

# 葉菜類短期氣調貯藏技術之研發與應用

黃肇家<sup>1</sup> 蔡金玉<sup>2</sup> 黃慧穗<sup>2</sup> 陳祈然<sup>3</sup> 蔡宇奇<sup>4</sup> 劉富文<sup>5</sup>

行政院農委會農業試驗所園藝組副研究員<sup>1</sup>、約用助理<sup>2</sup>

子茂果菜生產合作社理事主席<sup>3</sup>、職員<sup>4</sup>

國立台灣大學園藝系教授<sup>5</sup>

## 摘要

台灣在高溫季節裡生產葉菜類，易受不良氣候之左右。因此常造成不定時的短期供需失調，使菜價變化數以倍計。一般冷藏方法對葉菜類之保鮮效果不夠長，難以發揮調節供需之效。台灣農業試驗所先試驗氣調貯藏對各種葉菜之保鮮效果，然後研發可供商業規模應用之氣調貯藏技術，終獲實用之方法，經 6 次商業規模之試用皆證實有良好的效果及效益。

此種氣調庫之設計同時顧慮(1)氣密性良好，不易受地震損壞；(2)方便頻繁之入出庫作業，以適合同庫連續或間歇多次短期貯藏；及(3)葉菜入庫後快速降氧並維持精確的氣體成分，以提高保鮮效果。經過多次嘗試及改良之後選用夾層式氣調庫並配備精準的氣體控制儀器。在雲林縣土庫鎮子茂果菜生產合作社一間性能良好的冷藏庫內以鋼架與鐵皮築成一座長 × 寬 × 高為 18 × 3.5 × 3.5 m 之氣密性夾層式氣調庫，一次可貯藏 18~20 公噸葉菜。利用堆高機入出庫省工作業。利用冷藏庫之制冷設備再加裝氣調庫頂冰水管以控制低溫。以一台偵測控制儀，配合氮氣製造機、空氣壓縮機、鋼瓶裝二氧化碳及乙烯吸收器等組裝成氣調庫氣體控制系統。此庫可維持 3~4°C 低溫，2~3 % 氧氣，5~6 % 二氧化碳及 <0.2 ppm 乙烯。氣調庫之兩側並設觀測窗，可隨時觀察庫內蔬菜之狀態。

以此氣調庫混合貯藏葉萵苣、青江白菜、芥菜、芥藍、小白菜、甘藍等六種主要葉菜及其他若干種少量葉菜，計十餘種。在 2003 年貯藏 3 次，2004 年貯藏 2 次，共 5 次。每次皆在豪雨前或菜價低迷時採收葉菜入庫；貯藏 2 至 3 星期菜價攀升之後出庫販售。雖然不同種類葉菜之貯藏效果略有不同，只要入庫時之品質尚佳，貯藏後之鮮度與貯藏前相若。同期間在一般冷藏庫貯藏之同類葉菜則老化或腐損嚴重。無論從調節夏季葉菜類供需或從農業營利之立場看，此種氣調貯藏技術皆有實用價值。

關鍵字：葉菜類、貯藏、氣調貯藏、夾層式氣調貯藏

## 前言

氣調貯藏(controlled atmosphere (CA) storage)是低溫、低氧及高二氧化碳的貯藏方法，對於許多種園產品可以有效的延長貯藏壽命。台灣在春季梅雨期及夏季颱風期常有葉菜類缺乏之情形。為了穩定供需，常有大量蔬菜冷藏。由於葉菜類以一般在冷藏庫之貯藏壽命不長，本研究嘗試以氣調貯藏來延長貯藏壽命。經多次小規模試驗，證實氣調貯藏能提高貯藏壽命由 1-2 星期提高到 3 星期左右。因此再擴大進行商業規模貯藏技術之研發，包括建造商用氣調貯藏庫，實地測試大量貯藏之效果及管理方法。

本研究最初以半商業規模測試甘藍氣調貯藏之效果，使用經過冷藏 3 個月‘moru’甘藍，再以氣調貯藏 3 個月後可售率比繼續冷藏 3 個月者高約 10%，並減少球心黑塊之發生，且可抑制樹架時切口水浸狀腐爛。本研究亦曾嘗試貯藏夏季高山產之‘初秋’甘藍。由於 6、7 月採收期山區常有陣雨，甘藍內葉有水傷，冷藏之腐損率非常高。氣調貯藏之腐損率雖比冷藏低 15%左右，品質亦較高，但仍未達商業上應用之程度。最後以一般葉菜類進行商業

