

打破甘藍自交不親和性障礙之研究¹

謝明憲 林棟樑 王仕賢²

摘 要

謝明憲、林棟樑、王仕賢·2000·打破甘藍自交不親和性障礙之研究。台南區農業改良場研究彙報 37：65~70。

本試驗之目的在打破甘藍自交不親和性障礙，以甘藍商業品種“初秋”為供試材料，計蕾期授粉、花期授粉、氯化鈉(2.5% NaCl-2.5% NaCl+0.3% H₃BO₃及5% NaCl+0.3% H₃BO₃)、BA(50 ppm、100 ppm及150 ppm)、4.5% CO₂等處理項。試驗結果以蕾期授粉者的單莢平均結籽數15.1粒最高，顯著高於其餘四項處理組，次為氯化鈉有4.2~6.1粒種子、CO₂有4.1粒種子，最低為BA有0~0.8粒種子、花期授粉有0.3粒種子。在果莢長度比較結果顯示，仍以蕾期授粉者最長，次為BA、氯化鈉及CO₂處理項，最短為花期授粉處理項。

關 鍵 詞：甘藍、自交不親和性、氯化鈉、BA、CO₂。

接受日期：2000年10月6日。

前 言

在十字花科蔬菜包括甘藍、球莖甘藍、青花菜、結球白菜等具有自交不親和性。雖然雌雄蕊均正常，但是某些系統的自交或特定系統間的授粉時為不親和性。此種在特定二系統進行自交為不親和性而雜交為親和的特性，可利用於生產一代雜種種子，省卻人工雜交授粉之人工或金錢支出，也成為商業性種子生產的主要利基之一。基於本場在目前業已建立甘藍春化技術，單株春化成本僅4.5元，能順利配合臺灣南部平地秋冬季乾燥期進行採種工作⁽²⁾；因此，為推動進行甘藍雜交育種發展，現今對於打破甘藍自交不親和性障礙，則成為重點克服工作項目。甘藍自交不親和性為孢子體型(sporophytic type)，係受單一S基因座(S-locus)所控制⁽¹⁸⁾；孢子體型自交不親和性之特性係決定於雌雄兩植物的孢子體之基因組成，與煙草、百合等決定於雌雄兩植物的配子體型有所不同⁽¹⁾。然對於帶有自交不親和性之十字花科蔬菜自交系的繁殖，過去一直採用蕾期授粉，但存在費工、費時、成本高等諸多不利因素。對於如何簡化該類自交系親本之留種操作，迄今國外較成功的研究有利用高溫^(13,19)、提高CO₂濃度克服自交不親和性障礙⁽¹⁷⁾、電擊刺激(electrical stimuli)柱頭⁽¹⁴⁾或施用聚血素(lectin)、糖(sugar)^(7,15)、okadaic acid⁽¹⁶⁾、BA⁽³⁾或鹽液⁽¹⁰⁾等處理，用以打破自交不親和性障礙。在國內廖氏^(4,5,6)曾利用CO₂處理、電助授粉方法及化學藥品處理花柱進行授粉法，藉以打破自交不親和性障礙。現今則是務求打破自交不親和性障礙的方法能夠標準化及實用化，因此本試驗嘗試CO₂處理法，係基於提高空氣中CO₂濃度可確保處理效果，無藥害之虞；以及施行容易且成本低之鹽液及BA(6-Benzylaminopurine)噴施處理項，以期進一步評估其處理效果。

¹ 行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第262號。

² 台南區農業改良場助理、助理研究員、副研究員兼課長。台南市701林森路一段350號。

材料及方法

一、試驗材料：

甘藍商業品種“初秋”，氯化鈉、 H_3BO_3 及 BA (6-Benzylaminopurine) 經調配之溶液， CO_2 氣體，可密閉式透明壓克力箱（內置循環風扇），氣體濃度分析儀（日本製：⊕Shimadzu, GAS Chromatograph, GC-14A）。

