



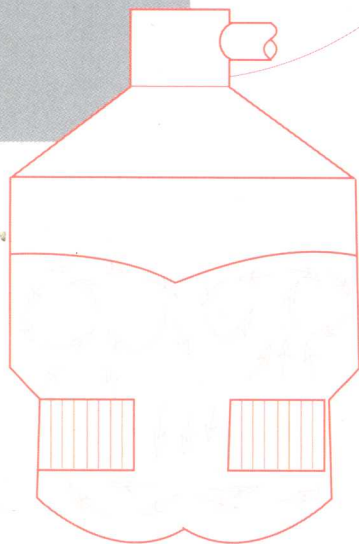
GAODENG XUEXIAO ZHITANG GONGCHENG ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校制糖工程专业教材 •

现代甜菜制糖 工艺学

MODERN BEET SUGAR
TECHNOLOGY

郭成宇 主编



高等学校制糖工程专业教材

现代甜菜制糖工艺学

郭成宇 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代甜菜制糖工艺学 / 郭成宇主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2015. 7

高等学校制糖工程专业教材

ISBN 978-7-5184-0176-5

I. ①现… II. ①郭… III. ①甜菜制糖—高等学校—教材 IV. ①TS244

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 018036 号

责任编辑: 苏 杨

策划编辑: 马 妍

责任终审: 滕炎福

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全

责任校对: 燕 杰

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 27.5

字 数: 630 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0176-5 定价: 70.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

140530J1X101ZBW

前 言

我国的甜菜及甘蔗产糖区主要分布于广西、云南、广东、海南、黑龙江、新疆，这6个省区的食糖产量约占全国总产量的94%。近年来，我国的蔗糖产量最高达1500万t，为世界第三产糖大国。据统计，2010年上半年，全国制糖行业规模以上工业企业累计完成工业总产值超455亿元，实现利税总额逾50亿元。

近年来，在我国广大糖业科技人员的努力下，我国糖业生产的技术与装备水平都得到了明显的提高；在生产线设计与制造方面，大规模制糖生产线已实现了全面自行设计、制造和安装。例如，日处理甘蔗1.6万t的制糖生产线和日处理甜菜3000t的制糖生产线等都投入了使用，并带来了显著的社会效益与经济效益。

在新型糖业加工装备方面，成功研制并推广了高效撕解机、环保高效烯硫炉、自动调节硫熏中和器、快速沉降器、全自动板框过滤机、无滤布真空吸滤机、板式换热器、喷射雾化式冷凝器、高效捕汁器、强制循环结晶罐、连续助晶机、大型全自动离心机等高效新型的现代化设备；在制糖生产过程控制系统研制方面，积极推广了均衡进榨计量控制系统、甘蔗压榨自动控制系统、糖厂蒸发过程DCS控制系统（集散控制系统）、全自动煮糖控制系统以及锅炉全自动控制及能源集中管理系统等；在制糖新技术研发方面，不仅完成了磷浮法新技术的改进和推广，使食糖产品的质量稳步提高，而且还研发出一些达到或接近国际先进水平的新技术，如低硫制糖新技术、烟道气余热利用技术、甜菜干法输送技术、制糖过程集成控制系统、糖厂用水深度处理与循环利用技术等。

尽管我国糖业发展有很大的进展，但是我国糖厂的生产装备还比较落后，容量较小，而且自动化程度不高，能耗较大，糖分回收率较低；而糖业先进国家的制糖装备先进，自动化水平高，生产效率高，能耗较低。

随着我国制糖产业发展，制糖工程产业从业人员的知识结构与学历有了很大提高。但是，由于全国制糖工业结构的调整，该行业的科技人员中仍存在着技术技能较低、难于应对现代化装备与技术的要求、实践能力及创新能力相对薄弱、科技人员数量不足及管理人员素质还有待提高等问题。为了适应当前高等院校教学改革，齐齐哈尔大学食品专业增加制糖方向，编写了一套四年制本科制糖方向教材，也可供从事制糖专业的科研和技术人员参考。

本教材系统阐述甜菜制糖的工艺过程、基本概念、基本原理和主要的工艺计算。对原料甜菜，糖厂的物料、热量和供水衡算，以及精糖的制造等进行了必要的介绍。

本教材在编写过程中，得到许多制糖行业的专家、学者和技术人员的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足和错误，诚恳专家和广大读者提出宝贵意见，以便今后修订完善。

编者

2014年10月

目 录

第一篇 制糖原料

第一章 甜菜的保藏	1
第一节 甜菜的性状	1
第二节 甜菜的保藏	3
第三节 甜菜的保藏方法	7
第二章 甜菜的化学成分	15
第一节 甜菜的化学成分及工艺品质评价	15
第二节 甜菜化学成分的性质	19