規模測試短期氣調貯藏，結果良好。

氣調貯藏在美國廣泛應用於蘋果、西洋梨以及甘藍等之長期貯藏(Kader, 2002)，其中甘藍以氣調貯藏可使貯藏壽命增加數個月。每一種水果或蔬菜要做氣調貯藏之前需先找到適當的氧氣及二氧化碳濃度，例如甘藍適合之氣體組合為氧氣 2~3%，二氧化碳為 3~6% (Bohling and Hasen 1977, Garipey et al 1985, Geenson and Browne 1980, Lipton 1977, Saltveit Jr. 1988)。氣體濃度控制不佳會使貯藏效果不好，甘藍長時間在低氧(<2%)中會產生甜味，在 26%二氧化碳中則會有異味，>10%二氧化碳中則會變色(Lipton 1977)。

其他蔬菜之氣調條件在台灣研究不少。例如空心菜以 1-3%氧氣為佳，高二氧化碳會促進黃化(馮 1993)；青花菜以 1%氧氣為佳，高二氧化碳有益(翁 1996)，以 1%氧氣配合 6%二氧化碳密封包裝有很好的效果(王 1977)；氧氣濃度低於 3%對青江白菜(青梗白菜)最好；小白菜則需氧氣在 1%才有較好的效果，而葉萵苣因易產生病斑，低氧之效果不明顯(唐 1997)。

貯藏溫度對貯藏蔬菜之品質亦有重要影響。各種蔬菜各有其貯藏之適當溫度(Hardenburg et al 1986, 陳和錢 1993)。本研究每次試驗商業規模貯藏時，都會將數種蔬菜合併一庫貯藏，因此需選擇貯藏適溫相近之蔬菜種類。例如適合接近 0°C 低溫之甘藍菜、青江白菜、葉萵苣、菠菜、結球白菜、芥藍菜、芥菜等(陳和錢 1993)可同貯一庫。此外乙烯會破壞葉綠素，促進綠色組織黃化(Kader, 2002)。葉菜類大都會受乙烯影響，造成黃化而縮短壽命。因此本研究使用填充過錳酸鉀之乙烯吸收器，把氣調庫內的乙烯濃度降到 0.2ppm 以下。

台灣地震多，曾興建歐美式之氣調貯藏庫有易生小裂縫，破壞氣密之虞。因此林等(1986)曾設計在冷藏庫內以塑膠布封製成大型的帳式氣密小庫，再填加二氧化碳或充氮來控制氧氣和二氧化碳的濃度以貯藏甘藍。但此種設備在庫體氣密性及氣調之控制均不甚精確。後經多年的研發改進，成為本報告之控制氣密及氣調系統，得到良好的結果。

## 材料與方法

### 1. 間歇使用之氣調貯藏設備

#### (1) 氣調庫體

本研究使用之氣調庫設在雲林縣土庫鎮子茂果菜生產合作社之冷藏庫內。庫體為鐵皮所組成，直接設置在冷藏庫中地面上。底部以花紋鋼板銲接而成，堆高機可在其上行駛，四周壁及庫頂皆為平面先以 C 型鋼作成支架，再以薄烤漆板(厚度 0.4cm)用螺絲釘鎖上，其接縫以矽膠完全封密。庫體側邊壁外距冷藏庫壁約 50 公分，以便流通冷氣降溫及人員通行。庫體長寬為 18m × 3.5m(約 20 坪)，高 3.5m，可以容納約 50 個棧板或巧固架。質地較重的葉菜如甘藍一次可貯 20 噸以上；質地輕的葉菜則可貯 18 噸。

庫門亦以烤漆板製成，關上後以矽膠封密。氣調庫庫頂之下懸掛長約 15m 周徑 6cm 之冰水管 10 條，以便加速庫溫之下降以及維持預期之低溫。庫內有 4 條溫度感應器，可以測量庫內上方、中央、下方以及蔬菜之溫度。

庫內頂部置日光燈，庫體兩側設有觀測窗，可隨時觀測內部蔬菜外觀之變化。

#### (2) 氣調控制

在氣調庫外設置一個氣體偵測控制儀(ACU, auto control unit, Nitec USA)。此控制儀有 2 條管道通到氣調庫內，1 條為氣體取樣管，1 條為輸入管；另外有 3 條管道分別接上氮氣製造機、空氣壓縮機以及二氧化碳鋼瓶。運作時，控制儀 24 小時不停的自取樣管抽取氣調庫內的氣體，測定氧氣及二氧化碳的濃度，將測定結果顯示到面板上，並貯存到其記憶體內。本控制儀同時依人為設定的氧氣及二氧化碳濃度進行庫內氣體調整。在氧氣過於設定值時自動打開氮氣接頭，使氮氣自輸入管輸入氣調庫內，直到氧氣濃度降到設定值為止。庫內氧氣濃度太低時，則輸入空氣，二氧化碳濃度低於設定值時，會自動輸入二氧化碳。貯藏久了，二氧化碳濃度逐漸升高到大於設定值時，

