

編號：CCMP93-RD-072

本土中草藥選種育種及 GAP 栽培研究

陳世雄

國立中興大學農藝學系

摘 要

本研究探討菘藍 (*Isatis tinctoria* L.) 與馬藍 (*Strobilanthes cusia*) 之有機及 GAP 栽培，進行引種選種及育種工作，並進行組織培養，以及成分分析。藉以選育適合平地栽培品種，並建立中草藥有機栽培及 GAP 模式，以供未來台灣發展中草藥栽培之標準作業模式。

2004 年於名間進行菘藍肥料試驗，以不同施用量之有機肥 (0、4000 Kg/ha)、苦土石灰 (0、2000 Kg/ha) 及鉀肥 (60、120、180 Kg/ha) 處理。施用有機肥 4000 Kg/ha 及鉀肥 180 Kg/ha 處理，葉片與根產量最差，分別僅有 828 Kg/ha 及 590 Kg/ha。若同時施用有機肥 4000Kg/ha、苦土石灰 2000 Kg/ha 與鉀肥 120 Kg/ha，葉片與根產量最高，分別為 2771 Kg/ha kg、1923 Kg/ha kg。同時施用有機肥、苦土石灰與鉀肥有助於提高產量。經由回歸分析，菘藍栽培建議施用鉀肥 112~144 Kg/ha，可以獲得菘藍最高產量。

2004 年 9 月採收種植在鹿谷之馬藍，追加氮肥處理中以不追施氮肥 0 處理，莖葉收穫量最大，為 19730Kg/ha。但所生產之藍靛產量以追施氮肥 150Kg/ha 處理，收穫之藍靛產量 1067 Kg/ha 為最佳。栽培密度則以，30×10 cm 莖葉收穫量最大，為 23947Kg/ha。但所生產之藍靛產量以 30×20 cm 處理，收穫之藍靛 1067 Kg/ha 為最佳。由馬藍單離出兩個主要化學成分之生物鹼，經氫及碳核磁共振光譜分析得證化合物 A 為 2-benzoxazolinone，化合物 B 為一 benzoxazinoid 之高極性化合物，即 (2R)-2-O-β-D-glucopyranosyl-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one，此一化合物 B 為首次由馬藍中分離出。

另以高壓液相層析完成靛藍、靛玉紅與色胺酮之檢量線，同時進行比較數種不同來源之菘藍的葉，及分析不同施肥等級之馬藍的葉，完成其有效活性

成份色胺酮 (tryptanthrin) 及靛藍 (indigo)、靛玉紅 (indirubin) 之含量分析。

又比較菘藍在乾燥與新鮮葉部所含之活性成分，包括靛藍與靛玉紅及色胺酮等之間的差異，結果發現在葉子乾燥後，靛藍與色胺酮並沒有太大之變動而靛玉紅的含量，則有顯著的增加百倍以上。

關鍵詞：菘藍、馬藍、液相層析質譜儀、組織培養、有機農業、優良農業操作、色胺酮、靛玉紅

Number : CCMP93-RD-072

Research on selection, breeding and organic farming for medical herbs

Shih Shiung Chen

National Chung Hsing University

ABSTRACT

This research aimed to search, select, and 4 cultivars of *Isatis tinctoria* L. and breed *Strobilanthes cusia* for organic and GAP cultivation. *S. cusia* were planted in the farm of NCHU, Luku, and Minchien. Organic farming and good agricultural practices (GAP) were conducted.

Experimental results showed that without lime treatment, yields of *Isatis tinctoria* L. were poor both in leaf and root. With the application of 2000 kg/ha lime and 4000 kg/ha organic fertilizer, the treatment of 120 kg/ha potassium gave the highest yield in leaf (2771 kg/ha) and root (1923 kg/ha), respectively. By regression analysis, 112~144 kg/ha potassium fertilizer are suggest to have a higher yield of *Isati indigotica* .

Total fresh biomass *Strobilanthes cusia* from Luku was highest (19730 Kg/ha) from treatment without nitrogen fertilize addition to basal spread. Treatment with 150Kg/ha nitrogen obtained highest (1067 Kg/ha) indigo bule. On spacing treatment, the treatment of 30 × 10 cm gave highest fresh biomass (23947 Kg/ha), while 30 × 20 cm treatment obtained the highest indigo bule (1067 Kg/ha).

Two alkaloids--comound A and B were isolated from the root of *Strobilanthes cusia*. they were identified as a 2-benzoxazolinone and a polar benzoxazinoid , connected with a glucose by proton and carbon thirteen NMR spectroscopic analysis, and compound B is for the first time isolated from *S. cusia*.

The calibration curves of the active principles including tryptanthrin·indigo and indirubin were obtained and were used to evaluate a few *Isatis indigotica* species from different sources and several *Strobilanthes cusia* from plants due to different cultivation conditions. And the comparison between fresh leaves and dry leaves, we obtained a significant varies between the fresh and dry leaves on the content of the active principle indirubin.

