

## 亞熱帶甘藍育種

台南區農業改良場／王仕賢·林棟樑·謝明憲

### 甘藍起源

野生的甘藍菜，俗稱海甘藍（Sea cabbage），外形像紫色青花菜，具有蠟質的微紅葉片，莖部粗而分枝，而其根部則緊緊抓住陡峭的海岸岩壁，據稱在 1980 年代便曾有攀岩者墜崖時抓住海甘藍而獲救的事蹟。目前海甘藍已相當稀有，只有在北威爾斯（North Wales）到肯特（Kent）南岸等人煙稀少的陡峭海岸可以發現少許植株。沿著英吉利海峽，根西島（Guernsey）到法國及西班牙的大西洋海岸也有海甘藍的同屬植物，如薩丁尼亞（Sardinia）和科西嘉（Corsica）地區的 *B. robertiana*，北非洲開白花的 *B. insularis*，地中海東部的 *B. cretica*，而 *B. cretica* 有時也有白花種出現。

甘藍類蔬菜千變萬化，包含不結球的芥藍（*acapitata*）、甘藍（*capitata*）、球莖甘藍（*gongylodes*）、抱子甘藍（*gommifera*）、青花菜（*cy-*

*mosa*）及花椰菜（*botrytis*）。這些利用部位不同的甘藍類蔬菜都是農民經數百年的人為選拔而得，雖說這六類已各具特色，但若種類間仍然可相互雜交產生後代，因此生產種子時，務必充分隔離，以免產生異形株。

希臘及羅馬人喜愛甘藍，尤其羅馬人常用甘藍菜做為止醉藥，不論是啤酒還是葡萄酒，酒喝多的人只要吃甘藍菜，就可避免宿醉，德國在 1100 年代開始種白甘藍及紅甘藍，在 1500 年代種植皺葉甘藍，在 16 世紀荷蘭及義大利的藝術作品中也有甘藍菜的出現。在 1551 年 William Turner 著作的《New Herball》（新草本大全），他稱甘藍菜為 Sea Cole，以往是貧苦人家的野菜，但在 Dover 地區已有人工栽培。

青花菜在 17 世紀左右由地中海東岸傳入義大利，據研究其原始種可能是 *B. cretica*，1724 年 Phillip Miller 在其著作的庭園字典（Garden

Dictionary) 稱青花菜為義大利蘆筍 (Italian asparagus)。

花椰菜由非洲的摩爾人 (Moors) 傳入西班牙，傳入時間約在 15 世紀，而 John Gerard 在 1597 年出版之《草本大全》(Herball)，稱花椰菜為 colieflore。雖然據 Jonathan Roberts 在其著作中稱 John Gerard 是個寡廉鮮恥的抄襲家，抄襲 1554 年著名草本植物學家 Rembert Dodoens 未完成的英譯本《Cruydeboeck》，但該書《草本大全》雖然錯誤百出，但卻是一本暢銷書。

球莖甘藍極可能自 *B. oleracea* 的肥大莖突變種選育而來，Pliny 在其著作 *Historia Naturalis* 中稱為 Corinthian turnip，在 15 世紀時再出現於北歐地區，但至今仍非大宗蔬菜。

抱子甘藍在 1750 年於比利時栽培，極可能源自 Cottager's Kale。而 Cottager's Kale 與野生的海甘藍極為類似，但其耐寒性更高，有人將野生海甘藍人工栽培，發現葉色變綠，只有少許的微紅葉，而莖部也有抽出柔軟的花苔。一般而言，幼嫩葉片帶來鹹味，而老葉轉紅之後便具有苦味。

甘藍菜中有名的食用法是泡菜 Sauerkraut，法國稱之為 choucroute，一般將切碎之甘藍葉醃製，輔以鹽及

杜松果 (Juniper berry) 醃製 3 週，德國最喜愛用此泡菜配食豬肉、薰鵝及香腸食品，不少德國豬腳便是配食德國甘藍泡菜。

## 甘藍育種歷史

甘藍育種早期成果除了自然授粉品種抗黃萎病外，雜交一代品種也是另一項成就，甘藍單雜交育種由 Person 在 1932 年提出，而雙雜交由 Odland 和 Noll 在 1950 年提出，均利用自交不親和方式產生雜交種。種苗產業上利用自交不親和性生產雜交品種自 1960 年後快速發展，1980 年後除了少數地區還使用自然授粉品種外，全部甘藍成為雜交品種的天下。自然授粉品種球型變化大，由尖頭到平頭型都有，但新一代雜交品種，球型為圓球型且較小，有利於高密度種植，此外球硬度及乾物質含量增加，有利於機械採收。