又會自動通入氮氣以沖淡二氧化碳濃度。

另在氣調貯藏開始前，庫內 4 個角落各裝上一個乙烯吸收器，內裝有過錳酸鉀乙炔吸收劑(普慮寶 Purifal)，並由一個風扇強迫氣體流經吸收劑去除乙烯。

## 2. 蔬菜貯藏試驗

本設備於 92 年 6 月完成後，於 7 月、10 月、11 月進行 3 次蔬菜貯藏試驗。又在 93 年 5 月、6 月、8 月進行 3 次貯藏。每次貯藏多種葉菜類 18~20 公噸。試驗時每種蔬菜皆有一部分放冷藏庫作為對照。

蔬菜入庫前均經歷差預冷，使溫度降到 3~5°C 後移入氣調庫，在 3 天之內裝滿後即封庫。貯藏期間記錄貯藏溫度及氧氣、二氧化碳濃度之變化。貯藏後評估記錄蔬菜品質及依品質推定其可售之價格。蔬菜品質評估及價格之核定由子茂果菜生產合作社負責蔬菜採購及出貨之專門人員執行，對所有氣調貯藏及冷藏之蔬菜全面查驗後評定品質，可售價格依出庫後蔬菜品質比對當時市場品質與價格推估。整修率由農試所取樣，每種蔬菜取 2 籃，每籃約 20~30 公斤（依蔬菜種類而異）。將不良部分整修後秤重，計算整修率。

## 結 果

### 一、氣調庫之溫度及氣體控制效果

#### (一) 溫度控制

氣調庫於封庫後 1 日內，庫內溫度及蔬菜溫度皆達到設定溫度。溫度自動記錄器（為日制，廠牌 Yokogawa，型號 MV112）記錄之氣調庫內溫度極為平穩在 3°C 至 4.5°C 之間起伏，而氣調庫外之冷藏庫溫度則在 2°C 至 6°C 之間起伏，（圖 1）。氣調庫內高處、中央及低處 3 個地方之溫度略有差異；越高處之溫度越高，但最高和最低之差在 1°C 以下，（圖 2）仍算相均勻。人工記錄水銀溫度計量測之溫度，冷藏庫氣溫穩定後在 1.9°C 至 4.2°C 間起伏，而氣調庫溫度穩定後在 3.0°C 至 3.9°C 間起伏，庫內上層與下層間之溫度差小於 0.5°C（表 1）。

溫度自動記錄器記錄之蔬菜溫度也非常平穩；在冷藏庫之對照組菜溫穩定的維持於 3°C，而氣調貯藏的菜溫穩定的維持於 4°C（圖 2）。另外人工量測記錄之冷藏庫蔬菜溫度平穩時為 3.2~3.4°C，而氣調貯藏蔬菜則為 3.0~3.8°C（表 1）。

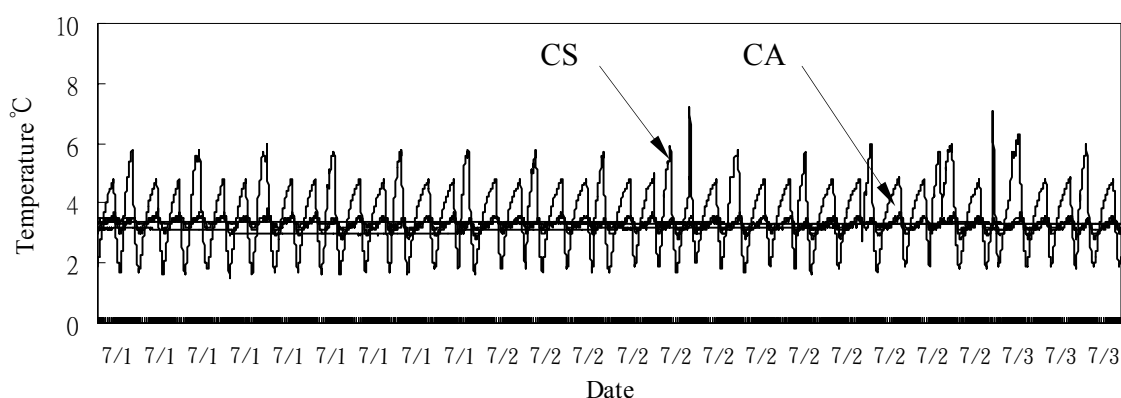


圖 1. 蔬菜氣調貯藏期間氣調庫內(CA)與氣調庫外之冷藏庫內(CS)溫度之變化(2004 年 7 月 1 日~7 月 3 日)

