

# 果蔬保鲜温度梯度试验冷库的设计与效果分析

胡云峰<sup>1</sup>, 李喜宏<sup>1,2</sup>, 朱志强<sup>3</sup>, 于晋泽<sup>3</sup>

(1. 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300222; 2 天津大学机械学院, 天津 300292; 3 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384)

**摘要:** 试验以创造研究果蔬保鲜最佳温度、冷害临界温度的试验条件为目的, 设计研究温度梯度库的最佳结构、工艺和技术参数, 明确梯度库的温度弹性效应和温度场效应。空库运行和装入实验果蔬后梯度库温差  $< \pm 0.5$ 。

**关键词:** 温度梯度; 冷库; 保鲜; 温度试验

**中图分类号:** S229<sup>+</sup>. 3

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-6819(2005)07-0132-04

胡云峰, 李喜宏, 朱志强, 等. 果蔬保鲜温度梯度试验冷库的设计与效果分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 132-135

Hu Yunfeng, Li Xihong, Zhu Zhiqiang, et al. Design and effect analysis of the gradient temperature cold store for fruit and vegetable preservation[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(7): 132-135 (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

温度、湿度、气体、防腐是果品、蔬菜、花卉等园艺产品贮藏保鲜的 4 个关键因素, 其中温度是最关键因子, 占 60%~70% 的科技贡献率<sup>[1,2]</sup>。大多数农产品的温度系数  $Q_{10} = 2 \sim 3$ , 即温度每相差 10, 贮藏保鲜寿命或质量相差 2~3 倍<sup>[3,4]</sup>, 同时, 不同的果蔬对温度的要求也是不一样的<sup>[5,6]</sup>。但是, 园艺产品的温度系数或耐藏性与采前的立地条件、采后的环境因素密切相关, 同一品种园艺产品于不同的气候、土壤条件下栽培或不同采收成熟度、不同贮藏湿度、气体条件下, 贮藏保鲜最佳温度有较大的差异, 如番茄绿熟时适宜保鲜温度为 11~13, 全红时为 7~10<sup>[1]</sup>。因此, 研究园艺产品的保鲜技术参数, 温度梯度试验条件是最基本的核心手段。

自 1851 年澳大利亚的詹姆斯·哈里斯研制发明了第一台冷冻机后, 冷藏技术就迅速地应用于商业冷藏, 当时主要通过制冷方法来控制冷库内温度<sup>[7,8]</sup>。由于库体容积较大, 储藏技术的研究主要集中在库内空气参数对贮藏果蔬的影响, 及库内气流组织的分布, 而对库体结构没有较多的研究。如 Robert E. Paull 和 A. Lopez 对温度和相对湿度对果蔬质量的影响作了很好的回顾, 认为在一定温度和相对湿度范围内, 降低温度和升高库内相对湿度有利于库内储藏果蔬品质的提高<sup>[9]</sup>。随着微型节能冷库在果蔬产地的大量推广应用, 国内也对其结构进行了优化设计和分析<sup>[10]</sup>。

然而, 目前中国果蔬保鲜技术的研究中, 通常以常规冷库或冰箱为温度调控设施, 其应用过程中存在很多缺陷直接影响到试验研究效果: 作为每一个独立操作单元, 冷库不同的贮藏间由于温度波动和温度分布不同,

难以提供稳定相同的温度试验条件; 冰箱由于空间过小, 温度波动大, 实验过程中常造成包装内大量结露、积水; 第二, 两种设施的容积或过大或过小, 难以满足科学研究中适宜贮藏量的需要。因此, 研究适宜的温度调控设施对果蔬贮藏保鲜科学研究的准确性、科学性具有重要作用。

本课题组在研究和开发以“微型节能保鲜冷库”为核心的产地贮藏模式过程中, 通过微电脑自动控制实现通风换气工艺改进、温度场切换等软件技术和硬件库体静压结构与设备优化设计, 研制出了高精度、数字化温度梯度试验冷库。

## 1 温度梯度库的结构设计

果蔬贮藏试验中对库房内各点的温度要求点温差  $< \pm 0.5$ 、位点间温差  $< \pm 1.0$ <sup>[2]</sup>, 但在常规冷库中因与冷源出口距离不同、空气流动位置不同造成库内有温度死点, 各点间温差超过 3~5。本研究拟采用夹套设计解决难题, 具体如下:

库体采用差压式母—子结构, 可分为静压室、缓冲间和梯度间 3 部分组成。如图 1 和图 2 所示。

降温工艺技术路线: 低温空气冷风机 1 静压室 2 静压风机 4 梯度库 7 温度、气体压力平衡阀 9 缓冲间 6 环境平衡, 升温依靠温度勾配仪。

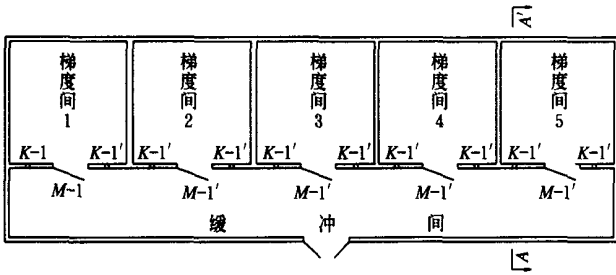
主要技术特点是冷风机安装在静压室内, 使冷风主要在夹层循环, 有利于均恒库内温度, 减小除霜次数, 节电。静压室冷气通过高效静压通风机引入梯度间, 梯度间中高效温度勾配仪, 通过缓冲间内的电器自动控制系统达到梯度间温度调节功能。在静压室下设一个工艺窗, 以便静压室设备安装、维护等操作。

其中母体库常见容积为 90~120 m<sup>3</sup>, 一般为长 7.0~9.0 m × 宽 4.0~5.0 m × 高 3.0~3.5 m; 子体静压室为长 7.0~9.0 m × 宽 4.0~5.0 m × 高 0.8~1.5 m; 子体缓冲间为长 7.0~9.0 m × 宽 1.5~2.5 m × 高 2.0~2.5 m; 梯度间为长 2.0~3.0 m × 宽 1.5~2.5 m × 高 2.0~2.5 m。

收稿日期: 2004-09-22 修订日期: 2005-05-25

基金项目: 国家重点新产品 (2003ED610006); 国家攻关计划 (2003BA 537C)

作者简介: 胡云峰 (1966-), 女, 汉族, 安徽黄山人, 副研究员, 硕士, 主要从事农产品保鲜研究与开发。天津 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 300222



M-1: 保温门 K-1: 温度气体压力平衡阀  
图 1 梯度库平面示意图

Fig 1 Sketch map of plane of temperature gradient store

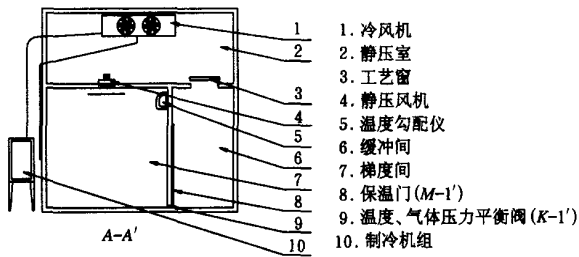


图 2 梯度库剖面示意图

Fig 2 Sketch map of section plane of temperature gradient store

## 2 温度控制系统设计

科研试验具有多样性、复杂性、稳定性,不同果蔬最适宜贮藏温度不同,所以梯度间温度设计在 $-2\sim 20$ 内可以任意调节、自动控制、恒温,每个库可以单独调控。根据李喜宏研究可知<sup>[1]</sup>,单位库容积所含制冷量(标准工况) $> 60\sim 70\text{W}$ 即可满足果蔬贮藏要求,所以本设计中制冷设备选择BK120型微型节能保鲜冷库专用进口全封闭压缩机组,电机功率 $4.0\sim 5.0\text{kW}$ 。

温度自动控制系统分为静压室温度控制和梯度间温度控制两部分。静压室温度控制系统采用微型节能保鲜冷库微电脑控温系统,库内温差 $< \pm 0.5$ ,节能、融霜、缺相、压力等多项保护自动控制。

梯度间温度设定设计中,梯度间与静压室温度相差 $> 3$ 。梯度间温度控制系统工作原理如图3所示,当梯度间温度高于设定温度时,高效通风机工作,冷气均匀导入梯度间,达到设定温度下限时,高效通风机系统工作停止。当梯度间温度低于温度设定下限时,开启高效温度勾配仪维持贮藏间的温度。