Keywords: Natural herbs, *Strobilanthes cusia*, *Isatis tinctoria*, Germplasms, heat-tolerance, Good agricultural production (GAP), Fingerprinting, Indicator components

壹、前言

本研究以中藥菘藍及馬藍為對象，探討其種源收集、成分分析、選種、優良農業操作以及 GAP 栽培模式之建立，並擬進一步進行適應本地環境之育種工作。並將利用液相層析 (LC/UV) 及液相層析質譜儀 (LC/MS)，進行藍染植物包括菘藍及馬藍之化學成份分析，並比較他們之間活性成分的差異，及探討不同栽培方式對成分的影響。

貳、材料與方法

一、菘藍及馬藍優良農業操作模式之建立

本研究田間試驗分別在中興大學農業試驗場、鹿谷及名間舉行，篩選適合 GAP 栽培之品系，探討菘藍及馬藍適合之 GAP 栽培方法，包括栽培密度、肥培管理以及病蟲害防治方法。

以菘藍及馬藍為例，在中興大學農資學院附設農業試驗場與相關實驗室，進行下列相關規範與準則的建立：

(一) 蒐集菘藍及馬藍相關種源：

菘藍：由大陸購進的菘藍四個品系 (A、B、C、D) 種子。

馬藍：扦插苗取自於鹿谷鄉。

(二) 菘藍：主區為兩種有機肥施用量處理 (0、4000 Kg/ha)。副區為兩種苦土石灰施用量處理 (0、2000 Kg/ha)。小區為鉀肥處理 (60、120、180 Kg/ha)。施用有機肥料處理小區，另外施用氮、磷肥每公頃 40 Kg/ha。未施用有機肥處理小區則施用氮素 80 Kg/ha、磷肥 100 Kg/ha (圖 1)，以補足有機肥所含的氮磷成分。

(三) 馬藍：

栽培密度：以 10、20 和 30 cm 三種株距配合行距 30 cm，比較在不同栽培密度下，單位面積產量差異，以及有效成份上之差異 (圖 2)。

肥料：加入不同比例的氮肥 0、75 和 150 Kg/ha，每一試區 10M²，觀察不同比例的肥料處理下，單位面積產量差異，及有效成份上之差異

建立栽培密度的規範（圖 3）。

（四）菘藍及馬藍植物有效成分含量：分析不同施肥等級及不同栽培期菘藍及馬藍有效成分含量。

二、以高壓液相層析及液相層析質譜儀進行藍染植物包括菘藍及馬藍之根部及葉部之有效活性成份分析與比較

（一）實驗藥品：

1.靛藍 2.靛玉紅 3.色胺酮

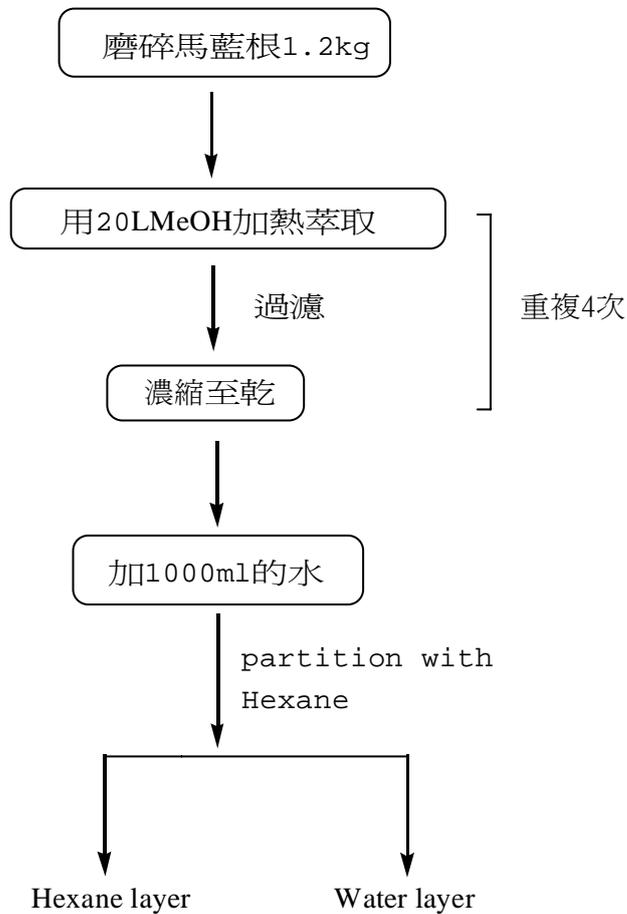
將標準品 indigo, indirubin, tryptanthrin 等，分別以 methanol 配置成 1000 $\mu\text{g/mL}$ 之儲存溶液 (stock solution)，置於 0°C 下儲存，在配置檢量線時則個別稀釋至 10 $\mu\text{g/mL}$ ，作為工作溶液 (workingsolution)，為達同時分析與快速測定之目的，採取將各標準品以 1:1 的方式混和配置以便於同時測定，以 10、20、50、100、250、500、1000、1500、2000 ng/mL 的濃度，分別配置於標準品溶液中 (70% methanol (aq))，每個濃度在配置時並個別添加 1,000 ng/mL 的內標準品 (internal standard)。

