

# 水果蔬菜薄膜气调贮藏

侯东明 江 亿

清华大学出版社

# 《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员(以姓氏笔划为序)

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员(以姓氏笔划为序)

王晓方 向华明 米景九 应日琰

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

# 序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

## 内 容 提 要

本书为作者近年来从事薄膜气调贮藏水果蔬菜方面的研究与实践的总结。书中详细分析了薄膜气调贮藏方式的物理机理,讨论了各种因素对贮藏环境的气体成分及贮藏效果的影响。在此基础上进一步给出了大帐堆藏和小包装这两种薄膜气调贮藏方式的设计方法和管理方法。为了使读者真正能够利用本书实际进行薄膜气调贮藏,在附录中详细给出了与薄膜气调贮藏有关的各种设施的制作方法,气体成分和薄膜透气性的分析测试方法,以及各种有关的数表、曲线。

本书可供地县以上农科所和农业技术推广站的技术人员以及果蔬贮藏加工专业和农业环境工程专业的大专院校师生参考。

(京)新登字 158 号

水果蔬菜薄膜气调贮藏

侯东明 江 亿

清华大学出版社出版

北京 清华园

清华大学印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092 1/32 印张:  $7\frac{1}{8}$  字数: 160千字

1992年6月第1版 1992年6月第1次印刷

印数: 0001-6000

ISBN 7-302-00995-3/TB·11

定价: 3.40元

# 目 录

前言 .....	
符 号 表 .....	
第一章 气调贮藏的基本原理和方法 .....	1
§ 1.1 水果和蔬菜的采后生理 .....	1
§ 1.2 气调贮藏的原理 .....	8
§ 1.3 气调贮藏方法及其分类 .....	9
第二章 薄膜气调贮藏基础 .....	22
§ 2.1 薄膜气调贮藏用薄膜材料 .....	22
§ 2.2 薄膜气调贮藏的基本过程 .....	29
§ 2.3 薄膜气调贮藏的数学模型 .....	32
§ 2.4 薄膜气调贮藏的影响因素 .....	51
§ 2.5 各种薄膜气调贮藏方式的分析 .....	65
第三章 薄膜气调帐贮藏 .....	90
§ 3.1 气调帐贮藏设计 .....	90
§ 3.2 气调帐贮藏管理 .....	116
第四章 薄膜小包装贮藏 .....	133
§ 4.1 概述 .....	133
§ 4.2 小包装对薄膜材料的要求 .....	135
§ 4.3 塑料小包装贮藏设计 .....	139
§ 4.4 硅窗小包装贮藏设计 .....	144
§ 4.5 小包装贮藏的互换性 .....	149
§ 4.6 小包装贮藏管理 .....	153
附录一 气调帐的制作加工和入贮 .....	155

附录二	薄膜的热合和粘接方法 .....	170
附录三	薄膜的透气性测试方法 .....	174
附录四	气体分析方法及分析仪器 .....	181
附录五	果蔬呼吸强度的测定方法 .....	194
附表 - 1	常见果蔬的最适冷藏条件和贮藏寿命 .....	198
附表 - 2	一些常见水果的气调贮藏条件 .....	200
附表 - 3	几种蔬菜的气调贮藏条件 .....	201
附表 - 1	常见果蔬的呼吸强度 .....	201
附图 1	- A <sup>*</sup> 图 .....	203
附图 2	A <sup>*</sup> - G <sup>*</sup> 图 .....	204
参考文献	.....	213

# 前 言

水果蔬菜贮藏是实现水果季产年销, 保证蔬菜周年均衡供应, 调节淡旺季矛盾, 促进水果蔬菜生产的重要环节。近二十年来, 经过我国水果蔬菜贮藏保鲜领域的科技人员坚持不懈地努力, 在深入的科学研究和广泛的贮藏实践的基础上, 逐渐发展出一套符合我国国情、适合产地贮藏的新的贮藏技术。这套技术主要包括: 依靠土窑洞、简易冷库、或半地下通风库, 利用或主要利用自然界冬季或夜间低温作为冷源而形成 0-10 的较适宜果蔬贮藏的低温环境; 依靠薄膜大帐或小包装技术, 利用贮藏物本身的呼吸作用及薄膜的选择性透气作用来控制调节贮藏环境的气体成分, 达到气调贮藏的效果; 与上述贮藏环境相适应的一套采前管理, 采后贮前处理, 贮期管理方法与参数指标。这套技术近年来已在山西、河南、山东、陕西、河北等苹果产区广泛推广以贮藏苹果等水果, 在山东、河北、河南等地广泛推广, 以贮藏蒜苔等蔬菜, 都取得了非常好的效果。由于该技术初投资少, 运行费低, 因而产生了很大的经济效益。

