

楊桃綜合管理

Integrated Crop Management
of Carambola

楊秀珠 主編



行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
國立中興大學土壤環境科學學系
行政院農業委員會鳳山熱帶園藝試驗分所
行政院農業委員會 補助

編印

中華民國八十九年十二月

序

臺灣鮮果種類繁多，加上近年來改良所得之新品種及引進新的果樹種類，使得國人在水果的選擇上是相當豐富而不虞匱乏的。果品的產量與品質固然與所選用的品種有直接相關，但其最大的影響因素仍在於積極且科學化的管理，在我國加入國際世貿組織之前夕，增加產量之相關技術也許並非最重要者，而品質及衛生安全則為具有附加價值且能增加競爭力的重要考量因素。

楊桃為國內重要果樹之一，其種植面積年有增加，但不同地區生產之果品品質差異甚大。究其原因，與肥培管理之合理化及重要楊桃病蟲害防治有相當密切的關係，近二年來在中部地區出現之區域性楊桃細菌性葉斑病，引起果農及病理專家特別注意楊桃病蟲害的管理策略即為一例。

本專輯由整合性作物管理的觀點出發，將楊桃栽培技術中最重要的肥培管理與重要病蟲害之綜合管理二個觀念融合為一個管理策略。此外書中特別強調施用藥劑進行病蟲害防治時，果農應對藥劑本身及自身之安全給予特別之注意也是綜合作物管理中之一環，此一觀念是將傳統之病蟲害綜合管理導向一個整體生產系統新境界的重要步驟。專輯承蒙中興大學、嘉義農業試驗分所、鳳山熱帶園藝試驗分所等單位之專家竭盡心力，戮力研撰完成，本所農藥應用系研究員楊秀珠博士不辭辛勞彙編及校對，特於付梓前夕，謹表敬謝，並為之序。

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

李國欽 謹誌

中華民國八十九年十二月

楊桃綜合管理目錄

總論

一、綜合管理之理念(農業藥物毒物試驗所 楊秀珠)	1
二、肥料之種類、特性與效用(中興大學土壤環境科學系 黃裕銘、吳正宗、楊秋忠)	7
三、合理化施肥(中興大學土壤環境科學系 楊秋忠)	37
四、施肥與土壤鹽分累積(農業藥物毒物試驗所 林浩潭)	45
五、土壤管理與改良(中興大學土壤環境科學系 陳仁炫 曾國珍)	53
六、肥培管理與病害(中興大學土壤環境科學系 黃裕銘)	63
七、農藥之特性及安全、有效之使用(農業藥物毒物試驗所 李國欽)	79
八、農藥之調配與安全使用(農業藥物毒物試驗所 何明勳)	109
九、灌溉水質酸鹼度與農藥之調配(農業藥物毒物試驗所 羅致逵)	119
十、農藥增效劑之應用(農業藥物毒物試驗所 羅致逵)	129
十一、殺菌劑之抗藥性(農業藥物毒物試驗所 楊秀珠)	137
十二、農藥藥害之發生與避免(農業藥物毒物試驗所 蔣永正)	147
十三、農藥之毒性及施藥時之安全防護(農業藥物毒物試驗所 李國欽、李宏萍)	159
十四、東方果實蠅之發生生態與防治(農業藥物毒物試驗所 黃莉欣、蘇文瀛)	171
十五、昆蟲性費洛蒙及誘引劑在田間之實際應用(農業藥物毒物試驗所 洪巧珍 黃振聲)	179
十六、清園與田間衛生(農業藥物毒物試驗所 楊秀珠)	189

各論

十七、栽培品種與性狀(鳳山熱帶園藝試驗分所 劉碧鵑)	195
十八、栽培與管理(鳳山熱帶園藝試驗分所 劉碧鵑)	201
十九、有機栽培(鳳山熱帶園藝試驗分所 劉碧鵑)	213
二十、肥培管理(中興大學土壤環境科學系 黃裕銘)	217
二十一、病害之發生與防治(鳳山熱帶園藝試驗分所 林正忠)	221
二十二、細菌性葉斑病之發生與防治(農業藥物毒物試驗所 蘇秋竹)	233

二十三 蟲害之發生與防治(嘉義農業試驗分所 何坤耀) -----	237
二十四、利用性費洛蒙綜合防治楊桃花姬捲葉蛾(農業藥物毒物試驗所 洪巧珍 黃振聲) -----	247
二十五 雜草管理(農業藥物毒物試驗所 蔣永正 陳富永) -----	255
二十六 果實採收後之處理技術(中興大學園藝系 謝慶昌) -----	261
參考文獻 -----	265

圖版

附錄一、肥料之成分

附錄二、肥料相關名詞解釋

附錄三、農藥管理法及相關法規

附錄四、歷年政府禁用農藥一覽表

附錄五、劇毒性成品農藥一覽表

附錄六、臺灣中低海拔之雜草種類及生育特性

附錄七、防治藥劑相關資料

第一章 綜合管理之理念

楊秀珠

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23321478

E-mail: yhc@tactri.gov.tw

中國以農立國，年來農產品為主要之經濟來源，臺灣又獨天得厚，物產豐富，曾賺取大量外匯，然隨著工商業發達，尤以電子工業起步後，農產品於臺灣經濟之佔有率已日漸式微，而農產品為民生必需品，雖可大量仰賴口，但品質、口感以及民眾之口味均足以影響其於消費市場之佔有率，也因此臺灣之農業轉為精緻農業，生產高品質、高價位之產品，以因應市場之需，故臺灣的農產品可視為農民之藝術結晶。既為藝術品則所追求為真善美之境界，以病害防治為例，當病害發生時，觀察其病徵、探討病原菌、調查其發生生態及相關之學術性研究，充分掌握其真實性，乃求真的學術研究；充分掌控病害相關資訊後，尋求防法策略，經田間測試並建立實際可行之防治流程，可謂求善；而將試驗成果及防法策略公開發表，並透過管道提供農民應用，以降低病害之發生、減少農民損失，並提高農民收益，可謂求美；其他之農業管理，諸如肥培管理、品種別與栽培，甚至採收後之包裝與貯運，更可視為農民創作之絕佳藝術品。而推廣業務為實際面對農民將所有求真、求善、求美之成果實際提供、並勸導農民應用，故推廣業務為另一藝術創作，使農業產品達成真善美之最高境，且必需為一曲高和眾之藝術品，否則難以順利運作而達成既定目標，因此農產品之管理流程必需為是簡化易操作，稍加思考即可立即施行之流程，方可迅速推廣。

當人類開始由採集野生植物轉為人為種植植物之初，由於害物族群尚未群聚，環境因子仍處於有利條件下，植物生長健康。之後雖害物等不利生長之因子陸續發生，亦僅於操作過程中應用簡單之手段以減少此類不利因子，無所謂防治工作，當然無所謂綜合防治。由於農藥之開發，開了防治工作之先端，此時仍為單一因子之防治；而隨著藥劑之應用，牽引著施藥時期及施藥間隔之

問題，已導入二因子之防治思維，亦同時開 綜合防治之大門；而後由二種防治方法之配合應用，發展至三種以上之防治方法綜合應用，正式開始綜合防治之新紀元，進而進入綜合管理。

綜合管理，Integrated Pest Management，簡稱為 IPM，緣自於昆蟲防治，逐漸應用至病害防治，目前已普遍為植物保護界所認同，為一符合經濟水準之防治策略。所謂 Integrated，乃綜合多種方法而擬定一適當之系統，以進行有效之害物防除；Pest 則泛指所有不利於作物生長之生物；Management 一般稱為管理，乃在農業經營系統下，容許害物族群以一可被接受之程度下存在，亦即維持於生態平衡之狀態下，有別於防治「趕盡殺絕」之意味，因此綜合管理之定義可解釋如下：利用多元化之防治方法控制害物族群，使其低於經濟危害水準之下，進而減少作物之損失，並配合正確的農藥使用而達到生產高品質作物及其附屬品之目的，同時兼顧公眾健康、保護環境及有益生物之作物管理方法稱為綜合管理。由於農業經營環境多為開放系統，所有條件之流通性及變異性極大，效益極難評估，因此執行綜合管理時應先畫定施行的範圍，避免因大面積及多因子互相干擾而影響防治成效。一般言之，綜合管理可施用之方法大致包括選擇適宜之種植環境與時間、選擇適宜之作物、加強種子(苗)檢疫及消毒處理、健康種苗與抗病抗蟲品種之培育與應用、 擇適當肥料並適時施用、改變灌溉方式、改變栽種管理模式、建立輪作制度、生態性因子之應用、物理因子(加溫、冷藏、降低濕度等)之應用、機械方法之應用(修剪、砍除等)、抗病蟲及抗病蟲基因工程技術之應用、拮抗微生物與有機添加物的利用、活化土壤生命力、生物防治、天敵及性費洛蒙之應用、田間衛生及污染物的管理、農業廢棄物之管理與利用、及藥劑之施用等，然所有應用之管理方式均需符合經濟性及低毒性之要求。綜而言之，凡是可降低經營成本、提昇農產品之經濟價值，同時促進消費者之購買慾而增進產品銷售量之任一農業行為，均可視為綜合管理之一環。

進行綜合管理時，同時需發展監測系統，定期監測害物(包括生理性及生物性)發生之必要條件，包括環境因子，害物及寄主之狀況，同時監測管理之效以利隨時調整管理模式。環境因子包括土壤條件、水分管理、肥培管理等及溫度、濕度、雨量、露點、風向、風力等影響植株生長及病蟲害等發生之氣象因子，尤以溫度及濕度最為重要；害物則包括種類、發生時期、危害狀、於田間之生態及其擴展性；寄主則包括作物品種、生長期、生長狀況及栽種管理等。監測資料有助於防治時機及防治方法之應用，愈詳盡愈有助於擬定可行之防治

策略。因此綜合管理中不可忽視之措施為種植管理之記錄，隨時觀察並保存良好且詳盡之記錄，包括雜草、害物及病害記錄並保存完整之田間分布圖，可幫助病害發生及蔓延之判斷，同時避免在同一栽培田於不同時期栽培相同品種或種類之作物，亦為綜合防治必需注意之項目。

監測結果若發現綜合管理無法發揮防治效果而達到綜合管理之目標時，如為草本植物則剷除所有植株，重新種植，當可將害物徹底清除；否則安於現狀不作任何處理，當症狀及病蟲害經一段時間之擴展而達到穩定平衡後，自然不再擴展，如此可避免造成無謂的浪費，但作物之品質及產量則無法預期。至於木本植物，因多為多年生植物，不易剷除而重種，則可考慮強剪、清除罹病枝條及徒長枝並加以燒燬，同時噴施保護性藥劑，而於翌年病害發生季節來臨前再行噴施保護性藥劑，將可大量降低感染源。事實上為防治生物性害物，綜合管理政策是容許農藥配合施用。因此當施用農藥已無可避免時，如何正確地施用農藥成為極重要之管理策略，此時如何選用低毒性、廣效性之農藥，簡單而迅速將病蟲害加以防除為極重要之策略，其中需考慮者，包括如何對症用藥發揮最大藥效、施藥方法、施用時期及次數、使用後之抗藥性問題、藥害問題以及農藥之安全性與對環境之污染情況。因此於施藥前，宜將病蟲害詳加診斷後，再依據病蟲害之特徵及發生之環境因子等因素，訂定可行之藥劑使用策略，依此策略進行藥劑防治，若發現缺點時，隨時加以修正，以發揮藥劑之最高藥效，但切記以不違反綜合管理之低毒理性、兼顧公眾健康及保護環境之原則。

由於環保意識逐漸抬頭，地球村之觀念已深植人心，接踵而至乃永續農業之經營理念日趨重要，有機農業因而成為目前農業經營之重要考量之一，而有機農業中不可忽視者為有機質肥料之施用。有機質肥料之施用技術因時因地制宜，可視為一農業藝術，其主要的功效包括三方面；一、改善土壤物理性質：改善土壤構造、增加土壤保水力、增進土壤通氣性及增加土壤溫度；二、改善土壤化學性及作用：可增加土壤貯存營養分，經分解後提供植物的營養及能量，同時分解產物可促使貯存的無機營養轉移及增加其有效性、營養的固定化作用及含有植物生長的活性物質；三、對土壤微生物的影響：提供土壤微生物的營養及能量；含氮素較少的腐植質可增進土壤固氮的作用，將空氣中的氮固定成生物可利用的氮素化合物；增進土壤有益菌而制衡有害菌。總之，有機質肥料的優點為(1) 改良土壤物理性，使形成團粒、提高保水能力、提高土壤通風性而促進根生長、並減少土壤流失；(2) 溫和的供應植物養分；(3) 提高土

壤之保肥力及提高養分有效性，如磷及微量元素之有效性，進而降低肥料成本；(4) 改善土壤酸鹼性及土壤有機質性質，進而減少土壤傳播性病害，並提高作物抗病力，減少農藥之使用及相關費用。然有機肥亦有其缺點，分別為(1) 肥效較緩，不如化學肥料之快速；(2) 所含養分濃度較低；(3) 成份複雜不易買到合用者；(4) 除養分量外，尚需注意酸鹼質是否合乎作物及土壤所需，纖維質含量是否足以改良土壤性質；(5) 微量元素是否適合；(6) 必需經過堆肥化及腐熟，否則易對作物產生不良影響。有機肥施用時必需於整地時充分與土壤混合始能發揮改良土壤性質之作用，常為一般栽培者所忽略。因此，有機農業之經營亦為綜合管理極重要之一環，然綜合管理之最終理念乃培植高品質之作物，配合作物生長所需適量施用化學肥料實有其必要性，至於其施用原則，則往往需視實際狀況而機動性調整。

為達果樹之永續經營，Integrated Fruit Production(IFP)成為果樹之生產策略。integrated 為綜合性、整合性之意，簡單而言可稱為整合性果樹生產，意指藉由育種、選種、種植、栽培及採收與貯藏技術等方法之配合，以生產高品質之果品，同時達經濟效益之生產量，並降低化學物質之應用。因此，執行 IFP 時宜考量之因素包括健康種苗、合適之種植地點、植物保護、植物營養、輪作及栽培管理等。一、健康種苗：所謂健康種苗，包括未受病毒感染、抗真菌病害之種苗，一般可經由育種而得，當健康種苗無法獲得時，經由生物技術或物理性處理以去除病原為必要之手段，但適合種植地點生長之品種則應為第一優先考量之因素。二、合適之種植地點：選擇合適之種植地點應考量之因素包括土壤、溫度、雨量、光照等均為重要考量因子，至於與市場距離之遠近亦應為考量因子之一；土壤管理之重點為土壤之物理性、化學性及生物性因子之控制，為徹底掌握土壤因子，宜進行土壤分析，以了解土壤之實際狀況，進而進行必要之改良措施及作為施肥之依據，但適時、適量添加有機質肥料為不可或缺之施肥模式。為適當管理水分，則需強化灌溉系統及模式，務使土壤水分符合作物生長所需。三、植物保護：除應符合 IPM 之條件外，切記以採用抗病蟲品種、誘殺及生物防治為主軸，儘量避免使用化學藥劑。四、植物營養：控制肥料乃維持植株健康以獲得高產量之重要方法，然應避免硝酸態肥料之淋洗流失及生理障礙；有機肥料及化學肥料均有其必需性，故宜定期進行葉片及植體分析，作為施肥之依據。五、輪作：輪作可避免線蟲及土壤病害之發生，同時可減少因長期種植同一作物所造成之連作障礙。六、栽培管理：包括之範圍極為廣泛，除需強化田間之管理外，尚需加強採收前之處理，以促使果品進

入顛峰狀況，而採收後之處理、合宜之貯藏環境及最佳之貯藏方法等配合，亦不可忽視。至於機械化之考量，可降低能源增加之壓力，包括降低人力、提升工作效率及減少資源之浪費，但仍以符合經濟原則為依歸。此外，因地制宜，配合不同之栽種環境，尚需考量者包括：設立塑膠網室等設施以改善栽培環境、慎選栽植作物種類、慎選合宜之種植時期、適度之栽植密度、徹底執行清園工作、適當之雜草管理、栽植忌避植物、施用完全腐熟之有機肥料、於傍晚或清晨低溫時採收等。

綜而言之，整合性之作物生產，乃因時、因地、因人制宜之管理模式，為綜合性、漸進性之管理模式，絕非墨守成規、一成不變。當作物栽培過程中之任一因素改變時，其他之管理方法需隨之而變，方可達最高之經濟效益，因此除需保持上述綜合管理所提之相關資料外，逐一記錄所有之田間操作，實有其必要性，若未詳加思考，一味沿用既有之管理模式，則往往無法達成整合性作物管理之最終目的，實際栽培管理者宜深思。

美國植物病理學會自 1991 年開始陸續以“health management”為名，出版有關作物綜合管理之專書，目前已出版小麥、馬鈴薯、花生、及柑橘(Timmer, L. W. and Duncan, L. W., 1999)四種作物，書中提及所需管理之項目包括種植地點、土壤管理、水分管理、品種選別、砧木選別、接穗選別、肥料管理、綜合性之繁殖管理、病害管理、蟲害管理、草害管理、施藥技術及採收後處理等，凡是有利於植株健康者均為管理之考量因素，而在經濟效益層面，甚至包括如何規劃以達最高值，故以「健康管理」實不為過，除已符合 IPM、IFP 之精神外，實與目前農業界積極推廣之 ICM 有異曲同功之效。所謂 ICM，即為 Integrated Crop Management，廣泛而言，作物之綜合管理之最終目的，乃在於生產高品質、高價位之農產品，以獲取最高利益，且達永續經營之境界。

農民教育亦為綜合管理不可忽視的一環，良好之管理體系乃需配合農民之習慣而擬定，同時需極易為農民所接受而樂於應用，方可順利推展，因此除建立良好之綜合管理策略外，同時教育農民，提昇其水準，健全農民對管理及農藥應用之觀念，使二者之落差降至最低，則落實綜合管理之執行，猶如探囊取物。至於消費者之認知及消費習慣亦不可忽視，如何宣導綜合管理之理念及了解化學物質之安全性及必需性，同時改變其 購外觀亮麗而不注重品質之消費習慣，實有助於綜合管理於田間落實。

第二章 肥料之種類、特性與效用

黃裕銘、吳正宗、楊秋忠
國立中興大學土壤環境科學系
臺中市國光路 250 號

一切物料，施用於土壤或植物的葉部，可提供植物營養或改善土壤的物理、化學及生物性質，進而增加植物的產量或改善產品品質者，均通稱為肥料。施用肥料為增作物產量最有效而迅速的方法，然肥料雖可增加生產，若施用不當，則可能造成浪費，甚至毒害，因此施肥前需先認識肥料的種類與性質，方能使肥料發揮最大功效，且不會破壞地力與污染環境。

一、化學肥料

(一) 氮肥

1、特性與種類：

化學氮肥均極易溶於水，故有效性高，施用效果迅速。主要的化學氮肥詳如表 3-1。

表 3-1、主要的氮肥

肥料形態	名稱	化學式	含氮百分化	生理反應
銨態氮 (ammonium fertilizer)	無水氮	NH_3	82	鹼
	氮水	NH_4OH	-	鹼
	氯化銨	NH_4Cl	24.0-26.0	酸
	硫酸銨	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20.0-21.0	酸
硝酸態氮 (nitrate fertilizer)	硝酸鈣	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10.0-15.0	中
	硝酸鉀	KNO_3	13.0	中
	硝酸鈉	NaNO_3	15.0-16.0	鹼
銨硝態氮肥 (ammonium nitrate fertilizer)	硝酸銨	NH_4NO_3	32.0-34.0	中
	硝酸銨鈣	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	20.0-26.0	鹼
	硝硫酸銨	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	25.0-27.0	鹼
有機態氮肥 (amid fertilizer)	尿素	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	42.0-46.0	中
	氰氮化鈣	CaCN_2	18.0-23.0	鹼

(1) 銨態氮肥

a、生理酸性肥料：銨態氮施用後，因銨離子被吸收遺留酸根與硝化作用而產生氫離子，易使土壤酸化。施用 1 公斤的銨態氮(折合 4.8 公斤的硫酸銨或 4.0 公斤的氯化銨)，需要 7.2 公斤的石灰方可中和。

b、土壤膠體吸附強：銨離子帶正電荷，在土壤中為荷負電荷之土壤膠體所吸附，與其他氮肥相較，較不易移動及淋洗損失，一般肥效持續時間較長。

c、硝化作用：銨離子在適當的 pH 值(6.0-8.0)、溫度(30-35 °C)、通氣及水分(田間水量的 50-67%)下，很容易被微生物氧化，而轉變為硝酸態氮。因此，旱田土壤中的氮素大部分以硝酸態氮的形態存在及被植物吸收利用。

d、氮的揮失：銨於鹼性環境中會有氮的揮失，故銨態氮應儘可能避免施用於 pH 值 6.5 以上的土壤，且忌與鹼性肥料混合施用，以免氮素損失。

(2) 硝酸態氮肥

a、吸濕性：硝酸態氮肥料在固態時，具有強烈吸濕性，所以導致肥料的含氮量因含水量不一而有差異，且肥料吸濕後，結成硬塊或潮解成溶液，取用時極為不便。

b、生理鹼性肥料：大量使用時，易使土壤 pH 值變高。尤其是硝酸鈉，因植物大量吸收硝酸根後遺留鈉離子，致土壤排水性質變劣，pH 值升高。

c、土壤膠體吸附弱：硝酸根帶負電荷，不易為土壤膠體所吸附，極易流失，施用時宜少量、多次施用。

d、脫氮作用：由於水田空氣不流通，施用後易轉變成亞硝酸鹽為害作物，或因脫氮作用而損失，故水田不宜施用硝酸態氮肥。

(3) 有機態氮肥(含碳氮肥)

a、氰氨化鈣

(a) 性質：純粹的氰氨化鈣為白色水溶性化合物，然在製造過程中，因生成碳致產品呈黑色，民間稱之為黑肥或烏肥，含氮 18-23%，為生理鹼性肥料，具強吸濕性。

(b) **製造成本高**：製造過程大量消耗電力能源，成本高。

(c) **施用要領**：施用時用需要戴口罩、手套，避免直接接觸及吸入，否則接觸之手腳會有浮腫現象。又施用當日，不可飲酒，否則易醉。

(d) **保存要領**：貯藏期間因吸濕，會有氮素損失及變質為雙氰氨，保存時需加以密封，並放置於乾燥場所。

(e) **土壤吸附弱**：氰氨化鈣易溶於水，不為土壤膠體所吸附，由銨轉變為硝酸之時間較其他氮肥為久，故肥效較長。

(f) **具有抑制發芽及殺草效果**：氰氨化鈣遇水生成氰氨 (H_2CN_2)，氰氨對植物有害，具有抑制發芽及殺草效果。故施用後通常需間隔 1-2 週後方可播植，或施肥位置需遠離種子 3-5 公分，方能避免毒害。

(g) **具防治病蟲害效果**：氰氨化鈣之殺菌效果較溴化甲烷為弱，欲將土壤中或稿稈中殘存之菌體完全殺死實有困難，且用於防除土壤病蟲害，每公頃需用 100 公斤，且不能完全殺菌。施用氰氨化鈣後，微生物短時間內會減少，之後繁殖變旺盛，造成微生物族群不減反增。

(h) **打破休眠**：水田每公頃施用 400-500 公斤氰氨化鈣，可打破野稗休眠，再利用冬天的低溫促使其死亡。馬鈴薯以 15% 氰氨化鈣液浸 5 分鐘，於夏秋可提早 1-2 週萌芽，萌芽數亦增加。葡萄枝條塗抹 20% 氰氨化鈣水溶液，可提早 3 週發芽，提早 15 天收穫。蘆筍於 12 月上旬至下旬每株以 2% 氰氨化鈣液 2 公升灌注，可促進萌芽且整齊。以 5% 氰氨化鈣液浸漬唐菖蒲木子 1 小時，可以促進發芽。

b、尿素

(a) **易溶於水**：未水解的尿素呈中性，土壤並不吸附，對根易引起肥害或流失。

(b) **水解後方可吸收**：微生物可分泌尿素酶，將尿素水解為銨態氮後，方可被作物吸收，故肥效比銨態氮肥、硝酸態氮肥緩數日，通常夏季需 1-3 天，秋季需 6-7 天。而影響水解的因子包括土壤水分、土壤反應、土壤有機物、土壤微生物及土壤溫度，其中以溫度之影響最大。溫度愈高水解愈快。土壤中性時， $10^{\circ}C$ 左右，2-4 日可水解半量，7 日左右幾全部水解； $20^{\circ}C$ 左右，1-2 日內已水解一半，全部水解為銨鹽只需 3-4 日， $30^{\circ}C$ 時，僅 1 日即已大部水解為銨鹽。

(c) **生理中性肥料**：尿素經作物吸收後，無鹽基及強酸根遺留於土壤，對土壤反應無大影響，而且尿素所含之碳酸，在土壤中可溶解多種之可溶性養分，如磷、鉀、鈣等之化合物，有促進養分效率的作用，若以二氧化碳，留散至地面，尚可促進光合作用。

(d) **具吸濕性**：尿素吸濕性隨溫度之升高而增加，30°C時，其吸濕性與硝酸鈉相當，常製成顆粒狀、複鹽或以不吸水的物質覆裏表面等成為緩效性肥料而加以應用。

(4) 控制性氮肥

氮素化學肥料的溶解度大，有效性高且快，有效期通常很短，一次大量施用易造成肥傷，並且受最低溫度的限制(土壤度需達 10°C 以上方能發揮肥效)。因此，不管銨態或硝酸態均需分多次施用，方可達到預期效果。為延長肥料效果、減少施肥的損失、適時提供作物需求、避免濃度障礙、奢侈吸收及改善料物理性狀等，控制性氮肥乃應運而生。

控制性氮肥包括非水溶性氮素(Water insoluble nitrogen)、裹覆緩效氮素(Coated slow release nitrogen)、緩效水溶性氮素(Slowed available water soluble nitrogen)及控制性氮素(Controlled release nitrogen)等四類。若依形態分類，則可分成化學合成、硫素裹覆、聚合物-樹脂裹覆、吸藏(將氣或液體吸留於固態晶體中)、硝化抑制劑及天然的有機物等六大類。其中較常用的控制性氮肥詳列於表 3-2。

a、大顆粒尿素：製成顆粒，使尿素粒徑達 2-15mm，粒狀作用慢，可使肥效較長，減少氮素損失。

b、包裹尿素：在尿素外層包上層半透明或難溶性的膜，控制了養分的釋放，使肥效長久。主要種類為裹硫尿素(Sulfur-coated urea, SCU)，若被覆 16-24%的硫黃，施入土壤後第一週可釋放 20-50%的氮，以後每日約釋放 1%。

c、尿素甲醛(Urea-formaldehyde)：由尿素與甲醛聚合之化合物，含氮 38-42%，其中 30%為常溫下水溶性，其餘 70%為非水溶性，為白色粒，溶解慢，吸濕性低之氮肥。

表 3-2、幾種不同控制性氮肥之氮含量、氮素型態、有效期限及釋放機制

肥料種類	水溶性 緩效水溶性 裹覆緩效性 非水溶性			釋放機制	有效期限
	%				
大顆尿素	46 (100)			水分	
裹硫尿素	12.8 (32)		27.2 (68)	微生物、溫度、水分	
樹脂裹覆尿素			43 (100)	溫度	3-36 個月
聚合物裹覆尿素			42 (100)	溫度	3-36 個月
尿素甲醛	11 (29)		27 (71)	微生物、溫度	3-9 個月
石膏尿素	11.2 (50)	11.5 (50)		水分	
亞異丁基雙尿素	4 (13)		27 (87)	水分	12-16 週
亞甲基尿素	5 (13)	20.5 (51)	14.5 (36)	微生物	

* 不同廠牌因製造處理和貯存過程不同，在含氮量及有效型態上有些許變異。上表僅係其中一例而已。括弧內為不同型態的百分比。

d、石膏尿素：含氮 23%，為尿素取代石膏中的結晶水之化合物，長條狀，易溶與難溶物各半，中性反應，吸濕性低。

e、亞異丁基雙尿素(Isobutyldiene diurea, IBDU)：含氮 20-30%，其釋放速度由肥料顆粒大小與土壤水分含量所決定，利用此一特點，選擇適當大小的顆粒並與其他肥料配合以調節供氮速率和時間，可符合不同作物、土壤的需求。

2、氮肥施用與植物的關係

(1) 氮肥為植物生長所需的大量元素。作物種類與生長期不同，其乾物中含氮量，一般在 2-4% 之間，但豆科作物則高達 7% 者。

(2) 植物氮之含量在生長初期最高，其後隨植齡增加而降低。氮的需求量在生殖、生長前呈一定增加，其後迅速衰退，此現象於結果植物較明顯。

(3) 氮素不足時，老葉先發生黃化。故缺氮時，葉片由下而上漸次黃化枯萎，植株生長不良。

(4) 充分供給氮素，植株生長佳。氮素充分，蛋白質等含氮化合物生成多，葉面積加大，葉綠素含量增加，光合作用增強，促進作物生育。

(5) 施用過量氮肥所引起的問題：氮肥施用過量易導致極多問題產生，包括 a、銨太多時植物易氮中毒；b、發生氨的揮失：在高 pH 值下，銨之濃度亦高時，氨的揮失多；c、植株軟弱，易倒伏抗病性差：氮素吸收過多時，因氮素同化作用需耗能量，導致構成細胞壁之碳水化合物及澱粉因分解而降低，形成纖維素等原料減少，作物組織軟弱，易罹病蟲害，對機械性之傷害抵抗力弱；d、結果性作物則花數減少，花期延後，果實品質降低。氮素過多時，莖葉繁茂，延遲開花或減少開花，果實亦延遲成熟；e、與鉀、鈣、鎂等離子有拮抗作用。銨較多時，養分吸收產生競爭作用，使、鈣與鎂的吸收受到抑制，產生生長障礙；f、植體累積多量硝酸鹽，對人體健康有害。農民普遍施用氮肥以加速蔬菜生長，一旦氮肥過量，又日照不足，則蔬菜所吸收氮肥將以硝酸鹽形累於植體內，若長期食用有危害健康之。硝酸根離子一遇到水中的消化酵素，即轉為亞硝酸，這種化學成分已被醫界證實是致癌物。硝酸鹽亦會阻礙紅血球攜帶氧之功能，以致人體吸收過量會感到疲累、體力下降。目前歐美先進國家，如德國、荷蘭等，已注意到因氮肥施用過量而導致蔬菜含硝酸鹽偏高的問題，並訂定蔬菜果硝酸鹽濃度不得高於 1,500 至 3,000mg/kg，國內則尚未訂定規範。

(二) 磷肥

1、主要種類

(1) 磷礦石粉

磷礦石為主要的磷肥來源，通常存在於火成岩中，為自然存在的磷肥。磷礦石粉普通均為低級磷礦所磨成的細粉，優良的磷礦多作為製造過磷酸鈣的材料。磷礦石粉顆粒愈細肥效愈高。磷礦石粉中所含之磷大部分為非水溶性，較適用於酸性土壤，若施用於鹼性土壤，則效果有限。由於臺灣酸性土壤分布甚廣，尤其酸性紅土，直接施用磷礦石粉，可節省生產過磷酸鈣之加工費用。

(2) 過磷酸鈣與重過磷酸鈣

磷礦石加入不同種之酸性化合物，可產出不同種類的化學磷肥。過磷酸鈣是磷礦石加硫酸後的產品，主要成分為水溶性的磷酸一鈣，含磷酐 14.0-20.0%；重過磷酸鈣為磷礦石加磷酸的產品，主要成分亦為水溶性磷酸

一鈣，含磷酐 43.0-49.0%。磷礦石在處理過程中，多少含有游離硫酸或磷酸，而為酸性化學肥料，但因植物吸收磷酸較鈣為多，而為生理中性肥料。製造不當的過磷酸鈣，含游離酸太多，酸性過強、多濕氣，容易結塊並腐蝕容器。經酸處理的磷礦石，轉變為水溶性磷肥，粉狀施入土中，極易被土壤固定，一般以粒狀代替粉狀為佳。

(3) 熔磷

磷礦石、蛇紋石或橄欖石等含鎂礦物為原料，在電爐內冶熔，經急速冷卻，再經乾燥、磨碎而成。含有磷、鈣、鎂、矽等物質，其磷酐含量在 16.0-23.0% 之間，多屬檸檬酸溶性。

2、特性

(1) 有效性受 pH 值影響極大。磷肥被植物吸收的主要形態為 H_2PO_4^- 與 HPO_4^{2-} ，而 pH 值影響磷存在的形態。

(2) 極易為土壤所固定。磷肥施入土壤後，可溶性磷有小部分進入土壤溶液，大部分則被固定成為不穩定或穩定及不易交換的磷。土壤黏土礦表面，鐵、鋁、鈣及鎂離子、氫化物與氫氧化物及非結晶化合物等，都有固定磷的能力。這些固定現象不外乎吸附及沉澱作用，使施用的磷肥效果降低甚多。土壤固定磷素的大小能力受土壤礦物的種類、黏粒的多寡、酸鹼度、鈣、鎂、鐵、鋁的活性、土壤含水量及有機質含量等有密切關係。尤其是土壤酸鹼度影響最大。

(3) 磷肥為作物吸收之回收率不超過 20%，通常約 10%。

3、增進磷肥肥效的方法

(1) 調節土壤酸鹼度：太酸的土壤鐵、鋁活性高，使磷形成磷酸鐵、磷酸鋁的沉澱，易使磷形成不溶態，而降低磷的有效性，調整土壤的 pH 值為 6.5 時，可促使磷肥之有效性最高。

(2) 接種菌根與溶磷菌：該等微生物可以與作物共生，增加吸收表面積，其分泌物並可溶解礦物而增加有效性。

(3) 施用有機質肥料：有機質肥料分解可直接供應磷肥，產生的有機酸及二氧化碳間接造成磷的溶解。有機質促成土壤微生物族群的繁衍，亦可促進含磷物質的分解。

(4) 水田、旱田輪作：水田中的磷有效性較旱田高，乃因浸水狀

況下，不溶性磷的溶解度因浸水還原狀態而增加，故適度與水田輪作可增加磷肥之有效性。

(5) 正確的施肥方法：磷肥不易在土壤中移動，作物吸收磷肥主要靠擴散作用到根圈而吸收。因此，施用磷肥時若能接近根系條施或深施，縮短擴散距離，當可提高磷肥的效率。

(三) 鉀肥

1、主要種類與特性

鉀肥係將鉀礦石加熱溶解，製成粗鹽，再精製而成，有硫酸鉀、氯化鉀、硝酸鉀、磷酸一鉀、硫酸鉀鎂、碳酸鉀及腐植酸鉀、其中氯化鉀使用最多，也最普遍，硫酸鉀次之。

(1) 氯化鉀

純品為白色結晶，商品化的氯化鉀因含有鐵，常呈紅棕色的外觀，然顏色並不影響肥效，含氧化鉀 60%，為生理酸性肥料，施用時最好與石灰併用。氯化鉀溶解度大，稍具濕性，儲藏時儘量避免與空氣接觸。土壤膠體可以吸附鉀肥，但其吸力較鉍弱，易淋溶，砂質土壤宜分多次施用。

(2) 硫酸鉀

含氧化鉀 50%，白色粉末，物理性佳，不具吸濕性，與其他肥料混合時亦不發生複分解，為生理酸性肥料。在土壤中硫酸根和鈣形成石膏，能使土壤中鈣不致流失，對任何土壤及作物均很適宜，但價格較貴。

(3) 碳酸鉀

為化學鹼性、黃褐色結晶，有吸濕性，含氧化鉀 46%，為生理中性肥料。除可提供鉀為作物所需外，其副成分碳酸在土壤中可溶解鈣、磷等化合物，以提供植物養分，若揮散到地面，可促進植物的光合作用。

(4) 草木灰

植物體經低溫燃燒後，所餘的灰分呈黑色(若高溫燃燒，碳酸鉀與矽酸結合成不溶性矽酸鉀，肥效大為降低，其灰燼呈灰色)，含鉀豐富，其中 90%為碳酸鉀，可為速效性肥料，屬生理鹼性肥料，適用於酸性、黏重及腐植質土，不宜與鉍態氮肥及水溶性磷肥混合施用。一般木灰比草灰、闊葉樹比針葉樹、硬木較軟木含鉀多，氧化鉀之量為 5-25%之間。

(5) 腐植酸鉀

以氫氧化鉀自泥炭或褐煤中抽出腐植酸，或於他種鹼液抽出的腐植酸中添加鉀鹽成為腐植酸鉀。

(6) 矽酸鉀

為市售唯一緩效性鉀肥，乃以煤為燃料的火力發電廠，用集塵器收集之飄塵與氫氧化鉀、氫氧化鎂，造粒後，800-900°C燒製而成。含有檸檬酸溶性氧化鉀 21%，氧化鎂 3.5%，氧化矽 37%。

