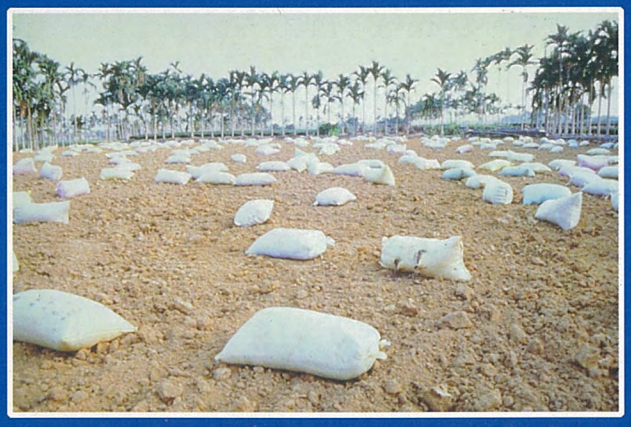
有機質肥料應用技術研討會專刊







中華永續農業協會
中華土壤肥料學會 編印
行政院農業委員會農業試驗所

中華民國八十九年十二月

有機質肥料應用技術研討會專刊

中華民國八十九年十二月二十七日
行政院農業委員會農業試驗所國際會議廳

主　　編　陳武雄　黃山內
林俊義　林木連
執行編輯　王鐘和　林毓雯
丘麗蓉　孫希鄉

中華永續農業協會
中華土壤肥料學會　　編印
行政院農業委員會農業試驗所
中華民國八十九年十二月

序

農業是國家的基本產業，具有必要維持且持續發展的重要性，現代的農業是講求生產、生活、生態等三種功能爲三生一體的產業，即是在追求農業發展的同時，也必須重視生活的品質及生態環境的維持。由於台灣處於高溫多雨及多溼的環境下，土壤中的有機質分解比較快，需要補充有機物質來維持農地的生產力。畜產經營是目前台灣重要的農業經營型態之一，其對國民營養需求及提昇生活品質均有重要性及貢獻，但是畜產經營的廢棄物如畜禽排泄物，往往對生活及生態環境造成污染及破壞。而在農產廢棄物資源方面，包括作物的副產品如稻稈、蔬菜葉、菇類太空包及稻殼等亦必須加以處理利用，因此推動將畜產廢棄物及農產廢棄物堆製成品質良好的有機質肥料，一直是政府農政單位努力的目標，並配合合理施用技術之探討及建立，不但能夠解決農業廢棄物衍生之環境的問題，也能增加農業經營的所得，更能維持地力，確保農業的永續發展，可謂一舉數得。

爲健全有機質肥料管理，維護有機質肥料品質，近幾年來農政單位積極輔導各有機質肥料生產廠商提昇製造效率及品質，多次辦理有機質肥料的生產及應用之相關研討及研習會，邀請國內業者參加，以提昇其經營能力及產品品質。此外，並在肥料管理法及其施行細則中，訂定相關查驗、監督與罰則之專章，規定農政單位得定期派員至生產之工廠及肥料販售商店採取樣本，送檢驗單位分析。藉以保障有機質肥料的品質，確保農民的權益。

中華永續農業協會，爲提昇我國農業永續經營潛力，確保農業環境品質及生態資源之維護。特別與中華土壤肥料學會及行政院農業委員會農業試驗所共同舉辦「有機質肥料應用技術研討會」，邀請學者專家講授有機質肥料應用之相關技術，各學者專家之精闢講稿已編輯成「有機質肥料應用技術專刊」。提供各界參考，相信對我國有機質肥料應用技術及農業永續經營有直接的影響與幫助。感謝熱情參與此次研討會之各界先進及協會同仁熱心的服務與奉獻。

行政院農業委員會副主任委員
中華永續農業協會理事長
陳武雄 謹識
民國八十九年十二月

序

民國八十四年五月，前台灣省農業試驗所與中華土壤肥料學會共同舉辦「有機質肥料合理化施用技術研討會」，針對台灣地區土壤狀況，有機資材利用情形，以及有機肥料之製造、施用技術，以及施用效果等等都有很好的報告，也提供產官學界重要參考資料，但該資料是強調有機質肥料配合現行耕作體系下而行的。

近年來有機農業在台灣地區逐漸風行，這種新興的另種農業特別強調以有機物循環利用，並百分之百的不用化學物來進行土壤與肥培管理，因此如何合理化調製並合理化施用有機質肥料成爲有機農業經營栽培是否成功之主軸，困難度因而增高，有待集思突破。

有機質肥料爲有機物經過調製而成，有機物本身組成之要素成分含量、碳氮比、堅硬鬆軟韌脆，粗細粒子，水分含量等等，已經是相當複雜，再經調製過程中微生物之分解代謝，衍生之產物（包括分解殘留及眾合化成的）更見難辨，如何對作物及土壤之增進功能作用更是難以列舉，因此，合理化的製造與施用有待鑽研，以免有未蒙其利先受其害之嘆。

有鑑於有機質肥料施用技術之待加強，本學會特與中華永續農業協會合作再度辦理有機質肥料施用技術研討會，藉機邀集實地工作學者專家報研究結果及經驗，共創永續農業經營而努力。

中華土壤肥料學會理事長
台南區農業改良場場長
黃山內 謹識
民國八十九年十二月

序

臺灣地跨熱帶及亞熱帶，高溫多濕，土壤有機質分解迅速，故一般均認爲施用有機質肥料可以提高土壤有機質含量之重要性。目前農政單位正積極推行加強永續農業經營能力提昇之各項措施，積極推廣合理化施肥及農田施用有機質肥料即爲其中重要之一項。如何減施化學肥料，多用農牧廢棄物所製成之有機質肥料，其中所牽涉之重要研究項目諸如:有機質肥料製造及品質提昇技術，長期施用對土壤肥力、土壤環境品質與作物生長之影響，發展適合本省氣候環境、耕作制度、作物種類之有機物合理施用技術等等，均爲今後大家應繼續加強努力之重要課題。另外，有機質肥料之養分單價偏高，使用上不方便及品質不穩定等問題，均是阻礙其普遍施用之因素，亦需大家共同努力克服。才能同時達到兼顧有機物施用的經濟效益與環境維護之目標。

由中華永續農業協會、中華土壤肥料學會及行政院農業委員會農業試驗所共同舉辦「有機質肥料應用技術研討會」，邀請農政、大專農學院校及試驗改良場所的學者專家進行專題報告，各位學者專家精闢的文稿已經編輯成「有機質肥料應用技術專刊」，內容涵蓋有機質肥料推廣之意義與政策、製造及品質提昇技術，施用機械以及施用策略等等，必能提供相關業者良好的參考依據，相信對我國有機質肥料產製及應用技術之提昇必有莫大助益。時值付梓，特爲之序。

行政院農業委員會農業試驗所所長
中華永續農業協會秘書長
林俊義 謹識
民國八十九年十二月

目　錄

有機質肥料在合理化施肥之意義－－－－－－－－－－－－－黃伯恩　1

有機質肥料之登記與推廣－－－－－－－－－－－－－－－－－李蒼郎　4

高效能植酸酵素對土壤有機磷有效性增進及有機質

肥料品質影響之評估－－－－－－－－－－－－－－－張明暉　楊秋忠　13

以微生物提昇菇類木屑堆肥品質之研究－－－－－簡宣裕　鄭金滿　28

林美娟　鄭智馨

抑病介質的開發與應用－－－－－－－－－－－－－－石信德　黃振文　35

從作物營養需求特性談有機質肥料施用要領－－王鐘和　林毓雯　44

丘麗蓉

豬糞堆肥對甘藍生長與氮磷鉀吸收之影響－－－鍾仁賜　陳尊賢　65

黃盛洛

有機質肥料在強酸性土壤之施用策略－－－－－－－－－－陳仁炫　84

有機質肥料對有機農耕法的一些困擾－－－－－－－－－－趙震慶　96

有機質肥料施用機械－－－－－－－－－－－－－－－龍國維　田雲生　103

有機質肥料在合理化施肥之意義

黃伯恩

行政院農委會資材科

施用有機肥料之意義

有機肥料爲傳統之肥田資材，在化學肥料未發明之前，施用有機肥料爲提高農作物生產重要方法。其後因化學肥料使用簡便、速效、價廉，又農村勞力不足，工資昂貴，致有機肥料之使用漸少。近十餘年來，鑑於農田土壤品質有劣化之傾向，及爲提高農產品之品質，乃積極推廣並鼓勵農民使用有機肥料，以改善農田地力，近年來有機肥料之使用已受到普遍重視。使用有機肥料主要有三項意義：

1.改良土壤：有機物可提高土壤的陽離子交換容量，保水容量，促進團粒構造之形成，增加水、空氣之通透性；如重黏土可減低其黏著性及乾硬等不良性質；砂質土改善其鬆散性、增進保水、保肥等功能。對維持作物根系健全及水土保育具有其重要性。

（1）供應養分：有機肥料所含養分爲多元的，通常以含氮素最多，其他尚有磷、鉀及次微量要素等，因材料不同供應養分之種類及數量亦異，一般之養分量低且屬緩效性爲主。

（2）農牧廢棄物之資源化利用：包括農、林、漁、牧所產生之廢棄物經堆肥化處理製成有機肥料再利用回歸農田，對廢棄物之減量及環境保護具有相當之意義。近來一般（非有害）工業廢棄物也朝資源化回收利用，以堆肥化處理後作爲堆肥使用，爲防止其施進農田土壤受二次污染，乃在肥料管理上設有門檻加以防範。

有機肥料能否取代化學肥料問題

依據畜產試驗所八十六年分析資料顯示，禽畜廢棄物所肥料要素量，可供應氮素 12 萬公噸（占總氮量 52% ）、磷酐 5.9 萬公噸（占總磷酐量 96% ）、氧化鉀 3.8 萬公噸（占總氧化鉀量 38% ）。

若再加上農產、漁產、林產廢棄物所含要素量，經堆肥化處理之後，足可供應農業生產所需肥料要素量，勿需使用化學肥料，政府之補貼及推廣化學肥料受到質疑。此純就理論數字而言，實務上，這些廢棄物有多少製成堆肥，製作堆肥之成本遠超過化學肥料之成本好幾倍，又有機肥料體積大，運輸及施肥工資大，且其肥效緩，不能滿足一般作物之需要。因此，以有機肥料只能取代部分化學肥料，在目前情況下，實無法完全取代化學肥料。

茲以公頃所需肥料三要素量 150-60-90 公斤爲例說明，以有機肥料含氮 1.5% ，氮肥有效性 60% 計算，目前市售有機肥料價格每公斤 4-6 元，則 150 公斤氮素需 16 公噸有機肥料，其價格在 64,000-96,000 元（因其已含磷鉀肥價格不另計），加上體積大，搬運及施肥工資多，每公頃之施肥成本約爲 10 萬元。如改用化學肥料，以單質肥料尿素（5.525 元/公斤）、過磷酸鈣（3.4 元/公斤）、氯化鉀（4.8 元/公斤），換算肥料價格爲 3,600 元，如用複合肥料爲 4,800 元，因體積小，搬運、施用成本較低，每公頃施肥成本少於 1 萬元。基於成本考量，農民難捨化學肥料而就有機肥料。

有機肥料之利用方式

目前農作環境條件下，有機肥料利用方式略分下列三種：

1. 有機栽培：因有機栽培完全不使用化學肥料，包括一些市售混含有化學肥料之有機肥料也不能使用，養分之來源除作物殘株、綠肥作物外，主要仰賴有機肥料。因單位面積所需有機肥料數量大，購買市售有機肥料所需資金龐大，生產成本高，一般有機農場以利用農場廢棄物調製堆肥使用，以降低其生產成本，且成分配方能自行掌握。對於需氮肥高及速效之葉菜類等，以選用粕渣有機肥料使用，或調製成伯卡西液肥使用。目前有機農業面積僅約 1000 公頃，有機肥料以此方式利用並不多。
2. 土地利用型作物：因產品之經濟價值並不高，購買市售有機肥料使用，以目前市價而言，難敷成本，農民意願低。以作物殘株等農場廢棄物直接使用或自製堆肥使用，及利用農地休閒期種植綠肥作物，配合化學肥料之施用，以提高農田地力，並維護農地永續生產力。

3.產量與品質並重之作物：園特產等作物除需維持相當產量，尤其重視產品之品質，以確保其經濟收益。通常以化學肥料配合有機肥料使用，可兼顧成本與產值，一般每公頃有機肥料之用量在 4-10 公噸，視產品及有機肥料價格調整其用量。如有機肥料價格低廉時可增加使用量，及擴大使用面積。在計算化學肥料用量時應將有機肥料所含要素量扣除（通常以有效性 50% 計算，依有機肥料類別性質而定），以達合理化施肥目標，此爲有機肥料最主要利用方式。

結　語

在「在肥料政策調整方案」中，自八十七年度起有機肥料之推廣使用列爲「推動合理化施肥措施」之一，以擴大推廣農民使用。惟有機肥料之推廣只仰賴政府經費補助，是相當有限的，一定要價格合理農民普遍能接受，使用後農民可獲得利益，才能大量推廣使用。目前價格偏高，只有在高經濟作物使用，用量相當有限。

目前市售有機肥料價格，以單位重量（公斤）計，與化學肥料相若，如以要素量之單價爲基礎計算，則有機肥料之價格爲化學肥料之數十倍之多。因有機肥料主要以農業及其他有機廢棄物經堆肥化處理後之副產品，其產製成本應由其原產業吸收，不計入肥料成本，大幅降低有機肥料售價，有機肥料才能普遍爲農民使用。有機肥料普遍大量使用，化學肥料被替代之量增多，可達成減少化學肥料用量之目標。

有機質肥料之登記與推廣

李蒼郎

行政院農委會中部辦公室

壹、有機質肥料之登記

前　言

肥料爲農業生產重要資材，且在所有的農業生產資材當中，影響至作物生長及產量最大，以往農作物生產所施用之肥料，僅著重氮、磷、鉀三要素。近年來農家爲提高農作物品質，對於肥料之需求已趨於多元化，據 88 年農業統計年報資料台灣地區各類化學肥料之年供需量爲 117 萬餘公噸，堆肥約爲 46 萬餘公噸，由於種類多，性質複雜，如不適當管理將危害土壤及農作物，並影響國民健康。

肥料品質良否，將直接影響農作物之收穫及農家權益，故政府爲加強肥料管理，已於 88 年 6 月 16 日公布實施「肥料管理法」，依據上開法第五條第一項規定：「肥料非經中央主管機關申請核准發給肥料登記證，不得製造、輸入及販賣」。另依該法第五條第二項規定：「肥料登記證之申請條件、程序及發證規定事項，由中央主管機關定之」。第四條規定：「肥料種類、品目及規格由中央主管機關訂定公告之」。農委會爲推動肥料管理法，乃依據該法之授權，訂定「肥料登記證申請及核發辦法」及「肥料種類、品目及規格」，並於本（八十九）年八月三十一日公布施行，作爲肥料業者申請肥料登記證及辦理肥料登記相關業務執行之依據。

肥料登記證申請辦法簡介

「肥料登記證申請及核發辦法」全文計十八條，其條文重點說明如下：

第二條明訂肥料製造業者申請肥料登記證，應檢附申請書、工廠登記文件或政府機關核准設立堆肥場文件影本、營利事業登記證影本。但依法免申辦營利事業登記證者，免附、肥料說明書、標準檢驗主管機關核發之肥料規格試驗報告、肥料標示樣張。

第三條明訂肥料輸入業者申請肥料登記證，應檢附具申請書、公司執照或營利事業登記證影本、製造國核發之肥料登記文件影本及原

製造廠出具之肥料說明書各一份;其爲外文者，應另附中文譯本。無肥料登記文件者，肥料說明書應經製造國公證或認證確屬原製造廠出具無誤後，再經我國駐外館處或其他代表機構驗證、標準檢驗主管機關核發之肥料規格試驗報告、肥料標示樣張。

第四條明訂肥料種類品目及規格規定應辦理作物毒害試驗者，申請人除檢具第二條及第三條規定文件外，應另檢具本會農業試驗所或本會指定機關(構)出具之作物毒害試驗報告。

第五條爲規範避免工業廢棄物有害物質污染農田，明訂利用或添加工業廢棄物爲原料製成之肥料，申請人應另檢具事業廢棄物再利用許可文件、事業廢棄物成分檢驗報告、有害成分委託試驗報告、作物毒害試驗報告。該肥料並應標示工業廢棄物原料名稱及其來源。

第六條明訂申請肥料登記證經本會核准發證者，應通知申請人限期繳交證照費新臺幣三千元，並領取肥料登記證;不准發證者，函復申請人。

第七至第九條明訂申請肥料登記證有效期限延、補發、換發及登記事項變更登記之申請方式，應檢附具申請書、原肥料登記證、變更登記事項之相關文件、標示樣張、證照費新台幣一千元。並規定有效期限展延期滿前六個月內提出，其餘事項應於事實發生後三十日內辦理。

第十條明訂申請人所檢送之肥料標示樣張，應符合本法第十三條規定，並不得有與該肥料無關之文字、圖案或記號，或暗示具肥料效果以外功效之用語，亦不得爲誇大、虛僞、不實或易使人誤信之表示之標示審核原則。

第十一條明訂肥料登記成分，爲該肥料之有效成分，其主成分之含量應符合規定爲審核原則。

第十二條明訂肥料登記成分，其要素有不同形態含量、不同溶性含量時，依規定應加註「內含」二字以表式之，以利農民辨識及選購。

第十三條明訂本會公告之料品目規格內未列明該項肥料品目之有害成分者，其最高含量之限制比照同種類肥料之規定;同種類之肥料未定有該項有害成分最高限制者，則以專案核定方式辦理。

第十四條明訂非屬本會公告肥料種類品目及規格之肥料，其處理原則爲申請人應檢附肥料明書、特殊成分檢具分析方法、肥料效果試驗報告、作物毒害試驗報告等相關資料，經本會審查核可後再按規定申請肥料登記證。

第十五條明訂肥料說明書，其內容包括、廠牌、商品名稱、製肥原料、製造過程、有效成分、有害成分、其他成分、成品性狀、使用

方式、使用量及注意事項等。

第十六條明訂申請肥料登記證所檢送之肥料說明書、肥料規格試驗報告、事業廢棄物成分檢驗報告、有害成分委託試驗報告、作物毒害試驗報告、肥料效果試驗報告等相關文件資料有效期限之認定爲一年，並訂各種有效文件之認定方式。

第十七條明訂肥料業者歇業、停業或復業，其肥料登記證應依本法第十條規定辦理。

有機質肥料之登記

有關「肥料種類、品目及規格」，係依製肥原料、製造過程、肥料成分、有害成分及限制事項等特性區分爲八大類、九十八個肥料品目。有機質肥料屬於第五類，包括植物質肥料、動物質肥料(含其排泄物)及其混合肥料，如禽畜糞堆肥等十四品目。

有機質肥料類包含植物渣粕肥料、副產植物質肥料、魚廢物加工肥料、動物廢渣肥料、副產動物質肥料、乾燥菌體肥料、氮質海鳥糞肥料、禽畜糞加工肥料、禽畜糞堆肥、雜項堆肥、垃圾堆肥、混合有機質肥料、雜項有機質肥料、及雜項有機液肥等十四個品目。植物性之有機質肥料，主要爲各種渣粕肥料，包括大豆粕、花生粕、亞麻仁粕、菜籽粕、棉子粕、蓖麻粕、豆腐渣等，以上肥料多含蛋白質；供爲飼料用時，價格較高；乾燥菌體肥料，亦屬植物性肥料，另魚渣、魚粉、肉渣、骨粉、羽毛粉、血粉、皮革粉、海鳥糞、禽畜糞尿等混合動物質有機質肥料。利用禽畜糞和木屑、稻殼、蒿稈等醱酵而成之禽畜糞堆肥及垃圾堆肥則屬於混合植物質有機質肥料。

貳、有機質肥料推廣

前　言

現代化的農業採集約農耕制度，及超量使用化學肥料與合成農藥來增加生產，以提高農業經營利潤的情形下，此種耕作方式長期以來，導致部份農業管理造成環境污染及劣變，包括土壤酸化、土壤生物的變遷、土壤有害物質殘留、水質污染及農產品污染等，使農耕生產力與作物品質之劣化，依據郭等(1995)調查報告，本省農田施用自給肥料公頃年平均施用量由 1962 年的 20 公噸降至 1993 年之 1.6 公噸，因此，國內遂引入倡導與環境生態協調和節省能源之永續農業(sustainable agriculture)、自然農法(nature agriculture)或有機農業(organic agriculture)等農耕管理制度與方法，企望能永恆

持續保持土壤生產力，而有機質材的應用是推動永續農業或有機農業的主要措施之一，因爲有機質材能供應作物生長所需養份，並有助於改善土壤理化性質及其團粒構造，有利於通氣、排水，增加土壤之保水能力及保肥力，提高肥料之緩效性，也可提供土壤有益微生物之活動，降低作物罹病率，及分解人爲或天然之毒性物質等功能，對農作物之產量及品質有正面的效果。

因應現代農業變遷，我國即將加入世界貿易組織(WTO)，爲提昇國內農產品競爭力，且鑒於現行農耕法缺點日益明顯，基於保護農業生產環境之理念而引入有機農業經營理念，希能於部份農田替代現行依賴化學合成物之農耕法，而能永續性利用農田生產優良農產品，有機質肥料固然可改善農地生產力，但是製造有機肥料之材料，是否含有超量之重金屬等有害成分，以及是否充分腐熟等問題，均須特別注意。

有機質肥料推廣重要性及效果

人類自古，懂得農耕生產作物以來，土壤生產作物的能力一直都是靠農場廢棄物及人、家禽、家畜排泄物，將其歸返於土壤以維持幾千年之久，雖然化學肥料之發明使農作物產量增加好幾倍，但農家及一般人認爲有機物對作物生長扮演重要角色，相當根深蒂固，有機物如上所述，除供應作物所需養份外，根據試驗研究指出，有機物具有可改善土壤理化性質及其團粒構造，有利於通氣、排水，並可增加土壤之保水能力及保肥力，提高肥料之緩效性，也可提供土壤有益微生物之活動，降低作物罹病率，及分解人爲或天然之毒性物質等功能，因此，施用有機質肥料，提高土壤有機質含量，對農作物之產量及品質有正面的效果，因此，推廣有機質肥料在本省現階段作物生產上，頗具重要性，其理由有下列四點：

1. 將來我國加入世界關貿組織(WTO)後，農產品自由進口，國內農產品如何提昇品質以抗衡外來農產品，是現階段農業發展的重要課題，而栽培農作物施用有機質肥料即是提昇農產品品質的良好手段。
2. 因應入關，肥料即將開放自由進口，作物生產將隨化學肥料漲價而增加生產成本，如何宣導鼓勵農友多施用有機質肥料代替化學肥料，以減低肥料自由化的衝擊，亦是現階段作物生產政策的重要措施。
3. 在自然保育已成爲國際潮流之際，土壤保育也引起農業界所關注，故應鼓勵農友多施用有機質肥料，以降低土壤因化肥濫用造成的土壤酸化問題。
4. 有機農業將是未來農業發展趨勢，在消費者導向下，鼓勵農民多施用有機質肥料，生產高品質的健康農產品，是農政單位的共識。

有機質肥料之種類和推廣方向

1.有機質肥料之種類及品質

以國內禽畜糞、養菇太空包及樹皮等爲材料，經充分醱酵腐熟所製成而未加入化學肥料的有機質肥料(堆肥、含牧場附設堆肥場製造之有機質肥料)，其品質符合農委會公告之肥料規格(含水量一般堆肥 35%以下，蔗渣、樹皮堆肥 40%以下，有機質含量在 60%以上，銅 0.01%，鋅 0.08%以下等)，並領有肥料登記證者爲限，惟國外進口之堆肥，未經醱酵之禽畜糞、油粕、魚渣、骨肥等均不列入輔助之範圍。

2.有機質肥料推廣計畫執行程序

有機質肥料之推廣工作，係依據農委會頒訂之「使用有機質肥料之補助要點」規定辦理，執行程序爲１農會通知農戶申請登記補助有機質肥料面積；２受補助農戶在限期內決定所需有機質肥料之廠牌；３到農會或產銷班繳納配合款；４按受補助農戶指定地點運送交貨；５農會派員查驗堆肥；６由農會或產銷班辦理核銷，並將配合款及補助款付給堆肥業者（補助作業流程如附表一）。

2.有機質肥料之推廣方向

使用有機質肥料及推廣方向應以品質良好、價格合理且可充分供應，同時對於自然生態保育有裨益者列爲重點。台灣地區於二次世界大戰前後，爲因應糧食生產，曾大力推廣有機質肥料，由學校教育及農村組織，全面推動堆肥之生產，並利用一、二期稻作之空間大量種植綠肥。在民國四十年代並由政府補助農家普遍設置水泥磚造堆肥舍。後來時勢變遷，農村人口外流，全面推行農耕機械化，在農家勞力缺乏，牛隻廄肥禽畜糞大量減少，又化學肥料充分供需狀況下，農家自給有機質肥料之生產，深受影響。

台灣地區大量飼養禽畜，已造成環境衛生和生態平衡很大壓力，但爲牽就實際形勢之需要，乃有必要在安全與衛生之原則下，利用其大量的禽畜糞，以企業化的方式製造有機質肥料，以降低生產成本並平價供予農家，則對環境衛生和資源回收均有所幫助。

傳統性之有機質肥料－堆肥，由於水分多達 65%，有時候尚會滲出污水，品質不穩定且有惡臭現象，對於搬運、施用均有困難。

提高堆肥品質，須要加強翻堆並應於室內進行後熟、風乾，以免淋雨日晒而影響個質。堆肥水分降到 35%以下，使用編織袋包裝，每包可裝 20-30 公斤，對於運搬、施用均甚爲方便，必受農家歡迎。今後製造堆肥，若由養豬之利潤中負擔一部分費用，堆肥售價適當降低，其銷售量必可大量增加。

推廣期程

1.75-79 年度計畫，係依據行政院農委會核定「改善農業產業結構，提高農民所得方案」辦理。
2.80-86 年度計畫，係依據行政院農委會核定「農業綜合調整方案」辦理。
3.87-92 年度計畫，係依據行政院農委會核定「跨世紀農業建設方案」及「肥料政策調整方案」辦理。

近年來推廣有機質肥料之概況

為配合有機農業之趨勢，鼓勵農民在不同土壤、農作物使用不同廠牌之有機質肥料，以落實施肥效果起見，從 75 年度起配合宣導農牧廢棄物醱酵製成之有機質肥料示範推廣，獎勵補助(長期作物每公頃施用 8 噸，補助 8,000 元，短期作物每公頃施用 4 噸，補助 4,000 元)，藉以教育並鼓勵農民施用有機質肥料，替代部份化學肥料使用，以增進農田生產力及提高農作物產量與品質。(75-88 年度推廣面積如附表二)、(88 下半年及 89 年度推廣面積如附表三)。

使用有機質肥料之農作物，收益較高之葡萄、梨、蘋果、水蜜桃、芒果、番荔枝、柑桔、枇杷、楊桃、鳳(蜜)梨、番石榴、蘆筍、西瓜等作物，影響品質變化較大，至於一般稻作及雜糧作物因收益低，除供試驗外，仍較難施用有機質肥料。使用有機質肥料，由於農作物品質普遍提高，不但收益增加，亦較暢銷，可解決農作物運銷問題。如有一天禽畜糞堆肥售價降為每公斤 2 元，各種農作物將可多量使用有機質肥料。

推廣有機質肥料之方向和應注意事項

1.製造商品化有機質肥料前，應先辦妥肥料登記證
為確保肥料品質，自民國 78 年 7 月起將商品化之有機質肥料列入肥料管理之範圍，依規定申請領肥料登記證後始可製造肥料。商品化生產有機質肥料有利於企業經營，可降低生產成本，將有益於有機質肥料之推廣。
2.農家自產有機質肥料，全面提高農地生產力
農家多利用有機質廢棄物生產自給肥料，能多補充土壤有機質，對於提高農地之生產力和農作品質增加農家收益甚有助益，且對於自然生態、農村環境衛生等之改善亦有幫助。
3.選購有機質肥料應注意事項
有臭味、發熱、滲出污水等反常現象，或來路不明者，皆屬偽劣肥

料。品質良好的肥料，應爲黑褐色、疏鬆狀具有土香味，同時在包裝袋上應有下列之中文標示：(1)肥料登記證字號；(2)肥料品目；(3)登記成分、性狀及包裝重量、容量；(4)肥料製造或輸入業者名稱及地址；(5)肥料製造工廠(場)名稱及地址；(6)使用方法及使用量；(7)製造年月、批號及有效期限；(8)其他經中央主管機關規定應標示之事項。

4.推廣有機質肥料之補助方式務求同一步調
爲保育農地資源及獎勵有機質廢棄物之利用，農糧、畜牧、農經等單位均積極在各地區推動有機質肥料，確是好現象，惟其推廣方式及補助標準，至有必要步調一致，以免造成基層執行單位及農民發生困擾。

5.使用有機質肥料，應配合有關措施
有機質肥料之效果已受肯定，可改善土壤理化性、微生物相及均衡供應植物營養等作物，但於施用有機質肥料同時再配合深耕，施用石灰、矽酸　渣、接入根瘤菌、種植綠肥作物、覆蓋、輪作等措施，則對於提高農地生產力，將更有裨益。

6.施用有機質肥料，應注意事項
施用有機質肥料，可供爲基肥、追肥用，無論穴施、條施或撒施，最重要者應經過覆土，以免被沖刷流失。施用有機質肥料時配合三要素複合肥料可提高肥效。未完熟堆肥施入土壤應予分散，以免引起再醱酵作物，使土壤變成還原狀態；土壤有機質含量較高之農地，多予中耕促使風化作物，亦有益於土壤之穩定。爲了提高土壤腐植質之含量，除施用禽畜糞堆肥外，甚爲必需配合施用多含木質素之稻殼，樹皮等所製成之有機質肥料。

