甘藍類蔬菜育種

沈再發

農林廳種苗改良繁殖場

概念

甘藍類指屬蕓苔屬（Brassica）內之 *Brassica olracea* 種，其 2n=18。在台灣主要之種類包括甘藍、球莖甘藍、花椰菜、青花菜、芥藍等。在國外另外有綠葉甘藍（Collard）、抱子甘藍等，其主要栽培種之學名、英名如下：

甘藍類主要栽培種

中文名	拉丁名	英名
普通甘藍	B. o. var. *capitata* L. f. *alba* DC.	white cabbage
紅甘藍	B. o. var. *capitata* L. f. *rubra* (L.) Thell.	red cabbage
皺葉甘藍	B. o. var. *sabauda* L.	savoy cabbage
花椰菜	B. o. var. *botrytis* L. subbar. *cauliflora* DC.	cauliflower
青花菜	B. o. var. *botrytis* L. subvar. *cymosa* Lam.	sprouting broccoli
抱子甘藍	B. o. var. *gemmifera* DC.	Brussels sprouts
球莖甘藍	B. o. var. *gongylodes* L.	kohlrabi
芥藍	B. o. var. *acephala*	Kale

從育種觀點甘藍類蔬菜除上述種內之染色體 2n=18 外，在栽培上具有下列特點：

一、甘藍類為綠植物春化型（Green plant vernalizatiou type），即植物需要長到一定的大小後，再經一段時間的低溫才有低溫感應性，以形成花芽。

二、屬異交作物，需要靠蟲媒傳播花粉。花比白菜類大，如以人工行蕾期授粉時比白菜類容易。

三、一般具自交弱勢現象，於自交數代後生育明顯呈嚴重弱勢，但系統間仍有差異性。

四、種內幾乎具相同病蟲害。

五、各季節別的收穫期是為選拔或評價的時期。

茲以甘藍為例，育種上之主要過程說如下：

生育階段	主要過程
種子	
營 ｜	
幼苗	
養 ｜	
幼苗期（ juvenile phase ）	在一般生長條件下作田間試驗
生 ｜	
可售產物 ——	——選拔
長 ｜	
營養生長之維持或繁殖越冬	
（需一定期間的低溫，以促進花芽形成）	
｜	
生 開花 ——	——授粉（蜜蜂或人工）
殖 ｜	
生 種子之發育	
長 ｜	
種子成熟 ——	——種子採收

選　拔

育種工作開始是行品種試作，結束也是行品種試作，從開始到結束的重要工作就是選拔。選拔時由於每一族群之變化有其遺傳上的背景，且在栽培時除了遺傳背景外，加上環境因素上的變化，因此很難能正確的進行此工作。但是，在正常的季節行選拔是最重要的，選擇耐熱的品種就得在夏季栽培，選拔晚抽苔性的品種就得在冬季栽培。例如：6、7、8月高溫季節的早生花椰菜、甘藍、青花菜，就得需在此成熟時選拔，並將此選拔植物體維持到其開花季節。如果在花開時才行選拔，也就失去耐熱性的意義。其他生態上的特性，除耐熱性、晚抽性外，如耐病性、耐寒性、高溫結球性、低溫結球性、早熟豐收性、耐濕性、耐旱性及貯藏性等，都需依所訂育種目標來行選拔的。對於抗病性之選拔則儘可能於苗期行接種，有關接種方法及其環境應更符合各該病害之特性。

授粉技術

一般自然授粉時，以蜜蜂、大黃蜂和蠅類為媒，但是行人工授粉時，其技術如下：

一、用具：授粉夾、75％酒精、12 × 36 ㎝硫酸紙袋、標示牌、迴紋針、毛巾、鉛筆、紅白毛線、圓形培養皿、和授粉箱等。

二、授粉：套袋前將已開的花全部摘除，經 3 ～ 4 天後行授粉工作。

1.自交授粉－以毛線繫結分為開花部分和蕾期部分，用授粉夾撥開蕾期花蕾使柱頭凸出，並以當日新鮮花粉，一次行開花和蕾期授粉。

2.雜交授粉－將未開之花蕾剪掉，以所要雜交的花粉授到已開放花的柱頭，授粉後於花瓣枯黃脫落時將硫酸紙袋打開。

3.種屬間雜交授粉－於蕾期將花蕾撥開使柱頭凸出並除去雄蕊後於柱頭上以親本花粉行授粉。

育 種 方 法

一、選種

甘藍類屬異交作物、且具有自交弱勢之現象。因此，在選拔育種上，可用下列數種方法進行，混合選拔法、系統混合選拔法、分群混合選拔法等進行選種工作，可有效育成優良品種。

1.混合選拔法

混合選拔法最適用於改良地方品種，可使原本不適應之品種逐漸適應當地栽培環境，且可使品種性狀逐漸趨於選種目標。其步驟如下：

第一年：將所搜集的本地種，依品種別自各族群中，選出優良之植株，令其自然授粉，待種莢黃熟時混合採收種子。選拔時，株數要多，至少在 50 株以上、愈多愈好，依照育種目標在形質上選出各種形態、特性之植株採種，並混合其種子，以增加遺傳型質。

第二年：依品種別將第一年所採種子播種後，再自其中選出最優良植株為特優母本 20 ～ 30 株；特優母本種植於田區之中央，其餘獲選次優者，則種植於特優母本之四週，種子成熟後採收特優母本者混合其種子，供做次年進一步選拔。

