農業委員會農業試驗所特刊第121號

合理化施肥專刊



行政院農業委員會農業試驗所
中華永續農業協會 編印

中華民國九十四年十二月

農業委員會農業試驗所特刊第 121 號

合理化施肥專刊

主　　編：戴振耀、林俊義、蔡武雄、廖慶樑

執行編輯：劉禎祺、簡宣裕

指導單位：行政院農業委員會

主辦單位：中華永續農業協會
行政院農業委員會農業試驗所
行政院農業委員會桃園區農業改良場
行政院農業委員會臺中區農業改良場
行政院農業委員會臺南區農業改良場

補助單位：行政院農業委員會農糧署

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所
中華永續農業協會

中　華　民　國　九　十　四　年　十　二　月

目　錄

序言 ---------- 戴振耀 I
序言 ---------- 林俊義 II
永續農業之理念與發展策略 ---------- 林俊義 1
合理化施肥理念 ---------- 廖慶樑 15
因應 WTO 雲林縣農業之發展策略 ---------- 黃山內 25
土壤肥力與合理化施肥 ---------- 譚增偉 43
土壤肥力診斷技術 ---------- 莊浚釗 63
淺層粗質地土壤之肥培管理技術 ---------- 李艷琪 75
合理化施肥之土壤水分管理 ---------- 向為民 87
綠肥利用與農田地力增進 ---------- 張金城 103
果園合理化施肥與植體採樣技術 ---------- 黃維廷 117
作物之合理化肥培管理 ---------- 張庚鵬 135
設施栽培之合理化施肥技術 ---------- 陳鴻堂 147
葡萄之合理化施肥技術 ---------- 邱禮弘 167
柑桔土壤肥力檢測及營養診斷技術 ---------- 卓家榮 177
蔬菜及瓜果之合理化施肥技術 ---------- 羅秋雄 193
茶園之合理化施肥技術 ---------- 廖慶樑 247
有機質肥料介紹 ---------- 張明暉 255
有機質肥料之合理化施用 ---------- 林毓雯 267
堆肥品質之判斷 ---------- 簡宣裕 279
微生物肥料在合理化施肥之應用 ---------- 林素禎 289
有機液肥介紹與使用 ---------- 簡宣裕 305

序　言

生態環境遭受破壞，造成土壤酸化及鹽分累積、河川、湖泊及地下水遭受污染，對自然環境造成負面影響，致使農產品品質難以提升，亦直接或間接的影響人體健康。現代化的集約式農業生產，大量施用化學肥料，雖然達到顯著之增產效果，但也逐漸呈現地力日趨衰退之現象。

為確保農產品品質及環境的維護，合理的施肥技術必須考量不同作物種類及生育階段之營養需求，配合科學化的土壤及植體營養診斷技術，推薦合宜的肥料種類與用量，適當的施用時期與方法，適當的施用有機資材，以達到節約肥料、提高產量與品質、增加農民收入，並兼顧農田地力及生態環境之維護。因此，適量及均衡的養分供應，更是確保作物產量和品質的重要關鍵之一，而肥料若供應不足，則作物的產量常會受到影響；過量施肥之手段亦會對作物本身和生態環境造成傷害，不僅浪費寶貴的肥料資源，也會造成農友金錢上的損失，實不可不慎。

中華永續農業協會與行政院農業委員會農業試驗所、桃園區農業改良場、臺中區農業改良場及臺南區農業改良場，共同辦理「桃園地區作物合理化施肥講習會」、「彰化地區作物合理化施肥講習會」與「雲林地區作物合理化施肥講習會」，邀集相關學者專家講述作物肥培管理之精闢技術，以提昇作物合理化施肥方法，解決各項高經濟作物栽種上所面臨之問題，增進農業產業水準與產值，並提昇農政及農業從業人員與農友之作物合理施肥知識，特編印「合理化施肥」專刊。內容涵蓋合理化施肥之理念及發展策略、土壤肥力診斷技術及肥培管理、相關作物之合理化施肥技術、綠肥作物之種類與利用、微生物肥料之應用與有機資材的特性介紹及合理化施用等，對從事於永續農業生產及推廣人員與農民，甚具參考價值，茲值付梓，謹為之序。

中華永續農業協會理事長
農村發展基金會董事長　**戴振耀**　謹識

中華民國九十四年十二月

序　言

為供應世界人口快速成長所需的糧食作物，現代化的農業經營，乃致力於高產量品種之育成，以大型農機具耕作，單一作物之連續種植，並投入大量的化學肥料，雖達到增產的目標，但也對環境造成衝擊及負面影響。為降低農民施肥成本，政府從技術層面推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務推荐之施肥量及施肥方法，進行合理化施肥，以減少肥料浪費，降低肥料價格調漲所增加之費用。

合理化施肥包括肥料種類之選擇、適當之肥料用量、施肥位置、施肥時機與平衡施肥等，缺一不可，為目前合理化施肥推廣上重要的課題。故為確保農產品的品質及環境維護，並降低農民施肥成本，宣導及推行合理化施肥是必然之舉。根據各農業試驗改良場所多年來試驗示範成果顯示，依照需肥診斷推薦量進行田間施肥，對作物產量與品質並沒有影響，甚至有增加產量或改善品質之效益。因此，加強合理化施肥，減少肥料浪費，降低施肥成本，提高農產品的品質與產量，以增加農民的收入，乃因應加入世界貿易組織後，農政及試驗研究單位刻不容緩的任務。

有鑑於此，行政院農業委員會農業試驗所、中華永續農業協會、桃園區農業改良場、臺中區農業改良場與臺南區農業改良場在行政院農業委員會指導及經費補助下，共同辦理「桃園地區作物合理化施肥講習會」、「彰化地區作物合理化施肥講習會」與「雲林地區作物合理化施肥講習會」，邀請相關專家及學者，就許多具發展潛力作物之合理化施肥技術等相關議題，分別講述精闢之研究成果，對提昇相關從業人員之知識及永續農業合理化經營的推展，甚具意義。各授課專家之講稿，已彙集成專刊，可做為推動永續農業合理化施肥技術之參考，特為之序。

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

中華民國九十四年十二月

永續農業之理念與發展策略

林俊義

行政院農業委員會農業試驗所

摘　要

人類以科學方法利用人力資源及自然資源從事資訊、工業及農業的生產，改善了生活，但也製造許多環境的衝擊。尤其在農業方面，為了增加農產品的利用或提高其產量，近幾十年來已造成對農業環境相當大的負面影響，諸如生態體系的破壞、土壤理化性質的改變、農藥的污染等。

1935 年日本岡田茂吉即提倡自然農法以改善劣變中的農業生產環境，以達永續農業經營的理念，於 1991 年在紐約亦成立了世界永續性協會(World Sustainable Agricultural Association, WSAA)，致力於世界永續農業生產的推展，其後除永續農業外，世界各國亦陸續提出相關策略如生物動態性農業、再生農業、低投入農業、替代農業、生態性農業、有機農業等，其意義及理念均大同小異。

永續農業之理念涵蓋農業生產對環境的影響，社會大眾接受與否，及經濟的利益，其內涵包括：(1)維護自然生態環境；(2)維持土壤之生產力及其易耕性，以充分供給作物之養分；(3)水資源之淨化、涵養及水土保持；(4)輪作、間作或有機肥料施用；(5)病蟲、雜草之非農藥防治。

推展策略則包括：(1)保育水土資源；(2)建立合理輪作制度，維護土壤生產力；(3)改進施肥技術；(4)開發生物性及有機質肥料；(5)循環利用農業廢棄物；(6)開發替代化學製劑之病蟲害及雜草防治技術；(7)加速釐定作物病蟲害綜合防治；(8)加速應用生物技術於抗病蟲育種、生物性肥料、農藥開發及農畜產廢棄物處理之研究；(9)有機農產品之推展。

前 言

由於科學的進步帶來了人類許多正面的影響，但也因為科學研究成果的應用產生許多負面的影響。人類利用人力資源、自然資源（如空氣、水、土地）從事於資訊、工業以及農業的生產，改善了人類的生活，卻也製造了不少環境的衝擊，諸如空氣污染、自然生態破壞等。尤其是現代的農業，為了提高產量，防止病蟲害的發生，大部份依賴施用化學肥料及化學農藥以取代以往的自然栽培方法[2,3,4,9,10]。

利用化學肥料與農藥雖然達到增產的目的，卻也引起了整個環境的破壞，許多地區的土壤，因為化學肥料的過量使用，導致土壤內微生物相的改變，土壤物理性狀如通氣性、PH 值、團粒結構等的劣變[2,3]。農藥的使用雖控制了病蟲害的發生，減少除草所需人力，但農藥的殘毒也引起了對人體的傷害，破壞自然界生態平衡，以往常見的稻田鳥窩、水田青蛙、浮萍等有益動植物已不復見。長此以往，可能導致土壤質地硬化、有機質嚴重缺乏、病蟲害抗藥性增強[2,3]，不僅使未來後代子孫無適當的可耕地使用，更使日後自然環境嚴重破壞，影響農業永續經營。

因此，我們需建立一個可以替代當今以化學資材為主的農業生產體系，即所謂的替代農業(alternative agriculture farming)或實行以不施用化學肥料及化學農藥為主的有機農業(organic farming)或恢復以往傳統式的自然栽培農業即自然農法（natural farming），如此才能讓農業永續循環，經營下去。所以目前永續性農業（sustainable agriculture）成為政府積極推行的重要農業新體系。農委會曾在 1992 年國家建設委員會中把「永續性農業之研究與發展」列入主要討論議題之一，並將此議題之結論列為今後需積極推動之施政目標[1,6]。

省農林廳推行之「地區農業發展方案」中亦把有機農業列入推行目的之一，並把水稻、蔬菜、果樹列為推動之重點作物( )。在國際上，世界各國對農業的永續經營亦非常重視，1991 年 9 月 6 日在紐約聯合國大廈的會議廳內，成立了世界永續性協會(World Sustainable Agricultural Association, WSAA)[10]。世界永續性協會是由有世界性組織的日本 MOA（Mokichi Okada International Association），給予人力及經費上之支持，並與美國農部的學者共同經長期籌劃後成立。MOA 是以提高世

界性之環境保護、文化及農業資訊之交流及謀人類之健康為宗旨所設立人民團體( )。

永續農業一詞譯自英文 Sustainable Agriculture，從字面上來看可分成〝永續〞與〝農業〞兩部份，有永遠持續發展農業之意。從該名詞內涵來看，其概念可說源自生物動態性農業或有機農業而且在許多研究中，因僅論及技術層面的問題，所以常常在提及它時，與有機農業、自然農法等名詞並列。永續性農業之理念是世界性的，其觀念應該相同，但其作法或實施對策可以因各國及各地區之農業環境不同而有所不同。目前世界各國政府對永續農業均極重視，其中美國政府即對有機農業經營之資材定有規範，並輔導成立許多有機農場(4)。日本方面乃以 MOA 規模最大，在政府輔導下，設立許多有機農場，MOA 並定有嚴格的生產有機農產品規範，訓練許多監督員巡迴監督農場之自然農法栽培，MOA 並開設許多有機農產品超市，以販賣自己生產或加工之有機農產品，生意興隆(5,7)。

台灣亦於民國 82 年成立永續農業協會並成為世界永續性協會之一員，至今已有七年歷史，參與會員近約一千人，在會員及政府單位之推動下，無農藥並施用有機肥之有機產品已漸趨普通，且品質上漸漸提昇，本省各地均栽植有各種不同之有機作物，主要都市區亦開發許多有機產品商店，報章雜誌亦經常介紹有機產品之內容及益處，消費者也普遍認識此種產品之意義(6,14)。惟仍有些不肖業者假借有機之名義販售不實之產品，在農藥殘毒檢測中，有時可由偽有機產品中檢測出。此乃在栽培過程中，未依有機農場之規範操作所致。故政府在未來輔導有機農業之發展時，應制定統一之有機農業栽培規範及有機產品之認證制度並嚴格執行查證，以防假冒品之充斥。

永續農業之理念

1935 年岡田茂吉(1882-1955)(5,7)所提的自然農法即，現在所謂之永續農業經營理念。極力提倡需要建立一種新的耕作方法，因此經過長期研究後，在日本建立了自然農法體系。他也創立了自然農法推廣協會，來推動自然農法之理念與作法。岡田茂吉所提的自然農法即現在所謂之

永續農業經營理念。

農業生產體系是綜合性的，由(1)自然條件(土地、水等)；(2)經濟面(投資與生產)及(3)人的資源(勞動力)所組成。人類使用這三種資源，加上適當的管理技術來生產食物、纖維及其他產品。自從有了減少使用化學藥品及加強生態保育之觀念以後，出現了多種不同的名詞及定義。例如：(1)自然農法(natural farming)；(2)永續性農法(sustainable farming)；(3)生態性農法(ecological farming)；(4)再生農法(regenerative farming)；(5)生物動態性農法(biodynamic farming)；(6)低投入農法(low input farming)；(7)替代農業(alternative agriculture)及(8)農業生態農法(agro-ecological farming)；(9)有機農法(organic farming)等。其意義及理念均大同小異，其中最為耳熟能詳的名詞應為永續農法（業）及有機農法（業）。其部份名詞之涵義如下：

(1)有機農業（organic agriculture）

實際上有機農業即是施行有機農法（organic farming）的農業。美國農業部於 1980 年[10]定義為不使用化學肥料、農藥、生長調節及飼料添加物的生產方式，即為有機農業。而 Liehardt & Harwood 則定義為是一種儘量少用或避免使用化學肥料及農藥、配合豆科植物之輪作、利用農場內外廢棄物及天然礦物，以維持農業生產之耕作方式。其基本做法包括： 為維持土壤的生產力及易耕性，施用作物殘渣、家畜糞尿、綠肥、有機性廢棄物及無機礦物於土壤中，以求充分供給作物所需之養分並保持良好的土壤物理、化學、生物性； 以輪作、間作等耕作方式來生產多樣的作物並維持地力； 以機耕法、生物防治來防治雜草及病蟲害。

(2)永續性農法（sustainable agriculture）

為廣泛持久性農業生產，包括水土保持、生態保育、有機農作物的生產等。

(3)生態農業（eco-agriculture, ecological agriculture）

美國土壤學家 W. Albreche 在 1970 年首先提出此詞，而在 1981 年由英國農學家 M. Worthington 明確定義為在生態上能自我維持、低投入且經濟上有生命力，在倫理和審美上可接受的小型農業。太田保夫則認

為這種農業就是有機農業、自然農法以及輕農藥農業之總稱，也就是指施行生態農法（ecological farming），主張減少使用化學合成物質以使其對自然生態之影響降低限度的農畜業。不過在中國大陸卻擴大此詞的涵義範圍，將整合經營農業、生態經濟學等原理加入，所以生態學家孫鴻良就認為「中國式的生態農業」不同於西方的生態農業，將之定義為不否定化肥、農藥等的適當投入，而且主張運用生態學、生態經濟學原理和系統科學方法，把現代科學成果傳統農業技術的精華相結合的一種多層次、多結構、多功能之集約經營管理的綜合農業生產體系。

(4)再生農業（regenerative agriculture, renewable agriculture）

此名稱是對照於現行的化學農業（chemical agriculture）而產生的，希望把農業由不健全狀態拉回到本來應有的農業型態，強調農業的再生性功能，也就是施行再生農法（renewable farming）之農業。而所謂的再生農法即是有機農法，所以英語中的再生性農業即是指有機農業。

(5)生物動態性農業（biodynamic agriculture）

1924 年 Steiner[13]將之定義為是種調和的農藝和園藝耕作技術，多角型的、循環性的農業栽培經營方式，根絕使用有目的之化合物，使農業呈分散性生產及分佈於各地區，是利用生物動態學原理來管理土壤、植物、肥料的農業。

(6)低投入持久性農業（low input sustainable agriculture, LISA）

是指減少能源（例如化學肥料、農藥、機械化等）投入的農作制度，不但可降低其生產成本，還可維持良好的土壤生產力及維護自然環境。其做法包括：輪作、病蟲害控制、保育犁耕等。

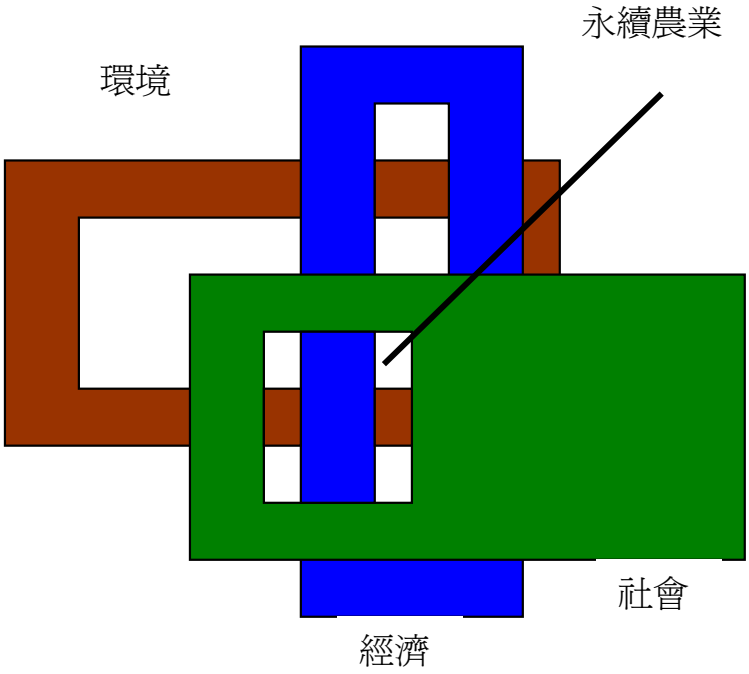
(7)替代農業（alternative agruculture）

此詞係泛指所有為克服化學農業所帶來之危機而施行之可替代化學農業的模式，以生態學為其基本指導思想，包括有機農業、生物性農業、生物動態性農業、自然農業以及生態農業。

永續農業與有機農業之定義

根據 Lockeretze(1988)[12] 的定義，「永續農業」，是一非常廣泛的名詞，為包括以解決全世界農業問題的種種策略在內的農業方式。即包括

解決由於土壤長年沖刷及其他原因，使土壤養分流失所起的土壤生產力及水土保持力降低，亦包括因為人類活動引起的森林生態破壞，工業發達引起的廢水污染農業，空氣污染農業等問題。當然亦包括作物栽培中施用過多的化學肥料及化學農藥所引起土壤理化性質改變及農藥殘毒問題。因此永續農業之考慮層面除必需涵蓋經濟面外，亦需考慮到環境的影響及社會大眾的接受與否（如圖(一)）[11]。因而廣義的永續農業大都由政府推動配合社會大眾需要及農民經濟的經營配合才能達到預期的目標。



圖一、實施永續農業之政策時需考慮的三種要素（環境、經濟與社會）

有機農業則屬於永續農業範圍之一部份亦為狹義的永續農業，偏向於動植物栽培或飼養過程中，是否過分使用化學農藥、化學肥料、生長調節劑、飼料添加物等所引起地面及地下水的污染、農藥殘毒、或引起土壤劣變等問題；亦牽涉到高生產成本及產品價格降低，使農場收入減少之問題等。換言之，有機農法包括了技術（土壤、農園藝、雜草及病蟲害管理）、經濟面（成本、產量及運銷）及人類健康面的綜合性農耕方法。如何做才能達到目標，需靠有無具創造性而能替代目前的多施用農藥及化學肥料之農耕方法而定。因此，廣義之永續農業之涵義，包括：

(1) 維護自然生態環境。
(2) 維持土壤之生產力及其易耕性以充分供給作物之養份。
(3) 水資源之淨化及涵養及水土保持。
(4) 輪作方式栽培、間作、或施用作物殘渣、醱酵之家畜糞尿、綠肥、有機性廢棄物及含有無機養分之岩石。
(5) 用非化學農藥方法防治各種雜草及作物病蟲害。

狹義之永續農業（即有機農業）之涵義包括：
(1) 施用清潔之灌溉水源。
(2) 不施用化學肥料，改施用有機肥料。
(3) 不施用化學農藥。以其他非化學農藥方法防治病蟲害。
(4) 不施用化學生長劑或添加物。
(5) 以輪作或間作改善土壤肥力或理化性質。

有機農業為尊重大自然之農耕法，植物為土壤所培養者，以土壤為生育場所，故其即為所有生物生命之泉源之生態系與土壤之關係為中心之經濟型農業。

有機農業所生產的產品即為有機農產品。有機農產品，因生產較困難價格比一農產品較高，以日本 MOA 為例即定有高標準的『MOA 自然農法執行基準』生產的有機農產品即分為三個不同等級[5,7]，包括：
(一)全有機農產品：訂有 MOA 自然農法標誌表示之。



表示該農產品為持續實施 MOA 自然農法三年以上農地所生產。

(二)轉換期全有機農產品：訂有 MOA 自然農法轉換期間標誌表示之。



表示該農產品為實施 MOA 自然農法六個月以上，未滿三年的農地所生產。

(三)準有機農產品：訂有 MOA 移行栽培標誌表示之。



表示以 MOA 自然農法為目標，但在栽培上仍然有限度使用化學合成資材。

我國有機農產品生產基準於中華民國 88 年 3 月 15 日公告，88 年 6 月 29 日公告修正，分成二種，即全有機農產品及準有機農產品。二種之栽培要件摘錄如下[8]：

類別 項目與栽培要件	全有機	準有機
環境條件	1. 農地重金屬含量不高，於環保署所定之台灣地區土壤重金屬含量標準與等級區分表第三級標準為原則。 2. 水質符合灌溉水水質標準。 3. 農園合法經營之宜農土地。	1.農地重金屬含量不高，於環保署所定之台灣地區土壤重金屬含量標準與等級區分表第三級標準為原則。 2.水質符合灌溉水質標準。 3.農園合法經營之宜農土地。
坡地肥培管理	施用有機肥，不得施用化學肥料（含微量元素）及含化學肥料之微生物製劑及有機複合肥料。	果樹營養期可酌施化學肥料但量不得超過施肥手冊所訂之推荐量 30%，茶樹氮素不得超過20%，其他則不得施用化學肥料（含微量元素）或含有化學肥料之微生物製劑及有機質複合肥料。
病蟲害防治	不得使用化學合成農藥，及對人體有害之植物性萃取物或礦物性材料。	1.果樹開花期至採收集完全不使用化學農藥，其他生育期可依植保手冊防治方法處理。 2.茶樹芽葉生長期,完全不使用化農藥，冬季休眠期或茶菁採收後可依植保手冊防治。 3.除上述規定外，其餘不得使用化農藥或對人體有害之植物性萃取物或礦物性材料。
收穫調製包裝	1. 稻穀收穫後依良質米乾燥技術，並與一般稻穀分開處理。 2. 有機產品採收後與一般者分開處理、貯存與包裝。	1.稻穀收穫後依良質米乾燥技術，並與一般稻穀分開處理。 2.有機產品採收後與一般者分開處理、貯存與包裝。

政府發展永續農業（含有機農業）之策略

永續農業之發展需賴政府制定完備的政策與相關法規;研究單位發展可行的技術，民眾包括農民、業者及消費者則配合政府協助執行永續性農業的生產或生態保育工作，茲將我國比較重要的發展策略摘要於后[(3)]：

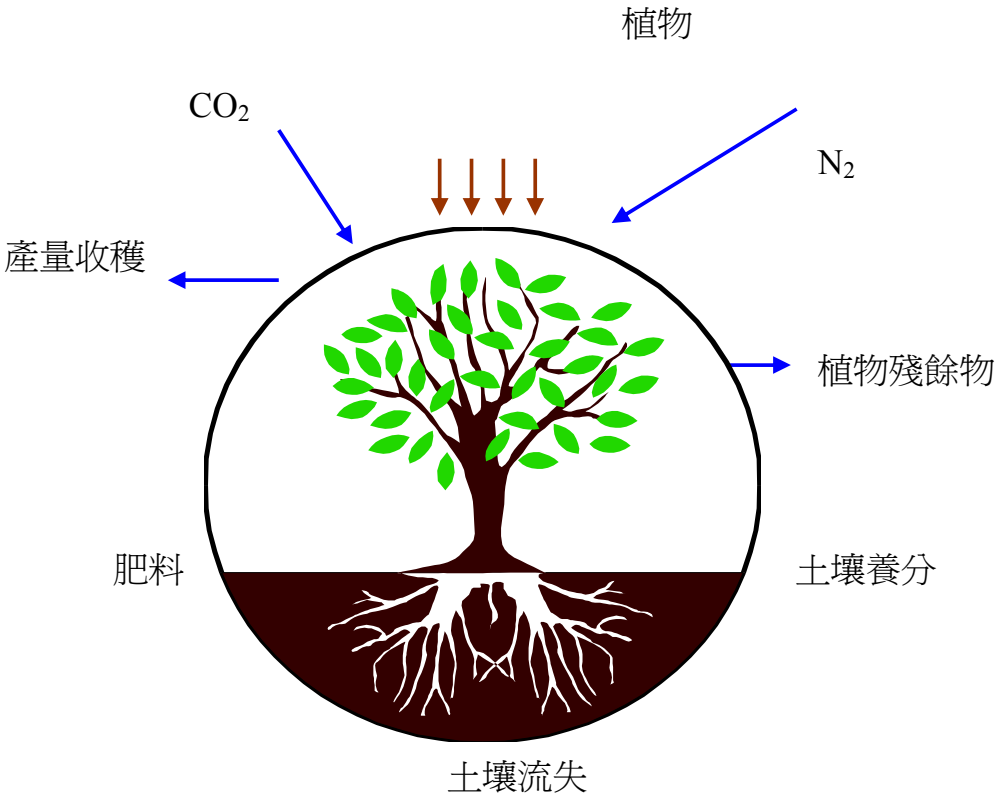
1. 保育水土資源：合理利用水土資源，加強造林及水土保持，維護水土資源免受污染，農作物的生產灌溉並應維持乾淨，避免遭受化學或農藥污染。
2. 建立合理輪作制度，維護土壤生產力：配合稻田轉作，建立有效之水旱田輪作制度，適度降低複作指數，獎勵休耕及休閒期種植綠肥，應用作物殘株、綠肥、堆肥及化學改良方法，改進並維護土壤生產力。
3. 改進施肥技術：選育肥料利用率高之作物品種，改進施肥技術，並推廣應用土壤及葉片分析營養診斷技術，發展合理施肥技術，提高肥料效率。
4. 開發生物性及有機質肥料：減少或取代化學肥料施用以保持土壤肥力，許多生物性肥料如菌根菌、溶磷菌提供作物養分，促進生長之效，可取代部份肥料；稻桿、麥桿、玉米梗等亦可醱酵成具高價值性之有機堆肥。
5. 循環利用農業廢棄物：嚴格規定農業廢棄物之回收處理，以獎勵有機肥料製造及循環利用避免環境污染。具有高污染之禽畜糞尿、及人類生活中丟棄之植物殘渣廢棄物，均可回收醱酵成高肥力有機堆肥。
6. 開發替代化學製劑之病蟲害及雜草防治技術：包括物理、耕作及生物防治等方法，如抗病蟲育種、健康種苗繁殖、害蟲誘引及忌避技術、應用天敵及微生物方法、植物相剋、簡易除草道具，輪作體系及混合栽培等方法，以減少或避免化學農藥之使用。
7. 加速釐定各種作物病蟲害防治之綜合防治方案：病蟲害的防治，不一定僅用化學方法來防治，利用各項非農藥方法來管理病蟲害的發生，使其為害度達到一定經濟水準以下，即可達到防治之目的。
8. 加速應用生物技術於抗病蟲育種、生物性肥料及農藥開發及農畜產廢棄物處理等之研究：生物技術之功能之一為快速有效篩選並量產微生

物以做為生物性肥料廢棄物醱酵菌或做為微生物農藥以防治病蟲害。生物技術亦可以快速轉移有用之抗病蟲害基因至作物上，迅速達到抗病蟲效果，惟基因轉殖作物(GMO)之生態環境污染及人類安全性問題尚有待釐清，目前美國大豆、玉米產品二分之一以上為基因轉殖產品，其外銷歐、日之產品已引起環保人士及政府單位之重視。因此轉殖之抗病蟲害基因若不是從自然界作物中取得，其對人類及生物之安全性尚難以評斷，宜注意之。

9. 輔導有機農產品之產銷：規範有機農業生產條件並建立有機農產品認證制度，教育消費者選用安全衛生之有機產品，輔導農民正確使用有機堆肥及病蟲害防治方法，並建立有機農產品優良品牌。

結　語

永續農業為吾等從事農業生產者必需具有的一種重要觀念，在從事農業各項活動中，將自然保育、環境生態平衡、水資源的利用、土壤營養之管理以及病蟲害之防治等納入考慮，使能一面從農業生產中獲取經濟利益，一面兼顧上述各項因素，則當能永續保留優良的土壤及環境，供後代子孫利用。尤其空氣及土壤是作物生產中之最主要之要件，土壤營養的管理之好壞直接影響作物之生長。作物仍靠土壤之營養及空氣中之氮及二氧化碳互相循環利用而生長。植物生長所需養分，大部分保存在循環之過程中。但是利用時需要把經由空中氮固定所加進的肥料量及土壤沖刷、滲漏、脫氮作用及銨態氮揮發到空中之遺失肥量，也要計算在內一併考慮。在農業生產中之養分循環系統不同，因為前者的營養會被作物吸收後，保存在收穫物內，植物營養分則在農業生產中因產品收穫，植物殘株被移走，及土壤養分流失下被消耗掉，久而久之農業生產力會降低。為保持農業的永續性，在農耕上需要設法促進生物固氮作用，來增加土壤肥分，供作充分利用。最好能取用農場以外的廢棄物資源，作為作物營養循環中之一環。



為了填補土壤養分之流失與不足，過去多年來農民使用過多的化學肥料，以填補土壤養分之不足並加速作物生長，導致土壤營養及物理結構之劣變，及有機養分之損失，有必要適時加以補充有機肥料，以恢復土壤之地力及活性。

另外對於過量化學農藥之使用所引起之殘留毒，灌溉水污染，昆蟲抗藥性等問題，亦有必要加強非農藥防治方法之推廣。經過政府過去十多年來的努力，許多非農藥新技術已經研發出來(2)，亦經極力推廣而被農民所重視。本省農藥使用量亦逐年遞減及農產品農藥殘毒檢查合格率逐年提高（目前之98%以上合格率），即有明證(1)。

目前社會大眾對永續農業或有機農業已漸有認識，有機產品需求日增，農民對於有機農業之生產技術亦逐年進步中，惟本省地處高溫多濕，每年作物複種次數多；不僅病蟲害嚴重，施肥量亦高；在此情形下，永續性農業（或有機農業）之經營困難度高；因此常有些不實之有機產品（即標榜不施用化學肥料及農藥）出售，事實上乃施用相當量之化學藥品。為防止瞞混及偽劣產品充斥市場。政府應訂定有機農場生產規範

及有機產品認證制度，並對於市售之有機產品採不定期抽查，公佈不合格之名單並做相當程度之處罰。生產者及業者亦應自訂規律，田間不得使用不合規定之資材，販售之產品亦應來自有機農法生產者。如此才能建立消費者對有機產品的信心，有機農業或永續農業才能於本省發揮其功效。

綜合以上所述，一個完整的永續農業經營必需從生產面、生態保護面、產銷面、農村發展面、政府政策法規面等全面考慮，相互協調一致，才能收到實效，並才能使此種實效長遠持續。

參考文獻

1.李國欽

2.林俊義 1995 台灣非農藥方法防治植物病蟲害。永續農業研究與推廣之進展研討會專集，台中區農改場編印，150-166 頁。

3.林俊義 1999 台灣永續農業發展概況。永續農業作物合理化施肥技術專集，中華永續農業協會編印，1-36 頁。

4.孫明賢 1991 從維護自然生態談到有機農業之發展。自然農法，創刊號，20-25 頁。

5.森本元昭、淺尾俊治 1995 自然農法技術推廣要綱及運用。永續農業研究與推廣之進展研討會專集，179-183 頁。

6.黃伯恩 1991 台灣有機農業發展概況。自然農法，第 4 期，32-33 頁。

7.鄭志聖 1999 國際美育自然生態基金發展 MOA 自然農法理念與作法。有機農業發展研討會專刊，123-130 頁，台中農業改場編印。

8.鄭逢喜 1999 生產準則。中華有機農業實施準則及 COAS 優良有機農產品驗證規章，8-12 頁，中華民國有機農業產銷經營協會編印。

9.謝順景 1989 歐美國家之有機農業。有機農業研討會專集，台中區農改場特刊 16 號，31-50 頁。

10.謝順景 1992 世界永續性農業協會成立大會記實。自然農法，第 5 期，5-8 頁。

11.謝順景 1992 台灣永續性農業之研究推廣展望。中華農學會報，第 160 期，13-29 頁。

12.Lockeretz, W. 1988 Open Questions in Sustainable Agriculture American Journal of Alternative Agriculture 3(4):134-181.

13.Stinner B. R., and J. M. Blair. 1990 Ecological and Agronomic Characteristics of Innovative Cropping Systems. Sustainable Agricultural System & Soil and Water Conservation Society U.S.A. p123-139.

14.Sun Paul M. H., and S. C. Hsieh 1992 The Establishment of a Sustainable Agriculture System in Taiwan Sustainable Agriculture for the Asian and Pacific Region p59-75. FFTC Book Series No. 44.

15.Yu, ming-Hung 1992 Increasing Productivity Through Sustainable Agriculture 中華民國 81 年 國建會 農業發展研究分組專集 53-61 頁 行政院農業委員會編印。

合理化施肥理念

廖慶樑、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前　言

作物合理化施肥就是作物的合理化養分管理(rational nutrient management)，也就是說要看土壤的性質與肥力、作物養分需要、及氣候狀況施下正確的肥料用量、肥料種類（型態），施用肥料也要適時，近來歐美各國更有依農地內不同肥力與產量的分佈關係而施肥,即所謂的精準農耕式(precision agriculture)的施肥。合理化施肥技術的發揮是要提高作物利用所有養分的效率，降低農作物生產風險及對環境之風險，而最後能獲得經濟上及環保上的最高利潤。

農業係利用自然資源，如水、日光、空氣、氣候、及土壤等，從事生產人類所需之糧食與原料，其從地下部攝取水分和養分，而地上部之葉片，則行光合作用合成碳水化合物，儲存成農產品，故農業相較其他產業，更親近於自然環境，其對於氣象、土壤、水等資源的需求與依賴亦更顯著。因此，農業是一種永續性、持久性且不可缺少的重要基本產業，其發展與人類的文明與社會制度的沿革有著極為密切的關係，亦可以說農業生產與人類生存是息息相關的。

長期以來，公營肥料產銷體制下，為減輕農民負擔，採取低肥價政策，尤其七十年代中期以來，肥料資源充裕，民營肥料在市場上參與競爭，農民購買肥料可自由選擇。又因農村勞力短缺，工資昂貴，為節省施肥工資，表面撒施及少次多量之粗放施肥方式，致肥料使用量偏高且有浪費現象，也對環境維護造成負面之影響。

隨著我國加入世界貿易組織（WTO），肥料自由化民營化時代的來臨，過去由政府補貼之低肥價政策勢難維持，肥料價格將反映成本而調整，政府為緩衝肥價調漲對農民之衝擊，制訂「肥料政策調整方案」，在六年調適期間內，由農委會以漸進式調整肥料銷售價格，每年調漲幅不超過六%，肥料出廠價與零售價間之價差由農委會予以補貼，惟補貼

金額逐年減少，六年之後不再補貼，肥料價格將由市場機能反映。

台灣地處熱帶、亞熱帶，整年有溫暖的氣溫與較高的降雨量，土壤風化迅速，養分被淋洗流失的速度也較快，加上在密集栽培系統下一年種植二至三作以上，土壤肥力的耗損更形嚴重，常需要適當補充養分，提昇土壤肥力，才能維持作物正常生產的地力。

近年來化學肥料價格較便宜，肥效較快速，加上農村勞力不足，工資價昂，為節省施肥工資，化學肥料的多量少次的表面施肥，因而在農村頗為流行。這種施肥方式，不但減低單位肥料之生產效率，並且浪費肥料用量，以致單位面積之化肥施肥量偏高，亦會污染生態環境，導致水質與土壤性質之劣化。

故為降低農民施肥成本，政府從技術層面推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務推薦之施肥量、施肥法合理施肥，減少施肥浪費以挹注肥價調漲增加之費用。依據台南區農業改良場所多年來試驗示範成果顯示，依照作物需肥診斷推薦量施肥不但不會造成減產，甚至有改善品質之效益。因此，為維護農田地力及生態環境，節約肥料資源，減少肥料支出，增加農民收入，提高農產品產量與品質，積極推動合理化施肥成為一件很重要的工作。

生態環境與肥料施用

我國祖先很早即懂得種植作物，除發展犁田、中耕、除草等方法，更懂得動物排泄廢棄物、植物之殘體，使之不至因耕作而消耗，如此耕作制度合乎自然生態體系與物質循環，符合目前永續農業發展之精神。然而，為要保持土壤肥力，常要收集野外植生加入農田，因為針對一個耕作體系而言，即使每次農作物收穫後，其殘體全部歸還農田土壤，人畜排泄物和殘體亦能回歸土壤，在這循環的過程中收穫物養分的損失是無可避免的。也就是說每一次作物收穫後，都意味著土壤肥力的衰退和土壤生產力的下降，亦即使有機資材全部回收利用亦不能滿足全部耕地對肥料的需求，因此，要保持土壤肥力，除了盡量增加有機肥的施用外，其他化肥及合理的耕作措施的配合有其必要性。

根據統計台灣目前每年有一千二百餘萬噸的農業廢棄物，以 N 素

之供給而言，扣除製作過程損失，以 35%可製成堆肥，亦僅能供給 26 萬公頃之耕地，因此，若要維持農田肥力與高產量，以滿足不斷膨脹人口所需之營養食物，化學肥料之施用，無法避免。此外，台灣地區位處亞熱帶氣候圈內，溫高氣濕，土壤遭受風化與淋洗劇烈，天然植物養分要素含量偏低，為維持農作物之正常生育，進而提高產量與品質，施用肥料補充植物生長所需養分之不足，為耕作上不可或缺之項目。本省自光復以來，由於化學肥料的引進及自行生產，確實給台灣農業生產上帶來莫大的貢獻，各種農作物產量的增加，有目共睹。但由於肥料價廉而增產效果立竿見影，以致農民偏好超量使用化學肥料。根據田間調查，很多農作物之病虫害嚴重發生，農產品之品質低劣，考其原因，大部分是施肥不當所引起。

合理化施肥的意義

作物需求之要素為碳、氫、氧、氮、磷、鉀、硫、鈣、鎂、矽、鐵、錳、鋅、銅、鉬、硼、氯等十七種元素。其中除了碳、氫、氧係由空氣和水供給外，餘均靠土壤供給。

植物生長營養要素雖多達十七種，但植物生長卻受最少(乏)之要素所限制，如不補充這種要素，即使其他要素有充分量，亦不能發揮促進植物生長之效果(此現象稱為最少養分律)。故施肥時應判斷土壤中何種要素最缺，針對這種最缺的要素補充施肥才能得到最佳的效果。

又當土壤中缺少要素而施肥時，植物生長量雖跟著施肥量之增加而增加，單位施肥量所能增產之作物收量卻隨著施肥量之增加漸減(此現象稱為報酬減律)，故施肥量增加至某一程度後產量不再增加，甚至減產。收穫物品質與施肥量之關係亦有類似情形。我們知道施肥費用乃隨著施肥量比例而增加，因此，事實上作物生理上可獲最高產量之施肥量，未必是最經濟的施肥量。

各種要素需用與否及使用量之多寡，需仰賴土壤分析及植體 (葉片) 營養診斷技術之綜合應用，各地區農業試驗改良場所及其他農業學術機構多年來做了許多相關之試驗研究，建立各種作物之不同要素含量濃度等級資料，作為作物需肥診斷服務推荐施肥之依據。參照農業技術單位

之推荐肥料種類及用量、方法施肥是為合理化施肥。八十七年度起推動合理化施肥措施計畫，由各農 (茶) 業改良場依各地作物別編印作物施肥推荐手冊，作為農民施肥參考依據。

由於肥料之施用在各種生產資材中，影響作物產量和品質最大，其合理施用亦關係生態環境之維護，故如何教導農民，依照作物需要，作適量、適時、適法之施肥，實為土壤肥料推廣人員之重要責任。

而其他產業對農業生態系造成的衝擊，各國都以制定環境法規來規範，然而，農業生產過程各種措施的合理化，除了科技的應用外，亦需運用智慧，及本於對大地的關懷，促使人類要求自己在農業生產活動和自然生態系作用之間求得平衡，以維持共存、共容的關，使農業得以永續發展，人類亦可賴以生存。本文僅就過量或不當的使用肥料，對環境可能帶來的衝擊，以闡釋合理化施肥的重要性。

土壤肥力的涵義

狹義的土壤肥力係指土壤供應作物營養元素的能力，也可稱為土壤中有效養分狀態。土壤肥力包括兩個主要因子：作物必要元素的總含量(capacity)，以及可有效供應之強度(intensity)。假使土壤中含量多，但無法有效供應，則作物仍會缺乏養分，例如酸性土壤中磷與鐵、鋁反應，產生難溶之沉澱物以致無法供應作物吸收利用，作物即容易缺磷。因此要合理的施用就必要掌握土壤中作物必要元素的總量及其有效程度。必要元素的有效程度又受土壤物理、化學甚至生物條件影響，所以對於土壤物理、化學與生物因子如何影響必要元素之有效程度多所了解，當有助於施肥之合理化。

要使作物得到高產，不但要量上能夠充足且平衡的供應養分不受養分匱乏之影響，亦應在作物生長期中均衡的供應作物各生長階段所需之養分。養分平衡(nutrient balance)的目的，為達維持長期高的土壤肥力，而達到高的土壤生產力外，尚需對任一作物生長期中養分的供應能夠均衡達到任一短期間的需要。由於土壤因素或植物因素影響到作物之養分吸收量。與吸收養分間的比例，使作物較難達到所需之量與比例。為了達到高產之耕作，需人為平衡供應不同養分(肥料)，這除了養分供應問

題外，尚需注意避免養分的不平衡。

影響施肥的因素

肥料效果並非影響於某一單純因素，而受影響於眾多自然與人為因素，隨時隨地均有變異。其中尤以下列各因子對肥料效果影響甚大：

一、作物品種之特性；作物的吸收能力。

二、氣候因素：a.日照 b.與量 c.溫度。

1.土壤性質：a.物理性質 b.化學性質 c.生物性質 d.肥力。

2.栽培管理：a.植物保護 b.密植度 c.覆蓋 d.耕耘 e.水分管理。

三、肥料本身的性質：a.化學肥料 b.有機質肥料。

四、施肥的方法：a.施肥的位置 b.施肥的時期。

由於以上各種因子均會影響作物之產量及肥料需要量，施肥適量係在標準栽培管理下依品種、栽培季節、地區(生產潛力)及土壤肥力分別推薦，而在栽培管理改變時，則另註明施肥適量如何增減。

合理化施肥執行的要領

各種要素需用與否及使用量之多寡，需仰賴土壤分析及植體(葉片)營養診斷技術之綜合應用，農業試驗所、各地區農業試驗改良場及其他農業學術機構多年來做了許多相關之試驗研究，建立各種作物之不同要素含量濃度等級資料，作為作物需肥診斷服務推荐施肥之依據。另外，參照農業技術單位編印之「作物施肥手冊」中之各類作物施肥管理方法適當選擇肥料種類及用量、施肥方法，是為合理化施肥。

合理化施肥面臨的問題

在農業生產中，為提高其生產量、防治病蟲害，而使用化學肥料、農藥，同時伴隨產生之作物殘體、畜產廢棄務、漁產廢棄物、農業廢棄物、食品工廠廢棄物、林產廢棄物、土壤沖蝕和溫室效應氣體等對環境品質產生衝擊。另外由於人口增加、工業發展和社經活動頻繁，而排放了許多廢氣、廢水和廢棄物，造成了空氣污染、水質污染和土壤污染，不但降低了作物產量，也影響農產品品質，進而威脅國人之健康。作物

受污染性氣體侵害後，會造成葉片黃化、落葉、斑點、生長受阻、加重病蟲害。至於土壤受污染後，其物性劣化、土壤酸化、氮素過剩、可溶性鹽類累積和重金屬累積，影響作物產品品質。

環境污染的承受體不外乎大氣、土壤與水體，這些正是農業生產的資材。因此環境污染最直接的影響就是農業生產環境之惡化與產量、品質的低落，農民最能切身體會自然環境與他們的關係，同時農民在農事操作上的一切活動，亦對自然環境產生影響。台灣地區二仁溪綠牡蠣事件、西施舌事件、彰化東西二圳之鎘米事件等，皆是因水污染危害農業生產環境所引發之公害糾紛事件。諸如此類大大小小糾紛不勝枚舉，除顯示污染程度普遍惡化外，連帶食品安全衛生也亮起了警訊。還有，因農業操作不當造成資源誤用與環境污染事件亦時有所聞,如西南沿海養殖魚業過度抽用地下水造成之地層下陷和土壤鹽化事件、德基水庫集水區濫墾造成水土流失與水庫優養化問題等,亦反映出農業生產對環境造成之危害。因此，農業從業人員，必須了解環境污染對農業的影響，以維護農業生產環境之安全，進而保障農產品之品質與產量；亦必須進一步了解農業生產活動對環境可能造成之衝擊，以減少對環境產生之破壞，進而達成農業生產環境及資源永續利用之目標。

土壤永續生產力

農作物從土壤中吸收的各種營養要素有多有少，需要量較多的有氮、磷、鉀,稱之為三要素,由於三要素影響作物生產及產品品質至鉅，也佔施肥成本最大部分，因此，三要素肥料之施用量、施用方法及使用肥料種類之選擇，是作物肥培管理上重要課題。一般而言，短期作物可依土壤分析測定來推薦肥料要素用量，長期作物尚需作植體(葉片)分析診斷才能推薦合理施肥量,農友可參照農業技術單位之推薦肥料種類及用量、方法施肥是為合理化施肥。合理化施肥措施除上述肥料用量推薦外，應包括其他土壤肥料技術之綜合應用，以達到提高產量與品質，並維護農田土壤永續生產力之目標，例如:

一、有機質肥料使用：在高經濟價值作物常需使用有機質肥料以提高產品品質。因有機肥料種類多，包括木屑堆肥、樹皮堆肥、禽畜糞

堆肥、豆粕類等，其肥效係依其所含有機質在土壤中經微生物分解礦化釋出之養分要素而異，故有機肥料之施用應依其資材及碳氮比預估礦化率及可釋出之養分要素量。又連續使用有機肥料時，除當作所施有機肥料之可礦化量外，前期土壤中有機質之可礦化量亦要評估，才能確實明瞭可由有機質供給之要素量。一般可以化學肥料和有機肥料配合施用，應將有機肥料可釋出之要素量扣抵化學肥料用量，才符合合理施肥目標。

二、綠肥作物之利用：在農地休閒期或休耕田種植綠肥作物，尤其是荳科綠肥具固氮能力，為提高農田肥力有效方法，一般短期作物可將綠肥作物納入當地耕作制度，長期作物如於文旦果園種覆蓋綠肥作物，為良好土壤管理方法之一。台南場育成推廣之景觀綠肥用向日葵（台南一號）栽培，景觀綠肥兩相宜，及覆蓋兼綠肥用大豆台南四號、六號，可供選擇利用。

三、微生物肥料應用：農作物生產常利用環境中之資源，如將有益作物生長之微生物接種到種子或施用於幼苗與土壤上，往往可增加植物營養要素之供應、提高土壤中養分之有效性，增進根系之生長與養分之吸收、保護根系及增進抗逆境能力等等。目前已推廣應用者有毛(大)豆接種固氮根瘤菌、洋香瓜育苗接種菌根菌、溶磷菌等，均已具有相當成效。

四、其他如深層施肥機的開發，節省施肥工資，並將肥料施入表土之下，減少肥料損失，提高肥料效率。地區性問題土壤改良，如強酸性土壤施用石灰資材矯正酸度，以提高肥料效率及生產力。

過量施肥對環境的衝擊

肥料過量的施用，若超過農田所能涵容時，則過多的氮肥隨雨水或灌溉水而進入地下水，造成飲用水質變劣，或氮肥經脫氮作用形成溫室氣體釋入大氣中，導致溫室效應與氣候變遷；過多的營養素流入環境中，亦會造成水體的優養化，這些後果對於我們的未來及後代子孫的生存都相當的不利。除了環境問題，還有資源存量問題。根據調查，以目前使用量，全球磷、鉀礦蘊藏量，僅可維持未來五百餘年，即將耗盡。

除了肥分往下淋洗，恐污染地下水外，隨著降雨或灌溉，亦有可能隨著逕流入水體而造成優養化。常見者為水源水庫滋生藻類，渠道埠池滿佈布袋蓮、雜草，影響環境衛生。水質優良化，水中微生物大量繁殖，溶氧量耗盡，魚類無法生存，此外銨態氮及有機磷對魚類有劇毒，能使魚類大量死亡。引用受氮磷污染之灌溉水就如同施過量之肥料，常造成水稻插秧期受鹽害死亡，生長初期分蘗特多，但為無效分蘗，抽穗期後多有倒優，成熟期腐爛枯死，溼熱季節誘發稻熱病等現象。荷蘭農業從業人員，在田區的四邊都不施肥，以防肥分隨逕流入其他水體，其對環境之關注，值得敬重與效法。

本省西部地區土壤，電導度在 4dS m^{-1} 的耕地面積，約有 30000 公頃，主因是地下水過高，海風攜入鹽分與長期乾旱所致。另外，由於工廠排水混入灌水道中，使本省現在灌溉水質鹽分常出現高於 700μmhos/㎝之標準，不是如 50 年間大都維持在 300μmhos/㎝左右，應留意土壤的鹽化問題。除了前述自然因素與工業的污染外，施肥也可能造成鹽分的累積。特別是設施栽培土的鹽分累積問題，根據調查，設施栽培土壤鹽化情形日益增加，顯示設施栽培，土壤鹽化程度較一般栽培為烈，同時隨栽培時間之增加而加深鹽化現象。主要原因是設施內沒有天然雨水的淋洗，鹽分容易累積於表土

以農業生態系與全球環境之關係來看，已開發國家大量開發石化燃料，過度發展經濟，造成空氣、水污染及廢棄物的處置問題，都影響人類的生活品質，也影響農地的品質，甚至導致全球氣候的變遷，開發中國家面對急增的人口，所釐定的農業政策，如森林的過度砍伐、集約式的農耕制度，則可能導致資源的過度消耗與農地肥力的衰退，如肥料與農藥的過量施用，而對環境造成衝擊。

結　語

施肥是提高農產品產量及品質之有效方法，但要達到施肥預期目的，肥料種類、用量、使用方法並應配合作物類別、栽培管理等技術妥善之應用，作物獲得充分及均衡養分供應，才能得到產量高及品質優之農產品。隨著社會經濟之發達，國民生活水準提升及消費之需要，農產

品品質高級化、精緻化之需求下，作物之肥培管理更不能不重視，施肥不當易導致植物養分不均衡，鹽分累積過剩毒害及病蟲害嚴重發生、農產品品質低下等現象。因此，合理化施肥為提升農產品品質重要之一環，瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達到合理化施肥的必要步驟。

而合宜的肥料管理方式，不但可提升作物的產量及品質，提供適合作物生長的健康環境，進而減少肥料、生長素、殺菌及殺蟲劑之施用，同時可以避免土壤生產力的衰退及對環境所造成的污染衝擊。合理化施肥是要依據農業科技診斷土壤與作物之需要來施肥，不但要達到確保農產品產量與品質之目的，更要維持生態環境的平衡和諧，不會造成土壤、水源環境有污染之虞，達到多贏之目標。

因應 WTO 雲林縣農業之發展策略

黃山內
行政院農業委員會臺南區農業改良場

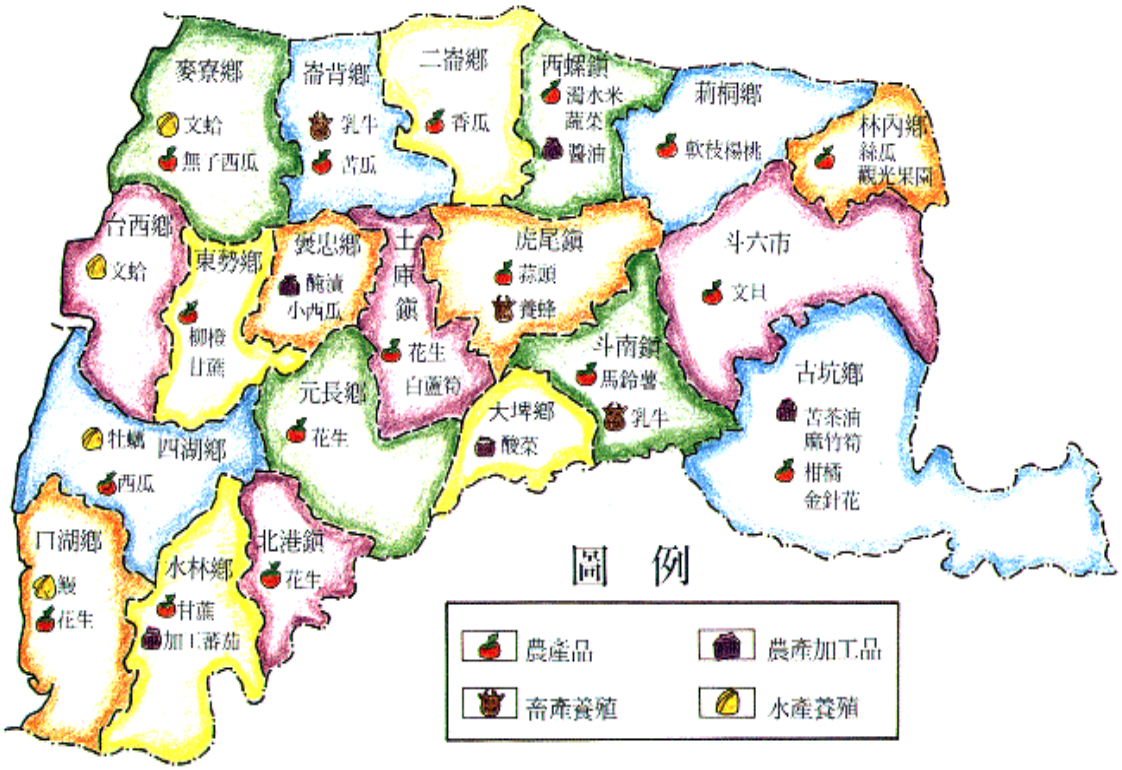
前 言

雲林縣位在台灣的中西部，全縣面積約 12 萬 9 千公頃，耕地面積約 8 萬 1 千公頃，佔全縣總面積 62%，為極重要的農業生產大縣。北臨濁水溪沖積扇，西濱台灣海峽，東接中央山脈，南近北港溪，年平均溫度為攝氏 22.6 度，年降雨量約 2100 公厘，然雨量 80%集中在 5-9 月間，雨旱季十分明顯。雲林縣 20 個鄉鎮市中僅斗六市、古坑鄉、林內鄉靠近山地，較近山麓帶者地勢較高，土壤以冲積礫石層為主。而餘 85%面積屬於濁水溪及北港溪冲積平原，主要土類有新沖積土、老沖積土及混合沖積土，地區較代表性土系，如牛屎港系有 8800 公頃、山寮系 5300 公頃、中萬甲系 2540 公頃，均屬新成土，二林系 4900 公頃，則屬弱育土。其中沿海四鄉鎮有麥寮鄉、台西鄉、四湖鄉、口湖鄉，以口湖鄉土壤呈現嚴重鹽分，種植不易，而台西鄉與麥寮鄉也有輕度鹽化的情況。

雲林地區平地以種植水稻、甘蔗、瓜果類（如番茄、香瓜、胡瓜、西瓜、苦瓜、絲瓜等）、蔬菜、玉米、蒜或根莖類作物（甘藷、馬鈴薯、蒟蘿蔔、芋等）及雜糧作物（如落花生、毛豆等）為主，果樹則以柑桔、竹筍、木瓜等為主，其中生產量值占全省第一位者有蔬菜、大蒜、馬鈴薯、落花生、柳橙，而稻米產量值僅次於彰化縣，占全省第二位（詳如表一）。近年來因應台灣加入 WTO 面臨農業的衝擊，政府全力輔導農民改良生產技術，改善生產環境，朝精緻化、經濟化及特色化的方向前進，同時致力於整合設立農產品物流中心，期透過生產、行銷一貫化作業，為雲林縣農業發展開闢寬廣的康莊大道。其農產專業區分布圖及各鄉鎮主要特產如圖一及表二。

表一、雲林縣 93 年主要農作物生產量值表

作物別	收穫面積（公頃）	產量（公噸）	產值（億元）	占全國百分比（%）	備註
稻米	40,742	269,187	51.66	18.78	產量值僅次於彰化縣，占全省第二位
蔬菜	44,628	937,055	124.55	30.58	產量值全省第一位
大蒜	5,102	49,770	15.36	85.71	產量值全省第一位
馬鈴薯	841	20,792	2.13	57.41	產量值全省第一位
落花生	15,548	52,996	23.05	77.58	產量值全省第一位
文旦柚	246	6,516	1.12	7.48	
柳橙	3,351	79,945	7.59	37.8	產量值全省第一位
椪柑	512	7,806	1.62	7.29	
木瓜	127	5,865	0.67	4.36	



圖一、雲林縣農產專業區分布圖

表二、雲林縣各鄉鎮主要特產一覽表

鄉鎮別	特產名稱	鄉鎮別	特產名稱	鄉鎮別	特產名稱
斗六市	文旦柚、柳橙	斗南鎮	馬鈴薯、乳牛	虎尾鎮	蒜頭、蜂蜜
西螺鎮	稻米—濁水米、蔬菜	土庫鎮	白蘆筍	北港鎮	花生（土豆）
古坑鄉	柳橙、麻竹筍（筍干）	大埤鄉	芥菜（酸菜）	莿桐鄉	楊桃（軟枝楊桃）
林內鄉	絲瓜（菜瓜）	二崙鄉	香瓜、稻米	崙背鄉	苦瓜、乳牛
麥寮鄉	西瓜、肉豬	東勢鄉	蘆筍	褒忠鄉	西瓜
台西鄉	文蛤、牡蠣	元長鄉	花生	四湖鄉	西瓜、牡蠣
口湖鄉	花生、鰻	水林鄉	番茄		

加入 WTO 雲林縣主要農作物因應策略

一、稻米

我國在 91 年元月 1 日成為世界貿易組織（ＷＴＯ）的會員，並遵守入會協議，開放部分稻米進口，在入會前政府即針對國內稻米產業的生產結構進行調整，並採行提升競爭力的相關措施。但因以往稻米是禁止進口，如今面臨開放，國內糧價將受到影響，尤其糧商在價格風險無法掌握的情況下，持觀望態度而降低存糧意願，致市場流通的稻穀數量增加，對國內糧價造成衝擊。開放稻米進口後，為達到供需平衡的目標，國內稻作面積必須減少，如果稻農仍堅持種稻，不配合政府政策進行休耕轉作及分年輪流休耕，生產必然過剩，糧價滑落時，稻農的收益就會減少。面對進口米的品質及價格優勢，國產米的競爭力必須再提升，才能穩定價格，立於不敗之地。有關加入 WTO 對稻米產業政府因應策略如下：

（一） 調降稻作面積

由於一年至少會進口 14 萬 7 千多公噸的稻米，加上國人消費量呈現遞減趨勢，因此，稻作面積必須配合減少，民國 91 年至 93 年的稻作面積目標訂為 30 萬公頃。為達成減產的目標，除持續推動一般性之輪作、休耕措施外，已針對第二期稻作辦理分年分區輪流休耕。查雲林縣 93 年稻米收獲面積第一期作為 25,893 公頃、第二期為 14,849 公頃，合計為 40,742 公頃，針對

沿海及土壤貧瘠鄉鎮之稻田，建議能配合政府政策進行休耕轉作及分年輪流休耕。

（二） 配合計畫生產之輪作、休耕及輪流休耕措施給付獎勵金額。

（三） 建立稻米產銷預警制度：提供稻作生育情形、種植面積、產量預測、國內外糧價等資料，作為農民規劃及調整種植的參考。

（四） 提升國產稻米品質

1. 種植良質品種的稻米：由農委會各試驗改良場所培育之優良水稻品種，推薦及輔導育苗中心選育、繁殖，提供農民種植，並輔導農民加強田間管理。
2. 鼓勵生產有機米：組成集團栽培區及產銷班，由農業改良場所輔導栽培管理技術，建立驗證公信力，強化有機米品牌形象。

（五） 降低生產成本

配合稻作面積調降及推動綠肥集團栽培，輔導規模較大且繼續經營意願的育苗中心或代耕中心，接受小農及兼業農委託，轉營成為水稻或綠肥翻耕之代耕中心。

（六） 建立稻米分級及品牌制度

1.宣導經政府認證品牌食米品質的資訊，使國人多選購國產良質米，以建立食米分級新秩序。

2.鼓勵糧商辦理 CAS 良質米工廠認證，輔導糧商採用「臺灣好米」共同標誌銷售，達到「好米賣好價」的目標。

（七） 食米加工附加價值

1.改進傳統米食、製粉等製品的製程及保存技術。

2.研擬與食品企業策略聯盟，合作製造米食加工品，研發方便性、即食性之米飯產品，共同開發米食市場。

（八） 改進食米運銷通路

1. 協助糧商公會，建置稻米市場資訊及銷售網站，結合宅配、郵購或電子商務，訂購及配送食米。
2. 以區域為單位，成立加工策略聯盟，由農業改良場提供優良種苗，結合農戶成立專業產銷班，建立共同品牌及行銷網路。

（九） 蒐集國內外產銷資訊，並經由國外參展的機會，拓展國外行銷。

（十） 稻米進口管理措施

1. 民間進口米採標售權利金方式分配配額，縮小進口米與國產米之價格差距。
2. 當進口量超過基準數量，或單批進口價格低於基準價格之90%以下時，即可啟動特別防衛措施（簡稱ＳＳＧ），課徵額外關稅，最多可提高三分之一關稅。
3. 進口米的 65%由政府分批進口，納入公糧統籌處理，如果需要釋出到市場時，會考慮市場價格，加價及分批標售，避免大量釋出衝擊國內糧價。

（十一）穩定國人米食消費量

1.編印米食相關教材及宣導資料，加強米食推廣。

2.辦理公糧稻穀、CAS 及一般白米的衛生安全檢查。

3.加強市場銷售稻米包裝標示及品質的抽檢。

二、大蒜

大蒜為國內冬季裡作作物，其主要產品為蒜球，係雲嘉南地區重要經濟作物，尤以雲林縣占總產量 80% 以上，為主要產地。大蒜為世界上重要之辛香調味用蔬菜，國際上諸多國家均有蒜球生產，惟以地域便利性及進口價格之相較下，大陸產品最具競爭力。國產蒜球於三、四月份採收，生產成本每公斤約 36 元，大陸產蒜球自六、七月間開始採收，至台灣之靠岸價格僅約 20 元，八、九月起即可大量輸入國內，一旦開放大陸產品進口，國產蒜球競爭力極度不足。有關政府對大蒜產業因應對策如下：

（一）調整種植面積

每年由農委會邀集產地縣市政府開會研定各縣市計畫生產面積，再由產地縣市政府會同鄉鎮公所與農民團體分配各鄉鎮種植面積，並向農民廣為宣導，請農民配合辦理，以確保收益。查雲林縣 93 年收獲面積為 5,102 公頃，產量 49,770 公噸，建議能配合政府政策計畫生產。

（二）建立產銷預警制度

將大蒜種植登記資料配合農情調查資料，掌握確實生產資訊，預估產量，以利農委會評估及邀集相關縣市政府與主要產區鄉鎮農民團體召開會議，決定後續因應措施，並依產量、進口量、產地價格、市價等資訊建立預警系統，預防產銷失衡。

（三）提升競爭力

1.透過各鄉鎮產銷班之經營與運作，培養專業經營農家，落實計畫性生產；鼓勵農民共同購置生產資材與採收等共同作業，以提升競爭力。

2.由農委會補助農民團體協助產銷班員購置農業機械，推廣使用蒜球播種及採收等省工機械，降低勞動支出，提昇工作效率，以降低生產成本。

3. 輔導農民團體透過農委會所屬試驗所與改良場，配合大專院校等學術單位所研發之技術，辦理講習會，指導農民改進栽培技術，及安全用藥知識，協助改善倉貯設備及技術，減少貯藏損耗。

（四）健全分級制度，形成市場區隔

提高大蒜品質，輔導農民團體建立分級與品質控管制度，將不同等級之產品作不同通路之利用，建立優良國產品品牌形象，並利用媒體廣為宣傳，以與進口產品形成消費市場區隔。

（五）蒜農之救助救濟措施

當蒜球產業遭受進口損害時，可由農民團體、產業團體或地方政府依「農產品受進口損害救助辦法」規定向農委會提出申請，或由農委會主動提出。

三、馬鈴薯

馬鈴薯為冬季裡作作物，產期集中於一至三月，依消費型態分為加工用(約佔 30%)及鮮食用（約佔 70%）兩大類，加工用係供應加工廠作薯片，鮮食用則係採收上市或冷藏供全年消費。國產馬鈴薯年栽培面積約 1 千 9 百公頃，產量 4 萬公噸，產值約 5 億元，生產成本每公斤約

為 8.6 元，自美國進口價格每公斤在 10 元至 13 元左右。入會後雖然馬鈴薯開放自由進口，但依我國現行檢疫規定之限制下，只有美國、加拿大及澳洲未感病地區能夠進口，而中國大陸屬馬鈴薯癌腫病疫區，生產之馬鈴薯短期內仍無法進口，因此國內產業仍有續存空間，惟未來一旦中國大陸完成符合我國檢疫標準之程序而得以進口時，因其價格每公斤僅約 4 元，較我國生產成本低，我加工原料用馬鈴薯將無競爭力，今後將配合鮮食用消費市場之需求，適度調整生產規模。有關政府對馬鈴薯產業因應策略如下：

（一）調整種植面積

雲林縣 93 年收獲面積為 841 公頃，建議由產地鄉鎮農會針對轄內單位面積產量較低、生產力較差之薯田，加強宣導停止冬季裡作，輔導休耕或種植綠肥，以調整種植面積。

（二）建立產銷預警制度

透過農情調查系統，健全馬鈴薯產銷資訊，提早掌握生產資訊，預估產量，俾利農委會評估及邀集縣市政府與主要產區農民團體召開預警會議，決定後續因應措施，並由農委會依產量、進口量、產地價格、市價等資訊建立預警系統，預防產銷失衡。

（三）提昇競爭力

1.由農委會種苗改良繁殖場繁殖馬鈴薯健康種薯之原種供斗南鎮農會生產健康種薯，予生產馬鈴薯之農民。

2. 對於生產力較高產區，配合健康種薯之供應，由農委會區農業改良場、產地農會指導農民提高栽培管理技術，並推動田間機械化作業，以減少勞力成本支出及提高單位面積產量。

3. 為穩定產銷，輔導產地農民團體改善馬鈴薯採收選別、分級包裝、冷藏保鮮及集運等產銷相關設施。並鼓勵共同運銷，妥為規劃運銷集貨作業場地及流程，以提高作業效率。

（四）馬鈴薯農民之救助救濟措施

當馬鈴薯產業遭受進口損害時，可由農民團體、產業團體或地方政府依「農產品受進口損害救助辦法」規定向農委會提出申請，或由農委會主動提出。

四、落花生

落花生為彰化、雲林、嘉義沿海地區之重要傳統經濟作物，雲林縣93 年收獲面積 15,548 公頃，產量 52,996 公噸，產值估計約 23 億元，每公斤生產成本約 34 元，產地價格平均每公斤為 39～44 元，國際價格每公斤 14～16 元。由於國產落花生之生產成本偏高，未來宜配合國人口味及消費市場需求，輔導國產落花生朝向鮮（煮）食用及具本土風味之帶殼花生加工產品與傳統式炒花生為主。有關政府對落花生產業因應策略如下：

（一）調整種植面積

雲林縣 93 年落花生收獲面積為 15,548 公頃，產量 52,996 公噸，建議能輔導不具競爭力之種植地區轉作或休耕種植綠肥，其中符合「水旱田利用調整計畫」基期年規定者，列為優先輔導對象；並配合市場對本土風味加工產品之需求，輔導契作生產具市場競爭力之優勢品種，減低進口產品之衝擊。

（二）加強品種改良與產品研發

為與進口農產品區隔，除加強育成適合國人口味之品種及省工栽培技術外，並研發內銷鮮（煮）食用、本土風味之多樣化加工產品。同時應加強防止優良品種外流，以免回銷國內打擊國內產業。

（三）建立產銷預警制度

辦理種植面積登記、產量預測及價格調查等工作，並依產量、進口量、市價等資訊建立預警制度，預防發生產銷失衡。

（四）建立品牌形象及市場區隔

輔導國產落花生選別分級加工，提高產品附加價值，辦理展示促銷活動，建立品牌形象及行銷通路，形成市場區隔及兼顧契作雙方利益，繼續輔導契作產銷工作。

（五）加強產品檢驗

為確保進口貨品之安全衛生，加強落花生之黃麴毒素檢驗。

（六）輔導設置產銷公共設施

為穩定產銷，輔導改善產地之相關產銷公共設施，以促進

產品流通。

（七）救助救濟措施

依據「農產品受進口損害救助辦法」辦理受進口損害救助工作，當落花生產業遭受進口損害時，由農民團體、產業團體或地方政府依規定向主管機關提出申請或由主管機關主動救助。

五、文旦柚

歷年來對於柚子進口最為關切之國家為泰國，泰國柚之品質甚佳，廣受國人喜愛。國產文旦柚生產成本每公斤約 21 元，產地價格每公斤約 30 元，因柚子管制進口，尚無進口資料。泰國柚之產期為 8 月至 11 月，與國產文旦柚之產期相近，因此開放進口，國產文旦柚將直接面對泰國柚之衝擊，尤以品質中下級者為最。國人對於文旦柚消費習慣特殊，僅為中秋節應景之用，其他時間鮮少消費，近年來常有產銷失衡發生。由於泰國柚品質佳，生產成本低，泰國柚若進口，預估對國內柚子產業將造成衝擊。有關政府對文旦柚產業因應策略如下：

（一）調整種植面積

對於坡度過高之邊際果園，或因地質不佳而有影響水土保持之虞者，輔導辦理廢園造林。

（二）降低生產成本

1.加強產銷班隊功能，共同採購資材，減少資材費用；設施設備共同利用，分擔固定成本，互相交換工以節省工資。

2.推行高效率、降低成本、符合經濟效益之機械作業：近年來，由於農村勞力日益缺乏且趨向高齡化，故欲依賴人工作業，將無法經營，而合理的機械化是提高經營效率，降低成本最有效之方法。

3.加強病蟲害共同防治，輔導正確使用農藥，選擇有效推廣藥劑於適當時期，進行綜合防治及共同防治。

4.輔導合理的土壤管理、水分管理與施肥：適時、適量的灌溉和施肥可以促進植株生育，提高果實產量和品質。

（三）提昇品質

台灣地區柚園都有密植現象，加以幼齡期間常不重視樹型之養成，枝條誘引不當，沒有明顯主枝，致植株長大後葉片稀少，枝條多且細長，不僅結果層薄，產量低，品質不易提昇，而且每年需要花費大量人力，以支柱支撐枝條及重新修剪、整枝，徒增生產成本。為提昇品質應改善枝型，以利採光並增加結果面。利用合理的肥培管理技術，控制夏、秋梢，培養良好之根群及多量之健康葉片，此外加強辦理果品評鑑，鼓勵農友生產高品質文旦，並教育消費者選購優良果品，期拉大高、低品質果品之價差，促進提昇品質。

（四）研發文旦加工品開發

果品加工製成食品（如果醬、蜜餞等）、工業用品（如果膠、精油、糖蜜、檸檬酸等）、果汁等。

（五）發展文旦觀光休閒農場，開放果園採摘，提供遊憩服務。

（六）產銷策略聯盟

加強輔導文旦柚農民組成產銷班，並有效整合、結合農業合作社及農會等農民組織，俾發揮規模經濟效益。同時將推動以農民組織為中心的產銷策略聯盟，整合全體農民的力量，建構完善的行銷網。

（七）增闢產品運銷管道，與超市或機關團體訂定契約，提高產品直銷比率。

六、橙類

國內橙類主要品種為柳橙，佔橙類栽培面積九成以上，甜味適度、酸度低，甚受國人喜愛。進口橙類以晚崙夏品種為主，甜味及酸味較均高、風味強，兩者市場消費區隔明顯。國產柳橙生產成本每公斤約 13 元，立地佳果園單位面積產量高，成本更低於 10 元以下，產地價格每公斤約 15 元，美國橙類進口每公斤約 12.5 元，南非橙類進口每公斤約 11.5 元，泰國柳橙進口每公斤約 8 元，加上 40%關稅，則美國、南非、泰國之進口成本每公斤分別為 19 元、17 元、及 12 元。未來美國產品

在國內市場佔有率，將被其他進口國所瓜分。國內柳橙供應淡季（4 月至 10 月）為美國及南非橙類之進口時機，即國產柳橙與美國、南非晚崙夏橙可以形成市場區隔；至於泰國柳橙，一般品質雖較國產者稍差，但產期較國產者約早兩個月，對國產早市柳橙應有些許影響。有關政府對於橙類產業因應策略如下：

（一）輔導不具競爭力之果園廢園

雲林縣 93 年收獲面積 3,351 公頃，產量 79,945 公噸，建議能輔導不具競爭力之果園廢園，依據「獎勵造林實施要點」及「平地景觀造林及綠美化方案」獎勵造林，或輔導廢園種植綠肥。

（二）加強品種改良與生產技術改進

提高生產效率，降低生產成本，加強產銷班隊整合，利用策略聯盟協調產銷。改進果園作業道及聯絡道，推動機械化，省工經營管理，改進施藥技術等。改進土壤肥力及病蟲害綜合防治技術，加強果實蠅共同防治。配合果樹園藝操作技術改善，提高品質及經營效率。推廣無籽柳橙及早、晚熟橙類，輔導生產條件佳之果園，配合果園合理化栽培管理技術改進，改良品種，加強採收後處理技術改進，逐步提昇品質及競爭力。

（三）建立產銷預警制度

建立產量與進口量監視預警制度，防患產銷失衡情事發生，必要時採取產銷失衡緊急處理措施。

（四）建立品牌形象及市場區隔

1. 輔導農民團體產銷班共同作業，推動產銷策略聯盟，強化現有運銷設施，建立現代化分級包裝作業流程。健全產品運銷管道，擴大辦理產品直銷供應超市及大消費戶。建立市場資訊體系，蒐集研判國內外市場情報。
2. 輔導產地農民團體自創品牌，建立優良國產水果認證制度，協助辦理農產品宣傳、促銷。
3. 拓展國外市場，充實外銷檢疫處理設施，以克服橙類外銷檢疫障礙，發生產銷失衡時，辦理加工、促銷或貯藏。

七、柑桔類（寬皮柑）

柑桔類（寬皮柑）產業主要品種為椪柑、桶柑，以往為台灣出口項目，其風味適度、酸度低，亦為國內應景水果，甚受國人喜愛。未來因全面開放柑桔類進口，進口品種將朝多樣化，總進口量不致大幅增加，但應防大陸蘆柑進口之衝擊。有關政府對加入 WTO 後柑桔類（寬皮柑）因應策略如下：

（一）輔導不具競爭力之果園廢園

依據「獎勵造林實施要點」及「平地景觀造林及綠美化方案」獎勵造林，或輔導廢園種植綠肥。

（二）加強品種改良與產品研發

推行合理化、企業化栽培，降低生產成本。加強產銷班隊整合，改進果園作業道及聯絡道，推動機械化省工經營管理，改進施藥技術等。改進土壤肥培及病蟲害綜合防治技術，加強果實蠅共同防治。配合果樹園藝操作技術改善，提高生產及經營效率。輔導生產條件佳之果園，配合果園栽培管理技術改進，改良品種，宣導疏果，加強採收後處理技術改進，逐步提昇品質，並推廣風味優良之新興柑桔類。

（三）建立產銷預警制度

建立產量與進口量監視預警制度，防患產銷失衡情事發生，必要時採取產銷失衡緊急處理措施。

（四）建立品牌形象及市場區隔

1.輔導農民團體產銷班共同作業，強化現有運銷設施，建立現代化分級包裝作業流程。健全產品運銷管道，擴大辦理產品直銷供應超市及大消費戶。建立市場資訊體系，蒐集研判國內外市場情報。

