

霜冻甘蔗 的制糖过程

丘泰球 编著



华南理工大学出版社

霜冻甘蔗的制糖过程

丘泰球 编著

华南理工大学出版社

内 容 简 介

本书先从甘蔗的生理特点系统地叙述了甘蔗霜冻的发生，甘蔗霜害后的植物特性及其生理变化；再根据作者多年来从事霜冻甘蔗的处理的研究和调查，从中总结了各地处理霜冻甘蔗的经验；以大量的试验数据和生产数据对甘蔗霜冻后在制糖过程中的具体表现和造成的损失及其处理方法作了论述。

本书可作处理霜冻甘蔗对策的依据，可供制糖工业的广大职工、工程技术人员和大、中专院校制糖专业师生参考。

霜冻甘蔗的制糖过程

丘泰球 编著

责任编辑 刘赞华

华南理工大学出版社出版发行

(广州 五山)

广东省新华书店经销

华南理工大学印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：2.5 字数：56千字

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数1—1,000

ISBN 7-5623-0082-8/TS·5(课)

定价：0.55元

前 言

甘蔗是不耐霜冻的作物。霜冻不仅有害于甘蔗的生长，而且严重地影响到蔗汁的成分，使非糖分及胶体物质都有所增加，蔗汁澄清性能恶化难于制成糖，给制糖工业带来很大的损失。

我国蔗区分布很广，除海南省外，其它地区每年都有遭受霜冻的可能性。因此，如何有效地防止霜冻，以及如何有效地处理霜冻甘蔗是制糖工业关心的课题。

本书在编写过程中，作者注意了以生产实际为主，对霜冻甘蔗在制糖过程中的具体表现及其处理方法作了较为详细的叙述。但由于作者水平有限，该书只能起个抛砖引玉的作用，并恳请读者批评指正。

本书分四章，第一章共四节，华南农业大学丘醒球老师参加这一章的编写，并请华南农业大学臧经文教授审阅。全书写完后，华南理工大学陈树功教授对全书进行了审阅并写了《序》。对此，一并表示感谢。

作者 一九八八年六月于广州

序

霜冻与旱涝、台风一样，都是灾害性的天气，不仅严重地影响糖料——甘蔗的生长，而且也使甘蔗变质，变成顽性，难于制成糖。我国蔗区经常有霜冻为害，给制糖工业带来很大的损失。但迄今为止，我国仍未有解决霜冻甘蔗制糖的专门书籍。

本书作者曾在重霜冻蔗区浙江省义乌糖厂工作多年，对霜冻甘蔗处理有较深入的研究，积累了不少实践经验。1976年冬曾受安徽省巢县甘蔗糖厂的邀请前往协助解决霜冻甘蔗制不成糖问题，卓见成效。作者调来华南理工大学后，继续注意和搜集国内外有关“霜冻甘蔗处理”文献，于1983年又受广东省翁源糖厂的邀请，协助处理霜冻甘蔗所造成制糖的严重问题，处理结果，糖分回收大幅度提高，并扭转了该厂多年来生产上亏损的局面。

现作者把多年研究和生产实践写成本书，无疑是很有参考价值的。

关于霜冻甘蔗的处理内容，涉及面广。本书虽经审校，恐仍有错漏，敬希读者批评指正。

陈树功

1986.10于广州

绪 论

甘蔗这种糖料植物原产于热带和亚热带地区，其栽培分布亦以这一地区为主，即以南北纬25度为最普遍。由于品种驯化和栽培技术的改进以及人们对糖的要求量增加，其分布现已遍及南北纬30°内外的一些地区。在这些地区常年有严重霜冻出现，例如北纬29°以北的我国浙江、湖北、江苏、河南、安徽等省的甘蔗产区，每年十一月初开始出现霜冻，冬季最低温度-8℃~-12℃；美国路易斯安那州所属蔗区，每年榨季最低气温达-10℃；在巴基斯坦 Punjab 省和西北的 Frontier 省，每逢冬季12月至2月间遭受包括冰冻和霜冻的寒冷气候。我国蔗区基本上位于北纬18°~33°之间，除海南岛南部少受大陆寒潮影响外，其它地区在冬季都有可能受到不同程度的霜冻威胁。