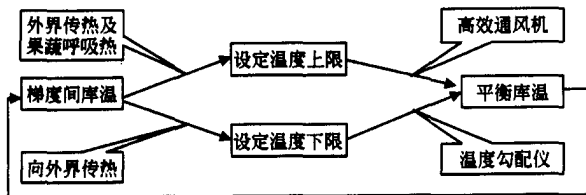


图 3 温度梯度试验库温度与电器控制系统原理图

Fig 3 Principle scheme of control system for temperature and electrical equipment of gradient temperature store

## 3 梯度库空库温度弹性效应分析

温度波动验证库体保温与结构设计的科学性。测试方法为:空库,关闭库门、照明灯等热源,检查电脑温控器,校正并设定静压室最低温度 $-5$ ,1、2、3、4号库温度分别设定为 $15、10、5、0$ ,温度波动值都为 $\pm 0.5$ 。启动制冷系统,降温计时开始,每隔 $30\text{min}$ ,记录库温。

由图4可以看出,经过 $7\text{h}$ 后,4个贮藏间完全达到所设定需要的温度要求,并且也可以看出库体运行稳定后融霜时( $2\text{h}$ )静压室温度回升 $< 5$ ,符合ZB J73043—90中的规定。

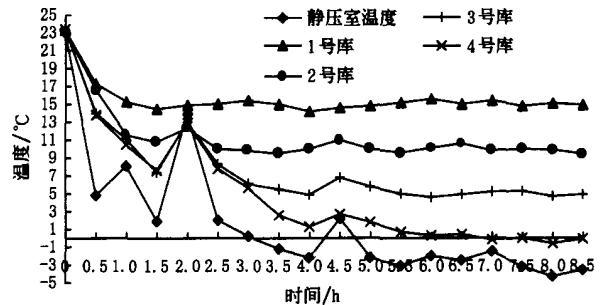


图 4 温度梯度库空库降温曲线

Fig 4 Curve of the temperature falling in empty gradient store

## 4 梯度库空库温度场效应分布

采用温湿度巡检仪,同时对1号库(长 $1.95\text{m} \times$ 宽 $1.6\text{m} \times$ 高 $2.15\text{m}$ )和静压室内温度场进行测量。设定1号库库温为 $15$ ,波动范围为 $\pm 0.5$ ,设定静压室 $-3$ ,波动范围为 $\pm 1$ 。在1号库中距地面 $25\text{cm}$ 、 $115\text{cm}$ 、 $190\text{cm}$ 处以及静压室中距风机 $680\text{cm}$ 的横截面上分别选取分布均匀的6个测点采集数据。测得温度场如图5、图6、图7、图8。

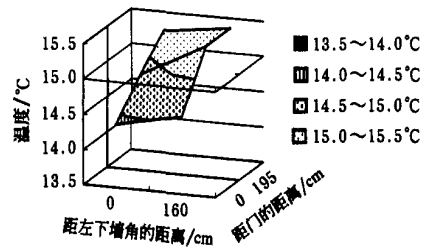


图 5 1号库距地面 $190\text{cm}$ 处的温度场平面图

Fig 5 Temperature field of  $190\text{cm}$  high plane over the floor of No. 1 store

分析图5至图8,可以发现随着距地面距离的减少,温度随着升高,中间位置要比偏高或偏低的位置都为均匀,这可以从不同温度区域所占的比例可知,不均匀度在靠近地面的位置明显高于其他位置。不同层面上的温度差均在 $\pm 0.5$ 内,符合ZB J73043—90标准。

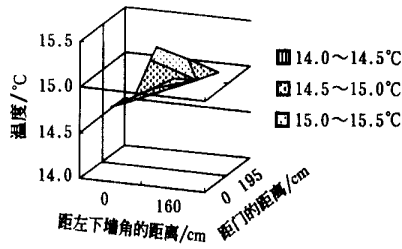


图 6 1号库距地面 115 cm 处的温度场平面图  
Fig 6 Temperature field of 115 cm high plane over the floor of No. 1 store

