

农民致富大讲堂系列丛书



果蔬贮运保鲜中的 1-MCP应用技术

李江阔 主编



天津科技翻译出版公司

果蔬贮运保鲜中的 1-MCP应用技术

主编：李江阔

编者：李志文 张 鹏

李东华 张 平

审定：李家政



天津科技翻译出版公司

图书在版编目(CIP)数据

果蔬贮运保鲜中的 1-MCP 应用技术/李江阔主编. —天津:天津科技翻译出版公司, 2010.3

(农民致富大课堂系列丛书)

ISBN 978-7-5433-2635-4

I. ①果… II. ①李… III. ①水果—贮运—技术②蔬菜—贮运—技术③水果—保鲜—技术④蔬菜—保鲜—技术 IV. ①S609

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017962 号

出 版: 天津科技翻译出版公司

出 版 人: 蔡 颢

地 址: 天津市南开区白堤路 244 号

邮政编码: 300192

电 话: 022-87894896

传 真: 022-87895650

网 址: www.tsttpc.com

印 刷: 高等教育出版社印刷厂

发 行: 全国新华书店

版本记录: 846×1092 32 开本 3.625 印张 60 千字

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定价:9.00 元

(如有印装问题,可与出版社调换)

丛书编委会成员名单

主 任 陆文龙

副 主 任 程 奕 蔡 颢

技术总监 孙德岭 王文杰

编 委 (按姓氏笔画排列)

王万立	王文生	王文杰	王正祥	王芝学
王继忠	刘书亭	刘仲齐	刘建华	刘耕春
孙德岭	张国伟	张要武	李千军	李家政
李素文	李 瑾	杜胜利	谷希树	陆文龙
陈绍慧	郭 郢	高贤彪	程 奕	蔡 颢

丛 书 前 言

为响应国务院关于推进“高效富农、产业兴农、科技强农”政策的号召,帮助农民科学致富,促进就业,促进社会主义新农村建设和现代农业发展,我们组织编写了这套农民致富大型科普丛书——《农民致富大讲堂》。

本丛书立足中国北方农村和农业生产实际,兼顾全国农业生产的特点,以推广知识、指导生产、科学经营为宗旨,以多年多领域科研、生产实践经验为基础,突出科学性、实用性、新颖性。语言通俗易懂,图文并茂,尽量做到“看得懂、学得会、用得上”。本丛书涉及种植、养殖、农产品加工、农产品流通与经营、休闲农业、资源与环境等多个领域,使农民在家就可以走进专家的“课堂”,学到想要了解的知识,掌握需要的技能,解决遇到的实际难题。

参加本丛书编写的作者主要来自天津市农业科学院的专业技术人员,他(她)们一直活跃在农业生产第一线,从事农业产前、产中和产后各领域的科研、服务和技术推广工作,具有丰富的实践经验,对

农业生产中的技术需求和从业人群具有较深的了解。大多数作者曾编写出版过农业科普图书,有较好的科普写作经验。

本丛书的读者主要面向具有初中以上文化的农民、农业生产管理者、基层农业技术人员、涉农企业的从业者和到农村创业的大中专毕业生等。

由于本丛书种类多、范围广、任务紧,稿件的组织 and 编辑校对等工作中难免出现纰漏,敬请广大读者批评指正。

丛书的出版得到了天津市新闻出版局、天津市农村工作委员会和天津市科学技术委员会的大力支持与帮助,在此深表感谢!

《农民致富大讲堂》编委会

2009年8月

前 言

我国新鲜果蔬采后的腐烂损失问题十分严重,制约着我国果蔬产业的发展。经过 1-MCP 处理的果蔬可以保持同采摘时一样的新鲜和口感,并且在包装、运输、货架和销售过程中都能保持一致。1-MCP 能阻断果蔬中乙烯与受体的结合,抑制乙烯所诱导的各种生理生化反应,减少呼吸强度,并且抑制效应强、时效较长,从而延缓果蔬的成熟进程,延长贮藏寿命,达到保鲜效果。由于 1-MCP 具有使用浓度低、效果明显、易于合成、使用方便、无毒无残留等特性,因而受到园艺采后及保鲜领域科研人员的广泛关注。同时 1-MCP 可以有效地延缓果蔬的成熟与衰老,避免过早成熟及提前进入衰老所带来的负面作用,与传统的保鲜技术相比,可以说是果蔬贮藏保鲜领域的一项革命性突破。

作为一种新型乙烯受体抑制剂,1-MCP 能有效地抑制果蔬对乙烯的敏感性,在果蔬尤其是在呼吸跃变型果蔬的贮藏保鲜上具有诱人的应用前景。但其作用效果受果蔬种类、果蔬成熟度、处理浓度、处理时间以及处理温度等

