

面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

# 园艺产品贮藏加工学

## 贮藏篇

罗云波 蔡同一 主编

生吉萍 陈昆松 蒲彪 副主编



中国农业大学出版社

面向 21 世纪课程教材  
Textbook Series for 21st Century

# 园艺产品贮藏加工学

贮 藏 篇

罗云波 蔡同一 主 编  
生吉萍 陈昆松 蒲 彪 副主编

中国农业大学出版社

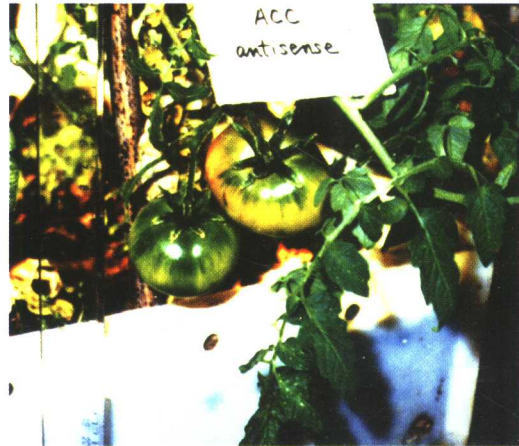




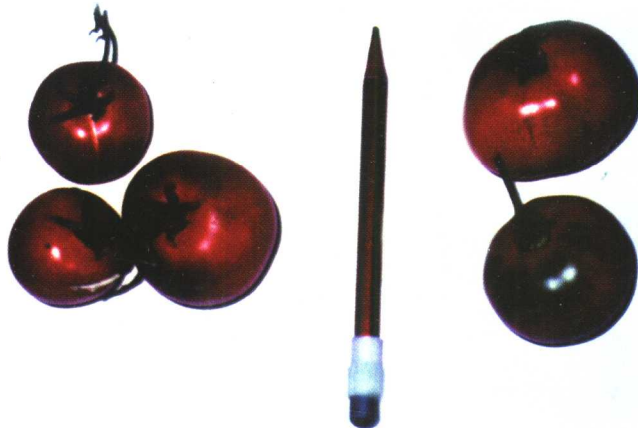
彩图 1 苗期的转反义 ACC 合成酶番茄植株



彩图 2 成熟期的普通番茄果实



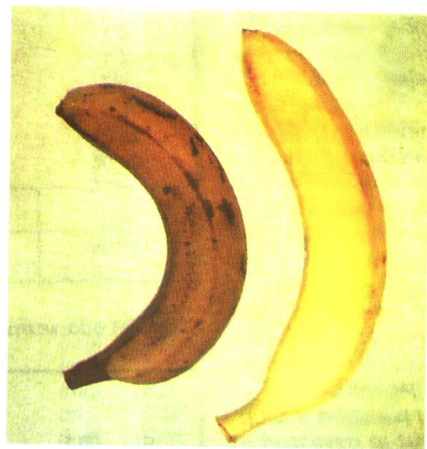
彩图 3 成熟时的转反义 ACC 合成酶基因番茄果实(与图 2 同期)