低温霜冻对甘蔗的危害是严重的，既影响当年的甘蔗产量和质量，还影响种苗的质量和数量，甚至造成种苗大量缺乏，又会冻死蔗蔸，影响次年的宿根甘蔗。据巴基斯坦 Fecto 糖厂的估算，每次霜冻年后，该地区甘蔗收获量较之正常年分减低约20~30%。

低温霜冻不仅有害于甘蔗的生长，而且严重地影响到蔗汁的成分，使蔗糖分下降，还原糖分增加，自然磷酸值降低，蔗汁酸度和胶体加大，钙盐含量提高，蔗汁澄清性能恶化，成为顽性蔗汁。霜冻蔗汁在澄清过程中的表现是沉降缓慢，泥汁体积增大，过滤不良，清汁浑浊，蔗汁泡沫增加，色值

加深，蒸发罐积垢增多。其后果则是糖膏难煮，分蜜困难，产糖率低，产品质量难于达到指标要求。严重时，煮不成糖，得到的只是一种没有晶粒的糖稀。明代宋应星《天工开物》一书对此早有记载。“……韶雄以北，十月霜侵，蔗质遇霜即杀，其身不能久待以成白色，故速伐以取红糖也。凡取红糖，穷十日之力而为之，十日以前，其浆尚未满足。十日以后，恐霜气逼侵前功尽弃。故种蔗十亩之家，即制车釜一付，以供急用。若广南无霜，迟早惟人也”。由此可见，霜冻之后，不易成糖早被我国古代劳动人民所认识。

中国气象专家朱明道最近预言^[1]，中国的气候趋于变冷，这种气温下降的总趋势可能要持续到本世纪末。大约八十年代末九十年代初期间，将是本世纪内中国最低温时期，到时将出现春寒、夏冷和严冬。他说，近五百年地球处于一个气候寒冷周期，这是五千年来降温幅度最大的一次气候变化，北半球和中国的气候都在变冷。他又说，中国近五百年气候变化的规律证明了这一点，1470年以来的五百多年间，中国气候四次变冷，三次变暖，每次都历时五十年左右，目前正处于1963年开始的第四次变冷期。

新民晚报1988年5月26日报道了黄怀撰写的“太阳在变冷”一文，该文指出，太阳每6分钟照射到地球表面热量为每平方厘米1.95卡，也就是每平方厘米为0.136瓦特。这个数值称为“太阳常数”，从1837年人们使用这个常数以来，始终没有改变过。近几年来，由于人造地球卫星和地面观测站先进现代化测量仪器使用，使这个常数精确到十万分之五，结果发现，从1978年开始，太阳辐射强度每年下降了十万分之十六，假如这种情况持续半个世纪的话，后果十分明显，那时候我们从太阳那里就要少得到百分之一的热能，地球就

会出现“一个小冰川期”，其实这种全球性变冷时期，在1500年至1850年间早已出现过了。太阳变冷原因，目前科学家们众说纷纭，莫衷一是，主要说法有以下两种：一是认为地球直径扩大的缘故，二是认为与太阳活动周期有关。

但近年来也有文献报导，由于世界上工业迅速发展，地球接受到的热能量在增加，使南北的温度差逐渐减小，冷空气的势力减弱而暖空气的势力增强。

尽管气象部门的预言有所不同，作为制糖工作者应从威胁制糖工业最坏的天气去提出新的课题，这就是面临变冷期如何去减少霜冻蔗的糖分损失，克服霜冻蔗制糖过程的困难，提高霜冻蔗的制糖率。