（二）樣品的製備與萃取：

本實驗將所獲得的各種藍染藥材之根部或葉部秤取 1g，置於試管中，之後添加 10mL 之 100% methanol (aq)，利用超音波震盪萃取 30 分鐘，取上層液，以離心機在 5000RPM 轉速下離心 10 分鐘，取其上層澄清液，最後再添加 methanol (aq) 定量至 10 mL，即完成真實樣品母液之製備經過濾後即可注射入液相層析儀中。而進行液相層析質譜儀實驗分析時，則再將母液稀釋 50 倍，並添加 1 $\mu\text{g/mL}$ 之內標品後，再以 0.22 μm 孔洞大小 (pore size) 之注射針過濾膜 (syringe Filter) 過濾，即可進行全圖譜之分析。

各分劃之製備，為將植物藥材 1 公斤，粉碎後以甲醇或甲醇加水萃取，濃縮後懸浮於水中，再分別以極性由低到高之溶劑，萃取出各個極性的分劃，可送作藥理實驗，同時可進行液相層析。

(三) 成分分離流程圖



(四) 儀器與設備：

1. 自有高效能液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatograph, PLC) : BECKMAN, System Gold, Pump 125 & Diode array Detector 168 (USA)。
2. 液相層析質譜儀: LCQTM, 配備 ESI 及 APCI 兩種離子源介面, Thermo Finnigan MAT, 由國科會貴儀支援。

(五) 液相層析之實驗部分：

分析方法包括：

1. 液相層析 (HPLC) 實驗部分：

液相層析條件探討：液相層析之分離條件之探討，包括管柱選擇流動相最佳條件溫度及流速。

2.液相層析質譜術 (LC/MS) 實驗部分：

液相層析質譜術之實驗，主要是以電灑游離法來分析，因中藥樣品多為水溶性較高物質，若效果不佳則可考慮改為大氣壓化學游離法分析。

(1) 分子離子與斷裂離子之分析偵測

進行質譜分析首先要決定分析物之分子離子，通常使用注射針以低流速直接進樣方式，配合 ESI 介面進行分析。ESI 為一軟性游離法介面，一般只會觀察到質子化分子離子 ($[M+H]^+$ ，或 $[M+Na]^+$ ，正離子模式) 與去質子分子離子 ($[M-H]^-$ ，負離子模式)，而斷裂離子分析則以直接進樣方式，進行 MS/MS 分析，以觀測分子離子之斷裂行為。斷裂離子除了可作為定性之基礎，並可進一步作為定量之偵測離子。

(2) 定量之離子掃描模式

選擇其分子離子或主要斷裂離子作為定量離子，以所得之萃取離子層析圖 (LC/MS 模式)，或以其作為母離子再做其子離子的主要特徵斷裂碎片之萃取離子層析圖 (LC/MS/MS 模式)，將對其面積進行積分，及記錄其層析峰高度。

(3) 流動注入分析與質譜條件最佳化

由樣品注射圈注射適當樣品量直接進入質譜分析之方法，通常運用來調校質譜的各個參數，以及動相條件。影響電灑游離法的質譜參數有霧化氣體流速、輔助氣體流速、噴灑電壓、毛細管溫度、毛細管電壓、管口補償電壓，離子入射時間。除此之外，動相條件如：動相流速、動相組成以及動相添加劑也會影響電灑游離法之訊號強度。

(4) 層析條件探討

運用質譜儀的高選擇性能力，在液相層析之分離條件探討上，變得相當容易，無須像高效能液相層析技術一般必須將分析物與基質干擾物完全分離，液相層析質譜術僅需進行簡單前處理工作，就能達到分離鑑定與定量之目的。

參、結果

一、菘藍馬藍有機栽培及優良農業操作模式之建立

1. 蒐集菘藍及馬藍相關種源：

菘藍：由中國購進的菘藍四個品系（A、B、C、D）種子

馬藍：採集自南投縣鹿谷鄉，種子取得不易，利用扦插繁殖。

2. 菘藍：於 93 年 9 月 10 日，採樣分析其產量。結果顯示，施用苦土石灰有助於提升產量，施用苦土石灰 2000 Kg/ha 與氯化鉀 120kg/ha 處理，葉片與根產量分別為 1867kg/ha、1142 kg/ha。未施苦土石灰，僅施用鉀肥 120kg/ha，葉片與根產量分別僅有 1133kg/ha、800 kg/ha。施用有機肥 4000 Kg/ha、鉀肥 180kg/ha 處理，葉片與根產量最低，分別僅有 828kg/ha、590kg/ha，鉀肥施用量增加，產量隨之下降。若同時施用有機肥 4000 Kg/ha、苦土石灰 2000Kg/ha 與鉀肥 120kg/ha，葉片與根產量最高，分別為 2771kg/ha、1923kg/ha，鉀肥施用量增加，產量下降。所以有機肥、苦土石灰與鉀肥複合施用有助於提高產量，若單獨施用有機肥或苦土石灰產量較差（表 1、表 2）。

3. 馬藍：

肥料試驗產量於 93 年 9 月 7 日，採樣分析其產量。結果顯示，以不追加氮肥處理，莖葉收穫量最大，為 19730Kg/ha。但所生產之藍靛產量以追施氮肥 150Kg/ha，1067 Kg/ha 為最佳（表 3）。

栽培密度產量於 93 年 9 月 7 日，採樣分析其產量。結果顯示 30 × 10 cm 莖葉收穫量最大，為 23947Kg/ha。但所生產之藍靛產量以 30 × 20 cm，1067 Kg/ha 為最佳（表 4）。