2、施用時需注意事項

(1) 施肥方法：鉀肥易為土壤組成所固定，因此，條施、點施或深施至根圈附近效果較撒施為佳，但需注意不可與種子或根系太近，以防肥傷。

(2) 選用適當肥料：硫酸鉀可使菸草之耐燃時間較氯化鉀長。根莖類作物施用硫酸鉀使細胞膠質起收縮作用，塊莖含水量減少，澱粉量較施用氯化鉀提高。因此，若用氯化鉀提供鉀肥，應盡可能提早施用，使其在被作物吸收之前，氯離子已隨滲漏水淋洗流失。然而氯可使纖維變粗、韌度提高，故對纖維作物具極佳之肥效。

(3) 勿過量施用：一般鉀肥的溶解度均高，因此過量施用極易造成鈣、鎂等的缺乏。

(四) 次量、微量要素肥料

1、主要之次量要素肥料

(1) 石灰

包括石灰石粉、消石灰、生石灰、白雲石等經磨碎鍛燒後可供施用，可供應作物生長所需的鈣及中和土壤的酸度。常用石灰資材，詳列於表 3-3。石灰資材愈細發揮中和酸度的效果愈好，生石灰和消石灰顆粒甚細，比石灰石粉溶解度大，對提升土壤 pH 值之效果較快，然而生石灰因會吸濕及產生高溫，以致施用上並不方便，所以在農用上不如石灰石粉、苦土石灰和爐渣來得多。

(2) 矽酸爐渣

為 鋼的廢棄物，含有鈣、鎂、矽、磷、硫、鐵及錳等作物生長所需的養分，亦含有鎳、鉻、鈦等重金屬，施用量必需特別注意，以免造成毒害。

表 3-3、常用石灰資材之品質

資材名稱	主要化學成分	鹼度 ¹	酸性中和能力 ²
石灰石粉	CaCO ₃	56	100
消石灰	Ca(OH) ₂	76	136
生石灰	CaO	100	179
苦土石灰	CaMg(CO ₃) ₂	53-59	90-105
石灰爐渣	CaSiO ₃	36-48	65- 85
矽酸爐渣	CaSiO ₃	34-48	60-80
蚶殼粉	CaCO ₃	51	92
蟹殼粉	CaCO ₃	21-26	38- 45

1、鹼度=%CaO+MgO×1.39

2、以石灰石粉之鹼度為 100 時，各種資材鹼度相對值。

(3) 石膏

除可提供鈣肥外，亦可改良底土的酸度，因為石膏中的鈣移動較一般石灰中的鈣快，因此可藉鈣置換底土膠體上的毒性鋁，且石膏中的硫酸根與底土的鋁形成毒性較低的硫酸鋁(AlSO₄⁺)，亦可減輕底土的鋁毒害。

(4) 硫酸鎂

為製鹽副產品的苦汁，冷卻至 10°C 時結晶析出，將其分離、水洗、乾燥後即得、含氧化鎂 11-15%，為生理酸性肥料，對於酸性土壤不宜施用，對於石灰質土壤甚為適宜。

(5) 碳酸鎂

碳酸鎂為苦汁中加入氫氧化鎂或碳酸鈉，使沈澱、分離即得，含氧化鎂 30-40%，呈鹼性。

(6) 苦土石灰

含量在 10% 以上者即稱苦土石灰。主要成分為鈣、鎂的碳酸鹽。國內白雲石灰所含之鹽酸溶性氧化鎂，高達 20% 以上。

2、主要之微量要素肥料

(1) 鐵肥

鐵在土壤中易被固定，在植物體中移動性差。鐵肥殘效不明顯，需年年施用。常用的鐵質肥料有硫酸亞鐵與鉗形鐵。硫酸亞鐵含鐵 19%，

呈淡青綠色，施入旱田中，極易氧化而成黃褐色硫酸鐵，有效性大為降低，但尚可使用，每公頃施用 50-100 公斤；以 0.1-0.2% 溶液葉面施肥時效果較土壤施用為佳。鈦形鐵(EDTA-Fe)含鐵 9-12%，無氧化之虞，易溶於水，可充分供應鐵營養，然單價較貴，土壤施用時每公頃需 30-40 公斤。

(2) 錳肥

常用錳肥有硫酸錳和氯化錳，兩者均為水溶性，氯化錳溶解度稍大於硫酸錳。錳肥施入中性或石灰性土壤中容易成為不溶態，因此，基肥多推薦條施，每公頃施用 200-400 公斤硫酸錳，或以 0.25-0.50% 硫酸錳溶液葉面噴施。鹼性土壤缺錳以葉面施肥效果較佳。錳肥殘效不明顯，需年年施用。

(3) 銅肥

硫酸銅或氯化銅為多種殺菌劑之成分，且銅易為土壤膠體所吸附，淋失量甚微，因此，銅之缺乏甚少發生。依據土壤與植體分析，一旦缺銅每公頃可施用 10-40 公斤硫酸銅矯正之，但施用量需妥善控制，避免造成土壤及作物的污染。

(4) 鋅肥

鹼性土壤中磷與鉀含量較多時、砂質土壤淋洗強，均有引起缺鋅的可能。每公頃施用硫酸鋅 40-80 公斤或氧化鋅 30-50 公斤或葉面噴施 0.25-0.50% 硫酸鋅溶液，均可改善缺鋅症。鋅在土壤中的殘效為 3-5 年，可根據土壤及植體分析決定是否施用。

(5) 鉬肥

鉬之需要量每公頃僅 0.1 公斤，施用時需格外小心，勿使過量。酸性土壤較易缺鉬，施用石灰，已足夠矯正缺鉬現象。常用鉬肥為鉬酸銨或鉬酸鈉。每公頃施用 0.4-0.8 公斤鉬酸鈉或鉬酸銨可矯正缺鉬現象，然由於用量少，應與大量元素混合施用，以避免施用不均勻而造成不良影響。鉬肥不需要每年施用，施用一次可維持數年的殘效。

(6) 硼肥

硼之需要量隨作物不同而變異極大，十字花科、豆科及根莖類作物為水稻的十數倍。通常每公頃蔬菜田施用硼酸 2.5-10 公斤或硼砂 4-15 公斤即已足夠。常溫下硼酸與硼砂均不太容易溶於水，但易溶於熱水。硼肥殘效可維持 3-4 年以上，不可施用過量以防毒害。

二、有機質肥料

(一) 有機質肥料的功效

1、對土壤物理性的改善

有機質肥料對土壤物理性之改善效果包括(1) 增進土壤團粒構造；(2) 增加土壤保水力；(3) 增加土壤通氣性；(4) 調節土壤溫度；(5) 降低土壤總體密度；及(6) 減少土壤流失。

2、對土壤化學性的改善

有機質肥料對土壤化學性的改善效果包括：(1) 提高土壤的陽子交換容量；(2) 增加土壤儲存營養分的能力；(3) 具有較大的緩衝能力，使得土壤不致因外來的化學肥料而使 pH 值、EC 值呈巨大的變化。

3、對土壤微生物的影響

有機質肥料可提供土壤微生物所需之養分，進而分解有機物而釋放出作物所需的無機營養；而有益菌增加時可制衡有害菌，使土壤傳播性病害發生減少。

(二) 有機質肥料的品質

有機質肥料為一完全肥料，能提供作物生長所需的全部要素，只要酌量補充氮、磷、鉀，則微量元素幾乎能完全充分供應，化學肥料則無此優點，而必須逐元素的加以補充。有機質肥料具低密度及高飽水力之特點，能疏鬆土壤及增強水分保持能力，可惜有機質肥料質輕運輸成本昂貴，其有效成分含量亦低。以供應養分為目的時，營養成分供應量必需相當大，且釋放養分的速度必需迅速。若以土壤改良為目的，則需具備有長效性的特徵，且需具備 定性高的特性。此外尚需考慮，是否含病原菌、不含有毒物質、不易發臭味、肥料近於中性，以及適宜的碳氮比(約為 25)。

(三) 主要有機質肥料

1、廐肥

各種動物的排泄屬之。廐肥含較多的鹽類及氮素，未經醱酵之尿水若新鮮使用，易發生肥傷或氮素過多的結果；豬、雞糞含有高量的銅、鋅，長期大量施用易導致重金屬毒害，因此，廐肥宜與禾草稈殘體混合堆肥化使用較為適當。

2、禾草稈殘體

作物殘體可做廐肥、堆肥或留在田間充當有機肥，雖然作物殘體所含養分不高，但主要可改善土壤物理構造，分解時產生大量有機酸，對土壤營養分之有效性有增進的效果，尤其對微量元素之供應有其重要性。將作物之殘體堆積，可降低碳氮比，提高氮、磷、鉀之濃度及殺死病原菌，腐熟的堆肥可提高土壤品質。

3、禽畜糞

禽畜糞便成分含量差異頗大，其碳氮比與腐熟後堆肥相近，可直接施用而不致危害作物。禽畜糞通常與高碳氮比之植物殘體混合堆積形成堆肥，既可改善土壤物理、化學及生物性質，亦可提供物適當養分。

4、海鳥糞

由海鳥之排泄物及死鳥體、羽毛、魚屑、海草及泥沙等組合而成。於熱帶乾旱大陸沿岸之島上發現頗多，直接開採可為肥料用。雨量少之地區，排泄物醱酵慢，可溶性銨鹽損失少，故含氮量高，秘魯產之商品其含量氮(N) 11-16%、磷酐(P_2O_5) 8-12%及氧化鉀(K_2O) 2-3%。降雨量多氣溫高地區，醱酵旺盛，銨鹽流失多，有機質分解消失快，含氮 4-6%、磷酐 20-25%。許多海鳥糞不屬有機質肥料而歸類於磷礦石粉。

5、魚肥

不能食用之整魚或加工魚品之殘餘物，在陽光下曬乾，磨製成粉即得。其成分氮素較多，磷次之，鉀最少，為鹼性肥料。

6、骨粉

將動物骨骼依碎骨、脫脂、乾燥、研磨及過篩等程序而製成之肥料。有蒸製骨粉及浸出骨粉兩種，前者將生骨在高壓下(2-4 氣壓)蒸，除去脂肪；後者以苯或苯類藥品脫脂。骨粉富含磷、鈣，而鉀較少，骨粉含氮(N) 4.1%、磷酐(P_2O_5) 21.7%及氧化鈣(CaO) 27.8%。

7、油粕類肥料

含油豐富之種子經壓榨提油後，其殘渣稱油粕，可供家禽及魚類的飼料或以有機質肥料直接施用於農地。油粕類肥料主要種類有大豆粕、花生粕及菜種油粕等二十餘種。榨油愈完全，含肥分比率愈高，分解亦迅速。油粕類肥料富含氮而缺磷、鉀，宜與過磷酸鈣、草木灰混合施用，草木灰不僅供給鉀素，還可促進油分分解，並中和分解時所產生的有機酸。本類肥料與任何肥

料配合，品質均不受影響。油粕類肥料之共同特色是單價、低碳氮、在土壤中分解迅速，肥效為有機肥料中較快者，其氮肥肥效幾乎可與化學肥料相近，且亦可提供其他微量元素。油粕類在土壤中的分解需靠微生物的參與，所以寒冷季節油粕類分解變慢，宜當基肥使用。高溫季節油粕類分解迅速，可作追肥使用。

8、商品化堆肥

主要原料包含稻草、稻殼、蔗渣、玉米稈、太空包、樹皮、菸稈、豆科作物及一切農業廢棄物等較高碳氮比之植物殘體，混合少量動物排泄物或化學肥料，在適宜含水量(通常為 60%，一般以手握之而有水滴從指間溢出為判斷標準)下，配合適度翻堆，經微生物分解一段時間而成，其碳氮比在 25 左右，含水量 35% 以下。若堆肥之施用目的在於迅速供給養分，則其碳氮比應降至 17 左右，若主要目的在於改善土壤物理性，則碳氮比為 30 即可。

多用堆肥補充土壤有機質，有益於提高地力與農作物品質，但堆肥的品質必需一定，有機質含量高，銅、鋅等有害成分少，且售價需合理化。

三、複合肥料

複合肥料傳統上只有無機態肥料，若肥料含三要素中之二種成分以上，且合計量在 15%(固體)或 10%(液體)以上者稱複合肥料，簡單而言，肥料中含有三要素中之兩種或三種者，均稱為複合肥料，最理想之複合肥料，其陰陽離子皆為三要素，此外，除含氮、磷、鉀三要素外，並可因應作物或土壤的需要，變更製造方式，控制各種成分含量的配方；更可依實際需要，使肥料成分具有速效性或緩效性，必要時並可加入微量元素。由於複合肥料成分均勻，同時具有作物所需的不同養分，施用省工、容易，肥效顯著，其種類和數量均日益增加中，根據臺灣農業年報 1996 年的資料顯示，複合肥料佔全部肥料用量的 42%。目前我國複合肥料生產，係針對適合各種作物而製造，生產複合肥料最多之廠家為臺灣肥料公司，已生產四十多種，其中臺肥 1 號、2 號、4 號、5 號、39 號、43 號較為常用。

複合肥料若依製作方法可分為三大類，分別為一般複和肥料、配合肥料及化成肥料；若依形態分類，則可分為傳統固態複合肥料、易溶複合肥料、易溶微量元素、液態複合肥料及有機複合肥料。

(一) 複合肥料之施用原則

1、養分比率

(1) 養分吸收比率

我國從周朝禮記中就已提出在不同地區種植不同作物時需用不同的動物糞便以肥田。由於不同動物之營養需求不同，所食用之物料亦不同，故糞便中所含植物需要之養分含量亦有所不同。更早的夏朝亦已經建立由不同的土地徵收不同的稅率，均說明現今之許多科學理論，其實在古時候的中國人就已經應用到日常生活層面，而現今之科學研究只是將其數據化，使執行時更為明確而已。

1976 年西方學者 Broecker 提出，深海中氮和磷的原子數比為 15：1，經換算成肥料的表示法，氮(N)：磷酐(P₂O₅)為 3：1 左右，由此一比率成分供養海生動植物，而再供養陸生動植物，因此陸生動植物之氮：磷酐比亦在 3：1 左右，表 3-4 列舉十種作物之養分吸收比率。

表 3-4、一般作養分吸收量比

作物	吸收比率		
	氮(N)	磷酐(P ₂ O ₅)	氧化鉀(K ₂ O)
小麥	2.7	1	1.3
棉花	2.9	1	2.4
小米	3.0	1	2.4
高麗菜	3.0	1	4.0
扁豆	3.7	1	2.4
碗豆	4.6	1	2.7
菸草	5.4	1	9.0
蕪菁	2.5	1	4.5
胡蘿蔔	1.8	1	4.2

表中可見以磷酐為 1 時，氮的相對量在 1.8~5.4 間，氧化鉀(K₂O)的量在 1.3~9.0 間。由此可知，對一陌生的植物進行營養管理時，其養分需要量在第一次施用時之推測原則為：(1) 尋找文獻資料：文獻中若已出現此植物之相關資料，則加以引用，並依實際環境及栽培介質之差異而調整；(2) 應用同科、屬植物的文獻資料並加以調整；(3) 應用 Broecker 的數據，氮(N)：磷酐(P₂O₅)：

氧化鉀(K₂O)約為 3:1:3，再觀察種植後之植株生長狀況，配合植體及土壤的養分分析進行綜合分析，求出其相關性，如此種植一季後，即可經由其養分吸收需求量、養分回收率或吸收率而換算，以估計肥料中養分含量比率。

(2) 肥料中養分比率

肥料中養分比率之設定，首先需考慮各養分之回收率(吸收率)。回收率一般指施肥後作物吸收的養分總量減掉未施肥處理作物吸收的養分量，除以施肥量而得。例如種植甘藍每公頃施用氮肥 500 公斤，收穫時其植株養分吸收總量是每公頃 350 公斤氮。未施肥者每公頃吸收 110 公斤氮，則該田種高麗菜的氮素回收率為數 $(350-110)\div 500\times 100\%=48\%$ 。一般作物對養分的回收率受許多因子的影響：

a、土壤肥力：土壤肥力高者，在施肥情況下，其土壤自然養分供應量較多，計算時扣除量較高，故養分回收率較低，反之亦然。

b、肥料用量：肥料用量越高養分回收率越低，尤其用量超過作物養分需求時，回收率之降低更為明顯。

c、土壤特性：質地較差之土壤，養分保持力低，養分流失量較多，養分回收率因而亦較低，若土壤 pH 值偏酸或偏鹼時，土壤對磷的固定性高，致使磷的回收率亦偏低。

d、氣候：氣溫太低或太高時，植物均生長不良，對養分吸收能力亦不良，因而回收率降低。雨量太多時造成肥料流失更多而降低回收率。太乾旱而無適當灌溉時亦因養分移動性低及肥效低，而降低養分回收率。

e、管理：管理對養分回收率的影響最大，肥料是否分次施用、採用撒施、條施或噴施皆左右作物養分能否適時供應作物吸收而決定植株之生長勢，進而影響其產量及養分回收率。

2、混合後之化學反應

部份肥料由於化學性質不同，不可混合製成複合肥料。銨態氮肥料若和鹼性肥料混合，則可能形成氨氣揮失而降低成分，為防止氨氣揮失，則包裝材料之選擇亦較貴，更可能污染環境及傷害植物；如液態複合肥料中若含磷酸銨，則不能加入硝酸鈣，以避免產生磷酸鈣沈澱而影響肥效。

此外，養分成份之選擇亦為不可忽視之重點，其中包括成分之價格及鹽性。鹽性問題詳見其他相關章節之說明，至於價格，則為極重要之考量因子。

目前臺灣肥料價格在農業生產成本上所佔比率不高，但若在整體經濟考量下，能降低成本為提高收益之最基本要件之一，因此選擇施用氮肥時，除考量氮含量外，若能兼有其他成分，則於價格及成分上均為上策。含鉀肥成分之肥料，亦可以類似之方法計算而選擇適用者。磷肥則比較複雜，因為不同化學形態之磷肥，其有效性差異大，在相同磷含量下，肥效表現差異大，因此較不易評估肥效之高低。

(二) 依製作過程分類

1、一般複合肥料

(1) 磷酸一銨($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)與磷酸二銨($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)

磷酸通氣而成。磷酸一銨與磷酸二銨之氮、磷、鉀主要含量分別為 11-48-0 與 18-46-0。養分濃度高含雜質及其他副成分少，不吸溼結塊，長期施用亦不會造成土壤物理性的劣化和有毒質的污染。

(2) 硝酸鉀(KNO_3)

硝石的主要成分，工業上以硝酸與氯化鉀反應生成。易溶於水，為速效性肥料。氮、磷、鉀成分含量 13-0-39。

(3) 磷酸一鉀(KH_2PO_4)

白色粉末，吸溼性小，物理性狀好，易溶於水，價格高，目前多配製為 0.1-0.2% 溶液用於葉面施肥，與配成 0.2% 溶液用於浸種。

2、配合肥料

純粹以機械的方法合成者稱為配合肥料，又稱混合肥料。配合肥料乃依據作物需求及土壤性質，訂定混合之原料與比例，由工廠調配，或由農民自行混合。因僅純粹的物理性混合而已，故配合肥料之性質，與原來各單一肥料之性質無異。

3、化成肥料

以無機肥料為原料，經化學反應製造而成的複和稱為化成肥料。化成肥料多為粒狀，不易固結，施用方便，所含水溶性成分暫不溶於水，流失少，硝化作用慢，肥效較長。

(1) 硫銨系化成肥料

磷礦石粉經酸化為過磷酸鈣後，再加入硫酸銨及氯化鉀而成，為化學及生理酸性肥料，其氮、磷、鉀成分為 8-8-5。

(2) 硝銨系化成肥料

磷礦石粉以硝酸酸化後，再加硫酸銨成泥狀，造粒、乾燥而成，有時亦加入鉀肥，為生理酸性肥料，吸濕性大。因含硝酸態氮，不適用於水田，在旱作，其效果優於硫酸銨。其氮、磷、鉀成分有 20-8-0 及 17-7-5 兩種。

(3) 磷酸系化成肥料

磷酸與硫酸的混合液加入鉀鹽後，銨化、造粒而成，為生理弱酸性肥料。所含銨易為土壤吸收，其氮、磷、鉀成分有 16-20-0 及 14-12-4 兩種。

(4) 尿素系化成肥料

過磷酸鈣、尿素與鉀肥混合銨化而成，有時亦加入硫酸銨混合之。使用於煙草者，其氮、磷、鉀成分為 9-10-6。

(5) 氰氨化鈣系化成肥料

過磷酸鈣、氰氨化鈣與鉀肥混勻，並加入中和氰氨化鈣所需之硫酸或磷酸後，銨化造粒而成。

(三) 依形態分類

1、傳統固態複合肥料

如臺灣肥料公司之諸多產品，台肥 5 號氮-磷鉀-氧化鉀=16-8-12，台肥 43 號成分氮-磷鉀-氧化鉀-氧化鎂=15-15-15-4。以養分效率的觀點，複合肥料標示成分相同下，若不同廠牌出品肥料肥效有所不同時，其主要原因可能因其養分釋放速率和副成分及添加劑不同所致。在了解施肥原理後，將現有市售單質肥料加以混合即可製造更符合作物養分需求之複合肥料。市售複合肥料很難完全適合各種作物及不同生長期所須要之比率。例如一般磷肥的溶解度低，造成在土壤中之移動性低，因此建議大部份磷肥(80-100%)於基肥時施入土壤。若將複合肥料當追肥施用於土壤表面時，往往於收成時，尚可見大量肥料仍留在原處，此乃因複合肥料中的磷肥溶解度低，在地表上缺乏充分的水分可以持續將其溶解，並帶入土壤中以供應作物吸收，由此可見溶解性低之肥料不宜施在土壤表面。大部份氮及鉀肥成分之溶解度均相當大，在土壤中之移動性相對比磷肥高很多，因此應該大部分已經溶入土壤。氮及鉀肥因為溶解性較高、移動性高，亦較容易流失，故若以基肥施用時，比率宜較低，因此 75%氮及鉀肥之用量均以追肥使用為宜。一般

施用複合肥料為基肥時，必須選擇高磷及低氮、鉀肥之複合肥料，然臺肥之固態複合肥料中並無高磷低氮及鉀肥，而只有低氮而高磷、鉀者，如臺肥 36 號複肥(7-21-21)。台肥 39 號之養分含量為 12-18-12，其磷酐含量雖然高過氮及鉀含量，但是比率只有 2:3:2，以經濟栽培及配合養分合理管理而言，若只施用此一複合肥料作為基肥，且其施用量達足夠磷之用量時，則鉀及氮在基肥之施用量已過高，不僅形成浪費而且加速土壤之劣化，如鹽基可能抑制作物種子之發芽或成活率降低，因此有必要發展基肥用複合肥料而其三要素養分比為 1:4:1 或 1:5:1 之肥料。在無已開發產品下，最佳之處理方式為自行以單質肥料混合調配。

(1) 混合製作複合肥料

a、計算肥料成份比

複合肥料之成份比需先設定必要之氮:磷酐:氧化鉀比值，再依各單質肥料含量(%)計算出各單質肥料之重量比，如此最簡便且較不會發生錯誤。例如要調配比率為 1:5:1 的複合肥料，而單質肥料分別為尿素、過磷酸鈣及氯化鉀，其養分含量各為 46%、18%及 60%。若以重量比，尿素:過磷酸鈣:氯化鉀為 2.17:15.8:1.67，其氮:磷酐:氧化鉀之含量等於 3.2:15.8:3.2。若混合後加 2%的填充劑以降低結塊(caking)作用之發生，則最後養分比為 3.1:15.5:3.1。

追肥若只用氮及鉀肥，由於此二種肥份之化學肥料之化合物溶解度相對較高，因此其計算方法亦可應用於易溶固態複合肥料或液態複合肥料之調配方法。例如假設預配製氮:氧化鉀=1:1 之複合肥料，而且其氮比率為 50% 尿素氮，25% 銨態氮，25% 硝酸氮，而鉀肥 50% 採用氯化鉀，50% 採用硫酸鉀，故尿素氮:銨態氮:硝酸氮:氯化鉀:硫酸鉀=0.5:0.25:0.25:0.5:0.5，因為銨態氮和硝酸態氮用量相等，所以可直接用硝酸銨，因此尿素:硝酸銨:氯化鉀:硫酸鉀之重量比為 1.09:1.49:0.833:1.0。混合物後之複合肥料中氮及氧化鉀含量皆為 22.75，且其中的氮 50% 為尿素氮，硝酸態及銨態氮各 25%。施用此種配方不僅施入土壤後同時有三種氮素可供作物吸收，同時可經由硫酸鉀提供硫之要素，若作為追肥使用時，對許多大型花卉、十字花科及有辣味作物均可發揮良好之肥效。此配方可以固態直接施用於土壤，亦可作為液肥再施用。

b、混合過程

- (a) 將所需之單質肥料備妥、粉碎、過篩，以利混合。
- (b) 將單質肥料一一加入並充分混合，混合時可採用翻堆法(shoveling)或混泥土機之機械圓鼓(rotary drum)混合
- (c) 靜置使混合物反應熟化(mature 或 cure)穩定
- (d) 加入避免結塊之物料，如砂、骨粉、木屑(wood dust)、蓖麻粉(mustard meal)、菜子粉(rape dust)等。
- (e) 分裝：重量法自動分裝機械分裝。

(2) 製作複合肥料所需注意之問題

a、混合後之化學反應易造成肥料性質之破壞、肥料成份之損失，故相忌之肥料應避免混合，如銨態氮加石灰(lime)或鉀銨硝石(nitrochalk)等鹼性材質時易造成氮肥以氣態揮失，硝酸態氮和酸性之過磷鈣混合亦可能造成硝酸揮失。

b、吸濕(hygroscopicity)

部份化合物混合後增加吸濕現象，或本身具吸濕作用造成其他成分易溶解，如氯和鈣形成氯化鈣，硝酸根和鈣形成硝酸鈣時皆有極強之吸濕現象，常造成運輸及使用上的困難。

c、再結晶作用(recrystallization)

化學物質(肥料)混合後，有時會因化學反應產生再結晶作用變成難溶鹽類而降低肥效，如將石灰和磷酸鈣或磷酸等混合時往往造成磷酸鈣沈澱，降低磷的肥效。

d、結塊作用(caking)

化學反應或局部化學反應或吸濕水所溶解之成份再乾燥時，往往使原來混合肥料單粒結團粒(aggregation)或塊狀(conglomeration)現象造成施用時的困難。

(3) 避免結塊作用

a、利用添加物以降低結塊之產生，如砂或骨粉等。目前研究指出加 1% 碳酸鎂結塊率可降低 50%，含 0.05% 海藻酸鈉鹽之物質，加入 1% 用量時可降低 54% 結塊率，2% 尿素甲醛樹脂(urea formaldehyde resin)可降低

69%，而 3%的可可粉(cocoa meal<85 μ m)，可降低 81.3%。

b、將混合物製成粒狀後，外面噴裹覆物質或抗吸濕物。

c、控制水分，水分降低可避免結塊發生。

2、易溶複合肥料

易溶複合肥料，顧名思意是容易溶解的肥料，易溶固體肥料混合過程比傳統固體複合肥料更為嚴格，主要的差別在於磷酸鹽的選擇。在傳統肥料中可用過磷酸鈣，然而過磷酸鈣及重磷之溶解度相當低，約每 100 毫升水中只溶 1.8 公克，因此製作易溶複合肥料時，所有磷成份必需採用高成分、高溶解度之磷酸一銨、磷酸二銨、磷一鉀或磷酸二鉀。混合時需考慮肥料之酸鹼性以避免混合時不良反應。肥料成份同前之計算法計算，調配後必須取樣品溶於水(樣品:水=1:200)測其溶液之 pH 值，其溶解後之 pH 值以介於 4-6 之間為宜，太酸或太鹼時需變動其混合成份。雖然氯化鉀的溶解度遠高於硫酸鉀，在顧及硫成份或顧及作物可能對氯敏感時，部份鉀肥仍需以硫酸鉀取代。若土壤或介質之 pH 值不高，則氮肥之使用形態主要取決於作物之需求。多量、次量要素之比率則可參考作物養分濃度資料而定。

3、易溶微量元素

微量元素的使用目前可說相當普遍。微量元素調配時需注意鐵和錳，乃因此兩者均可能氧化而轉變成難溶的三價鐵或四價錳。避免其氧化可用螯合物形態，然而螯合物價格較貴。當採用硫酸鹽或氯化鹽時，為避免氧化作用發生而降低品質，可用真空包裝以隔除氧氣。若在微量元素肥料中加入一定比率的鎂則相當有效。臺灣及其他熱帶、亞熱帶國家中許多酸性土壤普遍缺鎂，因此補充其他微量元素時，同時補充鎂有其絕對必要性。

4、液態複合肥料

環境有所改變時，作物生長立即受影響，養分需求隨之改變，但是固體肥料之製作技術很難達到多變化之目的，一旦施入土壤後甚難再改變，釋出之養分亦可能不適用於作物當時之需求。液體複合肥料則容易隨時調整以適合作物之需求。施肥方式亦可隨時改變，依作物反應及環境狀況採用葉面施肥、地面噴施、滴或溝灌等。

配製液態複合肥料時，首先需考慮肥料成分之溶解度，在未了解肥料溶解之情況下，很難調配出所需要之養分濃度。

(1) 養分調配原則

a、避免化學作用造成養分之揮失或沉澱。

b、原液 pH 值要調整於 2-4 之間，太高時用磷酸或硝酸調整，太低則用氧化鉀或氨水調整，對鈉及氯不敏感甚至需要之作物，則可用氫氧化鈉及鹽酸調整原液之 pH 值。

c、養分比率：三要素比率之計算原則同固態複合肥料計算原則，需考慮植物養分需求量及養分回收率，而液肥之肥效較高，因此磷肥比率可比固態液低 20-30。其餘養分肥效估算可相同。

d、原液配方中養分為二價陽離子態者盡可能和磷肥分開，以提高磷之濃度。因此基本植物需要量極低及陰離子態之微量要素如鉬及硼可加入三要素配方中，其他鈣、鎂、銅、鋅、錳、鐵等盡可能分開調配。

e、養液中若含硝酸態氮，則原液之 pH 值盡量不低於 3.5，而且要避免日照。

f、視特殊目的，原液中可加入有機酸或胺基酸，以供作物需要及降低原液之沉澱現象發生。

g、避免鐵及錳之氧化，可考慮應用螯合物形態。

(2) 調配液態複合肥料配方之計算方法

a、溶液比重法

一般上市液肥成分表示為重量法，因此每一配方製品需測定其比重。一般高濃度養分原液之比重近於 1.2。假設欲配一氮：磷：鉀為 8:4:8 之液肥，每公升需氮 96 克，磷 48 克，氧化鉀亦為 96 克。換算成尿素為 208.7 公克，磷酸二氫鉀為 90.6 公克，氯化鉀為 108.7 公克。用去離子水溶解後確定成份及溶液比重等參數，並調整後可量產。

b、重量比法

先應用易溶複合肥料計算法求得相對重量，混合後溶解於去離子水，然後調酸鹼質。

5、有機複合肥料

目前依據田間永續管理策略，每期作物每公頃之有機肥施用量應為 5,000-10,000 公斤，因純有機堆肥中養分不足，作為基肥施用時，需再添加

化學肥料，有機複合肥料應運而生。施用有機複合肥料，不僅可免除農民需購買有機肥及化學肥料之麻煩，同時可避免二者之配合比率無從計算之缺點。有機複合肥料之主要目的除改良土壤性質外，最重要為提供及保持作物主要微量元素，降低磷肥之固定作用，進而促進農業廢棄物之有效利用，降低環境污染等功能。

因此，有機複合肥料所添加之化學肥料量，氮肥以不超過 1%，全氮量以 2.5% 左右為宜；磷肥之添加量以不超過 1.5%，全磷含量以 2.5% 左右為宜；至於鉀含量，若有機肥料中含有多量高纖維廢棄物，一般其鉀含量均已足夠，不需額外添加化學肥料。由於有機肥中之鉀成份幾乎多為有效性鉀，因此有機肥料中鉀含量以不高於 2.0% 為原則。

有機複合肥料於調整其成份前需進行成分分析，包括 pH 值、EC 值、全氮、無機氮、全磷、全鉀及全微量元素含量。部份重金屬含量較高之農業資材則需調整植物養分需求範圍，絕對不可過高，否則一旦於土壤中累積太高時，反成為重金屬污染地，嚴重影響該土地之永續經營。加入化學氮肥之有機肥料必需控制水份，使低於微生物可活動之範圍，尤以添加尿素態氮者更需嚴格管控水分含量。至於肥料之 pH 值更需調整至 7.0 以下，方不致發生氮揮失現象。

有機複合肥料亦可調整為抑病有機肥料，如添加石灰。有機複合肥料則不適合添加磷肥，否則易產生磷酸鈣沉澱而失去磷肥之功效。pH 值高之有機複合肥料亦會造成微量元素之肥效下降，故使用時需特別注意。

四、綠肥

直接以新鮮狀態施用於土壤作為肥料或改善土壤理化性質之綠色植物，均稱為綠肥。凡碳氮比不高(通常小於 25)之綠色植物體均可作為綠肥用。綠肥作物以豆科田菁、苕子、太陽麻、紫雲英、魯冰(羽扇豆)、山珠豆、埃及三葉草、虎爪豆、大類及非豆科植物油、蕎麥、大菜最為常見，相關資料詳見表 3-5。

綠肥作物大部分屬於豆科植物，與根瘤菌共生，能固定空氣中之氮素。豆科植物生長迅速，栽培容易，能於短期內獲得高生草收量，植體含氮量較非豆科植物高。其莖葉多柔軟，拌入土壤中分解容易，且葉片較大，地表覆蓋性良好，除可食用外亦可作為飼料用。一般豆科植物屬深根性，能利用土壤深層養分，有利養分循環應用，種植普遍。

非豆科綠肥作物無固定氮能力，種植時需視作物之生育情形酌施化學肥料。因植體含氮量低，故栽培本類作物主要在於增進土壤之有機質及特殊目的需要。例如十字花科綠肥花期長，為良好之農業景觀及蜜源植物，雲林地區之養蜂業者為收集花粉產業需要，而於冬季廣植油菜。

表 3-5、綠肥作物的生草量及成分

綠肥種類	生草產量 公噸/公頃	氮	磷酐	氧化鉀
		鮮重(%)		
紫雲英	10-34	0.48	0.18	0.24
大豆類	春作 10-25 夏作 30	0.70	0.13	0.73
埃及三葉草	30	0.43	0.09	0.42
羽扇豆	15-20 茶園間作 10	0.50	0.11	0.25
苕子	30-50	0.48	-	-
太陽麻	20-30	0.37	0.08	0.14
虎爪豆	30	0.18	0.12	0.40
田菁	25-35	0.47	0.12	0.42
蕎麥	春作 6-8 秋作 13-17	0.40	0.48	0.32
大菜	7.7-15	0.27	0.09	0.56
油菜	20-35	0.21	0.02	0.28

五、植物生長輔助劑

(一) 泥炭

泥炭是古代生物長期沉積轉化的產物，在土壤中分解甚為緩慢，對長期性土壤有機質的增加之最有效的資材，可惜單價太高及開採量有限，盆栽使用較多，田間大量施用並不普及。泥炭是一種惰性物質，在儲運過程中不會發生變化，同一貨源的泥炭，品質相當穩定，並且無病源污染。泥炭含水量高，飽水力強，但是一旦泥炭乾燥後，很難再行吸水潤濕，因此不宜用來種植耐旱植物。

(二) 腐植酸

腐植酸能溶於鹼液，但不能溶於酸液，據此，商品化腐植酸多以鹼液自泥炭或堆肥中抽出，以液態形態販售，或再乾燥成固態產品；亦有液態再以酸液使沉澱而得純化之腐植酸。腐植酸是一種酚類或芳香族雜環與脞類、氨基酸和脂肪酸聚合而成的有機物，其表面富含氧基，能與金屬及非金屬物質發生作用，鉗合、吸附或固定營養元素使養分不易流失。此外，腐植酸可抗微生物之分解使其在土壤中保存較久，可供長效的有機質肥料應用。

(三) 氨基酸

由動植組織蛋白質水解形成的低分子量氨基酸所組成，或再將植物所需營養元素鉗嵌進氨基與羧基而成。產品通常以液態型態存在，施用時配製成水溶以葉面噴灑較多。

六、微生物肥料

臺灣位亞熱帶-熱帶地區，農業生產密集，土壤有機質分解甚快。近年來常見問題土壤的發生，引起問題的原因主要為連作、或過分與不當使用農用化學物質，導致土壤物理性、化學性及生物性發生變化，導致土壤生態不平衡，而併發土壤病蟲害及產品品質不良等後果。

土壤中原已存在種類甚多之微生物，包括細菌、放線菌、真菌、藻類、原生動物等，在自然生態環境中，各種微生物各有其功能，各發揮其所長。但以不同觀點而言，土壤中之微生物有助於作物生長者稱為有益微生物，可開發利用作為微生物肥料；若可能為害作物生長者則為有害微生物，亦即所謂之病菌。微生物肥料的種類甚多，依功能可區分為：固氮、增進溶解無效性營養、增進營養吸收、增進植物耐抗性、保護根系等之菌類。菌類可為單一功能，或是多功能之菌種，例如某一固氮菌可以為固氮、溶磷及促進根系生長功能。