水果蔬菜贮藏是涉及许多学科领域的综合学科。其基础涉及如下两个方面:

采后生理学的研究。在从生物学角度对贮藏机理研究的基础上, 确定采前管理及贮前处理方法; 制定合理的贮藏环境标准(温度, 湿度, 各种气体成分等); 以及各种抗病, 抗腐, 抗

衰老的处理手段。

贮藏环境工程学。从工程技术的角度,探索怎样根据具体条件,利用有限的投资和能源来实现所要求的各种适宜的贮藏环境,即温度,湿度和气体成分,从而具体实现采后生理学的研究成果,在节省投资及运行能耗的前提下,达到贮藏保鲜目的。

近年来作者与山西省果树研究所、山东省果树研究所的同志合作,从贮藏环境工程学这一角度,对在我国北方地区发展起来的这套产地贮藏新技术进行理论和实践上的深入研究、总结和提高。《水果贮藏用土窑洞技术》总结了利用自然界低温冷源和土壤的储冷作用来实现适宜贮藏的低温环境的理论与实践。本书则从物理机制及工程技术角度总结了利用贮藏物本身的呼吸作用和薄膜的选择性透气来控制调整贮藏环境气体成分的薄膜气调技术。

薄膜气调(又称 MA 贮藏)在国外已有四十多年的历史,在我国也已有近二十年的研究与贮藏实践。然而至今尚无完整的从物理学及工程技术角度全面描述、分析与计算有关物理过程的理论与方法,从而导致在设计和运行管理中往往只能根据实际经验或一些简单公式来进行估算和分析,对许多贮藏中实际出现的问题不能给予正确的解释和处理,影响这一技术的进一步推广和应用。根据这一情况,我们在国家教委青年教师基金的资助下,对薄膜气调的物理过程进行了深入研究,提出集中参数及分布参数的数学模型及各种典型条件下的解。在此基础上又提出一套实用的工程设计与运行分析的方法及相应的图表。

本书的第一章介绍贮藏及气调的基本知识,第二章给出

薄膜气调的物理模型、数学模型及一些典型工况的解。第三、四章分别讨论了大帐式及小包装薄膜气调的具体设计及运行分析方法。为了便于实际研究及实践中应用,在附录中又给出与薄膜气调有关的一些测试技术,常用数据及贮藏设施的加工制作方法。

本书所涉及的研究工作得到山西省果树研究所祁寿椿研究员,北京农业大学周山涛教授,清华大学彦启森教授的具体指导,并得到山东省果树研究所李震三副研究员的大力协作,在此深表感谢。

本书所涉及内容除来源于作者的研究工作及选自参考文献中列出的资料外,许多内容还取自王四海、李先庭两位同志对浓差作用下气流流动与质交换规律方面的研究工作,在此一并表示感谢。

作 者

1991年10月



## 符 号 表

A:	等效薄膜面积	$\text{m}^2$
$A_1$ :	塑料薄膜透气面积	$\text{m}^2$
$A_2$ :	硅膜透气面积	$\text{m}^2$
$A^*$ :	相对薄膜面积	
$A_1^*$ :	相对塑料薄膜面积	
$A_2^*$ :	相对硅窗面积	
d:	薄膜厚度	m, mm
G:	贮藏空间与外界的气体交换量	$\text{m}^3/\text{h}$
$G^*$ :	相对换气量	
i:	下标, 分别表示 $\text{O}_2$ , $\text{CO}_2$ 和 $\text{N}_2$	
j:	下标, 表示各部分薄膜	
p:	贮藏空间中的气体压力	$\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$
$P_i$ :	i 组分气体的薄膜材料透气系数	$\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$
$p_a$ :	外界大气压力	Pa
$p_0$ :	标准大气压	Pa
$p_i$ :	i 组分气体的分压力	Pa
$Q_i$ :	薄膜对 i 组分气体的通过量	$\text{mol}/\text{s}$
QR:	果蔬呼吸商	
$R_{\text{CO}_2}$ 、 $R_{\text{O}_2}$ :	果蔬呼吸强度	$\text{mol}/(\text{kg} \cdot \text{h})$