二、試驗方法：

(一) 供試品種，於 88 年 10 月 11 日以 128 格穴盤播種育苗，播種後 30 天苗齡之穴盤苗假植於 3 吋盆；上盆後 15 天之盆苗置入 $5^\circ C$ 冷藏庫，配合 1000 Lux 光照進行春化處理 45 天，滿足其春化作用所需之低溫需求，處理後移植於 6 吋盆內，栽培管理至開花。

(二) 2000 年 3 月 17 日開始進行打破自交不親和性障礙處理試驗，設計如下述各項處理：1. 花期授粉於開花當天行人工授粉；2. 蕾期授粉於開花前 1~2 天行人工授粉；3. 氯化鈉處理組：計細分 2.5% NaCl、2.5% NaCl + 0.3% H_3BO_3 及 5% NaCl + 0.3% H_3BO_3 等三小項處理組，分別於開花當天上午噴施該溶液後半小時行人工授粉；4. BA 處理組：計細分 BA 50 ppm、BA 100 ppm 及 BA 150 ppm 等三小項處理組，分別於開花當天上午噴施該溶液後半小時行人工授粉；5. CO_2 氣體處理組：盆植開花株於上午進行人工花期授粉後三小時，立即搬入可密閉式透明壓克力箱（內置循環風扇），並藉矽膠軟管連接 CO_2 鋼瓶（如圖 1），分次灌入 CO_2 氣體，期間以針管抽出箱內氣體，再利用氣體濃度分析儀分析該箱內 CO_2 氣體濃度，逐次調升 CO_2 氣體濃度至 4.5%，處理期間為兩小時。各處理組每一處理各 6 株，各處理分別在供試植株選取 4 枝健狀花枝，每一花枝約授粉 5 朵花，處理後均掛上標示牌及花枝套袋以免昆蟲進入。40 天後調查各項處理之果莢發育情形，並計算各處理之授粉莢數、種子數及每莢平均種子數。

結 果

由表 1 中可知，單莢平均結籽數以蕾期授粉者（15.1 粒）最高，且顯著高於其餘四項處理組，其中 BA 為 0~0.8 粒種子、氯化鈉為 4.2~6.1 粒種子、 CO_2 為 4.1 粒種子，前述處理項中除了不同 BA 濃度處理結果與花期授粉無差異之外，氯化鈉及 CO_2 處理均顯著高於花期授粉。在比較單莢平均結籽數高低與果莢長短之關係，發現具有最高單莢平均結籽數的蕾期授粉處理項之果莢長度最長（8.03cm），且顯著高於另四項處理組；而具有最低單莢平均結籽數之花期授粉者的果莢長度最短（4.80cm）；同樣屬最低單莢平均結籽數之 BA 處理組，其果莢長度居中，約 6.59~7.02cm，與蕾期授粉者比較其果莢略呈細長狀（圖 2a）（圖 2a 對照組於每一花枝上端第一標示牌以上為蕾期授粉）；然 CO_2 氣體處理項與蕾期授粉者比較其莢略短但粗細相近（圖 2b）（圖 2b 對照組於每一花枝上端第一標示牌以上為蕾期授粉）。

表 1 “初秋”甘藍應用 BA、氯化鈉、CO₂ 等處理之自交親和指數及果莢長度表現^X。Table 1. Results of self pollination at BA, NaCl, and CO₂ treatment in the “K-Y cross” cabbage, given in mean number of seed per silique and silique length.

處理別 treatment	單莢平均之結籽數 mean number seeds of per silique	果莢長度 length of silique
BA 50 ppm	0.0d ^Y	7.02b
BA 100 ppm	0.3d	6.59c
BA 150 ppm	0.8d	6.79bc
氯化鈉 2.5%	6.1b	6.79bc
氯化鈉 2.5% + B 0.3%	6.4b	6.63c
氯化鈉 5% + B 0.3%	4.2bc	5.57e
CO ₂	4.1bc	6.03d
蕾期授粉	15.1a	8.03a
花期授粉	0.3d	4.80f