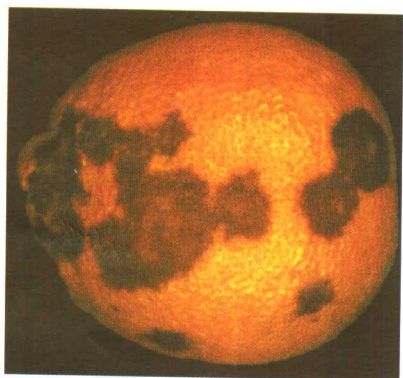
彩图 4 催熟后的转反义 ACC 合成酶基因果实和普通番茄果实



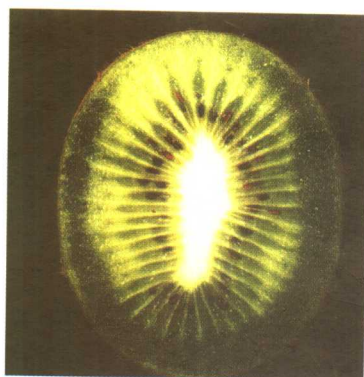
彩图 5 常温下贮藏 3 个月的转 ACC 合成酶基因番茄



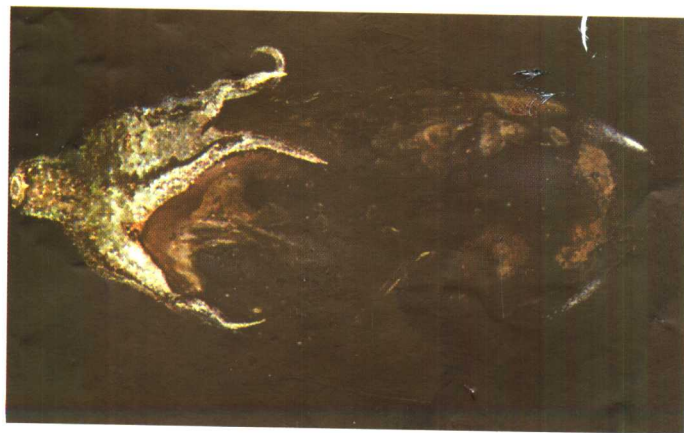
彩图 6 香蕉的冷害



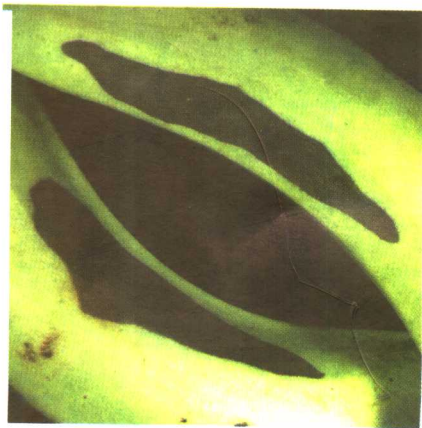
彩图 7 柑橘干疤病



彩图 8 猕猴桃冻害

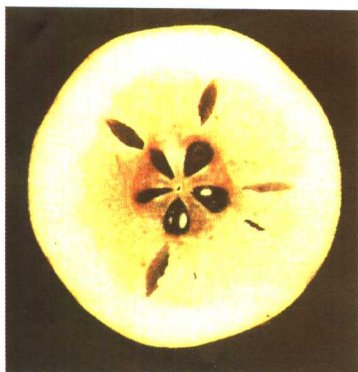


彩图 9 茄子冻害

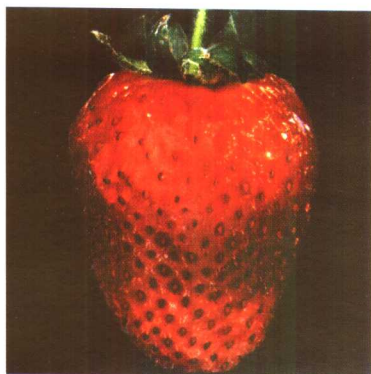


彩图 10 香蕉黑斑病

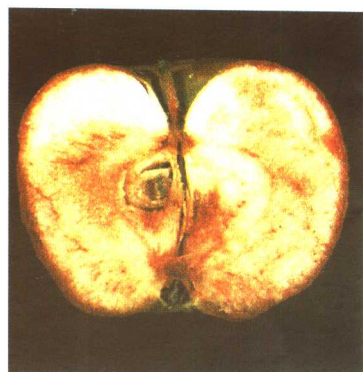




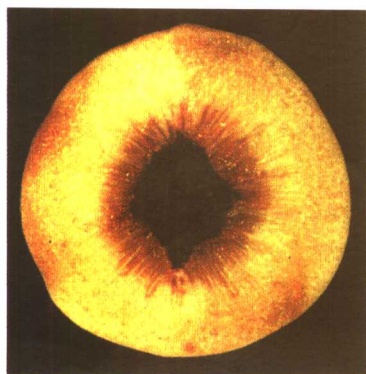
彩图 11 苹果褐心



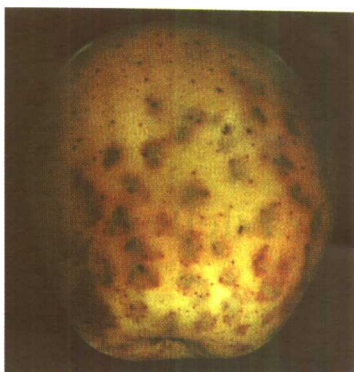
彩图 12 草莓高 CO<sub>2</sub> 伤害



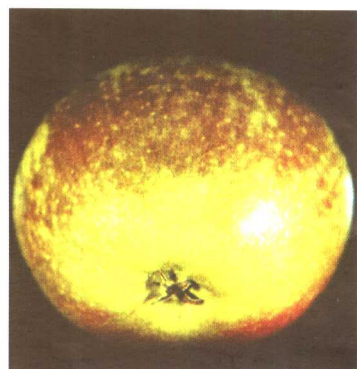
彩图 13 苹果内部崩溃



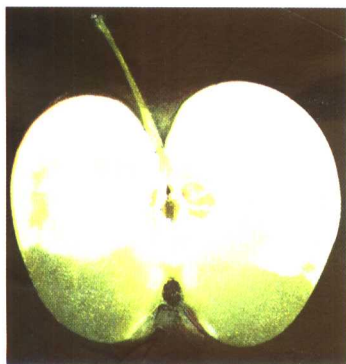
彩图 14 桃果肉褐变



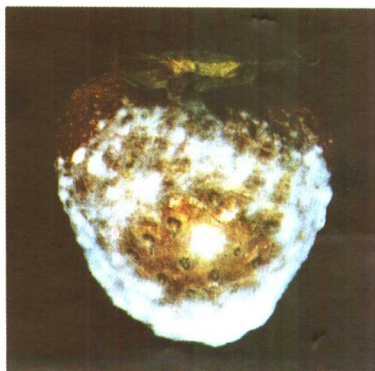
彩图 15 苹果苦痘病



彩图 16 苹果虎皮病



