

# 十字花科作物育種趨勢介紹

王仕賢<sup>1</sup> 謝明憲<sup>2</sup>

## 前言

十字花科蔬菜主要以甘藍類(*B.oleracea*)和白菜類(*B.rapa*)為主，西半球地區如歐洲地區以甘藍類蔬菜為主，包含甘藍、青花菜、花椰菜、抱子甘藍等為主要蔬菜，在亞洲地區則主要以結球白菜為代表，另外白菜類的蕪菁及葉用蕪菁也被世界各地栽培，但重要性較低，芥菜類(*B.juncea*)是遠東地區重要蔬菜但世界之重要性則較低。世界上育種重心以油菜為主(*B.napus*)，尤其加拿大與法國投入之心血最多，但油菜以油用為主，並不屬蔬菜用途，一般視為特用作物。

甘藍類蔬菜原生於地中海沿岸，初期的野甘藍也是利用種子上的油分，經過自然演化及人類選拔之後，衍生出不同種類，食用部位也就特化成不同產品。在冬季嚴寒地區無法生產新鮮蔬菜時，甘藍被加工成酸菜(sauerkraut)，韓國的泡菜(kimchi)則是以結球白菜醃製而成，而冬季溫暖地區，一般也是種植十字花科蔬菜。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(Jun-

iper 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。

十字花科栽培容易的特點，使其成為人類的重要蔬菜，而食用部位特化後也導至消費量的提高，在台灣地區，冬季甘藍、結球白菜與花椰菜為主要生產蔬菜，稱之為大宗蔬菜，便是生產容易之特點所造成。但是已開發國家十字花科蔬菜消費量卻是逐漸減少，主要是全球蔬菜市場可供應多元化蔬果，各類蔬菜幾乎可以全年供應，另外，民眾對生菜沙拉之需求愈來愈高，也取代了部分十字花科蔬菜之消費量。對於開發中國家而言，十字花科蔬菜仍是重要食物來源，可以便宜地提供消費者。近幾年來，十字花科蔬菜含有抗癌的硫配糖體成分廣受消費者注意，已開發國家的人民也利用花椰菜及青花菜作為沙拉生菜達到保健養生的目的，使十字花科蔬菜有點鹽魚翻身的印象。

## 美國研究現況

美國十字花科蔬菜研究多在於基本遺傳研究，基因組研究主要為大學，種源及育種工作除私人公司外，有三個公立單位

<sup>1</sup>台南區農業改良場 副研究員兼作改課課長  
<sup>2</sup>台南區農業改良場 助理研究員

在進行(表一)。

表一、美國進行十字花科作物之公私立單位(Mark W. Farnham, 2001)

學 校	研 究 者	主 題
U. of Wisconsin	Tom Osborn & Richard Amasino	基因組
U. of Georgia	Andrew Patterson	基因組
Cornell	Elizabeth Earle	基因轉殖
U. of Illinois	Jack Juvik	基因組
U. of California	Carlos Quiros	基因組
Cornell	Phillip Griffiths	抗病耐熱育種
USDA-ARS	Mark Farnham	青花菜育種品質
Oregon State U.	James Myers	加工用青花菜育種

私人企業		
公 司	研 究 方 向	主 題
Seminis	Gene Mero	青花菜育種
Syngenta Seed	John Hewitt	青花菜育種
Orsetti Seed	Joseph Stern	青花菜及花椰菜育種
Sakata	日本本土育種	品種測試
Takii	日本本土育種	品種測試
Bejo	歐洲育種	品種測試
Ryk Swaan	歐洲育種	品種測試
Enza Zaden	歐洲育種	品種測試

但只有ARS的Farnham是全職投入育種，Griffiths只有60%時間投入，且專注於甘藍抗病及青花菜耐熱育種，而Myers只有2成的時間投入十字花科育種，針對加工業者需求選育加工品質佳及適合機械採收的青花菜，也提供自然授粉品種給家庭趣味栽培者。筆者指導教授Jack Juvik則專注於甘藍類蔬菜之抗癌的硫配糖體成分基因組研究。