多方面因素的影响。就浓度方面而言,在一定浓度范围内,1-MCP 处理效果随着浓度的增加而增强,但是浓度偏高的 1-MCP 处理反而会增加腐烂率。因此,1-MCP 处理技术与其他保鲜措施或技术进行组装、配套会取得更为理想的贮藏保鲜效果,全面提升果蔬贮藏及贮后货架品质,进而全面提高贮藏果蔬的经济效益,促进果蔬种、采、收、贮、销的一体化良性发展。

考虑到不同层次的人的需求,本书从保鲜的基础知识入手,结合国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)多年来对 1-MCP 在果蔬贮运保鲜中的科研与实用推广过程的成果与经验,以及归纳、总结 1999 年~2009 年我国公开发表的各类中文期刊关于 1-MCP 在果蔬贮运保鲜上的科研成果,希望能给从事 1-MCP 技术研究、推广与应用的广大科研工作者和生产第一线工作者及基层技术人员以参考与借鉴。

限于编者的实践经验与理论水平有限,书中疏漏与错误在所难免,恳请读者批评指正。在从事 1-MCP 在果蔬贮运保鲜研究的过程中得到了沈阳农业大学马岩松教授、纪淑娟教授、魏宝东副教授、美国罗门哈斯孙希生研究员、鞍山师范学院辛广教授的大力支持,在此一并表示感谢。

编 者

2009 年 12 月

目 录

第一章 1-MCP 在果蔬贮运保鲜中的应用简介 …	(1)
一、乙烯受体阻断剂的研究简史 ……………	(2)
二、1-MCP 的理化性质和作用机制 ……………	(4)
三、1-MCP 产品的安全性及应用 ……………	(7)
四、1-MCP 影响果蔬采后生理及其品质 ………	(8)
五、1-MCP 抑制果蔬采后生理失调及微生物病害/	(13)
六、影响 1-MCP 作用效果的主要因素 ………	(14)
第二章 果蔬贮运保鲜的基本知识 ……………	(18)
一、果蔬品质的概念 ……………	(18)
二、果蔬品质的属性 ……………	(18)
三、水果的滋味 ……………	(21)
四、果品采后的生理 ……………	(25)
五、成熟与衰老的控制 ……………	(33)
第三章 果蔬贮藏 1-MCP 前处理技术 ……………	(41)
一、1-MCP 的使用方法 ……………	(42)
二、商业化 1-MCP 处理的方式与设施 ………	(44)
三、1-MCP 处理时的注意事项 ……………	(50)

第四章 1 - MCP 在北方主要果品的采后贮运保鲜中的

应用技术	(53)
一、苹果	(53)
二、梨	(62)
三、葡萄	(78)
四、鲜枣	(79)
五、鲜桃	(81)
六、李子	(85)
七、杏	(85)
八、猕猴桃	(86)
九、樱桃	(88)
十、草莓	(89)
十一、柿子	(89)
十二、瓜类	(92)

第五章 1 - MCP 在南方主要果品的采后处理及贮运

保鲜中的应用技术	(93)
一、香蕉	(93)
二、番荔枝	(94)
三、芒果	(94)
四、枇杷	(95)
五、杨梅	(95)

第六章 1 - MCP 在蔬菜贮运保鲜中的应用技术… (96)

一、番茄	(96)
二、辣椒	(97)

三、青花菜	(98)
四、大叶芹	(99)
五、黄瓜	(99)
六、韭薹	(99)
七、油豆角	(100)
八、竹笋	(100)
九、韭黄	(101)
十、青菜	(101)

第一章 1 - MCP 在果蔬贮运 保鲜中的应用简介

一个世纪以来的研究表明,乙烯作为一种植物激素,通过调节果蔬中相关基因表达而影响成熟过程,在果实采后研究领域扮演着一个极其重要的角色。因此,对果蔬采后生理中乙烯调控的研究工作一直受到采后生理学家们的高度重视,进展也特别迅速。目前人们对于乙烯的生物合成途径及其调节已经有了一个较为深入的认识。

鉴于乙烯在果蔬采后成熟与衰老中的作用,人们一直试图在寻找一种简单有效的物质来调节乙烯生理作用的发挥,延缓果蔬的衰老进程。1 - 甲基环丙烯(1 - Methylcyclopropene, 1 - MCP)就是最近发现的一种新型的乙烯作用抑制剂,许多研究中发现它能够能阻断果蔬中乙烯与受体的结合,抑制乙烯所诱导的各种生理生化反应,减少呼吸强度,并且抑制效应强、时效较长,因而可延缓果蔬的成熟与衰老的进程,延长果蔬的贮藏寿命,从而达到良好的保鲜效果。由于1 - MCP具有使用浓度低、效果明显、易于合成、使用方便和高效无污染等特性,因而受到园艺采后及保鲜领域科研人员的广泛关注。作为一种新型植