2.輔導產地農民團體自創品牌，建立優良國產水果認證制度，協助辦理農產品宣傳、促銷。

3.拓展國外市場，充實外銷檢疫處理設施，以克服柑桔類外銷檢疫障礙。發生產銷失衡時，辦理加工、促銷或貯藏。

八、木瓜

馬來西亞、菲律賓、泰國等國木瓜生產成本較我國低，惟由該等地區進口成本稍高，因此國產木瓜尚有競爭力。近年來國產木瓜雖遭受輪點毒素病侵襲，但試驗單位積極進行耐病育種，並輔導網室栽培，目前耐病品種台農五號及適合網室栽培之新品種台農六號均選育成功，對國產木瓜品質與競爭力之提昇大有助益。有關政府對木瓜產業因應策略如下：

（一）產品對策

普及網室栽培，減少輪點毒素病侵襲。改良品種，開發抗（耐）病或矮性，並適合網室栽培、畸型花比率低之品種。

（二）降低生產成本

加強產銷班隊整合、推動機械化省工經營。

（三）提昇品質

建立優良品種健康種苗生產體系，利用嫁接技術生產供應兩性花種苗，以提昇品質；推動木瓜品種多樣化及產期調節；研究探討生理障礙之發生原因及改進栽培技術。

（四）建立產量與進口量監視預警制度，防範產銷失衡事情發生。

（五）輔導農民團體產銷班共同作業，強化現有運銷設施，以建立現代化分級包裝作業流程。

（六）試驗開發果品檢疫處理技術，以拓展外銷。

（七）增闢產品運銷管道，供應超市及大消費戶。

（八）建立市場資訊體系，蒐集國內外市場情報，並予研判分析。

（九）輔導產地農民團體自創品牌，建立優良國產水果標誌制度，協助辦理農產品宣傳、促銷，加強分級包裝建立品牌。

雲林縣農業發展策略

一、發展優質農業，提升產業競爭力

（一）推行「夏菜冬花環控生產模式」

利用環控設施栽培農作物具有相當多的優點，包括：提高品質、減少病蟲害、控制產期、減少人力、提高利潤等眾多好處。

因此利用設施控制環境可生產量多與質優的農產品，促使多種作物移入設施體系內生產，主要的作物有蔬菜類、木瓜、葡萄、花卉類等，然而投資成本畢竟較高，必須經過妥善的生產規劃，使設施的使用效率達到最高，才能符合經濟效益。

行政院農業委員會台南區農業改良場考慮國內市場的需求與設施所營造的環境優勢，冬季歐美日本等高緯度國家農產品無法生產或生產成本過高，大多需仰賴進口，台灣則氣候溫和，正可利用此時生產外銷。其中，考慮經濟利潤以花卉外銷最具有潛力，且國內數家花卉外銷公司也已開拓國外市場，因此選擇冬季花卉作為生產目標。在夏季國外農業生產正值旺季，反觀國內的市場因高溫多雨的氣候限制，眾多蔬果需靠進口，因此夏天蔬菜缺乏，而設施防風防雨，可解決部分國內夏季蔬果市場的短缺問題。綜合以上，就氣候條件與經濟效益二項的予以考量，使設施使用效率為最佳狀況，推出「夏菜冬花生產模式環控設施」。

「夏菜冬花」是基於經濟與氣候條件的考量，冬季種植的花卉種類應以市場反應、栽培容易與環境適應性良好為主，選擇多花菊與洋桔梗等；夏季種植的蔬果則以能耐高溫與市場反應，選擇小番茄、胡瓜、玉米等；如設施內經過數期作物的種植後，土壤中微生物與鹽分等逐漸累積，肥力亦大不如前，可改種綠肥作物或玉米等輪作，給土壤一個休息的時間。「夏菜冬花」生產模式已在虎尾鎮輔導花卉產銷班驗證成功。

（二）加強設置與輔導農產專業區

雲林縣農產品豐富，結合行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心、嘉義分所、台南區農業改良場、雲林科技大學、虎尾技術學院、嘉義大學等試驗研究機構及學校，利用雲林縣特有之自然資源及天然的地理優勢，協助規劃設置與輔導各農作物產、製、儲、銷體系整合之農產專業區，例如斗六文旦專業區、莿桐楊桃專業區、斗六與古坑一帶柳橙專業區、西螺蔬菜專業區、虎尾花卉專業區與蒜頭專業區、大埤酸菜專業區、古坑竹筍專業區、土庫蘆筍專業區。

（三）推動農業策略聯盟

所謂農業策略聯盟，就是把策略聯盟的要領應用在農業經營上，指「包括農會、合作社場等農業組織，透過同業之間，或與物流、加工等異業之間，合作組織結成盟友，交換互補性資源，以達成階段性成長或雙贏目標，最終並得以維持市場的長期競爭優勢」的活動。為因應我國加入世界貿易組織後，提升台灣農業之競爭力，在農委會政策指導下，台南區農業改良場與台灣農業策略聯盟發展協會共同在雲林輔導「大宗蔬菜產銷策略聯盟」成立，整合現有農業優勢與技術資源，提升整體農業競爭力及協助解決產銷問題，並以開拓內外銷市場，創造共同利潤，為一成功案例。

二、發展安全農業，保障消費者權益

（一）建構安全蔬果生產體系

隨著消費者對食品衛生安全日益重視，如何確保消費者「食」的安全與「知」的權利，已成為 21 世紀重要課題，而安全蔬果生產體系建構在於必須產自安全之生產環境及優良農業操作，進行品種選育、適地適種，土壤與植株營養診斷技術開發與應用，鼓勵施用有機質肥料、綠肥及有益微生物之利用，選用低毒、選擇性農藥，宣導安全用藥與合理化施肥，加強農藥及肥料管理，推廣生物防治，清潔田園，優化淨化生態環境，並落實農產品衛生安全檢驗，爭取消費者信心與支持，建立優良農產品標誌與認證制度，提升市場競爭力。

（二）推動產銷履歷制度

隨著加入 WTO，農產品市場開放，國外疫病入侵機率大增，且最近因國內不肖業者以黑心產品牟利，造成生產者、流通業者與消費者之不安與恐慌，農產品的安全衛生問題，儼然已成為當前農產品產銷上最重要的議題之一。在國際農產品行銷上，缺乏衛生安全保障的農產品，無論價格如何低廉，都很難在市場上立足。未來台灣蔬果產業應從源頭的農用資材安全、生產管理，到下游的農產品衛生，全面嚴格把關，健全防疫檢

疫體系，推動農產品產銷履歷制度，讓消費者能夠安心享用安全的農產品，並擴大國際行銷市場，才能開創台灣蔬果產業發展新境界。因此，農委會將「安全農業」列為 94 年首要的重點工作，持續推動有機農業、吉園圃、CAS 產品，並擴大推動農產品產銷履歷示範計畫。

為使產銷履歷制度推動更具成效，農委會除持續輔導去年的 16 種示範品項之外，今年度更追加選定牛蒡、南瓜、冬瓜、芋頭、甘藷及馬鈴薯具有機農產品認證制度品項及檸檬、文旦柚、蜜棗、荔枝、鳳梨釋迦、香蕉、木瓜、番石榴、楊桃、葡萄、椪柑、柳橙、青花菜、洋蔥、綠竹筍、青蔥、胡蘿蔔、馬鈴薯、豬、雞、水禽、雞蛋、台灣鯛、鰻、海鱺等共計 47 品項之農漁畜產品，建立產銷履歷標準化作業流程及重點。並將完成 23 項外銷日本之有機或吉園圃農產品生產履歷管理資訊系統，同時培訓 250 位農村婦女協助登錄農作物生產履歷資訊，並透過網路資訊科技整合產銷資訊，強化農產品安全管理。

三、發展休閒農業，提供舒適遊憩空間

休閒農業係指利用田園景觀、自然生態及環境資源，結合農林漁牧生產、農業經營活動、農村文化及農家生活，提供國民休閒，增進國民對農業及農村之體驗為目的之農業經營。

雲林縣發展休閒農業應結合農村文化活動、塑造鄉土特色、配合四季運轉規劃設計不同的特色與主題資源活動、開發設計套裝旅遊產品、進行同業及異業之策略聯盟，藉由社區營造的理念和做法來規劃與營造休閒農漁園區，期能共同打造一個有活力、有內涵的農村美麗舒適的空間，提供國人安全、安心休閒的好去處，同時發展在地產業，創造農村居民轉業及就業機會，活絡農村經濟。

四、發展生態農業，維護自然環境和諧

（一）推動合理化施肥

適當的施肥乃為適地、適時、適作的肥料管理方式，即必需完全配合作物和土壤的需求。適當的施肥應包括：1. 添加真正

需要的養分 2. 施用正確的肥料和用量 3.施用在正確的位置以及 4.在正確的時間內添加。欲達到此目的，必需先由土壤和植體分析所得的數據中，瞭解土壤中養分的有效性的高低和作物體內的營養狀況，再配合作物對養分需求的特性，以及以往的產量紀錄和生產者的管理能力去評定肥料的管理方式(包括用量、施肥方式及施肥時期)，方能達到高產的目的，且不會因肥料施用不恰當而造成環境生態的污染。

（二）遵守國際環境公約

生物多樣性公約及氣候變化綱要公約是國際重視之環境公約，台灣身為地球村的一員，不能自外於此一國際潮流，農業施政應強化農業環境保護，加強農業資源利用、推廣能源作物、造林綠化、國土保安、生物多樣性保育等工作，及農業廢水與廢棄物減量、回收、循環、再利用等積極作為，並推動全民造林、平地造林，減緩溫室效應；落實保護區域管理，維護中央山脈保育軸，達成生物多樣性保育目標，共同維護台灣自然環境。

結　語

因應經貿自由化，台灣農業必須持續研發創新，善用科技提高農產品附加價值，加強行銷管理，樹立高品質形象，升級為精緻化的一級產業、高附加價值的食品加工業，及具有特色且無法進口取代的休閒農業。在策略上，繼續輔導農業企業化經營，建立市場導向的農業產銷體系，加強國際行銷，以優良品牌，發展「小而美」的內需型產業，並透過農業策略聯盟整合小農力量，發展「大又強」的外銷型產業，進軍國際市場。

加入 WTO 後雲林縣農業發展應朝發展優質農業，提昇產業競爭力，以增加開拓市場實力；建立優良品牌，以達農產品區隔目的；結合農民團體，策略聯盟經營，落實物流系統；成立農產專業區，以與外銷市場接軌；發展二級及三級農業以增加附加價值；發展安全農業，以保障消費者權益；加強生態資源調查與保育，並提倡生態旅遊與休閒農業；規劃鄉鎮市農業文化活動，帶動產業發展；以農民生活為核心，建

構優質活力的鄉村風貌；透過社區營造及環境綠美化，建設饒富人文特色的優質農漁村。

土壤肥力與合理化施肥

譚增偉、劉禎祺、陳桂暖
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

為達成永續農業之目的，合理化施肥的概念與需要性乃是必要方法或途徑之一。當今為解決農業永續生產的問題，須重視土壤為資源而非農業可消耗之資材，既為資源即具不可破壞與污染之內函；而適當耕作制度及土壤管理乃維護並充分發揮土壤肥力永續利用之先決條件。合理化施肥的目的不僅是在提高作物產量，並以生產優質安全農產品為目標，這其中涉及土壤肥力的診斷與對植物營養的認知及土壤肥力-植物營養間的關係。然土壤為一不斷變動之複雜有機體，故土壤肥力不能單以容量因子(capacity factor)判定，因植物營養料供給強度(intensity factor)尚隨土壤狀態之變動而變異，因此土壤肥力狀態之判定至少須為兩者相乘之二次函數。

另一方面，施肥所涉及對土壤環境之影響亦為重要個課題；全球環境變遷是近十數年來各國所關心之問題，其中有關農業方面的長期試驗，更就長期農業經營、管理等措施對產量、生態、土壤等方面所造成的衝擊，提供了極為有價值之參考資料，更提供了預測未來變化之基礎。基此重要性，世界上許多國家因此有無數的長期農業或生態試驗在進行[7~24]，以探討農業經營管理之長期效應，尤其是對土壤環境及生產方面的影響，以求農業永續經營的策略。我國相關之研究起步較晚，農業試驗所曾於日治時代進行長期之施肥管理對土壤物理、化學與生物之影響，持續之研究結果由張等人（1947）提出連續施用相同肥料二十三年對土壤理化性質與產量之影響[6]，而林等人（1973）則提出經四十年連用同樣肥料對於土壤化學性質之影響[1]，這些長期試驗皆因人為及社會變遷等因素而廢棄，殊為可習。農業試驗所於中質地微酸性砂頁岩沖積土設有長期試驗田，在完全施用化學肥料下，以察察研究不同耕作制度與作物殘株利用方式下，土壤的肥力與永續生產力問題。所謂知己

知彼百戰百勝，實為合理化施肥的首要原則。

台灣耕地土壤一般肥力狀況

台灣的土壤可依海拔高低垂直分為四個區域，即：高山石礫土、坡地灰化土、紅壤台地及平地的沖積土。農耕地即均分布於紅壤及沖積土上；土壤亦因母質之不同，包括砂頁岩、粘板岩、片岩、火山灰、安山岩等，更顯示土壤的多元化與複雜性。

由於高溫多濕的氣候及土壤母質的關係，本省耕地土壤的一般特性為有機物含量低，陽離子交換能量低，多屬酸性。此等特性即顯示本省耕地土壤為肥力偏低而保肥力又弱的土壤。土壤性質中，與肥力關係較密切者包括土壤酸鹼度、有機質含量、土壤質地、陽離子交換能量、及土壤有效性磷、鉀含量等，茲將本省耕地土壤此等性質的一般狀況介紹如下：

土壤酸鹼度 (pH 值)

據台灣省農業試驗所近年的土壤肥力調查結果，本省耕地（不包括山坡地）土壤酸鹼度的分布情形如表１。其中，耕地土壤中屬於強酸性（pH＜4.5）者約佔 5%，酸性者約 33%，即 pH 在 5.5 以上者約佔耕地面積的 38%。

過去人們一直認為作物生長最適宜的土壤 pH 值在 6.5 －7.0，近年來世界各地土壤研究者的試驗結果已證實此種觀念需要修正，如美國北卡羅來納洲在其高溫多濕區的紅壤及黃壤上施用石灰以提高其 pH 至 6.0－6.2 以上時，發現對作物生長不但無益，反而有害；本省一些土壤質地較粗的（砂質壤土至壤土）果園也發現由於施用石灰過量（施用後的土壤 pH 在 6.4－6.8 之間）而導致磷及微量要素的吸收受阻，發生落果及果實變形的現象。

故在強酸性土壤種植較不耐酸的作物時，施用石灰的量只需足以中和土壤中過多的交換性鋁，使其交換性鋁的含量在該土壤的總交換性能量中僅佔 10 %以下即可，此時土壤的 pH 約在 5.6－5.7 之間。

有機質含量

有機質為土壤氮素的主要供給來源，其含量的高低可約略反映土壤

含氮量的多少；有機質又為土壤團粒構成的要件，因此密切關係看土壤水分的滲透及保持。

台灣由於處熱帶及亞熱帶，土壤中有機物較易分解，故一般含量較低。據農試所過去所作本省農田肥力調查，有機物含量在 2%以下者，約佔耕地土壤的 65%，而含量在 3%以上者，僅佔 8%，全省平均含量約為 2.3%，與韓國的平均含量 2.6%相差不多，但卻遠低於日本的平均含量 5.7%。

土壤質地

土壤質地決定於土壤中所含砂粒、坋粒及粘粒的百分率。質地的鬆密可影響耕作的難易、空氣與水分的保持，以及水分的滲透與根群的伸展，並可反映土壤供應植物營養素的情形，普通作物多喜生長於中質地的土壤。本省農田土壤多屬中質地者（包括壤土、坋質壤土、坋土），約佔耕地面積的 44%。其他多屬中粗質地（36%）及中細質地（19%），而粗及細質地土壤所佔百分比均極低。

陽離子交換能量

土壤陽離子交換能量的大小，即代表其保肥力的大小。此種交換能量的大小，係決定於土壤粘粒含量的多少與種類，及土壤有機質含量的高低。本省土壤由於多屬中質地，粘粒含量不高，又由於粘粒（粘土礦物）種類及有機物含量低的關係，故陽離子交能量一般偏低，也即表示本省土壤保肥力較弱。據過去分析資料，本省水田土壤陽離子交換能量平均為 8.9me／100g soil，遠低於日本的平均 20 m／100g soil，也較韓國的 11.7me／100g soil 為低。

陽離子交換能量在 6me／100g soil 以下者，即屬保肥力甚弱的土壤，已在土壤肥力上成為限制因子。據本省最近的肥力測定結果，陽離子交換能量在 6 以下者，約佔調查面積的 1/3，6－12 者約佔 54%，大於 12 者僅佔 12%。

土壤有效磷含量

一般土壤之耕犁層表土（約 20 分公）中全磷含量每公頃約在 90 至 2225 公斤之間，但其中可被植物利用者僅為全量的 0.5－１%。至於本省農田磷肥力狀況，根據過去全省農田肥力詳測結果，顯示以砂

頁岩沖積土為主的台灣中南部土壤有效磷含量較高，北部桃園縣的紅壤有效磷的含量較低，其他地層含量居中。台灣耕地土壤有效磷含量及其分佈情形如表 2，此數值顯示台灣耕地土壤中的 69%所含有效磷均在 20ppm 以下。據田間試驗結果，有效磷在 20ppm 以下者，施磷對水稻及旱作，尤其旱作，即有增產效果。磷肥效果在水田一般均較旱田為低，其原因係由於浸水後，土壤因還原致無定型鐵含量增加，其對磷酸離子的吸附力大增，及部份無機磷之型態轉變之故。台灣水田的磷肥效果，除紅壤及較粗質地水田較高外，其餘多在 6－7%之間。

磷肥施入土壤後，由於迅速與土壤中各種成分如鐵、鋁、鈣等化合物結合而降低其溶解度，故通常相提高土壤中有效性磷一單位，必須施入較此高數倍的磷肥量。此倍數又因土壤性質不同而異。據以本省代表性土壤之試驗結果，欲提高本省農田土壤有效磷 1ppm，需施磷肥 2 至 7ppm，或平均提高有效磷 1ppm，需施用磷肥 3ppm。

土壤有效鉀含量

土壤中鉀素係自礦物風化而來，全鉀含量約在 0.5－2.5%，遠高於平均僅 0.11%之全磷含量，但與磷一樣，僅其中少部分可供作物吸收利用。本省耕地土壤所含有效性鉀及其分布如表 3。土壤有效性鉀含量在 35ppm 以下時，水稻即有鉀肥效果，台灣耕地土壤中約有 40%含鉀量在 35ppm 以下。據過去本省肥料試驗結果，水稻對鉀肥的效果也不大，通常一期作每公頃施用 120 公斤氧化鉀的增產率 2.3－2.5%；二期作為 4.6－5.4%；對旱作的效果，除少數排水較差地區外，鉀肥增產效果也不明顯。

本省耕地土壤表底土肥力情形比較

過去本省農作物以水稻為主，水稻係淺根作物，故一般土壤工作者僅注意表土，甚少考慮底土的肥力情況。近年本省稻米過剩，政府提倡轉作，玉米、高粱、果樹等均係深根作物，故種植此等作物時，必須同時考慮底土的肥力狀況。

由於多雨及地形的關係，台灣土壤的 2／3 以上均無明顯化育層，但長期種植水稻的水田土壤，由於水稻的特殊種植方式，而使絕大部分

土壤中生成明顯的犁底層(Pressure pan)，其深度約在 15－20 公分，厚度約為 3－4 公分，兩層中營養分含量也大不相同，表 4 為遍佈全省之 42 處稻田表、底土測定結果之平均值。此表顯示本省水田中，有機質及有效性鏻、鉀之含量，表土明顯高於底土，鈣、鎂、鐵、錳的含量則均為底土高於表土，其中尤以最易還原的錳相差最多。此項差異之原因係由於土壤長期種植水稻，鈣、鎂、鐵、錳因還原及淋洗而被洗至下層。有效磷、鉀則因施肥均在表土，而其在土壤中的移動又較困難，故多聚集於表土。果園土壤肥力調查結果也明顯的看出此種表、底土肥力的差異。一般果園施肥也多在表層，故通常有效磷含量均以 0－10 公分處最高，隨深度增加而急速減少。有效鉀也以表土最高，惟因鉀在土壤中的移動性較磷為高，故隨剖面加深而減低的趨勢較磷為小。

化學肥料與土壤生產力之關係

依據 92 年肥料手冊資料經統計結果如圖 1、2 所示，台灣最具普遍性的作物水稻在過去數十年間各年度的每公頃產量與每公頃化學肥料用量中的氮素量之間，有極顯著的直線相關($r=0.8636^{**}$)，亦即氮肥用量愈多的年度，其稻米產量愈高。民國 38 年到 75 的 38 年中間，每增加施用 10 公斤氮素，產量則增加 102 公斤。在這 38 年間，以民國 38 年氮素用量最少，每公頃用量祇有 23 公斤，民國 70 年用量最多，高達 175 公斤以上，在這期間糙米產量已從每公頃 1.6 噸左右提高到 3.6 噸。民國 75 以後至 90 年間產量還在增加，其間以 76 年產量最低為 3.8 噸，84 年產量最高達 4.7 噸，平均為 4.3 噸。再由本長期田間耕作制度試驗結果(圖 3)，每年施肥量一定下，民國 77 年以後的產量更可達 6 噸以上；當然化學肥料的增施並非耕地生產力提高的唯一理由，還有品種改良和各種栽培管理技術的進步亦均有關，但如化學肥料使地力衰退，便無論其他因子如何改進，產量也不會提高言麼多。因此從過去數十年來作物產量與化學肥料使用量的關係，我們有充分理由相信且證明，台灣土壤的生產力並沒有因長期施用化學肥料而衰退，可能反而提高。一般可作為影響土壤生產力或作為土壤肥力指標之若干土性質如表 5.

台灣地區歷年來肥料用量是否不當

據農委會統計臺灣地區民國八十三年農用化學肥料之三要總量分別為氮素26.3萬噸、磷酐7.4萬噸、氧化鉀10.5萬噸，如果平均分配於874 ,535公頃耕地面積，平均每公頃耕地之三要素施肥量如表6，三要素高達50 5公斤。另依民國92年肥料手冊資料資料，以歷年來(民國60-75年)稻作面積及其施肥量，計算每公頃平均三要素施肥量見表6，如此評估歷年來肥料用量是否不當的問題；若依耕地面積計算則每公頃肥料用量為301kg-N/ha、85kg-P_2O_5/ha、120kg-K_2O/ha，此值再以一年兩期作換算則每公頃肥料用量減半，恰與依稻作生產面積每公頃肥料用量相當(表6)，這些肥料用量一直在肥料手冊的推薦範圍內，並沒有過量的情形，故就稻作生產面積或耕地面積而言，歷年來肥料用量評估的結並沒有施肥過量的問題。如有的活則可能是蔬菜或果樹專業區。

耕作制度與作物產量的關係

長期試驗田自民國 76 年至 92 年間完全施用化學肥料下之作物產量如圖 3、4 所示；顯然水稻之自耐性極強，可連作而不致減產(圖 3)，但如在與旱作輪作的情形下，亦發現輪作區的產量不論一、二期作均較連作區為高，其中一期作水旱田輪作區水稻平均增產 15%，二期作則增產 18%。但旱作玉米（台農 351 號）連作數年(民國 76 至 89 年)後即產量徒降並嚴重至無法發芽幾無產量可言(圖 4)，致雜草叢生。此時旱作連作區，肥料所導致的土壤酸化，已從 pH 5.8 下降至 4 以下，但民國 90 年開始換種不同品系時（台農 1 號），玉米卻生長良好，此時連作的障礙應不在土壤性質之改變即嚴重土壤酸化，而可能與作物自毒作用有關。尤其在嚴重至無法發芽下，此時已少灌溉，而作物自毒作用或微生物代謝毒質的持續性竟如此之久，頗值得注意。事實上對旱作而言，每年在水稻-玉米輪作系統下，90 年以前輪作玉米之產量仍呈逐年遞減趨勢，表示玉米需較長之輪作週期，同時更顯示自毒作用對同一品系之專一性。上述結果更進一步證明了化學肥料的連用並沒有使台灣土壤的生產力衰退，反而充分反應出台灣土壤之生產潛力。

有機肥料與糧食生產

根據農業年報資料，統計我國每年禽畜糞尿產出量-以 83 年為準，估計其中-N-P_2O_5-K_2O 含量與化學肥料之比較結果如圖 5，可見每年禽畜糞尿產出量中磷與鉀含量遠超過每年之需要量,唯氮之產出量與每年化肥使用量相比遠不夠每年所需。當然，有機農業系統下，有機肥料的使用自有其重要性，但不能把有機肥料的需要性和土壤衰退混為一談。有機肥料的好處是眾人所知道的事，祇是因為有機肥料的來源不足，價格昂貴，祇能利用在高價作物，而在一般糧食生產無法普遍使用。對整個農業來說，還是要以化學肥料來供給作物所需的養分。又有機肥料雖然好，但它的好處中的最重要一點－緩效性氮肥的供給，對某些作物長年連作後所引起的真正土壤衰退，沒有明顯改進效果。真正的土壤衰退，其原因並不是化學肥料的連用，亦非藉有機肥料及微量要素的施用可以挽回。因為土壤衰退（或稱土壤疲憊）通常是由長期連作後的植物毒質，作物自毒作用或微生物代謝毒質所引起，需要用輪作或長期浸水的方式來改進土壤環境才能解決(2,3,4.5,)。

耕作制度與 pH、有機質、交換性鈣鎂含量等土壤性質之關係

長期不同耕作制度試驗結果，土壤 pH 及交換性鈣鎂含量已有明顯差異；在連續數年間以水稻連作區的 pH 及交換性鈣鎂含量最高，且保持穩定狀態沒有逐年升高或下降的趨勢;水旱田輪作不論一期水田二期旱作或一期旱作、二期水田則居中；旱作連作區者最低且呈逐年下降趨勢，且影響已達底土(圖 6)，此為肥料所導致之土壤酸化，而下降的速度如此之快則與原土壤為非石灰性致對 pH 的緩衝作用較小有關。又對水旱田輪作而言，旱作後的 pH 必較水田後的 pH 為低，旱作後再經種水稻，pH 又上升，但仍較水稻連作區為低，且隨時間呈下降趨勢，顯然水田作用是較能穩定土壤 pH 的最佳耕作方式。交換性鈣鎂含量的高低是與 pH 相一致，對於旱作連作區交換性鈣鎂含量明顯低於水稻連作區且呈逐年下降趨勢，此結果值得吾人注意。

至於土壤有機質含量的變化，比較本長期試驗田水稻一、二期作歷連年的溫度分佈情形，一期作是由低溫至高溫，二期作相反(圖 7)；但

比較歷年來一期與二期的平均溫度，則二期作略低(圖 8)，顯然此徵小溫度差異亦影響有機質之分解,故歷年來二期作後之有機質含量略低於一期作者(圖 9)，。不同耕作制之間，不論水田連作或水旱田輪作（一期水田二期旱作或一期旱作、二期水田），土壤有機質含量並無明顯差異，且年度間亦無增加或減少趨勢而呈一穩定狀態。但旱作連作區之有機質含量明顯比水稻連作或水旱田輪者為高，且呈逐年增加趨勢 (圖 10)，這是因旱作連作區已不適作物生長，致雜草較多，生育中亦無培土等耕犁作業以加速有機質之分解，故有機質含量較高。雜草一般被認為較能維持土壤略高之有機質含量，應與其根系分佈有關。

作物殘株利用與 pH、有機質、交換性鈣鎂含量等土壤性質之關係

在一年二作制度及完全施用化學肥料情況下，就水稻而言，本長期試驗其稻草產量約 5 至 7 噸，若迴歸土壤，純以量計初始約增加土壤 0.2 至 0.28%的有機質含量；此時無論每期作將稻草與稈犁入土中或拿走，土壤不論表底土有機質含量並無明顯差異，亦無差距逐年擴大的趨勢(圖 12)。這表示在固定的土壤環境及耕作條件下，土壤有機質的含量有一平衡點，人為的大幅改變不容易，施用有機質多，分解也多。台灣氣候溫度高，微生物活動旺盛，有機質分解快，故不論是加入大量作物生質量或有機肥料，要想提高土壤中有機質含量是很不容易的，除非每期作大量投入，這又是非常不合理且不符經濟效益，因還有其它土壤管理措施可提高土壤生產力。又有機質的加入，確可提高土壤水田狀態下的還原作用，而消耗氫離子，但並不會因此改變土壤 pH，因水田土壤中原有的有機質如根系等，一般即可充分提供碳源，進行水田的還原作用，故加入植株與否並不影響土壤 pH 的改變(圖 11)。

若將頃 5 噸稻草施入土中,根據稻草中各元素含量則可迴歸土壤中各元素估計量如表 7。顯然因稻草中磷含量很低，故不論將稻草桿移去、燒掉或增入土中、並不影響土壤中有效磷含量,且在每年施磷肥下，即使將稻草移走，土壤中磷含量亦不會逐年減少(圖 13)。但稻草中鉀含量高，可迴歸土壤中者自亦遠大於磷，故將稻草移除，則土壤中有效鉀

含量，明顯低於稻草掩入土壤中或燒成灰者，由於鉀在土壤易移動，故此種差異之影響可至底土，但即使每年移除稻草，土壤中有效鉀含量並未逐年減少(圖 14、15)，因每年仍有施鉀肥。

為防止台灣土壤之過度酸化，應儘可能採用包含水稻在內之輪作制度；多肥作物應避免氮肥之濫用；酸性過強土壤可適量施用石灰或爐渣，以利改良，並以有機物之供應配合之。

表 1.本省耕地（不包括山坡地）土壤 pH 的分布百分比

等級	pH	土壤樣本數	%
強酸性	＜4.5	274	4.7
酸性	4.5-5.5	1914	33.4
微酸性	5.5-6.5	1367	23.9
中性	6.5-7.5	875	15.3
微鹼性	7.5-8.5	1262	22.0
鹼性]	＞8.5	38	0.7

表 2.台灣耕地土壤有效磷含量及其分佈情形

有效磷含量-Bray P ppm	等級	所佔面積-%
0-4	極低	7
5-10	低	30
11-20	中	32
＞20	高	31

表 3.台灣耕地土壤有效性鉀含量及其分佈情形

有效磷含量-Mehlich K ppm	等級	所佔面積-%
0-4	極低	7
5-10	低	30
11-20	中	32
＞20	高	31

表 4.台灣水田土壤表、底土肥力狀況比較

pH	有機質 %	陽離子交換能量 me/100g	交換及水溶性 鈣	鎂	鉀 me/100g	有效性磷 pppm	游離鐵 %	易還原性錳 ppm
表土 6.1	2.21	8.84	9.04	1.83	0.22	18.0	0.78	58
底土 6.7	1.27	8.24	10.96	2.24	0.14	5.0	1.08	110
底土/表土 1.1	*57.5*	*93.2*	*93.20*	*122.4*	*64.00*	*27.8*	*138.5*	*190*

表 5.可作為影響土壤生產力或作為土壤肥力指標之若干土壤特性

一、土壤之質地	粗質地,C	（Coarse texture）
	中粗質地,MC	（Moderately coarse texture）
	中質地,M	（Medium texture）
	中細質地,MF	（Moderately fine texture）
二、土壤酸鹼度	強酸性	（Strongly acid,＜5.6）
	酸性	（Acid, 5.6-6.5）
	中性	（Neutral, 6.6-7.3）
	微鹼性	（Moderately alkaline, 7.4-8.0）
	鹼性	（Alkaline,＞8.0）
三、土壤有機質（g/kg）	極低,VL	（Very low,<10g/kg）
	低,L	（Low,10-20g/kg）
	中,M	（Medium,20-30g/kg）
	高,H	（High,＞30g/kg）
四、土壤有效磷（P_2O_5）	極低,VL	（Very low,0-23g/kg）
	低,L	（Low,24-58g/kg）
	中,M	（Medium,59-115g/kg）
	高,H	（High,＞115g/kg）
五、土壤有效鉀（K_2O）	極低,VL	（Very low 0-45g/kg）
	低,L	（low,46-105g/kg）
	中,M	（Medium,106-240g/kg）
	高,H	（High,＞240g/kg）

表 6.台灣地區歷年肥料三要素估計用量

計算基準		N	P_2O_5	K_2O
耕地面積(農用化學肥料	民國 83 年)	301	85	120
稻作面積(稻作施肥量	民國 60-75 年)	152	38	59

表 7.稻草犁入土中各元素迴歸土壤之估計值(ton/ha)

N	P	k	Ca	Mg
30	3.5	76	10	7.5

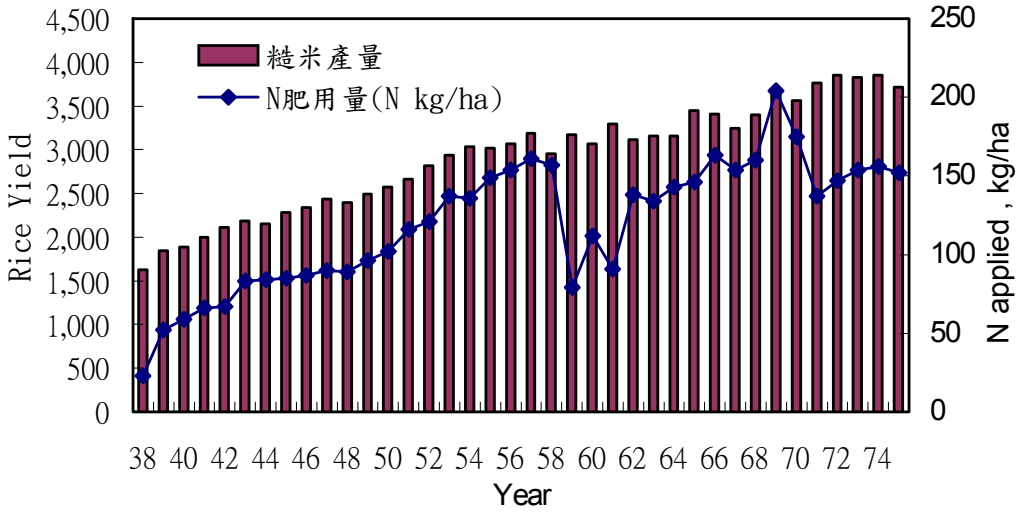


圖 1.台灣地區歷年來稻米產量與氮肥用量

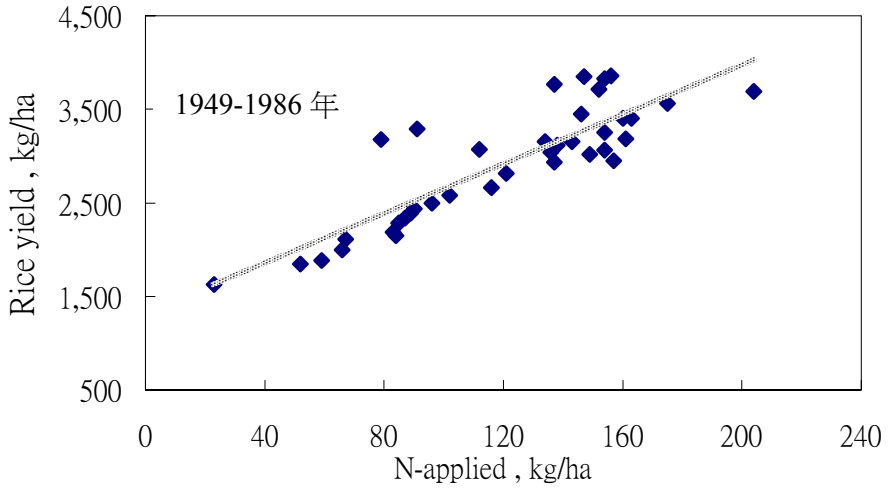


圖 2.台灣地區歷年來稻米產量與氮肥用量的關係

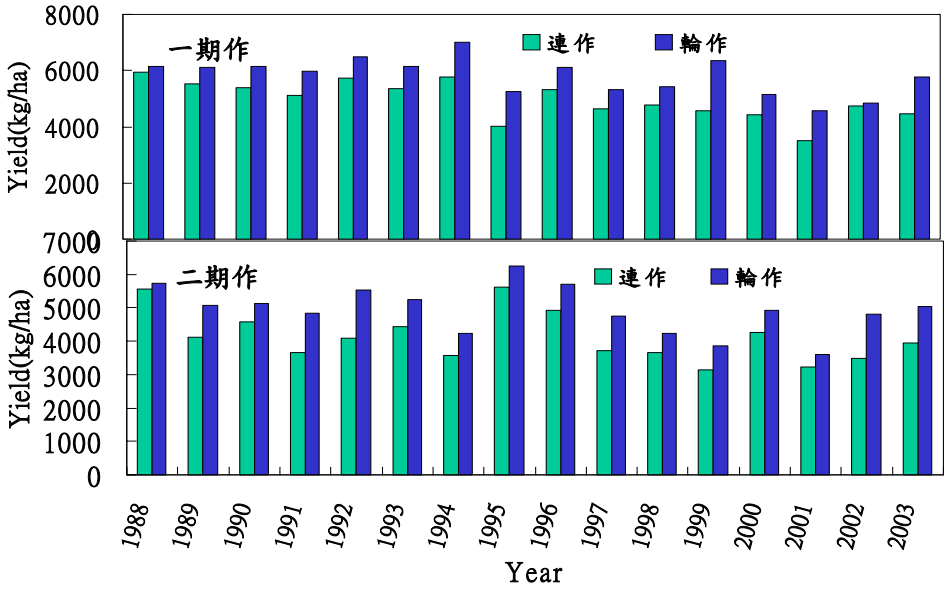


圖 3.長期連輪作對水稻產量的影響

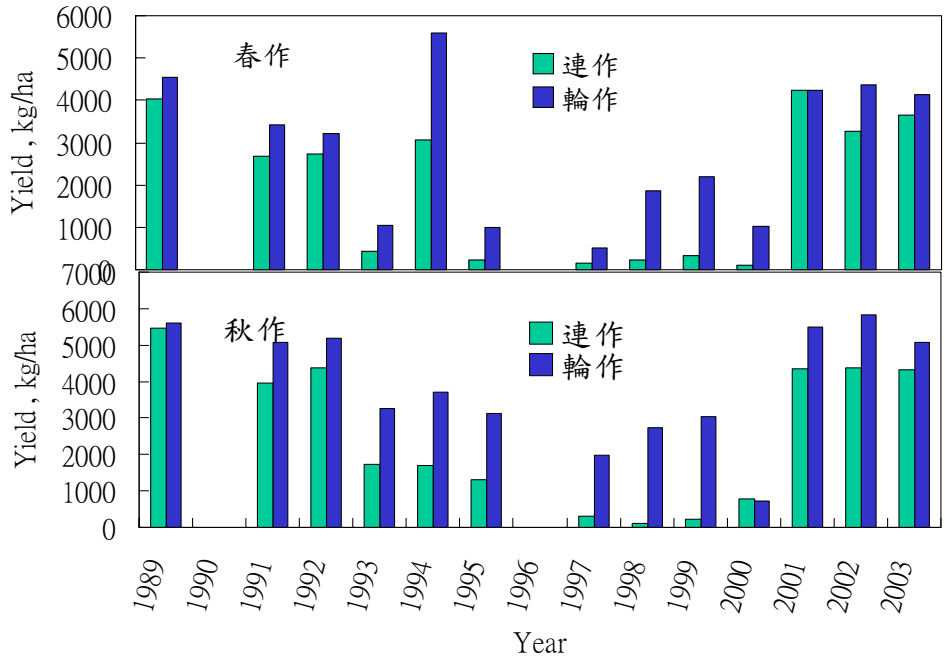


圖 4.長期連輪作對玉米產量的影響

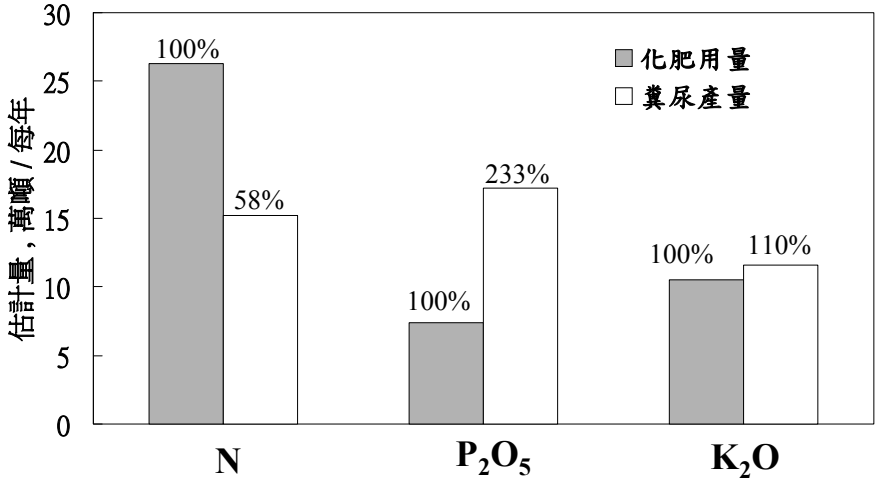


圖5. 台灣地區每年化學肥料使用量與禽畜糞尿排泄量之三要素概估計量比較

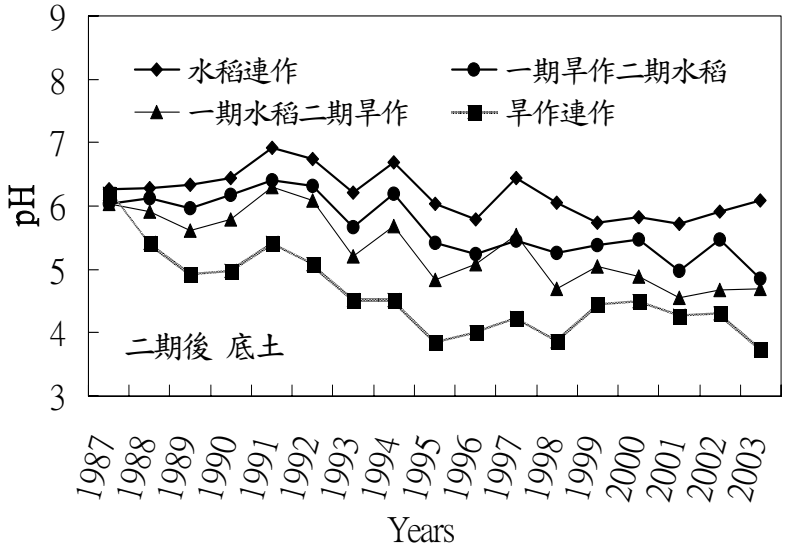


圖 6.長期不同耕作制度對土壤 pH 的影響

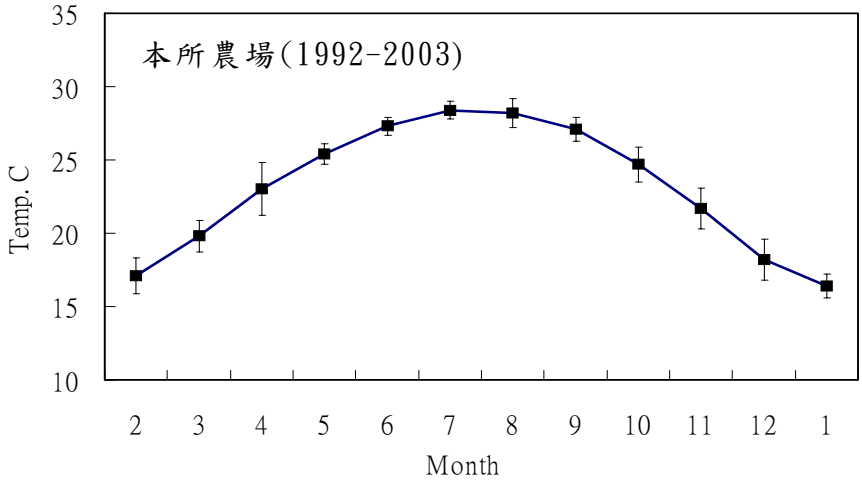


圖 7.水稻期作別之月平均溫度分佈

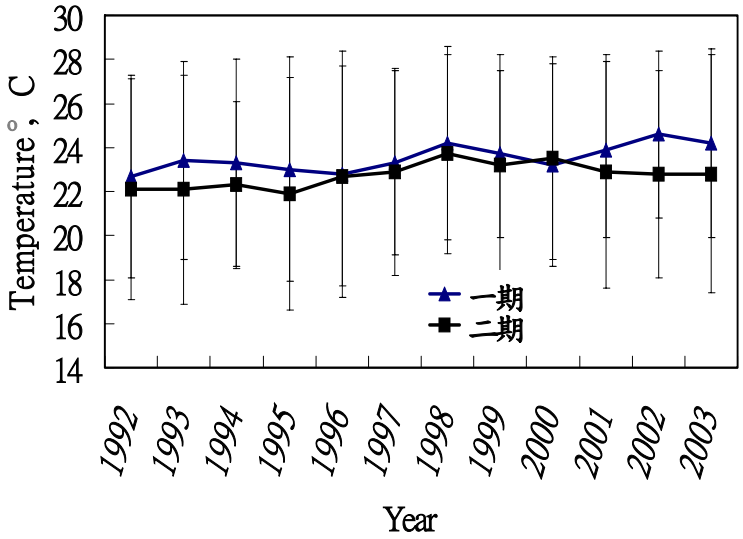


圖 8.水稻歷年來期作別之平均溫度分佈

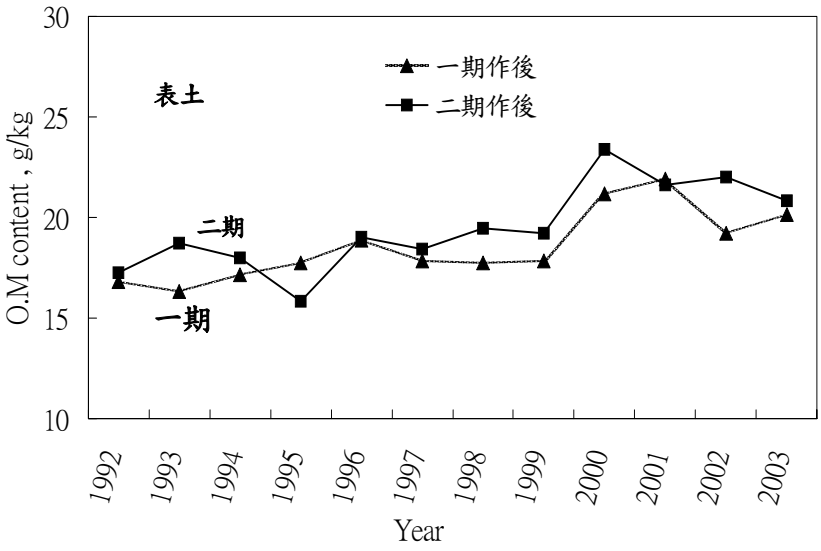


圖 9.期作別土壤有機質含量差異

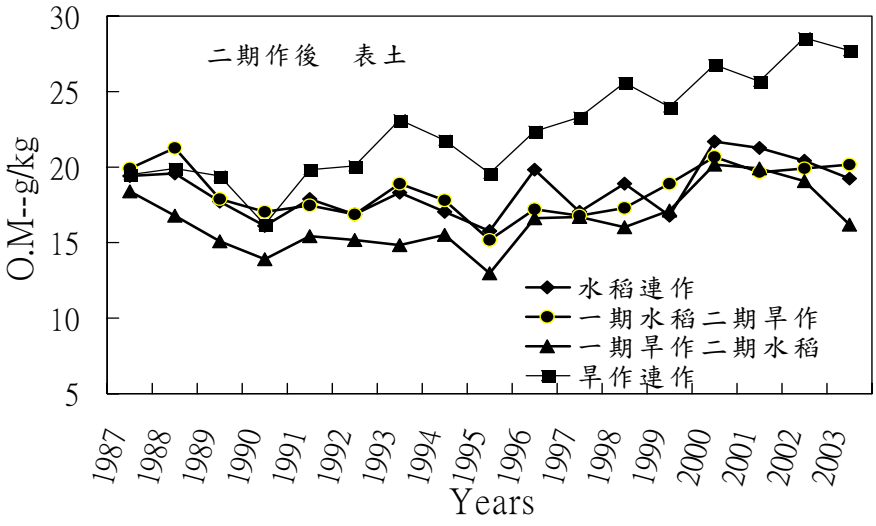


圖 10.長期不同耕作制度對表土有機質含量的影響

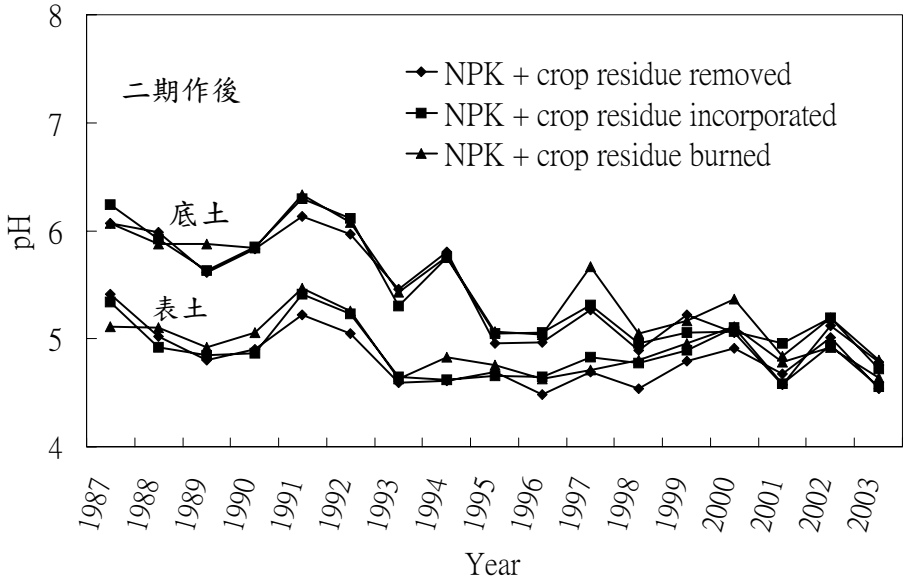


圖 11.長期作物殘株處理方式對土壤 pH 的影響

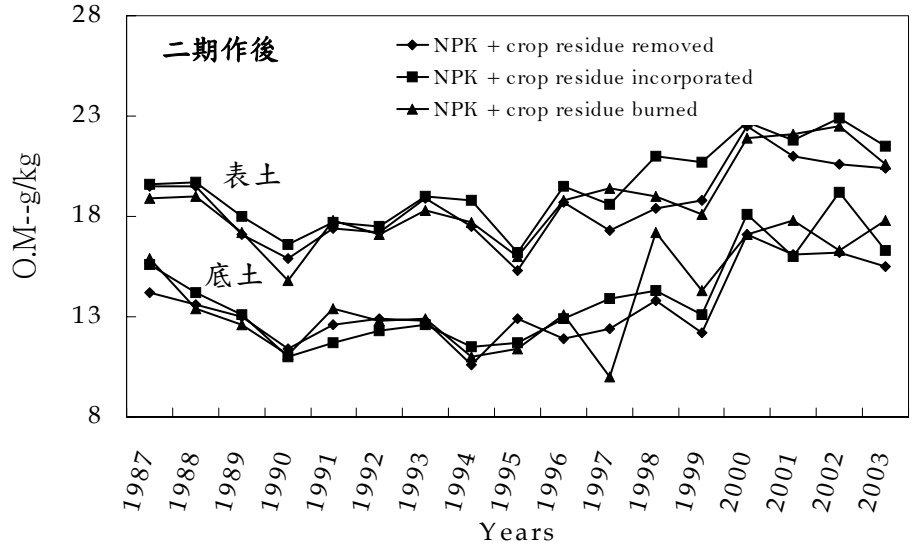


圖 12.長期作物殘株處理方式對土壤有機質含量的影響

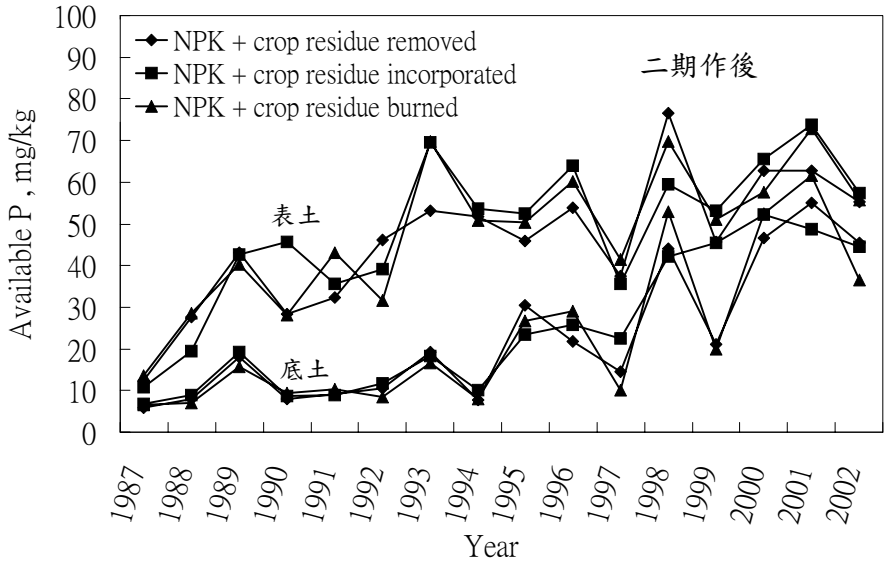


圖 13.長期作物殘株處理方式對土壤有效性磷含量的影響

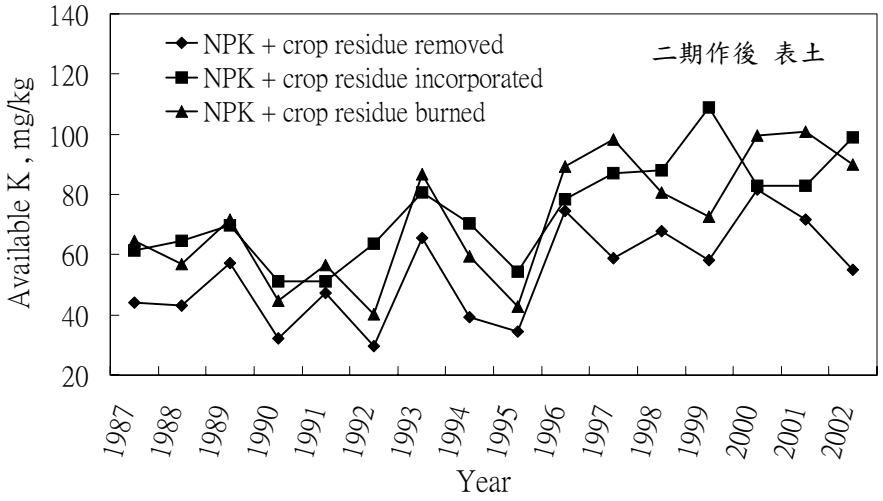


圖 14.長期作物殘株處理方式對表土有效性鉀含量的影響

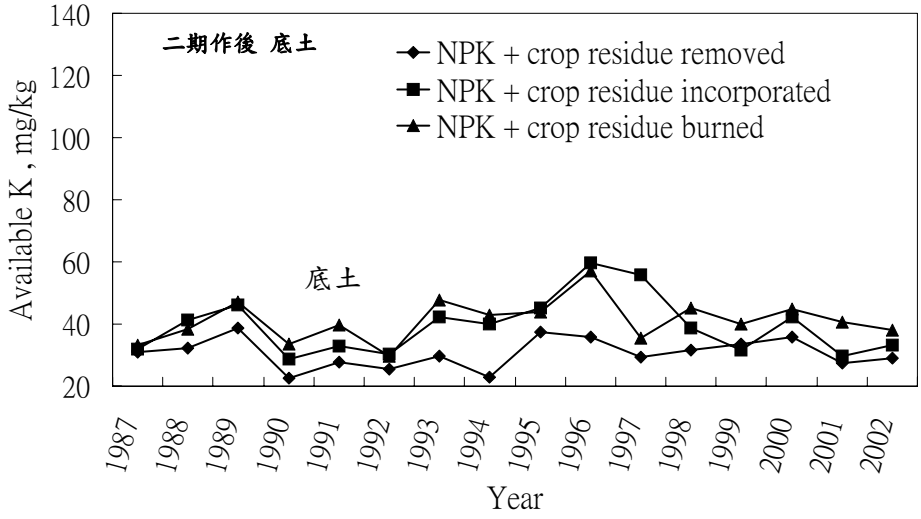


圖 15.長期作物殘株處理方式對底土有效性鉀含量的影響

引用文獻

1.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化學性質與稻穀收量之影響。農業研究，22：241-292。

2.高銘木。1986。輪作系統中前後作順序對作物生育之影響。興農 215:89-93。

3.高銘木、王世中、劉文徹、李松伍、薛鎮江。1983。三十年來台糖自營農場連作蔗田生產力低減之理論與改進。台灣糖業研究所研究彙報 100:25-43。

4.高銘木、謝德上。1985。菌真菌與甘蔗生長關係之研究Ⅰ.真菌代謝毒質對甘蔗生長之抑制現象。台灣糖業研究所研彙報 108:11-24。

5.高銘木、謝德上。1988。甘蔗殘體對甘蔗根菌真菌及甘蔗生育之影響。台灣糖業研究所研究彙報 118:1-13。

6.張守敬、林家棻、步焱昇。1947。同種肥料連用對於水稻田產量及土壤理化性之影響。臺灣省農業試驗所彙報第三號。

7.Griffith, D.R., J.E. Kladivko, J.V. Mannering, and S.D. West .1988. Long-term tillage and rotaion effects on corn growth and yield on high and low organic poorly drained soils. Agron.J.80,599-605.

8.Havlin, J.L., D.E. Kissel, L.E. Maddus, M.M. Claassen, and J.H. Long. 1990. Crop rotation and tillage effecs on soil organic carbon and nitrogen. Soil Sci.Soc. Am.J.54,448-452.

9.Karlen, D.L., E.C. Berry, T.S. Colvin, and .R.S. Kanwar.1991. Twelve-year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in northeast Iowa. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22, 1985-2003.

10.Karlen, D.L., G.E. Varvel, D.G. Bullock, and R.M. Cruse. 1994. Crop rotations for the 2lst century. Adv. Agron. 53:1-45.

11.Karlen, D.L., W.R. Berti, P.G. Hunt, and T.A. Matheny. 1989. Soil-test values after eight years of tillage research on a Norfolk loamy sand. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 20, 1413-1426.

12.Mallarino A.P. and M. Ul-Haq. 1997. Topsoil and subsoil potassium as affected by long-term potassium fertilization of corn-soybean rotations. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28:1537-1547.

13.Bauer A. and A.L. Black. 1981.Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 Years and in virgin grassland. Soil Sci. Soc. Am J. 45：1166-1170.

14.Bhat A.K., V. Beri. and B.S. Sidhu. 1991. Effect of long-term recydling of crop residues on soil productivity. J. Indian Soc. Soil Sci. 39:380-382.

15.Jenknson D.S. 1991. The Rothamsted long-term experiments: Are they still of use? Agron. J. 83:2-10.

16.Jolley von D. and W.H. Pierre. 1977. Soil acidigy from long-term use of nitrogen fertilizer and its relationship to recovery of the nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:369-37.

17.Matowo P.R., G.M. Pierzynski, D. Whitney, and R.E. Lamond. 1999. Soil chemical properties as influences by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. Soil Till. Res. 50:11-19.

18.McCoy D.A. and G.R. Webster. 1977. Acidification of a Luvisolic soil

caused by low-rate, long-term application of fertilizer and its effects on growth of alfalfa. Can. J. soil Sci. 57:119-127.

19.Rasmussem P.E. and H.P. Collins. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic mater in temperature semiarid regions. Adv. Agron. 45:93-134.

20.Riley H.C.F. 1998. Soil mineral-N and N-fertillizer requirements of spring cereals in two long-term tillage trials on loam soil in southeast Norway. Soil Till. Res. 48:265-274.

21.Schwab A.P., M.D. Ransom, and C.E. Owesby. 1986. Exchange properties of an Argiustoll: Effects of long–term ammonium nitrate fertilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:1412-1417.

22.Scnwab A.P., C.E. Owensby, and S. Kulyingyong. 1990. Changes in soil chemical properties due to 40 years of fertilization. Soil Sci. 149:35-43.

23.Unger P.W. 1968. Soil organic matter and nitrogen changes during 24 years of dryland wheat tillage and cropping practices. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:427-429. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:427-429.

24.Znang T.Q., and A.F. MacKenzie. 1997. Changes of soil phosphours fractions under long-term corn monoculture. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:485-483.

土壤肥力診斷技術

莊浚釗
行政院農業委員會桃園區農業改良場

前 言

本場土壤肥料研究室辦理作物營養診斷與施肥推薦服務，其目的是解決栽培過程中發生的營養問題，藉由化學分析讓農民更瞭解自己土壤的特性，採取必要的措施來改善土壤環境，達到生產高品質蔬果、提高農民收益之功效。目前本場營養診斷服務項目包括土壤、灌溉水、植體、介質和堆肥等，分析項目也隨時代趨勢增加多項重金屬檢測，且可經上網路查詢分析結果，改善過去以郵寄方式造成資料遺失等問題。

採樣時期及方法

一、一般作物（水稻、蔬菜、雜糧、花卉）土壤採樣

(一)採樣工具：移植鏝，塑膠盆或桶，塑膠袋。

(二)採樣時間：前作物採收後或後作物種植施肥前一個月（每2-3年進行一次即可）。

(三)採樣深度：採取表土層0-15公分。

(四)採樣方法：

1.採樣位置：勿在田埂邊沿，堆廄肥或草堆放置所，或菇舍、農舍、畜舍附近等特殊位置採取。採樣點之選取如圖1。

2.採取方法：採樣點選好後，除去土表作物殘株或雜草，用土鏟或移植鏝將表土掘成V形空穴，深約15公分，取出約1.5公分厚，上下齊寬的土片（如圖2）。

3.混合樣本：由前述每點所採土樣，稱為小樣本，每單位面積至少十點以上，將此等小樣本，置於塑膠盆或桶中，充分混合均勻後稱為混合樣本取約500克，裝於塑膠袋中。

4.土壤標示：每一混合樣本，裝入塑膠袋後，袋上必須註明(奇異筆書寫)農戶姓名，住址電話號碼，後作物種類，採樣日期等。樣本

盡速送改良場分析，無法當天送者請將土樣置於室內通風處陰乾，千萬不可在太陽底下曝曬。

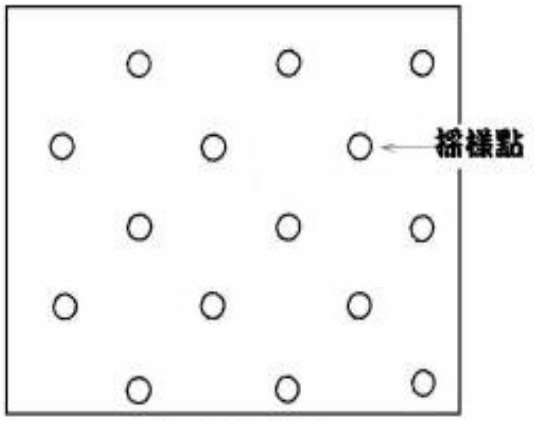


圖1. 採樣位置

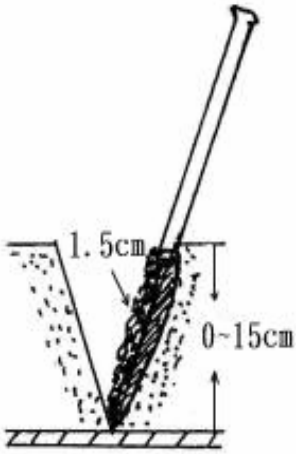


圖2. 採樣方法

二、果園土壤採樣方法

1.採樣工具：土鏟或移植鏝，塑膠盆或桶，塑膠袋，紙盒及土壤資料表。

2.採樣時間：在前作收穫前後，或下作施肥整地種植前一個月農戶自行採樣。

3.採樣深度：採取表土層0-15公分，底土層15-30公分(圖3)。

4.採樣方法：

(1)採樣位置：勿在果園邊沿，堆廄肥或草堆放置處所，或菇舍、農舍、畜舍附近等特殊位置採取，如屬平地果園，其大小約0.1公頃，可採取5-10點。

(2)採取方法：除去土表作物殘株或蒿桿，用土鏟或移植鏝將表土掘成V形空穴，深約40公分，取出約1.5公分厚，上下齊寬的土片。

(3)混合樣本：由前述每點所採土樣，稱為小樣本，將此等小樣本，置于塑膠盆或桶中，分混合均勻後稱為混合樣本，約取出600公克，先裝于塑膠袋中用橡皮筋紮緊。

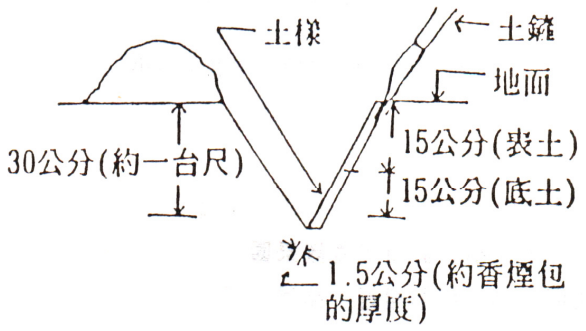


圖3. 果園土壤採樣

三、果園葉片採樣方法

(一) 採取方法：依"U" 型採取法，採樣者順著"U"字型行走果園,選定左右兩邊代表性的果樹採取葉片(圖4)。

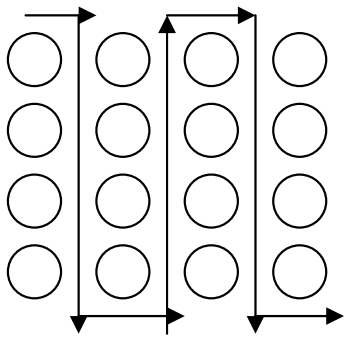


圖4. 葉片採樣

(二)採樣時期：

（1）柑橘：八月下旬至九月上旬，採不結果枝及分枝之春梢枝條頂端，生長5~7個月的葉片(圖5)。

（2）梨：平地三至四月，山地四至五月，採短果枝新成熟葉約100片(圖6)。

（3）葡萄：三至四月（萌芽後30~40天）或八至九月（萌芽後22~28天），約50 %開花，採選留果穗後，第二葉選結果枝條葉片數有

10~14片者，每個果園50片。

（4）枇杷：七至九月花芽分化期及一至二月果實生育中期，採當年生結果枝成熟葉片。

（5）楊桃：七月間採當年生非結果枝成熟葉片。

（6）芒果：二月上旬至三月上旬盛花期，採最近成熟之頂梢中段葉片（此枝條不開花且尚未萌發新梢）。

（7）蓮霧：八至九月上旬及吊鐘期（幼果期），採枝條第二或第三片成熟葉（吊鐘期採結果枝）。



圖5.柑桔葉片採樣(第3葉)



圖6.梨葉片採樣(第3葉)

（8）番荔枝：五至六月中旬（二期果）及十二月上中旬（一期果），採非結果枝

(三)注意事項:

1.選定採樣的果樹，必須代表該果園。

2.同一果園，必須樹齡相近，品種相同。

3.果園邊綠的果樹不要採樣。

4.所採的葉片不能有損傷，或病蟲害，若有黃化或葉端燒灼應分別採樣。

5.葉片採集後要用溼布擦淨。

6.採完後須當天放入冰箱冷藏，隔天送農會烘乾。

表1. 各種果樹葉片要素適宜範圍暫定標準

元素 果樹	氮	磷	鉀	鈣	鎂	硼	銅	鐵	錳	鋅
	----------%----------					----------ppm----------				
柑桔類	椪柑及桶柑 3.0-3.2 或其他柳橙 2.9-3.1	0.12-0.18	1.40-1.70	2.5-4.5	0.26-0.50	25-150	5-16	60-120	25-200	25-100
葡萄	夏果2.1-2.6 冬果2.4-2.8	0.16-0.22	0.7-1.2 0.9-1.6	1.0-2.0 2.0-2.7	0.26-0.50	30-100	5-20	70-120	25-200	26-140
梨	2.0-2.6	0.12-0.14	1.2-2.0	2.3-3.0	0.25-0.50	21-150	10-20	35- 45	30-200	20- 90
枇杷	2.0-2.5	0.12-0.20	1.0-1.8	0.8-1.5	0.15-0.30					
楊桃	1.65-2.6	0.10-0.18	1.2-1.9	1.5-2.0	0.6-1.0					
芒果	1.4-1.7	0.10-0.15	0.9-1.2	1.0-1.8	0.20-0.35		5-20	60-120	30-200	20-100
蓮霧	1.26-1.50	0.10-0.12	1.15-1.45	1.6-2.0	0.16-0.20	30- 80		100-150	70-120	30- 50
番荔枝	一期2.4.-3.2 二期3.0-4.0	0.10-0.14 0.18-0.22	0.5-1.0 1.4-2.0	0.7-1.0 0.2-0.7	0.35-0.55 0.34-0.86		5-25	40-70	200-350	15-25

四、植體採樣：

(一)蔬菜類：

1. 採樣時機：作物發生營養障礙異常徵狀。
2. 採樣部位：以全株採樣為原則，較容易判斷病因，無法採取全株則採異常部位。
3. 採樣數量：異常部位總鮮重 200 公克以上。
4. 對照組：同時採取正常植株為對照參考，以同齡植株（葉片）較具參考價值。
5. 送驗時間：因植體易萎凋，採樣後立即送驗，送驗途中儘量保持樣品新鮮度。

五、其他樣品：

（一） 灌溉水：

1. 使用乾淨之容器，如空的礦泉水保特瓶，果汁或汽水瓶需清洗乾淨。
2. 裝盛量約 500 ml。

3. 勿裝入異物與雜質。

（二） 有機堆（液）肥：

1. 採樣時機：自製堆（液）肥、購買堆（液）肥未標明製造原料及成品成分，具充足理由合理懷疑該堆（液）肥造成農作物損失。
2. 採樣方法：採取同一批肥料，不同包裝的樣品至少四件，混合均勻後再取樣約 600 公克（液肥 500 ml）。
3. 以未受污染的容器裝盛後送檢。

作物營養診斷分析程序

研究室收取樣本包括土壤、堆肥、葉片或灌溉水，約 2 週可將分析分析結果解釋及施肥推薦表寄送各農友，本報告僅提供農民參考不具法律效力及作任何證明文件之用，若有疑問可電話洽詢 03-4768216 轉 330-335。

目前本場每年平均作物營養診斷服務件數超過 3,000 件，資料庫不斷擴充、累積，為避免資料於寄送過程中遺失及符合時代的趨勢，農民可透過網路查詢送檢樣品分析結果及施肥推薦，首先進入本場網站首頁(http：//www.tydais.gov.tw) (圖 7)，再點選「土壤診斷服務」，或直接鍵入網址(http://163.29.13.125:5631/soil_www/index.htm)，進入查詢系統(圖 8)。再選點左上角「送檢樣本查詢」按鈕即可進入查詢功能，查詢的方式，包括輸入農戶姓名、密碼(圖 9)，即可列出過去分析的所有樣品資料及樣品種類，樣品依送件日期依序排列，並註明檢驗完成或檢驗中(圖 10)，完成的樣品可點選姓名欄位查詢分析報告(圖 11,12)，進一步點選最下方「列印」字樣，即可取得列印資料。



圖 7. 本場網站首頁



圖 8. 查詢系統

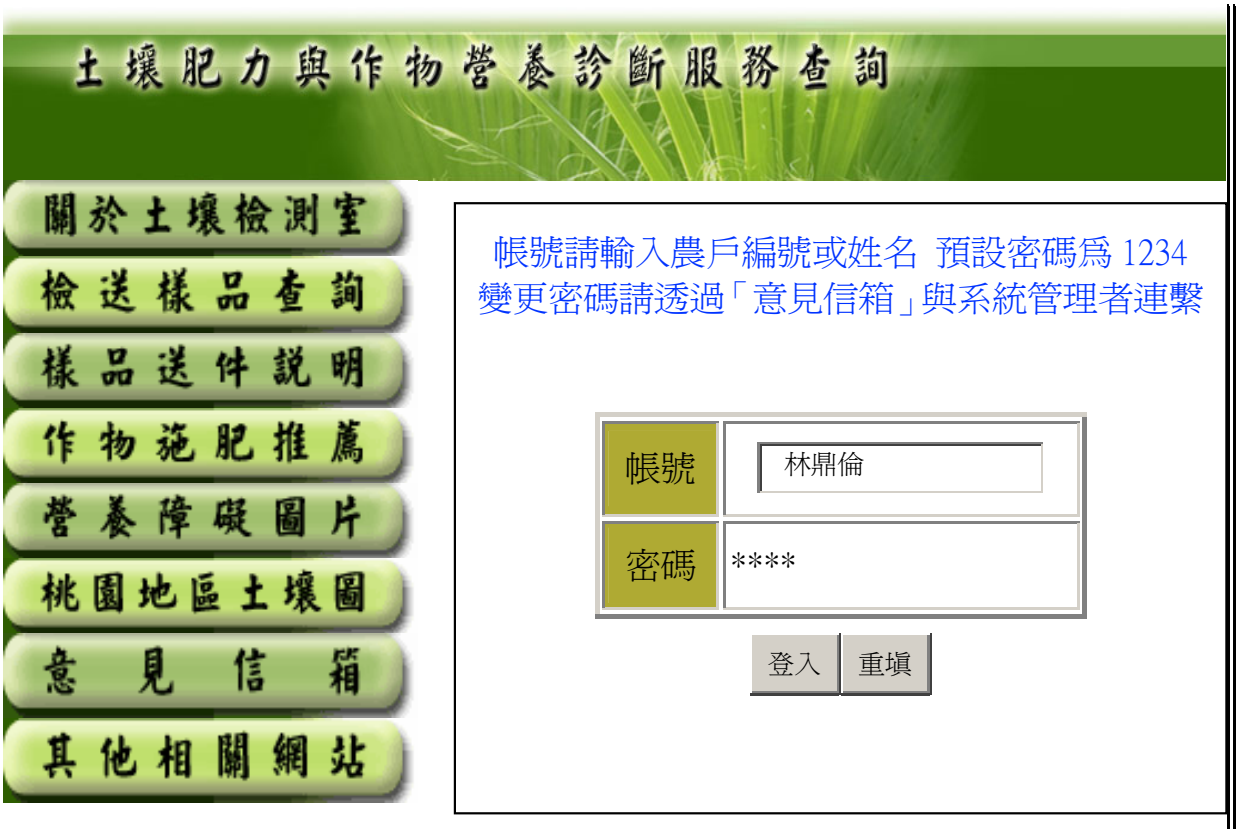


圖 9. 查詢方式



圖 10.送驗樣本查詢

行政院農委會桃園區農業改良場土壤肥力檢測室

農戶姓名: 林鼎倫	農戶編號: 82	樣品編號: 5357
樣品種類: 土壤	樣品代號: 室外	作物:
檢驗員: 吳秋芬	經辦人: 王斐能	負責人: 羅秋雄
送件日期: 2003-04-22	寄件日期: 2003-04-28	服務電話：03-4768216轉335

檢測項目	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5)(mS/cm)	有機質 (%)	磷酐 (公斤/公頃)	氧化鉀 (公斤/公頃)	氧化鈣 (公斤/公頃)
檢測值	5.2	0.45	6.07	76	498	2784
參考值	5.5 - 6.8	< 0.6	> 3.0	60 - 290	90 - 300	2000 - 4000
檢測項目	氧化鎂 (公斤/公頃)	銅 (ppm)	鋅 (ppm)	鎘 (ppm)	鎳 (ppm)	鉻 (ppm)
檢測值	214	8.3	5.5	0.21	nd	0.08
參考值	200 - 400	< 20	< 25	< 0.4	< 10	< 10
檢測項目	鉛 (ppm)					
檢測值	2.82					
參考值	< 15					
建議： 弱酸性，每分地施石灰80~120公斤。鉀肥偏高，酌量減少。石灰介紹						

備註 nd表示分析值極低。 本資料僅供施肥參考,不作何證明文件。

圖 11. 分析報告(推薦施肥前)

行政院農委會桃園區農業改良場土壤肥力檢測室

農戶姓名: 林鼎倫	農戶編號: 82	樣品編號: 7791
樣品種類: 土壤	樣品代號: (有機)	作物:
檢驗員: 呂佳容	經辦人: 王斐能	負責人: 羅秋雄
送件日期: 2004-03-04	寄件日期: 2004-03-17	服務電話：03-4768216轉335