第三、四年：重複第二年之選拔工作至品種性狀穩定為止。（圖 1.）

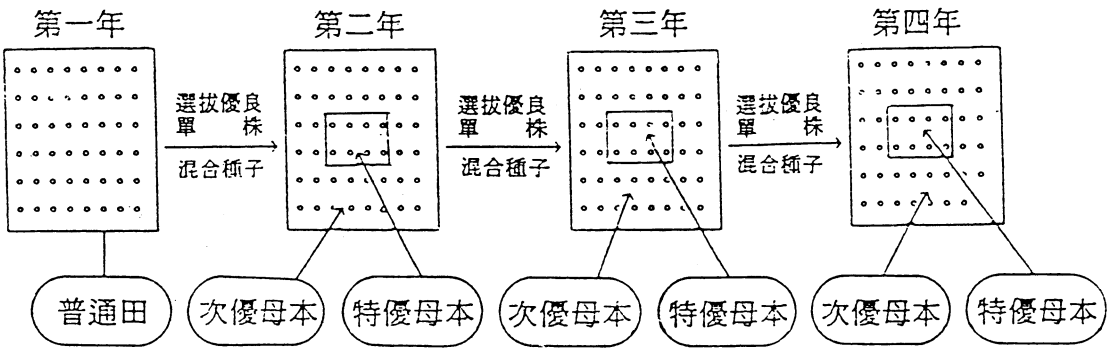


圖 1. 混合選拔法之步驟

本選拔方法可用於維持該品種特性，對於已選拔良好特性的品種，其改良效果不大。

早生類不具自交弱勢的品種如早生花椰菜，可應用近親交配與自然授粉交互混合選種法，其步驟如下：

第一年：於秋冬季在一般栽培田大族群中，選擇合於理想之優良植株 100 株，作為採種母本。

第二年：將上年所選優良母本，每株進行蕾期授粉，並分別採種。於夏秋季時，將各選獲單獨採種之優良母株種子，分別播種，各種植一區。選拔其變異較少，且無自交弱勢者，經自然授粉後混合採種。

第三年：將第二年所選母本，混合採種之各區種子，分裝一袋，夏秋季時再行播種。每袋種子各種植一區，再於變異少之各區中，分別選擇優良母本 20 株分別行蕾期粉留種。

第四年：同第二年，淘汰變異大及具自交弱勢的植株後代，將優良者混合採種。

第五年：同第三年，行自然授粉混合採種．

重複第四、五年用蕾期授粉和自然雜交混合採種方法，交互選拔工作，直至所選理想性狀，完全穩定而極為整齊為止。其程序如圖 2.：

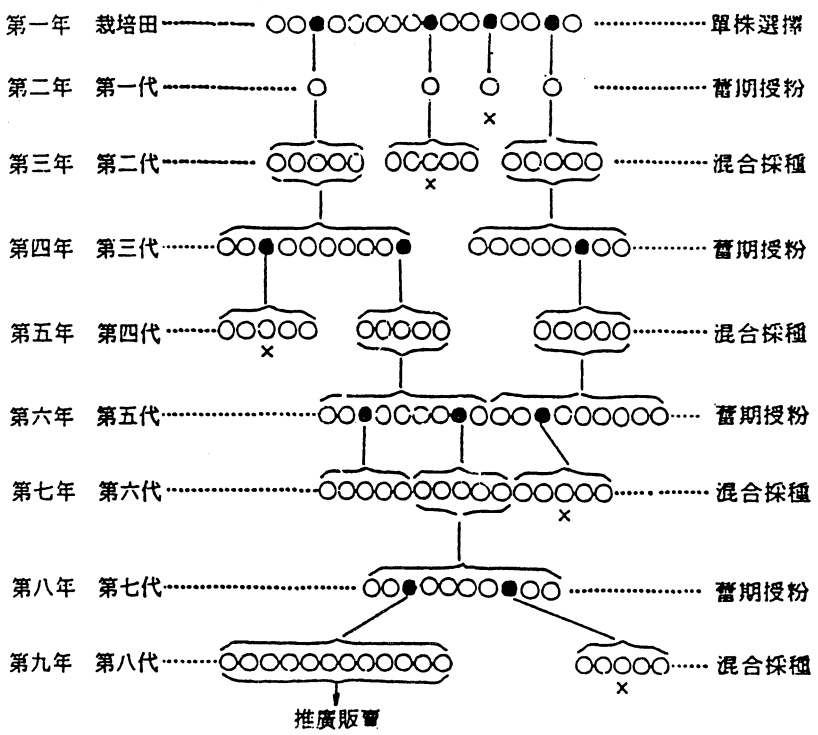


圖 2. 花椰菜、青花菜近親交配與天然雜交交互選拔法

2.系統混合選拔法

在一基本族群中選出多數基因型，根據其性狀之後裔試驗，選出少數基因型，混合而成為一品種，以系統之集團為選拔對象，以所選拔之個體混合而成為一個系統，分別採種，再將系統加以比較及擇優選拔。其步驟為：