二、以高壓液相層析及液相層析質譜儀進行藍染植物包括菘藍及馬藍之根部及葉部之有效活性成份分析與比較

1. 成分分離部份

93 年度計畫進行馬藍之化學成分的單離，共分離出兩個主要之生物鹼，成分分離流程圖見表 5、表 6，在低極性部分，目前已分離純化出一個純化合物 A 為 2-benzoxazinone，在高極性部分，則分離得到一高極性化合物 B，經氫及碳核磁共振光譜分析見圖 4 及圖 5 後，得證其為一 benzoxazinoid 之化合物，即 (2R)-2-O-β-D-glucopyranosyl-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one，

其結構如下。又此一化合物 B 為首次由馬藍中分離出。

2. 以高壓液相層析進行藍染植物包括菘藍及馬藍之葉部之有效活性成份分析與比較。
 - A. 完成靛藍、靛玉紅與色胺酮之檢量線 (圖 5)。
 - B. 比較數種不同來源之菘藍的葉，完成比較其有效活性成份色胺酮 (tryptanthrin) 及靛藍 (indigo)、靛玉紅 (indirubin) 之含量分析 (表 7)。
 - C. 分析不同施肥等級之馬藍的葉，完成其有效活性成份如色胺酮及靛藍、靛玉紅的含量分析 (表 8)。
 - D. 比較藍染植物菘藍所含之染料成分，包括靛藍與靛玉紅及色胺酮等，在乾燥與新鮮葉 (水分含量為 82%) 部之間的差異，發現靛藍與色胺酮在葉子乾燥後，並沒有太大之變動而靛玉紅的含量，則有顯著增加百倍以上 (表 7)。

肆、討論

在菘藍的栽培試驗中，施用苦土石灰有助於提升產量，施用苦土石灰 2000 Kg/ha 與氯化鉀 120 Kg/ha 處理，葉片與根產量分別為 1867 Kg/ha、1142 Kg/ha。未施苦土石灰，僅施用鉀肥 120 Kg/ha，葉片與根產量，分別僅有 1133 Kg/ha、800 Kg/ha。因名間試驗田為紅壤土壤 pH 值為 4.5，屬於偏酸性土壤，施用苦土石灰 2000 Kg/ha 可以改良土壤 pH 值至 6.2，有助於改善菘藍生長土壤環境，提升菘藍產量。施用有機肥 4000 Kg/ha、鉀肥 180 Kg/ha 處理，葉片與根產量最低，分別僅有 828 Kg/ha、590 Kg/ha，鉀肥施用量增加，產量隨之下降。若同時施用有機肥 4000 Kg/ha、苦土石灰 2000 Kg/ha 與鉀肥 120kg/ha，葉片與根產量最高，分別為 2771Kg/ha、1923 Kg/ha，鉀肥施用量增加，產量下降。所以有機肥、苦土石灰與鉀肥複合施用有助於提高產量，若單獨施用有機肥或苦土石灰產量較差。

在馬藍的栽培密度試驗上，30×20 cm 相較於 30×10 cm 的莖葉採收量減少約 2000 Kg/ha。但是 30×20 cm 的藍靛產量增加 178 Kg/ha。追施氮肥試驗中，不追施氮肥的莖葉採收量比追施氮肥 150 Kg/ha 產量高 1300 Kg/ha。但是追施氮肥 150 Kg/ha 的藍靛產量增加 1000Kg/ha。最高莖葉採收量，藍靛產量卻並非最高，推測由於葉部的有效成分較莖部佳，因此採收之莖葉收穫量高之處理可能莖部產量高。

關於這類 benzoxazinoid 化合物，文獻報導在單子葉禾本科植物及雙子葉植物，包括爵床科、玄蔘科及毛茛科中才有發現。馬藍是爵床科植物，菘藍則不是，因此推測菘藍應不含此一類化合物，又在所有有關菘藍之化學成分之文獻報導中（共分離出四十五個），均不見此類化合物，因此以此類化合物做中藥板藍根來源鑑定，是菘藍還是馬藍，應是可行。由此下一年度，將繼續以此一指標成分進行馬藍與菘藍之藥材鑑別分析。另此一化合物被報導，為許多禾本科植物中，具抗昆蟲、抗真菌及抗細菌及病毒之有效活性成分，又為泰國傳統用作抗發炎之民間藥，因此將進一步進行此一純化合物之藥理活性探討 以開發本土中藥馬藍之依據。

伍、結果與建議

- (一) 經由回歸分析，菘藍栽培建議施用苦土石灰處理，施用鉀肥 125 Kg/ha，可以獲得葉片最高產量，施用鉀肥 144 Kg/ha kg，可以獲得根最高產量。施用有機肥，苦土石灰處理，建議施用鉀肥 112 Kg/ha，可以獲得葉片最高產量，施用鉀肥 124 Kg/ha kg，可以獲得根最高產量（表 9）。
- (二) 莖葉採收量和藍靛產量之關係，可以更進一步探討與有效成分含量的關係。
- (三) 比較馬藍的莖部與葉部在有效成分上的差異。
- (四) 進行化學成分分析，相同處理的材料，高壓液相層析圖中、色胺酮、靛藍及靛玉紅的含量卻有差異，進一步探討對於採收部位與有效成分的含量關係。
- (五) 相同的栽培處理，但是分析出來的色胺酮、靛藍及靛玉紅的含量卻有差異，推斷可能與植體的生長年齡有關，因此定義馬藍的生長期，收集不同生長期之植體，有利於進行成分分析，找出有效成分最佳生成時期。