檢測項目	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5)(mS/cm)	有機質 (%)	磷酐 (公斤/公頃)	氧化鉀 (公斤/公頃)	氧化鈣 (公斤/公頃)
檢測值	6.0	0.2	5.7	109	323	7058
參考值	5.5 - 6.8	< 0.6	> 3.0	60 - 290	90 - 300	2000 - 4000
檢測項目	氧化鎂 (公斤/公頃)	銅 (ppm)	鋅 (ppm)	鎘 (ppm)	鎳 (ppm)	鉻 (ppm)
檢測值	468	9.0	10	0.12	0.9	0.1
參考值	200 - 400	< 20	< 25	< 0.4	< 10	< 10
檢測項目	鉛 (ppm)					
檢測值	1.0					
參考值	< 15					
建議： 鉀肥偏高，酌量減少。鈣肥偏高，減少投入。鎂肥偏高，減少投入。						

備註 nd表示分析值極低。 本資料僅供施肥參考,不作何證明文件。

圖 12. 分析報告(改善後)

其他選項包括作物施肥推薦，可選定作物類別(稻作雜糧、果樹及蔬菜)，再點選作物種類，即可查閱該作物三要素推薦量及施肥時期及分配率(%)等相關資料(圖 13-1.2)。若點選營養障礙圖片，可查詢氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬及鹽類，內容包括症狀、發生條件、改善方法及各種作物的營養障礙圖片(圖 14)。桃園地區土壤圖，內容包括台北、桃園、新竹各鄉鎮市的土壤酸鹼值、有機質含量及有效性磷、鉀、鈣、鎂含量(圖 15)。意見信箱，可藉此提供對本系統的寶貴意見。其他相關網站，內容包括國立宜蘭大學的有機農業全球資訊網(http://organic.niu.edu.tw/)、資策會的台灣農業資訊網(http://www.tais.com.tw/)、農委會的農業產銷班資訊服務網(http://farm.coa.gov.tw/)、鄉間小路月刊(http://www.coa.gov.tw/magazine/fst/road.htm)、豐年社半月刊(http://www.coa.gov.tw/magazine/fst/harvest.htm)、國際美育自然生態基金會(MOA) (http://www.moa.org.tw/)、台灣寶島有機農業發展協會(TFOA)(http://foa.organic.org.tw/)、慈心有機農業發展基金會(TOAF)(http://61.218.98.178/toaf/index.htm)、台灣省有機農業生產協會(TOPA)(http://ae-organic.niu.edu.tw/topa/menu.htm)，內容相當多且查詢極為容易，可藉由此管道查詢所需的資料。



圖 13-1. 蔬菜三要素推薦量及施肥法



圖 13-2. 柑橘三要素推薦量



圖 14. 作物營養障礙



圖 15. 北部地區土壤圖

結　論

利用土壤與葉片營養診斷技術，使農民更瞭解自己耕地土壤的特性，並依據土壤與葉片分析結果，調整過去施肥習性，不僅可節省肥料及勞力的支出，更可改善土壤環境，唯有良好的土壤物理性、化學性及微生物性，植株生育健壯，相對病蟲害亦會降低危害，如此方可達到生產高品質蔬果，提高農民的收益。

淺層粗質地土壤之肥培管理技術

李艷琪、張庚鵬、黃維廷、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

淺層粗質地土層之果園，其土壤之有機質含量低，此種淺土層保水、保肥力低，栽培果樹常發生根部無法向底層伸展，而大都分佈在30－40 公分內之土層。若肥料不能保留在此有效土層，加上養分要素比率不恰當,樹體經常會因養分要素吸收不足或失衡而造成樹勢生長不佳，進而嚴重影響產量與品質。因此，利用簡易噴灌灌溉之設置及土壤肥力監控系統之建立，將適當之肥料量及要素比例，適時提供樹體吸收利用，並配合適當之病蟲害防治及整枝修剪，調整樹勢發展，以達到穩定高產量、高品質之目標。

作物之合理化肥培管理

所謂合理化肥培管理就是讓所施用之肥料達成最高效率生產量的肥培管理方式。首先，得先明瞭栽植土壤（或介質）之理化性質，然後，按所栽種作物之特性（長、短期採收，品種差異等），參酌不同生育時期（苗期、營養生長期、生殖生長期等）、氣候（光照強弱、溫濕度高低等）、栽培方法（設施或露地栽培、灌溉方法等）等因子之影響，以適當比率、適當量之肥料，適時以最佳的施用方法施用。而影響肥培管理的因子眾多，並且各因子間通常都環環相扣。只要其中有一個環扣鬆掉了，就有可能讓整個作物生產遭受到嚴重的負面影響。因此，在栽種作物之前，先擬定一套完整的施肥計畫是必須的。唯有針對現場實際的需求，將肥料的種類、施用量、施用法進行適當的調整，才能真正達成合理化之肥培管理。而影響作物肥培管理之重要因子主要有下列幾項：

(一)栽培基質

無論栽培基質為土壤或其他介質（如泥炭土、岩綿、水等），其物

理（如質地、團粒結構、孔隙度等）及化學（如酸鹼度、有機質、要素含量等）性質均與肥培管理息息相關。在擬定肥培管理流程時，基質之理化性質常被列為最優先考量之因子。茲簡單列舉幾個較典型的基質理化性質影響肥培管理事例，以供參考：

1. 在粗質地土壤（如砂質土、石礫地等）栽種作物，由於土壤之保水保肥力均弱，施肥方式宜採用少量多施；若一次施用多量的肥料，不僅易造成肥傷，且肥料也易大量流失。
2. 坋質粒含量高、團粒結構不佳之土壤容易在大雨襲打或高水位淹灌後，土壤表層結成一層硬皮。當結皮現象發生時，施於土表的肥料就不易為作物所吸收，根系也易因通氣不良而生育不佳。因此，在作物栽種前，即宜預作處理；或在土表覆蓋一層有機質（如稻草、蔗粕等）以防大雨直接沖擊；或加入大量有機質與土壤混拌，以改善土粒之團聚性；或採窄畦、低水位淹灌之方式；皆有助於防止土壤結皮現象之發生。
3. 部份地區土壤中要素含量不均衡，易引起栽種作物之要素缺乏或過剩毒害。例如在強酸性紅壤易發生缺鎂及錳毒害；在石灰黏板岩沖積土（如濁水溪流域）因土壤 pH 值高，易發生鐵、錳、鋅、硼等元素之缺乏。栽種作物前，即應預作防備。
4. 採用無土養液栽培作物時，其介質不同，則供液方式及養液之要素組成亦應不同。例如以椰子殼、蛇木屑等栽種作物，由於介質質地粗，給液宜以噴灌方式；若以泥炭土、岩綿等為介質，則可以選用滴灌或噴灌。若以泥炭土栽植作物，由於介質錳鐵比過高，初期應多供給鐵而少給錳，以防缺鐵現象發生。若以岩綿為介質，由於介質 pH 值高，栽植初期應多供給鐵、錳以防缺乏。

(二)生育特性

不同作物的生育特性不盡相同，肥培管理自應針對不同之生育特性作必要之調整。以下將針對幾種重要的生育特性及其肥培管理之重點作簡單之介紹：

1. 生育時期：簡單分為苗期、營養生長期、生殖生長期。苗期栽培僅

須少量肥料，肥料過量易致生育不良或肥傷。營養生長期當以較高比率之氮肥為主，以生產足量的枝條及葉面積。生殖生長期則應適度將氮肥降低，提高鉀肥，因此時若氮素過多，枝葉繁茂將對果實不利。

2. 採收期區別：一般作物若依採收期長短，可區分為短期及長期作物。短期作物其採收期常集中在一小段時間內；長期作物其採收期可維持數月至一年以上。短期作物之肥培管理著重於基肥之使用，追肥只用於輔助不足。長期作物因須長期維持植株之生育旺盛，而基肥僅能維持一段時間，因此追肥之使用技術相當重要。由於經年採收，其氣候因子變化較大，肥培管理也須要相應調整，此點在第（三）項中將再作說明。
3. 品種：不同品種常須搭配不同之肥培管理。以番茄為例，大粒種之農友 301 系列、亞蔬系列（四、五號）及小粒種聖女，在高溫條件下栽培，其因缺鈣造成尻腐病之嚴重程度依序為：農友 301、亞蔬、聖女。因此，在鈣素之管理上亦須有所區別。

(三)氣候因子

氣候因子對作物的影響是相當鉅大的。除了生理方面的影響，在營養上，氣候因子也扮演著相當重要的角色。氣候對作物的影響一般主要的因子為光照、溫度，露地栽培者尚有雨量等。光照及溫度影響作物對營養要素的吸收及利用率，水分（如雨水，灌溉水等）使加入的肥料溶解，如此才能為作物的根系吸收及利用。

一般說來，高溫高光照的條件下，氮素的吸收及利用特別的快，因此作物常呈現新生枝葉繁茂的景象；此時，可能導致巨量元素如鈣的缺乏（鈣素在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低）及鉀的潛在性缺乏（鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂），或微量元素如鐵的缺乏。而在低溫低光照時，作物的生育速度緩慢，此時，應提供較高濃度的氮肥及磷肥（磷素在低溫時，被吸收率大幅降低），以促進作物的生長。

水分是作物生長所不可或缺的要素。正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛。在營養上，水分是營養要素（肥料）溶解

的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。在設施栽培中，水分常可藉由所設置的管路供應；但在粗放的露地栽培中，水分常由灌溉溝渠或雨水提供。值得注意的是，雨水提供的水分量由於難以掌控，常易發生肥料大量流失的現象，是故如何預防及補救亦為肥培管理的重要項目之一。

(四)肥料之選擇

肥料的種類可說五花八門。以種類區分，有化學肥料、有機肥料、微生物肥料；以性質區分，有單質肥料、複合肥料、綜合性肥料；以釋放速率區分，有速效性肥料、緩效性肥料。在眾多肥料種類裏，應該挑選何種肥料施用？何種肥料最能達成高產、高品質的目的？在抉擇肥料的種類之前，下列三個原則是必須先明瞭的：

1. 已知作物生長所必需的營養要素有巨量要素：氮、磷、鉀、鈣、鎂、矽，微量元素鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼，及碳、氫、氧（可由空氣及水中取得）。肥料之使用（不論選用任何種類、性質之肥料），其主要目地均在適時、適量地補充作物所不足的營養要素。
2. 除了少數含有毒害物質（如有害重金屬、酚酸等）之肥料外，肥料無所謂優劣，只有各具不同性質之差異而已。例如，化學肥料要素成份含量高、速效，不當使用易致肥傷。有機肥料含有廣泛之營養要素，緩效，在部份問題土壤中多施且可改良理化性，但肥效低且難以精確掌控要素比率。
3. 肥料之選擇，務須考量所栽種作物之生育特性、栽種基質之理化性及氣候因子之影響。在作物生育特性方面，例如栽培短期內採收的葉菜，選用有機肥或化學肥均能達成效益；若栽培長期採收的茄子，則速效性追肥的選用即顯得重要。在栽種基質之理化性方面，如栽種基質為極粗（如砂土、石礫地等）或極細（如重黏土）質地之土壤，多施用有機質肥料以改善理化性質實為良策。在氣候因子之影響方面，例如在高溫高陽的季節栽種作物，氮素易致過剩，若選用一般有機質肥料，宜添加鉀肥含量高的化學肥或有機肥。

考量上述三項原則後，再依肥料之價格，及個人現有的設備與操作習慣，即可選出適合於個人使用之肥料。

(五)肥力監控

為了讓所栽培作物能達成高產、高品質之目的，恆定地維持基質中適當的要素比率及要素量（即最佳肥力）是必須的。然則，肥力如何監控呢？一般說來，最精確的肥力監控方式為，定期（且為短期，須能顧及生育過程中的變因）採取基質及植體樣本，進行要素分析，如此即可精確地測知基質及植體中之要素比率及含量。可惜的是，要素分析常須昂貴的儀器及需耗去相當多的時間、人力，因此此法常礙滯難行。依據筆者多年的田間經驗，應用簡單的 EC（電導度）測定法似為一較可行之肥力監控法。由於基質的 EC 測定容易（僅須取一份基質，加入五份純水攪拌後即可由電導度計測定），而經由電導度值即可粗略得知基質中之要素總量。但此等肥力監控法須特別注意二項原則；第一：得先建立 EC 值與肥力之關係式，如基質 EC 值為某數值時，氮、磷、鉀等要素之濃度為若何，升高或降低時，各要素之濃度又變化若何，如此，吾人即可直接由基質之 EC 值來判斷要素之總量，並定出適當肥力之 EC 值範圍。第二：由於基質之 EC 值僅表示基質中要素之總量，並無法表示各要素之比率；因此，當所使用的肥料多樣化（不同肥料之要素比率不同）時，或栽培環境有變動（如大雨使基質中之氮肥大量釋出）時，即使其 EC 值相同，由於要素比率不同，應有不同的肥力意義界定。

水分對作物生育之必要性

水分乃植物體最主要的基本組成。一般說來，新鮮植物體水分含量可高達 70~95%，其重要性由此可見。水分對植物生育之主要影響如下：

1. 水的比熱大，當外界溫度變動劇烈時，它有一定的緩衝作用，保護植物體不受傷害。
2. 水的蒸發潛熱大，當陽光直射時，水蒸發可防止植物過熱。
3. 正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，植物生育愈旺盛。在營養上，水分是營養要素(肥料)溶解的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為植物所吸收利用。

在實際的作物栽培上，水分之供應常須與下列各項因子共同考量：

1. 通氣：陽光、空氣、水乃是作物生長的基本三要素。而在作物生長的基質(土壤或其他人工介質)中，空氣與水分的關係密切。若基質的水分含量過多，通氣不佳，還原性過強，作物根系將因溶氧量不足而生育不良。反之，通氣雖然良好，若水分不足作物將因直接吸收的水分及溶於水中的養分不足而生育不佳。是故，基質中的水分與空氣須維持適當比率對作物生育才是最佳條件。
2. 養分：如前所述，水分是營養要素溶解的必要溶劑，作物生育所需的各種要素也因水分含量的多寡而影響其溶出量。以化學肥料的施用而言，通常選在陣雨或灌溉過後，如此才有較佳的肥料溶出率與利用率。
3. 病蟲害：基質中的水分含量及其所造成的環境溼度與作物的某些病蟲害頗有關聯。以彩色海芋的軟腐病為例，由於致病的細菌以水為傳播媒介，尤其在高溫季節，若水分含量高即易造成軟腐病的嚴重發生。在寒冷季節栽培玫瑰或其他花卉，若環境溼度高，通風又不良，則易發生灰黴病與露菌病。蟲類方面，溼度過高，易引起癭蠅等害蟲之發生。
4. 生理：作物栽培過程中，在遭遇特殊的氣候條件或在特定的生育時期時，有特殊的水分管理方法。例如在冬天寒流霜害來襲，或在焚風發生時，於葉面噴施水霧可有效預防此類傷害。另，一些種球花卉如百合、彩色海芋等，在其蓄球後期，常以斷水方式來增進種球之快速膨大及利於採收。

露地栽培作物易遭逢之難題

本省於露地栽培作物時，常易遭逢下列難題，致使生產無法穩定，亦無法達成高產、高品質之目的。

(一)病害

一些致命性的病害，如茄科作物的青枯病，瓜類作物之蔓枯病等，均為土壤傳播之病害。致病之細菌不僅不易殺除，部份在惡劣條件下可形成厚膜孢子，等待下作之為害。是故，此等作物在露地栽培除了要選

擇病害為害較輕之季節（如平地栽培茄科作物時須選擇秋、冬季）外，連作栽培亦為一大忌諱。如此，即造成栽培者需時常換地耕作之大不方便。

(二)蟲害

露地栽培由於空間開闊，各種大、小型害蟲皆可能為害作物。由於一般蟲害防治所需噴施的農藥毒性，常較病害者嚴重許多，在一些生育快速，高採收頻率之作物（如瓜果類），為顧及噴施農藥後的殘毒為害，蟲害常扮演結束作物生產的重要殺手。

(三)氣候條件

颱風、梅雨、頻繁的午後陣雨都易導致植株生育衰弱，病害猖狂，致產量與品質下滑。雨水及陰天易使作物(如瓜果類)之授粉成功率大幅下降，減低產量，低溫亦使作物之生育極明顯減緩甚或寒害死亡等。

(四)肥培管理

肥培管理是一門深奧的學問。每個農民都懂得栽培作物時需施用肥料，但每個栽種園的植株都常因營養狀態不同而呈現不同的風貌。良好的肥培管理須針對氣候因子、土壤理化性質、品種、整枝方式、經濟因子等作適度的規劃、調整，如此才可望有最佳的產量、品質顯現。一般因肥培管理不良而造成的生產障礙處處可見，本省露地栽培最常見之營養障礙為氮肥施用比率過高。如此,在瓜果類易因營養生長態過於旺盛而使植株葉片過於巨大，當遭逢強陽高溫時(尤其陰雨後之高陽)，葉片即呈軟垂(降落傘葉),對果實產量不利。另，氮素過高時,由於葉片過於茂盛，易致通風不良，病蟲害嚴重。

有機質肥料之施用

為讓所施用之有機質肥料達成最高效率的作物生產量，正確的施肥法與施肥量是不可缺的。若栽種作物之土壤為粗質地土壤(如砂質土、石礫地等)，或坋質粒含量高、團粒結構不佳，易於土壤表層結成硬皮的土壤，則依現地需求，宜先改良土壤的理化性質，此時應選擇難分解型之有機質肥料。若施用有機質肥料之主要目的為提供作物生長所需的養分，則易分解型有機質肥料有較佳的肥效。

而肥料成本即肥料之價格，以經濟效益來看，肥料成本當然是越低越好。一般說來，在腐熟程度完整及需求相同(易分解型或難分解型)之條件下，要素種類、成分量常為決定肥料價格的重要因子。例如，在乾(純)雞糞與粗糠雞糞的比較上，其所供應要素的種類和比率大致相同，但成分量乾雞糞約為粗糠雞糞的 3~5 倍。市售上，乾雞糞每公斤約為 2~2.5 元，粗糠雞糞約為 0.8~1 元，即反應出成分量與肥料價格之相關。又如，禽畜糞動物性廢棄物與豆粕類之有機質肥料比較，由於豆粕類之要素成分量較高(尤其氮肥)，其售價也常較禽畜糞肥高出 3 倍以上。另外，有機質肥料之要素釋放速度及施肥成本(施肥所需耗損之工時)，亦常為肥料價格之參考值。

淺層粗質地柳橙之栽培管理

柳橙為台灣最重要之經濟果樹之一，雲林、嘉義、台南等縣栽培較多。雲林縣古坑鄉目前栽培面積約有 2000 公頃，為該鄉之重要特產之一。經由古坑鄉內各柑桔園區之土壤肥力及葉片採樣分析調查發現，農民習慣使用高氮比例肥料，鉀肥施用量較不足。此種高氮鉀比例之肥料使用習慣易造成樹體之營養生長旺盛，徒長枝條易發生，導致開花結果率低及果實品質差，皮厚、味淡及果汁率少之缺點。

此外，施肥時期亦應注意五、六月份之梅雨季及夏季之豪大雨及西北雨，此季節淺層粗質地土壤之肥份極易因雨水過多而流失，故施肥宜少量多次分施。因任何肥料均需有水分存在才有肥效，亦即水是肥料溶解的必要溶劑，唯有溶於水中之營養要素才能被作物吸收利用。而為避免因水分過多而發生肥料大量流失，淺層粗質地土壤果園宜視土壤水分狀況進行斟酌灌溉。一般表土（0～20 公分）若手握不易成塊狀而易散開即需進行灌溉。因此，如何將果園之土壤環境、氣候因素、肥料施用及作物生育特性等作一通盤調整與配合，實是一門複雜且重要之課題。

試驗前，樹勢生育不佳，徒長枝條多，柳橙產量每公頃約 18,756 公斤；而經改善灌溉方式及配合生長期以調整施肥用量及要素比例（施肥時期、施肥量及肥料種類如表一），並長時期進行土壤肥力監控，經一年處理之樹勢生長已有明顯之改善，柳橙產量約每公頃 30,000 公斤，

約提高 60% 之產量。在果實品質方面，糖度由原來之 10.1 度提升至 12.8 度，酸度亦由 0.53% 提高至 0.62% ，果實風味明顯增加。

結　語

綜合上述，淺土層果園之管理須注意下列幾點：

1. 淺層粗質地土壤若過量灌溉，肥份易流失。傳統淹灌或溝灌無法有效控制水分在土層中之分佈，尤其在旱季，難以將肥分留存於有效根系之土層內，以供果樹根部吸收，因此噴灌系統之建立有助於控制土壤水分含量及肥料釋放量與釋放速率。
2. 柑桔作物不同之生育期有不同之營養需求，若無法適時適量供給，勢必對產量及品質有嚴重影響。一般果農常使用高氮比例之肥料，在休眠期（12 月～隔年 1 月份）若使用高氮比例肥料，其後春梢徒長枝條之比例將大為提高，春梢數也較少。春梢為當年重要之結果枝與營養枝，營養枝亦會發育成將來之主要結果母枝。若春梢數少且徒長，則開花量少，結果率低，果大而皮厚，果汁率少，風味差。因此休眠期宜降低氮素使用比例，提高磷鉀肥比例，以增加春梢結果枝。幼果期至果實肥大期（4～7 月份），為使果實有足夠之生長，宜適度調高氮素施用比例。果實六、七分熟至轉色及採收期，又需適度降低氮素使用，避免果實過大，果皮太厚，轉色不良，風味轉差。
3. 著果初期、幼果期及雨季來臨前宜供應充足之水分，以免因土壤水分不足或乾濕變化太大而致大量落果。雨季施肥宜少量多次分施。
4. 不同質地土壤宜進行不同施肥調整，粗質地土壤之施肥宜少量多次分施。因粗質地土壤保肥力差，肥份易流失，為求土壤隨時保持一定肥份以供樹體吸收，故總施肥量比一般中、細質地土壤高。
5. 增施難分解之有機資材可提高保水保肥力，提高土壤緩衝力，因此可降低施肥量。

表一、示範區柑桔園肥培管理

施肥時期（年.月）	施肥種類	施肥量（公斤／1.5 分地）	
90.12	台肥 43 號＋硫酸鉀	80＋80	
91.01	台肥 43 號＋硫酸鉀	80＋80	
91.02	台肥 43 號＋硫酸鉀	80＋80	
91.03	台肥 43 號＋硫酸鉀	90＋30	
91.04	台肥 43 號＋硫酸鉀	90＋30	
91.05	台肥 43 號＋硫酸鉀	90＋30	＊
91.06	台肥 43 號＋硫酸鉀	90＋30	＊
91.07	台肥 43 號＋硫酸鉀	90＋30	＊
91.08	台肥 43 號＋硫酸鉀	80＋80	＊
91.09	台肥 43 號＋硫酸鉀	60＋120	＊
91.10	台肥 43 號＋硫酸鉀＋過磷酸鈣	80＋80＋80	
91.11	台肥 43 號＋硫酸鉀		

註：1.台肥 43 號複合肥料　$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O\text{-}MgO$＝15-15-15-4

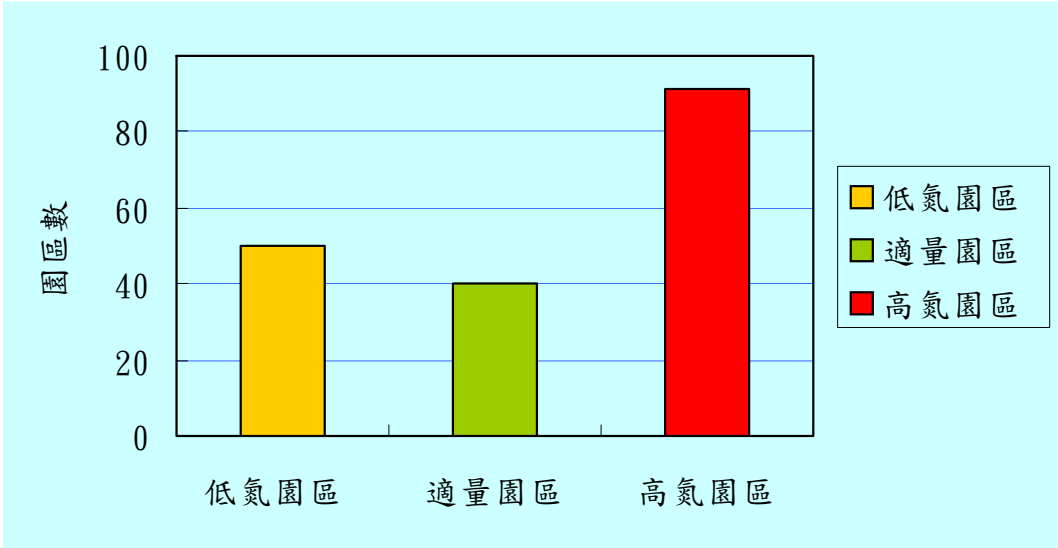
硫酸鉀：K_2O＝50

2.＊表雨季分 2～3 次施用

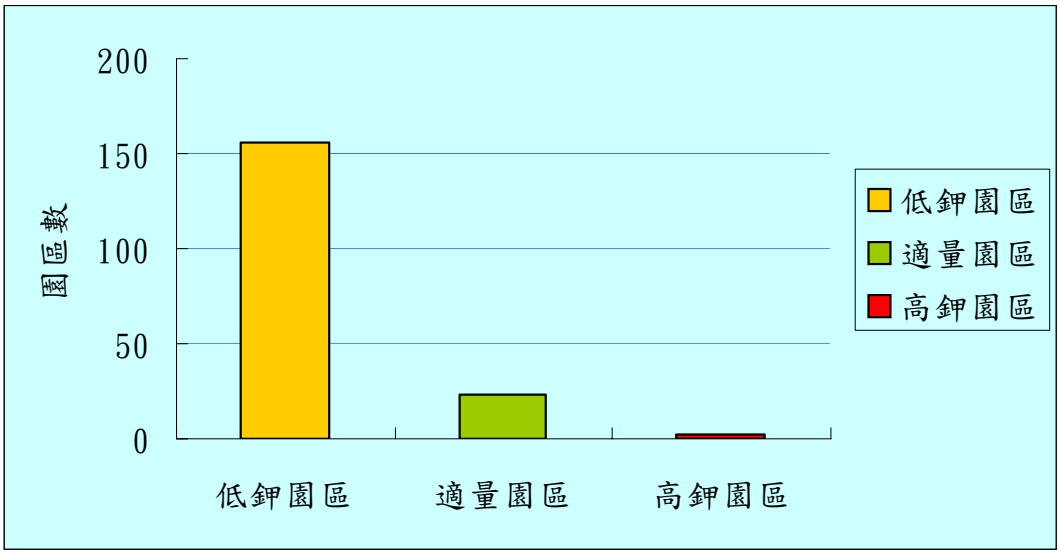
3.若土壤有機質含量在 2 % 以下，建議每年施用難分解之堆肥每分地 1～2 噸



淺層粗質地土壤剖面



古坑椪柑葉片之氮素狀態分佈



古坑椪柑葉片之鉀素狀態分佈



未改變灌溉肥培方式前，因肥料管理不當，徒長枝多



簡易噴灌設備之設置



未改變灌溉肥培方式前，樹勢衰弱徒長枝多，著果數少



實施噴灌及施肥調整，春梢數多且徒長枝少



未改變灌溉肥培方式前，園區果樹肥料效率差，營養失衡，致黃龍病發嚴重



噴灌設施配合施肥調整之優良樹勢

合理化施肥之土壤水分管理

向為民、劉禎祺

行政院農業委員會農業試驗所

前 言

合理化施肥就是最經濟合理地施用肥料，不做無謂的浪費，讓所施用的肥料能高效率地被利用。然而肥料施入土壤中後可能因為淋洗、沖蝕以及揮發而損失，傳統施肥方式的狀況下，地上的植物對氮肥的利用率，常常不到 40%，淋洗至根層以下的氮肥量，將會污染地下水使水質變壞，可能高達 15%。被作物吸收的肥料，又可能因為要素之間的比率不恰當，而對作物的發育、生產量或是產物的品質有不良的影響。所以，合理化的施肥是需要針對土壤特性、作物品種及生育階段、氣候、整枝修剪、敷蓋與覆蓋與否、灌溉方式等等不同的情況，來做機動性的調控，以適當比率及適當量的肥料在適當的時間施下，是一個不容易達成的目標。

灌溉和排水是土壤水分管理的兩個主要的內容，目的是要調整土壤水分境況，讓根系容易生長，肥料容易吸收利用。基於水資源的節用，管路灌溉、微噴灌、滴灌等節水灌溉系統的建構，將液體肥料稀釋於灌溉水施用的養液灌溉技術的發展，將有利於合理化使用水與肥料，已經受到大家的重視。土壤水分與鹽分含量的監控，可以避免水分的過多或不足、欠肥或肥傷、也可避免土壤鹽化，進而傷及作物，是土壤水分管理及施肥操作所必需包含在內的工作。

台灣有充沛的降雨量，平均一年約有 2500 公厘(包括山區在內)，但是降雨不平均過度集中在雨季，每年十一月至次年四月是枯水期，長達六個月。乾旱季中常常有連續 30 天甚至 60 天沒有雨水。氣候最近十年來逐年暖化，溫度升高導致地面的蒸發散量加大，雖然降雨沒有明顯的減少趨勢，河水的流量卻減少了百分之四還要多，可利用的水源相對減少。

農業生產是需要在適當的生育階段提供作物需要的適量水分，才能

夠保障產量和品質。園藝作物相較於糧食作物，對水分管理的要求更為嚴格。因此為謀求安定生產，在台灣的氣候條件下就必需依賴灌溉。

土壤水分境況，土壤水分的供儲能力和土壤物理狀況直接相關，土壤物理狀況則是和作物生長的好壞是有絕大關係的。因此，有人把肥沃土壤的條件分為「營養分」的肥力和「物理性」的肥力兩大要件。作物的根系是重要的器官，除了固定，吸收水分和營養分；同時又是激素合成的器官；影響整個作物的生長和發育。培養健壯的根系，充分發揮根系的和各項功能，是保證作物正常生產的基礎。土壤的物理條件，例如溫度、水分、通氣等等，都可以決定根系的結構和狀態。

一般的栽培手冊，提到土壤物理性的適栽條件，幾乎都是要求砂壤土、具有團粒構造、疏鬆....等等。如此這般，就是代表好的土壤物理性質。當然，一般來說，也沒錯，就是如此。然而把台灣平地和坡地的土壤調查資料翻來看，或是自己到園裏去看一下土壤，幾乎是不合乎條件的多，合乎條件的少。

台灣農作有關的大部份事情，包括氣象條件、作物品種、整枝催花技術以及其他各項的農業操作，是不斷的在變動；可以說唯一不變的事情，就是不斷的變動。我們對土壤的管理除了要因應栽培技術的改變之外，同時又有很大的責任，是要維持土壤的品質，或是說構建一個健康的土壤，這種土壤是能夠生產優質和安全的產品，同時這種土壤的管理技術將不致使地力衰退，不但如此，更要增進土地的生產能力；要求是能夠持續地被我們子子孫孫永遠地利用，在追求好的生產之同時保全良好的生態環境。

直接影響根系生長的物理因子

直接影響根系生長與吸收的土壤物理性質因子，包括有水分、氧氣、溫度和械阻力四項。

作物根系生長的時候，要有充分的水分供應。在不影響根系氧氣供應的狀況下，水分愈充足愈好。

以果樹為例，幼樹期間根系必得要充分地生長，足夠的根量來吸收足量的水分、養分，提供給枝葉生長。根吸收水分和養分最主要的部分

是細根和根毛。在嚴重乾旱情況下，根系停止生長，根毛加速死亡。

土壤中有三相，分別是氣體、液體和固體。土壤是多孔體，固體粒子排列為固相，粒子之間形成孔隙。孔隙就是儲存水分的位置，兼作氣體流通交換的空間。水分多氣室就少。一般來說，氣室要佔有土體積的百分之十以上，氣室與氣室彼此間才能互相連通交換氣體；也就是說才能夠像呼吸一般，將氧氣送到土壤的各個地方。根若是要生長、要進行吸收，就要呼吸。沒有氧氣的地方根沒有作用；甚至根浸水太久還會爛根死亡。因此灌溉補充水分的時候要注意不可浸水太久，也不可過濕。有所謂灌溉要「見乾見濕」，這樣有利根系發達生長。

並不是果樹生長的所有時期都需要水分充足。根發育生長活動旺盛的時候，會合成激勃素等生長激素，有利枝葉生長和果實肥大。但是在果樹需要異化的情形下，適當限水可以停止枝稍生長，有利花芽分化，也可以讓果實的香味和甜度增強。因為適度的限水，限制根的生長，有利於異化，其代謝產物可以增添果實的風味。

細根群的分布和存在的多寡，對水分和養分的吸收十分的重要，果實產量和品質的好壞，也就決定在細根群分布的情形。果園的調查結果也顯示，細根群分布的深度和果實的產量有相當大關聯，細根群在土面下分布愈深產量愈高。所以，日本將果園土壤有效深度，進行適栽分級時，將 100 公分以上的深度列為第一等，50 公分以上 100 公分以下是第二等級的土壤有效深度。

土壤水分太多時氧氣供應不足，相對的土壤水分變乾的時候，土壤變硬，機械阻力大，阻力大到根沒法子穿入時，根會變短變粗，停住而不能再伸長。根接觸不到的地方，不利養分和水分的吸收。土壤愈緊實，土壤密度愈大，愈容易變的過乾或過濕，而不利根系發展。甚至土壤剖面之中，有所謂的硬磐存在，根本沒有機會讓果樹的根穿過。管理上就要考慮是否需要改良，也就是把他破壞，以增進土壤物理性肥力。

土壤溫度對果樹根的活動有密切關係，一般果樹的根系在 0℃以上開始活動，生長最適當的溫度是 15~25℃，土溫超過 30℃則可能受抑制。台灣位處熱帶、亞熱帶。土壤溫度在敷（覆）蓋良好的情況下，土溫應該不會太低或是太高。然而，可能因為灌溉，導致土溫有較大的起

伏變化，根或許會因此而受到抑制。一般如果能控制灌溉水和土壤之間的溫差不超過 5℃，就不致有問題發生，冬季水溫是最好稍高，夏季稍低為宜；灌溉時間上午 10 時以前或下午 4 時以後為適宜。

間接影響根系生長的物理因子

這些因子包括構造、密度、團粒、孔隙度等等。土壤總體密度高、構造發達、團粒結構良好、孔隙度高一般就是有好的構造。這些因子大部分在田間是可以由目測或是由感官來判斷他的好壞。可以用來作指標，告訴是否我們的果園有良好的土壤物理性，或是有改善的空間，需要特別的管理和改良。

針對土壤植體和水域，文章後面附有『土壤環境的自我診斷』請大家參考。

土壤的排水和灌溉

從生產的觀點來說，土壤水分管理是一項重要的工作。為了保障產量和品質，適當的水分和肥分的供給要互相配合才能夠達到好的效果。水分管理必需考慮多方面且複雜的因素，包括氣象條件、土壤條件、作物條件以及栽培技術條件等等。

對作物而言，水是不可或缺的物質，為了維持氣孔的開度進行光合作用，必需蒸散足夠的水分以應付大氣對水氣平衡的需求。大氣是水分的需求面；需水量決定在氣候條件。晴朗、乾燥、風大的日子需水量就大，相反的需求量就小。

根系要能夠接觸到水源才可以吸收水分，根在土壤中分布的深度、密度和吸取水分的能力，以及土壤傳輸水分到根系的能力，是決定能否提供足量水分的主要因子。整個水分傳輸的體系簡單的描述就是：大氣的需求－果樹的狀態和特性－土壤貯水庫的供水能力。以每日的水分平衡來說，維持土壤適當的水分張力，例如在 20 和 50 分巴之間，讓根很容易吸收水分，再以灌溉補充當日的蒸發散損失，就可以完全保障作物不缺水。

另一方面根系細胞必需要有足夠的氧氣來呼吸，才能維持它的生存

與活力；相對於水分的補給，排除根系中過多的水分以便空氣流通也十分重要。土壤供水（灌溉）與排水為土壤水分管理的主要內容。

過多的雨水若短時間內無法由地表排除，表層土壤和大氣之間氣體的交換則將受阻。排髓良好的果園 ，4 小時頻率的降雨量被要求在 4 小時內排除。

地表浸水容易發生在地形平坦的大區域內。因此，平地要從事區域性的排水規劃工作；一旦有水堵在田間排不出去，受損必將嚴重，只有從改善排水系統來解決。

雨水滲入土壤是必然的也是必需的。土壤構造的好壞決定水分進入的速度。粗大孔隙多的表土，水分滲入土壤就快，因而可以保留較多的雨水，降低地面水流。然而一場大雨可能很快地就將一、二十公分的表層土壤孔隙全都充滿了水，空氣被排除在土體之外。土壤內部排水，就是水分向下排除速度的快慢，決定土壤是否能夠很快地自在地呼吸換氣。土壤必需空出足量的孔隙讓空氣流通；一般來說，土壤要有它本身體積百分之十以上的孔隙，是空的不含水分的，土壤才有連續的通氣管道，可以和地面上新鮮的空氣流通換氣，讓根呼吸。若是通氣受阻，根系缺氧，根部吸收的能力就會降低。

雨後，若是天氣即刻轉為晴朗時，水分蒸散的需求突然變大，而根卻因雨水未能馬上排除，暫時性缺氧，無法吸收足量的水分，就會有缺水的情形發生。若是浸水時間過長，土壤呈現還原狀態還會損傷根系。

土壤內部排水良好與否，由土壤剖面（垂直方向）的孔隙特性決定。土壤內可以由肉眼看見的孔隙或裂隙，就是屬於能夠迅速排水的粗大（通氣）孔隙。這種孔隙中的水受土粒吸附的力量小，地心引力就可以把它移動向下。

土壤剖面中存在土磐或犁底層等密實的土層，是排水不良的主要因子。過於密實的土層，根很難進入，土層中生物的活性就低；良好的土壤構造就不容易形成。改善的方法就是(1).利用深耕或翻土的方式將其破壞。(2).深耕性的作物或綠肥要被安排在耕作系統中，作物殘體也要妥善的留置在田間，以維持土壤的有機質含量。(3)改善化學性質，像是適當的酸鹼度、鹽基含量和肥料濃度等。一般是將這三個方法同時或

交互使用。改善密實土層後，根可以自由生長在土層中，因而將有機質和生物活性帶入。如此，富有粗孔隙、疏鬆、構造良好的土壤容易形成。

地下水位過高的地區需要利用暗管排水來降低地下水位。農地因為地勢低，而讓四週的水不時地匯入，這種情況導致的水患，則可以利用截洩溝來阻擋排除多餘的水。然而，也需考慮是否值得花費大筆金錢來做排水改善的工作。

土壤水分管理除了排水之外還有灌溉。當作物根部吸收的水量不足蒸散作用所需時，作物的生長和乾物質的累積就受到影響。植物體乾重約 90%為來自光合作用產生的。影響光合作物最主要的因子是水分。當輕微缺水時，氣孔無法全開，氣孔通導度降低，光合成作用快速降低，此時蒸發量較葉面氣孔全開時低。中度缺水時光反應酵素受到抑制光合作用再次降低。輕度缺水或中度缺水，均可以經由供水而恢復正常。嚴重缺水時，光合成速率的降低是一種不可逆的反應，主要是細胞內膜系統遭受破壞。

缺水量與作物產量之關係相當複雜。大體而言，可以依作物分為四類：

1.經濟產量佔有機物的大部份，例如牧草、蔬菜及莖梗纖維作物，當用水量達需要的全蒸發散量時，產量最高。
2.經濟產量為一化學性組成物，僅佔植物有機物之一小部分，例如奎寧和橡膠，用水量略低於全蒸發散量時，雖然生長受到抑制，但有助於異化作用,產量最高。因此橡膠樹收穫前適度之缺水，雖然使生長減低百分之二十，但乳汁產量反而增加百分之四十五。
3.經濟產量以碳水化合物為主之儲存器官，例如根莖作物，成熟期適量的土壤水分不足，可以增加糖的含量。
4.經濟作物為生殖器官，例如花果或種子。用水量和產量的關係最複雜，一般而言開花期不宜缺水，但不同生育時期用水量對產量有不同之影響。

同樣缺水,在作物不同生育時期發生缺水現象將導致不同程度的產量減損。以結球甘藍為例，初期生長緩慢時，水分缺乏對產量的減損較低，此時作物因缺水而沒有達到可能的最大蒸發散量，受影響的產量僅

是輕微的損失。然而在後期生長快速時，若同樣的缺水狀況發生，產量損失會是初期缺水的 2 至 3 倍。玉米葉片生長時期若是缺水其對產量的影響僅是花期和米粒灌漿時期缺水的 1/5。果樹對缺水的反應更為複雜。適當缺水可以抑制枝梢生長、減少梢次降低整枝修剪的次數及成本，但也可能因為枝梢生長之不足影響開花及果實生長的潛能。斷水乾旱常用來控制開花，改變營養生長至生殖生長。然而花期、著果期、幼果期及果實肥大期必然是需要足量的水分，否則降低產量及果實大小，不符合經濟效益。成熟期土壤水分可以稍微降低用以提高果實甜度。

極度乾燥的土壤中，水幾乎可以說是被鎖死的。另一種極端則是，土壤孔隙完全充滿了水，水本身的狀態則和自來水管裡面的水，沒什麼差別；此時，水可以由高處向低處流動。介於極度乾燥和飽和之間的土壤水分，是能流動但同時又被土壤吸附的，土壤愈乾水愈不容易流動，也較不容易被作物吸收利用。

可以藉由重力將水排空的連續性大孔隙，稱為通氣孔隙；它的直徑大於 60 微米(60μm＝0.06mm)，剛好肉眼可以看見。通氣孔隙以外其餘小孔隙中的水，受到較大的吸附力，向下傳導的速度極慢，被認為是可以貯存在土體的水分。

被吸附的土壤水分，常常用張力(負壓力)來表示它的狀態，例如 50 公分、100 公分、1000 公分水頭的土壤水分張力。也可以用-bar(負巴)來表示，-1bar 等於 1020 公分水頭。另或是用水頭的對數值(pF)來表示， pF 2 表示 100 公分水頭，pF3 則是 1000 公分水頭。下表是土壤水分狀態的幾個參考數值，pF 值愈高土壤愈乾。

土壤水分狀態	水分基勢 (bars)	水頭 (cm)	pF
土壤水飽和(或近於水飽和)	-0.001	1.02	0
自由排水後水分(田間容水量)	-0.05	51	1.7
接近正常生育水分含量上限	-1	1020	3.0
接近永久凋萎水分下限	-15	15300	4.2

土壤的蓄水能力，是根域範圍內能夠保留的水分量。足量的降雨或

灌溉後，經過充分時間排水(砂土、壤土類 24 小時，粘壤土、粘土類 48 小時)土壤的水分大約是-0.05bar 到-0.1bar 範圍。空氣中自然乾燥的土壤大約是-22bar。兩者之間水分含量的差就是土壤能夠貯藏的水量。然而作物最易有效利用的水，張力範圍只在-1bar 以內。因此，保持水分在-0.1bar 至-1bar 的張力範圍內水分最容易吸收利用。果樹類的開始灌溉基準點大多訂定-0.5bar 或-0.6bar。另外為促使花芽分化或其他異化的生長，水分逆境（乾旱）是控制的手段之一。

淺層土壤、砂土或根域中存在大量石礫的土壤，透水性大而保水性小，可以利用客土、添加有機資材等方式改良土壤的保水性，然而改善保水能力和改善排水一樣，花費大需要專業的評估。應該就近尋求研究改良機構中的專家做規劃再來執行。

水分利用效率

要避免過量灌溉，此舉除了浪費水源之外也有可能導致土壤內部的通氣不良以及肥料的淋洗流失。是否要進行灌溉以及灌溉量是否適當，可以利用土壤水分張力計來監測。土壤水分張力計的測定範圍在 0 至-0.85bar。土壤張力計埋設需注意放置的位置和深度。一般是在根域的範圍內埋設兩支張力計，一支在根域的近上端，一支在近下端的位置，選擇上端張力計的讀數，作為灌溉指標；下方的張力計則用來監測水分狀況，以免浪費灌溉水源及避免肥料的流失。

注重灌溉效率的同時還必需避免鹽分的累積。灌溉如果全數在根域範圍內，而無淋洗，將會有鹽分的累積，導致鹽害。在本省因為雨季有充足的雨水淋洗，農地鹽分累積的現象甚少發生；除了沿海，因為地下水位高，鹽分吊起而有鹽分地。但是有些設施栽培，由於施肥量高且無雨水淋洗，因而發生鹽害。適當的監測土壤鹽分濃度，有其必要。有鹽害的土壤，土壤水分張力宜控制在-0.3bar 以下。

利用高頻度的灌溉(一日一次或數日一次)，補充損失的水分，稱為少量頻繁灌溉，可以精準控制維持土壤水分張力在適當的範圍內，以保有良好的通氣、水分以及疏鬆的土壤物理性狀。由於能夠無微不至地應付作物生理上對水分的需求，因此可以期望有更高的效果。而且由於小

期距的進行灌溉，保水力小的土壤也可以免除水分供應不足的困擾。然而就少量頻繁灌溉系統而言，水必須均勻給予，因此要利用管路以及噴灑設施(微噴頭)。設備與維持的費用較高。此種灌溉方法因為可以有效地配合肥料的施用，增強肥效並減低肥料的流失；而且由於灌溉效率高，深層滲漏的水分降低，有節水的效果。

養液栽培管理技術

為了精準控制肥料的施用以及達到節用灌溉水目的，養液栽培，也就是液肥灌溉的技術，逐漸受到重視；此一技術是以管路微噴灌、滴灌的方式將液肥供應給栽培的作物。管路灌溉為求得最大的效率必需注重：

1.供水均勻度
2.管路及管路配件的能量損失，以確保供水有足夠的壓力來驅動噴頭或是滴頭。
3.滴頭的流量測定以便計算噴灑時間。
4.液肥注入器的選用以及養液的配置。

液肥灌溉首要條件是水質，水源必以砂濾裝置等去除顆粒雜質，同時要求可溶性鹽類的含量，也就是電導度值 EC，最好在 600μs/cm 以下，鈉、氯的濃度以不超過 60ppm 較適宜，過高的 EC 和鈉、氯的含量，容易形成鹽鹼化土壤。

水的鹼度需要調整，也就是控制水中重碳酸的含量，重碳酸濃度超過 50ppm 時，養液之 pH 過高，會使部分元素的有效性變低，需要酸化。重碳酸濃度過低時，水的緩衝能力弱，養液容易過酸而傷害根系同時也會降低某些元素的有效性，可以利用肥料配方的調整來避免。

水質分析的項目同時要包括氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅等元素含量分析，以供判定是否有重金屬或是肥分含量過高的現象，採取淨化以及肥料配方調整的手段，做校正處理。

在設施內缺乏淋洗的環境，要慎重選用肥料配方，使用硝酸鉀或磷酸氫鉀來替代氯化鉀，以硝酸鈣來替代氯化鈣，避免鈉鹽、氯鹽的使用，以免鹽分累積產生鹽害。養液的濃度也需要注意以免肥傷，夏天養液灌

溉的電導度值以 1000μs/cm 左右為宜，冬天可以稍高，作物種類不同也要斟酌調整。

土壤水分、肥分之監控

土壤水分的監控，多用土壤水分量測器具來進行，主要用的種類有張力計、石膏塊、電容式水分計等，無論使用那一種，均需要瞭解操作說明和埋設的深度。一般來說理設深度選在細根最發達的地方，以此做為灌溉的指導；在根域下方再埋一個水分測定器，以瞭解淋洗是否發生；水分監控也可以利用土管取土以感官經驗來判斷濕度是否合適。土壤酸鹼度、電導度也需要監測，根域內的 pH 值(水/土比；1/1)以 5.0 至 6.0 為恰當，不宜低於 4.5 或高於 7.5。EC 值(水/土比；5/1)依作物種類不同控制在 200 至 700μs/cm 之間。果樹類停稍時期，水分限制，肥分也需限制，EC 值(水/土比；5/1)在 150 μs/cm 以下為宜。

洗　鹽

當土壤之 EC 過高或元素比率明顯不平衡時，可以考慮洗鹽措施。洗鹽時機盡量挑選在作物採收之後；將全園浸水，以迴轉犁犁田後，再將園內地表水由渠道排出田間之外，將鹽分帶走。若是作物尚在田中，則以低濃度養液超量供給(在通氣狀況允許範圍內)將鹽分下壓不使吊起，用此法洗鹽需以土壤內部排水良好的田區為限。

結　語

管路灌溉及養液栽培系統的建立，不可急躁，需慎選專家指導，同時努力學習，以增強自身的管理能力和操作經驗，才能有效達到精準管理水分和肥分的目標，合理化的使用肥料與水資源。

天助自助者。願上天保佑大家。

附錄：土壤環境的自我診斷

各位農友們，大家都希望自己園子的土壤是好的、健康的，能夠生產優質和安全的產品，而有好的收益。同時我們也希望地方上的水土資源能夠永遠的發揮它的功能，持續提供生產給子子孫孫。我們一定要不斷地、深入地關心我們的土地，保持它的品質同時也要改進它的缺點。

現在我們就土壤、樹體和水域列舉了一些問題，每一個問題寫了三個答案，農友們請仔細考量自己園子裡的狀況，從三個答案裡面挑選一個最符合自己園子狀況的圈選起來。若是你選的是第一個答案，表示在這個項目問題上，自己的園子是不健康的；選第二個答案表示土壤是受到損害而較不健康的；選第三個答案則恭喜你，代表土壤是健康的土壤!

很可能有許多的項目問題，我們所選的答案都是不健康的，表示自己的園子的土壤需要加以改善，我們一定要請教專家，學習好的管理方法來改善我們果園的土壤環境。

現在就請你仔細閱讀問題，圈選最符合你家園子狀況的答案。

一、土壤

(1) 蚯蚓

1.沒有任何蚯蚓或其他土壤動物的活動跡象。

2.有少數蚯蚓洞穴、糞便或蚯蚓；一圓鍬表土中有 1 至 5 條。

3.有大量的蚯蚓洞穴、糞便或蚯蚓。

(2) 土壤侵蝕

1.沖蝕嚴重，大量表土流失，深溝狀的水路在地表生成。

2.中等沖蝕，薄層土壤流失，或許可以看見小紋溝的沖蝕現象。

3.少量或觀察不出沖蝕或風蝕，表土特性及厚度長時間以來都不受影響。

(3) 硬度(開挖困難度)

1.極硬，用人力無法工作。

2.硬，用鶴嘴鋤勉強可工作。

3.用雙手之力量，就可揮動圓鍬順利進行開挖土壤的工作。

(4) 土壤構造

1.大且厚的土塊或像水泥牆一樣的一整大塊，是土壤主要的構造體；或是像灰塵一樣細散的沒有任何團粒構造。

2.土壤構造的大小大約是 5 到 10 公分。

3.土壤團粒構造發達，大小不超過 2 或 3 公分，甚至團粒內部有多多少少的孔隙。

(5) 土壤顏色(濕土)

1.土壤顏色是淡黃褐色、亮黃色、淡灰色等淺亮顏色。

2.土壤顏色是黃棕色、紅棕色、灰褐色等。

3.土壤顏色是黑色、黑灰色、棕黑色等較深的顏色。

(6) 密實土性

1.在淺層土中(60 公分以內)存在連續性的厚的(大於 10 公分)硬磐。

2.土壤曾被壓實，有較薄的硬磐或牛踏層(以前水田耕種形成的)。

3.全層土壤鬆散，無壓實、無硬磐。

(7) 水滲入性

1.水分很難被土壤吸收，雨水都停留在土表或成為逕流損失。

2.土壤吸水水分緩慢，大雨後會積水而且大部分雨水成為逕流損失。

3.水分迅速進入土體中，大雨後也不見積水不消的現象。

(8) 排水

1.極差，下雨或灌水時果樹經常受浸水與過飽和水分的影響。

2.中等或差，連續雨天時，土壤排水速度或有不足。

3.水分排除迅速，果樹不受過多水分之阻害。

(9) 水分保持力

1.土壤乾燥速度快，容易旱害。

2.僅在旱季有旱害傾向。

3.土壤保濕力強，水分管理容易。

(10)表土結皮

1.土表堅硬、密實，乾燥時龜裂，結厚皮影響水肥滲入及細根生長。

2.土表平滑，土面缺少大孔洞，較薄的細緻結皮發生。

3.土表沒有結皮，富有孔洞，疏鬆而且容易用手翻動。

(11)土壤質地

1. 土質特別砂性、黏性或土壤中含有大量石礫。

2.土性偏砂或偏黏、但管理上沒發生什麼問題。

3.壤質土(半土砂土壤)

(12)土壤通氣

1.土壤緊實、孔隙極少到幾乎沒有。

2.土壤僅有少量孔隙(小於百分之五的體積比率)。

3.肉眼可見大孔隙呈連續網路分布，多孔洞，是可交換氣體的土壤。

(13)表土深度（表土顏色一般有別於心土）

1.心土接近土表，幾乎沒有表土。

2.表土淺。

3.表土深(大於 30 公分)。

(14)有效土壤深度

1.根伸展範圍極淺(30 公分以內)。

2.根伸展範圍可達 60 公分。

3.根可以伸展至 100 公分的深度。

(15)表土覆蓋

1.表土裸露、清耕管理、僅有少量粗大的有機殘體散落土表。

2.表土撒布少許細碎的有機物殘體做為敷蓋。

3.草生栽培或栽培其他作物來覆蓋土面，或撒布有機物殘體敷蓋全部裸露的地面。

(16)個人的觸感

1.土壤有類似污泥的觸感，或是有滑膩、黏重的觸感。

2.土壤有粉土狀或粗石礫的觸感，拿一小塊土用手指去壓不易碎裂。

3.土壤蓬鬆，用手指去拿它也易碎裂。

(17)個人的嗅感

1.土壤有酸味、腐臭味或化學藥品的味道。

2.土壤沒有奇怪的味道，僅有砂石土場的土味。

3.土壤有香甜、清新的土味。

(18)生物活性

1.土壤生物活性低，不容易發現微生物存在的跡象，有機殘體或堆

肥在土中幾乎不分解。

2.中度生物活性，可以發現一些菌絲或其他微生物活動的跡象，有機物在土中分解緩慢。

3.土中到處可見菌絲或其他微生物活動的跡象，有機殘體或有機肥料在土壤中迅速分解。

(19)土壤肥力

1.貧瘠，生產潛力低。

2.肥力不平衡，需調整。

3.沃土、肥力平衡，生產潛力高。

(20).土壤分析

1.從未做過土壤分析，土壤可能有過酸過鹼、微量元素缺乏或是養分不平衡的危機存在。

2.多年才進行一次土壤分析，不能有效掌握土壤肥力狀況。

3.每兩至三年進行一次土壤與植體分析，同時也虛心接受改良場專家的施肥指導，土壤肥力有上升趨勢但未超過最高等級。

二、植體

(1) 外觀

1.枝稍生長稀疏、葉色不均勻、葉尖枯黃、外觀極不正常。

2.枝葉過密、日照通風不良，枝條粗大異常、節間過長，葉片大而薄。

3.枝葉配置妥當。枝條大小適中且橫斷面質地細緻、節間較短，葉肉厚實，葉片及葉柄的顏色是恰當的綠，不致太過濃綠或顏色太淡，枝條及葉片具有良好光澤。

(2) 生長速率

1.生長緩慢、枝稍不易成熟。

2.生長勢過強，枝稍徒長、成熟緩慢、常有不良現象發生，如流花、果穗小、著色不良等。

3.生長勢恰當，一但進入果實著色期新梢即停止生長，植株栽培管理容易。

(3) 根系

1.根群不健康、褐化壞疽及壞死現象發生、生長緩慢、缺少幼根及

新根。

2.根域淺且大部分根呈水平生長、根部露出土面、新幼根少且伸長受限。

3.根域深廣、新根比率高、根毛多，且根的活動與芽體的活動配合良好。

(4) 養分缺乏

1.枝稍及葉片顯露出多種養分缺乏的症狀。

2.季節變動時期容易發生流花、裂果、脫粒、著色不良等生理障害。

3.全生長期均維持良好的生長勢與生理狀態、無養分缺乏症狀。

(5) 植物荷爾蒙

1.植株極易徒長，連年需要噴施生長抑制劑，花穗也經常需要利用激素來拉長。

2.植株枝梢偶有徒長現象，某些年份需要噴施生長抑制劑。

3.果園施肥適當、灌排水和修剪良好，幾乎不需使用生長調節劑。

三、水域

(1) 地下水化學物質

1.硝酸氮等化學物質在地下水中被檢出且在額定標準以上。

2. 硝酸氮等化學物質在地下水中被檢出但在額定標準以下。

3.無肥料、農藥成份被檢測出來。

(2) 地表水 (排水溝或溪流、池塘等)

1.水體非常骯髒、混濁或黏稠。

2.水體呈棕色帶有雜質和土粉粒。

3.水體清潔、清澈。

綠肥利用與農田地力增進

張金城

行政院農業委員會農糧署

前 言

土壤為作物生產之根基，而肥料為農業生產重要資材之一，且在所有的農業生產資材當中，影響作物生長及產量甚鉅，當土壤中缺乏某一營養要素時，作物生長即受到限制，必須針對缺乏的要素施肥補充，才能增產。而施肥必須適量，過量施肥不僅浪費肥料，且易因營養不均衡導致作物減產或品質劣化，甚至污染環境。此外，每一坵塊農田的土壤肥力不一，不同作物的要素需求量互異，因此，種植不同作物時所需的肥料種類與用量可能大不相同。欲知如何施肥才能求得作物的經濟高產，則必須借助科學的方法進行土壤肥力檢測、植株營養分析、及作物需肥量的診斷。前二者是作物需肥診斷的兩個利器。總而言之合理施肥，將直接影響作物生產和農民收益。

過去在公營化學肥料產銷體制下，政府為減輕農民負擔，採取低肥價政策，肥料價格偏低，農民常有過量施用化學肥料現象，由於國內肥料自 92 年 1 月 1 日起已實施全面自由化，台肥公司亦已民營化，為落實肥料市場自由化及符合市場公平交易原則，政府已不再干預價格漲跌，且我國已加入世界貿易組織，須依照入會規定逐年調降農業補貼，因此，政府對各項農業生產所需消耗性資材之補助將逐年減少，改朝維護農民所得方向調整，諸如設置農產品受進口損害救助基金、實施農產品價格穩定措施及提高災害救助額度等。農作物生產因肥料價格增加之費用，將計入其生產成本中，在實施農產品價格穩定措施（如 95 計畫）時，均一併列入考量，以維護農友收益。

因此，為提高肥料利用效率、促進農田地力永續發展及降低農友施肥成本，政府從技術層面推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位提供之需肥診斷服務所推荐之施肥量、施肥方法合理施肥，減少施肥浪費，並可避免土壤酸化、劣化及污染水源。依據各農業試驗改

良場所多年來試驗示範成果顯示，農民若能依照作物需肥診斷服務所推荐施肥量及施肥方法合理施肥，不但對產量與品質沒有不良影響，甚至有增加產量及改善品質之效益。

綠肥之定義

綠肥乃是將物種植於田間空地，生長一段時間後將其植體併入土壤中以改善土壤中物理性、化學性，就此目的而栽培作物稱為綠肥作物。所謂「田間空地」乃指田間土壤休閒時，前期作物採收後，下一期作物尚未植時田間空閒之土地，亦可指於作物行間之空地，例如在茶園、果園行間較寬之空地種植綠肥。通常於綠肥結莢開花前將新鮮幼嫩植株刈除直接掩埋入土壤中，或配合耕作方式覆蓋地表一段時間，於深耕作業時再將枝葉殘體埋入土壤中。

種植綠肥作物可提供許多好處，最重要的是增加作物產量，改善作物品質，抑制雜草生長，增加土壤養分，維持或提高土壤中有機質含量，避免土壤表面受雨水沖刷，或滲漏，營養分流失，可達減少化學肥料之使用及維護農業環境和諧。

綠肥的種類

(一)植物學上的分類

1. 豆科綠肥：為主要之綠肥作物，如田菁、太陽麻、紫雲英、苕子、埃及三葉草、虎爪豆、羽扇豆及大豆類等。其根部有根瘤菌共生，能固定空氣中的游離氮素，為廉價且無污染之氮肥來源。
2. 十字花科綠肥：如油菜、大菜、蘿蔔等。
3. 禾本科綠肥：黑麥草、看麥娘等，一般兼作飼料用。
4. 蓼科綠肥：蕎麥等。

(二)生長季節及特性上分類：

夏季綠肥：田菁、太陽麻等。

冬季綠肥：油菜、埃及三葉草、苕子、大菜、紫雲英、羽扇豆、蕎麥等。

休耕綠肥：一、二期作休耕田種植之綠肥，如田菁、太陽麻、紫雲英、埃及三葉草、苕子、大菜、虎爪豆、大豆類等。

水生綠肥：滿江紅等。

間作綠肥：果園間作埃及三葉草、苕子、大豆類等、茶園間作羽扇豆(魯冰)。

綠肥在農業生產的作用

(一)綠肥在農業生態系統中的作用

1. 豆科綠肥之生物固氮為重要氮素的來源：氮素為重要肥料，但化肥之生產需耗費大量能源,生產一噸合成氨,約需要消耗 1000 萬大卡能量。而生物固氮能固定空氣中的游離氮素，既省能源又具環保效益。
2. 提高土壤中磷、鉀等礦物養分之有效性：綠肥作物根系發達可深入土中，又能分解有機酸，將土壤中作物根系不能直接吸收的難溶性磷等養分釋放出來，或把深層養分集存到表層土壤中，供作物利用。
3. 改善土壤理化性：綠肥作物增加大量新鮮有機物質及有效養分，改善土壤孔隙度、通氣性、透水性，增加土壤緩衝力。
4. 增加土壤微生物活動：提供微生物的營養及能量，平衡微生物族群，避免病原菌大量繁殖，可增加植物抗病力，並有助於養分水分之吸收，促進有毒物質之分解。
5. 淨化環境與綠美化田園景觀，並防止水土流失。

(二)提高農作物產量與品質：

依台南區農業改良場之長期試驗研究，以五種輪作方式：水稻─大豆─玉米，水稻─田菁─玉米，大豆─水稻─玉米，高粱─宿根高粱─玉米，高粱─大豆─玉米，後作玉米之收量均以田菁綠肥後之玉米產量最高。總收益而言，以水稻─水稻為 100，水稻─田菁─玉米為 139。

據台中區農業改良場於 1998 年起連續三年示範對椪柑、梨、茂谷、桃、葡萄及甜柿等果園進行草生栽培，其結果顯示，椪柑果實糖度提升 1.0~2.2 ^{o}Brix、茂谷柑為 0.4~1.1 ^{o}Brix 及富有甜柿提升 3.4 ^{o}Brix 糖度。

(三)飼料利用價值：

利用綠肥飼養牲畜，先把綠色體中的醣類、脂肪、維生素、蛋白質及礦物質等經動物的消化而轉化為人類能利用之畜產品如肉、蛋、乳等，再以畜糞回到農田，比直接壓青作綠肥更經濟合理。

(四)其他農村副業：

綠肥作物為良好的蜜源植物，如油菜、苕子、埃及三葉草、紫雲英等均為冬季重要蜜源植物，推廣綠肥兼具發展農村養蜂副業。

歷年綠肥栽培與推廣情形

(一)台灣光復初期種植概況：

在農田休閒期種植綠肥作物，為我國傳統有效之肥田方法。台灣光復初期，百廢待舉，物資缺乏，化學肥料未能充分供應，因此，當時農作物所需之養分多仰賴農民自給之有機肥料及於農田休閒期種植綠肥作物提供。

依據「台灣農業年報」之統計，民國 34 年至 50 年代，國內綠肥作物栽培面積每年維持在 12 至 21 萬公頃間，57 年更達 30 萬餘公頃之最高峰，爾後即逐漸下降。此一階段，綠肥作物種類以田菁面積最多，曾佔全部綠肥推廣面積之 40%，其次為大豆，約達 20%。

(二)稻田轉作至水旱田利用調整後續計畫期間種植情形：

由於國人飲食精緻化、多樣化之風尚，米食消費習慣明顯改變，為防範稻米生產過剩，紓解糧食平準基金營運壓力，以及加入 WTO 後，有必要適度調降稻作面積並提高稻米品質，以強化國產米之競爭力。行政院農業委員會自 73 年起陸續推動「稻田轉作計畫」、「水旱田利用調整計畫」及後續計畫，稻作面積已從計畫推動前之 64 餘萬公頃調減至 93 年之 23 餘萬公頃，而且休耕面積有逐年增加趨勢。基於糧食安全問題、國土保安以及國民健康等考量，對釋出之稻田必須預先妥善規劃，因此，特於該等計畫中積極輔導休耕田種植綠肥，以利農業永續經營。

依據「稻田轉作計畫」成果報告之轉作面積結構分析，正期作休耕、種植綠肥面積，由 73 年之 8.8%，躍升為 86 年度之 37.6%，成長約 4.3

倍。至於統計「水旱田利用調整計畫」階段種植之綠肥面積，其推行實績自 87 年之 47,944 公頃，大幅成長至 89 年的 99,801 公頃，增加幅度為 208%。

(三)推動冬、夏季休閒期種植綠肥作物之背景與成效：

民國 60 年以後，受化學肥料肥效迅速、省工方便以及價格低廉之影響，導致使農民普遍忽視綠肥作物之重要性，綠肥之栽培逐年減少，逐造成 79 年台灣地區面積僅剩 7,717 公頃。事實上，農作物若偏重化學肥料施用，短期雖可促成增產之效果，但經年累月下來，會逐漸呈現各種公害污染、地力衰退以及生態惡化等環境破壞。

鑑於農田長期大量施用化學肥料，導致土壤有機質含量明顯不足，土壤理化性呈現劣化之結果，農委會於 79 年起，積極推廣「綠肥作物栽培推廣計畫」，並請種苗改良繁殖場統籌供應國內所需之綠肥種子，同時進行綠肥品種篩選工作，以全額實物補助為誘因，透過各級農政單位與各種文宣媒體之宣導管道，籲請農民認識綠肥，進而栽培利用綠肥。經此一革新作法後，農地休閒期種植綠肥之面積逐漸增加，目前主要之綠肥作物以油菜、埃及三葉草及苕子為大宗，種子則由國外採種進口。依據近三年休閒期平均種植綠肥面積達 7 萬 2 千公頃左右，顯見已建立農民正確耕作觀念，亦提高農地合理利用與管理。而若將各綠肥適時掩埋所生產之有機質肥分換算成氮、磷、鉀三要素化學肥料量，則農民所節省之肥料成本必定具有非常可觀的經濟效益。

綠肥之利用

(一)納入當地輪作制度

1.南部嘉南平原重要輪作制度：

春作	夏作	秋作
水稻	田菁綠肥	玉米
高粱	田菁綠肥	玉米

2.雙期作水田地區：

中、北、東部一、二期水稻之後冬季休閒期種植油菜、苕子、埃及三葉草等綠肥作物。

(二)休耕田種植綠肥：

一或二期稻田休耕，為免休耕田雜草叢生，並維持可隨時復耕，及維持農田地力，乃獎勵休耕田種植綠肥。「水旱田利用調整後續計畫」，選擇低產、品質較差、無適當農特產可供輪作之地區加強推動休耕種植綠肥，輔導稻米朝向單期化生產。

(三)敷蓋或覆蓋：

在山坡地果茶園種植覆蓋綠肥作物，具有良好水土保持功效。據台中區農業改良場於 1998 年起連續三年示範，在台中縣新社、東勢、和平、豐原、彰化縣大村鄉及南投縣等地區之椪柑、梨、茂谷、桃、葡萄及甜柿等果園進行草生栽培推廣，利用豆科綠肥作物如苕子、多年生花生、埃及三葉草及青皮豆等作物種植，長期種植綠肥覆蓋後果園土壤 pH 值略增加 0.6~1.01 單位及土壤有機質累積增加 2.9~33.2 g/kg 含量，降低土壤密度約 0.12~0.5 g/cm^3 使土壤疏鬆，有助果樹根群伸展。品質以椪柑果實糖度提升 1.0~2.2 ^{o}Brix、茂谷柑為 0.4~1.1 ^{o}Brix 及富有甜柿提升 3.4 ^{o}Brix 糖度，果實品質提升改善，有助市場競爭力。

(四)紓減冬季蔬菜生產過賸：

以冬季綠肥取代部分大宗蔬菜面積，減少蔬菜種植面積，可紓減生產過賸壓力。

(五)蜜源植物：

綠肥作物開花，是良好之蜜源植物，提供農村養蜂副業。

(六)飼料作物：

綠肥作物通常也是良好之飼料，如苕子埃及三葉草等綠肥，先作牲畜飼料，糞便再作為肥料。

國內推廣綠肥作物種類

近年來國內推廣綠肥作物種類主要包含大豆台南四號、埃及三葉草、苕子、油菜，田菁等、太陽麻，茲簡介如下：

(一) 大豆台南四號[2]

1.特性

具有籽粒小、生長快速、鮮草量及肥分含量高、覆蓋期長之特性，適合春夏作綠肥栽培及秋作採種之用途，土壤選擇不嚴，以砂質壤土或壤土最適宜，土壤酸鹼度以 pH6.0～7.0 最佳。

2.適栽地區：北、中、南、東部

3.栽培方法：

播種期：第一期作 2～3 月，第二期作 6 月～8 月。

播種量：綠肥栽培，採撒播方式每公頃種子播種量約 30 公斤，若以機械條播，行距 50 公分，每公頃 20～25 公斤種子量。

旱田栽培：前作收穫後，即行整地，將種子均勻撒播田間後，再行耕耘覆土，覆土厚度不宜過深約 2～5 公分，或者直接利用機械作畦播種，或不作畦直播。

水田栽培：水稻收割前一日將種子均勻撒播田面，翌日收割水稻同時，利用收穫機將稻蒿細切舖撒覆蓋種子，可節省整地費用。雨季時，可延後至天氣放晴，撒播再行耕耘覆土，水田應加強排水，以利綠肥大豆生長。

4.田間管理：

播種時農田土壤保持濕潤，但不宜積水，才能提高種子出土率以及幼苗生長勢，撒播種子要落點分佈均勻，可將農田分成數小區再撒播定量種子，提高出土整齊性，增加田間覆蓋效果，抑制雜草滋生。

栽培時為減少蟲害發生，若採集團大面積栽培較為安全，此外，種植期懸掛昆蟲性費洛蒙誘殺夜盜蟲、甜菜夜蛾成蟲，每公頃懸掛 5～10 支性費洛蒙。綠肥生育期超過 80 天以上者，若田間蟲害發生嚴重時，應適時施用殺蟲劑防治一次。

5.翻犁適期與鮮草量

可採耕耘掩埋或不耕耘掩埋，掩埋時期以綠肥播種後 80-130 天或後作播種前 15～20 天以上施用較佳

(二)埃及三葉草

1.特性

埃及三葉草為豆科一年生草本植物，屬溫帶型作物，性喜冷涼氣候，不耐霜亦不耐熱，雨水充足地區之砂壤土生長最佳，耐鹽性高，濱海地區亦可生長，耐蔭性強，可為果園下之覆蓋綠肥。

2.適栽地區：北、中部、嘉南地區、東部

3.栽培方法

播種期：第一期作 2 月上旬至 2 月下旬。秋冬裡作 10 月中旬至 12 月上旬。播種量：撒播每公頃 10～15 公斤。

播種方法：水田採不整地栽培，旱田或果園則以整地栽培為主。

整地栽培：當田區積水排除土壤濕潤時即行整地，整地後撒播隨即淺耕即可。

不整地栽培：水稻收穫前 1～2 天撒播於稻株行間，水稻收穫時將切割的稻桿鋪蓋田區隨即灌溉排水即可。

4.田間管理：埃及三葉草對水份需求較嚴格，乾旱地區每隔 1～2 週灌溉 1 次，雨水多地區則應注意排水。初期生長可酌施氮肥以促進發育。第一次栽培地區種子應接種根瘤菌劑再行播種。

5.翻犁適期與鮮草量

當植株達開花期時即可翻犁，為使充分腐熟，至遲應於後作播種前 15 天翻犁，每公頃鮮草量可達 20～30 公噸。

(三)苕子

1.特性

苕子為越冬一年生蔓性豆科植物，適應性強，能適應各種土壤，台灣自台南以北及海拔 1500 公尺以下之山地均能生長，可為坡地果園下之覆蓋綠肥。

2.適栽地區：北、中部、嘉南地區

3.栽培方法

播種期：第一期作 2 月上旬至 2 月中旬。秋冬裡作 10 月至 12 月。

播種量：撒播每公頃 15～20 公斤，條播（行距 1 公尺）10～15 公斤。

播種方法：水田採不整地栽培，旱田或果園則以整地栽培為主。

整地栽培：當田區積水排除土壤濕潤即行整地，整地後撒播隨即淺耕即可。不整地栽培：水稻收穫前 1～2 天撒播於稻株行間，水稻收穫時將切割的稻桿鋪蓋田區隨即灌溉排水即可。

4.田間管理：播種前施用過磷酸鈣為基肥可促進根瘤生長，第 1 次栽培地區種子須行根腐菌接種，目前尚無接種劑源，可利用已生長良好之苕子田土或種蠶豆、豌豆之田土為接種源混合種子撒種。初期生長可酌施氮肥以促進發育，低窪地區應注意排水。

5.翻犁適期與鮮草量

當植株達開花期時即可翻犁，為使充分腐熟，至遲應於後作播種前 15 天翻犁，每公頃鮮草量可達 25～30 公噸。

(四)油菜

1.特性：為十字花科植物，俗稱菜仔或油菜仔，可分大油菜及小油菜兩種，國內栽培的在來種屬於小油菜，原產中國，植植較小，種子較小，為早熟品種

2.適栽地區：北、中、南、地區

3.栽培方法

播種期：10 月至 11 月

播種量：撒播每公頃 6～9 公斤。

播種方法：水田採不整地栽培，旱田以整地栽培為主。

4.田間管理：生育初期應酌施氮肥及磷肥，以促進生長，適當水份有利生長，但油菜為好濕忌侵的作物。

5. 翻犁適期與鮮草量

當植株達開花盛期時即可翻犁，為使充分腐熟，至遲應於後作播種前 15 天翻犁，每公頃鮮草量可達 20～35 公噸。

(五)田菁

1.特性：為豆科一年生熱帶植物，株高約 2 ～4 公尺，性喜溫暖潮濕的氣候，耐濕又耐鹽分地，對土壤適應性強，惟以栽培在砂質土或壤土為佳，適合台灣夏季短期休閒農地栽培。

2.適栽地區：北、中、南、東部

3.栽培方法

播種期：第一期作 3 月～4 月，第二期作 7 月～ 8 月

播種量：撒播每公頃 20～30 公斤。

播種方法：水田採不整地栽培，旱田以整地栽培為主。

4.田間管理：除特別貧瘠的土壤需施用少量 1 號複合肥料為基肥外，一般土壤可不施肥。土壤過於乾涸時應適時灌溉。大面積栽培宜注意防治切根蟲（夜蛾）為害

5..翻犁適期與鮮草量

夏作生育日數達 60～65 天，或株高約 1.5～2 公尺時即可翻犁，此時每公頃鮮草量可達 20～35 公噸。切忌留置太久以致木質老化不易翻犁及影響後作栽培。

(六)太陽麻

1.特性：太陽麻為豆科植物，植株直立草本，花為黃色蝶形花，原產於印度，性喜高溫濕潤，以排水良好之砂質壤土最適宜，適合台灣農地休耕栽培之綠肥作物。

2.適栽地區：北、中、南、東部

3.栽培方法

播種期：第一期作 2 月～4 月，第二期作 6 月～ 8 月上旬。

播種量：撒播每公頃 25～30 公斤。

播種方法：水、旱田採撒播方式播種，水稻收穫後當日或翌日。

4.田間管理：太陽麻播種後 3～5 天即發芽，苗期切忌乾旱，應注意土壤水份，酌予灌溉。栽植於黏質土壤及雨量較多地區，宜隨時注意排水，以免因浸水枯死。初期生長可酌施肥以促進發育。

5..翻犁適期與鮮草量

播種後 50～60 天株高達 1 公尺以上，莖葉柔嫩時即可翻犁，為使充分腐熟，最遲應於後作播種前 20 天翻犁。翻犁後如土壤水份含量低時，可適量灌水以促進其分解，每公頃鮮草量可達 20～30 公噸。

農田地力維護措施

合理化施肥措施除推薦作物合理施肥量及施肥方法外，尚包含其他土壤肥料技術之綜合應用，以提高農作物產量與品質，並維護農田土

壤永續生產力。諸如：

一、有機質肥料推廣

台灣地區農地土壤因受氣候及集約耕種之影響，有機質之消耗較快，且近年來農村勞力缺乏，較少自產堆肥施用，致使土壤有機質含量偏低，宜積極鼓勵推廣農民施用有機質肥料，以改善土壤理化性與生物性，並解決某些農作物之連作障礙問題，藉以全面提高農地生產力，保育農地生產資源。