第二篇 渗 出

第一章 甜菜预处理	41
第一节 甜菜的收购及储运	42
第二节 甜菜窖及其输送	42
第三节 甜菜的洗涤	50
第二章 甜菜切丝	54
第一节 切丝设备与切丝刀	54
第二节 切丝要求与操作	59
第三章 糖分的渗出	63
第一节 渗出的基本原理	63
第二节 渗出过程的数学分析及其应用	66
第三节 常用渗出器及其流程特点	75
第四节 影响渗出过程的主要因素	83
第五节 渗出操作、常见事故及解决方法	93
第六节 渗出工艺效果及查定	95
第七节 废粕压榨及压粕水回收	100

第三篇 糖 汁 清 净

第一章 双碳酸法清净原理	106
第一节 糖汁清净的概述	106
第二节 清净方法及工艺流程	115
第二章 双碳酸法清净工艺	128
第一节 加灰	128
第二节 饱和	146
第三节 糖汁硫漂	157
第四节 沉降及过滤	162

第五节 石灰及二氧化碳的制备·····	172
第三章 离子交换技术在甜菜制糖中的应用 ·····	183
第一节 离子交换技术在液体蔗糖生产中的应用·····	184
第二节 离子交换技术在脱钙及二蜜脱钾处理中的应用·····	184
第三节 离子交换技术在糖汁软化和脱色处理中的应用·····	185
第四节 离子交换技术在糖汁脱盐和脱色处理中的应用·····	187
第四篇 糖 汁 蒸 发	
第一章 糖汁在蒸发过程中的变化 ·····	189
第一节 糖汁在蒸发过程中的化学变化·····	189
第二节 蒸发罐积垢的生成·····	196
第三节 蒸发罐积垢的防除·····	199
第二章 蒸发热力方案 ·····	205
第一节 蒸发热力方案的选择与比较·····	205
第二节 节省蒸汽耗量的途径·····	215
第三章 蒸发计算与查定 ·····	226
第一节 蒸发过程的基本计算·····	226
第二节 蒸发查定及热力系统的调整·····	239
第五篇 煮 炼	
第一章 煮糖基本原理 ·····	248
第一节 蔗糖结晶基本理论·····	248
第二节 蔗糖结晶基本原理·····	252
第二章 煮糖 ·····	279
第一节 煮糖工艺要求及煮糖设备·····	279
第二节 煮糖工艺流程·····	283
第三节 糖膏的煮制·····	290
第四节 煮糖物料平衡计算·····	301
第五节 煮糖异常现象及分析·····	315
第三章 助晶 ·····	319
第一节 助晶的基本原理·····	319
第二节 助晶的管理·····	325
第三节 连续助晶·····	328
第四章 分蜜、干燥和包装 ·····	331
第一节 分蜜·····	331
第二节 干燥·····	340
第三节 筛分、包装和储藏·····	343
第五章 废蜜的形成与废蜜糖分回收 ·····	346
第一节 废蜜的形成·····	346
第二节 废蜜的糖分损失·····	349

第三节 废蜜糖分回收	353
第六篇 糖厂物料、热量、供水平衡计算	
第一章 物料平衡计算	357
第一节 渗出工序物料平衡计算（以 Dds 连续渗出器为例）	358
第二节 清净工序物料平衡计算	360
第三节 蒸发工序物料平衡计算	370
第四节 煮炼工序物料平衡计算	371
第二章 热量（汽）平衡计算	385
第一节 渗出工序热量平衡计算	385
第二节 清净工序热量平衡计算	386
第三节 煮糖工序耗汽量平衡计算	388
第四节 蒸发工序耗汽量平衡计算	390
第三章 供水平衡计算	393
第一节 用水和供水项目	393
第二节 各种用水量计算	393
第三节 冷水与热水的平衡	398
第七篇 几种糖的加工	
第一章 绵白糖及精糖的加工	401
第一节 绵白糖	401
第二节 精糖	403
第二章 其他糖的加工	411
第一节 方糖	411
第二节 冰糖	415
第三节 原糖	415
第四节 液体糖、无定形糖和速溶糖	420
附录	424
附表 1 石灰乳中的 CaO 含量与波美度、锤度及相对密度对照表	424
附表 2 饱和水蒸气表 I（变数为压力）	425
附表 3 饱和水蒸气表 II（变数为温度）	426
附表 4 低于大气压下饱和水蒸气的压力与温度对照表	427
附表 5 蔗糖在不同温度水中的溶解度对照表	428
附表 6 糖液在 20℃ 时锤度、相对密度、波美度对照表	430
参考文献	432

第一篇 制糖原料

第一章 甜菜的保藏

收藏后的制糖原料甜菜除非是通过低温冻结或高温干燥使细胞死亡，否则它仍是一个活着的机体，在保藏期间还会发生复杂的生物化学变化，即细胞的呼吸作用和酶类的活动。同时也受到外部条件如温度、湿度及微生物等的影响，其结果是糖分损失、甜菜重量减轻、变质以至全部腐烂。

