨季开始时间 t_s 和结束时间 t_e 。

D 值由式(14)求算。

原料蔗总产 TY :应用模式作出的原料蔗总产预报或糖厂作出的总产估计值作为当年原料蔗总产,在具体应用时,最好把两项进行综合分析判断,作出预报。

平均日榨量 \overline{TY} :在生产正常的情况下,可用近几年的榨季平均日榨量的平均值作为 \overline{TY} 。

停机时间 θ 等于洗机时间加上断槽时间。在实际生产中,停机时间随榨期时间长短而异,一般15天洗一次机,因此,用 TY/\overline{TY} 求出榨期所需的时间长度后,便可估算总的停洗机时间,并预留1—2天。

在计算 t_s 和 t_e 前,首先用榨季和1月的蔗糖分预报模式分别预报出蔗糖分值,并用其判断出蔗糖分积累动态变化所属的类型,然后分别求算出 t_s 和 t_e 的值, t_s 到 t_e 的时间长度便是最佳榨期。但当原料蔗总产过多时, t_s 到 t_e 的时间就会很长,特别是榨季结束时间 t_e 太迟,不仅对迟砍的宿根蔗产量有影响,而且也不利于集中人力抢插早稻和经济作物的管理。在这种情况下,应适当向前调整 t_s 和 t_e 。

4.2 高糖期预报

高糖期预报与最佳榨期预报的不同点是:它仅考虑了蔗糖分积累动态过程中蔗糖分大于某一高糖界限值,而不需考虑原料蔗总产等因素。因此,蔗糖分大于某高糖界限值 St 所对应的高糖开始时间 tv 和结束时间 tw 满足下式:

$$\begin{cases} \frac{SC_m}{1 + \exp(a + b \cdot tv)} = St \\ P \exp(q \cdot tw) = St \end{cases} \quad (17)$$

St 是一个常变量,在一般的情况下,可以13.5%作为高糖期开始和结束期的下限值。而有些年份因受低温霜冻或干旱的影响,虽然榨期内也有相对高糖期,但大于13.5%的高糖期很短甚至均在13.5%以下,显然仅用13.5%作为高糖期的下限值是不够的。因此,宜根据不同蔗糖分积累动态变化类型合理确定 St 值。而如何确定 St 值才算合理,这是确定高糖期的一个很重要的问题。笔者认为高糖期的时间安排不宜过长或过短,其时间长度占榨季经历天数的一半左右较为适宜。

St 值确定后,用式(17)即可求算出 tv 和 tw 值,则 tv 到 tw 的时间就是预报的高糖期。在实际应用时, St 可为一组常变量 $St_i (i=1, 2, \dots, n)$,用式(17)可计算出一组与其相对应的高糖期或相对高糖期的开始时间 tv 和结束时间 tw ,即:

$$f(St_1, St_2, \dots, St_n) = \{(tv_1, tw_1), (tv_2, tw_2), \dots, (tv_n, tw_n)\}$$

得蔗糖分各界限值 St_i 对应的时间长度 D'_i 为:

$$D'_i = |tv_i| + |tw_i| \quad (18)$$

而各相邻的 St_i 值对应的间隔时间长度为:

(下转封二)

(上接第 53 页)

$$D'_{i+1} - D'_i = \Delta tv_j - \Delta tw_j \quad (19)$$

其中:

$$\begin{cases} \Delta tv_j = |tv_{i+1}| - |tv_i| \\ \Delta tw_j = |tw_{i+1}| - |tw_i| \end{cases}$$

式(18)和(19)不仅可以求出各蔗糖分界限值 St_i (如 12.5%、13.0%、13.5%) 的开始时间到结束时间的长度 D'_i , 还可计算出各蔗糖分界限值的间隔时间长度, 供糖厂掌握蔗糖分积累的时段变化, 合理安排各时段的压榨量。

5 效果检验

最佳榨期预报的效果可分别采用两种计算方法进行检验。以下仅以南宁制糖造纸厂 1965/66—1966/67 年和 1969/70—1988/89 年共 22 个榨季为例(1967/68、1968/69 两年资料缺)。

5.1 历史资料计算方法检验

首先统计出各榨季的经历天数, 求出各榨季最佳榨期的开始时间 ts 和结束时间 te , 然后将各候的榨蔗量移到与 ts 到 te 相应的时段, 并分别与该候的蔗糖分实测值和同一类型的蔗糖分积累模型的外延值相乘, 求出各候的含糖量, 累加后得各榨季从 ts 到 te 期间的总含糖量。将该总含糖量与实际榨期所计算的总含糖量进行比较, 前者比后者的含糖量除了个别榨季相同外, 绝大部分都有不同程度的增加, 其中增加 < 300 吨的有 7 个榨季, 占 31.8%, 300—500 吨的 6 个榨季, 500—1000 吨的 5 个榨季, 1000—1600 吨的 4 个榨季, 分别占总榨季数的 27.3%、22.7% 和 18.2%。

5.2 模型计算方法检验

根据各榨季的总榨蔗量和经历天数, 计算出各榨季的平均日榨蔗量, 选用各榨季蔗糖分变化所属的模拟模型, 分别求出各榨季的 ts 和 te 值, 然后用式(13)计算出各榨季从 ts 到 te 之间的总含糖量, 与实际榨期计算所得的总含糖量进行比较, 大部分榨季的总含糖量都可增加, 其中增加 < 300 吨的有 7 个榨季, 占 31.8%; 300—500 吨的 3 个榨季, 500—1000 吨的 5 个榨季, 1000—1600 吨的 3 个榨季, > 1600 吨的 4 个榨季, 分别占总榨季数的 13.6%、22.7%、13.6% 和 18.2%。

从上述两种计算方法检验结果可知, 应用本文所研究的最佳榨期预报方法安排榨期, 可提高榨季糖分, 增加总含糖量, 其经济效益是明显的。

6 小结

本文所研究的蔗糖生产最佳榨期和高糖期预报方法, 主要建立在蔗糖分积累动态变化模拟模型基础上, 综合应用了原料蔗总产、榨季蔗糖分、蔗糖分积累动态类型预报以及糖厂的压榨能力等, 提出最佳榨期和高糖期预报的概念, 用数学方法比较系统地阐述了最佳榨期和高糖期预报方法, 经检验, 效果比较好。但是, 由于最佳榨期和高糖期预报是一个新的研究课题, 技术上比较复杂, 因此, 本研究尚存在不足, 如所模拟的各类型蔗糖分积累动态模型, 仅反映了各类型蔗糖分的平均状态, 在应用时会产生一定的误差, 这有待进一步研究解决。

A study on the forecast of the optimum crushing stage and the high sugar stage in the production of the cane sugar

Fu He Wu Quanyan Tan Zongkun

(Guangxi Weather Station, Nanning 530022)

Abstract

A analysis of the practically crushing stage and the sucrose content data in the crushing season in thirteen sugar mills in Guangxi Province, suggests that most of the arrangements of crushing stage are not rational. According to the sucrose contents accumulated and simulations, a mode is developed. Researches on forecasts of the optimum crushing stage and the high sugar stage in the production of cane sugar, have been systematically conducted.

Key Words: production of the cane sugar optimum crushing stage high sugar stage forecast sucrose content accumulation