由 Currence 著作之蔬菜作物育種學中，Meyers 和 Fisher 兩人在 1944 年提出之甘藍育種及種子生產試驗方法中，所披露十字花科甘藍育種要點，第一代組合至少有 25 株才能評估整齊度，而在  $F_2$  族群中以 200 株至 500 株為較佳的選拔族群大小，而一般在  $F_3$ 、 $F_4$  及  $F_5$  世代選拔族群只要 100 株左右便足夠。而甘藍育種學上

最重大成就，是 1910 年美國農部與威斯康新州農業研究站共同研發之抗黃萎病甘藍，主要為 L.R. Jones 和 J. C. Walker 兩人的成就，成功地挽救北美洲甘藍產業。1948 年 Munger 利用回交育種法將抗黃萎病基因由 Wisconsin Ballhead 引入到 Donk's Danish Ballhead，而黃萎病抗病基因為顯性基因，其過程如表 1。

甘藍黃萎病抗病性分為 A、B 兩型，A 型抗病性由單一基因座控制，抗病基因為顯性，且抗病性不受溫度影響，而 B 型抗病機制較為複雜，抗病表現受土溫影響，地溫在 22~24°C 之間，抗病性消失。

甘藍根瘤病也是主要病害，最早 Walker 和 Larson (1948) 便發現甘藍病田中有一株抗病單株，為芥藍與甘藍之雜交後代，經過 4 代自交後，雖

獲得整齊之抗病性，但外型為不結球之芥藍，後來以這些材料回交甘藍，但其雜交種卻為感病表現，而其分離之自交第二代卻分離成三種外表型，分為芥藍，中間型及結球甘藍，其中有少數植株具高度抗病性，雖自結球甘藍型中再選育具抗病性植株，但此計畫卻沒有抗病品種育成。現今美國甘藍育種目標以抗多種病蟲害及頂燒病為主，病害主要為蕪菁嵌紋病毒 (TuMV) 及黑腐病，抗蟲則以小菜蛾為主，除了園藝性狀也要良好之外，市場需求的商業品種也必須為雜交種，因此，親本的自交不親和性強弱也是重要的育種目標，而 TuMV 及細菌性斑點病 (Bacterial spot) 會影響貯存壽命，因此抗此兩種病害也是重要項目。

目前已知之甘藍遺傳性狀，主要

表 1. 回交育種法將抗黃萎病基因由 Wisconsin Ballhead 引入到 Danish Ballhead

育種世代	遺傳表現	選拔方式
F <sub>1</sub>	Rr抗病	回交輪迴親
BC <sub>1</sub>	50%Rr 50%rr	Rr回交、rr淘汰
BC <sub>2</sub>	50%Rr 50%rr	Rr回交、rr淘汰
BC <sub>3</sub>	50%Rr 50%rr	Rr混交、rr淘汰
BC <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	25%RR 50%Rr 25%rr	rr淘汰、其餘自交
BC <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	1/3後代抗病、2/3以3:1分離	抗病者混交

註：RR 來自 Wisconsin Ballhead，而輪迴親 Danish Ballhead 為 rr。

為下列幾項：

1. 球型：尖頭對圓頭為顯性。
2. 結球型：結球對不結球為隱性，控制結球性基因有  $n_1$  及  $n_2$  兩種。
3. 熟性：早熟對晚熟為顯性，對春化作用反應溫度因種而異，如青花菜及夏季花椰菜即使溫度高達 20~25°C 仍產生效果，但對大多數二年生十字花科而言，則以 10°C 為限。
4. 球葉數：內球葉數以少葉者為顯性。
5. 球型大小：長日照促進大球，短日照球小。
6. 株高：高株為顯性（T 基因），商業上以矮莖為主。
7. 心寬：心寬以寬者為顯性。
8. 心長：短心為兩對不完全顯性基因控制。
9. 心硬度：商業上以軟心為主。
10. 幅寬：早期品種幅寬大。
11. 裂球性：有三對基因控制裂球性，早期裂球為部分顯性。

