

平地甘藍親本採種技術

文/圖 王仕賢、謝明憲、王仁晃、林棟樑

甘藍為十字花科蕓苔屬，是世界上重要蔬菜作物，西元 1990 年全球栽培面積為 164 萬公頃，而西元 2000 年達 243 萬公頃，十年間成長了 48%，台灣地區近 10 年來栽培面積變動不大，維持在 8,500 公頃上下，依據世界糧農組織資料顯示，甘藍栽培面積在已開發國家之消費量因蔬菜多樣化之影響而逐漸減少，但開發中國家則因十字花科蔬菜栽培容易，栽培面積反而快速成長。近幾年因十字花科蔬菜含有抗癌成分，全球的消費量略有成長。

甘藍原生於地中海沿岸，屬溫帶作物，甘藍主要育種國為荷蘭與日本，我國甘藍品種全部由日本進口，其中初秋品種已暢銷 50 多年，事實上初秋甘藍的耐熱親本是日本自台灣引進“葉深”耐熱品系，與早夏(Early Summer) 早生自交系雜交的一代雜交品種。日本政府與民間在 1950 年代投入於十字花科育種及採種研究，奠定日本在甘藍一代雜交品種採種技術的領先地位。熱帶及亞熱帶地區早年均使用高冷地的氣候進行甘藍採種研究，但多因低溫不足或種子成熟期遭遇高溫期或梅雨季，致使種子產量低及品質不良，而缺乏商業價值。此外，若利用高冷地低溫春化採種母株再移運平地進行接力栽培，則因成本過高而不具市場競爭力。



亞熱帶地區採種問題

甘藍採種地區多在溫帶地區如丹麥、澳洲及北美等地，熱帶與亞熱帶地區因冬季低溫不足，往往無法進行採種工作，只能利用高海拔山區進行。台灣於 1951 年開始成立高海拔地區蔬菜採種試驗，其中甘藍自 1951 年到 1957 年間 7 年內因氣候不良停辦 3 年，以甘藍三池早熟種為例，1951 年採種面積為 3.1 公頃，但種子收穫量只有 1.5 公斤，1952 年採種面積 2.05 公頃，種子收穫量只有 0.5 公斤，與日本之每公頃種子產量 500 至 700 公斤相差甚大。依沈再發先生於 1982 年之研究報告指出，利用高冷地培育初秋甘藍結球後，切除葉球後繼續培養，再於 11 月移植至鳳山平地種植，單株採種量可達 18.8 公克。此種利用高冷地春化處理再移植平地之方式，因成株體積大且不易堆積，運輸成本較高。非洲肯亞也同樣利用高冷地及 GA 生長素處理，結果發現在海拔 1941 公尺以 100 和 250ppm 之 GA3 可促進 " Sugar Loaf " 和 " Giant Drumhead " 的開花，但對 " Golden Acre " 則無促進效果，在另一海拔為 2,554 公尺之山區卻只能促使 " Sugar Loaf " 開花，其他兩品種則無法開花，主要原因為海拔過高，致使溫度低於抽苔開花所需的溫度。斯里蘭卡則在海拔 700 1,000 公尺的山區進行甘藍採種，將初秋種甘藍植株連根掘取後，去除外葉後再浸泡銅劑，陰乾後貯存於 0.5 1 下 40 至 60 天再種植田間採種，但採種量未達經濟效益。可見熱帶與亞熱帶地區甘藍採種技術相當困難且不具經濟效益。本場自民國 89 年開始進行夏季平地甘藍育種工作，經四年的努力終於完成平地甘藍親本採種技術，而此項技術不僅可利用於甘藍育種採種工作，同時也可運用於其他甘藍類蔬菜，將可大幅提昇我國十字花科之採種產業之國際競爭力，而此項技術也獲得農委會智審會通過可非專屬授權提供國內業者使用。此項技術主要由三項園藝操作技術組成，茲說明如下：