物生长调节剂, 1-MCP 在延长果蔬采后货架期及改善贮藏品质方面发挥了重大的生理作用, 也为我们更深入地研究与开发乙烯的作用提供了新的途径。时至今日, 1-MCP 已经在数百种果蔬上进行了采后应用性试验, 并且大量关于 1-MCP 生理作用的科研工作仍在继续, 我们更期待着 1-MCP 尽快地走向商业化应用, 为果蔬贮藏保鲜产业创造出巨大的财富。

一、乙烯受体阻断剂的研究简史

乙烯可以诱导呼吸跃变、果实软化及果色的转变, 而且在植物开花、结果及果实生长、后熟等诸多方面发挥着重要作用。通常, 乙烯的调控主要包含以下两个方面的含义: ①控制内源乙烯的生成。②控制乙烯的生理作用。乙烯发挥生理作用大致需要经过三个阶段: 乙烯同受体相结合→诱导相关基因的表达→诱导与成熟相关酶的合成, 三个步骤缺一不可。因此, 我们若能人为控制这三个步骤中的任意一步, 即可控制乙烯对植物的作用, 从而达到延缓衰老、贮藏保鲜的目的。而在这三个环节中, 调节“乙烯与受体相结合”是最可行和最可靠的, 因为一般认为, 激素的作用与基因的活化和表达有关, 而激素对基因的作用是需要通过受体介导的。无论内源乙烯还是外源乙烯, 若要发挥其生理效应都必须首先和受体相结合。

试验中人们发现了这样一个现象: 一氧化碳、乙炔和丙烯这些化合物的作用效应同乙烯极其相似, 可以称为乙

烯效应的类似物；而二氧化碳的作用结果却同乙烯恰恰相反。因此称二氧化碳这类化合物为乙烯效应的拮抗物，并且设想其与乙烯受体之间存在着相互联系。至此，科学工作者便展开了乙烯受体阻断剂的研究。据报道，2,5-降冰片二烯以竞争性的方式抵消乙烯的作用。研究人员也发现，银离子以非竞争性的方式使乙烯的生理效应消失，在生产实践中，多以硫代硫酸银（STS）的形式被应用。虽然银离子抑制乙烯作用的效果十分显著，但其对环境有严重的污染作用，因此遭到了环境保护学家的强烈反对，被禁止使用于食品及饲料中。至此，陆续有相关报道证明，反式环辛烷以及环丙烯家族等许多化合物也有拮抗乙烯的作用。20 世纪 90 年代中期，人们发现 1-甲基环丙烯及其类似物等乙烯受体阻断剂，从而为更有效地控制乙烯的作用开辟了新途径。研究人员的不断研究发现，环丙烯、1-MCP、3-MCP、3,3-二甲基环丙烯均可以阻断许多植物中的乙烯反应。但这些化合物中有些环状化合物存在着致命的缺点，如所需处理时间长、处理浓度较高、具有刺激气味和存在着一定的爆炸危险等。试验表明，1-MCP 是能在暗中不可逆地抑制植物体对乙烯感受的气体抑制剂，是一种常温条件下表现稳定的、结构相对简单的有机化合物。与硫代硫酸银（STS）和氨基乙氧基甘氨酸（AVG）等传统的乙烯抑制剂相比，1-MCP 具有性质稳定、效果持续时间长、使用浓度低、无污染等优点，它不但能强烈地阻断内源乙烯的生理效应，而且还能抑制外源乙



烯对内源乙烯的诱导作用,因而在采后园艺作物中有极大的应用前景。

二、1-MCP 的理化性质和作用机制

1-MCP 通过与乙烯受体优先结合的方式,从而阻止内源乙烯和外源乙烯与乙烯受体的结合,抑制乙烯原初反应的发生。自 1-MCP 发现以来,大量相关研究报告显示,1-MCP 可延长切花瓶插寿命,在水果上,研究发现 1-MCP 能抑制苹果、香蕉、西洋梨、亚洲梨、猕猴桃、柑橘、草莓、桃、李、杏、鳄梨等采后成熟和衰老,其抑制作用在具有呼吸高峰的果实上表现更为明显。可见 1-MCP 不仅是研究乙烯的有效工具,而且具有潜在的商业应用前景。