### 日本甘藍育種歷史

依 2005 年 6 月號《農耕と園藝》由藤原隆廣發表之甘藍生理生態及栽培技術專題中，將日本育種歷史及主要基本品種整理歸納成四段時期及 13 個基本種，依澤在 1995 年整理結果，分為(一)引種期：約在 1940 年代自國外引種，主要均為自然授粉品種

，導入日本各地選拔適應品種；(二)周年栽培品種育種：自二次世界大戰後至 1960 年間，由早期引入之馴化在來種與新引入之品種雜交育種，選育可周年生產的品種；(三)一代雜交種育種：自 1960 年後確立自交不親合性雜交育種法，甘藍進入一代雜交品種時代，並且引導世界流行；(四)抗病與品質育種：自 1970 年代間對甘藍黃萎病自美國引入抗病材料，自歐洲引入根瘤病抗病材料，而周年栽培品種已成功供應市場後，生產過盛壓力造成對品質要求及需求，品質以葉片柔軟多汁為主，因此抗病與優質育種成為主流。

日本甘藍登錄品種共有 500 種以上，栽培品種中「金系 201 號」佔有率最高，可在春、夏、秋三季播種栽培，但也未超過 5% 市場，除了周年栽培品種改良外，利用暖地及冷涼地進行產期調節。日本周年栽培育種的成果，產生了四季播種的栽培型態（作型）：(一)春播型（3~5 月），若於 2 月間播種，則稱早春播，5 月至 6 月間播種則稱晚春播；(二)夏播型（6~8 月），自 5 月中旬至 6 月底播種則為初夏播，8 月中旬至 9 月初為晚夏播；(三)秋播型（9~11 月），其中 8 月底至 9 月中旬播種為初秋播，11

表 2. 日本甘藍品種依播種期區分  
(福地, 1996)

基本作型	播種期	收穫期
春播	3~5 月	5 月中至 9 月初
夏播	6~8 月	9 月至翌年 3 月
秋播	9~11 月	12 月底至翌年 7 月中
冬播	12~2 月	4 月底至 6 月初