建国以来，我国蔗区经历过二次严重霜冻，一次是1959年初，另一次是1973年，甘蔗和蔗糖都受到一定程度的损失，但制糖工作者也同时积累了对处理霜冻蔗经验，提高了对霜冻蔗的认识。作者曾在霜冻频繁的浙江省义乌糖厂工作多年，并曾在安徽等省一些属霜冻蔗区的糖厂协助处理霜冻蔗，对霜冻蔗的发生及其处理方法有较深认识，本书根据作者多年来对霜冻蔗所作的研究，并收集了一些各地处理霜冻蔗的一些经验，参考了一些国内外有关文献，对霜冻蔗的发生，霜冻给甘蔗生产和制糖过程所造成的损失，霜冻甘蔗对制糖过程的影响及其处理技术作了较系统的介绍。

目 录

绪论	(1)
第一章 甘蔗的霜冻害	(1)
第一节 甘蔗的产地和生长的气候条件	(1)
第二节 甘蔗受霜冻害的温度及影响甘蔗霜冻害程度的因 子	(2)
第三节 甘蔗受霜冻害的植物特性及其生理变化	(10)
第四节 甘蔗受霜冻害微生物的感染和蔓延	(11)
第二章 霜冻害给甘蔗生产和制糖过程造成的损失	(15)
第一节 原料蔗受霜冻害的坏变损失	(15)
第二节 霜冻甘蔗压榨过程的糖分损失	(19)
第三节 霜冻甘蔗制糖过程的无形损失	(20)
第四节 霜冻甘蔗制糖过程中滤泥带走的糖分损失	(23)
第五节 霜冻甘蔗制糖过程中废蜜带走的糖分损失	(24)
第三章 霜冻甘蔗对制糖过程的影响	(27)
第一节 霜冻甘蔗主要成分的变化	(27)
第二节 霜冻甘蔗制糖过程的具体表现	(32)
第四章 霜冻甘蔗的处理技术	(37)
第一节 霜冻甘蔗的原料处理	(37)
第二节 霜冻甘蔗提汁技术	(41)
第三节 霜冻甘蔗的澄清处理	(43)
第四节 霜冻甘蔗低纯度糖膏的煮制技术	(56)
第五节 霜冻甘蔗的助晶技术	(64)
第六节 霜冻甘蔗的分蜜技术	(65)

第一章 甘蔗的霜冻害

第一节 甘蔗的产地和生长的气候条件

甘蔗是喜温的作物，在高温多湿、阳光充足的条件下，一年四季都可以种蔗。同时，不论在海拔四千米的高原或滨海的平原，甘蔗都能生长，因此，甘蔗蔗区在世界范围内的分布极其广泛。然而，甘蔗的生长和其它的植物一样，也要受到各种自然条件的限制，其中尤以气温及雨量这两个气象因素的影响最大。在全年温度较高，一年四季气温变化不大的热带蔗区，甘蔗成熟的主要诱导条件便是生长后期水分供应的减少，故其成熟期与这些地区的干旱季节相吻合。例如古巴，年平均气温 24°C 左右，最高7月分平均气温 28°C ，最冷1月分平均气温仍达 22°C ，年较差仅 6°C ，其成熟期与旱季一致（11月至次年4月），或依靠灌溉加以调节。而温带蔗区甘蔗生长的主要限制是低温、霜冻，这里的甘蔗往往未及成熟就被迫提前收割。例如，我国浙江省，立冬前后如遇寒潮袭击即有初霜出现，当地有句俗语：“有糖无糖立冬榨糖”。这是根据气温影响因素确定开榨时间，而不是根据甘蔗是否成熟去确定，由于生长期短，生长量不足，所以温带蔗区的甘蔗其含糖分及产量均受到抑制。

介于热带蔗区和温带蔗区之间的是亚热带蔗区，在此蔗

区中也会出现低温、干旱，但低温不致迫使甘蔗在未成熟时就要收割，而干旱也不象热带蔗区那么明显，所以两者都不是主要的限制因素。

据考查，甘蔗原生于热带地区，由于亚热带地区的气候条件对于延长生长季节，获得高产有利，致使世界甘蔗产区的分布以南北纬度的 20°C 等温线和南北回归线之间的亚热带最为普遍。但随着耐寒品种的出现其分布现已伸延到北纬 33° 至南纬 30° 的范围。