第一节 甜菜的性状

一、甜 菜

(一) 甜菜块根

甜菜块根呈圆锥形，如图 1-1 所示，其质量一般为 200 ~ 500g，甜菜块根可划分为根头、根颈和根体三部分。根体下部直径小于 10mm 的部分为根尾。

(1) 根头（根冠） 根头上丛生叶芽和叶片，一般呈绿色，故也称青头。根头含糖量少而含非糖分多，对制糖生产不利，故甜菜收获时应立即将其削除。

(2) 根颈 位于根头与根体之间，在整个生育周期，根颈部既不长叶也不生根，其性质与根体相似，但糖分略低。

(3) 根体（根身） 由根颈的下端至主根直径 1cm 以上的部分称为根体。根体以体长、皮白、略呈皱纹、根沟明显、性脆、横断面环纹密而明显者为品质良好。根体下部直径小于 1cm 的主根，称为根尾。

(二) 块根的内部构造

如图 1-2 所示，甜菜块根的横断面可以看到环形圈，在环形圈上分布着维管束，维管束由维管束细胞组成。还可以看到甜菜的最外层表皮组织，它由表皮细胞组成。在维管束周围，是占块根主要部分的薄膜细胞。这些细胞紧密连接而形成不同的组织。

(1) 维管束细胞 其功能是将土壤中的水分和盐类溶液由块根内部导至叶片中，而把叶片中形成的碳水化合物导回块根中。

(2) 甜菜表皮细胞 是由坚固和不透水性的木质化细胞所组成，其功能是保护块根

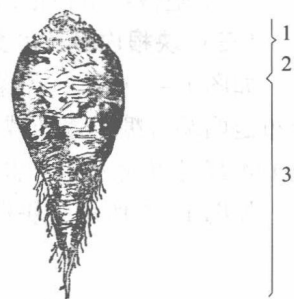


图 1-1 甜菜的块根
1—根头 2—根颈 3—根体

内部柔软的薄膜细胞不受外界影响。

(3) 形成柔软组织的薄膜细胞 维管束之间充满着薄膜细胞，其功能是把甜菜生长期间形成的碳水化合物储存起来。

甜菜薄膜细胞的构成如图 1-3 所示，由膜状细胞壁、原生质层、细胞核和细胞液组成。

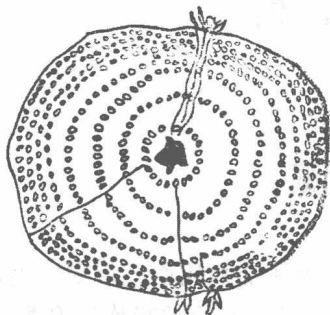


图 1-2 甜菜的横断面

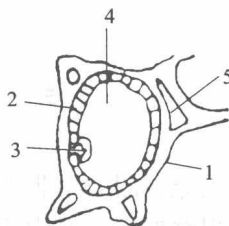


图 1-3 甜菜薄膜细胞的构成

1—膜状细胞壁 2—原生质层
3—细胞核 4—细胞液 5—空气

① 膜状细胞壁：由纤维素、半纤维素和果胶质构成。

② 原生质层：主要成分是蛋白质，原生质层中间有细胞核，它围住的部分称为空胞，空胞充满细胞液。原生质层是一种半透膜，只能让水分子通过，而不能让细胞液中的糖分和非糖分等大分子透过，所以用冷水不能把糖分浸出。

③ 细胞液：即蔗糖和各种非糖分的水溶液。

④ 细胞核：由核蛋白构成，不溶于水。

(三) 块根内糖分的分布

如图 1-4 所示，甜菜块根中蔗糖分布情况。糖分在甜菜中的分布是不均匀的，大致分布是两端含糖分逐渐减少，中部含糖较高，所以当测定甜菜中含糖分时，纵向切取 1/2 或 1/4 都可以代表一个甜菜的平均含糖量，横向切取则无代表性。

如图 1-5 所示，块根以中间含糖最高，内层次之，外层次之。

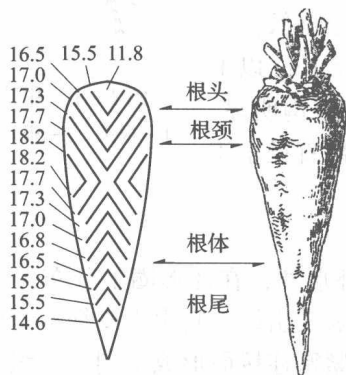


图 1-4 甜菜块根各部位蔗糖的分布 (单位: %)



图 1-5 甜菜块根断面各部位蔗糖的分布 (单位: %)

二、切 削

甜菜收获后切削的目的是削去没有制糖价值的茎叶、根头、尾根，作为饲料用于畜牧业。切削工作在收获甜菜的同时进行。切削的方法通常有以下两种。

（一）多刀梯形切削法

对青头高出的或多头的大型甜菜，多利用此法。其质量要求：

（1）在根头顶端以叶丛不散为度，将其一刀削掉，然后从初生叶痕处向上部削去根头表皮，形成梯状。

（2）去净根体和根沟附着的泥土，再削去直径 1.5cm 以下的尾根和叉根。

（二）刀平削法

对青头不大的中小型甜菜，多采用此法，是今后甜菜收获机械化发展的必然切削方法。其质量要求是：① 在根头顶端（根冠）着生茎叶的茎部（子叶上轴中部）以叶丛不散为度，进行切削；② 如人工收获，要去净根体和根沟所附着的泥土，并削去直径 1.5cm 以下的尾根和叉根（见图 1-6、图 1-7）。