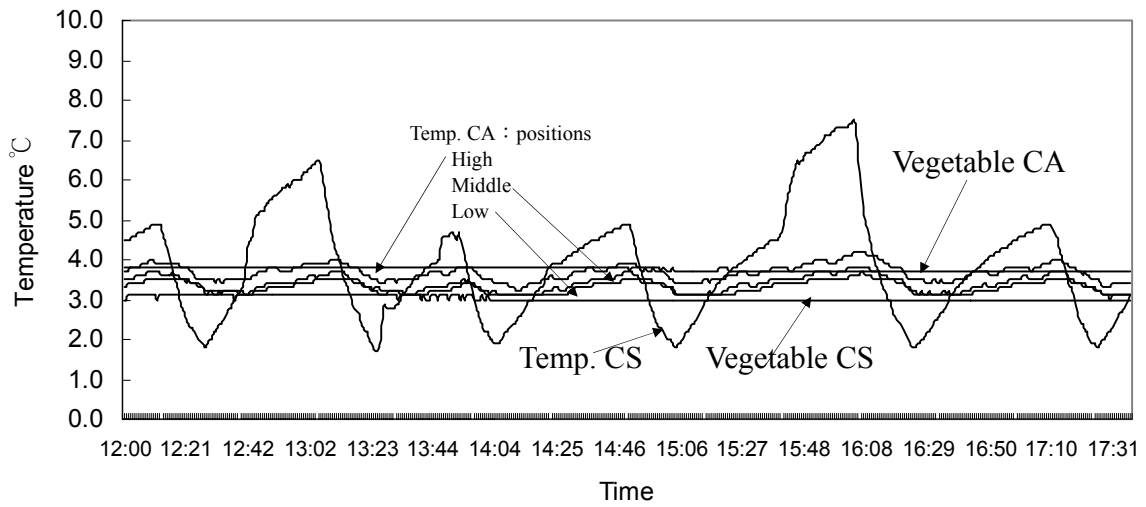


圖 2. 蔬菜氣調貯藏期間氣調庫內(CA)與氣調庫外之冷藏庫內(CS)5 小時之溫度變化(2004 年 6 月 25 日)

High : CA 庫內高處 ; Middle : CA 庫內中間處 ; Low : CA 庫內低處。

表 1. 蔬菜氣調貯藏溫度及氧氣、二氧化碳濃度紀錄(93 年 6 月 24 日 18 時封庫)

調查日期	調查時間	各點測得之溫度						%O <sub>2</sub> ACU 顯示	%CO <sub>2</sub> ACU 顯示
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6		
		CA-中層	CA-下層	CA-上層	CA-菜溫	CS-氣溫	CS-菜溫		
6/25	14:00	3.1°C	3.1°C	3.5°C	3.8°C	3.3°C	3.0°C	23.4	0.3
6/26	15:00	3.4°C	3.6°C	3.9°C	3.5°C	4.8°C	3.1°C	11.8	0.4
6/27	14:00	3.3°C	3.5°C	3.8°C	3.4°C	3.1°C	3.1°C	6.6	0.4
6/28	23:00	2.8°C	3.2°C	3.1°C	2.9°C	2.8°C	3.1°C	3.5	0.5
6/29	12:00	3.0°C	3.0°C	3.0°C	3.0°C	4.1°C	4.2°C	3.3	0.6
6/30	08:00	3.8°C	3.7°C	3.9°C	3.5°C	3.5°C	4.3°C	3.4	5.5
7/01	09:00	3.4°C	3.4°C	3.5°C	3.5°C	4.2°C	3.2°C	3.2	5.7
7/02	09:00	3.4°C	3.3°C	3.5°C	3.4°C	4.2°C	3.1°C	3.1	5.8
7/03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7/04	08:00	3.2°C	3.1°C	3.2°C	3.4°C	2.8°C	3.4°C	3.2	6.2
7/05	09:00	3.4°C	3.3°C	3.4°C	3.4°C	2.4°C	3.4°C	3.1	6.4
7/06	12:00	3.5°C	3.5°C	3.6°C	3.4°C	4.7°C	3.3°C	3.0	6.5
7/07	10:00	3.3°C	3.1°C	3.2°C	3.4°C	3.4°C	3.3°C	2.8	5.7
7/08	09:00	3.8°C	3.7°C	4.2°C	3.5°C	4.2°C	3.3°C	2.7	5.9
7/09	09:00	3.4°C	3.1°C	3.3°C	3.4°C	2.7°C	3.4°C	2.6	6.1
7/10	08:00	3.1°C	3.0°C	3.1°C	3.4°C	2.0°C	3.4°C	2.5	6.2
7/11	13:00	3.2°C	3.1°C	3.1°C	3.5°C	1.9°C	3.2°C	2.3	6.4
7/12	09:00	3.5°C	3.5°C	3.5°C	3.4°C	4.1°C	3.3°C	2.3	6.5