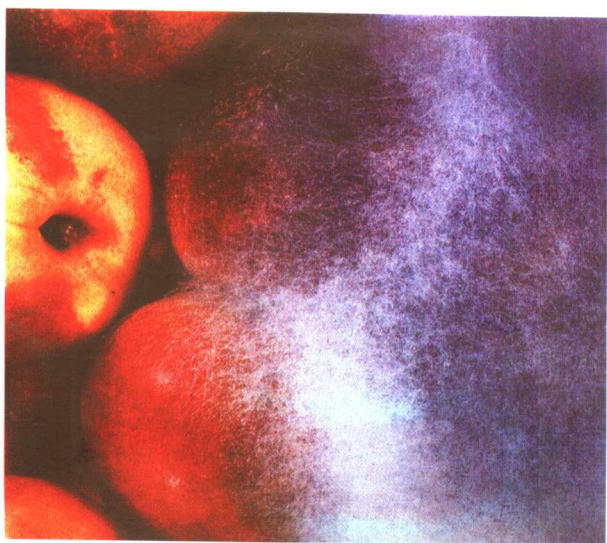
彩图 17 苹果水心病



彩图 18 草莓疫病



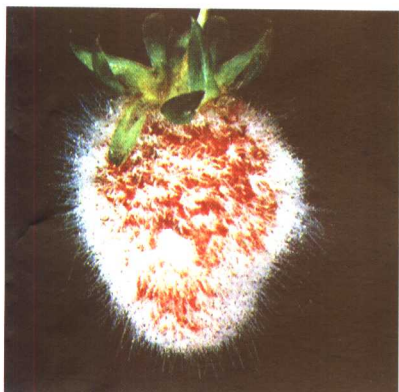
彩图 19 荔枝霜疫霉病



彩图 20 油桃软腐病



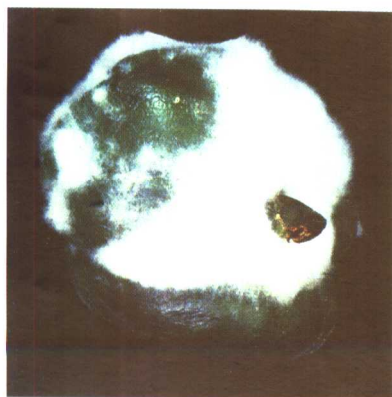
彩图 21 茄子软腐病



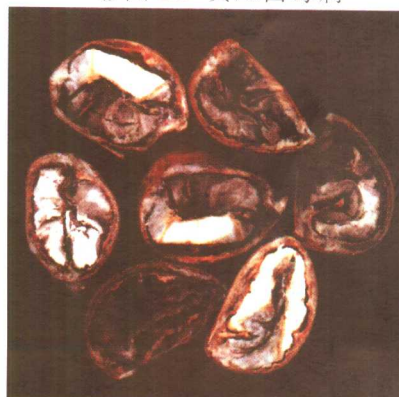
彩图 22 草莓白霉病



彩图 23 黄瓜白霉病

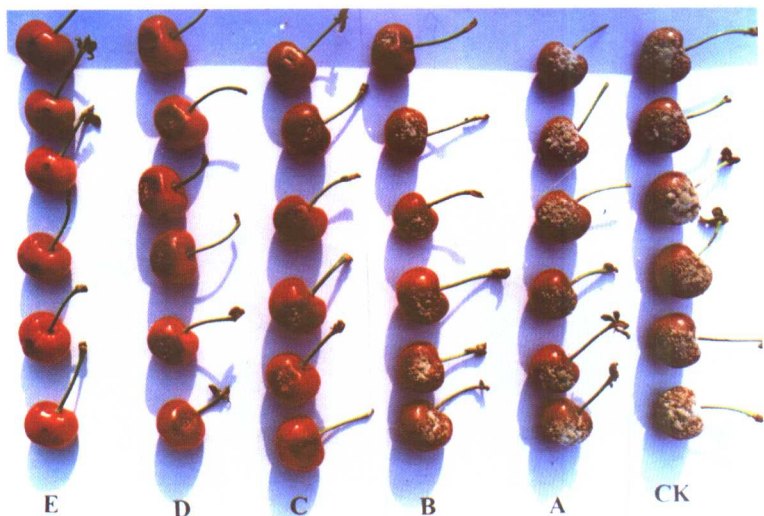


彩图 24 辣椒白霉病



彩图 25 板栗黑腐病

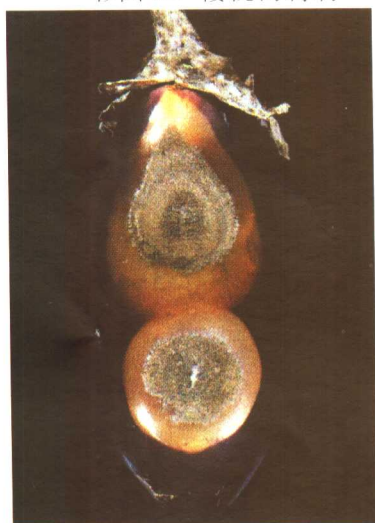




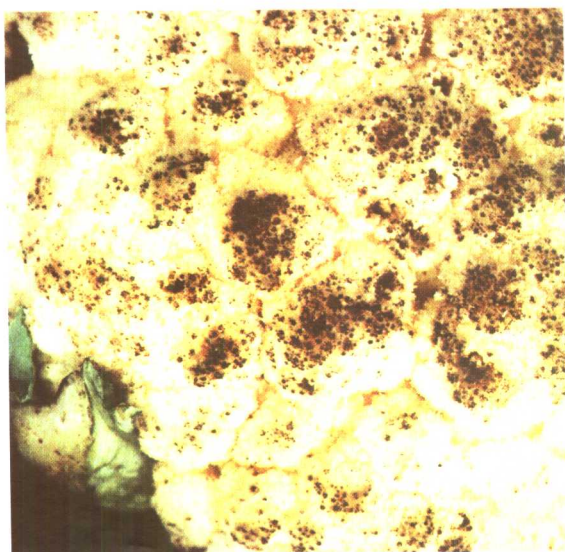
彩图 26 樱桃褐腐病



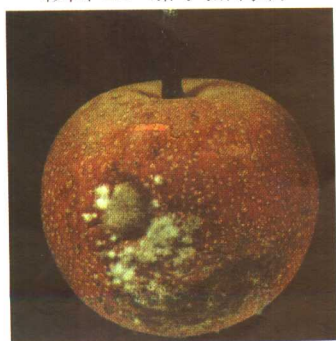
彩图 27 油桃褐腐病



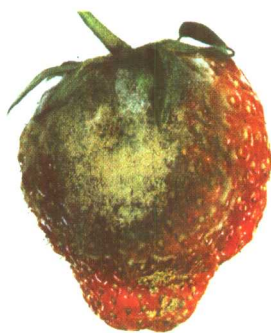
彩图 28 茄子黑腐病



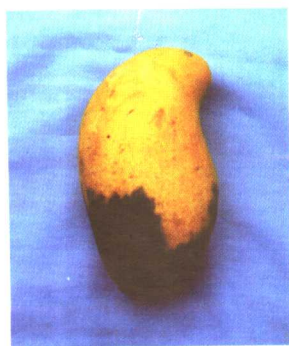
彩图 29 花叶菜黑点病



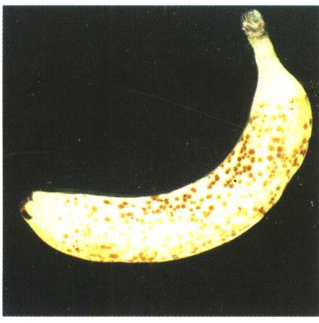
彩图 30 梨灰霉病



彩图 31 草莓灰霉病



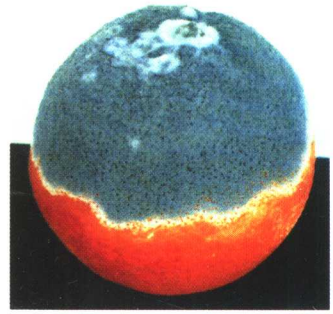
彩图 32 芒果炭疽病