我国蔗区分布很广，地跨热带、亚热带及温带，其中以热带、亚热带及南温带为主要产区，基本上分布在北纬 $18^{\circ}\sim 33^{\circ}$ 之间。甘蔗产区以广东、广西、福建、四川、台湾等省为主；云南、贵州、湖南、江西、浙江等省次之，在长江以北至黄河滨的地区现在也在种植。江苏、安徽、湖北、河南等省，七十年代开始相继出现了甘蔗制糖厂。

第二节 甘蔗受霜冻害的温度及影响

甘蔗霜冻害程度的因子

一、霜和霜冻的形成

甘蔗遭受霜冻危害时，往往有霜出现，因此人们就易将霜冻引起的危害误认为是霜造成的。其实，“霜”和“霜冻”两者意义是有区别的，霜冻主要是温度降低到足以引起甘蔗遭受伤害或死亡的程度，而“霜”本身对甘蔗并无直接影响，是水汽冻结在甘蔗表面上的冰晶。有时因空气中水汽很少，虽然温度降低到甘蔗所能忍受的限度以下引起甘蔗受冻或因此而死亡，可是蔗叶面上并没有霜，这时就是发生了霜

冻但并没有霜；反之，有时早上蔗叶面上发现有白霜，甘蔗却未受冻，也就是说并没有遭受霜冻，这是因为在形成霜时水汽冻结要放出大量的热，阻止了温度继续下降，保持在 0°C 左右，而甘蔗 0°C 并不一定受冻。一般情况下，形成霜以后，温度都不致再下降得十分剧烈，而发生严重霜冻时一般都是没有霜。例如，湖南省邵阳市糖厂，1984年1月6日最低气温 4.2°C 出现白霜，而1月22日最低气温 -4.3°C 却未发现白霜。

霜冻的发生通常有两种原因^[2]，即北方冷空气的侵袭引起气温明显下降，或由于地形、地势和土壤表面状况有利于辐射冷却使地面热量散发迅速，就容易形成霜或霜冻。

由于北方强大冷空气的侵袭，直接使当地温度下降至 0°C 以下所形成的霜冻称平流霜冻，平流霜冻出现时温度较低，可以持续几昼夜，对甘蔗危害极大，我国地处北纬 27° 以北的蔗区常有平流霜冻发生；在天气晴朗无风的夜晚地面大量向外辐射热量，使近地面气温降到 0°C 以下所形成的霜冻称辐射霜冻。辐射霜冻的强度一般较弱，短时间出现 0°C 以下的低温（最长4~6小时），故对甘蔗的危害性不太大，我国地处北纬 24° 以南，北回归线以北的蔗区所出现的霜冻一般是以辐射霜冻为主；当北方冷空气南下，引起气温急剧下降，但还不足以引起当地温度下降至 0°C 以下，到夜间由于辐射冷却作用，继续降温而发生的霜冻称混合霜冻，对甘蔗的危害较大，我国粤北蔗区所出现的霜冻以混合型为主，也有一些平流霜冻。

二、甘蔗受霜冻害的温度

甘蔗是热带、亚热带作物，较长时间在 0°C 以上的低

温，蔗株组织细胞间和细胞内虽没有结冰，但会引起生理机能的障碍，使生理机能失调而受伤害；当气温降到 0°C 以下时，则引起甘蔗体内细胞空隙之间的水分变成冰晶，冰晶又吸取细胞中渗透出来的水分逐渐长大，这样不仅消耗了细胞的水分，还因为冰晶的逐渐增大，使细胞受到机械压缩而损伤。细胞液的浓度由于细胞水分向外渗而越来越浓，原生质脱水越来越多，原生质胶体终于因严重脱水而发生变性，使胶体物质沉淀，导致甘蔗死亡^[3]。