註 1. : CA 表示氣調貯藏，CS 表示冷藏。

## (二) 氣體控制

93年6月之貯藏試驗，氣調庫於封庫後(6月24日18時封庫)，氧氣濃度在3日內降到8%以下，於5日內降到設定值3%(圖3)。此時二氧化碳迅速輸入庫內，在1日內升到設定值5.5%。其他名次試驗之降氧及二氧化碳調升速率類似不贅述。

依ACU自動控制，氧氣及二氧化碳維持在一定許可範圍，氧氣為2.5-3.5%，二氧化碳5.5-6.5%。在氧氣與二氧化碳濃度達到設定值之後，氣體不再進入庫內。其後氣調庫之氧氣會很緩慢的下降，二氧化碳緩慢的上升。二氧化碳上升比氧之下降快一些；於二氧化碳高到6.5%時，ACU自動開啓氮氣，填加少量的氮使二氧化碳降低到接近5.5%之後再關閉(圖3)。當氧氣濃度低於2.5%時ACU應會自動開啓壓縮空氣筒注入空氣，到氧氣濃度升至3.5%為止。但在該次貯藏試驗中，6月25日至7月11日期間未見注入空氣以升高氧氣(圖3)。

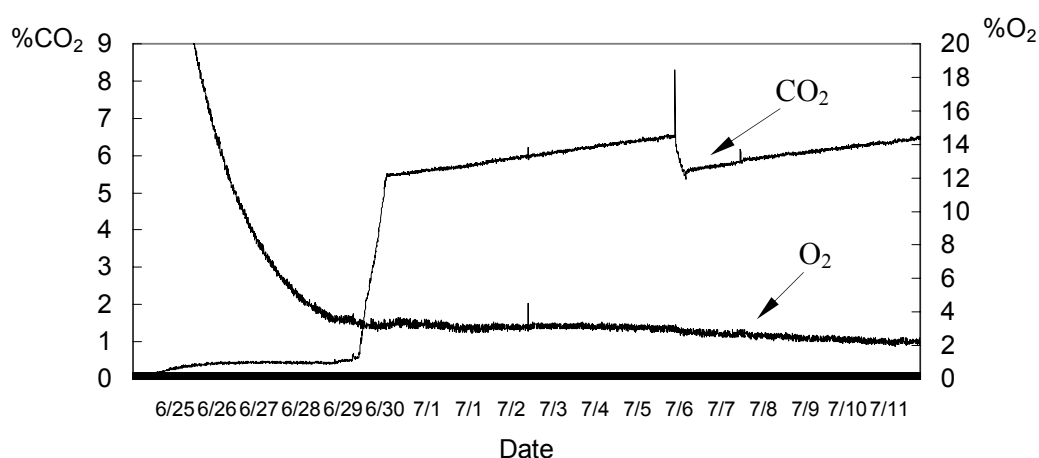


圖 3. 蔬菜氣調貯藏期間氣調庫內與氧與二氧化碳濃度之變化  
(2004年6月24日~7月12日)

## 二、蔬菜氣調貯藏效果

### (一) 蔬菜貯藏後之品質

本研究先試驗許多種蔬菜之氣調貯藏效果，很快就得知不耐冷之蔬菜如空心菜、蕃薯葉、瓜果類等，在1~3°C之氣調貯藏仍有嚴重之寒害。又如小白菜、結球白菜，氣調貯藏後之品質雖然比冷藏(對照)組好很多，但仍受低溫傷害而商業價值低。因此上述品種不利氣調貯藏。

經多次貯藏試驗後，又發現即使是耐冷性的蔬菜如青江菜、葉萵苣、小白菜等，以稍高的低溫(3-4°C)氣調貯藏會比1-2°C好。甘藍或許在1-2°C會比3-4°C好，但是以多種蔬菜共同貯藏，而且貯藏時間低於1個月之狀況下仍採用3-4°C，貯藏後品質也夠好。

93年5月及6月貯藏試驗之結果，所有的蔬菜氣調貯藏後之品質都比冷藏的好(表2、表3);氣調貯藏之蔬菜可售率也都比冷藏者高很多(表4)。其中6月進行氣調貯藏者有許多種蔬菜在貯藏後，品質評分仍為+2，亦即和鮮採的差不多。即使在夏天所產的葉菜類，以氣調貯藏仍能維持良好的品質至少18日。其後各次貯藏試驗之結果類似，數據不贅述。

表 2. 幾種 5 月生產之葉菜類蔬菜以氣調貯藏及冷藏 18 日入庫前與出庫後之品質比較(貯藏期間：2004 年 5 月 24 日至 2004 年 6 月 11 日)