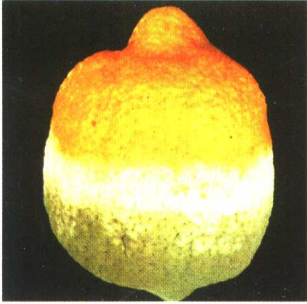
彩图 33 香蕉斑点病



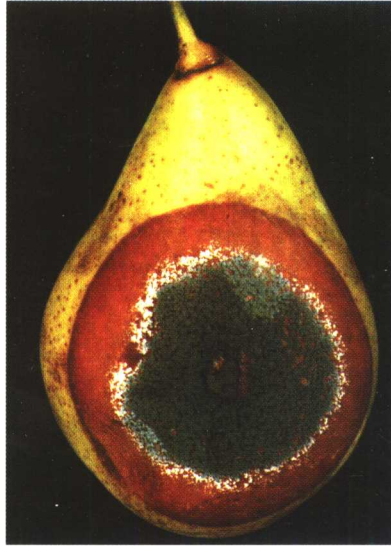
彩图 34 甜瓜白霉病



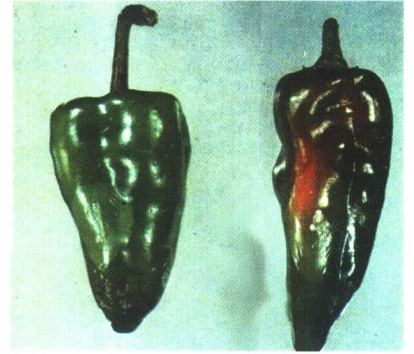
彩图 35 柑橘青霉病



彩图 36 柑橘绿霉病



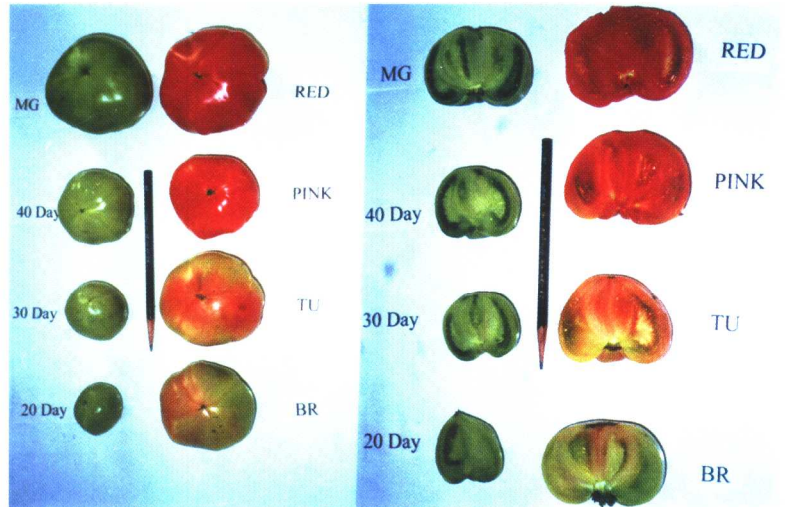
彩图 37 梨青霉病



彩图 38 辣椒腐烂病



彩图 39 花叶菜腐烂病



彩图 40 不同发育时期的番茄果实



**主 编** 罗云波 蔡同一（中国农业大学）

**副主编** 生吉萍（中国农业大学）

陈昆松（浙江大学）

蒲 彪（四川农业大学）

**编 者**（按拼音顺序排名）

陈昆松（浙江大学）

李正国（西南农业大学）

刘兴华（西北农林科技大学）

罗云波（中国农业大学）

生吉萍（中国农业大学）

田世平（中国科学院植物所）

郁志芳（南京农业大学）

赵九洲（莱阳农学院）

**审 稿** 周山涛（中国农业大学）

# 序 言

改革开放 20 多年来,我国经济有了长足的发展,广大国民基本上告别了短缺经济下食品供应不足的生活状态。但是,随着经济的发展,也出现了新的矛盾和问题,一方面,随着生活水平的提高,消费者对食品的感官品质、包装品质、安全品质、营养品质甚至保健作用等提出了更高的要求;另一方面,提供食品生产原料的农户和农业企业也正在面临新的挑战,即如何满足市场经济条件下市场变化不断对产品提出新的要求,以便脱贫致富、增产增收。