結　語

使用有機質肥料益處，包括：防止土壤沖蝕、保護水資源、維護後代生存淨地、維護自然生態循環、節省能源、保護從事農耕者的健康、不讓化學物質上餐桌、提升水農場競爭力、達到更高社會經濟效益、品嚐更好天然風味等，台灣的農耕在過去 40 年中，大半忘了堆肥的好處，其間雖然有小部分農家若斷若續的在使用，但究竟不是很普遍，包括農業研究機構在內，採行的方法仍然偏於化學肥料，使土壤缺乏有機質、結構不良、農作物不健康、抗病蟲害力弱、缺乏風味，同時也缺乏應該會有的營養分，而台灣地區主要畜牧等豬、牛、家禽排泄物，全年可製成堆肥 250 萬公噸，確是一項農業重要資源，如何解決畜牧廢棄物之環保問題，生產有機質肥料並推廣使用，以落實農業之永續生產，已刻不容緩。

附表二、75-88 年有機質肥料示範推廣計畫辦理面積統計表

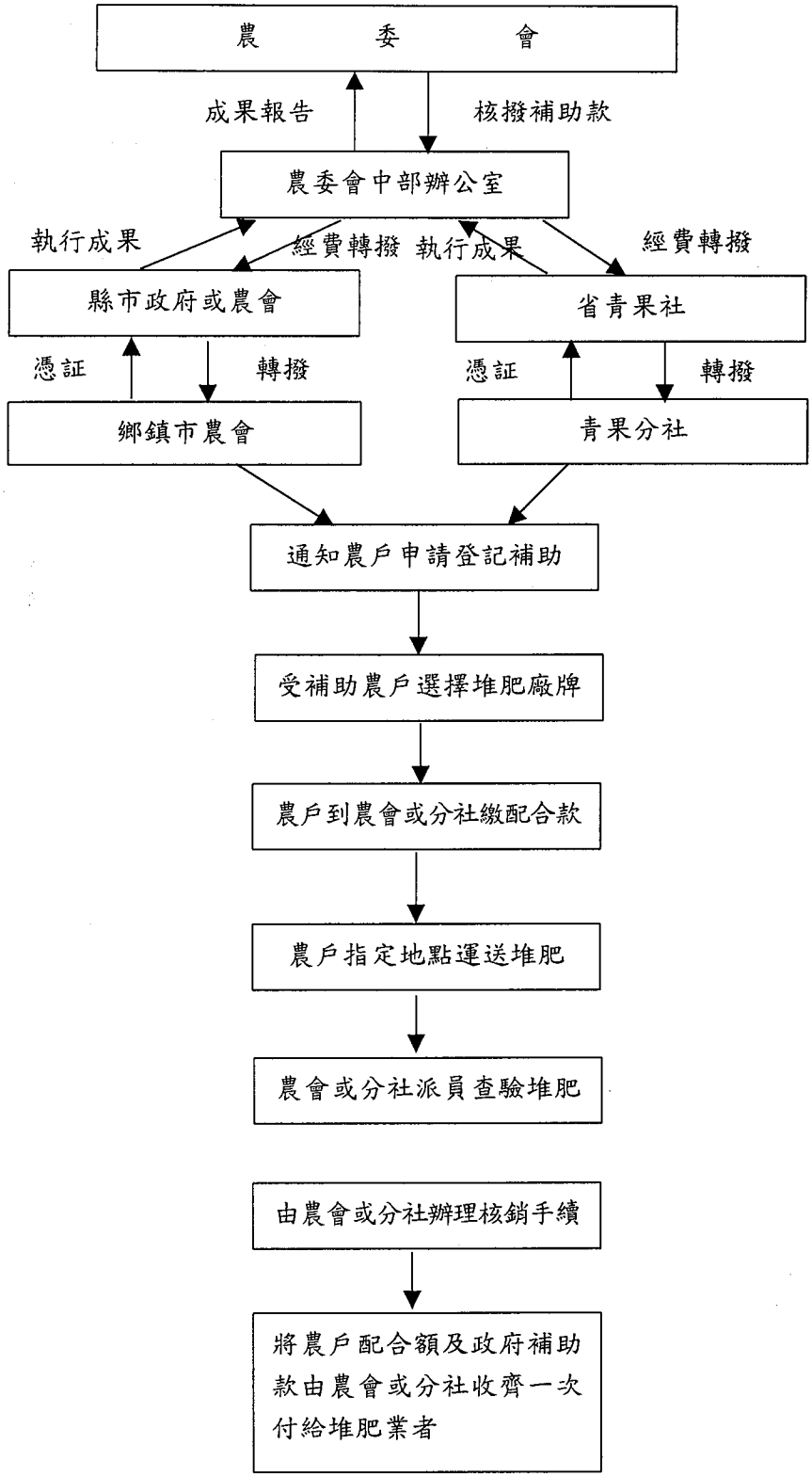
年度	小面積推廣(處)	大面積推廣面積(公頃)	政府補助款(千元)		
			農委會	農林廳	合計
75	150	45	2,000	480	2,480
76	130	39	1,000	0	1,000
77	50	635	2,500	2,948	5,448
78	59	650	2,500	3384	5,884
79	70	900	5,500	4,207	9,707
80	30	760	5,069	1,000	6,096
81	45	1,120	8,580	1,093	9,673
82	66	3,240	27,300	0	27,300
83	45	2,490	16,050	4,208	20,258
84	20	1,900	12,070	3,898	15,968
85	0	3,880	8,564	18,809	27,373
86	40	4,750	8,312	31,240	39,552
87	31	16,784	135,510	18,895	154,405
88	0	18,000	142,490	10,000	152,490
合計	736	55,193	377,445	100,162	477,607

附表三、88 下半年及 89 年度有機質肥料示範推廣計畫辦理面積表

縣　市　別	大面積推廣(公頃)	經費(千元)
台北縣	400	2,800
宜蘭縣	370	2,360
桃園縣	300	1,600
新竹縣	1,000	6,000
苗栗縣	1,310	8,360
台中縣	1,985	14,080
彰化縣	2,275	14,160
南投縣	2,090	14,600
雲林縣	1,800	10,000
嘉義縣	2,027	13,600
台南縣	1,770	11,960
高雄縣	650	4,400
屏東縣	1,843	13,204
台東縣	580	3,840
花蓮縣	300	1,800
澎湖縣	40	160
新竹市	20	120
台中市	120	880
嘉義市	40	280
台南市	100	400
金門縣	100	420
青果社	300	2,400
總計	19,420	127,424

附表一

有機質肥料推廣計畫補助作業流程



高效能植酸酵素對土壤有機磷有效性增進及有機質肥料品質影響之評估

張明暉[1]、楊秋忠[2]

[1]行政院農業委員會農業試驗所
[2]國立中興大學土壤環境科學系

摘　要

土壤有機磷約佔全磷量 30-50%，植酸是主要成分，約佔土壤有機磷 10-50%，爲達農業永續生產，如何增進土壤有機磷有效性有其重要性。唯植酸須賴植酸酵素水解作用，方能釋出無機磷供作物吸收利用。鑑於近年來利用基因工程生產高效能植酸酵素作爲動物飼料之可行性及從文獻報告得知植酸酵素確實可以增加盆栽無機磷濃度及玉米植株乾物重，故利用高效能植酸酵素應可增進酸、中性土壤中有機磷之有效性。

由於豬、家禽無法利用飼料中之植酸，必須在飼料中添加額外無機磷，因而往往造成環境中植酸磷污染，故近年來世界各國相繼研發高效能植酸酵素作爲飼料添加物，而目前已有商品化產品，唯本省畜牧業受限於價格考量，該種酵素在豬、家禽飼料添加上仍未普遍，故此類動物排泄物中當仍含有極豐富植酸，除此，米糠亦含豐富植酸。因此應用基因改良耐熱菌株產生之高效能植酸酵素，應可促進植酸水解，增進磷素有效性，適用於高磷有機質肥料生產。

另外，在飼料中添加基因工程產生之高效能植酸酵素及以低植酸含量玉米作爲飼料，均可有效減少動物排泄物造成環境中磷污染，因此日後以此類動物排泄物生產之有機質肥料，可改善目前因有機質肥料施用量依氮素需求估算所造成土壤磷過高的問題，因此，我們期能提升有機質肥料品質及多元化，使得有機質肥料製造及應用更臻完善。

關鍵詞：土壤、植酸、植酸酵素、有機質肥料

前　言

植酸(phytate)爲穀類及豆科作物植株中磷素主要貯藏形式，約佔全磷量 65%，此類作物爲人類及動物主要營養素，唯植酸無法爲缺乏植酸酵素(phytase)之單胃動物分解，如豬、家禽、魚類無法代謝植酸，致使必須另外添加無機磷於飼料中以滿足所需，結果密集式畜牧業往往造成環境中磷污染；另植酸易束縛鈣、鎂、鐵、錳、銅、鉬、鋅以及蛋白質，爲抗營養劑，因此以植酸酵素作爲動物飼料添加物，可以提高動物對飼料中植酸鹽利用率及減少環境中磷污染。而目前植酸酵素已有商品化產品上市，唯售價仍高達每公斤 900-1000 元。

根據文獻指出土壤有機磷約佔全磷量 30-50%，甚至高達 80%，其主要爲植酸，約佔土壤有機磷 10-50%；而利用本省農牧廢棄物生產有機質肥料之原始材料來源眾多，其中豬、家禽糞便以及米糠含豐富植酸，如雞糞植酸鹽含量約 1,610-3,510 $\mu g\ g^{-1}$，米糠約 60,000 $\mu g\ g^{-1}$。而植酸必需藉由植酸酵素水解作用，方能釋出無機磷供作物吸收利用。鑑於近年來利用基因選殖操作技術生產高效能植酸酵素作爲動物飼料添加物之可行性，本文擬就高效能植酸酵素應用在土壤有機磷有效性增進及有機質肥料品質提升作一探討、評估，以爲日後生物肥料及有機質肥料多元化之利用參考。

植酸酵素之回顧介紹

1907 年 Suzuki 等人首次在米糠中發現植酸酵素(phytase 或 myo-inositol-hexaphosphate phosphohydrolase)，1962 年美國 International Minerals and Chemicals (IMC) 開始著手研發植酸酵素商品化產品，其後至 1979 年代雖陸續分離發現優良菌株，如 *Aspergillus niger* NRRL 3135 syn *A. ficuum* 。而直至目前基因選殖操作之植酸酵素基因有兩個，大多分離自該種菌株，分別爲 *phyA* 和 *phyB*，其酵素活性最適合之酸鹼值，*phyA* 爲 pH 2.5 和 5.0，*phyB* 爲 pH 2.0-pH 2.5。1971 年 Nelson 等人曾以植酸酵素爲飼料添加物，可惜植酸酵素產量不高，不符經濟原則。直至 1980 年代，隨著基因選殖操作許可，產量明顯增加。荷蘭 Gist-brocades 和芬蘭 Alko Ltd 同時於 1987 年投入商品化植酸酵素研發。1991 年，Gist-brocades

選殖 *phyA*，並結合 amyloglucosidase 啓動子於 *A. niger* NRRL 3135，酵素產量比原野生種增加約 52 倍，目前該商品化植酸酵素已廣泛使用於家禽、豬之飼料添加物，且在許多國家核准上市(包括台灣)，而美國亦於 1996 年一月核准植酸酵素爲食品添加物上市。

含植酸之有機磷可經由植酸酵素水解作用，釋出無機磷以供植物吸收利用，其構造及反應式如圖一所示。植酸爲穀類及豆科作物植株中磷素主要貯藏形式，如表一所示，約佔全磷量65% (Jongbloed et al., 1990)。此類作物爲人類及動物主要營養素，唯單胃動物缺乏磷酸酵素，如豬、家禽、魚類無法代謝植酸，致使必須另外添加無機磷於飼料中以滿足所需，結果往往造成密集式畜牧業環境中磷污染；另植酸易束縛鈣、鎂、鐵、錳、銅、鉬、鋅以及蛋白質，爲抗營養劑(Janne kerovuo et al., 1998)，因此以植酸酵素作爲動物飼料添加物，可以提高動物對有機磷利用率及減少環境中磷污染。根據美國農部 1993 年統計估算，美國地區飼養之單胃動物，每年若於飼料中添加植酸酵素，則由植酸鹽水解釋出的磷素約 $1.68*10^8$ 美元，如表二所示。除此，可以減少 $8.23*10^7$ kg 磷素排放至環境中，如表三所示。

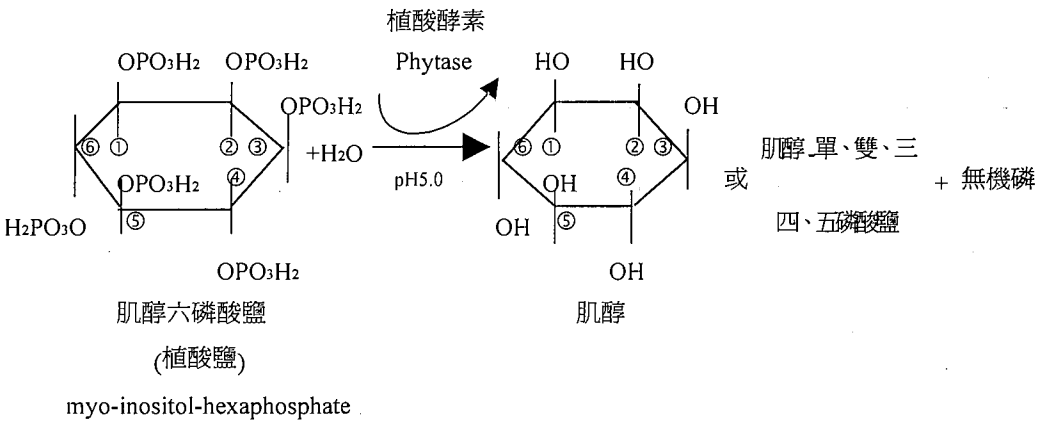


圖 1. 植酸鹽經由植酸酵素之水解反應
Source:Bing-Lan Liu, 1998

表一、植物中植酸的含量

植體	植酸含量 (% W/W)
Waldron wheat (小麥)	1.1
Waldron wheat bran (麥麩)	4.8
Wheat germ (麥胚芽)	3.9
Com (玉米)	0.9
Corn bran (玉米麩)	0
Corn germ (玉米胚芽)	6.4
Soy beans (大豆)	0.4
Soy flasks (大豆片)	0.8
Dehulled seame seeds (脫脂胡麻)	0.1
Peanuts (花生)	5.3
Dehydrated peas (脫水豌豆)	0.9
Lima beans (扁豆)	0.9
Barley (大麥)	2.5
Oats (燕麥)	0.0
Wild rice (稻米)	0.8
Sunflower seeds (向日葵)	1.9

資料取自 蔣正華，1996

表二、動物飼料中添加植酸酵素於市場價值之預估

動物	飼養數目 (美國, 1992)[a]	平均重量 (kg/隻)	餵食飼料量 (kg/隻)	飼料植酸磷濃度 (%)	每隻動物植酸利用量(kg/隻)	每年植酸磷水解量 (kg/年)	植酸中磷之總價 ($)
肉雞	6.14×10^{9}	2.01	3.8	0.21	0.008	4.91×10^{7}	6.75×10^{7}
蛋雞	3.64×10^{8}		36.4/年	0.18	0.066	2.40×10^{7}	3.32×10^{7}
鴨	1.80×10^{7}	2.95	7.08	0.21	0.015	2.70×10^{5}	3.70×10^{5}
火雞	2.89×10^{8}	9.91	26.4	0.21	0.055	1.59×10^{7}	2.19×10^{7}
豬	5.78×10^{7}	80.4	265	0.21	0.56	3.24×10^{7}	4.44×10^{7}
總計						1.22×10^{8}[b]	1.68×10^{8}

a. National Agricultural Statistics 1993.

b. 134,082 Tons.

Source:Rudy J. Wodzinski and A. H. J. Ullah, 1996

表三、動物飼料中添加植酸酵素對磷污染減少之影響

動物	飼養數目(美國, 1992)[a]	平均重量(kg/隻)	餵食飼料量(kg/隻)	每隻動物排泄物中磷含量(g)		每年排泄物中磷減少量(kg)
				飼料中添加無機磷	飼料中添加植酸酵素	
肉雞	6.14×10^{9}	2.01	3.8	14.5	8.4	3.75×10^{7}
蛋雞	3.64×10^{8}		36.4/年	139/年	80.5/年	2.20×10^{7}
鴨	1.80×10^{7}	2.95	7.08	27(估計)	15.6(估計)	2.81×10^{5}
火雞	2.89×10^{8}	9.91	26.4	101(估計)	58.5(估計)	1.69×10^{7}
豬	5.78×10^{7}	80.4	265	271(估計)	177	5.62×10^{6}
總計						8.23×10^{7}[b]

a. National Agricultural Statistics 1993.

b. 90,000 Tons.

Note. 134,082 of P=total value of \$ 1.68×10^{8}

Source:Rudy J. Wodzinski and A. H. J. Ullah, 1996

植酸酵素的來源如表四所示，(1).植物性來源：穀類、豆科以及某些種子及花粉富含該酵素。(2).動物性來源：該酵素存在脊椎動物紅血球及血漿中以及哺乳動物小腸中。(3).微生物：可分爲細菌與真菌，細菌諸如 *Aerobacter aerogenes* (Greaves et al.,1967)，*Bacillus subtilis* (Shimizu,1992)，*Pseudomonas* sp.(Cosgrove,1970)；真菌如 *Aspergillus spp.* (Ullah and Gibson,1987)以及酵母菌(Greenwood and Lewis, 1977)。一般由真菌產生之植酸酵素爲胞外酵素，而由細菌產生者，除了 *Bacillus subtilis* 和 *Enterobacter* 爲胞外酵素，一般爲胞內酵素(Liu et al., 1998)。植酸酵素依其來源及作用方式，可區分爲 3-phytase(EC 3.1.3.8)和 6-phytase(EC 3.1.3.26)兩種，前者源自微生物，後者源自植物。 植物雖亦可生產植酸酵素，目前亦有轉基因植物作爲飼料添加物，但費時且不易量產，故一般以微生物來生產(曾，1998)。一般，植酸酵素最適酸鹼值爲 pH 4.5-6.0，最適溫度爲 45-60℃。而目前商品化產品均不耐熱，爲日後研究重點。

表四、植酸酵素之來源與特性

種類	來源	分子量(kDa)	適當溫度(℃)	適當 pH
細菌	*B. subtilis*	36-38	60	6.0-6.5(6.25)
	E. coli	42	55	4.5
	Enterobacter	-	50	7.0-7.5
	K. aerogenes	10-13,700	60-70	4.5,5.2(3.7)
	Pseudomonas	-	-	5.5
真菌	*A. ficuum*	85-100	55-60	4-6(4.5)
	A. niger	200	53	5.5
	A. terreus	214	70	4.5
	A. oryzae	120-140	50	5.5(4.5)
	R. oligosporus	-	55	4.5
酵母菌	*S. casterllii*	490	77	4.4
	Bakers' yeast	-	45	4.6
植物	油菜籽	-	50	5.2
	南瓜	66.5	48	4.8
	麝香百合	88	55	8.0
	玉米	76	55	4.8
	綠豆	160	57	7.5
	大豆	60	55	4.5-4.8(5.5)
	小麥	68	45	6.0
	麥麩	47	55	5.0-5.6,7.0
動物(腸黏液)	人類	-	-	7.4
	雞	-	-	8.2
	小牛	-	-	8.7
	老鼠	70-90	-	7.0,7.5-7.8

Source：Bing-Lan Liu et al., 1998

土壤有機磷之性質

土壤有機磷含量約佔全磷量 30-50% (Paul and Clark, 1989)，甚至高達 80% 。土壤有機磷含量明顯受母岩影響，一般石灰性土壤、沖積土以及湖中黏土含量低，而玄武岩、火山灰、鹼性火成岩較高；而黏土之有機磷含量高於粗質地土壤，但較腐植質土壤低；另有機磷多以大分子化合物存在，主要與黃酸(fulvic acids)結合，其次與腐植酸(fumic acids)，而腐植素(humins)幾乎不含磷素。Walker and Adams(1959)研究結果顯示：有機磷含量隨降雨量及平均溫度增加而減少。其他影響土壤有機磷含量之因子包括：排水、土壤酸鹼度、耕犁情形等。排水不良土壤，有機磷含量較少；土壤有機磷含量一般隨土壤酸鹼度減少而增加，隨耕犁操作而減少。

土壤有機磷一般區分爲三大類，即肌醇磷酸鹽(inositol phosphates)、磷脂質(phospholipids)、核酸(nucleic acids)，如表五所示，其主要爲肌醇磷酸鹽，該分子可能與碳水化合物或蛋白質形成複合物，主構造可能含有六、五、四、三、二個磷酸，依植酸酵素水解程度而定，而土壤中以含有六、五個磷酸佔大多數，其它較低分子者很少。其中含有六個磷酸之肌醇磷酸鹽即植酸(phytate 或 phytic acid 或 myo-inositol hexaphosphate)，其若含有鈣-鎂則通稱爲植酸鈣鎂(phytin)。植酸爲主要之土壤有機磷，約佔 10-50% (Alexander, 1977)。植酸鹽爲磷酸酯化合物，主要爲正磷酸單酯。且長期試驗施用過磷酸鈣，土壤有機磷多以正磷酸單酯聚積(Condron et al., 1985)。

表五、土壤有機磷種類之分佈比例

土壤來源	有機磷%		
	肌醇磷酸鹽	磷脂質	核酸
澳洲	0.4-38	-	-
孟加拉	9-83	0.5-7.0	0.2-2.3
英國	24-58	0.6-0.9	0.6-2.4
加拿大	11-23	0.9-2.2	-
紐西蘭	5-43	0.7-3.1	-
奈及利亞	23-30	-	-
美國	3-52	-	0.2-1.8

Source : Dalal, 1977

利用基因工程改良菌株分泌之植酸酵素增進土壤有機磷之有效性

磷爲肥料三要素，爲農業作物生產之必需營養素，其來自礦石開採，終有用盡耗竭之日，故爲達農業永續性，如何增進土壤磷有效性有其重要性。耕作土壤雖經長年大量施磷肥，但多爲土壤固定累積，致使土壤中磷之有效性甚低，不易被作物吸收利用。一般磷肥施入一年生作物土壤，回收之磷素不超過 20%(楊，1993)，此被土壤固定的磷素就如同存放在銀行的貨幣，若未經提領使用，即無法發揮效用。而土壤有機磷有效性之增進有賴磷酸酵素(phosphatase)水解作用釋出

無機磷以供植物利用。一般凡能催化磷酸酯水解反應之酵素通稱爲磷酸酵素，文中提及之「植酸酵素」係磷酸酵素的一種，其名稱係根據酵素對基質專一性之特性。

台灣土壤中究竟含有多少有機磷？根據馬氏 1978 分析資料，一般土壤無機磷含量高於有機磷，但部分酸性土壤有機磷含量高於無機磷，且一般酸性土壤有機磷含量高於石灰性土壤，如表六所示。而穀類、豆科作物廣佈於世界各地，提供人類及動物養分主要來源，植酸爲其重要儲存形態，若能利用植酸酵素將其水解出無機磷，必能增加土壤磷素地力進而達永續利用之目的；至今，關於植酸酵素對土壤磷有效性之文獻不多，1993 年 Günter 等人曾於砂耕盆栽試驗觀測添加不同濃度（0，0.01，1 μl/pot）植酸酵素對植酸鈣鎂（2 mM phytin）磷有效性之影響，結果顯示：經過 20 天生育期，添加 1μl 植酸酵素，確可增加無機磷濃度約 10 倍左右（如圖 2. a），且植株對磷吸收增加 2.5 倍（如圖 2.b），以及植株乾物重增加 32% （如圖 2.c），除此，作者繼而以 3 種不同低磷土壤(Heide, Loess, Nhasamba)進行盆栽試驗，每盆植酸鈣鎂（phytin）磷施用量分別爲 0，320，1000 和 3200 μmol，植酸酵素 0，1 或 10 μl，結果如圖 3 所示：若未施用植酸酵素，植株乾物重變化不明顯。且由變方分析得知植酸鈣鎂和植酸酵素之之添加確實會影響植株乾物重。除此，1997 年 Richardson 等人從土壤篩選獲得之螢光性 *Pseudomonas spp* (*P. mendocina* CCAR31 和 CCAR60)具分泌植酸酵素的能力，且其從植酸釋出之無機磷高達 81%。今台灣耕地土壤以酸、中性佔大多數，而植酸酵素最適酸鹼值爲 pH 4.5-6.0，故應用於酸、中性土壤應較適宜。而近日隨著分子生物學基因調控操作技術之進步，以基因工程菌株生產高效能植酸酵素，增進酸、中性土壤有機磷之有效性當爲可行。

表六、 台灣地區土壤有機磷、無機磷含量

土壤	土系	土類	有機磷	無機磷	植生
			------μg g^{-1}------		
1	龍崗系	紅壤	181	361	水稻
2	龜山系	紅壤	88	75	水稻
3	平鎮系	紅壤	139	100	茶樹
4	陳厝寮系	紅壤	117	161	甘蔗
5	老埤系	紅壤	365	273	鳳梨
6	淡水系	紅壤	232	144	芒草
7	二林系	粘板岩老沖積土	117	631	水稻
8	二水系	粘板岩老沖積土	120	948	水稻
9	善化系	台灣粘土	115	493	水稻
10	麻豆系	砂頁岩新沖積土	110	752	甘蔗
11	座駕系	砂頁岩非石灰性新沖積土	126	257	水稻
12	花壇系	粘板岩新沖積土	220	583	水稻
13	五魁寮系	粘板岩老沖積土	218	423	蓮霧、檳榔

資料整理自馬清華，1978

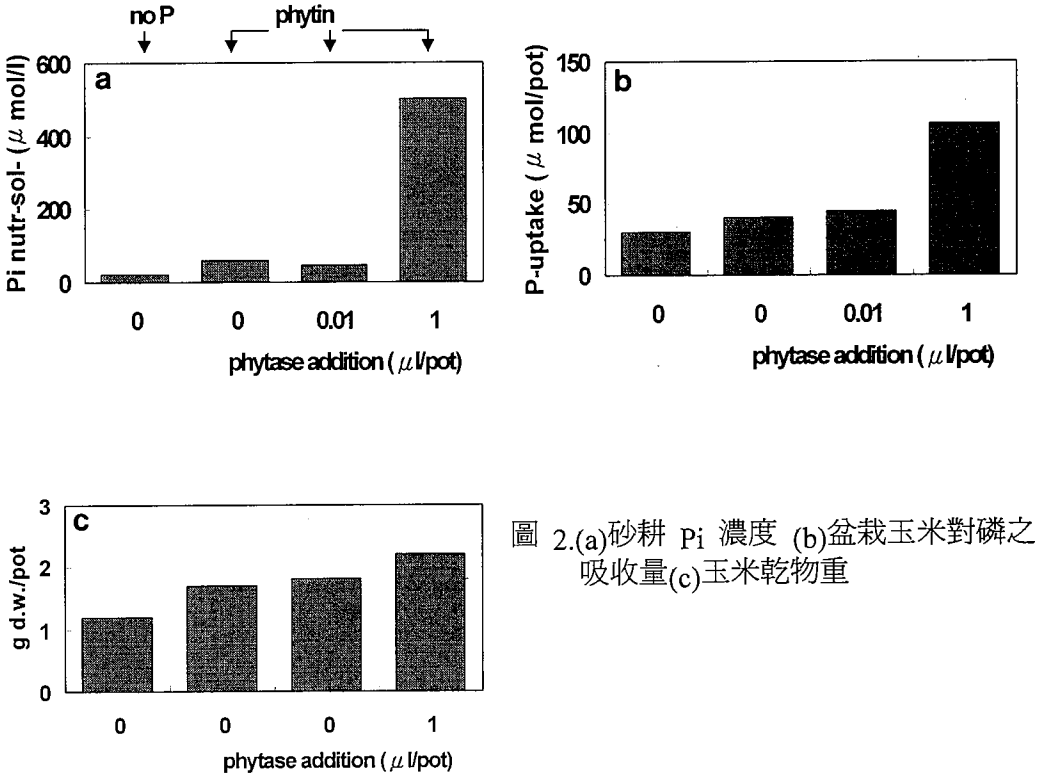


圖 2.(a)砂耕 Pi 濃度 (b)盆栽玉米對磷之吸收量(c)玉米乾物重

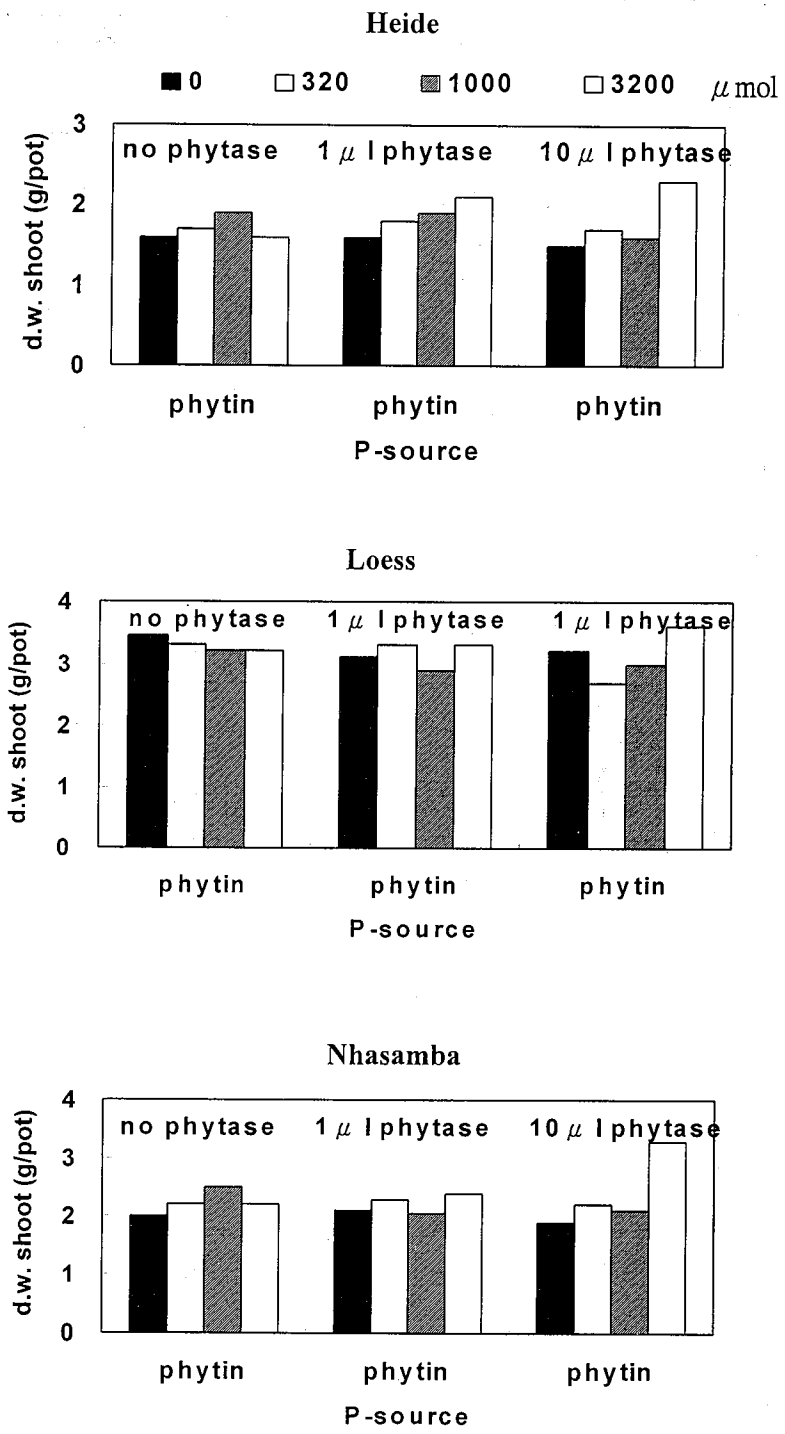


圖 3.三種不同土壤，植酸鈣鎂添加植酸酵素之後，
對玉米地上部乾物重之影響

基因工程應用於有機質肥料品質提升之探討

近年來基因工程改良菌株生產高效能植酸酵素作爲飼料添加物，在植酸水解成無機磷反應上，可謂神奇的（Novel）、不可思議的（Fabulous），今日，本省畜牧業者受限於經濟考量，該酵素在豬、家禽飼料添加應用上仍未普遍，故此類動物排泄物中當含有極豐富之植酸及部分未被消化吸收之無機磷，如雞糞植酸含量約 1,610-3,510 μg g^{-1}(Peperzak et al., 1959)；另米糠亦含有豐富植酸約 60,000 μg g^{-1}(Azhar et al., 1998)。因此以這些廢棄物作爲有機質肥料生產資材，在堆積腐熟過程中接種基因工程改良耐熱菌株生產之高效能植酸酵素，應可促進其植酸鹽水解，增進磷素有效性，適用於生產高磷有機質肥料。唯此方法生產之有機質肥料可能不適用於密集式栽培模式，蓋目前有機質肥料施用量多依氮素需求估算，長期施用結果恐有土壤磷素過高之虞，如本省某些蔬菜專業區溫網室栽培，年期作數達 9-10 作，土壤磷素過高、養分不平衡，可能造成土壤有效性鐵、鈣降低，作物發生缺鐵、缺鈣現象。雖然土壤對磷素具有很強固定能力，但當磷素濃度超過土壤吸附容量時，多餘的磷素仍會隨灌溉水逕流或淋洗至河川、湖泊，造成優養化現象，使得河川、湖泊缺氧，最後導致魚蝦大量死亡。