甘藍幼苗春化技術

於平地進行甘藍親本採種，首先為甘藍幼苗春化技術開發：歐洲地區將甘藍分成早生種及晚生種兩類處理，早生種以幼株春化處理，以 5 公分大小之容器栽培，在 4 週苗齡時以 6 春化處理 7 週便可誘導開花，唯其均在生長箱中培育，光度為 10,000 Lux，另一類晚生種則無法使用不結球採種法，必須利用結球母株方式採種，若保留母球，則必須於有光照之條件下貯存於 2℃，而不留球之母莖則可以 0℃ 處理春化。本場在民國 89 年所開發之幼苗春化技術，類似於歐洲早生種春化處理，但使用之光度為 1,000 Lux，僅為歐洲種原庫春化方法之十分之一，便足夠一般品種需求。台灣地區早期研究著重於育種選拔，故採用結球母株方式採種，甘藍結球後選取優良母株，去除葉球後留置田間 1~2 週後，使傷口乾癒長出腋芽再移植盆栽中進行春化處理，由於傷口易感染病害，因此必須多春化 20% 的植株，而盆栽於生長箱中春化期間也易受損害，若移運於高冷地，則因母株體積大，運輸成本過高。為因應育種時必須先行選拔母株之需求，也開發了母株側芽扦插技術，利用扦插產生的營養系進行幼苗春化處理，達到選種目標。

幼苗春化技術首先探討各甘藍品種之適當的春化苗齡及春化時間，於滿足品種春化需求後再移植至田間，可使甘藍開花期集中 12 月下旬至 1 月中旬，因甘藍自開花至結實成熟需 60 天，如此才能於梅雨期前採種。台南地區 12 月平均氣溫為 18.5℃，1 月份平均氣溫 16.9℃，2 月份平均氣溫 17.9℃，此三個月份之溫度均很適合甘藍抽苔開花，加上月日照時數也達 190 小時左右，對種子之充實相當良好。

高濃度二氧化碳處理技術

解決甘藍春化問題之後，甘藍自交不親和性的移除是親本生產的重要關鍵，十字花科雜交一代種子生產多利用自交不親和性強的親本，而自交不親和性強的親本自交生產時必須打破自交不親和。有關自交不親和性的破除有多種不同方法，包括蕾期授粉，溫度或藥劑處理及二氧化碳處理等技術。早期人工費用較低時，利

用蕾期授粉是最主要的方式，利用藥劑如生長素處理或鹽水處理也可適用於部分品種。日本最早利用二氧化碳處理技術進行親本商業採種工作，但為日本商業採種公司所擁有，技術關鍵主要在於使用濃度，處理時間及期間。依文獻指出高濃度二氧化碳打破自交不親和性生產原種之技術已被應用於甘藍、結球白菜、蘿蔔及青花菜的親本生產，唯此項技術則未在北美地區使用。依據 1983 年美國專利 4,381,624 號 Lawrence 等人提出之“高純度甘藍雜交種子生產技術”，便是為了克服採種親本蕾期授粉人工成本過高而發展出來的採種技術，該技術主要是利用組織培養方式大量繁殖親本進行採種，由於組織培養容易有變異產生，因此必須小量採種後才進行商業採種，因此整個生產系統必須花費四年時間。此甘藍採種專利技術說明如下：

1. 第一年夏季觀察親本生育及商業性狀。
2. 第一年秋季每一親本選 10 株優良單株並切除，再移植上盆至溫室做為組培材料，材料也同時進行長期保留貯存。
3. 第二年春季優良單株於 3 月至 4 月間開花，此時檢測各系統之自交不親和性強弱，至 7 月中旬以自交種子量多寡便可測知。
4. 第二年夏季各系統中選出具最強之自交不親和單株，自第一年保留材料中以組織培養方式無性繁殖 50 株。
5. 第二年秋季將選殖之 50 株(各系)，利用昆蟲授粉進行小規模雜交種子試採。
6. 第三年秋季將無性繁殖親本試採之雜交種子與傳統雜交種子比較，送到冬季能生產甘藍之地區如佛羅理達州進行小面積試作，觀察是否產生變異。
7. 第四年春季於加州再比對無性繁殖親本試採之雜交種子與傳統雜交種子。

