

甘藍菜以塑膠密封帳氣調貯藏之研究¹

黃肇家^{2,3} 黃慧穗² 蔡金玉²

摘要：本省夏天颱風季節常有蔬菜供應不足之問題，為此每年均有大量甘藍貯藏，但甘藍冷藏壽命只有約2個月，要利用冷藏將3月盛產之甘藍貯藏到颱風季節之可行性不高。氣調貯藏可以延長甘藍貯藏壽命，本研究在冷藏庫內設置塑膠密封帳並控制氣體濃度來貯藏甘藍，自民國85年到87年共測試3年。於3年試驗期間，塑膠氣調帳內氧氣濃度控制於2-6%之間，大部分為 $3 \pm 1\%$ 。二氧化碳濃度通常控制於3-5%之間，大部分為 $5 \pm 0.5\%$ 。乙烯濃度控制於0.1ppm以下。溫度控制較不理想，帳內之溫度通常比帳外高約0.7°C。經3年之試驗得知‘初秋’甘藍之冷藏壽命皆為2個月左右，影響冷藏壽命較大的因素包括失重率高、整修率高、貯藏後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等。氣調貯藏貯藏壽命約為4個月，冷藏的一些問題如失重率高、貯後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等，在氣調貯藏皆可有效的改善。其他品質如風味、切口發根之抑制，氣調貯藏比冷藏好一些。腋芽之發生在冷藏及氣調貯藏沒有差異，球莖切口腐爛、球莖空心及葉片產生黑斑在本試驗均無發生，因此未知氣調貯藏是否有較好之控制效果。甘藍氣調貯藏以紙箱或塑膠籃包裝在失重率、整修率或貯後品質均沒有顯著的差異，但以紙箱包裝於氣調貯藏後因紙箱潮溼軟化，搬動容易撕裂，因此以塑膠籃包裝較佳。氣調貯藏中有一部分甘藍切口沾石灰處理，主要的目的是要瞭解沾石灰對球莖切口腐爛的抑制效果，但是在兩次試驗都沒有發生球莖切口腐爛，因此無法得知沾石灰的效果。‘夏峰’甘藍之冷藏壽命也是2個月左右，氣調貯藏3個月品質仍然很好，但因球莖中心變空洞且褐化，使貯藏壽命縮短。

關鍵詞：甘藍菜、氣調貯藏。

前 言

本省夏天颱風季節常有蔬菜供應不足之問題，尤其是葉菜類例如甘藍菜。目前雖可利用高冷地種植或進口來供應，但高冷地之開發會影響水土保持，進口之甘藍品種亦非國人喜愛的‘初秋’種，因此民間每年均有大量甘藍菜冷藏。較理想的方法是在3月平地產甘藍菜仍多，價格尚低時進行貯藏，貯藏到8、9月颱風期或颱風結束時，以減輕夏季甘藍菜短缺之問題。

本省甘藍菜冷藏的研究不少，結果均顯示冷藏壽命只有2~3個月⁽³⁾，以PE袋包裝，袋內加乙烯吸收劑對品質有所改善，貯藏壽命可由2個月延長到3個月⁽¹⁾。因此要利用冷藏將3月產之甘藍貯藏到9月颱風季節之可行性不高。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2102號。接受日期：91年1月11日。

2. 本所園藝組副研究員、約僱助理、約僱助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

3. 通訊作者；電子郵件：cchuang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

氣調貯藏 (controlled atmosphere storage) 是在冷藏環境下，將空氣中的氧氣濃度降低，二氧化碳濃度升高，並維持在某一個固定之濃度（例如 O_2 在 $3 \pm 0.3\%$ ， CO_2 在 $5 \pm 0.5\%$ ），這樣可將一些果蔬如蘋果、甘藍菜等之貯藏壽命增加數個月，因此蘋果和甘藍菜之氣調貯藏在美國均已商業化使用，可周年供應市場⁽⁷⁾。不同的作物，其最適合的氣體組合可能不相同，美國甘藍菜適合之氣體組合 O_2 為 $2 \sim 3\%$ ， CO_2 為 $3 \sim 6\%$ ^(4, 5, 6, 8, 10)。氣體濃度控制不佳會使貯藏效果不好，長時間在低氧環境（低於 2% ），甘藍菜會產生甜味；在高二氧化碳環境（ 6% 以上）則會有異味， 10% 以上則會變色 (discoloration)⁽⁸⁾。近年義大利 Menniti 等人的研究也有相似的結果⁽¹⁰⁾，甘藍氣調貯藏以 $3\%O_2$ 和 $5\%CO_2$ 之組合對於減少失重及減緩黃化效果最好。 $1\%O_2$ 和 $1\%CO_2$ 會有低氧障礙（球心葉片變形、褐化）， $10\%CO_2$ 會引起異味，可分析出含有高量的乙醇。因此要氣調貯藏先要找到適當之氣體濃度組合並且要維持於此濃度。