(一) 微生物肥料之重要性

必需施用微生物肥料之主因包括：

1、農用化學物質之大量使用

現代農業栽培管理上，為了增產及改善生產品質，使用大量農藥及化學肥料，長期使用後，有益微生物之生長受抑制而減少，進而影響生態而造成不平衡現象，必要時應正視此一問題而適量添加微生物肥料，以維持土壤中菌類之平衡，進而增進地力。

2、土壤受到污染

環境的污染，可能來自水污染或空氣污染，致使土壤變酸或增加污染物，長期的污染下，首當其衝之土壤微生物亦受到相當程度的影響。

3、栽培系統的改變

水田及早作輪流栽培方式為臺灣常見的輪作系統，由於二者之微生物相不同，其代謝作用亦不同，好氣菌與嫌氣菌之比例亦不同，因為環境改變而影響微生物的活動，對土壤質地及病害防治均有一定程度之助益。近年來稻米生產過，水稻田多轉作為旱作，在人為有意或無意之操作下，土壤微生物之生態相因長期累積而有相當程度的改變，此亦為連作障礙發生之主因，因此現代栽培環境下，對原本生長的土壤微生物亦必需加以重視、管理。

4、增加有益微生物的優勢

根圈或土壤中的不同有益微生物對土壤之效益差異極大，若能適度添加優良菌類，將可在根圈及土壤中佔優勢，而增進土壤肥力及生產力、協助植物吸收營養及抓地力、增加植物抗病及抗旱能力、減少環境污染等功效。

(二) 微生物肥料之種類

微生物肥料之產品主要是包括細菌、放線菌、真菌、藍綠藻等微生物，一般可見單一或多類混合的微生物肥料。單一菌類微生物肥料一般亦多為複合多株同類菌株的產品。

1、固定氮素微生物

植物無法直接利用氮氣(N_2)，而氮氣在空氣中約佔 80%，需經由固氮菌轉化成氮化合物，方可為植物吸收，此作用稱為「固氮作用」。固氮菌的種類可區分為細菌、放線菌及藍綠藻類，其共同特徵為此類微生物均為無細胞核之微生物。固氮菌與作物關係上可區分為共生性、非共生性及協同性固氮菌。共生性固氮菌與植物(如豆科、赤楊)形成瘤狀或固氮體，如根瘤菌、放線菌、共生藍綠藻類；非共生固氮菌則為土壤或水田中的游離固氮微生物，如固氮螺旋藻及光合固氮細菌類；協同性固氮菌為存在於植物根圈附近，利用植物之根分泌物生活而固氮，其固氮效率一般較非共生固氮菌為高，如螺旋狀固氮菌與禾本科植物之協同性關係為最明顯。

2、菌根菌

菌根菌為與植物根部共生之真菌，主要包括內生、外生及內外生三大類，三者之作用不同，當作物的根部與菌根菌發生共生後，外生菌伸入根皮層，但不進入細胞，常在根的外部形成瘤狀或掌狀物，與林木共生者為最多；內生菌根菌則伸入根皮層及細胞內；內外生菌根菌則於細胞內外皆有。一般農田作物以內生菌根菌為最多，尤其以囊狀體一叢枝體內生菌根菌最普遍受到重視。

3、溶磷菌

溶磷菌乃泛指能溶解土壤中不易溶解的無機或有機磷化物的微生物。近年來農業施用大量化學磷肥，然而磷肥中有效性磷非常容易與土壤中的正離子(鈣、鐵、鋁、鎂等)結合，形成不易溶性的磷化合物，如磷酸鈣、磷酸鐵、磷酸鋁等，加上磷的流失小，因此磷雖在農田中累積，但作物並不易利用。若能利用溶磷微生物，則土壤中磷肥可有效應用於農作物。

不同溶磷能力及能溶解物質的範圍差異其大，部份菌類可溶解「鈣結合磷」，但不能溶解「鐵結合磷」；部份菌種則可溶解多樣的不易溶解的磷化物。常見的溶磷菌包括細菌及真菌，如 *Pseudomonas*，*Bacillus*，*Thiobacillus*，*Penicillium*，*Aspergillus* 屬等。

4、根圈有益微生物

根圈有益微生物乃指生長於根圈周圍，並能促進根系或植物生長者，例如可分泌或轉化植物賀爾蒙或促進劑而促進根系生長、增加營養吸收者。至於可抑制病原菌生長之微生物，因其功能與肥料功能有差別，則不宜以「微生物肥料」稱之。

5、分解菌

分解菌乃指可分解土壤有機物質、農藥或有機肥料的菌類，此類菌類常與有機質混合應用，增加土壤中有機質的礦質化作用，而釋出營養分。分解菌的種類甚多，作用的範圍甚廣，從大分子的有機質分解成小分子之有機或無機物(如銨、二氧化碳等)，甚至包括除惡臭物的分解作用及解毒作用。但會分解土壤有益物質之分解菌則不宜加入土中。

6、有機聚合物的產生菌

土壤中有許多小分子之有機物(如酚類、胺基類、醣類等)，可被

此類微生物聚合成大分子的有機物(如腐植酸、黃酸、黑色素等)，此類聚合有機物對土壤的理化性質貢獻甚大，如增進土壤團粒作用，功效不可忽視。

(三) 微生物肥料使用方法

微生物肥料的使用非常方便，無論整地與否，或苗圃之播種方法及管理，均與原來慣用方法相同，應用的要領為將種子、根部或小苗直接與接種劑充分接觸，達到接種微生物的目標，可視需要而配合，甚為簡便。依接種劑的型態，主要可分為液劑及固劑二種。使用液體菌液時，若施用於幼苗，可採用浸苗法及噴苗法；應用於種子時，可於播種前浸入噴濕法、播種覆土前噴濕法或於種植後直接灌入土壤等方法。固體菌體施用時，將固態生物肥料先置入穴中或條行中再種植幼苗，使幼苗根部能與生物肥料接觸；亦可進行種子處理，將種子包覆或施用於土壤中直接於其上放置種子後覆土，此外亦可採用混合法，將種子與菌類以一定比例混合後播種。

(四) 微生物肥料之施用要領

任何肥料欲發揮最大功效，需注意土壤及作物條件的配合，微生物肥料也不例外。

1、合宜之土壤酸鹼值

土壤太酸(小於 pH 5)或太鹼(pH 7.8)均會影響各種營養的吸收及有效性，微生物肥料肥效之發揮亦將受到限制。強酸性土壤，可先施用石灰質材(如苦土石灰、蚶殼粉、矽酸爐渣、白雲石粉等)中和；強鹼性土壤，可施用酸性質材(硫磺粉或酸旌泥炭)中和。

2、配合微生物繁殖所需之場所或資材

微生物肥料是活菌，施入土壤後需要繁殖、生存，其中最佳之生存環境為根，因此，直接施用於根上之效果最佳，若於微生物肥料稀釋液中添加少量腐植酸、糖蜜或營養，將有助微生物的繁殖及生存。

3、配合作物之需求

各種作物在不同生長期中對不同微生物肥料的需求需配合，微生物肥料之接種愈早愈好，以苗期接種最為有效，若多年生果樹則在生長期施用增進氮氣及磷功能之菌種，中果期則施用增進磷功能之菌種。

4、微生物料之品質需求

微生物肥料為一活菌，因此，接種劑的品質要求為菌數要維持一定含量以上，菌的活性要高，需可適應土壤環境及雜菌量少等條件。

(五) 微生物肥料之保存方法及注意事項

1、接種劑貯藏於蔭涼或冷藏室(5°C以下)為佳，菌種是活的生物，有一定之保存期限，當活的菌種降低時，效果將減少。

2、避免與有毒害之農藥混合施用，必要時於播種覆土後再行施用農藥。

3、使用固氮接種劑時，不可與氮肥混合使用，但磷鉀肥仍需於整地時作為基肥施用，如需施用氮肥，可當為追肥，少量施用，施用溶磷菌或菌根菌，但不可加入多量磷酸鈣。

4、接種劑與種子拌種時，應將多餘的水倒出，避免浸泡種子，否則可能影響種子之發芽率及發芽勢。

5、種子與接種劑混合後需立即播種，且避免土壤乾燥。

第三章 合理化施肥

楊秋忠

國立中興大學土壤環境科學系

臺中市國光路 250 號

因長期以來肥料價格低廉，加以農村勞力不足，工資價昂，為節省施肥工資，農友往往多量少次及表面施肥，造成肥料效率降低，浪費情形時有所聞，導致單位面積之施肥量偏高，以 1933 年為例，平均每公頃之三要素施用總量為 505 公斤，遠較日本之 407 公斤為高，同時長期大量施用化學肥料，造成土壤理化性質劣化，為維護農田地力及生態環境，確有積極推動合理化施肥之必要。

合理施肥應包括適當之肥料施用量、施肥之位置及時期、肥料種類之選擇等。尤其以各種要素之供應量而言，以測定土壤之養分含量及各種肥料試驗相關資料來推薦要素用量及施肥方法。因肥料在各種生產資材中，影響作物生長量和產量最大，其合理施用亦關係生態環境之維護，故如何依照作物需要，進行適量、適時及適法之施肥，為當前土壤肥料施用上需急迫解決之問題。平衡的施用化學肥料亦甚為重要，作物吸收土壤的正離子營養元素(如鉀、鈉、鎂、鈣及部分微量元素)間有一定比例，例如施用鉀肥可增加葉中鉀的含量，但往往減少其他正離子的含量，若土壤中輕微缺鎂時，施以大量鉀肥，則誘導作物產生缺鎂之症狀，此為「離子對抗作用」，因此元素吸收之競爭及平衡施肥的觀念乃肥料使用上不可或缺之觀念。

施用化學肥料的原則，不外乎依據作物需要，選用適合的肥料種類，並適時、適量、適法及於適當位置施用，如缺乏適當之施肥要領，則易引起不良效應，例如長期施用硫胺及未後熟之劣質過磷酸鈣，均易造成土壤酸化。又如果樹不宜施用過多氮肥，否則易造成枝條徒長、不開花或落花、落果之現象。過分或不當之施用化學肥料，不但直接影響作物生產及品質，更間接影響人體之健康，故不可不慎。為達合理化施肥之目標，充分了解作物、土壤及肥料之特性而後進行肥培管理，方可事半功倍。

一、作物之特性及肥料需要量

植物生長所需營養要素雖有十六種之多，但植物之生長係受最缺少之要

素所限制，如不補充此類要素，即使其他要素之供應量極為充足，亦無法發揮促進植物生長之效果，此現象稱為「**最少養分律**」，故施肥時首先應判斷土壤中何種要素最為缺乏，而針對此要素為施肥重點，方能獲得最佳效果。

當土壤中缺少某種要素而施肥時，植物生長量雖隨著施肥量之增加而增加，單位施肥量所能增產之作物收穫量卻隨著施肥量之增加而漸減，此現象稱為「**報酬漸減律**」，故施肥量增加至某一程度後產量不再增加，甚至出現減產現象。收穫物之品質與施肥量亦有類似關係。施肥費用乃隨著施肥量比例而增加，故作物生理上可獲最高產量之施肥量未必為最經濟之施肥量。施肥量增加時對環境亦可能帶來不同程度之不良影響，故經濟的施肥量尚須考量生態保護。

由於果樹為多年生作物，由幼苗期、成年期及以至老化期，期間所需之年數及維持生產力等，與氣候、作物品種、土壤環境、栽培管理及病蟲害防治均有極密切之關係，健康而強勢之幼年期為果樹奠定往後生產力之基礎，主要乃因有良好的根系及樹冠，方能吸收較多的土壤養分及儲存較多的有機合成營養，而提供生產的能力；每年在季節變化中週而復始的吸收、合成、蓄勢及生產。而果樹依落葉性類型可分為落葉性及常綠性二大類，施肥管理重點及要領均不完全相同，甚或品種間對肥料之吸收、利用能力亦不盡相同，所以施肥前應先充分瞭解，方能合理施肥。落葉果樹包括有李、梅、桃、梨、蘋果、葡萄、柿、栗等，在落葉期間對營養的吸收達到最低期，產期調節及全株強剪時亦有相同之情況；常綠果樹則有柑桔、香蕉、荔枝、龍眼、枇杷、番石榴、蓮霧、芒果、木瓜、楊桃、番荔枝、鳳梨、印度棗等，因不落葉，生長及營養吸收受季節影響，因此，其施肥要領不同於落葉果樹。

為達果樹合理化施肥，依果樹生長及生理的特性，需考慮之條件包括：1、果樹別：落葉性或常綠性；2、株齡：生長年齡之大小；3、開花特性：枝條成熟性及結果部佔之特性；4、生長特性：生長勢及徒長程度；5、營養吸收力：根系之分佈及吸收能力；6、季節性：氣候因子；7、土壤因子：土壤特性及灌溉；8、田間管理：整枝及修剪程度；及9、產期調節：改變生產之時期。

二、土壤性質

由於不同地區之土壤、氣候、作物品種及栽培管理均有差異，因此施肥之最高技術在於調整及利用最少量的肥料，而達到最高之生產量及優良品質。施肥為現代農業增產及改善農產品質不可或缺的方法，為了平衡及大量充分供

應作物所需之營養成分，施肥時除需配合作物需求外，同時需配合土壤性質。相同且等量的肥料施入不同地區的土壤後，供應養分的能力會有差異，因為不同的土壤對不同肥料的吸附、固定及保肥能力都或多或少有差別，因此改善土壤物理性、化學性及生物性，對肥料養分的利用率均會直接或間接的提高。施用於土壤中的肥料若無法迅速被植物吸收、利用，則無法全部為植物所吸收，因此，土壤的特性在施肥的效果上扮演著相當重要的角色。土壤可將肥料成分吸附、保存，甚至轉化，再逐漸供應植物吸收，然而肥料於土壤中卻常發生肥力降低的現象，常見者包括下列七種現象：1、因結合作用而呈不易溶解物：以磷、鈣及微量元素等為多；2、肥料的流失：以氮及鉀為最多；3、肥料被轉化、揮散：以氮之脫氮作用最為嚴重；4、肥料被大量的生物固定、吸收：以氮及微量元素最明顯；5、土壤水分不足或太多：使肥料不易吸收或使作物根系受傷害；6、不當的使用肥料：混合不當而轉變為不易被吸收之形態；7、作物的根系產生吸收障礙：作物受土壤環境壓力或病蟲危害，致使肥料效力降低。為了減少肥料的損失及浪費，必須增進施肥的效果以便高農業投資報酬率，以最少的施肥量達到最高生產量及品質，乃增進地力之目標。

三、肥料之特性及施用方法

合理化施肥，除對作物及土壤特性認識外，尚需詳細了解肥料的種類，包括無機肥料、有機質肥料及生物肥料，同時需了解發揮不同肥料優點、施用方法及最佳配方；而降低各種肥料中之施用量及損失，亦為重要策略之一。

(一) 施肥位置

施肥的效應因施肥位置及時期而出現極大的差異。各種要素養分在土壤中之行動及作物營養之功能有所不同，故各種作物所需不同要素之施肥方法(施肥位置、時期)亦有所不同。要素在土壤中之流動及擴散，以氮最快速，鉀其次，磷最不易移動。土壤質地黏重時，因孔隙小及吸附力強，所以肥料之移動較在砂質土壤為慢，故肥料在黏質土壤之肥效較緩，流失較少，肥害亦少。反之肥料在砂質土壤之效果較快速，流失較多，肥害亦多。故氮、鉀肥應分次施用，若以基肥施用，用量在砂質土壤應少於黏質土壤，施肥位置應較後者遠離種子，同時追肥次數亦應增加。

(二) 肥料在土壤中的轉化與施肥方法上之因應

化學肥料之氮肥有銨態、硝酸態、氰胺態及尿素態等；銨態氮和硝酸態氮施用於土壤中立即釋出銨(NH_4^+)和硝酸(NO_3^-)，而被作物根吸收、利用。銨在土壤中亦會依序被亞硝酸菌和硝酸菌轉化為硝酸。土壤溶液之酸鹼度轉高(呈中鹼性)時銨會轉化為氨氣而揮散損失，而硝酸則除了其本身極易流失外，在土壤缺氧(還元)狀態下亦易被嫌氣性微生物作用而脫氮，以氣態氮(N_2 、 N_2O)揮發、流失。至於氰胺態氮則於施入土壤後依序轉化為氰胺和尿素等形態，而尿素態氮則經土壤中尿素分解酵素作用後迅速轉變為銨，被作物吸收利用(圖3-1)。銨態氮肥如施用於土壤表面極易揮散流失(在鹼性土壤尤其嚴重)，故應以條施後充分覆蓋土壤為宜(旱田)，或以深施為宜(水田)。在水田中之深施或全層施用，尚可防止銨態氮轉變硝酸態氮後脫氮損失。硝酸態氮不可於浸水土壤中施用，以免脫氮損失；在旱田施用時，應注意分施以免流失。

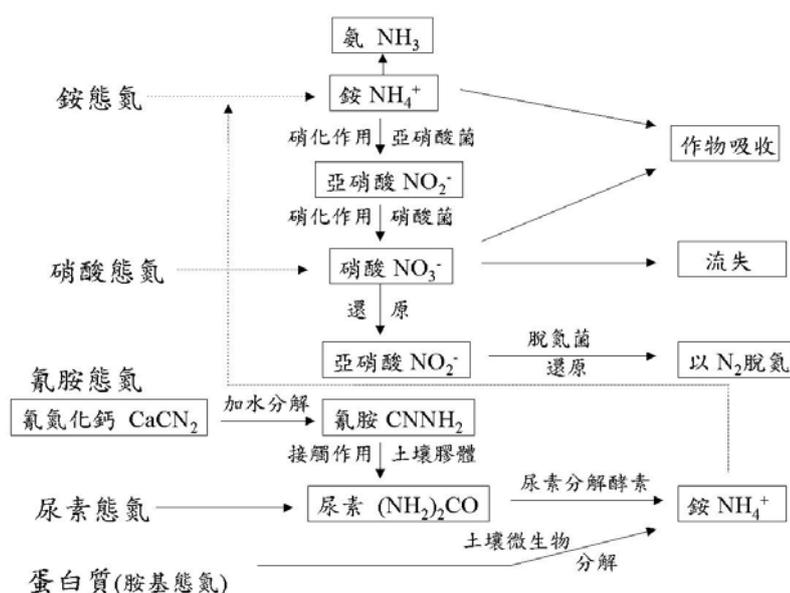


圖3-1、氮肥在土壤中之轉化過程

化學磷肥之過磷酸鈣以含磷酸二氫鈣($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)為主，溶於水中即可釋出磷酸(H_2PO_4^-)，為作物吸收利用，而熔製磷肥所含磷素之形態則為非水溶性，需經作物根分泌之弱酸或土壤溶液中之碳酸作用始可溶出，以為作物吸收利用。然其所溶出之磷酸(H_2PO_4^-)極易與土壤中之鐵、鋁結合成為不溶性之磷酸鐵或磷酸鋁，俗稱為磷的土壤固定，故磷在土壤中之移動性極低，流失亦少

(圖 3-2)，因此更需要注重施肥位置，以利作物根部吸收、利用。一般言之，磷肥應以全量或一次多量作為基肥施用。因磷肥在旱田中特別容易被土壤固定而不易移動，故施在土壤表面之磷肥不易被根部吸收；即使撒施後拌入土中，亦難於早期被利用，故磷肥應以條施方式施入適當位置。在水田中磷亦不易移動，當追肥施用而未混入土中之磷肥效果不佳，但在砂質水田或還原性強之排水不良田，磷肥仍可溶解而向下移入，此時若磷肥之分次施用，肥效優於全量作基肥施用者。

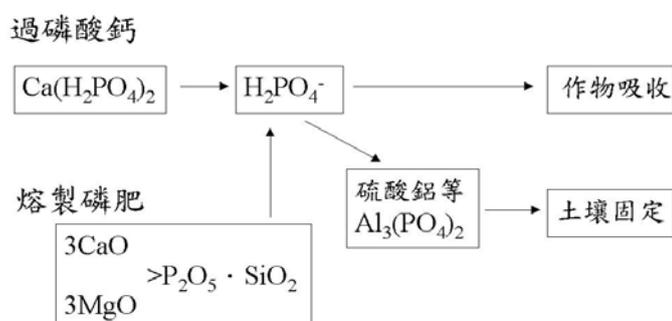


圖3-2、磷肥在土壤中之轉化過程

有機質肥料所含氮主要係以胺基態(NH₂⁺)存在於蛋白質中，蛋白質無法被作物吸收利用，需經微生物分解釋出銨(NH₄⁺)方可為作物所利用，即俗稱之「礦化作用」。碳氮比(C/N)低之有機質含蛋白質量高，於微生物分解時易釋出氮，反之，碳氮比高之有機質含纖維素或木質素高於所含蛋白質，於分解時微生物反而需從土壤攝取銨，故其氮之釋出較慢，甚至於分解之初期會呈現短暫之銨缺乏現象，致使作物缺氮，故施用有機質肥料時應注意其碳氮比及其氮含量，以預估其氮釋出之快慢和量，而達到合理化施肥之目的。

有機質肥料所含之磷主要存在於核蛋白中，亦需經微生物分解始能釋出，以為作物吸收、利用。至於有機質中之鉀，則極大部分為水溶性，只需水分即可溶出，以為作物吸收、利用。

(三) 施肥時期

施肥時期之要點在於施用時恰為作物需肥時期，除可減少損失，同時可供作物適時利用，故追肥施用時期適當與否，對於肥料的經濟效益與肥效，均有極大影響。運用施肥時期尚可調節作物營養生長與生殖生長，以達提高收穫指數或收穫物品質之功效；控制施肥時期，在果樹可適當調節花芽和枝條之分化和成長，在水稻方面則可提高穀稈比，防止倒伏。

四、合理化施肥之要領

(一) 適合作物需求及特性

不同的作物對肥料的利用及反應有差異，不同品種間亦有差別，為達合理化施肥的效果，需配合作物之需求，以達到增產或提高品質，但有時施用太多肥料反而造成浪費，因此「有限度」施肥的觀念需要建立。

1、瞭解作物品種特性

任一品種一般均有其合理之施肥推薦量及施肥方法，充分瞭解作物品種之特性後再栽培、施肥，方能事半功倍，否則易發生肥害。

2、配合作物生長期或株齡

作物在季節變化中，營養生長及生殖結果所需之營養不同。一般多年生果樹，樹勢大小決定施肥量，樹勢弱的植株施用過量化學肥料時，不僅肥效差而且可能造成肥傷，此時應補充緩效的有機質及生物性肥料配合化學肥料，亦可定期以葉面施肥補充肥料。

3、配合其他作物管理

施肥效果常因病蟲害發生而減低，消除病蟲害發生，亦為提高肥效不可忽略之方法。

(二) 減少肥料流失及揮散

1、施肥後覆土或深施：因深施對深根性的作物最有效，在人力許可下將肥料施入土中效果最佳，尤以果園，更為明顯。

2、避免在雨量大或雨勢大期間大量表面施肥。

3、草生栽培：果園中除果樹作物外，表土均有草生覆蓋。表面而言，草生會吸收、競爭部分肥料，但對長期多年生之作物則甚有助益，尤其坡地或山地果園更需要草生栽培。草生栽培之草種需經選擇，以匍伏性之矮性草、且在冬季時生長不良者為佳。草可割下覆在土壤表面，除增加有機質來源外，對可減少肥料及表土之流失，為長期的水土保持，對果園甚為重要。草生栽培不

僅在保土、保肥上有助益，保水亦有助益，此外草生可使土壤疏鬆，雨水易深入土層，實為一舉數得之效果。

4、增加土壤有機層：土壤有機層的保肥力及保水力甚高，化學肥料施入土壤後，土壤對化學肥料的保存能力與所含的土壤有機質及質地有密切關係，土壤有機質愈多，保肥力也愈好。砂質土壤質地粗、通氣好，對有機質分解加快，因此一般砂質土的有機質含量少，加上淋洗流失大，施肥以少量多次為佳。

5、減少氮揮散作用：鹼性較高的農用質材不宜與尿素及氮態肥料混合或直接接觸，否則易引起氮揮散，雖然地表的植生也能回收部份的氮氣，但空曠的地表則氮揮散加大。

6、使用粗粒型肥料，減少雨水帶走流失。

(三) 注意土壤酸鹼度

肥料施入土壤後，土壤酸鹼值常影響肥料的有效性，無論大量營養元素或微量元素都受土壤酸鹼性的影響。例如磷素在太酸(pH 值 6.0 以下)或太鹼(pH 值 7.5 以上)時，有效性皆會降低，肥效不佳，作物難以吸收利用。土壤酸鹼度之管理要領簡述於下。

1、施用中和劑

酸性土壤施用石灰鹼性質材(如農用石灰、苦土石灰、白雲石粉、蚶殼粉等)，鹼性土壤施用酸性材質(如硫磺粉、稀硫酸等)，施用量則需依土壤酸度判定。中和土壤可採用漸進方式，每年逐次中和。施用中和劑時，不應與化學肥料混合使用，否則將嚴重降低肥料的有效性，但可配合有機肥料之應用。使用中和劑為改善肥效之治本對策，但中和劑不可過量使用，以免土由酸變鹼或由鹼變酸。

2、施用有機質肥料

在鹼性土壤或酸性土壤中施用有機肥，均有助各種營養元素的有效性，而增加肥效。

3、以葉面施肥緊急補充營養

土壤酸鹼性未能及時改善時，葉面噴施肥料可暫時補救肥效之不足，但非治本之方法，仍需以改善土壤酸鹼度為要。葉面施肥對短期生產作物營養緊急補充甚為有效，常用以補充微量元素及氮供應之急需或缺乏，但不可

過量，方可達生產高品質之最高目標。

五、提高施肥技術

欲提高肥效，下列要領不可忽視：

(一) 進行土壤診斷及植體分析

瞭解耕作土壤之性質為首要工作，至少需了解土壤酸鹼度，進而瞭解土壤物理性、化學性及生物性等，植體分析在問題土壤中為重要指標，參考診斷結果施肥，將有助施肥之效果，盲目施肥可能對作物及土壤造成雙重的傷害。

(二) 瞭解肥料之性質及功效

任一需要元素缺乏時，均可引起其他元素之肥效降低，因此施肥時需有整體概念，充分了解作物需要之營養元素及需要量，方能相互配合而達相輔相成之效果。例如缺乏微量元素，作物代謝不良，此時若施用大量其他元素，則無補於事。

(三) 注意肥料混合及貯運

為防止肥料潮濕及結塊作用，各種酸鹼性不同的肥料避免混合後存放，肥料混合後宜儘快使用，以免影響肥效。搬運、貯藏過程亦應避免日曬、雨淋及於高溫、高濕環境下存放。

(四) 適當施用有機質肥料

施用有機質之功效甚多，其中增進營養元素之肥效功不可。土壤供應營養元素受土壤有機質影響，而有機質中之腐植酸可改善土壤理化性質外，亦具促進根系及微生物生長之功效。

(五) 配合有益微生物肥料

施用有益微生物可促進根系養分、提高養分之有效性、保護根系及促進根系生長之功效等，為合理化施肥法之方法之一。

(六) 其他土壤管理及施肥技術

除改善土壤之物理及化學性質外，如覆蓋、灌溉排水等，均有助於肥效發揮。水分提供營養吸收的效能，並促進營養元素在土壤中移動及擴散作用，而提供根部充分的養分，因此充分供應水分對肥效亦甚為重要。

第四章 施肥與土壤鹽分累積

林浩潭

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23324738

E-mail: htlin@tactri.gov.tw

施肥可供給作物養份，提高作物之品質與產量，但施肥須適時(配合作物生長期)、適量(作物可吸收量)、適用(不同作物所需之肥料種類與量不同)方可達到提高作物品質與產量之目的。無論化學肥料或有機肥料，施入土壤中經分解後，轉變為作物所需的營養鹽，而此類營養鹽多以離子狀態存在，亦即肥料一旦施入土壤，最終會溶於土壤水(又稱土壤溶液)中而以離子狀態存在，離子不論是陽性或陰性皆會吸附水成水合化合物而產生滲透壓並和植物根部競爭水分，其作用可用鹽度指標(salt index)表示，亦可換算成單位養分下的相對鹽度指標(relative salinity)。

一般常藉助電導度計測定土壤飽和抽出液電導度(EC)值表示溶液中鹽度之高低，可溶性鹽類濃度愈低，則測得的電導度愈小，表 4-1 詳列各種肥料的養分成分，總養分分量(total nutrients)及相對鹽度指標。鹽度指標之參考值是以硝酸鈉施入土壤 5 天後，土壤溶液的滲透壓訂為 100，相對鹽度指標是以單位養分量之鹽度和硝酸鈉單位養分鹽度(100)之相對比值。由表 4-1 顯示，一般總養分含量高者，尤其是化學成分中陰陽離子均為養分成分者，其相對鹽度指標較低，含磷化合物因為磷的溶解度低，所以也低。硝酸銨和硝酸鉀的鹽度指標高於硝酸鈉者，然而其相對鹽度指標卻不到硝酸鈉的一半。氨水含氮量高達 82%，因此相對鹽度指標不到 10。重磷(triple superphosphate)因為溶解度相當低，而使相對鹽度指標亦低於 10。氧化鎂和碳酸鈣之施用對鹽度增加的情況最輕微。

作物自土壤吸收水分主要靠植物體與土壤水分間之滲透壓，作物體中濃度較土壤溶液高時，作物自土壤吸收水分；反之，則水分自作物流向土壤。施肥過量，土壤因所含水溶性鹽類過高，且作物無法完全吸收多餘之營養鹽，造

成土壤中過多之營養鹽無法除去，則形成土壤鹽份累積。土壤鹽份累積達到某種程度時，產生高滲透壓，作物根部無法吸收水分，對作物生長產生影響，此現象稱為鹽害。因施肥過量而引起鹽害之現象常被發現於果樹、蔬菜和花卉生產專業區及設施園藝，主要乃因生產專業區因產品利潤較高或農民為獲取較高之產量，往往施用過量肥料，導致土壤鹽分容易累積；設施園藝如溫室或網室蔬菜花卉，栽植區因有設施之阻隔成為一封閉系統，土壤中多餘之營養鹽無法因下雨而除去，故易引起鹽分累積。在地勢較低且排水不良地區，土壤較易累積鹽分，當乾旱時土壤水分揮發後，土壤中鹽分濃度增高，亦會引起鹽害。此外，家庭廢水、工業廢水及養殖廢水中含有高量鹽類，灌溉水如受到上述廢水污染，亦會發生鹽害(灌溉水之水質標準中電導度為 0.75 mmhos/cm，如高於此一數值，土壤可能發生鹽害)。海水中含高濃度鹽分，沿海地勢低窪之農田亦可能因海水倒灌而發生鹽害。

表 4-1、肥料對土壤鹽度之影響

肥料種類	英文名稱	%主成分	鹽度指標 salt*index	總養分 total nutrients	相對鹽度指標 relative salinity
硝酸鈉	Sodium nitrate	16.5 N	100.0	16.5	100.0
硝酸銨	Ammonium nitrate	35 N	104.7	35.0	49.4
硫酸銨	Ammonium sulphate	21 N	69.0	21.0	53.7
銨水	Ammonia solution	82 N	47.1	82.0	9.4
硝酸鈣	Calcium nitrate	11.9 N,17 Ca	52.5	28.8	30.1
尿素	Urea	46 N	75.4	46.0	26.7
磷酸二銨	Diammonium phosphate	21 N,23 P	34.2	44.0	12.7
磷酸一銨	Monoammonium phosphate	12 N,27 P	29.9	39.0	12.7
過磷酸鈣	Superphosphate(single)	7.8 P	7.8	7.8	16.5
重磷	Superphosphate(triple)	19.6 P	10.1	19.6	8.5
氯化鉀	Potassium chloride	49.8 K	116.3	49.8	38.5
硝酸鉀	Potassium nitrate	13 N,38 K	73.6	51.0	23.6
硫酸鉀	Potassium sulphate	45 K	46.1	45.0	17.0
鉀鹽鎂礬	Kanit	14.5 K	109.4	14.5	124.5
碳酸鈣	Calcium carbonate	40 Ca	4.7	40.0	1.9
硫酸鈣	Calcium sulphate	23 Ca	8.1	23.0	5.8
氧化鎂	Magnesium oxide	60 Mg	1.7	60.0	0.5
硫酸鎂 (Kieserite)	Magnesium sulphate	16Mg	44.0	16.0	44.5
苦土石灰	Dolomite	24 Ca,12 Mg	0.8	36.0	0.4

一般以電導度判斷土壤鹽害，土壤鹽害等級詳見表 4-2。當土壤飽和溶液之電導度達 4 mmhos/cm 以上時，除少數耐鹽作物外，大多數作物多可能受到鹽害，而生長及產量均會受影響而降低。對鹽分敏感的作物僅可忍受電導度 (EC) 小於 4 mmhos/cm，如玉米、扁豆、唐蒼蒲、百合等，在 2 mmhos/cm 或更低時即受影響。中敏感度作物可忍受 EC 小於 8 mmhos/cm，而極度不敏感作物可忍受 EC 值至 16 mmhos/cm。不同植物之耐鹽性不同，其耐鹽等級如表 4-3 所示。

表 4-2、土壤鹽害等級

鹽害等級	鹽含量(%)	電導度 (EC) (mmhos/cm)	說明
無	< 0.1	< 2	鹽害不會發生
輕微	0.1 - 0.15	2 - 4	非常敏感作物或幼苗生育受限
中等	0.15 - 0.35	4 - 8	大部份作物生育受限
高度	0.35 - 0.65	8 - 16	只適合耐鹽作物生長
極度	> 0.65	> 16	只有極端耐鹽作物生長

表 4-3、植物之耐鹽等級

耐鹽等級	作物
極耐鹽 (>16mmhos/cm)	大麥、甜菜、油菜、棉花、椰棗、百慕達草
高耐鹽 (10 - 12 mhos/cm)	高粱、玉米、燕麥、稻、向日葵、蘆筍、菠菜、甘藍、洋蔥、蕃茄、蘇丹草
中耐鹽 (4 - 8 mmhos/cm)	橄欖、葡萄、甜瓜
低耐鹽 (2-4 mmhos/cm)	梨、蘋果、桃、杏、梅、柑橘、胡瓜、蘿蔔、草莓、綠豆、芹菜

當 1 公升水加入 2.92 公克氯化鈉的狀況下，其 EC 值為 4 mmhos/cm。一般土壤田間容水量約含 25%~30% 的水。如果換算成每公頃含水量約 50 萬公斤重。假設所有鹽分皆來自氯化鈉，則每公頃施 1,460 公斤鹽時，土壤水溶液之 EC 值即可達 4 mmhos/cm，而影響大部份作物的生長。至於敏感性作物則只要一半量，甚至四分之一量的鹽就會影響其產量。因此施肥時雖施用相同成

分時，不僅需儘可能選擇價格便宜的產品，同時亦需顧及鹽分問題而將副成分的影響計入，尤其在設施內種植高經濟作物時更需考量此因子。

鹽害對土壤及作物之影響

土壤鹽分濃度過高時，當土壤乾燥後，其表面會出現白色或結晶狀鹽斑，尤其是施肥過量及缺乏自然淋洗作用之設施栽培中最為常見，此現象亦可作為判斷鹽害之依據。此外，土壤中鹽分過高，亦可影響土壤中交換性陽離子之變動、土壤之物理性及酸鹼度，影響肥料之有效性，間接影響作物之生長。不同質地土壤，雖含鹽種類與百分比相同，鹽害程度並不一定相同，質地愈粗之土壤，其耐鹽害程度愈低，因此如含鹽種類與百分比相同，砂土之鹽害會大於粘土。

一、對土壤性質之影響

(一) 磷、鉀和大部分微量元素的有效性降低：鹽害土壤通常伴隨著高酸鹼(pH)值及高鈣(Ca)或高鈉(Na)問題，造成植物所需的磷、鉀及大部份微量元素的有效性降低，因而影響作物的生長及降低作物的品質。

(二) 鹽害土壤通常含過多的鈉離子，並成為土壤膠體上的優勢陽離子，促使土壤物理性變差。主要乃因鈉可破壞土壤團粒結構、土粒分散的特性，因而減少土壤中孔隙的空間，因此在乾旱季節可見土壤表面有結皮現象，而在雨水多時則呈泥濘狀態，且伴隨有排水不良的徵狀，除不利於耕作外，土壤的通氣性和透水性均較差，極度不利於作物生長。

(三) 灌溉水、地下水或土壤孔隙中游離水所含的鹽分愈高，其所產生的滲透壓也愈高。若土壤水分之滲透壓高於植物根毛之滲透壓，則水分從土壤進入植物根系的量將減少。換言之，除不利於植物根系的水分吸收作用外，甚至植物體內的水分易滲入土壤中，植物會出現缺水及凋萎症狀。

