

產業的應用與前景 新式頂吸式壓差預冷技術於 園產品品質的基石

1 徐敏記

1 黃肇家

1 王毓華

一、前言

現今社會的發展，健康取向的未來需求，驅動著生鮮蔬果的消費。而生鮮蔬果農產品從田間採收後，在臺灣往往因為環境氣溫與陽光照射，造成蔬果表面與紙箱內部的升溫至30℃以上，甚至高達40℃，此時蔬果呼吸率、水分蒸散高，如無先去除蔬果的田間熱，品質會快速下降無法維持。因此，田間熱（Field Heat）去除對產品管理上十分重要。而在多種不同的採收後技術中，預冷被認為是關鍵過程之一。冷鏈的基石就是對生鮮產品的「預冷」



(Precooling) 處理。這在 20 年前不論是臺灣、東南亞或是對岸的中國，產地的預冷往往缺乏或不被在意，相反的，對於生產溫帶蔬果的歐美各國，採收後的最先一步，就是在規定時間內進行預冷處理。例如在美國生鮮蔬果的大產區加州，更在 1942 年就成立了 Western Precooling 聯盟，針對在加州 Salinas、Santa Maria、Oxnard、Imperial Valley 及亞利桑那州 Yuma 等地附近的農產品提供快速且在地商業化的預冷服務（圖 1）。

預冷與冷藏運輸最早的研究與產業需求是在 1904 年由 G. Harold Powelly 在美國農業部進行計畫研究與發表應用，主要是希望將西岸易腐爛的生鮮園產品減少運輸至東岸 (Moses, 2010; Baird & Gaffney, 1976)。而預冷對於保持最佳的採後壽命、減少產品衰老與產品延長保質期是最經濟有效的方法之一 (Dehghannya *et al.*, 2010)。例如香蕉的冷藏前處理就是需要將果溫由採收時的 30~32℃ 降至 13~15℃ 以維持催熟前的品質；而採收後的短時間內預冷也有助於延緩草莓灰黴病的發生 (Nunes, 2005) 等。

二、國內外預冷處理操作方式與使用情形

園產品預冷需要做預冷的原因，是因產品冷藏時須短時間採收後大量

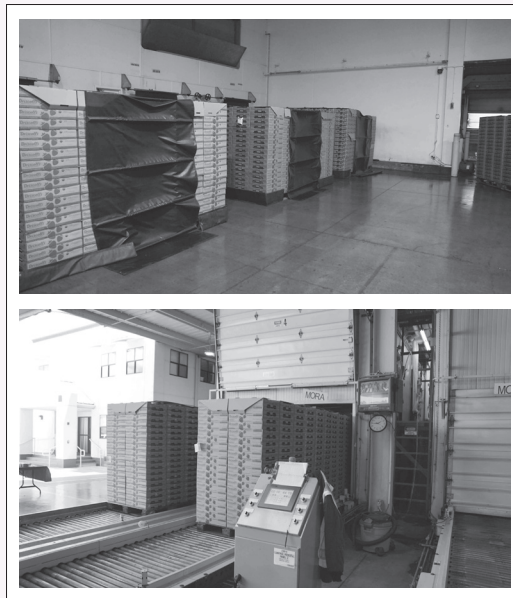


圖 1. Salinas 地區莓類不同模式之壓差預冷情形。

入庫，如此會造成冷藏庫無法應付的熱交換的負荷，或者是因部分產品的特性，有時需數天後才能達到預計的冷藏溫度，但這時品質已經急遽的降低，櫥架壽命因此縮減。目前常採用的預冷方法有：室冷 (Room Cooling)、冰水預冷 (Hydro-Cooling)、壓差預冷 (Forced-air Cooling)、真空預冷 (Vacuum Cooling) 與碎冰預冷 (Icing Cooling) 等方法。(Dehghannya *et al.*, 2010; Vigneault *et al.*, 1995)，而預冷作業講求的是產品特性、降溫速率及操作方式。影

響預冷作業的因素有：產品與降溫介質的接觸情形、



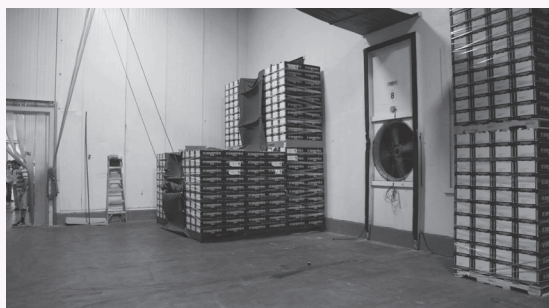


圖2. 國外包裝場桃壓差預冷情形。



圖3. 舊金山地區香辛料產品的室冷處理。

產品的呼吸率與蒸散程度、產品降溫目標溫度、冷卻介質與產品間的溫度差、冷卻介質的熱容量不同（空氣或水）、介質的接觸情形、集理貨包裝場的操作流程、產品的包裝及操作人員的訓練等項。簡單來說就是使用最適合目前產品的操作量下，能維持通路端到貨品質與降低成本的方式。