為鼓勵推廣農民施用有機質肥料替代部分化學肥料量，政府從民國 75 年度起即辦理有機質肥料推廣工作，並訂定「有機質肥料推廣輔導原則」，當時補助標準，每公頃長期作物施用 8 公噸，補助 8,000 元，短期作物施用 4 公噸，補助 4,000 元補助品目限於領有肥料登記證之「禽畜糞堆肥」及「雜項堆肥」兩個品目；至 90 年度修訂為「有機質肥料推廣輔導要點」，每公斤補助一元， 購用量不限制：91 年度再次修訂「有機質肥料推廣輔導要點」，以獎勵替代補助，獎勵施用有機質肥料增加之成本(運費、工資)，每公頃長期作物 6,000 元，短期作物 3,000 元；92 年度計畫因限於經費，再度修訂獎勵標準每公頃長期作物 4,000 元，短期作物 2,000 元；93 年度廢止上揭要點，將有機質肥料推廣獎勵標準納入年度計畫中實施，本(94)年度計畫獎勵每公頃長期作物 4,000 元，短期作物 2,000 元，規劃推廣 17,000 公頃，及重點作物農田地力綜合改善示範 3,000 公頃。

有機肥料種類多，包括木屑堆肥、樹皮堆肥、禽畜糞堆肥、豆粕類、及綠肥等，其肥效係依其所含有機質在土壤中經微生物分解礦化釋出之養分要素而異，故有機肥料之施用應考量其碳氮比，預估礦化率及可釋出之養分要素量。又連續使用有機肥料時，除當作所施用有機肥料之可礦化量外，前期土壤中有機質之可礦化量亦要評估，才能確實明瞭可由有機質供給之要素量。一般可將化學肥料和有機肥料搭配施用，應將推薦施用化學肥料量扣抵有機肥料可釋出之要素量，才算是合理化施肥。

二、生物性肥料應用推廣

微生物肥料為國家農業生物科技研發重點之一，目前國內已研發根瘤菌溶磷菌及叢枝菌根菌等，將應用推廣於豆類作物接種根瘤菌、瓜類

作物接種菌根菌、溶磷菌，並加強開發各種作物新興生物肥料，有效利用生物資源以替代部分化學肥料。本（93）年度計畫辦理情形如下：

(一)菌種之保存、活化及生產

委由國立中興大學及國立屏東科技大學篩選有益之菌種，因菌種易退化，宜重視保存方法及重新活化功能，利用液體及固體之培養方式，再接種到淨化土壤後，重新與作物共生活化菌種，以利接種劑之生產。

(二)有益菌種篩選、量產製劑

委由中興大學土環系及屏東科技大學農園係篩選有益之菌種並量產製劑，配合全省各地區作物需要，透過區農業改良場規劃推廣使用；也提供部份製劑直接供應函索農民施用。

(三)本(94)年度推廣面績：根瘤菌接種，包括毛（大）豆 5,012 公頃、紅豆 550 公頃、落花生 1,810 公頃；菌根菌及溶磷菌接種，包括瓜果類及花卉及鳳梨等果樹 1,418 公頃，合計 8,790 公頃。

三、綠肥作物之利用

在農田冬季休閒期或第一、二期作休耕期種植綠肥作物，尤其是豆科綠肥作物具有固氮能力，為維護農田地力最經濟有效措施之一。一般短期作物可考慮將綠肥作作物納入耕作制度，長期作物如果樹種植覆蓋性綠肥作物。本(94)年度相關計畫規劃在全省土地利用型農業區域，於冬季休閒田推廣種植油菜 56,330 公頃、埃及三葉草 10,010 公頃 、苕子 14,060 公頃,合計 80,400 公頃；另配合「水旱田利用調整後續計畫」，本年二期(秋)作設置綠肥用大豆台南 4、7 號採種田 365 公頃，預計生產採種種子 547,500 公斤，可供應明(94)年休耕農田種植 21,900 公頃，維持地力及美化田園景觀。

四、其他各項配合措施

如水稻插秧兼深層施肥機，雜糧播種兼雙層施肥機，可節省施肥工資，提高肥料效率；地區性問題土壤改良，如強酸性土壤施用石灰資材如生石灰、矽酸爐渣矯正酸度，以提高肥料效率；壓實及硬盤層土壤深耕改良，改善根域環境與排水，增進地力。

結　語

綠肥作物兼顧農業生產及地力維護，為農田地力之維持最經濟有效措施之一，休閒或休耕農地為維持可耕作性亦以種植綠肥最具效益，果園推廣草生栽培，種植豆科綠肥作物，具有覆蓋果園地被效果、防止沖蝕、保持土壤水分，抑制果園雜草滋生，省去除草工資及減少殺草劑之使用次數等功能，並可達果園合理化施肥之效果，因此，綠肥之利用為永續農業經營管理之尖兵利器；而施肥則是提高農產品產量及品質之有效方法。但要達到施肥預期目的，對於肥料種類、數量、使用方法並應配合作物類別、栽培管理等技術妥善應用，作物獲得充分及均衡養分，才能獲得高產量及品質優之農產品。

隨著社會經濟之發達，國民消費水準提升，對農產品需求高級化、精緻化，作物之肥培管理更不能不重視。施肥不當易導致植物養分不均衡、鹽分累積過剩造成毒害及病蟲害嚴重發生、農產品品質低下等現象。因此，合理化施肥為提升農產品品質重要一環，而瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達成合理施肥必要步驟，農業試驗所及各區農業改良場都能提供作物需肥診斷服務，請農友多加利用。

果園合理化施肥與植體採樣技術

黃維廷、劉禎祺、李豔琪、林毓雯、張庚鵬
行政院農業委員會農業試驗所

前　言

因應政府逐年減少補貼或不再補貼肥料價格之政策，肥料價格將由市場機能反映，推行合理化施肥以減少施肥浪費挹注肥價調整之費用。應用土壤與葉片營養診斷技術推薦施肥，以確保果樹不受最少養分律之限制而能充分生產品質優良之果實，並依循報酬遞減律之原則，使施肥量符合經濟上最大之利益。果樹施肥合理化係增產並改進果實品質，及降低生產成本提升競爭力之有效途徑，尤其我國即將進入世界貿易組織，更應積極從合理化之土壤與肥培管理著手，促進果樹栽培持續發展。

過量和粗率之施肥，不僅肥效降低，肥料養分流失或逸散會污染水源，而逸散的氣體亦具溫室效應，從環保與農業資源永續經營之觀點，肥培實須慎加規範與規劃。

果園土壤管理促進合理施肥

合理與事半功倍之施肥需了解與掌握果園土壤理化性質，從土壤管理著手，土壤提供果樹的機械支撐及空氣、水分、養分等，為果樹生育之基礎，土壤性質影響根的生長，水分及養分的吸收利用，良好果園的土壤立地條件，肥料效果容易發揮施肥量就可減到最少，因而降低施肥成本。一般而言，理想的果園土壤條件與土壤管理要點，大致如下：

a.土層深厚(1 公尺以上)，中質地土層疏鬆排水良好的砂質壤土或壤土

粗質地的石礫地及砂土，雖通氣好但保水保肥力差，須經常灌溉與施肥，細質地粘土粘重，排水通氣不良，根系伸展不易。平地排水不良之果園雨季容易積水，浸水爛根，必須採用高畦及設置排水溝幫助排水，坡地如土層沖刷變淺易受旱害，須注意水土保持。

b.維持土壤酸鹼度 pH 於 5.5～6.5 間

對大部分的果樹而言 pH5.5～6.5 為適宜的範圍，當 pH 值低於 5.0

時，果樹根易受鋁錳毒害，鈣鎂缺乏，磷易受固定，減低有益微生物的活動。pH 高於 7.5 以上，鐵錳銅鋅等微量元素易缺乏，可以葉面施肥補充，氮肥宜選用硫銨。坡地果園，鹽基易沖涮，土壤呈強酸性(pH<5.0)，須施用石灰改善。

石灰的施用法：

1.石灰的種類

強酸性葉片未缺鎂之果園可施用石灰石粉或爐渣，如缺鎂就必須改用白雲石粉(苦土石灰)，以同時補充鎂，對酸性之中和力而言，如以石灰石粉 $CaCO_3$ 中和力為 100，則生石灰 CaO 為 179，消石灰 $Ca(OH)_2$ 為 135，碳酸鎂 $MgCO_3$ 為 119，苦土石灰(白雲石灰)$CaO+MgCO_3$ 為 100-119，另外石灰爐渣，矽酸濾渣及蚵殼粉為中和性效果較低之非純石灰類。石灰粉粒愈細，中和效果愈好。

2.石灰的施用法

pH 低於 5.0 之土壤，採果後均勻撒施全園，樹冠外圍施量應稍多，並須翻土混入 15-30 公分土壤中，(因不易移動須與土壤混合)每株約 5-7 公斤，換算成每年每公頃施量，砂質壤土約 1 噸，壤土或坋質壤土 1.5 噸，粘質壤土 2 噸。石灰宜與腐熟堆肥同施以免土壤硬化，且施後一個月才施用化肥，以免影響肥效。

c.<u>合理的管理土壤有機質，使土壤有機質含量 2%以上</u>

土壤有機質為動植物殘體經土中微生物分解後所餘下安定的黑色腐殖質，其功用為促進土壤團粒構造生成，使土壤疏鬆，改善排水通氣性，並增加保水保肥能力。部分土壤有機質仍可繼續被微生物分解，再釋放養分供作物吸收利用，為營養要素之貯存庫。台灣高溫多雨，土壤有機質分迅速，多數果園例如柑桔有六成以上低於 2%以下，需酌量施用有機堆肥與草生栽培期提高土壤有機質含量。

果園施行草生栽培是比較經濟可行之增加有機質的方法，因施用有機質肥料，不僅價格高，體積龐大而運送及施用均費工，欲達改善有機質含量之目的，每公頃至少須 20 噸以上之堆肥，有機肥如含氮高，施用過多而無酌減施化肥，則植株可能有氮素過高之症狀(夏秋梢旺盛，結果少，轉色遲)，又施用未經發酵腐熟之有機肥，容易傷根。行

株間留草或植草，割草覆蓋樹冠下，及土中的草根俱是有機質之來源，果園中修剪下之枝條粉碎後施入土中亦是有機質之來源，園中種植苕子，多年生落花生，埃及三葉草或紫雲英、虎爪豆等綠肥，不僅增加田園景觀之美，又可保持水土，且綠肥也是有機氮素源，也可減施化學氮肥，一舉數得。

d.供給充足之營養要素

除上述 pH5.5-6.5 及有機質 2%以上外，土壤有效磷 80ppm 以上，土壤交換性鉀與鎂均 100ppm 以上，土壤交換性鈣 1000ppm 以上，俱為果園土壤較佳之肥力狀況。

e.經濟合理之施肥可避免鹽害

台灣降雨量高，只要土壤排水良好，依土壤與葉片營養診斷及施肥手冊推薦施肥，不致施肥過量，而引起 EC 值過高造成的鹽害。

合理的施肥(適量，適期，適當位置與方式)需考慮影響肥效之因素

施肥量的決定，理論上為果實及枝條養分含量扣減土壤天然供給量再除以肥料因沖刷、逸散與滲失後之實際吸收率而得，但實際之估算甚難，經由農業試驗場所的田間試驗，表 1-3 所列柑桔荔枝高接梨之施肥推薦量可供參考，農民依自己果園土壤特性及土壤與葉片營養狀態，考慮下列因素酌予增減調整之。

(1)氣候影響

日照會影響肥效，日照足則光合生產潛力增加，氮肥效果顯著，陰天多氮肥需要量可減少，而鉀肥必須充分供給，始能維持正常之光合速率，高溫有機氮礦化迅速，根之吸收率也高，作物需氮量降低，低溫作物對磷之吸收可能受阻。水分成為限制因子時，作物乾物生產量減少，肥料需要量亦減少。

(2)土壤理化特性

前已述及 pH 對養分之吸收及化合態或有效性之影響，土壤質地差異影響保水保肥力，粗質地之砂土或礫地，施肥量須增加施肥量 30-40%，粘質土則可酌量減施 20-30%。除質地外，有機質含量、土

壤構造、土壤是否壓實與硬盤皆會影響排水通氣性，而直接或間接影響養分之有效性與吸收，故土壤管理為施肥合理化之重要工作。

(3)作物生育習性

落葉果樹或荔枝秋冬休眠忌施氮肥或灌水，否則不利光合成產物之累積，影響翌年開花著果，一般而言，果樹採收後之禮肥及新梢枝葉尚未生長之基肥，較重氮肥，以符合營養生長期之需求，而生殖生長之開花果實發育與肥大成熟之追肥則以磷鉀為重，每種果樹之生育階段皆不同，如能充分掌握瞭解果樹之生育習性，則可於適當時期，對不同比例之氮磷鉀三要素作合理之分配，以滿足果樹生育需求，表 4、5、6 為施肥時期及比率分配，可供農友參考，並依田間生育觀察而調整控制。至於施肥位置與方式需配合施肥時期，開花著果後及果實肥大期之追肥，考慮施工成本，可配合下雨後或灌概後土壤濕潤狀態，全園撒施樹冠下外側，覆蓋雜草植物殘枝葉或覆土淺耕。而基肥的有機肥及石灰宜深耕施入土壤，施溝或施肥穴最下層置放石灰或苦土，中層為有機肥，最上層才置施化肥與覆土。若干深施的方式可輪替使用，例如□環施：樹冠外圍直下四周環狀開溝深及寬各為 20 及 30 公分。□條施：適用高齡果園，兩株間開溝。□穴施：樹冠外圍直下，周圍鑽挖 4-5 穴，深 30-50 公分，直徑 15-20 公分。

表 1、柑桔三要素推荐量（公克／株／年）

樹齡或產量		三 要 素 用 量			換算成台肥複合肥料	
		氮素	磷酐	氧化鉀		
幼樹	一～三年生	75	75	75	四三號	500
	五 年 生	150	150	150		1,000
成樹	40 公斤／株	500	250	375	五號	3,125
	60 公斤／株	600	300	450		3,750
	90 公斤／株	800	400	600		5,000
	120 公斤／株	1,000	500	750		6,250
	150 公斤／株	1,200	600	900		7,500

表 2、梨的三要素推薦量（克／株／年）

樹齡	氮素	磷酐	氧化鉀	折　合　肥　料	有機肥(公斤)
1~3 年生	75	75	75	四十三號複肥 500	5~10
4~5 年生	150~200	150~200	150~200	四十三號複肥 1000~1300	10~20
6~7 年生	550	350	350	四十三號複肥 2300 公克、尿素 500 公克	30~400
8~10 年生	850	500	500	四十三號複肥 3400 公克、尿素 840 公克	40~50
10 年生以上	1200	700	700	四十三號複肥 4600 公克、尿素 1190 公克	50~60

表 3、荔枝施肥量（公克／株／年）

□幼樹：每株全年施肥量（公克）

N(氮肥)	P_2O_5(磷酐)	K_2O(氧化鉀)
100-200	100-200	100-200

□成樹：依去年收量、樹勢、營養抽梢及氣候狀況酌量調整。

N(氮肥)	P_2O_5(磷酐)	K_2O(氧化鉀)
300-500	300-500	300-1000

表 4、柑桔的施肥時期分配率(%)

肥料別	**基肥(採收後)**	**追肥(春肥)**	**追肥(夏肥)**
氮肥	40	40	20
磷肥	50	50	0
鉀肥	30	30	40
品種	**基肥施肥時期**	**春肥施肥時期**	**夏肥施肥時期**
椪柑	11 月~12 月	2 月~3 月	6 月~7 月
柳橙	12 月~ 1 月	3 月~4 月	7 月~8 月
文旦	11 月~12 月	2 月~3 月	6 月~7 月
葡萄柚	11 月~12 月	3 月~4 月	7 月~8 月

表 5、梨的施肥時期及其分配率(%)

肥料別	基肥（落葉後）	追肥		禮肥
		謝花後	中果期	
有機肥	100			
四十三號複肥	70			30
尿素		50	50	

表 6、荔枝的施肥時期分配率：

肥料別	採收後	謝花著果
N(氮肥)	1/2-2/3	1/3-1/2
P_2O_5(磷酐)	如使用單質肥料過磷酸鈣可一次全施，如使用複合肥料則配合氮鉀肥分施。	
K_20(氧化鉀)	1/2	1/2

(4)肥料種類及性質

目前市售之化學肥料有單質肥料、複合肥料、緩效性肥料(常見化肥之要素含量如表 7)，有機肥料也常混入化肥出售，農友常用的有機肥大致可分動物質、植物質、蒿桿類及商品堆肥，詳細種類及要素含量與碳氮比如表 8-11 所列示。肥料施用前宜先瞭解其所含要素之種類型態(如銨態或硝酸態氮肥)與含量，以及何時供給作物吸收利用(分解速率)。尤其是有機肥料一作或一年的礦化分解率必須列入施肥量的估算，以酌扣化肥施用才不致施肥過量。碳氮比高(30-60)之稻蒿、木屑堆肥或樹枝堆肥，土壤中分解慢，一作(水稻)期間之礦化率據測定約為 10-30%，碳氮比低者(8-10)如綠肥、豆粕及雞糞，土壤中分解速率與化肥相近，礦化率幾乎近 100%。碳氮比中等(10-15)之豬糞、牛糞堆肥則礦化率約 85-50%，假如豬糞堆肥之三要素含量為 3.0，2.5，2.2%，而預估礦化率為 80%，則施入每公噸當作要素釋出量將達氮、磷酐、氧化鉀各 24、20 及 22 公斤，均宜自推薦之化肥施量中扣減。

表 7、常用主要化學肥料及有機質肥料要素含量

肥料名稱	要素含量（%）							有機質（%）
	氮素	磷酐	氧化鉀	氧化鎂	氧化鈣	氧化矽	氧化錳	
硫酸銨	21							
硝酸銨鈣	20							
尿素	46							
過磷酸鈣		18						
硫酸鉀			50					
氯化鉀			60					
臺肥1號複合肥料	20	5	10					
臺肥5號複合肥料	16	8	12					
臺肥39號複合肥料	12	18	12					
臺肥43號複合肥料	15	15	15	4				
臺肥1號有機質肥料	1.5	4.0	3.0	1.5	7.0	8.0		60
臺肥2號有機質肥料	4.0	4.0	4.0	1.0	1.0	2.0		60
臺肥特1號有機複合肥料	11	11	11					30

表 8、動物質肥料成分表（%）

肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣
鯡渣	10.0	4.5	1.0		蒸製骨粉	4.0	23.5	0	33.0
沙丁魚渣	9.0	5.0	0.8		皮革粉	12.0	3.4	0	-
鯖、青花魚渣	7.0	11.7	0.3		乾血(血粉)	13.0	2.0	1.0	-
雜魚雜碎渣	7.7	9.3	0.3		鯨肉渣	9.2	1.3	0	0.5
鱈魚渣	7.4	11.2	0.7		鯨骨粉	3.0	25.0	0	-
魷魚渣	2.8	1.0	0.2		骨灰	0	35.0	0	46.0
蟹殼粉	4.5	3.5	0.5	28.5	魚粉	4.8	4.3	0.2	0.5
蝦殼粉	4.6	1.9	0.8		羽毛粉	13.4	0.3	0.1	-
蚵殼粉	0.2	0.1	0.02	28.8	毛髮	13.0	7.5	0.1	-
雜魚小魚蝦	4.5	2.5	0.3						

表 9、蒿類成分表（%）

名　稱	碳氮比	氮	磷酐	氧化鉀	名　稱	碳氮比	氮	磷酐	氧化鉀
稻桿	61	0.6	0.1	0.9	碗豆莖葉		1.0	0.4	1.0
稻殼	72	0.5	0.2	0.7	蠶豆莖葉	38	1.6	0.3	2.0
米糠	20	2.0	3.9	1.5	甘藷莖葉		1.1	0.5	1.3
小麥稈	75	0.6	0.2	0.6	玉米稈	51	0.5	0.4	1.7
高粱稈	73	0.7	0.3	1.9	油菜稈	62	0.6	0.3	1.1
大豆稈	30	1.5	0.5	0.6	茶渣	16	3.1	0.5	0.6
大豆莢		0.8	0.2	2.3	蔗渣	105	0.4	0.1	0.3
花生稈	28	1.7	0.4	1.3	菸葉渣	18	2.6	0.8	5.4
花生	22	1.7	0.8	1.0	菸莖	14	1.7	1.1	5.6

表 10、植物質肥料成分表（%）

肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	碳氮比	肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	碳氮比
大豆粕	7.0	1.3	2.1	5	燒酒粕	5.0	1.0		
油菜籽粕	4.6	2.5	1.4	8	蔥麻籽粕	5.4	2.2	1.5	4.5
落花生粕	6.3	1.2	1.3	8	咖啡粕	2.0	0.5		
胡麻粕	5.0	2.0	1.9		澱粉粕	0.7	1.5		
向日葵粕	5.2	1.7	1.4		菸草粕	2.0	1.5	15.0	
米糠油粕	2.5	5.0	2.0	15	紡織棉粕	0.7	0.5		
醬油粕	3.0	0.8	0.5		海草粉	1.5	0.5	4.0	
芝麻粕	5.8	3.2	1.5	10	椰子粕	4.5	1.2	2.7	
棉籽粕	3.4	1.6	1.0		松樹木屑	0.1			730
					松樹皮	0.2			220

(摘錄自「有機農業驗証檢驗師研習班」講義)

表 11、商品堆肥之成分含量（%）

堆肥名稱	氮	磷酐	氧化鉀	碳氮比
香菇廢棄介質	1.35	1.06	0.44	27
金針菇廢棄介質	0.94-3.5	0.78-4.4	0.48-1.2	
豬糞堆肥	0.9-5.7(2.5)*	0.7-9.4(2.9)	0.1-2.6(1.0)	9-48(15)
雞糞堆肥	0.4-5.7(2.1)	0.7-9.6(3.7)	0.3-6.6(2.1)	6-94(19)
牛糞堆肥	1.2-3.9(2.2)	0.8-5.1(2.3)	0.4-3.2(1.6)	
蔗渣堆肥	1.22	0.25	0.49	21

＊ 括弧內平均值

利用葉片與土壤分析促進合理化施肥

果樹為多年生之深根性作物，而土壤為果樹生長之立地環境，土壤中養分被作物吸收之難易深受土壤酸鹼值影響,土壤有機質及土壤有效性養分含量多寡等肥力與理化特性均與果樹樹體營養及生育有密切的關係；葉片為果樹行光合作用與根吸收之養分進行同化之器官，葉片各要素濃度之變化當可反應作物之營養狀況，並與產量及品質相互關連。應用科學分析的方法(土壤及葉片分析營養診斷)的目的為測知個別果園之肥力與樹體營養狀況，並參酌農友以往的施管理記錄，檢討修訂出經濟合理之施肥措施，推薦農民採行，以矯正果樹營養缺失，提升果實收量與品質，並避免不必要與浪費之施肥，降低施肥之成本。

目前農試所、各區農業改良場與各地農會聯合成立一果園土壤及葉片分析營養診斷服務網，且發展完成果園資訊系統，以電腦進行初步診斷與推薦，再經農改及農會指導人員現場指導與複診，即可送交農友採行。實施營養診斷最重要的第一個步驟，為土壤與葉片樣本之正確取得，如取樣方法錯誤，所採之樣本不具代表性，則徒耗費人力、物力與時間，且將造成推薦錯誤的結果。列舉數種果園土壤及葉片取樣的方法，簡要介紹如下：

(一)梨之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

採樣時期為 5～6 月上旬，採樣部位如圖 1 中所示，採取短果枝上之成熟葉(頂端算起第 3 或第 4 葉)。每株自東西南北各方位之枝條約採 4～6 葉。選擇生長正常樹勢平均之植株，循 U 字型路徑採樣(圖 2)，逢機採約 80～100 葉混合成一樣本，置於塑膠袋內，註明姓名、園址、採樣日期，當日就近送往農試所農化系土壤與植體分析診斷中心或農業改良場清洗處理(如無法當日迅即送件，則須冷藏)，同園內生長特異或疑有障礙問題之植株，可另外採樣調查，但不具代表性。

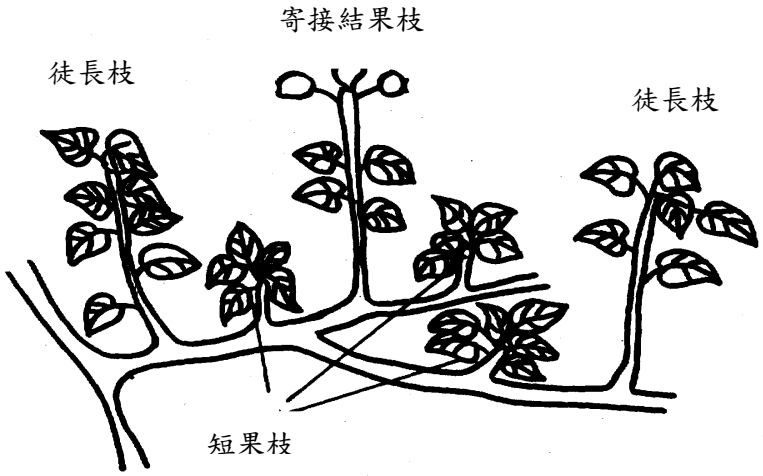


圖 1、梨葉片採樣部位(短枝頂端算起第 3 或第 4 成熟葉)

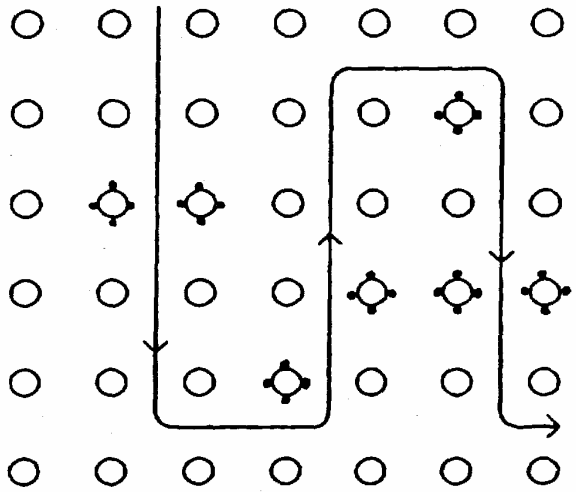


圖 2、循著 U 字形採取葉片的方法

B.土壤採樣方法

準備兩個臉盆及清潔之塑膠袋，標明土壤深度為 0～20 公分，20～40 公分，採樣部位如圖 3 所示位置，於株間即水平棚架上兩樹枝條交會處，或距樹幹 1.0～1.5 公尺以上處，先將土表雜草及其他雜物清除，再以鋤頭，圓鍬或土鑽分別按深度 0～20 及 20～40 公分採取上下等量之土壤，如採到目視可辨之肥料，則須丟棄另於別處取樣，全園視面積大小共逢機採取 6～10 處土壤，分別裝入兩個標有深度之塑膠袋，再註明農友姓名，連同葉片樣本一併送到農試所或農業改良場。

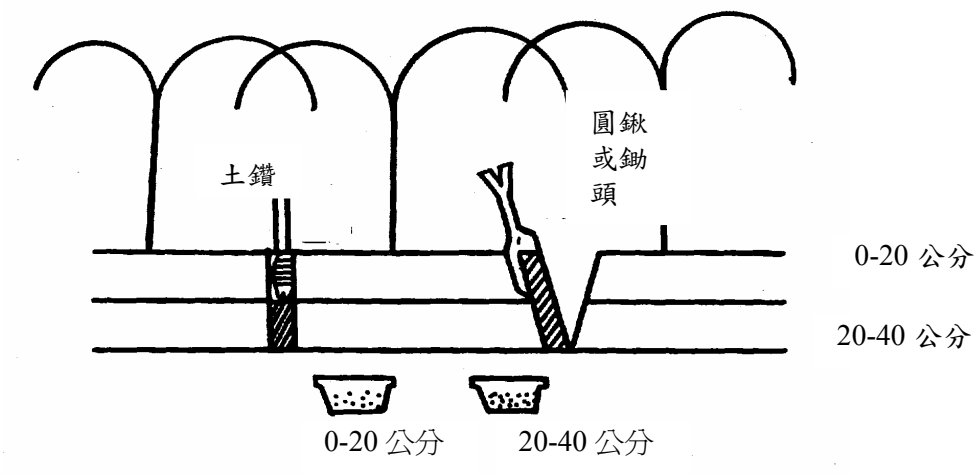


圖 3、梨園土壤採樣方法，株間或水平棚架上兩樹枝條交會處下方，依 0-20，20-40 公分深度，分層採土。

C.填寫施肥記錄

土壤及葉片分析資料，尚需配合農友詳實填寫之施肥記錄，才能診斷出營養缺失(不足或過多)之原因。診斷結果也須根據農友之施肥管理記錄推薦經濟合理之肥培管理措施。故樣本送請分析之同時，請詳細確實填寫，一併送件(表格請參考表 12)。依本所開發之果園營養診斷系統對土壤與葉片分析結果之解釋與推薦之實例如表 13 所示。

(二)柑桔之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

8 月下旬至 9 月上旬採取當年生未結果枝的春梢，自頂端算起的第三或第四個葉片做為樣本，春梢的頂端還必須不長夏、秋梢和果實(如圖 4)。每樹自東、西、南、北方位之肩高處各採一葉，即每樹共採四葉，循 U 字形路徑，逢機選擇生長正常的植株採葉。全園視面積大小，共採取 50 至 100 葉混合為一樣品。置於書寫姓名田、園址與採樣日期之塑膠袋，送件方式如(一)之 A 梨的採樣法中所述；採葉時需注意不可誤採夏、秋梢、結果枝及抽新梢的春梢葉，否則即診斷錯誤。夏、秋梢的葉片通常為鮮綠色，葉緣鋸齒較深且油細胞明顯，易受潛葉蛾危害；當年生春梢葉片則為深綠色、葉緣平整、少有病蟲害。牢記這些性狀有助於分辨。

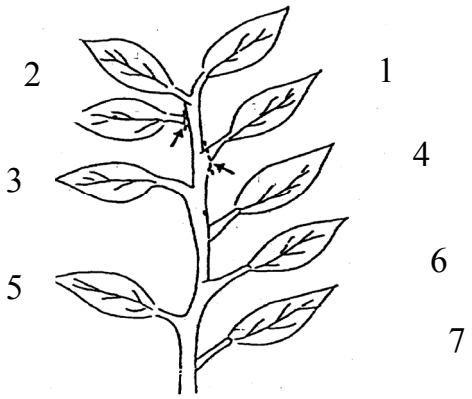


圖 4、葉片採樣部位(春梢無結果枝且為停止梢第三或第四葉)

B.土壤採樣方法

在樹冠外圍直下方採土。先將土表雜草拔除，然後以土鑽、鋤頭或圓鍬等工具依 0～20 公分，20～40 公分兩個深度分別採土(如圖 5)，分盛於兩個容器內。全園視面積大小分散採取 8～12 處，都按採樣深度分別裝入這兩個容器內，再分別混合而成兩個樣品。每一樣品混合均勻後約留取 600 公克，分別裝入標有深度、姓名、及品種的塑膠袋內。送交農試所農化系土壤與植體診斷分析中心。

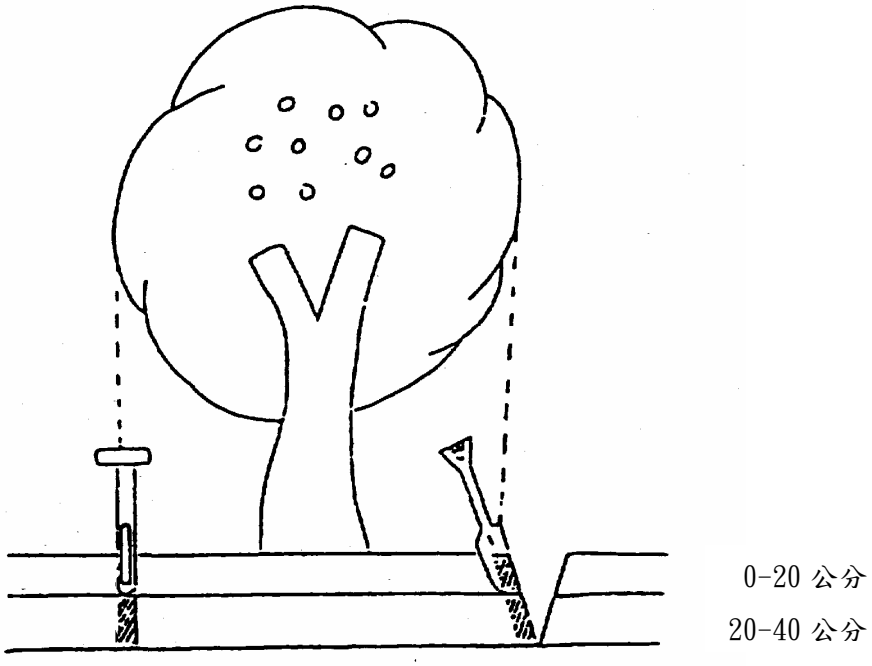


圖 5、土壤採樣部位與深度(於樹冠直下，依 0-20，20-40 公分，分層採土)

(三)荔枝之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

採葉時期為開花期(2-4 月)。採樣部位為花穗下段之剛成熟葉(如圖 6)，全樹東西南北方位均採，每園逢機選 10～20 株具代表性之果樹牌採樣(避免病樹或生長勢特差者)，計約 80～120 片葉子，裝入紙袋或塑膠袋，標明農友姓名，送件地點與方式如同(一)之 A 梨的採樣方法中所述。



圖 6、採葉時期為開花期，採樣部位為花穗下段之剛成熟葉

B.土壤採樣方法

如(二)之 B 柑桔之土壤採樣方法中所述。

(四)葡萄之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

於盛花期採取與花房對生位葉之葉片(如圖 7)，全園視面積大小共逢機採取 50 至 100 片葉，摘下後立即將葉身與葉柄分開(如圖 8)，一同裝入塑膠袋內，標明農友姓名、園址與採樣日期，送件地點與方式如同(一)之 A 梨之採樣方法中所述。



圖 7、葡萄葉片取樣方法，於盛花期採取與花房對生位葉之葉片



圖 8、葡萄葉片摘下後立即將葉身與葉柄切開

B.土壤採樣方法

準備兩個臉盆及清潔之塑膠袋，標明土壤深度為 0-20 公分，20-40 公分，於葡萄株間或行間採土，先將土表雜草及其他雜物清除，再以鋤頭、圓鍬、或土鑽分別按深度 0-20 及 20-40 公分採取上下等量之土壤(如圖 9)全園視面積大小共逢機採取 6 到 10 處土壤，按採土深度分別置入兩個臉盆內混合，混勻後各取約 600 公克土壤分別裝入標有深度及農友姓名、園址之塑膠袋內，送交農試所農化系土壤與植體診斷分析中心。

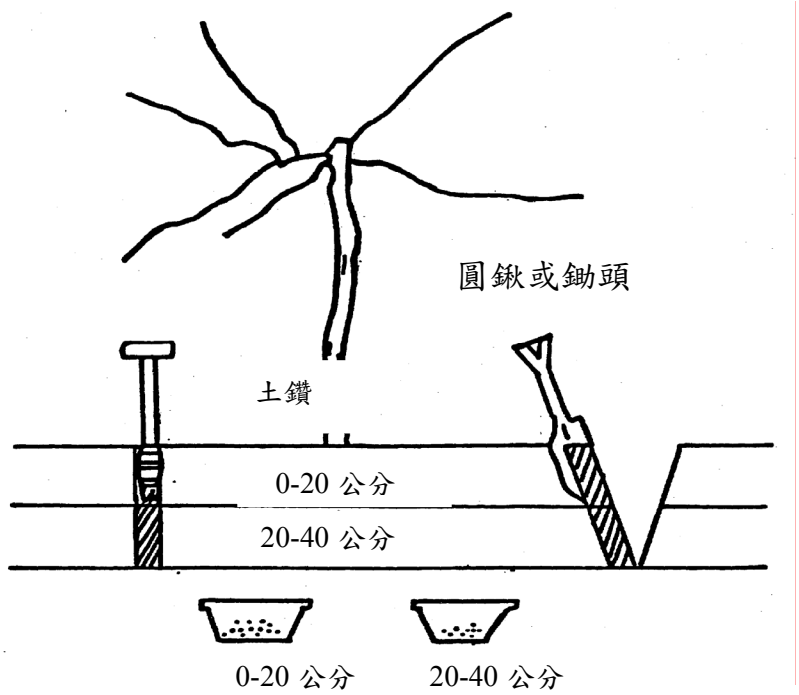


圖 9、葡萄園土壤採樣方法，於株間或行間，依 0-20，20-40 公分深度，分層採土

表 12、施肥記錄表：　　民國____年____月____起

施肥目標	施月日期 ／　／ (年/月/日)	肥　料　種　類、用　量、用　法
基肥		肥料名稱　　每包幾公斤　全園用幾包　或每包下幾株 臺肥複合肥料__號:　_____　_____　_____ □尿素□硫酸銨□硝酸鈣鎂:　_____　_____　_____ 過磷酸石灰　_____　_____　_____ 氯化鉀　_____　_____　_____ 有機肥名稱_____：每包____公斤，全園____包或每包下____株 其他：_____：_____　_____　_____ _____：_____　_____　_____
第一次追肥		肥料名稱　　每包幾公斤　全園用幾包　或每包下幾株 臺肥複合肥料__號:　_____　_____　_____ □尿素□硫酸銨□硝酸鈣鎂:　_____　_____　_____ 氯化鉀　_____　_____　_____ 其他：_____：_____　_____　_____ _____：_____　_____　_____
第二次追肥		肥料名稱　　每包幾公斤　全園用幾包　或每包下幾株 臺肥複合肥料__號:　_____　_____　_____ □尿素□硫酸銨□硝酸鈣鎂:　_____　_____　_____ 氯化鉀　_____　_____　_____ 其他：_____：_____　_____　_____ _____：_____　_____　_____
土壤改良		那一種：□石灰　□苦土石灰　□蚵殼　□爐渣　□其他 用量：一分地施用幾包？_____包，每包幾公斤？_____公斤 用法：□撒施　□條施　□是否與土壤混合？　□有　□無
有機肥料		有機肥名稱_____：每包_____公斤，全園_____包或每包下　株 有機肥名稱_____：每包_____公斤，全園_____包或每包下　株
葉面施肥		名　稱　用　量（稀釋倍數） _____　_____ _____　_____ _____　_____

表 13、土壤與葉片分析診斷推薦之實例

土壤葉片分析診斷結果　　行政院農委會農試所　　04/18/96

果園編號：1
果樹種類：梨　　期作：　　果樹品種：梨　　樹齡：
農戶姓名：黃榮信　　農戶地址：宜蘭縣羅東鎮尚智街 17 之 2 號 3 樓
採樣日期：07/24/84　　果園地點：梨山
每公頃株數：350
地勢：　　坡　　度：
灌溉設施：　　土層深度：
天然災害：　　過去產量：
病蟲害情形：　　防治情形：
生育情形：
＊過去肥料慣用種類及施用量(公斤/株/年)：
化學肥料：
氮素：1.8　　磷酐：0.7　　氧化鉀：1.4
有機質肥料：
興農長壽醱酵：10.0
石灰質肥料：
石灰石粉：4.0
＊土壤理化性質及各要素含量：

深度 cm	酸鹼度	交換性鋁 ppm	有機質 %	CEC	質地	有效性磷 ppm	交換性鉀 ppm	交換性鈣 ppm	交換性鎂 ppm
0-20	5.9	--	9.2	--	未測	328	919	2200	232
20-40	4.2	--	5.8	--	未測	284	261	332	40
40-60	0.0	0.0	0.0	0.0	未測	0	0	0	0

＊CEC(me./100g)：陽離子交換能量　　＊--：未測

分析項目	適中範圍	分析值	等級	修正等級	肥料推薦量及其他建議
氮(%)	2.00-2.60	2.38	中	稍高	按慣用量減 1/6～1/4
磷(%)	0.12-0.14	0.19	高	------	按慣用量減 1/4～1/3
鉀(%)	1.20-2.00	1.93	中	------	按慣用量
鈣(%)	2.30-3.00	1.52	低	------	施白雲石粉 1.5 公噸/公頃，每年繼續施用以改變 pH 至 5.5-6.0 為目標。
鎂(%)	2.30-3.00	0.23	低	------	同上
硼 ppm	21.0-150.0	22.4	中	------	不施。
銅 ppm	10.0-20.0	8	低	------	可能缺銅，應視果園實際情況或經再驗後，審慎推薦，以防銅在土壤中累積。
鐵 ppm	35-45	71	高	------	不施
錳 ppm	30.0-200.0	96	中	------	不施
鋅 ppm	20.0-90.0	25	中	------	不施

附註：1.因鉀鎂比例高，鉀用量應酌減。
2.以上推薦係屬初診，須經現場人員複診認可或修正後方可執行。複診結果應回報農試所便存檔。
3.複診結果：表土之 pH 較去年有改善，底土尚差，葉片鈣鎂低，施白雲石(苦土)建議深施，儘量混入下層土。

未來果園施肥合理化之加強重點

1. 落實葉片與土壤分析營養診斷調整施肥的工作，鼓勵農友勤作記錄，詳實記錄每回施肥種類與用量，累記全年果園之總施肥量，估算每植株的三要素施用量，供第二年依營養診斷的結果進行施肥改善之憑藉與參考(記錄的項目格式參見表 12)。
2. 果園選擇宜平地化，果樹植株修剪矮化，密植者進行疏刪，以利施肥噴藥採收之作業或機械操作，不僅增加光照促進省工管理。
3. 施肥習慣宜調整為少量多次，配合生育期需要適時施用以提高肥效，果實發育期如逢乾旱，坡地果園需重視灌溉管理與設施，平地的水分管理除灌溉外，宜注意改善排水，避免鹽分毒害物質累積之問題。
4. 推行植生覆蓋或草生栽培，果園植體殘株或收穫物之非經濟部分力求回歸土壤以保育水土。

作物之合理化肥培管理

張庚鵬、李艷琪、黃維廷、林毓雯、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

台灣耕作土地面積不大，且因漸漸步入開發國家之林，勞工成本高，加上小農制之屬性，因此一般以大型機械操作之大規模農作如糧食作物等，或需密集勞力操作、栽種容易之農作如部份蔬菜、花卉及果樹等，在入關後，先天上勢將無法與許多國家一較長短。參考世界在農作之之土地面積、人口、開發程度等各方面與台灣相彷彿，在生產上又已獲致成功而值得吾國學習者莫如荷蘭。荷蘭農作最精髓、能屹立世界農壇長久不衰者即為設施內之精緻栽培。

在設施精緻栽培中，作物之肥培管理通常採用養液栽培。狹義的養液栽培係指在設施溫室內，以養液管路灌溉，完全掌控作物生長所需的所有養分，以不帶（或帶極少量）養分的介質（如水、泥炭土、岩綿、砂等）栽培之方式稱之。廣義的養液栽培乃指不論在露地或設施內，不論栽培介質為何（土壤或任何介質），不論具備灌溉管路與否，凡依作物生長之需要，將溶解性肥料溶於水中，再施於作物（根系或葉面）之施肥方式均稱之。養液肥培管理之所以重要，乃因其能因應氣候、環境、栽培模式、作物特殊需求等因子，於最適當時機充分供應作物生育需求之各種養分，而造成高產與高品質。此正是合理化肥培管理之重要精髓，亦正是台灣明日農業上，進步農友所必需具備之技藝。下面將就作物之合理化肥培管理作詳細的介紹。

植物生長必需元素之種類、生理機能及利用外觀營養障礙徵狀進行營養診斷之要領

(一)必需元素之種類及生理機能

植物生長所必需的元素，到目前為止，被確認的共有 16 種。另有

數種(例如矽、鈉等)則在特定條件下，能促進植物生長，稱為有益元素。這 16 種必需元素為碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯。其中碳、氫、氧可由空氣和水中取得，另外 13 種元素，在正常情況下，由根自土壤溶液中取得。此 13 種元素若根據植物正常生長所需要之吸收量來區分，可分為下列兩類：

1.大量元素：包括氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫等六種元素。其中氮、磷、鉀等 3 種元素，因需要量最大，最容易缺乏，所以最早被應用為肥料，稱肥料三要素。鈣素在一般土壤中含量豐富，只有在強酸性的土壤或退化田中，才有必要施用石灰補充鈣量。鎂素在強酸性土壤(例如紅壤)及砂質土中容易缺乏，須施用鎂質肥料補充。硫素在本省由於三要素等肥料之普遍施用，尚未聽聞缺乏之實例。

2.微量元素：包括鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯等七種元素。此七種元素植物雖需求量甚微，但在植物生理上卻不可或缺。由於需要量甚微，所以缺乏與過量中毒之間差距很小，在施用微量元素肥料時須注意不可超施。鐵素在土壤中含量豐富，引起缺鐵的原因，多是吸收過多錳或鋅導致鐵的不平衡，及因土壤 pH 值太高使鐵素不能有效化所造成。錳素缺乏多發生在中性及鹼性且富鈣質之土壤；另外，在水份充足的強酸性土壤，則容易發生錳過量之毒害。一般土壤不會缺銅，除非特殊有機質土或砂土，才有發生缺銅的可能。鋅素缺乏常發生於鹼性或石灰質土壤，還有，當氮、磷、鉀肥(尤其磷肥)施用過多時容易誘使鋅素缺乏。硼素在粗質地的酸性土或 pH 值高且富石灰質的土壤中容易缺乏，另在多雨地區，或長期灌溉含硼量低的水，都會使植物缺硼。鉬素缺乏的情形很少見，當土壤 pH 值低於 5.5 及栽種對鉬需求量較多的作物(如花椰菜、菠菜等)時較容易發生。氯素在自然界中普遍存在，尚未有缺氯的報告。

上述之植物必要元素，不論是大量或微量元素，對植物的正常生長都具有相同重要的地位，並且任何一種營養元素的特殊功能不能被其他元素所代替。各種必要元素在植物的新陳代謝、生長發育和後代繁殖扮演著重要的角色：

碳、氫、氧—構成植物體內水和有機物的主要成份，佔植物體重的大部

分。

氮—植物體內蛋白質、葉綠素、核酸和酵素的組成分。

磷—生命細胞的必要成分，植物用以合成核酸；合成高能磷酸結合物，以儲存、運轉能量，參與糖類之合成及水解等。

鉀—對糖類的運轉及澱粉的合成極為重要，並參與氣孔保衛細胞開合的功能。

鈣—細胞壁的組成分，且可與植物體內有毒的草酸結合，達成解毒的效果。

鎂—葉綠素的組成分，及多種與植物生長有關酵素的活化劑。

硫—三種含硫氨基酸的成分，為蛋白質合成所必需。

鐵—合成葉綠素的觸媒劑，也是呼吸、光合作用及共生固氮作用酵素的活化劑。

錳—合成葉綠素的觸媒及多種與植物生長所需酵素的活化劑。

銅—多種酵素的活化劑及合成維生素 A 所必需。

鋅—植物體內數種酵素系統的重要成分，控制著植物生長調節劑的合成。

硼—使植物體內之分生組織的分化順利進行，及促進碳水化合物的轉移。

鉬—使植物體內之硝酸態氮素還原成氨，以合成蛋白質。

氯—幫助光合作用之進行。

(二)各種要素障礙之徵狀

植物對特定元素之缺乏或過剩，會在外觀，尤其是葉片上出現特別之症狀。由此種症狀可以判斷植物何種養分障礙而採取對策補救。由於此種方法不需儀器，簡單易行，在田間工作不失為一簡易判別植物要素障礙之方法，故為現場工作人員及農民所歡迎。植物要素障礙症狀之判別方法簡單介紹如下：

1.要素缺乏

各種元素在植物體內之功能及移動性難易各有不同，故其缺乏徵狀在植物體呈現之部位各也有差異。若依各種要素在植物體內之移

動性難易來區分，可分為下列三類：

(1)在植物體內移動性中等之要素，缺乏症狀發生於全株葉片者；如氮、磷、硫、鉬等。

氮—生長緩慢，發育不良，全株葉片黃化，老葉有較嚴重之傾向。

磷—葉片變小，葉色暗綠，成熟遲延，很多作物莖葉並呈現紫紅色。

硫—生長減緩，成熟遲延，全株葉片黃化，幼葉有較嚴重之傾向。

鉬—缺乏徵狀與缺氮相似，有些植物葉片有捲曲、葉緣燒焦、斑狀萎黃等徵狀。

(2)容易在植物體內移動性之要素，缺乏症狀發生於下方成熟葉者；如鉀、鎂等。

鉀—生長緩慢，莖幹瘦小，抗惡劣環境能力差，成熟葉葉尖及葉緣焦黃乾枯。

鎂—老葉葉脈間部分引起黃化(有些植物葉緣亦黃化)，與葉脈周圍之綠色成明顯對比。

(3)不易在植物體內移動性之要素，缺乏症狀顯著於新葉者；又依其頂端組織枯死與否分為列兩類：

A. 新葉變形，莖的頂端組織易枯死；如鈣、硼等。鈣—初期葉色呈不正常之暗綠，繼而新葉彎曲，葉尖白化、褐變枯死。果菜類之蕃茄尻腐、白菜及芹菜之心腐皆因缺鈣引起。

硼—新葉變厚、變脆、變黃、捲曲、凋萎和壞死，生長點之生長停止、死亡，果實或根莖部位有凸狀隆起或壞死斑點、中心部分黑變或褐變等。

B. 通常莖的頂端組織不枯死，如鐵、錳、銅、鋅等。鐵—老葉維持正常而新葉則變黃至白色。

錳—與缺鐵徵狀類似，但葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵者明顯。某些蔬菜如蕃茄、甘藍、等缺錳時由則老葉先發生黃化徵狀。

銅—生長受阻，幼葉黃白化、葉片捲曲等。

鋅—莖長度變短，新葉變小、變窄、叢生，葉色灰綠，葉脈

間發生斑黃化等。

2.要素過量產生毒害

導致要素過量的原因有二種；一種是人為因素，例如施肥過量等。第二種是自然因素，例如特殊的地形、土壤、氣候條件等。下面簡單介紹幾種要素過量產生毒害的徵狀：

氮過量—輕微時枝葉生長過度繁茂，葉色濃綠；嚴重時葉片變小、變厚、變濃綠，生育非常緩慢。

錳過量—蔬菜類作物錳過量常導致全株葉片之葉尖及葉緣黃化、燒焦、捲曲等。

硼過量—蔬菜類作物硼過量與錳過量之徵狀甚為相似。

鐵過量—鐵過剩之徵狀，最初小棕色斑點出現於下方葉片的尖端及葉肉，漸擴及上部葉片，嚴重時整株葉片呈暗棕色。

(三)由外觀診斷要素障礙之步驟

由外觀診斷要素障礙時，應先注意避免與病蟲害、葯害及其他因子(如缺水)混淆；特別是某些毒素病的症狀，與要素障礙之徵狀甚為相似，容易導致錯誤的結論。而後，應儘量依循下列之步驟，詳細的調查及謹慎的分析研判，以免作出錯誤的判斷：

1. 現地調查

調查時期應儘量配合徵狀的發生時期。例如蔬菜作物缺鐵之黃化，常因高溫時期栽種於鹼性土壤，當高溫條件消失時缺乏徵狀即緩解或消失。故若不能把握正確的調查期，易導致混淆的研判。

2. 聽聞徵狀發生的經過：

(1)如係最近才發生，而過去沒有，很可能與病蟲害有關。如發生已久，並且在同一地區普遍發生則可能與要素障礙有關。

(2)若發生多年，但在乾旱之年特別顯著，則有缺硼之可能。如其發生在潮濕之年顯著，則可能與錳過多之毒害有關。

(3)調查農家的施肥管理情形，如發生多年，但只限於部份農田，則可能與農家之肥培管理有關。例如石灰施用過多可能導致硼、鋅缺乏，磷肥施用過多可能導致鋅缺乏，鉀施用過多可能導致鎂缺

乏等。

3.土壤及地形調查：土壤如屬鹼性則可能與鋅、鐵、錳等元素缺乏有關，若屬酸性則可能與鎂、鈣、鉬等的缺乏，鐵、錳的過剩有關。另外，土壤剖面形態及排水情形亦應注意；鹼性水田土壤排水不良易缺鉀、缺鋅，酸性水田土壤排水不良易導致鐵之過剩毒害。

4.徵狀觀察與判斷：應就發生要素障礙植物之葉片、果實等作詳細的觀察及記錄，並與各要素障礙之徵狀圖鑑比對，再作出可能性的判斷。值得注意的是，由外觀症狀診斷要素障礙必須十分謹慎，不可驟下結論。一者不同植物、不同品種間的要素障礙徵狀常有差異，容易發生混淆；再者田間發生的要素障礙常見不是單一元素之障礙，而是多種元素障礙之複合徵狀；因此，很難就外觀即作出肯定性的判斷。

5.植物體及土壤分析

當外觀症狀診斷沒有十分把握時，即應配合進行植物體及土壤之分析。所得分析資料再與上述現地調查之記錄參考比對，作出進一步之確認。若懷疑仍然存在，或者想更進一步在田間進行實地改良，即應進行下列之步驟。

6.盆栽及田間試驗

盆栽試驗乃使用問題土壤以盆栽栽培，使植物要素障礙症狀重現，並依據第 5 項所得之資料，加上若干處理，以觀察其改良效果。盆栽試驗簡易、方便，其結果可作為田間實地改良之重要參考。但若田間之要素障礙已相當嚴重，需作緊急之補救，亦可參照盆栽之試驗方法，直接進行田間試驗。

(四)本省易發生要素障礙之土壤

植物之發生要素障礙與否，主要由土壤之要素供應狀況決定。而土壤之要素供應情形，主要由三項因素決定；第一是成土因子：例如石灰質土易缺乏鋅、錳、鐵、硼等，紅壤易缺乏鎂、硼、鉬等。第二是土壤酸鹼度值(pH 值)：土壤 pH 值對植物生長之影響很大，而其對營養要素的影響方面主要在要素的有效性。例如根據土壤調查，彰化的粘板岩沖積土含有效錳甚高，而南投的紅壤地區含有效錳甚低；但後者在潮溼

之年某些植物易發生錳毒害，前者卻偶有缺錳之情形發生。此乃由於 pH 值高低對土壤錳之有效性影響極大之故。第三是施肥情形：例如差不多所有土壤，對供應植物氮、磷、鉀等要素的需求均感不足，但由於三要素肥料的普遍施用，一般在田間甚少看見這三種要素的缺乏。下面介紹幾種本省較易發生要素障礙之土壤，以供參考：

鎂缺乏—植物之鎂素缺乏在本省可說甚為常見,但並非所有鎂素缺乏土壤施用鎂質肥料均能得到有效改良。通常強酸性土壤(例如紅壤)及坡地土壤缺鎂之情形最為嚴重，但若欲施用之鎂質肥料有顯著之產量回應，一般而言，土壤之交換性鎂須在 50ppm 以下。

鈣缺乏—通常發生在強酸性、鈣含量低的土壤，尤其在高溫的夏季。

硼缺乏—本省東部縱谷的片岩石灰岩混合沖積土、紅壤、彰化及宜蘭的粘板岩沖積土等的土壤有效硼含量較低，當氣候特殊或栽種需硼素較多的植物時，易有缺硼徵狀發生。

鋅缺乏—易缺鋅的土壤，在東部有海濱火山灰質土壤，花蓮之片岩石灰岩混合沖積土已因施用鋅肥得到改善；西部鋅含量較低的土壤為嘉南、雲林、彰化的砂頁岩及粘板岩沖積土。

鐵缺乏—易發生於石灰質土壤、沿海之鹽分地及 pH 值較高的粘板岩沖積土。

氮過量—土壤之氮過量主要由於施用過量的氮肥所致。梗軟弱，易致倒伏。

錳過量—強酸性、尤其 pH 值低於 4.0 以下之土壤，由於錳的溶解度很高，在潮溼之年易發生錳吸收過量之毒害。

作物之合理化肥培管理

所謂合理化肥培管理，簡單的說，就是讓所施用之肥料達成最高效率的生產量的肥培管理方式稱之。但是，要達成這種目標可不容易。首先，得先明瞭栽植土壤（或介質）之理化性質，然後，按所栽種蔬菜作物之特性（長、短期採收，品種差異等），參酌不同生育時期（苗期、營養生長期、生殖生長期等）、氣候（光照強弱、溫濕度高低等）、栽培

方法（設施或露地栽培、灌溉方法等）等因子之影響，以適當比率、適當量之肥料，適時以最佳的施用方法施用。接著，以一套簡單而實用的方法來進行肥力監控也是必須的，當栽培環境（如大量雨水沖淋等）或作物生育條件（如大量採收果實等）發生變化時，可以隨時掌握土壤肥力變動情形，而給予適當的肥料補充，使作物能達到高產量及高品質之生產目標。

由上述可知，影響肥培管理的因子眾多，並且各因子間通常都環環相扣。只要其中有一個環扣鬆掉了，就有可能讓整個作物生產遭受到嚴重的負面影響。因此，在栽種作物之前，先擬定一套完整的施肥計畫是必須的。唯有針對現場實際的需求，將肥料的種類、施用量、施用法進行適當的調整，才能真正達成合理化之肥培管理。以下將對影響肥培管理的重要因子作進一步的介紹：

(一)栽培基質

無論栽培基質為土壤或其他介質（如泥炭土、岩綿、水等），其物理（如質地、團粒結構、孔隙度等）及化學（如酸鹼度、有機質、要素含量等）性質均與肥培管理息息相關。在擬定肥培管理流程時，基質之理化性質常被列為最優先考量之因子。下面簡單列舉幾個較典型的基質理化性質影響肥培管理事例，以供參考：

1. 在粗質地土壤（如砂質土、石礫地等）栽種作物，由於土壤之保水保肥力均弱，施肥方式宜採用少量多施；若一次施用多量的肥料，不僅易造成肥傷，且肥料也易大量流失。
2. 坋質粒含量高、團粒結構不佳之土壤容易在大雨襲打或高水位淹灌後，土壤表層結成一層硬皮。當結皮現象發生時，施於土表的肥料就不易為作物所吸收，根系也易因通氣不良而生育不佳。因此，在作物栽種前，即宜預作處理；或在土表覆蓋一層有機質（如稻草、蔗粕等）以防大雨直接沖擊；或加入大量有機質與土壤混拌，以改善土粒之團聚性；或採窄畦、低水位淹灌之方式；皆有助於防止土壤結皮現象之發生。
3. 部份地區土壤中要素含量不均衡，易引起栽種作物之要素缺乏或過剩毒害。例如在強酸性紅壤易發生缺鎂及錳毒害；在石灰黏板岩沖

積土（如濁水溪流域）因土壤 pH 值高，易發生鐵、錳、鋅、硼等元素之缺乏。栽種作物前，即應預作防備。

4. 採用無土養液栽培作物時，其介質不同，則供液方式及養液之要素組成亦應不同。例如以椰子殼、蛇木屑等栽種作物，由於介質質地粗，給液宜以噴灌方式；若以泥炭土、岩綿等為介質，則可以選用滴灌或噴灌。若以泥炭土栽植作物，由於介質錳鐵比過高，初期應多供給鐵而少給錳，以防缺鐵現象發生。若以岩綿為介質，由於介質 pH 值高，栽植初期應多供給鐵、錳以防缺乏。

(二)生育特性

蔬菜作物的種類繁多，其生育特性也不盡相同，肥培管理自應針對不同之生育特性作必要之調整。以下將針對幾種重要的生育特性及其肥培管理之重點作簡單之介紹：

1. 生育時期：簡單分為苗期、營養生長期、生殖生長期（蔬果作物等）。苗期栽培僅須少量肥料，肥料過量易致生育不良或肥傷。營養生長期當以較高比率之氮肥為主，以生產足量的枝條及葉面積。生殖生長期則應適度將氮肥降低，提高鉀肥，因此時若氮素過多，枝葉繁茂將對果實不利。
2. 採收期區別：蔬菜作物若依採收期長短，可區分為短期及長期作物。短期作物如葉菜類等，其採收期常集中在一小段時間內；長期作物如果菜類等，其採收期可維持數月以上。短期作物之肥培管理著重於基肥之使用，追肥只用於輔助不足。長期作物因須長期維持植株之生育旺盛，而基肥僅能維持一段時間，因此追肥之使用技術相當重要。由於經年採收，其氣候因子變化較大，肥培管理也須要相應調整，此點在第（三）項中將再作說明。
3. 品種：不同品種常須搭配不同之肥培管理。以番茄為例，大粒種之農友 301 系列、亞蔬系列（四、五號）及小粒種聖女，在高溫條件下栽培，其因缺鈣造成尻腐病之嚴重程度依序為：農友 301、亞蔬、聖女。因此，在鈣素之管理上亦須有所區別。

(三)氣候因子

氣候因子對作物的影響是相當鉅大的，蔬菜作物自然也不例外。除

了生理方面的影響，在營養上，氣候因子也扮演著相當重要的角色。氣候對作物的影響一般主要的因子為光照、溫度，露地栽培者尚有雨量等。光照及溫度影響作物對營養要素的吸收及利用率，水分（如雨水，灌溉水等）使加入的肥料溶解，如此才能為作物的根系吸收及利用。

一般說來，高溫高光照的條件下，氮素的吸收及利用特別的快，因此作物常呈現新生枝葉繁茂的景象；此時，可能導致巨量元素如鈣的缺乏（鈣素在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低）及鉀的潛在性缺乏（鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂），或微量元素如鐵的缺乏。而在低溫低光照時，作物的生育速度緩慢，此時，應提供較高濃度的氮肥及磷肥（磷素在低溫時，被吸收率大幅降低），以促進作物的生長。

水分是作物生長所不可或缺的要素。正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛。在營養上，水分是營養要素（肥料）溶解的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。在設施栽培中，水分常可藉由所設置的管路供應；但在粗放的露地栽培中，水分常由灌溉溝渠或雨水提供。值得注意的是，雨水提供的水分量由於難以掌控，常易發生肥料大量流失的現象，是故如何預防及補救亦為肥培管理的重要項目之一。

(四)肥料之選擇

肥料的種類可說五花八門。以種類區分，有化學肥料、有機肥料、微生物肥料；以性質區分，有單質肥料、複合肥料、綜合性肥料；以釋放速率區分，有速效性肥料、緩效性肥料。在眾多肥料種類裏，應該挑選何種肥料施用？何種肥料最能達成高產、高品質的目的？在抉擇肥料的種類之前，下列三個原則是必須先明瞭的：

1. 已知作物生長所必需的營養要素有巨量要素：氮、磷、鉀、鈣、鎂、矽，微量元素鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼，及碳、氫、氧（可由空氣及水中取得）。肥料之使用（不論選用任何種類、性質之肥料），其主要目地均在適時、適量地補充作物所不足的營養要素。
2. 除了少數含有毒害物質（如有害重金屬、酚酸等）之肥料外，肥料無所謂優劣，只有各具不同性質之差異而已。例如，化學肥料要素

成份含量高、速效，不當使用易致肥傷。有機肥料含有廣泛之營養要素，緩效，在部份問題土壤中多施且可改良理化性，但肥效低且難以精確掌控要素比率。

3. 肥料之選擇，務須考量所栽種作物之生育特性、栽種基質之理化性及氣候因子之影響。在作物生育特性方面，例如栽培短期內採收的葉菜，選用有機肥或化學肥均能達成效益；若栽培長期採收的茄子，則速效性追肥的選用即顯得重要。在栽種基質之理化性方面，如栽種基質為極粗（如砂土、石礫地等）或極細（如重黏土）質地之土壤，多施用有機質肥料以改善理化性質實為良策。在氣候因子之影響方面，例如在高溫高陽的季節栽種作物，氮素易致過剩，若選用一般有機質肥料，宜添加鉀肥含量高的化學肥或有機肥。

考量上述三項原則後，再依肥料之價格，及個人現有的設備與操作習慣，即可選出適合於個人使用之肥料。

(五)肥力監控

為了讓所栽培作物能達成高產、高品質之目的，恆定地維持基質中適當的要素比率及要素量（即最佳肥力）是必須的。然則，肥力如何監控呢？一般說來，最精確的肥力監控方式為，定期（且為短期，須能顧及生育過程中的變因）採取基質及植體樣本，進行要素分析，如此即可精確地測知基質及植體中之要素比率及含量。可惜的是，要素分析常須昂貴的儀器及需耗去相當多的時間、人力，因此此法常礙滯難行。依據筆者多年的田間經驗，應用簡單的 EC（電導度）測定法似為一較可行之肥力監控法。由於基質的 EC 測定容易（僅須取一份基質，加入五份純水攪拌後即可由電導度計測定），而經由電導度值即可粗略得知基質中之要素總量。

但此等肥力監控法須特別注意二項原則；第一：得先建立 EC 值與肥力之關係式，如基質 EC 值為某數值時，氮、磷、鉀等要素之濃度為若何，升高或降低時，各要素之濃度又變化若何，如此，吾人即可直接由基質之 EC 值來判斷要素之總量，並定出適當肥力之 EC 值範圍。第二：由於基質之 EC 值僅表示基質中要素之總量，並無法表示各要素之比率；因此，當所使用的肥料多樣化（不同肥料之要素比率不同）時，

或作物栽培環境有變動（如大雨使基質中之氮肥大量釋出）時，即使其EC 值相同，由於要素比率不同，對於作物而言，應有不同的肥力意義界定。

結　語

施肥在栽種作物上既然扮演如此重要的角色，因此，在栽種作物前先擬定一套合理的肥培管理辦法是絕對必要的。而養液肥培管理技術乃是跳脫傳統之施肥模式，將高溶解性化學肥料操作得更得心應手的一種施肥技術，通常應用於具高經濟作物之精緻栽培。故維持適當而穩定之土壤肥力及高肥料利用率，乃是促使作物達成高產量及高品質之最佳方法。

設施栽培之合理化施肥技術

陳鴻堂

行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘 要

設施栽培之土壤鹽分大部分都累積在表土 0～5 公分土層，其土壤電導度 EC 值大於 1.5 dS m^{-1} 者佔 53%，分析與肥料有關的鹽類如 Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^{+}、Na^{+}、Cl^{-}、NO_3^{-}、$H_2PO_4^{-}$及 SO_4^{2-}等(養分)離子，台灣中部四大土類均以 SO_4^{2-}及 NO_3^{-}濃度最高，顯示設施內土壤鹽分累積與農民施肥有顯著的相關。設施內栽培作物若施肥不當則在栽培一年以上時，其土壤電導度值就達 0.97 dS m^{-1}（土：水 1：5），直接影響不耐鹽作物發芽及生長。解決設施內土壤鹽分累積的對策中，採用去除鹽分累積土層或浸水 20 天時，分別可以降低土壤電導度 82.2 及 64.9～78.6%，維持作物正常生長。設施栽培之作物每期作每公頃施有機質肥料 1-2 公噸時，氮素施用量降低 50-75% ，亦可維持設施蔬菜正常產量，避免土壤累積肥料鹽分可維護土壤之永續生產力。

前 言

設施栽培就是應用各種現代化科技資材，改變或控制農作物生產環境，進行作物保護栽培，達成作物產期調節，品質提高、增加產量或減少病蟲害等目的，所進行的作物保護栽培方法。由於改變作物的栽培環境，必須投入必要設施資材，因此與傳統栽培比較結果，相對的須花費較高的設施成本，所以已經投入及架構完成的栽培設施，除非已嚴重損壞或土壤產生連作障礙，該設施之變動的機會很小，因此栽培設施環境經營管理良好時是可長期永續利用的。設施栽培可分為土耕設施與無土栽培設施兩大類，土耕設施作物與一般傳統栽培作物均須以土壤為生長的基質，因此在長期栽培作物的情況下，必須實施正確之土壤管理及合理化之施肥技術，以避免土壤劣化及連作障礙影響作物生長。

設施土壤與肥料關係

（一）設施土壤累積肥料鹽分概況

通常作物的施肥除了考慮該作物的養分需求量外，還必須注意栽培土壤的養分供應特性，以減少施肥過量造成浪費及肥料鹽累積，污染土壤與地下水源，尤其採用阻絕雨水進入來保護作物之塑膠布栽培設施內，因所施的肥料無法被雨水淋洗，造成土壤累積肥料鹽分，使植物的根吸收水分受阻。農業上土壤累積鹽分是因氣候和灌溉條件所形成。一般都發生在乾旱或半乾旱地區，因該地區水分蒸發量高，而雨量又少，不足以將植物根系土層的鹽分淋洗，而形成鹽土，佔地球表面耕地面積25%(張新軒，1979)。台灣雖然是處於濕潤區，但亦有約 3 萬公頃之鹽分地，佔台灣耕地面積之 3.3%(王明果，1978)，分布在台灣西部沿海，北自彰化，南至台南一帶。土壤鹽分來源大多數由於早期海水浸漬，海水倒灌，鹽霧，含鹽分高的地下水及雨量分布不均勻所致。台灣鹽分地土壤鹽分以氯化鈉為主（王百祿等，1989），在脫鹽(Desalination)過程中鹽類離子比例的變化決定於土壤特性，透水性較好的粘板岩沖積土含鈉(Na^+)、硫酸根(SO_4^{2-})及氯(Cl^-)離子較多，透水性較差的砂頁岩沖積土含鈉(Na^+)及氯(Cl^-)離子較多。這些離子累積在土壤造成土壤滲透壓升高，作物種子及根無法吸收水分，限制土壤的利用。測定土壤鹽分的方法通常是以測定風乾土之土壤飽和抽出液電導度來表示土壤鹽分濃度(Rhoades,1982)，並以測定土壤溶液電阻(ohm)的倒數來表示土壤電導度，即在每一公分的 mhos 或 S (Siemen)。土壤溶液的抽出除了以風乾土之土壤飽和水抽出外，尚有用土：水比 1：1、1：2 及 1：5 (w：ｖ)等方法抽出，其不同水土比抽出液的測值與飽和抽出法的關係如表一所示(陳鴻堂，1992)。以土水比 1：5 抽出液所測得之土壤電導度值換算飽和土壤水抽出液之電導度時，粘板岩需乘以 5.64，砂頁岩非石灰性沖積土需乘以 5.99，砂頁岩與粘板岩混合沖積土需乘以 5.65，而紅壤則需乘以 7.11，若不考慮土類時則需乘以 6.11。此與日本位田(1981)估計乘以 6.0，關東溫室土壤研究所(1966)乘以 6.76 及 Sandon(1984)乘以 6.4 之報告結果相似。一般而言含有較多的水溶性離子(鹽分)時，其土壤電

導度就越大，反之則較小。土壤在接受肥料後因未被作物吸收及未被淋洗流失的部份有許多是以水溶性狀態累積在土壤，因此測定土壤電導度可以大略判斷土壤累積之肥料鹽分的量。據筆者調查本省中部四大土類設施內土壤電導度的頻度如表二所示。日本學者三好氏(1978)指出，土水比為 1：5 之土壤電導度在 0.8～1.5 dS m^{-1} 時，對多數作物生長有不良的影響，本省中部設施內表土 0～5 cm 之土壤電導度高於低值 0.8 dS m^{-1} 者，佔全調查數之 73%，且有一半以上大於高限 1.5 dS m^{-1}，而設施外栽培表土 0～5cm 之土壤電導度高於低值 0.8 dS m^{-1} 者僅有 22%(表二)。另根據 Ende(1989)測定 75 荷蘭溫室內土水比 1：5(w：v)的土壤電導度平均為 0.93 dS m^{-1}，而台灣中部 30 個設施內 0～5 cm 深土壤之電導度平均為 2.01 dS m^{-1}，顯然本省中部設施內土壤較荷蘭高出一倍，值得注意。因此可知本省中部設施內土壤多有鹽分累積情形，且有 50% 以上屬嚴重情況(EC 大於 1.5 dS m^{-1} 者)，故值得設施栽培業者及農政單位注意。表二亦顯示表土層中土壤鹽分多累積於 0～5 cm 深度，因 5cm 深土層只見少數調查點之 EC 值介於 0.8～1.5 dS m^{-1}，而土壤深度至 10 cm 以下則已無大於 0.8 dS m^{-1} 者，顯示此深度以下土壤已無鹽分累積。本省栽培設施內土壤鹽分累積情況嚴重，分析其原因除與農友在栽培上之過量施肥有關外，另一方面是設施內溫度通常較設施外高，文獻曾經報導設施內外溫度相差 9℃，使設施內土壤水分蒸發較露天者多，及設施內灌溉方式改變使土壤累積之鹽分不會被灌溉淋洗，加上設施內亦缺乏自然降雨淋洗，因此設施內形成類似乾旱或半乾旱地區之土壤環境，而使設施內較易造成土壤鹽分累積。

表 1 不同水土比與飽和抽出法土壤電導度值及其倍數關係(陳鴻堂,1992)

樣品	$EC^{(1:5)}$	$EC^{(1:2)}$	$EC^{(1:1)}$	ECe	ECe / $EC^{(1:5)}$	ECe /$EC^{(1:2)}$	ECe /$EC^{(1:1)}$
	dS m^{-1}						
粘板岩石灰性沖積土							
L1	1.40	2.90	4.70	7.10	5.07	2.45	1.51
L2	3.90	7.70	12.70	20.90	5.36	2.71	1.65
L3	5.42	10.50	17.60	28.80	5.31	2.74	1.64
L4	6.70	13.30	22.30	42.10	6.28	3.17	1.89
L5	7.00	16.10	29.50	41.70	5.96	2.59	1.41
L6	8.40	16.70	28.10	49.10	5.85	2.94	1.75
平均					5.64±0.46	2.77±0.26	1.64±0.17
砂頁岩非石灰性沖積土							
S1	1.50	3.30	3.60	12.10	8.07	3.67	2.02
S2	1.00	2.00	3.70	5.80	5.80	2.90	1.57
S3	0.31	0.47	1.30	1.79	5.77	2.52	1.38
S4	1.12	2.41	4.30	6.52	5.82	2.71	1.52
S5	1.02	2.00	3.83	4.58	4.49	2.29	1.20
平均					5.99±1.29	2.82±0.37	1.44±0.21
砂頁岩與粘板岩混合沖積土							
M1	0.61	1.39	2.72	3.51	5.75	2.53	1.29
M2	2.30	4.50	8.20	13.80	6.00	3.07	1.68
M3	0.83	1.82	3.18	4.32	5.20	2.37	1.36
平均					5.65±0.40	2.66±0.37	1.44±0.21
紅 壤							
R1	0.16	0.33	0.58	0.81	5.06	2.45	1.40
R2	0.57	1.27	2.39	4.73	8.30	3.72	1.98
R3	2.10	4.70	8.60	20.50	9.76	4.36	2.38
平均					7.71±2.41	3.51±0.97	1.92±0.49
總平均					6.11±1.35	2.89±0.56	1.63±0.31

ECe：飽和土壤水抽出液電導度。

$EC^{(1:5)}$、$EC^{(1:2)}$、$EC^{(1:1)}$分別為土：水=(1:5、1:2、1:1，w:v)土壤水抽出液電導度。

表 2 土壤中不同深度土層各級電導度值之頻度

土壤深度	電導度值之頻度		
(cm)	<0.8 dS m^{-1}	0.8-1.5 dS m^{-1}	>1.5 dS m^{-1}
設施內栽培			
0～5	8(27)	6(20)	16(53)
5～10	27(90)	3(10)	0(0)
10～15	30(100)	0(0)	0(0)
15～20	30(100)	0(0)	0(0)
20～25	30(100)	0(0)	0(0)
25～30	30(100)	0(0)	0(0)
30～35	30(100)	0(0)	0(0)
35～40	30(100)	0(0)	0(0)
40～45	30(100)	0(0)	0(0)
45～50	30(100)	0(0)	0(0)
50～55	30(100)	0(0)	0(0)
55～60	30(100)	0(0)	0(0)
設施外栽培			
0～5	14(77)	1(6)	3(17)
5～10	18(100)	0(0)	0(0)
10～15	18(100)	0(0)	0(0)
15～20	18(100)	0(0)	0(0)
20～25	18(100)	0(0)	0(0)
25～30	18(100)	0(0)	0(0)
30～35	18(100)	0(0)	0(0)
35～40	18(100)	0(0)	0(0)
40～45	18(100)	0(0)	0(0)
45～50	18(100)	0(0)	0(0)
50～55	18(100)	0(0)	0(0)
55～60	18(100)	0(0)	0(0)

（二）施肥量與土壤電導度的關係

施肥是提高作物產量與品質的必要措施，調查設施內施肥量與土壤電導度的關係結果顯示，每年每公頃氮素施用 100 公斤，約可增加土壤電導度(1：5)0.37 dS m^{-1}，施用鉀肥 100 公斤約增加 0.52 dS m^{-1}，其施用量與土壤電導度值之相關係數分別為 0.90 及 0.89，呈顯著的正相關，其中鉀肥對土壤電導度的影響又大於氮肥(圖 1、2)。是故設施內蔬菜園施用的化學氮及鉀，可能有許多未被作物吸收而殘留累積在土壤，造成土壤累積水溶性離子，升高土壤電導度。