另外利用基因工程的方法減少動物飼料中植酸含量，提高對磷吸收效率，因而減少排泄物中磷對環境的污染，是世界各國未來之趨勢，是故日後亦將間接影響有機質肥料品質。謹此就近年來高效能植酸酵素作爲飼料添加物及低植酸含量飼料研發情形及期後對有機質肥料品質影響作一說明：

1. 高效能植酸酵素：

過去高效能植酸酵素大多由基因工程改良菌株產生，根據 Cromwell et al.,1993 年研究指出，飼料中添加植酸酵素餵食豬隻，其對磷之利用率由 15%增至 43%；另 Kornegay 1996 年亦發現肉雞飼料中添加植酸酵素，肉雞磷排泄量減少 24%。目前中央研究院余淑美博士研究室正利用基因工程的方法，將高效能植酸酵素基因轉殖至水稻及甘藷，以大量生產高效能植酸酵素作爲飼料添加物，以降低生產成本。

2.低植酸含量飼料玉米

動物飼物含高量植酸不利於動物養分吸收利用，美國 Victor A. Raboy,1997 年曾利用突變技術研發低植酸含量玉米，該植酸含量遠

低於原野生種 66%，但仍具有高量無機磷，有利動物對飼料中磷素吸收利用。

3.高效能植酸酵素和低植酸含量玉米之應用對日後有機質肥料品質之影響

飼料中添加高效能植酸酵素，可促進飼料中植酸水解成爲無機磷供動物吸收利用，不必另外再添加無機磷並減少植酸和蛋白質結合，使得蛋白質消化率增加，如此也減少了氮肥排出量；而低植酸含量飼料玉米亦具異曲同功之效，即可以減少動物排泄物中磷素過高，改善目前有機質肥料施用量依氮素需求估算造成土壤磷素過高之現象。

結　語

土壤中磷素有效性低，故如何增進土壤中磷素有效性，過去即引起廣泛研究，不過多偏重土壤無機磷方面，然土壤有機磷在磷循環亦扮演著重要角色，而政府自八十四年起積極發展有機農業，在施肥管理方面，倡導不施化學肥料或減少化學肥料使用，以有機質肥料取代化學肥料，而有機質肥料原始資材大取自豬、家禽排泄物，該廢棄物中含有豐富植酸。除此，水旱田輪作制度爲土壤地力增進之重要對策，而穀類、豆科爲常見之輪作作物，此類作物含豐富植酸。而植酸是土壤有機磷之主要成分，唯需賴植酸酵素水解作用釋出無機磷方可供作物吸收利用，故利用高效能植酸酵素增進酸、中性土壤有機磷有效性，當爲可行。因此，期能利用基因改良之工程菌株生產高效能植酸酵素，研發生物肥料取代部份化學肥料施用，以增進土壤有機磷有效性。

有機質肥料的施用不但可提供作物生長所需之養分，改善土壤理化性質及微生物活性，更可解決本省大量農牧廢棄物造成之環境污染問題。而豬、家禽排泄物以及米糠含有豐富植酸，利用基因工程改良耐熱菌株生產之高效能植酸酵素當可促進植酸水解，增進磷素有效性，適用生產高磷有機質肥料。

另外，近年來利用基因工程的方法，減少動物飼料中高植酸含量造成環境磷污染問題，是世界各國未來之趨勢，其中高效能植酸酵素作爲飼料添加物及低植酸含量飼料玉米，可以有效減少動物排泄物中磷素過高，改善目前有機質肥料施用量依氮素需求估算，造成土壤磷素過高之缺失。因此，我們期能提升有機質肥料品質及多元化，使得有機質肥料製造及應用更臻完善。

參考文獻

1. 馬清華。1989。台灣土壤磷模式基礎資料之建立。國立台灣大學農業化學研究所碩士論文。
2. 曾雅秀、方繼。1998 *pencillium simplicissimum* W46 胞外植酸酉每之生產、純化及特性分析。中國農業化學會誌 36:598-611。
3. 楊秋忠。1993。土壤與肥料(第五版)。農世股份有限公司，台中。
4. Cosgrove, D.J. 1970. Inositol phosphate phosphatases of microbial origin. Inositol phosphate intermediates in the dephosphorylation of myo-inositol, scyllo-inositol, and D-chiro-inositol by bacterial (*Pseudomonas* sp.) phytase. Aust. J. Biol. Sci. 23:1207-1220.
5. Condron, L. M., K. M. Goh, and R. H. Newman. 1985. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by ^{31}P nuclear magnetic resonance analysis. J. Soil Sci. 36:199-207.
6. Cromwell, G. L., T. S. Stahly, R. D. Coffey, H. J. Moneque, and J. H. Randolph. 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs J. Anim. Sci.71:1831-1840.
7. Dalal, R. C. 1977. Soil organic phosphorus. Adv. Agron. 29:83-117.
8. Ertl D. S., K. A. Young, and V.Raboy. 1998. Plant genetic approaches to phosphorus management in agricultural production. J. Environ. Qual. 27:299-304.
9. Findenegg, G. R. and Nelemans J. A. 1993. The effect of phytase on the availability of P from myo-inositol hexaphosphate (phytate) for maize roots. Plant and Soil. 154:189-196.
10. Greaves, M.P. Anderson, G. and Webley, D.M. 1967. The hydrolysis of inositol phosphates by *Aerobacter aerogenes.* Biochem. Biophys. Acta, 132:412-418.
11. Greenwood, A. J. and Lewis, D. H. 1997. Phosphatase and the utilisation of inositol phosphate by *Aerobacter aerogenes.*

Biochim. Biophys. Acta,132: 412-418.
12. Harrison A. F. 1987. Soil organic phosphorus. C.A.B International.
13. Islam, A. and B. Ahmed, 1973. Distribution of inositol phosphate, phospholipids and nucleic acids and mineralization of phosphates in some Bangladesh. J. Soil Sci. 24:193-198.
14. Janne kerovuo, Marko Lauraeus, Paivi Nurminen, Nisse Kalkkinen, and Juha Apajalahti. 1998. Isolation, characterization, molecular gene cloning, and sequencing of novel phytase from *bacillus subtilis*. Applied and Environmental Microbiology 64(6):2079-2085.
15. Kornegay, E.T., D. M. Denbow, Z. Yi and V. Ravindran. 1996. Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soyabean-meal-based diets containing three levels of non-phytate phosphorus. B. J.Nutr. 75:839-852.
16. Kasim A. B. and H. M. Edwards Jr. 1998. The analysis for inositol Phosphate forms in feed ingredients. J. Sci.food Agric. 76:1-9.
17. Liu, B. L., Amjad Rafig., Yew-Min Tzeng, and Abdul Rob 1998 The induction and characterization of phytase and beyond. Enzyme and Microbial Technology 22:415- 424.
18. Peperzak, P., A. G. Galdwell, R. R. Hunziker and Black, C. A. 1959. Phosphorus fractions in manures. Soil Sci. 87: 293-302.
19. Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989. Soil microbiology and biochemistry.Academic Press, New York. P.222-232.
20. Richardson, A.E., and P. A. Hadobas.1997. Soil isolates of *pseudomonas* spp. that utilize inositol phosphate. Can. J. Microbiol. 43 : 509-516.
21. Stewart B. A. 1991. Chemistry of phosphorus transformations in soil. Springer-Verlag New York Inc.16.
22. Shimizu, M. 1992. Purification and characterization of phytase from *Bacillus subtilis* (natto) N-77. Biosci. Biotechnol. Bio-chem.58:1266-1269.
23. Ullah, A. H., and D. M. Gibson. 1987. Extracellular phytase

(E.C.3.1.3.8) from *Aspergillus ficuum* NRRL 3155: Purication and characterization. Prep. Biochem .17:63-91.

24. Ullah, A. H., and R. J. Wodzinski. 1996. Phytase. Adv. Appl. Microbiol. 42 : 263-302.

以微生物提昇菇類木屑堆肥品質之研究

簡宣裕　鄭金滿 林美娟 鄭智馨

行政院農業試驗所農業化學系

摘　要

將篩選到的溶磷菌與固氮菌於金針菇木屑堆肥中繁衍增殖，研製出含豐富有益微生物的堆肥，微生物存活及高族群密度可以維持 21 天。有益微生物接種于金針菇木屑堆肥，盆栽試驗結果顯示堆肥與土壤以 1：200 混合施用，看不出有益微生物接種于堆肥有顯著促進甘藍菜與玉米生長的效果，當堆肥用量提昇爲 1：40 時，有益微生物接種于堆肥才顯著有促進甘藍菜與玉米生長的效果。金針菇木屑堆肥接種有益微生物 7 天至 14 天後施用於土壤，較能促進甘藍菜與玉米的生長。

關鍵詞：有益微生物、金針菇木屑有機質肥料

Summary

In Taiwan, there are lots of agricultural wastes produced each year. It should cause a big problem of environmental pollution, if they are not well treated. In order to protect ecosystem balance and maintain good quality of environment, reusing agricultural organic wastes should be encouraged and taken action. Using agricultural organic wastes to produce organic fertilizers apply to field as providing nutrients for the crops is a proper way. Beneficial microorganisms can dissolve insoluble phosphate compounds of soil, fix nitrogen to biomass from air, mineralize organic compounds to release nutrients, and secrete promoting plant growth substances. General speaking, composts have fewer beneficial microorganism populations and slower nutrient releasing rates than those of chemical fertilizers. The objectives of the study were to use beneficial microorganisms, such as

nitrogen-fixing bacteria and phosphate-solubilizing bacteria, to promote the quality of wasted winter mushroom sawdust compost. Investigating its effect on the growth of kale, cabbage, and corn. The results showed that the compost applied to soil at a rate of 1:200, the effect of the compost on the fresh weight of kale was significant, but not for that of cabbage or corn crop. As the application rate rose up to 1:40, the effect of the compost on the fresh weights of cabbage and corn crop increased significantly.

前　言

臺灣每年有大量農業廢棄物產生（林與簡，1995；1998），其實此些農產廢棄物通常含有相當量的養分，其三要素含量可分別爲年化學用量的 58 %、233 % 及 110 %（張，1995），若這些農業廢棄物未加以妥善處理，則不但甚爲可惜，且會造成相當嚴重的環境污染，影響到國人的生活品質、衛生與健康，故爲了生態系統及環境的維護與保育，這些農業廢棄物如何加強處理、利用及用來產製有機質肥料回歸於農田，增進土地生產力，是值得重視與鼓勵。有益微生物，如 *Trichoderma viride* 與 *Bacillus subtilis* 可以降解木質纖維素（lignocellulose）等大分子有機化合物合成腐植質（humic substance）（Requena 等，1996），*Azotobacter sp.*、*Azospirillum brasilense* 及 *Bacillus sp.* 等可以釋出促進植物生長物質（1993；Brito 等，1995 及 Requena 等，1997）及作物生長需要的養分（Hassink 等，1995）。又有益微生物分泌檸檬酸、草酸及蘋果酸等之有機酸與磷酯酵素、核酸酵素及植酸酵素等之磷酸酵素（phosphatases）可以溶解或降解土壤中難溶無機磷化合物及有機磷化合物（楊秋忠，1989；Illmer 等，1992 及 Tanaka 等，1989）及固定空氣中氮素（Döbereiner 等，1975；Sloger 與 Owens，1978；Mertens 與 Hess，1984；Benson 等，1988 及 Janzen 與 McGill，1995）。而一般堆肥或有機質肥料的養分釋放速率較緩慢，肥效遠不如化學肥料（Tanaka 等，1989），且堆肥中有益微生物的族群數很少（Zucconi 等，1985），豬糞堆肥、牛糞堆肥、雞糞堆肥、金針菇木屑堆肥及香菇木屑堆肥的固氮細菌與溶磷細菌的族群數皆分別小於 10^3 cfu / g compost 與 10^4 cfu / g compost（簡，1998）。故

研發增加固氮細菌、溶磷細菌及促進作物生長之菌株於有機質肥料的族群數，以提昇其品質，增進對作物的肥效，是很有意義的試驗研究。本研究擬以菇類木屑堆肥當做培養有益微生物的介質，研製出含豐富有益微生物族群之有機質肥料，可增進其肥效及促進作物生長，不但可以快速處理及消耗掉大量農業廢棄物，有利於農業生態與環境保護及國人衛生保健，維護大眾生活品質，且有利於有機農業推行，生產出健康有機農產品，使農業能永續的經營。

於金針菇木屑堆肥中增殖有益微生物之探討

一般而言腐熟堆肥中含有益微生物，如固氮細菌、溶磷細菌等的數目很少 (Zucconi, 1985; 吳繼光與簡宣裕, 1995) 。經本試驗取樣測定的結果，豬糞堆肥、牛糞堆肥、雞糞堆肥、金針菇木屑堆肥、香菇木屑堆肥的固氮細菌族群數與溶磷細菌族群數,皆分別小於 10^3 cfu/g compost 與 10^4 cfu/g compost （表一）。

若將溶磷細菌與米糠混合後接種于金針菇木屑堆肥中，經 7 天後，堆肥的溶磷細菌數目可達 10^9 cfu/g compost，於試驗進行至 14 天及 21 天時，溶磷細菌族群數仍分別還有 1.3×10^8 cfu/g compost 與 5.1×10^7 cfu/g compost （表二），還是遠高於金針菇木屑堆肥背景的溶磷細菌族群數 1.6×10^4 cfu/g compost 。金針菇木屑堆肥同時添加固氮細菌與米糠處理，於試驗進行 7 天時，每克堆肥樣品的固氮細菌族群數爲 6.4×10^8 cfu/g compost ，遠比其他處理者多，試驗進行至 21 天時，固氮細菌族群數仍比堆肥背景的固氮細菌族群數 3×10^4 多 10^3 倍 （表三）。

表一、幾種有機質肥料的有益微生物族群數目

Organic fertilizers	Beneficial microorganism populations	
	PSB	NFB
	---------- cfu / g compost----------	
Swine feces compost	3.5×10^2 b	3.3×10^3 a
Cattle feces compost	$< 10^2$ c	2.2×10^3 b
Chicken feces compost	4.1×10^2 b	2.5×10^2 b
Winter mushroom Sawdust waste compost	5.6×10^2 a	2.3×10^3 b
Shiitake mushroom Sawdust waste compost	$< 10^2$ c	5.5×10^2 c

Mean values in the same column by the same letter, are not significantly different ($p > 0.05$) by Duncan's multiple-range test

表二、溶磷細菌接種于金針菇木屑堆肥不同時間後之族群數

Times	Treatments	PSB populations (cfu/g compost)
7 Days	A	6.1×10^5
	B	9.3×10^5
	C	4.8×10^9
14 Days	A	1.0×10^4
	B	3.7×10^4
	C	1.3×10^8
21 Days	A	1.2×10^4
	B	1.3×10^4
	C	5.1×10^7

Treatment A: compost + liquid cultural medium. Treatment B: compost + PSB suspension.
Treatment C: compost + PSB suspension + rice bran. Background PSB population of compost was 1.6×10^4 cfu/g.

表三、固氮細菌接種于金針菇木屑堆肥不同時間後之族群數

Times	Treatments	NFB populations (cfu/g compost)
7 Days	A	1.4×10^6
	B	1.5×10^6
	C	6.4×10^8
14 Days	A	1.8×10^6
	B	2.8×10^6
	C	4.5×10^7
21 Days	A	5.1×10^5
	B	1.0×10^6
	C	4.5×10^7

Treatment A: compost + liquid cultural medium. Treatment B: compost + NFB suspension. Treatment C: compost + N-fixing bacterium suspension + rice bran. Background NFB population of compost was 3.0×10^4 cfu/g.

接種有益微生物于金針菇木屑堆肥不同時間後施用於土壤對作物生長的影響

溶磷細菌 TARIB9 及固氮細菌 TARIB55 與米糠混合後接種于於堆肥中，經 0 天、 7 天及 14 天之後，以 1 : 200 比例施用於盆栽土壤，試驗結果顯示芥蘭菜鮮株重分別爲液體培養基與米糠混合後添加於堆肥處理者的 118 % 、 126 % 及 120 % ， 2 種處理間達顯著差異。有益微生物與米糠混合後接種于堆肥，經 7 天之後施用於土壤，對芥蘭菜株重的生長效益最好。

對於甘藍菜及玉米而言，仍然以有益微生物與米糠混合後接種于堆肥 7 天後施用於土壤，最有利其生長，但在與液體培養基和米糠混合後添加於堆肥處理者的株重差異皆不顯著。

此與甘藍菜和玉米植株較大，在堆肥以 1:200 比例施入土壤，於盆栽進行 3 至 4 星期時，植株即顯出養分不足情形，而影響到有益微生物添接種于堆肥對作物的生長效益有關。

將含豐富有益微生物金針菇木屑堆肥的用量提高，使與土壤混合比例爲 1:40 ，再次進行評估試驗。試驗結果顯示甘藍菜因堆肥用量的提高，獲得較多的養分，改善了養分缺

乏的問題，故有益微生物與米糠混合後接種于堆肥經 7 天後施用於土壤之處理，可比對照處理及液體培養基與米糠混合後添加於堆肥處理者有較顯著的株重，而讓有益微生物發揮出效益。同樣的，堆肥用量的增加亦改善了玉米養分缺乏問題，有益微生物與米糠混合後接種于堆肥，經 0 天、 7 天 及 14 天後施用於土壤，皆顯著的比對照處理者的植株重，可顯現出有益微生物促進玉米生長的效益。

含豐富有益微生物金針菇木屑堆肥以較高用量施入土壤對作物生長效益的影響

爲了評估高堆肥用量時，對作物生長的效益是否大部份來自接種有益微生物的貢獻，故將有益微生物與米糠混合後加以滅菌，添加於堆肥，經不同時間後施入土壤，當做對照處理的一種，進行盆栽試驗。

試驗結果顯示有益微生物與米糠混合後接種于堆肥，經 0 天、 7 天、 14 天及 28 天後施入土壤之試驗處理的芥蘭菜株重與有益微生物與米糠混合後滅菌然添加於堆肥處理者的株重皆差異不顯著，但此 2 試驗處理皆比液體培養基與米糠混合後添加於堆肥處理者的株重顯著的重，此表示有益微生物與米糠混合 48 小時，所產生的養分或者是促進作物生長的化合物，對於芥藍菜株重所效益的影響所致。

對甘藍菜的鮮株重而言，有益微生物與米糠混合後接種于堆肥，經 0 天及 7 天之後施用於土壤處理者的株重分別爲 331 g 與 353 g ，皆比有益微生物與米糠混合後經滅菌添加於堆肥處理者的株重 311 g 與 338 g 爲重，且差異顯著，而有益微生物與米糠混合後經滅菌後添加於堆肥處理者的株重，與液體培養基與米糠混合後添加于堆肥理者的株重爲重差異不顯著，顯示有益微生物與米糠混合後接種于堆肥中，在 7 天之內施用於土壤，可以有效促進甘藍菜的生長效益。

有益微生物與米糠混合後接種于堆肥經 0 天、 7 天及 14 天後施用於土壤，可使玉米株重顯著的比有益微生物與米糠混合後經滅菌添加於堆肥處理者顯著的重，且有益微生物與米糠混合後經滅菌添加於堆肥處理者的株重，比液體培養基與米糠混合添加於堆肥處理者顯著的較重，顯示有益微生物與米糠混合後接種于堆肥中，於 14 天內施用於土壤，可使有益微生或有益微生物於培養過程所產生的化合物發揮出對玉米生長效益顯著的影響。

結　論

綜合上述的資料，可以知道有益微生物與米糠混合後接種于堆肥，以在 7 天至 14 天之內施用於土壤中，較有可能使有益微生物發揮對芥藍菜、甘藍菜及玉米生長效益顯著的影響。當堆肥施用量低時，有益微生物與米糠混合後接種于堆肥處理者對甘藍菜及玉米的生長效益的影響較小，此與甘藍菜與玉米植株較大，對養分的需求量也就相對的較多，低堆肥施用量不能滿足甘藍菜與玉米植株正常生長時的營養需求，植株因養分不足，限制其正常生長，而影響到有益微生物促進甘藍菜與玉米生長的效益，當堆肥施用量提高時，有益微生物與米糠混合後接種于堆肥處理，才逐漸顯現出促進甘藍菜與玉米生長的效益影響。

故有益微生物與米糠混合後接種于堆肥處理對作物生長、株重效益的影響，與作物種類、堆肥成分及施用時機等有密切關係。對於小型葉菜類作物而言，低堆肥施用量，即有可能顯現出有益微生物與米糠混合後接種于堆肥處理促進作物生長效果。但對較大型的作物而言，低堆肥用量會因養分嚴重不能滿足作物植株正常生長的需要，此時含豐富有益微生物堆肥，促進作物生長的效益會顯著的減少。

抑病介質的開發與應用

石信德[1]　黃振文[2]

[1]行政院農業委員會農業試驗所
[2]國立中興大學植物病理學系

摘　要

農業廢棄物經過適當的處理後，可製成作物栽培介質，是一種經營永續農業的具體作爲。國外進口的栽培介質中常攜帶有 *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* 及 *Fusarium* spp.等植物病原菌，導致種苗的培育過程常出現猝倒與苗枯的病害問題。在栽培介質中，添加 FBN-5A 混合物或牛血粉，可誘發 *Trichoderma* spp.、*Bacillus* spp. 及 *Streptomyces* spp.等有益微生物的增殖，並可有效防治蔬菜與花卉立枯病的發生。評估廢棄香菇培養基質、香菇太空包堆肥、廢棄金針菇培養基質、金針菇堆肥、稻殼及炭化稻殼等農業廢棄物的抑病效果，結果發現腐熟香菇太空包堆肥及金針菇堆肥均具有顯著抑制西瓜蔓割病 (*F. oxysporum* f. sp. *niveum*)，甘藍苗根瘤病(*Plasmodiophora brassicae*)與西瓜、番茄、甘藍及甜椒根瘤線蟲病(*Meloidogyne incognita*)等功效。此外，香菇太空包堆肥尚具有抑制番茄根腐病(*P. myriotylum*)的功效。將腐熟香菇太空包堆肥與碳化稻殼按體積三比一的比率均勻拌合後，分別再添加 0.5% (w/v)蝦蟹殼粉、0.2% (w/v)牛血粉與 0.3% (w/v)石灰等資材後，即可製成 SSC-06 介質。SSC-06 介質除具有抑制甘藍種苗立枯病(*R. solani* AG-4)發生的效果外，尚可抑制 *P. myriotylum* 爲害番茄與甜椒幼苗。利用極細泥炭土(BVB No.4) 25% ：芬蘭泥炭土 25% ：溪湖抑病土 50% 調製成的種苗一號介質(TSS-01 介質)，具有抑制番茄萎凋病菌(*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*)及增進植株發育的效果。此外，以樹皮堆肥爲主成分製成的樹皮堆肥介質(TBC-03)，亦具有降低甘藍種苗立枯病的效果。

關鍵詞：農業廢棄物、抑病介質、永續農業。

緒　言

近年來，本省的農作物栽培管理過程中，利用各種介質培育健康蔬菜及花卉種苗，已成爲農業自動化生產體系中不可或缺的主要栽培方式與技術。理想的介質除了要考慮其優良物理性、化學性及經濟性外，它的生物性更是不容忽視。一般言之，設施園藝所採用的介質主要是由真珠石、砂、蛭石、泡棉、泥炭土，松樹皮與闊葉樹皮等成分組合而成。因爲這些介質大多經由其他國家進口，價格昂貴，使得本省每年的農業生產成本增加新台幣一億五千萬至三億元左右。此外，進口介質的品質優劣不一，且經常夾雜有植物病原菌，致使蔬菜與花卉種苗病害的案例發生頻傳。因此，嘗試利用抑菌資材研發具有抑病功效且有助於作物種苗健康發育的栽培介質，確實是刻不容緩的工作。本文係彙整近年來有關抑病介質的研究資料，內容包括：(1)介質的種類(2)研發抑病介質的目的(3)抑病介質的研製流程(4)抑病介質的調製與應用(5)抑菌介質的抑病原理。

介質的種類

一般來說，栽培介質的質材可區分爲無機和有機二類。無機介質所指的是砂類、泥土、蛭石、真珠石、煤渣、礦渣、浮石、人造土、岩棉及發泡煉石等，這類介質的特色是不具分解性。有機介質則包括泥炭類、蛇木屑、水草及各種農工廢棄物如樹皮、稻桿、稻殼、米糠、花生殼、玉米穗軸、甘蔗渣、菜仔粕、蓖麻粕、黃豆粕、樹皮、木屑、椰子殼、污泥、廢棄菇類太空包培養基、蝦蟹殼粉、魚粉及禽畜糞便等，具保肥及保水性是此類介質的特性。

研發抑病介質的目的

理想的栽培介質應具備優良的物理性、化學性、生物性及經濟性。介質的重要物理特性包括有良好的通氣性和保水力。例如泥炭苔乾燥後再溼性較差常導致幼苗失水萎凋，是介質使用上必須注意的問題。選擇通氣性佳及不易崩解的介質相對地減少植株根部缺氧腐爛或生育

不良的機會。因此，在考量介質物理性狀上大多傾向選擇多孔物質、低總體密度及不易崩解的介質。優良介質的重要化學特性包括適當的酸鹼度、電導度(EC)、陽離子交換能力(CEC)、營養元素含量及不具有毒物質等特性。一般無機介質在應用上因缺乏均衡的營養，容易造成植株缺肥而發育不良，須配合有機物質或肥料使用。介質中所含有的營養元素過多或過少對作物的生長都有不良的影響，例如以泥炭苔栽培作物必須使用緩效性肥料或作追肥補充。一般栽培介質除了常會攜帶植物病原菌外，均極少具有抑菌或抑病的功能，因此研發抑病介質的目的在於(1)培育健康種苗，防治植物病害的發生；(2)防止病原菌經由種苗傳播至田間；(3)節省農藥的防治經費；(4)提供農業栽培介質及廢棄資材的附加價值。

抑病介質的研製流程

欲將農業廢棄物開發作爲抑病介質時，首先必須了解廢棄物的物理、化學及生物特性等方面的優缺點，並考量其相互間的交互影響關係，將這些經妥當處理改良後，才能使這些廢棄物再回歸到作物的生產線上，進而減少其對環境不利的衝擊。抑病介質的研製流程包括：(1)介質主配方的篩選包括：1.設定欲防治的標的病原菌；2.選擇適合栽培的作物種類及 3.擬定主配方資材的種類與數量；(2)綜合考量欲調製之介質抑制作物根部病原的效果，其中包括：微生物相的分析、抑菌因子的分析、有益微生物的分析、物理特性的分析與化學特性的分析，評估其對作物幼苗與其根部病害發生的影響；(3)交互評估各種資材對標的作物，病原菌及拮抗微生物的功效，進而找出適當的候選資材；(4)在選定的主配方中，嘗試補充副方資材，藉以提昇整體配方的優異表現；(5)溫室與田間進行系列的修正試驗，進而調製抑病介質(表一)。