蔬菜種類	貯藏方法	進貨品質		出貨品質		
		色澤	鮮度	色澤	鮮度	腐爛
1.葉萵苣	冷藏貯藏	+2	+2	0	-1	0
1.葉萵苣	氣調貯藏	+2	+2	+2	+2	0
2.青江菜	冷藏貯藏	+2	+2	-1	-2	0
2.青江菜	氣調貯藏	+2	+2	0	+1	0
3.芥菜	冷藏貯藏	+2	+2	-1	-2	1
3.芥菜	氣調貯藏	+2	+2	+1	+1	0
4.芥藍菜	冷藏貯藏	+1	+1	-1	-2	1
4.芥藍菜	氣調貯藏	+1	+1	+1	+1	0
5.小白菜	冷藏貯藏	+1	+2	-2	-2	2
5.小白菜	氣調貯藏	+1	+2	-1	-1	0
6.甘藍	冷藏貯藏	+2	+1	+1	0	0
6.甘藍	氣調貯藏	+2	+1	+2	+1	0

註: 1.色澤、鮮度以+2 代表很好, 1 代表還好, 0 代表不好不壞, -1 表不大好, -2 代表很壞。

2.腐爛以 0 代表無腐爛, 1 代表少量腐爛。2 代表中等。3 代表嚴重腐爛。

表 3. 幾種 6 月生產之葉菜類蔬菜以氣調貯藏及冷藏貯放 18 日入庫前與出庫後之品質比較(貯藏期間：2004 年 6 月 24 日至 2004 年 7 月 12 日)

蔬菜種類	貯藏方法	進貨品質		出貨品質		
		色澤	鮮度	色澤	鮮度	腐爛
1.葉萵苣	冷藏貯藏	+2	+2	0	0	0
1.葉萵苣	氣調貯藏	+2	+2	+2	+2	0
2.青江菜	冷藏貯藏	+2	+2	-1	-1	0
2.青江菜	氣調貯藏	+2	+2	+2	+2	0
3.芥菜	氣調貯藏	+2	+2	+2	+2	0
3.芥菜	冷藏貯藏	+2	+2	-1	-1	1
4.芥藍菜	冷藏貯藏	+2	+2	-1	-1	0
4.芥藍菜	氣調貯藏	+2	+2	+2	+1	0
5.小白菜	冷藏貯藏	+2	+2	-2	-2	1
5.小白菜	氣調貯藏	+2	+2	+2	+1	0
6.甘藍菜	冷藏貯藏	+2	+2	+1	+1	0
6.甘藍菜	氣調貯藏	+2	+2	+2	+2	0

註: 1.色澤、鮮度以+2 代表很好, 1 代表還好, 0 代表不好不壞, -1 表不大好, -2 代表很壞。

2.腐爛以 0 代表無腐爛, 1 代表少量腐爛。2 代表中等。3 代表嚴重腐爛。

表 4. 幾種 5 月產之葉菜以氣調貯藏及冷藏 18 日後之可售率比較(貯藏期間:2004 年 5 月 24 日至 2004 年 6 月 11 日)

蔬菜種類	貯藏方式	可售率(%)	說明
葉萵苣	冷藏貯藏	81	整修後色澤鮮度較差，售價較低
芥菜	冷藏貯藏	57	整修後色澤鮮度較差，售價較低
青江菜	冷藏貯藏	71	整修後色澤較差，售價較低
芥藍	冷藏貯藏	15	整修後色澤鮮度差，售價不敷整修工資
小白菜	冷藏貯藏	5	整修後色澤鮮度差，售價不敷整修工資
葉萵苣	氣調貯藏	100	
芥菜	氣調貯藏	95	
青江菜	氣調貯藏	94	
芥藍	氣調貯藏	83	
小白菜	氣調貯藏	57	葉色偏黃

## (二)蔬菜貯藏後之可售價格

蔬菜經貯藏後，依其品質之良劣和出庫時同等貨色之市場價格比對定其可售價格。氣調貯藏蔬菜全部在貯藏後價格提高(表 5、表 6)，係因季節性菜價波動之故，尤其是 6 月貯藏者，貯後售價甚高，是受到颱風(敏督利)過後之影響。氣調貯藏蔬菜因能維持高品質，可以享受市場之漲價。但是冷藏蔬菜因品質差，有些已無販售價值，有些仍須降低售價，大多種類皆會耗損(表 5、表 6)。

表 5.幾種 5 月生產之葉菜以氣調貯藏及冷藏 18 日後之可售價格及損益比較(貯藏期間:2004 年 5 月 24 日至 2004 年 6 月 11 日)