T:	贮藏空间的温度	K
T <sub>0</sub> :	果蔬的适宜贮藏温度	K
V:	贮藏空间的气体容积	m <sup>3</sup>
V <sub>z</sub> :	贮藏空间的总容积	m <sup>3</sup>
V <sub>0</sub> :	贮藏空间的初始气体容积	m <sup>3</sup>
W:	果蔬贮量	kg
X <sub>i</sub> :	贮藏空间中的 i 组分气体浓度	%
X <sub>i</sub> <sup>*</sup> :	果蔬的适宜气调指标	%
Y <sub>i</sub> :	硅窗或外挡空间中 i 组分气体的浓度	%
Z <sub>i</sub> :	外界大气中 i 组分气体的浓度	%
:	薄膜的透气效率	%
:	果实在贮藏空间中的占空比	
:	调节系数	
:	时间	h, s
:	果蔬的密度	kg/m <sup>3</sup>
:	气体的运动粘度	Pa · s
μ	孔隙流量系数	mol/(Pa · m)
:	薄膜等效透气比	
o:	果蔬品种的适宜薄膜透比	
i:	薄膜对 i 组分气体的透气率	mol/(m <sup>2</sup> · s · Pa)

# 第一章 气调贮藏的基本原理和方法

## § 1.1 水果和蔬菜的采后生理

水果和蔬菜的贮藏是与果蔬的采后生理过程紧密相关的。果蔬的采后生理主要包括果蔬的呼吸生理,水分蒸腾生理,生长和休眠生理以及后熟生理。

### 一、呼吸生理

#### 1. 果蔬的呼吸作用及其与贮藏的关系

呼吸作用是有机体维持正常生命活动的重要过程,呼吸作用贯穿于果蔬的一生,其实质是在一系列酶的参与下,经多步中间反应所进行的一个缓慢的生物氧化-还原过程,呼吸作用的外部特征是果蔬吸入周围空气中的氧气并释放出二氧化碳、水和一部分能量。呼吸时所消耗的主要物质是果蔬体内所积累的单糖、二糖、淀粉、有机酸等物质。如以己糖为呼吸底物的呼吸过程,其反应式为



这种有氧呼吸是果蔬新陈代谢的重要表现,所产生的能量用以维持自身的生命活动,并以呼吸热的形式散发出来。

一般情况下,果蔬在进行有氧呼吸的同时,也往往进行部分无氧呼吸,特别是体积较大的个体中,其内层组织所处的位置气体交换比较困难,经常处在缺氧的条件下,进行部分无氧呼吸,正是植物对环境适应性的表现。以己糖为呼吸底物时,这种无氧呼吸的化学反应式为



无氧呼吸释放的能量很少,如果靠无氧呼吸得到同样的能量来维持生命活动,那么果蔬本身必须消耗更多的养分。只是在正常的呼吸作用中,无氧呼吸在整个呼吸中所占的比重不大。但是在果蔬贮藏中,不论由何种因素引起的无氧呼吸的加强,都被看作是对正常代谢的干扰和破坏,都是有害的。

果蔬在采收之后,光合作用停止,呼吸作用意味着纯粹的消耗。从消耗呼吸底物的角度来看,呼吸作用是消极的,所以贮藏过程中要求尽量降低果蔬的呼吸作用。但就果蔬贮藏的最终目的而言,呼吸作用又不仅仅是消极的,它是果蔬赖以维持正常生命活动的重要过程。因此,果蔬贮藏过程中对呼吸作用的抑制原则应当是:在保持正常呼吸代谢的前提下,尽量降低其呼吸水平。