誌謝

本研究計畫承蒙行政院衛生署中醫藥委員會，計畫編號 CCMP93-RD-072 提供經費贊助，使本計畫得以順利完成，特此誌謝。

陸、參考文獻

【中文參考文獻】

1. 何玉鈴，2001。板藍根、大青葉及青黛之生藥學及藥理學研究，中國醫藥學院中醫藥研究所。
2. 楊秀賢、呂曙華、吳壽金，1995。馬藍葉化學成分的研究，中草藥 26 (12): 622。
3. 胡世林，1989。中國道地藥材，哈爾濱，黑龍江科學出版社， 110。
4. 高國清、何玉鈴、何禮剛、張永勳，2001。馬藍根中含氮雜環，苯并二氫噁挫-2-酮及 2-OH-1，4-苯并噁，中醫藥雜誌，12(1): 41-49。

【英文參考文獻】

1. Henning Danz, S. Stoyanova, P. Wippich, A. Brattstrom, M. Hamburger. 2001. Identification and isolation of the Cyclooxygenase-2 inhibitory principle in *Isatis tinctorica*. *Planta Med.* 67:411-416.
2. Wu, X. and G. Qin, 1997, " new alkaloids from *Isatis indigotica*" *Tetrahedron.* 53:13323; b. X.Wu, Y. Liu, W.sheng, J.Sun and G.Qin, Chemical constituents of *Isatis indigotica*. *Planta Medica.* 63:55-57.
3. Kao K. C., Y. L. Ho., L. K. Ho., Y. S. Chang, Flavone glycosides from *Strobilanthus formosanus*. *Journal. Of Chinese Chem. Soc.* 2003 in press.
4. Singh B., A. K. Saxena, B. K. Chandan. 2001. Hepatoprotective activity of indigtone. *Phytotherapy research: PTR.* 15(4): 294.
5. Sreepriya M., T. Devaki. 2001. Effect of *indigofera tinctoria* Linn on liver antioxidant defense system *Indian journal of experimental biology.* 39(2): 181.
6. Kwon, Y. S., H. M. Won. 2000. Flavonoids from *indigofera pseudo-tinctoria* stem. *Saengyak Hakhoechi .* 31(3):280.
7. Garce, z., S.Walmir, z. Garce, R. Fernanda. 2003. Additional 3-nitropropanoyl ester of glucose from *indigofera suffruticosa* *Biochem. Systematics and Ecology.* 31(2): 207.
8. Domingue, z., A. Xorge, z., Martine, Carolina. 1978a. Chemical components from *jiquelite indigofera suffruticosa* Mill. *Planta Medica.* 34(2): 172.

9. Domingue, z., A. Xorge, z., Martine, Carolina. 1978b. Louisfieserone an unusual flavanone derivative from indigofera suffruticosa Mill Tetrahedron letters (5): 429.
10. Han, R. 1994. Highlights on the studies of anticancer drugs derived from plants in China. Stem Cells .12(1): 53-63.

柒、圖表

表一、有機肥，苦土石灰及鉀肥處理對苕藍葉片產量 (kg/ha) 之影響

有機肥 (噸/公頃)	苦土石灰 (噸/公頃)	鉀肥 (公斤/公頃)		
		60	120	180
0	0	1581	1133	1000
	2	1685	1867	1742
4	0	1485	895	828
	2	1952	2771	2409

*名間試驗田，2004 年 9 月採樣。

*有機肥處理區另外施用氮、磷肥 40 (Kg/ha)。

*未施用有機肥處理區加施氮肥 80 (Kg/ha)、磷肥 100 (Kg/ha)。

表二、有機肥，苦土石灰及鉀肥處理對苕藍根產量 (kg/ha) 之影響

有機肥 (噸/公頃)	苦土石灰 (噸/公頃)	鉀肥 (公斤/公頃)		
		60	120	180
0	0	1095	800	780
	2	1247	1142	1323
4	0	952	780	590
	2	1323	1923	1561

*名間試驗田，2004 年 9 月採樣。

*有機肥處理區另外施用氮、磷肥 40 (Kg/ha)。

*未施用有機肥處理區加施氮肥 80 (Kg/ha)、磷肥 100 (Kg/ha)。

表三、不同栽培密度對馬藍莖葉收穫量及藍靛產量之影響 (2004/9/7 鹿谷)

栽培密度 (cm×cm)	收穫量 (公斤/公頃)	藍靛產量 (公斤/公頃)
30 × 10	23947 ^a	889
30 × 20	21867 ^a	1067
30 × 30	17640 ^a	889

表四、追施氮肥處理對馬藍莖葉收穫量及藍靛產量之影響 (2004/9/7 鹿谷)

氮肥 (公斤/公頃)	收穫量 (公斤/公頃)	藍靛產量 (公斤/公頃)
0	19730 ^a	967
75	14270 ^b	676
150	18800 ^a	1067