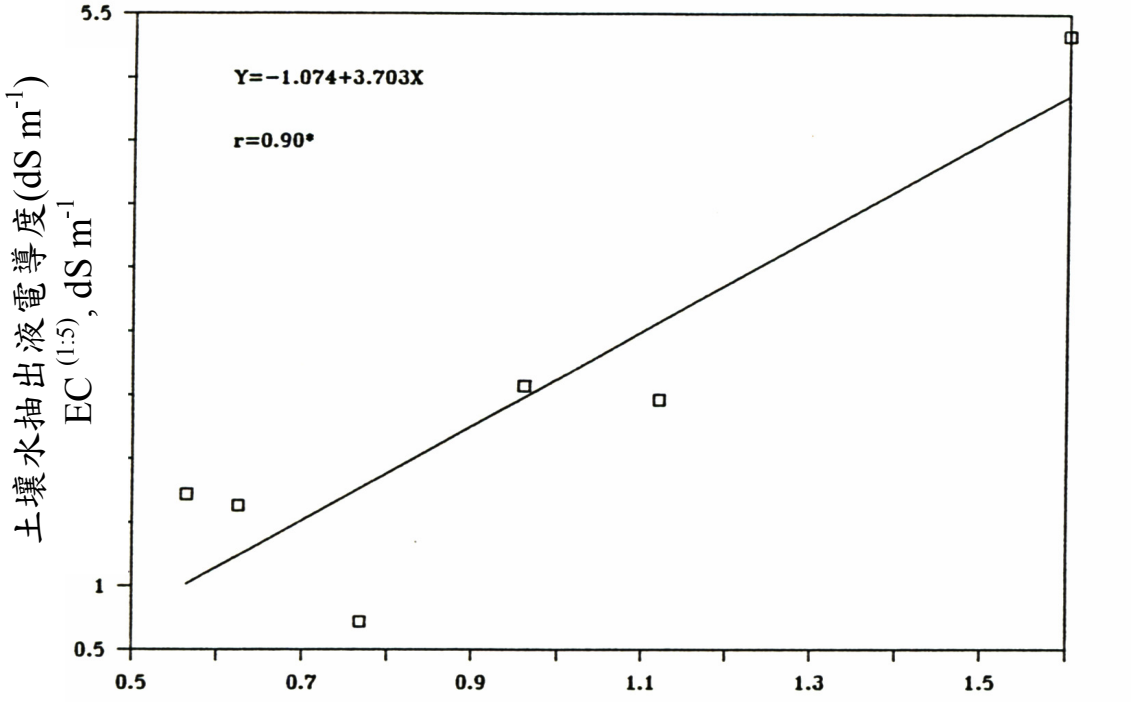
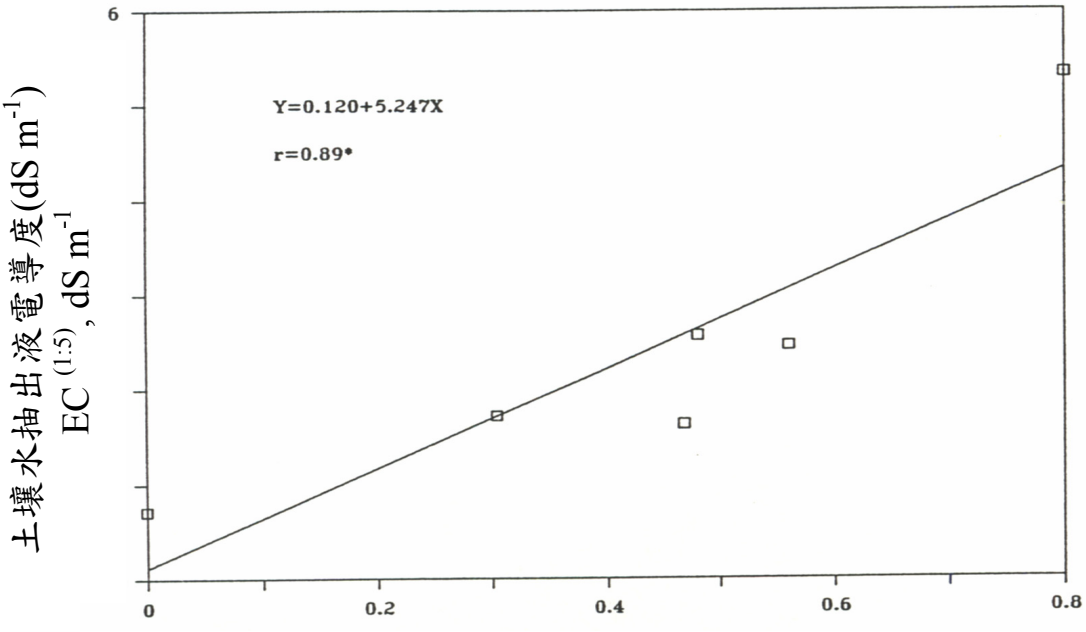


圖 1 設施內化學氮肥(**N**)施用量與土壤電導度的關係



圖二、設施內化學鉀肥($\mathbf{K_2O}$)施用量與土壤電導度的關係

（三）土壤中累積肥料鹽的種類

土壤電導度值是估算土壤鹽分累積的綜合值，由於土壤溶液之化學成分對作物生長有很重要的影響，故本試驗分析構成土壤溶液之一般離子(位田，1981；Ende,1989)。土壤溶液中水溶性離子濃度顯示(表三)在粘板岩石灰性沖積土,其測定之水溶性離子濃度順序為 $SO_4^{2-}>NO_3^-> Ca^{2+}>\ Cl^->\ Mg^{2+}>K^+>Na^+>NO_2^-> H_2PO_4^-$，而砂頁岩非石灰性沖積土為 $SO_4^{2-}>NO_3^->Ca^{2+}>Na^+>Cl^->K^+>Mg^{2+}>H_2PO_4^->\ NO_2^-$，砂頁岩與粘板岩混合沖積土者為 $NO_3^->SO_4^{2-}>Na^+>Ca^{2+}>Cl^->K^+>Mg^{2+}>H_2PO_4^->NO_2^-$，紅壤為 $Ca^{2+}>NO_3^->SO_4^{2-}>Cl^->Mg^{2+}>Na^+>K^+>H_2PO_4^->NO_2^-$此結果顯示，水溶性離子濃度順序隨土類不同而異，但皆以 SO_4^{2-}或 NO_3^-之濃度較高。而以 $H_2PO_4^-$、NO_2^-最低，此結果與Ende(1989)及日本關東溫室土壤研究所(1966)之報告結果類似。另以調查之 30 個設施內表土 0～5 cm 深之土水比為 1：5 之土壤電導度與 SO_4^{2-}及 NO_3^-做迴歸，發現兩者相關極顯著(圖三、四)。

表 3 土壤抽出液離子濃度(土：水 1：5 w：v)

土類	離子濃度(coml kg-1)									Total
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Cl^{-}	NO_2^{-}	NO_3^{-}	$H_2PO_4^{2-}$	SO_4^{2-}	
黏板岩石灰性沖積土	5.38	2.36	2.16	2.11	4.82	ND※	7.32	ND	7.55	31.7
砂頁岩非石灰性沖積土	1.80	0.442	0.69	1.10	0.924	0.006	2.64	0.064	3.28	10.9
砂頁岩與黏板岩混合沖積土	1.26	0.540	0.613	1.46	1.06	ND	2.33	0.037	1.86	9.16
紅壤	1.94	0.667	0.430	0.650	0.738	ND	1.86	0.005	1.64	7.93

※ND：檢測不到

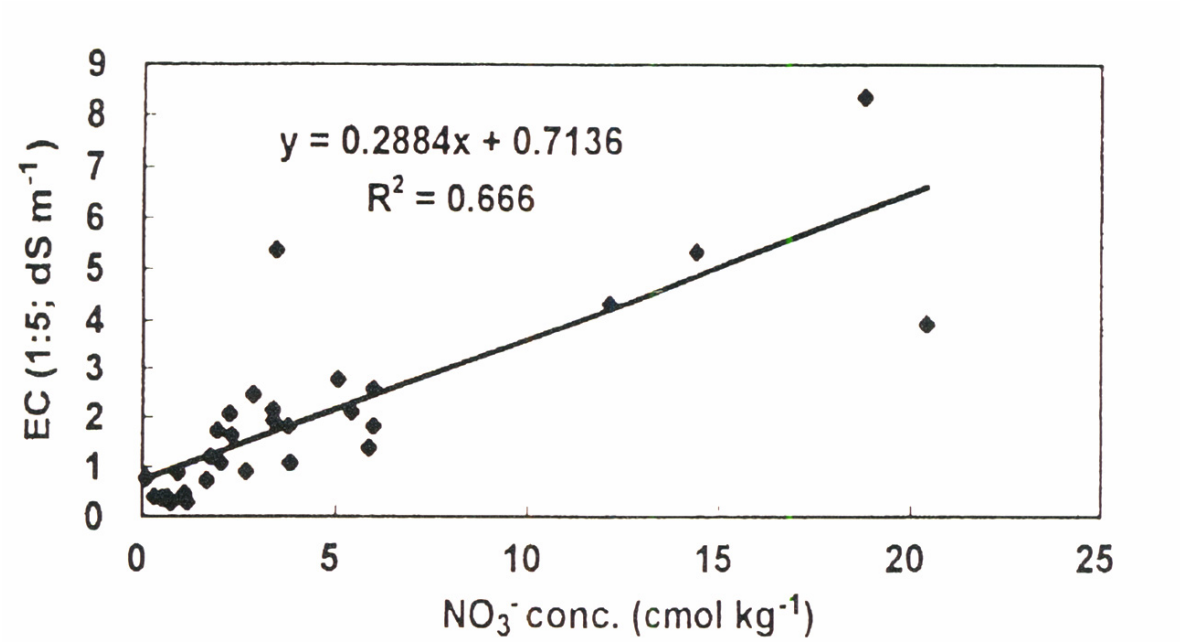


圖 3 設施土壤 EC 值與抽出液中 NO_3^-濃度之直線迴歸

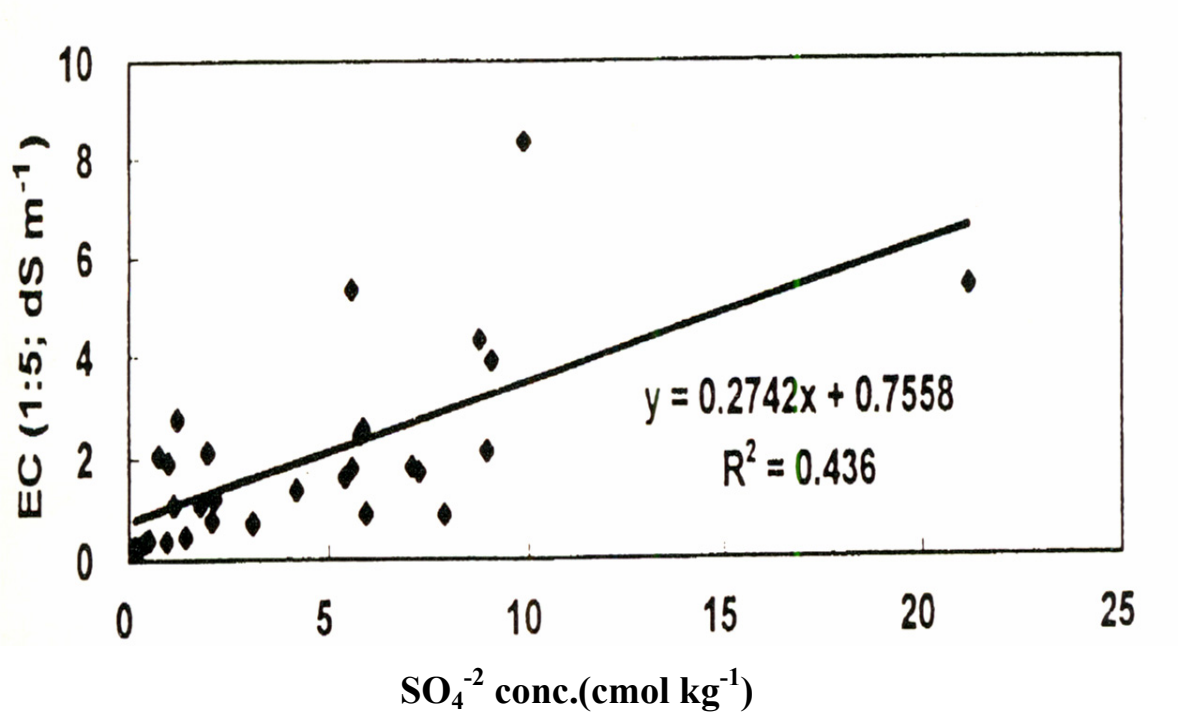


圖 4 設施土壤 EC 值與抽出液中 SO_4^{2-}濃度之直線迴歸

（四）設施使用年數與設施內土壤鹽分累積的關係

設施使用年數愈久，其施入土壤之肥料量愈多，故設施栽培年數對土壤鹽分累積之影響是值得重視之問題。圖五顯示 30 個栽培設施內 0～5 cm 深土壤，發現栽培者利用設施栽培作物達一年以上者，設施內土壤之電導度即達 0.97 dS m^{-1}，設施栽培達二年以上者，設施內土壤之電導度即超過 1.5 dS m^{-1}，換言之設施栽培經營二年後，即有鹽分嚴重累積情事，尤其經營三年以上者，其土壤 0～5 cm 之 EC 值平均達 2.6 dS m^{-1} 以上, 對作物有負面影響(三好洋，1978；湯村義男，1976)，以常見之白菜、萵苣為例，其土壤飽和液之 EC 在 7 dS m^{-1} 以上(即 1：5 土水比土壤抽出液約為 1.2 dS m^{-1})即減產 50%以上(嚴式清，1991)，故此間業者在經營設施栽培幾年後，因栽植不易而廢耕之現象，應與土壤鹽分嚴重累積有關。

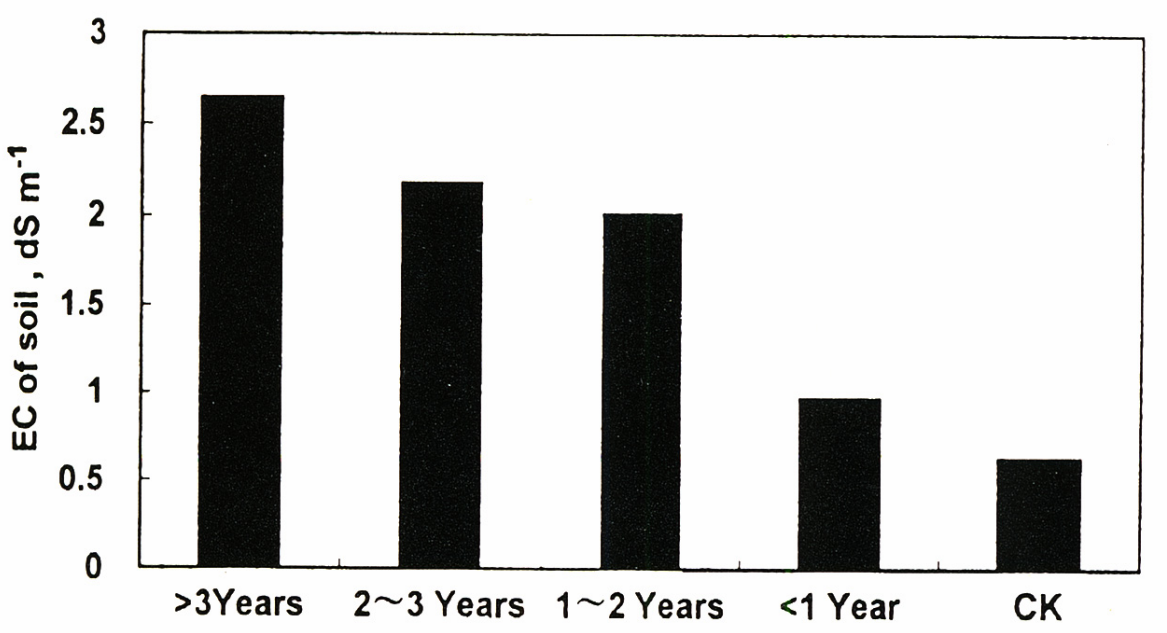


圖 5 設施栽培年數與土壤 EC 值

設施土壤肥料鹽累積之解決對策

（一）設施內土壤鹽分累積改良方法的擬定

最早係採用一般鹽分地的改良方法，就是採用淋洗的方法。石川(1985)指出設施土壤 EC 值(1：5)為 1.673 dS m^{-1}，經相當於 1.1m 雨量的浸水處理後,土壤電導度降低為 0.183 dS m^{-1}。中島(1984)比較浸水 61 天與種植馬齒種玉米及水稻等吸肥力強之作物後，設施土壤電導度值，發現浸水後表土 0～17 公分土層電導度降至 0.07 dS m^{-1}，而對照區 0～15 公分 EC 值，則仍高至 1.55 dS m^{-1}。郭孚耀(1989)在設施甜椒連作田進行浸水 7～10 天的結果，土壤 EC 值降低 60%。另外，三好(1978)指出鹽類濃度高的胡瓜栽培溫室，全面深耕 30 公分深，可以使 0～10 公分表土層的土壤電導度下降為 1.0 dS m^{-1}，比未深耕的電導度 2.5 dS m^{-1}，降低了 1.5 dS m^{-1}，並提高胡瓜產量 13%，若前述之一般深耕法再配合以寬 40 公分，深 50 公分的行狀深耕後，在深耕行上定植胡瓜，其表土 0～10 公分土壤 EC 值，更可降低為 0.5 dS m^{-1}，且胡瓜可增產 19%嶋田(1979)指出將鹽分累積的表土與鹽分含量正常的底土互換的深耕法，對鹽分在土壤的含量有稀釋作用，並且可以使灌溉水容易入滲下層，若適

當的增加灌水量也可以將累積鹽分溶在灌溉水中，而隨水分往下滲透以去除鹽分。

Shannon(1984)指出種植萵苣可以在播種後噴灌 48 小時，來防止土壤乾燥及鹽分累積。嶋田(1979)指出去除鹽分過量累積，亦可在設施休閒期，栽培青刈用之禾本科作物，如玉米，則可去除約 46%的鹽分，雖然此效果不如浸水法(除鹽效果 85%)好，但也是一種可行的除鹽方法。在施用高 C/N 的有機物質於鹽分累積的土壤中，如施稻草(C/N=64.4)之殘體後所偵測到的土壤水溶性 NO_3^-—N 含量可降低，並維持 60ppm 之濃度約 6 個月。嶋田(1979)指出要根本改良設施內鹽類累積土壤的最有效方法乃是把累積鹽分的土壤搬出設施外，另外客以沒有鹽分累積的土壤。為了探究本省中部蔬菜設施內鹽分累積之經濟有效的改良方法，陳鴻堂(1992)在彰化縣永靖鄉二林(Eh)土系前作為空心菜已有鹽分累積之設施土壤進行兩個改良方法試驗：(一)探耕至表土以下 50 公分＋牛糞 3 公噸/公頃(代號 1)、客以稻田土壤 5 公分＋牛糞 3 公噸/公頃(代號 2)、去除鹽分累積土壤 5 公分＋牛糞 3 公噸(代號 3)、施牛糞 20 公噸/公頃(代號 4)及施牛糞 3 公噸/公頃(代號 5)；(二)浸水 20 天後施牛糞 3 噸及僅施牛糞 3 噸，並種植葉萵苣和小白菜。評估不同土壤改良方法對土壤及蔬菜生長效果，以提供設施內土壤管理參考。

（二）數種鹽害改良方式對設施蔬菜產量及發芽率的影響

改良處理對葉萵苣產量的影響，在田間設施栽培條件下，由於葉萵苣對鹽分的忍受度屬於中忍受級，因此五種改良方法，其改良效果隨土壤電導度 EC 值下降而提高蔬菜產量，順序為(去除鹽分累積土壤 5 公分＋牛糞 3 噸/公頃)＞(深耕至表土以下 50 公分＋牛糞 3 噸/公頃)＞(施牛糞 3 噸/公頃)＞(客以稻田土壤 5 公分＋牛糞 3 噸/公頃)＞(施牛糞 20 噸/公頃)。去除表土鹽分累積改良區，葉萵苣產量為 18,006 公斤/公頃，比只施牛糞 3 噸/公頃的對照區產量 441 公斤/公頃，增產 39.8 倍(表四)，試驗中的其他改良方法因土壤電導度無法降低，使得發芽率只有 0.01～31.5%。造成田間葉萵苣有很多的缺株直接影響產量。

一般設施栽培的萵苣平均有 19,000～27,000 公斤/公頃的產量(廖芳

心等，1988)。鹽分累積土壤影響葉萵苣的產量主要因子是鹽分濃度。Richard(1954)指出，萵苣對鹽分的耐性為中等。嚴式清(1991)指出飽和土壤抽出液(ECe)值 2、3 及 5 dS m^{-1} 時，分別對萵苣會減產 10、25 及 50%。顯示土壤電導度是影響蔬菜發芽率與產量的主要限制因子。浸水去除鹽分累積改良區，葉萵苣及小白菜產量分別有 17,143 及 26,603 公斤/公頃比對照區 2,202 及 4,210 公斤增產 6.7 倍及 5.3 倍(表五)。

表 4 土壤改良方法對葉萵苣產量及發芽率的影響

處　　理	產量(公斤 公頃$^{-1}$)	發芽率(%)
深耕至表土以下 50 公分+牛糞 3 噸 公頃$^{-1}$	2,427	22.3
客以稻田土壤 5 公分+牛糞 3 噸 公頃$^{-1}$	566	10.5
去除鹽分累積土壤 5 公分+牛糞 3 噸 公頃$^{-1}$	18,006	44.8
施牛糞 20 噸 公頃$^{-1}$	131	0.04
施牛糞 3 噸 公頃$^{-1}$	441	0.54

表 5 浸水 20 天後種植蔬菜後土壤電導度、蔬菜產量及發芽率

採樣時期	$EC^{(1:5)}$ dS m^{-1}		產量(kg ha^{-1})		發芽率(%)	
	浸水 20 天	對照	浸水 20 天	對照	浸水 20 天	對照
浸水前	5.33					
葉萵苣收穫時	1.14	7.72	17,143	2,202	74.1	1.6
小白菜收穫時	1.87	6.02	26,603	4,210	88.5	0.9

（三）設施鹽害土壤改良後對土壤電導度的影響

土壤電導度愈大表示含鹽分越高，當土壤溶液中鹽分濃度為到某一水準時就會影響植物的生長(Richard,1954)。設施栽培的鹽分累積是因人為控制環境及肥培管理不當引起，土壤鹽分經改良後並種植一作的葉萵苣，經測定 0～5 公分表土 EC 值，結果顯示去除表土鹽分累積及浸水處理的 EC 值(1：5)可降為 0.948 dS m^{-1} 及 1.14～1.87 dS m^{-1}，深耕與客土間的改良效果差異不大，其電導度分別為 5.98 及 5.83 dS m^{-1}。不同有機肥料牛糞用量(3 及 20 噸/公頃)對電導分別為 7.02 與 9.13 dS m^{-1}，顯示不同改良方法對土壤電導度影響很大。據三好(1978)指出，溫室內土壤 EC 值(1：5)對作物的影響臨界值是 0.8～1.5 dS m^{-1}，本試驗

結果發現，只有去除鹽分累積的表土 5 公分及浸水處理，才有降低鹽分濃度的效果，而深耕、客土、施大量有機肥料等方法，都無法顯著的降低設施土壤鹽分累積。三好(1978)對深耕改良設施土壤鹽分累積的效果指出，土壤 EC 值 2.5 dS m^{-1} 之溫室土壤，採用深耕處理後可以降低土壤 EC 值至 0.5～1.0 dS m^{-1}，因而胡瓜產量增加 13～19%。他並指出在溫室鹽分濃度過高的土壤施用 C/N 比高(64.4)的有機物時，因有棧物質的分解過程中必需自土壤吸收氮素，因而降低土壤中 NO_3—N 的含量，並維持土壤含低 NO_3—N 達 6 個月。小田等(1986)指出鹽分累積土壤施 1%及 3%稻草，可以使土壤中的 NO_3—N 降低 220 mg kg^{-1} 及 360mg kg^{-1}。但本試驗所施的有機肥料牛糞，因 C/N 低(10.1)所以並沒有降低土壤電導度的效果。而浸水 20 天後栽培葉萵苣及小白菜分別可以降低土壤電導度至 1.14 及 1.87 dS m^{-1}，而施化學肥料及牛糞 3 噸之對照區，則較試驗前土壤電導度 5.33 dS m^{-1} 為高(表五)，顯示浸水可以降低土壤電導度 68.9～85.2%。

（四）設施鹽害土壤改良後土壤中水溶性鈣、鎂、鉀、鈉的變化

累積鹽分的設施栽培土壤經改良，並種植一作葉萵苣後測定土壤中水溶性陽離子鈣、鎂、鉀及鈉含量，與改良前土壤比較(圖六)。去除表土 0～5 公分鹽分累積土壤區之水溶性鈣、鎂、鉀及鈉含量分別為 1.377 coml kg^{-1}、0.343 coml kg^{-1}、0.217 coml kg^{-1}、0.461 coml kg^{-1}，較改良前含量 11.44 coml kg^{-1}、1.974 coml kg^{-1}、1.57. coml kg^{-1} 及 0.761 coml kg^{-1} 降低許多。降幅較大的為鈣、鎂、鉀有 88.0、82.6、86.2%的降幅，而鈉只有下降 39.4%。由於不同土壤鹽分改良方法中只將累積鹽分於 5 公分內的溫室表土去除及浸水洗去鹽分區之葉萵苣有正常生長效果。比較其他沒有改良效果的處理區，土壤中水溶性陽離子含量結果，鈣從降低 2.49×10^{-3} coml kg^{-1} 到升高 6.656 coml kg^{-1}，鎂則上升 1.616～3.605 coml kg^{-1}，鈉升高 0.661～2.322 coml kg^{-1}，鉀的變化亦是有升有降，據林滄澤(1991)探討稻草、田菁及牛糞處理，發現田菁及稻草礦化或水溶出之鉀濃度顯著高於牛糞，因此，土壤鹽分改良處理中，只有施用牛糞 3 噸/公頃及施牛糞 20 噸/公頃區有明顯增加土壤水溶性鉀 0.173 coml kg^{-1}

及 0.876 coml kg^{-1}，而深耕、客土、去除表土區都呈現降低的趨勢。

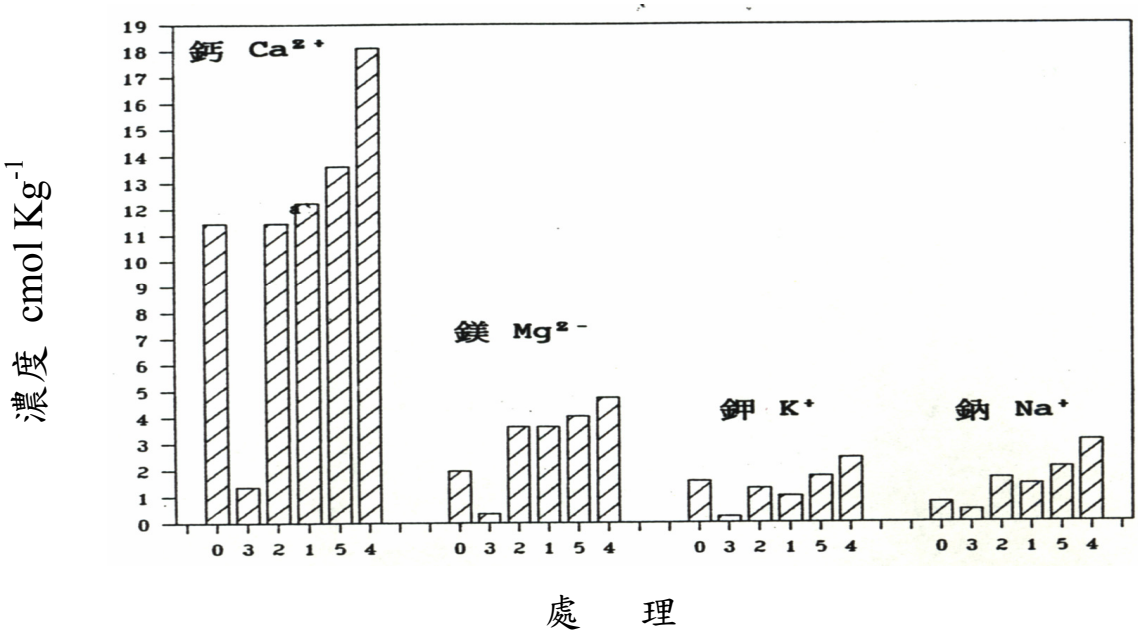


圖 6 設施栽培累積鹽分土壤改良後對土壤中水溶性鈣、鎂、鉀、鈉含量的影響

（五）設施鹽害土壤改良後對土壤中水溶性陰離子氯、硝酸根、硫酸根含量的影響

土壤鹽分累積改良並種植一作葉萵苣後，分析土壤中主要陰離子氯、硝酸根及硫酸根含量與改良前比較(圖七)。改良前氯、硝酸根及硫酸根含量分別為 1.931 coml kg^{-1}、14.39 coml kg^{-1} 及 5.569 coml kg^{-1}，改良並種植一作葉萵苣後，去除表土 5 公分區降為 0.391 coml kg^{-1}、0.624 coml kg^{-1} 及 0.919 coml kg^{-1}，降幅達 82.7、88.7 及 83.5%，對改良設施栽培累積鹽分的土壤效果較好。其他三種改良方法對降低土壤鹽分效果不彰，土壤氯離子分別升高 3.322 cmol kg^{-1}～6.610 cmol kg^{-1}、硝酸根濃度升高 4.284 coml kg^{-1}～16.14 coml kg^{-1}，但各種改良方法對土壤中硫酸根的含量則互有不同，在深耕及客土區分別降低 2.207，而施有機肥料 3 噸/公頃對照區及施有機肥料 20 噸/公頃區則升高 0.423 coml kg^{-1} 及 0.569 coml kg^{-1}。林滄澤(1991)指出牛糞施用量越多土壤水溶性硝酸氮、磷、硫、氯的濃度越高。比較施 20 噸/公頃牛糞與 3 噸/公頃牛糞對照區結果，施大量牛糞區使土壤水溶性氯離子、硝酸根濃度增加，但硫酸根則沒有影響。

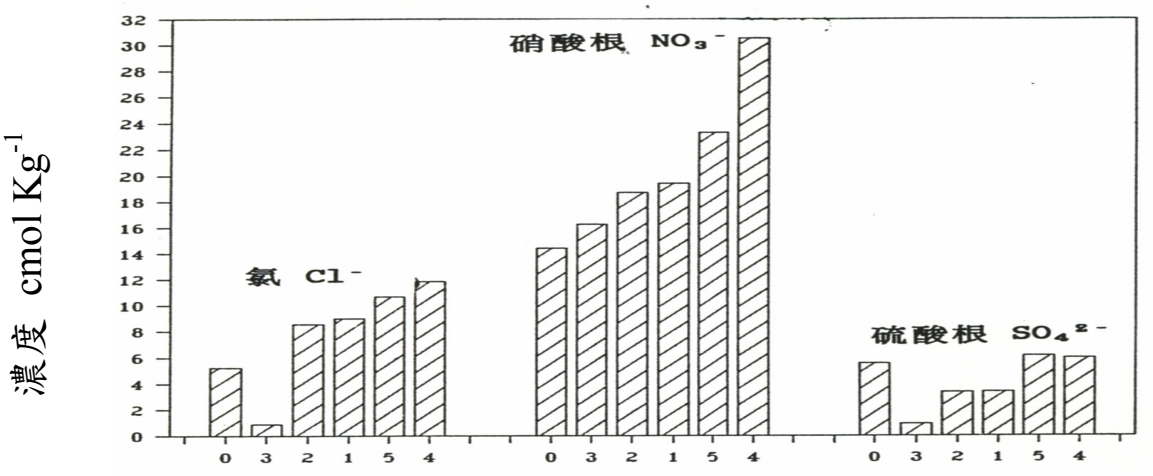


圖 7 設施栽培累積鹽分土壤改良對土壤水溶性氯、硝酸根、硫酸根含量的影響

0.鹽分累積土壤改良前

1.深耕至表土以下 50 公分+牛糞 3 噸/公頃

2.客以稻田土壤 5 公分+牛糞 3 噸/公頃

3.去除鹽分累積土壤 5 公分+牛糞 3 噸/公頃

4.施牛糞 20 噸/公頃

5.施牛糞 3 噸/公頃

設施栽培之合理化施肥

施肥是增加作物產量與提高品質之必要措施，設施內因作物生產環境已經改變，所以肥料之用量與施肥法必須適當調整，否則設施內之土壤劣化程度將大於露地栽培土讓，資料顯示：2003 年設施內每公頃施市售有機質肥料(N-P_2O_5-K_2O 4-4-4) 2,000 公斤，配合氮素肥料分別施 48、72、96 及 120 公斤四級處理，不會顯著影響葉萵苣(leaf lettuce, *lactuca sativa L.*)、小白菜(non-heading Chinese cabbage *Brassica camperstris,* L. var. *chinensis*.)、莧菜(edible amaranth *amaracthus mamgostanus,* L)及青梗白菜(Chinese mustard *brassica chinensis*, L)產量()，2004 年設施內不施任何肥料與每公頃施市售有機質肥料(N-P_2O_5-K_2O 4-4-4) 1,000 公斤，配合氮素肥料分別施 0、30、60、及 120 公斤四級處理，產量調查結果顯示：小白菜公頃產量為 11,036-16,893

公斤，每公頃施有機質肥料 1 公噸，配合氮素每公頃分別施 120、60、30 及 0 公斤四級，各處理間產量差異不顯著，但是除了有機質肥料配合 60 公斤氮素出理區外，均與完全不施肥處理公頃產量 11,036 公斤呈顯著差異。莧菜公頃產量為 6,821-19,607 公斤，每公頃施有機質肥料 1 公噸，配合氮素每公頃分別施 120、60 公斤處理間莧菜產量分別為 17,107 及 19,607 公斤，但差異不顯著，施有機質肥料 1 公噸，配合氮素每公頃分別施 60、30 及 0 公斤處理間莧菜產量分別為 17,107、15,321 及 14,679 公斤，差異不顯著，但均與完全不施肥處理公頃產量 6821 公斤呈顯著差異。顯示設施內施有機質肥料 1-2 公噸，配合氮素每公頃施 30-60 公斤氮素就已足夠。與作物施肥手冊推薦設施外每公頃需氮素肥料 120 公斤。可降低用量 50-75% 以上。

表 6 設施蔬菜氮素用量對產量影響（2003）

Treatment N Kg ha^{-1}	OF[§] t ha^{-1}	leaf lettuce Yield (kg ha^{-1})	non-heading Chinese cabbage Yield (kg ha^{-1})	edible amaranth Yield (kg ha^{-1})	Chinese mustard Yield (kg ha^{-1})
120	2	18130^{a*}	22464^{a*}	20286^{a*}	18786^{a*}
96	2	20336^{a}	23857^{a}	19750^{a}	19250^{a}
72	2	19622^{a}	22464^{a}	19286^{a}	20321^{a}
48	2	19303^{a}	21071^{a}	17964^{a}	21357^{a}

表 7 設施蔬菜氮素用量對產量影響（2004）

Treatment N Kg ha^{-1}	OF[§] t ha^{-1}	non-heading Chinese cabbage Yield (kg ha^{-1})	edible amaranth Yield (kg ha^{-1})
120	1	15607^{a*}	19607^{a*}
60	1	15536^{ab}	17107^{ab}
30	1	16893^{a}	15321^{b}
0	1	16679^{a}	14679^{b}
0	0	11036^{b}	6821^{c}

結　論

台灣中部設施內土壤鹽類(養分離子)大部分都累積在表土 0～5 公分土層，其土壤電導度 EC 值大於 1.5 dS m^{-1} 者佔 53%，分析與肥料有關的鹽類如 Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^{+}、Na^{+}、Cl^{-}、NO_3^{-}、$H_2PO_4^{-}$及 SO_4^{2-}等離子，中部四大土類均以 SO_4^{2-}及 NO_3^{-}濃度最高，顯示設施內土壤鹽分累積與農民施肥有顯著的相關。設施內栽培作物若施肥不當則在栽培一年以上時，其土壤電導度值就達 0.97 dS m^{-1}（土：水 1：5），直接影響不耐鹽作物發芽及生長。解決設施內土壤鹽分累積的對策中，採用去除鹽分累積土層或浸水 20 天時，分別可以降低土壤電導度 82.2 及 64.9～78.6%，維持作物正常生長。採用設施栽培作物時，每期作每公頃施有機質肥料 1-2 公噸，配合氮素施用量降低為 25-50% 時，就可維持設施蔬菜正常產量，並維護土壤之永續生產力。

參考文獻

王百祿、楊柏椿、張王鑽、姚財寶。1989。海水倒灌蔗田土壤淋洗之研究。
台灣糖業研究所研究彙報，124：13-21。

王明果。1978。嘉南平原鹽分地調查報告。中興大學土壤系專刊。

林滄澤。1991。不同有機物在土壤中養分釋放之研究。國立中興大學土壤研究所 碩士論文。

林學正、侯鳳舞。1987。國內各類設施栽培之現況介紹。設施園藝研討會專集，p.31～42。台灣省農業試驗所、中國園藝學會聯合編印。

陳榮五、王勝。1990。蔬菜設施多角栽培之研究。p.9～11。設施園藝之研究與技術開發計畫執行成果報告。台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所編印

陳鴻堂。1992。台灣中部設施栽培土壤鹽分累積之特性及改良。國立中興大學土壤學研究所碩士論文。

張新軒。1979。農業上的鹽分問題。科學農業，24：285～289。

郭孚耀、吳世偉。1998。蔬菜設施栽培連作問題及病蟲害管理。p.172

～191。第二屆設施園藝研討會專集。台灣省農業試驗鳳山熱帶園藝試驗分析編印。

郭鴻裕、向為民。1989。蔬菜問題土壤調查。土壤肥料試驗年度報告。

黃祥慶、蔡宜峰、賴文龍。1989。中部地區主要蔬菜栽培之土壤障害因子調查。台中區農業改良場研究彙報，24：63～70。

廖芳心、張粲如、許苑培。1988。都市都效設施栽培蔬菜之研究。蔬業作物試驗研究彙報第五輯，p.244～254。台中區農業改良場編印。

嚴式清。1991。土壤鹽分之管理。土壤管理手冊 p.227～281。國立中興大學土壤調查試驗中心。

日本土壤肥料學會。1986。土壤標準分析法、測定法。p.74～76、135～147。土壤標準分析、測定委員會編。

三好洋。1978。土壤診斷法。農山漁村文化協會，東京。

土屋一成、小野崎隆。1990。花卉生理障害實態與問題點。農業園藝，65(2)：302～308。

小田雅行、鈴木哲夫、鈴木義彥、志村 清。1985。有機物施用施設野菜の鹽類高濃度障害對策。野菜試驗場報告，A13：31-32。

中島靖之、寶園正敏、川口俊春、許斐健治、松井正德。1984。施設土壤對作物效果。福岡縣農業總合試驗場研究報告。B：71-76。

石川格司、中村毅。1985。土壤集積鹽類除去湛水效果。農業園藝，60(1)：49-52。

白崎隆夫。1990。良品切花生產土壤施肥管理諸多問題。農業園藝，65(4)：525-530；(5)626-630。

西尾道德。1983。連作障害發生。日本土壤肥料學雜誌 54(1)：64-67。

位田藤久太郎。1981。野菜の土壤生態、檢定と肥培。博友社，東京。

相馬曉。1985。野菜連作障害實態與對策。農業園藝，(10)：1287-1290；(11)：1415-1420。

湯村義男。1976。野菜園地土壤現狀與問題點。農業園藝，(8)：875～981。

嶋田永生。1979。土壤特性之改良。農山漁村文化協會，東京。

關東土壤研究。1966。土壤鹽類集積實態。農業園藝，41(10)：1451～

1455。

Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. P.167-179. In：A.L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part2. 2nd ed. Agronomy Monogaphy. ASA and SSSA. Madison, Wisconsin.

Richard, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline alkali soil. USDA. Handbook. No.60 160 pp.

Sandon, J. R. 1984 Booker tropical soil manual. Longman Inc., New York.

Shannon, M.C. 1984. Breading Selection and the genetics of salt tolerance, p.231-254. In Rivhard C. Staples(ed.), Salinity Tolerance in Plants. John Wiley & Sons., New York.

Van den Ende, J. 1989. Estimating the chemical composition of the soil solution of glasshouse soil. 1. Compositions of the soil solution and aqueous extracts. Neth. J. Agri. Sci. 37：311-322.

葡萄之合理化施肥技術

邱禮弘

行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘 要

台灣葡萄因產期調節技術成功，其所生產的葡萄果實之質、量均佳，但為追求產業的永續發展，以迎合消費者對品質要求的逐年提升，實須針對產期調節生產模式，採用階段性施肥之全程調控，依葡萄生育需求而適時提供肥料，以減少不當的追肥成本。同時配合果園之營養診斷及土壤肥力分析，可先期調整因應園相變化所造成的衝擊。所以瞭解產期調節的肥培問題，提出葡萄園之土壤管理方式及施肥管理方式，並佐以葡萄園營養診斷分析，才能完整建立葡萄之合理化施肥技術。

前 言

台灣葡萄之栽培可追溯至清朝康熙年間(1864)，由先民從大陸移居來台時所引進。雖然早期也陸續引進許多優良品種，但其對台灣的氣候適應性不佳，無法達到經濟栽培的規模。迄至 1953 年台灣省菸酒公賣局為供應製造葡萄酒之需，特別推廣酒釀葡萄的栽培面積，並於 1960 年代後，逐步集中產地於台中縣、彰化縣及南投縣等地區。但此際之葡萄栽培技術尚未提升，其產量及收益並不高，也使得整個葡萄產業有下滑之趨勢；後因 1969 年之颱風侵襲，造成受損葡萄枝條再度萌發帶花穗之新梢，此偶發現象，帶動了許多農友大膽嚐試以人工修剪枝條方式，促使葡萄生產"倒頭果"，而為台灣葡萄之產期調節邁入新的里程碑。

依據行政院農業委員會 2004 年農業統計(電子)年報顯示，葡萄種植面積約 3,250 公頃，總產量為 97,900 公噸，其年產值高達 29 億 6 仟萬元，已為台灣的重要高經濟果樹之一。由於種植葡萄的收益良好，農友為求高產而大量施用化學肥料，導致在 1970 年代初期，台灣葡萄園施肥量遠高於日本或其他國家產地的一倍以上；因而引起土壤鹽類累積及硬化等障礙，使得葡萄樹勢衰弱、生產力逐漸降低。後經農政單位及

學術界的推動下，藉由葡萄葉片及土壤之營養診斷分析，適時輔導果農改善施肥技術，善用有機質肥料、土壤改良劑及有益微生物資材等，促使葡萄產業之質與量皆提升，也逐步建立起農友合理化的施肥觀念。

另一方面由於產期調節技術的開發成功，主要國產鮮食葡萄產地，大致以夏、冬二期果為生產目標；而目前作物施肥手冊所推薦之施肥方法及用量，是準用以一年一收為目標的早期釀酒葡萄為施肥方式，惟一年一收與一年二收的經營模式，其所需求之合理化施肥基礎並不相同。而現行施肥手冊之推薦管理，乃以 1~2 月冬季修剪後之施肥為主，其用於採收 6~7 月夏期果之生育所需。但接著於 7~8 月進行夏季修剪，將於 12~1 月採收冬期果之施肥管理，卻無相關之施肥推薦量。因此常呈現出夏期果產量多(一般為 18,000~22,000 kg/ha)而穩定，但冬期果的產量低(一般為 10,000~12,000 kg/ha)，且非常不穩定，也因此導致樹勢容易衰弱，而影響修剪後之結果枝萌芽率。

由於葡萄冬期果的品質往往比夏期果優良，且在冬季採收；於此際國產水果種類中，冬果葡萄是最耀眼且珍貴的高價水果。如不能穩定其產量及品質，實足令人扼腕不已。同時由於缺乏一年二收的施肥管理，但又為求高產量及高品質的鮮食葡萄，造成農友追求以多施葉面液肥來提高品質的迷思；如此一來不僅浪費管理成本，也對果園造成嚴重的環境負擔。因此如何藉由回歸土壤肥培管理，以達到經濟產量及品質，實為當務之急。故本文也述及國產鮮食葡萄一年二收的合理施肥量，以期在不依賴葉面液肥的管理下，仍能維持穩定產量及高品質果品的生產。

本 文

一、產期調節葡萄的肥培問題

(一)產期調節模式與肥培關係

台灣葡萄主要產期調節模式計有 1.一年一收生產模式：在一年栽培期間僅收一次果實，主要為生產夏果及生產秋果兩種模式；2.利用設施栽培生產春果模式：利用鋅管搭建骨架，覆以透明塑膠布之簡易溫室栽培的模式；3.一年二收生產模式：一年栽培期間可收穫二次果實，即為生產夏果及冬果二期果實。上述三種生產模式之

修剪處理時機、樹體生育狀況及環境氣候皆不同，因此對肥料之需求狀態也不同。

(二)樹勢強弱與肥培關係

經修剪催芽處理後之新梢抽長，必須嚴格控制枝條的營養生長及生殖生長間的動態平衡，才能形成良好的結果枝。若施肥不當可能無法順利抑制新梢的營養生長，如此將影響花穗伸長的生殖生長狀態。若新梢於綠果發育期間過早停止伸長，則果實轉熟期間會因枝條葉片數較少，而影響光合成作用。而新梢枝條之伸長程度又受到施肥時機及施用量所影響。

(三)生理障礙與肥培關係

葡萄原為一年二收之溫帶落葉果樹，但位處亞熱帶的台灣葡萄，卻以人工方式進行一年二收之栽培模式。第一收(夏果)由萌芽至果實成熟期間，其氣溫呈現由低而高的波動，且逢高溫多雨的環境；第二收則為由高而低的氣溫變化，此時濕度較低，但間有強風豪雨發生，但整個生育過程並無低溫障礙，因此兩收所需之施肥管理並不相同。以下列舉肥培管理不當所引起或伴隨發生的生理障礙。

1.萎縮病：氮肥施用過多為其誘因，應少施氮素之禮肥，並補充磷、鈣、鉀及硼等肥料。

2.細葉病：改善果園排水問題，並補充鉀、磷及鈣肥。

3.葉燒病：植體含氮素高而突遇高溫乾燥之逆境將引發此癥狀，可改善果園排水，並於開花後施用鎂、錳及鐵等肥料。

4.生理性蔓割病：氮肥施用過多，應改善排水並補充磷、鉀、鈣及硼等肥料。

5.腫瘤病：改善排水、減少氮肥施用，並補充磷、鉀及硼等肥料。

6.枝枯病：高氮、高鉀及低磷之肥沃土壤且排水不良易發生，應避免深耕、強剪或多肥之管理，可補充磷、鉀、鈣及硼等肥料，並改善排水。

7.單偽結果：氮肥施用過多，應減少施用量。

8.日燒病：土壤之氮素或水分過高會引起，可補充磷及鉀肥，以促

進枝條成熟。

9.縮果病：土壤氮素過高會引起，應減少氮肥之施用。

10.裂果：改善土壤排水並多施有機質，避免氮肥太晚施用。

11.生理性房枯病：鉀肥施用量不足，應多補充施用。

由上述可知葡萄園肥培管理的重要性，但因肥料施用於植株葉面，或以土壤灌溉方式供給葡萄營養需求，皆無法於短時間藉由目視方式察覺其營養貯運變化，因此極容易被農友所忽視；往往被動地受限於葡萄生育狀況，再以事後補強方式，進行新梢抑制或追施速效性液肥等管理作業。如此不僅事倍功半，也常導致成效不彰。故必須重新檢視葡萄園之土壤管理及肥培管理問題，並佐以葡萄園之營養診斷分析，方能順利生產高品質且產量穩定之葡萄。

二、葡萄園土壤管理技術

(一)土壤之理化性質

優質葡萄園之pH值應為6.0~7.5之間;EC值(電導度)在2.0 $dS\ m^{-1}$；OM值(有機質)含量在3%以上。且重金屬Cd在0.39ppm以下，Cr在10ppm以下,Cu在20ppm以下,Ni在10ppm以下,Pb在15ppm以下及Zn在25ppm以下。

(二)果園之排水特性

葡萄園之地表要排水順暢,且地下水位不可過高而影響葡萄根系向下伸長，應有40~60公分之土層排水性良好者，才有利葡萄根系生長。因排水狀況良好將有助於土壤有機質的分解完全，且土壤的適度保濕，將有利於根群對營養元素的吸收。

(三)果園之草生栽培

1.地表之溫差緩和

葡萄園的植被草相對土壤溫度有絕佳的緩衝作用，特別是地表0~20公分之際的土層，是屬於易受氣溫左右的範圍；如所種植之畦面裸露日曬，不利葡萄細根群之發育伸長。而此20公分表土層卻是一般水田轉作葡萄園的主要根群分佈範圍所在。因此草生栽培對葡萄園之表土根系發育相當重要。

2.有利土壤有益菌的繁殖

草生栽培之根系消長，可提供有益微生物的繁殖空間，使有益菌的族群呈現優勢棲息。

3.選留適宜的草種

除了綠肥作物之種植需求，一般可依當地自然草相，選留柔性且不妨礙耕作之草相，並去除野性較強之雜草，例如牛筋草、土香及雞香藤等不利園相耕作之雜草種類。

4.土壤結構鬆軟且保水性佳

草生根系之伸長作用及其所分泌的植物酸，可有效降低土壤之酸化、鹽化及硬化。且園地植被草相有利果園之保水性，可緩衝土壤水分的乾濕變化，減少葡萄的裂果發生。

(四)有機質堆肥之補充

增施有機質對果園的功效非常明確，但要避免裸露於地表的撒佈，應該翻犁入土，與土壤充分混合，才能減少有機質肥份的流失，及降低誘導葡萄浮根的弊端。在有機堆肥施用的同時，可拌以薰炭及微生物液肥，以增加有機質礦化之肥效。但也應特別注意資材來源之安全性，免除有機質挾帶重金屬 Zn、Cu 及 Cd 等的累積污染。

(五)微生物肥料之利用

若所種植之葡萄園有農用化學過量使用，土壤已受污染或缺乏輪作系統，可利用施入微生物肥料來增加有益菌的優勢。而要發揮微生物肥料在葡萄園的功效，則應注意下列事項：

1.微生物肥料的品質需求：(1)菌數要維持；(2)活性要高；(3)適應本土環境；(4)要無雜菌。

2.土壤不能太酸或太鹼：(1)土壤太酸(小於 pH 5)或太鹼(pH 7.8)均影響其有效性；(2)強酸性土壤，可先用石灰資材中和；(3)強鹼性土壤，可用酸性資材(如硫磺粉或酸性泥炭)中和。

3.配合微生物繁殖之場所或資材：(1)需要繁殖生存；(2)最佳生存之處是根圈(3)腐植酸、糖蜜或營養液劑，有助微生的繁殖及生存。

4.配合作物的需求：(1)接種愈早愈好；(2)生長期可使用氮及磷

的菌種；(3)生殖期可使用磷及鉀的菌種。

三、葡萄園肥培管理技術

(一)營養生長期之肥培管理

基肥種類的選擇，以礦化速率較穩定之牛糞堆肥為主，再依不同產期調節模式，配置不同百分比的三要素化學肥料。並視修剪萌芽後之植株生長勢，給予土壤灌注的追肥。但土壤灌注應儘量選擇堆肥及改良資材施用處，因此部位為葡萄根群較旺盛處，其吸收肥料的能力較佳。而液肥之灌注也可考量適度加入有益微生物，以增進肥效。

(二)生殖生長期之追肥方法

進行葉面液肥之管理時，應注意所施用液肥之 N、P 及 K 三要素的百分比含量。一般於幼果期、硬核前期及轉色期等三階段，其液肥施用原則為 N 含量逐次降低，但 P 及 K 則逐漸增高。而果園之土壤 pH 值偏鹼或強酸者，則應增加次(微)量營養元素的補充，例如 Ca、Mg、B 及 Mn 等營養元素。

(三)階段性施肥之全程調控

一年二收之夏果施肥量為每公頃施用 N-P_2O_5-K_2O 分別為 140－125－140 公斤，而堆肥用量為每公頃 10,000~15,000 公斤，並應開溝埋入畦中與園土充分混合。冬果施肥量為每公頃施用 N-P_2O_5-K_2O 分別為 100~140－100－70~100 公斤，而堆肥用量為每公頃 10,000 公斤，並僅進行畦面淺耕，使之與園土混合即可，不可傷及葡萄根系。上述二種施肥分配量如下：1.修剪時期之基肥：100%堆肥+100%磷肥+40%氮肥+30%鉀肥；2.開花時期：20%氮肥+20%鉀肥；3.硬核前期：20%氮肥+25%鉀肥；4.轉色前期：10%氮肥+25%鉀肥；5.採收期後：10%氮肥(此時已嚴重落葉者，請勿施用)。

四、葡萄園營養診斷分析

(一)果園常見營養失衡之現象

(1).氮(N)：氮素營養狀況受氮肥施用量、土壤肥力、土壤水分狀況

及結果量等因子所影響，一般農民多有施氮過多之現象，缺氮情形較少發生。過多的氮會引起徒長，節間拉長，葉片轉成深綠色且厚，有時葉片變大而形成杯狀。當其它微量和大量元素的供給充足及葉片充分暴露在陽光下時，則可增加植株對氮過多的忍受性。

2.磷(P)：一般施磷過多為較普遍之現象，磷過多會誘導鋅、鐵的缺乏。而磷缺乏可能是土壤的低 pH 值所引起的營養元素之不平衡所致。

3.鉀(K)：鉀為葡萄最容易缺乏之元素，酸性土壤及乾燥之氣候較易發生，此地區包括大部分的山坡地及大肚溪以北之平地，其缺鉀情形較為嚴重。缺乏時，其葉片生長初期，葉色變淺，葉面積變小，沿著幼葉葉緣出現少量的壞疽斑點。在乾燥的氣候期間，壞疽部份在葉脈間的組織零星分散，而葉緣乾枯且向上或向下捲曲，葉片扭曲變形。植株在夏末期間，缺鉀之枝條，其基部較老的葉片在陽光直射下，會表現紫褐色至暗褐色，特別是接近果穗處。褐化組織由脈間開始出現，並蔓延至整個葉片表面，此種症狀在產量較高的枝梢上表現更明顯。

4.鈣(Ca)：缺乏初期其新梢之新葉葉緣出現壞疽，慢慢地朝葉柄連接點蔓延，在新梢的節間部位會出現約 1mm 的黑褐色的小突起。生長中的果穗，會由末端開始乾枯，並出現嚴重的壞疽現象。

5.鎂(Mg)：缺鎂會出現兩種形式之症狀；在生長初期，主要是葉片壞疽；而在生長末期，主要的症狀是脈間黃化。初期病徵通常出現在開花前，而且在幼嫩組織、生長中的葉片邊緣及脈間出現綠褐色的小斑點。在葉緣內數 mm 處會出現一連串的橢圓形和卵形的壞疽。從生長初期至末期間因黃化日趨嚴重，在新梢會出現組織變透明化情形，症狀從葉緣蔓延至葉柄連接處。缺鎂與其它營養缺乏症狀如錳、鉀、鋅及硼的主要差異在於缺鎂葉片黃化乃由

基部葉片先表現症狀。

6.錳(Mn)：缺錳時，由莖基部的葉片開始褪色，並且在葉脈間出現黃色的小斑點。斑點呈類似嵌紋狀排列，並且由葉片之支脈間蔓延。新葉脈間黃化，葉脈周圍葉肉組織維持綠色。葉片暴露於陽光下比遮陰時症狀更趨嚴重。葉片並類似鋅缺乏時之出現畸形。嚴重缺錳會影響莖、葉及果實的生長，並延緩果實的成熟。

7.硼(B)：硼缺乏其初期症狀出現在開花之前，表現於近莖頂的捲鬚，出現具有節狀凸出物形成，並形成壞疽組織。枝梢頂端焦枯並造成花穗死亡。在莖快速生長的期間，較年輕的枝條節間輕微地膨大，且髓部組織壞疽。葉柄變厚而短，有時呈現縱裂或是壞疽的空洞。葉片畸形且呈葉脈間的黃化或是壞疽。在第二生長季時，缺硼的枝梢上可能形成短而密的芽體、枝條分枝多呈叢生狀，此類之莖蔓不易開花結果。缺硼也影響果粒和果穗的發育，果實變小，種子數減少。

(二)葡萄園土壤之肥力分析

種植於山坡地的葡萄園，其土層深厚且利用砧木之根系發育較扦插苗為縱深，故取 0~20 公分為表土層，20~40 公分為底土層。而水田轉作之葡萄園，因地下水位普遍較高，根系不易向下紮根，故取 0~15 公分為表土層，15~30 為底土層。其採樣方法乃於株間或行間，依不同深度分層採土。土壤分析項目計有 pH 值、EC 值、OM 值、磷的有效性、交換性 K、Ca、Mg 及 Cu、Zn、B、Mn 及 Fe 等。

(三)葡萄園葉片之營養分析

於開花後 70 天進行採樣，以結果枝果穗後有 10~14 片葉者為採樣對象，採樣部位為果穗後第 4 或第 5 片葉，每園共計採樣 50 片葉，以供植體分析用。其營養診斷暫定標準如表一。

表一、一年二收葡萄葉片要素含量暫定適宜值

要素別			葡萄夏果	葡萄冬果
氮	N	%	2.1~2.6	2.4~2.8
磷	P	%	0.16~0.22	0.16~0.22
鉀	K	%	0.7~1.2	0.9~1.6
鈣	Ca	%	1.0~2.0	2.0~2.7
鎂	Mg	%	0.26~0.50	0.26~0.50
鐵	Fe	ppm	70~120	70~120
錳	Mn	ppm	25~200	25~200
鋅	Zn	ppm	26~140	26~140
銅	Cu	ppm	5~20	5~20
硼	B	ppm	30~100	30~100

參考文獻

王錦堂。1988。葡萄園施肥技術。葡萄生產技術特刊第 14 號。臺中區農業改良場編印，p.85-98。

李國權、林慧玲、林恆亮。1990。果樹之營養缺乏及症狀。果樹營養與果園管理研討會專集。台中區農業改良場特刊第 20 號，p.29-33。

林嘉興。1986。葡萄栽培及產期調節技術。行政院農業委員會。臺灣省政府農林廳編印。

林嘉興。2004。葡萄產業沿革與栽技術之發展。葡萄栽培技術研討會專集。臺中區農業改良場編印，p.9-22。

張致盛、張林仁、林嘉興。2004。台灣葡萄生產產期調節技術。葡萄栽培技術研討會專集。臺中區農業改良場編印，p.37-53。

楊秋忠。2004。微生物肥料在葡萄果園之應用。葡萄栽培技術研討會專集。臺中區農業改良場編印，p.55-67。

楊耀祥。1995。葡萄 臺灣農家要覽。農作篇(二)，pp.183-190。豐年社。

謝慶芳。1988。葡萄園土壤之管理。葡萄生產技術特刊第 14 號。臺中區農業改良場編印，p.71-83。

謝慶芳。1988。葡萄之營養缺乏與過多症狀及常見之生理障礙。葡萄生產技術特刊第 14 號。臺中區農業改良場編印，p.99-111。

Conradie, W. J. 1981. Nutrient consumption by ‘Chenin Blanc’ grown in sand culture and seasonal changes in the chemical composition of leaf blades and petioles. S. Afr. J. Enol. Vitic. 2:15-18.

Terry, B. 2001. Soil pH and nutrient availability potassium. Micronutrient metals: zinc, iron, manganese copper, boron. Chart for suggested recommendations for soil rests, petiole values, and common fertilizer in NY＆PA vineyards. http://lenewa.Ndtsync.net/public/Bates/Nutrient Rec. htm.

Martin-Prevel, P., J. Gagnard, and P. Gautier. 1987. Plant Analysis: As a guide of the nutrient requirements of temperate and tropical crops. pp.175-206.

柑桔土壤肥力檢測及營養診斷技術

卓家榮

行政院農業委員會臺南區農業改良場

前 言

作物營養缺乏是一種相當普遍的現象,發生的原因可能由於環境因素、施肥管理、栽培方法或植物對養分需求之變化。當植物體內養分下降到某一程度時,新陳代謝受到影響而產生特定之症狀,可作為診斷的依據。但症狀之發生常因作物之種類、元素間之相互作用、環境污染以及病蟲害感染等有時會有混淆不清之現象,因此,缺乏症狀不宜單獨作為營養失調診斷之準則。若配合土壤或植體速測,則可達到快速正確之效果,即時加以補救。

當作物體內某一要素之濃度減少至適宜生長需求之下時,則發生此要素的缺乏,缺乏的發生可以由於土壤養分供應不足,或由於某項元素以不能利用之化學形態存在,或者由於其他元素濃度過高而影響此一元素之吸收,即所謂之拮抗作用(antagonism)。

直到本世紀初期,作物氮、磷、鉀等大量元素之缺乏才被察覺辨認。補救措施也僅限於這些元素之供應,因為要素施用之不平衡,易引起了微量要素缺乏之發生。根據 Berger(1962)之調查,全美果樹發生缺硼者有 21 州、缺鎂者有 11 州、缺銅則有 3 州而缺錳有 9 州,可見微量元素缺乏情況也是相當的普遍。台灣地區,果樹之生理障礙亦為相當普遍之問題。這些生理障礙雖因果樹種類不同而稍有差異,但對樹勢、果實產量品質均有影響。缺鎂為酸性土壤之普遍問題,而淋洗愈厲害,pH 值愈低之砂質土壤較嚴重。錳和鐵之缺乏主要發生於石灰質較高之中性至微鹼性粘板岩沖積上,有時候則錳鋅同時缺乏而發生嚴重黃化現象,缺鉀生理障礙易發生在酸性土,同時易發生錳過高引起之缺銅症等。一般常發生之果樹種類及症狀包括柑桔缺鎂、缺鋅、缺鐵,梨缺硼、缺鐵及缺鉀,葡萄缺硼及缺鎂、缺鉀及芒果果實缺鈣及柑桔、印度棗缺硼等症狀,對果樹之生長及果實品質影響甚大。

作物所需大量營養元素與微量營養元素

各種必需元素在植物體內的含量相差很大,早期根據植物體內含量的多少而將其分為大量營養元素和微量營養元素。而大量營養元素一般佔乾重的 0.1%，它們是碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂和硫九種；微量營養元素的含量一般在 0.1%以下，有的只含 0.1mg/kg，它們是鐵、硼、錳、銅、鋅、鉬和氯七種。從生理學的觀點來看上述之劃分是欠妥的,因為植物各器官中營養元素的含量並不能完成反映植物對這些養分的實際需要量，尤其是一些非必需營養元素常常是被動吸入植物體的。

作物在正常情形下，自土壤中吸收營養分，緩慢生長時，對營養分吸收之速度不會快於土壤經一般分解過程放出營養分之速度,但植物在最適或較適環境下，生長速度加快，吸收養分之速度隨著加快，因此土壤自然分解放出之營養分不足供應植物生長所需，必須由外提供肥料(有機肥料或無機肥料)補充加快生長所需不足的部份。並研究施肥之最有效效果，使所有肥料得到最大經濟效益。若增加大量施用肥料營養分，吸收量與收量增加到某一限度後，就不再增加，未被植物吸收之營養分殘留土壤中的量增多，成為揮散或溶脫的來源，不但減低肥料施用之經濟效益且成為環境污染之始源。

作物吸收營養分之多寡，影響作物生長及營養障礙之出現。二次大戰後肥料養分極為缺乏，農田施肥大部分不足。但由於近年台灣肥料價格便宜，化肥肥效快速，加上農村勞力不足，工資價昂，為節省施肥工資，多量少次的表面施肥目前在農村頗為流行。這種施肥，不但減低單位肥料之增產效率，並且會浪費肥料用量，以致單位面積之施肥量偏高，對台灣缺少之肥料資源形成更為不足，同時並會污染台灣之生態環境，導致水質與土壤性質之劣化，甚者引起作物營養分過多之害。為維護農田地力及生態環境,節約肥料資源,減少肥料支出,增加農民收入,提高產量與品質，積極推動合理化施肥才能不發生作物營養分異常症，成為一件很重要的工作。

過去有關營養問題，由於肥料資源之缺乏，討論的都是營養要素缺乏的問題，現在肥料資源豐富，加上肥料價格相對較便宜，因此肥料施用過多，引起營養要素過剩問題亦增加，所以把綜合營養要素缺乏與過

剩，合稱為作物營養要素障礙。

作物根部對土壤中營養要素的吸收過程

土壤中可被吸收之礦物元素，一種是溶解於土壤溶液中之鹽離子，另一種是吸附在土壤膠體表面上的非溶解性的鹽離子。

一、對土壤溶液中離子的吸收

植物吸收礦物元素是根細胞進行呼吸作用所產生的 H^+和 HCO_3^-(或 OH^-)離子與土壤中陰、陽離子進行交換吸附(圖 1.3)，這種離子交換吸附並不需要代謝能的。

二、根部對土壤膠體上離子之吸收

其吸收方式有兩種，一為吸附在土壤膠體上的離子，根部通過土壤溶液作為媒介，而進行離子交換(圖 1.4)，另一為根部表面的離子與土壤膠體表面的離子，直接進行交換(圖 1.5)。

三、根部對難溶解礦物質的利用

植物根部呼吸作用時釋出之 CO_2 可和水作用形成碳酸，根部亦可分泌檸檬酸和蘋果酸等，都能溶解難溶性的礦物質為根系所吸收。例如豆科植物之根系可分泌具溶解岩石之能力，可直接利用難溶解性的磷礦粉。

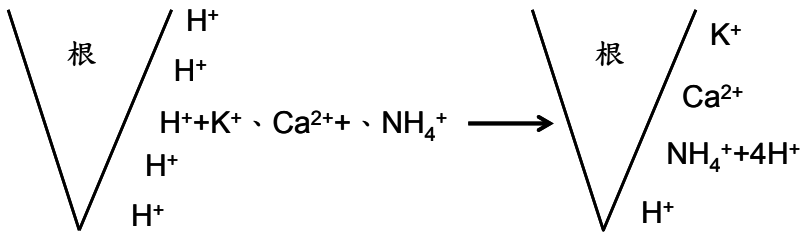


圖 1.3 根外 H+離子和土壤溶液中陽離子的離子交換

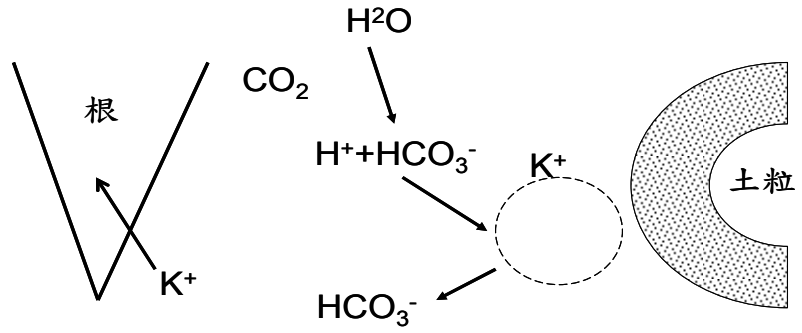


圖 1.4 植物根部經由土壤溶液和土壤膠粒進行離子交換

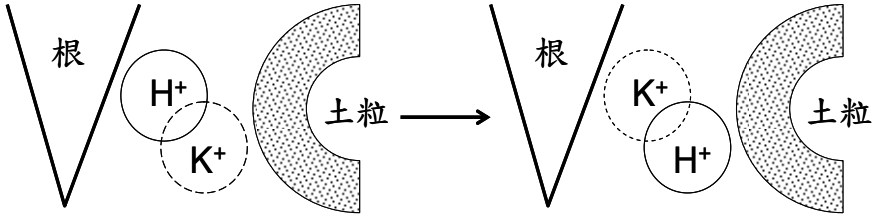


圖 1.5 接觸交換示意圖

土壤 pH 值對礦物元素有效性的影響

當土壤之 pH 為 5 至 8 時，對大多數植物之生長均極適合，但在一般情況下，土壤中陽離子之吸收則隨 pH 值之增加而上升，陰離子之吸收則隨 pH 值之增加而下降。土壤 pH 值對植物吸收礦物營養，雖然有直接影響，但卻沒有間接影響的大，例如於鹼性環境情況下，Fe^{2+}、Cu^{2+}、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Zn^{2+}及及 PO_4^{3-}等都易形成可溶性化合物，而難以被植物利用，因而減少了植物對這些離子的吸收。而在酸性條件下，K^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}及 PO_4^{3-}等極易被溶解，常導致被雨水淋洗流失而缺乏或不足，Mg^{2+}與 Al^{3+}因溶解度過大而造成傷害。

在 pH 值低時，土壤內之鹽類，例如碳酸鹽、硫酸鹽及磷酸鹽更易溶解，使植物根部更易吸收。而降雨量和土壤內有機物質之分解，是使

土壤 pH 值降低的主要因素。微生物對有機物質的分解作用也可產生氨和二氧化硫，它們在土壤內氧化後亦形成強酸。在乾燥地區，鹽石風化而釋放出礦物元素，促使土壤內之 pH 值增高。pH 值對土壤內營養元素之可利用性影響如圖 1.6。

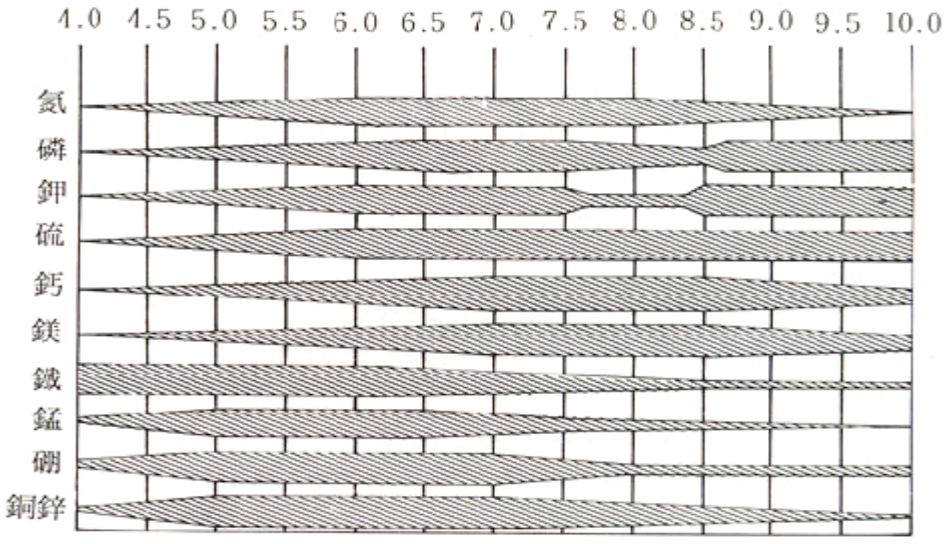


圖 1.6 有機土壤內，土壤酸鹼度對礦物營養元素有效性的影響。陰影面積的寬度表示營養元素對植物根部有效性的程度（根據 Lucas 等，1961）。

而當某一必需元素嚴重缺乏時，作物表現為生長緩慢，產量低。逐漸增加這種元素的含量時，作物的生長或產量會相應的逐漸增長，甚至達到一個這種元素對這種作物最高的產量。但如進一步提高這種元素的含量時，產量卻不再增加，這種元素已經過剩，若繼續增加這種元素，將導致作物產量下降，這時，過多的元素對作物已開始產生毒害。這種不再引起增產時的元素含量，稱為該元素的臨界濃度。元素的臨界濃度是保證作物高產而不浪費肥料的最適含量，故可作為肥料的主要依據。不同作物，同一作物不同生育期和不同元素的臨界濃度各不相同，要根據大量試驗，找出它們的臨界濃度，以便於指導施肥工作。在達到最高產之前，隨著礦物元素供應量的增加，作物的生長率和產量以報酬遞減的形式增加。

營養元素與作物品質的關係

一、氮肥與品質的關係 1

植物體內與品質有關的含氮化合物有蛋白質，必需氨基酸，醯胺和環氮化合物(包括葉綠素 A、維生素 B 和生物鹼)，NO_3^-、NO_2^-等。

蛋白質是農產品的重要質量指標。增施氮肥能提高農產品中蛋白質的含量，種子中蛋白質的累積是營養器官中氮化物重新利用的結果。後期根外追施尿素或 NH_4NO_3 對提高種子蛋白質含量有明顯的作用，而且尿素的作用優於 NH_4NO_3。因為尿素既能供給氮素，又是一種生理活性物質，所以，根外追施尿素可以促進光合作用，提高蛋白酶的活性，有利於促進葉片蛋白質的分解和含氮物質向穗部轉移。

人體必需的氨基酸有纈氨酸，蘇氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、色氨酸、異亮氨酸和賴氨酸，其含量也是農產品的主要品質指標。這些氨基酸是人和動物體本身無法合成的，只有由植物產品提供。適當供氮能明顯提高產品中必需氨基酸含量，而過量施氮時，必需氨基酸的含量卻反而會減少。人和動物如果缺乏必需氨基酸，就會產生一系列代謝障礙，並導致疾病。

經由施肥能夠提高蛋白質的含量，但不能影響蛋白質的組成，這是因為蛋白質組成主要受遺傳基因控制的緣故。但施氮也能改變植株的有些營養成分，例如：常供氮不足到適量時，植株中胡蘿蔔素和葉綠素含量隨施氮量的增加而增加；供氮稍過量時，穀粒中維生素 B 含量增加，而維生素 C 含量卻會減少。

產品中的 NO_3^-和 NO_2^-含量是近年來引人注意的主要品質指標。人體內 NO_2^-過量能導致高鐵血紅蛋白症，引起血液輸氧能力下降。NO_2^-鹽還可與次級胺結合，轉化形成一類具有致癌作用的亞硝胺類化合物。氮肥施用量過大是造成葉菜類植物體 NO_3^-鹽含量大幅度增加的主要原因。

二、磷肥與品質的關係

與植物產品品質有關的磷化物有無基磷酸鹽、磷酸脂、植酸、磷蛋白和核蛋白等。增施磷肥對作物品質有如下作用：

(1)提高產品中的總磷量：飼料中含磷(P)量達 0.17%~0.25%時才能滿足動物的需要，含磷量不足會降低母牛的繁殖力。

(2)增加作物綠色部分的粗蛋白質含量：磷能促進葉片中蛋白質的合成，抑制葉片中含氮化合物向穗部的輸送，磷還能促進植物生長，提高產量，而對氮產生稀釋效應。

(3)促進蔗糖、澱粉和脂肪的合成：磷能提高蛋白質合成速率，而提高蔗糖和澱粉合成速率的作用更大；作物缺磷時，澱粉和蔗糖含量相對降低。

(4)使蔬菜上市表現，果實大小、耐貯運、味道特性都有所改善，磷肥還能提高果實的含糖量，改善其酸度，使上市的果實更鮮美、漂亮，提高商品價值。

三、鉀肥與品質的關係

(1)改善禾穀類作物產品的品質，不但可增加禾穀類作物籽粒中蛋白質的含量，而且還可提高大麥籽粒中的胱氨酸、蛋氨酸、酪氨酸和色氨酸等人體必需氨基酸的含量。

(2)促進豆科作物根系生長，使根瘤數增多、固氮作用增強，而提高種子中蛋白質含量。

(3)有利於蔗糖、澱粉和脂肪的累積，在甜菜上施用鉀肥可提高含糖量，減少染質含量;在大麥上施鉀可提高籽粒中澱粉和可溶性糖的含量。

四、鈣、鎂、硫與品質的關係

(1)鈣：鈣既是細胞膜的組成份，又是果膠質的組成份。因此，施鈣可增加牧草的含鈣量，提高其對牲畜的營養價值，還可增加農產品的可貯性。另外，鈣是人類食品中明顯不足的元素。施鈣對提高植物食品的含鈣量，促進人體健康也是極其重要。

(2)鎂：鎂的含量也是農產品的一個重要的品質標準。飼用牧草含鎂量不足時可導致飼養動物缺鎂症，引起動物痙攣病，人類飲食中鎂不足則會導致鎂綜合病，出現過敏、困乏、疲勞、腳冷、全身疼痛等病症。施鎂肥可提高產品的含鎂量，還能提高葉綠素、胡蘿蔔素和