图 1-6 刀削示意图

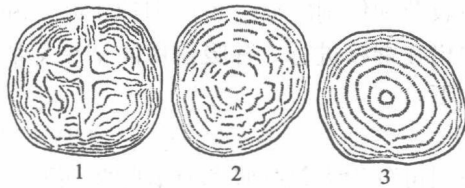


图 1-7 切削程度同维管束分布的关系

1—维管束分布不正确，切削过少

2—子叶上轴中部的横断面，维管束分布比较正确，切削适中

3—子叶下轴中部的横断面，维管束环分布不正确，切削过大

第二节 甜菜的保藏

一、甜菜保藏的意义

甜菜成熟就要起收，起收后的甜菜很容易变质，而糖厂又不能把起收后的新鲜甜菜在短期内全部加工，因此必须将甜菜妥善地保藏起来，使甜菜块根在较长的时间内保持良好状态，防止冻化、腐烂变质，以尽可能保持优质的甜菜供给制糖生产。

甜菜保藏的好坏直接影响糖厂的加工期、设备能力、工艺总损失和产品质量。所以应尽量把甜菜保藏好，使糖分和质量损失降到最低限度。

甜菜保藏不好，除块根减量和含糖降低外，对生产工艺的影响也很严重。某糖厂生产期主要技术指标完成情况如表 1-1 所示，可清楚地看出，随生产期的延长，甜菜因保管

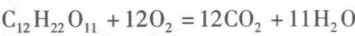
不良而腐烂变质，使加工能力下降，渗出汁纯度、清净效率降低，稀汁钙盐含量增加，工艺总损失由加工新鲜甜菜的 2.935% 增加到 5.021%。

表 1-1 某糖厂生产期主要技术指标完成情况

指标名称	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
平均日处理甜菜量/t	1320.383	1346.280	1310.140	1218.413	1198.383	957.189
工艺总损失量/%	2.935	3.13	3.511	4.233	4.152	5.021
其中：废丝	0.351	0.368	0.488	0.443	0.494	0.427
废水	0.139	0.152	0.239	0.256	0.297	0.233
滤泥	0.030	0.032	0.026	0.041	0.043	0.047
废蜜	2.051	2.125	2.403	2.767	3.057	3.763
未测	0.363	0.453	0.355	0.726	0.279	0.557
产蜜率/%	3.875	3.94	4.459	5.241	5.803	7.063
废蜜纯度/%	63.17	63.54	63.58	62.51	63.00	62.15
渗出汁纯度/%	88.79	88.96	87.44	86.51	85.95	85.73
稀汁纯度/%	91.33	92.17	91.07	90.17	89.69	89.47
稀汁钙盐/%	0.0042	0.00337	0.0077	0.0244	0.0234	0.0507
清净效率/%	31.56	31.52	31.83	31.16	29.57	29.03

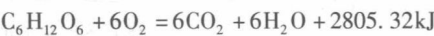
二、甜菜保藏的关键

甜菜在收获和修削之后，虽然削掉了叶子和青头，停止了光合作用，但甜菜块根细胞的呼吸作用仍在继续进行。呼吸作用的结果是消耗了甜菜所含糖分，并放出热量。有氧呼吸的反应如下：



呼吸作用可分为无氧呼吸和有氧呼吸两种情况：

有氧呼吸使单糖在氧化酶的作用下被氧化成二氧化碳和水，并放出 2805.32kJ 热量。



无氧呼吸是分子间的呼吸，它使单糖分解成酒精和二氧化碳，并放出 99.9kJ 热量。



在保藏过程中无氧呼吸比有氧呼吸糖分损失多。温度越高，呼吸作用就越强，放出的热量也越多，块根重量和糖分的损失也就越大。即当温度提高 10℃ 时，生物化学过程的速度增加 1~1.5 倍。

甜菜呼吸作用的糖分损失与堆内温度的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 呼吸的糖分损失与温度的关系（每昼夜每吨甜菜）

堆内温度/℃	0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
糖分损失量/kg	0.12	0.16	0.21	0.29	0.35	0.47	0.50