在國內外採收後的預冷操作上，追求單位時間內的處理量對於農場與通路均十分重要，以下簡單敘述國內外預冷使用的品項與方式。

在品質維持的情形下，水果部分普遍使用室冷與壓差預冷方式進行（圖2、圖3），如美國番茄的室冷，桃與草莓的壓差預冷等；臺灣則是普遍使用室冷方式進行，如葡萄、紅龍果等置於採收後的塑膠籃內，放置於冷藏庫中預冷與貯藏。除上預冷方式外，冰水預冷亦有使用於蔬菜作物，如斗南農會與臺中大坑地區竹筍使用的批次式浸水預冷機，或是埔里筊白筍農使用山泉水進行預冷，亦或是高雄美濃地區於農民集貨場由行政院農

業委員會（簡稱農委會）農業試驗所推廣進行的長豇豆預冷等，長豇豆部分以 5°C 進行冰水預冷約2分鐘左右便可使豆莢中心溫度降溫維持品質，以上均為冰水預冷的廣泛應用。冰水冷卻比空氣冷卻降溫速率快，但因目前低溫運銷管道尚未完整，帶有水的園產品在後續升溫時容易腐爛，且部分消費者認為浸泡過水的產品品質較差，因此仍需持續改進推廣。

真空預冷則是逐漸變為國內集理貨包裝場採用的方式之一，操作區域主要在雲林葉菜產區，使用最多的是往臺北農產公司運送的短期葉菜與外銷使用的結球萵苣及蘿蔓萵苣；美國與日本真空預冷技術已於1960年後逐步於產業大量使用，但為每次處理量需以2~10個棧板，前期設置金額較高、維護費用較多與用電問題為國內推廣使用上之缺點，但降溫效果顯著且部分集貨場採用代工模式協助農民處理，使得應用上逐年增加。

而國外使用碎冰冷卻法操作簡單，缺點為碎冰增加運輸重量與成





圖4. 加州包裝場碎冰預冷處理後之情形。



圖5. 美國葉菜類（萵苣）真空預冷處理。

本，且必須使用耐水包裝箱，以及運輸途中易有的滲漏問題。僅適用於少數不怕寒害與水傷的產品。此方法曾用於國內芹菜運銷使用。在美國有特殊的機器冰泥機，用配合棧板的機器將冰泥注入青花菜的箱中，冰水將熱隨之帶出，而冰泥堆積充滿於箱內青花菜的空隙（圖4），且冰泥含有含氯殺菌劑，可延長並減少腐損，這是碎冰法最成功的案例（李與林，1998）。

10~20年前在梓官農會所應用的壓差預冷機組，經過壓差預冷處理使用後的蔬菜品質較能維持，也因此國軍膳食供貨商強制規定必須要有壓差預冷處理方能供貨，以維持品質，後續也逐步發展其他預冷方式。位於雲林的結球萵苣產區，如需外銷與供應國內速食店使用，也均須經過真空預冷等步驟進行快速降溫（圖5），由此可見無論內銷外銷，預冷處理都是導入冷鏈以及後續物流的根本。

整體而言，臺灣中小型農戶多，在採後收往往因為採收溫度過高，田間堆放時無遮陰設施，或運送到集理貨場

時車輛無遮陰，田間熱不斷累積導致園產品表面溫度過高，呼吸熱也隨之不斷產生，導致鏈接後端貯運時溫度下降過慢，產品失水或後熟情形影響甚劇，因此急需尋求一解決方式。又臺灣農戶因栽培面積普遍較小（1公頃內），因此於操作時難以導入大型機具，勢必開發於產地集貨包裝廠或田邊工寮旁可用之去除田間熱之預冷機組，達到立即去除田間熱或預冷降溫之效果，減少果實耗損與品質降低，因此構築頂吸式預冷機組應用於產業的想法孕育而生，目標是可使用於20公斤以上~1公噸以下操作方便快速的模組。