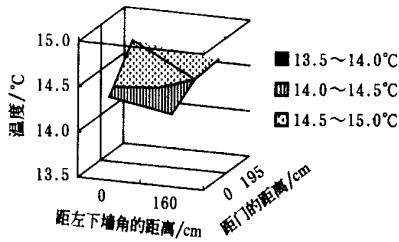


图 7 1号库距地面 25 cm 处的温度场平面图  
Fig 7 Temperature field of 25 cm high plane over the floor of No. 1 store

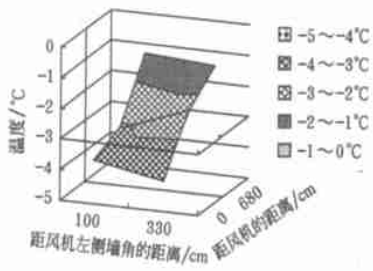


图 8 静压室温度场平面图  
Fig 8 Temperature field of static pressure room

### 5 装入果蔬梯度库中不同部位温度场效应分布

图 9 至图 14 显示了在实际应用于果蔬保鲜研究时温度梯度库内的实际温度场分布。测量条件为在 2 号库中库温设定为 3℃ 贮藏蒜薹, 3 号库中库温设定为 10℃ 贮藏青椒, 贮藏量超过库容的 50%, 波动范围为  $\pm 0.5$ , 同时设定静压室温度为  $-3$ , 波动范围为  $\pm 1$ 。采用温湿度巡检仪, 同时对 2 号库和 3 号库内果蔬温度场进行测量, 在距地面 25 cm、115 cm、190 cm 处分别选取分布均匀的 6 个测点采集数据。

结果表明, 装入果蔬原料后, 温度梯度库中温度分布与空库具有相同的趋势, 即随着距地面距离的减少, 温度随着升高, 而且从温度场内温度的分布区域范围来看, 装入果蔬后的温度值比空库均匀。不同层面上温度差均在  $\pm 0.5$  内, 达到了设计要求, 满足了不同果蔬贮藏技术的要求。

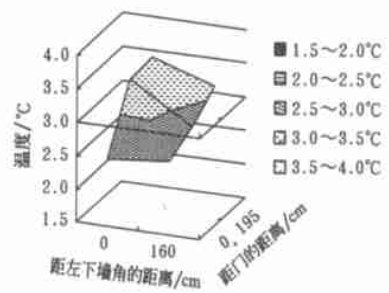


图 9 2号库距地面 25 cm 处的温度场平面图  
Fig 9 Temperature field of 25 cm high plane over the floor of No. 2 store

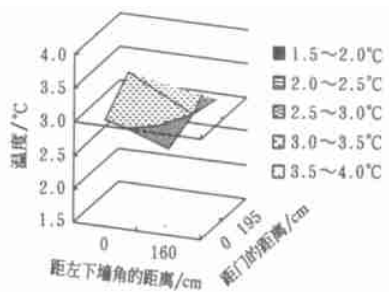


图 10 2号库距地面 115 cm 处的温度场平面图  
Fig 10 Temperature field of 115 cm high plane over the floor of No. 2 store

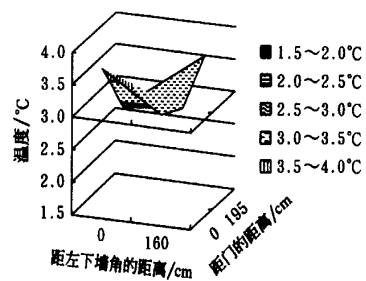


图 11 2号库距地面 190 cm 处的温度场平面图  
Fig 11 Temperature field of 190 cm high plane over the floor of No. 2 store

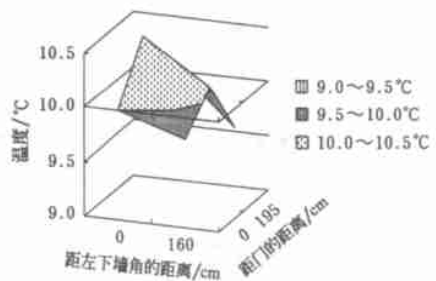


图 12 3号库距地面 25 cm 处的温度场平面图  
Fig 12 Temperature field of 25 cm high plane over the floor of No. 3 store