*基肥：硫酸銨 75 公斤/公頃，120 公斤磷肥及 100 公斤鉀肥



圖一、菘藍 GAP 栽培：利用種子播種，觀察不同比例的肥料處理，單位面積產量，及有效成分差異。



圖二、馬藍 GAP 栽培：利用扦插苗繁殖，觀察不同比例的肥料處理下，單位面積產量差異，及有效成份上之差異。



圖三、馬藍 GAP 栽培：利用扦插苗繁殖，觀察不同比例的肥料處理下，單位面積產量差異，及有效成份上之差異。

表五、Compound A 分離流程圖

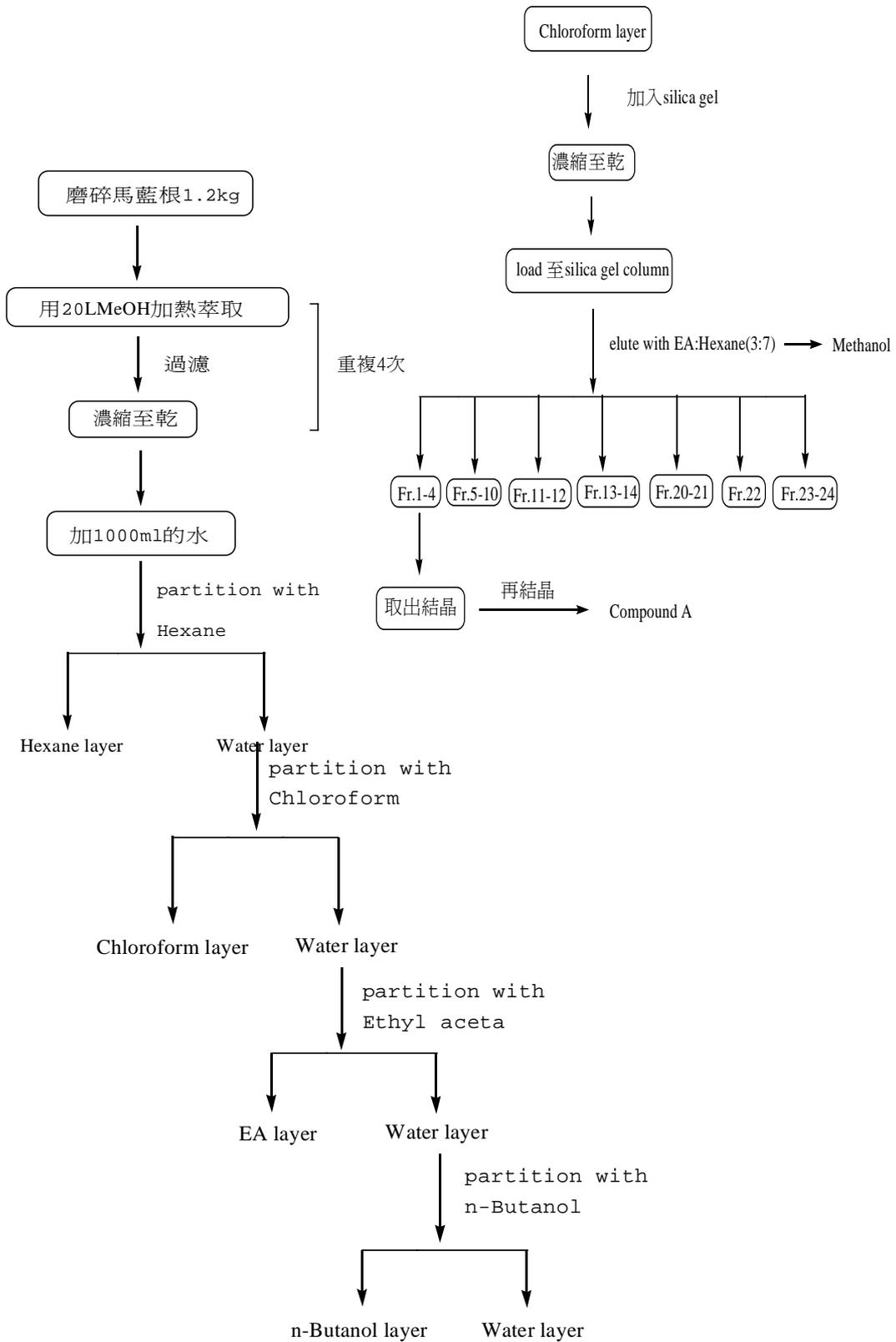
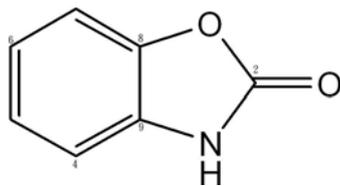
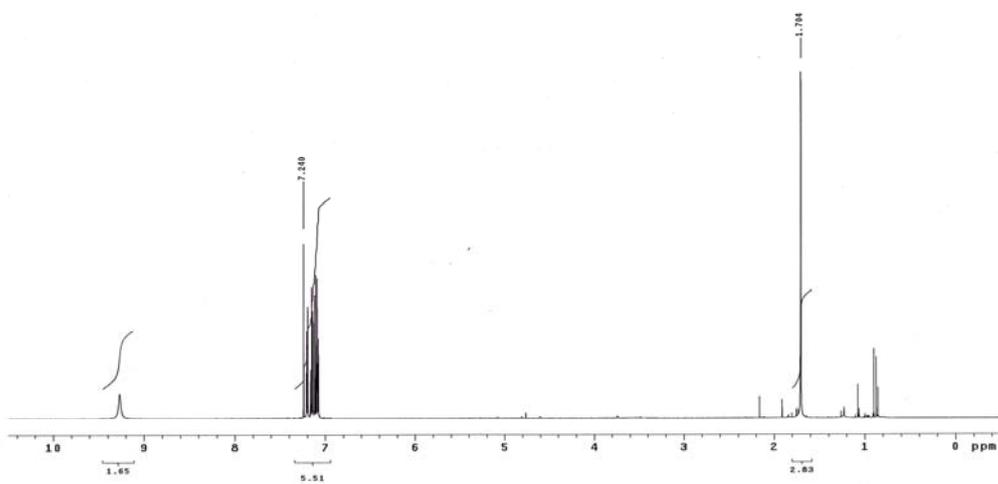