一般國內最常使用為室冷為主，一般組合式冷藏庫通常的設計風量偏高，約為0.5 m/s左右，此方式雖使降溫較快，但容易不均勻且使部分區域水分容易散失（李與林，2005）。而國內紙箱雖有開孔，但面積仍小，對箱內的產品降溫改善十分有限。另有方法是靜置於空調室讓產品自然冷卻，抑或是先將產品搬至空調室內裸放，待田間熱逐步去除冷卻後再裝

入容器。然而，前者方法有需耗費大量冷卻時間的問題，通常需經過大約1~3日的時間才可完全降溫，此冷卻緩慢與不均勻的問題將導致作業流程不順暢與品質不穩定；而後者則有人力成本高、易造成農產品損傷與放置場域需較大的問題。

三、新式頂吸式壓差預冷機的開發與未來應用

為解決上述問題，農委會農業試驗所（簡稱農試所）所研發新式頂吸式壓差預冷機，其原理、新式機組特性、試用效果與應用上，分段敘述如下：

（一）原理與特點

頂吸式壓差預冷與側吸式之差別為頂吸式是在頂部抽風，側吸式在側邊抽風。產品於採收時裝籃，通常不會裝滿籃子，若以側吸式抽風，許多風會從產品上方的空隙流掉，降低預冷效率，也降低產品降溫之均勻性，頂吸式可以改善此缺點，風從底部全部均勻地經過產品，均勻性與降溫效率都大幅提高，因此頂吸式極適用於剛採收後的產品。本設備可以極小量使用，例如1~2個塑膠籃，也可以擴大至半個或1個棧板。

此外，產品若以海運貨櫃運輸，貨櫃內的冷氣是由底部往上吹，包裝上使用上下打洞

通氣的紙箱，可以讓由下往上吹的冷氣流通，因此可維持穩定的低溫，對貨櫃運輸之產品之降溫有利。在使用這種上下通氣紙箱包裝時，於疊棧板後，使用頂吸式壓差預冷可以快速降低箱內溫度，容易做到降溫後才裝貨櫃之要求。頂吸式壓差預冷為農試所新
型專利，已有技轉業者
以便後續量產推廣
使用（黃肇家等，
2020）。



（二）目前測試效果

1. 採收後，裝箱前之短時間降溫

（1）印度棗：採收後通常以室冷裝籃，1/2預冷時間約12~18小時，頂吸式壓差預冷約30~45分鐘。現行方法為採收後以室冷降溫，需預冷隔夜，次日裝箱時，果實發汗（表面凝結水）嚴重。若採收後以頂吸式壓差預冷進行30分鐘半預冷處理（果心溫度由25℃降至15~18℃），可在採收當日裝箱，不會有發汗問題，所有流程可於1天內完成，而且搭配乙烯抑制劑1-Methylcyclopropene (1-MCP) 處理並經過外銷冷藏模擬運輸後，果實良品率顯著的提高。

(2) 豌豆：豌豆外銷於採收後在農家以室冷法預冷，經過冷藏模擬運輸及回溫櫥架後，可售率為76%。若是在農家採收後經頂吸式壓差預冷，豌豆經過冷藏及櫥架後，可售率提高為93%。豌豆以室冷法預冷，7/8預冷需約13.7小時，頂吸式壓差預冷僅需15分鐘（陳等，2020），室冷法降溫時間需要很久，因此可售率低可能和降溫不足有關。豌豆在各農家採收量並不大，小型頂吸式壓差預冷機很適合處理。

(3) 荔枝：荔枝多以室冷或水冷方式進行，但果實降溫速度過慢導致失水會使果皮產生不可逆的褐化，因此荔枝若以3籃堆疊每籃30公斤共90公斤，經頂吸式預冷方式將中間籃內果心溫度自30℃降至13.5℃僅需時31分鐘，降溫至7/8預冷點（30~7.5℃）需時57分，與5℃室冷需8小時以上時間差異非常大，因此可透過分段降溫大量處理快速降溫（圖6）。

(4) 香菇：鮮香菇採收後初始菇心溫度為28~29℃，單籃壓差預冷處理下菇心溫度降至八分之七預冷（7.8℃）期時間僅需15分鐘（徐等，2021），相較於一般室冷須超過3小時以上快上許多（圖7）。預冷後再裝至