二、鹽害之症狀

(一) 高濃度、短時間鹽害引起種子無法發芽，低濃度、長時間鹽害會引起發芽不良，根腐敗、變黑、下葉枯萎。

(二) 作物矮小且生長緩慢

(二) 全園植株生長不整齊

(三) 植株易出現缺水、萎凋症狀

(四) 葉形變小，且葉色較正常者更為暗藍綠色

(五) 木本植物易出現嚴重葉緣及葉尖焦枯現象，此可能為氯或硼之毒害造成。

(六) 根系生長不良，根尖附近甚至出現類似長膿現象。

(七) 作物無法結實

(八) 干擾作物之生理作用

鹽害土壤之改良對策

土壤鹽害之改良原則有四：(1) 降低地下水位；(2) 改良土壤剖面透水性；(3) 增加水分的移入；(4) 阻絕鹽分的來源。簡而言之，鹽害土壤之改良除了避免外來鹽分的移入外，洗鹽為鹽害土壤改良之首要工作。洗鹽(desalinization)即利用足量之高品質水源，將鹽分淋洗至根系可生長範圍之下層，並應用排水設施將其排除。

一、改善土壤排水狀況

鹽害土壤往往因過多鈉離子存在而使土壤團粒構造破壞，因而阻礙了水分往下移動，再加上土面蒸發量大，致使鹽分逐漸上昇而累積於表土。降低地下水位及改善排水狀況可減少土面蒸散及鹽分聚積現象。若質地不均勻的土層或耕犁、硬盤、粘盤等離地面四、五十公分內，則可利用深耕機予以破壞，但若深達六十公分以下，則必需仰賴挖土機加以翻挖，但並非所有土層問題均可用翻土方法來解決。利用暗管方式的排水系統除可利用機械耕作外，由於排水流線降低，其能淋洗脫鹽的土層較深，效果較佳。因此鹽害土壤的改良，首先需打破不透水層，改善排水狀態，再配合灌溉系統以達到洗鹽的效果。

二、建立灌溉系統

許多鹽害土壤均發生於乾旱地區，主要乃因此類地區之土面蒸散量大於降雨量，若欲利用淋洗方式洗鹽，則需仰賴灌溉方法以供應足夠的水源。實施灌溉制度的先決條件為土壤的排水狀況需良好，及易取得品質良好的灌溉水，如果土壤排水狀況不佳或灌溉水中含鹽分高，則灌溉會造成反效果。若土壤排水狀況不佳，則需先改善土壤排水問題，再輔以灌溉方法來排除土層中過多鹽分。

三、刮除法

由設施蔬菜園之實地分析結果，發現蔬菜收穫時土壤中鹽分大都蓄積表層 1 公分左右，其土壤飽和抽出液之電導度，最高可達 8-10 mmhos/cm。1 公分至 3 公分則急速下降至約 2-3 mmhos/cm，3 公分至 5 公分則約為 1-2 mmhos/cm 左右，5 公分以下，其電導度則在 1 mmhos/cm 以下，因此，若將表土 1 公分厚之土層刮除，即可大幅度降低土壤中之鹽分含量，然而之後施肥必須適量，方可避免鹽分再度蓄積。以此法為處理所需時間較短，對栽植蔬菜在時效上較無影響，唯若經常使用，則表土將損失殆盡，因此施行數次後，宜配合低鹽分土壤之客土作業。

四、淋洗法

利用土壤灌水(須含鹽份極低之灌溉水)，使土壤鹽分溶於水中，而將鹽分充分向下淋洗，以降低表層土壤之鹽分，此法之優點為土壤不易流失，然淋洗費時，且會延遲栽種，同時水源需充足為本法是否成功之關鍵。此外若水源充足，採用溝灌給水可減少土壤鹽分向上蓄積，對降低鹽分甚有幫助，但需注意防患土壤傳播性病害。

五、阻絕外來鹽分的移入

一般可採行之方法有四：

(一) 利用截流溝渠，將臨接農田之魚塭，水塘或大排水溝之含鹽水流切斷，收集後排出去。

(二) 修築堤防，避免海水倒灌而造成的全面性漫淹。

(三) 在海岸及靠海地區之耕地，宜種植防風林，以攔截鹽分。

(四) 避免使用高鹽分之灌溉水源。

六、客土

以含低鹽分之正常土壤混合鹽害土壤，使鹽分降低。

七、避免過度施肥

地表水分蒸散量大於降雨量之地區，或缺乏自然淋洗作用之設施栽培場所，更需避免過度施肥。一般可藉土壤分析及植體分析，瞭解該地之土壤肥力，再配合作物生長期中對養分需求，配合適時、適量之肥培管理，將可減少因施肥不當所造成的鹽類累積問題。

八、施用有機質

添加有機質肥料可直接或間接的改善土壤的物理狀況，增進土壤透氣性及滲水性，同時可避免分散的土壤由於重型農機的操作所發生壓實的問題。

九、施用土壤改良劑

土壤剖面的滲水性可藉助膠體上鈉的減少及鈣、鎂的增加來改進。有些化學物質可直接提供鈣以置換膠體上的鈉，同時提供酸或產酸物質(如硫酸或硫磺)而有助於鈣從石灰中釋出，繼而置換膠體上過多的鈉，此外並可降低水中之碳酸氫鹽(bicarbonate)的量，因而改善土壤的物理性質。石膏、硫磺或硫酸為最常用之鹽害土壤改良劑，且石膏和硫酸亦可將其溶入灌溉水中，藉灌溉水之施用來改良土壤。此外矽酸爐渣亦可用以改善酸化及土壤微生物的環境。

改良劑的改良成效受其純度和粒徑粗細的影響。以硫磺為例，其效應的發生首先須藉氧化作用使硫轉變為硫酸，而此氧化作用的速度深受粒徑粗細影響，粒徑愈細則表面積愈大，硫磺氧化成硫酸的速度也愈快。一般而言，細粒的硫磺可在一季中完全氧化，而粗粒的硫磺則可能需花費數年時間方可完全氧化。由於細粒的石膏或硫磺在施用時易隨風飄浮，必要時可改用懸浮液方式施用。

十、栽種對鹽類或鈉忍受力高的作物

不同作物對鹽類或鈉的忍受力常有極大差異，相同作物之不同品系亦可能具不同的忍受力。在鹽含量高或鹽害土壤，若栽種不耐鹽或對鹽分敏感的作物，則可預期作物的生育及品質將大受抑制，甚至毫無產量可言，換言之，若栽種耐鹽或對鹽分不敏感的作物，土壤也許不需經過改良，該等作物仍可正常生長。

十一、栽種蔓性覆蓋作物

栽種蔓性植物覆蓋地面，可減少地表水分的蒸散，而阻止鹽分上昇及聚積。

十二、種植需肥量大之作物(如玉米等)

當發現土壤鹽分過高時，可種植一期作玉米，且不施肥，利用玉米將土壤中過多之養分吸收，如此亦可降低土壤中鹽分，唯種植玉米至 60-70 公分高度，需時約 1 個月，耗時甚久；故若土壤鹽分雖已蓄積但尚未達嚴重影響生長程度時，亦可採用不施肥料而種植一期作短期作蔬菜之方法，以降低土壤中之累積鹽分，唯若發現蔬菜生育中期出現缺氮症狀時，需酌量補充氮素，以維持蔬菜之正常生長，如此即不會影響正常蔬菜之栽植，亦可降低土壤中之鹽分。

十三、輪作

旱作不宜採連作，應以多種作物輪作栽培為宜，尤其在輪作制度中，加入水稻，藉浸水來改變土壤的生化性質並淋洗鹽類，不失為改良鹽害土壤之良策，同時可減少土壤傳播性病害之發生。

十三、種植綠肥作物

綠肥的種植，可藉有機質吸附及分解有毒物質以降低鹽害，並有制衡有害微生物的功效。例如種植太陽麻當綠肥，可抑制 *Fusarium* sp. 的繁殖。

第五章 土壤管理及改良

陳仁炫、曾國珍

國立中興大學土壤環境科學系

臺中市國光路 250 號

土壤管理

土壤管理乃針對土壤剖面之特性，配合當地氣候因子，就作物栽培管理提出灌溉、排水、施肥及土壤改良的策略，以達成建立健全的根系、追求高品質的果實和產量之目的，因此進行土壤管理前，需先了解栽培地區的氣候背景和土壤特性。

一、臺灣的氣候背景

影響作物生長的氣候因子包括日照、氣溫、風、降雨和相對濕度等因子，其中降雨對臺灣地區作物生長的影響至深且鉅，因為臺灣的降雨特性和世界一般的農業區差異很大，包括：

(一) 年雨量大且變異大

臺灣地區雨量多，大部份超過蒸發量。例如中南部平原，年雨量約 1700 厘米(mm)以上，多出蒸發量約 500 厘米(mm)。而且除了年雨量多外，每年的雨量並不固定，有變異大的情況。

(二) 雨水集中於 5-9 月

臺灣雨量分布不均，約 80% 集中在 5~9 月，為一特殊的降雨型態。這種現象以臺中、臺南、屏東等地區最為明顯。

(三) 5-9 月的月雨量變異大

在雨季期間，各年的雨量分布並不固定，造成不同年份的雨季中，會出現有某個月幾乎不雨或降下接近 1,000 mm 雨水的情形發生，這種月雨量在不同年間的變異，也相當特別。

此種降雨特性造成臺灣地區的作物價格極不穩定。若農地無法消納每月數百，甚至上千公厘的雨水，則作物嚴重損害，甚至血本無回；但若農地能消納此大量雨水而作物栽培不受水害影響，則價格上漲而獲利高。因此農地消納雨水的能力成為作物栽培成敗與否之重要關鍵。

二、臺灣耕地之土壤特性

臺灣的耕地主要集中於沖積平原和台地，近年有向坡地發展的趨勢。沖積平原土剖面的主要特性之一，為各種質地層理的組合均可能出現，造成質地剖面不均勻，影響水進入土壤剖面後的向下移動，在雨季容易使作物遭受濕害。而台地大多為排水良好的洪積層紅土。

因此，應用土壤管理以度增加作物栽培的成功率，乃築基於：當土壤環境無任何根系發展的限制因子(包括土壤缺氧，太緊密，水太多...等)，因此根系可於土壤中伸展深廣，作物因而發育健康，並可充分利用水分及養分，樹勢自然健壯，亦不易發病。至於土壤管理之重點，則分別為選地、土壤水分、通氣、肥力管理等。

三、土壤管理

(一) 選地

選地的要件為土壤內部排水優良、疏鬆，此要件需包括整體土壤剖面，至少 150 公分。

1、使用土鑽可選擇內部排水優良的土壤

以土鑽依順時針方向鑽取土壤剖面，取土間隔深度為 10 公分，依順序排列，直至 150 公分。

土層深厚(需 3 公尺以上)，40-150 公分內未出現灰斑者最佳，此處灰斑指"灰色+銹色"。一般多為台地上的紅土，臺灣約有 10 萬公頃，另有一部份沖積土亦屬此類土壤。

剖面含石礫層，但是上層土壤厚度<40 公分，或是上層土壤質地為壤質砂土或更粗質地者。當根進入石礫層後，不易缺氧，生產潛力也高。

2、使用穿刺計可選擇疏鬆的土壤

使用穿刺計依每秒鐘 3 公分的速度穿刺土壤剖面，即可得知整個土壤剖面是否有緊密的土層。利用穿刺計可診斷土壤壓實問題，並選擇疏鬆的土壤，土壤疏鬆指在土壤剖面不出現穿刺阻力大於 25 公斤/平方公分之土層。

(二) 水管理

水管理包括灌溉與排水。

1、注意地面排水：

須採取措施，減少雨季時進入土壤的水量，減少缺氧的機會，可
行之方法包括下列三種：

(1) 整地時確實規畫排水方向，以確保雨量大時，可迅速將雨水
排除。

(2) 畦上覆蓋塑膠布。

(3) 每畦每間隔 25 公尺作一垂直方向之排水溝，以加速地面排
水。

2、注意灌溉周期和灌溉量

(1) 土層深厚，剖面 150 公分且無灰斑之土壤

a、作物種植前補充剖面 150 公分的水分至潤濕。

b、種植後儘量延後下次灌溉時間，直至晴天中午前後 1 小時
作物葉片有輕度凋萎現象時，進行充分灌溉。

c、灌溉週期，夏天 2 至 4 週灌一次，冬天 1 至 2 個月灌一次。

d、如有張力計，可在 40 公分和 80 公分各埋一支，80 公分
者達 0.6 bar 開始灌溉，80 公分讀數下降時停灌。

e、作物開花期需注意補充土壤水分。

(2) 土層厚度<40 公分之石礫地

a、初期少灌，誘導根系深入石礫層。

b、灌溉週期為 1-2 週灌一次，視深層質地和季節而定。

c、以黑色有孔塑膠管噴灌為宜。

(三) 通氣管理

通氣管理的重點在於保護作物根系健康，任何部分均不會發生短暫
缺氧。由於臺灣氣候乾濕季分明，當春雨結束時，土壤剖面幾乎已充分潤濕，
接踵而至的梅雨、颱風雨，將使大多數土壤無法消納，造成缺氣，以致根系腐
敗，不能吸收水和養分，隨即面對高溫氣候，水分蒸散量大，葉片迅速黃萎而
致植株生育不正常，甚或因而罹病。其管理之道為：

1、40-150 公分無灰斑，但表土存在犁底層之土壤，可於晚秋或早

春種植，並且只在種植行開溝打破犁底層，作物種苗種於溝底，使根系儘速發展至深層土壤。傾盆大雨時，犁底層以下缺氣機會小，可維護根系健康。

2、雨季時，在種植畦覆蓋，以減少雨水進入土壤。

(四) 肥力管理

若根系健康，發展深廣時，種植期間按施肥手冊之推薦量即可，並不需要施用特別的肥料，然需觀察植株生長狀況，配合土壤特性，適時加以調整。

1、除基肥撒施外，追肥應深施。

2、紅土施用之磷肥量可加倍，並應施用於根部附近，以利吸收。

3、若發現土壤缺乏微量元素時，每公頃混合施用硫酸鐵(FeSO_4) 50 公斤、硫酸錳(MnSO_4) 60 公斤、硫酸銅(CuSO_4) 55 公斤、硫酸鋅(ZnSO_4) 50 公斤及硼砂 5 公斤，每 3-5 年施用一次。

4、石灰性沖積土栽培萬年青時，需注意鐵元素的補充，酸土栽培番茄，須注意鈣元素的補充，種木瓜則須注意硼元素的補充。

土壤改良

欲維繫作物之正常生長，土壤必需要有適當且良好的物理、化學和生物性質，其中任一性質出現問題，均將影響作物之生育和品質。臺灣之特殊地理環境、工業用地緊鄰農業用地，以及農民長期大量使用肥料，均造成土壤性質嚴重之改變，若未加以改良，甚難維持作物之生長勢，進而生產高品質之農產品。

一、化學性質之改良

(一) 土壤強酸性

強酸性土壤($\text{pH}<5.5$)為臺灣最大宗之問題土壤，其面積分布甚廣，為臺灣主要耕地土壤之一。

1、問題所在

(1) 作物根系生長受阻，因而降低根系吸收養分及水分的能力。

(2) 磷被土壤組成分固定量大，因而降低磷的有效性，甚至造成磷缺乏現象。

(3) 有益的鹼性陽離子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 等)易遭淋失，因而易造成鈣和鎂缺乏現象。

(4) 鐵、鋁和錳溶出量太多、而造成對作物的毒害作用。

(5) 部分微量元素(如銅、鋅和硼等)易因強烈淋洗而流失，致發生微量元素缺乏現象。

(6) 微生物活性降低。

(7) 鉬溶解度低，將抑制氮素同化作用。

2、改良對策

(1) 栽種或篩選耐酸品種：如茶樹，鳳梨，杜鵑，石楠等，可省去土壤改良之費用，但大量種植後將造成市場供需失調，且此類作物產量不高，仍需配合高量肥料之施用。

(2) 加重肥料之施用量：非一勞永 之法，效果無法持久，必須再度補充施肥，除需大量肥料外，同時需投入大量人力，亦會造成污染環境之弊害。

(3) 客土：運費及人力需求大，不適宜大面積之改良，且根系若延伸至客土層下，酸性弊害仍然存在。此外，客土中若含毒物或與原土壤孔隙大小差異大時，將造成排水不良之後果。

(4) 施用石灰質材：具同時提昇土壤 pH 值及養分有效性的雙重效應，改良效果較持久，若再配合施用有機質肥料，則改良效果更佳。施用石灰為最經濟且有效的強酸性土壤改良方法，唯其效果深受質材的品質、施用量、土壤 pH 值緩衝能力、施用方法及施用時期的影響。

a、石灰質材的選擇

優良的石灰質材應具有較強的酸度中和能力，目前較常被推薦使用之石灰資材包括石灰粉、苦土石灰(白雲石粉)及煉鐵爐渣等。爐渣為煉鋼過程中之廢棄物，本身即含有鈣、鎂，其鹼度雖不若石灰石粉及苦土石灰，但爐渣另含有磷、硫、鐵、錳等作物生長所需之養分，此為其優點之一。臺灣強酸性土壤易出現缺鎂現象，因此含有鎂之苦土石灰實為較佳之強酸性土壤改良劑。若要改良底土之酸性，則施用石膏之效果將更佳，故苦土石灰和石膏配合施用，將可同時達到表土和底土酸性改良之目的。同時，質材之粒度亦會影

響改良效應，一般而言，愈細者，改良效果較佳。

b、石灰質材的施用量

施用量應以提昇土壤 pH 值至欲種植作物之生長適宜 pH 值之中間值為目標。石灰需要量的決定方法甚多，表 5-1 詳列不同土質之土壤調整 pH 值所需之石灰需要量(公噸/公頃)，表列值為改良 20 公分土層厚度之用量，若欲改良 60 公分厚度之土壤時，則用量需乘以 3，以此類推。若顧及人力及財力的負荷，可將土壤 pH 值的改良目標降低，一般而言，礦物質土壤以高於 pH 5.5，有機質土壤以高於 pH 5.2 即可，因為在此 pH 值下，鋁與錳毒害已減輕至甚低，同時石灰用量可減少甚多。唯每年需重新測定土壤之 pH 值，若低於 5.5 時，則需再補充石灰。同時，改良的深度應至根系生長的範圍為目標。

表 5-1、改良不同土壤之 pH 值所需之石灰需要量(公噸/公頃/20 公分土層)

pH 值	砂土及壤	砂質壤土	壤土	粉質壤土	黏土	有機土
	質砂土					
4.5 增至 5.5	0.7	1.2	1.8	2.8	3.7	8.2
5.5 增至 6.5	1.0	1.7	2.4	3.5	4.7	8.5

c、石灰質材的施用法

由於石灰質材的溶解度不大，在土壤中的移動速度緩慢，若只施用於土壤表面，僅能改善表土數公分內之酸度，故需藉助耕犁之農具將石灰與土壤均勻的混合，或將石灰溶成懸浮狀，再注入土層中。

(二) 鹽害

臺灣雖位居濕潤地帶，唯因旱雨季分明，雨量過於集中，而濱海地區風大、雨少、灌溉不足，加上溫度高，水分蒸散量大於降雨量，造成鹽分在土壤累積而形成鹽分地。近年來由於濱海地區養殖魚塭面積擴大，動物廢肥大量施用，高鹽分灌溉水之引用，以及設施農業欠缺自然淋洗等作用，致使鹽害土壤面積有擴大現象。鹽害土壤可分為鹽土，鹼土和鹽鹼土三類。一般而言，耕地土壤溶液之電導度(EC)大於 4ds/m 者，將對大部分作物之生長不利，應予以改良。

1、問題所在

(1) 土壤溶液中含高量鹽類，滲透壓大，抑制作物的吸水作用，故作物易出現缺水及凋萎徵狀。

(2) 土粒分散，土壤通氣性和透水性不佳，不利作物生長。

(3) 土壤生產力低。

(4) 磷、鉀和大部份微量元素(鉬除外)的有效性低。

2、改良對策

(1) 利用深耕機或挖土機打破不透水層，再配合明溝或暗管(效果較佳)排水，以改良土壤排水狀況，然投資成本較大，但效果最佳，且最持久。

(2) 利用灌溉方式，供應足夠水分以洗除過量的鹽分：必需配合排水良好(或已改善)及品質佳(即含鹽分低)之灌溉水，效果才顯著。

(3) 施用有機質：改善土壤物理性，增進透水性，且減低壓實發生的機率。可選用植物性有機質肥料(如作物殘體，綠肥)，但宜避免長期且大量施用污泥或動物性有機質肥料，以避免加重土壤鹽分含量。

(4) 施用土壤改良劑(如石膏或硫磺)：石膏中的鈣可置換出土壤膠體上的鈉，而硫磺可降低土壤 pH 值，若配合洗鹽則效果將更佳。石膏和硫酸亦可將之溶入灌溉水中，藉灌溉水之施用來改良土壤。

(5) 栽種耐鹽性作物(蘆筍，裸麥，甜菜等)，可省去土壤改良之費用。

(6) 栽種蔓性覆蓋作物，可減少地表水分的蒸散，阻止鹽分上昇。

(三) 重金屬污染

重金屬在土壤中不易移動及分解，一旦土壤遭受重金屬污染，則不易復原。

1、問題所在

(1) 微生物活性受阻。

(2) 養分有效性降低。

(3) 根系生長受阻，導致養分和水分吸收能力降低。

(4) 作物若吸收或累積過多重金屬，將危害人畜之健康。

2、改良對策

(1) 以酸劑或鉍合劑淋洗土層：此法可移除部分土層中之重金屬，但需避免污染地下水層，然酸洗過之土壤，恐對作物之栽培不利。

(2) 施用石灰質材使土壤 pH 值趨近中性：重金屬將轉變成較難溶的化合物，而減低其有效性，為重金屬污染地之改良方法中最廣泛被應用者。

(3) 添加有機質以鉍合或吸附重金屬：此法效果雖佳，但有機質之需求大。

(4) 移去已受污染的土壤或客以未污染之土壤：處理費用龐大，並不適用於不面積之改良。客土之運費及人力需求大不適宜大面積之改良，且不恰當之客土恐造成難以解決之後遺症。

(5) 將受污染土層與未受污染土層之土壤翻動混合：雖可稀釋單位體積內之土壤重金屬含量，但處理費用高，效果有限。

二、土壤物理性質之改良

(一) 排水不良或壓實土壤

土壤由於承受農機的輾壓，使得土粒間更為緊密而形成壓實層，或由於黏盤，硬盤的存在而使土壤剖面中出現不透水層，進而導致排水不良。

1、問題所在

(1) 土壤通氣性和排水性差，不利作物根系伸展，進而阻礙作物之生育及減少產量。

(2) 耕犁不便。

(3) 易造成表土流失及表面逕流。

(4) 肥料需求量大，增加肥料投資，間接增加污染環境之機會。

2、改良對策

(1) 利用深耕或挖土機將不透水層打破：上下土層將因而混合，故宜配合施用足量之肥料，以提昇整層土壤之肥力，若強酸性土壤，則宜再配合石灰質材的施用。

(2) 藉明溝或暗管排水方式，排除多餘水分：暗管排水方式之效果較佳。

(3) 添加有機質：可降低土壤的總體密度，因而降低土壤的壓實程度，並可增進土壤肥力及微生物活性，若採用纖維質較多的有機質，則改良效果較佳。

(4) 添加含聚電解質(polyelectrolytes)的土壤改良劑：如 IBMA，VAMA，HPAN 和 Kriliium，可增進團粒構造及抵抗土壤壓實之功效，且功效可維持數年之久，唯需投下甚鉅的資金。

(5) 種植具打破壓實層能力的作物：如紫花苜蓿(Alfalfa)和瓜爾豆(Guar)，利用輪作系統先種植此類作物以改良壓實層後，再種植欲生產的作物。

(6) 引入蚯蚓或增進蚯蚓的繁衍：蚯蚓之鑽動可使壓實層出現通道，以利排水和通氣，同時蚯蚓之糞便亦可增進土壤團粒構造。

(二) 砂粒含量過多

土壤含砂粒過多，相對地黏粒含量將較低，主要分布於臺灣西海岸附近，及河床地。

1、問題所在

- (1) 保水，保肥力低。
- (2) 透水性太強，本身肥力低。
- (3) 作物易因缺水而生長受阻。

2、改良對策

(1) 設立灌溉系統以補充水分：噴灌(sprinkler irrigation)方式的水分利用率最高，可將肥料溶入灌溉水中，減少施肥之人力及提高肥料之利用率。

(2) 在底層埋設排水障礙物：埋設柏油或塑膠布等，可增進其保水力，減少水分的流失，但需投資施工費用。

(3) 利用下層較黏的土壤或利用客土方式，增加土壤的黏粒含量及保水力：此方法不適用於大面積土壤的改良，

(4) 添加有機質材以增進砂質土壤的保水力：適合小面積之改良，宜有足夠有機質來配合改良工作，若實施大面積之改良，將甚費時費力。

(三) 黏粒含量過多

臺灣西南部平原之中間地帶，存在約 20,000 公頃無法農用的沖積土，此類土壤的特徵為全層均含高量的黏粒，俗稱"看天田"土壤。

1、問題所在

- (1) 遇雨泥濘，乾燥時龜裂，不利耕作亦不利於作物之生長。
- (2) 保肥力太強，肥料施用量需較高。

2、改良對策

(1) 在土層中容砂，以稀釋黏粒含量：可改善土壤物理性，為黏質土壤最理想且效果最持久者的改善方法，但大面積之改良，需投入大量的人力和財力。

(2) 深耕並配合引入含鈣物質：可引入碳酸鈣(CaCO_3)、氧化鈣(CaO)和硫酸鈣(CaSO_4)，臺糖公司曾以此方法改良臺灣黏土，改良後甘蔗可增產約 41%。

(3) 添加土壤改良劑、有機質肥料或石膏：可改善土壤物理性，但若用於大面積的改良上，仍屬昂貴而不切實際。

三、結論

土壤化學性質之改善較易達成，而土壤物理性質之改良則較為困難，且需付出較大的改良費用；唯土壤物理障礙如不改善，即使土壤化學性質已改良，不利於作物生長的環境依然存在。為達到長遠的土壤改良效果，宜同時兼顧土壤物理性和化學性障礙因子之消除。

第六章 肥培管理與病害

黃裕銘

國立中興大學土壤環境科學系

臺中市國光路 250 號

電話：04-22862012

傳真：04-22850762

E-mail: ymhwang@dragon.nchu.edu.tw

楊秀珠

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23321478

E-mail: yhc@tactri.gov.tw

前言

雖然不為大眾所認同，營養仍為病害防治之重要因素。於處女地種植時，往往不易發生病害問題，而當養分耗盡時，病害接踵而至，此時若藉由供應養分、控制雜草以減少養分競爭、輪作及適度之休耕，則產能日漸提升，同時適度降低病害之發生。輪作、添加有機質、調整 pH 值、耕作、灌溉等策略，均可能因養分改變之效用而影響病害之發生，主要乃因此類操作直接提供作物養分或促使養分溶解而改變微生物之活性；而大量使用無機肥料時，往往因改變植物之抗病性、耐病性、改變病原菌之病原性甚或微生物反應而促進病害之發生。

若影響病害發生之因子成一金字塔形，則營養可影響其中之任一部份(圖 6-1)。以營養之觀點而言，多數生物防治及所謂抑病土，事實上為土壤微生物所造成之營養效應。植物病原菌之生理作用，可改變寄主植物養分之吸收、傳輸及擴散而引起局部或系統性之營養過多或缺乏之現象，而此類改變往往難以辨識為生物性或非生物性所引起，故經常被忽視。

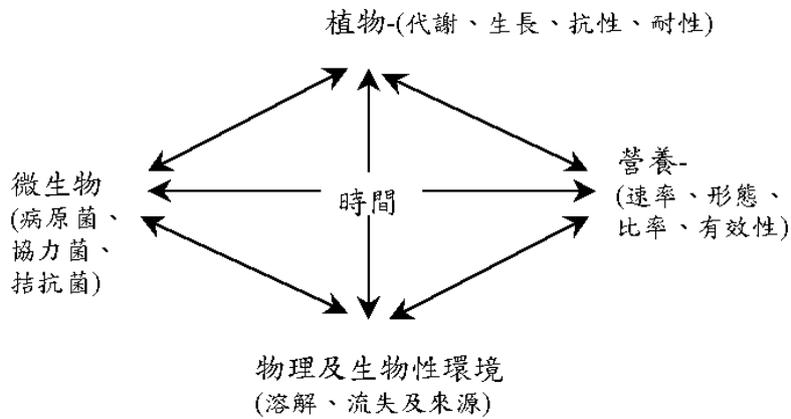


圖 6-1、影響病害發生之因子及其相關性

植物防禦病害發生之機制可分為內在因子及外在因子兩大類，內在因子之抗病機制與植物之生化代謝及構造特徵有關。養分經由改變作物生長形式、植株型態及構造，特別是化學組成的改變，而影響生長及產量。此外，養分可增加或降低植物對病害之抗病性(resistance)及耐病性(tolerance)。抗病性主要由寄主限制病原菌侵入、生長或生殖之能力所決定，耐病性為寄主雖受病原菌之感染或侵襲仍能維持生長能力之特性。養分影響抗病性或耐病性取決於植物中養分狀態、寄主植物種類及病原菌種類(Marschner, 1995)。對於增加植物對病蟲害之抗病性和耐病性之育種及選種研究，主要為經由構造的改變(例如表皮細胞之增厚、木質化或矽化作用(silification))與生理和生化性質的改變(例如產生較多抑制或排斥病蟲害之物質)而增加抗病性。此外，經由增加機械性屏障物(木質化)和植物抗菌素的合成而改變植物對病原菌侵襲的改變，亦可提高植株之抗病性。當寄主植物之最易感染的生長期，與寄生物(parasites)及有害生物(pests)最高活性時期於不同時期發生，則可達到表觀抗病性(apparent resistance)，亦即避病(disease escape)之防治策略(Agrios, 1997; Huber, 1981)。

當耕作模式改變而增進植物之養分吸收能力及忍受性，相對的增加其對病害之忍受度，甚至達到禦病、抗病之程度。然若處理不當，則可能誘發病害之發生，以氮肥為例，病原菌之代謝系統可因氮肥形態不同(銨態氮或硝酸態氮)而有不同之反應及利用能力，如抑制銨態氮之硝化作用可降低 *Verticillium* sp. 引起之萎凋病，卻可引發立枯絲菌(*Rhizoctonia solani*)引起之立枯病，反之則立枯病減少而萎凋病增加。

外在的因子則指經由特殊處理造成環境改變而保護植物免於受病原菌侵襲，抑病土(suppressive soil)即為外在因子之應用。Agrios(1997)認為養分為影響病害發生之環境因子之一，可影響植物生長速率和植物抵抗病原菌侵襲之能力。雖然抗病性和耐病性受遺傳因子的限制，但亦受環境因子相當程度的影響，養分則為其中極易管理之環境因子(Marschner, 1995)之一。Huber and Wilhelm(1988)亦指出養分管理已為病害防治重要策略之一，例如施用石灰或不同量及形態的無機肥料，不僅可直接影響植物生長和組成，亦影響其抗病性及耐病性以及土壤與根圈中微生物活性。一般而言，養分對高感病性或高抗病性品種之抗、感病性影響較小，但對中度感病或部份抗病品種之影響較大。

藉由添加營養物質而改變土壤物理性質(包括酸鹼度、濕度及通氣性等)、生物相(包括根圈分泌物、根圈之微生物繁殖)及無機或有機養分亦可抑制病原菌而降低病害之發生。此外養分亦可影響病原菌之生長、繁殖、病原性及殘存，故可影響生物防治之成效。

然而養分之可利用性受環境因子、前期作、根圈微生物之活力及不同養分(N、K、Mn、S、Fe、Zn及Cu)之比率影響，施用時期亦可影響養分對病害發生之影響力。土壤傳播性病原菌包括 *Gaeumannomyces graminis*、*Fusarium oxysporum*、*Verticillium dahliae* 及 *Streptomyces scabies*，可藉由氧化作用將 Mn^{+2} 轉變為不可吸收之 Mn^{+4} ，或將土壤中之鐵及錳轉為非移動性，因而造成局部或普遍性之營養缺乏。

一般均認為植物所需之任一營養成分均可影響病害之發生及嚴重度，而營養對病害之影響大致可由下列四因子判斷，分別為：(1) 養分添加對病害嚴重度之影響；(2) 抗病及罹病植株中養分濃度之分析；(3) 養分與病害發生之相關性及(4) 上述3因子之交互作用。

總之，作物的營養與病害發生之關係可簡略歸納為：(1) 抗病性可能因所供應的養分而有所改變，過量或不足均可能降低植物之抗病性，尤其在營養缺乏時，植物生長不正常，更易遭受病原菌侵襲；(2) 充分而均衡的營養供應，可促使作物正常生長而增加抗病力；(3) 經由直接或間接施肥可增加植物之抗病性或抑制病原菌生長、繁殖。因此，藉由添加及改變施用模式而改善土壤狀況為病害耕作防治中極為重要之一環，亦為綜合農業生產之要素。

不同養分對病害發生之影響

植物的必要元素若缺乏，則生長易受限制，嚴重者甚至組織受破壞，而導致病原菌容易入侵而罹病；亦可能因生長組織內代謝受阻而產生某些低分子量的有機酸流出體外而引起昆蟲或地下害蟲之侵害及繁殖，甚或導致病蟲害之發生。適當養分狀態之植物具有較高的抗病性或耐病性，而缺乏養分之植物的耐病性較低，但適時供應所缺乏之養分則可增加耐病性，此可能生長勢強健的植物可補償因感染而損失的光合產物或葉及根部表面積的能力較大之故 (Marschner, 1995)。

不同元素對相同病害皆有相似抑制作用，任一養分缺乏即可造成病蟲害發生，因此與其認為養分可增加抗病性，倒不如認為養分充分而不缺乏時，植物最抗病。

一、氮肥效應

氮肥施用對病蟲害的影響，有抑制作用，亦有促進作用。氮肥施用過量而促進作物病害，主要為造成其他養分相對缺乏而抑制蛋白質形成、體內低分子量有機化合物成分增加，促進病原菌繁殖而發生病害，或誘使昆蟲聚集而造成為害。Baule 於 1975 發現高氮用量可降低酚化物之合成，而降低植物對銹病之抗病性，此外，馬鈴薯及大麥亦發生抗病性降低之現象。而增加抗病力的例子包括菸草露菌病，菸草、小黃瓜、豆子青枯病、南瓜及豌豆白粉病，香瓜及亞麻萎凋病、馬鈴薯軟腐病(*Erwinia* spp.)，萵苣、葡萄、甜菜露菌病、穀類作物及果樹白粉病、蘋果黑星病(*Venturia inaequalis*)、草類雪腐病(*Calonectria graminicola*)、小麥稈枯病(*Septoria nodorum*)、葡萄灰黴病、草莓灰黴病、穀類銹病(*Puccinia* spp., *Uromyces* spp.)及水稻紋枯病(*Rhizoctonia solani*)。Jenkyn(1976)指出隨著氮肥供應的增加，大麥葉斑病(leaf blotch)之罹病率亦相對提高。

氮肥的施用量與病害發生之關係，依作物及病害種類而異。Kivilaan and Scheffer(1958)研究顯示，天竺葵屬植物(pelargonium plants)可因氮肥供應不足或過多，而易感染細菌性莖腐病(bacterial stem rot, *Xanthomonas pelargonii*)。高氮肥施用量增加絕對寄生菌感染之罹病度，但 *Alternaria*、*Fusarium* 及多數細菌性病害等兼性寄生菌感染之罹病度則較低。由絕對寄生菌 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* 引起的小麥莖銹病(stem rust)，其發病度常隨氮肥供應量的增加而提高，然由兼性寄生菌 *Xanthomonas vesicatoria* 引起的番茄細菌性斑點病

(bacterial spot)，其發病度則隨著氮肥供應量的增加而減少(Kiraly, 1976)，主要乃由於兩種寄生菌之養分需求不同之故。絕對寄生菌需倚賴活細胞同化物之供應，因此僅寄生於活的寄主，兼性寄生菌通常嗜於老化組織上行半腐生或分泌毒物質以危害寄主細胞(Agrios, 1997)，故所有維持寄主細胞代謝活性及延遲寄主細胞老化之因子，皆能增加植物對兼性寄生菌之抗病性或耐病性(Marschner, 1995)。增加氮肥施用而提高寄主對絕對寄生菌之感病性，可能與絕對寄生菌的養分需求及寄主植物在構造及生理上對氮反應的改變有關，營養生長期氮運移至年輕組織的速率快，此處氮含量較高且病原菌易侵入，故感病性較高。Robinson and Hodges(1981)指出孢子發芽及生長時增加非質體(apoplast)及葉表面中胺基酸濃度較增加糖類的濃度之影響為大。當供應植物大量的氮，某些酚類代謝中主要的酵素活性、酚類及木質素含量將降低(Matsuyama, 1975; Matsuyama and Dimond, 1973; Kiraly, 1964)，木質素含量的降低可能因木質素生合成的前驅物為酚類之故(Marschner, 1995)。氮肥對土壤傳播性病害之影響更加複雜，乃因氮肥在土壤中轉移及與土壤中微生物之交互反應所致。