本省因地震多，世界現行的水泥式氣調貯藏庫在台灣可能會因地震產生裂縫，造成無法維持氣體適當濃度之問題，因此一直沒有發展氣調技術。林等於 1986 年曾嚐試在冷藏庫內設置塑膠密封帳並控制氣體濃度來貯藏甘藍菜，結果因無法良好的控制氣體濃度，貯藏效果不佳⁽²⁾。但這種密封帳可以克服本省多地震之問題，而且成本低，裝置容易，因此可行性甚高。本省‘初秋’甘藍曾在美國種植，採收後以流通式精密控制氣體組合之方式進行氣調貯藏，試驗結果顯示在 $0 \sim 1^\circ C$ 下以 $O_2 : CO_2$ 為 $3\% : 4\%$ 之氣調環境下，貯藏壽命可達 6 個月，其品質比一般冷藏 4 個月的還要好。此種流通式氣調貯藏成本較高，但其結果可作為密封塑膠帳氣調貯藏條件之參考。本研究在試驗之初即先改良密封塑膠帳之製作，能良好的控制氣體組成，再以此設備測試甘藍菜氣調貯藏之效果，自民國 85 年到 87 年共測試 3 年。

材料與方法

塑膠氣調帳之設置

在 $0 \sim 1^\circ C$ 之冷藏庫內以角鋼與透氧性低的塑膠布（厚 $60 \sim 80\mu m$ ）封製一個長寬高各約 2m 之密封帳，此帳放於棧板上以利降溫。其上裝有多條通帳內帳外之管線，可取樣以測定帳內氧、二氧化碳及乙烯之濃度。氧及二氧化碳濃度之測定以奧氏氣體分析儀 (Orsat gas analyzer) 由人工測定為主，乙烯濃度以氣相色層分析儀測定 (gas chromatograph, Shimadzu GC-8AIF, column 為玻璃製，內徑 2.6mm，外徑 5.0mm，長 2.5m，管內充填 Porapak Q 80-100mesh，檢測器為 FID)。氧氣濃度高於 3% 時，可由加入氮氣來降低；氧氣濃度低於 3% 時，可由加入空氣來提升。二氧化碳濃度低於 5% 時，可由外加二氧化碳來提升；高於 5% 時可在帳內放置石灰來降低。乙烯濃度升高時可由帳內之乙烯吸收裝置來控制，該裝置為一壓力罐內加乙烯吸收劑，上有抽風機，電源在帳外，由定時器控制運轉時間。帳內及箱內之甘藍菜心部均裝有熱電耦以測定其溫度之變化。

甘藍材料來源及處理

85 年之試驗於 3 月以溪湖產之‘初秋’甘藍進行試驗，外葉多留 3~4 葉（以下試驗均相同）。沾石灰處理為甘藍於田間採收時，切下後將切口沾一下石灰，把整個切口均沾上。86 年之試驗於 3 月以溪湖產之‘初秋’甘藍進行試驗，採收前一日曾下小雨。87 年之試驗於 7 月以梨山產之‘初秋’甘藍以及西螺產之‘夏峰’甘藍進行試驗。

每次試驗於氣調帳內貯放甘藍約 1200 公斤，對照組為一般冷藏，與氣調帳放在同一個冷藏庫內。甘藍材料經標記及稱重後裝箱或裝塑膠籃，每箱或籃之最上層置放 2-3 層報紙。甘藍放入氣調帳後，在帳門封閉之前，先在帳內放置風扇，自庫內往庫外吹風，待甘藍溫度降至 $4^\circ C$ 左右（約 2 日）再封閉帳門，帳門系以同材質的塑膠布，靠上氣調帳之門框，再以電線壓條壓封。

甘藍品質調查

品質調查於採收後即進行原始品質調查，再於貯藏2、3、4個月後取樣調查，每次調查每個處理取3箱為3重複，每箱取5球測定，取過甘藍的箱子不再使用。調查項目包括失重率、整修後葉片色澤、鮮度、剖面風味及腐爛等。

1. 失重率 (%) = (原始重量 - 貯後重量) / 原始重量 × 100。

2. 整修率 (%) = (整修前重量 - 整修後重量) / 整修前重量 × 100。

相對整修率 (%) = 貯後整修率 - 原始 (鮮採) 整修率。

本研究之甘藍菜為貯藏，採收時外葉比一般多留3~4葉，因此純粹因貯藏而去除之外葉以相對整修率來表示。

3. 除葉數 = 整修時去除之葉片數。

相對除葉數 = 貯後除葉數 - 原始 (鮮採) 除葉數。

相對除葉數代表純粹因貯藏而去除的外葉數。

4. 整修後葉片色澤：1~5分 (以目視，1-黃，2-黃帶綠，3-半黃半綠，4-綠帶黃，5-綠)

5. 整修後鮮度：1~5分 (以目視，1-很差，2-差，3-不好不壞，4-好，5-很好)

6. 剖面風味：1~5分 (以鼻聞，1-很差，2-差，3-不好不壞，4-好，5-很好)

7. 腋芽：0~2分 (0-無，2-很多)

8. 切口發根數：0~2分 (0-無，2-很多)