抑病介質的調製與應用

經過評估各種資材對作物生育、促進拮抗微生物與抑制作物病原的效應後，篩選出對標的病原具有抑制效果且促進植株生長的潛力資材，利用不同的添加物調整其協力組成百分比，以提昇其防病的功效

及降低施用量和成本。藉著溫室與田間的試驗以獲得如何有效利用合成介質與添加物防治作物病害的訊息，作爲未來配方之修正及追蹤其抑菌特性與防病機制的理論基礎。蕭氏(1993)利用極細泥炭土(BVB No.4) 25% ：芬蘭泥炭土 25% ：溪湖抑病土 50% 調製而成的種苗一號介質(TSS-01 介質)，具有顯著抑制番茄萎凋病菌及增進植株發育的功效。邱氏(1996)以香菇太空包堆肥(SFMC)及金針菇太空包堆肥(SGMC)作爲培育蔬菜種苗的抑病介質，研究中發現這二種介質均具有顯著抑制西瓜蔓割病，甘藍苗根瘤病與西瓜、番茄、甘藍及甜椒根瘤線蟲病等效果，而香菇太空包堆肥(SFMC)尚具有抑制番茄根腐病的效果。黃及黃氏(2000)利用腐熟香菇太空包堆肥與碳化稻殼按體積三比一的比率均勻拌合，再分別添加 0.2% (w/v)牛血粉、0.3%(w/v)石灰及 0.5% (w/v)蝦蟹殼粉後，製成的 SSC-06 介質可顯著減少甘藍苗感染立枯病菌的效果。楊氏(1994)將魚粉、血粉、硝酸氨、生石灰、香菇太空包堆肥及丙烯醇調製成 FBN-5A 混合物，經田間試驗顯示其具有防治豌豆立枯病的效果。Shiau 等氏(1999)在荷蘭泥炭苔(BVB No.4)中添加 FBN-5A 混合物，證明可以有效防治立枯絲核菌危害甘藍幼苗及降低穴盤缺株的比例。劉與黃兩氏(2000)則發現添加 FBN-5A 混合物的土壤有快速降低蘿蔔黃葉病菌的功效。筆者利用樹皮堆肥添加血粉及生石灰組合成 TBC-03 介質，除了可充作甜椒、萵苣、胡瓜及甘藍等作物之栽培介質外，亦具有防治甘藍苗立枯病的功效。

抑病介質的抑菌原理

Malek 與 Gartner (1975)報導闊葉樹皮堆肥可以抑制 *Meloidogyne hapla*，*Pratylenchus penetrans* 及 *Trichodorus christiei* 等線蟲。Tamura 與 Taketani (1977)發現稻殼與樹葉堆肥可防治十字花科根瘤病（*Plasmodiophora brassicae*）的效果顯著優於鋸木屑堆肥。Kato 氏等(1981)報導落葉松樹皮堆肥可以有效防治鐮胞菌引起的山藥褐腐病。Hoitink 和 Fahy (1986)指出某些作物殘渣，樹皮堆肥與污泥等具防治作物土媒病原的特性。Paulitz 等氏(1986)指出泥炭苔或蛭石中添加 *Trichoderm harzianum*，可有效減少 *Pythium* spp. 對蘿蔔的危害。Boehm *et al* (1993)、Chen *et al* (1988)和 Mandelbaum & Haradar (1990)等學者指出微生物的靜菌作用是堆肥防治作物根腐病的主要機制。Hardy & Sivasithamparam 兩氏(1991a)報導尤加利樹皮堆肥

(Eucalyptus bark compost，CEB)濾液可抑制 *Phytophthora cinnamoni*，*P. cryptogea*，*P. drechsleri* 及 *P. nicotianae* var. *nicotianae* 產生孢子囊，然而經滅菌處理的尤加利樹皮堆肥卻無抑菌的效果。同年，Hardy 和 Sivasithamparam 兩氏(1991b)證明 CEB 內蘊含的放線菌雖不具有抑制病原菌的效果，但卻與 *P. drechsleri* 間具有競爭腐生的能力。Boehm 等人(1993)證明添加樹皮堆肥的栽培基質所培育的植物，其根圈擁有大量的 *Pseudomonas* spp.，是以植物根腐病的發生率顯著減少。此外，Boehm *et al* (1993)認爲微生物間競爭碳源的現象也是堆肥抑菌的部分效應。換句話說，微生物的種類與活性在堆肥的防病效應中，佔有極爲重要的角色。

調配抑病介質的利基在於組合二種以上的有機物與無機物，以增強土壤微生物的活力與競爭作用，並誘使植物病原菌受害及促進作物的生長。一般言之，優良抑病介質之防病與抑菌原理常隨防治病原的對象與其添加物的種類而有所差異。種苗一號介質(TSS-01 介質)抑制番茄萎凋病菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersica* 的機制在於介質中含有大量的木黴菌(*Trichoderma* sp.)及細菌，導致番茄萎凋病菌的厚膜孢子發芽受抑制。香菇太空包堆肥(SFMC)抑制番茄萎凋病菌(*Pythium myriotylum*)的效果，係介質釋放的酚類化合物可顯著抑制 *P. myriotylm* 游走子的發芽，進而使植株免受根腐病菌的危害。SSC-06 介質防治甘藍苗立枯病菌(*R. solani* AG-4)的原理，在於其組成中添加的蝦蟹殼粉與牛血粉可釋放氨氣，具有毒傷或弱化 *R. solani* AG-4 的效果。此外，TBC-03 樹皮堆肥介質也含有抑菌的酚類化合物及蘊含有大量的放線菌，才表現抑制病原菌的效果。

結　論

農業廢棄資源的回收利用，除可減少環境污染外，亦可開發有機堆肥與栽培介質，創造農產品的附加價值，是農業經營的努力方向。基於追求新世紀的生物資源管理體系須建構在生態平衡和經濟利益平衡的基礎上，因此作物病害防治的觀念亦逐漸採納整合型的病害管理模式。筆者認爲利用農業廢棄物研製具有抑制植物病害功效的栽培介質，不但可以達到防治作物病害的功效外，尚可培育健康的蔬菜及花卉種苗；此外亦可將農業廢棄物重新導入作物栽培體系，協助農業之永續經營與發展。因此，開發與利用抑病介質確是值得吾輩努力深入探討的工作。

參考文獻

1. 王才義。1993。農作廢棄物作爲容器栽培介質有機成分之探討園藝作物生產與發展研討會專刊。p.69-82 國立中興大學園藝學系編印。
2. 李哖。1992。國內外常用介質概論。農藥世界 112:27-32。
3. 邱安隆。1996。利用農工廢棄物研製可供培育蔬菜種苗之抑病介質。國立中興大學植物病理學研究所碩士論文。
4. 陳士略。1996。金針菇棄堆肥作爲育苗介質之研究。國立大學園藝研究所碩士論文。
5. 黃振文。1996。農業廢棄物防治作物病害的展望。植物保護新科技研討會專刊。p151-157。臺灣省農業試驗所編印。
6. 黃振文。1992。發展有機添加劑培育健康而強壯的農作物。興農月刊 288:65-67。
7. 黃振文。1999。如何設計一種優良的有機土壤添加物產品 - 以設計 S-H 混合物的配方爲例。興大農業 30: 2-4。國立中興大學農學院農業推廣中心編印。
8. 黃振文、石信德、蕭芳蘭。1996。抑菌介質的調配與應用。健康清潔植物培育研習會專刊 pp.149-153。中華植物病理學會出版。
9. 黃振文、石信德。1998。利用農業廢棄物研製植物保護製劑的展望。農業與生態平衡研討會專刊。pp.197-208。國立中興大學土壤環境科學系編印。
10. 黃振文、黃錦河。1994。從土壤添加物管理作物病害的研究趨勢找到永續農業的務實訊息。農藥世界 126:27-31。
11. 黃振文、蔡東纂、高清文、孫守恭。1995。作物病害綜合管制之實例。植保會刊 35:15-27。
12. 黃錦河。1995。本土化蔬菜穴盤育苗介質之開發利用。國立中興大學園藝研究所碩士論文。
13. 楊秋忠。1995。亞熱帶地區本土化介質應用手冊。國立大學土壤學系編印。
14. 劉俊合、黃振文。2000。土壤添加 FBN-5A 混合物防治蘿蔔黃葉病的效果與原理。植保會刊 42: 169-182。
15. 謝森明、游俊明、廖乾華、張簡秀容、張學琨。1995。農業廢棄物製成本土化育苗介質之研究。永續農業研究及推廣研討會專輯 p.136-145。中華永續農業協會與台中區農業改良場編印。彰化。

16. 蕭芳蘭。1993。番茄萎凋病抑病介質的開發與應用。國立中興大學植物病理學研究所碩士論文。
17. 蕭芳蘭、黃振文、林俊義。1993。栽培介質對番茄萎凋病發生的影響。植保會刊 35:157-162。
18. 蕭芳蘭、黃振文、高清文。1994。番茄萎凋病抑病介質的抑菌特性。植保會刊:271-279。
19. Cook, R. J., and Baker, K. F. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. The American Phytopathological Society , St. Paul. MN.
20. Shiau, F. L., Chung, W. C., Huang, J. W., and Huang, H. C. 1999. Organic amendment of commercial culture media for improving control of *Rhizoctonia* damping-off of cabbage. Can. J. Plant Pathol. 21: 368-374.
21. Hoitink, H. A. J., and C. P. Fahy. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Annu. Rev. Phytopathol. 24: 93-114.
22. Huang, H. C. and Huang, J. W. 1993. Prospects for control of soilborne plant pathogens by soil amendment. Current Topics in Bot. Research Vol. 1: 223-235.
23. Huang, J. W. and Huang, H. C. 2000. A formulated container medium suppressive to *Rhizoctonia* damping-off of cabbage. Bot. Bull. Acad. Sin. 41: 49-56.
24. Papavizas, G. C. 1975. Crop residues and amendments in relation to survival and control of root-infecting fungi : An introduction. Page 76 *in* G. W. Bruehl, ed. Biology and Control of Soilborne Plant Pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul. MN.
25. Sivasithamparam, K. 1981. Some effects of extracts from tree barks and sawdust on *Phytophthora cinnamomi* Rands. Aust. Plant Pathol. 10: 18-20.
26. Spencer, S., and Benson, D. M. 1982. Pine bark, hardwood bark compost, and peat amendment effects on development of *Phytophthora* spp. and lupine root rot. Phytopathology 72: 346-351.

27. Stephens, C. T., and Stebbins, T. C. 1985. Control of damping-off pathogens in soilless container media. Plant Dis. 69: 494-496.
28. Sun, S. K. and Huang, J. W. 1985. Formulated soil amendment for controlling Fusarium wilt and other soilborne diseases. Plant Dis. 69 : 917-920.

Development and Utilization of Plant Disease-Suppressive Culture Medium

Hsin-Der Shih[1] and Jenn-Wen Huang[2]
[1]Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute
[2]Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

ABSTRACT

Agricultural wastes such as spent forest mushroom compost, spent golden mushroom compost and tree bark, were effective in inhibiting plant pathogens and able to partially replace imported peat in container media used for agronomic and horticultural crops. To develop plant disease-suppressive culture medium, a series of studies including (1) screen agricultural wastes for formulating container media to suppress important plant pathogens, (2)evaluate effectiveness of each amended container medium, and (3)investigate mechanisms involved in the suppression of individual pathogen in container media, were conducted. Two disease-suppressive container media, SSC-06 and TBC-03 and a medium adjuvant, FBN-5A mixture have been formulated by using agricultural wastes, tree bark and fertilizers for the management of plant pathogens such as *Rhizoctonia solani* AG-4, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* and *Pythium aphanidermatum* in Taiwan. Experiments revealed that multiple effects of biotic factors such as increasing populations of antagonistic and saprophytic microorganisms, changing plant structure and effects of abiotic factors like increasing or lowering soil pH of the culture media play an important role in reducing disease incidence.

Key words: Plant disease-Suppressive culture medium, agriculture wastes, biocontrol.

從作物營養需求特性談有機質肥料施用要領

王鐘和 林毓雯 丘麗蓉

行政院農業委員會農業試驗所

摘　要

瞭解不同種類作物營養需求特性以及土壤與肥料的性質，規劃合理適當的土壤及肥培管理，可提昇作物的產量與品質，發揮肥料效應，節省肥料資源，達到農業生產兼顧環境生態維護之境界。水稻在較低養分濃度環境下已能生長正常，在稻田狀況下，只要化學肥料使用足夠，作物生長被促進，收割後之殘株還原施用即維持一定的有機質含量，長期連用有機肥料之增產幅度不大，且有機肥料價格高於化學肥料，故在稻田可以不必提倡有機肥料之使用。有機米栽培應採用氮素含量高，磷鉀含量較低之高含氮量的豆粕類有機質肥料，較符合經濟成本，且能避免磷鉀過度累積及充分供應氮素。但仍要注意氮素供應之平衡，避免因氮素供應過多，對水稻生育產生不良效果。蔬菜作物具高需肥特性，及植體中含有甚高之水分含量，土壤必需常保持較高之營養分及水分含量，因此施用具保水及保肥能力之有機質肥料自然有其特別之意義。蔬菜園施用有機質肥料必需考量土壤之性質，大致分爲兩種情形：（1）低肥力、黏重或砂質之蔬菜園，在經濟狀況許可之情形下應採一次或二次大量施用足夠之含纖維質高之難分解型有機質肥料，可使有良好的理化及生物性質，再依據調整後之性質，適宜地配合施用化學肥料。（2）具高肥力及有機質高之蔬菜園，則宜施用含氮高量之易分解型有機質肥料如油粕類等，可減少施用量，避免磷鉀等養分繼續過度累積。果園施用肥料必需施入較深土層以促使根系向下生長，可提高施肥效率、有利果樹生長。種類以高纖維質之有機質爲宜，再配合使用化學肥料，調節氮磷鉀要素吸收之型態，以利果實之生長及品質之提昇。有機水果栽培，則要評估施用有機質肥料之要素釋放型態，避免氮素過度供應，造成抽梢太多，不利果實之生產。目前市售的各種有機質肥料的品質與成份並不穩定，要適當合宜的施用有機質肥料並不簡單。定期診斷土壤的肥力及品質狀況，果樹作物尚需配合葉片營養成分診斷分析，將可作爲施肥之重要參考依據。有

機栽培因長期連續施用大量有機質肥料，此項土壤診斷工作，愈加重要。

關鍵詞:作物營養、有機質肥料。

前　　言

作物生產不同於工業生產，工業生產之產量係與生產原料供給量成直線正比例，源源不斷的供給生產之原料，自然可獲得大量的產品，而作物的產量則受到其本身先天遺傳的最大生產潛能，以及生長環境中的諸多因子如氣候、土壤環境、栽培管理等的影響(王銀波 1985)。合理適當的土壤及肥培管理，可提昇作物的產量與品質，發揮肥料效應，節省肥料資源，達到農業生產兼顧環境生態維護之境界。瞭解不同種類作物營養需求特性以及土壤與肥料的性質，則是能否達到此境界之重要關鍵。依據前人探討不同作物營養需求之水耕試驗資料可知蔬菜作物需要較高濃度之養分供給才能生長正常，果樹次之，而水稻則最低(表 1)(謝克終 1986)。

表 1. 各種作物適宜之養液濃度，單位爲 ppm

作物名	氮	磷　酸	鉀
禾本科	10	10	25~35
果　樹	100	10	100
蔬　菜	210	31	234

(謝克終 1986)

水稻之營養需求特性與有機質肥料施用要領

一.水稻之營養需求特性

水稻對三要素之反應以氮素最爲敏感，氮素缺乏則發育不良，產量不高，但施用過量，或施用時期不當，易因生長過旺導致罹患病蟲

害或引起倒伏而減產。水稻自播種至收穫之任何階段均可吸收氮素。前人研究指出以含有穩定低濃度氮素的養液栽培水稻，已能使水稻生長良好(張淑賢及洪崑煌 1979)，但就各生育階段所吸收氮素對稻穀生產之效率而言，則以分蘗盛期及幼穗形成期爲最大。分蘗盛期及幼穗形成期氮素養分充足與否，影響穗數、稔實率及千粒重，因此欲穫高產，必需在這兩個時期充分供應氮素肥料。氮肥施於稻田表面後，極易因脫氮作用而揮失，且亦有一部分流失，其損失量因土壤質地而異。因此，氮肥需分次施用，其中基肥需混入土中才能減少損失，而漏水過速之水田則不施用基肥。分蘗盛期之追肥應視分蘗狀況;穗肥應依葉色，調節施用。磷肥以一次作基肥施用爲原則，鉀肥則著重追肥分施，避免過早施用而流失(王銀波 1987，連深 1972，作物施肥手冊 1996)。

水稻由於品種、栽培方法以及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗亦從未間斷。由田間肥料需要量試驗求得施肥效應與土壤中有效養分含量之相關資料顯示；其中以磷鉀之測定值與施肥效應之關係甚佳，爲磷、鉀肥需要量推荐之依據(表2)(作物施肥手冊 1996)。

表 2.水稻之土壤有效磷、鉀速測值與氮磷鉀三要素推薦用量

作物別	氮素推薦量 (公斤/公頃/作)	土壤有效磷 (白雷氏第1法) 等級	速測值 (ppm)	磷酐 推薦量 (公斤/公頃/作)	土壤有效鉀 等級	速測值 (ppm)	氧化鉀 推薦量 (公斤/公頃/作)
水稻(粳稻)	中南東部	極低	0~10	一期 70~80	極低	0~45	一期 60~70
	一期 110~140			二期 50~60			二期 80~90
	二期 100~120	低	11~30	一期 60~70	低	46~90	一期 50~60
	北部			二期 40~50			二期 60~80
	一期 100~120	中	31~65	一期 40~60	中	91~150	一期 30~50
	二期 90~110			二期 30~40			二期 40~60
(籼稻)	一期 130~150	高	66~175	一期 20~40	高	大於 150	一期 0~30
	二期 100~120			二期 0~30			二期 0~40
		極高	大於 175	一期 0~30			
				二期 0~20			

二.有機質肥料施用要領

有機肥料對旱作有其重要性，但對於稻田則尚有商榷餘地。有機質肥料中之綠肥依據以往的試驗結果，肥效與化學氮肥並無二致，故其後作應減施氮肥，以避免氮素供應過度之負效果（照片 1）(王鐘和等 1994)。日本之試驗資料顯示堆肥之肥效施用之初期表現雖不如

化學肥料，然在長期施用情形下，其肥效有優於化學氮肥之趨勢(圖1)(Suzuki et al,1990)，我國亦有類似之試驗結果(林家棻等 1973)，但因其增產幅度不大，且有機肥料價格高於化學肥料，故在稻田可以不必提倡有機肥料之使用，僅以鼓勵作物殘株還原於土壤即可（照片2)。蓋在稻田狀況下，只要化學肥料使用足夠，作物生長被促進，其收割後之殘株即維持一定的有機質含量；即使多施有機質亦因分解迅速而難提高土壤有機質水準。比較 50 年代與 60 年代稻田土壤之有機質含量，可見 60 年代雖未施堆肥，但因化學肥料施用之增加及普遍，土壤中有機質含量並未見減低，且有提高之情形(表 3)(林家棻等 1967，林家棻 1981)。

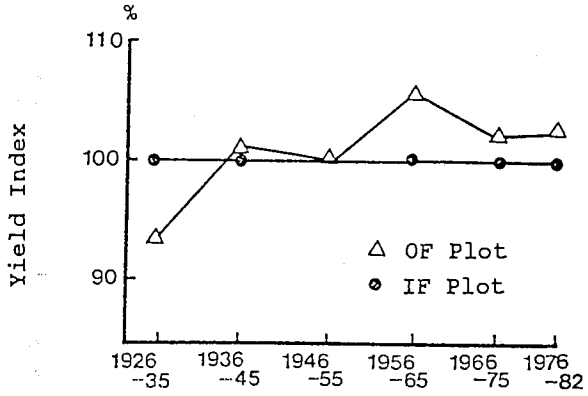


圖 1. 有機質肥料與化學肥料連用試驗稻穀相對收量之變遷
（資料來源：Suzuki et al.1990）

表3. 台灣水田土壤有機質含量之相對比率及分級表

有機質含量		1959-1967	1978-1981
分級	%	(%)	(%)
很低	>1	14.0	6.7
低	1-2	50.6	38.1
中等	2-3	26.9	33.1
高	3-4	8.3	16.0
很高	>4	—	—

資料來源：林家棻等1967，林家棻1981

有機米栽培，因係屬全有機栽培模式，必需全部使用有機資材來供應水稻生育之養分，稻田之磷鉀肥之效應本就較低，且依據近年來水稻豐欠試驗之資料顯示稻田磷鉀肥力已較往年提高(連深 1998)，故應採用氮素含量高，磷鉀含量較低之菜籽粕、花生粕等高含氮量的豆粕類有機質肥料，較符合經濟成本，且能避免磷鉀過度累積及充分供應氮素。但仍要注意氮素供應之平衡，施宗禮及謝元德 1994 年指出施用高量豆粕類有機質肥料時，因氮素供應過多，對水稻生育產生不良效果。台中區農改場李健捧及陳榮五 1998 報告指出菜籽粕是中部地區水稻有機栽培使用之主要有機質肥料，其氮：磷酐:氧化鉀之比率爲 5.3：2.3：1.3。其推薦量每公頃爲 4,000 公斤，1/2 當基肥使用，約於整地前 10 天用，可以避免插秧後，因菜籽粕醱酵產生之高溫對水稻生長產生危害，並可適時提供水稻初期生長所需之營養元素，1/4 做爲追肥，供應水稻營養生長期間養分之吸收，1/4 做爲穗肥使用。一般慣行之水稻栽培，穗肥於幼穗形成約 0.2 公分時施用最爲適當，但有機質肥料需要時間進行礦化作用，才能釋放出營養成分，因此建議一期作約於幼穗形成前約 8~10 天，二期作約於幼穗形成前約 6~8 天施用最爲適當。有機質肥料應避免於幼穗形成期後再施用，以免因穀粒充實期間，有過量的氮素供應，不利於稻米品質的提昇。

蔬菜作物的營養需求特性及有機質肥料施用要領

一.蔬菜作物的營養需求特性

雖然不同種類蔬菜作物在吸收養分上有著顯著的差別，但與其他種類作物相比較，蔬菜作物仍有其一定的共同特性，那就是：(1)高需肥性:蔬菜作物在極短之生育期內要吸收大量養分，生成大量之生質量，因此單位時間內單位面積養分之需求量遠高於其他作物(圖2)。(2)喜硝性:蔬菜作物爲旱田作物，長期演化之結果，蔬菜作物對氮素之吸收以硝酸態氮爲主。(3)鹽基置換量高:作物根系鹽基置換量爲根系活力之指標，鹽基置換量高代表根系養分吸收能力強。 (4)對土壤環境品質之要求度高:蔬菜作物普遍較其他種類作物不耐土壤環境逆境，例如:不耐酸性及不耐土壤高鹽分濃度、不耐旱、不耐土壤空氣不足及不耐浸水等等。

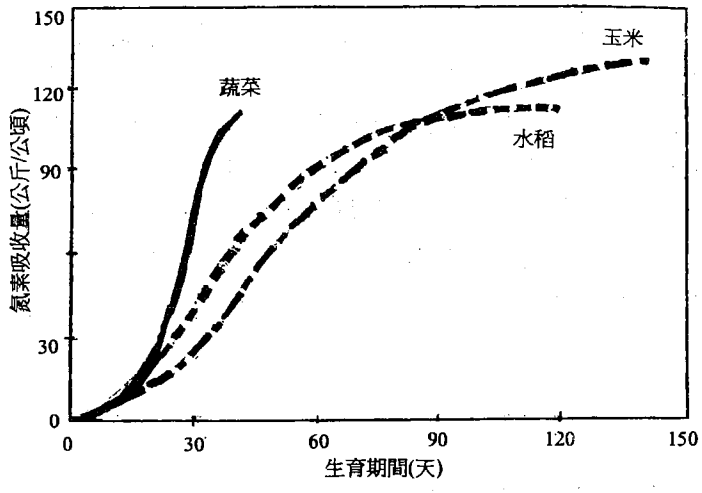


圖 2. 蔬菜、水稻及玉米生育期間累積之氮素吸收量

1.不同種類蔬菜的需肥特性

瞭解不同種類蔬菜之生育及養分吸收特性，參酌栽培地之氣候及土壤條件，配合栽培管理措施，適時、適量地供給生長所需之養分，可獲較佳的產量及品質。圖 3 中顯示蔬菜在各生育期間養分吸收情形因種類不同而異。大致分爲下列幾種:

(1)葉菜類蔬菜:葉菜類蔬菜之地上部（葉部）或全株均可爲販售之產品，生育期短，極短時間內即吸收了大量營養元素，除了初期生長較緩，養分吸收較少，隨後即快速的生長及吸收養分至收穫爲止，故肥料之供給要充足（尤其是氮素，以促進葉部生長），來滿足其初期生長及隨後之快速吸收生長期之所需。

(2)根菜類及結球菜類:根菜類蔬菜由於生長中後期根部肥大時，原地上部植株所含之營養要素可再轉移至收穫部位，因此應注意生育初、中期三要素肥料的施用及生育中、後期有充分之磷、鉀吸收促進根部肥大，且應避免生育後期過度吸收氮素，葉菜類蔬菜之結球菜類亦是類似情形。

(3)果菜類(含豆類)蔬菜:果菜類（含豆類）蔬菜由於開花後有一段時

間係營養生長及生殖生長同時進行，因此生長中、後期的養分供給亦相當重要，此外應注意與開花結果有密切相關之磷、鉀肥之施用。豆類蔬菜如接種根瘤菌時，因有固氮之功能，故氮素肥料量可減少，以發揮固氮的功能。

不同種類蔬菜之肥料施用量及方法依據農委會及農林廳編印之作物施肥手冊中之推薦方法，大致爲短生育期之葉菜類蔬菜推薦施用之肥料量較低，分施之次數也較少，較長生育期之根莖類、瓜果類之推薦用量較高，磷鉀施用量較多，且分施次數也較多，而豆類蔬菜則因有氮之功能，肥料推薦用量較少。此外，各種蔬菜推薦施肥之共用特點，則是均推薦要施用有機質肥料，平均每作推薦用量以 10 至 20 公噸/公頃居多，顯示蔬菜園施用有機質肥料之普遍，因蔬菜園複作指數較高，一年之中施用之量甚多。

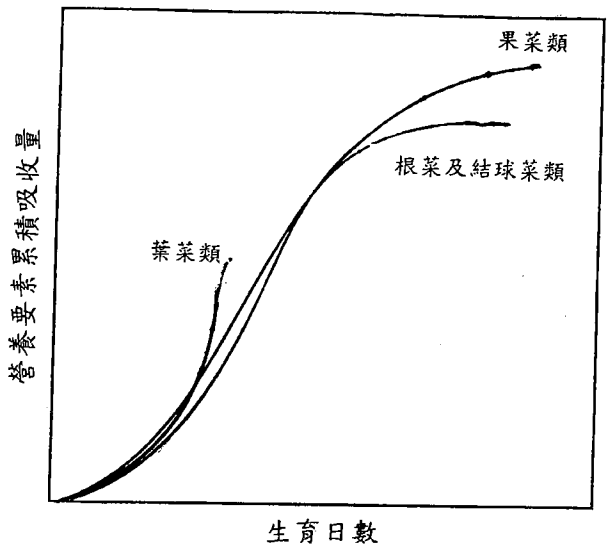


圖 3. 不同種類蔬菜生育期間營養要素之累積吸收量

2.蔬菜園土壤的特性

蔬菜作物生育期短，尤其是葉菜類蔬菜生育期更短，夏季每作約爲 15~30 天，冬季也僅有 30~45 天左右，因而蔬菜園一年之中栽培的作數遠較其他種類作物多。因爲複作指數高，一年之中各個期作累積

施用之有機及化學肥料量遠多於其他作物，因此本省眾多蔬菜園土壤的分析資料顯示蔬菜園土壤含有豐富的營養分鹽類(王銀波等 1994，王鐘和 1998，王鐘和等 2000) 。著者 1999 年曾指導桃園市 147 處蔬菜園農友之施肥技術，由蔬菜園表土之土壤分析資料顯示，大部份原屬強酸性土壤蔬菜園之 pH 已顯著提昇，約 30%左右已超過 7.0(表 4)，有機質含量也大幅提昇，高於 3%之蔬菜園達 84%(表 5)，EC 值(土水比爲 1:5 之測值)大於 1.0ms/cm 之蔬菜園達 31%(表 6)，由於 EC 值(土水比 1:5)之測值乘以 6~7 倍左右約爲土壤飽和抽出液之 EC 值(陳鴻堂 1995)，因此 EC 值(1:5)1ms/cm 相當於飽和液 EC 值 7ms/cm 左右，由於蔬菜作物較其他種類作物不耐鹽害，EC(1:5)大於 1ms/cm，已達顯著影響蔬菜作物生長之範圍，因此有農友反應，蔬菜常有生長異常之情形。有效磷鉀鈣鎂之含量均大幅的高於一般水田或雜糧旱田，有些甚至達數十倍以上(表 7 至表 10)。顯示土壤中累積了相當高量之營養鹽類。交換性鈣含量與 pH 之相關圖顯示高量之鈣含量與 pH 有極顯著之正相關(圖 4)，值得注意的是，其中有幾處蔬菜園之 pH 雖然爲強酸性，但卻含有高量之交換性鈣及高的 EC 值(表 11)，此種爲假性酸性，因土壤中含有多量之各種離子所致，此種蔬菜園如果施用石灰資材，不但無幫助，反而使鹽分累積更加嚴重。

表 4. 147 處蔬菜蔬菜園表土 pH 之分佈(桃園市，1999)

PH (1:1)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<4.5	4	2.7	100
<5.0~4.5	16	10.9	97.3
<5.5~5.0	16	10.9	86.4
<6.0~5.5	23	15.7	75.5
<6.5~6.0	27	18.4	59.9
<7.0~6.5	18	12.3	41.5
<7.5~7.0	41	27.9	29.3
≧7.5	2	1.4	1.4
合計	147	100	100

表 5. 147 處蔬菜蔬菜園表土有機質含量之分佈(桃園市，1999)