月間播種者為晚秋播；(四)冬播型(12 月至翌年 2 月)如表 2。

日本育種 13 個基本種主要自歐美地區引種，而美國早期甘藍品種依 Myers 分類成 8 大類，在日本育種圖譜(圖一)上便有 5 個基本種：

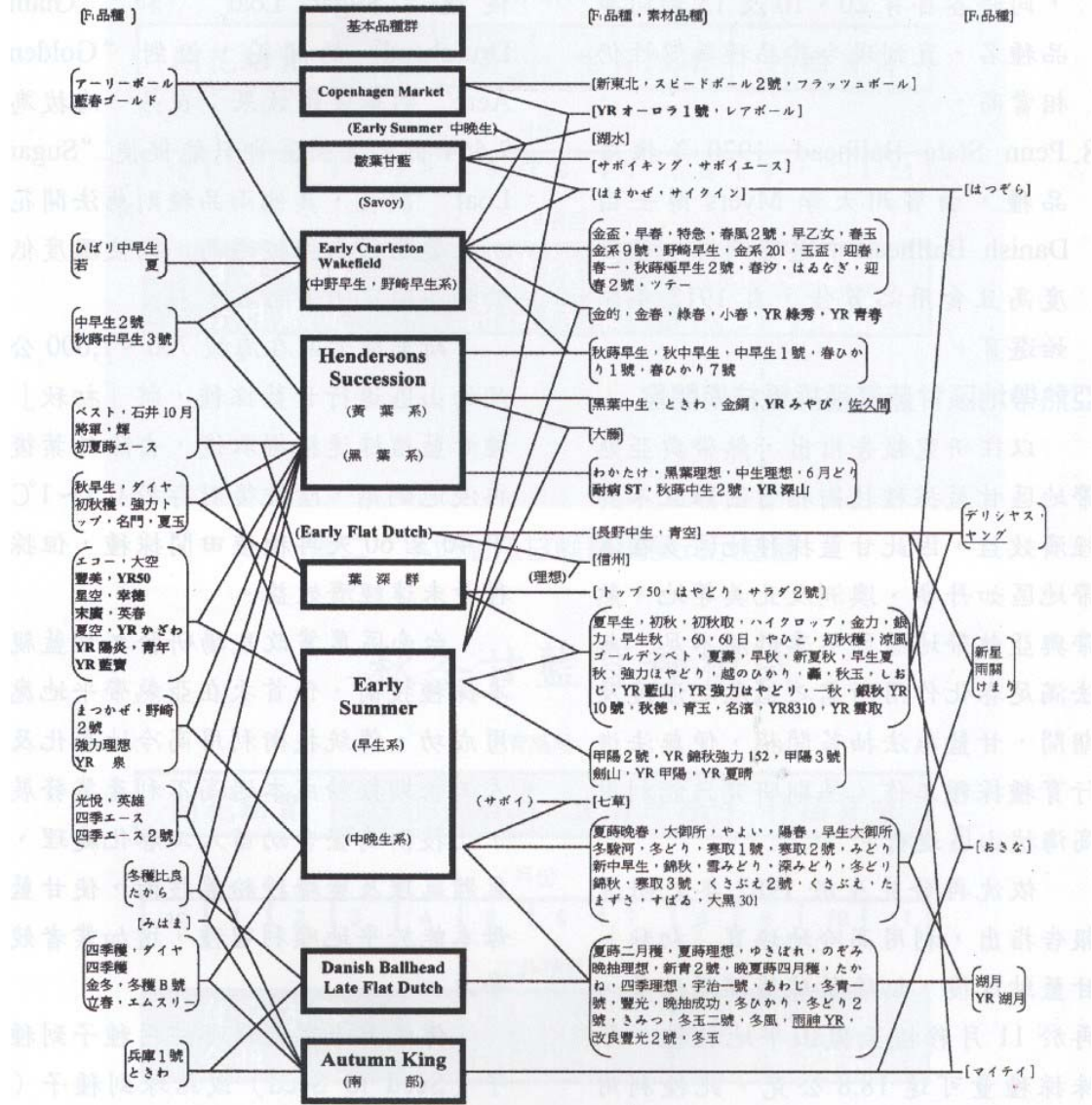
1. Wakefield 和 Winingstadt—早生，尖頭明顯。
2. Copenhagen Market—早生，圓球。
3. Flat Dutch 或 Drumhead—內捲葉，球略鬆且平頭。
4. Savoy—皺葉甘藍。
5. Danish Ballhead—中晚生品種。
6. Alpha—極早生，球小且植株小。
7. Volga—厚葉，葉色深藍，球硬。
8. Red cabbage—球型似 Golden Acre 或 Danish Ballhead，葉色深紫紅色。

在 1960 年代美國主要品種為下列 8 種：

1. Golden Acre—1921 年 Thomas Madsen 由 Copenhagen Market 品種中選出，也具有早生特性。

2. Copenhagen Market—1909 年由 H. Hartman 自丹麥引入，由 Dithmarscher Frühweisskohl (DF) 選育而來，而 DF 由 Gluckstadter 不斷選育早生種而來，因為流通大，至少有 20 個異名稱，也用為泡菜。
3. Jersey Wakefield—在 1830 年首先在 New Jersey 州的 Jersey 城種植，也曾是受歡迎之早生品種，流通大，因此至少有 9 個同義名，球型為尖頭型。
4. Glory of Enkhuisen—1902 年才提供美國及歐洲市場，為荷蘭人 N. V. Sluis 在 Enkhuisen 所選育得來，自德國老品種 Gluckstadter 和 Dithmarscher 兩者結合而來，主要做為德國泡菜，質地細而具甜味。
5. All Head Early—為最佳次早生品種，可能自 Flat Dutch 品種中選出，在 1890 年以 Burpee's All Head Early 品稱行銷，供應早季泡菜生產，具耐寒性。
6. Hollander—1890 年自荷蘭引入，耐貯藏，且廣泛使用於泡菜，其中 Wisconsin Hollander 或 Wisconsin No.8 為 Ferry's Hollander 中選出之抗黃萎病品種。
7. Danish Ballhead—1887 年 W. Atlee Burpee and Company (Burpee) 引入北美，貯存性極佳，球型硬且緊