二、鉀的效應

鉀肥一般可降低植體中低分子量化合物之含量而增加作物之抗病力，但亦有少數增加病蟲害的報導。鉀可強化細胞壁降低昆蟲之咬傷而降低病毒傳播。以病害控制言，氯化鉀之效果優於硫酸鉀，可能與水分供應有關，但敏感作物則無此效用。高濃度的鉀可增加植物對絕對與兼性寄生菌之抗病力(Perrenoud, 1977)。鉀肥增加抗病的例子包括 *Pseudomonas* sp. 引起之蕃茄病害、*Xanthomonas* sp. 引起之高麗菜、天竺葵、及水蜜桃病害、水稻白葉枯病(*Xanthomonas oryzae*)、馬鈴薯疫病、胡蘿蔔及杏菌核病(*Sclerotinia* spp.)、葡萄、蠶豆、豌豆及馬鈴薯灰黴病、馬鈴薯、高麗菜、蕃茄、棉花、亞麻、苜蓿、香瓜、康乃馨、油棕萎凋病(Fusarial wilt)、馬鈴薯立枯病及水稻紋枯病(*Rhizoctonia solani*)、穀類銹病等。鉀肥降低抗蟲力之例子有：蕃茄葉、豆類蚜蟲；鉀肥增加抗蟲之例子有：菊花類、玉米、水蜜桃蚜蟲、穀類害蟲、柑橘介殼蟲及水稻褐飛蟲及浮塵子。

三、磷肥效應

有關磷肥對病蟲害影響的報告較少。有報告指出磷過量延遲成熟及降低植體中木質素含量，然而大多認為施磷肥增加抗病、蟲害。增加抗病力的例子：小麥猝倒病(*Pythium* root rot)、馬鈴薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)、穀類白粉病(*Erysiphe graminis*)、豆類灰黴病(*Botrytis fabae*)、蕃茄萎凋病(*Fusarium*

wilt)、穀類銹病(*Puccinia* spp.)、高麗菜黑腐病(*Xanthomonas campestris*)、康乃馨萎凋病(*Fusarium roseum*)、蕃茄早疫病(*Alternaria solani*)、玉米黑穗病及甜菜幼苗立枯病(*Pythium* spp., *Aphanomyces cochlioides*)。

四、鈣及石灰效應

酸鹼值(pH 值)影響植物的抗病性，導因於土壤之 pH 值可影響土壤養分狀況，而間接影響病害之發生。部份病害於土壤 pH 值較高時較容易發生，部份病害則在土壤 pH 值較低時容易發生。一般認為鈣可強化細胞膜及細胞壁，降低細胞中低分子量有機酸、及果膠結合等，進而提高抗病性，但若鈣含量過高而造成其他養分相對缺乏時，則有不利生長之現象發生，此時抗病性相對降低。施用鈣肥時需同時注意磷肥之施用，以避免二者結合成磷酸鈣，造成二者均無法被植物所吸收。增加抗病性者：菸葉白斑病(*Pseudomonas tabaci*)、小麥銹病、草類萎凋病(*Fusarium roseum*)、蕃茄及其他植物萎凋病(*Fusarium wilt*)、蘋果苦腐病(bitter rot)、高麗菜根瘤病、萵苣灰黴病、落花生凋萎病(*Pythium myriotylum*)、落花生立枯病(*Rhizoctonia solani*)；增加病毒抗病性者：蕃茄嵌紋病毒(wilt mosaic virus)；增加病毒罹病性者：菸草嵌紋病毒(mosaic virus)。增加抗蟲力者：蚜蟲、類(red spider mites(*Tetranychus* sp.))及葡萄蝨類(louse)；增加蟲害為害則為紅花苜蓿蚜蟲。

五、鎂的效應

鎂可同時影響能量、蛋白質及核酸等之代謝，因此可影響植物之抗病系統，然而鎂、鉍及鉀之拮抗作用大，其相對濃度會影響其吸收，因此對病蟲害之效應較為複雜。硫酸鎂降低晚疫病(*Phytophthora infestans*)及立枯絲核菌(*Rhizoctonia solani*)的感染，氯化鎂降低小麥銹病。蘆筍根腐病和缺鎂及高鉀/鎂有關，亦與排水不良導致硫化氫產生有關。當鎂缺乏或過多時均易導致葡萄感染病毒而造成壞疽現象。鎂過多亦會發生蕃茄類(red spider mites)、豆類蚜蟲及柑桔介殼蟲(*Lepido saphes Beckii*)。施用鎂可降低蕃茄灰黴病及疫病的感染。

六、硫的效應

硫的效應資料較少，硫酸鹽中之陽離子的影響較為明顯。報導中指出硫可降低十字花科根瘤菌(*Plasmodiophora brassicae*)感染。硫缺乏時可減緩菸草病毒之增生，但對病害之發生並未顯著之抑制效果。引起馬鈴薯瘡痂病之病原菌 *Streptomyces scabies* 喜好高 pH 值，因此施硫磺粉可發揮抑制作用。硫肥同時可降低蕃茄及芥菜之類為害，但增加小黃瓜之類為害。

七、硼的效應

提高高麗菜之葉面硼之吸收及葉/根硼濃度比可抑制根瘤病之發生。植物缺硼時導致某些化合物無法形成，莖端生長不良而易感染病毒、真菌病害及易遭受昆蟲咬傷而引起病、蟲害之發生。硼增加抗病性者：蕪菁、高麗菜、油菜根瘤病(*Plasmodiophora brassicae*)、油菜菌核病(*Sclerotinia sclerotiorum*)、小麥銹病(*puccinia triticina*、*P. Glumarum*)、向日葵及香瓜白粉病(*Erysiphe cichoracearum*)、大麥及小麥白粉病(*Erysiphe graminis*)、穀類黑穗病、花椰菜灰黴病、大麥麥角病(*Claviceps purpurea*)、蕃茄萎凋病、馬鈴薯瘡痂病、馬鈴薯葉黴病及紫花苜蓿萎凋病。

八、鐵的效應：鐵可減少銹病及葡萄柚的 coccids。

九、銅的效應

銅具促進蛋白質合成、降低低分子量之有機物及促進木質素合成等功能，而有助植物之抗病性及降低蟲害之發生。增加抗病性者：葡萄、萵苣露菌病、小麥白粉病(*Erysiphe graminis*)、小麥銹病(*Puccinia triticina*)、小麥、水稻黑穗病(*Ustilago tritici*)、馬鈴薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)、馬鈴薯瘡痂病、菸葉白粉病(*Erysiphe cichoracearum*)、水稻葉枯病(*Helminthosporium oryzae*)、缺銅可誘發蕃茄、紅椒(paprika)及向日葵之真菌病害。

十、鋅的效應

植物缺鋅時，細胞膜之選擇功能受損而易罹病。鋅可提高抗病性者：玉米黑穗病(*Ustilago zaeae*)、高麗菜根瘤病(*Plasmodiophora brassicae*)、蕪菁、高麗菜白粉病(*Erysiphe phaceae*)、蕃茄葉黴病、蕃茄、馬鈴薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)、橡膠樹白粉病(*Oidium heveae*)。鋅對降低病蟲害之報告則有線蟲、細菌(*Pseudomonas lacrymans*)等。

十一、錳的效應

植物缺錳時澱粉及葉綠素無法形成，造成細胞塌陷、壞死，因此產生白化或黑斑。施用錳可抗病者：馬鈴薯瘡痂病、馬鈴薯晚疫病、萵苣露菌病(*Bremia lactucae*)、水稻葉枯病、小麥、大麥、油菜(*Erysiphe graminis*)、小麥銹病(*Puccinia spp.*)、小麥、大麥黑穗病(*Ustilago tritici*)、蕃茄葉黴病。錳缺乏或過多皆使蕃茄萎凋病嚴重。

十二、鉬效應

鉬抑制病害發生之例子不多，分別為菸葉、紫花苜蓿、萵苣白粉病

(*Erysiphe cichoracearum*)、玉米穗黑穗病及棉花萎凋病(*Verticillium wilt*)。

十三、其他元素

矽酸鈉或矽酸常可增加抗病力，如水稻稻熱病(*Piricularia oryzae*)及褐飛蟲、小麥白粉病(*Erysiphe graminis*)。鈉抑制菸草白粉病、菟絲花及唐菖蒲銹病、菊花白粉病及線蟲。碘抑制葛苴之鐵線蟲(wireworms)、蕃茄根腐病及病毒。

有機酸與病害之關係

誘發植物抗病性為病害防治方法之一，且無藥劑防治之抗藥性的問題，亦可降低成本支出。Kuć(1987, 引自 Kuć, 1995)指出誘發抗病性的方法包含生物及非生物誘發劑之使用。Ross(1961)接種 TMV(tobacco mosaic vires)於菸草下位葉，誘發局部及系統性抗 TMV；Caruso and Kuć(1979)將胡瓜葉部接種 *Colletotrichum lagenarium* 及 *Pseudomonas lachrymans* 而誘發對炭疽病和角斑病(angular leaf spot)之抗病性，Gianinazzi and Kassanis(1974)以聚丙烯酸(polyacrylic acid)誘發植物對病毒的抗病性；Mills and Wood(1984)以聚丙烯酸、乙醯水楊酸(acetylsalicylic acid)及水楊酸(salicylic acid)誘發胡瓜對炭疽病之抗病性，Doubrava et al.(1988)以菠菜或大黃(rhubarb)葉片之萃取液噴施於第一及第二片真葉(true leaves)，而誘發對胡瓜炭疽病(*Colletotrichum lagenarium*)之抗病性，顯示植物可能具有多重防禦機制，且可被生物及非生物因子所活化。

Doubrava et al.(1988)以 0.05 M 草酸鉀噴施於胡瓜的第一、二片葉，可降低第三、四片葉對炭疽病之感染率達 50-64%，但不會增加第三、四片葉中草酸根之濃度。由於 0.05 M 的草酸鉀無法抑制炭疽病菌之孢子發芽及生長，因此 Doubrava et al.(1988)認為抗病性主要來自於寄主的調節反應。此外，Doubrava et al.(1988)亦比較葉片中常見的有機酸，包括 formate、acetate、glycolate、glyoxylate、fumarate、maleate、ascorbate、phthalate、oxalate 及 malonate 對誘發抗病性之效應，採用之有機酸濃度為 0.05 M，並以氫氧化鉀(KOH)調節 pH 值至 6.0，其中只有 oxalate、glycolate、及 ascorbate 可降低第三、四片葉的感染率。以生物或非生物因子誘發抗病性時，一般葉片會產生局部黃化(chlorosis)或壞疽(necrosis)(Dean and Kuć, 1986; Kuć and Richmond, 1977; Kuć et al., 1975)，但並非皆可誘發系統性抗病性(Kuć and Richmond, 1977)。

誘發系統抗病性(induced systemic resistance, ISR)需造成植物細胞的傷害，以促使植物由誘發處輸出防禦訊息至其他部位，進而誘發非專一性防禦機

制的表現，以抵抗其後入侵的病原菌(Mucharromah and Kuć, 1991; Doubrava et al., 1988)。草酸誘發寄主的抗病性所需時間為 20-36 小時，較接種 *C. lagenarium* 需 72-96 小時為短(Doubrava et al., 1988)，此亦顯示誘發植物的系統抗病性需一段時間(lag time)，且因誘發因子的不同而有所差異。

草酸、磷酸氫二鉀、磷酸三鉀皆可誘發抗病性及誘發幾丁多醣酵素(chitinase)及過氧化物酵素(oxidase)系統性的累積，此兩種酵素為抗病性誘發之生化指標(Walters and Murray, 1992)。Walters and Murray(1992)指出磷酸鹽誘發菜豆對銹病之抗病性，葉片呈現淡綠或壞疽斑點與實際受病原菌攻擊之病徵相似，且草酸及磷酸鹽可能扮演誘發內生抗菌物質之產生與轉移，而誘發抗病性。一般認為草酸、磷酸氫二鉀、及磷酸三鉀使鈣自寄主組織中分離為誘發防禦反應的開始(Doubrava et al., 1988; Gottstein and Kuć, 1989)，釋出訊號並促使植物反應逆境，此訊號可能影響植物受病原菌感染後防禦基因的表現，但實際機制則尚不清楚。

Gemin 由五個 26 kD 次單元所組成約為 130 KD 的同形五元相稱體(homopentameric)，為一種細胞壁蛋白，且已被鑑定為草酸根氧化酵素(oxalate oxidase)(Lane et al., 1993)，其催化草酸根而形成二氧化碳(CO₂)及過氧化氫(H₂O₂)，其中過氧化氫可直接具有抗菌效應(Keppler and Baker, 1989)、誘發植物防禦基因的表現(Levine et al., 1994)、木質化作用(Olson and Varner, 1993)、參與細胞壁構造蛋白的橫結(cross-linking)(Bradley et al., 1992)及活化植物抗菌素的合成等作用(Apostol et al., 1989)。Hurkman and Tanaka(1996)認為誘導葉片 Germin 基因的表現為小麥抗白粉病(*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)的指標。

誘導二次代謝產物之形成或合成植物抗菌素(phytoalexin)之酵素活性的增加，為植物對入侵病原菌的自然反應之一，以分子學之觀點而言，植物細胞可經病原菌釋出之誘引物質(elictor)而探知病原菌(Agrios, 1997)。植物抗菌素合成的同時，植物與病原菌接觸點產生過敏性反應，然二次代謝產物的產生量與誘引物質的量有關(Davis et al., 1992)。少量的誘引物質的存在下，某些低分子量的物質可影響二次代謝產物的誘導，Low et al.(1987)指出檸檬酸根可抑制誘引物質的作用，然草酸根及水楊酸根則可誘發植物系統性的抗病性(Doubrava, et al., 1988; Malamy et al., 1990)。系統性抗病性與植物對病原菌抗性的增加及二次代謝物或植體中植物抗菌素的累積有關(Moesta and Grisebach, 1982)。Davis et al.(1992)以棉花細胞懸浮培養探討草酸根對細胞中植物抗菌素

累積之影響，發現添加 0.2-2 mM 草酸根可增加棉花細胞懸浮培養中二次代謝產物，但需加入少量來自 *Verticillium dahliae* 的誘引物(每 15 ml 添加 10 µg 蛋白質)，此外，草酸根可減少誘引物對細胞生長不利的影響，顯示草酸根對生長有直接的影響。Farmer et al.(1991)指出 polyuronide 類誘引物需能夠鍵結鈣離子，以活化番茄及馬鈴薯之防禦反應，因此草酸根鉗合鈣離子可誘發植物的防禦反應，然而草酸根增加二次代謝物的形成，不只包含鉗合鈣離子的作用，因 EDTA 及 EDGA 不能刺激二次代謝物的形成，反而具有抑制的效應，因此，其作用極為複雜。

Reuveni and Reuveni(1998)指出以葉面施肥防治病害為綜合管理(integrated pest management, IPM)不可或缺之概念。若以高濃度的草酸或磷酸鹽噴施於葉片，雖可誘發植物之抗病性，但其產生之局部破壞性表徵卻導致商品價值降低，然以適當的濃度及肥培管理，應可達到相似的效果。

土壤處理及生物防治

自然土壤中生態系統是穩定的，然而由於農業生產而進行耕作以及施用農用物質包括有機物質及無機鹽類等，導致土壤或多或少發生改變，加以臺灣位於亞熱帶地區，有機質在土壤中分解甚快，更因多數採密集生產的栽培方式，不斷連作作物、過分與不當使用農用化學物質，因而導致土壤物理性、化學性、生物性發生變化，土壤生態系不平衡，併發作物病蟲害及農產品品質不良等後果。因此適當的施肥管理有助作物生產，對不利因子較易補償。一般先改善土壤之限制因子，進而施用農用物質，包括無機肥料、有機肥料及生物肥料，改善土壤之物理性、化學性及生物性，經長期保養使土壤成為永續性農業之基礎。然而不同土壤的特性(物理、化學及生物性)對不同的病原菌而言，可能是某種病原菌的抑病土(suppressive soil)或導病土(conducive soil)，因此，維持土壤中生物相之平衡，或適量添加農用物質以誘導有益微生物，或抑制病原微生物之生長，並於必要時適時添加有益微生物，實為土壤肥培管理不可或缺之重點。

一、適當之肥培管理

(一) 當植物之營養不平衡及缺乏，或有毒物質存在時，特別容易受到寄生性生物侵襲。例如土壤太酸時，許多養分之有效性降低，而出現明顯之病害，此時若能改善土壤酸性則可增加抗病能力，施用鹼性質材(石灰、爐渣、矽酸

鹽類、蚶殼粉等)，不僅可改善土壤酸性，同時可增加鈣、鎂、矽等之養分，作物之抗病性即可增強。預防鐮刀菌之萎凋病所採用之 SH 土壤添加劑即為添加一定比率之此類物質。

(二) 注意土壤之排水性，若排水性良好，則土壤之物理性相對良好，可增進旱作物之根系發育，而有效率的吸收營養。

(三) 適量施用化學及有機質肥料，不宜過量施用化學肥料及有機質易分解之高氮肥料，以避免土壤中氮含量過高及營養被固定或不平衡之問題。

(四) 重視微量元素之供應，避免過量或缺乏的問題。

(五) 適當添加土壤有益菌，適度施用生物性肥料或可誘導土壤有益微生物之肥料，避免土壤完全殺菌，以增加土壤之健康及抵抗力。

二、土壤微生物之功效

(一) 增進土壤肥力

有益之土壤微生物種類甚多，不同的微生物扮演著不同之角色，其中供應植物營養、改善土壤物理性、增加養分的有效性等最為重要，例如：固氮菌增加土壤氮素，分解性微生物則可分解有機殘質，供應植物營養，溶磷菌可溶解無效性之磷，轉變為植物能利用之磷素；微生物會分泌多醣類物質，使土壤團粒構造變好，增加土壤之優良物理性等。

(二) 協助植物吸收養分

植物吸收養分主要依賴根毛，根毛愈多，吸收的表面積愈大，吸收能力愈高。營養元素的存在形式會影響吸收效率，存在土壤中營養元素的各種形式並非均可被植物吸收，而某些土壤微生物可分泌有機酸，形成鉗合構造，以利吸收，或增加元素的有效性。

(三) 增加植物抗旱等能力

根圈微生物在根系上繁殖或共生，如同根毛，可協助作物吸收營養分及水分，間接達到抗旱之目的。此外，土壤微生物之分泌物增加，冰點下降，可有防寒之保護功能。

(四) 降低病害之發生

土壤中之微生物生態平衡，病原菌之生長受到競爭，促使病原菌不致大量繁殖，而減少病害之發生。此外，根圈微生物若能大量繁殖，則可佔據根圈周圍，而減少病原菌侵入根圈，形成生物性的防禦陣線。

(五) 降低生產成本

化學肥料之製造往往需要消耗大量能源，若能適量應用固氮菌，則可減少氮肥的施用。磷素肥料來自磷礦加酸處理，施入土壤不能立即被吸收，且大部分又被固定成有效性低的磷，溶磷菌之添加則有助於此一問題之解決。固氮菌及菌根真菌可幫助氮、磷來源，菌種之使用量又較少，成本亦低，可因節省肥料而降低農民生產成本。

(六) 減少環境污染

過度施用化學肥料，易污染河川、水庫及水源；水源的優養化作用，促使水中生物大量繁殖，影響水體生物之平衡，尤以氮及磷的污染更需加以重視。土壤微生物(如固氮菌、菌根真菌等)之應用，可增加氮、磷肥料之使用率，對環境污染可減少到最低。

三、生物防治策略

(一) 增加自然存在土壤及根圈之拮抗菌(antagonist)

可利用有機物、輪作、施肥、物理及化學處理改變土壤及根圈的生態系統，增加有益微生物，尤其輪作系統對作物之抗病有協助效果，如豌豆與其他作物輪作有助減少根腐病(root rot)，有機質之添加可經有益微生物之增殖，而達到抑制病原菌的功效。種植前之基肥若能適量添加 SH 土壤，亦可增加根圈微生物之密度，而防治鐮刀菌所引起之萎凋病。而白絹病之防治，亦可採用經調配之有機土壤添加物，藉由土壤微生物之力而達防治之效。

(二) 拮抗菌之應用

於土壤或根圈添加大量之拮抗菌，可改變根圈微生物相而抑制病原菌生長，達病害防治之效。利用 *Trichoderma* sp. 及 *Bacillus cereus* 等添加於土壤中，可防治立枯絲核菌所引起之立枯病，若以此等拮抗菌處理種子，亦可達防治之效。

(三) 利用物理因子處理土壤

物理處理如蒸汽薰蒸，可將土壤中有毒物質破壞，或將累積之鹽分汽化而減少土壤中之抑制生長因子，有利於植物生長而強化植株，此外，並可將病原菌殺滅而減少病源。但採用此方法，亦可能將土壤中之拮抗菌同時殺滅，而破壞土壤微生物相之平衡，甚或造成靜空現象，處理後之耕作需更加慎重，故應用時不可不慎。

(四) 化學物質之添加

添加化學物質可改變土壤性質而增進植物生長，若依特殊狀況，施用特定之肥料，則可抑制病原菌之生長而達病害防治之目的。經實驗證實，每公頃添加 400-500 公斤之尿素，除可提高土壤之酸鹼值至中性而適合作物生長外，並可因微生物分泌尿素酵素將其分解產生銨，由於銨的刺激促使白絹病菌核滲漏出大量的氨基酸及醣類，致菌核呈現衰弱現象終致死亡，若再配合拮抗菌之施用，當可達生物防治之效。

十字花科根瘤菌亦可利用鈣肥加以防治。礦灰及碳酸鈣、氯化鈣等鈣肥除可有效降低根毛之感染率，同時可抑制病原菌游走孢子囊之形成，其中鈣、鎂、鋁等陽離子均具此二效用，但以鈣離子為主要抑病成分，至於添加後土壤酸鹼值提高亦為減少根瘤病發生之間接效應。

生理障礙

當植物生長於適宜之環境時，植物與環境維持互動關係，當環境改變時，植物可進行內部調適而維持正常生長，但若環境之改變為持續性或劇變，植物往往無法調適而引起生長及功能之不正常；若環境劇變所導致之徵狀於短時間內迅速出現，例如低溫、藥劑使用不當、施肥不當以及栽培管理上之失誤均可導致植物不正常，此類不正常因發生突然，且立即造成傷害，因此若傷害過於嚴重而無法改善使其恢復時，僅能藉此獲得經驗而防患未然，一般稱為傷害(injury)，常見之急性傷害及症狀詳見表 6-1。經由長時間之環境改變而造成之不正常，即植物長期生長於不適合之環境而造成形態或生理之不正常現象均通稱為生理障礙(disorders)，而不適合之環境因子可能為養分不平衡、雜草競爭以及土壤之酸鹼值(pH)等，此類現象於不適合之環境因子消除後，逐漸恢復正常。至於土壤水分、土壤通氣性、土壤堅實度、光照、溫度等環境因子亦間接造成生理障礙，常見之植物生理障礙詳見表 6-2。

結論

總之，農業生產需要重視土壤肥培管理及作物之營養，並配合病蟲害防治之工作，方能收事半功倍之效果。因此，在施用肥料時，若能同時考慮土壤性質、環境氣候因子及肥料成份，則可依實際需要之肥料種類及其用量以最好的比率施用，如此一來，農作物之產量及品質達最高點，病蟲害降至最低點，成

本及農藥之危險性降至最低點，此時獲利最高。

表 6-1、常見急性傷害之誘因與可能出現之症狀

傷害原因	常見症狀
土壤呈強酸性	根生長不良、生長延遲
土壤通氣不良	根部腐爛
土壤排水不良	常因底層有硬土層造成生長延遲
土壤過份乾燥	葉尖捲曲褐化，出現斑點或斑塊，全株黃化、落葉、萎凋或大量落葉。
土壤酸鹼值不平衡	嫩葉退綠造成葉片呈黃綠狀
土壤鹽基(EC)過高	葉尖捲曲褐化，落葉、萎凋或大量落葉。
土壤條件環境劇變：溫度、濕度、空氣等因素造成	根系發育不良、植株衰弱
微量元素不平衡	嫩葉退綠造成葉片呈黃綠狀、
肥料中之鹽分累積	土壤表層有結晶體、堅硬
氮肥過多	頂端葉片繁茂但開花少
肥料傷害(肥料過多)	葉尖褐化或出現塊斑、葉片黃化，嚴重者葉片乾縮、落葉，甚至全株萎凋
肥料不足	葉片黃化、生長延遲、葉片減少及植株短小
肥料不足且氮肥嚴重不足	植株矮化、新葉變小、老葉黃化
缺鉀	葉片由老葉葉緣向內黃化
缺鎂	老葉葉脈間黃化，新葉黃化但葉脈仍為綠色
水分不足	葉片黃化、頂端葉片褐化、植株萎凋
水分過多	老葉黃化，葉間捲曲褐化，葉尖褐化或由葉尖開始出現黃色、褐色斑點，葉片減少，嚴重者落葉；生長不良、生長延遲、植株褪色，嚴重者莖部腐爛、植株萎凋。
濕度太低	頂端葉片褐化、葉片乾縮
乾旱	葉片黃化，葉片出現黃色、褐色斑點
冬季光照不足	生長延遲

光照不足	生長不良、生育期延遲、葉片減少、植株褪色、枝條徒長、葉片變長且有褪色現象、老葉黃化、花苞小且著色不良
光照太強	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑，老葉葉間捲曲褐化、新葉變小緊縮、全株黃化，嚴重者植株萎凋
強光照下過多水分留於葉片上	黃色、褐色斑點
光度、溫度及相對濕度劇變	落葉
高溫	生長不良、葉片減少及植株褪色
低溫	生長不良，全株黃化，生育期延遲。
低溫時植株吸收土壤中之溫水	葉片腫大、葉脈突起、水浸狀病斑並轉為紅、褐色
寒害	葉片黃化落葉，老葉變小捲曲，新葉變小緊縮
密植	葉片萎凋、新葉變小、枝條軟弱
通風不良	葉片黃化
移植	落葉
芽形成時期溫度劇變	落芽
突然改變栽植環境	落芽
空氣污染	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑、葉片黃化並有微小斑點，其後造成褐色乾枯
農藥傷害	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑、葉片出現黃色、褐色斑點、葉片捲曲，嚴重者葉片乾縮、葉部畸型
殺草劑為害	葉片畸型
化學物質中毒	萎凋或大量落葉
機械傷害	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑；全株中間部份枝條葉片黃化，葉片捲曲褐化

表 6-2、常見之植物生理障礙

I、於植物體內不易移動之元素	
A、由嫩葉頂端變形並延伸至葉基部，以後莖頂端部份枯死	
a、頂端部份新葉變成釣子狀，並由頂端及四周開始乾枯，最後莖頂端部亦乾枯	缺鈣
b、頂端部份新芽基部變淡綠色，新芽枯死、彎曲後頂端部份枯萎、部份枝條裂開、受粉不良、花苞畸型、果實畸型	缺硼
B、莖頂端部份不會枯死	
a、新葉黃白化，產生壞死斑後枯萎	缺氮
b、頂端部份新葉枯萎、捲曲，變褐色，不易抽稍、枝條軟化	缺銅
c、新葉黃化、白化或出現褐斑，但葉片不會枯萎	
(a) 葉肉組織或纖維質部份出現褐色小斑點，葉脈仍維持綠色	缺錳
(b) 一般不出現枯死斑點	
1. 新葉葉肉組織變黃並延伸至葉脈、全葉淡黃色	缺硫
2. 新葉黃白化，葉脈初期仍維持綠色，後期全葉黃白化	缺鐵
II、於植物體內易移動之元素，缺乏症狀由成熟老葉開始出現	
A、下位葉變黃並出現黃斑，以後轉為褐色斑點，葉脈仍維持綠色，但葉片不乾枯	
a、下位出現黃斑,以後葉片呈酒杯狀向上捲曲	缺鉬
b、下位葉脈間葉肉組織出現黃斑，並向上延伸，以後斑點轉為紅色斑點	缺鎂
c、葉片變黃或出現褐斑，最後組織壞死，葉片呈褐色斑點	
(a) 葉片初期呈暗綠色，以後葉尖及葉緣先黃化或褐化後枯死，莖部纖細	缺鉀
(b) 葉片增厚，葉脈間出現木紋狀之細微黃斑，以後褐變，葉片明顯變小	缺鋅
B、由下位開始乾透而逐漸枯萎，莖部纖細並呈紫紅色	
a、由下位葉向上依次變淡綠色，由內向葉緣逐漸黃化後轉為淡褐色乾透，葉片枯萎	缺氮
b、植物呈深綠色，莖部呈紫紅色，下位葉變黃或乾透，呈綠褐色或黑色	缺磷

第七章 農藥之特性及安全、有效之使用

李國欽

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23324050

E-mail: gcli@tactri.gov.tw

概說

農藥是本世紀 40 年代後快速發展的「超級化合物」，它的主要作用是控制或撲殺對人類不利的有害生物。農業上這些有害生物，包括攝食或傳染病害於作物體的昆蟲、類及與作物互爭地利的雜草；造成作物病害的真菌、細菌和毒素，以及竊食貯藏穀物、嚙害苗木、樹桿的野鼠等。

由於這些有害生物，每年造成人畜糧食大量的損失，1967 年 Gramer 統計全世界的糧食約 1/3 損失於蟲害、病害和草害(表 7-1)：

表 7-1、世界糧食蟲病草害損失百分率

作物類別	蟲害(%)	病害(%)	草害(%)	總量(%)
小麥	5	9	10	24
燕麥	8	9	10	27
大麥	4	8	9	21
裸麥	2	3	10	15
稻米	27	9	11	46
稷及豆類	10	11	18	38
玉米	12	9	13	34
馬鈴薯	5	22	4	31
甘蔗	20	19	16	55
柑桔類	8	9	4	21
葡萄	3	23	10	37
油脂作物	11	10	11	31
蔬菜	9	10	9	28

而這種損失在人口稠密的落後地區更為嚴重。同年，依地區分類的統計如表 7-2。

表 7-2、世界各地區作物蟲病草害損失百分率

地 區	蟲 害 (%)	病 害 (%)	草 害 (%)	總 量 (%)
非洲	3	13	16	42
亞洲	21	11	11	43
歐洲	5	13	7	25
北美及中美	9	11	8	28
南美	10	15	8	33

如果不用化學藥劑，根據世界糧農組織之估計，全世界之糧食減產會高達 35%。假使把收穫後之損失也算在內則損失會高達 45%，在某些開發地區由於防治技術落後，病蟲草害造成之糧食損失會超過 50% 以上。據美國報告，由於使用了殺蟲劑，使各項農業的增產計有：棉花 100%、玉米 25%、馬鈴薯 35%、洋蔥 140%、煙草 125%、甜菜種子 180%、苜蓿種子 160%、乳製品 15%。

由於農藥的投資，使農業生產者，能獲得數倍的利潤，並且因糧食增產的需要，農藥的使用逐年增加，在台灣農民使用農藥的費用也是直線上升，據農林廳估計民國 41 年為二百萬台幣，現今已超過 40 億元台幣以上，使用的種類以有效成份來分已超過 400 餘種。

自開始使用農藥以來，固然收到預期糧食增產的目的，然而連續多年來卻使人類得到意外的教訓，即大量的農藥進入環境中，破壞了生態的平衡，直接或間接的為害到人類的利益。譬如有機氯劑殺蟲劑如 DDT、地特靈、阿特靈，雖在水中的溶解度極小，但由於食物鏈的生物濃縮，到了魚類、鳥類等上層生物體中，已足以造成為害，致使魚類及海鳥的繁殖能力降低。在東南亞一帶以 γ -BCH 防治蝗蟲，卻造成對養殖魚類(*Tilapia mossambica*)的毒害。

在越戰中，美軍因戰略需要大量使用除草劑 2,4,5-T，數年後發現當時出生的畸型胎兒數目驟增，此與 2,4,5-T 中不純物 Dioxin 的存在有關。許多長效性的農藥，更可經由多種途徑轉移到人體內。

此外，人類方沾沾自喜於「人定勝天」之際，「自然」亦顯出其「超於人」的威力，即在不斷地選汰藥劑壓力下，產生抗藥性品種。最初是發現於殺蟲劑

中，以後對殺菌劑和殺草劑抗藥的品種，也都相繼發現。如此，人們必須用更多的投資來發展新藥，而農家用於防治有害生物的成本亦須增加，使利潤因而減少。

但是我們不能因此而抹殺農藥對農業生產的貢獻，因為，如果不使用農藥，則蘋果、梨、桃、香蕉等組織柔軟的水果以及蔬菜將大量減產，價格勢必提高，而穀類和玉米的單位面積產量亦必減少，因此原可保留的野生地就必須開墾為農田，此對生態觀點而言，則又是另一悲劇。此外，在有害生物防治上，農藥的使用有獨特的優點，以殺蟲劑防治蟲害為例說明如下：

一、若依經濟防治限界做害蟲防治，殺蟲劑是使我們達到此一目的的工具之一。

二、殺蟲劑能以多種方式使用，可依照害蟲的習性，靈活施用。

三、殺蟲劑具有速效性，一有警報，立即施用，因此在緊急狀態它使我們避免經濟損失。

四、在農業上使用殺蟲劑，仍然是一種成本低而利潤大的投資。上述各項事實也可適用於其他類的農藥。

固然在地廣人稀而已開發的國家中，糧食可不虞匱乏，但就整個人類而言，糧食顯然不足。據估計全世界約有 50% 的人口處於營養不良的情況下，在落後地區這個數字更高達 79%，而且全人類人口數目的增加並不見有緩慢的趨勢。如今世界每年損失於蟲害、病害、草害及鼠害估計高達 750 億美元，為減低此項損失，以抵消人口膨脹的壓力，在目前情形而言，則無法停止對農藥的依賴。

人類目前應就已得的教訓中，徹底了解農藥的性質，並有效、合理、安全的使用農藥。加強化學家、生物學家、生態學家密切連繫與合作，一方面妥善地利用農藥於有害生物的防治系統，一方面達到糧食增產或減少損失的目的，以避免因農藥使用而造成對人畜及環境的不良影響。

本文為就農藥的種類與特性、農藥有效的使用、農藥的毒理與安全的考慮，作一般性的介紹，最後並強調使用農藥前閱讀標籤的重要性，以期能使讀者對農藥的正副作用有全面的了解，而達到有效、經濟、安全使用農藥的目的。

農藥的種類及特性

在 1940 年以前，人類所使用的農藥僅限於數種砷劑、石油產品、尼古丁、除蟲菊精、魚藤精以及硫黃粉等，直到第二次世界大戰打開農藥的新紀元，各種合成有機農藥紛紛發展，至 1976 年已註冊的農藥有效成分多於 1200 種，產品更高達 30,000 種以上。至 1993 年在美國註冊的農藥以其主成分之化學結構分有 600 餘種，而由此有效成分導引出來之農藥成品也高達 35,000 餘種。依據農藥防治對象，及其化學與毒理特性，選常用、重要的說明如下：

一、殺蟲劑

(一) 有機氯劑

這類殺蟲劑在化學結構中含有碳、氫、氯元素，是早期合成的農藥，曾為人們廣泛利用，並有很好的防治效果。但其中有多種，因殘留期過久，造成環境的污染，現已陸續被禁用，不過在落後貧窮的地區，權衡利害，仍被使用，此由於其情形特殊，故亦提出說明。這類殺蟲劑可細分為下列幾種：

1、滴滴涕(DDT)和相關的殺蟲劑：

DDD、Dicofol、Methoxychlor、Chlorobenzilate、Perthane 等，在早期害蟲防治史上都占有一席之地。DDT 與 DDD 化性穩定，在土壤、水中及生物體內都有很長的殘留期，不易被微生物、酵素、熱或紫外線所分解，這種特性就殺蟲效力而言是可取的，但就環境保護而言則有問題。DDT 的作用形式，是 DDT 分子以某種尚未完全明了的機制，干擾了昆蟲神經系統的正常作用，造成肌肉痙攣、抽筋甚或死亡。

2、蟲必死(BHC)：

它的合成乃是將苯氯化，形成時有數種異構物，其中以 γ -異構物 (γ -isomer) 殺蟲效力最強，特殊製造過程生產的 BHC 含有 90% 的 γ -異構物，稱為靈丹(Lindane)。 γ -異構物無味而具揮發性，其作用也是造成神經系統不能正常作用，而使動物顫慄、抽筋、終至衰竭而死，如今已被禁用。

3、環雙烯類(Cyclodienes)：

這是一族極為有效而被廣泛使用的殺蟲劑，在第二次世界大戰以後合成的。其中主要的有可氯丹(Chlordane)、阿特靈(Aldrin)、地特靈(Dieldrin)、安特靈(Endrin)、飛布達(Heptachlor)、滅蟻樂(Mirex)、安殺番(Endosulfan)、十氯丹(Kepone)等。一般而言，環雙烯類是化性極穩定的殺蟲劑，