从甘蔗的生物学特性来看，以及根据近几年来四川、广西的经验，认为甘蔗的霜冻害一般是 -1°C 左右的低温时出现，但由于蔗株的各部位的抗寒能力不同，因而受冻害的温度不尽相同。据轻工业部甘蔗糖业科学研究所提供的数据是，生长点的致死温度在 $-0.47^{\circ}\text{C} \sim -2.5^{\circ}\text{C}$ ，全茎的致死温度在 $-0.72^{\circ}\text{C} \sim -1.64^{\circ}\text{C}$ ，叶部的致死温度在 $0.57^{\circ}\text{C} \sim -0.81^{\circ}\text{C}$ ，而侧芽的致死温度在 $-2^{\circ}\text{C} \sim -2.5^{\circ}\text{C}$ 。从致死温度看，蔗株各部受冻害的顺序是：叶片 $\rightarrow$ 生长点 $\rightarrow$ 蔗茎 $\rightarrow$ 侧芽。

三、影响甘蔗霜冻害程度的因子

甘蔗受冻害的程度受多种因素影响，具体来说，主要与如下因子有关：

（一）低温的程度和低温持续时间的长短

霜冻对甘蔗的为害是，绝对温度越低受冻害越严重，低温持续的时间越长受冻害越严重，一般 -6°C 以下低温持续 0.5 小时左右即可造成霜冻为害， $-3^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ 低温持续 4 小时左右即可造成霜害。绝对低温虽不很低，但持续时间过长则仍可造成较大的霜冻害。从资料中反映，美国路易斯安那州作过调查，在 -0.56°C 持续 48 小时所造成的冻害可相当于

-3.9℃低温持续4小时所造成的冻害^[4]。

我国轻工业部甘蔗糖业科学研究所广东韶关地区亦作过调查，从霜冻对甘蔗生长点致死温度的调查结果说明：霜冻固然是生长点致死的基本原因，但低温的持续时间往往是加剧冻害的重要因素。试验测定（见表1-1）指出^[5]：在与甘蔗生长点同高度的气温，-1.1℃时，持续5分钟，生长点死亡率20%，在-1.2℃时，持续22分钟，生长点死亡率增至55%，由此可见，气温越低，持续时间越长，甘蔗受冻害就越严重。

（二）地形条件

霜冻对甘蔗的冻害和地形的不同有很大的关系。低洼

表 1-1 甘蔗生长点的致死低温

株间微气象条件（蔗行中与生长点同一高度的气温）	低温持续时间 （分钟）	0℃低温累积 持续时间 （分钟）	生 长 点 死 亡 %
-0.1℃	10	10	0
-0.7℃	10	20	0
-0.9℃	10	30	0
-1℃	8	38	10
-1.1℃	5	43	20
-1.2℃	22	65	55
-1.3℃	5	70	50
-1.4℃	5	75	90
-1.5℃	10	85	95
-1.7℃	13	99	85
-1.8℃以下	5	103	100%死亡

地、深谷地和被森林包围的空地的甘蔗受霜冻害的程度严重，这是因为空气不够流通，冷空气容易积聚、密度大，因而霜冻严重，甘蔗受害深（见图1-1）。蔗区农民说：“霜打洼地蔗”就是这个道理。（见图1-2）。

（三）坡位和坡向

山坡不同部位上的甘蔗受害程度也不一样，一般来说，山坡中部（即山腰）霜冻最轻，山坡上部（即山顶）次之，而山坡下部（即山脚）霜冻最严重，这是因为斜坡上部冷空气较重，常常往下流，但冷空气在斜坡上是停留不住而下沉