日本甘藍 F<sub>1</sub> 品種系統關係表



注: 品種名は藤井健雄監修『蔬菜の新品種 I~IX』より  
 取扱中止品種および両親系統のなものは不明瞭除外  
 表中粗體字為萎黃病抵抗性 A 型、劃底線者為抗萎黃病 B 型

圖一 日本甘藍雜交基本種及一代雜交種譜系表

密，自荷蘭品種 Amager 選育而來，具有短莖、中莖及高莖三個品系，同時各自有 20、10 及 15 個同義品種名，直到現今其品種異質性仍相當高。

8. Penn State Ballhead—1920 年推廣品種，由賓州大學 Myers 博士由 Danish Ballhead 中選育而得，整齊度高且食用品質佳，自 1912 年開始選育。

#### 亞熱帶地區甘藍育種採種技術開發

以往研究報告指出，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，因此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，無法滿足春化作用所需之低溫之溫度及期間，甘藍無法抽苔開花，便無法進行育種採種工作，早期研究只能利用高海拔山區進行。

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

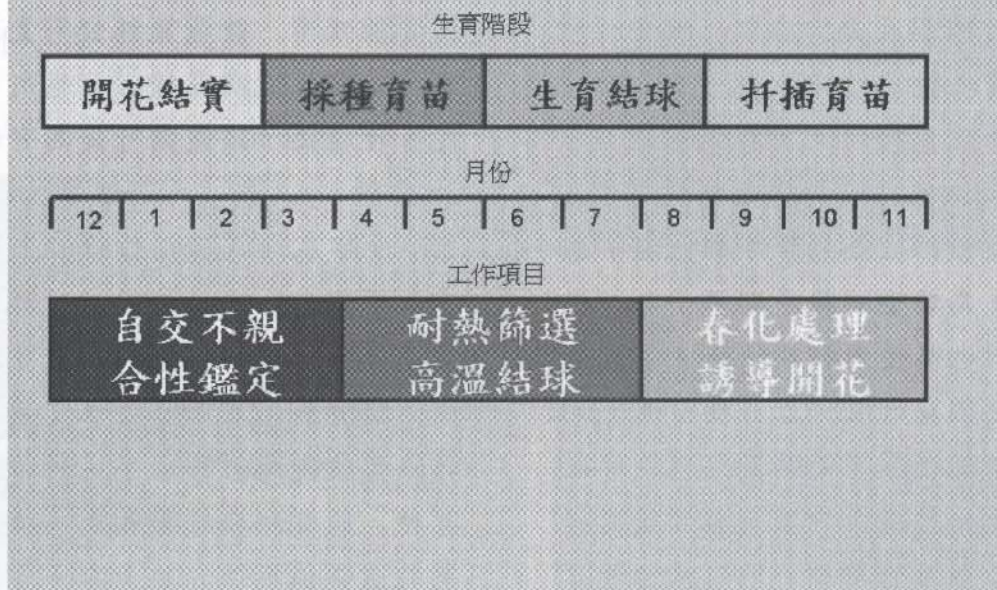
GA 生長素處理，結果發現在海拔 1941 公尺以 100 和 250ppm 之  $GA_3$  可促進“Sugar Loaf”和“Giant Drumhead”的開花，但對“Golden Acre”則無促進效果；在另一海拔為 2,554 公尺之山區卻只能促使“Sugar Loaf”開花，其他兩品種則無法開花，主要因為海拔過高，致使溫度低於抽苔開花所需的溫度。

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°C 下 40 至 60 天再種植田間採種，但採種量未達經濟效益。