在土壤中很安定，也不容易受紫外線破壞。因此被用為土壤殺蟲劑，特別用於防治白蟻及嚙啃樹木根部的昆蟲。

據報告在數十餘年前合成之初，施用於木料上的可氣丹、阿特靈及地特靈，至今仍有防蟻功效，由此可知它們有很長的殘留期，由於殘留期太長，並且可由轉移作用被作物吸收，現在阿特靈類與飛布達、可氣丹都被禁止使用於農作物上。環雙烯類的作用形式與 DDT 和 BHC 相似，也是干擾神經系統而致神經傳導作用不正常。

4、多氯松烯類(Polychloroterpene)：

這類殺蟲劑使用最多的是毒殺芬(Toxaphene)，是將由松樹提煉出的炊烯(Camphene)氯化而成，對昆蟲的毒性不高，因此常與其他農藥混合製成產品。它在土壤及哺乳類體內分解速度較其他有機氯劑為快，雖然對昆蟲毒性並不很高，但對魚類的毒性很高，約和環雙烯類相同。在昆蟲上作用形式亦與環雙烯類相似，干擾神經系統的正常傳導。

(二) 有機磷劑

由於有機氯劑化性穩定，殘留期長，造成環境污染，因而促成易被分解的有機磷劑的發展。有機磷劑的基本結構是磷酸，祇是與磷原子相連的 O、S、C、N 有不同的組合，而有六種不同名稱：Phosphate、Phosphonate、Phosphorothioate、Phosphorothiolate、Phosphorodithioate 和 Phosphoroamidate。有機磷劑的作用形式，乃是和神經系統中重要的酵素乙酸膽酯酶結合，而使得神經間隙中傳導訊號的乙酸膽酯不斷累積，造成隨意肌急劇的痙攣，終至麻痺。這種情形對呼吸系統的正常功能影響最大，因此有機磷劑急性的中毒有窒息的現象。

依照與磷酸結合的碳氫團的結構不同，有機磷劑可分為下面三類：

1、直鏈式的衍生物：

碳的結合成直鏈式，這類衍生物有下列四種：

(1) 馬拉松(Malathion)：它是最安全的有機磷劑之一，對人畜的毒性都較小。

(2) 二氯松(DDVP)：易揮發，具有薰蒸劑的性質。

(3) 美文松(Mevinphos)：毒性較強，但極易分解，24 小時內完全

消失，所以在蔬菜採收的前一天也可施用。

(4) 大滅松(Dimethoate)、二硫松(Disyston)：都具有較好的水溶性，在植物體內有移轉的情形，為植物體系統性殺蟲劑，可以施用於土壤，轉移到莖、葉，以防治吸汁性的昆蟲。

2、酚的衍生物：

這類有機磷劑結構中帶有苯環，它的化性較直鏈式為穩定，因此殘留期也長些，此類農藥中最常用的有下列三種：

(1) 乙基巴拉松(Ethyl parathion)：毒性強，殺蟲效力大，適用範圍廣，常稱為巴拉松，對人畜亦有劇毒。

(2) 甲基巴拉松(Methyl parathion)：性質與乙基巴拉松相似，而毒性較前者為低。

(3) 樂本松(Gardona)：是一種對人畜毒性較低的有機磷劑，可用以防治積穀害蟲。

3、雜環衍生物：

這類有機磷劑所帶環狀結構除碳原子外，尚有 N 或 S 等，殘效期較前兩類長。此類農藥中，最常用的有下列三種：

(1) 大利松(Diazinon)：對人畜的毒性較巴拉松為低，然而對魚及蜜蜂的毒性極高，對害蟲防治效力強，且適用範圍亦廣，甚至可用於家庭中。

(2) 谷速松(Guthion)：對人畜毒性較大，許多國家規定須領執照者方能使用，可用於棉田害蟲及水稻害蟲防治。

(3) 陶斯松(Dursban)：具有揮發性，故葉面殘效作用短，宜用於土壤表面，適用範圍廣，可以撲殺蔬菜、積穀害蟲，因其對人畜毒性低，還可用於衛生害蟲防治。

4、其他

(1) 達馬松(methamidophos)：為廣效性有機磷殺蟲劑，易溶於水，對高等動物毒性強，對魚類毒性低，對蜜蜂、禽類及其他野生動物毒性高。對害蟲具有觸殺、胃毒內吸及一定之薰蒸作用，對多種咀嚼式口器和刺吸式口器害蟲有效，對害 還有殺卵作用。

(2) 亞素靈(monocrotophos)：為廣效性殺蟲劑，對高等動物毒性強，對魚類毒性較低，對蝦類毒性高，對蜜蜂毒性高，對刺吸式及咀嚼式口器害蟲均有效，兼具殺卵作用。在中性及酸性條件下穩定，在鹼性條件下易分解。

(三) 氨基甲酸鹽類

此類殺蟲劑，在 1955 年以後才被使用。是氨基甲酸的衍生物，它的作用形式與有機磷劑相似，也是抑制乙酸膽酯的作用，而使神經系統的傳遞作用失常，此類殺蟲劑常用的有下列三種：

1、加保利(Carbaryl)：

為最早使用成功之氨基甲酸鹽殺蟲劑，它對哺乳類毒性低，而防治對象廣，可用於水稻及果樹害蟲的防治。

2、加保扶(Carbofuran)：

為植物體系統性殺蟲劑，在水中的溶解度較高，施用於土壤可轉移至根、葉。所防治的對象廣，如各種蔬菜、果樹、水稻的害蟲，是目前使用量甚大的一種農藥。

3、得滅克(Temik)：

亦為植物體系統性殺蟲劑，對大多數的害蟲、線蟲、類有效，土壤處理在 24 小時內可為植物吸收到莖葉。由於毒性太高，現已禁用。

(四) 薰蒸劑

用做薰蒸劑的都是一些小分子有機化合物，它們常較空氣為重，並且帶有一個或數個鹵族元素，具有很強的穿透性，達於目標上。薰蒸劑有麻醉作用，會使動物麻痺，失去知覺。通常用於建築物、倉庫、土壤、溫室及乾燥包裝物上病蟲害防治。由於薰蒸劑對人畜皆有毒性，所以使用藥劑後，必須避免接近使用地點，常用的有下列三種：

1、溴化甲烷：可做為土壤薰蒸劑及倉庫薰蒸劑。

2、好達勝(Phostoxin)：主要成分為磷化鋁，吸收水分後產生的磷化氫(PH₃)對人畜及昆蟲皆有劇毒，是穀物倉庫最常用的殺蟲劑。

3、氯化苦：對人畜的毒性很強，並有刺激臭及催淚性，所以有時加於其他薰蒸劑內作為警告用。且常用於洋菇堆肥及覆土之處理。

(五) 植物性殺蟲劑

這類殺蟲劑乃是除硫黃粉外最早為人們使用的農藥，有下列三種：

1、尼古丁(Nicotine)：

1690 年就有人噴洒菸草抽出物於植物體上防治害蟲，其中有效成分為尼古丁，此類化合物與神經系統中訊號傳遞物質乙酸膽酯相似，因此中毒時造成顫慄、抽筋、衰竭而死。可用於柑桔、蘋果等果樹害蟲的防治。

2、除蟲菊精(Pyrethrines)：

從菊科植物中抽取出來，乃是四種化合物的混合體，包括除蟲菊素 I、II 與瓜葉除蟲菊素 I、II，對人畜毒性低。它的作用形式是使昆蟲麻痺而昏迷，受到刺激的器官究竟是肌肉抑或神經，尚未明瞭，如果和協力劑作用更增加此效力。它常與其他殺蟲劑混合使用，由於它造成昆蟲很快昏迷而使其他藥劑得以發揮毒殺效果。除蟲菊精遇陽光及空氣極易分解，殘效期短，因對人畜毒性低，故為理想的家庭衛生用殺蟲劑。

3、魚藤精(Rotenone)：

最早是由毒魚藤中分離出來，是一種多環化合物，至今已發現有數十種植物中含此成分，它對多數昆蟲皆具有毒性。它的作用形式乃是抑制氧化磷酸化反應，使得受擊生物體內能量合成(ATP)發生困難而中毒。魚藤精對魚類有很高的毒性，故使用時切記勿污染水源，為害養殖魚業。但這種性質也可利用為養殖魚業開始時清理池塘之用。它可用以防治果樹、蔬菜及水稻害蟲，然而在動物毒性試驗中發現有不良的反應，美國環境保護局已頒令禁用。

(六) 合成除蟲菊精

天然的除蟲菊素因為價格較高，以及在陽光下容易分解，不適宜在農業上使用。最近，有合成的除蟲菊素發展出來，在日光下雖穩定，在土壤中卻容易分解，故不致污染環境。低濃度使用，即能對昆蟲有高度的毒性，而對人畜卻相當安全，例如百滅寧 Permethrin，對昆蟲的毒性比 DDT 高 100 倍以上，防治鱗翅類幼蟲、蚊、蠅、蚜蟲和浮塵子十分有效。

(七) 有機錫劑

這是一類新發展的殺蟲劑，也可當殺菌劑用。它們的作用形式乃是抑制氧化磷酸化作用，因而阻礙 ATP 的形成，尤其在體內，這種反應是致死的主因。如錫丹(Plictran)，對類的成蟲、幼蟲皆有效，且具長效性，亦可用於銹蟬的防治。有機錫劑在本國已被禁止使用。

(八) 有機硫劑

這類殺蟲劑結構上和 DDT 相似，都有二個苯環，所不同的是連接二個苯環的 C 為 S 所取代。硫粉在溫度高時成為硫蒸氣，是很好的殺蟲劑，這種有機硫的殺蟲效果更為卓著，它們對卵、幼蟲、成蟲都有相同的效力，但對其他昆蟲的毒殺效果低。如得脫 (Tetradifon)。

(九) Fermamazines

這是一類有發展潛力的殺蟲劑，它們有 amidine 基(-N=C-N<)的共通結構，對許多蛾類的卵及幼蟲皆有效，對昆蟲各齡期也具同樣效力。它可能的作用形式是抑制昆蟲體內單氨基氧化酵素(Monoamine oxidase)的作用，造成與乙酸膽脂(神經系統訊號傳遞物質)有相同功能的 Biogenic amine 累積，因此產生傷害。由於這種作用形式不同於有機磷劑和氨基甲酸鹽類，故可應付對有機磷劑及氨基甲酸鹽類產生抗藥性的昆蟲，屬於此類的藥劑有氯豐達 (Fundal)、三亞 (Amitraz) 等。

(十) 無機鹽類殺蟲劑

含砷、汞、硼、錒、矽、氟的無機化合物中，常有具殺蟲效力而被用作殺蟲劑的，例如：

1、砷化合物：

為此類化合物中使用最多的，有三價亞砷酸鹽和五價的砷酸鹽，是胃毒劑。昆蟲由於攝食這類殺蟲劑而致死，它的作用乃是砷酸或亞砷酸離子，取代磷酸根在細胞內的氧化磷酸化反應，干擾了能量的形成。另外為砷酸離子抑制細胞內帶有-SH 根的酵素，而兩者(砷酸離子和亞砷酸離子)都使細胞內的蛋白質變性。

這類砷劑中，最早的有巴黎綠(亞砷酸銅)，以後有砷酸鉛、砷酸鈣、砷酸鐵、砷酸鹽，而以砷酸鉛用得最廣。

2、氟化合物：

這類殺蟲劑，常用於倉庫或房舍內，以毒殺蟑螂，亦使用於農業上。它的作用形式是和細胞內帶有鈣、鎂等金屬離子的酵素結合，而使這些酵素失去功能，例如 NaF、BaSiF₆、NaAlF₆ 都屬於此類。

(十一) 微生物殺蟲劑

是利用可對昆蟲體造成病害的微生物，以撲滅昆蟲。例如蘇力菌

(*Bacillus thuringiensis*)的孢子被昆蟲攝食後，能分泌數種化合物傷害幼蟲的腸壁而進入蟲體，而細菌本身能分泌數種大分子的蛋白質使消化道麻痺。這類微生物製成的殺蟲劑，常用來撲滅蔬菜、花卉及其他觀賞植物的害蟲。另外自紫苜蓿尺蠖上分離的NPV病毒，對多種蔬菜、煙草、棉花上的害蟲有致死作用，敏感的昆蟲幼蟲食入此病毒後，病毒可在體細胞內繁殖，而妨礙細胞之正常機能作用，導致蟲體在數日內液化死亡。

目前多種昆蟲病原菌已陸續被發現，因恐對人類造成意外的病害，故有關這類試驗均十分謹慎、緩慢。但此類殺蟲劑的防治對象較具專一性，對環境的破壞較少，故有很大的發展性。

(十二) 幾丁質合成抑制劑(chitin-synthesis inhibitor)

此類藥劑抑止幾丁質合成，致使昆蟲和類不能正常脫皮而死亡，為一具特異性的殺蟲、殺劑。此類藥劑主要是胃毒作用，有一定之觸殺活性，無內吸性，作用機制是干擾幼、若蟲及卵內胚胎發育過程中幾丁質之合成，使幼、若蟲不能脫皮而死亡，使卵不能孵化，不能殺死成蟲。

二、殺線蟲劑

線蟲生長於土壤或水中，它們的存在，常對作物造成很大的傷害。如線蟲對作物造成傷口，提供土壤中之病原菌入侵的機會，導致作物染病。又線蟲本身侵噬根部，阻礙養分和水分吸收與運輸，造成作物生長障礙。由於線蟲具有不可滲透的角質作為保護，所以藥劑必須有很好的穿透性才能達到防治的目的。

殺線蟲劑可分為鹵化烴類、有機磷劑、異硫氫化合物，氨基甲酸鹽四類。一般最常用的是土壤薰蒸劑型式，其中大部分是揮發性的鹵化烴類，它們有很高的蒸氣壓，能夠擴散於土壤中和線蟲接觸。茲將各類殺線蟲劑簡述如下：

(一) 鹵化烴類

作用形式乃由於具有脂溶性而得以進入線蟲神經系統，使之麻醉而死。此類殺蟲劑有下列三種：

1、滴滴(DD)：

二氯丙烷和二氯丙烯的混合物。滴滴和二溴乙烷(EDB)都可在種植前數天灌注入土中，可殺死線蟲、卵及其他土壤中的昆蟲。因具致癌性，已被禁用。

2、二溴氯丙烷(DBCP)：

常製成濃縮劑或粒劑，用於多種果樹及蔬菜園，和其他薰蒸劑比較，對作物的藥害小，故可於種植後使用。但自 1977 年報告它可造成男性不孕症後，如今在美國使用 DBCP 已受限制，本國也已禁用。

3、溴化甲烷：

效力強大的薰蒸劑，但是對作物的藥害亦大，所以規定於種植前二週使用。由於本藥劑對對臭氧層極具破壞性，未來即將禁用。

(二) 有機磷劑

線蟲的神經構造，雖較昆蟲簡單，但對有機磷劑作用後引起的反應，則頗類似。只是大部分有機磷劑，在土壤中迅速被分解，僅少數具有系統性者對線蟲有效，例如：普伏松(Mocap)、二硫松(Disyston)、地密(Thimet)等。

(三) 異硫氰化合物

屬於這類的殺線蟲劑有三種，它們通常還具有殺菌及殺草的作用，必須在種植前處理土壤。常用的三種是斯美地(SMDC, Vapam)、DMTT、滴滴滅(MIT)，前兩種在土壤中的代謝物皆為滴滴滅。它毒殺線蟲的作用形式，為干擾細胞的呼吸及新陳代謝作用。

(四) 氨基甲酸鹽類

屬於此類的殺蟲劑中，僅少數具系統性，也可用做殺線蟲劑，例如：

1、得滅克：

固體形式為粒劑，可於種植時或在作物生長期混拌入土壤，因其水溶性，可為根部吸收而轉移至植物體，兼具殺蟲及殺線蟲的效果。

2、加保扶：

為最近發展的系統性殺蟲兼殺線蟲劑之強效藥劑，殘留期較短，可用於牧草及蔬菜上。

三、除草劑

由於農業勞動力的缺乏，除草的工作已非人力負擔得起，所以除草劑的使用，日甚一日，除草劑和其他農藥及肥料一樣，在農業增產上，扮演重要的角色。另外，除草劑還用於工業區、道路、鐵軌或溝渠處，以避免因植物的蔓延而妨礙正常的運輸。

除草劑因性質及使用方式有不同的分類：

(一) 依性質分類

1、選擇性及非選擇性除草劑：前者指能撲殺野草，而對於作物生長無害，後者則指對所有的植物都有清除性的。但非選擇性殺草劑，在適當的使用方法下，也可以成為具有選擇性的作用。

2、接觸性和轉移性除草劑：接觸性除草劑是指它對雜草的毒害作用發生於接觸部位，這類除草劑主要對一年生雜草有效，為達到防治的目的，施用時必須完全覆蓋雜草全株。轉移性的除草劑，無論被根或地上部分吸收，均可於植物體內運行而轉移至作用點，適用於各類型的雜草，對多年生雜草尤其有效，只要均勻噴施即可。

(二) 依施用時間分類

1、種植前施用：是指在作物種植前數天或數週使用，此類除草劑通常對作物亦產生藥害。

2、萌發前施用：是指在雜草或作物種子萌芽前施用。

3、萌發後施用：是指在作物或雜草萌芽後才施用的。

(三) 依施用形式分類

除草劑之施用形式可分為四種：

1、條施：施用於植株行間或行上。

2、面施：施用於整個耕作地區。

3、點施：施用於野草叢生處。

4、直接噴洒：噴灑於雜草上或地面，以避免傷及作物。

(四) 依化學結構分類

1、無機殺草劑：

最早使用於雜草防除的化合物是無機化合物。

(1) 砷化合物：三價的砷酸離子抑制細胞內含有-SH 根的酵素作用，並干擾氧化磷酸化反應。

(2) 硫酸鹽和銨鹽：如 $\text{NH}_4\text{SO}_3\text{NH}_2$ 、 NH_4SCN 、硝酸銨(NH_4NO_3)、硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)、硫酸鐵($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2$)及硫酸銅(CuSO_4)等，一般施用量均極大，作用形式為自液泡中吸取水分導致胞液流出，雜草因脫水而死。

(3) 硼酸鹽類：例如 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ，它們的效力依化合物中硼或硼酸所佔的比例而定。施用後被植物吸收而轉移到地上部，並累積於繁殖體中，可施用於工業區或鐵軌等不欲植物生長的地區。

(4) 氯酸鈉：大量使用(如 45~90 公斤/公畝)可保持施用地區寸草不生，少量使用可作脫葉劑，但因此藥劑易燃，故配成的劑型中須含有防燃物質。它的作用形式與硫酸鹽及銨鹽相同。

目前，雖有少數無機除草劑被用於防除灌木中之叢生雜草，然大多數已被有機除草劑所取代。主要因無機除草劑的殘留期很長，易造成環境的污染。

2、有機殺草劑：

(1) 石油蒸餾物：此為最早被使用的有機除草劑，均為長鏈結構中有 N、S 原子的碳氫化合物的混合物，為良好的接觸性除草劑，可將所有的植物殺光。作用的形式乃是滲透入植物體破壞細胞膜，常用者有煤油、柴油、汽油等，做點狀施用，然而對於環境的污染大，應有限制使用。

(2) 有機砷劑：此類化合物廣被使用為殺草劑，乃五價砷 arsonic acid 及 arsinic acid 的衍生物，它們對哺乳類的毒性低於無機砷。通常為結晶固體，頗溶於水，具有轉移性。可用於有根莖及塊莖結構的雜草的防除，對菅茅及強生草十分有效，使用時常用點施。

(3) 苯氧基酸系除草劑：這類除草劑中，最為大家所熟悉的是 2,4-D 及 2,4,5-T。它們的作用與植物的生長荷爾蒙(auxins)有些相似，影響細胞分裂，促進磷酸新陳代謝，改變核酸的新陳代謝，造成不正常的生理狀態。它們的除草力是有選擇性的，對闊葉雜草特別有效，並且在植物體內有轉移性。最近發現 2,4,5-T 成品中含有的不純物四氯二氧芥(tetrachlorodioxine)是一種極毒的物質，因而對它的成品品質須加嚴格管制，新的合成過程，已使不純物的含量，降低至可接受的程度。

(4) 醯胺系除草劑：這類除草劑的分子中帶有醯胺的結構。同一類化合物對防治對象有不同的作用形式及作用點。有的必須施用於土壤，作用於種子及根系，有的只能用於葉部噴灑，所以均為具選擇性的除草劑。常用者有下列數種：

a、大芬滅(Diphenamid)：必須於萌前施用，因為它所影響的是種子萌發作用，已長成的植物則不受影響，對一年生的禾本科雜草及闊葉雜草有效。

b、除草寧(Propanil)：因在土壤中很快分解而失去效力、必須萌發後於葉部噴洒，影響光合作用及阻礙細胞分裂，對禾本科無藥害，對闊葉雜草具有殺草力。

c、馬上除 (Machete)：可於雜草萌前或萌後使用，具有選擇性。其殺草作用可能是阻礙蛋白質的合成。對一年生禾本科雜草、闊葉雜草及水生雜草皆有效。

(5) 二硝基苯胺系除草劑：常用的有下列二種：

a、三福林(Trifluralin)：為有效的萌前除草劑，溶解度低，減少自施用點漏失或轉移。其作用的形式為抑制酵素的合成及氧化磷酸化反應，對一年生禾本科和闊葉性剛發芽的雜草有效。

b、倍尼芬 (Benfen)：也是萌芽前處理於土壤的除草劑，殺草作用與三福林相同，防治對象也是一年生禾本科及闊葉雜草。

(6) 尿素系除草劑：即尿素的氫原子，被不同的鏈狀或環狀碳氫結構所取代。它們通常為具選擇性、萌前處理於土壤的除草劑，吸附於土壤後為根部所吸收，可抑制防治對象的光合作用。例如：達有龍(Diuron)對旱地一年生雜草有效，多年生宿根性雜草無效。

(7) 氨基甲酸鹽系除草劑：此類藥劑的生理性質極為活潑，可作為殺蟲劑、殺菌劑及除草劑，在除草劑中主要為選擇性萌前處理藥劑，但部份用於萌後處理也極為有效。它們的作用形式，為使目標植物組織中蛋白質合成停止、染色體縮短，而後植株生長停頓。此外硫代氨基甲酸鹽亦屬於此類。此類除草劑亦具選擇性，多被使用於作物田中，由於他們的揮發性強，所以施用後要加以覆土。

a. 殺丹(Saturn)：具有轉移性，土壤處理效果較佳，可促使已萌發二葉以下的稗草枯死，葉片超過二葉以上時，藥劑可經由根及幼芽吸收移行於植物體內，引起生長抑制。對稗草、貓毛草及一年生雜草有效，但對雜草種子無效，常用於水稻田。

b. 萬能(Vernam)：為選擇性的除草劑，由作物(如大豆、花生)根部吸收，轉移至莖及葉部，很快就分解為二氧化碳(CO₂)，然而防治對象的雜草則無此解毒能力，對一年生雜草及多數闊葉雜草均有效。

(8) 含氮雜環系除草劑：使用最多的為 Triazines，乃含三個氮(N)原子的六原子環類。它們是強力的光合作用抑制劑，因為不同的植物對不同結構 Triazines 的分解能力相異，而使他們的殺草能力具有選擇性，例如：

a、草脫淨(Atrazine)：具有轉移性，對雜草尤其是禾本科雜草效力更強，能自根及莖葉部吸收，使雜草黃化萎凋而死。土壤處理時，雜草發芽時經幼根吸收而抑制發芽。發芽的幼草感受性高，成長的雜草及多年生深根性雜草效果差。

b、草滅淨(Simazine)：與草脫淨作用相近似，無速效性而較具持久性，莖、葉處理無效，土壤處理對發芽後的一年生雜草有效。

另外含氮雜環系中還有 Triazole 是五原子環，其中三個為 N 原子，如：

c、Amitrole：作用形式與 Triazole 相同，乃抑制光合作用。具有轉移性，可在萌前、萌後施用，萌後施用需避免傷及作物，對部份多年生草有效。

(9) 有機酸系除草劑：

a、得拉本(Dalapon)：具選擇性及轉移性，對一年生及多年生禾本科雜草有效，尤其對狗牙根效力很大，但對闊葉雜草無效。作用形式乃是使細胞內的蛋白質沉澱而死亡，由於對禾本科的特效，故不宜施用於禾穀類及麥類作物田中。

b、畢克爛(Picloram)：亦有將其歸於含氮雜環類，但因其為 Pyridine 的衍生物。在植物體內具有轉移性，對闊葉雜草及灌木均具殺除的效果，而大多數的禾本科雜草均具有抗性，因此可用於禾本科作物田中控制闊葉雜草，現多用於造林地、台灣野芭蕉的防治。作用形式為影響核酸合成與新陳代謝，進而影響蛋白質與酵素的合成，少量時可做為植物生長調節劑使用。

(10) 苯甲酸系除草劑：為苯氧基系以外對植物具有荷爾蒙作用的除草劑。它們的作用形式尚未完全明瞭，可能和 2,4-D 一樣，干擾核酸的新陳代謝作用，而造成不正常的生理狀態。例如：克爛本(Chloramben)，為萌前土

壤處理效果良好，對旱地一年生闊葉雜草及禾本科雜草皆有效，在土壤中殘效期長。

(11) 酚系除草劑：這類化合物對人畜的毒性很高，在殺草效果方面，它是屬於非選擇性葉部施用型。例如：

a、達諾殺(Dinoscb)：為接觸性除草劑，無選擇性，對一年生雜草有效，對多年生雜草則僅除去地上部分。因對植物具高毒性，施用時避免噴及作物，可施用於果園。作用形式為影響植物的呼吸作用，並且對蛋白質有凝結作用。由於達諾殺具致畸胎性，已被禁用。

b、五氯酚(PCP)：也是接觸型、無選擇性除草劑，莖、葉處理則破壞細胞，呈強力的速效除草作用，對種子發芽有強毒性，土壤處理後則種子不能發芽，發芽後的幼株也會枯死。作用形式為綜合蛋白質沉澱、脫水、胞液滲漏等。對水田一年生及多年生任何雜草皆有強力效果，但對魚的毒性甚高，養魚地區應禁止使用。對貓毛草及旱地多年生雜草無效。由於其不純物具有致癌性，已被禁用。

(12) 系除草劑：乃是含有 $-C\equiv N$ 根的有機化合物，它們可以抑制禾本科雜草及闊葉雜草，殺草的作用形式很廣，包括抑制種子萌發、組織生長及光合作用等。此類化合物能迅速穿透到植物體並釋放出有毒的 $-C\equiv N$ 根，為速效性除草劑。例如：二氯苯 (Dichlobenil)，主要由根部吸收向上移行至地上部，所以藥劑與土壤混合後灌水之效力大，種植前使用，對大部分水田雜草均有效。

(13) 聯吡啶系除草劑：結構上乃是二個吡啶環(Pyridylring)相連，例如：巴拉刈(Paraquat)，是接觸性除草劑，無選擇性。它的作用形式為迅速破壞植物組織，由於細胞膜被破壞，胞液滲漏，防治對象出現如霜害之為害狀。本劑亦可抑制光合作用，所以在陽光下的效力較黑暗中為佳。葉、莖處理效果強且速效性，但施藥後再生的雜草，則無法致死，可用於處理果園及插秧前本田雜草。

(14) 聯苯醚系除草劑：二個苯環以氧原子相接，屬於醚系，亦為目前常用的農業用除草劑，例如：護谷(TOK)，是接觸性除草劑，無選擇性，而觸殺的效果很大，對一年生禾本科雜草及闊葉雜草有效，但對已長成的雜草效果較差，可以在雜草初萌後作表土處理效果較佳。對稗仔、貓毛草、學菜等

殺除效果甚佳，可用於水田及旱地雜草的清除。

(15) 其他除草劑：

a. 溴化甲烷：作為土壤薰蒸用時，除有殺線蟲的效果外，並能殺滅土壤中的雜草種子。

b. 樂滅草(Ronstar)：為具選擇性除草劑，可自幼芽及根部吸收，對一年生禾本科及闊葉雜草有效，殘效性長，但對石竹科雜草無效，可於雜草萌前或萌後處理，常用於水稻田及果園之除草。

c. Endothall、Acrolein：兩種均為水生雜草除草劑，均具有專一選擇性，不危害水中魚類，對環境保護而言，是理想的農藥。如果魚塘、河泊中雜草蔓生，影響魚類生長，則可以用點狀施布。具催淚性，使用時需格外小心。

四、殺菌劑

植物病害主要由真菌和細菌等菌引起，由於病原菌菌體多存活於作物體內，或部份菌體覆蓋於植株表面，一般而言，植物病害的防治，較蟲害更為困難，同時藥物防治常易傷害到作物本身，並且作物生長期內，病原菌可繁殖十數甚至數十世代，非連續施藥無法達到防治效果。當發病盛期或環境預測利於發病時，病徵尚未出現時，則需進行預防性施用殺菌劑，尤以作物之經濟價值取決於外觀時，預防性之施藥更為重要。

目前使用的殺菌劑約有 150 種之多，其中大部分為有機化合物，作用機能可分為預防劑及治療劑。病徵尚未出現時施用，以抑制病原菌孢子發芽、菌絲穿透入植物組織，保護作物免於病原菌感染者，稱為預防劑；至於罹病後施用，利用藥劑之毒性，抑制其生長、繁殖或殺滅病原菌，而降低病害之擴展者，稱為治療劑。然而二者均需重複地施藥，以覆蓋作物新長出的部位，並補充因沖刷而不足的藥量外，由於目前祇有少數新的殺菌劑是系統性的，其他非系統性殺菌劑均無法在作物體內轉移，因此均勻、完全的覆蓋全株為殺菌劑藥效發揮之關鍵要素。至於施用的方法，可用撒粉式或噴霧式，但以噴霧式為佳。

一般農業上使用的殺菌劑，包括無機及有機殺菌劑兩類，茲分述如下：

(一) 無機殺菌劑

1、硫：

是最早使用的殺菌劑，至今仍常被使用。一般以硫元素的形式使用，但呈不同劑型，分別為粉劑、膠狀劑及可濕性粉劑等三種。微生物和硫粉接觸，硫元素進入細胞內之電子傳遞系統，被還原成硫化氫，而與多種蛋白質結合，造成傷害而致死，當溫度高達 25°C 時，硫粉還有薰蒸的效用。

2、銅劑：

多種無機銅鹽類均有殺菌作用，其中最著名的為波爾多液，它是硫酸銅和石灰的混合物，在微生物細胞內和帶有-SH 根的酵素蛋白質結合，使酵素失去效能，另外它在植物體上形成一層藥膜，阻止病原菌孢子發芽，祇是與酵素蛋白質的結合效果甚弱，因此須在發病前施用，作為預防劑。

由於銅離子對所有的植物細胞都會造成傷害，所以使用的藥量須要控制得宜。而且銅是植物生長所須的微量元素之一，可能因多量施用而產生生理性的營養失調或藥害，亦可能因長期使用而容易造成土壤內累積，導致藥害及土壤污染，使用時不可不慎。

3、汞劑：

二價的汞離子，對所有的細胞均具毒性，以殺菌作用而言，效力極強，和細胞內帶有鐵(Fe)及-SH 根的酵素結合，使其失去功能，但由於對哺乳動物的毒性高，以及在環境中的轉移累積而破壞生態，已被禁用。

(二) 有機殺菌劑

近 30 年來有機殺菌劑逐漸取代毒性大、且選擇性低的無機殺菌劑，合成的有機殺菌劑的優點為效力強(故用藥量少)、藥效長，對動物、作物及環境較安全。

1、有機硫黃劑：

大多在 1930-1940 年代發明的，至今它們的使用量依舊最多。這類化合物分解生成異硫氰根(-N=C=S)，與組成蛋白質的氨基酸分子上的-SH 作用，致`使蛋白質失去功能，另外重金屬元素部分在細胞內與酵素蛋白質產生契合作用(Chelation) 也促進殺菌效力。例如：

(1) 富爾邦(Ferbam)：保護性殺菌劑，能防治多種水果、瓜類及蔬菜的病害，藥害少，較遲效性，在空氣中易吸溼分解，減低藥效。

(2) 錳乃浦(Maneb)：具強力的保護作用，殺菌力亦強，常用於防

治銹病、炭疽病、疫病及其他各種病害，廣泛用於多種果樹、蔬菜上，且對缺錳作物有益處。

(3) 鋅乃浦(Zineb)：亦為強力保護性殺菌劑，藥害小，防治對象與錳乃浦相似。

2、苯的衍生物：

此類化合物殺菌的作用形式有多種，一般而言，它們可降低真菌的生長速率及孢子發芽，其機制可能是和細胞內分子上的-NH及-SH根結合，例如：

(1) 四氯異苯（大克寧 Daconil）：防治對象廣泛、施用於葉部，多用於防治果樹及蔬菜病害，具耐雨性，殘效性長，主要為保護作用。

(2) 五氯硝苯(PCNB)：為土壤殺菌及種子消毒劑，具選擇性，揮發性低，持續效果大，對十字花科根瘤病有特效，土壤處理殘效性長，粘重土壤應用極大量，但因具致腫瘤性，已被禁用。

3、Benzimidazole 類殺菌劑：

(1) 免賴得(Benomyl)：系統性殺菌劑，防治的病害範圍很廣，包括瓜類白粉病、水稻稻熱病、紋枯病及各種果樹病害，可用於種子、土壤及莖葉處理，並可以果實及苗木根部浸漬。它的作用形式為干擾核酸的合成，致使病菌的孢子萌發、細胞繁殖及生長無法正常進行。主要劑型為可濕性粉劑，混合劑有硫免賴得。

(2) 貝芬替(Carbendazim)：系統性殺菌劑，具治療及預防作用，可由葉部或根部吸收向上運輸。其作用機制為抑制 Beta-tubulin 的合成。推薦用於防治葡萄黑痘病、甘蔗葉枯病、菊花莖腐病、菸草白星病...等。主要劑型為可濕性粉劑。

(3) 腐絕(Thiabendazole)：推薦用於防治水稻消毒、梨輪紋病、香蕉軸腐病...等。成品劑型有可濕性粉劑、水懸劑，混合劑有菲克利腐絕、腐絕快得寧、銅合腐絕。

4、含氮雜環類(Dicarboximides)：

這類化合物的化學結構上之-S-CCl₃部分為致真菌毒素，因此它對真菌的毒性並無專一性，適用的病害種類極廣，並且作用形式不只一種。對於

病原菌的傷害，因可能是抑制細胞內含-SH 根的氨基酸及酵素的合成，屬這類的殺菌劑有：

(1) 蓋普丹(Captan)：為預防及治療劑，廣泛用於莖葉撒布、土壤消毒及種子處理及收穫後的浸漬或撒布，可用於防治果樹、蔬菜病害。由於其具致腫瘤之特性，臺灣已禁止使用。

(2) 四氯丹(Difolatan)：為葉面撒布之保護性殺菌劑，耐濕、耐雨性大，殘效性比較長，具滲透移行性。為增強效果，可加入展著劑以增強殘效性。常用於果樹病害防治，工業上用為木材製品腐爛真菌的預防。臺灣已禁止使用。

(3) 福爾培(Folpet)：為保護性殺菌劑，可用於莖葉撒布及土壤處理，對柑桔瘡痂病有特效，果樹、蔬菜、花卉亦適用，工業上用為製膠、紡織、塗料及紙類的殺菌劑。臺灣已禁止使用。

(4) 克氯得(Chlozolate)：接觸性殺菌劑，具治療及預防效果，其作用機制在於粒線體膜上脂質的過氧化作用。推薦於草莓灰黴病的防治。主要劑型為可濕性粉劑。

(5) 免克寧(Vinclozolin)：非系統性保護劑，作用為預防孢子萌芽，推薦於草莓灰黴病、唐菖蒲灰黴病...的防治。主要劑型為水分散性粒劑。

(6) 依普同(Iprodione)：接觸性殺菌劑，具治療及預防效果，其作用機制為抑制孢子萌芽及菌絲生長。推薦於草莓灰黴病、梨黑斑病、蔥紫斑病、菸草赤星病...的防治。成品劑型有水懸劑、可濕性粉劑。

(7) 撲滅寧(Procymidone)：系統性殺菌劑，可經由根部吸收移行至葉部及花，具治療及預防效果，其作用機制為抑制菌之甘油三酸酯的合成。推薦於草莓灰黴病、唐菖蒲灰黴病、唐菖蒲赤斑病、胡瓜白粉病、洋香瓜蔓枯病、梨黑斑病...的防治。主要劑型為可濕性粉劑。

5、二硝基酚類：

這類化合物中部份可作為殺蟲劑和除草劑用，它們的作用形式都相同，乃干擾細胞內氧化磷酸化作用，而使能量無法合成而造成傷害。例如：白粉克(Dinocap)，對白粉病有特效，因為此種病菌的孢子在無水情況下仍可萌芽，而白粉克以蒸氣相作用於其上，故可加以抑制。