果蔬的呼吸水平通常以呼吸强度来衡量。呼吸强度是指1千克果蔬在1小时内所释放出的二氧化碳毫克数或毫升数,单位是  $\text{mg}(\text{ml})/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。如图 1-1 所示,在果蔬的整个生长过程中,其呼吸强度一直在有规律地变化着。从总的趋势来看在生长初期由于细胞分裂和长大,生命活动旺盛,呼吸作用也相应较强,以后逐渐由强转弱,当生长发育到一定程度,呼吸作用就比较稳定。这一阶段由强至弱最后趋于稳定的变化过程,对各类果蔬几乎都一样。接着果蔬进入成熟阶段,这时各类果蔬表现出不同的呼吸变化规律。我们习惯上把开始成熟时出现呼吸强度上升的果蔬称为跃变型,如苹果、梨、香蕉、芒果、番木瓜、番茄等;把采收后呼吸强度持续缓慢下降而不表现有暂时上升的果蔬称为非跃变型,以柑桔、葡萄为代表。如图 1-2 所示。果蔬的呼吸变化规律,对贮藏工作有十分重要的指导意义。对于呼吸跃变型果蔬品种,呼吸高峰的出现即意味着后熟衰老作用的加剧,并且是不可逆的。所以要延长这一类果蔬的贮藏期,就应当严格把握采收期,在呼吸跃变之前采摘入贮,在贮藏过程中则应千方百计控制呼吸的跃变。

#### 2. 呼吸作用的影响因素

果蔬的呼吸作用因种类、品种不同而不同,同一品种的呼吸水平也与采前、采后诸多因素有关。

图 1-1 果实(跃变型)的生长情况

图 1-2 呼吸类型

就果蔬的贮藏过程而言,影响呼吸的因素主要是贮藏环境的温度和气体成分。

### (1) 温度

温度是影响果蔬呼吸作用的最重要环境因素。在一定范围内,温度升高,酶活性增强,呼吸作用也随之增大。温度变化与果蔬呼吸作用之间的关系,可以用温度系数  $Q_{10}$  来表示。温度系数是指温度每升高  $10^{\circ}\text{C}$ ,呼吸强度所增加的倍数。一般情况下,果蔬的呼吸系数为 2-3,这一系数充分反映了环境温度对贮藏的重要性。

为了达到长期贮藏的目的,就必须维持较低的贮藏温度,以抑制果蔬的呼吸作用,但并不能认为贮藏温度越低越好。控制贮藏温度的原则,应该在保证果蔬正常代谢不受干扰破坏的前提下,尽量降低贮藏温度,使各种代谢过程降低到最低水平,这是最合理的贮藏状态,这时的贮藏温度即为果蔬的最适贮藏温度。实践证明,各种不同的果蔬种类和品种,甚至同一品种在不同成熟度下,其最适贮藏温度也各不相同。附表 1-1 中给出了一些常见果蔬的最适贮藏温度的推荐值。

### (2) 气体成分

(i)  $\text{O}_2$  浓度的影响 低浓度的  $\text{O}_2$  可以使跃变型果实的呼吸高峰延迟出现并降低其呼吸强度,甚至不出现呼吸高峰。果蔬的呼吸强度随贮藏环境中  $\text{O}_2$  浓度的降低而减小;但达到一个最

低点后, 如  $O_2$  浓度持续下降, 呼吸强度则因发酵作用(无氧呼吸)反而增大, 这个  $O_2$  的临界浓度对于不同的果蔬种类和不同的品种也各不相同, 而且对于同一品种在不同的贮藏温度和  $CO_2$  浓度下也不尽相同, 对组织、细胞和整个器官所进行的  $O_2$  浓度对植物呼吸作用影响的研究表明, 呼吸作用与  $O_2$  浓度之间的关系, 可以用下述方程式表示。

$$R = \frac{R_m \cdot X_{O_2}}{K_m + X_{O_2}}$$

式中,  $R$ —— $O_2$  浓度为  $X_{O_2}$  时的呼吸强度,  
 $R_m$ ——一般空气状态下的呼吸强度,  
 $K_m$ ——呼吸酶的常数,  
 $X_{O_2}$ —— $O_2$  的浓度。

(ii)  $CO_2$  浓度的影响 提高贮藏环境的  $CO_2$  浓度, 果蔬的呼吸作用也会受到抑制, 但如果超过某一临界浓度, 又会抑制呼吸酶活性, 从而引起代谢失调, 导致所谓的  $CO_2$  中毒。这一临界浓度也因果蔬种类、品种不同而有很大差异。

(iii)  $O_2$  和  $CO_2$  的综合影响 研究表明,  $O_2$  浓度和  $CO_2$  浓度对果蔬呼吸作用的影响有拮抗作用。当没有  $CO_2$  时,  $O_2$  对抑制果蔬后熟衰老的阈值为 7% 左右, 高于这个阈值基本上就不起作用。但随  $CO_2$  浓度的升高  $O_2$  的阈值逐渐增大。另一方面,  $CO_2$  对果蔬的毒害作用可因  $O_2$  浓度的增加而有所减轻, 在低  $O_2$  气氛中则高  $CO_2$  的毒害更甚。这种拮抗作用还与环境温度有关并因果蔬的种类和品种不同而不同。