三、各种酶类的活动

甜菜块根细胞中含有多种酶类，对保藏影响较大的是蔗糖转化酶。在甜菜生长过程中，转化酶能促进光合同化作用，有利于单糖和蔗糖的形成，但在甜菜储藏过程中，转化

酶又能促使蔗糖分解成单糖，温度越高，分解越快。这是因为在活的细胞中，酶可以呈游离状态存在，也可以被细胞内活性表面吸收而呈化合状态存在，游离状态的转化酶能使蔗糖水解，而化合状态的则将简单物质综合成复杂物质，即将单糖合成蔗糖。游离转化酶与化合转化酶的数量比，决定了酶的水解作用的活性与综合作用的活性间的比例，这个比例与植物的种类有关。奥巴林认为，在新鲜健康甜菜中，转化酶几乎都处于化合状态。因此，在正常条件下只有蔗糖的综合作用，而蔗糖的水解作用很弱。当甜菜块根稍枯萎时，酶的一部分即由化合状态转变为游离状态，增加了它对蔗糖的水解作用。如枯萎达 15% 时，酶水解作用的活性增加 5~6 倍。甜菜冻化后，转化酶水解作用的活性增加更为剧烈，这是因为甜菜冻化后，细胞中原生质所固有的结构完全被破坏，使酶呈游离状态。

除了转化酶外，还有蛋白质新陈代谢的蛋白质酶，在这种酶的作用下蛋白质分解，故甜菜储藏时总氮量几乎不变，而蛋白质量减少，蛋白质分解产生的有害氮含量增加。

此外，甜菜中还有使麦芽糖分解的麦芽糖酶和使淀粉水解的淀粉酶。在新鲜甜菜中不会有使原果胶变为可溶性果胶的酶，但甜菜一旦发生腐烂，则由微生物分泌出来的酶会使原果胶溶解，使可溶性果胶质含量增加。

四、微生物作用

（一）微生物的种类

引起保藏甜菜腐烂的原因主要是微生物的侵染，这些微生物种类很多，可以概括为两类，即真菌（主要是霉菌）及细菌。真菌按其生理特性可分为下列 3 种。

第一种真菌在一定条件下能侵害活的甜菜，属于半寄生菌，为活动性的根腐菌。

第二种真菌比较不活动，大部分在半寄生菌开始侵害甜菜以后才能在活的细胞上繁殖，这种真菌属于半腐生菌，在半寄生菌侵害甜菜以后，这种菌即进行破坏性活动。

第三种真菌只能在死亡的甜菜组织上生长，称为腐生菌。这种菌不能独立使甜菜腐烂，只有在第一种菌类及一部分第二种菌类侵害甜菜至相当程度以后才能在甜菜上繁殖。

以上 3 种菌类组成一个复杂的总体，称为甜菜堆根腐菌。

如前所述，新鲜健康甜菜对微生物有自然的抵抗力，所以储藏开始时微生物仅能在甜菜块根上已死亡的细胞中繁殖，经过繁殖和加强生命力之后，才开始感染到相邻衰弱了的活细胞，并进一步蔓延而使甜菜块根腐烂。当甜菜失去健康状态（如发生枯萎、冻化、机械损伤）时情况就不同了，这时半腐生菌甚至腐生菌可以直接引起甜菜腐烂。

甜菜堆中的死亡细胞，一是甜菜受机械损伤和受冻、枯萎的部分；二是已死亡的植物组织，如甜菜茎叶、杂草、碎块等。

从上述可知，甜菜保藏时受两类微生物侵害，最早繁殖的是真菌，它繁殖时需要空气，所以发霉的是甜菜块根的表皮，由于真菌逐渐破坏甜菜紧密的表皮层组织，使腐烂性细菌得以进入甜菜块根内部而造成甜菜腐烂。

（二）微生物的繁殖条件

微生物活动需要一定的温度、湿度、pH 和营养物质。

真菌和细菌繁殖温度是 25~30℃，低温下繁殖慢，甚至无法活动。孢子在 0℃ 时也能发芽，所以甜菜堆内的温度不能阻碍孢子发芽。

适于真菌生长的空气相对湿度不能低于 82%~85%。只有在空气相对湿度近于完全

饱和时才合乎孢子发芽和活动性菌丝体生长的要求。甜菜储藏时呼吸排出的水分在甜菜表面形成一层饱和湿空气，有利于微生物的繁殖，一般甜菜堆表面的空气流通较好，故空气的湿度不可能达到饱和的程度，所以微生物总是集中在堆内繁殖，堆面的甜菜只有适合该处湿度条件的某种特殊微生物才能生长。

真菌和细菌对酸碱的适应性不同，真菌能在酸性环境中繁殖而不能在碱性环境中繁殖，所以储藏健康甜菜时撒放熟石灰粉是有效的消毒方法。反之，腐烂性细菌在碱性环境中繁殖最好，故当甜菜堆腐烂后不能撒熟石灰粉，以免加速腐烂。

石灰消毒的 CaO 用量约为甜菜重的 0.15%，也可配成 10°Bé 的石灰乳，在收购时向车内甜菜喷洒，这样在卸车和成堆时，石灰便可均匀地分布在甜菜上。

使用石灰的优点是不伤害甜菜块根的表皮。也有研究试验过其他杀菌剂，如甲醛液、二氧化硫、高锰酸钾、二氯代苯和六氯代乙烷等，都失败了。这是因为化学药剂虽然能杀灭微生物，但也杀死了甜菜的表皮细胞，降低了甜菜的自然抵抗力。此外，药剂只有在一定的浓度下才能显出效果，当浓度降低后，微生物又繁殖起来，而这时甜菜的自然抵抗力已经有所破坏，反而加快了甜菜的腐烂。