9. 莖空心：0~2分 (0-無，2-很多)

甘藍貯藏壽命調查

由貯藏期間定期取樣調查之結果，依品質劣化之程度來判定貯藏壽命。例如失重率過高 (大於20%左右)、相對整修率過高 (大於20%左右)、整修後之葉片色澤、鮮度、剖面風味太低 (低於3.5分) 或有其他特殊不良品質 (例如腐爛、長腋芽等) 嚴重到不具販賣價值，綜合其中幾項來決定貯藏壽命。

結 果

塑膠氣調帳之環境控制

於3年試驗期間，塑膠氣調帳內氧氣濃度控制於2-6%之間，大部分為3±1%。氧氣可於封庫後充入氮氣可於3日內降到3%左右，由20%降至4%需5尺高2000psi鋼瓶3支或液態氮15kg。氧氣濃度到達3%後，於平常狀態要維持此一濃度，使用氮氣甚少，也不大需要填加氧氣。二氧化碳濃度通常控制於3-5%之間，大部分為5±0.5%。乙烯濃度通常於貯藏1個月後會上升，使用乙烯吸收劑可控制於0.1ppm以下。溫度控制較不理想，因冷氣無法直接進入密封帳，帳內之溫度通常比帳外高約0.7℃。於86年度之試驗，曾有3次因冷凍機械故障，溫度升到24℃，冷藏庫於2日內降回設定溫度，但氣調帳需3-4日才能降到原有之溫度。

甘藍菜貯藏品質

85年貯藏之結果如表1及表2，‘初秋’甘藍冷藏3個月後之失重率、整修率及除葉數都很高 (各為18.1%，7.0%及3.9片，表1)，貯藏後葉片色澤、鮮度都已經很差 (各為1.6及1.1，表2)，這些缺點在氣調貯藏能夠有效的改善，氣調貯藏4個月之失重、整修率、除葉數以及葉片色澤、鮮度都比冷藏3個月好很多 (各為4.5%，6.6%，2.5片，3.3及4.3表1、表2)。腋芽生長在氣調貯藏和冷藏相同，本次甘藍採收時腋芽就已經很多。於冷藏中有少數發生切口發根，氣調貯藏者則完全沒有發生。葉片黑斑發生率很低，氣調貯藏似乎多一些。

86年貯藏之結果如表3及表4，‘初秋’甘藍冷藏3個月後之失重率、整修率及除葉數都很高，貯

表1. 85年3月採收之‘初秋’甘藍在0~1°C貯藏3、4個月之失重率、整修率及除葉數

Table 1. Weight loss, trim loss and number of trimmed leaves of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1996 and stored at 0~1°C for 3 and 4 months

Treatment	Storage time (months)	Weight loss ^z (%)	Trim loss (%)	Relative trim ^y loss (%)	Trimmed leaf no.	Relative trim ^y leaf no.
Cold storage: carton box	3	18.1±3.1	17.5±2.6	7.0±2.6	7.2±1.2	3.9±1.2
CA storage: carton box		2.7±0.4	14.9±1.3	4.4±1.3	5.0±0.6	1.7±0.6
CA storage: plastic basket		2.7±0.4	17.4±2.8	6.9±2.8	5.8±1.0	2.5±1.0
CA storage: plastic basket lime treated		3.1±0.5	16.2±1.9	5.7±1.9	5.4±0.5	2.1±0.5
Cold storage: carton box	4	24.6±0.0	33.7±3.7	23.2±3.7	15.2±2.2	11.9±2.2
CA storage: carton box		4.5±0.3	17.1±1.7	6.6±1.7	5.8±0.8	2.5±0.8
CA storage: plastic basket		4.1±0.1	17.2±1.4	6.7±1.4	5.5±0.5	2.2±0.5
CA storage: plastic basket lime treated		4.3±0.3	20.0±2.8	9.5±2.8	7.0±1.1	3.7±1.1

^z Each datum represents the average of 3 replications ± SE. 5 heads were used in each replication.

^y Relative trim loss = trim loss after storage - trim loss before storage.

^x Relative trim leaves = number of trimmed leaves after storage - number of trimmed leaves before storage.

表2. 85年3月採收之‘初秋’甘藍在0~1°C貯藏3、4個月後之品質

Table 2. Quality of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1996, after 3 and 4 months storage at 0~1°C

Treatment	Storage time (months)	Stem ^z decay (%)	Color after trimming ^y	Freshness ^x after trimming	Flavor ^x	Auxiliary ^w buds	Rooting ^w	Stem ^w hollowness	Black spot
Cold storage: carton box	3	0.0±0.0	1.6±0.5	1.1±0.2	3.7±0.2	1.3±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0 ^w
CA storage: carton box		0.0±0.0	4.1±0.4	4.3±0.2	4.3±0.2	1.3±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	4.0±0.3	4.3±0.2	4.2±0.2	1.2±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	4.3±0.2	4.3±0.2	4.5±0.0	1.3±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Cold storage: carton box	4	0.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	3.4±0.4	1.6±0.1	0.6±0.2	0.0±0.0	0.2±0.1
CA storage: carton box		0.0±0.0	3.3±0.2	4.3±0.2	4.3±0.2	1.3±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	3.3±0.2	4.0±0.3	4.4±0.2	1.4±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.6±0.1
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	3.3±0.2	4.0±0.3	4.2±0.2	1.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.5±0.3

^z Each datum represents the average of 3 replications ± SE. 5 heads were used in each replication.