## 二、水分蒸腾生理

新鲜的水果和蔬菜含水量很高,水果的含水量一般为 85~90%,蔬菜含水量为 90~95%。在果蔬生长期间,水分的蒸腾作用可以带动营养物质在体内运转,调节体液,因此有着重要的生理意义。果蔬采收之后,蒸腾作用仍在不断进行,但由于中断了水分的供给,随着水分的蒸腾散发,便会发生组织萎蔫、失重失鲜,同时还容易引起生理障害,加快产品组织的衰老过程。因此,抑制水分蒸腾作用,对保持果蔬的鲜度和品质具有重要意义。

果蔬的蒸腾作用,与其种类和成熟度有关,不同的果蔬种类具有不同的蒸腾特性,同一品种,成熟度不同,其蒸腾作用也不同。

影响果蔬蒸腾作用的环境因素主要是温度和湿度。一般情况下,低温可以抑制水分的蒸腾,随着环境温度提高,水分蒸腾作用加强。环境气体的相对湿度越低,果蔬的水分蒸腾作用越强,当相对湿度达到 100%,即气体含湿量达到饱和时,水分蒸腾作用停止。因此,提高环境气体的相对湿度有利于果蔬的保鲜。但相对湿度并非越高越好,而是应当大小适度。适宜的贮藏湿度与贮藏温度是相关的,贮藏温度较低时,由于低温对微生物有抑制作用,因此环境湿度可以适当高些,以抑制蒸腾作用;当贮藏温度较高时,应适当降低相对湿度,这时虽然蒸腾作用加强,但比起高温高湿下的微生物侵害,综合影响还是要小些。常见果蔬的适宜湿度控制范围参见附表 -1。

## 三、生长和休眠生理

水果、蔬菜采收期,为适于食用或贮藏,应选择在不同的生长阶段。采收之后,由于中断了来自母体的水分和养分的供给,所以一般在收获后看不到整体的生长。但是具有生长旺盛的分生组织部分,却能利用其它部分组织中的养分,进行旺盛的细胞分裂和生长,例如蔬菜茎的伸长、抽穗、开花、种子发育等。这种生长现象对水果和蔬菜的贮藏往往是不利的。因此,在进行果蔬贮藏时,有必要对采收后的生长现象进行抑制。研究表明,降低贮藏温度对果蔬的采后生长现象有明显的抑制作用。控制贮藏环境的气体成分,对某些蔬菜品种如食用蘑菇等菌类,也有一定的生长抑制作用。

有些蔬菜,如大蒜、圆葱、马铃薯、山药等,在采收时处于休眠状态,几乎停止了生长,这对贮藏是十分有利的。创造不适宜生长的外部条件,延长休眠期,是搞好这一类蔬菜贮藏的重要方法。研究表明,低温贮藏、射线照射及化学药剂处理都可以延长休眠时间。

## 四、后熟生理

许多果实和果菜类,在采收后仍继续进行成熟过程,这种采收后的成熟现象称为后熟。伴随着后熟过程,果实发生着芳香、颜色、果肉的软化及其它种种变化。

果实的后熟与果实的贮藏有密切的关系,具有后熟作用的果蔬的贮藏,抑制其后熟进程,对于延长贮藏期,保持原有风味品质是十分重要的。对于具有呼吸跃变期的果实,抑制或推迟呼吸跃变期的出现就可抑制后熟。果蔬的品种和收获期等因素左右着呼吸跃变期的出现,贮藏温度、气体组成和乙烯含量等则是影响呼吸跃变和后熟作用的主要环境因素。

贮藏温度显著影响着果实的后熟作用,较低的贮藏温度可以推迟呼吸跃变的到来,从而使果实的后熟作用受到抑制。

一般来说,当贮藏环境中  $O_2$  浓度减少,  $CO_2$  浓度增加时,能抑制或延迟果蔬呼吸高峰的出现,也可以抑制后熟。

随着果实的成熟或后熟,果实内部将生成乙烯,乙烯有促进果实成熟和后熟作用,乙烯浓度越高,对后熟的促进作用也越强。因此,为抑制后熟延长贮藏期,应控制乙烯的生成并尽量降低贮藏环境中的乙烯含量。