图 1-1 被森林包围的空地上的甘蔗受霜冻害的情况

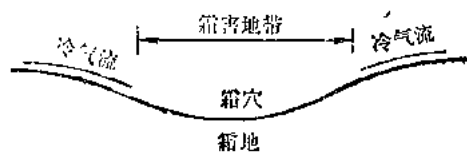


图 1-2 低洼地的甘蔗受霜冻害情况

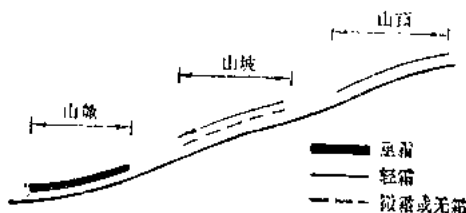


图 1-3 山坡不同部位上的甘蔗受霜冻害程度

堆积在山坡下部的缘故。（见图1-3）。

坡地甘蔗，一般北坡受霜冻害最严重，南坡最轻，东坡及东南坡较西南坡重。这是因为冷空气从北方南下时，北坡正对风向，南坡处于背风。东坡及东南坡与西坡及西南坡的差异是因为东坡及东南坡早上被太阳光照射得早，温度回升较迅速，霜冻就较重。

（四）距河湖或海洋地区的远近

靠近大河、湖泊或海洋的地区，由于水汽充沛，温度下降时水汽凝结释放潜热，使温度下降减慢，不易发生霜冻，蔗株受害较轻。

（五）土壤状况

土壤状况对霜冻的发生和强度有很大的影响，对甘蔗受冻害的程度有很大的关系。干松的土壤和沙性大的土壤表面，由于土壤颗粒间有许多空气，空气是不良的导热体，所以这类土壤的热容量和导热率小，白天得到的热量只限于表面，夜晚冷得快，容易形成霜冻，甘蔗受冻程度大，而潮湿紧密的土壤和粘土则相反，水分的存在不仅增强了土壤的导热率，而且也增大了热容量，所以土壤的温度不易降低。据气象部门的观测，在同样的天气条件下，潮湿的土壤要比干松的土壤温度高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，因而潮湿的土壤和粘土壤的蔗株冻害相对较轻。

（六）甘蔗品种

不同的甘蔗品种，由于其形态特征及生理特性方面的不同，因而其抗霜的能力亦不同。受霜冻害的程度也各异。浙江省义乌糖厂曾作过不同甘蔗品种霜冻前后的变化试验，试验表明（见表1-2），粤糖59/264的抗霜能力比印度290强，霜冻后蔗糖分下降数较低，还原糖增加数较少。

表 1-2 不同甘蔗品种霜冻前后变化试验

日 期	品 种	蔗糖分	纤维分	还原糖	还原糖	重力纯度
		%	%	%	蔗 糖 %	%
1973年12月	粤糖59/264	12.14	8.75	1.02	8.41	84
10日(未冻)	印度290	9.1	8.04	2.34	25.84	69.76
1973年12月	粤糖59/264	11.66	9.23	1.32	11.24	81.21
31日(已冻)	印度290	8.11	8.47	3.53	41.88	63.28

最近国外报导^[6], C.P.61—37在美国路易斯安那州比比较耐冻。俄伯罗尔(Oberol)在印度拉加生(Rajasthan)进行了十个品种的研究,观察到C.1243、C.1223及C.129受霜冻的影响最小,后面这个品种被推荐种植。G.辛格和S.辛格(G. Singn and Singn)在印度路得海拉(Ludhiana)进行甘蔗耐霜冻试验研究,发现C.1148最耐霜冻,而C.312对霜冻最敏感。席的克(Siddig)发现C.P.48—103在巴基斯坦的马登(Mardan)是受霜冻影响最小的品种。哈特曼载维里埃(Dhotmande Yillers)观察到BL19在巴基斯坦康甫(Khanpur)是一个能耐严重霜冻的品种。航伯特和依尔文(Humbert and Irvine)报导N. C.310为耐寒品种。

同一品种在不同地区其抗霜能力也不同。随着品种向北推移,甘蔗生长点耐寒性逐渐加强,因而甘蔗生长点的致死温度会更低。如台糖134生长点在广州地区是在 -1.5°C 致死,而在华中蔗区其冰点则低达 $-2^{\circ}\text{C}\sim-2.5^{\circ}\text{C}$ 左右^[7]。

1973年底我国遭受较严重的霜冻,对各地新、旧良种是