^y Score of color: 1-yellow, 3-half yellow half green, 5-green.

^x Score of freshness and flavor: 1-bad, 3-fairish, 5-good.

^w Occurrence of auxiliary buds, rooting from stem, stem hollowness and black spot in leaf: 0-none, 1-not much, 2-a lot.

藏後葉片色澤、鮮度都已差（各為19.8%，13.2%，4.5片，2.4及3.1，表3、表4）。氣調貯藏可明顯的降低失重率並提高整修後鮮度（貯藏4個月之失重、整修率、除葉數、葉片色澤及鮮度各為4.0%，13.6%，3.3片，4.0及3.8，表3、表4）。氣調貯藏之整修率偏高，可能因為在貯藏期間有3次溫度異常升溫所致；這些整修去除的葉片比冷藏者綠且含水較多，因此其除葉數比冷藏者少許多，但整修率卻高到和冷藏相似。其整修後葉片色澤及鮮度均佳。腋芽生長在氣調貯藏和冷藏相同，切口發根在氣調貯藏少一些，說明氣調貯藏對腋芽生長沒有抑制，而對發根則有一些抑制作用。

87年貯藏之結果如表5及表6，7月高山所生產之‘初秋’甘藍冷藏2個月後失重率及整修率都已高（各為19.3%及12.5%，表5），整修後葉片色澤及鮮度已不甚佳（各為3.5，3.4，表6），氣調貯藏

表 3. 86 年 3 月採收之‘初秋’甘藍在 0~1 °C 貯藏 3、4、5 個月後之失重率、整修率及除葉數

Table 3. Weight loss, trim loss and number of trimmed leaves of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1997, and stored at 0~1 °C for 3、4 and 5 months.

Treatment	Storage time (months)	Weight loss ^z (%)	Trim loss (%)	Relative trim ^y loss (%)	Trimmed leaf no.	Relative trim leaf no.
Cold storage: carton box	3	19.8±5.3	21.5±2.3	13.2±3.3	7.0±1.2	4.5±1.2 ^z
CA storage: plastic basket		2.6±0.3	21.3±4.3	13.0±3.5	6.2±1.1	3.7±1.1
CA storage: plastic basket lime treated		4.8±1.0	22.4±2.8	14.1±2.8	6.2±1.1	3.7±1.1
Cold storage: carton box	4	26.8±6.9	28.0±5.4	19.7±4.4	10.4±1.7	7.9±1.7
CA storage: plastic basket	4.0±0.6	21.9±4.6	13.6±4.8	5.8±0.8	3.3±0.8	
CA storage: plastic basket lime treated	5.5±1.2	27.0±7.4	18.7±6.4	8.4±2.7	5.9±2.7	
Cold storage: carton box	5	26.0±10.4	35.1±12.4	26.8±10.4	13.0±2.4	10.5±2.4
CA storage: plastic basket	5.1±1.4	35.8±5.4	27.5±3.2	10.5±2.5	8.0±2.5	
CA storage: plastic basket lime treated	5.1±1.3	34.3±6.2	26.0±4.6	11.2±2.7	8.7±2.7	

^z Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

^y Relative trim loss = trim loss after storage - trim loss before storage.

^z Relative leaves trimmed = number of trimmed leaves after storage - number of trimmed leaves before storage.

表 4. 86 年 3 月採收之‘初秋’甘藍在 0~1 °C 貯藏 3、4、5 個月後之品質

Table 4. Quality of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1997, and stored at 0~1 °C for 3、4 and 5 months

Treatment	Storage time (months)	Stem decay ^z (%)	Color after ^y trimming	Freshness ^x after trimming	Flavor ^x	Auxiliary ^w buds	Rooting ^w	Stem hollowness
Cold storage: carton box	3	0.0±0.0	2.4±1.1	3.1±0.9	4.3±0.3	0.5±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0 ^w
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	4.3±0.8	4.6±0.4	4.8±0.3	0.6±0.4	0.0±0.0	0.3±0.7
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	4.4±0.8	4.8±0.2	4.8±0.3	0.7±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0
Cold storage: carton box	4	0.0±0.0	1.6±0.9	2.3±1.1	3.8±0.6	0.7±0.5	0.3±0.2	0.0±0.0
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	4.0±0.4	3.8±0.3	4.0±0.5	0.6±0.3	0.2±0.1	0.0±0.0
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	3.6±0.9	3.6±0.4	4.0±0.3	1.0±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0
Cold storage: carton box	5	0.0±0.0	1.1±0.3	1.8±0.6	3.0±0.4	0.8±0.4	0.5±0.6	0.2±0.3
CA storage: plastic basket		0.1±0.2	3.0±0.7	3.1±0.6	3.6±0.3	0.7±0.2	0.2±0.1	0.2±0.3
CA storage: plastic basket lime treated		0.2±0.5	2.9±0.7	3.1±0.5	3.7±0.4	0.9±0.3	0.0±0.0	0.1±0.1

^z Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

^y Score of color: 1-yellow, 3-half yellow half green, 5-green.