第一年：自隔離栽培之本地品種中行優良單株選拔，並單株採種。

第二年：將所選之優良單採或個體，每株種植一行成為一個系統予以栽培比較，將其中不良者淘汰。

第三年：所選之系統繼續以系統栽培與系統選拔。

如此繼續進行選拔 2 ～ 3 代，選出之優良系統，將其種子全部混合，於隔離地區行混合採種。本法應用於數量性狀或特定性狀上之選拔較一般混合選拔效果大。

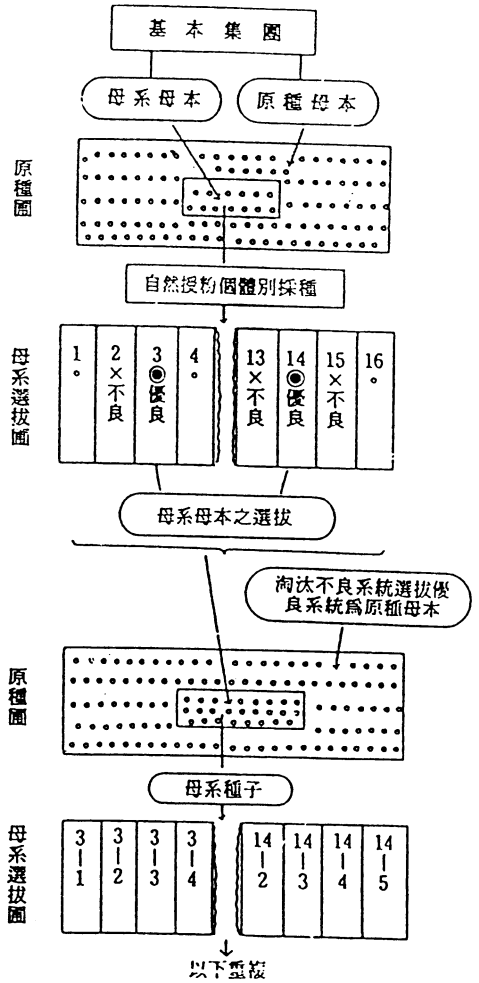


圖 3. 母系混合選拔法之模式圖（篠原，1958）

另為避免上述混合選種法之難達整齊性和系統混合選種法有遺失優良基因之掛慮。同時又能在短期內達到選拔之效果，可利用由篠原(1958)所提出之母系混合選拔法(Maternal line selection)，其方法不以個體之集團為對象，而以系統集團為選拔對象。其步驟為：

第一年：自基本集團中選取合於育種目標的植株 100 株以上為母本，其中選特優母本 20 株，種植於中央，其餘次優者，種植於本田四週，並任其自然授粉雜交。採收種子時，特優母本行單株採種。

第二年：以第一年所採特優母本單株種一行，進行系統栽培並選拔，其中選出 2 ～ 3 個最優系統，並從此 2 ～ 3 系統中，再選出 20 株為優良母本，種植於原種圃中央，並於其周圍種植自其他系統所選之母本，行自然授粉採種。

第三、四年：重複第二年之工作，至品種穩定為止。其模式如圖 3.。

3.分群混合選拔法

本地品種由於含有許多不同的基因型，外型差異甚大，可將性狀相似的植株，選拔混合成為一群，性狀不同而相類似者又成另一群，將這些不同的群隔離採種，然後進行各群之比較試驗，並可繼續選拔優良群。各群中對於目標性狀仍以混合選拔法行之。其步驟為：

本地品種→分群（同群中選拔之單株混合）→群間比較試驗→優良群之選拔及群內混合選拔→優良群之選拔及群內混合選拔→優良群之決定。其模式如圖 4.：

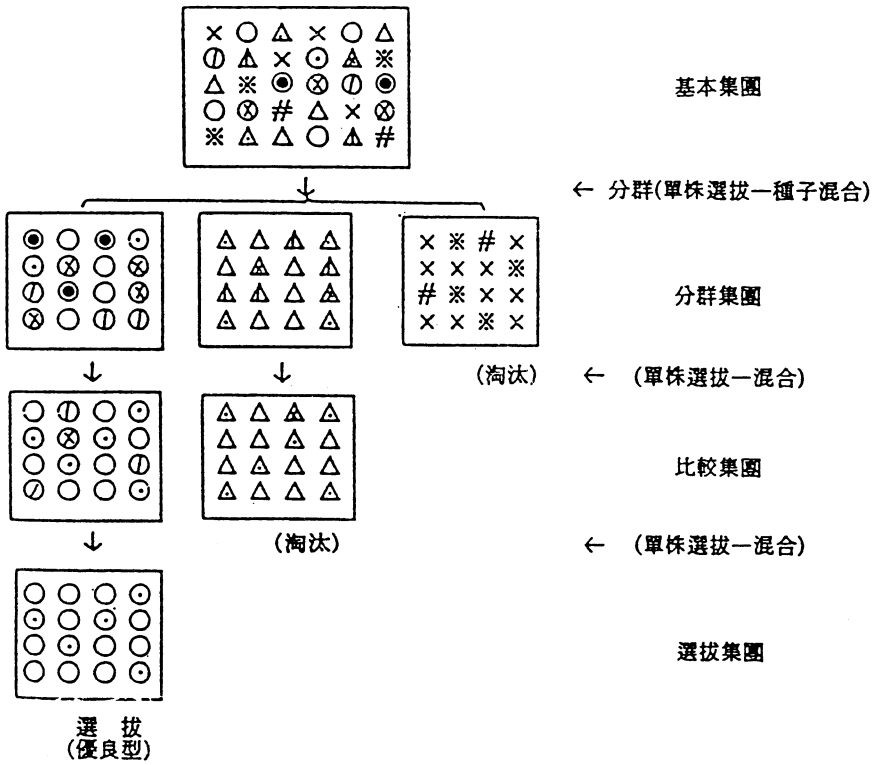


圖 4. 分群混選拔法之模式圖

雜交品種

甘藍類為異花授粉作物，其形質之整齊性很難一致。而由集團選拔之品種，乃個體間具有不同基因型之集團，如栽培地區、栽培時期等之環境發生改變，其遺傳基因作用亦常因此而發生變化，而不能達到整齊性。而在進行繁殖工作時，也常因育種者、或年限之不同而產生品種性狀逐漸變異的情形。利用自交方式，雖可增加遺傳形質之同質結合性，因而提高品種之整齊度，可是自交若干代後，雖然形質上達到固定，其生長勢卻發生衰弱、產生所謂自交弱勢之現象，且同時有自交不親和性而無法採到種子。因此，利用不同自交不親和性系統特性相互交配成一代雜種，不僅性狀整齊性一致，同時增加了雜種優勢。目前本省十字花科蔬菜大都利用自交不親和性，育成一代雜交品種，甘藍類亦不例外。此雜交 F_1 之育種，育種目標確立後，其育種程序，大致為育種材料之收集分離（２～３世代），系統選拔（１世代），兩親組合之決定（１世代），品系遺傳形質之固定（２～４世代），後裔之檢定及試驗採種（１世代），以及原原種之繁殖或原種採種。其步驟如下：