碳水化合物的含量，防治人畜缺鎂症。

(3)硫：它是合成含硫氨基酸，如胱氨酸、半胱氨酸和甲硫氨酸必不可少的。缺硫會降低蛋白質的生物學價值和食用價值。

五、微量元素與品質的關係

由於許多微量元素是植物、人和動物體都必需的，因此，農產品中微量元素的含量也是重要產品品質指標。

(1)鐵：綠色葉片(如菠菜)和糧食中的鐵是人體中鐵的重要來源。缺鐵可引起貧血、腦神經系統疾病、感染性疾病和骨骼異常現象等。

(2)錳：食物和飼料中的含錳量也是重要的品質標準。施用錳肥提高維生素(如胡蘿葡素、維生素 C)含量，防止裂籽、提高種子含油量等作用，缺錳會引起動物生長停滯、骨骼畸形、生殖機能障礙等病症。

(3)銅：銅對於提高植物產品蛋白質含量、改善品質、增加與蛋白質有關物質的含量都有積極的作用。

(4)鋅：缺鋅能使植物成熟期推遲，因而影響農產品品質；由於偏食或食物中含鋅量低常常會引起兒童食慾不振、生長發育受阻等，施鋅能增加植物產品含鋅量和產量，防治人畜缺鋅病。鋅是一種重要品質指標。

(5)硼：由於硼對植物體內碳水化合物運輸有重要影響，因此，適量增施硼肥可提高蔗糖產量。施硼還可防止因缺硼造成的"莖裂"提高蔬菜品質。

(6)鉬：鉬又是重要的品質指標之一。缺鉬土壤上施鉬肥可增加種子的含鉬量，提高農產品的蛋白質含量，改善其品質。由於鉬能促進固氮作用，施鉬可以增加豆類作物的含氮量，因而提高蛋白質含量。

營養障礙的診斷方法

一、目識診斷法

雖然目識法的正確與否需要有豐富的經驗及敏銳的觀察力，但可由眾多人經驗中所獲得的簡則，並配合已有的營養障礙圖鑑來找出可能的缺乏或過多元素，配合上述的植體和土壤分析結果進行求證。一般目識

診斷法的研判原則可歸納如下：(表 2.1)

(1)首先觀察症狀出現在成熟葉或新葉的部位

首先出現症狀的部位與養分在植物體內的移動性有關。(例如氮、磷、鉀、硫、鎂等)移動性快的養分在作物體出現缺乏峙，會從成熟葉移向新生組織或新葉，從而在成熟葉片會首先出現不正常病狀。而鐵、硼、鈣、鋅、錳、鉬、銅移動性慢的養分，其症狀則首先在新葉上出現，因此可從病症出現在成熟葉或新葉，而瞭解可能的缺乏元素的種類。

表 2.1 礦物營養障礙目視診斷之原則

發生部位	普遍症狀		營養失調症
			缺乏
成熟葉和老葉	黃化	均勻黃化	氮、(硫)
		脈間黃化或呈斑點狀	鎂、(錳)
	壞疽	葉尖及葉緣組織焦枯	鉀
		脈間壞疽	鎂(錳)
幼葉葉片和葉尖	黃化	均勻黃化	鐵(硫)
		脈間黃化或呈斑點狀	鋅(錳)
	壞疽(黃化)		鈣、硼、銅
	變形(畸形)		鉬、鋅、硼
			毒害
老葉及成熟葉	壞疽	斑點狀壞疽	錳(硼)
		葉尖及葉緣焦枯	硼、鹽害(噴藥傷害)
	黃化、壞疽		非專一性毒害

(2)外表呈現異常特徵

每種營養元素在植物體內均有其獨特的生理功能，為其他元素所無法彌補及取代的，因此該元素的缺乏或過多部將反映在作物外觀上，所以可從外觀的異常特徵來研判造成營養障礙的元素種類。如：

①鎂、鐵、鋅、銅和錳都直接或間接和葉綠素的形成或光合作用有關係；所以這些元素缺乏時，一般作物葉片的綠色都會出現淡化褪綠、黃化、黃白化甚至白化的現象。

②磷和硼與碳水化合物的運轉有關；缺乏時，碳水化合物容易停留在葉片上而有利花青素的形成，因此莖葉會呈紫紅色。

③鈣和硼與細胞分裂及細胞膜形成有關；缺乏時，分生組織如生長點會萎縮和死亡。

④硼和開花有關；硼缺乏時，花粉、花粉管受阻，不能正常受精而出現"花而不實"的現象。

⑤鋅與生長素形成有關。鋅缺乏時，會使生長素形成不足而導致畸型小葉叢生或小果的症狀。

目視視為一快速之診斷法，但須有豐富的經驗，作為判斷的依據。同時有下列各項的困難：

(1)同一養分之缺乏在不同種類作物出現不同之症狀，例如蘋果缺鋅之一般症狀為小葉節間縮短、葉簇生等。但玉米缺鋅之症狀則為幼葉黃化，稱為白芽 (white bud)，症狀差異很大。

(2)同一症狀可能由於不同元素缺乏所引起。例如缺氮、缺硫植株常有類似之黃化現象，有混淆之可能。在果實方面：蘋果缺鈣發生之苦斑病(bitter pit)與缺硼發生之木栓斑(corky pit)外觀很難加以區別。

(3)多種元素缺乏(Multiple deficiencies)往往難以判斷。例如缺鉀之一般症狀為成熟葉片，葉緣黃化或焦枯。缺鎂症狀為葉脈間黃化。但缺鎂、缺鉀同時發生於一植株時，則複合性缺乏病徵與單一缺乏所表現之病徵則有所差異。

(4)礦物營養失調症狀可能由於環境污染或微生物所引起。例如：缺鐵黃化可能由於 Cu、Zn、Mn、Cr、Cd、Co、Ni 或 HCO_3^-過多所誘發。再者，鉀缺乏與氯過多往往有類似之病徵。一些礦物缺乏與毒素病症十分類似，因此，在診斷營養失調時，如能先檢查有無病蟲之為害，可增加目視診斷之正確性。一般來說，缺乏圖片之標準症狀往往是嚴重情況下之表現。而且作物在症狀未出現之前，生產量已受

到影響，這些都是目視診斷應用的限制。如能配合葉片分析，輔以養液供應(nutrient application)，則可增加判斷之正確性。

二、土壤及植體分析

主要對象為礦物元素缺乏症及鹽鹼害。一般將整株植物或其部分組織，或病田土壤進行化學分析，以測定其礦物元素的成分和含量，並與健康植物的正常值進行比較，即可確定病原。

作物的營養元素是否充足、缺乏或過多，可以由分析植物體內的元素含量或由其外觀病徵加以判斷。各種元素在作物體內的含量因作物種類、年齡、組織部位(根、莖、葉片、葉柄)、營養狀況、栽培環境等而異，因此欲應用植體分析診斷作物營養狀況，必須先建立該作物在特定時期、特定組織部位的元素缺乏、正常或過多之含量範圍。植物組織元素分析之方法，詳見表 2.3。台灣幾種重要經濟果樹葉片採樣方法及礦物元素暫行(表 2.4)。

表 2.3 組織礦物元素分析方法

方　　法	礦　物　元　素	速　度	敏感度
比色法	Al,B,Cu,Fe,Mn,P,Zn,NO_3,NH_4	緩慢	0.5ppm
濁度法	K,SO_4	緩慢	1.0ppm
火焰分光法	K,Na,Ca,Mg	中等	1.0ppm
原子吸收光譜分析法	Ca,Cu,Fe,K,Mn,Zn	中等	0.5ppm
感應偶合電漿-原子發射光譜分析法	Al,B,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Na,P,Zn	快速	0.1ppm
特殊離子電極分析法	NO_3,NH_4,Cl,F	緩慢	1.0ppm

(1)葉片分析採樣方法：

- 柑桔：於八月下旬至九月上旬，採取當年生未結果之春梢自頂端算起第三至第四葉。
- 番石榴：取頂端往下數第 4-5 對剛成熟葉片。
- 芒果：於盛花期，採取最近成熟之頂稍中段葉片。

- 蓮霧：開花期八月中旬至十一月上旬，採取最近剛持熟稍段的第二對葉片中任一葉。
- 楊桃：於七至九月採取未結果枝條自頂端算起之第四至第五複葉(成熟葉)。
- 葡萄：於盛花期採取花穗對生之葉片，採下後將葉柄與葉身分別分析。
- 梨：五月下旬採取未結果之短果枝頂端算起第三、四葉。
- 枇杷：九至十月間花穗形成期間，自枝條頂端算起第六、七、八葉中任一葉。
- 香蕉：最近剛完全展開之葉為第一葉，採第一葉或第三葉，將蕉葉中段之葉片組織沿葉脈撕開取中肋兩邊之葉身合併分析或採取葉身接近中肋至葉緣方向分三等分，逐段分析。
- 鳳梨：發育完成之'D'葉(D 葉係指基部為方形之葉，通常是最高直立葉)，將 D 葉基部白色部份之 1/3 取下分析。
- 番荔枝：二期果在五至六月中旬，一期果在十二月上至中旬，採取未結果枝條自頂端算起第四或第五葉。

(2)採樣注意事項：

- 太陽升起露水剛乾時，全園循 U 字形路徑，自兩旁隨機選取生長正常之植株採樣，視果園面積大小，採取 15-50 株葉片，合計 50-100 片葉為一樣品。
- 不同品種、不同生長勢之植株需分開採樣。
- 葉片採下，放入清潔塑膠袋內，並註明姓名、品種、園址等等，並附上施肥紀錄及農藥施用記錄，當天送往分析單位，進行清洗烘乾分析。

表 2.4 本省若干果作之暫定葉片營養診斷標準

果樹＼元素	氮	磷	鉀	鈣	鎂	硼	銅	鐵	錳	鋅
	(N)	(P)	(K)	(Ca)	(Mg)	(B)	(Cu)	(Fe)	(Mn)	(Zn)
	----------%----------					----------ppm----------				
柑桔類	椪柑、桶柑、柳橙 3.0-3.2									
	葡萄柚 2.9-3.1	0.12-0.18	1.4-1.7	2.5-4.5	0.26-0.50	25-150	5-16	60-120	25-200	25-100
	文旦 2.2-2.5									
葡萄(葉身)	2.8-3.0	0.16-0.22	0.9-1.6	1.0-2.0	0.16-0.50	30-100	5-20	70-120	25-200	26-140
梨	2.0-3.6	0.12-0.20	1.2-2.0	1.3-2.0	0.26-0.50	20-150	10-20	35-200	30-200	20-90
枇杷	1.4-1.6	0.12-0.20	1.0-1.8	0.8-1.5	0.18-0.30 1)	—	—	—	—	—
楊桃	1.7-2.6	0.10-0.18	1.2-1.9	1.5-2.0	0.60-1.00	—	—	—	—	—
芒果	1.4-1.7	0.10-0.15	0.9-1.2	1.0-1.8	0.2-0.35	—	5-20	60-120	30-200	20-100
蓮霧	1.3-1.5	0.10-0.12	1.2-1.5	1.6-2.0	0.16-0.20	38-80	—	100-150	70-120	30-50
番荔枝	一期 3.0-4.0	0.18-0.22	1.4-2.0	0.2-0.7	0.34-0.86	—	5-25	40-70	200-350	15-25
	二期 2.4-3.2	0.10-0.14	0.5-1.0	0.7-1.0	0.35-0.55	—	—	—	—	—

註：本表為農林廳召集各試驗場所有關人員所訂定的葉片診斷暫行標準

常見作物營養障礙及防治對策

1-(1)氮過量症狀：植株生長旺盛，新稍過多，葉色濃綠，葉片大而薄，莖葉軟弱，生殖生長延遲，抗病蟲害能力降低。

1-(2)氮過量原因：使用過量含氮化學肥料或高氮有機質肥料。

1-(3)改善方法：減（停）施氮肥，酌量提高磷、鉀肥用量。

2-(1)缺磷症狀：葉片變小，呈暗綠色，成熟遲緩，根部發育不良，根少呈褐色，葉柄可能產生花青素而呈紫紅色。

2-(2)缺磷原因：強酸性土壤(pH5.5 以下)，強鹼性土壤(pH8 以上)磷容易被固定，溫度低或土壤排水不良，土壤中過多鉀、鎂、銅及鋅。

2-(3)改善方法：調整土壤的酸鹼度，施用有機肥，磷宜深施，補充易吸態之液態磷肥(如磷酸一鉀、磷酸一銨)，加入溶磷菌。

3-(1)缺鉀症狀：老葉呈暗綠色，葉緣變褐色或壞死，降低對病蟲害抵抗力，果粒變小。

3-(2)缺鉀原因：鉀肥用量不足，粗質地土壤，缺少有機質，排水不良，土壤呈還原狀易產生硫化氫，甲烷等有害物質，致鉀吸收受阻，土壤中含過量的氮、鈣、鎂。

3-(3)改善方法：砂質地、鉀肥宜少量多施，噴施硫酸鉀 0.5%，調整土壤 pH 值。

4-(1)缺鈣症狀：新葉及新根無法正常生長，幼葉黃白化褐變致枯死，葉易縐捲，果實黑腐。

4-(2)缺鈣原因：高溫生長量大鈣無法足量吸收，酸性土壤，土壤氮、鎂、鉀施用過多，雨量少土壤乾旱。

4-(3)改善方法：調整酸性土壤，以 0.3-0.5%氯化鈣或 0.3%磷酸一鈣，適量補充土壤水分，控制氮、鉀肥施用量，施用有機肥。

5-(1)缺鎂症狀：老葉黃化，葉脈仍呈綠色，嚴重時落葉。

5-(2)缺鎂原因：坡地酸性土壤或紅壤，氮肥施用過多加速土壤酸化，結果量多。

5-(3)改善方法：改良土壤酸性，噴施 1-2%硫酸鎂，避免過量施用鉀、鈣肥，施氧化鎂每公頃 150-300 公斤。

6-(1)缺鐵症狀：新葉葉脈間呈黃白化，新生葉片小型化，新芽生長緩慢甚至停止。

6-(2)缺鐵原因：土壤呈酸鹼性或施石灰過多，鐵變為不溶性，施磷過多，錳、銅吸收過多。

6-(3)改善方法：噴施 0.1-0.5%硫酸亞鐵或 0.05%EDTA 鉗合鐵溶液，調整土壤 pH，增加鐵的活性，多施有機肥。

7-(1)缺錳症狀：新葉或老葉黃化或淡綠色，但嚴重時亦不會呈現白化。

7-(2)缺錳原因：石灰質土壤或過量施用石灰，pH 偏高，二價錳被氧化為四價錳，不利作物吸收。

7-(3)改善方法：噴施 0.25-0.5%硫酸錳，調整土壤 pH、施硫酸錳每公頃

200-400 公斤，鹼性土壤以噴施較佳。

8-(1)缺鋅症狀：新稍葉片黃化變小，但葉脈仍保持綠色。

8-(2)缺鋅原因：鹼性之砂質土壤，施過多石灰，碳酸氫根(HCO3)會抑制作物對鋅吸收，施磷肥過多，植株罹患立枯病。

8-(3)改善方法：土壤硫酸鋅每公頃 40-80 公斤或氧化鋅 30-50 公斤，噴施 0.25-0.5%硫酸鋅溶液，調整土壤 pH 值。

9-(1)缺硼症狀：頂稍生長點或新葉生長受阻，葉片白化或褐化、芽簇生，葉柄變短有裂痕或木栓化，葉片畸形、變厚、易碎或捲曲，花粉管發育受阻，造成落花、落果，果實畸形呈腫瘤狀，果皮變厚無汁。

9-(2)缺硼原因：粗質地土壤，pH 值過高，乾旱，氮、鉀肥施用過量。

9-(3)改善方法：土施硼砂每公頃 5-10 公斤，嚴重缺乏果園，每公頃 60 公斤，葉面噴施水溶性硼粉，稀釋 500 倍，於開花至幼果期噴施 3-5 次(每週一次)。

蔬菜及瓜果之合理化施肥技術

羅秋雄
行政院農業委員會桃園區農業改良場

前 言

北部地區土壤主要以紅壤為主，其特性為強酸性、有機質含量缺乏，地力貧瘠，且密實性高排水不良，對旱作物生長造成極大障礙。一般作物適宜的土壤 pH 值為微酸性，過於強酸(pH＜5.5)的土壤作物生長適應不良，肥料利用率偏低，如磷肥易遭吸持固定呈不溶性，致使作物吸收困難，更易導致病蟲害的嚴重發生。有機質含量低的土壤物理、化學及生物性不佳，尤其土壤密實性高影響排水，草莓及番茄均屬忌長時間浸水的作物，紅壤密實性高排水不良，對該等作物生長影響極大，亟需加以改善。適宜的氣候配合適當的土壤肥培管理是提高作物產量及品質的保證，因此，在有利的氣候條件下，如何提昇農民對土壤肥培管理的認知及栽培技術以提高產量及品質，並減少肥料不必要的浪費，達到合理化施肥目的，進而降低生產成本及增進土壤生產力，係今後高經濟作物生產上的重要課題。

強酸性土壤改良

一、何謂酸性土壤：

在土壤中之水溶解部分物質，構成土壤溶液，在土壤溶液中有氫離子(H^+)與羥離子(OH^-)存在，二者之比例不同，而有不同之酸鹼反應，稱之為土壤反應(Soil Reaction)，是土壤極重要的性質，通常以pH值表示之；即pH $\log[H^+]$，H^+濃度大(OH^-濃度低)，pH值小，土壤呈酸性反應，H^+濃度小(OH^-濃度高)，pH值大，土壤呈鹼性反應，H^+與OH^-濃度相等時，pH值為7，即土壤呈中性反應。土壤中的氫離子(H^+)存在形態可分二部分，一部分存在於土壤溶液中，稱之為游離酸(活性酸)，另一部分吸附在土壤膠體的表面，稱為交換性酸或潛在酸，二者可以互動的，形成動態平衡，當土壤溶液中H^+受外界的影響而使濃度增加時，

則會有部分H^+進入膠體表面成為吸附之H^+，反之，土壤溶液H^+濃度降低時，膠體表面吸附H^+會釋放進入土壤溶液中，此種情形在改良酸性土壤上極具有意義。土壤pH值與酸鹼性等級區分表如后：

pH 範圍	土　壤　反　應
＜4.5	極酸性(Extremely acid)
4.5-5.0	極強酸性(Very strongly acid)
5.1-5.5	強酸性(Strongly acid)
5.6-6.0	中酸性(Medium acid)
6.1-6.5	微酸性(Slightly acid)
6.6-7.3	中性(Neutral)
7.4-7.8	弱鹼性(mildly alkaline)
7.9-8.4	中鹼性(Moderately alkaline)
8.5-9.0	強鹼性(Strongly alkaline)
＞9.0	極強鹼性(Very strongly alkaline)

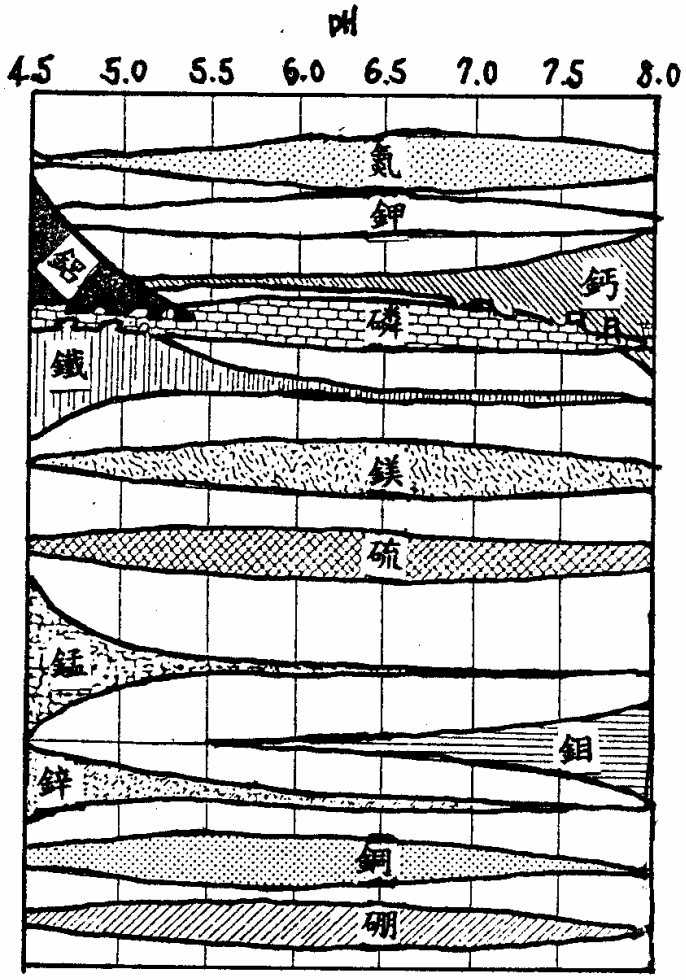
二、酸性土壤對作物的影響：

(一)作物對土壤酸性之適應：

作物種類不同對土壤酸鹼性之適應能力也各異，作物栽培應擇適合之土壤環境，才能獲得良好的生產，也可增加不良外在條件之抵抗力，因此，選擇適宜之土壤反應範圍或調整土壤反應，使之適宜作物之需要，是作物栽培上不可或缺的要件。

(二)土壤 pH 對植物營養要素之影響：

土壤中植物營養要素之存在量與存在型態，均與土壤 pH 值有密切關係，尤其是營養要素的有效性受 pH 值之影響至大，茲以下圖表明各種植物營養要素之效率與土壤 pH 值之關係，圖中線條寬度之大小，表示其效率之大小。



土壤pH與植物養分有效性之關係圖

酸性土壤對植物營養關係說明如下：

1.溶解性鐵、鋁、錳之毒害，土壤酸性愈強則溶解性鐵、鋁、錳愈多，對許多作物造成毒害，也影響作物之生產。

2.磷的效率低，磷多與鐵、鋁結合形成不溶解性之磷酸鐵與磷酸鋁等化合物，有礙作物對磷之吸收。

3.有機態氮、磷、硫等元素，不易釋放供作物攝取，因在酸性土壤中微生物分解有機物受阻。

4.鈣、鉀、鎂要素缺乏，土壤受雨水之淋洗，土壤中鈣、鉀、鎂等元素流失，造成這些元素之缺乏，也影響作物之攝取。

5.鉬之溶解度低，植物難以攝取利用，對需要鉬之作物容易缺乏。

6.土壤中有益微生物分解受阻，如分解有機物之放射菌及細菌、固氮菌、硝化細菌等，其繁殖活性受阻，影響作物之生育及產量。

三、酸性土壤測定方法：

(一)試紙呈色反應法：

將具有代表性之土壤樣品放入試碟或試管中，定量之蒸餾水，充分攪拌後靜置一小時後，取其澄清液滴在反應試紙上，觀察其變色反應，再對照標準比色表，即可查出其 pH 值，其數值較粗放，在田間速測時可使用。

(二)試劑比色測定：

其原理與前法相同，其製備需土壤加入 pH 抽取液(Extractor)及 pH 值指示劑(pH Indicator)作用呈現出顏色，再以比色表查出 pH 值，在市面上可購得，如 FHK 土壤酸度檢定器 Sudbury soil Test Kit 和 Green OM-2pH 檢定器等，詳細用法參閱說明書內容。

(三)金屬電極檢測：

利用金屬電極面與土壤溶液接觸法的原理製成，可在田間將酸度計金屬面完全插入土壤中一分鐘後，其指針穩定後之數值即可讀之。使用前如土壤過乾或肥料過多時，宜以適量清水或蒸餾水灌施 20～30 分鐘後再測定，如日「本竹村」儀器公司產品－土壤酸濕度計等。

(四)玻離電極法：

即現行之測定法，在農業改良場均採用之，其原理是將玻離電極與基準電極插入試液中時，即形成一種化學電池，其電動勢即可得知試液的 pH 值，除測定器具外，尚須要有 pH 4、7 及 10 之緩衝液供為校正之用，測定時須將土壤加蒸餾水充分攪拌混合，土壤與水的比例不同其測值也不同，一般土壤目前所採用的比例為 1：5。

四、土壤酸性之矯正

(一)適於減低土壤酸性之化合物：

酸性土壤係因缺少交換性陽離子所致，因此施用含所需一種或數種金屬陽離子的化合物，即可矯正土壤酸性，而此種化合物必須價格低廉，來源充裕，確實能減少土壤溶液中 H^+的濃度，與土壤發生反應作用不過於激烈，所供應之陽離子具有可促進土壤膠體團

粒作用，不易由排水流失。因此以鈣、鎂二元素最適合，可以符合前述條件。以此二種元素之碳酸鹽及氧化物、氫氧化物為理想之改良資材，亦稱為石灰資材。

(二)石灰之種類：

1.生石灰或稱氧化石灰(CaO)：一般農用者純度為 85-95%，其餘尚有夾什物如粘土及鐵化物，因鹼性最強，處理上較困難，使用時先將生石灰浸入水中 3-4 分鐘，待氣泡不再冒出時，取出堆積於地上，固塊逐漸崩解成為粉末狀，隨即可撒佈於田間。

2.消石灰或稱熟石灰($Ca(OH)_2$)：是生石灰加水消解而成之氫氧石灰，白粉末狀，其純度約為 95%，鹼性強，需裝袋，通常保有相當量之氧化物及其他石灰化合物。

3.碳酸石灰或石灰石粉：主要化合物為碳酸鈣與白雲石，其所含之比例各不同，純度由 79%至 99%不等。

4.副產石灰：以碳酸石灰為主的工業副產品，亦可作農用石灰，其來源不同，成分亦不一，如矽酸爐渣含有矽。作肥料用者須依法辦理登記，除保證成分氧化鈣、氧化鎂等外，其有害成分之含量也加以限制，以免施用後污染土壤。

(三)石灰資材之選用：

1.成分與價格：

按石灰之成分與價格為基準求出所施石灰之當量價值，以求同樣的價錢，那一種石灰的中和力強者即為選用之目標。

2.與土壤反應之速度：

石灰成分不同，其反應速度也異，如要求速效者以生石灰及消石灰為宜，但其特久性則較石灰石粉為差。

3.細度：

顆料之細度影響其中和力，顆料細小者其表面積大，作用也快速，但持久性差，因此細度也是石灰材料規格之一，一般以60%可通過60篩目者為標準，含有大小不同粒子，施用後可有快慢不同效力。

4.作物的需要：

石灰材料不同，成分亦不一，如禾木料作物需要矽者選用含的資材如矽酸爐渣，果樹類需鎂則以白雲石之石粉如苦土石灰。

5.使用及管理難易：

石灰材料之搬運及貯存是否方便也是重要因素，此外在目前人工費用高，機械施用之方便也是決定因子。

(四)石灰需要量：

一般而言，將每公頃的表土土壤反應提高到所需要的 pH 值所需石灰量，稱之石灰需要量，可參照前表之不同作物調整至所需要的 pH 值範圍。因為土壤質地及有機物含量不同影響石灰用量，可採土壤樣品測定石灰需要量來估算之。又為不使土壤反應過於激烈，不宜一次就調到所需要的 pH 值，即不要一次施用大量的石灰，分次逐步改良方法，達到下限之 pH 值，一般作物以 pH 6 即可。種植瓜類作物土壤 pH 值低於 5.5 時，可每年每公頃施用苦土石灰二噸，但施用 2-3 年後應採取土壤再行檢測 pH 值，據以提供是否再施用之參考。如改用其他石灰資材其中和力強者用量可酌減，參考下表調整石灰材料用量。

常用石灰資材之中和力

名　　稱	化學式	中和能力 (以碳酸鈣為100)
貝　殼　粉	CaCo3	95
石灰石灰粉(碳酸鈣)	CaCo3	100
消　石　灰	Ca(OH)2	120-135
生　石　灰	CaO	150-175
白 雲 石 粉(苦土)	CaCo3. MgCo3	110
矽 酸 爐 渣	CaSiO2	60-80

(五)石灰使用應用注意事項：

1.避免過量施用，以免引起土壤 pH 值劇烈變動，作物難以適應，土壤微量元素有效性劇減，發生缺乏，且會造成土壤結塊或變硬，

最好採土壤送當地農業技術單位分析，依據其推薦量施用為宜。

2.配合有機肥料使用，以免使土壤物理性變劣，養分元素逐漸枯竭。

3.使用方法要正確，用量要適當外，施用時要與土壤充分混合，不宜條施或穴施或表面撒施。

4.避免與酸性化學肥料混合施用，以減少肥分揮發或固定，降低肥效。

有機質肥料品質及施用

一、有機質肥料的功效

1.改善土壤構造：有機的顆粒或斷片使土壤變鬆，有機質可增加微生物產物，促進土壤團粒化作用，使土壤構造變好。

2.增進土壤通氣性：土壤構造變好，可增加土壤的通氣量，同時使根系間之氧化碳易於擴散出去。

3.增加土壤保水力：有機質肥料本身具有很強的吸水性，直接幫助水分的保持，或間接來自土壤構造的改善而提升土壤保水力。

4.增加土壤溫度：有機質肥料之顏色較深，能吸收較多的熱量，而提高土壤溫度。

5.供應作物營養及能量：有機物分解時，產生無機營養(如氮、磷、鉀及微量元素等)及有機營養(如氨基酸.醣類等)，並放出二氧化碳，部分可供作物光合作用的應用基質。

6.增加土壤貯存營養分：土壤中之營養元素在有機質表面貯存，形成可交換性的形式，尤其對含粘粒少之土壤更為重要。

7.有機物質之分解產物促使無機營養轉移及增加其有效性。

8.提供微生物的營養及能量：大量之有機物質進入土壤中，可促進微生物之活動，也加速有機物質之分解，間接提供作物所需之營養元素。

9.對土壤有益菌有增進時，可達到制衡有害菌之作用。

二、有機質肥料的品質

一般良好的有機質肥料其品質應符合下列各項要求;含有作物所需之大量營養元素、含有較高之有機質且穩定性高、無病菌生蟲及雜草種

子、腐熟度要高、不含有毒物質及過量的重金屬、不易發生臭味、價格必需低廉。

(一)特性及成分

大部份的有機質肥料係利用農畜產廢棄物經堆積腐熟而來，因此，有機質肥料會因材料、參配比例及堆製方法的不同，而使其所含肥料成分差異頗大(如表 1、2、3 及 4)。茲將較為常用的有機質肥料成分及特性簡要概述如下；

1.泥炭有機質肥料：泥炭是古代生物長期沈積轉化之產物，在土壤中分解緩慢，對長期性土壤有機質的增加是最有效的質材，但其肥料成分含量甚低。

2.腐植酸：不易被分解且構造穩定，可供長效性有機質肥料的應用，是優良的土壤改良劑，惟商品腐植酸若未調整其營養元素成分者，宜配合化學肥料施用。

3.動物廢棄物有機質肥料：該種有機質肥料包括動物糞便類(雞糞、豬糞、牛糞等)及廢棄殘體類(魚粉、骨粉、羽毛、皮毛、廢皮革粉等)二種，其所含的有機質容易被分解，對土壤有機質含量貢獻不大，屬速效性的有機質肥料，但富含作物所需的營養成分。

4.植物殘體或廢棄物有機質肥料：較常見的堆肥，其品質是依使用材料、營養含量之多寡及腐熟度的差別而有不同，一般豆餅渣類較易分解，屬速效性有機質肥料，含氮肥也較高，而樹皮、木屑、殼渣及植體等類堆肥則屬較不易分解的有機質肥料，可視為良好的土壤長期改良劑。

5.萃取或濃縮有機質肥料：商品中從動植物中萃取的有機物，呈液體或濃縮粉狀，含有各種有機物及營養元素(包括微量元素)，甚至含有酵素、植物賀爾蒙及抗生素等萃取物，較常見的有海草類及魚類等萃取物，為一速效及綜合性的有機質肥料。

(二)無病菌生蟲及雜草種子

有機質肥料的主要材料來源為農畜產廢棄物，難免在材料中附著有病源菌、生蟲或蟲卵及雜草種子，若按正常堆積腐熟，堆肥堆溫度可達到 60℃以上的高溫，可將其完全殺滅或致其無法發芽，可

減少因有機質肥料的施用而帶來的病蟲害、雜草管理及環境污染問題。堆肥溫度對雜草種子、病源菌及害蟲等的效應如表 5 及 6。

(三)腐熟度高

有機質肥料的腐熟度係指有機材料的分解程度，一般可利用下列方法判定；1.溫度：堆肥堆積一段時間後，翻堆後溫度不再上升而維持接近室溫，即表示堆肥已完熟。2.發芽試驗：堆肥用溫水抽出後稀釋 20—30 倍(5 克堆肥加 100—150CC 水抽出，萃取時間三小時)，再用濾紙播種。3.作物生長試驗：直播小白菜或菠菜以觀察其生長情形，或用 50 %的砂土加 50 %堆肥混合栽植作物。

有機質肥料的腐熟程度會影響作物的生長，施用腐熟程度不足的有機質肥料，在土壤水分含量適當時會進行二次醱酵，造成與作物競爭土壤中的氮肥，使作物生長有暫時缺氮的現象，同時在分解醱酵過程中產生高溫及有害物質也都會影響作物根部的發育。另外未醱酵完全的有機質肥料在土壤中進行二次醱酵時，會產生臭味進而引誘蒼蠅及蚊子等衛生害蟲，而造成對環境衛生的污染。

(四)有毒物質及重金屬

依據國家標準肥料種類品目及規格中的禽畜糞堆肥及雜項堆肥規定，重金屬銅(Cu)含量不得超過 0.01%，鋅(Zn)含量不得超過 0.08%，其餘各項品目也均有不同之規定，以垃圾堆肥為例，規定砷(As)含量不得超過 0.005%，汞(Hg)含量不得超過 0.0002%，鎘(Cd)含量不得超過 0.0005%，鉛(Pb)含量不得超過 0.015%，銅(Cu)含量不得超過 0.01%，鎳(Ni)含量不得超過 0.0025%，鉻(Cr)含量不得超過 0.015%，鋅(Zn)含量不得超過 0.05%。但對於有機污染物並無任何規範，依據美國及日本有機污染物多氯聯苯(PCB)的規範而言，美國規定若施用於農田之堆肥多氯聯苯含量不得超過 2.0ppm，日本則規定堆肥的水抽出液多氯聯苯要低於 0.03ppm。

三、有機質肥料的施用技術

有機質肥料在不同型態、分解速度、價格高低及作物需要不同等條件下，如何選擇適當之有機質肥料？成為一重要且實際的問題。因此在

選擇有機質肥料時其品質、效果及價格就必須兼顧考慮了。以下簡要說明如何依各種需要選擇及施用有機質肥料。

(一)依土壤需要選擇：

由於各別農戶耕地土壤條件不同，對有機質肥料之選擇也互異，一般而言可依土壤之有機質含量、養分含量及重金屬含量(採樣送轄區改良場或農試所分析)來決定。土壤有機質含量在＜1%時，就應選擇富含有機質之有機質肥料，大量全層施用，惟應考量該有機質肥料之價格，當土壤有機質含量＞3%時，除了石礫地外可以不必施用太大量。農耕土壤肥力產生不平衡現象時，宜根據其肥力狀況選擇適宜的有機質肥料施用，如土壤中磷及鉀過量時，就應撰用磷及鉀含量較低的有機質肥料，土壤鹽分(EC)過高時，就應撰用各種肥分均低的粗質有機質肥料，其餘可依據土壤分析推荐種類及施用量施用。有機質肥料一般均含重金屬，除應避免誤施已遭受重金屬污染之有機質肥料外，土壤中重金屬含量也是選用有機質肥料的重要指標。

(二)依作物需要選擇：

作物種類不同，其營養生長及開花結果之特性也不同，不同特性之有機質肥料要能配合，方能發揮有機質肥料之功效。例如短期作物當基肥用之有機質肥料，宜選擇腐熟度高者，以減少有機物質分解所產生之弊害。多年生作物於收穫後，可選用不同腐熟度的有機質肥料，但腐熟度較低者，宜提早施入土壤中，若土壤屬強酸或酸性者應配合石灰質材之施用，以提高有機質肥料之功效。水稻田應避免施用未腐熟之有機質肥料，以減少土壤處於還原狀態有機物質分解產生之毒害，及後期氮素大量供應使無效分蘗數增多，可能導致之減產。

(三)依地形環境需要選擇：

一般有機質肥料施用均以挖溝施入，尤其坡地果園更需要覆土，以防止雨水沖失。若耕地屬於石礫較多的土壤或礙於人力無法挖溝施入時，所選擇的有機質肥料形態以大塊狀或粒狀者為佳，粉狀有機質肥料較易被雨水沖失，以施入土中為佳。至於液狀之有機

質肥料(如腐植酸等)可採深施土中，對土壤全層改善也具有良好效果。

表 1. 常用有機質肥料肥分含量表(%)

種　　類	氮 素	磷　酐	氧化鉀
落葉堆肥	0.6	0.2	0.6
人造堆肥	0.6	0.3	0.7
稻　　草	0.6	0.1	0.9
牛　　糞	0.3	0.2	0.1
羊　　糞	0.6	0.5	0.3
豬　　糞	0.7	0.3	0.4
乾 雞 糞	5.0	4.0	2.0
蒸製骨粉	4.0	23.5	0.0
乾 血 粉	13.0	1.5	0.5
羽 毛 粉	9.0	1.5	0.0
大 豆 粕	7.0	1.5	2.3
棉 實 粕	5.5	2.5	1.6
花 生 粕	6.0	1.5	1.3
蓖 麻 粕	5.4	2.2	1.5
米糠油粕	2.5	5.0	2.0
太空包介質	0.9	0.4	0.1
樹皮堆肥	0.7	0.6	0.5

表 2. 有機物質之碳、氮含量及碳氮比

有機物質種類	碳	氮	碳氮比
玉　米　桿	43.0	1.7	26
穀　　殼	49.8	0.6	72
松樹鋸木屑	51.0	0.1	728
松　樹　皮	52.4	0.2	218

表 3. 主要有機質肥料的成分含量及肥效

有機資材種類	水分	成分含量 (%)				碳氮比
	(%)	碳	氮素	磷酐	氧化鉀	
稻草堆肥	75	7.6	0.4	0.2	0.4	19
堆肥類 木質牛糞堆肥	60	17.5	0.7	0.6	0.7	25
堆肥類 木質豬糞堆肥	60	17.1	0.9	1.3	0.7	19
堆肥類 木質雞糞堆肥	50	20.0	1.0	2.0	1.1	20
廄肥堆肥	60	10.8	0.3	0.1	0.04	36
穀殼堆肥	55	22.0	0.5	0.6	0.5	44
稈類 稻草	—	36.6	0.6	0.2	1.1	61
稈類 麥草	—	21.6	0.3	0.2	1.9	72
魚粕	—	40.0	8.0	8.7	0.5	5
油粕類 蒸製骨粉	—	26.4	4.4	21.7	0.2	6
油粕類 油菜油粕	—	28.0	5.6	2.5	1.3	5
油粕類 大豆油粕	—	51.1	7.3	1.6	2.2	7
棉子實粕	—	28.0	5.7	2.4	1.6	5
米糠	—	36.0	2.4	5.8	2.0	15

表 4. 禽畜糞類的成分含量

禽畜糞種類	水分	成分含量 (%)				碳氮比
	(%)	碳	氮素	磷酐	氧化鉀	
新鮮牛糞	79	43.3	2.5	2.2	2.0	19
新鮮豬糞	68	41.3	3.6	6.5	1.5	13
蛋 未乾燥	41	33.5	4.4	5.2	3.6	8
太陽乾燥	20	29.9	3.6	6.7	4.0	9
雞 火力乾燥	16	31.1	3.8	7.3	3.1	9
肉用雞	33	33.7	4.8	5.5	2.8	7

表 5. 堆肥溫度對雜草種子發芽率之效應

雜草種類	發芽率 (%)		
	堆肥表面低於 50℃置放 11-14 日	堆肥中 60℃置放 2 日	對照組
Digitaria adscendens	96	0	74
Penicum villosum	72	0	87
Cyperus microiria	56	0	30
Cheopodium album	26	0	16
Protulaca oleracea	85	0	91
Amaranthus blitum	68	0	70
Acalypha australis	7	0	51
Oryza sative	75	0	98
Hordeum vulgare	16	0	96

表 6. 常見病原微生物及蒼蠅溫度感受性

類別	病名	病原	溫度 (℃)	時間	感受性
病毒	新城雞病	Paramyxovirus	56	6 hrs.	＋
細菌	傳染性支氣管炎	Coronavirus	56	15 min.	＋
	傳染性喉頭氣管炎	Herpesvirus	30	5 min.	＋
		Herpesvirus	60	5 min.	－(or
	馬立克病	Poxvirus	60	8 min.	＋)
	雞痘	Orthomyxovirus	56	30 min.	＋
	家禽流行性感冒	Picornavirus	70	15sec.	＋
	口蹄疫	Herpesvirus	70	5 min.	－(or
	假性狂犬病	Togavirus	60	10 min.	＋)
	豬瘟	Coronavirus	45	45 min.	＋
	傳染性胃腸炎	Mycoplasm	56	30 min.	＋
	鼽漿菌症	Salmonella	60	5 min.	＋
	雛白痢	Haemophilus	55	6 min.	＋
	傳染性可利查	Pasteurella	60	30 min.	＋
	巴氏桿菌症	Staphylococcus	60	60 min.	＋
	葡萄球菌症	Erysipelothrix	56	10 min.	＋
	豬丹毒	Coccidia	45	24 hrs.	＋
寄生蟲	球蟲症	Ascarids	54	5 min.	＋
	蛔蟲症		45	24 hrs.	＋
蒼蠅卵			60	12 hrs.	＋
蒼蠅蛆					＋
					＋

＋：不活化或死滅。 －：有感染性。

蔬菜設施栽培土壤肥培管理技術

一、土壤鹽類累積

土壤中鹽類過度累積對蔬菜生長的影響，大致可歸納為下列幾點：1.抑制蔬菜根部水分的吸收、2.直接造成蔬菜根部的傷害、3.阻塞水分及空氣的進出、4.抑制土壤微生物及酵素的活性，不利養分的轉換、5.造成土壤養分的不平衡而產生養分間的拮抗作用、6.微生物相不平衡易使蔬菜產生病害。俗語說「預防重於治療」，設施栽培土壤鹽類累積的確是可以事先預防的，建議農友採用下列幾項原則及方法進行土壤管理，以達到預防的效果。

1.定期採取土壤樣本送改良場分析，瞭解土壤性質及肥力情形，並依據推荐方法管理土壤及施肥。

2.儘可能選用粗質且肥分低的有機質肥料，藉以改善土壤物理、化學及生物性。

3.一般蔬菜適宜的土壤酸鹼度(pH 值)為 5.6-7.0 之間，除非土壤酸鹼度低於 5.6(強酸性)或明顯的缺乏鈣及鎂元素，可依據改良場推荐的石灰資材種類及用量施用外，千萬不可盲目施用，以免造成土壤酸鹼度過高及鈣、鎂元素的累積。

4.肥料三要素中氮肥最容易流失及揮發，需適時適量補充，磷及鉀肥較不易流失，土壤中常存有高量的磷及鉀肥，因此，有機質肥料或化學肥料應選用氮肥高而磷及鉀肥低的種類或配方。

5.以雞糞、豆粕、魚粕及動物殘體為原料製成的高肥分有機質肥料，不可過量及長期連續施用，以避免鹽類累積。

上述幾項原則及方法可有效地預防設施內土壤鹽類累積;若遇土壤鹽類已累積過量之情況，可採取下列措施加以改善。

1.浸水：

以大量的水進行多次反復的灌溉浸泡及排水，沖去鹽類離子，或在雨季時掀開塑膠布讓雨水充分的淋洗，淋洗時間視鹽分累積之程度而異，但至少應有 2-3 個月的淋洗時間。

2.深耕或客土：

依據土壤分析結果，如表土(0-15 公分)鹽類累積較高，且底土

(16-30 公分)無鹽類累積現象時，可採取深耕混合表底土方法，以稀釋鹽類離子的濃度，或採取換入外處移來的乾淨土壤。

3.刮除 0-5 公分的表土：

一般土壤鹽類會隨毛細管水上升至 0-5 公分的表土中，使 0-5 公分的表土鹽類含量最高，因此，可採取刮除 0-5 公分表土的方法降低鹽分含量。

4.種植耐鹽作物或綠肥作物：

土壤鹽類累積尚不至於太嚴重時，可連續種植數作的玉米、田菁等吸收土壤中累積的鹽類離子，並將植株砍除移走供給其他田區當綠肥之用。

設施栽培土壤鹽類累積，雖然可採上述的方法加以改善，但畢竟是一項耗時耗力且成本極高的堅鉅工程，不如事先採取預防性的土壤肥培管理措施，以避免土壤鹽類累積的困擾。

二、土壤養分平衡

土壤養分不平衡現象，係現階段蔬菜設施栽培土壤肥培管理措施中急需解決的重要課題之一。由於作物生長會受土壤中最缺乏的養分、施肥過量反而減產及養分間的拮抗作用所限制，該等限制因子影響蔬菜產量及品質甚鉅。

依據土壤肥力診斷資料分析結果，發現北部地區蔬菜設施栽培土壤中不平衡的養分種類為磷、鉀、鈣及鎂，而且大部分為累積過量，除易造成土壤鹽類過高外，各種養分間也極易產生拮抗作用，例如：氮肥過高影響鉀及硼肥的吸收，磷肥過高影響鉀、鋅及銅肥的吸收，鉀肥過高影響硼、鈣及鎂的吸收。解決土壤中養分不平衡的唯一方法，就是每一至二年採取土壤樣本送檢，瞭解土壤肥力狀況，再依據試驗改良場所推荐的土壤肥培管理措施，逐年進行調整改善。一般蔬菜栽培土壤之磷、鉀、鈣及鎂的含量適宜範圍值；磷酐(P_2O_5) 60-290 公斤/公頃、氧化鉀(K_2O) 90-300 公斤/公頃、氧化鈣(CaO) 2000-4000 公斤/公頃、氧化鎂(MgO) 200-400 公斤/公頃。土壤肥力檢測結果養分含量不在適宜範圍值內者，即應針對有問題的養分元素進行補施或短期停止施用，並應注

意土壤酸鹼度(pH 值)是否適當(5.6-7.0)？以促使土壤肥力漸趨於較佳的狀況。

三、土壤重金屬累積

農田土壤重金屬污染來源，主要為工商業的廢氣、工廠傾倒廢棄物、污泥及排放廢水等，土壤經此污染，污染程度勢必相當嚴重，大部份均列入環保署管制及整治對象，然而，一般設施栽培土壤重金屬的累積，主要來自有機質肥料及土壤改良資材。

由於有機質肥料材料種類及調配比例不同,其養分及重金屬含量也各異，一般而言，植物廢棄殘體材料重金屬含量較低，而禽畜糞便(雞糞、豬糞、牛糞等)、皮革粉及污泥類材料相對的重金屬含量較高，主要重金屬種類為銅、鋅、鉻及鎘等，大量且長期施用極易造成該等重金屬的累積，為使平衡養分的供應及防止土壤中重金屬的過量累積，應選擇以不同材料製成之數種堆肥輪流施用。

酸性土壤改良所使用的石灰資材，大部份來自天然礦物研磨而成，該等資材重金屬含量與一般土壤含量無異,按正常推荐量施用並無重金屬累積之虞，但工業副產石灰可能在提煉製程中添加化學藥劑，致使該等石灰產品可能含有過量的重金屬，為防止土壤重金屬的累積，除應慎選具有肥料登記證之產品外，如有重金屬含量過高之虞慮時，也可自行取樣，送農業試驗改良場所檢測分析。

蔬菜作物施肥推薦

一、蘿蔔(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-20公噸之情形下，

氮素：140-160。磷酐：80-100。氧化鉀：110-130。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	40	15	20	25
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	60	20	20	—
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

1.堆肥、磷肥全量及氮肥40%、鉀肥60%當基肥於整地前，全面撒施後耕入土中，再作畦播種。

2.第一次追肥於發芽後6-10天，穴施於株間後覆土，以後每隔10-14天於畦肩條施追肥一次，共計2次，施肥後培土。

3.缺硼之土壤每公頃可施用硼砂 2-6 公斤，作基肥。

4.宜選擇土層深厚、排水良好、pH值在5.8-6.8間之壤土種植為佳，忌連作。

二、胡蘿蔔(台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：220。磷酐：125。氧化鉀：220。

註：換算成1號複合肥料、過磷酸鈣及氯化鉀用量各為1,300公斤、389公斤及185公斤。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	發芽後 15 天	發芽後 30 天	發芽後 50 天	發芽後 70 天
氮　肥	18	18	36	18	10
磷　肥	64	8	16	8	4
鉀　肥	9	9	27	28	27
堆　肥	100	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.粗質地肥分易流失之土壤可增加施肥量 30%，且少量多次分施。

2.基肥採全面撒施，追肥採條施於植株旁約 15 公分處。

3.施肥量及追肥時期可依土壤肥力、氣候狀況進行調整。

三、豆薯(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

氮素：60-90。磷酐：90-120。氧化鉀：150-180。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　　追 (播種後 30 天)	二　　追 (播種後 50 天)
氮　肥	30	35	35
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	30	35	35

四、牛蒡(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10-15 公噸情況下，

氮素：200。磷酐：130。氧化鉀：260。

(二)施肥時期及施肥分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追
氮　肥	20	40	40
磷　肥	70	15	15
鉀　肥	70	15	15
堆　肥	100	—	—

(三)施肥方法：

1.宜種植於排水良好土層深厚之壤土或砂質壤土。

2.為使牛蒡根系生長良好須深耕及多施堆肥。全量堆肥、氮肥 20%及磷、鉀肥各 70%於整地前全面撒施後整地。

3.第一次追肥為本葉 1-2 葉時，第二次追肥為第一次追肥後 20 天，追肥施於行間以免灼傷葉片。追肥宜配合中耕培土。

五、麻竹筍(台中場)

(一)三要素推薦量(克/欉/年)：

每欉施堆肥35-50公斤情況下，

樹　齡	氮　素	磷　酐	氧化鉀
1年	500	250	400
2年	2,000	500	1,500

註：每公頃以400欉計。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	冬　肥	春　肥	夏　肥
氮　肥	50	25	25
磷　肥	50	25	25
鉀　肥	50	25	25
堆　肥	100	—	—

(三)施肥方法：

1.施肥法可採用環施或條施在株旁，開環狀溝，或以竹欉為中心，開輻射狀溝，施肥後覆土。孟宗竹及桂竹筍可參考麻竹筍施肥量及方法施用。

2.酸性土壤可施石灰資材或矽酸爐渣改良之。

六、綠竹筍(桃園場)

(一)三要素推荐量(克/欉/年)：

1.新植林

每公頃以 500 欉計，堆肥每欉 10-20 公斤情況下，

氮素：500。磷酐：250。氧化鉀：400。

2.成林(二年以後)

堆肥每欉 40-60 公斤情況下，

氮素：600。磷酐：600。氧化鉀：600。

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.新植林

肥料別	冬　肥	春　肥	夏　肥
堆　肥	100	—	—
氮　肥	50	25	25
磷　肥	50	25	25
鉀　肥	50	25	25

2.成林

肥料別	基　肥 (1-3 月)	一　追 (4 月)	二　追 (6 月)	三　追 (8 月)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	25	25	25	25
磷　肥	25	25	25	25
鉀　肥	25	25	25	25

(三)施肥法：

1.施肥量需視竹欉大小及土壤肥沃程度酌量增減。

2.適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8。強酸性土壤每欉應施用石灰石粉或矽酸爐渣 2-3 公斤，中耕翻土時犁入土壤並充分混合。

3.施肥法以環施或條施於株旁，亦可以竹欉為中心，採輻射狀開淺溝的方式，開溝時切勿傷及筍莖芽，施於溝內後培土，培土高度以不超過母竹基部 10-20 公分為宜。

七、薑(台東場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 5-10 公噸情況下，

1.氮素：老薑 160-220、嫩薑 300-360。

2.磷酐：老薑 100-140、嫩薑 80-100。

3.氧化鉀：老薑 160-220、嫩薑 120-160。

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.老薑

肥料別	基　肥	一　追	二　追
氮　肥	50	35	15
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	50	35	15
堆　肥	100	—	—

2.嫩薑

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	25	35	25	15
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	50	—	50	—
堆　肥	100	—	—	

(三)施肥方法：

1.老薑種植前施用全量堆肥及磷肥、氮鉀各半量作為基肥施入土壤中，第一次追肥於種植後 60-70 天施用，第二次追肥於種植後 100-110 天施肥。

2.嫩薑種植前施用全量堆肥及全量磷肥、1/4 量氮肥及半量鉀肥作為基肥施入土壤中，第一次追肥於種植後 50 天施用，第二次追肥於種植後 70 天施用，第三次追肥於種植後 90 天施用。

八、水芋(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 20 公噸情況下，

氮素：400。磷酐：100。氧化鉀：500。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一追至六追 (定植後每隔 1 個月施用 1 次)
氮　肥	16	每次 14
磷　肥	40	每次 10
鉀　肥	16	每次 14
堆　肥	100	—

(三)施肥方法：

1.堆肥全量、磷肥 40%、氮肥及鉀肥各 16%於整地前全面撒施後整地，並與土壤充分混合。

2.追肥施用前田區宜適度排水，採全面撒施。

九、荸薺(台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用10公噸堆肥情況下，

氮素：300-400。磷酐：60-100。氧化鉀：200-300。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥 (整地時)	一　追 (植後20天)	二　追 (植後40天)	三　追 (植後60天)	四　追 (植後80天)
氮　肥	10	15	15	30	30
磷　肥	30	30	40	—	—
鉀　肥	—	30	30	40	—
堆　肥	100	—	—	—	—

十、嫩莖萵苣(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：120-180。磷酐：90-120。氧化鉀：120-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追 (定植後 15-20 天)	二　追 (定植後 30-40 天)
堆　肥	100	—	—
氮　肥	35	30	35
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	35	30	35

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混

合。追肥點施或條施於株間或行間。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

十一、蓮子(蓮藕) (台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用10公噸堆肥情況下，

1.氮素：採蓮子兼採藕粉 400-600、採生藕 120-200。

2.磷酐：採蓮子兼採藕粉 80-150、採生藕 50-100。

3.氧化鉀：採蓮子兼採藕粉 150-250、採生藕 80-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.採蓮子兼採藕粉

肥料別	基 肥	一追 (植後15天)	二追 (植後30天)	三追 (植後45天)	四至七追 (採收期每隔10天)
氮　肥	15	15	15	15	每次10
磷　肥	50	—	—	50	—
鉀　肥	15	15	15	15	每次10

2.採生藕

肥料別	基　肥	一　追 (植後15天)	二　追 (植後45天)	三　追 (植後60天)
氮　肥	15	30	30	25
磷　肥	50	50	—	—
鉀　肥	50	50	—	—

(三)施肥方法：

1.堆肥可與石灰資材同時施用。

2.基肥於整地前全面撒施。

3.追肥採全面撒施，撒施後應撥動蓮葉或以水撥洗，避免肥料附著於葉片上，造成蓮葉肥傷。

(四)石灰之施用

1.強酸性土壤(pH 5.5以下)，宜使用石灰資材調整土壤pH值。

2.石灰用量砂質壤土施1公噸/公頃，壤土或坋質壤土施約1.5公噸/公頃。

十二、茭白筍(台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用15-20公噸堆肥情況下，

1.氮素：雙季茭 200-250、單季茭 100-150。

2.磷酐：雙季茭 100-140、單季茭 80-100。

3.氧化鉀：雙季茭 100-200、單季茭 50-100。

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.雙季茭：青殼種

肥料別	基肥	一追	二追	三追	四追	五追	六追
氮　肥	—	10	10	15	25	25	15
磷　肥	60	—	—	—	—	40	—
鉀　肥	—	30	—	30	—	40	—
堆　肥	100	—	—	—	—	—	—

2.單季茭：赤殼種

肥料別	基肥	一追	二追	三追	四追
氮　肥	—	15	25	25	35
磷　肥	75	—	25	—	—
鉀　肥	—	60	—	40	—
堆　肥	100	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.基肥包括全量堆肥及磷酐60%於種植前施用於田間，並用耕耘機打入土中。

2.一追於種植後10天施用，二追於定植後20至25天施用，三追於種植後40-45天施用，四追單季茭於秋茭採收期中分1至2次施用，

雙季茭於春茭收前(四月)施用，五追於春茭收後秋茭採收前(7月間)施用，六追於秋茭採收中分1至2次施用。

3.土壤pH值在5.5以下春作每公頃施用矽酸爐渣2公噸。

十三、蘆筍(台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用50公噸堆肥情況下，

氮素：700-900。磷酐：100-150。氧化鉀：200-300。

註：1.蘆筍苗圃需選擇排水良好，通氣佳，不曾栽培過蘆筍的砂質壤土。

2.可換算成台肥1號複合肥料2,000－3,000公斤，配合尿素500公斤。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別		春肥	春採收肥			夏肥	夏採收肥	秋肥	秋採收肥		冬肥
堆　肥		50	—	—	—	—	—	—	—	—	50
單質肥料	氮肥	16	6	6	6	16	6	16	6	6	16
	磷肥	30	—	—	—	20	—	20	—	—	30
	鉀肥	20	8	8	8	10	—	10	8	8	20
複合肥料	複合1號肥料	30	—	—	—	20	—	20	—	—	30
	尿素	—	17	16	17	—	—	—	25	25	—

註:1.春肥3月間母莖更新時，春採收肥4、5、6月每月一次，夏肥6月下旬至7月上旬母莖更新時，秋肥8月下旬至9月上旬母莖更新時，秋採收肥10、11月，冬肥11月秋筍採收後。

2.一、二年生施肥方法與三年生以上者相同，但肥料用量依植株生長旺盛程度適當調整，約為三年生以上用量之70-80%。

(三)施肥方法：

1.春肥：堆肥25公噸及1號複肥800公斤(含氮160公斤、磷酐40公斤及氧化鉀80公斤)，條施或穴施於畦肩。

2.春採收肥：每月施肥1次，共3次，每次施用尿素80公斤(含氮37公斤)，開溝條施。

3.夏肥：施用1號複肥500公斤(含氮100公斤、磷酐25公斤及氧化鉀50公斤)，開溝條施於畦肩。

4.秋肥：施肥量及施肥法同夏肥。

5.秋採收肥(10月-11月間)：每月施肥1次，共2次，每次施用尿素125公斤(含氮約57公斤)，採穴施或條施。

6.冬肥：堆肥25公噸及1號複肥800公斤(含氮160公斤、磷酐40公斤及氧化鉀80公斤)，開溝條施。

(四)石灰之施用：

土壤 pH 低於 5.5 強酸性土壤，砂質壤土施 1 公噸/公頃/年，並充分與土壤混合， pH 值調整至 6.0 以上時即停止使用。

十四、球莖甘藍(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：100-120。磷酐：70-90。氧化鉀：120-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (定植後 10-15 天)	二　追 (定植後 20-30 天)	三　追 (定植後 30-45 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	34	22	22	22
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	34	22	22	22

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地作畦前全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，土壤 pH 值低於 5.5 者易導致根瘤病嚴重發生。可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

十五、馬鈴薯(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 15 公噸情況下，

氮素：150-225。磷酐：150-200。氧化鉀：240-360。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (發芽後 15 天)	二　追 (發芽後 30 天)
堆　肥	100	—	—
氮　肥	34	33	33
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	100	—	—

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間，追肥施用後即刻培土。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.5，pH 值低於 5.5 者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

十六、榨菜(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10-20 公噸情況下，

氮素：160-180。磷酐：90-120。氧化鉀：150-180。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (定植後 15-20 天)	二　追 (定植後 30-40 天)	三　追 (定植後 45-60 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	34	22	22	22
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥採點施或條施。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者易導致根瘤病嚴重發生。可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

十七、芥菜(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10-20 公噸情況下，

氮素：180-240。磷酐：90-120。氧化鉀：150-180。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (定植後 15-20 天)	二　追 (定植後 30-40 天)	三　追 (定植後 45-60 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	34	22	22	22
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	34	22	22	22

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者易導致根瘤病嚴重發生。可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦

土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

十八、甘藍(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：秋冬作 250-350，夏作：200-300。磷酐：70-90。氧化鉀：120-180。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (定植後 10-15 天)	二　追 (定植後 20-30 天)	三　追 (定植後 30-45 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	34	22	22	22
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	34	22	22	22

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者易導致根瘤病嚴重發生。可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

十九、結球白菜(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：200-250。磷酐：90-150。氧化鉀：120-180。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (定植後 15-20 天)	二　追 (定植後 30-35 天)	三　追 (定植後 45-50 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	34	22	22	22
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	34	22	22	22

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，土壤 pH 值低於 5.5 者易導致根瘤病嚴重發生。可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

二十、萵苣(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 5 公噸情況下，

氮素：100-120。磷酐：50-100。氧化鉀：90-120。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追(本葉 3-4 枚)
堆　肥	100	—
氮　肥	50	50
磷　肥	100	—
鉀　肥	50	50

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥採撒施，撒施後應酌量噴水減少肥料附著於葉片上。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

二十一、菠菜(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 20 公噸情況下，

氮素：150-180。磷酐：90-120。氧化鉀：120-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (發芽後 7-10 天)	二　追 (發芽後 14-15 天)	三　追 (發芽後 15-30 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	25	25	25	25
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	25	25	25	25

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥採撒施，撒施後應酌量噴水減少肥料附著於葉片上。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

二十二、蕹菜(空心菜) (台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：120-180。磷酐：50-90。氧化鉀：100-150。

多割栽培者於每次割後施用氮素推荐量的1/3。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一追(播種後10-12天)	二追(播種後18-20天)
氮　肥	34	33	33
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	34	33	33
堆　肥	100	—	—

註：多割栽培於每次割後加施氮肥。

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥採撒施，撒施後應酌量噴水減少肥料附著於葉片上。

二十三、茼蒿(台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：140-150。磷酐：90-110。氧化鉀：100-140。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	追肥(萌芽後15-20天)
氮　肥	50	50
磷　肥	100	—
鉀　肥	50	50
堆　肥	100	—

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥採撒施，撒施後應酌量噴水減少肥料附著於葉片上。

二十四、葉用甘藷(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：90-120。磷酐：30-60。氧化鉀：160-200。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (植後 1 個月)	二　追 (植後 3 個月)	三　追 (植後 5 個月)	四　追 (植後 7 個月)
堆 肥	100	—	—	—	—
氮 肥	20	20	20	20	20
磷 肥	100	—	—	—	—
鉀 肥	50	50	—	—	—

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥採撒施，撒施後應酌量噴水減少肥料附著於葉片上。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者，可於第一次整

地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

二十五、芹菜(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 20 公噸情況下，

氮素：150-230。磷酐：60-90。氧化鉀：150-180。本地種芹菜氮素、磷酐及氧化鉀各減量 1/3。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追 (定植後 30-40 天)	二　追 (定植後 60-70 天)
堆　肥	100	—	—
氮　肥	35	35	30
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	35	35	30

註：本地種芹菜一追及二追分別於定植後 7-10 及 20-30 天施用。

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。

2.追肥西洋芹菜採點施或條施於株間或行間，本地種芹菜採撒施，撒施後酌量噴水減少肥料附著於葉片上。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 5.6-6.8，pH 值低於 5.5 者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

二十六、洋蔥(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

氮素：150-200。磷酐：150-200。氧化鉀：120-240。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一追 (移植後二週)	二追 (移植後四週)	三追 (移植後六週)
氮　肥	50	20	20	10
磷　肥	70	30	—	—
鉀　肥	50	25	25	—

二十七、大蒜(台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：蒜球 260、青蒜 220。磷酐：蒜球 135、青蒜 125。氧化鉀：蒜球 240、青蒜 150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.蒜球

肥料別	基肥	定植後 30 天	定植後 60 天	定植後 90 天	定植後 120 天
氮　肥	15	30	30	15	10
磷　肥	60	15	15	10	0
鉀　肥	9	16	25	25	25
堆　肥	100	—	—	—	—

2.青蒜

肥料別	基肥	定植後 30 天	定植後 60 天	定植後 90 天
氮　肥	18	27	36	19
磷　肥	64	12	16	8
鉀　肥	13	20	40	27
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

1.粗質地肥分易流失之土壤可增加施肥量 30% ，且少量多次分施。

2.基肥於整地前全面撒施後耕犁與土壤充分混合。追肥撒施於行間。

3.蒜球栽培者於蒜種播植前若有低溫處理者，各次追肥時間約為播植後第 21、42、63 及 84 天。

4.施肥量及追肥時期可依土壤肥力、氣候狀況進行調整。

二十八、蔥(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥20公噸情況下，

氮素：240-275。磷酐：95-105。氧化鉀：90-120。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追
氮　肥	20	20	20	20	20
磷　肥	100	—	—	—	—
鉀　肥	25	25	25	25	—
堆　肥	100	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.整地前先將堆肥及基肥全面撒施，耕入土中，再作畦。基肥之化學肥料若採條施者可酌減其施用量。

2.追肥氮素以尿素為佳，第一次追肥於定植後10天新根長出時施用，以後約每隔15-20天施用一次，每次追肥後均須培土，培土不宜過厚，以可將葉柄部掩沒即可，最後一次培土以不超過植株葉身部之分岐點為準。若採用植穴栽植方式及以稻草敷蓋者無須培土。

3.追肥可依氣候及植株生育情形酌量調整其施用間隔及施用量。粗質地土壤可採少量多次施用，以稻草敷蓋者可酌增氮肥及酌減鉀肥之施用量。

5.宜選擇土層深厚、排水良好、pH值在5.7-7.4間，且富含有機質之壤土種植為佳，並與水稻輪作。

二十九、韭黃(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥20公噸情況下，

1.第一次軟化處理前之施肥量：

氮素：80-150。磷酐：30-50。氧化鉀：60-80。

2.每次收割後之施肥量：與第一次軟化處理前之施肥量相同。

(二)施肥時期及分配率(%)：

時期別	肥料別	基肥	一追	二追	三追	四追
第一次軟化處理前	氮　肥	—	33	33	34	—
	磷　肥	75	8	8	9	—
	鉀　肥	66	11	11	12	—
	堆　肥	100	—	—	—	—
每次收割韭黃後	氮　肥	—	25	25	25	25
	磷　肥	—	25	25	25	25
	鉀　肥	—	25	25	25	25

(三)施肥方法：

1全量堆肥及基肥於整地前，全面撒施後耕入土中，再作畦。

2.定植後至第一次軟化處理前，約每隔60-75天於行間或株間施用追肥1次，共計3次，施肥時勿太靠近株根，以免發生肥害。

3.每次收割韭黃後，隨即於行間或株間施用追肥1次，以恢復其生長勢，以後約每隔20天施用追肥1次，共計3次，並約每隔2個月才可再進行軟化處理1次。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤pH值5.6-6.5，土壤pH值低於5.5者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

三十、韭菜花(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-20公噸情況下，

要素別	基肥	每次追肥量
氮　素	250	30
磷　酐	270	10
氧化鉀	360	15

(二)施肥時期及方法：

1.全量堆肥及基肥於整地前，全面撒施後耕入土中，再作畦種植。

2.定植後約每隔10天於行間或株間施用追肥1次，施肥時勿太靠近株根，以免發生肥害。

(三)石灰之施用：

適宜的土壤pH值5.6-6.5，土壤pH值低於5.5者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

三十一、韭菜(青韭) (花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-20公噸情況下，

1.第一次收割前之施肥量：

氮素：80-150。磷酐：30-50。氧化鉀：60-80。

2.每次收割後之施肥量：與第一次收割前之施肥量相同。

(二)施肥時期及分配率(%)：

時期別	肥料別	基肥	一追	二追	三追
第一次收割前	氮　肥	50	25	25	—
	磷　肥	50	25	25	—
	鉀　肥	50	25	25	—
	堆　肥	100	—	—	—
每次收割後	氮　肥	—	33	33	34
	磷　肥	—	33	33	34
	鉀　肥	—	33	33	34

(三)施肥方法：

1.全量堆肥及基肥於整地前，全面撒施後耕入土中，再作畦種植。

2.定植後約每隔60-75天於行間或株間施用追肥1次，計3次，施肥時勿太靠近株根，以免發生肥害。

3.每次收割後，隨即於行間或株間施用追肥1次，並以腐熟之鋸木屑等資材覆於株根上，以後約每隔20天施用追肥1次，計2次。

4.冬、春季之肥料量需較夏、秋季為多。

5.氮肥中，尿素之肥效較硫酸銨為佳。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤pH值5.6-6.8，土壤pH值低於5.5者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

三十二、花椰菜(台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-20公噸情況下，

品　種	氮　素	磷　酐	氧化鉀
極早生種(定植後40天左右採收)	180-220	70-130	130-190
早生種(定植後60天左右採收)	220-260	90-150	150-210
中生種極晚生種(定植後70天以上採收者)	250-300	110-170	180-230

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.極早生種及早生種：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	40	15	25	20
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	50	—	50	—
堆　肥	100	—	—	—

2.中生種及晚生種：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追
氮　肥	30	10	15	25	20
磷　肥	100	—	—	—	—
鉀　肥	50	—	50	—	—
堆　肥	100	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.全量堆肥及基肥於整地前，全面撒施後耕入土中，再作畦。

2.第一次追肥於定植後7-10天穴施於株旁，以後每隔10-14天於行間開闢淺溝條施，最後一次追肥應在開始著蕾時施用，每次追肥後均須覆土。

3.缺硼之土壤每公頃可施用硼砂1-4公斤當基肥。

(四)石灰之施用：

土壤pH值在5.5以下者，每公頃可施用石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-3公噸改良。

三十三、青花菜(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-20公噸情況下，

氮素：190-230。磷酐：90-110。氧化鉀：150-210。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	45	15	15	25
磷　肥	70	—	30	—
鉀　肥	60	15	25	—
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

1.全量堆肥及基肥於整地前，全面撒施後耕入土中，再作畦。

2.第一次追肥於定植成活後穴施於株旁，以後每隔8-10天於行間開淺溝條施，每次施肥後均須覆土。

3.缺硼土壤每公頃可施用硼砂5-10公斤作基肥。

(四)石灰之施用：

1.土壤pH值在5.5以下者，每公頃可施用石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-3公噸矯正之。

2.宜選擇pH值在5.5-6.6間，有機質含量適中之土壤種植為佳，若土壤乾旱易使花蕾老化，土壤過於貧瘠則生育受阻，若土壤過於肥沃，會形成花蕾疏鬆與空心。

三十四、山蘇(花蓮場)

(一)三要素推薦量(克/株/年)：

每年每株施用堆肥2公斤情況下，

氮素：1,050。磷酐：260。氧化鉀：2,350。

(二)施肥時期與施肥法：

1.堆肥可直接施用於植株心部或植株基部之四週，堆肥應充分腐熟並避免施用過量，以免造成肥害。

2.化學肥料可用液體肥-料或即溶肥料及尿素等水溶液每週施用一次(營養液三要素之推薦濃度氮：磷：鉀為200：50：450mg/kg)，每株每次之施用量為500毫升，施用之方法可採澆灌、噴灌或滴灌等方式實施之。

3.土壤宜選擇富含有機質，pH值在6.3-7.3間，排水及通氣性良好，並有水分充分供應及適度遮蔭設施為佳。

三十五、金針花(台東場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-12公噸情況下，

氮素：100-150。磷酐：90。氧化鉀：60-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	一　追	二　追	三　追
氮　肥	30	40	30
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	20	45	35
堆　肥	100	—	—

註:種植 8-9 年後，應予更新種植或採用每隔 1-2 行鏟除 1 行之方式，使土壤肥力之效用與供應可以維持良好的狀態。

(三)施肥方法

1.每年第一次追肥於 3 月間施用，第二次追肥於 6 月間開花前施用，第三次追肥於 10 月間收穫後施用。

2.金針為宿根作物，二年生以後視生長情形酌量增加肥料施用量，

並且依循少量多施的施肥原則。

3.一般土壤均可種植金針菜，但以砂質壤土發育最佳。

三十六、紫蘇(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-12公噸情況下，

氮素：180-240。磷酐：90-120。氧化鉀：120-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追(定植後 15-20 天)	二　追(定植後 30-35 天)	三　追(定植後 45-50 天)
氮　肥	25	25	25	25
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	25	25	25	25
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間。

三十七、毛豆(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

1.氮素：春作 60。夏作 20-40。秋作 60。

2.磷酐：60-80。

3.氧化鉀：60。如有測定土壤有效性氧化鉀時可參考大豆鉀肥之推薦量。

註：若接種大豆根瘤菌，氮素施用量每公頃 20 公斤即可。

(二)施肥時期及方法：

1.磷鉀肥當基肥施用。

2.氮肥依春夏秋作不同其施肥期略有不同。春作於播種後 15 天至 30 天各施半量。夏秋作 35%當基肥施用，30%於播種後 15 天施用，35%於始花期施用或 50%當基肥施用，50%於播種 15-25 天

施用。

(三)石灰施用量及方法：參考大豆之施用法。

三十八、菜豆(敏豆) (台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥5-10公噸情況下，

氮素：90-120。磷酐：60-90。氧化鉀：100-120。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	30	30	20	20
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	50	—	25	25
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

1.基肥於整地前全面撒施，並與土壤充分混合。

2.追肥分別於發芽後 15、30 及 45 天施用。

三十九、豇豆(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：60-120。磷酐：60-90。氧化鉀：90-120。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追 (發芽後 15-20 天)	二　追 (一追後 15-20 天)	三　追 (二追後 15-20 天)
堆　肥	100	—	—	—
氮　肥	34	22	22	22
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	34	22	22	22

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追

肥採撒施。

2.未種過豆科作物的耕地，種子應拌合根瘤菌接種劑後播種，或取與種子等量種過豆科作物的土壤拌合。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 6.0-7.0，pH 值低於 6.0 以下，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

四十、蠶豆(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：30-40。磷酐：40-80。氧化鉀：30-60。

二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追 (第 2 次中耕除草時)
堆　肥	100	—
氮　肥	50	50
磷　肥	100	—
鉀　肥	50	50

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於播種前施於播種穴內，與土壤充分混合後播種。追肥採撒施。

2.未種過豆科作物的耕地，種子應拌合根瘤菌接種劑後播種，或取與種子等量種過豆科作物的土壤拌合。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 6.0-7.0，土壤 pH 值低於 6.0 以下，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

四十一、豌豆(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：20-40。磷酐：50-80。氧化鉀：60-90。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追 (發芽後 15-20 天)	二　追 (一追後 15-20 天)
堆　肥	100	—	—
氮　肥	50	25	25
磷　肥	100	—	—
鉀　肥	50	25	25

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株旁 10-15 公分處。

2.未種過豆科作物的耕地，種子應拌合根瘤菌接種劑後播種，或取與種子等量種過豆科作物的土壤拌合。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤 pH 值 6.0-7.0，pH 值低於 6.0 以下，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2 公噸，犁入土中與土壤充分混合。

四十二、菱角(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：100。磷酐：50。氧化鉀：100。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	一　追(定植後 5 週)	二　追(第 1 次採收後)	三　追(第 2 次採收後)	四　追(第 3 次採收後)
氮　肥	20	20	20	20	20
磷　肥	100	—	—	—	—
鉀　肥	100	—	—	—	—
堆　肥	100	—	—	—	—

四十三、甜瓜(高雄場)

(一)三要素推薦量(克/株/年)：

每公頃施用堆肥 2 公噸情況下，

氮素：150-180。磷酐：90-120。氧化鉀：100-150。

(二)施肥時期及分配率(%)：

要素別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	30	10	40	20
磷　肥	70	10	20	—
鉀　肥	40	—	60	—
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

1.播種前一個月撒佈堆肥 2 公噸於田內，並用耕耘機混入土中。

2.基肥(化肥)於播種前條施畦中。

3.第一次追肥在本葉 3-4 枚時，離植株 15 公分處穴施。

4.第二次追肥於蔓長 30-40 公分時條施並培土。

5.第三次追肥在小果期施用，穴施於畦兩側。

四十四、絲瓜(台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10-20 公噸情況下，

氮素：95-115。磷酐：90-105。氧化鉀：130-170。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追	五　追
氮　肥	—	20	20	20	20	20
磷　肥	100	—	—	—	—	—
鉀　肥	—	20	20	20	20	20
堆　肥	100	—	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.基肥：移植前或採用直接播種前。

2.第一次追肥於移植後10天或直播後本葉2-3枚葉時。

3.第二次追肥於抽蔓時條施並培土。

4.第三次追肥於蔓長60公分時。

5.第四次追肥子蔓開第一朵雌花時。

6.第五次追肥於著小果時。

四十五、胡瓜(黃瓜) (高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：250-350。磷酐：120-180。氧化鉀：300-400。

(二)施肥時期及分配率(%)：

要素別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追	五　追
氮　肥	10	15	15	20	20	20
磷　肥	60	20	20	—	—	—
鉀　肥	20	—	40	—	40	—
堆　肥	100	—	—	—	—	—