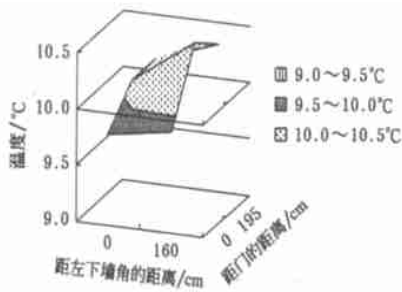


图 13 3号库距地面 115 cm 处的温度场平面图  
Fig. 13 Temperature field of 115 cm high plane over the floor of No. 3 store

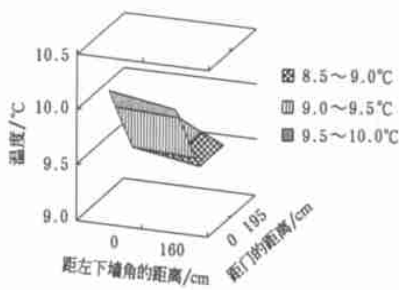


图 14 3号库距地面 190 cm 处的温度场平面图  
Fig. 14 Temperature field of 190 cm high plane over the floor of No. 3 store

## 6 结 语

温度梯度试验冷库通过采用静压结构设计, 配合微电脑自动控制实现梯度间温度自动调节。经过空库运行和装入果蔬后梯度库内温度场分布测试, 温度梯度试验冷库内温差 $< \pm 0.5$ , 满足果蔬贮藏试验对温度条件的要求。

温度梯度试验冷库具有以下特点:

1) 多个梯度间均可根据要求任意设定温度并独立控制, 可满足不同低温处理、热空气处理、变温处理等贮

藏试验要求, 达到模拟贮藏、运输、货架、普通冷库预冷的环境条件。2) 采用差压式微型节能冷库专利技术及独特的送风设计, 避免了冷风直吹试验材料, 库温稳定、波动小、分布均匀, 试材失水少, 使试验结果具有良好的可比性。

3) 采用微型节能冷库专用制冷设备, 主机为进口全封闭制冷压缩机, 设备运行的可靠性高、节能、噪音低、使用寿命长。

4) 采用微电脑控制器, 控温准确可靠, 操作简单, 在 $-5 \sim 20$  内温度可任意调节, 自动开关机、自动融霜, 并具有多重自动保护功能。

### [参 考 文 献]

- [1] 李喜宏, 陈 丽 实用果蔬保鲜技术[M] 北京: 科学技术文献出版社, 2000, 6: 20, 150
- [2] 李喜宏 微型节能保鲜冷库[M] 天津: 科技文献出版社, 2003, 6: 20, 150
- [3] Aurel Giabanu, Gabriela Lascu, Vasile Berceseu, et al Cooling Technology in the Food Industry[M] 北京: 轻工业出版社, 1976
- [4] 刘兴华, 饶景萍 果品蔬菜贮藏学[M] 西安: 陕西科学技术出版社, 1998
- [5] 李家庆 果蔬保鲜手册[M] 北京: 中国轻工业出版社, 2003, 2: 131
- [6] Paul R E Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality [J] Postharvest Biology and Technology, 1999, 15: 263- 277.
- [7] Thevenon R. 世界制冷史[J] 冷藏技术, 1990, (2): 45-52
- [8] Thevenon R. 世界制冷史[J] 冷藏技术, 1990, (3): 46-53
- [9] López A, Pique A T, Romero A, et al Influence of cold storage conditions on the quality of unshelled Walnuts [J] Int J Refrig, 1995, 18(8): 544- 599
- [10] 刘 斌 微型冷库系统优化研究[D] 天津: 天津商学院, 2003

## Design and effect analysis of the gradient temperature cold store for fruit and vegetable preservation

Hu Yunfeng<sup>1</sup>, Li Xihong<sup>1,2</sup>, Zhu Zhiqiang<sup>3</sup>, Yu Jinze<sup>3</sup>

(1. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China; 2. College of Machine, Tianjin University, Tianjin 300292, China; 3. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

**Abstract** The aim of the study was to create the conditions that met the needs of the experiment to study the optimal temperature for fruit and vegetable preservation and critical temperature of chilling injury. The best structure, technology and technical parameter of gradient store were designed, and elastic effect and field effect of temperature were determined further. During the running of the empty store and the store filled with fruits and vegetables, the difference in temperature is less than  $\pm 0.5$ .

**Key words:** temperature gradient; cold store; preservation; temperature experiment