Table1 ^{13}C NMR Spectral data of Compound A

C	Compound A
2	155.8
4	109.9
5	124.1
6	122.8
7	110.2
8	143.9
9	129.2



圖四、 ^1H NMR Spectrum of Compound A



表六、Compound B 分離流程圖

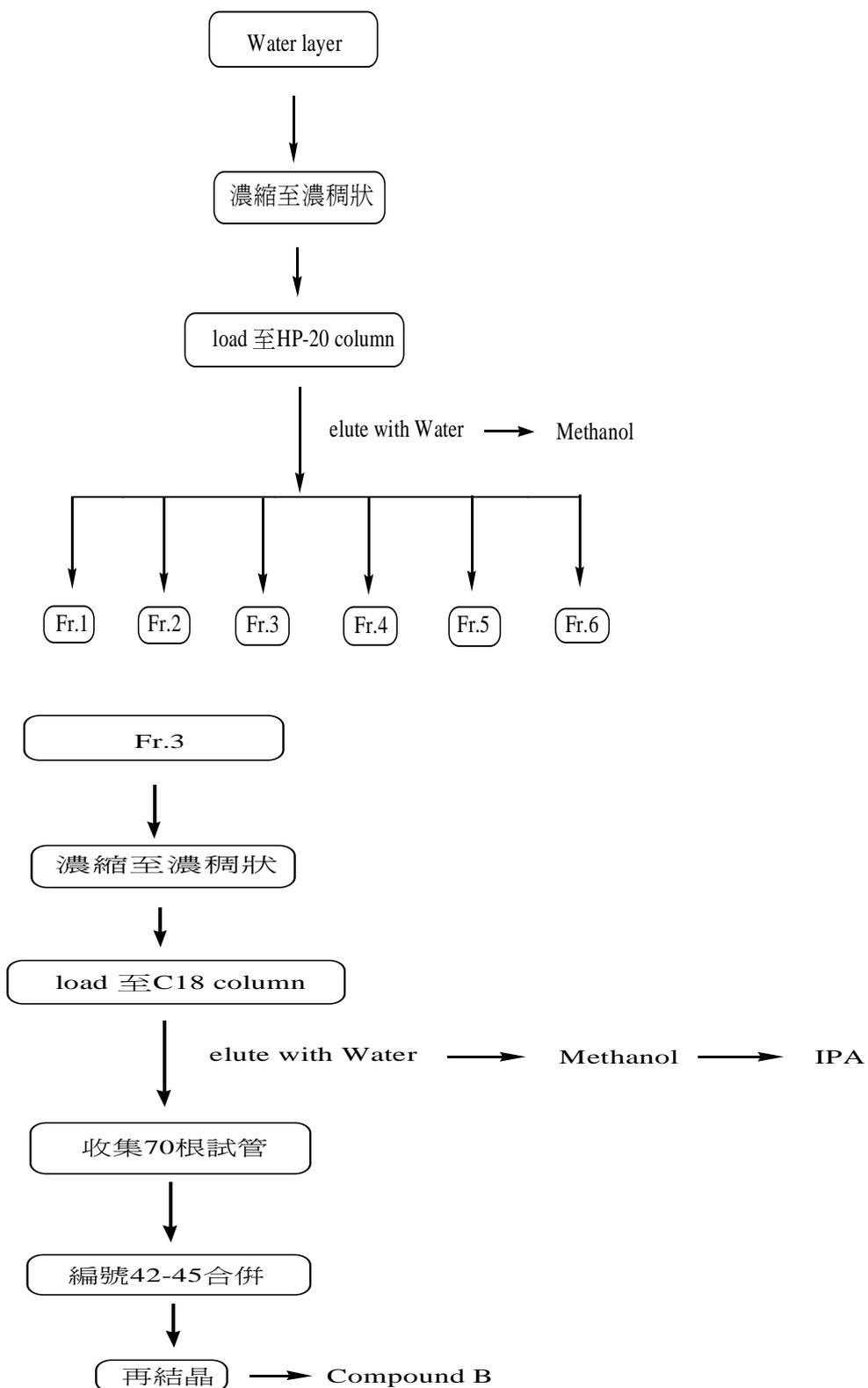
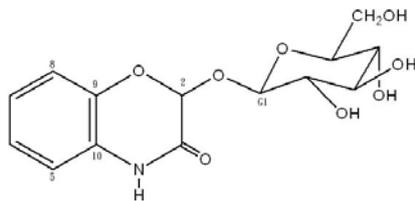
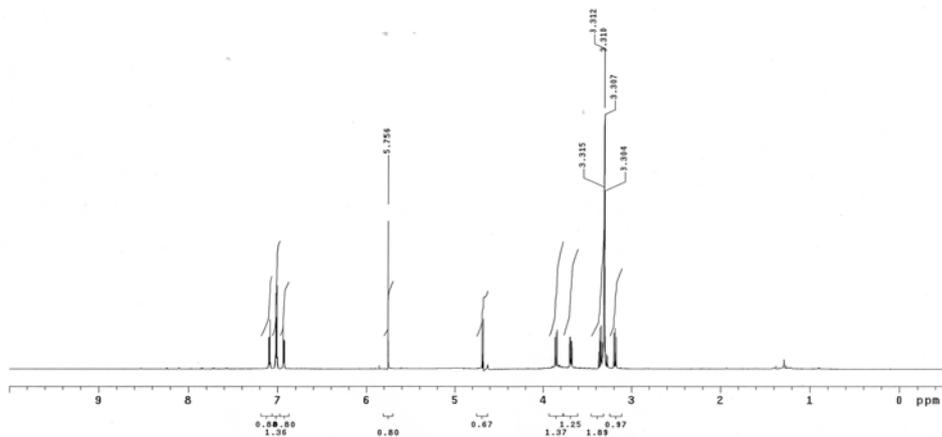