一、育種材料之收集及準備工作

廣泛搜集各種種源之材料。並將這些材料依其形態或園藝性狀分類，包括品種的抗病蟲害性等予以記錄。此等收集之種源材料，可利用混合選種法，維持其各族群之特性。

二、親本品種或品系的選拔

1.品種或品系的選擇：

親本之選擇，選取合於育種目標特性的品種或品系，進行各品種或品系間組合力檢定，選擇一般組合力高的品種或品系為親本。此一步驟即在所收集的許多種源中，選拔組合力優良者作為以後育成自交系統用的族群 A 、B 。

2.單株選拔：

在作為親本的單一品種中，選拔優良單株，並與另一親本所選之單株，進行所有可能的雜交組合亦即全互交（ Diallel cross ）。同時也將獲選之每一單株進行自交，然後依據全互交結果選留組合力高之優良親本單株。

三、自交系之育成與選拔

1.自交系育成：

依據親本單株舉行檢定結果，將性狀優良之單株選留，並將此選留單株之自交種子種植成為不同的系統，並在所選留的自交系統內進行兄妹交配（ Sister mating ）以測定其是否具有自交不親和性的 S 基因，以及為同質接合或異質接合系統。利用此方法繼進行２～４世代近交後，測定其是否為 S 基因同質接合之近交系。

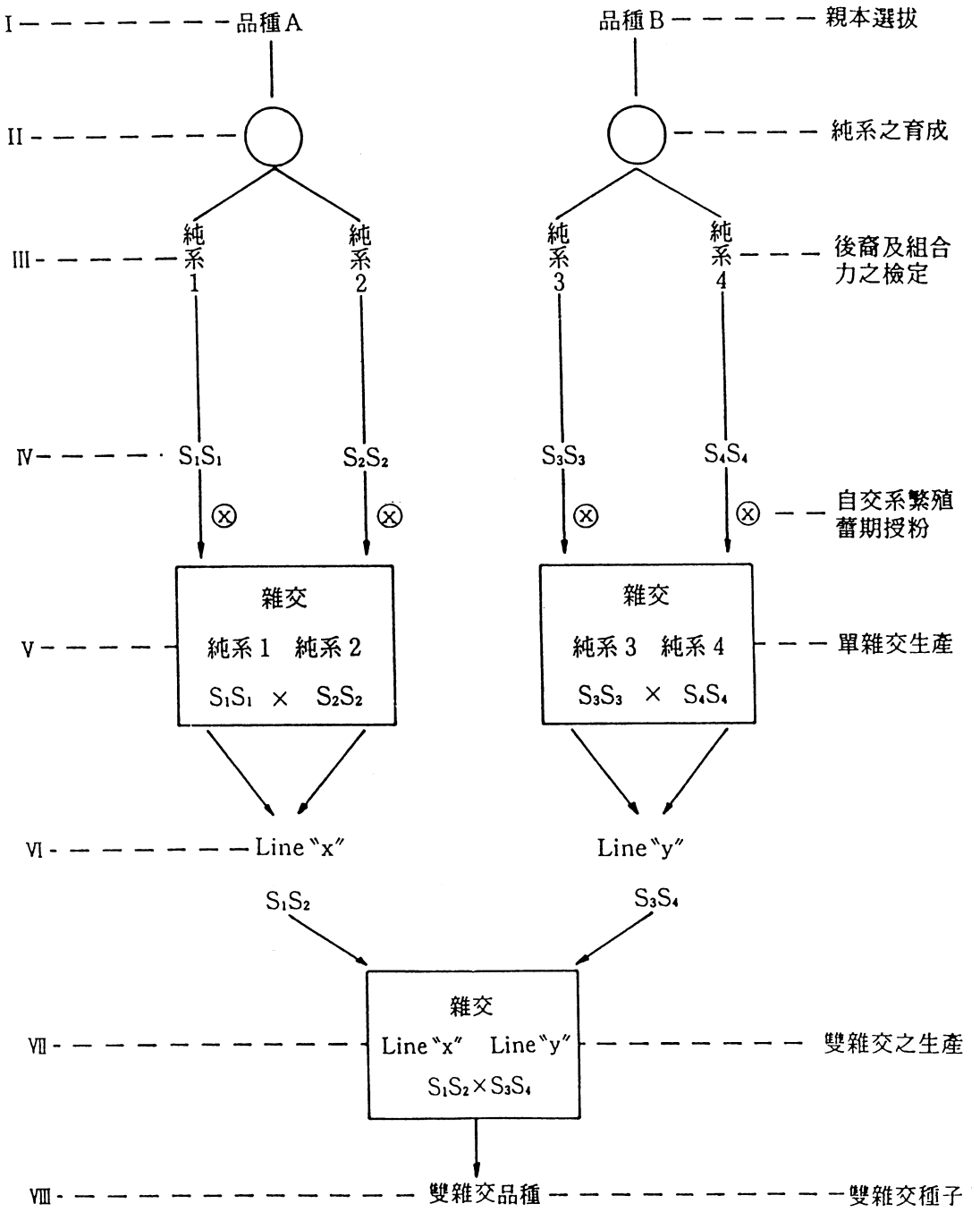


圖 5. 花椰菜、青花菜雙方雜交品種育種程序

2.自（近）交系選拔：

在每代舉行自（近）交的同時，選拔性狀優良的親本單株，由親本族群中A、B而來的單株，進行A和B間的個體間雜交，一面檢定其雜交親和性，並將雜交後代結果予以比較觀察。選出的單株其雜交親和性高，同時其組合力優良者設為自交系。繼續行2～4世代選拔為自交系。