8. 第四年夏季觀察春季結果，若比對無誤，進行大規模採種。

9. 第四年秋季進行大規模採種，每公頃 2 萬株親本各半，每分地 2,000 株，因兩親本之自交不親和強，可採收雙親。

由此可知高濃度二氧化碳親本採種技術為日本採種公司的營業秘密。本場研發高二氧化碳處理技術由氣密容器試驗出品種特性，再放大至溫室規模，證明高濃度二氧化碳確有打破自交不親和之效果。

蜜蜂設施授粉技術

利用設施的隔離效果，可使用蜜蜂進行授粉工作節省人力成本。由於甘藍花粉較重，必須靠昆蟲授粉，1984 年澳洲的 Henderson 公司因花椰菜親本委託日本公司採種，但日本公司因颱風影響下無法生產，不得不在澳洲生產親本。將親本套入塑膠袋中再充入高濃度 CO₂ 打破自交不親和，但仍使用人工授粉方式授粉達到每株種子產量 12.5 公克的成果，本場則嘗試蜜蜂授粉的方式進行親本採種工作，結果顯示設施蜜蜂授粉技術可與高濃度 CO₂ 打破自交不親和技術結合，順利生產高品質甘藍種子。

綜合上述之三項技術以初秋甘藍為材料，本場於 2002 年設置一個 12 坪(6 公尺長乘 6 公尺寬)簡易氣密設施，設置成本新臺幣四萬元以下，進行親本採種之經濟評估。試驗結果此技術可生產 1.5 公斤以上的原種種子，若只計算氣體、授粉昆蟲及操作人工工資成本支出，每公斤採種成本僅需新臺幣八仟元以下(見表 1)，為傳統人工授粉之採種成本的 10% 以下；平均單株採種量達 29.7 公克，為最佳 1% 鹽水處理的 6.9 公克之四倍，也比傳統人工蕾期授粉的單株採種量 15 公克多兩倍。

表 1. 甘藍親本之商業化採種技術之設置及操作成本

支出項目	新臺幣(元)
簡易網室 6 × 6 米之設置成本(約 12 坪)	40,000
設施及材料 高壓氣體鋼瓶(25 公斤裝)	4,500
氣體流速調整器	2,500
小 計	47,000
CO ₂ 氣體使用之成本	2,700
耗材及人工 人工操作時數計 22.5 小時 每小時工資 150 元	3,375
蜜蜂一箱(內含 4 片蜂巢)及飼料	1,600
小 計	7,675
總計	54,675

註：12 坪簡易氣密設施，計栽種 88 株甘藍開花株；處理期間：92 年 1 月 4 日起至 1 月 28 日止。

未來展望

甘藍親本採種技術係首次在亞熱帶平地應用成功。傳統技術利用高冷地春化及人工蕾期授粉，皆因成本過高不利產業發展，此技術為整合幼苗人工春化處理、氣體處理及蜜蜂授粉等技術，使甘藍母本能於平地順利留種，增加業者競爭力。本項技術已獲農委會智審會同意以非專屬授權方式轉移給國內業者使用，目前已有兩家業者有意採用此項技術，應用於花椰菜親本生產，另有一家業者於本年度與本場簽訂產學合作計畫應用於青花菜親本，未來也應可利用於其他十字花科作物。此項技術的突破也將使亞熱帶地區甘藍類育種工作具有產業競爭力，期望未來台灣甘藍類蔬菜育種也能在國際上一爭長短。



使用氣密設施添加高濃度二氧化碳



設施內利用蜜蜂授粉



左側對照只有蕾期授粉者能結莢，開花授粉之果莢不發育，右側為施用二氧化碳處理，兩者均能結莢良好