我国幅员辽阔,生态资源及种植资源十分丰富,对园艺作物的栽培已有数千年的历史。近年来,我国主要园艺产品的产量有了很大幅度的提高,并已排在世界的前列。据 1998 年的统计资料,我国水果总产量已达到 5 450 万 t,居世界首位;其中苹果 1 950 万 t,柑橘 870 万 t,梨 720 万 t。1999 年果品总产量达到 6 230 万 t,2000 年我国水果总产量约为 7 000 万 t,预计 2010 年将超过 1 亿 t。此外,我国的花卉栽培面积与消费数量正在逐年提高。中国现已成为世界最大的园艺产品生产国。在我国,蔬菜和水果生产仅次于粮食,分别居种植业中第二位和第三位。

我国有近 9 亿农民,不很好解决农民的收入问题,将不可能实现我国的现代化并成为世界经济强国。园艺产品,包括水果、蔬菜、花卉等,作为农产品中经济价值较高的产品,在农业结构调整的形势下正在日益受到重视,也是提高农民收入的重要途径。目前,园艺产品生产在农业和农村经济发展中的地位已十分重要,已经成为很多地区农村经济的支柱性产业。专家预测,当中国加入 WTO 后,它作为一种劳动密集型的产业,也仍将具备很高的比较优势和竞争优势。

尽管我国已成为果蔬、花卉产品生产的大国,在园艺产品的贮藏加工技术上也有较大的发展和进步,却仍是果蔬花卉商品化的小国。以水果为例(1998 年统计),发达国家人均占有商品水果达每年 70 kg,而我国仅有 45 kg;世界平均水平为水果产量的 10%参与国际贸易,而我国的水果出口量仅占水果总产量的 1.16%。其中的主要原因在于商品品质规格不符合国际通行的标准。据统计,1999 年花卉出口额达 2.6 亿美元,比前几年有较大幅度增加,但不稳定,主要是符合国际市场品质标准的、能够形成批量的拳头产品太少,难以把握稳定的渠道和出口市场。