有機質含量%	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<2.0	0	0	100
<3.0~2.0	23	15.7	100
<4.0~3.0	99	67.3	84.3
<5.0~4.0	20	13.6	17.0
<6.0~5.0	2	1.4	3.4
>6.0	3	2.0	2.0
合計	147	100	100

表 6. 147 處蔬菜蔬菜園表土 EC 之分佈(桃園市，1999)

EC(1:5) ms/cm	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<0.5	49	33.3	100
<1~0.5	52	35.4	66.6
<1.5~1	20	13.6	31.2
<2.0~1.5	13	8.8	17.6
<2.5~2	8	5.4	8.8
<3.0~2.5	3	2.0	3.4
>3.0	2	1.4	1.4
合計	147	100	100

表 7. 147 處蔬菜蔬菜園表土有效磷含量(桃園市，1999)

有效磷含量 (mg/kg)	蔬菜園 數目	比率 %	累積比率 %
<100	3	2.0	100
<200~100	12	8.2	98.0
<300~200	67	45.6	89.8
<400~300	60	40.8	44.2
≧400	5	3.4	3.4
合計	147	100	100

表 8. 147 處蔬菜園表土交換性鉀含量(桃園市，1999)

交換性鉀含量 (mg/kg)	蔬菜園 數目	比率 %	累積比率 %
<200	2	1.4	100
<500~200	36	24.5	98.6
<1000~500	42	28.6	73.2
<1500~1000	40	27.2	44.6
<2000~1500	17	11.6	17.4
<2500~2000	3	2.0	6.8
<3000~2500	3	2.0	4.8
≧3000	4	2.7	2.7
合計	147	100	100

表 9. 147 處蔬菜園表土交換性鈣含量(桃園市，1999)

交換性鈣含量 (cmol/kg)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<10	31	21.1	100
<20~10	39	26.5	78.9
<30~20	43	29.3	52.4
<40~30	30	20.4	23.1
>40	4	2.7	2.7
合計	147	100	100

表 10. 147 處蔬菜園表土交換性鎂含量(桃園市，1999)

交換性鎂含量 (cmol/kg)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<3.0	23	15.7	100
<6.0~3.0	50	34.0	84.3
<9.0~6.0	54	36.7	50.3
<12.0~9.0	19	12.9	13.6
>12.0	1	0.7	0.7
合計	147	100	100

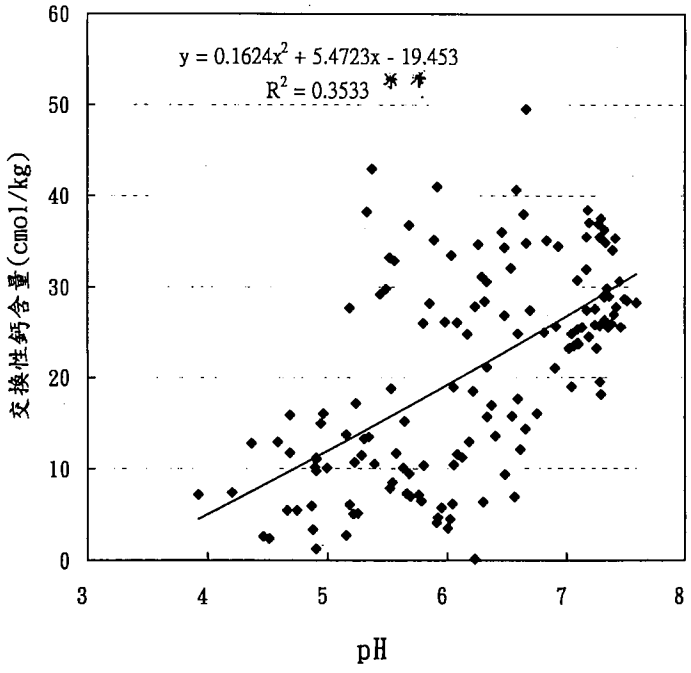


圖 4. 147 處蔬菜園表土 pH 與交換性鈣含量之相關（桃園市，1999）

表 11. 若干蔬菜園表土 pH、EC 及交換性鈣含量(桃園市，1999)

Item	pH (1：1)	EC(1:5) (ms/cm)	Exch.Ca (cmol/kg)
range	5.18 ~5.56	0.63 ~2.42	27.7 ~42.9
mean	5.41[x]	1.18	33.9

[x]：7 處蔬菜園平均

二.有機質肥料施用要領

有鑑於蔬菜作物之高需肥特性，及植體中含有甚高之水分含量，土壤必需常保持較高之營養分及水分含量，因此施用具保水及保肥能力之有機質肥料自然有其特別之意義。蔬菜園施用有機質肥料必需考量土壤之性質，大致分爲兩種情形：

（1）低肥力、黏重或砂質之蔬菜園，在經濟狀況許可之情形下應採

一次或二次大量施用足夠之含纖維質高之難分解型有機質肥料，可顯著改善土壤之保水保肥能力，增進通氣性及緩衝能力等等，使之有良好的理化及生物性質，再依據調整後之性質，適宜地配合施用化學肥料。

（2）具高肥力及有機質高之蔬菜園，則宜施用含氮高量之易分解型有機質肥料如油粕類等，不但可減少施用量，避免磷鉀等養分繼續過度累積，且其快速分解產生之氮素，充足供應蔬菜生長所需。

蔬菜栽培施用有機質肥料之方法，一般以作爲基肥爲原則，配合化學肥料施用。但有機蔬菜則必須追施有機質肥料，其方法如下：

1. 基肥：基肥通常都採行於種植前施下，葉菜類採全面撒施，再整地栽培（照片 3）。瓜果類或根菜及結球菜類可以按一定距離條施，再以耕耘機或培土機作畦後種植，或於畦中央開溝施下有機肥，覆土後種植於畦的兩邊（照片 4）。另外，爲避免有機質肥料醱酵不完全，影響種子發芽，有機質肥料施入土中後，如果時間允許，應等到 5~15 天後再進行種植或移植爲宜。
2. 追肥：葉菜類蔬菜多數施用基肥即足夠其全期生長之需要，但生育期較長之瓜果類、豆類、根莖類蔬菜等應施追肥，才能得到理想之收穫。追肥的用量與施用次數視作物種類和生長時期而不同，一般採取撒施方法施在地面，距離蔬菜基部約 10cm 左右。如果使用油粕液肥採行噴施或直接灌施入土壤中則可獲得較快效果。

果樹之營養需求特性與有機質肥料施用要領

一、果樹之營養需求特性

果樹屬多年生植物，每年因生長枝葉及開花結果，從土壤中吸收大量之營養元素，一般氮磷素分配在葉片之比率較高，鉀素在果實中佔有較高之比率(謝克終 1986)。其對土壤有效養分濃度需求之程度不及於蔬菜作物但高於水稻，本省一些果園土壤分析資料顯示果園土壤磷鉀鈣鎂含量高於一般之水田，但低於蔬菜園土壤(表 12)(張淑賢 1993，張茂盛等 2000，張茂盛等 1993，卓家榮 2000，彭德昌 1996，黃祥慶等 1994，鄭榮賢等 1994，洪阿田等 1991)。

表 12. 不同種類果園表土之若干理化性質

果樹別	pH	OM	有效性養分（mg/kg）				備　註
	(1：1)	%	P	K	Ca	Mg	
柑橘	4.6	2.9	265	294	588	102	張淑賢，1993 (1處)
番荔枝	6.2	1.90	219	142	1936	191	張茂盛等，2000 (2處平均)
晚崙西亞甜橙	5.2	3.30	186	207	1484	158	張茂盛等，1993 (2處平均)
楊桃	5.2	2.20	278	273	1012	146	卓家榮，2000 (20處平均)
文旦	4.4	1.20	15	180	158	65	彭德昌，1996 (1處)
枇杷	4.0	4.00	305	168	215	31	黃祥慶等，1994 (1處)
愛文檬果	5.9	2.48	51	380	1200	282	鄭榮賢等，1994 (1處)
蓮霧	5.5	1.93	132	135	1107	207	洪阿田等，1991 (3處平均)

個別果園的施肥量因樹種、樹齡、結果量、土壤肥力與樹體營養現況而異，個別果園應依本身的條件或土壤與葉片分析結果來調整施肥種類與用量(王鐘和等 2000)。以每株生產60公斤的椪柑樹爲例，每一株每一年約需氮素600公克，磷酐300公克，氧化鉀600公克，換算爲單質肥料量即需尿素1.3公斤，過磷酸石灰1.7公斤、和氯化鉀0.75公斤。或者以台肥5號3.75公斤來施用(張淑賢 1993)。

果樹之施肥方法以柑橘爲例，柑橘的施肥時期主要在採果後(基肥)、春梢萌發前後(春肥)、果實肥大期(夏肥)，以椪柑爲例即11~12月，2~3月及6~7月，桶柑和柳橙則爲12~1月，3~4月及7~8月。枝葉生長需較多氮素，故宜將全年中80%的氮肥分配在基肥和春肥使用，以促進春梢生長，夏肥施氮量宜少以防萌發大量夏秋梢而影響果實品質。幼嫩組織的分化與發育需要磷素，惟冬季與早春低溫之際，根系較不活躍，不利於土壤中磷的吸收，需要磷肥來補充，但磷肥移動性差，撒施於土表，肥效不彰，故磷肥宜在基肥時全量，或基肥和春肥時各半量以條施或穴施深施於根旁。鉀肥促進果實肥大，故而夏肥時鉀肥分配率較高(表13)(張淑賢 1993)。

表 13. 柑橘蘋果樹之施肥時期及分配率

品種 / 施肥時期	椪柑	桶柑、柳橙	肥料別及分配率(%)		
			氮肥	磷　肥	鉀肥
基　肥 (果實採收後)	11~12 月	12 月~1 月	40	50 或 100	30
春　肥 (春梢萌發前後)	2~3 月	3~4 月	40	50 或 0	30
夏　肥 (果實肥大期)	6~7 月	7~8 月	20	0	40

二、有機質肥料施用要領

作物施肥手冊中推薦之果園施肥方法，普遍均有推薦施用有機質肥料，其施用量採每株每年施用多少量之方式，施用之時期則多在收穫後，如採收後有修剪枝葉，則在修剪後，蓮霧則爲在催花前。施用方法則有穴施、開溝或環形溝等施入溝內(表14)，雖會局部傷害根部，但有機質肥料帶來之保水保肥及有較佳之物理、化學及生物性質等，將促使生長多量之新生根，促進果樹生長。根是植物賴以固著於土壤及執行吸收功能之部位，其生長及活性對作物之生長有密切之相關，任何土壤環境的變動，勢必影響根系之活性及發展，進而影響作物水分養分之吸收及生長。密實的土壤不利於作物根系之發展。良好的土壤環境與適當養分供給可以促進根部細胞分裂激素(Cytokinin)的含量。Dyer and Brown 1983年指出新生根對吸收氮磷鉀具較高之效率。對種子之分化生長及延緩葉片老化均有顯著助益。

表 14. 幾種果樹有機質肥料推薦施用量、時期及方法

果樹種類	有機質肥料		
	施用量 (公斤/每株)	施用時期	施用方法
柑橘	35 公斤以上	採收後	條溝狀或穴狀深施
蓮霧	20~30 公斤	結果樹催花前	開環形施肥溝
印度棗	20~40 公斤	修剪萌芽或嫁接成活後	開溝
番荔枝	5~10 公斤	強剪後	開溝

資料整理自農委會及農林廳編印之作物施肥手冊，1996

近年來由於農村勞力缺乏、工資昂貴，一般農民施肥不論有機肥料或化學肥料均採用表面撒施，極易誘導根系向土壤表層生長。在乾旱環境下植株抗旱能力不足，易引起根系的傷害，植株生長受阻，降低施肥效果。爲改進此種缺失，肥料必需施入較深土層以促使根系向下生長。蘇德銓及張茂盛1995年指出於每年春季番荔枝強剪後利用小型挖土機，進行開挖寬45公分、深45公分之深層施肥溝，將修剪後之殘枝葉等放入溝底，並將所需有機肥料及推薦之化學肥料，撒施於施肥溝及挖出的土堆上，然後以小型挖土機充分混合後回填溝內（照片5），如此可引導根系向下生長、提高施肥效率、有利果樹生長、提升產量品質。

果園施用之有機質肥料種類以高纖維質之有機質爲宜，再配合使用化學肥料，調節氮磷鉀要素吸收之型態，以利果實之生長及品質之提昇。有機水果栽培，則要評估施用有機質肥料之要素釋放型態，避免氮素過度供應，造成抽梢太多，不利果實之生產（照片6）。

結　語

生產高品質的農產品，增加收益，是農業經營者追求的目標，要想達到此目標，完善的肥培管理更形重要，鑑於不同有機質肥料之礦化型態及肥效不同(洪崑煌 1995，鍾仁賜及翁弘明 1998)，且目前市售的各種有機質肥料的品質與成份並不穩定(王鐘和 1999，王鐘和及林毓雯 1999)，要適當合宜的施用有機質肥料並不簡單。農田土壤的定期健康檢查－「定期的土壤診斷」是重要的關鍵，亦即是定期採取農場土壤進行土壤速測，土壤速測是土壤肥力的快速診斷方法，係利用化學分析方法測定土壤樣品的若干物理化學性質與有效養分含量，藉以診斷該土壤的肥力及品質狀況，果樹作物則需配合葉片營養成分診斷分析，將可作爲施肥之重要參考依據。有機栽培因長期連續施用大量有機質肥料，此項土壤診斷工作，愈加重要。定期診斷農場土壤環境品質狀況，不僅有助於安排養分供需之平衡，也是保障農產品品質及維護農場土壤環境品質之重要手段，更是農場肥培管理成敗之關鍵所在。

參考文獻

1. 王銀波。1985。植物營養學。國立中興大學編印。台中。
2. 王銀波。1987。作物施肥法。國立中興大學編印。台中。
3. 王銀波、譚鎮中、黃紋賓。1994。肥料施用與土壤水中銨與硝酸根之分佈－1.蔬菜園與水稻田之比較。土壤與肥料污染研討會論文集。P131-143。
4. 王鐘和、林毓雯、黃維廷、張愛華。2000。永續農業專書第一輯(作物篇)－第三章－作物營養與土壤診斷技術。中華永續農業協會編印中。
5. 王鐘和、李豔琪、林毓雯、丘麗蓉、連深。2000。土壤有效態氮測定及其應用於菜園肥培管理研究。土壤肥料試驗彙報。行政院農委員會農業試驗所編印。P162-172。
6. 王鐘和。1999。堆肥製造技術專書第十五章－堆肥施用策略。191-210頁。行政院農委會農業試驗所編印。
7. 王鐘和、林毓雯。1999。堆肥施用若干問題探討。第二屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集。台灣省畜牧獸醫學會編印。P199-212。
8. 王鐘和。1998。蔬菜作物之施肥策略。永續農業施肥策略研討會專集。P20-25。
9. 王鐘和、連深、洪崑煌。1994。輪作田夏作田菁及其耕耘方式對秋作玉米生育及子實生產之影響。土壤肥料試驗研討會專輯。第1-32頁。
10. 李健捧、陳榮五。1998。水稻有機栽培。P59-65。農作物有機栽培技術專刊。台中區農業改良場編印。
11. 林毓雯、王鐘和、林木連。2000。不同有機質肥料對不同種類作物之效應研究。土壤肥料試驗彙報。行政院農委會農業試驗所編印。P57-60。
12. 林家棻。1969。台灣農田土壤分析報告。台灣省農業試驗所編印。
13. 林家棻、李子純、張愛華、陳卿英。1973。長期連用同樣肥料對於土壤理化性質與稻谷收量之影響。農業研究 22(4):241~262。
14. 林家棻。1981。台灣農田土壤肥力能限分類調查報告。
15. 周泰鈞、張茂盛。1991。番荔枝果園土壤水分管理對果實品質及產量之影響。土壤肥料試驗報告。臺灣省政府農林廳編印。P88-104。
16. 卓家榮。2000。楊桃營養狀況及果實品質調查。土壤肥料試驗彙報。農業試驗所編印。P157-161。

17. 洪阿田、陳富英、黃志明。1991。蓮霧園施用矽酸爐渣與豬糞堆肥對蓮霧品質及土壤性質影響試驗。土壤肥料試驗報告。臺灣省政府農林廳編印。P77-87。
18. 洪崑煌。1995。有機物對作物生產的功能。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。P59-71。
19. 連深。1972。水稻之穗肥效應及診斷研究。農業研究。21(1):11-17。
20. 連深。1998。合理化施肥手冊(1)量身減肥－我們的水田需要減肥了(水稻合理化施肥技術)。P8-13。
21. 黃祥慶、蔡宜峰。1994。強酸性枇杷果園施用土壤改良劑效果之研究。土壤肥料試驗報告。P99-110。
22. 陳鴻堂。1995。設施土壤肥料問題解決對策。設施與集水區土壤肥料講習專刊。中華土壤肥料學會編印。P18-38。
23. 彭德昌。1996。有機質肥料不同施肥法對文旦柚品質與產量之影響。土壤肥料試驗報告。P31-41。
24. 張茂盛、吳玉竹。2000。葉片分析診斷應用於番荔枝肥培管理研究。土壤肥料試驗彙報。農業試驗所編印。P136-149。
25. 張茂盛、蘇德銓。1993。土壤肥料試驗研討會專集。臺灣省政府農林廳編印。P83-89。
26. 張淑賢、黃維廷、連深、吳婉麗。1992。土壤及葉片分析營養診斷應用於柑桔園肥培管理之研究。土壤肥料試驗報告。P167-195。
27. 張淑賢、洪崑煌。1979。氮供應形態、強度、及容量因子對水稻生育的影響。中國農業化學會誌。P24-35。
28. 張淑賢。1993。柑橘的三要素施肥推薦量、施肥時期與施肥方法。降低柑橘產銷成本推廣手冊。臺灣省農業試驗所及嘉義農業試驗分所編印。P1-4。
29. 諶克終。1986。果樹之營養診斷與施肥。徐氏基金會出版。
30. 鄭榮賢、林博誠。1994。有機質肥料對愛文檬果果園土壤肥力、果樹營養及品質改進之效果試驗。土壤肥料試驗報告。P111-120。
31. 蘇德銓、張茂盛。1995。根域調整對晚崙西亞甜橙效應之研究。台灣柑橘之研究及發展研討會專刊。P141-152。
32. 鍾仁賜、翁弘明。1998。有機質肥料對蔬菜生長及全氮組成與土壤肥力之影響。農產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊。P136-164。
33. 作物施肥手冊。1986。農委會及農林廳編印。
34. Dyer,D.,and D.A.Brown.1983.Relationship of fluorescent

intensity to ion uptake and elongation rates of soybean roots. Plant and Soil 72:127-134.

35. Suzuki M.,K.Kamekawa,S.Sekiya, and H.Shiga.1990.Effect of continuous application of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy field.Transactions of 14th International Congress of Soil Science,Vol.II14-19.



照片1.綠肥後作之水稻，未減施氮肥，造成氮素供應太多，導致植株倒伏



照片2.稻草還原施用於稻田，配合適當的化學肥料，已能使水田保持良好的肥力及生產力



照片3.葉菜類蔬菜園施用有機質肥料，一般以撒施全量作爲基肥爲原則



照片4.瓜果類蔬菜園施用有機質肥料，以開溝條施及穴施爲原則



照片5.果園開深溝施用有機質肥料及化學肥料，有助於促進根系深入較深土層（照片由蘇德銓博士提供）



照片6.柑橘樹因氮素供應過量，抽梢太多，不利果實生產

Effect of Hog Dung Compost on the Growth and Nitrogen Composition of Cabbage

Ren-Shih Chung[a], Zueng-Sang Chen[a], and Shen-Lo Huang[b]

[a] *Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, 106, Taiwan.*

[a] *Agricultural Research Farm, National Taiwan University, Taipei, 106, Taiwan.*

ABSTRACT

The experiment was carried out in the Agricultural Research Farm of the National Taiwan University during the winter of 1997. There were four kinds of treatments in total including a conventional chemical fertilizer control and three rates (30, 60 and 120 Mg ha^{-1}) of compost-treated plots. The cabbage (*Brassica oleracea* L. Capitata Group, cultivar early spring) was harvested after 94 days of transplanting. After being washed, the plants were divided into the root, the wrapper leaf petioles, the wrapper leaf blades, and the head (the marketable portion). The dry weight and the concentrations of the total nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), nitrate N (NO_3-N), ammonium N (NH_4-N) and insoluble N in various parts of the plants were determined. The results showed that there were no significant differences in the growth of various treatments. However, the productivity of the head of 120 Mg ha^{-1} compost- and chemical fertilizer-treated plots were higher than those of the 30 Mg ha^{-1} and 60 Mg ha^{-1} compost-treated plots. The total N and K concentrations of various parts of the plants were not significantly different for the treatments. However, the P concentrations in the chemical fertilizer-treated plants were lower and those in compost-treated plants increased with increasing the compost rate. The

NO_3-N concentrations in the whole plant, the wrapper leaf blades, and the head of the chemical fertilizer-treated plants were the lowest among all treatments and there were no significant differences in the NO_3-N concentrations of the head among the compost treated-plots. There were no significant differences in the concentrations of NH_4-N, soluble organic N, and insoluble N in various parts of the plants among the treatments. In conclusion, even though with the application of 120 Mg ha^{-1} of compost, there was no disadvantageous effect on the growth of cabbage, on the other hand, a good yield was obtained.

Key words: Cabbage, mamure, N uptake, P uptake, K uptake, N composition.

Introduction

Nitrogen is a principal constituent of plants and accounts for at least one-half of the total number of ions absorbed. However, as the level of N supplied to a plant exceeds that normally needed to sustain growth, the growth is affected and the soluble form of N, such as NO_3-N, soluble organic compounds, begin to accumulate in the tissues (Mills and Jones, 1979). Nitrogen supply is the most important nutritional controlling factor that affects the NO_3-N levels in plants (Goh and Haynes,1986). Although NO_3-N is essential to life, it is a nuisance and possibly a hazard in the wrong place or at the wrong time (Addiscott et al., 1991). The accumulation of NO_3-N in plants, to a certain extent, is a natural and necessary process. Since vegetables provide a major portion of our dietary intake of NO_3-N, it is important that its concentration should be maintained at a level as low as possible.

Organic matter affects crop growth and yield either directly by supplying nutrients, or indirectly by modifying soil physical properties that can improve the root environment and stimulate plant growth (Avnimelech, 1986). Crop production based on the use of organic

manures rather than agricultural chemicals is assumed to be a more sustainable type of agriculture, and produces nutritious food. Therefore, organic farming has received great attention from environmentalists, agriculturists and consumers in recent years. Application of animal manure to agricultural lands has also been increasing steadily in recent years. An abundant source of organic matter in Taiwan is animal manure (particularly hog dung manure) from intensive animal husbandry facilities. Therefore, more information is needed on the application rate and the effect of organic matter on crop production. Furthermore, little information is available regarding the effect of fertilization on the N composition of cabbage.

The purpose of this study is to assess the effect of high application rates of hog dung compost on the growth, accumulation of N, P, and K and N composition of cabbage in a field experiment.

MATERIALS AND METHODS

Experimental Design and Cultivation of Cabbage

The experiment was conducted in the Agricultural Research Farm of the National Taiwan University during the winter of 1997. The soil was loamy in texture (sand, 315 g kg^{-1}; silt, 509 g kg^{-1}; clay, 176 g kg^{-1}), a pH of 4.2 in water (1:1 w/w soil: water ratio), an organic carbon content (Walkley and Black method, Nelson and Sommer, 1982) of 12.1 g kg^{-1}, a total N of 2.16 g kg^{-1}, and Bray No. 1 extractable P of 15 g kg^{-1}. A randomized complete block design consisting of three rates of hog dung compost and a conventional chemical fertilizer was used. The pH of the compost was 7.2 in water (1:5 w/w compost water ratio), electric conductivity of 7.1 dS m^{-1} in water (1:5 w/w compost water ratio), Total carbon of 378 g kg^{-1}, total N of 24.1 g kg^{-1}, total P of 4.5 g kg^{-1}, total K of 16.9 g kg^{-1},

total calcium of 26.1 g kg^{-1}, total magnesium of 4.5 g kg^{-1}, total iron of 10.4 g kg^{-1}, total aluminum of 3.7 g kg^{-1}, total manganese of 1170 g kg^{-1}, total copper of 240 mg kg^{-1}, total zinc of 430 mg kg^{-1},NH_4-N of 1.8 g kg^{-1}, insoluble N of 8.6 g kg^{-1}, and trace amount of NO_3-N was also detected. The experiment was conducted with four replications. The size of each plot was 6.5 x 6.0 m^2. The three application rates of hog dung compost were 30, 60, and 120 Mg ha^{-1} (32% moisture). These rates are equal to the N rates of 492, 984, and 1968 kg ha^{-1}, respectively; the P rates of 92, 184, and 368 kg ha^{-1}, respectively; the K rates of 345, 690, and 1380 kg ha^{-1}, respectively; upon adjusting for the moisture, N, P, and K from each treatment. The chemical fertilizer application rate of the control was 147-72-126 (N-P_2O_5- K_2O) kg ha^{-1}. The chemical fertilizers applied were in the form of ammonium sulfate, superphosphate, and potassium chloride for N, P, and K, respectively. The organic manure was manually applied on the soil surface and basal dressing of chemical fertilizers were placed in row by hand and mixed immediately with soil by a hoe one day prior to transplanting.

Cabbage (*Brassica oleracea* L. Capitata Group, cultivar early spring) used for this study was transplanted on November 7, 1997 with a 0.50-m row spacing and a 0.60-m plant spacing. In chemical fertilizer-treated plots, 63 kg N ha^{-1}, all P and all K were used as basal dressing and 42 kg N ha^{-1} was side-dressed for each of another two by hand on the soil surface after 22 and 42 days of planting. Appropriate pesticides were applied after 23 and 39 days, respectively, of planting for controlled insects. Weed was removed by hand.

Plant Sampling and Analysis

Three whole plant samples per plot were collected randomly from all plots after 94 days of transplanting. The plant sample was washed, then separated into the head, the

wrapper leaf blades, the wrapper leaf petioles (including the lower stem and midrib), and the root, respectively. The washed plant material was oven dried at 65°C to a constant weight, weighed, and then ground to pass through a 40 mesh screen. Total N, P, and K were determined after digestion of the plant material with a mixture of salicylic acid, and sulfuric acid plus sodium thiosulfate to include nitrate and nitrite. (Bremner and Mulvaney, 1982). Nitrate N (including nitrite-N) and NH_4-N were extracted with 1.0 N hydrochloric acid (HCl) solution (Blacquiere et al.,1987) and was reduced by zinc powder (Broaddus et al., 1965) and then determined the reduced nitrite by Ilovsay-Griess method (Keeney and Nelson, 1982a). Ammonium N was determined by steam distillation of the extract with magnesium oxide and collected in boric acid (Keeney and Nelson, 1982b). The N in the residue after 1.0 N HCl extraction was determined by the Kjeldahl method. Then, the soluble organic N was calculated by substrating NO_3-N, NH_4-N and insoluble residue N from total N.

Potassium was determined using flame photometer. Phosphorus was measured colorimetrically by Murphy and Riley method (Murphy and Riley, 1962).

RESULTS AND DISCUSSION

Growth and Dry Matter Distribution

There was no significant difference in the total dry weight between treatments, but the higher rate of compost that has been received by the plants tended to produce more dry matter (Table 1). Treated with 30 and 60 Mg ha^{-1} of compost the yields of heads were lower than those treated with 120 Mg ha^{-1} of compost and chemical fertilizer, but not significant in statistics. The dry weight of the wrapper leaf blades, which were generally green and hence the main site of photosynthesis, was greater in compost-treated plants, so were the

wrapper leaf petioles, which were associated with the former. The greater growth of 120 Mg ha^{-1} compost-treated plants was attributable to more available N with the higher application rate of compost. Even though the N applied with 120 Mg ha^{-1} compost rate was almost equal to 2,000 kg ha^{-1}, the growth of the plant did not seem to be suffering from the disadvantageous effect caused by the high rate of compost. Therefore the whole N in the compost was not mineralized and available to the plants during the growth of the cabbage. The distribution of dry matter in various plant parts was according to the following order: The head > the wrapper leaf blades > the wrapper leaf petioles > the root.

Accumulation of N, P and K

The total N concentrations of the different plant parts in various treatments were not significantly different except that of wrapper leaf blades. The wrapper leaf petioles and wrapper leaf blades almost had the same concentration of N, and they were higher than those in the heads and the roots. The N concentration of the root was the lowest, compared with the other plant parts (Table 2). The considerable higher concentration of total N in the wrapper leaf petioles was different from that observed in other plants, where the total N in the petioles was lower than that of the other plant parts (Kirkby and Mengel, 1967; Osaki et al., 1995; Peck et al., 1971). This result might be due to the fact that the wrapper leaf petioles were the important storage organs of cabbage for N compounds. The amount of N accumulation of compost-treated plants increased with raising the compost rate, although there was no significant difference among treatments (table 1). On the other hand, the amount of N accumulation in the control plant was the same as that in the 30 Mg ha^{-1} compost-treated plants. Only a small fraction of N in the compost was absorbed by the cabbage, assuming that all the N accumulated in the cabbage was from the compost. The N partitioning in various organs followed the same trends as observed with the dry matter

partitioning.

Although it was not significantly different in every instance, plants receiving higher rate of compost tended to have higher P concentration. The P concentration of the chemical fertilizer-treated plants was the lowest (Table 3). Among various parts, the P concentration in the wrapper leaf petioles was the highest and that in the wrapper leaf blades was the lowest. This situation does not agree with the general occurrence for the plants, in which, the reverse is true. From the fact that the dry matter yield of chemical fertilizer-treated plants was the same as that of the 60 Mg ha^{-1} compost-treated plants, a luxury consumption of P in the compost-treated plants can be existed. This result is attributed to the large amount of available P was associated with the compost.

The plants treated with compost had a greater P accumulation than that of chemical fertilizer treated plants. Phosphorus partitioning in various parts of the plants followed a similar pattern to that of dry matter partitioning except a lower proportion of P was observed in the wrapper leaf blades. The accumulation of P in compost-treated plants was increased by raising the compost rate. Only a little amount of applied P accumulated in the cabbage, assuming that all P accumulated by the plants was from the fertilizer.