^x Score of freshness and flavor: 1-bad, 3-fairish, 5-good.

^w Occurrence of auxiliary buds, rooting from stem, stem hollowness and black spot in leaf: 0-none, 1-not much, 2-a lot.

2 個月後失重率及整修率均低（各為 2.9% 及 5.5%），整修後葉片色澤及鮮度均高（各為 4.9 及 5.0），和鮮採時相似；貯藏 4 個月後失重仍低（4.2%），整修率略高（11.5%），除葉數仍低（2.7%），葉片色澤和鮮度較差（各為 3.7、3.5，表 5、表 6）。腋芽生長在冷藏及氣調貯藏相同，切口發根及腐爛等，在本試驗均無發生。

表5. 87年7月採收之‘初秋’及‘夏峰’甘藍在0~1°C貯藏3、4個月之失重率、整修率及除葉數

Table 5. Weight loss, trim loss and number of trimmed leaves of ‘Chu chiu’ and ‘Sha fung’ cabbage harvested on July 1998, and stored at 0~1 °C for 3 and 4 months

Cultivar	Treatment ^z	Storage time (months)	Weight loss ^y (%)	Trim loss (%)	Relative trim ^x loss (%)	Trimmed leaf no.	Relative trim ^w leaf no.
Chu chiu	CS: carton box	2	19.3±3.4	30.1±1.5	12.5±1.5	10.6±0.9	5.4±0.9
	CA: plastic basket		2.9±0.9	23.1±3.0	5.5±3.0	6.8±0.8	1.6±0.8
Chu chiu	CS: carton box	3	29.3±7.5	31.3±2.8	13.7±2.8	12.0±1.0	6.8±1.0
	CA: plastic basket		2.9±0.9	24.1±3.2	6.5±3.2	6.8±1.6	1.6±1.6
Chu chiu	CS: carton box	4	---	---	---	---	---
	CA: plastic basket		4.2±1.1	29.1±3.9	11.5±3.9	7.9±0.9	2.7±0.9
Sha fung	CS: carton box	2	12.8±6.5	19.8±4.6	7.6±4.6	5.8±2.0	3.3±2.0
	CA: plastic basket		3.3±2.0	15.5±1.9	3.3±1.9	3.0±0.7	0.5±0.7
Sha fung	CS: carton box	3	---	---	---	---	---
	CA: plastic basket		3.2±0.4	16.4±4.7	4.2±4.7	3.2±1.1	1.3±1.1

^z CS: cold storage. CA: controlled atmosphere storage.

^y Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

^x Relative trim loss = trim loss after storage - trim loss before storage.

^w Relative leaves trimmed = number of trimmed leaves after storage - number of trimmed leaves before storage.

表6. 87年7月採收之‘初秋’及‘夏峰’甘藍在0~1°C貯藏2、3、4個月之品質

Table 6. Quality of ‘Chu chiu’ and ‘Sha fung’ cabbage harvested on July 1998, and stored at 0~1 °C for 2, 3 and 4 months

Cultivar	Treatment ^z	Storage time (months)	Stem decay ^y (%)	Color after trimming	Freshness ^w after trimming	Flavor ^w	Auxiliary buds ^v	Rooting ^v	Stem hollowness
Chu chiu	CS: carton box	2	0.0±0.0	3.5±0.5	3.4±0.6	4.5±0.3	0.3±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0 ^v
	CA: plastic basket		0.0±0.0	4.9±0.2	5.0±0.0	4.9±0.1	0.4±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0
Chu chiu	CS: carton box	3	0.0±0.0	1.2±0.4	2.2±0.3	4.2±0.3	0.2±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	CA: plastic basket		0.0±0.0	4.4±0.2	4.6±0.0	4.8±0.2	0.2±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Chu chiu	CS: carton box	4	---	---	---	---	---	---	---
	CA: plastic basket		0.0±0.0	3.7±0.3	3.5±0.3	3.8±0.4	0.4±0.2	0.02±0.1	0.0±0.0
Sha fung	CS: carton box	2	0.0±0.0	3.4±1.0	3.5±1.0	4.7±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	CA: plastic basket		0.0±0.1	5.0±0.0	5.0±0.0	4.6±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Sha fung	CS: carton box	3	---	---	---	---	---	---	---
	CA: plastic basket		0.0±0.1	4.8±0.3	4.7±0.0	4.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.4

^z CS: cold storage. CA: controlled atmosphere storage.

^y Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

^x Score of color: 1-yellow, 3-half yellow half green, 5-green.

^w Score of freshness and flavor: 1-bad, 3-fairish, 5-good.