## § 1.2 气调贮藏的原理

气调贮藏(又称 CA 贮藏)是通过控制贮藏环境中的气体组成和适当的贮藏温度,进行果蔬贮藏的技术措施。

气调贮藏的保鲜效果主要体现在以下几个方面:(1)在气调状态下,呼吸作用受到抑制,从而降低了果蔬自身的消耗速率,有利于贮藏期的延长。特别是对于呼吸跃变型果蔬,气调贮藏可以延缓呼吸高峰的出现,并且降低呼吸高峰顶点的呼吸强度,甚至可以使果蔬在贮藏期间不发生呼吸跃变。(2)抑制果蔬内部乙烯的生成或减弱果蔬对乙烯的敏感性,从而可以延缓果蔬的后熟和衰老进程。(3)抑制微生物的生长繁殖,减轻腐烂损失,提高商品率。(4)有利于果蔬叶绿素的保持。

温度、CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 浓度是气调贮藏过程的三个主要技术参数,三者之间不是独立的,而是相互关联和相互制约的。有人认为,所谓气调贮藏就是对气体组成的调节和控制,对温度没有具体的要求,这种认识是错误的。温度是果蔬呼吸代谢过程中最重要的影响因素,任何贮藏方式,都必须以适宜的贮藏温度为基础,气调贮藏也不例外。只有在适当的低温下,配以适宜的气体组成,才能使果蔬取得最为理想的贮藏效果。我们通常将这些适宜的温度和气体成分参数称为气调参数或气调指标。果蔬的气调指标没有统一的标准,不同的果蔬种类之间差异是很大的,即使同一果蔬种类,由于品种不同、产地不同,采收成熟度不同,或者处在不同的贮藏阶段,所要求的贮藏参数也将不同。附表 -2 及附表 -3 列举了多种水果和蔬菜的气调贮藏条件,表中数据是在具体的实验或贮藏条件下确定的经验数据,并非普遍适用的最佳气调参数。在实际气调贮藏工作中,可以根据具体情况,参照上述数据,在实验的基础上作必要的调整或修正,制定出切合实际的气调指标。

## § 1.3 气调贮藏方法及其分类

气调贮藏技术的关键在于使贮藏体系中形成并维持果蔬要求的适宜气体成分,这需要解决以下两个问题:

(1) 贮藏体系中的初始气体组成一般为大气,即含 O<sub>2</sub> 约 21%,含 N<sub>2</sub> 约 78%,CO<sub>2</sub> 浓度近似为 0。要使体系中达到果蔬要求的气调状态,首先要设法降低 O<sub>2</sub> 浓度并提高 CO<sub>2</sub> 浓度,贮藏体系中气体组成由初始空气状态向气调状态的变化过程,我们称之为气调状态的建立过程。

(2) 贮藏体系建立起气调状态之后,由于果蔬的呼吸作用不断释放 CO<sub>2</sub> 并消耗 O<sub>2</sub>,要使贮藏体系中维持稳定的气调状态,就需要设法排除多余的 CO<sub>2</sub> 并补充适量的 O<sub>2</sub>。这一贮藏过程,我们称之为气调状态的维持过程。

目前,解决上述问题主要有两种途径。一种是机械方式,即利用气体发生器和气体脱除等气调机械,来建立和维持贮藏体系的气调状态,这种气调方式称为机械式气调。另一种是所谓“自发”的方式,即利用果蔬自身的呼吸作用,并辅之以一些非机械的调节控制措施来建立和维持气调状态,这种气调方式称为自发式气调。

另一方面,由于果蔬要求的气调状态,其组成明显有别于外界的大气,要维持这样的组成,就必须采取一定的气密性措施,使贮藏体系形成一个气密贮藏单元,从而使之与大气隔离。根据贮藏空间的气密性措施进行分类,又可以将气调贮藏划分为(气调)库和薄膜(封闭)气调贮藏两种形式。气调体贮藏就是对库房采用整体气密性措施,使气调库本身成为一个完整的气密贮藏空间。

薄膜气调贮藏则是用薄膜材料制成一个个独立的气密性单元,控制这些气密性单元内的气体成分,实现气调作用,而放置这些气密性单元的库房内的气体仍为大气成分。常用的薄膜封闭材料有塑料薄膜和硅橡胶薄膜。