The concentration and accumulation of K in plants of various treatments did not differ significantly, however, there was a tendency that accumulation of K increased with raising the compost rate (Table 4). The concentration of K in the wrapper leaf petioles was the highest and that in the root was the lowest among various plant parts. There were almost the same concentration of K in the wrapper leaf blades and the heads. The much higher concentration of K in the petioles than those in the other organs was generally observed in the higher plants (Geraldson and Tyler, 1990; Hue et al., 1978; Jones, 1970; Kirkby and Mengel, 1967). Most of the K accumulated was distributed in the head, followed by the

wrapper leaf petioles and lowest in the root. This was different from those of N and P, probably due to the higher concentration of K in the wrapper leaf petioles than that in the other parts of the plant. Only a little amount of applied K was accumulated by the cabbage, assuming that all K accumulated by the plants was from the fertilizer.

Nitrogen Composition

Nitrate N

The concentration of NO_3-N in the shoot of the compost-treated plants was significantly higher than that of the chemical fertilizer-treated plants, but there were no significant differences among the compost-treated ones. Cabbage is a relatively NO_3-N loving plant (Huffaker and Rains, 1978; Maynard et al., 1976; Mills and Jones, 1979), therefore high concentration of NO_3-N was accumulated in its tissues. Table 5 shows that, in average, about one-tenth of total N was in the form of NO_3-N. High NO_3-N/total N ratio also existed in other NO_3-N loving plants (Chung et al., 1999; Vieira et al., 1998). No consistent relationship existed between application rate of compost and NO_3-N concentrations in various parts of plants. The concentration NO_3-N in the wrapper leaf blades was increased with increasing the application rate of compost, but this situation did not occur in the roots, the head, and the wrapper leaf petioles. The higher NO_3-N concentrations in the compost-treated plants than in the chemical fertilizer-treated plants were due to the large amount of N which was with the applied compost. The NO_3-N concentration in the wrapper leaf petioles was the highest among various plant parts, although not all N was available in the compost. The NO_3-N concentration in wrapper leaf blades was about one-third of that in the wrapper leaf petioles. However, the NO_3-N concentration in wrapper leaf blades was much higher than that in the head. Similar results were reported in the other plants (Barker et al., 1971; Homenauth et al., 1986; Maynard and

Barker, 1972; Mills et al., 1976a, 1976b; Minotti et al., 1989; Olday et al., 1976a, 1976b; Peck et al., 1971). Rubeiz et al.(1993) showed that the NO_3-N concentration of the midrib of the cabbage was 2.7-7.2 g kg^{-1} under different fertilizer treatments. The NO_3-N/ total N ratio was similar in the root and the wrapper leaf blades. In the head, the NO_3-N/ total N ratio was low. This result indicates that only small amount of N in the head was in the form of NO_3-N. However, some of the NO_3-N translocated into the head was probably due to excess amount of NO_3-N accumulation.

Ammonium N

Plant can absorb NH_4-N and metabolize it quickly (Reisenauer, 1978; Marschner, 1995). Ammonium N absorbed by the roots will be transformed into glutamine in the roots by glutamine synthetase, and then transformed into amino acids or amides (Miflin and Lea, 1976; Givan, 1979). Small amounts of NH_4-N may be transported to shoots, and then metabolized (Givan, 1979). When plant organs are senescent, proteins degrade and produce amides, amino acids and NH_4-N (Givan, 1979; Vierstra; 1993). In general, the concentration of NH_4-N in the plant tissues are rather low because the high concentration of NH_4-N induces ammonium toxicity, resulting in chlorosis of leaves, restricted growth, and even death in some cases (Barker et al., 1966; Bennet et al., 1964; Mills and Jones, 1979; Puritch and Barker, 1967; Wallace and Ashcroft, 1966; Wander and Sites, 1956; Weir et al., 1972). The concentration of NH_4-N in the whole plant of various treatments was low and there was no significant difference among treatments except the 30 Mg ha^{-1} treated-plants, which was significantly lower (Table 5). The NH_4-N/ total N ratios in various parts of cabbage were low. There was no consistent relationship between treatments and NH_4-N concentrations in various parts of plants. The NH_4-N concentration in the roots was the lowest among different plant parts, which can be explained by

considering the fact that most of NO_3-N reduction did not take place in the root. The higher concentration of NH_4-N in the head than the roots can not be explained correctly, however, it can be the product of protein degradation.

Soluble Organic N

Soluble organic N contains amino acids, amides, small peptides, and other small molecular N containing-compounds. A high concentration of soluble organic N in plant organs is probably due to excess N nutrition, especially under the excess nutrition of ammonium (Allen and Smith, 1986; Harada et al., 1968). However, the soluble organic N concentration also depends on the changes in the physiological status of plant, such as initiation of flower increases its concentration (Kafkafi and Ganmove-Neumann, 1997; Sagee and Lovatt, 1991). There were few differences in soluble organic N concentration in various parts of plants from the different treatments (Table 5). The concentration of soluble organic N in the head was the highest of all plant parts and that in the roots was the lowest. More than half of total N in the head was in the soluble organic N form suggested that soluble organic N accumulated in the head and this might be one of the causes of its sweetness. However, there was considerably high amount of soluble organic N in the other parts of plants (about one-third of total N).

Insoluble N

Insoluble N in plant organs is large molecule containing compounds, including proteins, nucleic acids, etc. (Barker et al., 1966). There were no significant differences in insoluble N concentrations in various parts of plants due to the different treatments except in the wrapper leaf blade (Table 5). Among different plant parts, insoluble N concentrations in the wrapper leaf blades was the highest. Most of the metabolism occurred in the wrapper leaf blades, and hence there were more proteins, nucleic acids etc. than in

other plant parts. The insoluble N/ total N ratio of wrapper leaf blades was higher than that of the other plant parts.

REFERENCES

1.Addiscott T.M., A.P. Whitmore, and D.S. Powlson. 1991. Nitrate: Perception of the Problem in Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem, pp. 1-14. C. A. B. International, Wallingford, U. K.

2.Allen S. and J.A.C. Smith. 1986. Ammonium nutrition in *Ricnus communis*: Its effect on plant growth and the chemical compositions of the whole plant, xylem and phloem saps. J. Exp. Bot. 37: 1599-1610.

3.Avnimelech Y. 1986. Organic residues in modern agriculture, pp. 1-10. In: Y. Chen and Y. Avnimelech (eds.), The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Martines Nijhoff Publishers, Boston.

4.Barker A.V., R.J. Volk and W.A. Jackson. 1966. Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. Plant Physiol. 41: 1193-1199.

5. Barker A.V., N.H. Peck, and G.E. MacDonald. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. I. Spinach grown in upland soils. Agron. J. 63:126-129.

6. Bennet W.F., J. Pesek, and J.J. Hanway. 1964. Effect of NO_3^- and NH_4^+ on growth of corn in nutrient solution and sand culture. Agron. J. 56:342-345.

7. Blacquiere T., R. Hofstra, and I. Stulen. 1987. Ammonium and nitrate nutrition in *Plantago lanceolata* and *Plantago major* L. ssp. *major*. II. Aspects of growth, chemical composition and root respiration. Plant Soil 104: 129-141.

8. Bremner J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-- Total, pp.621-623. In: A.L. Page

(ed.), Method of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Monogr. 9, 2nd ed., ASA and SSSA, Madison Wisconsin.

9. Broaddus G.M., J.E. York, and J.M. Hoseley. 1965. Factors affecting the levels of nitrate nitrogen in cured tobacco leaves. Tob. Sci. 9: 149-157.

10. Chung R.S·, H.T.Chen, and P.C.Wu. 1999. Effect of split application of nitrogen fertilizer on the growth and nitrogen composition of Chinese mustard. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30:307-316.

11. Geraldson C.M. and K.B. Tyler. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops, pp. 549-562. In: R.C. Westerman (ed.), Soil Testing and Plant Analysis (3 rd.), Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin.

12. Givan, C.V. 1979. Metabolic detoxification of ammonia in tissue of higher plants. Phytochemistry 18:375-382.

13. Goh K. M. and R. J. Haynes. 1986. Nitrogen and agronomic practices, pp. .In: R. J. Haynes (ed.), Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System. Academic Press Inc., New York.

14. Harada T., H. Talaki, and Y. Yamada. 1968. Effect of nitrogen sources on the chemical components of young plants. Soil Sci. Plant Anal. 14:47-52.

15. Homenauth O.P, P.K. McConnaughey, J.E. Hairston and J.O. Sanford. 1986. Petiole and leaf nitrate studies in sunflower. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17:1257-1269.

16. Hue H.H., J.D. Lancaster, and W.F. Jones. 1978. Potassium concentration in leaf blades and petioles as affected by potassium fertilization and stage of maturity of cotton. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 9:265-277.

17. Huffaker R.C. and D.W. Rains. 1978. Factors influencing nitrate acquisition by plants: Assimilation and fate of reduced nitrogen, pp. 1-40. In: D.R. Nielson and J.G.

MacDonald (eds.), Nitrogen in the Environment, volume 2, Soil-Plant-Nitrogen Relationship, Academic Press, New York.

18. Jones J.B. Jr. 1970. Distribution of 15 elements in corn leaves. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1:27-34.
19. Kafkafi U. and R. Ganmove-Neumann. 1997. Ammonium in plant tissue: Real or artifact. J. Plant Nutr. 20:107-118.
20. Keeney D.R. and D.W. Nelson. 1982a. Nitrogen --Inorganic forms: Modified Griess-Ilosvay Method, pp.684-687. In: A.L. Page (ed.), Method of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Monogr. 9, 2nd ed., ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
21. Keeney D.R. and D.W. Nelson. 1982b. Nitrogen –Steam distillation Methods for Exchangeable Ammonium, Nitrite and Nitrate, pp.649-658. In: A.L. Page (ed.), Method of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Monogr. 9, 2nd ed., ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
22. Kirkby E.A. and K. Mengel. 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. Plant Physiol. 42:6-14.
23. Marschner H. 1995. Functions of mineral nutrients: Macronutrients. pp. 229-312. In: Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, New York.
24. Maynard D.N. and A.V. Barker. 1972. Nitrate content of vegetable crops. HortSci. 7:224-226.
25. Maynard D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti, and N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28: 71-118.
26. Miflin B.J. and P.J. Lea. 1976. The pathway of nitrogen assimilation in plants. Phytochemistry 15:873-885.
27. Mills H.A., A.V. Barker, and D.N. Maynard. 1976a. Nitrate accumulation in radish as

affected by nitrapyrin. Agron. J. 68:13-17.

28. Mills H. A., A. V. Barker, and D. N. Maynard. 1976b. Effects of nitrapyrin on nitrate accumulation in spinach. J. Am. Hort. Sci. 101:202-204.
29. Mills H.A. and J.B. Jones, Jr. 1979. Nutrient deficiency and toxicities in plants: Nitrogen. J. Plant Nutr. 1:101-122.
30. Minotti P.L., T.J. Hankinson, V.P. Grubinger, H.C. Wien. 1989. Whole leaves versus petioles for assessing the nitrogen status of tomatoes. HortSci. 24:84-86.
31. Murphy J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27:31-36.
32. Nelson D.W. and L.E.Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter: Walkley-Black Procedure, pp.570-573. In: A.L. Page (ed.), Method of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Monogr. 9, 2nd ed., ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
33. Olday F.C., A.V. Barker and D.N. Maynard. 1976a. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in two spinach cultivars. J. Am. Soc. Hort. Sci. 10: 217-219.
34. Olday F.C., A.V. Barker and D.N. Maynard. 1976b. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in cucumber and pea. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101: 219-222.
35. Osaki M., J. Shirai, and T. Shinano. 1995. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. Soil Sci. Plant Nutr. 41:709-719.
36. Peck N.H., A.V. Barker , and G.E. MacDonald, and R.S. Shallenberger. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. II. Table beets grown in upland soils. Agron. J. 63:130-132.

37. Puritch G.S. and A.V. Barker. 1967. Structure and function of tomato leaf chloroplast during ammonium toxicity. Plant Physiol. 42:1229-1238.

38. Reisenauer H.M. 1978. Absorption and utilization of ammonium nitrogen by plants, pp. 157-170. In: D.R. Nielson and J.G. MacDonald (eds.), Nitrogen in the Environment, volume 2, Soil-Plant-Nitrogen Relationship, Academic Press, New York.

39. Rubeiz I.G., A.S. Sabra, J.A. Al-Assir, and M.J. Farran. 1993. Layer and broiler poultry manures as nitrogen fertilizer sources for cabbage production. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24:1583-1589.

40. Sagee O. and C.J. Lavatt, 1991. Putrescine content parallel ammonia and arginine metabolism in developing flowers of the "Washington" naval orange. J. Am. HortSci. 116:280-285.

41. Vieira I.S., E.P. Vasconcelos, and A.A. Montrio. 1998. Nitrate accumulation, yield and leaf quality of turnip greens in response to nitrogen fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystem 51:249-258.

42. Viestra R.D. 1993. Protein degradation in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 44:385-410.

43. Wallace A. and R.T. Ashcroft. 1956. Preliminary comparison of the effects of urea and other nitrogen sources on the mineral composition of rough lemon and bean plant. Am. Soc. Hort. Sci. 68:227-233.

44. Wander I.W. and J.W. Sites. 1956. The effect of ammonium and nitrate nitrogen, with and without pH control, on the growth of rough lemon seedlings. J. Am. Soc. Hort. Sci. 68:211-226.

45. Weir B.L., K.N. Paulson, and O.A. Lorenz. 1972. The effect of ammoniacal nitrogen on lettuce (*Lactuca sativa*) and radish (*Raphanus sativus*) plants. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36:462-465.

Table 1. Effect of application rate of hog dung compost on the dry weight yield of cabbage.

Treatment	Root	Wrapper leaf petiole	Wrapper leaf blade	Head	The whole plant
kg ha^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	162 a* (5)#	436 ab (12)	571 a (16)	2418 a (67)	3587 a (100)
60 Mg ha^{-1}	202 a (5)	509 ab (13)	786 a (21)	2312 a (61)	3809 a (100)
120 Mg ha^{-1}	149 a (4)	558 a (14)	720 a (18)	2682 a (65)	4109 a (100)
Control	182 a (5)	373 b (10)	542 a (15)	2616 a (70)	3713 a (100)

* Averages followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (p = 0.05).

The number in parenthesis is the partition ratio in percentage.

Table 2. Effect of application rate of hog dung compost on the concentration and accumulation of total N in cabbage.

Treatment	Root	Wrapper leaf petiole	Wrapper leaf blade	Head	The whole plant
Concentration, g kg^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	17.3 a*	37.4 a	38.7 ab	33.4 a	33.9 a
60 Mg ha^{-1}	19.1 a	40.4 a	37.3 b	33.7 a	34.4 a
120 Mg ha^{-1}	18.9 a	39.0 a	40.9 a	33.2 a	34.7 a
Control	18.0 a	36.7 a	37.7 b	32.9 a	33.4 a
Accumulation, kg ha^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	2.7 a(2)#	16.3 ab (13)	22.1 a (18)	80.5 a (66)	121.6 a (100)
60 Mg ha^{-1}	3.8 a(3)	20.6 ab (16)	29.1 a (22)	76.9 a (59)	130.4 a (100)
120 Mg ha^{-1}	2.8 a(2)	21.7 a (15)	29.4 a (21)	88.5 a (62)	142.4 a (100)
Control	3.3 a(3)	13.9 b (11)	20.9 a (17)	85.6 a (69)	124.0 a (100)

* Averages followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (p = 0.05).

The number in parenthesis is partition ratio in percentage.

Table 3. Effect of application rate of hog dung compost on the P concentration and accumulation of P in cabbage.

Treatment	Root	Wrapper leaf petiole	Wrapper leaf blade	Head	The whole plant
Concentration, g kg^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	4.2 b*	4.6 b	3.6 b	4.4 a	4.3 b
60 Mg ha^{-1}	4.7 b	5.1 b	3.4 b	4.8 a	4.5 ab
120 Mg ha^{-1}	5.5 a	5.7 a	4.2 a	4.7 a	4.8 a
Control	2.2 c	3.3 c	2.6 c	3.7 b	3.4 c
Accumulation, kg ha^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	0.7 ab (5)	2.0 bc (13)	2.0 ab (13)	10.7 b (69)#	15.4 bc (100)
60 Mg ha^{-1}	0.9 a (5)	2.6 ab (15)	2.7 ab (16)	10.8 b (64)	17.0 ab (100)
120 Mg ha^{-1}	0.8 a (4)	3.2 a (16)	3.0 a (15)	12.6 a (64)	19.6 a (100)
Control	0.4 b (3)	1.3 d (10)	1.4 b (11)	9.6 b (76)	12.7 c (100)

* Averages followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (p = 0.05).

The number in parenthesis is partition ratio in percentage.

Table 4. Effect of application rate of hog dung compost on the concentration and accumulation of K in cabbage.

Treatment	Root	Wrapper leaf petiole	Wrapper leaf blade	Head	The whole plant
Concentration, g kg^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	20.8 a	56.1 a	35.7 a	36.6 a	38.0 a
60 Mg ha^{-1}	21.0 a	55.6 a	34.5 a	36.9 a	37.9 a
120 Mg ha^{-1}	21.9 a	53.4 a	34.2 a	34.5 a	36.7 a
Control	19.8 a	50.4 a	36.5 a	35.5 a	36.4 a
Accumulation, kg ha^{-1}					
30 Mg ha^{-1}	3.3 a (2)	24.4 a (18)	20.5 a (15)	88.0 a (65)	136.2 a (100)
60 Mg ha^{-1}	4.2 a (3)	28.3 a (20)	27.4 a (19)	53.6 a (58)	143.5 a (100)
120 Mg ha^{-1}	3.2 a (2)	29.4 a (20)	25.2 a (17)	91.9 a (61)	149.7 a (100)
Control	3.6 a (3)	19.1 a (14)	20.3 a (15)	92.4 a (68)	135.4 a (100)

* Averages followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (p = 0.05).

The number in parenthesis is partition ratio in percentage.

Table 5. Effect of application rate of hog dung compost on the N composition of cabbage ($g\ kg^{-1}$).

Treatment	Root	Wrapper leaf petiole	Wrapper leaf blade	Head	The whole plant
NO_3^--N, $g\ kg^{-1}$					
30 Mg ha^{-1}	2.9 a (0.17)	13.1 a (0.35)	4.3 ab (0.11)	1.5 ab (0.04)	3.4 a* (0.1)$
60 Mg ha^{-1}	2.9 a (0.15)	14.7 a (0.36)	5.2 ab (0.14)	1.6 a (0.05)	4.2 a (0.12)
120 Mg ha^{-1}	3.0 a (0.16)	16.8 a (0.43)	5.6 a (0.14)	1.4 ab (0.04)	4.2 a (0.12)
Control	3.0 a (0.16)	13.8 a (0.37)	3.6 b (0.09)	1.0 b (0.03)	2.9 b (0.09)
NH_4^+-N, $g\ kg^{-1}$					
30 Mg ha^{-1}	0.4 ab (0.02)	1.2 b (0.03)	1.1 a (0.03)	1.0 b (0.03)	1.0 b *(0.03)$
60 Mg ha^{-1}	0.5 ab (0.02)	1.4 ab (0.03)	0.9 a (0.03)	1.5 a (0.04)	1.3 a (0.04)
120 Mg ha^{-1}	0.4 b (0.02)	1.4 ab (0.04)	1.1 a (0.03)	1.3 ab (0.04)	1.3 a (0.04)
Control	0.5 a (0.03)	1.6 a (0.04)	0.8 a (0.02)	1.5 a (0.04)	1.4 a (0.04)
soluble organic N, $g\ kg^{-1}$					
30 Mg ha^{-1}	5.8 a (0.33)	11.9 a (0.32)	9.7 a (0.25)	18.8 a (0.56)	15.9 a* (0.47)$
60 Mg ha^{-1}	7.7 a (0.40)	13.0 a (0.32)	9.7 a (0.26)	18.5 a (0.55)	15.4 a (0.45)
120 Mg ha^{-1}	7.0 a (0.37)	10.3 a (0.26)	10.5 a (0.26)	17.9 a (0.54)	15.2 a (0.44)
Control	6.7 a (0.37)	10.2 a (0.28)	9.9 a (0.26)	18.7 a (0.57)	16.0 a (0.48)
Insoluble N, $g\ kg^{-1}$					
30 Mg ha^{-1}	8.2 a (0.48)	11.3 a (0.30)	23.5 a (0.61)	12.2 a (0.36)	13.7 a (0.40)$
60 Mg ha^{-1}	8.0 a (0.42)	11.4 a (0.28)	21.5 a (0.58)	12.1 a (0.36)	13.6 a (0.41)
120 Mg ha^{-1}	8.6 a (0.45)	10.5 b (0.27)	23.6 a (0.58)	12.6 a (0.38)	14.0 a (0.40)
Control	7.8 a (0.44)	11.1 ab (0.30)	23.5 a (0.62)	11.7 a (0.36)	13.1 a (0.39)

* Averages followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test ($p = 0.05$).

$ The number in parenthesis is insoluble N/ total N.

The number in parenthesis is partition ratio in percentage.

豬糞堆肥對甘藍生長與氮磷鉀吸收之影響

鍾仁賜[1] 陳尊賢[1] 黃盛洛[2]

[1]國立台灣大學農業化學系
[2]國立台灣大學附設農業試驗場

本研究之目的在探討不同量之豬糞堆肥對甘藍生長、氮、磷與鉀吸收及氮素組成分之影響，試驗在國立台灣大學農業試驗場進行。堆肥處理爲每公頃 30、60 與 120 公噸三種，以施用化學肥料之處理爲對照。甘藍於移植後 94 天採收，以水洗淨後，分成根、外葉葉片、外葉葉柄及球四部分，經烘乾後分析氮、磷、鉀、硝酸態氮、銨態氮與不溶解性氮濃度。結果顯示各種不同處理之不同部位之氮與鉀濃度無顯著差異，但是化學肥料處理之磷濃度顯著低於堆肥處理者，堆肥處理之磷濃度則隨堆肥施用量增加而增加；化學肥料處理之整株植物、外葉葉片及球之硝酸態氮濃度爲各處理中之最低者，而堆肥處理間球之硝酸態氮濃度則無顯著差異；各處理不同部位之銨態氮、溶解性有機態氮及不溶性氮無顯著差異。整體而言，豬糞堆肥之用量高達每公頃 120 公噸，在第一年之結果裡對甘藍之生長顯出無不良之影響。

關鍵詞：甘藍、堆肥、氮素吸收、磷素吸收、鉀素吸收、氮素組成。

有機質肥料在強酸性土壤之施用策略

陳仁炫

國立中興大學土壤環境科學系

前　言

近年來由於集約耕作及產酸化肥長期施用的結果，本省土壤酸化之面積有逐漸擴大的現象。據農試所調查結果顯示，本省耕地及山坡地面積中約近 52%爲強酸性土壤*(pH < 5.5)*，故強酸性土壤已成爲本省面積最大的問題土壤(連，1991)。除了鋁或錳毒害的可能性外，強酸性土壤本身所具有的強磷固定能力及低肥力特性，往往會抑制作物的生長，進而影響作物的產量及品質。在規劃地力增進及土壤永續利用的今日，強酸性土壤的改良實爲首要之途。

栽種耐酸作物，客土，加重肥料施用，施用有機質肥料及施用石灰質材等方法均爲曾被推薦作爲適應或改良強酸性土壤生產力的對策，其中又以石灰和有機質施用爲效果較佳且較持久的對策。土壤有機質具有改良物理，化學及生物性的功能(Fellet et al., 1987)，且利用於作物耕作管理，並爲作物營養要素之貯藏庫，因此其含量的多寡可視爲作物肥力的指標(Smith et al., 1977)。有機質肥料的添加除可直接增加土壤有機質含量外，且在土壤改良上具有多重改良效應。作者曾針對以石灰施用或有機質肥料的添加在增進強酸性土壤生產力之效應及其衍生之土壤問題進行一序列的研究。茲謹就作者針對有機質肥料施用於強酸性土壤之相關研究的成果與結論彙整如下，以供參考。

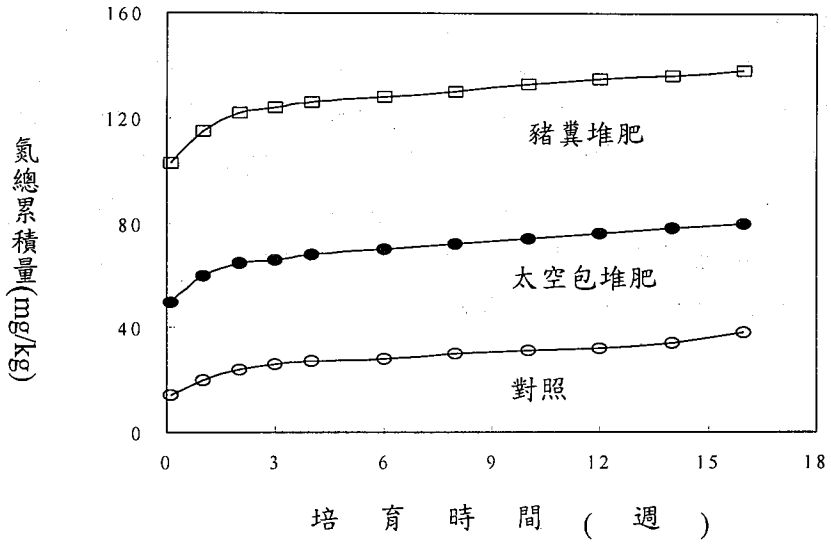
一、堆肥施用對強酸性土壤氮有效性及氮礦化作用的影響

在以有機質肥料的施用來增進強酸性土壤生產力的對策下，其所造成氮在土壤中有效性的改變及礦化和生物固定化作用的消長，應予以評估與探討，以尋求建立有效的有機質肥料管理方針。作者(陳和李，1997)曾選取大肚山及關西兩種強酸性土壤，依土壤之磷固定能力的強弱，分別添加不同量的豬糞及金針菇太空包堆肥，且在不同的時間(第

0,1,2,3,4,6,8,10,12,14,16 週)測定氮有效性指標的變化。實驗結果顯示，金針菇太空包堆肥及豬糞堆肥的添加均能增進土壤中氮的有效性，且在各培育期中，施用豬糞堆肥處理的全氮含量，淨礦化氮累積量(圖一)及礦化潛勢(表一)均較施用金針菇太空包堆肥者高，此乃因豬糞堆肥的氮含量及易礦化的含氮基質較多，致使其具有較高的礦化潛能及礦化速率所致。由此推知，以氮礦化及供應潛勢來研判，在強酸性土壤所施用之堆肥宜選用氮含量及易礦化含氮較高之基質。

表一、以複合一次式評估強酸性土壤添加有機質肥料後之氮礦化潛能

	氮礦化潛能（N_0） mg/kg
大 肚 山	
對照	19.1 ± 0.4
太空包堆肥(3%)	43.3 ± 0.6
豬糞堆肥(3%)	89.0 ± 0.2
關 西	
對照	25.8 ± 2.7
太空包堆肥(6%)	56.4 ± 0.2
豬糞堆肥(6%)	89.4 ± 0.2

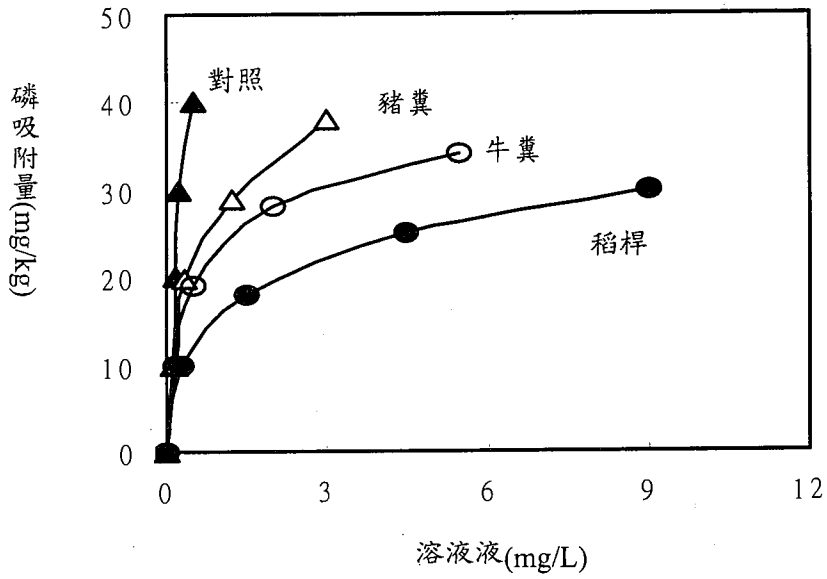


圖一、強酸性大肚山土壤添加豬糞或太空包堆肥後於培育期之淋出液中全氮累積量之變化

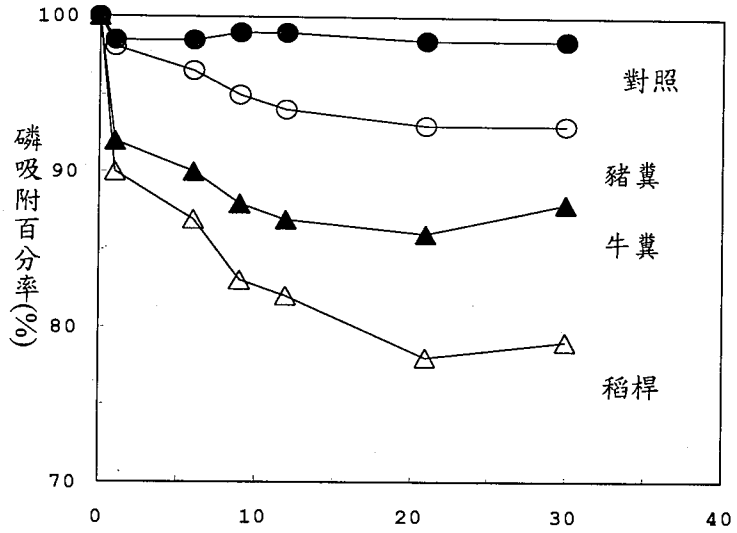
二、有機質肥料添加對強酸性土壤磷吸附特性之研究

無機磷在強酸性土壤中易被結晶及非結晶(amorphous)的鐵和鋁氧化物及氫氧化物所吸附(Sample and Racz, 1980; Tisdale et al., 1985; Kuo, 1990)。作者(陳，1993)曾探討本省七種強酸性土壤的磷吸附特性，結果顯示強酸性土壤之風化程度愈強者，其磷之吸附能力愈大。土壤對磷的吸附能力將因有機質肥料的添加而改變，繼而影響磷在土壤中的生物有效性。作者曾針對強酸性之臺中大肚山土壤，以 50 噸/公頃的施用量分別加入三種有機質肥料(牛糞堆肥、稻桿堆肥和豬糞堆肥)，置於室內培育溫度維持在 25℃，另設立對照組。嗣分別在第 1、3、6、9、12、21、30 週測定各處理對土壤無機磷吸附能力的影響(陳等人，1994)。結果顯示，施用三種堆肥均可降低土壤對無