^v Occurrence of auxiliary buds, rooting from stem, stem hollowness and black spot in leaf: 0-none, 1-not much, 2-a lot.

‘夏峰’甘藍貯藏2個月後失重率已高(12.8%，表5)，整修後葉片色澤、鮮度已不甚佳(各為3.4、3.5，表6)。氣調貯藏2個月後失重率低(3.3%，表5)，整修後葉片色澤及鮮度極佳(均為5，表6)。冷藏3個月後冷藏之甘藍外葉大部分變黑且有一些外葉長白霉，已無商品價值，因此未加調查。氣調貯藏3個月後，甘藍失重仍很少(3.2%，表五)，有許多外葉變黑，但整修後色澤鮮度仍佳

(各為 4.8、4.7, 表 6)。也有一些球之中心變空洞且褐化, 因此商品價值低。本次試驗甘藍材料不多, 只貯藏 3 個月。

包裝和石灰對甘藍品質之影響

85 年氣調貯藏分別用紙箱裝或塑膠籃裝, 結果甘藍品質差異不大, 但紙箱包裝因庫內高濕, 紙箱變軟不便於搬動, 因此於 86 年及 87 年之氣調貯藏全以塑膠籃包裝。

切口沾石灰之目的在於探討是否可以降低切口腐爛, 於 85 年及 86 年試驗之甘藍全部沒有發生切口腐爛之情形, 因此無法辨別切口沾石灰是否有防止切口腐爛之效果。

甘藍貯藏壽命

85 年甘藍冷藏 3 個月後, 失重率高 (18.1%, 表 1), 整修後葉片色澤及鮮度均已很差 (2 分以下, 表 2), 因此貯藏壽命低於 3 個月, 估算為 2 個月。氣調貯藏 4 個月後失重甚少 (4.5% 左右, 表 1), 相對整修率亦低, 整修後鮮度尚佳, 但整修後葉片色澤略差一些 (3.3 分, 表 2), 因此貯藏壽命為 4 個月。

86 年甘藍冷藏 3 個月後失重率整修率均高 (各為 19.8%、13.2%, 表 3), 整修後葉片色澤及鮮度不佳 (各為 2.4、3.1, 表 4), 因此貯藏壽命低於 3 個月, 估算為 2 個月。氣調貯藏 4 個月失重率低 (4.0%, 表 3), 整修後葉片色澤、鮮度仍佳 (各為 4.0、3.8, 表 4), 但相對整修率偏高 (13.6%), 因此貯藏壽命為 4 個月。

87 年高山產之‘初秋’甘藍冷藏 2 個月後失重率高 (19.3%, 表 5), 整修後葉片色澤及鮮度已不甚佳 (約 3.5, 表 6), 其貯藏壽命為 2 個月左右。氣調貯藏 4 個月後失重率、整修率仍低 (各為 4.2%、11.5%, 表 5), 整修後鮮度略低 (3.1、3.5, 表 6), 其他品質尚佳, 因此貯藏壽命為 4 個月左右。‘夏峰’甘藍冷藏 2 個月失重率略高 (12.8%, 表 5) 鮮度亦低 (3.4, 表 6), 故貯藏壽命為 2 個月。氣調貯藏 3 個月失重率整修率均低 (各為 3.2%、4.2%, 表 5), 整修後鮮度亦佳 (4.7, 表 6), 但發生球中心空洞與褐化以及葉片黑褐, 因此貯藏壽命為 3 個月。

討 論

氣調設備與控制

本研究能有良好之結果在於密封塑膠帳製成之氣調帳比以前林等²⁾所製造者氣密性好, 林等所製之氣調帳帳門以塑膠布貼封, 氣密較差, 且遇到潮濕會部分鬆開。本研究使用電線壓條, 將帳門之塑膠布和帳體之塑膠布夾封, 氣密效果良好且裝卸容易。因此除了能達到希望的氧、二氧化碳濃度條件外, 平常的管理操作亦方便, 也使管理成本降低。本氣調帳製作成本低, 且能避免地震因產生裂縫導致漏氣之危險, 具有實用之潛力。但是這種氣調帳帳內之溫度比帳外高約 0.7°C, 是不利的地方。

本次研究之氣調控制情況尚稱良好, 但均以人工控制較費人工, 例如使用 Orsat 測定氧及二氧化碳濃度, 若有濃度不對, 需加氮或加氧, 經調整後, 仍需一再的以 Orsat 測定及調整, 除了頗費人工外也使控制的濃度範圍偏大, 若是要實用化應該要以儀器測定及儀器控制為主, 以人工 Orsat 測定為輔, 才能省工並增加氣調控制之精確性。

甘藍氣調貯藏效果

經 3 年之試驗得知‘初秋’甘藍以傳統之冷藏方式貯藏壽命皆為 2 個月左右; 影響冷藏壽命較大的因素包括失重率高、整修率高、貯藏後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等。其他品質如風味, 冷藏後一般仍佳; 而腐爛、切口發根、莖空心、葉片黑斑等發生率不高。腋芽只於 85 年發生較多, 於 86、87 年很少發生。