X 調查期：2000 年 5 月 2 日。

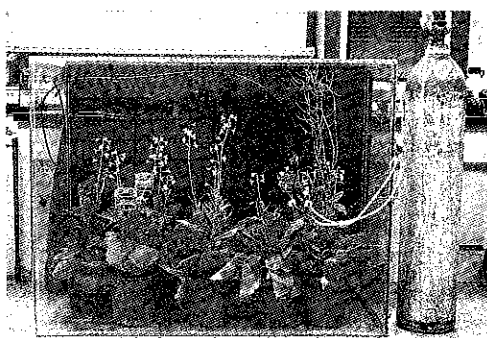
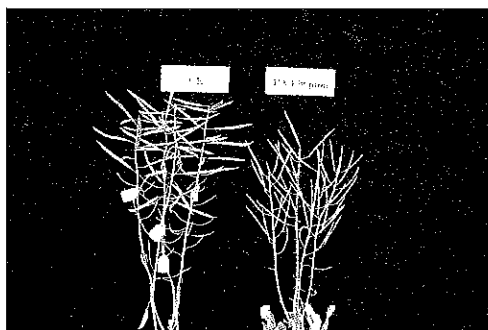
Y 在直列相同的英文字母表示在顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，經鄧肯氏多變域區間測驗其差異不顯著。圖 1 “初秋”甘藍應用 CO₂ 氣體處理情形。Fig 1. Situation of cabbage (K-Y cross) flowers treat with CO₂.

Fig 2a.

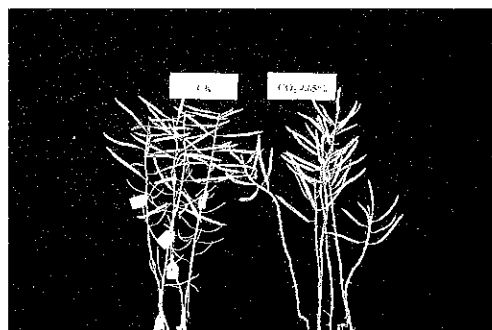


Fig 2b.

圖 2 “初秋”甘藍應用 BA150 ppm (a)、4.5% CO₂ 氣體 (b.) 處理組處與對照組之果莢生長表現。Fig 2. Silique growth of cabbage (K-Y cross) flowers treat with BA150 ppm (a) and 4.5% CO₂ (b.).

討 論

結球白菜以 BA 處理雖可有效克服自交不親和性，BA 單莢平均之結籽數（9.45 粒）高於蕾期授粉（7.05 粒）⁽³⁾；但在試驗 BA 三個濃度處理“初秋”甘藍，則未有克服自交不親和性障礙的效果，僅有促進果莢伸長之作用，而以氯化鈉三個濃度及 CO₂ 處理，不僅有促進果莢伸長之作用，對於打破自交不親和性障礙也均有顯著效果，其中氯化鈉以濃度 2.5% 加或不加硼（0.3%）處理效果最好，平均單莢結籽數為 6.12 粒；5% 之氯化鈉加 0.3% 硼之處理組則會發生藥害，但其餘各處理組均無藥害發生。廖氏（1980）曾以 2%~6% 氯化鈉處理“葉深（BAY 品系）”甘藍，所得平均單莢結籽數為 0.9 粒，花期授粉者之平均單莢結籽數 0.28 粒⁽⁶⁾；然 Carafa & Carratu（1997）以 0.5M（約 2.925%）之氯化鈉溶液處理羽衣甘藍（*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.）之平均單莢結籽數 18 粒，花期授粉則無法產生種子⁽⁸⁾。推測氯化鈉之處理效應可能與品種有關，值得再進一比較品種（系）間之差異性。