在贮藏保鲜方面,我国果蔬、花卉每年的采后损失率高达 20%~30%,而西



方国家的采后损失率仅有 15% 左右。我国果蔬产品采后商品化处理水平也十分落后, 经过采后分级、清洗、包装等商品化处理的水果、蔬菜产品不足 50%, 而欧美各国则高达 90% 以上。我国果实采后的商业贮藏率仅占总产量的 10%, 其中采用西方发达国家已广泛使用的气调贮藏方式者甚至不足 1%。在意大利, 90% 的水果要经过贮藏及商品化处理, 80% 的贮藏库为全自动气调库, 从而做到了水果全年均衡上市。在美国通过高效率的运输设备和技术使果蔬、花卉市场不分南北东西都能充足供应。

在果蔬加工方面, 我国也面临许多问题。例如, 我国的果蔬产品收获后多是以原料鲜销, 从而造成价格低下, 旺季腐烂严重, 淡季又缺乏供应; 虽然果蔬生产数量巨大, 却又缺乏适宜于加工的品种; 技术设备陈旧落后, 专业技术人员缺乏; 加工量不足总产量的 10%, 加工品种类单调, 品质差, 缺乏竞争能力。而欧美发达国家果蔬加工产品琳琅满目, 品质高, 风味好, 形成了巨大的产业。一些跨国商业集团如都乐、大湖等公司已进入我国, 以优良的技术和产品抢占了我国市场。

以上种种情况, 与我国作为世界第一水果生产大国的地位极不相称。究其原因, 是我国在园艺产品的贮藏加工技术设备、人才培养和研究工作等方面依然十分落后, 与欧美等发达国家还有相当大的差距。

刚刚到来的 21 世纪, 是知识经济的时代, 也是全球经济一体化的时代。我国将作为 WTO 新的成员国, 在面临众多机遇的同时, 也面临严峻的挑战, 而农产品, 包括园艺产品, 所受到的挑战首当其冲。

我国有近 13 亿人口, 有着巨大潜在的园艺产品消费市场。然而, 一边是我国水果产量雄居世界榜首而销售渠道不畅; 一边是大量进口水果及园艺产品涌入我国市场而卖得红红火火。1997 年, 我国首次出现进口大于出口。据海关统计, 1998 年我国出口水果 63.3 万 t, 而进口 65 万 t。在这种形势下, 如何改善园艺产品的贮藏、加工、运输等条件, 提供高质量、高附加值的产品, 以参与国际竞争, 开拓国内外市场, 已是摆在我国农业工作者面前的重要问题。

同时, 我国已经确立了西部大开发的战略, 我国西部大部分地区生产的园艺产品如苹果、梨、葡萄等已具有独特的优势, 却缺乏相应的采后技术和设施。为了发展西部的农业, 改变西部作为农产品单一原料供应地的落后状况, 园艺产品的采后处理、加工、贮藏保鲜等技术的应用, 也将起着举足轻重的重要作用。国家在第 10 个五年计划中, 已把农产品贮藏加工放在了首要位置, 而农产品的贮藏加工科学则是推动我国农产品贮藏加工技术发展的理论基础。

园艺产品贮藏加工学的研究目的, 是探索园艺产品的采后成熟、衰老、品质

变化,以及加工过程中各种变化的机理,从而指导园艺产品贮藏加工应用的具体实践。作为一门综合性的应用学科,它广泛涉及到植物学、植物生理学、普通化学、生物化学、植物解剖学、微生物学、化工原理、机械制冷学以及生物技术等学科。正是因为这些基础学科的飞速发展,使得园艺产品贮藏加工学得以扩展,并成为一门蓬勃发展的新兴学科。因此,要学好园艺产品贮藏加工,首先必须打好相关学科的基础,掌握有关食物贮藏加工的基本科学原理,掌握今天已知的丰富的理论知识和实践经验,并以此为基础,为发展我国的园艺产品贮藏加工事业做出开拓性的、创造性的工作。

随着现代科学的迅猛发展,园艺产品的贮藏保鲜在理论上已经取得了极大的进展:从认识果蔬采后的呼吸现象、乙烯的生理效应,到认识乙烯生物合成途径的调控,进而认识果蔬采后成熟衰老的机理及分子生物学基础,其研究从观察宏观现象到深入细胞、亚细胞以及分子水平的微观世界。研究的发展不断运用于指导果蔬花卉的贮藏保鲜实践,使园艺产品的贮藏保鲜方式有了可喜的进步。园艺产品贮藏从各种因地制宜的土法贮藏,发展到根据不同产品特征设计的通风贮藏、机械冷藏以及气调贮藏;从各种保鲜剂的开发利用,到利用基因工程技术提高果蔬及花卉自身耐贮能力。这些研究应用的进步和发展,以及相关设备的开发和创新,为园艺产品的贮藏保鲜领域提供了极为丰富的新鲜内容,并为进一步的研究展示了广阔的空间。