私人種苗業最近10年來合併風潮大，

如原來之 Peto, Asgrow 和 Royal Sluis 為 Seminis 所合併，而原先執行之十字花科育種工作也遭到裁撤，如甘藍育種工作 Seminis 便已終止，目前只進行青花菜育種。而 Orsetti 種子公司尚有花椰菜及青花菜育種工作，而原先的 Novartis 被 Syngenta Seed 併購之後，仍然進行青花菜育種工作。

### 育種趨勢

Monteiro和Lunn在1998年1月份寄出26份調查表給世界各國的公私立十字花科育種家，其中16家私人公司育種家及2位公立機構育種者完成問卷，將近7成的完成率。以地區分類，則有13家歐洲，2份日本及美國、印度及韓國各回收一份問卷，以下為調查結果。

1. 育種工作者：問卷所調查的單位，除了韓國以外，共有70位十字花科育種工作者，每個單位育種者為1至12位，6成以上的單位少於5位育種者。韓國本身有60位育種者，其中40人任職於種苗公司，10位在研究單位而10位在大學任職。由此可見韓國對十字花科的重視及產業重要性。
2. 最近10年，18個單位中有11個單位增加十字花科育種者，有7個單位則未改變。調查各單位未來展望，9個單位認為會增加十字花科育種工作，8個單位則認為不會改變，只有1個單位認為未來會裁減人員。

韓國的趨勢則明顯不同，雖然1988至1998年間無顯著改變，但未來十字花科育種工作將逐年減少，除了因為消費量減少之外，國外進口的一代雜交品種

也取代了部分地方品種。致使育種公司也逐漸縮小規模。

3. 育種者作物逐漸專業化，有10個單位超過7成的工作集中於一項作物至二項作物，有6個單位則對單一作物投入7成至全部的人力，由此可見私人種苗公司也逐漸專一化，而在韓國超過6成人力在於結球白菜育種。

幾乎所有公司投作花椰菜育種公司，只有2個單位未進行花椰菜育種，18個單位中有7個單位投入一半以上的心力於花椰菜育種，次於花椰菜育種為青花菜、甘藍菜、孢子甘藍與皺葉甘藍（表二）。可見歐洲地區仍以花椰菜、青花菜與甘藍為主。

表二、各公司對某單一作物投入研究強度

作物	育種活動強度 (18家)		
	50%	20~49%	0~20%
花椰菜	7	5	6
青花菜	2	7	9
白甘藍	1	7	10
孢子甘藍	0	3	15
皺葉甘藍	0	1	17

## 4. 育種目標

育種目標可分為作物改良與產品改良兩部分，作物改良針對生產者，如產量、抗病、抗逆境、整齊度及連作性 (continuity of cropping)，產品改進則是針對消費者如外觀、品質、貯存壽命、風味及營養價值，但兩者目標必須相互依存。

各育種公司最重視的育種項目為作物整齊度，整齊度高不僅採收容易而且分級工作減少，基於此目標，自然授粉品種在市場上較難達到高的整齊度。一代雜交品種進展緩慢，主要為甘藍類蔬菜使用孢子型自交不親和生產一代雜交品種，甘藍類蔬菜並無細胞質雄不稔特性可以使用，但近年來，由花藥培養的單倍體倍加純系的技術可快速獲得純系作為親本，另外由蘿蔔導入之細胞質雄不稔導入甘藍類蔬菜，已加速甘藍類一代雜交品種發展。自交不親和特性不穩定及其複雜遺傳導致利用難度高，而且生產雜種種子純度低。