提高空氣中 CO₂ 濃度之處理由於具有效果均一及確實，可確保處理效果，又無藥害之虞，且在安全濃度內對授粉昆蟲授粉行為較少有不良影響。Dhaliwal *et al.*（1981）指出以 CO₂（3%~5%）處理甘藍（*Brassica oleracea* L. cv. Toria.），可增進自交授粉時花粉發芽及花粉管之生長，以及增加花粉管穿透柱頭乳頭細胞（papilla cells）之角質層（cuticle layer）⁽⁹⁾。Nakanishi & Hinata（1973）指出在甘藍（*Brassica oleracea* L. cv. Kawasaki.）於自交授粉後 150~240 分鐘期間以 CO₂（3%~5%）處理，證實花粉管穿透柱頭的比率最高⁽¹¹⁾；且由於 CO₂ 氣體比重大於空氣，以及經高濃度 CO₂ 氣體處理過之甘藍植株需注意感病問題⁽¹²⁾。因此，本試驗係以可密閉式透明壓克力箱，進行 4.5% CO₂ 氣體處理，且在箱內底部置循環風扇，由箱底往上吹，使灌入箱內之 CO₂ 氣體能夠均勻分佈，降低試驗誤差，此即與國內以往研究者⁽⁵⁾之作法有所不同。而本試驗“初秋”甘藍以 CO₂（約 4.5%）處理的單莢平均之結籽數亦顯著高於花期授粉，在打破自交不親和性障礙的效果與氯化鈉相近；與廖氏（1989）以 3% CO₂ 氣體處理結球白菜，所得平均單莢結籽數為 3.0 粒，蕾期授粉者為 2.0 粒，花期授粉者為 0.3 粒，其效果雖有所差異，但對於打破自交不親和性障礙則均有效果⁽⁵⁾。Taylor（1982）以 CO₂ 氣體（約 13%）處理於莖用甘藍（marrow-stem kale）試驗中，對打破自交不親和性障礙，存在著不同營養系間之差異，且其中 D10/42/783 營養系以 CO₂ 氣體處理的單莢平均之結籽數（18.1 粒）出現高於蕾期授粉者（11.0 粒）⁽¹⁷⁾。在 Nakanishi & Hinata（1975）以 CO₂ 氣體處理“川崎”甘藍系統（*Brassica oleracea* L. cv. Kawasaki (K-1).），處理期間分為 3 小時及 5 小時等二組試驗，結果顯示以 CO₂ 氣體處理 5 小時所獲得單莢平均之結籽數（11.2 粒）約為 3 小時者（6.1 粒）的二倍，證實 CO₂ 氣體處理時間亦與單莢平均之結籽數有關。

雖然本試驗結果顯示氯化鈉及 CO₂ 處理在打破自交不親和性障礙的效果與氯化鈉相近，但其在操作及適用性則有所差異。氯化鈉雖然容易施行、成本低，適合在簡易設施網室內施行，但施用鹽液濃度過高或噴施過多則會造成藥害發生，且是否適合連續性施用則仍有商榷；而 CO₂ 氣體處理法雖然僅適合在具有可密閉性之溫室設施中施行，但該處理執行效果較確實，可確保處理效果，且無藥害之虞。此外，由以氯化鈉及 CO₂ 處理效果仍有處理時期、處理期間、品系間差異，因此均值得進一步研究以求其實用化。