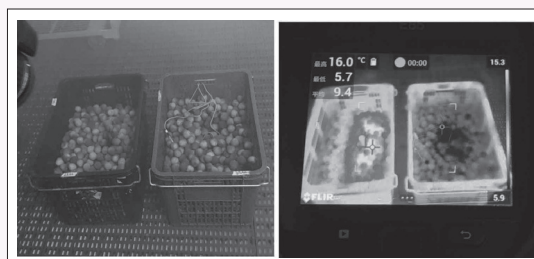


圖6. 荔枝無經過（左）與有經過（右）頂吸式預冷熱顯像變化情形。

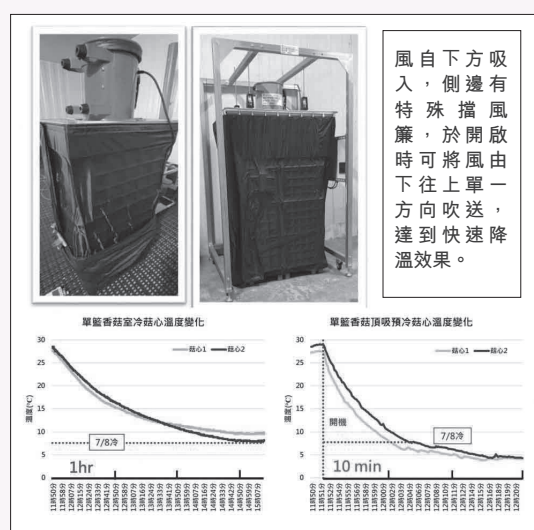


圖7. 頂吸式壓差預冷模組操作規格（大小型）與香菇使用頂吸式降溫結果。

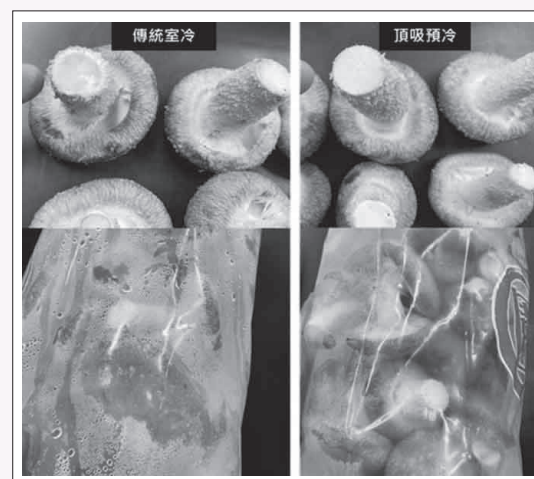


圖8. 香菇無經過（左）與有經過（右）頂吸式預冷包裝後與品質變化情形。



圖9. 農委會高雄區農業改良場進行外銷鳳梨裝箱裝棧板後頂吸式壓差預冷之測試。

圖片提供：農委會高雄區農業改良場陳思如博士。

塑膠袋，可大幅減少袋內水氣（圖8），而經過5℃貯藏4天模擬販賣流程後，仍有香味，認為風味良好之品評測試者有100%，而對照組有異味，只有25%測試者認為風味良好。

2. 裝箱後之預冷：

(1) 鳳梨：鳳梨裝箱疊棧板後，也使用頂吸式壓差預冷，因此可以快速降溫，處理2個小時，可由28℃降到20℃，而以室冷降溫，2小時才降到26℃，進一步之品質影響仍由農委會高雄區農業改良場試驗調查中（圖9）。

(2) 蝴蝶蘭：蝴蝶蘭海運美國已經大量使用上下打洞之紙箱包裝，於裝箱疊棧板後，以

現行之室冷降溫，由28℃降到20℃需要51小時，而以頂吸式壓差預冷，2個小時即可達到（黃等，2020）。

四、結語

臺灣產業栽培面積較小，即便統一選別也僅屬產銷班或合作農場模式居多，較少理貨包裝場域可應用國外大型採後處理預冷機組使用，園產品耗損的主要來自運銷模式、包裝作業方式及處理流程，而品質與櫥架壽命的问题則需要透過通路層面的回饋，但針對貯運與鏈結通路需求，預冷在減少耗損與維持品質上是不可或缺的，如美國結球萵苣、草莓、覆盆子、智利與澳洲櫻桃、南非葡萄等就是最好例子。

以國內的全聯、家樂福、Costco、麥當勞等為例，都不約而同增進了生鮮產品的質與量，「顧客黏著度」（Customer Stickiness）是現今與未來的通路需求。也是有了生鮮產品，顧客才會源源不絕，這同時具備了「高頻需求、高複購率、高毛利率」的特性，也帶領著臺灣農業生產的趨勢改變。而這之中影響質與量最大的因素，就是生鮮農產的供應鏈穩定，採後處理技術更是不可或缺必要條件，而預冷處理則是生鮮農產不可或缺的基石。

（參考文獻請逕洽作者）