抗病育種也是各育種公司的主要目標，主要抗病種原為根瘤病 (*Plasmodiophora brassicae*)，黑腐病 (*Xanthomonas campestris* pv. *Compestris*)，黃萎病 (*Fusarium oxysporum* f. *Conglutinans*) 和露菌病 (*Peronospora parasitica*) 等，但均未廣泛轉移至商業品種。雖然抗病性列為

重要目標，但上述病害造成的損害不大而且十字花科蔬菜種類繁多，因此抗病十字花科品種不多，此外如根腐病雖可大面積發生，但可藉由化學藥劑或耕作技術克服，因此抗病品種並未能突顯於市場，未來農業更重視環境保護，抗病蟲害品種的市場潛力才會顯現。

品種外觀包括顏色與形狀也是重要育種目標。消費市場各類蔬果均可周年供應，包裝與陳列也重視消費者感受，因此十字花科蔬菜也必須加強外觀品質，供應消費地所需大小與形狀，色澤新鮮良好及硬實度。

產量增進也是重要的育種目標，但育種增進效果有限，因此被列為第四優先的育種目標。

營養品質與新作物型式被列為次要育種目標，幾乎所有公司均列為次要目標，新作物型式如寶塔花椰菜 (romanesco cauliflower)，葉用芥菜 (mustard greens) 育種工作受重視程度不高。



圖一、人工蕃期授粉

5. 蕓苔屬育種工作的優劣點

調查問卷顯示育種家對未來育種的優缺點，雖然眾說紛紜，但仍整理結果如表四：

表三、蕓苔屬蔬菜作物育種性狀重要性 (Monteiro和Lunn, 1998)

項 目	評估重要性(18家)		
	高	中	低
整齊度	15	2	1
抗病性	13	5	0
外觀	12	4	2
產量	10	7	1
抗蟲	3	9	6
營養價值	1	9	8
新型態	1	4	13

表四、育種家對蕓苔屬作物育種優劣分析表(Monteiro和Lunn, 1998)

蕓苔屬作物育種優劣分析表	
優 點	缺 點
1. 分生技術提供廣泛應用性如單倍體倍加技術，基因選殖(11)	1. 抗病育種進度緩慢(9)如根瘤病與黑腐病
2. 市場價值與消費接受度高(7)	2. 消費者喜好度改變(9)
3. 消費者保健需求食補觀念(7)	3. 種子業合併及利潤降低(5)
4. 遺傳變異度高(5)	4. 雜交育種進展慢技術難(5)
5. 抗病蟲害育種可行性高(3)	5. 營養價值及風味不易改變(4)
6. 風土適應度廣(3)	
7. 產量高(2)	

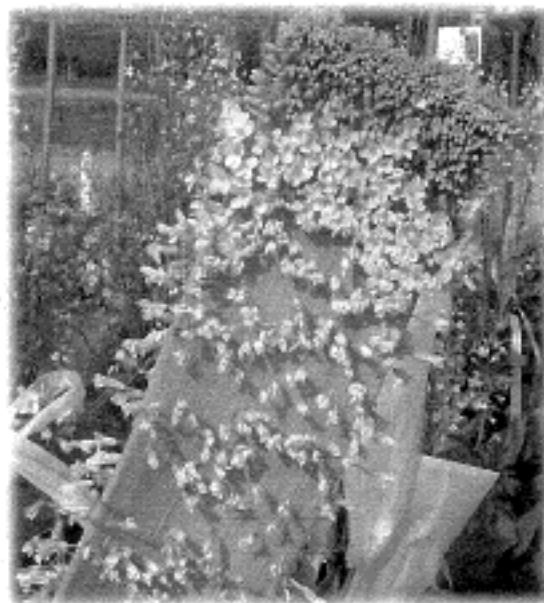
產學合作共創新局

日本時田種苗株式會社社長時田勉在農友種苗公司創立20周年的學術論文中指出日本種苗界育種工作特點為政府和民間企業在技術上有良好的合作關係存在，日

本設置官民育種技術聯誼會促進交流事宜，公立試驗研究單位負責中間育種材料之育種，育成之材料由日本種苗協會公平提供民間育種業界使用，而此項特點也導致日本一代雜交品種的利用極為普遍，台灣