(三)施肥方法：

堆肥及基肥於整地時全面撒施後，犁入土中與土壤充分混合。追肥點施或條施於株間或行間。

四十六、苦瓜(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸或豆餅 2 公噸情況下，

氮素：250-350。磷酐：100-150。氧化鉀：150-300。

(二)施肥時期及分方法：

1.基肥：全量堆肥或豆餅及半量磷、鉀肥與 20%氮肥，於整地前全面撒施耕犁，並充分與土壤混合。

2.追肥：氮肥 80%，每隔 2 週施用一次，平均施用 7-8 次，半量磷、鉀肥於第二次及第三次追肥時平均施用。

四十七、越瓜(台中場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸情況下，

氮素：220-260。磷酐：120-160。氧化鉀：180-220。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追
氮　肥	10	30	20	20	20
磷　肥	10	50	40	—	—
鉀　肥	10	50	—	20	20
堆　肥	30	70	—	—	—

(三)施肥方法：

1.基肥：一期稻作收割前15天，將化學肥料施用於播種用小土堆下，堆肥覆蓋於越瓜種子上。

2.第一次追肥於水稻收割後條施於瓜株基部兩側15公分處。

3.第二次追肥於水稻收割後10天，條施於瓜株基部兩側40公分處。

4.第三次追肥於水稻收割後25天，條施於瓜株基部兩側70公分處。

5.第四次追肥於水稻收割後40天，條施於瓜株基部兩側100公分處。

四十八、扁蒲(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥20公噸情況下，

氮素：55。磷酐：55。氧化鉀：120。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追
氮　肥	—	20	20	40	20
磷　肥	—	20	20	40	20
鉀　肥	—	20	20	40	20
堆　肥	100	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.定植前堆肥採穴施或條施當基肥，再作畦。

2.第一次追肥於定植後8-10天，環施於株旁。第二次追肥於摘心後施用。第三次追肥於果實膨大期施用。第四次追肥於果實開始採收時視植株生長情形施於畦面上。

3.一般以選擇排水良好、富含腐植質之砂質壤土種植為佳，長型扁蒲品種之根系較淺，較不耐旱，以保肥及保水力較強之粘質壤土為適，而圓型扁蒲品種之根系較深，耐旱力較強，對土壤之要求較不嚴苛。

四十九、西瓜(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10公噸情況下，

氮素：180-240。磷酐：120-240。氧化鉀：200-240。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追	四　追	五　追
氮　肥	10	10	15	20	25	20
磷　肥	60	—	20	20	—	—
鉀　肥	25	—	15	30	30	—
堆　肥	100	—	—	—	—	—

(三)施肥方法：

1.於定植前將基肥及堆肥施於植溝內。

2.第一次追肥在定植成活後，點施於株旁10公分處。第二次追肥在本葉5-6片時，於株間開淺溝施下。第三次追肥在蔓長約50公分時，施於瓜蔓尖端處，並培土。第四次追肥在雌花始期，條施於畦溝兩側。第五次追肥在幼果如拳頭大時，施於畦溝兩側與溝底。

3.砂質壤土可在果實肥大時，以0.4%尿素水溶液噴施於葉面，每週1次，連續2-3次。

4.生育期間若發生缺硼時，可用0.5%硼砂水溶液噴施於葉面或灌注於根旁，每兩週1次，連續2-3次。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤pH值在5.6-6.2間，pH值低於5.5者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

五十、洋香瓜(台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10公噸情況下，

要素別	塑膠布畦面覆蓋栽培	塑膠布隧道型栽培	稻草覆蓋栽培
氮　素	110-150	110-150	110-150
磷　酐	210-250	210-250	210-250
氧化鉀	160-200	160-200	160-200

註：化學肥料換算台肥43號複合肥料施用量1,000-1,400公斤。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基肥	定植後(10天)	定植後(20天)	定植後(30天)	果實雞蛋大時
氮　肥	20	10	30	25	15
磷　肥	50	—	20	30	—
鉀　肥	30	—	20	30	20
堆　肥	100	—	—	—	—

註：基肥於整地前施用

(三)施肥方法

1.有機肥可與土壤改良劑石灰資材同時施用，化肥氮素需待石灰施用後1個月再施，不可與石灰同施，以免氮素脫失。

3.洋香瓜根系淺，耐旱力較弱，土壤適應性雖廣，但以排水良好、土層深厚及土質較鬆之砂質壤土為佳，適當的土壤pH 6.0-6.6，實施水田輪作或種植綠肥。

(四)石灰之施用：

1.土壤 pH 小於 5.5 屬於強酸性土壤，建議使用鹼性資材，並充分與土壤混合。

2.石灰用量砂質壤土施 1 公噸/公頃/年，壤土或坋質壤土施約 1.5 公噸/公頃/年，黏質壤土 2 公噸/公頃/年。土壤 pH 達 6.0 以上時，即停止使用。

五十一、茄子(高雄場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥 10 公噸及豆粕 1 公噸情況下，

氮素：610。磷酐：800。氧化鉀：630。(以施追肥 17 次，採收期 6 個月計算而得)。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	追　肥(共 17 次)
氮　肥	15	每次 5
磷　肥	32	每次 4
鉀　肥	15	每次 5
堆　肥	100	—

(三)施肥方法：

1.全量堆肥及基肥於整地前全面撒施後，犁入土中充分與土壤混合。

2.追肥自開始採收後(約定植後2個月)每7-10天施用一次，採點施或條施。

五十二、番茄(台南場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10公噸情況下，

要素別	食用番茄	加工番茄	小果番茄
氮　素	200-250	150-250	150-250
磷　酐	150-200	120-200	120-200
氧化鉀	120-180	120-180	200-250

(二)施肥時期及分配率(%)：

1.食用番茄

肥料別	基肥	一追(定植後 20-25 天)	二追(定植後 40-50 天)	三追(定植後 60-75 天)	四追(第一次採收後)
氮　肥	40	15	15	15	15
磷　肥	100	—	—	—	—
鉀　肥	25	15	20	20	20
堆　肥	100	—	—	—	—

2.加工番茄

肥料別	基　肥	一　追(定植後 20-25 天)
氮　肥	40	60
磷　肥	100	—
鉀　肥	50	50
堆　肥	100	—

3.小果番茄

肥料別	基肥	一追(定植後 20-25 天)	二追(定植後 40-50 天)	三追(定植後 60-75 天)	四追(第一次採收後)
氮　肥	30	25	15	15	15
磷　肥	100	—	—	—	—
鉀　肥	25	15	20	20	20
堆　肥	100	—	—	—	—

註：基肥於整地前施用

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於整地前全面撒施後，犁入土中充分與土壤混合，再作畦。

2.追肥採條施或點施於株旁10-15公分處，然後培土。

3.堆肥可與土壤改良劑石灰資材同時施用，化肥氮素需待石灰施用後1個月再施，不可與石灰同施，以免氮素脫失。

(四)石灰之施用：

1.土壤 pH 小於 5.5 屬於酸性土壤，建議使用石灰資材，並充分與土壤混合。

2.石灰用量：砂質壤土施 1 公噸/公頃/年，壤土或坋質壤土施約 1.5 公噸/公頃/年，黏質壤土 2 公噸/公頃/年，土壤 pH 值達 6.0 以上，即停止使用。

(五)硼肥之施用：

砂土、石礫地、紅壤、石灰質土每公頃施用硼砂 10-20 公斤(硼殘效可維持 3-4 年)。

五十三、甜椒(花蓮場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10-20公噸情況下，

1.定植後至第一次收穫果實：

氮素：120-150。磷酐：120-150。氧化鉀：150-180。

2.每次採收果實後：氮素30-50。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	一　追	二　追	三　追
氮　肥	30	20	25	25
磷　肥	100	—	—	—
鉀　肥	50	—	50	—
堆　肥	100	—	—	—

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於整地前3-5天在定植線開溝施下，並與土壤充分拌合。

2.第一次追肥於定植後10-15天，第二次追肥在定植後20-30天，第三次追肥在定植後35-45天，分別於行間、株間之不同方向位置輪流施肥，每次施肥後須覆土。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤pH值在5.6-6.8間，pH值低於5.5者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

五十四、草莓(桃園場)

(一)三要素推薦量(公斤/公頃)：

每公頃施用堆肥10公噸情況下，

1.北部地區

氮素：150-200。磷酐：150-200。氧化鉀：150-200。

2.南部地區

氮素：200-240。磷酐：120-160。氧化鉀：120-160。

3.東部地區

氮素：120-160。磷酐：60-90。氧化鉀：80-120。

(二)施肥時期及分配率(%)：

肥料別	基　肥	追　肥
氮　肥	65	35
磷　肥	65	35
鉀　肥	65	35
堆　肥	100	—

(三)施肥方法：

1.堆肥及基肥於整地前全面撒施耕犁後作畦，或在定植前於定植線開溝施下，並與土壤充分拌合。

2.定植後30-40天花蕾著生時施追肥，隨後即覆蓋PE布，以後不再施肥。

(四)石灰之施用：

適宜的土壤pH值在5.0-6.8間，pH值低於5.0者，可於第一次整地(粗整地)前每公頃全面撒施石灰石粉或苦土石灰(白雲石灰)1-2公噸，犁入土中與土壤充分混合。

茶園之合理化施肥技術

廖慶樑、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

臺灣農業一向為小農經營制度，在化學肥料、農藥及殺草劑未引進以前，農民多利用自製堆肥或種植綠肥作物做為肥料來源，並以物理或機械方式防除病蟲害而達到穩定生產之目的。作物合理化施肥的目的是要以適當的施肥成本來獲得良好的農作物產品品質及收量，提高農作物的收益，同時也要兼顧生態環境的維護，而作物合理化施肥亦就是作物的合理化養分管理(rational nutrient management)，也就是說要看土壤的性質與肥力、作物養分需要、及氣候狀況施下正確的肥料用量、肥料種類（型態），施用肥料也要適時，近來歐美各國更有依農地內不同肥力與產量的分佈關係而施肥，即所謂的精準農耕式(precision agriculture)的施肥。因此，為降低農民施肥成本，政府從技術層面推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務推荐之施肥量、施肥法合理施肥，減少施肥浪費以挹注肥價調漲增加之費用。依據各農業試驗改良場所多年來試驗示範成果顯示，依照需肥診斷推荐量施肥對產量與品質沒有影響，甚至有增加產量或改善品質之效益。

最少養分律

對作物生長而言，其所需之要素主要為碳、氫、氧、氮、磷、鉀、硫、鈣、鎂、矽、鐵、錳、鋅、銅、鉬、硼、氯等十七種元素。其中除了碳、氫、氧係由空氣和水供給外，餘均靠土壤供給。

有助於植物生長之營養要素雖然多達十七種，但植物生長卻受最少(乏)之要素所限制，如不補充這種要素，即使其他要素有充分量，亦不能發揮促進植物生長之效果(此現象稱為最少養分律)。故施肥時應判斷土壤中何種要素最缺，針對這種最缺的要素補充施肥才能得到最佳的效果。

有效之養分管理

植物生長與發育所需要之養分並非取之不盡用之不竭，人類要永續生存就必需靠永續的農業，而無論農產品或畜產品之生產都必需直接或間接地靠養分的供應來達成，因此地球上的養分循環利用確實太重要了。因此，先進國家的作物養分管理就有許多學者主張要符合最佳化管理操作(BMP, Best Management Practices)的原則，即作物養分的管理要好好地策劃設計、認真地執行，能達到高產、低成本投入、有效利用可資使用的養分、及改善環境的品質。最佳化管理操作就是要考慮成本、利潤及環境品質，養分的管理必須注重土壤，空氣及水的維護，因為我們人類吃的東西，它裡面的養分是來自土壤及空氣，因此，土壤事實上是在維持各種生物的生命現象。

而養分管理的 BMP 不只考慮作物要多少養分，要如何施肥，也要考慮土壤的管理，讓作物能有效率地利用養分土壤必需有好的構造、適當的排水及良好的保水能力。作物的高產量及高品質不單是良好的養分管理可以達成，作物的生產是一門綜合的技術，除了良好土壤管理之配合還需要有適當品種的選擇，考慮適當種植密度及種植時期，良好的病蟲害及雜草管理，更重要的是作物在生長時需要有良好之氣候環境。

土壤肥力之影響因子

土壤肥力係指土壤供應作物營養元素的能力，也可稱為土壤中有效養分狀態。土壤肥力包括兩個主要因子：作物必要元素的總含量(capacity)，以及可有效供應之強度(intensity)。假使土壤中含量多，但無法有效供應，則作物仍會缺乏養分，例如酸性土壤中磷與鐵、鋁反應，產生難溶之沉澱物以致無法供應作物吸收利用，作物即容易缺磷。因此要合理的施用就必要掌握土壤中作物必要元素的總量及其有效程度。必要元素的有效程度又受土壤物理、化學甚至生物條件影響，所以對於土壤物理、化學與生物因子如何影響必要元素之有效程度多所了解，當有助於施肥之合理化。

影響施肥的因素

肥料效果並非影響於某一單純因素,而受影響於眾多自然與人為因素，隨時隨地均有變異。其中尤以下列各因子對肥料效果影響甚大：

一、作物品種之特性；作物的吸收能力。

二、氣候因素：a.日照 b.與量 c.溫度。

1.土壤性質：a.物理性質 b.化學性質 c.生物性質 d.肥力。

2.栽培管理：a.植物保護 b.密植度 c.覆蓋 d.耕耘 e.水分管理。

三、肥料本身的性質：a.化學肥料 b.有機質肥料。

四、施肥的方法：a.施肥的位置 b.施肥的時期。

茶園之肥培管理

肥培管理是為了補強栽培者希望作物依照其理想生產而執行的重要手段之一。採收茶菁及根、莖生常會消耗樹體及土壤中的礦物元素，這也是茶樹施肥的最基本需求。但是不同類型肥料施入土中後，各元素的移行、被吸收與茶菁利用的時間差卻不能不知，否則施肥效果難以彰顯。

茶樹為多年生常綠木本作物，在正常情況下，可將樹體分成 1.葉片與 1-2 年生細枝，2.分枝與主幹，3.根群等三個部分。三者原本幾乎以等比率生長， 且各盡天職， 也就是根群吸收水分及礦物養分， 粗枝與主幹支撐樹型並作根群與葉片間水分、礦物與有機養分的交流管道， 而 1-2 年生細枝則著生與分散葉片， 使其能盡量爭取最大的光合作用空間， 三者同心幫助茶樹生長。惟隨著採收方式、修剪、留養、病蟲害、天候逆境、樹齡及生產制度需求等， 常會改變葉片與 1-2 年生細支所應佔有的比率， 此點會對後續數個生產季產生相當程度的影響， 也常造成肥培管理與茶菁產量與品質上的困擾。

就台灣而言， 自然生長的茶園， 一年可抽 4-5 次新梢， 若經過採摘， 則可抽 5-7 次新梢。唯近年來國內已逐漸放棄夏茶、甚至二水與秋茶的生產，由於大部份的農友採取無作為的留養， 在秋、冬茶生產前所修剪掉的生物量， 遠超過整年茶菁生產量的兩倍以上， 而這些留養枝在高溫、強光下生長量大增，將造成基層葉片受到遮陰、養分

競爭與病蟲害的影響而落葉， 待修剪後， 不但葉層變薄、葉片衰弱，且隱藏了相當多的病蟲害， 對第二季後的生長不利。

茶園之肥培指標

表一是由歷屆經鑑定為優良包種茶成茶的元素分析結果， 也成為茶園管理的重要肥培指標之一，吾人可借此， 選取適宜比率的肥料與種類。但若從每生產一公噸茶乾，吾人僅從茶樹移走 40-60 公斤氮素的觀點而言，似乎僅有施肥量十分之一的氮素，發揮了生產效益，不過若再考量吾人必須修剪掉兩倍以上的留養量，憑白棄置如此得來不易的大量樹體氮素，實值得深入檢討。

表一、茶菁適宜礦物元素含量範圍

元　　素	含量適宜範圍	元　　素	含量適宜範圍
氮 N(%)	4.00~6.00	鐵 Fe(ppm)	90~150
磷 P(%)	0.25~0.40	錳 Mn(ppm)	300~800
鉀 K(%)	1.50~2.10	銅 Cu(ppm)	8~15
鈣 Ca(%)	0.25~0.55	鋅 Zn(ppm)	20~40
鎂 Mg(%)	0.15~0.30	鋁 Al(ppm)	400~900

茶樹為常綠作物，在放任生長狀態下，一年中的生長量仍因溫度、日照及雨水的增加而增加，不過包種茶的品質卻反向而馳。因此站在樹體氮素的有效管理與茶菁生產經濟效益考量下，生產模式必須做到最有效的調整。

茶芽萌發生長的初期，不能或很少累積養分，這些有機及無機養分需要由成熟葉片及根群提供。又春茶與冬茶萌發初期，易受突發性的低溫與乾旱阻礙，影響茶菁產量與品質甚巨，不過由常年田間觀察可知，凡葉層厚度夠的健康植株，耐逆境的能力較強，茶菁的產量與品質受到的損害也較小。

利用中剪後重新培養樹勢的茶園，分別於春、冬茶萌芽前，由基部進行摘葉處理，發現春、冬茶的產量與葉層厚度成正相關，並可提高其

毛茶精製率。其中春茶的產量與芽長、芽重及芽數均有關，而冬茶則與茶芽的數目關係最為明顯。經由元素分析發現，成熟葉片中的氮素會因茶菁生長而降低，尤以最上層 10 公分的葉層可減少 15-20%的氮，茶菁生長時，是有能力吸引靠近組織的養分移入，因此平時培養健康的葉層，成為茶菁生產的保障。茶業改良場建議，春、冬茶生產期，茶樹的葉層最好能保持 20 公分以上的厚度。

施肥方式之考量

茶既為常綠作物，根群也必終年吸收養分供給地上部生長。雖然吸肥效率呈現季節上的差異，不過，由於茶樹必須依照吾人在經濟生產上最合理的生長模式生長，才能發揮最大的經濟競爭力，所以先規劃出地區最理想之生長模式之後，再進行施肥管理的後續補強作業，方有較大的實質意義。不過無論如何，茶樹仍需肥料生長，施肥作業也不能停頓，因此本章節雖暫不做任合何施肥量與施肥期之建議，但仍對施肥通則與理由加以解釋。

雖然施肥的方法能影響肥料施用的效益，但一旦肥料進入土壤後，各元素主要是藉溶於水後才進行縱、橫向之移動，雨水或灌溉水是上項動力的主要來源。肥料採撒施方式時，必須經過雨水不均，甚至流失的考驗，所以施肥效果較難估算，埋入或少量多施是較能確保肥效的方法。

一般氮肥溶解的速度較快，土壤的結合性較小，所以移動性也大，很容易在短期內發生肥效，磷肥與土壤的結合性大，易被固定，所以最好藉由深耕方式，也就是物理力量來移近根群，鉀肥則在兩者之間。故每兩年做一次茶園翻土是有相當大的意義。由於氮素在土壤中的移動性較高，所以除非少量多施，經由有機質分解所產生的氮素，仍是土壤最穩定的氮素來源。

有機質肥料之施用

有機質能提供茶樹生長的好處甚多，但農友常忽視有機質分解釋出氮的速度較緩慢，且為其重要特性之一。加上目前尚有不少農友毫無一般等量氮素的有機肥價錢是化肥的 7-12 倍概念，並存在以肥料價錢來估算肥效，而非以氮含量來換算肥效的習慣，常造成單用等價的

有機肥後，茶菁發生缺氮之案例，故需在此加以說明。有機質含量達60%以上的有機肥料，剛開始釋出氮肥的量雖稍高，但整體的釋出時間卻往往長達一年以上，因此若單施有機肥料，除非換算的氮量足，否則很難滿足茶菁生長時的大量需求，必須藉重化肥做臨時性的補充，所以介於二者間的合理化施肥較易為農友所採納。

惟前述茶芽萌發生長表現主靠樹體原養分的蓄積量，施肥的功能除提供本次茶菁生長所需的部分需求外，最重要的還是在逐漸補足本次由樹體移入茶菁的養分損虧，如此方能防止基部葉層脫落，減弱樹勢，並貯備下一、二次茶菁生長所需。所以即使施用速效性的化肥，也往往需在 3-6 個月後，才能展現其最大的施肥效益，更遑論緩效性之有機肥。此點又可由二水茶及冬茶生產期易造成基部葉片脫落高峰，且手採茶園較機採茶園與葉層厚度大者較小者落葉量小得到旁證。此也為為何農友們不斷嘗試不同種類、品牌與用量的肥料後，依然難以獲得穩定及普遍性結果之原因，因為問題的重心仍是在樹體本身的狀況，肥料的效益是長遠的，但極易為不同的茶園管理作業所掩蓋。所以今後應加強葉層厚度管理與肥效時間差的概念。

由表一得知，茶樹是重氮肥之作物，需要鉀、鎂，但較不喜磷、鈣。由於化肥的成分固定，吾人可依茶園之狀況，挑選適宜比率的化肥，詳見茶業改良場茶園推薦施肥手冊；但長期施用化肥，是有可能會造成微量元素的缺乏。有機質肥料與茶樹同為生物體而來，含有生物所需的各種元素，所以又稱全效性肥料；唯在茶數較不喜磷、鈣的前提下，應儘量避免使用含骨粉、血、鳥禽、魚蝦等動物性有機肥料，以免磷、鈣等元素於土壤中累積過多。

有機質肥料之選擇

由於市售有機肥之品牌甚多，為防止不肖業者將不潔之資材，尤為遭工業廢棄物污染後的資材甚至汙泥混入有機肥中，宜選擇政府登記有案並推廣之有機質肥料，因為政府均對其加以抽檢與規範，成為農友的保障；農友切忌勿貪圖便宜，購買來路不明的產品，以防遭受重金屬污染。施肥最重要的原則是：不論施肥多辛苦，但施錯了，決難從

土中收回。在此介紹幾種重要的選購重點：1.認清廠牌及政府核案的肥料證號， 2.註明元素比率， 3.確定肥料腐熟完全且不具高溫，4.不具雜質，5.含水量適中。

若嫌有機肥費用太高，以栽種綠肥就地翻耕的方式，也可以增加茶園有機質。唯切記，綠肥生長是會從土壤中吸取大量養分，造成土壤暫時性貧瘠，故需配合化肥施用；且綠肥生長不可高過茶棚面，以免因遮陰，造成茶樹落葉與病蟲害滋生。栽種綠肥宜先衡量農閒的自家人力，以免耽誤茶園正常作業。

另，近年以農產加工廢棄物，諸如苡芏殼、花生殼等厚厚的鋪設土面(約每公頃 50 噸)，以達防除雜草、減少土壤水分蒸散及逐步分解供給茶樹養分之目的，有減輕有機肥與雜草防除成本效果外，初步觀察，對茶樹的生長也確實有利。唯在鋪設的初期仍應補充少量化肥，以免發生初期缺氮現象；且每兩年仍需翻耕一次，打斷上浮之茶樹根群，以免當這些資材價格上揚，缺乏經濟效益時，茶樹也因根群長期上浮，一時失去抗旱之能力，造成茶樹衰敗，甚至死亡的風險。另外巨量有機生資材在茶園土表長期自然發酵，是否會對茶園生態及部分礦物元素造成累積影響，仍待長期觀察評估。

合理之施肥方式

最後，肥料到底要施在那裡才能發揮最大的經濟效益？首先施肥的目的是供給茶樹生長所需，而非雜草生長或單純的流失、揮發與土壤固定用。故園主必須在自身茶園中尋找根系的分佈，以為未來精準施肥做準備。茶樹多以扦插或壓條方式繁殖，但扦插苗或壓條苗主根不發達而形成側根群，成木後根群一般多在土表十到四十公分內，以覆碗形狀分佈。雖然品種間會因土壤深淺、地勢與耕作習慣的不同，而調整其根群的分佈。但基本上茶樹的根群可分成，上浮的細密根群，以吸收養分及感應溫度來促進生長；至於下沉的根群，則以發揮吸收水分，渡過旱季的功能來保命。

基本上，茶樹扦插的根群是以橫向生長為主，故幼木期根系往橫向發展力量較大；但成木後，茶樹必須經常接受耕犛、採摘與修剪，

且整體蒸散量擴大，故向下的力量加大。又茶樹的根系在發育過程中會受到土壤坡度的影響，當根系在水平發展受阻後，才會向深處發展，不過力量會相對減弱。所以種在等高線小平台植株的根系，會因種植在平台的外緣與中間，而發生根系分佈的重大改變。種植在小平台中間的茶樹，經多年發育後，外側的根系細且密；而種植在平台外緣的茶樹，其內側的根系因為有較多的水平生長空間而較密，反之根夕則量少且粗。施肥應以細密根群為主要標的。同理可應用到緩坡種植的茶園。

結　語

肥料是靠水及土壤對各元素吸附的能力進行移動，因此，當地的雨量分佈、茶園坡度與土壤特性應加以計算，方能將肥料順利的送進根群範圍，達到精準施肥之目的；就像將魚餌送進魚口一樣，經濟又不污染水源。最後，若農友一時仍無法理解上述的這些生物與物理因素關係時，少量多施仍為有效施肥的不二法門。

施肥是提高農產品產量及品質之有效方法，但要達到施肥預期目的，肥料種類、用量、使用方法並應配合作物類別、栽培管理等技術妥善之應用，作物獲得充分及均衡養分供應，才能得到產量高及品質優之農產品。因此，合理化施肥為提升農產品品質重要之一環，故瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達到合理化施肥的重要步驟。

展望台灣農業發展的未來，合理化施肥之永續性農業的經營趨向，已是無可避免，因此，積極利用現代科學技術，如減少或甚至不用化學肥料及農藥、採用有機質肥料、非農藥防治病蟲害技術、循環利用農業廢棄物、實施合理輪作制度，使農業生產兼顧了利潤與農業自然環境之維護、產品之安全性，將可達成農業永續發展之目標。

有機質肥料介紹

張明暉、簡宣裕、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

有機質肥料是生物殘體、新陳代謝產物、有機廢棄物經性質穩定後，可施用於田間當做肥料者。有機質肥料與化學肥料之最大差別，在於化學肥料是人工合成的，具有速效性肥效，但是容易流失，如果長期使用加上土壤管理不當，可能便鹽類累類積於土壤中，造成土壤物理性、化學性變壞、生物活性減小，導致生產力降低；有機質肥料是自然產物，大部份肥效較緩，但比較持續長久，不會對土壤造成鹽害，可補充及增加土壤有機質，增進土壤的構造、涵蓄水分能力及土壤肥力、生物活性，分泌出某些植物生長激素，促進作物生長。

有機質肥料的種類

（一）糞尿類

1. 人糞尿：

本省稱水肥，我國農業史上施用於農田開始於二千多年以前，是古代保持土壤肥力的主要方法，通常須先靜置 7 - 10 天腐熟後才能施用。

2. 家畜糞尿：

牛、馬、羊、豬等家畜之糞尿，在寒冷帶多直接施用，溫暖地區普通做成堆肥後施用。

3. 家禽糞尿：

家禽糞尿可直接使用，但濕的禽糞尿最好先風乾處理，以利搬運及施用，家禽糞尿三要素含量均較家畜糞尿高，含豐富磷肥。但家禽糞尿最好經腐熟後施用。

4. 海鳥糞：

有氮質海鳥糞、磷質海鳥糞二種。氮質海鳥糞含氮 11 % 至 16

％，磷 3.4％至 5.1％，鉀 1.7％至 2.5％。磷質海鳥糞含氮 4％至 6％，磷 8.6％至 10.7％，磷肥係由鈣、鉀及銨鹽所組成。

（二）農產加工副產品肥料

1. 血液：

   血液含豐富氮，但是磷鉀含量少，含氮量可至 15％。

2. 乾血粉：

   經乾燥研磨而成，一般含氮 10％、磷 1.5％。

3. 肉骨粉：

   將動物骨頭，加壓蒸煮脫脂磨粉的產物，肥效較緩，通常當做基肥。平均氮含量為 2.3％，磷含量 27.5％。

4. 蹄角粉：

   含氮 10％至 15％、磷 0.9％，可作為生長時間較長之作物的基肥。

5. 蟹殼粉：

   氮含量 2.73％、磷 1.74％、0.39％ 鉀。

6. 蚵殼粉：

   含 0.20％ 氮、0.06％ 磷、0.02％ 鉀。

7. 魚肥：

   不能食用之魚或加工魚品之殘物除去水分、油脂乾燥後製成魚粕，若再經磨碎成粉則稱為魚乾粉，為鹼性肥料，含氮 7％至 6％，磷 5.1％至 6.9％。

8. 油粕類肥料：

   主要種類有大豆粕、菜種粕、花生粕、芝麻粕、茶實粕、椰子油粕等二十幾種，油粕通常當作基肥。氮含量豐富，但是缺乏磷、鉀。新鮮油粕含有機酸，對種子發芽及幼小作物有害，宜先使其腐化後施用。

（三）活性污泥

衛生下水道污水處理過程中沉積於底部之物質是為活性污泥，通

常須經堆置腐熟後才作為有機質肥料，一般經腐熟之污泥其含氮 4 % 、磷 0.9 % 、鉀 0.3 % 。

（四）伯卡西肥

（五）有機液肥

（六）堆肥

有機質肥料品質之判定

有機質肥料品質對於作物生長與環境衛生具有舉足輕重的影響，一般而言有機質肥料品質之判定有下列幾種較簡易的方法。

(一)觀察有機質肥料外觀顏色與味道：

腐熟的堆肥，外觀顏色為深黑色或黑褐色，膨鬆感覺，吸水能力強，味道為泥土味至芳香味（例如純蔗渣堆肥），不能有酸壞臭味、惡臭或濃厚的氨氣味。而發酵不良，品質不好的堆肥，通常顏色為黃色或黃褐色。

(二)種子發芽測定法：

5 公克風乾堆肥加 100 毫升 60℃ 溫水，置於 200 毫升燒杯內，在 60 ℃ 水浴中經 3 小時後，以細紗布過濾， 2 張濾紙置於培養皿中，加入 10 毫升濾液，25 粒白菜種子放在濾紙上面，培養皿置於 25 ℃ 恒溫箱內，3 天後，觀察種子發芽率以及根生長情形，另外以蒸溜水代替濾液進行試驗，做為對照用，若試驗組的發芽率為對照組發芽率的 90 % 以上，且根的伸長不受抑制，則該堆肥可視為腐熟。

(三)還原醣含量：

一般而言，堆肥的還原醣含量與總碳含量的百分比＜ 35 %，則堆

肥可視為腐熟，若高於此百分比，則為尚未穩定腐熟的堆肥。

(四)濾紙擴散顯圖測定法：

濾紙先以 0.5 % 硝酸銀 (AgNO3) 溶液浸泡，烘乾待用。稱 5 公克堆肥，加入 50 毫升的 1 % 氫氧化鈉 (NaOH) ，振盪 5 小時後，以 3000 rpm 轉速離心，用棉花蕊心浸沾上澄液，露點於濾紙中央，依在濾紙上擴散顯圖的形狀及顏色，比照表一所列的資料，可判斷堆肥是否為腐熟。

表一、堆肥樣品抽出液 （以 1 % 氫氧化鈉抽出） 點於濾紙上，擴散顯圖之形狀與顏色

位置	新鮮堆肥	腐熟堆肥
擴散圖中央	顏色為白色至粉紅色	顏色為紅色至紫色
擴散圖中間帶	形狀為環狀	形狀為不規則狀
擴散圖邊緣	邊緣非鋸齒狀	邊緣為鋸齒狀

(五)塑膠袋法：

適用於堆肥廠現場之簡易判定法。新鮮堆積材料含許多易被分解的有機物，經微生物與生物作用後會產生多量氣體，塑膠袋因而馬上膨大如氣球，堆積材料愈接近腐熟則氣體產生的速度愈慢且量愈少，當然塑膠袋不會馬上鼓起來，甚至於不會鼓起來。此法可利用於以禽畜糞為堆積材料製造堆肥時，腐熟度定性的測試，但難判定完全腐熟與否。

(六)蚯蚓法：

堆肥與純水以 3:2 比例混合均勻後，放入 1/2 至 2/3 杯量堆肥於黑紙罩住四周的杯子（最好 500 毫升以上） 中，把蚯蚓置於堆肥上面，因蚯蚓有棲息於暗處之習性，若蚯蚓有往下鑽入堆肥之現象則表示堆肥

已腐熟，若蚯蚓有逃避離開的反應，甚至死亡，則表示此堆肥尚未腐熟。此法適用於判斷禽畜糞堆肥是否腐熟。

(七)幼植物試驗法：

設 4 種處理，處理 A : 500 毫升風乾土壤裝入盆栽內，處理 B : 同處理 A 但加施 N 、 P_2O_5 及 K_2O 各 35 毫克 ，處理 C : 350 毫升風乾土壤與 150 毫升堆肥混合均勻後裝入盆栽盆內，處理 D : 同處理 C 但加施 N 、 P_2O_5 及 K_2O 各 35 毫克。每處理 3 重複。盆栽盆直徑為 11.3 公分，高為 6.5 公分。上述各試驗處理的盆栽土壤加入適量水分後播種 20 粒小白菜種子，比較各處理的小白菜生育狀況做為堆肥腐熟之判定依據。

(八)花粉管伸長法：

堆肥與純水以 1:2 比例混合，浸泡一夜後，用紗布搾濾出濾液，以濾液（用純水做為對照）配製培養基（含 8％ 蔗糖、 1.2％ 洋菜及 17 ppm 硼酸），培養基加熱使洋菜熔解後傾倒於培養皿，待冷卻凝固後，將花粉管置于培養皿上，於 25 ℃ 暗房內， 經 20 小時後，與對照組相互比較花粉管伸長情形。此方法在判斷樹皮堆肥是否腐熟時，常被採用。

(九)近紅外線光譜測定法：

一般而言，堆肥化過程中碳水化合物逐漸減少，但化合物的芳香基碳 (aromatic C) 與羧基 (carboxyl group) 則增加。新鮮堆積材料在波數 1720 cm^{-1} 至 1000 cm^{-1} 近紅外線光 (infrared light) 的吸光光譜形狀為許多小且尖銳 (sharp) 或斜肩 (shoulder) 吸收峰，而堆積材料愈接近腐熟則在此波數範圍內的吸光光譜形狀，吸收峰較少且平緩 (leveled off) 。新鮮堆積材料在波數

2900 cm^{-1} 至 2800 cm^{-1} 近紅外線光的吸光光譜形狀，其吸收峰的高度比腐熟堆肥者高。測定方法為：

樣品以 105 ℃ 烘乾後磨粉過 0.25 毫公尺網目篩子，儲存於真

空乾燥瓶 (vacuum desiccator) ，取 100 毫克溴化鉀 (KBr) 和 2.4 毫克粉狀樣品混合均勻，壓成餅 (pellet) ，置於近紅外線光吸光測定儀，用波數 4000 cm^{-1} 至 1000 cm^{-1} 光波掃瞄測定樣品的吸光光譜。

(十)二苯基胺（diphenylamine）呈色反應：

5 公克牛糞堆肥放入 125 毫升玻璃三角瓶，加入純水 50 毫升，振盪 3 小時，以濾紙過濾，取適當濾液放入小玻璃培養皿，用吸管吸幾滴含 0.012 % 二苯基胺之濃硫酸液，加入小培養皿內，若呈藍色反應者表示已腐熟，而新鮮牛糞則沒有藍色反應。

(十一)堆肥的有機碳與氮比值及有機質含量：

一般而言，腐熟堆肥的有機碳與氮比值大多低於 20 （但樹皮堆肥的比值可能大於 20），有機質含量可以高於 60 % 。但是，若以純雞糞製造堆肥時，因原料的有機質含量大約只有 55 % ，故腐熟雞糞堆肥的有機質含量，極有可能低於 50 % 。有機碳含量的測定方法如下：

1. 濕化法

試驗組，堆肥以 80 ℃ 烘乾磨粉後，稱 0.1 公克樣品放入 500 毫升三角玻璃瓶，加入 20 毫升的 0.1 N 重鉻酸鉀 (K_2CrO_7) 及 40 毫升濃硫酸，靜置過夜， 200 毫升純水加入三角瓶內，待三角瓶冷卻後，加入 3 滴 *o* - phenanthroline 指示劑，然後以 0.5 N 硫酸亞鐵 ($FeSO_4.7\,H_2O$) 滴定至暗綠色。對照組，不加堆肥樣品於 500 毫升三角瓶內，其餘步驟同試驗組。以下列公式計算堆肥的有機碳含量（organic C ， %）

有機碳 (%) ＝（1 N × 20 毫升 － 硫酸亞鐵濃度 × 滴定毫升）(3) (f)

f : 為校正因子，大約為 1.3

2. 燃燒法 (McKeague，1976)

樣品先用酸處理，去除碳酸鹽，然後置於燃燒爐管，燃燒樣品，釋放出的二氧化碳 (CO_2) 被吸收塔中的氫氧化鈉 (NaOH) 所吸收，然後反滴定氫氧化鈉的減少量，便可計算出樣品中有機碳含量。

堆肥有機質含量等於有機碳含量 x 1.72 。

(十二)有毒物質及重金屬含量：

美國、日本對堆肥中有機污染物的規範，只有多氯聯苯 (PCB) 這一項，美國規定若要施用於農田，則堆肥的多氯聯苯含量不能超過 2 ppm ，日本的標準為堆肥的水抽出液，多氯聯苯含量，要低於 0.03 ppm ，測定多氯聯苯是需要同時用到氣體色層分析儀 (GC) 與質譜儀 (MS) ，須由專業人員來操作。堆肥中重金屬可以容許的含量，國內與國外的標準如表二所列。

表二、堆肥重金屬容許含量（ppm）

國家	鎘	鉻	銅	汞	鎳	鉛	鋅	砷	鈷	鉬
美國	2-25	1000	450-1000	5-10	50-200	250-1000	900-2500			10
日本	5	(1.5)		2		(3)		50		
奧地利	4	150	400	4	100	500	1000			
比利時	5	150-200	100-500	5	50-100	600-1000	1000-1500			
哥倫比亞	2.6	210	100	0.8	50	150	315	13	26	5
意大利	10	Cr^{+3}500 Cr^{+6} 10	600	10	200	500	2500			
荷蘭	0.7-2	200-50	25-300	0.2-2	10-50	65-200	75-900	5-25		
加拿大 **Ontario**	3-4	50	60-100	0.15-0.5	60	150-500	500	10-20	25	2-3
西班牙	40	750	1750		400	1200	4000			
瑞士	3	150	150	3	50	150	500		60	20
南韓	5			2		150		50		
我國垃圾堆肥	5	150	100	2	25	150	500	50		

( )：水抽出液濃度

(十三)其他相關因素：

1. pH

腐熟堆肥的 pH ，一般接近中性（堆肥樣品與純水以 1:5 混合均勻），但堆肥材料中若添加雞糞， pH 則有可能超過 7.0 ，如果以純雞糞當作材料，製造堆肥時， pH 可高達 9.0 左右。若堆肥的

pH 小於 6.0 時，此種堆肥可能是在嫌氣性條件下，進行發酵的結果，則屬於品質不好的堆肥。

2.電導度（E.C.）

堆肥種類不一樣，電導度的測值（堆肥樣品與純水以 1:5 混合均勻）則差異很大，不過一般而言，純樹皮堆肥的電導度小 < 1 dS/m ，純香菇木屑堆肥的電導度 <2.8 dS/m ，純金針菇木屑堆肥的電導度 < 3.6 dS/m ，牛糞堆肥的電導度可高於 3.5 dS/m ，純豬糞堆肥的電導度大約為 4.0 dS/m 至 4.5 dS/m ，固液分離豬糞堆肥的電導度可低於 2.0 dS/m ，在所有種類的堆肥中，電導度，以純雞糞堆肥最高，可高達 11 dS/m 至 13 dS/m 。

要以電導度的高低來判定堆肥品質的好壞，是沒有意義的事。一般而言電導度低的堆肥，比較適合做為作物的栽培介質使用，電導度高的堆肥則必需先和土壤或其他低電導度的材質（如蛭石，泥炭土等）混合攪拌均勻後，才能當做栽培介質使用。

3.全氮、全磷及全鉀的含量

大致而言，以農作物殘株或廢棄物為堆積材料所製造出來的堆肥，氮、磷及鉀的含量不高，而純禽畜糞堆肥的養分含量較高。堆肥添加其他化學肥料或材質（例如豆粕粉或肉骨粉等）的有機複合肥料或雜項有機質肥料，其養分含量遠高過於一般堆肥者。

4.堆肥的顆粒大小及不純物含量

腐熟堆肥，其顆粒粒徑大小的標準，通常規定為小於 25 毫公尺，不純物質（非有機物）的含量低於 4.0％（美國標準）。

消費者在購買堆肥時，若要知道堆肥的品質，則可以參考上述的資料，來加以判定。但先決條件是堆肥產商應該在每種產品堆肥的包裝袋或廣告說明書上，詳細且誠實的敘述產品的性狀及成分，好讓堆肥消費者來判定所購買堆肥品質的好壞，以選擇符合自己需要的堆肥。

有機質肥料之施用

（一）一般農產加工副產品

1.需在種植前一段時間先施入土壤並犁入土中。

2.不可直接施用在作物根部。

（二）伯卡西肥

1.基肥

使用量因作物種類不同而有很大差別，通常都按照各作物的氮素推薦量計算使用，一般每分地用量約 200 - 600 kg，均勻撒施於地面，翻入土中深度約 15 – 20 ㎝ ，不必太深，或條施於植溝後覆土，不必太厚，約經過 7 – 14 天即可種植幼苗或播種。

2.幼樹追肥

定植 7 天以後即可使用，一般用量每分地 40 - 60 kg ，撒佈於幼株周圍，距離主幹約 10 ㎝ ，施肥帶寬 15 – 20 ㎝ ，輕輕覆土就可。

3.壯老年或病弱樹追肥

用量減半，但次數增加，視新芽生長情形而定，應施放於根部生長旺盛部位，距離主幹約 50 – 100 ㎝ 。

（三）有機液肥

1.氮質液肥使用法

適於各種作物生長長初中期使用以促進營養生長或果實生長，也可於果樹採收後做裡肥使用，噴葉用 100 倍（先過濾），灌土者不必過濾，接加水稀釋 30 – 50 倍後以馬達抽取灌施。

2.磷質液肥使用法

適於氮素過多之作物。 2 – 4 個月間長期陰雨，日照少，或因氮素太多而花芽分化不良之果樹或果菜類，每間隔 4 - 5 日連續噴施或灌施於土壤二次以上。結果中後期灌施於土壤以提高果實糖度。噴葉用 100 倍（先過濾），灌土用 30 – 50 倍。

3.低氮磷質液肥使用法

適於養分不太夠之果樹或果菜類結果中後期使用，以促進果實生長並提高糖度。噴葉用 100 倍（先過濾），灌土用 30 – 50 倍。

（四）堆肥

1 施用量

（1）牧草及草皮

一般而言可以大量地施用家畜、家禽糞堆肥，因草皮及飼料作物較耐高濃度養分，但過量的施用可能造成作物體內有大量 NO_3^- 生成。每公頃較適合施用量，牛糞堆肥為 30 - 40 噸，豬糞堆肥為 20 – 30 噸或家禽糞堆肥為 5 噸。

（2）水田

每公頃較適合施用量，牛糞堆肥 15 噸，豬糞堆肥 10 噸或家禽糞 2 噸。

（3）蔬菜

堆肥施用於蔬菜田是很重要的，因為施用後，可以維護蔬菜田土壤的化學、物理及生物性質，而促使蔬菜產量高與品質良好。需要肥料量較低的蔬菜如馬鈴薯、菠菜、紅蘿蔔，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10 至 15 噸或家禽糞堆肥 2 噸。需要肥料量較中等的蔬菜如甘藍、萵苣、番茄，每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 15 – 20 噸或家禽糞堆肥 2 – 3 噸。需要肥料高的蔬菜如胡瓜、甜辣椒 （green pepper） ，每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 25 – 35 噸、家禽糞堆肥 4 – 5 噸。

（4）旱作

玉米、高粱、蕃藷，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10 – 20 噸，家禽糞堆肥 2 – 3 噸。茶園，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 20 – 25 噸，家禽糞 4 噸。菸葉，每公頃施用 15 – 20 噸牛糞或豬糞堆肥， 3 噸家禽堆肥。

（5）果樹

每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 8 – 12 噸或家禽糞肥 4 – 5 噸。

（6）花卉

每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10 – 20 噸，家禽糞肥 5 – 6 噸。

（7）施用牛糞或豬糞堆肥

需要考慮存在於堆肥中的重金屬例如銅的含量，然後酌

量使用，最好購買有登記註冊且標示肥分牌有機質肥料。

2.施用方法

（1）撒放（broadcasting）

草皮與草地以此方式施肥。

（2）撒施後犁入土壤（broadcasting and plowing under）

在播種或種植前，將堆肥撒施後馬上犁入土壤中，短期作物、某些一年生作物可採用此種方法。

（3）溝施（furrow application）

長期作物如甘蔗與馬鈴薯適用此法。開條溝於作物旁邊、施入堆肥及覆土。

（4）堆施（hill application）

將堆肥大量堆置於果樹或香蕉的旁邊。

（5）穴施（hole or pit application）

將堆肥和土壤混合後施入穴中，此法常適用於果樹幼苗栽種時。

（6）環施（ditch application）

於果樹周圍環狀開淺溝，然後將堆肥施入及覆土。

（五）有機質肥料施用需掌握之訣竅：

1.栽作物作物種類的選定及養分吸收特性瞭解。

2.耕地土壤的瞭解。

3.選擇肥料種類的瞭解。

4.及調配合適有機質肥料。

5.合理的施用量。

結　語

農友選擇有機質肥料首先應瞭解設施內耕作土壤的特性，才能給予適當且均衡的養分同時改良土壤，其次要考量種植作物的需肥量，依據需求換算合理的有機質肥料用量。消費者在購買有機質肥料時，若要知道有機質肥料的品質，應該可以參考上述的資料，來加以判定。有機質

肥料應選擇腐熟度高且符合國家標準品目規格者,勿連續多年使用相同的品牌，也應視土壤環境隨時調整。在設施內，合理化施肥的觀念更顯重要,唯有正確的施肥管理,才能培育出健康的土壤與栽培出優良又安全的蔬菜。而所購買肥料品質的好壞,以選擇符合自己需要的有機質肥料，藉以增進良好之土壤理化性質，進而增加栽種作物之品質與產量，並兼顧環境品質，以達到生態與作物生產雙贏之目標。

有機質肥料之合理化施用

林毓雯、張庚鵬、黃維廷
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

自人類歷史進入農耕時代以來，有機資材在田間的使用即非常普遍。尤其在早期化學肥料尚未普及以前，環境中所能取得的有機資材，就是肥田的唯一物料，諸如作物殘體、動物糞尿等都是廣為使用的資材。化學肥料價格便宜以後，因為肥效迅速、體積小、施用方便，因此有機資材的使用被大量取代。一直到最近，由於環保意識抬頭，廢棄物的妥善處理受到重視，再加上化學肥料長期不當施用後，常造成部分養分的累積及微量要素的缺乏等土壤劣化的現象，有機資材的使用又再度受到重視，在各種作物栽培上廣為應用。

有機資材大多具有體積澎鬆、富含有機成分的特性，施用到田間可改善土壤物理性、化學性或生物性，進而促進作物的生長。然有機資材種類繁多，成分各異，不同資材養分釋出特性不同，即使商品名稱相同之有機質肥料，其肥效也會隨原料成分而異。因此在施用前有必要對其肥分進一步了解，並充分配合作物的生理需求及土壤環境特性，方可確實掌握其施用技術，達到增加收益、提高品質、減少環境污染的目的。

有機資材的分解及氮礦化

有機資材添加到土壤中以後，由於其含有微生物所需的營養，微生物繁殖時會從有機資材中取得養分，其中以碳及氮最為重要，除了用來合成微生物體之外，另一方面是供應新陳代謝所需的能量。因此，有機資材的成分會隨著微生物的活動而分解，部分轉化為微生物體質，部分變成二氧化碳及水散失到空氣中，部分轉成無機養分釋放到土壤中。分解的過程中有機成分漸漸減少、體積變小、氮及無機養分的百分率增加。此種養分由有機型態轉為無機型態的過程，即稱為礦化作用。

一般微生物於繁殖個體及活動所需消耗的能量，是經由有機資材

中的碳轉變為二氧化碳而來，而作為能源所需的碳約為個體繁殖的兩倍，亦即合成1公克的微生物體，需另外消耗2公克的碳作為能源，總共需要3公克有機資材的碳。又以一般微生物體的碳氮比約為10來看，則合成1公克的微生物體，需要0.1公克的氮。因此，有機資材的碳氮比大約需維持在30左右，則其所含氮經過微生物分解後，才可充分供給微生物生長(6)。如果碳氮比低於30時，則會有多餘的氮釋放到環境中，此即氮的礦化作用；反之碳氮比大於30時，則微生物必須從環境中吸收氮藉以合成體質，此即氮的同化作用，會造成施用初期土壤有效態氮的下降。

常用有機資材的氮礦化特性

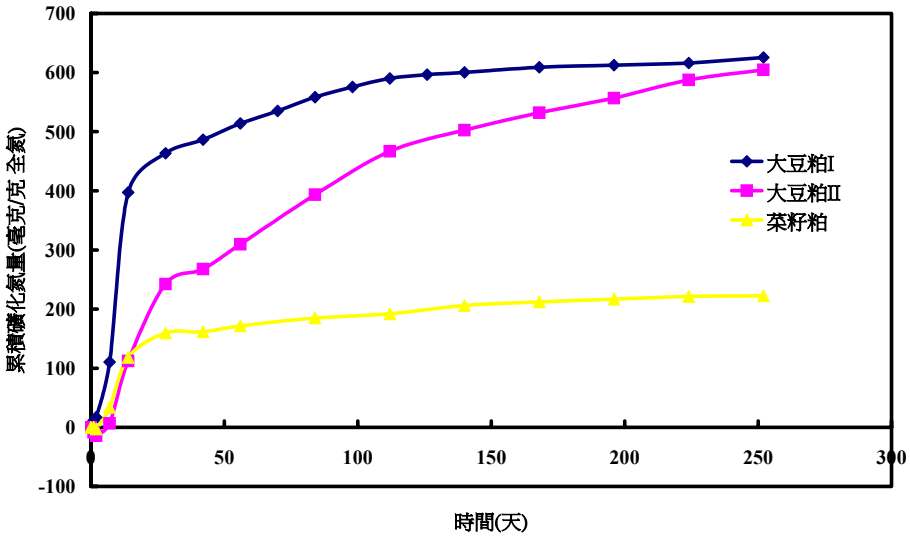
有機資材中的氮絕大多數為有機態，必須先經過微生物分解後釋出無機態氮，才能供作物吸收利用。由於有機資材的肥效主要決定於氮的供應量，因此，其氮礦化特性與資材的施用技術有密切的關聯。根據以往筆者對有機資材氮礦化特性的研究資料，在36週試驗期間，有機資材氮礦化特性可大略區分為三類：

一、快速礦化型資材

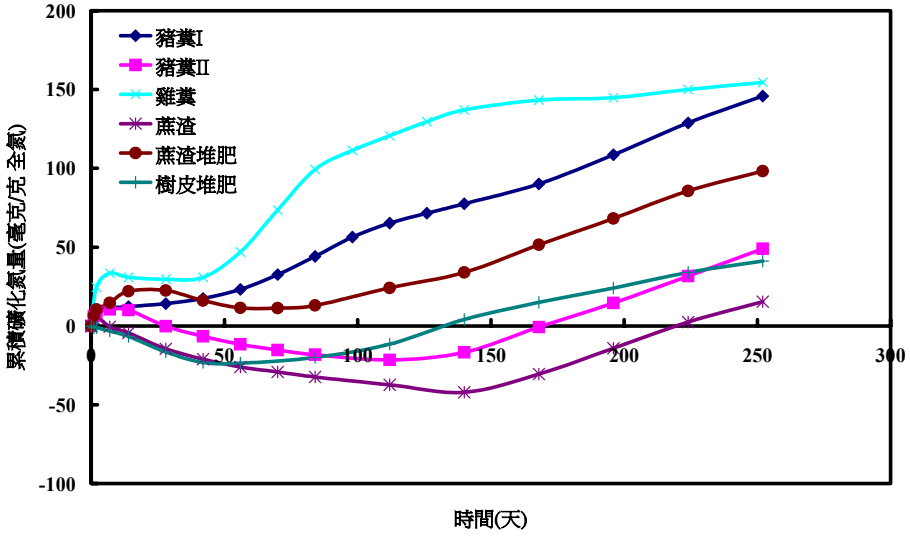
此類資材主要為含氮量高的油粕類資材，諸如大豆粕、芝麻粕、菜籽粕等，其氮礦化特性為施用初期會有一段微生物分解的遲滯效應，無機氮釋出極少，這段時間大約維持數天至一週，之後氮就會大量放出，一直持續到數週後釋出量才漸漸減少，最後達到一個平衡點，氮幾乎不再釋出（圖一），總計前四週氮釋出量幾乎占36週釋出量的一半以上。

二、緩慢礦化型資材

此類資材包含大部分的糞尿類、堆肥及蔗渣資材，其礦化特性為在施用初期有少量（部分資材甚至沒有）無機氮釋出，大約1到2週後可達到高峰，之後維持一段時間（長短因資材而異）無機氮增加極少或甚至降低，之後會有第二波的氮釋出，此波氮釋出量較多且較穩定，可持續長達數個月以上（圖二）。



圖一 快速礦化型資材孵育 36 週氮礦化特性曲線



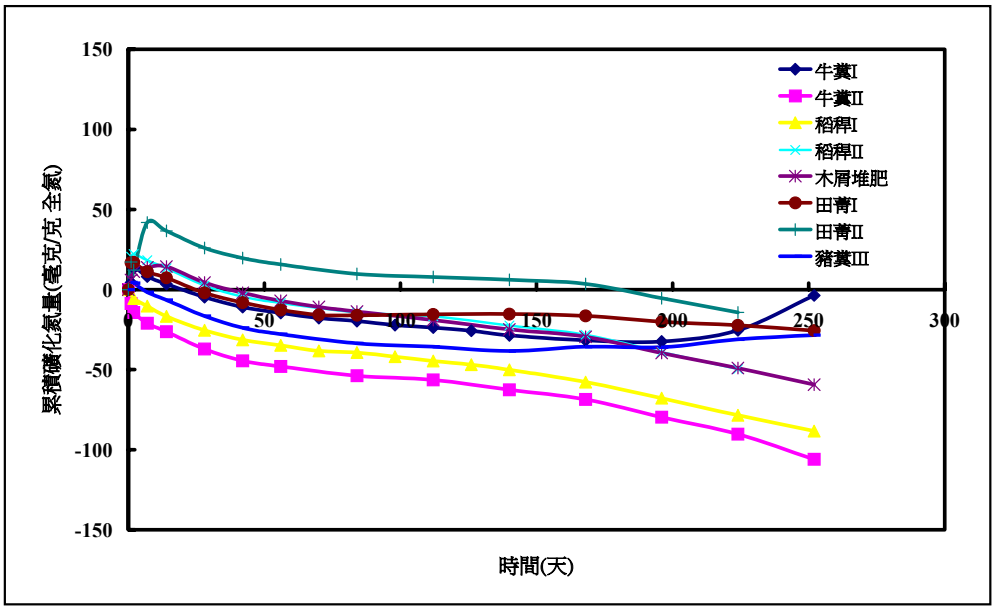
圖二 緩慢礦化型資材孵育 36 週氮礦化特性曲線

三、極緩慢礦化型資材

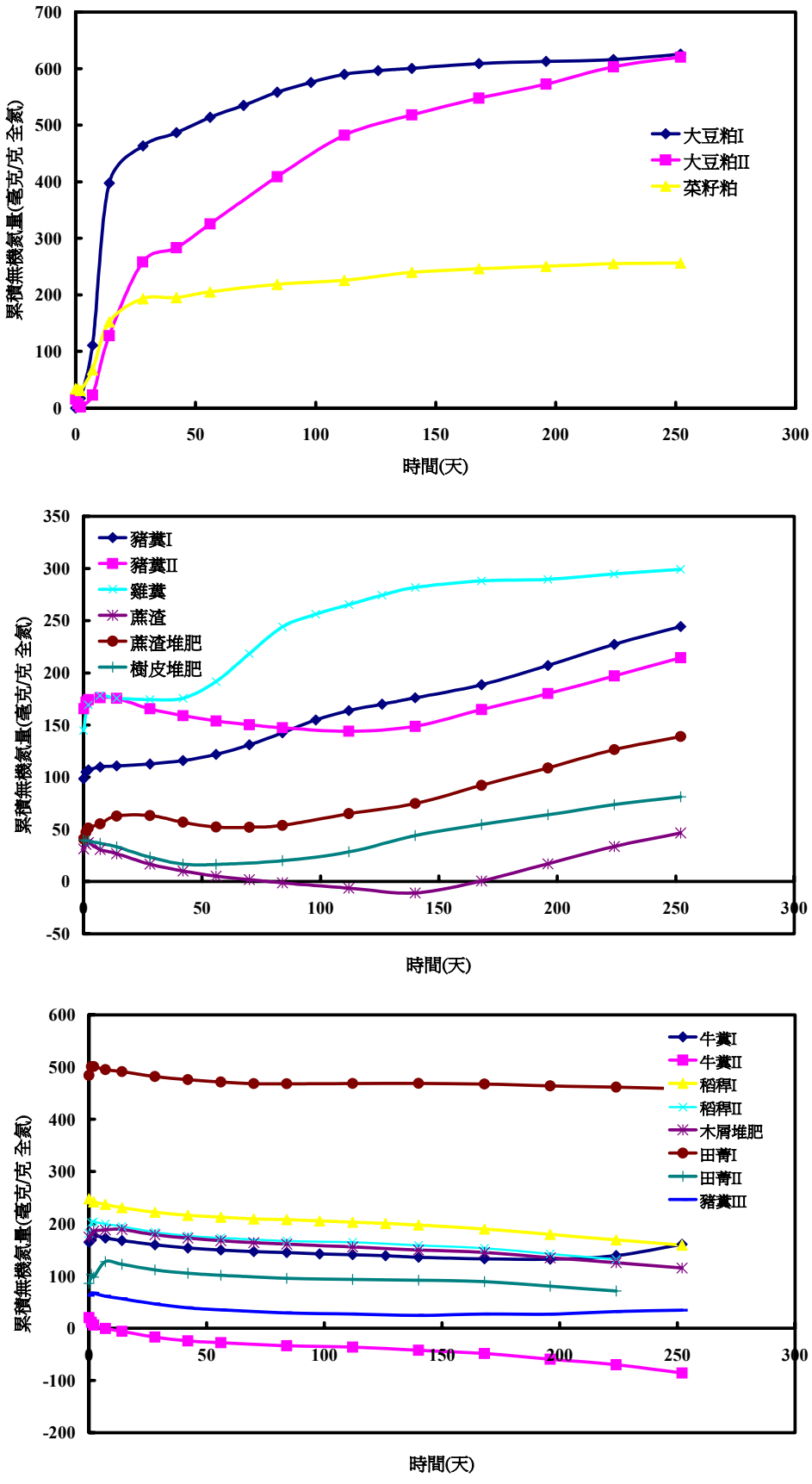
此類資材主要包括含纖維質高的有機資材如：稻草、木屑、牛糞等，其氮礦化特性為自施用後皆呈現無機氮減少的現象，表示這類資材不但不能供應作物氮，還會用掉土壤中的氮，必須經過很長的時間才有氮的礦化（圖三）。在36週的試驗期間，八個供試資材中，僅有兩個開

始有氮的礦化現象。

值得注意的是，糞尿類資材中的牛糞及綠肥中的田菁，其氮礦化特性卻屬極緩慢礦化型資材，與田間實際肥分表現似有出入。推測其原因可能係因氮礦化特性曲線僅將資材由有機氮礦化為無機氮的部分列入計算，而未計入資材原含有的無機態氮。如果將資材原始無機氮計入礦化特性曲線中，另外繪製資材的累積無機氮量圖（圖四），則可發現，極緩慢礦化型資材原始無機態氮量普遍較高，或可由此推斷，極緩慢礦化型資材的氮肥分主要係來自於原始所含無機態氮，因此，施用後後期的氮肥分則可能稍嫌不足。然而，由於在有機物分解過程中，碳不斷以二氧化碳形式擴散入大氣中，氮則轉變入微生物細胞體內，碳氮比逐漸下降，因此，即使高碳氮比的資材，經過微生物長時間轉化之後，亦可能有氮的礦化[3]，故此類資材長期連用之後，其多作所殘餘肥分的累積應會逐次提高。其次，快速礦化型資材則幾乎完全不含原始無機氮，因此其氮肥皆來自於有機氮的礦化，由於礦化速度快且可持續數週，一般而言氮肥分高、肥效迅速，然而後作殘餘肥效較低，亦需留意初期肥分可能過高的問題。至於緩慢礦化型資材，一般含有一定量的原始無機態氮，加上會有一段為期不短的氮穩定釋出期，因此其氮肥的供應應屬於穩定且持續型。



圖三 極緩慢礦化型資材孵育 36 週氮礦化特性曲線



圖四 有機資材孵育 36 週之無機氮量累積圖

影響氮礦化的因素

有機資材的分解會受許多因子的影響，包括資材本身的成分及其他環境因子如：溫度、水分、空氣、無機養分等。

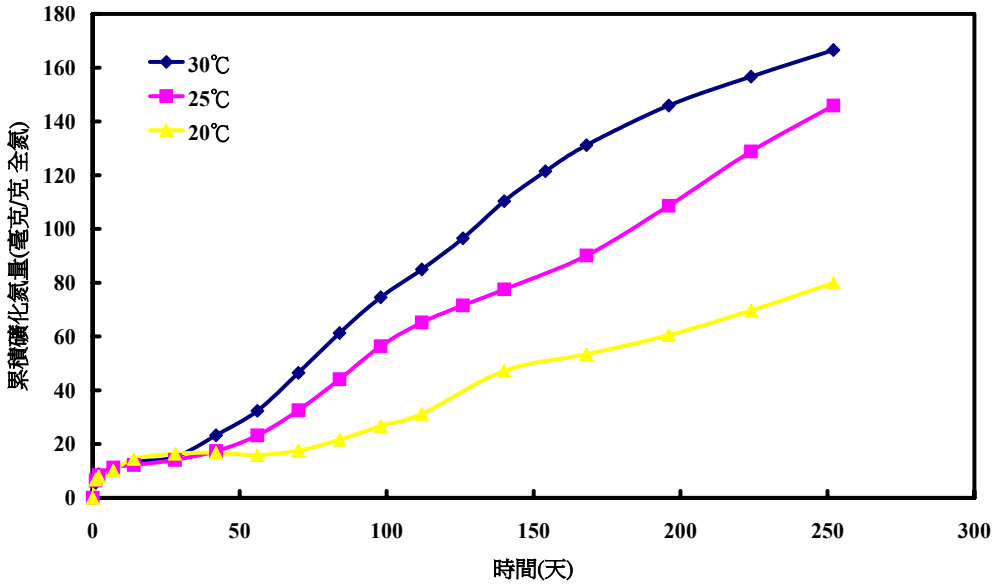
一、環境因子

一般來說，在自然環境下，溫度越高分解越快（圖五）；而水分是微生物生長所需的，但水分太多通常會造成通氣不良，影響好氣微生物分解有機物，因此需要有適當的水分；其次除了有機碳源外，微生物生長也需要其他無機養分，因此土壤中無機養分含量高也會加快分解速率，其中又以氮最為重要。

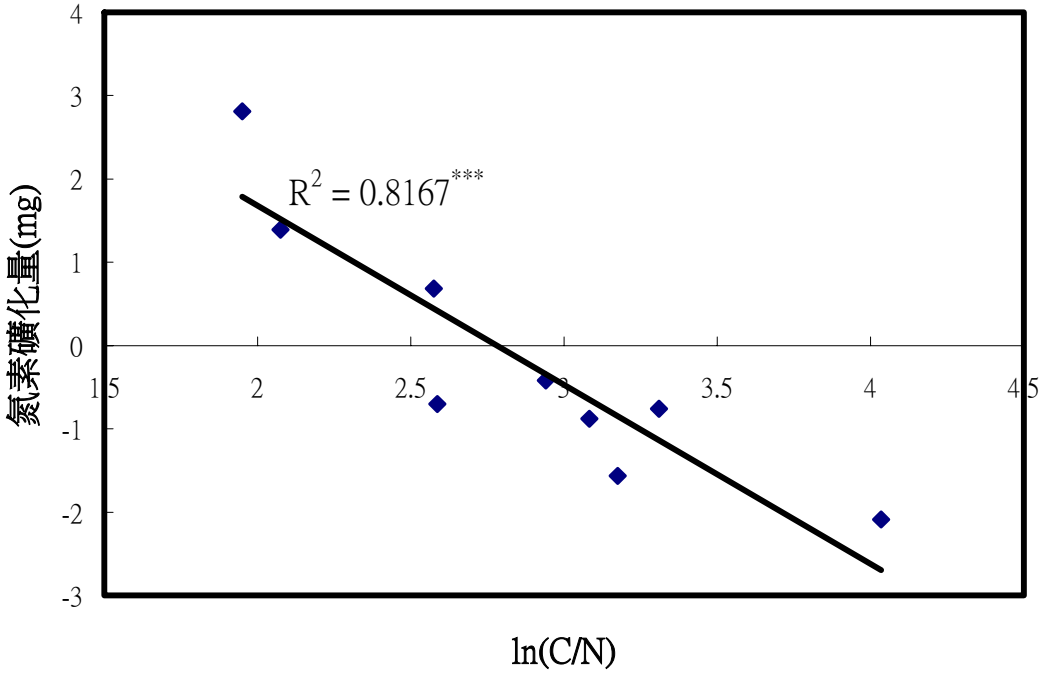
二、資材的成分

若對資材的成分加以分析，可發現氮礦化特性與資材本身的組成分有相當大的關聯。由於微生物需要從資材中獲取碳及氮源以合成體質，且其體質本身的碳及氮有一定比例，因此資材的氮含量及碳氮比（圖六），常左右資材分解過程可否有多餘的氮釋出，一般氮越高及碳氮比越低者氮越易礦化。

除了資材中的氮含量之外，許多的研究也顯示氮礦化與有機資材中含氮化合物的組成有很大的相關，資材中較難分解的含氮化合物量越高，則礦化速率越慢。有相當多的研究結果指出，資材中的木質素及多酚類化合物的含量，是很重要的影響成分，有一部分學者發現氮的礦化（或資材的分解）和木質素含量成反比，也有發現和木質素和氮的比值(lignin/N)成反比、和木質素加多酚與氮的比值((lignin+polyphenol)/N)成反比。另外，其他較難分解的成分如蠟類、纖維素、半纖維素等，也會降低資材中氮的礦化。



圖五 不同孵育溫度下豬糞堆肥氮礦化特性曲線



圖六 有機資材氮礦化量與碳氮比相關圖

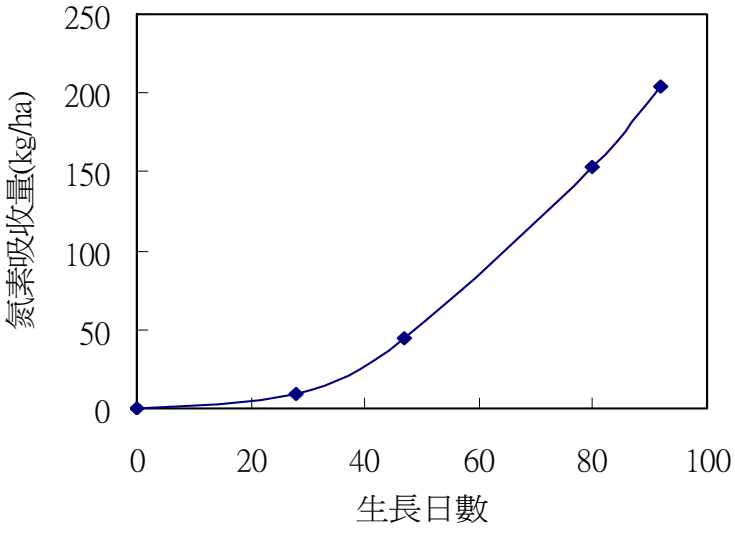
作物的養分需求

不同作物之生長期及養分吸收特性不同，不同時期之氮素礦化量對不同作物的影響各異，大部分作物在生長初期都需要氮素的供應，但由

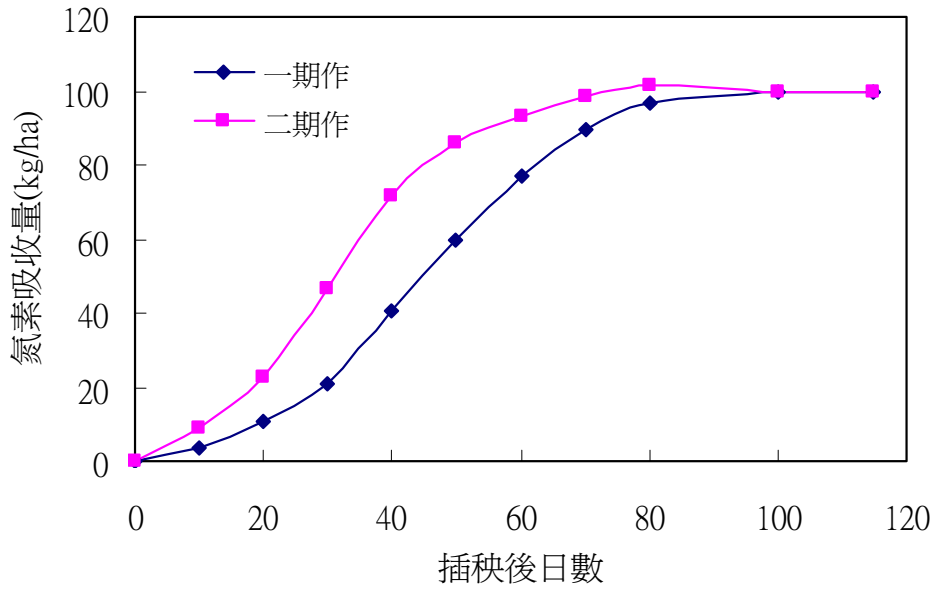
於植株矮小，需要量並不大，對於中長期作物而言，其氮素吸收高峰期則多在發芽後一個月至兩個月之間。

以個別作物來看，大部分蔬菜作物由於生長期較短，具有在短時間內吸收大量養分及水分的生理特性（圖七）。尤其葉菜類蔬菜之生育期更短，除了初期生長較緩，養分吸收較少外，隨後即快速的生長及吸收養分至收穫為止。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，因此除了生育初、中期對三要素肥料的需求外，生育中、後期更需有充分之磷、鉀吸收促進根部肥大，葉菜類蔬菜之結球菜類亦是類似情形。果菜類蔬菜由於開花後有一段時間是營養生長及生殖生長同時進行，因此除了生育初期對三要素的需求，生長中、後期的養分供給亦相當重要，尤其是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，以利發揮固氮的功能。

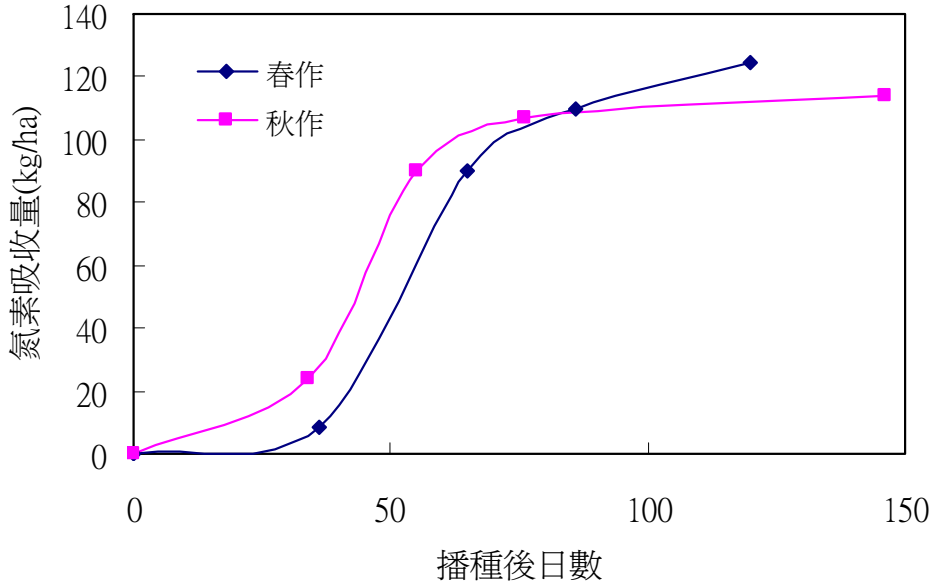
穀類作物則初期植株小，養分吸收少，到了生育中期，營養生長旺盛，養分吸收量大幅增加，至於生育後期之生殖生長期，養分大量由葉轉移至子實，由土壤中吸收的養分又降低。以本省的水稻而言，氮肥吸收高峰期一期作約在插秧後 30 至 60 天，二期作則在 20 至 50 天（圖八）。玉米之氮素吸收高峰期則在膝高期至雄穗抽出期之間，以台農 351 而言，約為播種後 30 至 60 天之間（圖九）。



圖七、甘藍之氮素吸收特性（資料來源：連，1974）



圖八、水稻之氮素吸收特性（資料來源：王，1975）



圖九、玉米(台農 351)之氮素吸收特性（資料來源：王，1993）

有機資材施用技術

一、資材的選擇

施用有機資材的目的各不相同，有為了增進土壤肥力，也有為了改善土壤物理性、生物性等，因此，要先對不同有機資材的成分及分解礦化特性加以了解，再配合田間實際需求加以選擇。一般可以資材的碳氮比作為選擇參考。若為提供氮素者，需選碳氮比在 30 以下的資材。由於有機資材的全碳含量約佔有機質的 40%－50%，農民可以肥料袋上的全氮及有機質含量自行計算，計算方法為將有機質含量除以 2 得到全碳含量，再除以全氮含量，即可得到粗估的碳氮比。例如：以有機質含量 60%、全氮量 1.5%的資材而言，其碳氮比約為 60÷2÷1.5，大約為 20 左右。

此外，亦可以一般資材特性作為選擇依據。大體而言，若為了增加土壤肥力，則應選用含肥料成分高者，如：乾燥禽畜糞、禽畜糞堆肥、綠肥、油粕等易分解的資材；若是為了改善土壤通氣、排水等物理性，則應選用含肥分少、疏鬆的資材，如：蔗渣、泥炭、樹皮堆肥等；如果是為了改善土壤的微生物相，則可視需求選用各種添加微生物菌體的有機資材，諸如添加固氮菌、溶磷菌、菌根菌等有機資材。一般若為了增加土壤肥力，則應選用含肥料成分高者，如：乾燥禽畜糞、禽畜糞堆肥、綠肥、油粕等易分解的資材；若是為了改善土壤通氣、排水等物理性，則應選用含肥分少、疏鬆的資材，如：蔗渣、泥炭、樹皮堆肥等；如果是為了改善土壤的微生物相，則可視需求選用各種添加微生物菌體的有機資材，諸如添加固氮菌、溶磷菌、菌根菌等有機資材。

二、施用量

有機資材的肥效主要決定於氮素的釋出量。不同資材氮素的釋放特性不同，而且不同作物之生長期及養分吸收特性也不同，因此對於施用量的決定要謹慎，並非所有資材對同一種作物都有同樣的肥效，而同一種資材對不同作物肥效也不會相同。

一般豬糞堆肥肥效的估算，是以所含總氮素的二分之一為可釋出氮量，牛糞堆肥氮素釋出較少，故可以總氮的三分之一來估算。泥炭等

資材由於含氮量低，一般多用來改善土壤物理性，可不必考慮其肥分，但施用量大時，也要把化學氮肥酌量減少。

另外，有機資材一般作為基肥一次施用，且部分有機資材在製成的過程會添加或產生相當量的無機氮素，因此除了考慮其總氮量外，對於無機氮素的量也必須留意，以免一次太多無機氮素造成對種子及幼小植株的傷害。

三、施用方法

(1)基肥:基肥通常都於種植前施下，水稻及葉菜類採全面撒施後耕犁；瓜果類或根菜及結球菜類可以按一定距離條施，以耕耘機或培土機作畦後種植，或於作畦後在畦中央開溝施下有機肥，覆土後種植於畦兩邊；大型瓜果類蔬菜穴施混土之效果佳；果樹則可採全園撒施或環施。

(2)追肥:短期性作物施用化學肥料時，多數使用基肥即足夠其全期生長之需要，但一些長期性作物或者栽培有機蔬菜，亦有施用有機質肥料為追肥。追肥使用量視作物種類和生長時期而不同，短期葉菜採取撒施在地面距離基部約 10cm 左右；條狀種植的作物如瓜果類或根菜及結球菜類、糧食作物的玉米、高粱等，則條施於植株基部附近；果樹則可採全園撒施或環施。如果使用含氮較高之油粕類有機資材或油粕液肥則可獲得較快效果。