五、失水枯萎甜菜

新鲜甜菜块根的特点是含水量较高（约 75%），而保水能力很低，水的平衡极不稳定。这是因为，一方面起保护作用的甜菜表皮层细胞很薄；另一方面细胞内最能吸水的蛋白质胶体含量较少。

这种不稳定情况在甜菜起收后立即显现出来，造成甜菜失水、枯萎。起收后甜菜如不及时修剪茎叶，散放过久，或成堆后覆盖不严，风吹日晒，通风过度，堆温过高等，都能加剧失水、枯萎的程度。据测量，甜菜收获后不削茎叶，露天放置 3d，块根失水可达 20%，放置 7d 则失水达 40%。

由于甜菜失水主要是在表皮层细胞，如甜菜总重量减少 5%，则表皮层细胞的损失可能占 50%，失水使表皮层组织的自然抵抗力大大减弱，甚至引起表皮细胞死亡。实际观察证明，正是表皮层能防止微生物的侵害，故表皮层的损伤将引起甜菜储藏中的腐烂。

甜菜枯萎后，表皮层的细胞体积缩小了，使细胞之间形成了充满着空气的空间，有利于嗜氧真菌的繁殖。

甜菜失水枯萎后可引起转化酶活性的增高，呼吸加强。因为甜菜失水枯萎使微生物活动加剧，伤害和刺激了甜菜，因而甜菜加强呼吸借以加强自身生理功能，以抵制微生物的侵害。

以上几点表明，甜菜失水枯萎后不但重量减少而且糖分损失增高，其影响程度如表 1-3 所示。

表 1-3 甜菜块根枯萎程度与保藏损失关系

试验种类	糖分损失/%	质量损失/%	保藏日数/d
新鲜甜菜	2.42	1.8	44
日晒 1d	4.29	2.8	43
日晒 2d	5.37	5.6	42
日晒 3d	10.10	11.8	41

六、冻化甜菜和机械损伤甜菜

冻化甜菜和机械损伤甜菜块根在保藏过程中较质地良好的块根损失率高，如表 1-4 和表 1-5 所示。收获时期对田间保藏效果也有影响，如表 1-6 所示。

表 1-4 冻化与未冻化甜菜田间保藏效果

甜菜质量	保藏期/d	质量损失/%	糖分损失/%
未冻	35	2.6	0.2
冻化	35	7.8	0.6

表 1-5 甜菜块根受不同程度机械损伤保藏损失率情况

机械损伤程度	质量损失/%	糖分损失/%	腐烂率/%
重	8.2	5.2	45
轻	2.7	2.6	8

表 1-6 不同收获时期与田间保藏效果

收获时期	每昼夜损失量/%	
	糖分	质量
9 月 10 日	0.036	0.37
9 月 20 日	0.027	0.14
9 月 30 日	0.014	0.07

第三节 甜菜的保藏方法

甜菜保藏的形式和方法是多样的，必须因地制宜、不断总结经验。我国的一般保管形式可分为收购站和厂内二级分别保管，保藏方法主要有暖藏和冻藏。

一、临时保藏

(一) 田间临时堆藏

切削好的甜菜如未能立即送往糖厂或收购站，为防止风吹日晒和雨雪霜冻，须就地临时成堆，盖土或覆盖草帘，称为田间临时堆藏。

保藏的时间虽不长，但很重要，且是糖厂中、长期保藏的基础。根据当前条件，通常有以下两种方法。

1. 圆堆保藏

圆堆的规格，一般直径为 1.5~2.0m，高 1.0~1.5m。每堆储藏量根据收购站的运输能力和装载量而定，通常以 2000~4000kg 为宜，其堆式如图 1-8 所示。

2. 长堆保藏

堆积的规格如图 1-8 所示, 其与圆堆保藏相似。堆积规格一般底宽为 1.5~2.0m, 顶宽 0.5~1.0m, 高 1.0~1.5m, 长 5~10m, 呈梯形或三角形。

为了不影响秋耕、秋种, 田间保藏的场地宜选择靠近地边或田外, 便于排水和运输的地段。为避免遭受风吹日晒和冻化变质等损失, 堆上要进行复土, 厚度要根据当地的气温而定, 复土薄厚对保藏有很大影响。保藏堆上应留有通气孔, 以调节堆内温度, 使堆内温湿度与气温平衡, 降低块根呼吸强度和抑制蔗糖的分解过程。