在园艺产品加工领域,新技术同样层出不穷。从传统的罐藏、淹制、盐渍、糖制、榨汁、酿造、干制等,到今天的膜分离技术、超临界萃取技术、微胶囊技术、基因工程技术,甚至最新的纳米技术在发酵、酿造、食品工业用酶、添加剂开发方面的利用,为果蔬产品的加工开发展示了诱人的前景。这些技术的利用大大提高了生产效率,降低了生产成本,提高了产品品质,增强了市场竞争能力。

然而,目前在园艺产品贮藏加工领域仍然存在着许多十分复杂的理论和应用问题。例如,在贮藏理论方面,衰老因子乙烯的生物合成调控、乙烯受体及信号转导的问题,以及贮藏期间生理病害的致病机理等仍是世界范围的研究热点;在加工方面,如何解决加工过程中果汁的后混浊问题,加工产品的褐变问题,加工产品中的香气成分和营养价值保存问题,以及如何研究开发新的加工方法等诸多问题有待解决。

了解、学习和掌握果蔬贮藏加工的基本理论及实用技术,将为我国果蔬贮藏加工事业提供强大的技术后盾,满足我国园艺产品贮藏加工事业发展所必需的人才需求,进一步提高我国园艺产品的贮藏、加工、运输等一系列商品化处理水平。这对于促进我国的农业结构调整、增加农产品的附加价值、满足多元化的市场需



求、迎接世界经济全球化的挑战起到十分重要的作用。

本书的作者大都是具有博士、硕士学位的中青年教授、副教授，长期从事园艺产品的采后理论和技术的教学科研工作，经验丰富，精力充沛，善于捕捉新的信息，发现并反映关键问题，能引导学习者准确地掌握本学科的知识，结合我国实际，推动有待开发的事业。本书也将成为园艺产品的科研、生产、经营者的良师益友。

**周山涛**

2001年春于北京

# 前 言

本教材是国家教育部面向 21 世纪教学内容和课程体系改革 04-13 项目研究成果,根据“面向 21 世纪课程教材”的编写要求,着重阐述园艺产品贮藏加工的基本理论和该领域国内外的最新研究进展,通过大量的案例,介绍贮藏加工中实用技术,力求体现园艺学科发展的特点,在内容和形式上有所创新。

本教材分为贮藏篇和加工篇。贮藏篇分为七章,阐述了园艺产品的采后生理、采后生物技术、影响贮藏的因子、采后处理与运销、采后病害及防治、采后贮藏方式和管理、贮藏案例等。加工篇分为十章,分别阐述了果蔬保藏原理与预处理、罐藏、制汁、速冻、干制、糖制、腌制、果酒与果醋酿制、其他果蔬制品的生产技术和果蔬加工案例。

贮藏篇中,陈昆松、生吉萍编写第一章,罗云波、生吉萍、陈昆松编写第二章,刘兴华编写第三章,李正国编写第四章,田世平编写第五章,郁志芳编写第六章,第七章的第一、二节有以上作者分工编写,第三节由赵九洲编写。本篇由生吉萍负责统稿工作。

加工篇中,蔡同一、蒲彪编写第一章,叶兴乾编写第二章,倪元颖编写第三章,胡卓炎编写第四章,王清章编写第五章,张宝善编写第六章,蒲彪编写第七章,孟宪军编写第八章,第九章第一节、第三节由叶兴乾编写,第二节由王清章编写,第四节、第六节由蒲彪编写,第五节由孟宪军编写,第七节由胡卓炎编写,第十章的案例分别由叶兴乾、孟宪军和王清章编写。本篇由蒲彪负责统稿工作。本书主编罗云波负责全书的统稿工作。

本书从实用目的出发,既有最新理论和技术,又触及到贮藏加工中最具体的生产实践问题,努力做到理论和实践有机联系为一体。同时,本书图文并茂,简明易懂,既可作为教材,又可作为从事实际工作者的参考书。

本书由全国多所院校共同参与编写,汇集了东南西北各方的力量,是集体智慧的结晶。在编写审稿过程中,承蒙周山涛教授的悉心指导和中国农业大学出版社的大力协助。由于涉及果品、蔬菜、观赏植物,知识面广,内容丰富,作者又各居异地,书中疏漏和不妥之处在所难免,衷心期待诸位同仁和读者的指正。