四、施用注意事項

(1) 作物的每一生長時期對養分之需求量不同，故理想的施肥方法要能配合作物的生長時期，適時適量的施用肥料。有機質肥料施於土壤中需經過分解過程始可釋出作物所需養分，即使是充分腐熟的堆肥，也不能克服適時適量供應作物足量的養分之困難。故有機質肥料的施用若能配合適量化學肥料，更符合經濟效益。

(2) 未經腐熟的有機資材施用之後，必須經過分解才能釋出有效養分，且在分解過程會釋出對作物根系有害物質（如有機酸），因此有必要提前施用，使經過部分分解後再種作物，以免造成對作物的傷害或

是初期養分不足的現象。例如豆粕、綠肥等資材，必須於作物種植兩週前即施用。

(3) 有機質肥料不能與石灰資材混合一起施用，以免所含之氮素在鹼性環境中，以氨氣型態揮散。其次，排水不良的土壤應避免一次施用多量有機質肥料，造成土壤在嫌氣狀態下，引起作物根部的傷害。

(4) 有機資材必須經過分解才能釋出養分，假如每年添加到土壤中資材的量超過被分解的量，久而久之會造成有機質及養分的蓄積，影響耕地及地下水的品質，因此施用時不能只考慮單作的需要量，應該把前作的殘留量也一併計算。其次，有機資材的施用量一般均以氮素含量來推估，但許多資材中含有相當量的磷鉀（如禽畜糞堆肥），磷鉀移動性不如氮素大，長期施用也會造成養分失衡，所以使用此類資材時，有必要搭配適當化學氮肥或高氮素有機資材一起使用。

(5) 市售有機質肥料由於部分原料來源含有重金屬，如禽畜糞中通常含有來自飼料添加物中的銅、鋅。重金屬在土壤中的移動性很低，長期施用會造成重金屬的累積。因此在資材的選用上最好能以不同原料者互相搭配（如作物殘體、禽畜糞、豆科綠肥），以減低對環境的衝擊。

堆肥品質之判斷

簡宣裕、張明暉、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前　言

為了因應農業轉型的需要，使用有機質肥料代替化學肥料，已漸受農民的重視，但目前有機質肥料處理中心有公、民營多處，然為能讓農業永續經營，應使有機質肥料場之產品品質穩定且衛生，故於製造過程中，應注意堆肥品質的控制，以使產品不會對於農業環境或生態環境造成二次污染。許多農牧廢棄物處理方式中，利用發酵腐熟過程，堆積製成堆肥是一種很好的處理方法，這種方法不但可以處理農牧廢棄物避免污染環境形成公害，並且能夠利用其所含作物生長所需的必需營養分外，還可利用其所含有機物，改善土壤之物理、化學與生物的性質，提高土壤肥力增加作物生產與改善產品品質。

根據八十三年台灣農業年報，主要農產廢棄物和禽畜糞量，每年約有 1,478 萬公噸，若以 35％ 可製成堆肥，估計年生產量約 517 萬公噸，而全年禽糞尿中之三要素含量，可達氮素 15.2 萬公噸，磷酐 17.2 萬公噸及氧化鉀 11.6 萬公噸，分別佔全年化學肥料三要素量之 58％ 、 253％ 及 110％ ，實為國家寶貴資源，但目前禽畜糞用來製造堆肥者，約只有 10.7％ ，尚有近 90％ 之禽畜糞未善加利用而排放到河川中，不僅污染環境，造成生態浩劫，資源浪費亦甚為可惜，而主要農產廢棄物亦只有 2.9％ 用於製造堆肥，實應加強農產廢棄物和禽畜糞之有效利用。

堆肥腐熟之判定

堆肥腐熟與否對於作物生長與環境衛生具有舉足輕重的影響，一般而言，堆肥腐熟之判定方法有下列幾種較簡易的方法：

一、觀察有機質肥料外觀顏色與味道

腐熟的堆肥，外觀顏色為深黑色或黑褐色，膨鬆感覺，吸水能力強，

味道為泥土味至芳香味（例如純蔗渣堆肥），不能有酸壞臭味、惡臭或濃厚的氨氣味。而發酵不良，品質不好的堆肥，通常顏色為黃色或黃褐色。

二、種子發芽測定法

5 公克風乾堆肥加 100 毫升 60 ℃ 溫水，置於 200 毫升燒杯內，在 60 ℃ 水浴中經 3 小時後，以細紗布過濾， 2 張濾紙置於培養皿中，加入 10 毫升濾液， 25 粒白菜種子放在濾紙上面，培養皿置於 25 ℃ 恒溫箱內， 3 天後，觀察種子發芽率以及根生長情形，另外以蒸溜水代替濾液進行試驗，做為對照用，若試驗組的發芽率為對照組發芽率的 90 % 以上，且根的伸長不受抑制，則該堆肥可視為已達腐熟程度。

三、還原醣含量

一般而言，堆肥的還原醣含量與總碳含量的百分比 ＜ 35 % ，則堆肥可視為腐熟，若高於此百分比，則為尚未穩定腐熟的堆肥。

四、濾紙擴散顯圖測定法

濾紙先以 0.5 % 硝酸銀 ($AgNO_3$) 溶液浸泡，烘乾待用。稱 5 公克堆肥，加入 50 毫升的 1 % 氫氧化鈉 (NaOH) ，振盪 5 小時後，以 3000 rpm 轉速離心，用棉花蕊心浸沾上澄液，露點於濾紙中央，依在濾紙上擴散顯圖的形狀及顏色，比照表一所列的資料，可判斷堆肥是否為腐熟。

表一、堆肥樣品抽出液（以 1 % 氫氧化鈉抽出）點於濾紙上，擴散顯圖之形狀與顏色

位置	新鮮堆肥	腐熟堆肥
擴散圖中央	顏色為白色至粉紅色	顏色為紅色至紫色
擴散圖中間帶	形狀為環狀	形狀為不規則狀
擴散圖邊緣	邊緣非鋸齒狀	邊緣為鋸齒狀

五、塑膠袋法

適用於堆肥廠現場之簡易判定法。新鮮堆積材料含許多易被分解的有機物，經微生物與生物作用後會產生多量氣體，塑膠袋因而馬上膨大如氣球，堆積材料愈接近腐熟則氣體產生的速度愈慢且量愈少，當然塑膠袋不會馬上鼓起來，甚至於不會鼓起來。此法可利用於以禽畜糞為堆積材料製造堆肥時，腐熟度定性的測試，但難判定完全腐熟與否。

六、蚯蚓法

堆肥與純水以 3:2 比例混合均勻後，放入 1/2 至 2/3 杯量堆肥於黑紙罩住四周的杯子 （最好 500 毫升以上） 中，把蚯蚓置於堆肥上面，因蚯蚓有棲息於暗處之習性，若蚯蚓有往下鑽入堆肥之現象則表示堆肥已腐熟，若蚯蚓有逃避離開的反應，甚至死亡，則表示此堆肥尚未腐熟。此法適用於判斷禽畜糞堆肥是否腐熟。

七、幼植物試驗法

設置 4 種處理，處理 A : 500 毫升風乾土壤裝入盆栽盆內，處理 B : 同處理 A，但加施 N 、P_2O_5 及 K_2O 各 35 毫克 ，處理 C : 350 毫升風乾土壤與 150 毫升堆肥混合均勻後裝入盆栽盆內，處理 D : 同處理 C 但加施 N 、P_2O_5 及 K_2O 各 35 毫克。每處理 3 重複。盆栽盆直徑為 11.3 公分，高為 6.5 公分。上述各試驗處理的盆栽土壤加入適量水分後播種 20 粒小白菜種子，比較各處理的小白菜生育狀況做為堆肥腐熟之判定依據。

八、花粉管伸長法

堆肥與純水以 1:2 比例混合，浸泡一夜後，用紗布搾濾出濾液， 以濾液（用純水做為對照）配製培養基（含 8％ 蔗糖、 1.2％ 洋菜及 17 ppm 硼酸），培養基加熱使洋菜熔解後傾倒於培養皿，待冷卻凝固後，將花粉管置于培養皿上，於 25℃ 暗房內， 經 20 小時後，與對照組相互比較花粉管伸長情形。此方法在判斷樹皮堆肥是否腐熟時，常被採用。

九、近紅外線光譜測定法

一般而言，堆肥化過程中碳水化合物逐漸減少，但化合物的芳香基碳 (aromatic C) 與羧基 (carboxyl group) 則增加。新鮮堆積材料在波數 1720 cm^{-1} 至 1000 cm^{-1} 近紅外線光 (infrared light) 的吸光光譜形狀為許多小且尖銳 (sharp) 或斜肩 (shoulder) 吸收峰，而堆積材料愈接近腐熟，則在此波數範圍內的吸光光譜形狀，吸收峰較少且平緩 (leveled off)。新鮮堆積材料在波數 2900 cm^{-1} 至 2800 cm^{-1} 近紅外線光的吸光光譜形狀，其吸收峰的高度比腐熟堆肥者高。

其測定方法為：

樣品以 105 ℃ 烘乾後，磨粉過 0.25 毫公尺網目篩子，儲存於真空乾燥瓶 (vacuum desiccator)內，取 100 毫克溴化鉀 (KBr) 和 2.4 毫克粉狀樣品混合均勻，壓成餅 (pellet) ，置於近紅外線光吸光測定儀，用波數 4000 cm^{-1} 至 1000 cm^{-1} 光波，掃瞄測定樣品的吸光光譜。

十、二苯基胺（diphenylamine）呈色反應

5 公克牛糞堆肥放入 125 毫升玻璃三角瓶，加入純水 50 毫升，振盪 3 小時，以濾紙過濾，取適當濾液放入小玻璃培養皿，用吸管吸幾滴含 0.012 % 二苯基胺之濃硫酸液，加入小培養皿內，若呈藍色反應者表示已腐熟，而新鮮牛糞則沒有藍色反應。

堆肥的有機碳與氮比值及有機質含量

一般而言，腐熟堆肥的有機碳與氮比值大多低於 20（但樹皮堆肥的比值可能大於 20），有機質含量可以高於 60 % 。但是，若以純雞糞製造堆肥時，因原料的有機質含量大約只有 55 % ，故腐熟雞糞堆肥的有機質含量，極有可能低於 50 % 。有機碳含量的測定方法如下：

一、濕化法

試驗組，堆肥以 80 ℃ 烘乾磨粉後，稱 0.1 公克樣品放入 500 毫升三角玻璃瓶，加入 20 毫升的 0.1 N 重鉻酸鉀 (K_2CrO_7) 及 40 毫升濃硫酸，靜置過夜， 200 毫升純水加入三角瓶內，待三角瓶冷卻後，

加入 3 滴 *o* - phenanthroline 指示劑，然後以 0.5 N 硫酸亞鐵 ($FeSO_4.7\ H_2O$) 滴定至暗綠色。對照組，不加堆肥樣品於 500 毫升三角瓶內，其餘步驟同試驗組。以下列公式計算堆肥的有機碳含量（organic C ，%）

有機碳 (%) ＝（1 N × 20 毫升 － 硫酸亞鐵濃度 × 滴定毫升）(3) (f)

f: 為校正因子，大約為 1.3

二、燃燒法 (McKeague， 1976)

樣品先用酸處理，去除碳酸鹽，然後置於燃燒爐管，燃燒樣品，釋放出的二氧化碳 (CO_2) 被吸收塔中的氫氧化鈉 (NaOH) 所吸收，然後反滴定氫氧化鈉的減少量，便可計算出樣品中之有機碳含量。堆肥有機質含量等於有機碳含量 x 1.72 。

有毒物質及重金屬含量

美國、日本對堆肥中有機污染物的規範，只有多氯聯苯 (PCB) 這一項，美國規定若要施用於農田，則堆肥的多氯聯苯含量不能超過 2 ppm ，日本的標準為堆肥的水抽出液，多氯聯苯含量，要低於 0.03 ppm ，測定多氯聯苯是需要同時用到氣體色層分析儀 (GC) 與質譜儀 (MS) ，須由專業人員來操作。堆肥中重金屬可以容許的含量，國內與國外的標準如表二所列。

表二、堆肥重金屬容許含量（ppm）

國家	鎘	鉻	銅	汞	鎳	鉛	鋅	砷	鈷	鉬
美國	2-25	1000	450-1000	5-10	50-200	250-1000	900-2500			10
日本	5	(1.5)		2		(3)		50		
奧地利	4	150	400	4	100	500	1000			
比利時	5	150-200	100-500	5	50-100	600-1000	1000-1500			
哥倫比亞	2.6	210	100	0.8	50	150	315	13	26	5

意大利	10	Cr^{+3}500 Cr^{+6}10	600	10	200	500	2500			
荷蘭	0.7-2	200-50	25-300	0.2-2	10-50	65-200	75-900	5-25		
加拿大 **Ontario**	3-4	50	60-100	0.15-0.5	60	150-500	500	10-20	25	2-3
西班牙	40	750	1750		400	1200	4000			
瑞士	3	150	150	3	50	150	500		60	20
南韓	5			2		150		50		
我國垃圾堆肥	5	150	150	2	25	150	500	50		

（）：水抽出液濃度

其他相關因素

一、 pH

腐熟堆肥的 pH ，一般接近中性（堆肥樣品與純水以 1:5 混合均勻），但堆肥材料中若添加雞糞， pH 則有可能超過 7.0 ，如果以純雞糞當作材料，製造堆肥時， pH 可高達 9.0 左右。若堆肥的 pH 小於 6.0 時，此種堆肥可能是在嫌氣性條件下，進行發酵的結果，則屬於品質不好的堆肥。

二、電導度（E.C.）

堆肥種類不一樣，電導度的測值 （堆肥樣品與純水以 1:5 混合均勻） 則差異很大，不過一般而言，純樹皮堆肥的電導度小 < 1 dS/m ，純香菇木屑堆肥的電導度 < 2.8 dS/m ，純金針菇木屑堆肥的電導度 < 3.6 dS/m ，牛糞堆肥的電導度可高於 3.5 dS/m ，純豬糞堆肥的電導度大約為 4.0 dS/m 至 4.5 dS/m ，固液分離豬糞堆肥的電導度可低於 2.0 dS/m ，在所有種類的堆肥中，電導度，以純雞糞堆肥最高，可高達 11 dS/m 至 13 dS/m 。

要以電導度的高低來判定堆肥品質的好壞，是沒有意義的事。一般而言，電導度低的堆肥，比較適合做為作物的栽培介質使用，電導度高的堆肥則必需先和土壤或其他低電導度的材質（如蛭石，泥炭土等）混合攪拌均勻後，才能當做栽培介質使用。

三、全氮、全磷及全鉀的含量

大致而言，以農作物殘株或廢棄物為堆積材料所製造出來的堆肥，氮、磷及鉀的含量不高，而純禽畜糞堆肥的養分含量較高。堆肥添加其他化學肥料或材質（例如豆粕粉或肉骨粉等）的有機複合肥料或雜項有機質肥料，其養分含量遠高過於一般堆肥者。

四、堆肥的顆粒大小及不純物含量

腐熟堆肥，其顆粒粒徑大小的標準，通常規定為小於 25 毫公尺，不純物質（非有機物）的含量低於 4.0％（美國標準）。

有機質肥料之施用

一、一般農產加工副產品

1.需在種植前一段時間先施入土壤並犁入土中。

2.不可直接施用在作物根部。

二、伯卡西肥

1.基肥

使用量因作物種類不同而有很大差別，通常都按照各作物的氮素推薦量計算使用，一般每分地用量約 200 - 600 kg，均勻撒施於地面，翻入土中深度約 15 – 20 ㎝ ，不必太深，或條施於植溝後覆土，不必太厚，約經過 7 – 14 天即可種植幼苗或播種。

2.幼樹追肥

定植 7 天以後即可使用，一般用量每分地 40 - 60 kg ，撒佈於幼株周圍，距離主幹約 10 ㎝ ，施肥帶寬 15 – 20 ㎝ ，輕輕覆土即可。

3.壯老年或病弱樹追肥

用量減半，但次數增加，視新芽生長情形而定，應施放於根部生長旺盛部位，距離主幹約 50 – 100 ㎝ 。

三、有機液肥

1.氮質液肥使用法

適於各種作物生長長初中期使用以促進營養生長或果實生

長，也可於果樹採收後做裡肥使用，噴葉用 100 倍（先過濾），灌土者不必過濾，接加水稀釋 30－50 倍後以馬達抽取灌施。

2.磷質液肥使用法

適於氮素過多之作物。 2－4 個月間長期陰雨，日照少，或因氮素太多而花芽分化不良之果樹或果菜類，每間隔 4-5 日連續噴施或灌施於土壤二次以上。結果中後期灌施於土壤以提高果實糖度。噴葉用 100 倍（先過濾），灌土用 30－50 倍。

3.低氮磷質液肥使用法

適於養分不太夠之果樹或果菜類結果中後期使用，以促進果實生長並提高糖度。噴葉用 100 倍(先過濾)，灌土用 30－50 倍。

四、堆肥

1.施用量

（1）牧草及草皮

一般而言可以大量地施用家畜、家禽糞堆肥，因草皮及飼料作物較耐高濃度養分，但過量的施用可能造成作物體內有大量 NO_3^- 生成。每公頃較適合施用量，牛糞堆肥為 30-40 噸，豬糞堆肥為 20－30 噸或家禽糞堆肥為 5 噸。

（2）水田

每公頃較適合施用量，牛糞堆肥 15 噸，豬糞堆肥 10 噸或家禽糞 2 噸。

（3）蔬菜

堆肥施用於蔬菜田是很重要的，因為施用後，可以維護蔬菜田土壤的化學、物理及生物性質，而促使蔬菜產量高與品質良好。需要肥料量較低的蔬菜如馬鈴薯、菠菜、紅蘿蔔，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10 至 15 噸或家禽糞堆肥 2 噸。需要肥料量較中等的蔬菜如甘藍、萵苣、番茄，每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 15－20 噸或家禽糞堆肥 2－3 噸。需要肥料高的蔬菜如胡瓜、甜辣椒 （green pepper） ，每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 25－35 噸、家禽糞堆肥 4－5 噸。

（4）旱作

玉米、高梁、蕃藷，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10－20 噸，家禽糞堆肥 2 － 3 噸。茶園，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 20－25 噸，家禽糞 4 噸。菸葉，每公頃施用 15－20 噸牛糞或豬糞堆肥， 3 噸家禽堆肥。

（5）果樹

每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 8－12 噸或家禽糞肥 4－5 噸。

（6）花卉

每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10－20 噸，家禽糞肥 5－6 噸。

（7）施用牛糞或豬糞堆肥

需要考慮存在於堆肥中的重金屬例如銅的含量，然後酌量使用，最好購買有登記註冊且標示肥分之品牌有機質肥料。

2.施用方法

（1）撒放（broadcasting）

草皮與草地以此方式施肥。

（2）撒施後犁入土壤（broadcasting and plowing under）

在播種或種植前，將堆肥撒施後馬上犁入土壤中，短期作物、某些一年生作物可採用此種方法。

（3）溝施（furrow application）

長期作物如甘蔗與馬鈴薯適用此法。開條溝於作物旁邊、施入堆肥及覆土。

（4）堆施（hill application）

將堆肥大量堆置於果樹或香蕉的旁邊。

（5）穴施（hole or pit application）

將堆肥和土壤混合後施入穴中，此法常適用於果樹幼苗栽種時。

（6）環施（ditch application）

於果樹周圍環狀開淺溝，然後將堆肥施入及覆土。

五、有機質肥料施用需掌握之訣竅

（一） 栽作物作物種類的選定及養分吸收特性瞭解。

（二） 耕地土壤的瞭解。

（三） 選擇肥料種類的瞭解。

（四） 及調配合適有機質肥料。

（五） 合理的施用量。

（六）施肥位置及施肥方法。

結　語

堆肥是有機質肥料的一種，而有機質肥料之功能甚多，諸如：改善土壤物理性，包括增進土壤團粒構造、保水力、通氣性、調節土壤溫度，降低總體密度及土壤流失等；對土壤化學性亦有助益，包括提高陽離子交換能量、增加營養分儲存能力、增大緩衝能力等。此外，並可使土壤微生物相多樣化，微生物活性增加，減少病原菌生長。因此，堆肥普遍地被施用於作物栽培上，藉以改善農田土壤之理化性質及生物性質，進而提高作物產量與品質。

因此，消費者在購買堆肥時，若要知道堆肥的腐熟程度，則可以參考上述的資料，來加以判定。但先決條件是堆肥製造商或產商應該在每種產品堆肥的包裝袋或廣告說明書上，詳細且誠實的敘述各類堆肥產品的性狀及成分，才能讓堆肥消費者來判定所購買堆肥品質的好壞，以選擇符合自己需要的堆肥。

微生物肥料在合理化施肥之應用

林素禎[1] 吳繼光[2]

[1]行政院農業委員會農業試驗所

[2]亞洲大學生物科技與生物資訊學系

前 言

近年來隨著台灣經濟情況的改善，國民的飲食習慣及對農產品的要求也跟著改變。由於過去的農業政策為期減輕農民的負擔，因此對化學肥料的價格一直有所補貼，其目的是希望能降低肥料售價，讓農民能廣汎使用並進而提高農作物的產量。這四十多年來，化學肥料及農藥的使用，以及相關農業科技的進步，確曾為我國農業上創造前所未有的成就。然而時代的變遷，如今的農業跟過去相比較，已有許多不同的地方。過去生活困苦時，追求產量的提升是我們的主要目標。但是，在現在的自由經濟導向下，產量過多反而造成農民的負擔。產量過高，反而壓制了售價。我們經常可以見到農民因作物產量過多，價格不敷採收工資而任其作物在田間荒蕪的窘境。此外，消費者對於農產品品質的要求也日漸提高。因為有越來越多的消費者注意到過多的化學肥料與農藥的使用，將會影響農產品的品質、自然生態環境與消費者的健康。因此，近年來推動永續性農業的觀念，已廣汎受到各先進國家的重視。如何減少化學肥料及農藥的施用，而又能兼顧農業生產的質與量，已被視為未來二十一世紀農業研究的新方向。微生物肥料的使用，不但能符合上述的要求，且可降低農業的生產成本，提高農民的收益。因此，微生物肥料的觀念，便在這種環境因子與社會的潮流下逐漸受到社會大眾的重視。

台灣目前常用之微生物肥料可分為兩大類，一為固氮菌，一為溶磷菌，茲分述於下：

一、固氮菌

固氮菌可分為三類，第一類為共生性固氮菌，第二類為附著性固氮菌，第三類為游離性固氮菌。

(一) 共生性固氮菌

共生性固氮菌可與植物根系共生而固定氮素，共生性固氮菌又可細分為三種，第一種為豆科根瘤菌，可與大豆、花生等豆科作物共生，目前已有大豆、花生、綠豆與紅豆等專用根瘤菌，此類菌種有專一性，接錯菌種是無效的。第二種為非豆科根瘤菌，可與赤楊木等樹種共生之佛氏放線菌(*Frankia* spp.)，此類菌主要用於森林苗木育苗栽培。第三種為藍綠藻，藍綠藻可與蛇蕨共生，蛇蕨又稱滿江紅，水稻田種植滿江紅可節省氮肥 40~50kg/ha，而滿江紅繁殖力強，可遮蔽水田表面，對抑制雜草生長有良好的效果。這三種共生性固氮菌之固氮能力較強，每一作物生長季每公頃土壤約可固定氮素 30~350kg，視作物種類而異 (簡, 1999；趙, 1999)。

(二) 附著性固氮菌

附著性固氮菌附著在作物根系或四週的土壤，由土壤中有機質或從根分泌物中獲得碳源，作為固氮之能量，每一作物生長季固氮量為每公頃 5~25kg 的氮素。(趙, 1999)

(三) 游離性固氮菌

游離性固氮菌廣泛存在土壤中，利用土壤中之有機質轉換為有效性碳時獲得能量而固定氮素。*Azotobacter* 屬之游離性固氮細菌消耗 1g 的碳，可同化 10~30g 的氮素 (Mishustin and Shil nikova, 1971)。游離性固氮細菌可固氮或產生植物生長促進物質，幫助作物生長，增加作物產量。游離性固氮細菌 (*Azospirillum*)產生的植物生長促進物質，如 IAA，gibberellin 和類似 cytokinin 的物質。作物接種 *Azospirillum* 後，側根增加，側根上的根毛亦增多(Okon and Kapulnik, 1986)。接種 *Azospirillum* 可增加玉米的地上部與根重，玉米收穫時，接種 *Azospirillum* 之玉米每穗種子數約為未接種之 3 倍，其種子之乾重為未接種之 1.59 倍; 不施氮肥但接種 *Azospirillum* 的玉米，其產量與不接菌但每公頃施用尿素 60 公斤的玉米之產量沒有明顯差異(Fulchier, and Frioni, 1994)。

第二類與第三類固氮菌國內目前尚無商品上市，僅在研究階段。

二、溶磷菌

溶磷菌可分為兩類，第一類為共生性溶磷菌，第二類為非共生性溶磷菌。

(一) 共生性溶磷菌

共生性溶磷菌主要為菌根真菌，簡稱菌根菌。由於菌根菌的根外菌絲可以延伸至根外八公分甚或更長的距離，所以它能幫助宿主廣泛地吸收土壤中的養分特別是磷肥，進而對作物有促進生長的效用。也因為如此，菌根菌被認為是一種生物肥料。 除外，菌根菌對作物的好處還有很多，譬如提高植物幼苗移植的存活率，加速健康種苗的生長，提早開花，增加花朵數及花朵大小，延長切花的插花壽命，幫助植物抵抗逆境等。

(二) 非共生性溶磷菌

非共生性溶磷菌可分為三類，即溶磷細菌、溶磷真菌與溶磷放線菌，真菌對磷酸鈣與磷礦石的溶解力比細菌強，且真菌在多次繼代培養之後仍可保有溶磷能力，而很多細菌在繼代培養之後喪失溶磷能力(Kucey, 1983)。油菜施用磷礦石 (20 mg/kg soil)並接種溶磷真菌 (*Penicillium bilaji*)，其磷吸收量與不接菌而施用等量的磷酸銨處理者之磷吸收量相當(Kucey and Leggett, 1989)。小麥接種溶磷真菌後，其植株之乾物重可增加16%，磷總吸收量增加14% (Asea *et al*., 1988)。Bajpai and Sundara Rao 在小麥的盆栽試驗中發現，接種溶磷細菌可幫助小麥吸收磷，使小麥乾物重增加19%。

臺灣目前微生物肥料中以菌根菌的研究最多，現已有商品上市，且效果較為明顯穩定，有關菌根菌在溫室育苗或田間的應用上需注意的事項有(1)作物是否可接種菌根菌 (2)菌種的孢子濃度 (3)介質或土壤的酸鹼值 (4)介質或土壤的有效磷濃度 (5)介質或土壤中有機質的含量 (6)田間或溫室的管理包括農藥、殺草劑等的使用。有越來越多的研究指出菌根菌與其它根圈微生物複合接種的效果遠較菌根菌單一接種來得好。此種複合接種的方式，也是未來菌根菌在田間應用上的一大方向。

什麼是菌根? 什麼是菌根菌?

菌根菌經過政府這十年來的推廣後，已有不少農民知道或聽過菌根菌這個名詞。但是菌根菌到底是什麼? 什麼是內生菌根? 又什麼是外生菌根? 蘭花的菌根到底是屬於那一類型的菌根呢? 有許多的問號存在大家的心中。筆者擬在此就以上的疑問做一綜合的說明。

菌根 (Mycorrhiza) 一詞係由德國植物學家福琅克 (Albert Bernard Frank)於西元1885所創，Myco- (mushroom), 真菌的意思，rhiza- (root)，根的意思，意指植物根部與真菌共生的結合體。這種共生的現象早在四億年前的化石中便發現植物根內充滿了菌絲與孢子 (Taylor *et al.*, 1995)。這是由於生命起源於水中，水中的植物由於攝取水份與養份相當容易，因此植物體的構造也比較簡單。可是，當水中植物演化到陸地時，植物所面臨的第一個困難，便是如何取得水份及養份。這種為適應陸地生活所造成的天擇壓力，便自自然然篩選出與菌根菌共生的植物出來。因為菌根菌可以幫忙植物解決它們在陸地上所面臨的乾旱以及養份不足的難題。

菌根大體上可分為外生(ectomycorrhiza) 與內生菌根(endomycorrhiza) 兩大類(Harley and Smith, 1983) 。內生菌根的主要特徵在於其菌絲會進入植物細胞內，以菌絲捲 (hyphal coil) 或叢枝體(arbuscule) 構造等方式與植物細胞有較緊密的接觸。依此定義，蘭花菌根、杜鵑花科菌根與囊叢枝菌根都屬於內生菌根。 蘭花菌根的根內皮層細胞，充滿菌絲捲，根內菌絲有隔版，這種菌根菌是屬於擔子菌的不完全世代的*Rhizoctonia*類的真菌。 杜鵑菌根的根內皮層細胞，也充滿菌絲捲且根內菌絲有隔版，這種菌根菌是屬於子囊菌類的真菌。囊叢枝菌根菌一般無法與蘭科或杜鵑花科植物共生，菌絲通常不具隔版，在根內皮層細胞中形成叢枝體，是屬於結合菌(Zygomycetes)。

外生菌根的主要特徵在於植物根端外圍有菌絲纏繞而成的菌氈(hyphal mantle) 包裹，菌根的菌絲並不侵入植物細胞內；但在根的橫切面上可看到表皮與皮層細胞間有由菌絲組成的哈氏網 (Hartig net) 的構造。形成外生菌根的真菌皆有隔版，是屬於擔子菌或子囊菌。大家耳熟能詳的松茸(Matsutake)以及歐洲人趕著豬或狗在森林中邊嗅邊尋找

的塊菌(Truffle)，都是屬於外生菌根的真菌所產生的子實體。

各種不同型態的菌根，會隨著土壤中有機質含量、山的高度、植物相以及土壤肥份的不同而有所更替 (Francis and Read, 1994)。一般而言，高山背陽面，有機質含量較高的土壤，其形成外生菌根或杜鵑菌根的機會較大。隨著坡度的降低，VA菌根出現的比例便增多。但是，這並不是絕對的結論。例如，我國阿里山的紅檜、紅豆杉、牛樟等，便是囊叢枝內生菌根的植物。在美國加州與奧瑞岡州的紅木林(*Sequoia sempervirens*)中，其土壤的有機質含量甚高，可是也形成囊叢枝內生菌根菌根。

什麼是囊叢枝內生菌根?

所謂囊叢枝內生菌根 (vesicular-arbuscular mycorrhiza，簡稱VAM)， 係指植物根部受這類菌根菌感染後，菌絲因在根部皮層細胞內形成細小雙叉分支的叢枝體 (arbuscule)，以及在菌絲末端或中段膨大形成囊泡 (vesicle) 而得名。近年來由於並非所有的囊叢枝內生菌根菌(如*Gigaspora, Scutellospora*)皆可於根內形成上述兩種構造，因此國外已有不少學者改稱此種菌根為叢枝菌根(arbuscular mycorrhiza, 簡稱AM) 。

囊叢枝內生菌根菌在分類地位上，歸於繭球菌目(Glomales)，屬於接合菌綱 (Zygomycetes) (Morton and Benny, 1990)，下分三個科(Glomaceae, Acaulosporaceae, Gigasporaceae)，總共包含有六個屬*(Glomus, Sclerocystis, Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Scutellospora*)，一百四十餘種 (Morton and Benny, 1990; Schenck and Perez, 1990)。囊叢枝內生菌根菌，可與許多的植物形成菌根。從苔蘚植物 (Parke and Linderman, 1980)，蕨類植物 (Cooper, 1976)，裸子植物到被子植物 (Janos, 1988)。從一般陸生植物，耐鹼植物，水生植物到旱生植物。而根據德國斯爾丁教授 (Sieverding, 1991)的估計，在熱帶植物中，約有13.4%為非菌根植物，70.9%為囊叢枝內生菌根植物，15.7%為其它菌根植物。在已知非菌根植物中，包括莧科 (Amaranthaceae)、十字花科 (Cruciferae)、石竹科 (Caryophyllaceae)、藜科 (Chenopodiaceae)、

鴨趾草科 (Commelinaceae)、玉蕊科 (Lecythidaceae)、馬齒莧科 (Portulaceae)、山欖科 (Sapotaceae)、蒺藜科 (Zygophyllaceae)等。有些植物不但可形成囊叢枝內生菌根，也可與其它真菌形成外生菌根，例如：胡桃科 (Juglandiaceae), 田麻科 (Tiliaceae), 楊梅科 (Myrtaceae), 楊柳科 (Salicaceae), 殼斗科 (Fagaceae), 蘇木科(Caesalpiniaceae) (Gerdeman, 1975)。 此外，根據傑諾司(Janos, 1988)的定義， 菌根植物對菌根菌的依賴度，可分為兩類： 一為絕對菌根植物 (obligately mycorrhizal plant)， 另一為非絕對菌根植物 (facultatively mycorrhizal plant) 。當植物在非常肥沃的土壤中， 若無菌根菌與其共生，則仍然無法正常生長者，稱為絕對菌根植物。 如 酪梨, 牛豆, 咖啡, 芒果, *Genipa americana*, 筆花豆 (*Stylosanthes guianensis* (Aub.) Sw.), *Andropogon gayanus* Kunth等。 若植物可與菌根菌形成菌根， 但在適當肥力的土壤中，雖無菌根菌與之共生，仍能正常生長者，稱之為非絕對菌根植物。如 豌豆, 玉米, 水稻, 高粱, 棉花, 木瓜, 蘆筍, *Clitoria fairchildiana, Jacaranda caucana, Tabebuia chrysantha, T. rosea* 等。

叢枝內生菌根菌對作物生長有那些好處?

由於囊叢枝內生菌根菌的根外菌絲 (external mycelium) 可以延伸至根外八公分甚或更長的距離 (Sieverding, 1991)，所以它能幫助宿主 (host plant) 廣汎地吸收土壤中的養分特別是磷肥，進而對作物有促進生長的效用 (Harley and Smith, 1983)。也因為如此，囊叢枝內生菌根菌被認為是一種生物肥料。 除此之外，叢枝內生菌根菌對作物的好處還有很多，譬如提高植物幼苗移植的存活率，加速健康種苗的生長，提早開花，增加花朵數及大小，延長切花的插花壽命，幫助植物抵抗逆境等(文・張, 1994, 1995; 張，1992; 程・莊・杜, 1993; Harley and Smith, 1983) 。

臺灣菌根菌研究二十年回顧

臺灣在菌根方面的研究始於民國六十五年。 當時美國奧瑞岡州立大學崔琵教授 (Prof. J. Trappe) 應林業試驗所之邀請來華訪問，並舉辦

討論會，介紹菌根學 (Mycorrhiza) 給我國的研究者。 早期臺灣的研究者，似乎對外生菌根較感興趣；而有關囊叢枝內生菌根菌方面的研究，則是由國立師範大學的簡秋源教授 (Chien, 1976) 首先開始。 目前在臺灣被用於研究內生菌根的植物大多偏於農、園藝方面且研究之重點也多集中於菌根菌接種對植株的生理反應上， 如香蕉、木瓜 (張, 1992; 林, 1986)，洋香瓜 (程・莊・杜, 1995)，柑橘(Huang, 1979; Tzean and Huang, 1980) ，玉米 (程・杜・林, 1984; 楊・趙・張, 1986; 趙・王, 1990)，蘆筍 (Chen, 1981; 呂, 1985; 林, 1986; 張, 1990; 彭, 1991)，蔥 (You, 1980)，大豆 (程・杜・林, 1984; Kuo and Huang, 1982; Young *et al.*, 1986; 趙・王, 1991)，矮性四季豆 (Chen, 1982)，紅豆 (王, 1989)，豌豆 (Toun, 1982)，茶 (曾・陳, 1984)，百日草 (鄭・張, 1991a) ，萬壽菊 (鄭・張, 1991b)， 菊花 (邱, 1995)，非洲菊 (文・張, 1994, 1995) ，孔雀草 (鄭・張, 1991b)， 金盞花 (邱, 1995)， 矮牽牛、百合 (王, 1983; 江, 1994; 呂・張, 1995)，一串紅、西洋櫻草、霍香薊、大理菊、繁星花、馬櫻丹、蟛蜞菊、雪茄花 (Chen, 1996)。 在林木方面之研究則較少，紅檜 (Hu, 1978; 1980; Wong, 1981)，臺灣杉、巒大杉、臺灣扁柏 (Hu, 1988; Wong, 1981)，楓香 (Wang, 1982; You, 1980)，柳杉、小葉南洋杉 (Chien, 1976; Kan, 1977)，相思樹 (張, 1983, 1984)等。此外, 菌根菌與其它動物(如線蟲)間的研究論文，則又更少(程・杜, 1982; 鄭, 1983)。

我國土壤中的叢枝內生菌根菌數量夠多嗎?

經調查我國六十九個不同土系的叢枝內生菌根菌族群數後，發現我國農作田中的菌根菌數普遍偏低，總平均數為每 100ml 的土壤中含 66 個孢子。但這些樣品中，只有 5 個樣品在每 100 毫升的土壤中超過 200 個孢子。其中有 28%的樣品已找不到任何菌根菌(林, 1998；林、洪、吳, 2000)。這種族群數量，若與加拿大安大略省玉米田所含孢子數 (4000-7000 孢子/100 毫升土)相比較(Sutton and Barron, 1972)，我國農作田中的菌根菌數量則明顯偏低， 實有添加菌根菌種或延長休耕期以增加菌根菌數並減少化學肥料施用的必要(Wu et al., 1995a)。

叢枝內生菌根菌的使用需考量它生態上的特性

囊叢枝內生菌根菌在臺灣的分布，受到土壤條件、 耕作制度，地理位置等因素的限制。以強酸性土壤而言， 如生長在陽明山國家公園硫磺口的五節芒其土壤酸鹼值2.7，在它的根圈中發現有 *Entrophospora columbiana*; 又如在溪頭臺大實驗林區的竹林中 (酸鹼值 3.11)，發現 *Entrophospora infrequens*。 *Entrophospora* 屬的菌根菌似乎較喜愛酸性土壤， 但在墾丁國家公園的雜草根圈發現的世界新種 *Entrophospora kentinensis*，對於土壤的酸鹼性有較寬的容忍度 (Wu *et al.*, 1995b)。以不同輪作制度而言，水稻連作的田區，其土壤酸鹼值變化較穩定，在5.0 到 6.0 之間。水稻根圈土壤中主要的內生菌根菌種以 *Gomus mosseae* 為主。在中部地區近兩年的調查結果顯示，此一菌種與水稻的親合性十分穩定，且產孢高峰期在二月至四月間。水稻與玉米輪作的田區， 在根圈土壤中可發現主要內生菌根菌種為 *Gl. mosseae, Gl. geosporum* 和 *Gl. manihotis*。其中 *Gl. geosporum* 和 *Gl. manihotis*，主要與玉米有關。這點可從玉米連作田區的根圈土壤中找到這兩種優勢菌種而獲得證實。此外，*Acaulospora* 屬的菌根菌大多存在於酸性土壤中，但 *A. scrobiculata* 則常在鹼性土壤(海濱地帶或離島地區)中發現。

未來叢枝菌根菌研究之展望

目前我國在囊叢枝內生菌根菌的應用研究上有待發展的方向，包括(1)菌種中心的成立與菌種的供應， (2)菌種生產技術的開發， (3)菌根菌與化學肥料(磷肥)施用量的互動關係， (4)菌根菌與堆肥施用量的互動關係， (5)菌根菌與田間化學藥劑(燻蒸劑、殺菌劑、殺蟲劑、殺草劑等)的相互影響，(6) 菌根菌與休耕雜草的生態研究。

(1)菌種中心的成立與菌種的供應

我國在菌根菌的研究人力非常有限。過去二十年來菌種使用的種類一直侷限於 *Glomus mosseae, G. etunicatum,* 和 *G. fasiculatum* 等 (Chen, 1981; Chou, 1985; 呂, 1985; Wang, 1992)。我國若能早日成立亞洲第一座菌根菌種中心，並與美國的國際菌根菌種源中心(International Culture Collection Center of Vesicular-Arbusuclar Mycorrhizal Fungi,

INVAM) 及法國的歐洲菌根菌種源中心(Bank of Glomalean Fungi, BEG)聯線，進行菌種的交換與資訊的交流等，將有助於我國研究人員取得菌種進行更廣汎的研究，諸如研發各主要作物花卉或土壤類型的專用菌株等。

(2)菌種生產技術的開發

農民如何取得或購買囊叢枝內生菌根菌種，一直是我國菌根菌推廣工作上所面臨的最大難題。利用盆栽法或氣霧耕法來繁殖菌根菌種源的技術，雖已有禾豐集團的磊鉅實業股份有限公司和臺灣生研股份有限公司兩家廠商取得技術轉移並進行生產，但是這些技術皆需要付出較高的生產成本，諸如溫室或簡易設施的架設，佔用較大的生產空間等。目前最進步的根器官培養法是利用農桿菌(*Agrobacterium rhizogenes*)誘導胡蘿蔔的根，使之產生轉型根後，在人工培養基上將已消毒且發芽的菌根菌孢子，移至長有轉型根的培養皿中與根共生，而達到產孢的目的。本法雖然可以在很小的空間內(培養皿及生長箱)進行更大規模的菌源生產，且不需投入目前的沙耕或氣霧耕法所需要的溫室及人力。可是目前只有十二種菌根菌培養成功，尚未達實用的階段。因此，如何突破本項生產技術的瓶頸，甚至開發人工配方的完全培養基，取代根器官的雙相培養法是未來我們需要努力解決的另一劃時代的考驗。

(3) 菌根菌與化學肥料(磷肥)施用量的互動關係

菌根菌與磷肥的關係，在過去一向是被菌根菌學者研究的主要題材之一。我們相信過多的有效性磷肥對菌根菌的接種及產孢是有不利的影響(Marschner and Dell, 1994)。但是，是不是所有的菌根菌種類皆有如此的傾向，以及在我國的土壤條件下，有效性磷肥的濃度在多少的情形下才會對菌菌產生負面的影響，則有待我們來找出答案。此外，在我國長期不當使用化學肥料的情況下，土壤中的菌根菌是否已被誘導出抗高磷的基因，則有待將來與INVAM及BEG進行菌種交換，選取同種的菌根菌進行比較試驗後，答案即可揭曉。

(4)菌根菌與堆肥施用量的互動關係

有機農法的觀念，目前在民間極為流行。甚而有農民及消費者誤認為只要添加有機堆肥或以此為介質所種出來的蔬果即為有機蔬菜或

有機水果。生物性肥料如菌根菌的使用，在有機農法中將會逐漸受到農民的重視。但是菌根菌的施用與堆肥用量的多寡有密切的關係。不完熟的堆肥或過多的堆肥都足以讓菌根菌無法發芽或產孢，而無法發揮功用。因此，堆肥的施用量與菌根菌的接種彼此間的互動關係，也值得我們一齊來了解。

(5)菌根菌與田間化學藥劑的相互影響

田間的化學藥劑包括土壤燻蒸劑、殺菌劑、殺蟲劑、殺草劑等。這些藥劑大多對菌根菌並沒有負面的影響,但是有少數則有抑制菌根菌發芽或感染植株，以及促進產孢或感染的兩極化的影響(Menge, 1982; Ratnayake *et al*, 1978)。免賴得(Benomyl)、腐絕 (Thiabendazole)、甲基多保淨 (Topsin)、三得芬 (Calixin)、賽福寧 (Triforine)、三泰芬 (Triademifon)、Imugan、Banrot等，不只是影響菌根菌孢子的發芽與感染植物根部而已，這些藥劑甚至會減少菌根菌菌絲在根內部的發展。然而，氯乃普(Demosan)、福賽得 (Fosetyl-Al)、滅達樂 (Ridomil)、依得利 (Terrazole)等殺菌劑不但會增加菌根菌的感染率，甚而提高在根圈土壤中的產孢量。由於農業用藥的推陳出新，這些新的藥物與菌根菌的相互影響的研究，則有待我們的研究人員再接再厲的努力了。

(6)菌根菌與休耕雜草的生態研究

菌根菌在休耕期間的族群數量較作物種植期間有顯著的不同，不只是休耕期間土壤中菌根菌的孢子總數增多且種類也增加不少。根據農試所於1992~1996年所做的調查研究指出水稻與玉米輪作田在一~二月的休耕期間，菌根菌的種類及數量均有明顯的增加(Wu et al., 1995a; Wu, unpublished data)。有關休耕期間，耕作田內雜草的種類與菌根菌族群變化的影響，以及休耕期的長短、作物的產量高低與是否可減少施肥量等問題，也是一項能實際替農民解決問題的研究方向。

參考文獻

文紀鑾、張喜寧。1994。繡球屬菌根對組織培養非洲菊幼苗生長之影響。國立台灣大學農學院報告34:97-110。

文紀鑾、張喜寧。1995。溫度與繡球屬菌根對組織培養非洲菊生長與切

花品質之影響。國立台灣大學農學院報告35:75-91。
王也珍。1983。幾種大孢菌屬的萌發與接種對百合內生菌根形成的研究。國立師範大學生物所碩士論文。
王均琍。1989。內生菌根對紅豆生長及產量之影響。中華農學會報148:67-80。
江婉祺。1994。囊叢枝內生菌根對矮牽牛與百合生長開花之影響。國立台灣大學園藝所碩士論文，91頁。
呂斯文。1985。蘆筍菌根之生長反應酵素組織化學及構造變化。國立台灣大學園藝所碩士論文。
呂斯文、張喜寧。1995。百合接種囊叢枝菌根菌之感染率模式及菌根形態觀察。國立台灣大學農學院報告35:285-293。
林秋惠。1986。三種繡球屬內生菌根菌對香蕉及蘆筍組織培養苗生長之影響。國立台灣大學園藝所碩士論文，117頁。
林素禎。1998。臺灣囊叢枝內生菌根菌之生態與其應用之研究。國立臺灣大學農業化學研究所博士論文。
林素禎、洪崑煌、吳繼光。2000。囊叢枝內生菌根菌在臺灣代表性土壤中之分布。中華農業研究 49(4):65-80。
邱郁月。1995。囊叢枝菌根對菊花生長與開花之影響。國立台灣大學園藝所碩士論文，93頁。
張喜寧。1990。蘆筍苗之穴植生產與菌根利用。中國園藝36:149-155。
張喜寧。1992。台灣園藝囊叢枝內生菌根之研究與展望。科學農業40:45-52。張焜標. 1983. 熱帶植物菌根之功能. 森林學會會報25:27-37.
張焜標。1984。外來種相思樹之固氮作用與內生菌根之效應。國立台灣大學森林所碩士論文，126頁。
彭坤火。1991。蘆筍之微體繁殖與菌根利用。國立台灣大學園藝所碩士論文，104頁。
曾方明、陳際松。1984。茶園菌根之初步探討。台灣茶業研究彙報3:107-113。
程永雄、杜金池。1982。大豆內生菌根菌及其與寄生性線蟲關係之調查。

台南區農業改良場研究彙報16:45-859。

程永雄、杜金池林晉卿。1984.內生菌根菌對大豆、玉米增產效果。台南區農業改良場研究彙報18:29-38。

程永雄、莊明富、杜金池。1995。內生菌根菌*Glomus clarum*應用在洋香瓜生產上之效益評估。中華農業研究 42:74-84。

楊秋忠、趙震慶、張永輝。1986。臺灣酸性土壤接種菌根菌及施用磷礦石粉對玉米生長之影響。中華農學會誌，新136: 15-24。

趙震慶。1999。土壤微生物之類別與角色。農業世界雜誌 191 期，10-15。

趙震慶、王銀波。1990。重金屬對內生菌根及砂耕玉蜀黍生長之影響。中華農學會誌，新152:34-45。

趙震慶、王銀波。1991。重金屬於臺灣土類之土壤中對囊叢枝菌根與大豆固氮作用之影響。中國農業化學會誌，29:290-300。

鄭仁祥。1983。內生菌根對根瘤線蟲之拮抗關係。台南區農業改良場年報71:56-57。

鄭淑芬、張喜寧。991a.。繡球屬囊叢枝內生菌根菌對百日草生長與發育之影響。國立台灣大學農學院報告31:11-21。

鄭淑芬、張喜寧。991b.。繡球屬囊叢枝內生菌根菌對萬壽菊及孔雀草生長之影響。國立台灣大學農學院報告37:212-218。

簡宣裕。1999。微生物資材的選擇。農業世界雜誌 191 期。16-21。

Chen, J.-T. 1996. Effects and potential use for vesicular-arbuscular mycorrhizae (VAM) on the growth and flower production of some ornamental plants. Master’s thesis, National Taiwan University.

Chen, S. C. 1982. Effect of endotrophic mycorrhizal fungi on the growth, root structure, phosphate uptake and enzymatic reaction of *Phaseolus vulgaris* var. *humilis*, Alef. Master’s thesis, National Taiwan University.

Chen, Y. L. 1981. Effect of endomycorrhizal inoculation on the morphology and growth of asparagus seedlings. Master's thesis, National Taiwan University.

Chien, C. Y. 1976. Some natural mycorrhizae of gymnosperms and its variation in Taiwan. ***In***: Proceedings for Annual Meeting of Chinese Botancial Society.

Chou, H.-F. 1985. Inoculum resproduction of endomycorrhizal fungi. M.S. thesis, National Taiwan University, Taipei, p.118.

Cooper, K. M. 1976. A field survey of mycorrhizas in New Zealand ferns. New Zealand J. Bot. 14:169-181.

Francis, R. and D. J. Read. 1994. The distributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. ***In***: Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry, A. D. Robson, L. K. Abbott & N. Malajczuk (eds.), pp. 11-25.

Frank, A. B. 1885. Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirsische Pilze. Ber. Deut. Bot. Gesell. 3:128-145.

Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular arbuscular mycorrhizae. ***In***: Torrey, J. C. and D. T. Clarkson (eds.) The development and function of roots. Pp. 575-591, Academic Press, London.

Harley, J. L. and S. E. Smith. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.

Hu, H.-T. 1978. Effects of endomycorrhizal inoculation on the growth of Taiwan red cypress seedlings. Natl. Sci. Counc. Month 6:1064-1077.

Hu, H.-T. 1980. Scanning electron microscope studies of VA endomycorrhizae in *Chamaecyparis formosensis* matsum. N.S.C.M. 8(12):1141-1147.

Hu, H.-T. 1988. Study on the endomycorrhizae of China fir (*Cunnighamia lanceolata*Hooker) and Taiwania (*Taiwania cryptomerioides* Hay.). Q. J. China For. 21:45-72.

Huang, R. S. 1979. Effects of potting mixes on seedlings growth of the rangpar lime (*Citrus limonia* O'sbeck)-Observations on VA mycorrhizal citrus roots. Master's thesis, Nation Taiwan Unviersity.

Janos, D. P. 1988. Mycorrhiza applications in tropical forestry: Are temperate-zone approaches appropriate? ***In***: Trees and Mycorrizha, Ed. F. S. P. Ng. Pp. 133-188. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.

Kan, J. P. 1977. Studies on natural mycorrhizal variations and its synthesis of some gymnosperms in Taiwan. Master's thesis, National Taiwan Normal University.

Kuo, C. G. and R. S. Huang. 1982. Effect of VA mycorrhizae on the growth and yield of rice-stubble cultured soybean. Plant and Soil 64:325-330.

Marschner, H. And B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Pp. 89-102. ***In***: Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. Ed. A. D. Robson, L. K. Abbott, and N. Malajczuk, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Menge, J. A. 1982. Effect of soil fumigants and fungicides on vesicular-arbuscular fungi. Phytopathology 72:1125-1132.

Morton, J. B. and G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscualr mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon 37:471-491.

Parke, J. L. and R. G. Linderman. 1980. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi with the moss *Funaria hygrometrica*. Can. J. Bot. 58:1898-1904.

Ratnayake, M., R. T. Leonard, and J. A. Menge. 1978. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. New Phytol. 81:543-552.

Schenck, N. C. and Y. Perez. (Editors) 1990. Mannual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville, Pp. 1-241.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. P. 371, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammernarbeit (GTZ) GmbH, Germany.

Sutton, J. C. And G. L. Barron. 1972. Population dynamics of *Endogone* spores in soil. Can. J. Bot. 50:1909-1914.

Taylor, T. N., W. Remy, H. Hass, and H. Kerp. 1995. Fossil arbuscular mycorrhizae from the early Devonian. Mycologia 87: 560-573.

Toun, Shu-Chin. 1982. The observation of three species of *Glomus* endomycorrhizal fungal spores germination and its effects on the growth and root structure of pea *Pisum sativum* L. Master's thesis, National Taiwan University.

Tzean, S. S. and Y. S. Huang. 1980. The occurrence and formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae of citrus and maize. Bot. Bull. Acad. Sinica 21:119-134.

Wang, C.-L. 1992. Physiological characteristics of endomycorrhizae Adzuki bean infected with *Glomus* species. Ph.D. dissertation, National Chung Hsing University, p. 121.

Wang, M. C. 1982. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi stimulate the growth of sweetgum seedlings. Master's thesis, National Taiwan Normal University.

Wong, J.Y. 1981. Studies on the endomycorrhizae of *Taiwania cryptomeriodies, Chamaecyparis formosensis* & *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*. Master's thesis, National Taiwan University.

Wu, C.-G., S.-Y. Chien, and T. W. Tan. 1995a. Microbial succession in different rotation cropping systems. J. Agric. Res. China 44: 114-125.

Wu, C.-G., Y.-S. Liu, Y.-L. Hwung, Y.-P. Wang and C.-C. Chao. 1995b. Glomales of Taiwan: V. *Glomus chimonobambusae* and *Entrophospora kentinensis, spp. nov.* Mycotaxon 53: 283-294.

You, Shwu-Mey. 1980. Studies on the distribution and germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores (*Gigaspora* spp.). Master's thesis, National Taiwan University.

Young, C. C., T. C. Juang, and H. Y. Guo. 1986. The effects of inoculation with vesicualr-arbuscular mycorrhizal fungi on soybean yield and

mineral phophorus utilization in subtropical-tropical soils. Plant and Soil 95:245-253.

有機液肥介紹與使用

簡宣裕、張明暉、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

有機液肥依製造過程的不同，可分為淋洗液肥與萃取液肥，淋洗液肥是堆肥資材在堆肥過程中階段性的淋洗取出液，由於其成份不穩定，利用性較差，萃取液肥則是腐熟完全的堆肥經水萃取後所得到，如堆肥液、醱酵工業廢液，所含養分較穩定且病原菌較少，利用性較高。有機液肥是從事有機農業農民所使用於養分補充的液體肥料,但它在病害防治與土壤肥力增進也逐漸受到國內外學者專家與從事有機農業農民的重視。在有機農耕的作法下，堆肥被當作主要的肥料，各型式的堆肥材料，有如醱酵工業的廢棄物、造紙工業廢棄物等，因由於堆肥種類的不同，礦化程度也不盡相同，且釋放養分供作物利用的時期很難掌握，往往不能適時滿足作物養分的需求，有機液肥含有大量水分與有效養分，較施用固態堆肥更易被作物吸收利用。本文除介紹有機液肥於有機農業作物養分供應的利用外，並介紹堆肥液於病害防治的應用，另探討國內堆肥製造堆肥液的可行性及其效果。

有機液肥對土壤養分的供需

(一)有機液肥具機動調節養分的特性

有機農場大部份養分是靠施用的有機質肥料提供,經常長時間大量地投入有機質肥料於農場土壤中。因此，合理而適切的施用有機質肥料，為有機農場經營成敗的重要因素。國內學者專家在一項長達十二年有機農耕法與慣行、折衷農耕法的比較試驗結果中指出，就長期來看，有機農耕法土壤中有效性氮量高於慣行農耕法及其對於土壤理化性質的效應非常顯著等優點，但有機農耕法也有不少的缺點，除有土壤中重金屬銅、鋅的累積外，土壤有效性氮經常處於高量下，故是否造成大氣與地下水的污染，是我們繼續推行有機農業所必須關切的問題。

其次，有機質肥料屬於緩效性肥料，施於土壤中需經礦化分解過程始可釋出作物所需養分，其分解速率除與有機質肥料本身性質有關外，尚受到土壤及氣候環境、耕作制度等所影響，作物在最需要某種養分時，例如在生殖生長期時應適度將氮肥降低，提高磷肥與鉀肥，因此時若氮素過多，枝葉繁茂將對開花不利，有機質肥料其即時供應的能力，明顯不如化學肥料，除非能另施速效性的含高磷與鉀有機肥料，此時有機液肥的施用是項不錯選擇，尤其有機蔬菜在溫網室栽培，養分以管路供應的情況下，是值得推薦使用的肥料型態，國內學者專家曾以味素廢液對小白菜養分供應特性為研究指出，味素廢液含大量無機養分及有機氮，其在土壤中迅速分解，因此可視為速效型肥料將其利用。有機農場的養分供需，若要朝更精緻的方向發展，有機液肥應繼續研究開發。

(二)高氮、高磷及高鉀有機液肥的製造

液肥於有機農業作物養分供需的利用，是要解決當作物瞬間亟需要某種養分時的供應。目前的開發係依照資材的成份，經簡易的醱酵過程製造而成，從事有機農業的農民可自行製造，但因資材種類與製造法的不同，其功效就會不同，因涉及內容廣且複雜，僅就常見幾個有機液肥，如高氮質液肥、高磷質液肥與高鉀質液肥，其資材與製造方法予以介紹如表二。

有機液肥對病害防治的功效

(一)堆肥液(茶)防治病害效果

堆肥液又稱堆肥茶 (compost tea) 為有機液肥的一種，是美國農部新近推介給該國有機栽培農民使用之新產品，具有促進作物生長且具降低作物葉部病害之效果，是為本世紀有機農業萌發之新技術 (emerging technology)，已在美國植病學會會員間，掀起研究熱潮。堆肥液不同於堆肥抽出液，它可能在抽出過程中加入微生物的食物源釀造，是一些微生物生長的「起始劑」，更不同於淋洗液，雖然最後的產物可能同樣具提供養份與抑制病原菌的能力，但它可能在抽出過程中去除一些對作物有害的病原菌，在使用上增加其安全性。施用堆肥的功效主要包含補充

作物養分與增加土壤肥力，而利用堆肥中微生物的作用抑制作物病害的特性，雖很早即被發現，但自 1973 年來才被用為研究的對象 (Hunt et al, 1973)，而最近的研究則於堆肥液體抽出液用於作物病害的防治 (如表一)。

國外有許多關於堆肥液對作物病害的研究相當多， Weltzein（1989）報告一些禽畜糞與蒿稈堆肥抽出液對胡瓜白粉病具有控制效果，對葡萄之白粉病及露菌病亦有防治效果；Yahalem et al.（1994）指出廢棄菇類堆肥之抽出液則對蘋果黑星病（scab）具有抑制效果；馬糞堆肥之抽出液則對葡萄葉片病原菌（*Pseudopeziza fracheiphila*）具有抑制作用，而且田間防治效果良好（Ketterer and Weltzien,1987）；Kai et al（1990）則指出樹皮堆肥抽出液則對鐮刀菌引之萎凋病具有抗菌作用。同時也有堆肥液的商品上市及開發各種生產堆肥液的器具，或許可讓我們尋找出一條適合我國農民利用堆肥液的模式，及讓堆肥製造廠開發另一個商機。

目前國內有機農業的實施，在病蟲害的防治的措施上概可分為 (1) 栽培防治 (2) 物理防治 (3) 生物防治 (4) 自然農藥防治 (謝，1998)，用拮抗性微生物或有益微生物防治作物病害是其中的方法，但以單一菌種想達到防治的目的，常無法有顯著的效果，其中有研究指出，在複雜田間的條件下，對於真菌性的植物病害，以生物性的防治方法控制，常無達到很好的效果，不論以土壤中的微生物或其代謝物去誘導作物對病原菌產生抗性，或常從田間土壤分離得到的 *Pseudomonas spp.*去抑制病原菌如 *Erwinia carotovor*a 等。但是以經堆肥化生物方法改善土壤性質，能有效的抑制土傳性的植物病害 (Hoitink, 1980；Lumsden et al., 1983；Hoitink and Fahy, 1986；Hadar and Mandelbaum)，其中堆肥液的開發為其方法之一。

(二)堆肥抽出液的作用機制

堆肥抽出液噴施於葉面上對其葉圈 (phyllosphere) 影響的活性物質，至今被鑑定出包括微生物細菌 (*Bacillus* and *Pseudomonas*)、酵母菌 (*Sporobolomyces* and *Cryptococcus*)、真菌 (*Trichoderma*) 和放線菌

(*Penicillium*)，但無特定的菌種，在一些堆肥抽出液也有兼嫌氣菌和嫌氣菌的存在，因此，似乎是多類型微生物致使產生抑制病原菌的潛力，這也是目前爭論的地方，根據國外的研究(Cronin,1996) 所提出，嫌氣性處理的堆肥液對蘋果黑星病 (apple scab) 的抑制較好氣性處理有較好的效果，此研究顯示病害的抑制乃由嫌氣性微生物產生代謝產物所作用，雖然如此，對於作用的機制而言，並無單一機制能解釋。就過去的研究可歸納四個機制：1.抑制病菌孢子發芽 2.誘發寄主抗性 3.與寄主的拮抗與競爭作用 4.產生化學抑制劑。從一些生物檢定 (bioassay) 的試驗照片可看出堆肥抽出液的效應，剛開始是一些活菌株的作用，但過濾或滅菌的方式處理抽出液，對病原菌也有減低其活性的效果，這可說明包括一些化學性的拮抗物質如酚類和氨基酸等 (Trankner, 1992)，或者一些的代謝產物，如抗生素，其生物抑制活性在堆肥液中扮演一重要的角色。假如以預防性的施用堆肥抽出液，無論在實驗室、溫室或是田間，其對於在葉上或是果實上的不同種真菌性病害，有顯著的防治效果，此是否與堆肥液中含多種代謝產物有關，或微生物與病原菌之間產生養分的競爭作用，抑或有其它因素，值得進一步探究。過去的研究顯示，堆肥液中含有微生物 (尤其是細菌) 對於它的活性是必要的 (Stindt and Weltzien, 1988)；同時在其他的實驗也證明，誘導寄主產生抗性，是堆肥液之所以會抑制效應的原因之一 (Samerski and Weltzien, 1988)，因此，堆肥液抑制病原菌的機制，並不是單一的效應。國外的一項堆肥液對於大麥白粉病菌(*Erysiphe graminis*)的防治效果顯示，在未噴施堆肥液前，種植於施用堆肥土壤的大麥，其新生葉獲得一些的抗性，假如此時在噴施堆肥液，其防治的效果更好，因此，堆肥液的作用機制或許是一些不同抑制效用伴隨的結果。

(三) 殺菌劑用堆肥液的製作探討

堆肥液因含有養分故亦可當做噴灑葉片之追肥使用，適時補充堆肥施用養分供應之不足。堆肥液製作簡單，一般農民均可自行製造，值得在我國開發研究，轉移技術給廠商生產或農民直接製造利用。

堆肥液之製造，在歐美許多有機農法，耕作者都有其秘密且獨特之

配方，而且許多配方也正在被測試中，其功效為既能促進作物生長且減少病害之發生（Ingham and Alms, 1999）。而我們對於堆肥液之研究仍是處於初始時期，無論學術部門或應用部門均有必要對有關影響之因子加以進一步之探討及瞭解（Ingham and Alms,1999）。堆肥液對於不同作物的病害，並沒有一致性，在製作過程及施用有四點值得研究。

1. 萃取量：一般新鮮的堆肥與水的比例為 1：5-10，理想的比例須經試驗後調整。
2. 萃取時間：一般為 7-14 天，但 Urban and Trankner (1993)，曾利用牛馬糞尿堆肥以 24 小時的萃取時間所製成的堆肥液能有效的防治豆類灰黴病。
3. 過濾：將堆肥液的上清液，以 200 mesh 的篩網過篩，避免堵住篩孔，過濾前 8 小時，不要攪拌堆肥液。
4. 噴施：堆肥液噴施的器具需每隔一段時間消毒一次。

使用堆肥液之前，有必要先作一些試驗，同時必須注意稀釋堆肥液後的效果與通氣的時間，最重要的是儘量使用新鮮的堆肥液。在筆者以堆肥液對胡瓜與洋香瓜白粉病防治效果的試驗中，曾以簡易的桶子醱酵法製造堆肥液，其作法如下：

1.堆肥之選用。

本研究第一階段首先由中、彰、投及其他縣別收集 17 種堆肥進行成分分析，先淘汰 Cu、Zn 及 Fe 含量不合規定或含夾雜物者，再行選取六種堆肥進行堆肥液製作，選取兩種堆肥液進行試驗。

2.堆肥液之製作方法係修正德國學者 Heinrich Weltzein (1986)所發展出的方法，使用 10 L 之塑膠桶以堆肥（乾重）：水＝1：3 之比例裝於廢棄之麵粉袋，每天攪拌一次，浸漬 7 天後以紗布過濾供試。

製造出的堆肥液對胡瓜與洋香瓜白粉病防治效果如表二與表三，顯示對白粉病之防治均有很好的效果。另觀察到堆肥液之防治效果似乎與堆肥液之 EC 值有密切之關係；在胡瓜的試驗中，結果顯示 EC 值與病葉數及指標值分別有良好之相關性，然高 EC 值對作物葉肥傷的嚴重性，是否須加以稀釋使用，抑或以肥培管理方式控制，都須進一步探究，

以提高堆肥液商品的實用性。

(四)堆肥液商品化的可能

一般而言，堆肥液防治作物病害是容易理解，但如何施用而且有效，操作上是不容易的，因為堆肥的種類是各式各樣，而使得堆肥液的性質不易穩定，因而限制它商品化的可能。堆肥液品質的定義必須先確立，才能製造出一定品質的堆肥液，在田間施用才有可能得到一致性的效果，在歐洲強調以堆肥的年齡做為標準，以枯葉殘莖為材料的堆肥，它的病害抑制效果會從製造後三個月慢慢減少，以馬及乳牛糞尿為材料的堆肥可以保持有 9-12 個月的抗真菌性病害的效果(Dittmer,1990)。

堆肥液的保存期限也是商品化的問題。一般堆肥液必須於萃取後 7 天內施用完，但在另一研究指出，以乾燥形態堆肥以水萃取出的堆肥液之抗病功效可保存較長的時間 (Dittmer,1991；Trankner, 1995)。

結　論

有機液肥於有機農業的應用，主要是解決堆肥對緩效性的缺點，提供作物瞬間的的養分，若能改進施用方法，對有機作物栽培與生態環境維護的貢獻是明顯的。另，堆肥液對作物病害防治的功效，國內之研究尚屬初始階段，若能繼續的研發，是堆肥的另種利用。

參考文獻

1. 謝慶芳。1998。病蟲害自然防治法。pp. 45-57。農作物有機栽培技術專刊陳榮五主編。台中區農業改良場 彰化。
2. 潘俊杰。2000。味素廢液對小白菜養分供應特性之研究。中興大學土壤環境科學系。碩士論文。
3. Grobe, K.1997. It's a new era for farm compost. Biocycle 38:52-54.
4. Ingham, E. R. and M. Alms. 1999. Compost Tea, Manual 1.1, Soil FoodWeb Inc., pp42.
5. Kai, H. T. Ueda and M. Sakaguchi. 1990. Antimicrobial activity of bark-compost extracts. Soil Biol. Biochem. 22:983-986.

6. Ketterer, N. and H. C. Weltzien. 1987. Studies on the effect of compost extract on the infection of grapevines by *Pseudopeziza tracheiphila.*
7. Weltzein, H. C. 1989. Some effects of composted organic materials on plant health. Agri. Ecosys. And Env. 27:439-446.
8. Cronin, M. J., D. S. Yohalem, R. F. Harris, and J. H. Andrews. 1996. Putative mechanism and dynamics of inhibition of the apple scab pathogen Venturia inequalis by compost extracts. Soil Biology & Biochemistry. 28：1241-1249.
9. Hashimoto H. 1977. Theory and Application of Organic Soil Amendment, p. 25. Noubunkyou, Tokyo (in Japanese).
10. Hoitink, H. A. J. and P. C. Fahy. 1986. Basis of the control of soilborne plant pathogens with composts. Annual Review of Phytopathology 24：93-114.
11. Matsuguchi, T. and T. Nitta. 1988. Effects of organic amendments on root development and the rhizosphere microflora of moncropped upland crops. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition 59：1-11.
12. Papavizas, G. C. and C. B. Davey. 1960. Rhizoctonia disease of bean as affected by decomposing green plant materials and associated microas. Phytopathology 50：516-521.
13. Suzuki T. and S. Ishizawa. 1965. Soil microorganisms, their activities and soil fertility. Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences 15：181-189.
14. Hoitink, H. A., A. G. Stone. and D.Y. Han. 1997. Suppression of plant diseases by composts. HortScience 32(2): 184-187.

表一、有機液肥製造方法

液肥名稱	材質	製造方法
高氮質液肥	清水 100 公升，豆粉 6 公斤，米糠 6 公斤，磷礦粉 1 公斤，海草粉 2 公斤，黑糖 12 公斤，綜合性有益微生物 2 公升。	準備 120 公升塑膠桶一個，將清水及全部材料倒入桶中後早晚各攪拌一次，每次約 3-5 分鐘，連續約 14 天，約經過 30 天左右即可使用。
高磷質液肥	清水 100 公升，米糠 3 公斤，磷礦粉 6 公斤，海草粉 2 公斤，黑糖 10 公斤，綜合性有益微生物 2 公升。	準備 120 公升塑膠桶一個，將清水及全部材料倒入桶中後早晚各攪拌一次，每次約 3-5 分鐘，連續約 14 天，約經過 15-30 天左右即可使用。
高鉀質液肥	清水 100 公升，米糠 6 公斤，磷礦粉或海鳥粉 3 公斤，海草粉 2 公斤，黑糖 10 公斤，綜合性有益微生物 2 公升。	與氮質液肥相同。

表二、國外堆肥液對於作物病害防治

防治的作物病害與病原菌	堆肥液的材料與提出的學者
蕃茄、馬鈴薯的晚疫病 (*Phytopthora infestans*)	馬糞尿堆肥萃取液 Weltzein(1990)
豆類、草莓灰黴病 (*Botrytis cinerea*)	牛糞尿堆肥萃取液 Weltzein(1990)
萎凋病 (*Fusarium oxysporum*)	樹皮堆肥萃取液 Kai, et al(1990)
葡萄露菌與白粉病 (*Plasmopara viticola* and *Uncinula necator*)	動物糞尿與稻草堆肥萃取液 Weltzein(1989)
小黃瓜白粉病 (Sphaerotheca fuliginea)	動物糞尿與稻草堆肥萃取液 Weltzein(1989)
蕃茄與甜椒灰黴病	牛雞糞尿堆肥萃取液 葡萄殘渣堆肥萃取液 Elad, Shtienberg(1994)
蘋果黑星病 (*Venturia conidia*)	菇類殘渣堆肥萃取液 Cronin, Andrews(1996)

表三、溫室胡瓜噴施堆肥液白粉病病葉數調查

處理項目	抽出時間(天)	病葉數	γ指標值（%）
對照（無處理）	—	6.25	100
噴水處理	—	4.67	75
A 堆肥液（CH）	7	3	48
B 堆肥液（CC）	7	3.8	61
蘇打水	—	1.4	22

γ指標值為與對照病葉數之比值

表四、溫室洋香瓜噴施堆肥液白粉病病葉數調查

處理項目	抽出時間(天)	病葉數	γ指標值（%）
對照（無處理）	—	64	95
噴水處理	—	67.3	100
A 堆肥液（CH）	7	15.3	23
B 堆肥液（CC）	7	26	39
蘇打水	—	25.8	38
藥劑(撲克拉猛)	—	16.9	25

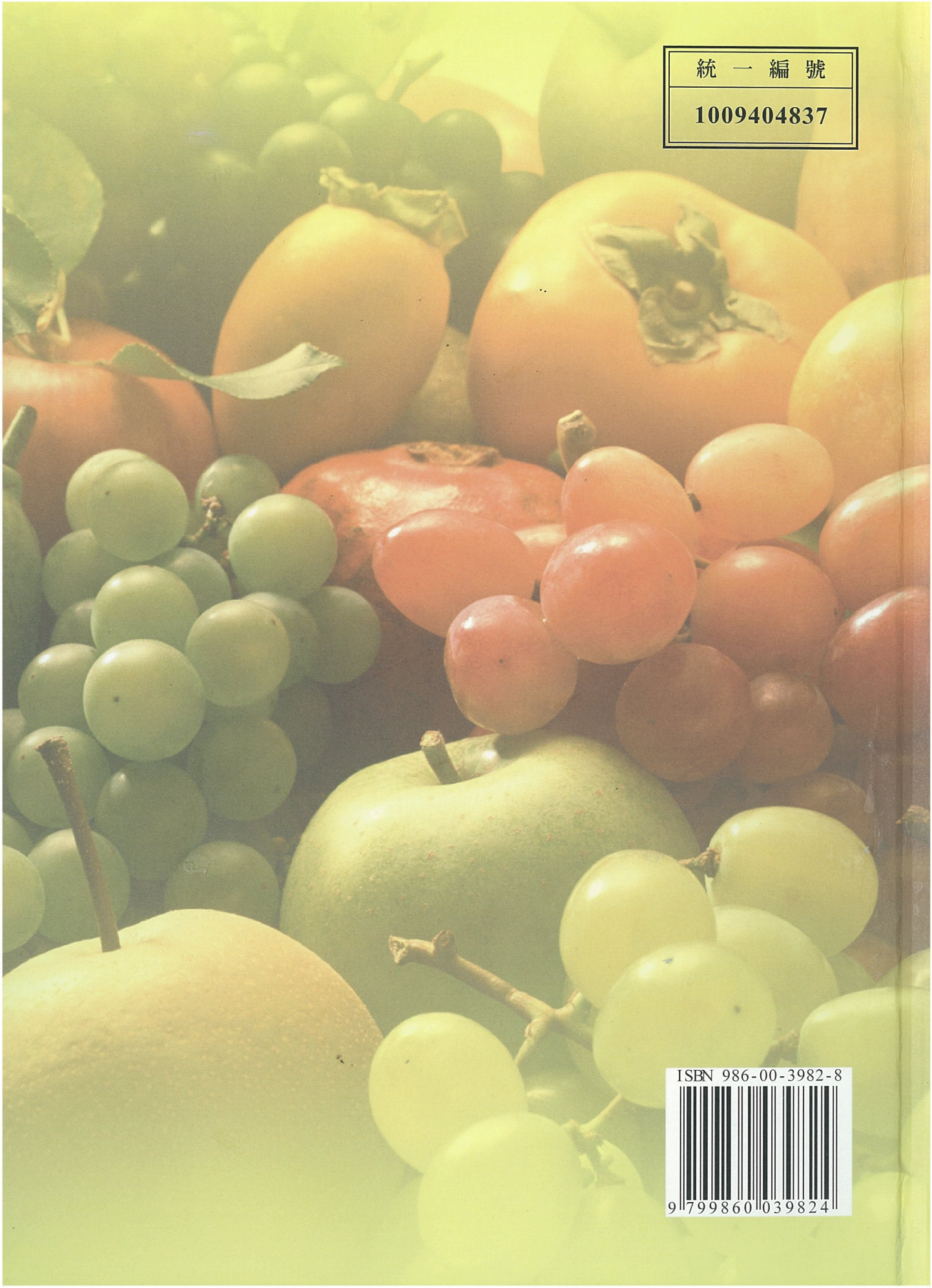
γ指標值為與噴水處理病葉數之比值

國家圖書館出版品預行編目資料

合理化施肥專刊/行政院農業委員會農業試驗所，中華永續農業協會編.
－台中縣霧峰鄉：農業試驗所，
2005 (民 94)
346 面：26 ×19 公分
ISBN 986-00-3982-8 (精裝)
1. 肥料－論文，講詞等
432.3807 94025867

合理化施肥　專刊

出版者：行政院農業委員會農業試驗所
中華永續農業協會
發行人：林俊義
戴振耀
地　址：台中縣霧峰鄉中正路 189 號
電　話：(04)23302301(代表號)
網　址：http://www.tari.gov.tw
承印者：信成文具印刷有限公司
地　址：台中市興中街 106 號
電　話：(04)22224617
出版日期：中華民國九十四年十二月
版　次：初版
展售處：
國家書坊台視總店　台北市八德路三段 10 號　(02)2578-1515 Ext.284
網址：http://www.govbooks.com.tw
五南文化廣場　台中市中山路 6 號　(04)2226-0330
定　價：新台幣 400 元
統一編號(GPN)：1009404837
ISBN：986-00-3982-8



統一編號
1009404837

ISBN 986-00-3982-8
9 799860 039824