引用文獻

1. 沈再發。1990。十自花科蔬菜育種。園藝作物育種講習會專刊。pp. 181~202。

2. 林棟樑、王仕賢。1999。甘藍在台灣南部地區平地誘導開花技術探討。台南區農業專訊。27：11～14。
3. 胡繁榮。1998。利用 BA 克服自大白菜自交不親和性。中國蔬菜。1：29。
4. 廖公益。1979。利用電助授粉方法打破甘藍自交不親和性障礙之研究(二)不同電流量通電授粉對打破自交不親和性障礙之影響。農林廳種苗繁殖場試驗報告。VI。
5. 廖公益。1989。十字花科蔬菜種子採種技術研究—利用 CO₂ 打破結球白菜自交不親和性障礙生產原種之研究。蔬菜作物試驗研究彙報：第五輯 pp.1～3。
6. 廖公益。1990。利用氯化鈉打破十字花科蔬菜自交不親和性障礙生產原種之研究。蔬菜作物試驗研究彙報：第六輯 pp.75～82。
7. Bajaj, M. and K. R. Shivanna. 1986 Treatment of stigma with lectins and pollen with sugars overcomes self-incompatibility in *Brassica campestris*. Cruciferae Newsletter. 11 : 73～74.
8. Carafa, A. M. and G. Carratu. 1997. Stigma treatment with saline solutions: A new method to overcome self-incompatibility in *Brassica oleracea* L. Journal of Horticultural Science. 72(4) : 531～535.
9. Dhaliwal, A. S., C. P. Malik, and M. B. Singh. 1981. Overcoming incompatibility in *Brassica campestris* L. by carbon dioxide, and dark fixation of gas by self- and cross-pollinated pistils. Ann. Bot. 48 : 227～233.
10. Monterio, A. A. and W. H. Gabelman. 1988. Use of sodium chloride solution to overcome self-incompatibility in *Brassica campestris*. HortScience. 23(5) : 876～877.
11. Nakanishi, T and K. Hinata. 1973. An effective time for CO₂ gas treatment in overcoming self-incompatibility in *Brassica*. Plant and Cell Physiol. 14 : 873～879.
12. Nakanishi, T and K. Hinata. 1975. Self-seed production by CO₂ gas treatment in self-incompatibility in cabbage. Euphytica 24 : 117～120.
13. Okazaki, K. and K. Hinata. 1987. Repressing the expression of self-incompatibility in crucifers by short-term high temperature treatment. Theoretical and Applied Genetics. 73 : 496～500.
14. Roggen, H. P. J. R. and A. J. Van Dijk. 1973. Electric aided and bud pollination: which method use for self-seed production in cole crops (*Brassica oleracea* L.). Euphytica. 22 : 260～263.
15. Sharma, N., M. Bajaj, and K. R. Shivanna. 1985. Overcoming self-incompatibility through the use of lectins and sugars in *Petunia* and *Eruca*. Annals of Botany. 55 : 139～141.
16. Scutt, C. P., A. P. Fordham-Skelton, and R. R. D. Croy. 1993. Okadaic acid causes breakdown of self-incompatibility in *Brassica oleracea*: evidence for the involvement of protein phosphatase in the incompatible response. Sexual Plant Reproduction. 6 : 282～285.
17. Taylor, J. P. 1982. Carbon dioxide treatment as an effective aid to the production of selfed seed in kale and Brussels sprouts. Euphytica. 31 : 957～964.
18. Thomposon, K. F. 1957. Self-incompatibility in marrow-stem kale *Brassica oleracea* var. *acephala*. I. Demonstration of sporophytic system. Journal of Genetics. 55 : 45～60.
19. Visser, D. L. 1977. The effect of alternating temperatures on the self-incompatibility of some clones brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* (DC.) Schulz). Euphytica. 26 : 273～277.

How to Overcome Self-incompatibility in Cabbage¹

M. H. Hsieh, D. L. Lin, and S. S. Wang²

Summary

To break self-incompatibility in cabbage is the purpose of this experiment. Treatments included bud pollination, open flowering pollination, NaCl (2.5% NaCl · 2.5% NaCl + 0.3% H₃BO₃ 及 5% NaCl + 0.3% H₃BO₃) · BA (50 ppm · 100 ppm, and 150 ppm) · 4.5% CO₂. With bud pollination, the mean number of seeds per silique (15.11) was significantly higher than that with NaCl, CO₂, BA, or open flowering pollination. Variety K-Y Cross was found with 4.18-6.12 self-seeds/silique in NaCl, 4.12 self-seeds/silique in CO₂, 4.18-6.12 self-seeds/silique in BA, and 4.12 self-seeds/silique in open flowering pollinations. Silique length was found longest in the treatment with bud pollination, followed by BA, NaCl, and open flowering pollination.

Key words : Cabbage, Self-incompatibility, NaCl, BA, CO₂.

Accepted for publication : October 6, 2000.

¹ Contribution No. 262 from Tainan District Agricultural Improvement Station.

² Assistant, Assistant Horticulturist, and Associate Horticulturist and Head of Crop Improvement Division, respectively.