6、有機錫劑：

三苯錫 (Duter)：作用形式為阻礙細胞內的氧化磷酸化作用，對在來稻熱病效果特優，然而濃度過高易生藥害，須特別注意。

7、有機磷劑：

(1) 喜樂松(Kitazin)：為防治稻熱病的有機磷殺菌劑，兼有微弱的殺蟲效力，能抑制孢子形成及菌絲生長。保護效果佳而治療效果較差，毒性低，可做空撒布用，藥害亦小。

(2) 普得松(Plondrel)：對白粉病的效果佳，具預防及治療作用，可用於花卉白粉病及一些果樹病害防治。

8、Acylalanine 類殺菌劑：

(1) 本達樂(Benalaxyl)：系統性殺菌劑，具治療及預防效果，為RNA-polymerase 之抑制劑，其作用為抑制孢子萌芽、菌絲生長及分生孢子柄的生成。推薦於育苗箱秧苗立枯病、番茄苗立枯病...等的防治。成品劑型有粒劑、可濕性粉劑，混合劑有銅本達樂、鋅錳本達樂。

(2) 滅達樂(Metalaxyl)：系統性殺菌劑，具治療及預防效果，可經由葉、莖及根吸收。作用模式為干擾 r-RNA 的合成作用而抑制菌蛋白質的合成。推薦於育苗箱秧苗立枯病、玉米露菌病...等的防治。滅達樂為 DL 型混合成份，目前已有成品將 D 型純化而成為新的農藥 Metalaxyl-M(右滅達樂)。滅達樂成品劑型有溶液、水懸劑及可濕性粉劑，混合劑有快得滅達樂、殺紋滅達樂、鋅錳滅達樂。

9、Azole 類殺菌劑：

此類殺菌劑不易分解，為殘效期長的殺菌劑。其作用機制為抑制細胞膜麥角固醇(Ergosterol)之生物合成，為固醇類脫甲基作用之抑制劑。兼具治療及預防作用，為系統性殺菌劑，可由葉部或根部吸收移行至全株。目前使用廣泛，常見的此類殺菌劑有：

(1) 三泰芬(Triadimefon)：推薦用於防治葡萄白粉病、梨赤星病、胡瓜白粉病、西瓜白粉病...等。主要劑型為可濕性粉劑。

(2) 三泰隆(Triadimenol)：推薦用於防治葡萄白粉病、西瓜白粉病...等。成品劑型有乳劑、可濕性粉劑。

(3) 平克座(Penconazole)：推薦用於防治葡萄白粉病、胡瓜白粉病、洋香瓜白粉病、長豇豆白粉病...等。成品劑型有乳劑、水分散性粒劑。

(4) 溴克座(Bromuconazole)：推薦用於防治椪果白粉病、梨黑星病...等。主要劑型水懸劑。

(5) 環克座(Cyproconazole)：推薦用於防治花生銹病、香蕉葉黑星病...等。主要劑型為溶液。

(6) 易胺座(mibenconazole)：推薦用於防治葡萄黑痘病、梅黑星病、觀賞花卉白銹病...等。主要劑型為可濕性粉劑。

(7) 菲克利(Hexaconazole)：推薦用於防治葡萄白粉病、梨黑星病、胡瓜白粉病、水稻紋枯病...等。成品劑型有乳劑、水懸劑，混合劑有貝芬菲克利、依瑞菲克利、菲克利腐絕。

(8) 待克利(Difenoconazole)：推薦用於防治椪果炭疽病、梨黑星病、西瓜炭疽病、菜豆角斑病、水稻紋枯病...等。成品劑型有乳劑、水分散性粒劑。混合劑有賽普待克利、待普克利。

(9) 達克利(Diniconazole-M)：推薦用於防治葡萄白粉病、梨黑星病、洋香瓜白粉病...等。主要劑型為可濕性粉劑。

(10) 得克利(Tebuconazole)：推薦用於防治落花生銹病、洋香瓜白粉病...等。成品劑型有乳劑、水基乳劑，混合劑有賓得克利。

(11) 普克利(Propiconazole)：推薦用於防治稻胡麻葉枯病、香蕉葉斑病、椪果白粉病...等。主要劑型為乳劑，混合劑有待普克利。

(12) 四克利(Tetraconazole)：推薦用於防治葡萄白粉病、洋香瓜白粉病...等。主要劑型為水基乳劑。

10、Strobilurin 類殺菌劑

(1) 亞托敏(Azoxystrobin)：保護性殺菌劑，可抑制孢子發芽及菌絲生長，其作用機制為阻礙細胞色素 b 與細胞色素 c1 之間的電子傳遞，抑制粒線體的呼吸作用。推薦於花生銹病、葡萄露菌病、胡瓜露菌病、洋香瓜蔓枯病、椪果炭疽病、蓮露炭疽病...等的防治。主要劑型為水懸劑。

(2) 克收欣(Kresoxim-methyl)：兼具治療性及預防性的殺菌劑，主

要作用為抑制孢子萌芽，殘效性長，作用機制為抑制細胞色素 c 還原酵素而阻害粒線體的呼吸作用。臺灣主要推薦於防治葡萄晚腐病、蓮霧炭疽病、檬果炭疽病、梨黑星病及洋香瓜白粉病。成品劑型有水懸劑、水分散性粒劑。

11、抗生素：

抗生素較一般的化學農藥有較高的選擇性及植物系統性，在極低濃度即可抑制微生物的生長。放射性菌屬(Actinomycetes)分泌多種抗生素，尤其是 *Streptomyces griseus*，產生的二種抗生素，效果甚佳。

(1) 鏈黴素(Streptomycin)：可以防治多種細菌性病害，例如蘋果和梨的枯萎病、葉菜類軟腐病以及一些苗木疾病，此外它對部份真菌性病害亦有防治作用。作用形式乃干擾微生物體內蛋白質的合成。

(2) 環黴素(Cycloheximide)：對多種生物具有毒性，包括酵母、真菌、藻類、原生動物、高等植物及哺乳類，因無法滲透入細胞內，故對細菌無害，可以用來防治白粉病、銹病、枯萎病等。因毒性高，所以使用時必須小心，避免中毒及藥害。

12、其他：

(1) 扶吉胺(Fluazimam)：屬 2,6 二硝基苯胺類保護型殺菌劑，作用機制為干擾粒線體之氧化磷酸化作用，略具有治療性及系統性的效果。殘效性長，具耐雨性。推薦於柑桔瘡痂病、梨黑星病及輪紋病的防治。主要劑型為水懸劑。

此外，所謂**系統性殺菌劑**，即指藥劑在植物體內能夠轉移而到達作用的部位。近來發展成功的數種系統性殺菌劑，除了能夠抑止病原菌蔓延，同時具有治療效果，並且因具有系統性，施藥的要求較為簡單，即使未完全覆蓋，亦可達到效果，其中幾種甚至可以施於土壤中，由作物根部吸收，因此殘效性長。

五、殺鼠劑

鼠類始終與人們競爭糧食，尤其在落後地區，糧倉不足，約有 20% 的農產品為鼠類所竊食。由於鼠類分布廣且繁殖快，徹底撲殺極為困難。一般撲殺方法有毒殺、槍殺、設陷阱及薰斃，其中以毒殺效果較佳，且較經濟。由於殺鼠劑防治的對象為鼠類，是哺乳類的一種，生理現象與人類相近，所以使用須特別小心。

(一) 磷劑

近來使用較少，由抗凝血劑所取代。主要為磷化鋅(Zinc phosphide)，對哺乳類、鳥類毒性都很大，作用方式是在鼠類胃中與胃酸作用產生磷化氫毒氣，影響內臟器官肝、腎、心臟等正常生理作用而致死。本劑遇濕易分解失效，故須保持乾燥。毒性強，須由有訓練的技術員指導使用，並將家禽家畜隔離以免誤食而致死。

(二) 抗凝血劑

這類殺鼠劑，毒殺的作用形式是雙重的，一方面，抑制血管中凝血素原的合成，一方面又對微血管造成傷害，以致中毒動物內出血。但必須連續服食數日，方能致死。因此造成人類意外死亡率較低，而殺鼠力是遲效的。

1、殺鼠靈(Warfarin)：

對人畜毒性低，可用於家舍內。野鼠防治則較困難，做成臘米毒餌，效果較佳。通常鼠類對殺鼠靈無忌避性，若不幸產生忌避性時，可改用Fumarin代替，兩種結構相似，作用亦同。

2、得伐鼠(Diphacin)：

它的抗凝血作用與殺鼠靈相似，在鼠類對殺鼠靈產生忌避性之處可應用此劑，通常配成0.0075%餌劑出售。

3、伏滅鼠(Flocoumafen)：

亦為抗凝血作用之殺鼠劑，為0.005%之餌劑，老鼠僅吃一口即可達到致死之劑量，具廣效性，對多種鼠類均有效。用於防治對其他抗凝血劑已產生抗性之鼠類效果亦佳。

(三) 其他殺鼠劑

1、弗拉倒(Fratol)：

為對溫血動物有劇毒性的物質，所以須要由經過訓練的技術人員施用，避免造成對人畜的傷害。此類化合物會破壞心臟及神經系統，引起抽筋麻痺，以致死亡。

2、必滅鼠(Vacor)：

此滅鼠劑只要一次取食極微量，即可於4-8小時內致死，鼠類對此化合物的敏感度較其他動物為高。它的作用形式為抑制菸醯酸(Niacinamide)的新陳代謝，以致中毒的老鼠麻痺窒息而死，用於滅除已對殺鼠靈產生抗性的鼠類，十分有效。

農藥之有效使用

農藥使用正確與否，對防治效果有很大的影響，茲分為幾方面來討論：

一、農藥的劑型

為正確使用農藥，先要了解農藥不同劑型的特性。農藥中有效成分(即造成殺草、殺菌、殺蟲效果的成分)，很少能以本身的型態使用，通常要混合其他物質，才能安全、便利而正確的操作，這些物質稱為惰性成分，有效成分和惰性成分混合即稱為農藥的劑型。某些混合成的劑型可以馬上施用，另外一些在使用前必須用水或有機溶劑稀釋，下面是一些常見的液態與乾燥農藥劑型。

(一) 液態劑型

1、乳劑(EC)：液態均質的農藥劑型，使用時需加水稀釋調和。一般是將水溶性較低的農藥主成分做成乳劑，先將其溶解在有機溶劑中，再加入乳化劑形成油狀的液體，其外觀特徵為透明澄清的液體，加水使用時會產生乳化現象。

2、水基乳劑(EW)：液態非均質的農藥劑型，農藥主成分溶解於有機溶劑中，形成小微滴分散於水中，使用時需加水稀釋調和施用，其外觀為不透明液體。

3、油基乳劑(EO)：液態非均質的農藥劑型，農藥主成分溶解於水中，形成小微滴分散於有機溶劑中，使用時需加水稀釋調和施用，其外觀為不透明液體。

4、水分散性乳劑(DC)：液態均質的農藥劑型，需加水調和使用，加水後於水中形成固態分散的微滴。

5、溶液(SL)：均質液態的農藥劑型，使用時需加水稀釋調和。一般是將水溶性較高的農藥主成分製成溶液，其外觀特徵為透明澄清的液體，使用時加水完全溶解形成真溶液。

6、水懸劑(SC)：農藥主成分形成穩定懸浮的液態劑型，使用時需加水稀釋調和。一般是水溶性較低的農藥主成分，將其研磨成細顆粒後加入增稠劑使其主成分懸浮於水中，其外觀特徵為黏稠不透明液體。

7、膠囊懸著劑(CS)：液態非均質的農藥劑型，農藥主成分做成微膠

囊懸浮於水中，通常使用時需加水稀釋使用。

8、超低容量液劑(UL)：均質液態的農藥劑型，使用時配合超低容量(ULV)噴藥器械施用。

(二) 乾劑型

1、粉劑(DP)：可自由分散的微細粉末，使用時不需加水，直接撒佈施用。

2、可溶性粉劑(SP)：可自由分散的粉末狀劑型，需加水使用，加水後農藥主成分需完全溶解於水中形成真溶液，但可允許有不溶性的惰性物質存在。

3、可濕性粉劑(WP)：可自由分散的粉末狀農藥劑型，需加水使用，一般為水溶性較低的農藥主成分，加水之後農藥主成分分散於水中形成懸浮狀。

4、粒劑(GR)：可自由分散的粒狀結構劑型，依其顆粒大小可分為細粒劑(FG) 300-2500 μm ，大粒劑(GG) 2000-6000 μm ，微粒劑(MG) 100-600 μm 以及膠囊粒劑(CG)。粒劑之釋放速率較慢，因此殘留率亦較高。

5、水溶性粒劑(SG)：顆粒狀劑型，需加水使用，加水後農藥主成分需完全溶解於水中形成真溶液，但可允許有不溶性的惰性物質存在。

6、水分散性粒劑(WG)：顆粒狀劑型，需加水使用，一般為水溶性較低的農藥主成分，加水後顆粒崩解，農藥主成分分散懸浮於水中。

7、片劑(TB)：製作成一定形狀及顆粒大小的固體農藥劑型，一般為圓形平面或凸面片狀，依其使用方法又可分為

(DT)：直接使用不必加水調和。

(ST)：需加水使用，加水後農藥主成分完全溶解形成真溶液。

(WT)：需加水使用，加水後農藥主成分不溶形成懸浮狀。

8、餌劑(RB)：依照引誘目標生物及被食用方式所設計的農藥劑型，依其形狀又可分為 BB、AB、GB、PB 及 SB。

二、施藥方法

(一) 浸漬

將作物的種子、果實或苗株直接浸在農藥溶液中或與農藥粉劑混拌，例如稻種和苗木的消毒，以及香蕉、柑桔等果實在包裝前浸藥，以免運輸貯藏期間的感染。浸漬時農藥濃度及時間，必須控制得宜，以免造成藥害，或造成殘留，影響品質。

(二) 植株噴灑

是常用的施藥方法，適合於多種農藥劑型使用，如液態劑型的乳劑、溶液及乾燥劑型的粉劑等。配合的機器，有各種手提或機動的噴霧器、撒粉器，甚至可由直昇機行空中施藥。施藥的部位，依照病蟲害發生的位置及性質而定，可分為：

1、葉部噴灑：某些病菌感染作物葉部，或者某些害蟲嚼食葉片，除施用系統性的農藥外，必須於葉部噴灑，方可得到防治的效果，而噴灑時常上下葉面都要兼顧，果樹、木本作物或較大植株之葉部病蟲害均採此施藥方式。

2.全株噴灑：病害、蟲害可分佈於作物全株時，全株一起噴灑，不僅方便，效果亦佳，蔬菜病蟲害、草本花卉等較小作物防治多採用此法。

3、點狀施藥：病害發生於作物特殊部位或僅局部植株罹病，或害蟲棲息於特殊位置，則特殊部位行點狀施藥，撲殺效果較佳，並可避免用藥量過多，造成藥害或污染。

(三) 灌注

土壤傳播性病害或地下害蟲發生時，則自土表行藥劑灌注；若植株感染系統性病害或害蟲侵入維管束部位時，則自植株之韌皮部灌注藥劑。

(四) 薰蒸

溴化甲烷、二溴氯丙烷、氯化苦等為薰蒸劑，多施用於土壤、苗圃、溫室、倉庫及種子，在密閉狀態下，使它們揮發出蒸氣達到殺蟲或殺菌的目的。例如棉花種子以溴化甲烷消毒，洋菇覆土以氯化苦處理，泡桐苗圃以二溴氯丙烷處理，積穀倉庫以 Phostoxin(好達勝)處理等都是用薰蒸法。

(五) 土壤處理

以農藥直接處理於育苗箱、苗床或果園的土壤。常用以防治棲息於土

壤中的害蟲，或殘留土中的病原菌孢子。有數種方式施行，如：

1、混拌：防治地下害蟲及土壤傳播性病害時可將農藥與土壤混拌，如為大面積耕地，甚至可以和肥料同施。例如甘蔗田以有機磷劑福瑞松、繁福松防治線蟲，與固體肥料同時混合撒入土中。

2、穴施：挖穴將農藥灌入再以土壤覆蓋。

3、條施：成行狀，於植株兩旁挖溝，施藥其中，再以土壤覆蓋。

三、影響藥效的因素

在使用正確施藥方法時，必須了解影響藥效的因素，以便因時、因地修正施用的藥量和技術，以達最佳效果。

(一) 土壤因素

1、土壤中有機質若和農藥結合，常會降低農藥的效果，所以含有機質含量高的土壤，需視實際需要調整施藥量。

2、土壤的結構也會影響施藥量的多寡，土壤粒子較細者(如粘土)表面積大或有機質含量者，陽離子交換容量較大，易吸附農藥，可能降低藥效；土壤粒子表面積小者(如砂土)或石礫含量高，有機質含量低者，對農藥之吸附性較弱，藥效較明顯，但如施用過多，則易引起藥害。

(二) 氣候因素

1、雨量和土壤含水量，均會影響農藥的藥效，同時會影響農藥留在土壤中或植物上的時間。適當的土壤含水量，農藥的效果最佳，過濕會妨礙農藥和土壤顆粒的結合，因此農藥施用於水田者，分解速率較旱田大。雨水則造成可溶性的農藥自土壤中流失，但雨水對施於土壤表面的萌前農藥效果較佳，因為雨水滲透入土壤將藥劑帶入，能與埋在土壤中的有害生物作用，達到防治的目的，但是對於葉面或全株施藥後若立即遇上雨水，則農藥會被沖失，需適實際狀況調整施藥間隔。

2、溫度和濕度亦會影響農藥的藥效。高濕、適溫使得野草的生長勢旺盛，此時施用殺草劑效果最佳。高溫時土壤中的薰蒸劑蒸發速度較快而易達到藥效，低溫則蒸發速度較慢，處理時間需增長。高溫下植物吸收藥量較多，雖藥效作用較快，但亦容易產生藥害。

3、光線易促使部份農藥分解，光線太強會加速農藥分解，降低藥效，

若農藥在土表停留過久容易造成光分解而降低藥效；溫室或有防護設施者，較不易受日光之分解與雨水沖失，藥效較長。

(三) 抗藥性

所謂抗藥性，係指藥劑經一段時間且正確之使用後，可誘導害物產生穩定之變化，致使害物對藥劑之敏感度降低，因而造成藥效明顯降低之現象，稱之為抗藥性。抗藥性的產生，一般認為乃藥劑選汰及基因突變二者所造成。因藥劑並非將所有的目標害物殺死，故連續在同一地點，施用同一種藥物，易導致敏感族群死亡，頑抗族群存活，並將其抗藥特性傳至下一代，代代相傳，終至使抗藥族群佔優勢，此時可能藥劑失效，或需使用更高的藥量才能達到防治的效果。然而農藥無效，並非皆由於有害生物抗藥性的存在，施藥時務必正確地施藥，使用正確的劑量以及正確的施用方法，同時需對症下藥，以發揮最高藥效。

(四) 稀釋用水

1、酸鹼度：許多農藥在鹼性水中容易分解而失去效力，一般來說，殺蟲劑比殺菌劑和殺草劑易受鹼性水質的破壞，而殺蟲劑中又以有機磷劑和氨基甲酸鹽劑受影響最大，所以稀釋農藥時要注意水的酸鹼度。若水偏鹼性，則必須以弱酸如食醋中和之。

2、硬度：水的硬度大，即水中鈣、鎂離子的濃度高，常會影響添加於農藥成品中的界面活性劑(Surfactant)的作用，以致無法均勻混合，或者與農藥有效成分形成不溶性的鹽類而沉澱，而使農藥濃度降低，藥效無法發揮。

3、水中懸浮有機質或無機的膠狀顆粒：此類物質常會吸附農藥的有效成分，加速農藥分解而失去藥效，或造成有效成分在稀釋液中分布不均勻，噴布後造成局部藥害。

第八章 農藥之調配與安全使用

何明勳

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

前言

現代化之農民，農藥仍為重要之農業生產資材，為避免使用不當，不但無法達到防治之效果，且會產生對人、畜及其他非標的的生物的危害，以及環境污染等問題，農藥基本常識的充實及正確精準的施藥技術，則是現代農民確保農業生產的必修課程；農藥的種類繁多，且具有多種不同劑型，使用時應針對不同劑型之理化特性，加以適當地調配施用，方可達到安全有效之目的，尤其近年來，農民為達省時、省工之目的，常將多種農藥同時混合施用，但常因調配不當，造成不良後果。

農藥之調配

一、劑型之選用

(一) 常用之劑型

由於同一種有效成份，往往有數種不同的劑型，必需根據藥劑特性及施用方法、防治部位，選擇一合適之劑型，方可達最佳效果。根據聯合國糧農組織(FAO)，農藥劑型約可分為八十二種類，僅將較常見及目前較新發展，較安全之劑型優缺點介紹如下：

1、乳劑(EC)：(圖版 8-1，右)

其配方為有效成份＋溶劑＋乳化劑；優點為配方濃度較高、單位有效成份價錢相對較便宜，處理、運輸及貯存容易，使用時略加攪拌，不會造成器械磨損或產生沈澱、分層，且在新鮮蔬果上不會有明顯殘留藥斑痕跡。缺點為配方濃度較高，調配量取時易造成較大誤差，使劑量偏高或偏低，較易產生藥害，及較容易為人、畜之皮膚吸收；所含溶劑易造成噴桶、幫浦零件表面及橡膠、塑膠管路等之變性，造成漆面凹洞或褪色，甚至腐蝕。

2、水基乳劑(EW)

以水取代乳劑中之溶劑，較不易產生藥害，亦改善溶劑易起火、爆炸之缺點，並降低對眼及皮膚之刺激及毒性。

3、溶液(SL)：

含有效成份、添加劑，水或與水互溶之溶劑，使用時完全與水互溶，不會產生沈澱、分層等不良現象(圖版 8-1，左)。

4、可濕性粉劑(WP)：

屬乾式劑型，有效成份及固態擔體(如粘土等)研磨成極細粉末，使用時，以水調配成懸浮液噴灑，其優點為：價格便宜，易儲存、運輸及操作，較乳劑、液劑不易產生藥害，且不易為皮膚、眼睛吸收，容易量取及混合。其缺點為：倒取粉劑時，易產生粉塵造成吸入之危害，調配時需充份攪拌，易造成噴頭或幫浦之磨損，並殘留可見之藥斑。

5、水懸劑(SC)：

研磨極細之固體主成份，懸浮於液體中，使用時以水稀釋噴灑，其優點為顆粒極細，不易造成噴頭阻塞，量取操作容易，缺點為需中度之攪拌，可能殘留藥斑。(品質較差之產品可能於瓶底產生厚重沉澱，應注意均勻打散後再量取。)(圖版 8-2，左)

6、水分散粒劑(WG)：

類似可濕性粉劑，但製成粒劑型態減少粉塵吸入之危險，使用時，分散於水中，需攪拌，較可濕性粉劑更易量取混合。

7、可溶性粉劑(SP)：

乾式粉末狀劑型，主成份可快速溶解於水，充分混合後不需再攪拌，但可能含有不溶性之副料，使用時同可濕性粉劑應不可造成噴頭之堵塞。

8、粉劑(DP)：

有效成份附著惰性載體粉末上，如滑石粉、粘粒、活性炭等，其有效成份含量通常較低，可直接使用，其缺點為容易造成粉塵飄散之危險，目前此種劑型已漸被淘汰。

9、粒劑(GR)：

有效成份被覆、浸孕或吸附於顆粒狀載體上，通常直接施用於土壤，優點為：低粉塵飄散風險，不需噴灑、施用簡單，對施用者安全，其殘效

期可能較乳劑、可濕性粉劑長。缺點為：藥劑無法附著於葉部，價格較可濕性粉劑或乳劑貴，有的需耕犁混入土壤，需有適度之水份才可發揮藥效。

10、微膠囊劑：

可為乾式膠囊粒劑(CG)或液態膠囊懸浮劑(CS)劑型，有效成份包埋於塑膠或其他材質中，形成微粒膠囊，可控制釋放機制或延緩釋放速率，對人畜安全。缺點為：可能被有益昆蟲(蜜蜂)攜回蜂巢，釋放之農藥因而污染蜂巢。

11、餌劑(RB)：

有效成份與食物或誘引劑混合，形成誘餌，例如：殺鼠劑之蠟米餌塊。

12、蒸散劑(VP)：

一或數種有效成份裝於特定之釋放器具或材料中，使有效成份之蒸氣揮散於空氣中，例如：昆蟲性費洛蒙，可配合其他誘補器或殺蟲劑使用之。

13、水溶性袋包裝：

傳統可溶性粉劑或可濕性粉劑甚至水溶性膠狀劑等藥劑，包於水溶性袋子中，直接丟入配藥桶內，袋子可快速溶解，釋出內含藥劑，避免調配時粉塵吸入或皮膚接觸之危害，且其稱量固定，容易操作，無廢容器之問題。

(二) 在選擇劑型時，應考慮下列幾點：

1、施藥對象本身之特性，如作物對該藥劑是否易產生藥害，植物葉面為光滑或凹凸粗糙之表面，對藥劑之吸收等。

2、現有可使用之最佳施藥器械。

3、飄散或逕流危害，如施藥範圍四週是否有敏感性作物、人、畜、養殖場等及風向、雨量。

4、對施藥者及其他可能接觸之人、畜之安全性。

5、害物之習性及生長模式，如要選用餌劑或撒施、噴施，使用粒劑或葉面噴灑。

6、用藥成本。

7、施藥地區，農田、水域、森林、或城市等。

二、水量及水質

調配農藥，大部份均使用水稀釋後噴灑，所以使用之水量及水質極為重要。

(一) 用水量應考慮：

1、施藥面積及用藥量

2、稀釋倍數

施藥面積、用藥量及稀釋倍數可參考農藥標籤或說明書上之說明或植物保護手冊之推荐方法，例如：每公頃使用 1 公升(或公斤)藥劑，施用時，稀釋 1,000 倍，即 1 公升之藥劑加水稀釋成 1,000 公升之藥液，並將此藥液均勻噴灑於 1 公頃之作物上。水量及稀釋倍數使用錯誤，可能因濃度太高造成藥害或高殘留，或濃度太低影響藥效，而要準確的將正確稀釋得之藥液均勻噴灑於施藥面積上則有賴於精準的噴量校正。

3、噴量之校正

由於國內耕作面積狹小、作物種類繁雜，施藥器械亦大不相同，由手提式或背負式到桿式及噴霧車等，施藥前除依照耕地面積及前述推荐方法，決定用藥量與稀釋倍數以正確調配藥液外，於配藥前應先對噴藥器械進行下列校正：

(1) 首先測定噴頭之噴灑寬度(公尺)：撒噴式為噴頭距離、帶式為施藥帶寬度、直噴式為行距或帶寬除以每行(帶)之噴頭數。

(2) 測定噴頭流量(公升/分鐘)：將藥桶裝滿清水，於固定噴施壓力下噴灑，每個噴頭下放置水桶收集並計算每分鐘噴出之水量，若為多噴頭噴桿式，每個噴頭之流量不可超過平均流量的 10%，否則應檢查是否有堵塞或更換新的噴頭。

(3) 由推薦用藥量及稀釋倍數所得每公頃需調配之藥液量(公升/公頃)，決定噴灑時前進之速度(公里/小時)，其計算公式如下：

$$\text{前進速度}\left(\frac{\text{公里}}{\text{小時}}\right) = \frac{\text{噴頭流量}\left(\frac{\text{公升}}{\text{分鐘}}\right) \times 600}{\text{每公頃藥液量}\left(\frac{\text{公升}}{\text{公頃}}\right) \times \text{噴灑寬度(公尺)}} \dots\dots(1)$$

例如：依推薦用藥量：每公頃 1 公斤，稀釋 800 倍，而經測定噴頭噴灑寬

度為 1 公尺，噴頭在噴施壓力下流量為 2 公升/分鐘，則噴施前進之速度應為：

$$\frac{2 \text{公升/分鐘} \times 600}{800 \text{公升/公頃} \times 1 \text{公尺}} = 1.5 \left(\text{公里/小時} \right)$$

亦可將前進速度調整固定於合適速度下，而以改變噴頭壓力調整流量大小，達相同目的，此時，前進速度、每公頃藥液量及噴灑寬度均為固定，將其值代入(1)式，計算應調整之噴頭流量：

$$\text{噴頭流量} \left(\frac{\text{公升}}{\text{分鐘}} \right) = \frac{\text{前進速度} \left(\frac{\text{公里}}{\text{小時}} \right) \times \text{每公頃藥液量} \left(\frac{\text{公升}}{\text{公頃}} \right) \times \text{噴灑寬度} \left(\text{公尺} \right)}{600}$$

再根據現有壓力下量測得之流量及應調整之流量，計算應調整之壓力：

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2$$

式中 P_1 、 F_1 分別為原有噴頭壓力及流量，而 P_2 、 F_2 分別為應調整成為之壓力及流量。

(二) 水質：

包括水之硬度、酸鹼度(pH)、鹽類及氯含量等，硬度或含氯、含鹽太高之水，會妨礙農藥配方中之乳化劑、分散劑之功能，造成乳化不良，分散不均之現象，而酸鹼度則會影響農藥之安定性。

三、稀釋倍數與單位換算

所謂稀釋倍數，係指稀釋後之藥液總量為成品農藥用量的倍數，例如：使用 1 公撮(毫升，mL)之農藥稀釋到 1,000 公撮(毫升，mL)(即 1 公升)，即稀釋 1,000 倍。由於我國農藥有效成份之標示是以重量百分率為準，故調配農藥時應以稱重量量取最為準確，但實際於田間操作時，未必方便，因此，若是乾式(固態)劑型，可以稱重方式量取，而液態劑型則可以量杯量取體積，一般可將液體及水之密度視為相同去估算，亦即：1 公撮(毫升，mL)等於 1 公克(g)，1 公升(L)等於 1 公斤(Kg)，而固態劑型，因密度差異較大，若要以體積量取，則應先測得其單位體積之重量，再加以換算所需量取之體積數。一般而言，可

濕性粉劑平均 1 平茶匙(約 4.9mL)約為 2-3 克。

下列為常用之體積及重量單位換算：

重量單位換算	體積單位換算
1 公斤(Kg)=1000 公克(g)	1 公升(L)=1000 毫升(mL)
1 公克(g)=1000 毫克(mg)	1 加侖(gallon)=3.785 公升 =約 4 公升

水：1000 毫升=1 公升=1 公斤=1000 公克

決定所需水量及藥量後，調配時，藥桶內先置入半量之水，若為液態劑型，可邊加邊攪拌地將藥倒入桶內，混合均勻後，繼續攪拌加完所需水量，若為固態劑型，則先另於一小水桶中預先攪拌均勻並通過濾網，再邊攪拌，邊加入含一半水量之噴藥桶內，然後再攪拌加水至所需量，攪拌均勻。

農藥之安全使用

使用農藥除了要求有效之外，更重要的是安全，而用藥之安全則包括了對施用作物本身，不得產生藥害，對施用者，或人、畜之安全、對消費者之安全及對環境生態之安全，要達到真正的安全又有效的使用農藥，應注意以下幾點：

一、對症下藥，遵守推薦用法、用量：

避免用藥浮濫、過量、造成藥害、污染環境或殘毒過高。

二、選擇合法、優良品質及價格合理之農藥

- (一) 具有正確農藥登記證字號，如：農藥進字第 0000 號
或農藥製字第 0000 號

除此二種字號外，均不是農藥登記證字號

- (二) 完整的包裝，標示清楚，無塗改或貼換痕跡，無藥液溢漏現象。

- (三) 中文標示，清楚說明使用範圍、用法及用量。

- (四) 有效期限內之產品。

- (五) 不迷信高價位或外文標示之產品，價格偏高或違法標示之產品，常

可能添加違禁成份，造成不當農藥殘留，害人又害己。

三、施藥器械之選擇

噴灑液滴要能細緻均勻，但不可太細造成飄散，需能維持藥液之均勻或有攪拌裝置，避免沈澱，阻塞噴頭，並注意器械之清潔及維護。

四、施藥時機及時間

病蟲害發生初期防治，可事半功倍，清晨或傍晚施藥，避免高溫、高濕時施藥，且應注意風向及風速不可過大，以免飄散至他處。

五、避免隨意混合多種農藥或肥料

未經驗證隨意混合農藥，極易使藥液品質劣化失效或產生藥害，尤其與生長激素類藥劑混合，更易產生藥害。

六、避免飄散為害

選擇無粉塵之劑型，噴霧壓力勿太大，液滴勿太細，注意風向及周遭環境。

七、穿戴防護裝備

口罩、手套、眼鏡、膠鞋、衣帽、防毒面具。

八、施藥時應逆風倒退前進

混合農藥之調配

不同農藥間由於配方組成各不相同、混合在一起，可能產生不共容之現象，但農民常為了同時防治多種病、蟲、草害，及省時、省工之要求，而同時將多種不同農藥混合施用，有時還加入肥料一起施用，但常因混合不當而導致藥害或藥效不良，或是農藥殘留等問題。

一、混合農藥易產生之問題

(一) 物理性不共容：沈澱、絮聚(圖版 8-2，右；8-4，右)、分層、凝集、起泡等，造成噴頭堵塞、藥液不均，導致局部效果不良、藥害、產生抗藥性或殘留過高等問題。

(二) 化學性不共容：有效成份降解，藥效變差。

(三) 過度攪拌易產生大量氣泡。(圖版 8-3)

(四) 可濕性粉劑之載體，可能吸附抵消乳劑中之乳化劑功能，造成沉澱、絮聚、凝集，水油分離等現象。

(五) 不同劑型配方中使用之界面活性劑(乳化劑)不同，相互抵消其作用。

(六) 不同農藥配方相互混合，溶劑組成改變，造成不溶現象。

(七) 水懸劑中含調整比重之鹽類易影響乳化劑之功能。

(八) 不當之加藥次序，造成分散不均、結塊等現象：如先加入乳劑或油性劑型，或桶內殘留油性物質於桶壁或管路，易吸附後加入之可濕性粉劑，使不易分散均勻。

二、農藥混合之原則

如確有必要使用混合農藥時，應遵守下列原則

(一) 使用內含式混合藥劑商品為主。

(二) 詳閱標籤、說明書，避免不可混合藥劑。

(三) 無商品化產品時，應先進行混合可行性測試。

(四) 混合可行性測試通過後，每次施藥前均先以小規模試噴，觀察五天，確定無藥害產生，方可大面積施用。

(五) 避免使用未推薦藥劑，並注意農藥殘留之問題。

三、混合農藥之簡易測試法

自行混合農藥使用前，先依下列方法簡易測試其理化安定性，通過後再以小規模試噴，測試是否產生藥害，確定無藥害產生，才可大規模使用。

(一) 依照用藥稀釋倍數換算小規模試驗所需藥量及水量。

(二) 於一透明無色之瓶中先裝入 1/3 至 1/2 瓶之配藥用水。

(三) 依照下列劑型順序，將所需混合藥劑逐一加入：肥料溶液→可濕性粉劑→水懸劑→溶液劑→展著劑(界面活性劑)→乳劑。

※每一藥劑加入時，應邊攪拌至完全均勻，方可加入下一藥劑。

(四) 混合均勻後靜置，分別於第五分鐘及第三十分鐘觀察之。

(五) 五分鐘後，如無明顯之沉澱、分層、絮聚、凝集、膠結、稠化等現象，則表示可混合。

(六) 若不可混合而另一組有添加調合劑(界面活性劑)之試驗可混合，則表示此組藥劑混合時需添加調合劑。

(七) 若添加調合劑亦不能混合，則需改變配藥方法，先將各個單劑以水調勻後，再按順序逐一混合均勻，經觀察如仍不能混合，則表示此組藥劑不可混合。

(八) 可混合藥劑如經三十分鐘後出現不共容情形，將瓶子上下倒置五次可恢復混合均勻情形者，表示仍可混合，但應在持續攪拌之情形下施用。

結論

農藥之調配及安全使用為一門專業技術，使用得當，不但可確保作物之生產，節約勞力及成本，而且安全又衛生；若使用不當，造成不良後果，損人又害己，不可不慎；若用藥有問題，應就近請教各地農業改良場或研究單位等專家。

第九章 灌溉水質酸鹼度與農藥之調配

羅致逵

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23323073

電子信箱：lcc@tactri.gov.tw

前 言

臺灣省政府在 67 年公告灌溉用水水質標準(67.7.5 府建水字第五九九三一號公布，尚未修改)，其限制 pH 值為 6.0-9.0、電導度為 750 $\mu\text{mho}/\text{cm}(25^\circ\text{C})$ ，水溫則以 35°C 為上限，至於其他物質之含量分別列於表 9-1，訂立此限制的目的，在於保護作物與其他生物不受傷害，例如：