四、自交系種子之生產

一般所育成的自交系，皆選自交不親和性者，利用蕾期授粉方法繁殖之。

五、單雜交種子之生產

生產單雜交種子，一般都是在一隔離地區，將選自 A 、B 親本族群之二自交系分行交互種植。開花時，由昆蟲行雜交授粉，成熟後所採收之種子，依其整齊度，決定為分別採收或混合採收，此為單雜交種子。

六、三向雜交或雙雜交種子之生產

以三或四對以上不同 S 基因，作為三交或雙雜交之利用。此等基因如為主效基因時得檢定其基因之顯隱性關係。

種內雜交

種內雜交其親和力很強。在雜交育種上的授粉工作很容易，但因雜交後代出現的生態、形態上差異範圍很大，如何選定兩親本雜交出具特性和整齊性的親品種，是靠智慧和選拔技術。在早 Yeager (1943)就有此類種內雜交報告。台灣於農友種苗公司的目錄上也出現有青花菜×花椰菜之品種目錄，而台北市近郊有類似花椰菜×芥藍菜的後代栽培。因此彙整有關之重要雜交後代特徵供參考。

球莖甘藍×青花菜：產生粗大又粗長的圓錐形莖，葉呈青花菜狀，其頂芽形成像青花菜花蕾，但蕾球較小。

球莖甘藍×花椰菜：產生粗大的植體和莖，在莖上長出葉分枝，其頂芽為不完整花蕾有如葉化之花椰菜。

球莖甘藍×芥藍菜：產生粗大莖有如抽長球莖，有長而膨脹的分枝。其葉像芥藍且葉柄較球莖甘藍為短。

花椰菜×青花菜：植株大，其葉較偏像青花菜，其花蕾淡綠色，花球緊密，組織柔軟細緻。其花為淡綠色，介於青花菜與花椰菜之間。

花椰菜×芥藍菜：產生葉較偏於芥藍的葉，並於頂端長有小的蕾球，其出蕾期較原花椰菜早。

青花菜×花椰菜：花球較大而呈綠色，小花蕊較細緻，葉片也偏向花椰菜型。

青花菜×白花芥藍菜：葉偏向芥藍形狀，頂花球出蕾早，其花瓣為白色。如以青花菜為輪迴親行回交，將白花芥藍之耐熱性導入青花菜且可有早生特性。另以青花菜與芥藍（白花或黃花）雜交後裔中，選出不形成花球而側芽數多的後代，以腋芽或花苔為食用，俗稱芥藍花（或高麗菜花）。其株形巨大，高可達 60 ～ 80 公分，腋芽長 20 ～ 30 公分，且可連續採收。

甘藍×芥藍：其後代類似芥藍，植物較短矮，葉片較偏芥藍型態。

其他也可見到抱子甘藍×青花菜，其後代呈抱子甘藍狀，但有些仍可出現小花蕾球。

種 屬 間 雜 交

一、意義

一個優良品種需有優良遺傳基因之導入。此遺傳基因在原有之品種系統內選拔時用分離育種法，同一種內數品種選拔時可用雜交育種法。但是一種內的遺傳基因之變異有所限制，欲育成新品種的遺傳基因組合能力也有限。種屬間雜交係自異種導入有用之遺傳基因，為種內雜交所無法得到的形質。此種屬間雜交除二種親本之特性均等的併合一起，以種屬間雜種直接利用外，也可以原作物品種之一或二缺點，利用他種屬所發現具備的有用形質（耐病蟲性等）之基因導入。

二、染色體組人為合成品種

Morinaga 與 U 根據染色體組(Genome)與其相互種間交配後所得雜種，觀察染色體配對之結果，將 Brassica n=8(b)，n=9(c)及 n=10(a)以一元種染色體組（monogenome）來表示。n=17、18 及 19 為複合而成的二元種染色體組(digenome or amphidiploid)，即 bc、ab、ac 所組成（圖 6.）。之後由染色體數