(二) 收购站和厂内临时保藏

(1) 收购站临时保藏 要根据块根质量的好坏加以严格区分, 分别保管, 分别运输。一般对质量差的块根采取小堆, 堆宽 4~6m, 堆高 1~1.5m; 质量好的块根采取大堆, 堆宽 6~10m, 堆高 1.5~2m, 堆长不限。堆的位置要有利于装运和管理。为了减少表层块根遭受风吹日晒, 在堆的表面要覆盖 1~2 层草帘以防损失。

(2) 厂内临时保藏 甜菜进厂后要及时将质量好的与变质的分开。变质的块根除及时进行加工外, 其余的只能作临时保藏, 多采取小堆保藏: 堆宽 4~6m, 高至 1.5m, 自然坡度呈三角形, 堆置在流送沟的附近, 以便于及时处理。

(三) 暖藏前临时保藏

糖厂或收购站对准备长期暖藏的甜菜, 在成堆前, 为了鉴别其受冻、失水、枯萎或受伤尚未愈合的情况, 可临时堆积。通过临时保藏, 可以达到: ① 发现质量不好的甜菜而将其剔除, 可认为是甜菜长期保藏以前必不可少的措施; ② 等待因各种原因而受机械损伤部位的愈合; ③ 散发甜菜起收后的呼吸热。但临时保藏时间不宜过长。

二、暖 藏

暖藏法实际上应称为冷藏法, 就是使甜菜在整个储藏期间处于低温 (1~3℃) 状态并保持新鲜不冻。我国华北、西北及中部等气候不太冷的地区都普遍采用暖藏法。华北、西北一带暖藏甜菜的目的在于气温下降时防止甜菜受冻; 中部地区如河南、湖北等省暖藏甜菜主要是防止受潮和受热。

暖藏法的优点是甜菜始终保持新鲜状态, 切丝容易, 加工处理没有困难。缺点是由于甜菜细胞有呼吸作用, 糖分损失较大; 管理要求较高; 而且由于需要设法通风散热, 需用材料较多。因此在甜菜能够冻结的地区, 如黑龙江、吉林、内蒙古等省、区则普遍采用冻藏法。

(一) 暖藏的形式

暖藏形式较多, 大致可分为地面堆藏和半地下窖藏。地面堆藏可分大堆和长堆, 半地下窖藏可分浅窖、深窖、半地下低堆和半地下高堆等。下面重点介绍地面堆藏法。

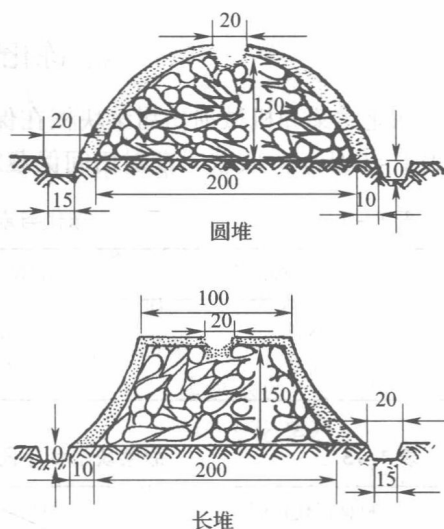


图 1-8 田间保藏堆式图 (单位: cm)

1. 大堆暖藏

大堆暖藏底宽 10~15m 或更宽，高 2.5~3.5m 或更高，长不限，截面为梯形，每堆储藏甜菜在 500t 以上。大堆堆旁用泥土覆盖，设有通风装置以便调整堆内温度。这种甜菜堆在堆积和覆盖方面消耗劳力较少，也可比较经济地利用甜菜堆积场的面积。

但是由于甜菜堆很大，要想除去堆中腐烂的甜菜或提前加工堆中某部分甜菜也有很大困难。所以糖厂一般采用长堆储藏。

2. 长堆暖藏

一般长堆底宽 6~8m，顶宽 3~5m，高 1.5~2.0m，堆长不限，截面为梯形（见图 1-9）。质量不好的甜菜应堆成底宽 4~5m、高 1.5m 的小堆。堆外侧覆盖草帘或盖土，顶盖草帘，以防止空气的自然流通和减弱外部气候对储藏甜菜的影响。由于空气不能自由流通，需要有通风设施。此外，长堆占用场地面积大，堆积和覆盖也需耗费较多的劳力。

甜菜堆的方向一般是南北向，使甜菜堆的两侧较少受日光和严寒的侵害。堆积时先从南端开始，并将堆好后的南端用土覆盖，使长堆中未堆好的一端及全部堆积过程都背着日光。但是在某些地方常有一定方向的大风，成堆时要考虑风向，不一定南北向，以避免甜菜堆很长的侧面经常受风的影响而增加干耗。