蔬菜種類	貯藏方法	進貨價格 (元/公斤)	出貨價格 (元/公斤)	價差 (元/公斤)	貯藏量(kg)	增加價值(元)
1.葉萵苣	冷藏貯藏	6	7	+1	75	75
2.青江菜	冷藏貯藏	6	4	-2	75	-150
3.芥菜	冷藏貯藏	6	4	-2	60	-120
4.芥藍菜	冷藏貯藏	7	未能出貨	-7	60	-420
5.小白菜	冷藏貯藏	6	未能出貨	-6	60	-360
6.甘藍	冷藏貯藏	8	9	+1	90	+90
合計					420	-885
氣調貯藏						
1.葉萵苣	氣調貯藏	6	12	+6	3,360	20,160
2.青江菜	氣調貯藏	6	8	+2	2,960	5,920
3.芥菜	氣調貯藏	6	10	+4	1,180	4,720
4.芥藍菜	氣調貯藏	7	12	+5	1,960	9,800
5.小白菜	氣調貯藏	6	9	+3	380	1,140
6.甘藍	氣調貯藏	8	11	+3	7,960	23,880
合計					17,800	65,620

註：冷藏組僅少量對照。

表 6. 幾種 6 月生產之葉菜以氣調貯藏及冷藏 18 日後之可售價格及損益比較(貯藏期間: 2004 年 6 月 24 日至 2004 年 7 月 12 日)

蔬菜種類	貯藏方法	進貨價格 (元/公斤)	出貨價格 (元/公斤)	價差結算 (元/公斤)	貯藏量(kg)	增加價值(元)
1. 葉萵苣	一般冷藏	7	10	+3	1,980	5,940
2. 青江菜	一般冷藏	6	4	-2	3,550	-7,100
3. 芥菜	一般冷藏	7	4	-3	640	-1,920
4. 芥藍菜	一般冷藏	6	4	-2	2,440	-4,880
5. 小白菜	一般冷藏	6	未能出貨	-6	980	-5,880
6. 甘藍	一般冷藏	6	12	+6	7,780	46,680
合計					17,370	32,840
1. 葉萵苣	氣調貯藏	7	12	+5	1,980	9,900
2. 青江菜	氣調貯藏	6	15	+9	3,550	31,950
3. 芥菜	氣調貯藏	7	14	+7	640	4,480
4. 芥藍菜	氣調貯藏	6	12	+6	2,440	14,640
5. 小白菜	氣調貯藏	6	15	+9	980	8,820
6. 甘藍	氣調貯藏	6	12	+6	7,780	46,680
合計					17,370	116,470

註：冷藏組僅少量對照。

### 三、效益分析

本氣調貯藏設備屬於首創，有一些組件(如溫度記錄器)，採用高規格產品，有些組件(如氣調庫體)在完成前經數次修改，因此成本價較高。此外有些設備之需要性仍未確定，如冰水管及其附屬設備。因此，實用之氣調庫應比本試驗庫成本低甚多。目前粗估與試驗庫同等大小之氣調庫成本需 143-175 萬元(表 7)。

蔬菜每批次氣調貯藏，除冷藏成本外還多增氣調成本 3,520 元左右(表 8)。如以 93 年 5、6 月貯藏之菜價差利潤(表 5、表 6)平均推算，貯藏 16 至 20 批次即可收回設置成本。

表 7. 夾層式氣調貯藏設備之機組配件成本估算

項目	金額(萬元)
1. 氮氣機	58
2. 空壓機	5.8
3. 冷凍乾燥機	2.2
4. 氣體測定及控制器	32
5. 鐵皮氣密庫	30~50
6. 溫度記錄器	6~11
7. 冰水設備	12~20
合計	149~179

註：本設備不含一般冷藏庫之成本，本氣調庫規格長 x 寬 x 高為 18×3.5×3.5m。



表 8.氣調貯藏 18-20 噸蔬菜支出管理費用

支出項目	金額(元)	說 明
1.人力	1,200	
2.電費	1,200	
3.乙烯吸收劑	220	使用 1kg
4.二氧化碳	900	使用 1.5 瓶
5.維修	0	
合計	3,520	

註：本項支出為不含冷藏之基本支出。

## 討 論

本研究商業用氣調貯藏之設備及操作管理技術經逐年改良之後，已經成熟可用，庫體之設製、溫度與氣調之控制，以及適宜氣調貯之蔬菜種類選擇等，皆已獲得良好結果。後期之貯藏試驗，證實多種蔬菜貯藏後品質甚佳，效益甚高。短期氣調貯藏蔬菜確有商業化實用價值；至於終年定期長期貯藏台灣蔬菜之應用價值則須進一步探究。