台南區農業改良場研發之甘藍親本採種技術，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。

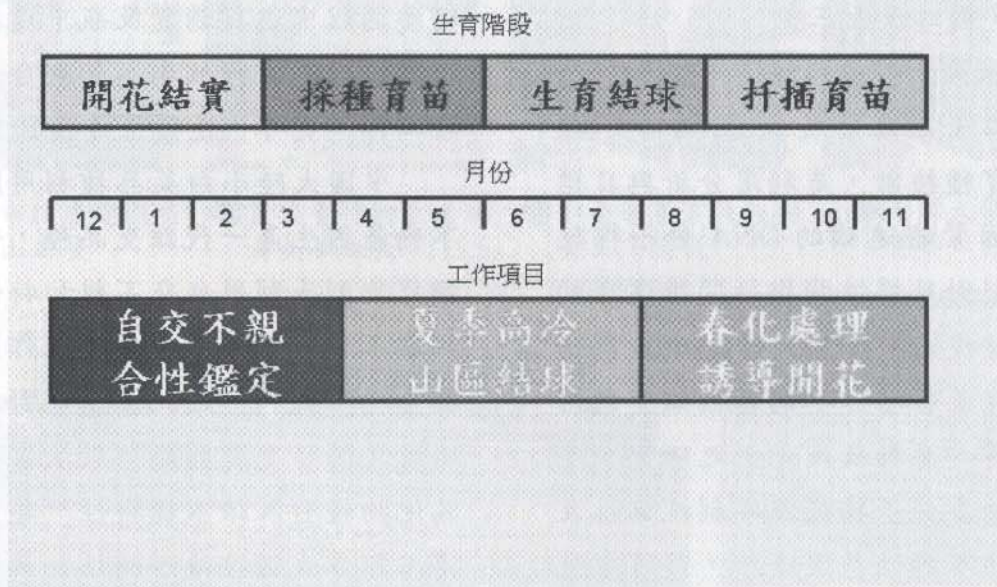
傳統上十字花科可採用種子到種子 (Seed to Seed) 或結球到種子 (Head to Seed) 兩種方式之世代增進方法，育種上多採用結球到種子之方式，因為結球時期之園藝性狀表現可由育種人員篩選，增加母本或親本之

## 平地耐熱甘藍育種模式



圖二 平地耐熱甘藍育種模式示意圖

## 秋冬甘藍育種模式



圖三 秋冬季甘藍育種模式示意圖



整齊性，而種子到種子方式多用於採種，但此種方法無法對結球期之園藝性狀進行確認及去雜工作，但世代增進所花費之時間可縮短為一年。

台南改良場的幼苗春化處理技術，利用人工低溫滿足春化作用需求後，使甘藍植株在亞熱帶冬季低溫下誘導開花，為典型的種子到種子之世代增進，但也能使用扦插技術，選拔優良單株之園藝性狀，以扦插苗春化方式繁殖或純化。台南區農改場利用此套低溫春化技術設計了兩套甘藍育種方法，分別可利用於平地耐熱甘藍育種及正常產期甘藍育種，其中耐熱甘藍選拔過程全部於平地進行，而正常產期甘藍育種則是在高冷地進行結球選拔後，扦插入選單株後進行世代增進工作（圖二及圖三）。

#### 未來十字花科育種方向

近二十年來發展的 DNA 分子標記輔助育種技術，是利用分析與目標性狀基因緊密連鎖的 DNA 分子標記的基因型對目標性狀進行間接選擇的現代育種技術。加州大學 Quiros 博士長久研究蕓苔屬作物的基因組，應用於其遺傳、育種及演化上之研究，並已找出許多分子標記與控制抗病性及細胞質雄不稔性基因連鎖，將可有效加速育種工作。對目標性狀基因的轉移，不僅可在早期世代進行準確、穩

定的選擇，而且可克服隱性基因難以識別的問題，從而加速育種進程，提高育種效率。許多育種公司更是看好分子標記在抗病育種上之應用，與傳統育種相比，該技術可提高育種效率 2~3 倍。

十字花科為異交作物，大都具自交不親和性，因此呈現高度異質結合的遺傳組成份。傳統方法需要較長時間才能育成同質結合之自交系。將花藥培養技術應用於十字花科蔬菜傳統育種，同質結合雙倍體或複二倍體株系的遺傳穩定性、組合力，可加快親本自交系的選育周期，加快育種速度。據加拿大 Kott 博士於 1988 年之評估，生產 1 株單倍體油菜植株之成本約為 10 元美金，除此之外可在組織培養過程中進行誘變及瓶中選拔，更是有效提高育種效率，若配合基因轉殖工作，更可快速獲得優良自交系。

中國大陸小白菜品種利用隱性雄不稔基因生產一代雜交品種，但甘藍類作物則多利用自交不親和特性，由於雄不稔特性對品種保護之作用遠高於自交不親和，因此產業界對雄不稔特性之開發更有興趣，設法自蘿蔔或其他物種引入雄不稔特性，甚至以遺傳工程方式調控雄不稔性。最近大陸已育成雄不稔甘藍品種。④