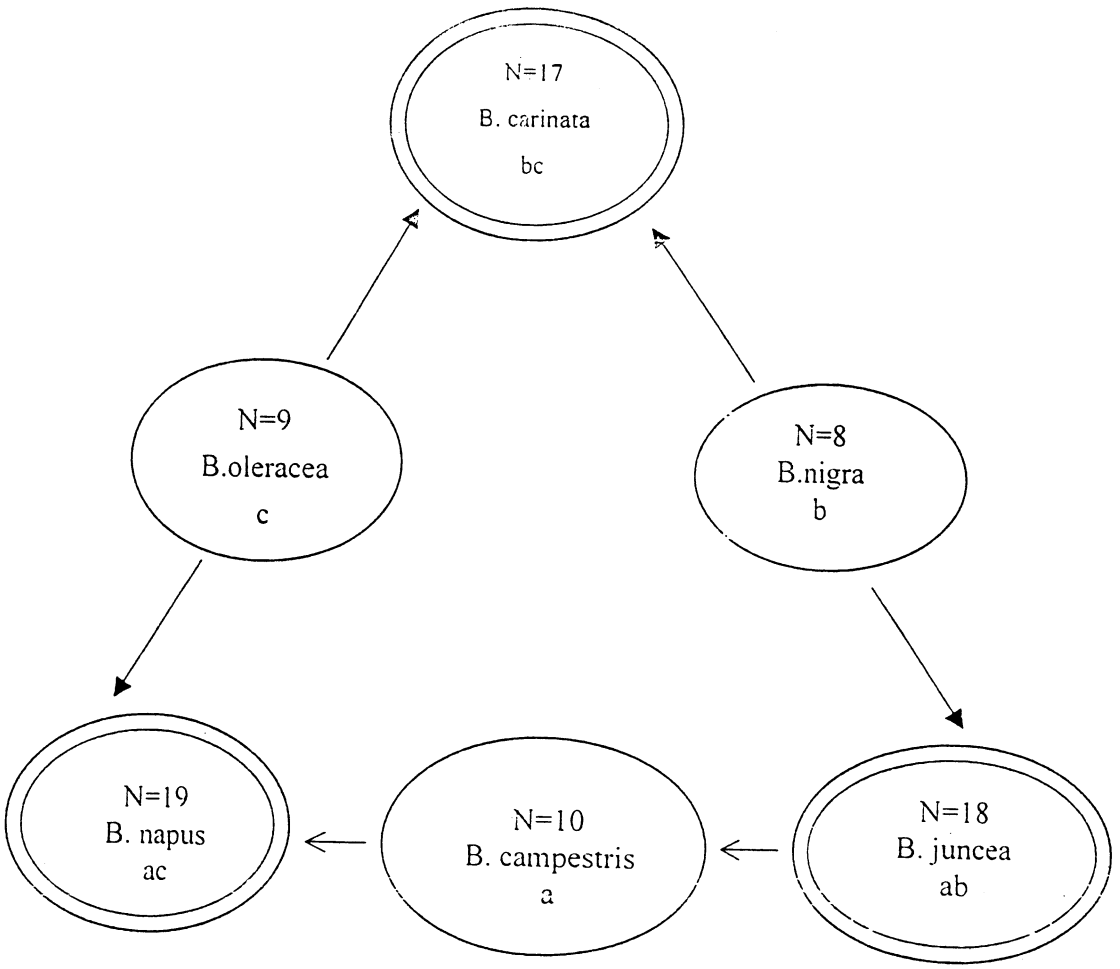


圖 6. 蕓苔屬之 Genome 關係

不同之種間雜交，證明了 Brassica 屬內之異質倍數性之存在。蕓苔屬（Brassica）與蘿蔔屬（Raphanus）兩屬間染色體組中，Brassica 之 a、b、c 和蘿蔔屬之 R 有部分相同的關係，也即可能 R 與 a、b、c 源自同一染色體組進化而來的。

有關人為合成種屬間品種，除種屬間本身具交配親和性，在自然或人為選拔下可形成許多新品種外，另以人為異質倍數體之育成方面，也有許多之報告。

三、種屬間雜交法

與 B.oleracea 有關之種屬間雜交目前以 B.campestris (2n=20) × B.oleracea (2n=18) 合成 B.napus (2n=38)，R.sativus × B.oleracea (2n=18) 合成 Raphanobrassica (2n=36)，及 B.campestris (2n=20) × R.sativus (2n=18)合成 Brassicoraphanus (2n=38)育種較多（圖 7.）。有關人為合成法以 B.napus 為例，Anderson 與 Olsson (1959)建議有下列途徑：