機磷的吸附能力，因此具有降低後續施用之無機磷肥被土壤固定量之效果，其中又以添加稻稈堆肥之處理對降低土壤磷吸附量及磷吸附百分率的效應最大，牛糞堆肥次之，豬糞堆肥較差(圖二，圖三)，同時，本試驗證實堆肥質材中有機磷和無機磷含量愈高以及碳/有機磷比率愈低者，其顯現的降低效果愈佳。由此可知，堆肥施用於土壤中，可降低土壤對磷的吸附能力，因而可增進土壤磷有效性，及增進無機磷肥的利用率。堆肥之施用對土壤無機磷吸附能力的影響機制乃多重的，其中包括(1)有機酸或腐植酸與鐵、鋁或鈣形成複合物而減少磷被吸附的機會(Barrow, 1989; Dalton, et al., 1952)；(2)有機磷先占據吸附位置(Evans, 1985; 陳，1993)；(3)有機磷礦化釋出之無機磷或有機質肥料溶出之無機磷先占據吸附位置(陳，1993)；及(4)土壤 pH 的改變所導致土壤膠體之表面化學及電荷的變化....等。



圖二、強酸性大肚山土壤施用各供試堆肥後，對無機磷之吸附等溫

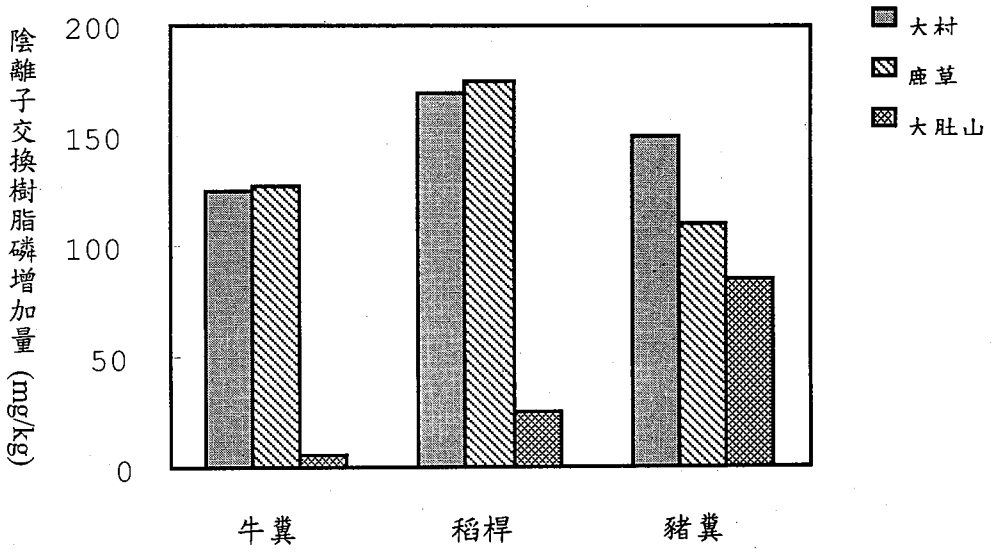


圖三、強酸性大肚山土壤在施用稻桿、牛糞及豬糞堆肥後，對添加之無機磷吸附百分率在不同培育時間之變化

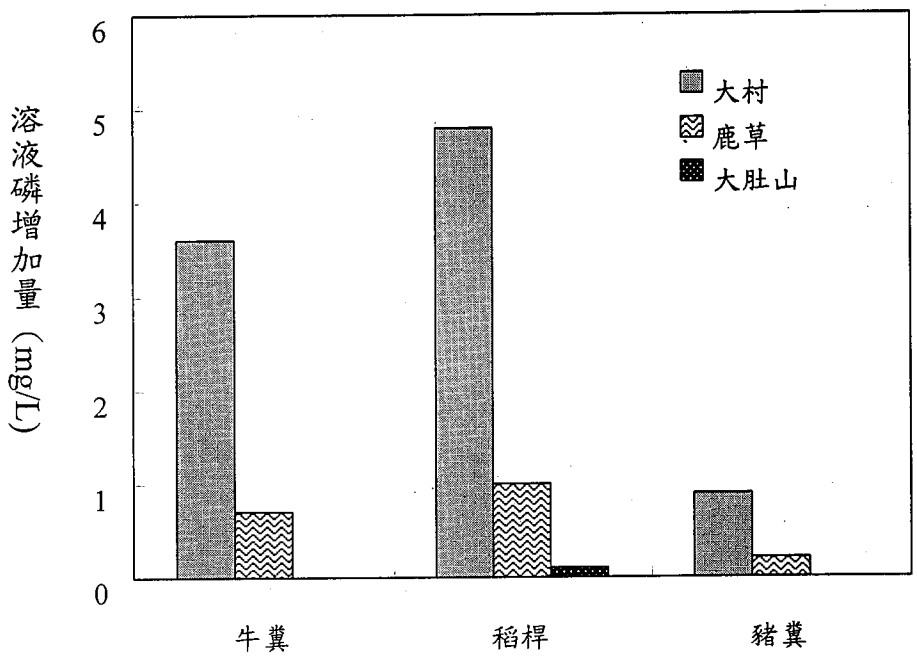
三、有機質肥料添加對強酸性土壤磷有效性的影響

在一般施用堆肥的舉措中，堆肥的施用量大都係以氮的需求量及氮在土壤中的礦化速率來估算，但未顧及磷之供應是否過多或不足(Olsen and Barber, 1977)。基於作物每年從堆肥中吸收磷的總百分率低於氮(Olsen and Barber, 1977)，而土壤對磷固定能力深深影響土壤有機磷的礦化量，因此在磷有效性低及磷固定能力強的土壤，以氮礦化速率或作物對氮需求所估算的堆肥用量，可能將無法滿足作物對磷的需求而影響作物生長。

作者(陳，1995)曾選取非強酸性的彰化大村和嘉義鹿草土壤和台中大肚山強酸性的土壤，分別以每公頃 50 公噸的劑量添加三種有機肥(牛糞、稻桿和豬糞堆肥)，置於室內培育(25℃)，另設一對照組。嗣分別在第 1、3、6、9、12、21 及 30 週測定土壤 pH、土壤溶液磷、陰離子交換樹脂磷及有機磷濃度之變化，



圖四、30 週堆肥培育後之供試土壤的陰離子交換樹脂磷濃度增加量



圖五、30 週堆肥培育期後之供試土壤的溶液磷濃度增加量

並分別由土壤有機磷、溶液磷和陰離子交換樹脂磷的濃度變化來估算其礦化速率並評估之。結果顯示，添加供試的三種堆肥均會增進土壤磷有效性，但強酸性大肚山土壤因磷固定能力較非強酸性的大村和鹿草土壤大，故其增進的程度較低(圖四、圖五)。對非酸性的嘉義鹿草和彰化大村土壤而言，在增進陰離子交換樹脂磷和溶液磷濃度的效應上以施用稻草堆肥者較佳，施用牛糞堆肥者次之，而以施用豬糞堆肥者較差，唯對磷固定能力較強的強酸性大肚山土壤而言，在增進土壤溶液磷、陰離子交換樹脂磷的效果則以豬糞堆肥最大，稻桿堆肥次之，而以牛糞堆肥較差。推測可能是豬糞堆肥在強酸性的大肚山土壤中經礦化或溶解出來的無機磷，除了被土壤固定量較大外，其餘之無機磷存於弱吸附之交換態的程度高於稻桿堆肥和牛糞堆肥者，由此可知，堆肥施入土壤後，其礦化釋出或溶解出來的無機磷進入溶液磷、交換態磷和固定態磷的比例，可能和堆肥質材成分的不同有關。本試驗的結果顯示有機質肥料中有機磷含量愈高以及碳/有機磷比例愈低者，在增進磷有效性及磷礦化作用的效果愈佳。作者的研究生曾評估金針菇太空包堆肥和豬糞堆肥施用於強酸性的大肚山和關西土壤之效果。結果亦顯示碳/有機磷比例較低之豬糞堆肥在增進土壤溶液磷 *Bray-1* 磷和 $NaHCO_3$-磷含量的效果較太空包堆肥佳，而磷固能力較強之關西土壤的增進程度不如大肚山土壤。

四、高磷堆肥在強酸性土壤之改良效應研究

強酸性土壤具有強固定磷之能力，作者曾發現以氮需求所估算的堆肥用量，當施於磷固定能力強之強酸性土壤後，生長中之作物仍會發生磷缺乏的現象而抑制作物的生長(陳，1995)。爲解決此問題，作者曾以蛋雞糞堆肥配合磷礦石粉或骨粉的添加，而研製適合強酸性土壤施用之高磷堆肥，並評估其肥效及對作物生長與土壤改良之效應(陳，2000)。試驗結果顯示所製作之磷堆肥具磷含量高之特性，且成分均符合農委會公佈之禽畜糞堆肥之成分要求(表二)。盆栽試驗的結果顯示，高磷堆肥的添加能提升強酸性大肚山土壤之 pH 值、有機質含量、及氮、磷和鉀之有效性(表三)，且較以農委會作物施肥手冊中甘藍施肥推薦量之化肥處理者有較高之乾物重(圖六)，及氮和磷吸收量(表四)。由此可知，使用高磷堆肥再配合以作物氮需求爲依

歸所估計之用量，不但可以改善強酸性土壤的生產力，且可避免因土壤本身強磷固定作用而造成磷供應不足之弊害。化肥處理之 Bray-1 磷含量只有 3 mg / kg，在一般肥力分級中乃屬極低等級，意謂磷有效性甚低，而施用高磷堆肥之土壤 Bray-1 磷高達 47 mg / kg，此值乃屬肥力分級之高量等級(表四)，顯示高磷堆肥之施用可大大提昇強酸性土壤之磷有效性。由此可知，爲兼顧氮和磷的適量供應，在強酸性土壤可利用高磷堆肥，而依作物之氮需求來估算其施用量。

表二、高磷雞糞堆肥成分分析

項目	A(加骨粉)	禽畜糞堆肥標準	B(加磷礦石粉)
pH	7.4		8.0
O.M %	55	> 40	54
N %	1.4	< 3.0	1.2
P_2O_5 %	6.0	< 6.0	5.3
K_2O %	4.7	< 5.0	3.1
Ca %	6.5		7.6
Mg %	0.57		0.57
Zn *mg/kg*	302	< 800	302
Cd *mg/kg*	1.6		2.7
Ni *mg/kg*	11		11
Cu *mg/kg*	55	< 100	53
Pb *mg/kg*	13		12

表三、甘藍盆栽試驗各處理於甘藍採收後之土壤有機質、全氮及 Bray-1 磷含量

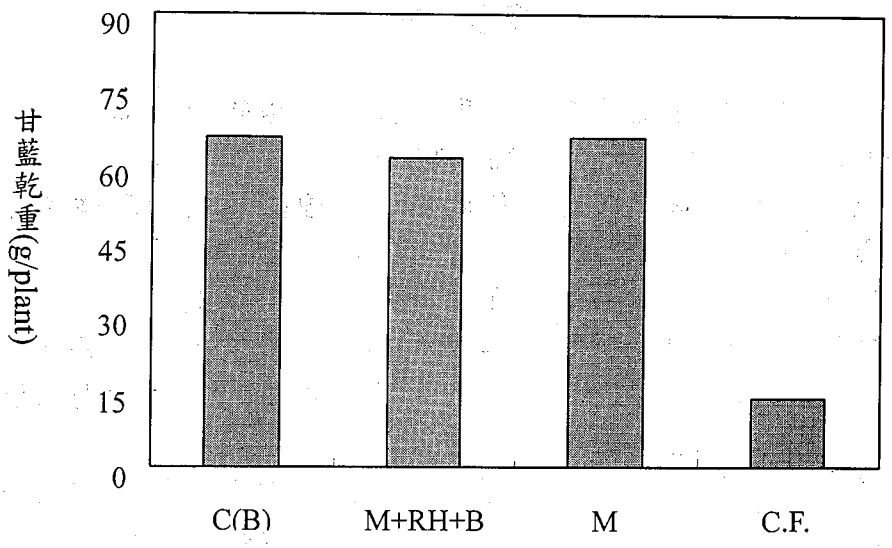
Treatment*	Organic matter (%)	Total N (%)	Bray-1 P
高磷堆肥	0.59 [b]	0.08 [b]	47 [b]
雞糞+稻殼+骨粉	0.79 [a]	0.09 [a]	60 [a]
乾雞糞	0.69 [b]	0.08 [b]	20 [c]
化學肥料	0.26 [c]	0.08 [b]	3 [d]
對照	0.24 [c]	0.06 [c]	0.9 [d]

: Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.05$ with least significant difference.

表四、盆栽試驗各處理甘藍植體之全氮與全磷吸收量

Treatment*	N uptake (g/plant)	P uptake (g/plant)
高磷堆肥	1.53 [c]	0.22 [c]
雞糞+稻殼+骨粉	2.44 [ab]	0.25 [b]
雞糞	2.66 [a]	0.30 [a]
化學肥料	1.12 [d]	0.02 [d]
對照	0.08 [e]	0.002 [e]

: Values with columns followed by the same letter are not significantly different at $P<0.05$ with least significant difference.



圖六、盆栽試驗各處理之甘藍乾重

C(B)：高磷堆肥　　：雞糞
C.F.：化學肥料　　：骨粉
RH：稻殼

結　論

在本省農耕土壤中，強酸性土壤所佔的比例不低，欲使農業昇級，農地永續利用，強酸性土壤的改良實爲刻不容緩之事。有機質肥料的施用，具有多重之功效，唯如何有效且經濟的使用有機質肥料來增進強酸性土壤生產力，並配合適當的肥培管理，在推動「合理化施肥」及「精準農業」的今天，更顯得其重要性。

參考文獻

1. 連深。1991。酸性土壤之利用與改良。土壤管理手冊，中興大學土壤調查試驗中心出版，p.263-276。
2. 陳仁炫。1995。有機質肥料的添加對土壤磷有效性和磷礦化作用之影響。中國農業化學會誌， 33(5)：533-549。
3. 陳仁炫。1998。有機農耕法在強酸性土壤改良上之應用。土壤肥料試驗報告(86年度)。p.226-256。台灣省政府農林廳編印。
4. 陳仁炫。2000。高磷堆肥的研製及其在強酸性土壤之肥效評估。行政院農委會委託計劃報告。
5. 陳仁炫、李俊儀。1997。堆肥施用對強酸性土壤氮有效性及氮礦化作用的影響與評估。中華農學會報，新 179：73~93。
6. 陳仁炫、翁玉娥、王銀波。1994。有機質肥料的添加對土壤磷吸附特性的影響。中國農業化學會誌， 32(3):332-346。
7. 陳仁炫、歐毓美。1996。石灰－有機質肥料－化學磷肥的交感作用對強酸性土壤磷有效性的影響。中華農學會報，新 175 期：1-20。
8. 陳仁炫。1985。台灣旱田土壤有機磷之固定及礦化潛能之研究(I)。土壤有機磷之吸附能力及吸附特性。國科會期末報告。
9. Barrow, N. J. 1989. Testing a mechanistic model. IX. Comparation between anions for sorption by soil. *J. Soil Soc.*, 40: 415-425.
10. Dalton, J. D., G. C. Russell and D. H. Sieling, 1952. Effect of organic matter on phosphate availability. *Soil Sci.*, 73: 173-181.
11. Deb, D. L. and N. P. Datta, 1967. Effect of associating anions and phosphorus retention in soils under various anion concentration. *Plant Soil*, 26: 432-443.
12. Evans, JR. A. 1985. The adsorption of inorganic phosphate by a sandy soil as influenced by dissolved organic compounds. *Soil Sci.*, 140:251-255.
13. Follet, J. W. B., C. V. Cole and J. F. Power. 1987. Soil fertility and organic matter as critical components of production system. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
14. Foth, H. D. and B. G. Ellis. 1988. Soil Fertility. John Wiley

& Sons. New York.

15. Kuo, S. 1990. Phosphate sorption implications on phosphate soil tests and uptake by corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 131-135.
16. Oslen, S. R., and S. A. Barber. 1977. Effect of waste application on soil phosphorus and potassium. In Elliotle and Stevenson(ed) "Soil for Management of Organic Waste and Waste" p.197-215. ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin.
17. Sample, E. C., and R. J. Racz. 1980. Reaction of phosphate fertilizers in soils. In Khasawneh et al., (eds.) "The Role of Phosphorus in Agriculture", ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin, p. 264-272.
18. Sibanada, H. M. and S. D. Young. 1986. Competitive adsorption of humus scids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. *J. Soil Sci.*, 37: 197-204.
19. Smith, S. J., L. B. Young, and G. E. Miller. 1977. Evaluation of soil nitrogen mineralization potentials under modified field condition. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:74-76.
20. Tester, C. F. 1986. Organic amendment affects on physical and chemical properties of a sandy soil: Soil Sci. 66: 601-613.
21. Tisdale, S. L., W. L. Nelson and J. D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizer, 4th edition. Macimillan Publishing company, New York, p. 210-211.

有機質肥料對有機農耕法的一些困擾

趙震慶

國立中興大學土壤環境科學系

前　言

有機農業係指生產糧食作物時，儘量少用或避免使用化學肥料及農業藥劑，配合豆科植物在內之綠肥作物輪作制度，及利用農場內、外廢棄物及含植物所需養分元素之岩石與礦物，以維持農業生產之耕作方式。民國76年王銀波與洪崑煌兩位教授將此概念譯介至國內，復加當時在農委會任職的蘇楠榮與黃山內兩位技正共同規畫推行，再加上農林廳黃伯恩技正之推展，始有今日有機農耕法全面欣欣向榮的境況。筆者，有幸自推展有機農耕法理念之初，即參與在高雄區農改場旗山分場與台南區農改場鹿草分場兩地區試驗，分別與黃賢喜主任及謝元德股長共同進行有機農耕法可行性之研究，觀測在台灣地區僅用有機質肥料而不施農藥，能否進行輪作栽培各種作物。整個田間栽培與管理設計，係由蘇楠榮技正撰稿，試驗至今已12年半。田間共種植37作的作物。

台灣地區高溫多雨，土壤中有機質降解與養分流變動速率遠較溫帶或少雨地區爲快，造成大多數的土壤有機質含量較溫帶地區爲低，土壤肥力亦不如溫帶土壤。爲求作物增產，常以提升作物單位面積產量爲重要目標，導致作物育種均在充分養分供應下而選出高產品種。有機農耕法爲避免作物產量大幅下降，在試驗之初，即建議利用動物糞堆肥所含氮素以替代化學氮素供作物生長，爲便於計算而設動物糞堆肥礦化率爲50%。初期六年(1988年-1994年)係用豬糞堆肥，後六年(1994年-2000年)則用牛糞堆肥。本報告欲探討在過去12年來土壤理、化性質上所受到的正或負之影響，敬請各位前輩、學者及專家指正。

長期有機農耕法對土壤性質之效應

有機農耕法試區係設在高雄縣旗山鎮高雄區農改場旗南分場(台南區農改場鹿草試區，進行六年的結果已發表在中華農學會誌，在本報告中不再敘述)，爲砂頁粘板岩混合沖積土，和興系，質地爲SiL，pH6.6，有機質23.4kg^{-1}土，CEC8.10。.作物栽培採用兩年內輪作六作作物(表一)，原始設計包括估算肥料之殘效(種植綠肥後後作種植需氮量高的作物)與土壤鹽分(種植水稻)之淋洗。各作物所用氮肥推薦量，係依施肥手冊所列推薦量而施用，爲簡便及日後推廣，有機肥料僅估算所含氮素量換算爲推薦用量，其他養分未再估算。耕作方法分爲三種，即慣行農耕法，種植作物施用化學肥料，依農民所慣用農藥防治病蟲害與雜草。但亦種植綠肥並留置植物殘體於田中，其次爲慣行農耕法，以腐熟動物糞堆肥代替化學肥料，並假設堆肥在作物生長季中僅礦化50%之全氮，病蟲害施用生物農藥，雜草以土表覆蓋稻草桿或稻殼及人工除草，豆科作物接種根瘤菌，作物殘體留置田內。再者，爲折衷農耕法估計有機農耕法供養強度不如化肥，生物製劑對部分病、蟲害無法防治之下，則使用有機農耕法二分之一的堆肥，另二分之一的氮、磷、鉀施用化學肥料，對無法以生物防治之病、蟲害，採用低毒性低濃度之農藥防治。其餘均依照有機農耕法管理。在過去十二年中，共種36作作物，今將部分分析數據分述如下：

土壤pH，有機質含量，有效性磷及交換性鈣，在開始試驗第一作(77年10月)，第十八作(83年5月)及第三十六作(89年5月)作物收穫後的分析結果，土壤pH自第二作後有機農耕法即上升至7.2-7.6(表三)，折衷農耕法略爲延後，此後土壤pH多在7.2至7.8之間變動，視作物、季節而異。有機質之含量三種耕作法到82年5月差異顯著，然有機農耕法與折衷農耕法的土壤有機質含量變化最大是在開始的前六年，在83年後進入第二個六年期有機質含量雖還在上升，但幅度較前六年爲小。有效性磷與交換性鈣亦有類似之情況。

值得注意的是土壤0.1N鹽酸萃取性銅、鋅含量之變化，先看鋅含量(表四)，前六年幾乎上升三倍，到後六年幾乎無大變化。然交換性銅量的變動，初期較鋅爲慢，然後六年仍然持續增加。那麼植體內鋅與銅含量變化如何?以八十九年春作(第36作作物)玉米與水稻來看(表五)，根部銅與鋅含量均以有機農耕法顯著高於慣行農耕法，兩作物穗粒含銅、鋅量雖亦有差異顯著的情形，但差異程度較根部爲小。

於87年至89年定期採土分析土壤有效性氮含量之變化(表六)，除施肥期(87，10.10;88，2.27)外。慣性農耕法試區土壤中有效性氮含量高於或近於有機農耕法之土壤外，其他時間均遠低於有機農耕法。雖土壤有效性氮含量尙受其他因子之影響，特別是水分與溫度等，

但長期來看，有機農耕法土壤中有效性氮量均高於慣性農耕法。

有機農耕法的一些問題

由上述資料及在進行試驗期中所遇到的一些問題述之於后，尙祈各位前輩，學者與專家多多指導。

本試驗中有機農耕法試區在過去十二年中，均以動物糞堆肥代替化學肥料，目前極待解決的問題是土壤中0.1N鹽酸可萃取鋅與銅量之上升，前六年使用豬糞堆肥增加速率較快，後六年使用牛糞堆肥增加速率較慢。或減少，但有機農耕耕法土壤中含量增加到之濃度，以達環保署規範高含量之標準。當然日後使用堆肥時可減少豬糞堆肥之施用而改用牛糞堆肥，甚至農家自製堆肥。在礦化過程中，堆肥所含各種養分礦化釋出量應成一定的比例，在作物對氮的需求量大於其他養分，複加脫氮作用，淋洗作用及堆肥使用量以含氮量估算，以致造成各種其他養分殘存於土壤中形成累積現象，如有效性磷與交換性鈣(表三)，實際上鉀、鎂、銅、鋅、鐵及錳均有類似現象發生，累積量視堆肥中含量與作物吸收量與淋洗量而異。在這些養分中，銅與鋅的累積應給予較大的注意，係表四與五所示，目前施用動物糞堆肥均會增加土壤有效性銅與鋅量之上升，同時作物體含銅與鋅量亦有增加之趨勢。當然，鼓勵使用農家堆肥與種植綠肥，以減少養分收支不平衡現象之發生。但相對的來說，動物糞之利用與供氮量又要如何解決，確爲兩難之處。

其次，土壤有效性氮量(表六)在二年觀測期中均以有機農耕法之土壤中含量高於慣行農耕法，主因十餘年來土壤有機質含量由23g kg^{-1}土，而這些有機質皆來自動物糞堆肥，綠肥及作物殘體所衍生，而非土壤中所原先含有的，是否因這些有機質在土壤較易被礦化，有待探討。其次，旗南分場位於南台灣，天熱多雨，因而有機質礦化速率遠較溫寒帶土壤爲快，雖然在此種狀況下，礦化氮量較高有利作物吸收氮素，但相對的，在作物吸收量較少的時期，以及休閒期，這些有效性氮會否造成污染亦值得注意。再者，很多有機肥料爲快速易分解性有機氮，供應作物立即吸收氮量不亞於化學氮肥。因此，常有機會造成作物體內硝酸鹽含量過高。雖已有不少的菜農已注意到此種現象，而設法減少含量。但爲達健康有機食品水準，對土壤有效性氮之調控似需再加以探討。第四由所分析土壤有效性氮來看，雖未全部列

出，僅部分結果呈現在表六，但在兩年內所測之其他結果，大多如表六所列測值範圍內，不如施用化肥在作物最需要時能大幅供應，亦就是說，在氮素供應強度上來看，不如化學氮肥，除非在作物快速吸收氮素時另施用速效性有機肥料(液)，以補充有機氮供氮強度不足之缺點。或採用追肥施用尿素等氮素化肥，以降低休閒時土壤含有效性氮量過高的問題。因此有機質材之配製與施用可再予以評估與研究。

結　論

十二年來本研究中有機農耕法試驗，對土壤理化性質之效應，顯示了不少的優點，但隨之而來的缺點亦呈現，目前主要的缺點是土壤中重金屬銅與鋅之累積，及土壤有效性氮長年處於高量狀況，會否造成大氣與地下水之污染，均有待日後設法解決。

表一　輪作系統

Rotation system	1st yr		2rd yr			3th yr
	Summer crop	Autumn crop	Spring crop	Summer crop	Autumn crop	Spring crop
			1988 to 1994			
I	Sesbania	Cabbage	Sweet corn	Rice	Vegetable soybean	Sweet corn
II	Sesbania	Sweet corn	Vegetable soybean	Rice	Radish	Vegetable soybean
			1994 to 2000			
I	Sesbania	Lettue	Corn	Rice	Vegetable soybean	Corn
II	Sesbania	Corn	Rice	Rice	Vegetable soybean	Rice

表二　各作物氮肥推薦量

Crops	N kg ha^{-1}	Crops	N kg ha^{-1}
Sweet corn	180	Cabbage	200
Vegetable soybean	60	Rice	120
Radish	150	Lettue	210

表三　收穫期土壤化學性質之變動

Sampling Time	Rotation system I				Rotation system II			
	CF[1]	IF	OF	LSD5%	CF	IF	OF	LSD5%
	Soil pH（1：1 Soil：Water）							
1988,0ct.	6.9	6.5	6.8		6.4	6.5	6.7	
1994,May	5.9	7.4	7.3		6.3	7.4	7.2	
2000,May	6.7	7.4	7.2		6.5	7.0	7.0	
	Organic matter g kg^{-1} soil							
1988,0ct.	22.9	18.6	23.3	8.3	22.0	23.3	21.8	6.6
1994,May	21.1	26.1	39.2	4.8	20.8	24.6	35.0	3.2
2000,May	18.4	29.5	42.6	3.0	20.3	29.5	43.4	4.7
	Available phosphorus P mg kg^{-1} soil							
1988,0ct.	105	96	104	17	111	116	86	37
1994,May	70	93	121	14	71	128	174	11
2000,May	46	81	161	12	60	85	109	8
	Exchangeable calcium C mol kg^{-1} soil							
1988,0ct.	5.69	5.31	6.60	0.82	4.64	5.25	6.34	0.56
1994,May	3.42	6.02	8.80	1.15	3.23	5.56	7.85	1.12
2000,May	2.51	5.09	8.18	0.56	1.90	4.15	7.63	0.39

1.CF：Conventional farmming；IF：Internediate farmming ; OF：Organic farmming.

表四　土壤中0.1N HCl 萃取性鋅與銅之變動

Sampling Time	Rotation system I				Rotation system II			
	CF[1]	IF	OF	LSD5 %	CF	IF	OF	LSD5 %
	Extractable zinc mg kg^{-1} soil							
1988,0ct.	9.4	8.7	11.5	2.3	8.5	9.0	10.2	2.1
1994,May	10.3	19.7	30.6	3.4	8.7	16.6	27.2	2.5
2000,May	7.2	20.3	27.8	1.2	6.4	18.5	27.3	1.2
	Extractable copper mg kg^{-1} soil							
1988,0ct.	9.9	9.4	10.0	1.3	8.7	9.0	10.1	1.3
1994,May	10.5	14.9	14.6	1.9	9.5	13.4	15.4	1.3
2000,May	8.0	20.9	29.1	1.3	8.6	21.6	32.6	0.4

1.Same as in Table 3

2.環保署公佈台灣地區土壤重金屬標準與等級區分(O.l N HCl萃取量)

	低	中	高
Cu	1-11	12-20	21-100
Zn	1.6-10	22-25	26-80

表五 八十九年春作玉米與水稻收穫期作物體中銅與鋅含量

處理	玉米			水稻		
	根	莖葉	穗粒	根	莖葉	穗粒
	Zn *ug* g^{-1} crops					
OF[1]	27.4	11.8	19.5	68.8	27.1	10.4
IF	12.1	8.8	18.6	58.5	19.3	11.0
CF	11.1	7.3	18.0	43.1	12.8	7.6
LSD5%	8.6	1.4	8.6	13.8	7.0	2.0
	Cu *ug* g^{-1} crops					
OF	49.0	28.5	26.5	59.5	11.0	4.0
IF	37.8	26.3	25.6	64.9	12.5	3.8
CF	35.8	27.8	24.8	28.9	9.1	3.6
LSD5%	3.9	1.3	1.4	14.3	0.4	0.6

1.Same as in Tabe3

表六　土壤有效性氮之變動

Sampling time	Rotation system I		Rotation system II	
Wks.(date)	OF	CF	OF	CF
	$(NH_4^+ + NO_3^- + NO_2^-)$-N mg kg^{-1} soil			
0wk(87.9.26)	58.9±9.0	36.8±0.9	52.9±7.6	33.8±4.5
2 wk(87.10.10)[2]	64.1±10.2	64.0±3.0	37.8±2.7	33.5±9.0
4 wk(87.10.24)	23.4±4.7	17.4±9.4	33.7±4.1	20.9±5.1
10 wk(87.12.25)	26.9±4.8	16.2±2.1	23.8±0.6	12.9±1.0
22 wk(88.2.27)[2]	39.9±8.8	33.8±4.4	34.3±5.8	69.4±5.5
44 wk(88.8.12)	26.0±5.8	4.9±1.0	20.5±2.7	7.0±0.6
64 wk(88.12.29)	19.0±0.8	5.7±0.2	11.0±1.3	8.4±1.6
84 wk(89.5.23)	37.2±2.2	17.9±5.4	14.4±2.6	10.2±1.4

2.After application fertilizer, then took soil sample for measurement.