‘初秋’甘藍以塑膠帳做氣調貯藏經 3 年之試驗結果顯示貯藏壽命約為 4 個月, 冷藏的一些主要問題如失重率高、貯後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等, 在氣調貯藏皆可有效的改善。氣調貯藏之整修

率偏高，這一方面是因為要貯藏的甘藍菜採收時，外葉會多留幾片。另一方面是氣調貯藏之甘藍外葉較冷藏者綠且厚重，因此氣調貯藏之相對整修率和冷藏者相似時，其剝去的外葉數目比冷藏者低，整修率若由相對除葉數來估算，則氣調貯藏之相對除葉數比冷藏者低得多。其他品質如風味、切口發根之抑制，氣調貯藏比冷藏好一些。甘藍菜之風味以冷藏也可維持不錯，其衰退比色澤或外表鮮度之劣化慢得多。依日本 Takigawa 和 Ishii⁽¹⁾之報導，甘藍菜含有 dimethyl sulfide，是甘藍菜風味成分之一。dimethyl sulfide 可由 S-methyl methionine (Vitamin V) 分解而來，甘藍菜冷藏時間增長，S-methyl methionine 含量並不會下降，有些品種反而會增加，因此風味之退化較慢。本研究冷藏之甘藍外觀已不佳，但切開之風味仍不錯，可能和此有關。氣調貯藏之甘藍風味更佳，表示氣調貯藏可能會減緩風味衰退相關之生化變化速率。腋芽生長之抑制在氣調貯藏和冷藏相同，腋芽發生多的常在採收時已經長出來了(原始品質調查資料未附)，貯藏4個月和貯藏3個月之腋芽發生程度沒有差異。至於球莖腐爛，球莖空心在3年之試驗均無發生，葉片產生黑斑於85年之試驗亦無發生，因此無法判斷氣調貯藏是否比冷藏有較好的抑制效果。

‘初秋’甘藍冷藏壽命約為2個月，貯藏壽命終結之主要因素為失重率與整修率高到某一程度(約20%)，此時整修後鮮度亦下降到某一程度(約3.5分)。氣調貯藏壽命約為4個月，使貯藏壽命終結之主要因素不是失重率高，而是整修率高到某一程度(約20%)，此時整修後鮮度亦下降到某一程度(約3.5分)。因此想以3月平地產之‘初秋’甘藍貯藏到8、9月颱風季節之可能性甚低。3月之後平地‘初秋’甘藍已很少生產，於6月底7月初高山產之‘初秋’甘藍價格尚低，若於此時購買以冷藏貯藏，只能放2個月，要供應9月中、下旬之颱風需求仍有困難，若以氣調貯藏可放4個月，應可貯藏到9月底颱風季節結束。

‘夏峰’甘藍球體比‘初秋’小，食用品質亦遜於‘初秋’，但可在平地高溫季節生產。本試驗結果顯示‘夏峰’甘藍之冷藏壽命也是2個月左右，主要因為整修後品質不高，貯藏時間增加會有外葉黑褐化及長白霉之問題。氣調貯藏3個月失重少，整修率低，雖然外葉有黑褐化，但經整修去除後品質仍然很好，說明氣調貯藏之品質較好，也能降低外葉黑褐化之程度，但因球莖中心變空洞且褐化，使貯藏終結。球莖中心空洞及褐化之原因尚未得知。

其他因素對貯藏品質之影響

溫度，86年‘初秋’甘藍貯藏試驗期間，溫度有3次升溫到24℃，這一年的相對整修率及相對除葉數比85年及87年者高，失重率及整修後鮮度沒有太大的差別，顯示溫度高會使甘藍外葉劣化加速。

本研究‘初秋’甘藍氣調貯藏之整修率偏高能和溫度有關，塑膠密封帳內溫度長時間比帳外高約0.7℃。如果能使帳內溫度下降0.7℃，可能會降低貯藏後之整修率。若要實際使用時，或許可將帳外冷藏庫之溫度多下降0.7℃來改善。

包裝容器，氣調貯藏甘藍以紙箱或塑膠籃包裝在失重率、整修率或貯後品質均沒有顯著的差異(表1、表2)，因此就貯藏品質而言，用紙箱或塑膠籃包裝皆可。但以紙箱包裝於氣調貯藏後紙箱因潮溼軟化，搬動容易撕裂，因此以塑膠籃包裝較佳。

切口沾石灰，於85年、86年氣調貯藏中有一部分甘藍切口沾石灰處理，主要的目的是要瞭解沾石灰對球莖切口腐爛的抑制效果，但是這兩次試驗都沒有發生球莖切口腐爛的情形(表2、表4)，因此無法得知沾石灰的效果。切口沾石灰對甘藍失重、整修及鮮度品質等均無明顯的影響。