1.完全合成種之方法：

(1) 二倍體個體間之正反交配：

A. 以 2n=19(ac)之 F_1 形成非還元配偶子，而生成 2n=38(aacc)之 F_2 植物。

B. 以秋水仙素處理誘成 2n=38(aacc)。

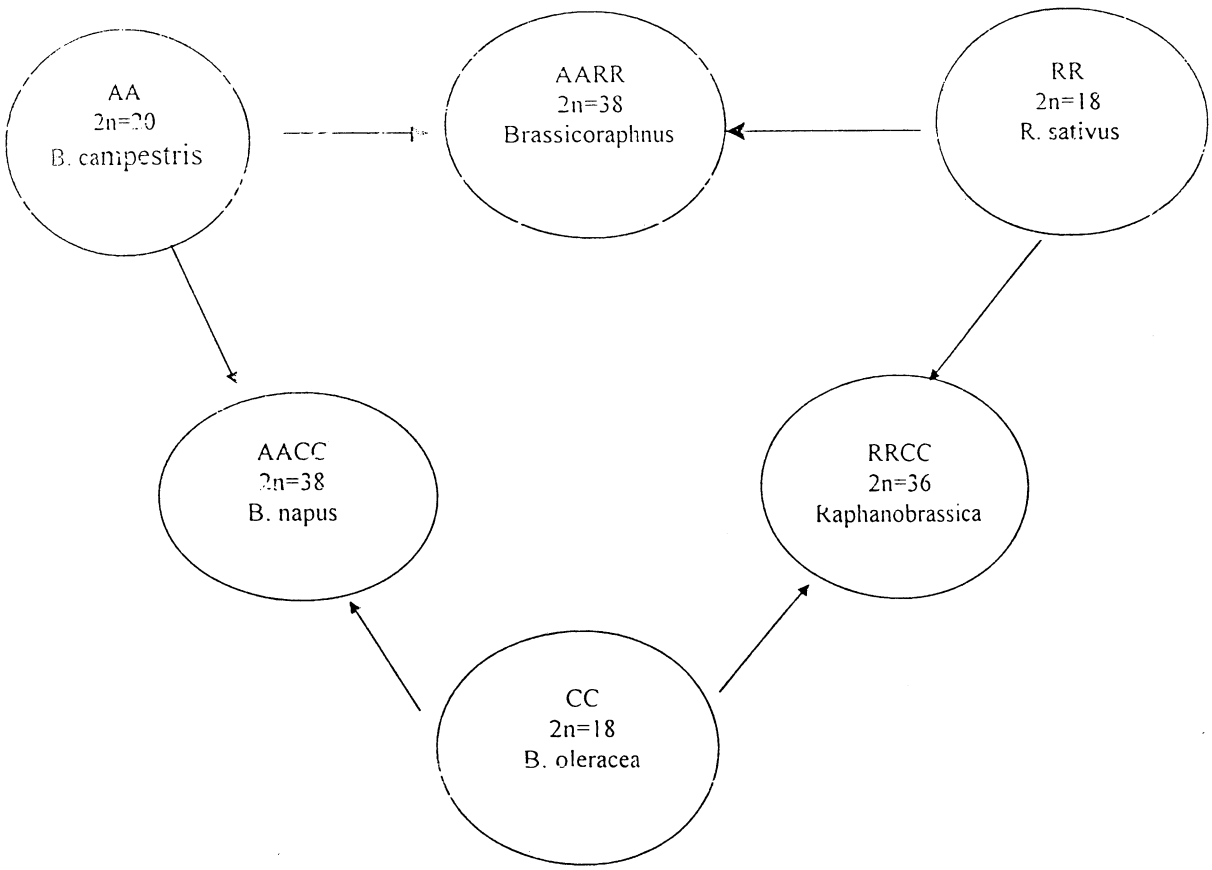


圖 7. 主要之人為合成菜類之染色體組

C. 由 endomitosis（核內分裂）使 F_1 形成 2n=38 。

(2) 四倍體個體之正反交配：正常之育種法。

(3) 二倍體與四倍體之交配使形成 acc 、 aac 或 aacc 個體。

2.半合成種之方法：

(1) n=19(ac)之 F_1 形成非還元減數，以自然之 napus 花粉交配作成。

(2) 自然之 napus 逐漸導入新的 campestris 或 oleracea 之 Genome ：

A. 首先 napus 以其基本種的 campestris 或 oleracea 行交配作成 aac 或 acc 。此種非減數配偶子以 oleracea (c)交配或以 campestris (a)配作成 aacc 。

B. 以前項之 aac 或 acc 植物，行秋水仙素處理倍加，此複合二倍數 aaaacc 或 aacccc 植物，以 oleracea (c)或 campestris (a)交配以作成 aacc 。

日本之蒔田種苗公司和 Kirin 啤酒公司共同開發利用胚培養技術育成之種間雜種---千寶菜，其兩親本為甘藍（ Brassica oleracea ， 2n=18 ）×小松葉（ Brassica campestris ， 2n=20 ）。此育成之方法係上述以秋水仙素處理之完全合成法。