本技術將來可在降低成本及擴充用途上加以改善。在降低成本上可發展一機對多庫。同一機組，可同時管控多間氣調庫；在一庫之氣體控制好後，再換調另一庫，或者把各庫之入庫時間隔開。這樣可以分攤控制設備之費用，以降低成本。另外把氣調庫加大，以同樣的機組因貯藏量加大亦可降低成本。在擴充用途上，可考慮一些蔬菜種類目前以氣調貯藏仍未達理想者，如結球白菜及小白菜等，也許試用較高的貯藏溫度或改變氣體組合條件能改善效果。

台灣每年都有許多蔬菜長期貯藏，例如甘藍；有些則是生產過剩時貯藏，例如甘藍、結球白菜、花椰菜等。其氣調貯藏之效益值得評估或試驗。

## 參考文獻

- 1.林學正、黃肇家、鐘玉燕。1986。甘藍簡易人工大氣貯藏試驗。中華農業研究 35 :186-191。
- 2.唐志婷。1997。低氧及乙烯處理對綠色蔬菜採後黃化之影響。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 96pp。
- 3.翁一司。1996。氣變包裝技術應用在青花菜採收後保鮮上之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 110pp。
- 4.陳如茵、錢明賽。1993。臺灣蔬菜的儲存。食品工業研究所編印 131pp。
- 5.馮永富。1993。甕菜採收後生理與氣調貯藏之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 82pp。
- 6.黃肇家。1987。甘藍菜與結球白菜之人工大氣貯藏初步試驗。農藥世界 8:48-49。
- 7.Bohling, H. and H. Hansen. 1977. Storage of white cabbage (*Brassica Oleracea* var. *capitata*) in controlled atmospheres. *Acta Hort.* 62:49-54.
- 8.Gariepy, Y., G. S. V. Raghavan, R. Pleasse, and R. Theriault, 1978. Long time storage of cabbage, celery, and leeks under controlled atmosphere. *Acta* 157:193-201.
- 9.Geeson, J. D. and K. M. Browne, 1980. Controlled atmosphere storage of winter white cabbage. *Ann. Appl. Biol.* 95:267-272.
- 10.Hardenburg, R.E.,A.E.Watada and C.Y.Wang.1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U.S.Dept. of Agric., Agriculture Handbook No.66. P.59.
- 11.Kader, A. A., 2002. Post harvest technology of horticultural crops. University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3311.
- 12.Lipton, W. J. 1977. Recommendation for CA storage of broccoli, brussels sprouts, cabbage,

cauliflower, asparagus and potatoes. Proceedings of the second National Controlled Atmosphere Research Conference. p277-281.

13. Saltveit, Jr. M. E. 1989. A summary of requirements and recommendations for the controlled and modified atmosphere storage of harvested vegetables. Proceedings Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference. p329-352.

# Controlled Atmosphere Technology for Intermittent Use in Short-term Storage of Leafy Vegetables

Chao-Chia Huang<sup>1</sup>, Chin-Yu Tsai<sup>2</sup>, and Hui-Sui Huang<sup>2</sup>,  
Chi-Jan Cheng<sup>3</sup>, Yu-Chi Tsai<sup>4</sup>, and Fu-Win Liu<sup>5</sup>

Associate Researcher<sup>1</sup>, Project Assistant<sup>2</sup>, Agricultural Research Institute, COA  
Chairman<sup>3</sup> and Employee<sup>4</sup> of Tzuma Fruit and Vegetables Production Cooperative,  
Professor<sup>5</sup>, Department of Horticulture, National Taiwan University

## Summary

The production of leafy vegetables in Taiwan has been unstable during rainy spring and summer seasons. A short term storage from harvesting peak to valley often generates dramatic profits. The storage life of most leafy vegetables in cold storage is not long enough to wait for significant price increase. Therefore controlled atmosphere (CA) storage has been tested and proved to be practical. A commercial scale CA storage facility and technology has been developed in this study. The system is a jacketed CA, i.e. an air tight CA room built in a cold storage. The CA room of 18m x 3.5m x 3.5m(height) is made of steel frames and galvanized metal sheets, It has a capacity to store 18-20 tons of leafy vegetables each time. Fork lifts can be used in loading and unloading operations. Oxygen and carbon dioxide at 2.5~3.5% and 5.5~6.5% respective are precisely controlled by using an automatic CA control unit equipped with a nitrogen generator, an air compressor and a steel cylinder of carbon dioxide. A stable temperature range of 3-4°C has been maintained during storage.

The system has been tested for 6 times with more than 10 kinds of leafy vegetables including leafy lettuce, pak-choi, mustard, Chinese kale, cabbage etc mix-loaded. Each storage cycle lasted 2 to 3 weeks and the stored vegetables were sold when the price was right. CA stored vegetables maintained good quality while similar vegetables kept in cold storage for the same period lost their quality almost entirely. This kind of CA storage seems practical and profitable.

Key words : Leafy vegetables, storage, controlled atmosphere (CA) storage, jacketed CA.