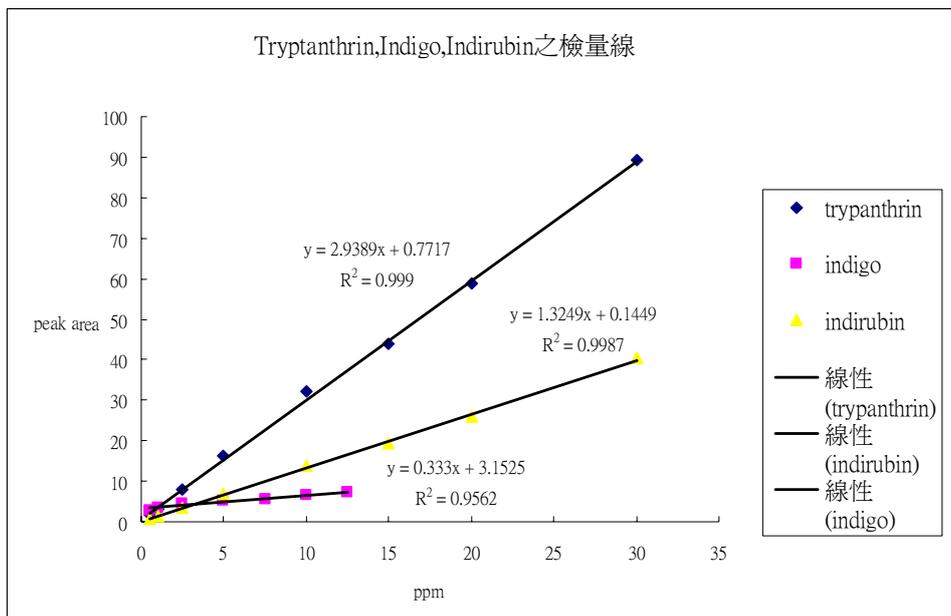
Table2 ^{13}C NMR Spectral data of Compound B

C	Compound B
2	96.5
3	163.2
5	116.8
6	125.1
7	124.2
8	119.0
9	142.1
10	127.1
G1	103.9
G2	74.8
G3	78.4
G4	71.0
G5	77.9
G6	62.5



圖五、Compound B ^1H NMR Spectrum





圖六、靛藍、靛玉紅與色胺酮之檢量線

表七、不同來源之菘藍植體分析表

處理	Tryptanthrin(μg/g)	Indigo(μg/g)	Indirubin(μg/g)
鮮葉			
A	9.46	14.59	30.88
B	59.05	20.09	66.16
C	20.37	9.23	22.79
E	6.12	15.83	12.65
乾葉			
A	98.12	44.79	2874.54
B	96.60	90.98	2633.83
C	27.85	71.21	1629.55
E	60.20	114.84	2539.77

表八、不同栽培管理之馬藍植體分析表

	處理		
	氮肥 0 公斤	氮肥 75 公斤	氮肥 150 公斤
Trypanthrin($\mu\text{g/g}$)	10.915	9.853	20.008
Indigo($\mu\text{g/g}$)	51.88	70.29	84.84
Indirubin($\mu\text{g/g}$)	27.32	19.85	53.82

表九、有機肥及鉀肥處理對菘藍產量 (kg/ha) 之二次回歸方程式與鉀肥推薦施用量

有機肥 (噸/公頃)	採收 部位	鉀肥推薦施用量 (公斤/公頃)
0	葉	$Y = 1226 + 10.2917X - 0.04125X^2$
	根	$Y = 33 + 44.15X - 0.15278X^2$
4	葉	$Y = 1638 + -8.9X - 0.0397X^2$
	根	$Y = -239 + 34X - 0.1361X^2$

*以上均為施用苦土石灰 2000 處理。

*X=鉀肥施用量；Y=菘藍產量。