結 論

本研究經3年之試驗結果顯示在冷藏庫內設置塑膠氣調帳可以良好的控制各種氣體之濃度，是一個值得擴大應用之方法。

以此氣調帳貯藏‘初秋’甘藍，3年的試驗結果均顯示可以將‘初秋’甘藍之貯藏壽命由冷藏之2

個月延長到4個月，在調節供需，尤其對夏季颱風期之供應有很大的幫助。本研究目前尚屬小量試驗，因此成本難以正確之估算，但由於本技術使用之設備成本不高，而且可以將甘藍菜貯藏壽命增加一倍，因此商業化實用的可行性甚高。此外也應用在其他多種蔬菜水果之貯藏。

誌 謝

本研究部分經費承蒙行政院農業委員會補助（計畫編號85科技-1.4-糧-41，86科技-1.4-糧37），又各試驗在氣調環境之控制及維持承蒙陳村先生之協助，材料調查及資料整理承蒙鄭秀芳與洪淑珍小姐之協助始得完成，謹致謝忱。

引用文獻

1. 王自存、張榮如。1997。初秋甘藍之貯藏技術。園產品採後處理與運銷技術研討會專刊p135-145.
2. 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.
3. 陳如茵、楊瑞森、呂理焜。1982。甘藍與結球白菜大規模冷藏。食品工業研究所研究報告第268號34 pp.
4. Bohling, H., and H. Hansen, 1977. Storage of white Cabbage (*Brassica Oleracea* var. capitata) in controlled atmospheres. Acta Hort. 62: 49-54.
5. Garipey, Y., G.S.V. Raghavan, R. Pleasse, and R. Theriault, 1985. Long time storage of cabbage, celery, and leeks under controlled atmosphere. Acta Hort. 157: 193-201.
6. Geeson, J.D., and K.M. Browne, 1980. Controlled atmosphere storage of winter white cabbage. Ann. Appl. Biol. 95:267-272.
7. Kader, A.A., 1992. Modified atmosphere during transport and storage. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. p. 85-92 A. A. Kader, Ed., Univ. Calif. Div. Agric. Pub. 3311.
8. Lipton, W. J., 1977. Recommendation for CA storage of broccoli, brussel sprouts, cabbage, cauliflower, asparagus and potatoes. In proceedings of the Second National Controlled Atmosphere Research Conference. p. 277-281.
9. Menniti, A.A., M. Maccaferri, and A. Folchi, 1997. Physio-pathological responses of cabbage stored under controlled atmospheres. Post. Biol. Technol. 10: 207-212.
10. Saltveit, Jr. M.E., 1989. A summary of requirements and recommendations for the controlled and Modified atmosphere storage of harvested vegetable. In fifth International Controlled Atmosphere Research Conference. p. 329-352.
11. Takigawa, S., and G. Ishii, 2000. Accumulation and decomposition of S-methyl methionine in cabbage. Acta Hort. 517: 457-461.

A Study on Controlled Atmosphere Storage of Cabbage with Sealed Plastic Tent¹

Chao-Chia Huang^{2,3}, Huey-Suey Huang² and Chin-Yu Tsai²

Summary

Shortage in the supply of vegetables during typhoon season has been a serious problem in Taiwan. Large quantities of cabbage are stored each summer as one of the means to overcome this problem. The storage life of 'Chu-chiu' cabbage stored under conventional method was about 2 months. It is unlikely to store March harvested 'Chu-chiu' cabbage, which are cheap and abundant, over the spring and release them at the typhoon season. However, it is possible to use controlled atmosphere (CA) storage to further extend the storage life of cabbage. This paper presents the result of three years (1996 - 1998) study on the CA storage of cabbage by using sealed plastic tent inside a cold storage room.

A 2m × 2m × 2m tent made of LDPE was set up inside a 0-1 °C cold room. The composition of atmosphere within the tent was maintained at 2-6% oxygen (mostly at 3%) and 3-5% carbon dioxide (mostly at 5%). Ethylene concentration was controlled below 0.1ppm using an ethylene scrubber. Due to lack of ventilation, the temperature inside the tent was always about 0.7 °C higher than outside. Our result indicated that 'Chu-chiu' cabbage, the major cultivar grown in Taiwan, had an average storage life of 2 months under conventional cold storage at 0-1 °C. Factors responsible for the termination of storage life include: high weight loss, high trim loss, inferior color and freshness. Storage life of cabbage was extended to 4 months by using controlled atmosphere tent and the factors mentioned above were reduced effectively under CA. Other quality attributes including loss of flavor and rooting at cut end were also better controlled under CA. No difference was noted with regard to the occurrence of auxiliary buds. No significant differences were observed, with respect to weight loss, trim loss and post-storage quality, between using carton boxes or plastic baskets for storing cabbage under CA. However, carton boxes became soften and difficult to handle due to absorption of moisture. The storage life of another summer cabbage 'Sha-fung' was also about 2 months in cold storage and was extended to 3 months under CA storage. Its storage life was terminated due to hollow stem and stem browning.

Key words : Cabbage, Controlled atmosphere storage.

1. Contribution No.2102 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by January 11, 2002.

2. Associate Researcher, Project Assistant, Project Assistant, Department of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, E-mail: cchuang@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.