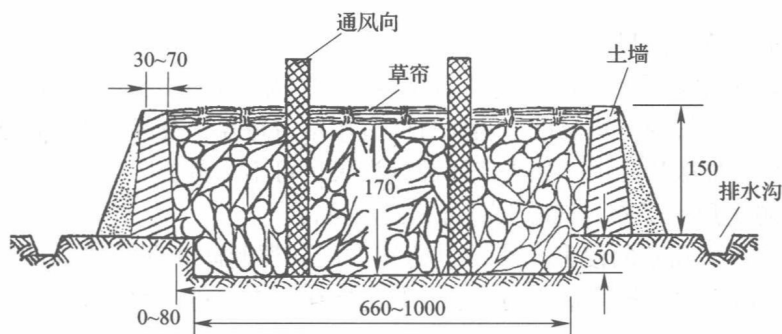


图 1-9 甜菜长堆暖藏（单位：cm）

（二）暖藏的管理与注意事项

1. 堆温

暖藏管理的关键是控制堆温，理想堆温是 1~3℃，如堆温下降至 -3~-2℃ 甜菜仍不致引起太大的生理变化，一旦低于 -3℃，即开始出现冻伤；如堆温高于 5℃，说明甜菜呼吸量开始增加，超过 8℃ 说明部分甜菜开始发热，应立即采取降温措施，一旦堆温超过 10℃，应立即倒堆将腐烂甜菜剔出。

暖藏甜菜堆的散热，最便利的办法是利用夜间较冷的空气吹入堆内，如果当地夜间气温经常在 5℃ 以上，应及早加工，以免糖分损失。

为了及时了解堆温的变化，成堆初期每天应测温 3 次（早、午、晚），堆温无较大变化时，可改为每天测 1 次。安放温度计分上、中、下 3 层，测温方法是把竹筒的节间穿通，横放在甜菜堆中间，把温度计固定在细竹杆的一端，穿过竹筒直达甜菜堆的中心地带，每次测温时把细竹杆抽出读数后再插入堆中。

除掌握堆温变化外,还应经常检查、观察,逐堆编号,建立记录卡片。

2. 堆型

堆型的大小既要考虑降低重量损失也应考虑减少糖分损失。

一般堆型小,热量容易散发,堆温低;甜菜呼吸强度小,糖分损失低,但相对表面积大,甜菜干耗较严重,重量损失大;堆型过大,呼吸造成的糖分损失大而甜菜的重量损失低。

在冬季气温变化大的地区,堆型应大些,堆宽也大些,甜菜堆中积聚足够维持一定温度的储备热量,使甜菜呼吸比较稳定。在冬季气温稳定的地区,采用堆宽小些的甜菜堆则比较有利。

为便于排水,甜菜堆顶面也可略为隆起,像屋脊一样向两旁倾斜,但不要隆起过高,以免影响草帘覆盖的严密性或使顶部甜菜干耗。

3. 堆场

甜菜堆(放)场地要求设在地势较高、平滑、不积水、地下水位高、堆场中间稍隆起的倾斜场地。绝不能将甜菜堆放在洼地或盆地上。甜菜收获时应事先把场地翻耙和碾平,注意清除各种残留植物,并用熟石灰消毒。场地泥土要压实不透空气,以防止真菌的生长。不要将甜菜堆放场兼作菜园,因为残留的蔬菜叶、根茎等容易引起微生物的繁殖。

4. 覆盖

甜菜堆盖土或草帘的目的:

(1) 秋天防止甜菜受热 即防止日晒和热空气对甜菜的作用,保持甜菜堆的平均温度尽可能低于外界空气的平均温度,为此日间宜用草帘覆盖,夜间外界气温低于堆温时可掀开草帘,使甜菜堆散热降温。如天气阴凉则白天也可不加覆盖。

(2) 冬天防止甜菜受冻 气温低时可盖两层草帘。

(3) 防止雨雪对甜菜的侵害 草帘上的积雪层同样起防止甜菜受冻的作用,但当天气转暖开始融雪时必须清扫草帘上的雪层,以免融化的雪水进入甜菜堆内。

三、冻 藏

冻藏法是利用低温使甜菜完全冻结,并在冻结状态(堆温保持 -12°C 以下)加以保藏的方法。经过冻结处理的甜菜称为冻甜菜。

(一) 冻藏甜菜的特点

由于冻甜菜的细胞全部冻死,没有呼吸的糖分损失,以及在低温下微生物不能繁殖,因此比较容易保管,而且糖分损失较少,是保藏甜菜的良好方法。此外,堆内不必安设通风装置,具有适于大堆保管等优点。

冻藏法的缺点是甜菜含冰,切丝困难,菜丝质量较差,冻藏堆内温度升至 -5°C 时应立即加工,以免甜菜解冻而融化。

冻藏法只适于气候严寒的地区(-15°C 以下),在这些地区冻藏甜菜远比预防甜菜受冻更加容易。由于甜菜含有糖分,故冰点低于 0°C ,当甜菜缓慢受冻时细胞会有纯水的冰粒析出,使未受冻部分成为更浓的糖液,相应要有更低的温度才能冻结。随温度的降低,冻结的时间可以缩短,例如在 -7°C 时,要经受70d才能冻透, -10°C 时要10d, -12°C 时要5d, -15°C 的薄层甜菜(将甜菜铺成300~350mm厚的薄层)经20~24h即可完全