(一) 1-MCP 的理化性质

1-MCP,化学名称为 1-甲基环丙烯。在 20 世纪中叶,1-MCP 就已经被合成。但是直到 1994 年,才发现 1-MCP 能够作为一种乙烯作用抑制剂而发挥其生理功能,并于 1996 年被授予专利。1-MCP 是一种结构相对简单、不具有毒性的有机化合物;分子量为 54,分子式为 C_4H_6 ;在标准温度和压力下呈气态形式存在,纯品为无色气体,沸点低于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,在常温下稳定,在液体状态下不太稳定;1-MCP 的结构为带一个甲基的环丙烯,为一种非常活跃的、易反应、十分不稳定的气体,当超过一定浓度或压力时会发生爆炸,因此,在制造过程中不能对 1-甲基环丙烯以纯品或高浓度原药的形式进行分离和处理,其本

身无法单独作为一种产品(纯品或原药)存在,也不能贮存。

(二) 1-MCP 的作用机制

1-MCP 的主要作用机制是与植物中的乙烯受体发生不可逆性结合,阻断乙烯与受体的结合,从而能抑制植物组织对乙烯的敏感性。植物发育的限制因子主要是对生长物质的敏感性而不是生长物质的浓度。在果蔬完熟过程中,敏感性的变化取决于受体本质和数量的变化。在组织未产生新的乙烯受体之前,1-MCP 处理能持久地抑制乙烯的作用。研究人员提出了 1-MCP 可能的作用模式:在正常情况下,乙烯与体内受体中的金属原子相结合,引起受体结构改变,随后又从受体上脱落下来,乙烯受体即被激活。1-MCP 强烈竞争乙烯受体,并通过金属原子与受体紧密结合,从而阻碍乙烯的正常结合,又由于这种结合是紧密的,1-MCP 不易脱落下来,因此受体保持钝化状态,以致与乙烯相关的生理生化反应受抑。

乙烯和 1-MCP 与乙烯受体作用的模式包括以下步骤:①乙烯(E)接近受体中的金属离子,继而电子被吸附。②受体中的一个配体(L_3)与金属离子分开,另一个配体(L_5)及乙烯移向金属离子并与之结合。③乙烯与受体分离,乙烯反应被激活。④1-MCP 以与乙烯同样的方式发生作用,但它不与复合体分离,使乙烯失去与受体结合的机会,从而阻断乙烯反馈调节的生物合成,即主要是抑制果实中系统Ⅱ乙烯合成来实现。而 1-MCP 处理后果实



的正常成熟则是由于随着果实的进一步成熟,不断合成新的乙烯受体或是随着时间的延长,1-MCP 与其结合的受体解离,使受体重新获得对乙烯敏感所致。

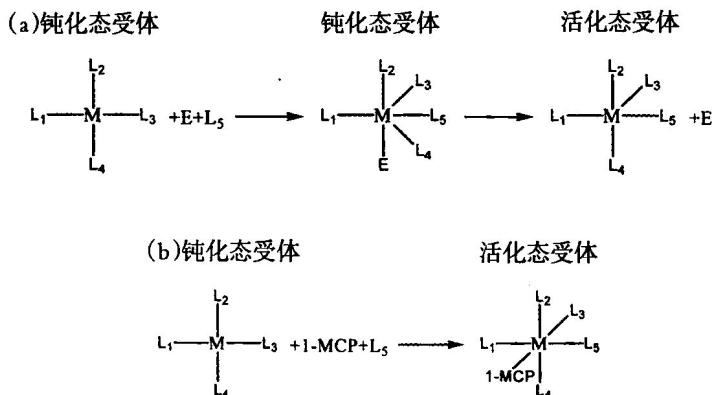


图 1-1 乙烯 (a) 和 1-MCP (b) 与乙烯受体作用的推测模式

M: 金属离子; E: 乙烯; $L_1 \sim L_5$: 配体

如图 1-1 所示,这个模式可以解释乙烯作用抑制剂 1-MCP 的许多试验结果。尽管这个模式还没有得到证实,但它在设计试验阐明受体的作用方式时是非常有效的。1-MCP 与受体的亲和性比乙烯大 10 倍,而且作用浓度比乙烯低得多。另外,1-MCP 还可以通过反馈调节而影响乙烯的生物合成。截至目前为止,关于 1-MCP 的作用机制主要提出受体竞争学说,但是越来越多的研究已经显示:1-MCP 不仅仅只是单纯地发挥抑制乙烯的作用,似乎它自身也可能发挥直接的生理作用,关于这个推测还有待于进一步的研究证实。