罗云波 生吉萍

2001 年 5 月于北京



# 目 录

↓ 园艺产品采后生理 .....	(1)
1.1 呼吸作用 .....	(2)
1.1.1 呼吸作用的概念 .....	(2)
1.1.2 呼吸强度与呼吸系数 .....	(3)
1.1.3 呼吸温度系数、呼吸热和呼吸高峰 .....	(4)
1.1.4 影响呼吸强度的因素 .....	(5)
1.2 植物激素生理 .....	(8)
1.2.1 乙烯的生物合成途径及其调控 .....	(8)
1.2.2 乙烯的生理作用及其调控 .....	(14)
1.2.3 其他植物激素的作用及其与贮藏的关系 .....	(18)
1.3 采后蒸腾生理及其调控 .....	(21)
1.3.1 蒸腾与失重 .....	(21)
1.3.2 蒸腾作用对采后贮藏品质的影响 .....	(22)
1.3.3 影响采后蒸腾作用的因素 .....	(22)
1.3.4 结露现象及其危害 .....	(25)
1.4 休眠与生长 .....	(26)
1.4.1 休眠 .....	(26)
1.4.2 生长 .....	(30)
2 园艺产品采后生物技术 .....	(33)
2.1 生物技术的基本概念 .....	(34)
2.2 园艺产品采后生物技术 .....	(34)
2.2.1 基因工程 .....	(35)
2.2.2 反义基因技术 .....	(40)
2.2.3 细胞工程 .....	(41)
2.3 采后园艺产品成熟衰老相关酶 .....	(42)
2.3.1 细胞壁降解相关酶 .....	(42)
2.3.2 碳水化合物代谢相关酶 .....	(44)
2.3.3 植物脂氧合酶(LOX) .....	(45)
2.4 园艺产品采后生理代谢基因及其表达 .....	(46)

2.4.1	细胞壁代谢相关基因及其表达	(46)
2.4.2	乙烯合成相关酶基因	(50)
2.4.3	脂氧合酶(LOX)基因	(54)
2.4.4	色素合成相关基因	(55)
2.4.5	乙烯受体与信号传递基因	(55)
2.5	园艺产品采后生物技术研究进展及展望	(57)
2.5.1	园艺产品生物技术研究和应用现状	(57)
2.5.2	园艺产品转基因技术存在的问题及展望	(58)
3	影响园艺产品贮藏的因素	(63)
3.1	采前条件对园艺产品品质和耐贮性的影响	(64)
3.1.1	产品本身因素	(64)
3.1.2	生态因素	(67)
3.1.3	农业技术因素	(71)
3.2	贮藏条件的影响	(78)
3.2.1	温度	(78)
3.2.2	湿度	(79)
3.2.3	O <sub>2</sub> 和CO <sub>2</sub>	(79)
3.2.4	其他采后处理	(80)
4	园艺产品的采后处理与运销	(81)
4.1	采收	(82)
4.1.1	采收成熟度的确定	(82)
4.1.2	采收方法	(84)
4.2	采后处理	(87)
4.2.1	整理与挑选	(87)
4.2.2	预冷	(88)
4.2.3	清洗和涂蜡	(91)
4.2.4	分级	(93)
4.2.5	包装	(98)
4.2.6	其他采后处理	(100)
4.3	园艺产品的运输与销售	(105)
4.3.1	运输	(105)
4.3.2	市场销售	(109)
5	园艺产品采后病害及其防治	(113)
5.1	采后生理失调	(114)

5.1.1	低温伤害	(114)
5.1.2	呼吸失调	(116)
5.1.3	其他生理失调	(117)
5.2	侵染性病害	(118)
5.2.1	病原种类	(118)
5.2.2	侵染过程	(124)
5.2.3	发病原因	(126)
5.2.4	防治措施	(128)
6	园艺产品贮藏方式与管理	(137)
6.1	常温贮藏	(138)
6.1.1	新鲜园艺产品常温贮藏的方法	(138)
6.1.2	常温贮藏方式的管理	(139)
6.2	机械冷藏	(140)
6.2.1	机械冷藏的概念和机械冷藏库的类型	(140)
6.2.2	机械冷藏库的组成和设计	(141)
6.2.3	冷藏库房的围护结构	(142)
6.2.4	机械冷藏库的制冷系统	(144)
6.3	气调贮藏	(151)
6.3.1	气调贮藏的概念和原理	(151)
6.3.2	气调贮藏的分类	(152)
6.3.3	气调库房的设计与建造	(153)
6.3.4	气调系统	(155)
6.3.5	气调贮藏的条件和管理	(156)
6.4	其他贮藏方式	(159)
6.4.1	减压贮藏	(159)
6.4.2	辐射处理贮藏	(161)
6.4.3	臭氧和其他处理	(162)
7	园艺产品贮藏案例	(165)
7.1	蔬菜贮藏技术	(166)
7.1.1	蒜薹贮藏案例	(166)
7.1.2	番茄	(169)
7.1.3	甘蓝	(172)
7.1.4	花椰菜	(174)