1.Same as in Table 3

有機質肥料施用機械

龍國維　田雲生

行政院台中區農業改良場

摘　要

國內有機質肥料的施用，急需機械化以節省人力、提高效率。十餘年來，許多農機研究人員投入了此方面的開發工作。這些施肥機械概略可分爲撒佈機與挖溝施肥機兩種基本型式，其中撒佈機依撒佈軸構造、撒佈方向、承載動力及肥料種類而又細分有許多不同類型。多年來國產化施肥機的成果計有三所大專院校、四間農業改良場及私人廠商或合作社，研製發表了不下 20 種的機型。在推廣上，成功商品化且有銷售實績的則有三家廠商，6 種機型。比較約 10 年前情況，大約增加了 1,000 台左右的國產施肥機於台灣地區使用。但其中大量使用有機質肥料的機型比重皆不高，因此，純就施用有機質肥料機械化的觀點，仍有待繼續努力推廣專用的施肥機械；但相關的一些配合措施尚須討論或合作，才能使未來有機質肥料施用機械化作業順利成功。

緒　言

由於有機質肥料的單位面積使用量多，且體積鬆散極佔空間，因此其施用是一件甚爲笨重的工作。在一切講求電器化與機械化的現代社會，以及目前農村勞力極爲缺乏的情形下，相信不會有人樂做或樂見原始如螞蟻搬糧般辛苦的運送與施用有機質肥料。農政單位則在多年推廣有機質肥料後，由經驗肯定施肥機械化程度將關鍵到能否成功推廣使用有機質肥料。因而，如何引進適用的機械或開發本土化施用農機，便成了十餘年來農機研究人員的重要課題。有機肥撒佈機在歐、美、日本等先進國家使用已超過百年歷史，型式種類極爲繁多，但是由於價格因素以及國情不同等緣故，國內許多農業試驗研究機關於陸

續引進、試驗及評估推廣國外機型後，大多數卻轉爲研發本土化機型。經過多年的努力，不少種類的國產施用機械公諸於世，也有幾個型式通過性能測定列名新型農機，可供農友選購使用，目前也許還沒有一種機型稱得上推廣成功，但假以時日，相信會有開花結果的一天。本文即在概要介紹有機質肥料施用機械，另外亦就筆者所知，介紹多年來國內相關機械的研究成果，無論其成功與否，相信均有可供借鏡之處，同時也是個回顧記錄，以及對這些辛苦投入的研究，做番禮讚！另外，並雜瑣的提及一些推廣機械的相關事項與建議，希望供爲參考，讓未來的路能走的更順暢。

概　論

有機質肥料之施用大約可分爲田面均勻撒施與作物行間或周邊施用兩種方式，前者以均勻薄層撒佈於田區再混耕入土壤中；後者則於作物兩側或周邊以人工施成條狀或溝中再覆土掩埋。因此其機械可概分爲兩種基本型式——做爲均勻撒施應用之撒佈機，以及作物行間或周邊用之挖溝施肥機。以下即以此兩分類做一概要介紹。

一、撒佈機：

有機質肥料撒佈機係具有固定載台或容器，能承載一定量的肥料，並有打散碎塊及將肥料輸送向出口方向並散佈出去之機構。採自走式或拖曳方式，並以動力輸入帶動各機構，達到將肥料運送至農田，將其打散後均勻散佈於田區地面上之一種農機具。其動力有畜力用（早期兩頭畜力拖曳之四輪馬車型）及機械動力用兩種，其中前者隨時代之進步已不復存在。

撒佈機型式不一而足，除農業機械學概論及 Smith 等書中曾做介紹分類外，日本機械化農業誌於 1985 年特集中曾將之分類爲撒佈軸式及密閉桶式兩類，前者又細分立軸、透平、側施與附屬配件等型式，不過筆者以爲其分類並不夠詳盡，因此謹以研究收集所得大略上做以下不同方式分類。

1.以撒佈軸型式區分：

（1）水平式：

a.單軸：撒佈軸爲橫向或縱向單支者。多用於小型較淺之肥料載台，爲最普遍使用型式，圖 1 機型即爲此型式代表。

b.雙軸：撒佈軸橫向雙支用於較大型較深肥料載台。如德製

KRONE 牌 Optimat 型式。

（2）垂直式：撒佈軸與地面垂直並有雙軸或多軸者，其優點爲可增加載肥深度，多垂直軸則用於較寬車台。如圖 2，3 均爲此型式。

（3）其　他：如圖 4 型式採旋轉盤狀撒佈方式者，可做較寬幅之撥撒動作。

2.以撒佈方向區分：

（1）側向撒佈：

a.單點：撒佈口在側邊爲單一點出口者，通常用於密閉式載肥斗，但較不適用長纖維性肥料，如圖 5 即屬之。

b.側面：撒佈出口爲載台全側邊者，可改善單點側向撒佈缺點，但動力需求極大，如歐洲 Dowdeswell 產製之 2070 型 Sidespreader。

（2）後向撒佈：撒佈出口爲載台後方，與行進方向相反者，多數撒佈機屬之。

3.以施用肥料種類區分：

（1）乾式肥料用（開放式）：撒佈機載台採開放式，肥料藉撥肥鏈或其他輸送裝置向撒佈切刀與撒佈機構處移動，以達到均勻散佈的目的。由於其開放式架構若使用高水份肥料時，其多餘液體會溢流於車體外，造成不便及環境與道路污染，因此並不適用於高水份濕式肥料（如剛收集之雞糞等），多數撒佈機屬此分類。

（2）泥狀或濕式肥料用（密閉式）：撒佈機肥料槽除撒佈出口外，皆爲封閉式，並採用如大節距螺桿等強制式輸送機構，其封閉架構不虞肥水外流，宜用於濕式有機肥，亦可適用於乾式肥料，如美製 GEHL MS-309 型（圖 5）及專用卡車型（圖 6）等。

4.以承載動力區分：

（1）曳引機承載式：

a.拖曳式：以固定長度拖桿藉曳引機等動力母機拖曳，並由 P.T.O 傳導動力，達到載運並撒佈肥料的目的，如圖 1、2、3、4 等多數均爲此方式。

b.三點連接承載式：藉曳引機三點連接承載，P.T.O 傳動，以達工作目的，此種方式因承載量易受曳引機大小限制，較爲少見，如圖 7 爲由花蓮區農業改良場研製之雞糞撒佈

機即爲此方式。

c.並用式：以三點鏈接及標準拖曳法兩段式承載，以特殊三點懸吊轉接拖桿（圖 8），可縮小整體轉彎半徑至最小，如圖 1 機型即屬之。

（2）自走式：

a.卡車承載式：以卡車型式爲承載動力，其載台上置放肥料槽及撒佈裝置，如圖 6 即爲此型式。

b.多用途承載式：本身爲一多用途承載車台，具有自走動力，可附裝多種不同功能之組件，如青割玉米機及飼料承載箱等，肥料撒佈機構僅爲其中之一項附件。若加裝肥料承載箱及撒佈機構後即可做撒佈肥料之用，如圖 9 即爲此型式。

另外，亦有爲解決裝載高度太高時易造成人力操作困難，而特殊設計之低床式有機質肥料撒佈機如圖 10 者。

二、挖溝施肥機：

溝施機不同於撒佈機者在於做爲作物行間或周邊使用，必須開溝後埋入肥料，因此具備有開溝或挖溝之機構。其作業原理類同一般之開溝施肥方式，只是施用材料爲有機質肥料，並須有較大容量肥料桶，以及類似於撒佈機之肥料配出機構。此類型之機具爲日本針對菜園與果園所發展出之機型，據所知國內尚無此類機具引進或應用。其型式有自走車型式（圖 11）與中耕機附掛型式（圖 12）。另外在國內則有國立中興大學農機系研製開發自走式挖溝施肥機、桃園農改場的曳引機承載型開溝施有機肥機，以及台中區農改場的挖環溝施有機肥機、自走型開淺溝施有機肥機等。這些本土化開發機械之大小不同，功能各有其特殊之處，與前述日本機型比較，實有大異其趣之妙。

成　果

有機質肥料施用機械的國產化研究發展，多數是由各大專院校的農機系所和農業試驗研究機構的農機人員所進行；亦有一些由私人廠商接受委託或自力研究；更有肥料製造單位或廠商爲了本身的需求而進行。研究的經費多數來自行政院農業委員會及前台灣省政府農林廳；財團法人單位如雜糧基金會與中正農業基金會的大力贊助，當然也是功不可沒。以下則就多年來國內施肥機的研發成果，分爲學校、

試驗機關、私人單位的順序做一概略的介紹。

一、國立中興大學：

爲國內最早進行挖溝施肥機的單位，其早期研究開發的雛型如圖 13，採用雙動力模式，採油壓驅動行走，並以柴油引擎動力帶動鏈鋸式掘溝刀，可挖到 70 cm 以上深度的土溝，再施肥入溝與覆土。後期與台中區農改場合作，改良車體架構與動力，研製成中置挖溝施肥機，其外觀如圖 14。

二、國立屏東科技大學：

在改制前之技術學院時，由農機系研製曳引機承載型的施肥機，容量約 1 ton 有機質肥料，可切換三部份(左、中、右)施肥，動力來源則爲曳引機的 P.T.O 動力。此機如圖 15。

三、國立宜蘭技術學院：

於改制前之宜蘭農工專時代，由農機科所研製成功的小型施肥機，並交由元凱機械公司生產兩種機型，可施化肥或有機質肥料，已列入新型農機名單，銷售不錯，最普遍應用於茶園中。此機之外觀如圖 16。

四、桃園區農業改良場：

針對果園如葡萄園或柑桔園中需要，開發有曳引機承載式的開溝施有機肥機，以三點鏈接懸吊掛於曳引機後方，動力來源爲曳引機之 P.T.O 軸。具雙肥料桶，分別裝入有機質肥料與化學肥料。用開溝犁破開土壤成溝，再施肥料入溝中後覆土，施用效率高。該機如圖 17。

五、台中區農業改良場：

研製有四種不同的有機質肥料施用機械，分別如下：

1.自走式有機肥撒佈機：

在民國七十九年引進日製曳引機承載之盤式撒佈機並召開觀摩會後，依據農友反應拖車式的機械機體太長，不利於小田區與小農路行駛轉彎等，因此開始了自走式的研究。利用農用搬運車底盤改裝研製，先後完成了小型的自走式有機肥撒佈機(如圖 18)，如同一般農用搬運車大小，以 18 hp 引擎驅動，操作方便靈巧，但容積僅 800 kg，稍嫌不足。後續研製成較爲大型之機型，容積增爲 2.2 ton，馬力則爲 70 hp。此機如圖 19，並有附件之油壓吊鉤或油壓抓斗。此兩型機械均已技術移轉予大地菱農機公司商品化生產，分別爲 TMS-18 與 TMS-70G 型。

2.旁置挖環溝施有機肥機：

該機械爲雜糧基金會贊助研究，專門針對蓮霧或竹筍等需要

樹冠下施有機質肥料需要而研製，可做環型溝的土壤切割，然後施入肥料再覆土。此機械極爲獨特，獲有新型專利的認證。機械外觀與作業時情形如圖 20，作業效率比人工要快達 4-6 倍之多，可節省極多人力。

3.其他有機肥施肥機：

台中場同時亦研製有小型挖溝施肥機與開淺溝施有機肥機兩種，分別可應用於菜畦或小型田區。此兩機型雛型均完成，亦達初期設計功能，但後因無合作廠商接手而停止改良與商品化。

六、台東區農業改良場：

對於東部果園施肥需求，研製完成有小型自走式施有機肥機，爲乘坐式，低矮構造不會影響在果園中作業。其配置 8 hp 汽油引擎，於左右兩側各有一管狀肥料噴出口，可切換爲雙邊噴出或單邊噴肥(如圖 21)。設計目的主要用於粒狀有機質肥料與化學肥料之施用。該機已交大地菱農機公司商品化製造，並準備辦理性能測定。

七、花蓮區農業改良場：

該場對於有機質肥料施用機械的研究甚早，著力亦深，稱得上國內此方面的傑出研究機關。目前該場相關研究成果有三項如下：

1.曳引機拖曳式有機肥撒佈機：

爲拖載於曳引機後方之機型，撒佈機構爲垂直式雙撒佈軸，載肥容積約 1 ton 以內，撒佈效果佳，效率高，目前已交棟榔機械公司製作銷售，並已列入新型農機補助中。該機外觀如圖 22。

2.曳引機載式施肥機：

外觀如一倒圓錐筒，以三點鏈接掛載於曳引機後方，同樣以 P.T.O 動力驅動，設計爲一機兩用型，即可施化肥亦可施有機質肥料。容積有二種，分別爲 0.5 及 1.0 m^3，施肥以下方盤狀機構旋轉拋撒出肥料，撒施效率高，機械外觀及於水田操作如圖 23。亦交由棟榔機械公司製作銷售，頗受農友歡迎。

3.自動挖土及混拌有機肥機：

此機械爲一極爲特殊之機械，以自備之引擎動力驅動，利用一螺旋狀掘洞機構，自動將土壤挖出並送至上方之攪拌桶內，使肥料與土壤混合攪拌均勻後，再反向將混好肥料之土壤回填入所挖洞孔中，達成立體施肥的目的。此機後續似未做研究改良而中斷，十分可惜。

八、谷林農機公司：

應爲國內最早進行有機質肥料施用機械製造的廠商，約於民國 70 年前後即受埔里大坪頂地區蘿蔔農友之委託，製作了一台雞糞施肥機如圖 25，高達約 3 m 的機身，是個龐然大物，採全油壓驅動施肥機構，類如併裝車之專用機。據農友稱該機施肥效果佳且快，爲當地農友節省了不少人力。該公司後續研究包括前述桃改場之開溝施肥機即出於該公司製作；屏科大研製之施肥機亦出於該公司之手，稱得上前輩級的農機公司。

九、景昱公司：

爲代理畜牧機械銷售之公司，曾銷售美製 GEHL 牌的施肥機至國內，爲符合農友希望能更方便駕駛與移動的要求，曾接受埔里大坪頂地區農友委託，改裝製作有圖 26 之機型，主體撒佈機爲 GEHL 309 型，去掉車輪後架裝於併裝車車體上而成該機，使用效果據稱不錯，亦已於埔里地區使用近十年了。

十、再生農牧公司：

爲專業製造有機質肥料公司及有機農業生產業者。負責人因爲業務關係，亟欲解決機械化施肥問題，因此自費委託機械公司研製有機質肥料施用機兩種，分別如圖 27 及圖 28。前者爲拼裝車體上裝設肥料斗與撒出機構，採輸送帶式出肥；後者則考慮了輪式車輛可能會在田間打滑或陷車，改用履帶式底盤，並以螺旋桿輸送機出肥，後端有兩個可伸縮之轉盤，伸出轉盤可將肥料撒出，縮入時則條施肥料。雖然後來開發工作未竟全功，但該公司解決問題的研究精神值得肯定。

十一、台灣省事業廢棄物處理設備利用合作社：

該社設有元長鄉禽畜糞堆肥集中處理中心，每年生產有機質肥料近約 7,000 ton 之多。同樣的亦因業務關係、應農友要求，設法代爲撒佈肥料而希望尋求解決方案，在部份自有資金及前省政府農林廳、雜糧基金會的補助下，八十八年底發表了兩種委由臻琳機械公司製作完成的施肥機，一者爲自走式有機肥撒佈機，如圖 29，爲標準之專用併裝車型式，此型特點爲可將肥料斗後傾，以促進肥料流動及達到較低位置撒肥而減少飛揚問題；另一型式如圖 30，爲專用卡車型式，乃進口日製大型卡車，再改裝爲四輪驅動後，於車斗位置加裝肥料斗與撒佈機構。此機容量極大，且爲合法車輛，不致有道路上行駛會違反交通管理條例問題，乃其最大特點，當然裝載量大，可節省再裝載時浪費於路途之時間。但過大的車身亦同時會衍生其他問題，相信仍有待努力改進之處。

推　廣

農業機械的推廣普及，往往是曠日費時的工作，無法像消費性電子產品般突然間流行而市場龐大。相反的，農機卻需要由點而線至面逐步的爲農友認同，並投資購買。這中間過程沒有任何"偷吃步"的辦法，完全得靠農機本身的好用、可靠度與口碑來建立信譽。因此，十餘年來，有機質肥料施用機械的研發雖然蓬勃發展，但是機械的推廣似乎並沒有如火如荼的進行；時常碰到農機廠商問施肥機要賣到那裡去，而農友卻在探詢有那些施肥機可用，及要到那裡買機器的矛盾情形。當然這中間的問題並非三言兩語可以說得清楚，也並不是本文主要探討的題旨，但總是我們這些相關研究人員的切身問題。以下即稍用一些篇幅，看看推廣的進展如何？及有些什麼樣的瓶頸。

一、以往的機械使用分佈：

台中區農改場在民國 80-81 年間，曾收集資料調查施肥機械的數量與分佈情形。當時所獲資料顯示，除少部份由各試驗研究機關引進外，大多爲畜牧業者所引進購買。其分佈狀況如表一所示，總數則僅 40 台而已。

二、現在的機械推廣情形：

前面介紹的各種本土化研發機械，由於各種不同的時空環境因素，多數的研製工作並未進到商品化推廣階段，或者在商品化階段因銷售不盡理想而暫停動作。根據調查，目前稱得上有銷售推廣實績的約有 3 家廠商、6 種機型，其數量大約如下：

1. 元凱農機：其與宜蘭技術學院合作的小牛牌施肥機，歷年(約 6 年)銷售累積約達 1,500 台，是最爲暢銷的施肥機；其中主要爲約 1,000 台外銷至日本，銷至國內的則約爲 500 台，多數用於茶園，爲個人使用，亦有用於行列作物如瓜果類蔬菜、花卉等。
2. 慷榔農機：與花蓮農改場合作的兩種機型，曳引機拖曳式施肥機約銷有 120 台，曳引機掛載式施肥機則銷售達近 300 台；其機械的使用者多爲代耕業者，使用其代替農友施肥以賺取代工工資。而其中掛載式施肥機則多用於化學肥料的施撒。
3. 大地菱農機：與台中區農改場合作的自走式有機肥撒佈機，銷售量分爲大、小兩型式各約有 15 台，共計 30 台；其使用者部份爲畜牧業者；部份則爲肥料製造商，施撒的均是有機質肥料。另外，則有草皮種植業者買去做爲施撒導層細砂用，爲較特殊之應用。

表一、本省現有各廠牌堆肥撒佈車分布狀況表(至1992年)　　單位：台

廠　牌	製造國	地　區			
		北部	中部	南部	東部
KRONE	德　國	2	4	1	0
SASAKI	日　本	0	2	0	0
STAR	日　本	0	0	1	1
GEHL309	美　國	3	6	5	2
GEHL175	美　國	5	2	1	0
KEMPER	德　國	0	0	1	0
PANTER	日　本	0	0	1	0
NEW HOLLAND	美　國	0	0	1	0
JF	丹　麥	1	1	0	0
總　計		11	15	11	3

4.其他：台中區農改場及國立中興大學農機系合作研製的挖溝施肥機，原爲永三源農機公司製作，有兩種型式，中置挖溝與旁置挖溝，共約銷售 15 台，多爲南部果農使用於施有機質肥料。但後因故該公司轉往其他機械發展而停止生產此兩型施肥機。目前仍未尋妥合作廠商接替後續之改良與生產工作。

綜計前述六種機型，十年來共約增加了近 1000 台的施肥機於國內使用，乍看數字似乎推廣不錯，但真正在大量使用於有機質肥料的機型比重並不高。換言之，若純粹就有機質肥料使用與機械化的觀點，仍待努力推廣各類型的專用施肥機械。

三、未來的趨勢探討：

我國正準備加入 WTO 之際，農業未來所受衝擊與改變將如何，是近年來極熱門的討論話提，無論各家討論與看法如何歧異，有一點是受肯定的：我國農業勢將改變體質與提升競爭力。在這前題下，省工與機械化是必走的路，產品精緻化與高級化則當然有助於競爭。因此，有機質肥料將會是個要角，而其機械化應該會朝向兩極化發展：有限度的大型化以提升效率，降低成本；而小型化則因應高級農產品精緻肥培的需要。施肥機的研究與製造也應往此兩極方向探索，以符潮流所趨。

討　　論

一、機械的研發與技術不成問題：由前述各種施肥機的介紹，可知國內此方面技術與人力十分充足，研發出適於國內使用的施用機械絕對不成問題。而當要之務應該討論的是相關的各種配合措施，才能使機械化的工作逐步推展。

二、有機質肥料的品質應儘可能齊一：研究施肥機的農機人員最常碰到的問題是肥料品質參差不齊，今天與明天用的肥料含水率不同、性質不同；有的乾鬆易飛揚、有的潮濕結塊，使得機械負荷與表現均大爲不同。如果做得到的話，希望肥料品質應訂定標準，使其齊一。

三、相關的政策應配合：例如應以補助方式鼓勵以機械施肥，使機械化施肥漸成爲主流與習慣，才能帶動機械之使用。又例如農機工業多年來體弱不振，應以政策輔導規劃與扶植，才能有廠商樂於投資製造施肥機並大力推展生意。換句話說，要讓機械製造廠商與使用機械代工施肥者有利可圖，而農友有工可省，方能使機械廣爲使用。這些相關政策應及早討論訂定，否則將徒有研發成果而不能落實機械化作業。

四、應加強對農友的宣導：除了宣傳新的國產施肥機給農友參考外，極需肥料人員配合對農友宣導機械化施肥的好處。曾經碰到農友表示：何必麻煩花錢買撒佈機，只要隨便施於田區，反正也要整地耕耘，自然可將肥料拌入土壤中——事實上這是錯誤觀念。肥料人員指導農友時，也應強調機械施肥的均勻性遠勝人工施肥，對長期施肥後效果絕對好很多。也就是說，肥料與農機人員應該是一體、一致的，應透過討論達成相同步調，然後口徑一致的分頭努力。唯有結合農機與肥料人員的力量，加強宣導，有機質肥料施用機械化才能順利成功。期共勉之。

參考文獻

1. 邱奕志　吳柏青　程安邦　1995 離心式施肥機專用機之研究　農業工程學報　41(1)：72、83-90。
2. 邱澄文、宣大平、丁全孝　1998　曳引機承載綜合型肥料撒佈機

之研發　花蓮區研究彙報　16：91-100。
3. 葉永章　羅秋雄　1998　有機肥料施肥機之研發與應用　桃園區農業改良場研究彙報　第 32 號。
4. 陸應政　1990　大量施肥作業機之研製試驗　花蓮區研究彙報　6：81-83。
5. 龍國維　田雲生　1993　盤式堆肥撒佈機性能效益研究　台中區農業改良場研究彙報　38：23-36。
6. 龍國維　欒家敏　1992　畜禽堆肥利用機械　養豬業與環保研討會論文集　p.85-95　台灣省畜產試驗所。
7. 關昌揚譯　1981　農業機械學概論　七版　p.249-252　徐氏基金會。
8. 機械化農業　1985　均一廣幅散布　改良進　3：18-20。
9. 機械化農業　1986　堆肥撒佈機　種類上　性能(1)　12：23-29。
10. 機械化農業　1987　堆肥撒佈機　種類上　性能(2)　1：48-50。
11. Smith, H.P. 1965 Farm Machinery and Equipment 5th Ed., p.269-275 McGRAW-HILL Book Company.



圖1.水平撒佈軸式撒佈機
目前STAR牌，由曳引機拖載，P.T.O傳動，開放式，後向撒佈。



圖2.垂直撒佈抽式撒佈機（雙軸）
日製STAR牌，由曳引機拖載，開放式，P.T.O傳動，後向撒佈。



圖3.垂直多軸式撒佈機（四軸）
德製KRONE牌，由曳引機拖載，開放式，P.T.O傳動，後向撒佈。



圖4.盤式堆肥撒佈機
日製SASAKI牌，並用式（三點連接一拖桿）拖載，P.T.O傳動，後向撒佈。



圖5.側向撒佈式有機肥撒佈機
美製GEHL牌，曳引機拖載，P.T.O傳動，密閉式，側向單點噴撒。



圖6.專用有機肥撒佈卡車
美製GEGL牌，自走動力，密閉式，側向單點噴撒，可撒泥狀與液狀肥料。



圖7.國內研製施雞糞機
花蓮區農改場研製，曳引機三點懸吊承載，接地輪轉動，後向撒佈。



圖8.特殊三點連接轉換拖桿（並用式）
日製SASAKI牌，連接肥料撒佈機用，可縮短迴轉半徑。



圖9.多用途式肥料撒佈車
日本金子農機製造，行走底盤共用多項功能附件，亦可做搬運車用。



圖10.低床式肥料撒佈機
美製GEHL牌，降低機體高度，便於裝載有機質肥料之操作。



圖11.自走式挖溝施肥機
日製SUN牌，自走動力，開溝施入，肥料桶容量460L，3.6km/hr。

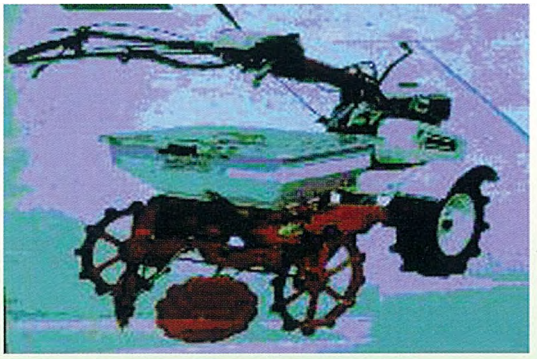


圖12.中耕機附掛肥料條施覆土機
日製 SUN 牌，具雙肥料糟，可用於施化肥及草木灰或細碎有機質肥料，雙桶容量爲32及14L。



圖13.挖深溝施肥機外貌
中興大學農機系研製，18hp柴油引擎，雙行走動力系統。



圖14.最新一代中置挖溝施肥機
中興大學農機系研製，22 hp柴油引擎，肥料斗約1.0m3



圖15.曳引機掛載式施有機機
屏東科技大學研製，可分左、中、右三位置分別施肥，容量約1 ton。



圖16.小型施肥機
小牛牌，可兼施化肥或有機質肥料，機型輕巧，拋撒式，已列入新型農機補助。



圖17.曳引機承載式開溝施有機肥機
桃園區農改場研製完成，以開溝犁破土並施肥後覆土，可同時並施化肥。



圖18.自走式有機肥撒佈機
台中區農改場研製，大地菱牌，TMS-18型，容量800kg，18hp柴油引擎，四輪驅動。



圖19.大型自走式有機肥撒佈機
台中區農改場研製，大地菱牌TMS-70G型，70hp柴油引擎，容量2.2 ton，四輪驅動。



圖20.挖環溝施有機肥機與作業情形
以內側挖環溝，直徑約爲1.35m、寬20cm、深約30cm之環狀溝並施肥入溝與覆土。



圖21.小型自走式施有機肥機
台東區農改場研製，爲側噴撒型式，8hp汽油引擎，分雙邊噴出可切換雙邊或單噴肥。



圖22.曳引機施曳式有機肥撒佈機
花蓮區農改場研製，康榔牌，已列入新型農機補助，爲垂直式撒佈軸型式。



圖23.曳引機掛載式施肥機
花蓮區農改場研製，以三點鏈接懸吊掛於曳引機後方，可施化肥與有機質肥料，已列入新型農機補助。



圖24.自動挖土及混拌有機肥機
花蓮區農改場研製，爲自動挖出土壤後於機械上方混拌有機質肥料後，再回灌入所挖孔中，使達到立體施肥的目的。



圖25.自走式雞糞撒佈機
爲谷林農機公司製作，應爲國內最早之本土化施有機質肥料的機械，類如併裝車之龐大車身，採全油壓驅動施肥動作。



圖26.改裝型自走式有機肥撒佈機
爲景昱公司引進美裝GEHL撒佈機，改裝製作並裝於併裝車車體上，撒佈效率甚高。



圖27.自製自走式有機肥撒佈機之一
爲再生農牧公司自費研製雛型之一，裝置於併裝車體，採輸送帶式輸出肥料，以及轉盤式撒佈。



圖28.自製自走式有機肥撒佈機之二
爲再生農牧公司自費研製雛型之一，裝置於履帶底盤上，期能解決陷車問題，採螺旋桿式出肥，並以可伸縮之轉盤撒肥。



圖29.委製中型自走式有機肥撒佈機
爲台灣省事業廢棄物處理設備利用合作社委由臻琳機械製作，爲標準之專用併裝車型式，可將肥料斗後傾，轉盤式撒肥。



圖30.委製專用卡車型有機肥撒佈機
爲台灣省事業廢棄物處理設備利用合作社委由臻琳機械製作，以進口大卡車改裝爲四輪驅動，容積極大，且爲合法車輛，有利於道路上行駛，亦爲轉盤式撒肥。