十字花科作物早期均為日本品種，如甘藍菜中的「初秋」品種便已流行50年，至今甘藍品種均以日本品種為主，但結球白菜及花椰菜則以本地業者的一代雜交品種掌握市場，目前青花菜耐熱育種應尚有空間，青梗白菜則以日本品種為主，如何結合我國產官學力量進行十字花科育種應為未來應走的方向，今以法國花椰菜產學合作為例，供國人參考。

法國 Brittany 露天種植蔬菜面積達7萬公頃尤其在Brittany北海岸地區土壤肥沃是歐洲重要蔬菜產區，佔法國蔬菜生產之25%，其中花椰菜、朝鮮薊、冬蔥 (shallots) 和青花菜佔全國的 80%。生產者組成 CERAFEL (Bretagne 果菜合作社)，可全年供應蔬菜，尤其冬季蔬菜外銷歐盟國家，其中 50% 青花菜為外銷用途，但該地區



圖二、甘藍畸形花

最主要作物為花椰菜。

藉由產業及學術界合作，法國國家農業研究所 (INRA) 和其合作研究蕓苔屬作物育種工作，目前有30個研究者參與此項工作。由產學合作組成之組織之一為 OBS (Organization Bretonne de Selection)，成立於1970年，為一個由生產者擁有的私人育種公司，目標為生產者全面掌控品質。為提供該地區生產冬季花椰菜一代雜交品種，OBS現在已能提供70%的種子需求，而在30年前，花椰菜種子都是農場自行留種的固定品種。OBS 首先收集各農場自行留種的品種進行鑑定與評估工作，同時也繁殖表現最佳的地方種，利用混合選種及子代評估後以防寒害的隧道棚生產種子，此種方式可將表現良好的自然授粉品種提供地區農民栽培以提高產量與品質。

此種方式最大困難在於維持親本系一代代間的變異，幸好在1980年代組織培養技術發展，利用組織培養無性繁殖親本，利用多種親本生產合成品種比原先之混合選種更加穩定。1970年同時開始雜交育種工作，藉由INRA與 CERAFEL 合作進行秋季及冬季花椰菜雜種生產工作，針對生產者的育種目標為產量、整齊度與連作性，針對消費者之目標為潔白度、型態、無病害、口味及營養價值，雜種生產主要利用的自交不親和與雄不稔性，因蕓苔屬蔬菜之環境與遺傳交感作用大，因此在篩選品種時必須進行多地區之評估。量產種子之前 OBS會於4年間先進行25個地區以上的試驗

資料後評估，優良品系與其他商業公司品種進行大面積評估比較。藉由此系統，雜交品種未來將可取代現有自然授粉品種。

### 未來可能努力之方向

大陸開放前，歐美種苗公司對亞洲市場並未重視，而目前許多歐美公司已搶攻亞洲市場，如荷蘭育種公司Nickerson-Zwaan在印度3個地點設立研發農場，以針對印度市場需求培育品種，該公司的花椰菜以早生種為主，如First Early45天Early Kunwari55天及Kartiki60天。而大陸開放後之巨大市場已使亞洲市場成為歐美種苗重要市場，而台灣地區自行育種多具耐熱特性，適合熱帶及亞熱帶地區種植。因此我國業者在耐熱品種上具有市場優勢，因此對耐熱品種之研發仍需持續進行外，也需逐漸將市場向北方推進。

產學合作的目標是影響產學合作創新成效的關鍵因素之一，如何生產整齊度高且質優的一代雜交品種更是各國一致的育種目標，未來十字花科育種方向應為：

1. 分子標記輔助育種研究：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。

2. 花藥或小孢子培養技術：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。
3. 雄不稔之應用：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。