千寶 1 號為甘藍×小松菜之胚培養所選出二個優良系統相互組合，再經由雙雜交所育成如圖 3 。其葉濃綠色，葉型似小松菜。味道具有甘藍的甜味，可做為煮、炒食。

千寶 2 號為甘藍×小松菜之胚培養 F_1 和甘藍×小白菜之胚培養 F_1 ，再行雙雜交而成。其葉色較千寶菜 1 號為淡，且葉較為波浪狀。

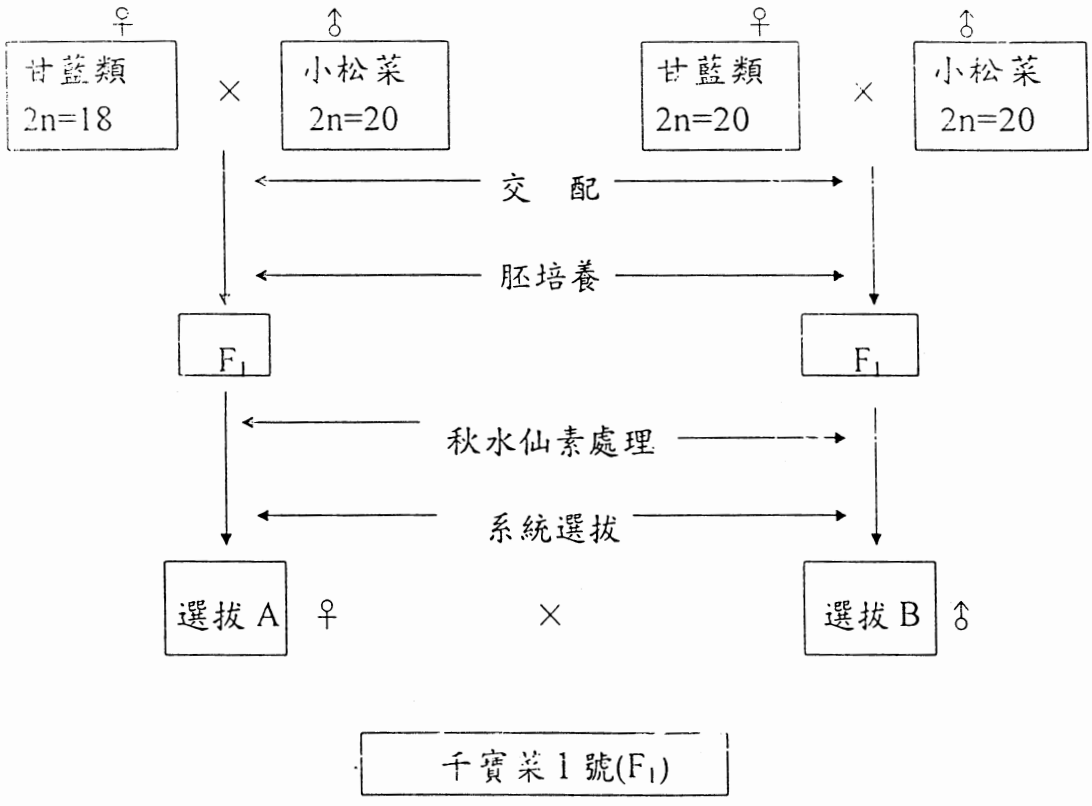


圖 8. 千寶菜 1 號之育成模式圖

此二品種除對軟腐病抵抗外，耐熱、耐寒性皆良好，且含高量維他命。

其他，細田等以白菜類（aa）和甘藍類（cc）以人為育成複二倍體飼料用油菜。

抗病育種

甘藍萎黃病（*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*）係土壤病害，分為二型：美國威斯康辛大學於 1916 年所育成 Wisconsin Hollander 品種，於 22 ℃以下表抵抗性，而 24 ℃以上則為罹病性者是為 B 型。另一型也同為 Wisconsin 大學 1922 年育成之 All Head Early 品種，於高溫下仍表抵抗性者為 A 型。A 型為單顯性基因所控制，B 型為多基因所控制，且幾乎為隱性因子為多。日本長野縣野菜花卉試驗場育成 YCRSE 具有抗萎黃病及根瘤病之複合抗病品種，目前日本許多種苗公司育成之品種已有相當多品種皆為萎黃病抵抗之品種。

表 2. 日本育成之甘藍萎黃病抵抗性品種

品種名	品牌	育成公司
MYR 一號	宇治交配	丸種
MYR 二號	同上	同上
寒玉 1 號	とち木交配	東北種苗
銀秋 YR 1 號	サカタ交配	田種苗
銀秋 YR 2 號	同上	同上
高原 YR	同上	同上
こがね YR	同上	同上
50YR	天理交配	大和農園
三取	宇治交配	丸種
末廣	長岡交配	タキイ種苗
中早生理想	とち木交配	東北種苗
デライト YR	みかど交配	みかど育種
トツペ三號	宇治交配	丸種
70 YR	天理交配	大和農園
柳生 YR	同上	同上
YR 一希望	一代交配 MORI	協和種苗
YR 一錦秋	マスダ交配	增田採種場
YR 一深山	一代交配 MORI	協和種苗
YR 一新風	同上	同上
YR 一轟	同上	同上

品　種　名	品　　牌	育　成　公　司
YR － 20 號	長岡交配	タキイ種苗
YR　No.21	松島試交	渡邊採種場
YR　No.22	同上	同上
YR　No.23	同上	同上
YR　No.31	同上	同上
YR　50 號	長岡交配	タキイ種苗
YR　53 號	同上	同上
YR　54 號	同上	同上
YR　73 號	同上	同上
YR　114 號	山陽交配	山陽種苗
YR　260 號	同上	同上

甘藍根瘤病 *Plasmodiophora brassicas* 有 20 多個生理小種。Williams (1966)就發現 9 個生理小種。美國的抵抗性品種，對歐洲的生理小種不具抵抗性。但是於德國的甘藍品種 Bohmerwald Kohl 和 Bindsachsener 似對所有生理小種具抵抗性。謝氏調查台灣十字花科蔬菜根瘤之發生及品種之罹病性指出台灣栽培之芥藍、花椰菜等未見根瘤形成，而甘藍、青花菜、花椰菜對 ECD16/0/0 菌絲呈抗病反應，但對 EDC16/0/31 則呈現罹病反應。

抗病育種係單顯性或少數顯性基因所控制時，以一代雜交育種法將抗病基因轉入 F_1，再行選拔。如為多對隱性基因所控制而有累加性效應者，（如甘藍抗根瘤病）則參照輪迴選種法行之。

參 考 文 獻

1.沈再發、杜金池、廖公益 1984. 同型結合葉深甘藍自交不親和性系統的遺傳分析　桃園區農改場蔬菜育種研討會專刊　123-134

2.沈再發、廖公益 1975 影響葉深甘藍自交不親和性之因素及其自交不親和性之打破　農林廳種苗繁殖場試驗告　第四輯 13-22

3.謝文瑞、黃一修 1988 台灣十字花科蔬菜根瘤病菌之病原性生理分化植保會刊 30:393

4.水島宇三郎 1952 アブラナ類の核遺傳學的研究 日本東北大學遺傳育種研究室 pp.1-112

5.西貞夫、栗山尚志、平岡達也 1964 アブラナ科蔬菜の種間および屬間交雜に關する研究 I. Pseudogamy にする傾母雜種 (matroclinous hybrid) の利用について日本試報告 3:161-250

6.細田友雄 1961 ブラシカ屬內ゲノム合成によるプナス型の作物育成に關する研究　日本東京教育大學農學部紀要第 7 號　1-74

7.蔬菜種子生產研究會 1988 育種および原種生産における雄性不稔の利用　バイテクにする野菜の採種　p.261-276

8.Haruta, T. 1962. Studies of self-and cross-incompatibitity in cruciferous vegetable. Takii pl. Breed. Exp. Stn. Kyoto. Japan. Res. Bull. No.2. 1-169

9.Johnson, A. G. 1971. Factors affecting the degree of self-incompatibility in inbred lines of brussels sprouts. Euphytica. 20:561-573

10.Johnson, A. G. 1972. Some cause of variation in the proportion of selfed seed present in F1 hybrid seed lots of Brussels sprouts. Euphytica. 21:309-316

11.Namai, G., M. Sarashima, and T. Hosoda, 1980. Interspecific and intergeneric hybridization breeding in Japan. Brassica crops and wild allies. Jap. sce. soc. Press. Tokyl. P.191-201

12.W. H. Hsieh and C. H. Yang 1985 Investigations on the Clubroot and the Susceptibility of Crucifers in Taiwan, Plant Prot. Bill. (Taiwan, R. O. C.)27:3-10