- 1、電導度：電導度高，表示水中鹽份含量高，因此除了生長於海邊的植物還能適應外，一般不耐鹽作物的生長則被抑制。
- 2、鈉吸收率：鈉被土壤吸收的量愈多，土壤的透水性愈惡化，因此，含鈉較高的灌溉水進入土壤後，亦導致作物生長受抑制。
- 3、微量金屬元素：以硼為例，微量時對植物生長有幫助，但過量反會造成植物中毒。
- 4、殘餘碳酸鈉：酸性碳酸鹽過量會影響作物根部的吸收能力。
- 5、水溫：高於 35°C 則水中的魚貝類生存數目就會顯著的減少。

6、清潔劑(ABS)：不易分解、劣化水質。

7、重金屬及其他有毒物質：如在作物中殘留，食用後可能引起中毒或不適。

若使用符合上述標準之灌溉水質作為灌溉水而不作其他用途，則無大礙，，但若以此調配農藥，則尚需注意水質的酸鹼度(pH)及水質硬度(CaCO₃，mg/l)，此二者均可能造成農藥藥效明顯降低，或造成藥害，亦可能在長期使用下，對農藥的噴具產生傷害。

表 9-1、臺灣省灌溉用水之水質標準

項目	限值(mg/l)(ppm)	項目	限值(mg/l)(ppm)
懸浮固體物	100	銅	0.2
氯化物	175	鉛	0.1
硫酸鹽	200	鋰	2.5
總氮量	1.0	錳	2.0
清潔劑	5.0	汞	0.05
油脂	5.0	鉬	0.01
鋁	5.0	鎳	0.5
砷	1.0	硒	0.02
鉍	0.5	釩	10.0
硼	0.75	鋅	2.0
鎘	0.01	鈉吸著率(SAR)	6.0
鉻	0.1	殘餘碳酸鈉	2.5 meq/l
鈷	0.05	(RSC)	

酸鹼度簡介

1907年，酸鹼度值(pH)首先被提出，做為水溶液中氫離子(H⁺)與氫氧離子(OH⁻)濃度之相對比較值。其中氫離子濃度代表酸性強度，氫氧離子濃度代表鹼性強度，全部的酸鹼度，分成 0-14 級(圖 9-1)。每一級強度之間濃度相差 10 倍，例如酸鹼度為 2.0 的水溶液中，氫離子濃度比酸鹼度為 3.0 水溶液中者濃度高 10 倍；酸鹼度為 8.6 之水溶液中，氫氧離子濃度比酸鹼度值(pH)為 10.6 之水溶液中 1 者濃度低 100 倍。若水溶液中氫離子濃度與氫氧離子濃度相同則稱為中性溶液，此時酸鹼度為 7。如果氫離子濃度大於氫氧離子濃度，則稱

為酸性溶液，此時酸鹼度值在 7 以下。如果氫離子濃度小於氫氧離子濃度，則稱為鹼性溶液，此時的酸鹼度值在 7 以上。氫離子濃度愈大，酸性愈強，則酸鹼度值愈小。

由圖 9-1 可了解一般生活常見物質之酸鹼性。番茄為酸性，但不太酸，桔子汁亦為酸性，檸檬汁則更酸。鹼性物質嚐起來則有些苦、黏、滑等。以上提到的酸鹼度指的是以水為溶液的情況下，所得到的酸鹼度，所以酸鹼度由 0-14。若以乙醇為溶液來衡量物質的酸鹼度時，則酸鹼度由-1.5 至 17，而不是由 0-14(圖 9-2)。

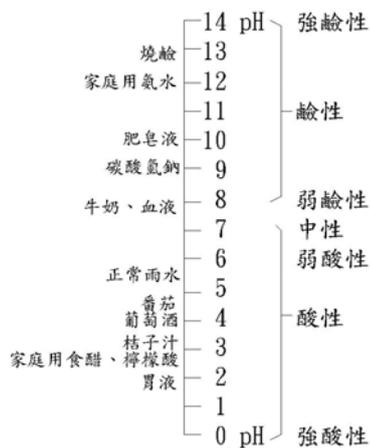


圖9-1、酸鹼度範圍及一些普通物質的酸鹼度(pH值)

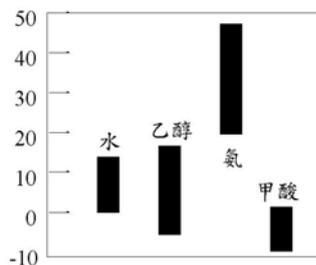


圖9-2、四種不同溶劑之pH值及其相對位置

不同的水質酸鹼度，在農藥的使用上所代表的意義，可以由溶液中的氫離子與氫氧離子的行為了解。在化學反應中，氫離子與氫氧離子均可作為反應的催化劑，尤其是在水溶液中，氫離子與氫氧離子均可促成化學物質的水解。對農藥主成份而言，此類酸鹼離子均可能使有效成份分解成無生物活性之化合物，或分解出更具毒性的化合物。以臺灣廣為使用的除草劑丁基拉草為例，在鹼性水中，其中之主要活性決定基會迅速水解，而喪失應有的除草劑功能(圖 9-3)。

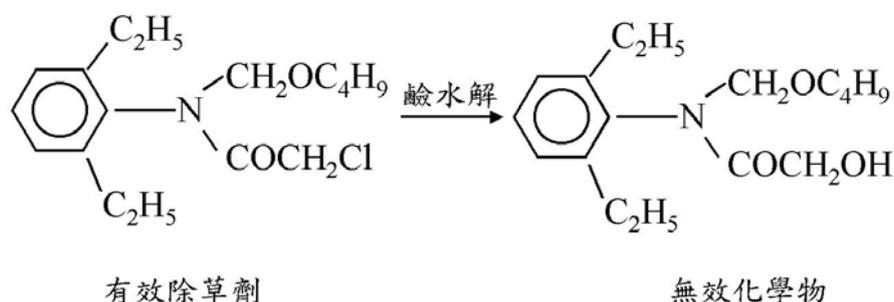


圖9-3、丁基拉草遇鹼性水溶液後，有效功能基被無效功能基置換。

再以大利松而言，在酸性水中亦迅速水解而喪失良好之殺蟲效果(圖 9-4)。

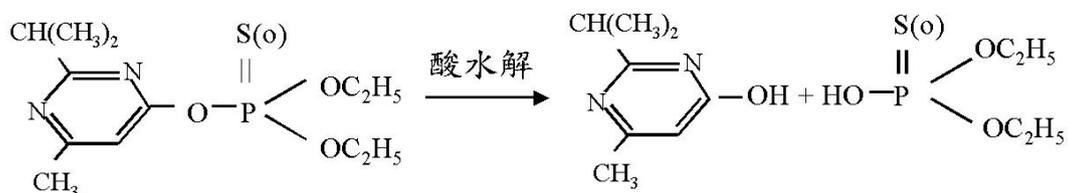


圖9-4、大利松在酸性水溶液中，有效成分被分解而失去功效。

又如殺菌劑之錳乃浦，於水質偏酸或偏鹼之情況下，均可使其主成份分解，而且還可能產生更毒的致癌物(2-imidazolidinethione, 或 ethylenethiourea, ETU)(圖 9-5)。

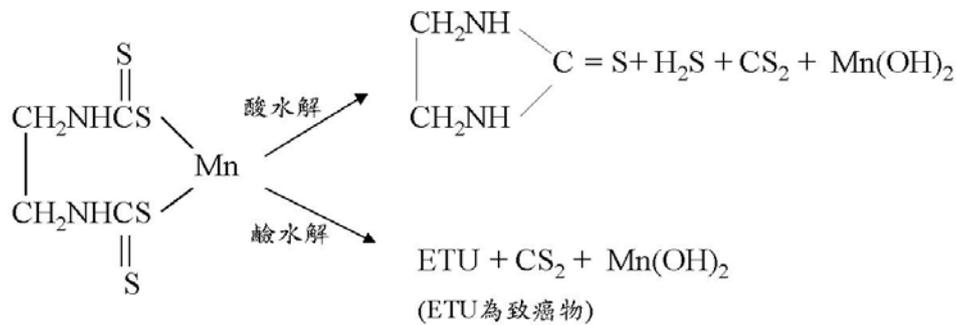


圖9-5、錳乃浦經水解生成致癌物ETU之途徑

水質酸鹼度對農藥有效成份安定性之影響

大多數農藥的有效成份，在水質酸鹼度 6.0-6.5 間很安定。如以 pH 值 7.0 左右的灌溉水調配農藥，且配好的農藥在短時間內噴完，則對農藥的有效成份不致有太大的影響。但若以 pH 值 8-9 的灌溉水調配農藥，且調配後數小時方才噴施或噴完，或以自動噴藥系統一次調配二天的用量，則其中農藥之主成份可能已不存在或已大量分解，常用農藥之分解速率詳列於表 9-2。表中之分解速率以半衰期(T1/2)表示，亦即指 50%之主成份分解所需時間。

表 9-2、水溶液之酸鹼度(pH)對農藥主成份分解速率(半衰期，T1/2)之影響

普通名稱	酸鹼度(pH)	半衰期
I、殺蟲劑、殺線蟲劑、殺卵劑、殺菌劑		
歐殺松 Acephate	3	65 天
	9	16 天
Allethrin	強鹼	不安定
谷速松 Azinphos-methyl	5	17.3 天
	7	10 天
	9	12 小時
蘇力菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	鹼性	不安定
西脫 Benzoximate	強鹼	易分解
加保利 Carbaryl	6	100 至 150 天
	7	24 至 30 天
	8	2 至 3 天
	9	少於 1 天

丁基加保扶 Carbofuran	4-6 6 7 8 9	安定 200 天 40 天 5 天 3.3 天
培丹 Cartap	酸性 中性 鹼性	安定 水解慢 立即水解
陶斯松 Chloropyrifos	微酸 6 10 強鹼	安定 1,930 天(甲醇水溶液) 7 天(甲醇水溶液) 易水解
賽滅寧 Cypermethrin	9 鹼性	35 小時 在鹼性液中較酸性液中易水解
滅賜松 Demeton-S-methy	6	7 小時
大利松 Diazinon	強酸 3.1 5 7.5 10	不安定、分解快速 11.8 小時 31 天 185 天 6 天
雙特松 Dicrotophos	1 9	100 天(38°C) 50 天(38°C)，在酸性液中較鹼性液安定。
大滅松 Dimethoate	2 6 9	21 小時 12 小時 48 分鐘，遇鐵質加速分解。
二硫松 Disulfoton	5 6 9 鹼性	60 小時 32 小時 7.2 小時 易水解
多寧 Dodine	鹼性	不可與石灰、克氣苯混合使用
愛殺松 Ethion	6 酸、鹼	37.5 小時 易水解
亞滅寧 Fastac	強鹼	易水解
芬殺松 Fenthion	鹼性	不可與鹼性物質混合使用
撲滅松 Fenitrothion	鹼性 (0.01N NaOH)	易水解，272 分鐘(30°C)，安定性較甲基巴拉松好(210 分鐘，30°C)。
繁福松 Fensulfothion	鹼性	不可與鹼性物質混合使用
福化利 Fluvalinate	鹼性	不可與強鹼性物質混合
覆滅 Formetanate	5 7 9	4 天 14 小時 3 小時

馬拉松 Malathion	<5 5月7日 >7	分解快速，遇鐵質加速分解。 安定 分解快速，遇鐵質加速分解。
納乃得 Methomyl	微酸 9.1	安定 在6小時內即有5%的分解。
乃力松 Naled	水溶液	在無水狀態下安定，遇水則易分解。如在鹼性液中，則在48小時內有90%以上之成份分解(室溫)。
拜裕松 Ouinalphos	水溶液	易水解
滅多松 Oxydemeton-methyl	6 鹼性	12.3小時 不安定
離丹 Oxythioquinox	鹼性	易水解
裕必松 Phosalone	鹼性	迅速水解
益滅松 Phosmet	4.5 7 8.3	13天 12小時 4小時
福瑞松 Phorate	8 鹼性	2小時(70°C) 易水解
亞特松 Pirimiphos-methyl	強酸 5 7 8.5 強鹼	易水解 7天 35天 12天 易水解
施力松 Profenofos	鹼性	易分解
安丹 Propoxur	鹼性	不安定
托福松 Terbufos	鹼性	易水解
硫滅松 Thiometon	水溶液	易分解
三落松 Triazophos	鹼性	易水解
三氣松 Trichlorfon	5.5 6 7 8 強鹼	水解成二氣松 3.7天 6.4小時 63分 易水解
II、植物生長調節素		
益收生長素 Ethephon	3 鹼性	非常安定 不可與鹼性鹽類混合使用
勃激素 Gibberellic acid	鹼性	緩慢水解，不可與鹼性物質混合。
III、除草劑		
草脫淨 Atrazine	鹼性	水解緩慢，如與石灰混用，則分解快速。

理有龍 Diuron	酸性 中性 鹼性	溫度高時，水解速度較快 安定 溫度高時，水解速度較快
得拉本 Dalapon	水溶液	易水解，調配後立即使用
滅賜克 Methiocarb	強酸	不安定
巴拉刈 Paraquat	鹼性	不安定
草滅淨 Simazine	鹼性	水解緩慢，如與石灰混用，則分解快速。

由表 9-2 可知，調配農藥的水質以稍偏酸為佳。若以酸鹼度(pH) 7.0 左右的灌溉水配製農藥，且未立刻施用，則需將調配好的農藥水溶液之酸鹼度降至 6 左右為佳，但亦不可過酸，以免噴施工具逐漸腐蝕，且亦可能對農藥主成份之安定性有不良影響。例如加保利在酸鹼度為 9 時，50% 的有效的成份可於一天內分解，亦即平均每小時損失約 2% (最初的損失速率每小時通常在 2% 以上)；但若酸鹼度為 7.0 時，則分解很緩慢。再如大滅松在酸鹼度為 9 時，48 分鐘內已有 50% 的有效成份被分解，而在鐵質噴藥桶內分解更快，因此使用大滅松時，不僅要避免使用含鐵質的噴藥桶，而且灌溉水質酸鹼度需調至 6，並且於調配後立即噴施，方不致損失太多的有效成份。大滅松與其他含鐵質的農藥例如鐵鋅錳乃浦、喜樂紋、丙基喜樂砷及富爾邦等殺菌劑，或鐵質的葉肥等亦需避免混合。

農藥生產公司於產製原體過程中，亦需避免金屬的污染。本所歷年抽驗市售成品農藥，曾發現部份成品農藥中滲雜金屬。至於進口原料而在臺灣製劑的農藥生產公司，在選擇劑型時，對於在鹼性中不安定的農藥主成份，亦需儘可能避免使用水懸液為鹼性的土壤礦物去調製粒劑或可濕性粉劑，例如伊來石(酸鹼度 8，水:土=8:1)，蛭石(酸鹼度 8.6，8:1)，或蒙特石(酸鹼度 9.8，20:1)等。同樣問題亦可能出現於乃力松、拜裕松、覆滅 等殺蟲劑上。

灌溉水質酸鹼度分析與農藥調配

臺灣主要河川灌溉水之水質酸鹼度主要大概分佈於 6.6 至 8.0 之間(73-84%)，約有 15-20% 的河川水質之酸鹼度分佈於 8.1 以上。水質酸鹼度在 8.0 以上的比例雖然不多，但鄰近工廠廢水排放口的水源仍需注意，因排放水酸鹼度以 9.0 為上限值，因此施用蘇力菌、二硫松、芬殺松、覆滅 、益滅松、安丹、三氯松等藥劑時要注意水質酸鹼度的控制，以免藥效不足。

為避免農藥之有效成分因受灌溉水之酸鹼度影響，致使藥效無法發揮，施藥時宜把握下列原則，可不必太擔心農藥主成份被分解。

一、調配好之農藥稀釋液應立即施用，儘可能在二小時內施用完畢。

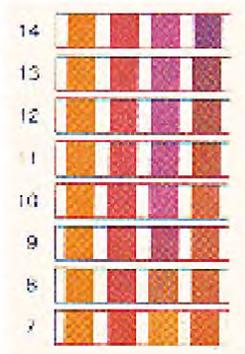
二、若一次配藥需供應二小時以上使用，或調配後二小時以上方可噴施完畢，則宜將水質調至酸鹼度 6.0-7.0 之間，再行調配藥液。調整酸鹼度的方法可以儀器或試紙進行，前者精確、昂貴，後者較粗放，但方便、便宜，因此較適合田間。

先以酸鹼度試紙(圖 9-6)測定灌溉水之酸鹼度。將酸鹼試紙的左端黏有 4 個呈色帶的部份，全部浸入水溶液中，2 秒鐘後取出，然後與比色卡上的顏色對照，選出四種顏色相同(或相似)的酸鹼值為水溶液的酸鹼度。如酸鹼度超過 7.0 以上，則可以家庭用的食醋將水調至酸鹼度 6.0-7.0 之間。例如酸鹼度為 8.5 之灌溉水 16 升，加醋酸 16 毫升後，則酸鹼度降為 6.0。如果一次調配 200 升，而水質酸鹼度在 8.0 以上，以食醋進行酸化。如果灌溉水之酸鹼度小於 5.6，則水質可能已被污染，例如因氮化物、硫化物污染而造成的酸雨，通常酸鹼度均低於 5.6，雖可以家庭用的氨水，將酸鹼度調至 6.0 至 7.0 間，但此種方式，僅對在藥桶內之水質改善有效。若水質中含有其他酸性污染物質，則可能使用後對作物或環境均造成傷害，則需洽請相關單位了解污染源。

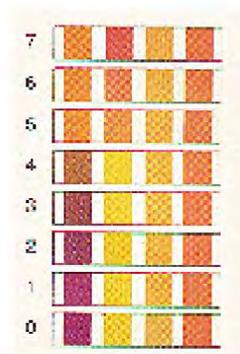
調酸鹼度時，使用之酸或鹼性物質不可一次大量加入，宜逐次少量加入，每加入後應立即攪拌溶液，然後再以試紙比對酸鹼值，如此重覆，至達到適合的酸鹼度為止。然後將適量之成品農藥加入酸鹼度值已調整好的水中混合。一般而言，酸鹼值為 6.1 至 7.0 時，通常是混好即用，而且調配量儘可能於 1-2 小時中噴完者。如酸鹼度值調至 3.5 至 6.0 時，則短期內噴完(12 至 24 小時)者，藥效大多仍可被接受。



(1)pH試紙，黏有四個呈帶。



鹼度(pH7至14)比色卡



酸度(pH0至7)比色卡

圖 9-6、酸鹼(pH)試紙及酸鹼度顏色之比對

結論

混合後的農藥溶液，儘可能及早施用。時間延誤愈久，藥效愈可能減少。農藥溶液的量儘可能與需要量差不多。不足或過多，均不佳。但若以混合農藥的方式進行病蟲草害的防治，則需注意藥劑本身的相互作用，以免藥效降低或發生藥害；或者是水質中成份與其中某一種成品農藥配方發生作用而影響另一種成品農藥品質特性等問題，因此，不宜任意自行調配混合農藥。

第十章 農藥增效劑之應用

羅致逵

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23323073

電子信箱：lcc@tactri.gov.tw

前言

增效劑(Adjuvants)最早用於醫藥上，主要作用為增加或修飾(Modifies)藥方(Prescription)中主要成份之功能，以協助疾病的預防或治療。迨農藥興起，為增加農藥有效成份的長期貯存性、施用方便與安全、及增加害物防治力等效果，於製劑(Formulation)時或噴藥時(Spray)，加入一些添加物 (Additives)，以增強有效成份(Acitive ingredient)的安定性、安全性、方便性及防治力，此類添加物即為增效劑(Adjuvant, an additive that assists)。

農藥上的增效劑，可依使用時機之先後順序分成二類：一為製劑用增效劑(Formulation adjuvants)，為商品組成之添加物。在農藥製劑時，因考量有效成份之理化性、主要目標區表面之理化性、及可能的施用方法與使用環境而加入特定的添加物，添加物成為商品組成份之一部份，此類添加劑均可稱為製劑用增效劑。雖然在農藥劑型設計時，已針對主成份與目標區之特性，加入了增效劑，但是此種含增效劑之商品農藥在使用時，仍然無法顧及所有可能的使用情況，此時，為配合可能的特殊情況的需要而使用其他增效劑，以改善製劑用增效劑所未能顧及的特殊或地域性的狀況(圖 10-1)，此時使用之增效劑通稱為噴藥用增效劑，因此一般農藥噴灑施用時，農藥溶液中則可能同時含有上述二種

不同類別的增效劑。增效劑種類極多且不同，但使用之目的均相同，為增加 1、組成份的安定性；2、使用上的方便性；3、增加對害物之防治力；及 4、人、畜及環境的安全性。

增效劑之種類

增效劑如依其作用功能(Mode of action)分類，製劑用增效劑可分為界面活性劑(如潤濕劑 Wetting agent)、安定劑(如乳化劑 Emulsifier)、溶劑(如共溶劑 Cosolvent)、吸濕劑(Humectant)及消泡劑(Defoamer)等。噴藥用增效劑可分為展佈劑(Spreader)、固著劑(Sticker)、展固劑(Spreader-sticker)；持久劑(Extender)、緩衝劑(Buffering agent)、助溶劑(Compatibility agent)、黏稠劑(Thickener)、酸化劑(Acidifier)及誘引劑(Attractant)等。

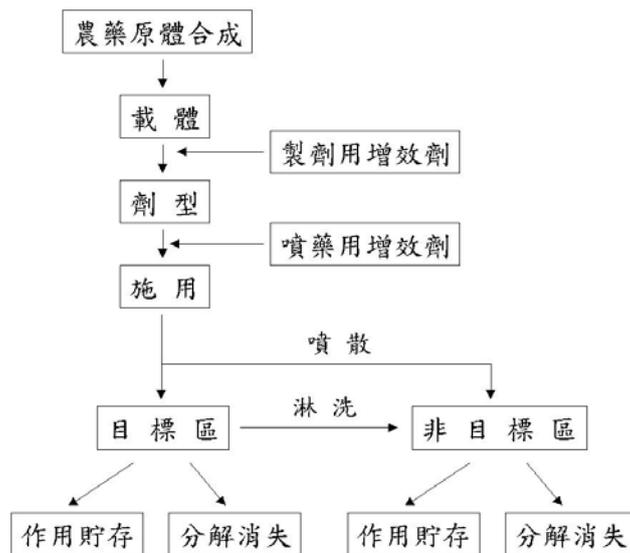


圖10-1、農藥原體自合成、製劑至其在環境中之轉換

一、界面活性劑(Surfactant)

用於降低噴液的表面張力，促使含有農藥的液珠(主要為水)可在葉面或昆蟲體表上吸附而發揮效果。液珠表面張力的降低與界面活性劑的用量相關，一定濃度範圍內，界面活性劑濃度愈高，液珠的表面張力減少愈多。一般水的表面張力為 72 達因/公分(dynes/cm)，而農藥液珠比較理想的表面張力為 30 達因/公分，如此藥液就可展佈在目標區上，增加滲入葉表或昆蟲表皮層內的濃

度，發揮其藥效。當液珠的表面張力降低至 30 達因/公分以下時，液珠亦會由目標區表面流失，導致藥效減低及環境污染。

因此，用藥時，依照說明書標示使用為較好之方法，尤其是較新的乳劑，界面活性劑的用量均較舊的劑型增加，所以在田間用藥時，如標示說「請勿使用界面活性劑」，即代表藥劑產品中已內含有足量的乳化劑，若再添加界面活性劑，易使液珠表面張力大幅降低至 30 達因/公分以下，反而降低藥效。

二、固著劑(Sticker)

固著劑為乳膠性物質，可增加農藥在目標區的固定，避免雨水、露水或灌溉水的淋失、風的吹失、或因葉片磨擦造成的損失。部份固著劑在研發時添加紫外光抑制成分，以減少農藥的光分解。因此，在使用時，亦需注意原有農藥的標示說明，加以正確使用，因添加過多的固著劑時，將使農藥被強力固著在目標區表面，不易為目標區的害物吸收而發生作用，藥效損失是可預期的。

三、展固劑(Spreader-sticker)

此類增效劑為混合物，由具有展佈性的界面活性劑與具有固著性的固著劑混合組成，使用時，需避免因加入展固劑，而造成藥液中界面活性劑或固著劑濃度過高而失效。

四、持久劑(Extender)

持久劑可延長農藥在目標區表面之存在期間並增加藥效。部份持久劑具有濾除紫外光的功能，使農藥免於被光分解；部份持久劑則具有降低農藥的蒸散性，使農藥不致因陽光、溫度而揮發。由於持久劑可延長農藥的殘效期，可能造成作物於收成時，仍含有較高量的農藥殘毒，故使用時需注意安全採收期。

五、助溶劑(Compatibility agent)

當農藥混合時，由於物理性的不互溶，而發生如分層、沈澱等現象時，此時可加入乳化劑以調整此類問題，所添加之乳化劑因具有助溶效果，故稱為助溶劑。助溶劑添加時，不可一次添加太多量，宜分次小量增加，找出添加之最適量，以避免發生藥效不足或藥害的現象。

六、緩衝劑(Buffering agent)

多種農藥主成分，易在鹼性水中分解，或因農藥在酸性情況下，藥效最佳，因此配合農藥的標示說明，必要時加入緩衝劑或酸化劑(Acidifier)以調整灌溉水的酸鹼度。

七、消泡劑(Defoamer)

田間混合農藥時，往往因強力攪拌而造成大量泡沫，而泡沫中所含之空氣泡易造成噴藥機具的壓力下降，致使噴出的藥液量與液珠顆粒大小不均勻，同時導致噴出的藥液濃度不穩定等現象，因而形成部份區域之藥效降低，而另一區域卻發生藥害，此時若適量加入消泡劑可抑制農藥混合攪拌所造成的泡沫。

當使用界面活性劑過量，特別是成品劑型中使用的陰離子界面活性劑起泡性強，若濃度超過微胞臨界濃度(Critical micelle concentration, C.M.C.)時，起泡性最大。因此添加界面活性劑時，遇過量的泡沫發生，則必需添加消泡劑予以調整。

八、黏稠劑(Thickener)

黏稠劑最主重之功效在於使農藥與水混合時保持懸浮，降低農藥在液面沈降的速率，以增加混合液黏稠或增加液珠在目標區表面的厚度，同時可減少水分的蒸發，延長農藥的有效性，此外並可降低噴藥時所發生的漂散(Drift)現象。因此，一般容易揮發或漂散的農藥噴液中最好加入防止漂散的黏稠劑。

黏稠劑最常見於家用洗髮精上，使用時其洗液的流動性不強。但家用洗髮精因摻用了其他成份，使得價格稍高，用於改善農藥的黏稠性較不實用。

九、誘引劑(Attractant)

以食物或性費洛蒙為誘餌，將蟲體誘往含有殺蟲劑之處而將其撲殺，此類物質稱為誘引劑。誘引劑的優點為農藥可以施用於特定位置，而不需大面積噴灑，對人畜之安全性較高。目前已合成並全力發展的誘引劑詳列於表 10-1，部份並已於田間推廣使用。

增效劑之特性

增效劑雖可依使用順序或作用功能予以分類，但也有許多增效劑可同時涵蓋有數種功能(表 10-2)，而於製劑時或噴藥時使用。因此在施用農藥時，不可隨意添加增效劑，以避免發生製劑用增效劑與噴藥用增效劑因劑量或因增加彼此理化作用而相互干擾，以致損失藥效或造成藥害。

增效劑之應用

一、製劑用增效劑的應用

針對 42 種市售殺蟲劑達馬松 50% 液劑之安定性進行調查，發現有 16 個樣品主成份易分解(38%)，不易久存。因此設計一新的達馬松 50% 液劑配方，並且適量加入製劑用增效劑(包含潤濕劑、安定劑、共溶劑與消泡劑)，不僅改善了主成份的安定性，同時也提高了殺蟲效果(表 10-3)。

表 10-1、已合成之主要農業害蟲誘引劑一覽表

蟲種名	普通名稱	組成份(比例)
茶姬捲葉蛾 <i>Adoxophyes privetana</i>	Smaller tea tortrix	(Z)-9-TDA(63) (Z)-11-TDA(31) (E)-11-TDA(4) 10-Me-DDA(2)
甘薯蟻象 <i>Cylas formicarius elegantulus</i>	Sweetpotato weevil	(Z)-3-dodecen-1-(E)-2-butenolate
桃折心蟲 <i>Grapholitha molesta</i>	Oriental fruit moth	(Z)-8-DDA(92) (E)-8-DDA(8)
番茄夜蛾 <i>Helicoverpa armigera</i>	Tomato fruit worm	(Z)-11-HDAL(9) (Z)-9-HDAL(1)
茶捲葉蛾 <i>Homona magnanina</i>	Tea tortrix	(Z)-11-TDA(88) (E)-11-TDA(9) (Z)-11-DDA(3)
亞洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i>	Asian corn borer	(Z)-12-TDA(38) (E)-12-TDA(27) TDA(23) HAD(2)
小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i>	Diamond-back moth	(Z)-11-HDAL(49.5) (Z)-11-HAD(49.5) (Z)-11-HDOL(1)
甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>	Beet armyworm	(Z,E)-9,12-TDDA(10) (Z)-9-TDOL(1)
斜紋夜盜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	Tobacco cutworm	(Z,E)-9,11-TDDA(10) (Z,E)-9,12-TDDA(1)
楊桃花姬捲葉蛾 <i>Eucosma notanthes</i>	Carambola fruit borer	Z-8-DDA
粗腳姬捲葉蛾 <i>Cryptophlebia omyrodelta</i>	Litchi fruit moth	Z-8-DDA
東方果實蠅 <i>Bactrocera dorsalis</i>	Oriental fruit fly	Methyl eugenol
玉米穗夜蛾 <i>Helicoverpa armigera</i>	Cotton blowworm	Z-11-HDAL(9n) Z-9-HDAL(3)
二化螟蟲 <i>Chilo suppressalis</i>	Rice stem borer	Z-11-HDAL(81) Z-13-ODAL(10)

		Z-9-HDAL(18)
擬尺蠖 <i>Trichoplusia ni</i>	Cabbage looper	Z-7-DDA(96.6) Z-7-TDA(3.4)
桔粉介殼蟲 <i>Planococcus citri</i>	Citrus mealybug	(+)-Z-pianococylacetate

表 10-2、不同增效劑之特性比較

特性	界面活性劑	固著劑	展固劑	持久劑	助溶劑	緩衝劑	酸化劑	消泡劑	黏稠劑	誘引劑
降低表面張力	V		V							
增加目標物吸收	V		V				V			
增加固著	V	V	V							
抗淋失	V	V	V	V						
抗光分解		V	V	V						
減少揮發	V	V	V	V						V
增加持久		V	V	V						
助溶	V				V	V	V			
降低酸鹼度						V	V			
減少分解						V	V			
減少噴失								V	V	
消泡								V		
增加黏性									V	
增加液珠大小	V								V	
誘引害蟲									V	

表 10-3、達馬松 50%液劑配方之熱安定性及對小菜蛾之致死率(%)比較

配方組號	T ₉₀ (天)	致死率(%)	配方組號	T ₉₀ (天)	致死率(%)
1	58.4	58.5 ⁺	10	16.8	49.5 ⁻
2	52.9	49.7 ⁻	11	14.9	63.4 ⁺⁺
*3	42.4	66.9 ⁺⁺	美國品	14.7	60.0
4	28.7	42.1 ⁻	12	13.8	55.5 ⁺
5	27.9	50.8 ⁺	13	12.5	71.3 ⁺⁺
6	27.6	55.5 ⁺	14	11.0	46.8 ⁻
7	21.3	46.6 ⁻	15	7.7	62.8 ⁻
*8	20.0	62.3 ⁺⁺	16	6.1	63.4 ⁺⁺
*9	17.2	84.0 ⁺⁺	OECD	>5.0	
國產品	17.0	49.8			

T₉₀：配方熱安定性之指標，在 50°C 下，主成份減少至 90% 時所需之時間。

⁺⁺：致死率高於美國品；⁺：高於國產品。

⁻：低於國產品；

*：可供開發的配方組。

二、噴藥用增效劑的應用

針對 49 種市售殺蟲劑巴拉松 47% 乳劑進行品質安定性調查。結果發現巴拉松主成份很安定，但有 12 個樣品經加水混合稀釋後，乳化安定性(Emulsion stability)呈現劣化(24.5%)，其現象包括起泡、浮油物，但主要為分層。若農藥與水混合時加入噴藥用增效劑(Newcol 510)，則其劣化性立即改善，而獲得良好效果(表 10-4)。

表 10-4、增效劑對劣質巴拉松 47% 乳劑之乳化安定性(分層)之改善

樣品	分層(ml)	Newcol 510	Tween 20	Tween 60	Newcol 566	Newcol 560H
		------(%)-----				
P 3	5.6	0	8.0	7.1	5.1	7.5
P 9	9.6	0	0.0	0.0	6.7	10.0
P14	15.1	0	7.6	5.8	1.9	14.0>
P15	7.7	0	9.0**	5.5	5.2	9.9
P19	4.8	0	0.0	0.0	6.5	10.0
P23	4.8	0	3.1	4.8	4.9	5.1
P27	9.0	0	4.0	5.0	5.6	14.0
P30	8.0	0	6.8	7.3	5.2	4.6
P32	7.0	0	10.0**	5.1	4.1	10.0
P37	8.0	0	2.7	3.6**	8.6	10.0
P39	10.0	0	5.0	5.0**	7.8	13.0
P44	4.0	0	4.0	3.6	4.0	5.1

*：於 100 ml 共檢量筒中進行，農藥：硬水(CaCO₃, 622ppm) = 5：95。

**：起泡。

結論

由於增效劑之用途與用量可減少農藥用量、降低施藥成本、增加環境的安

全，因此適當的管理有其必要性。增效劑之管理與農藥有效主成份之管理重點不一樣，國外的要求，大多以施藥人員、目標區作物與附近生態的保護為重點，例如基本理化性資料，急毒性資料，與環境安全性資料等。因增效劑之組成分大多數為石化類產品，或為天然物產品，或本身類似天然物結構之界面活性劑等物質，此類物質大多已用於人類生活領域之中，如食品、化妝品等。因此對此類結構之增效劑，美國與加拿大政府對他們申請註冊及管理的資料要求較農藥有效成份少，但對其他結構的增效劑，則採取比較謹慎的態度，而廠商也大多能配合，採用已經政府核准使用的增效劑成份，作為其產品開發的一種原料，以免研究開發時，另需進行安全性試驗與評估而耗時，且不符合經濟效益的產品開發策略。因此如何及早建立增效劑的管理辦法，以為廠商研究開發產品及田間實際應用之參考，是非常重要的。

第十一章 殺菌劑之抗藥性

楊秀珠

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23321478

E-mail：yhc@tactri.gov.tw

前言

殺菌劑抗藥性一直為病害防治上極為困擾之問題，當田間藥效不彰時，雖影響之原因極多，然第一項被懷疑者多為抗藥性。由於藥劑之長期使用，造成敏感性菌株族群逐漸消退，抗藥性菌株得到更大的生存空間，促使問題有增無減，更隨著藥劑之專一性增加，導致抗藥性之產生更為普遍。國外有關植物病原真菌之抗藥性研究起步較晚，雖無法與昆蟲抗藥性研究成果相提並論，但近年來已有逐漸被重視之趨勢，尤以灰黴病病原菌抗藥性之研究最為明顯。抗藥性之研究一般均著重於抗藥性之成因、植物病原菌之抗藥性、抗藥性之風險評估、抗藥性之監測與管理及抗藥性之預防，其中除抗藥性之監測、管理與預防可於田間實際應用外，餘者均為學理之研究。事實上，若對農藥之理化性質充分了解，且能合理且正確施用農藥，則抗藥性產生之概率幾乎微乎其微。除人為之田間應用因素外，環境因子對抗藥性之發生與表現亦扮演極重要之角色，因而如何培養綜合管理之理念，應用綜合管理之防治策略以降低病害發生，進而減少農藥之施用量，方為預防及降低抗藥性發生之良策。

殺菌劑之合理施用

殺菌劑雖可簡單而迅速將病害加以防除，除有其應用上之限制因子外，更引發其他之問題，包括如何對症用藥發揮最大藥效、施藥方法、使用後之抗藥性問題、藥害問題以及農藥之安全性與對環境之污染情況。

一、對症用藥，發揮最高藥效

殺菌劑之種類繁多，針對不同之作用機制，各有其特殊之防治對象，若未對症用藥，除無法發揮藥效外，同時易造成浪費及環境污染，因此施藥前，宜將病害詳加診斷後，再依據病害之特徵及病害發生之環境因子等因素，選用合適之藥劑，訂定可行之藥劑使用策略，依此策略進行藥劑防治，若發現缺點時，再加以修正，以發揮藥劑之最高藥效。

二、正確之施藥方法

藥劑之施用方法可直接影響其藥效，一般以稀釋液噴施植株、浸種及拌種、土壤灌注、及將粒劑條施於土壤中為最普遍之施用方式。使用前宜依據病害種類及藥劑之特性，訂定可行而有效之施用方式。為預防種子、種球及其他繁殖體帶菌，栽植前多數農民往往先行藥劑浸漬後再行栽植，如此一來，雖可防治部份病害，然於操作過程中極易因互相碰撞而製造大量傷口，若不幸其中部份組織已感染病毒病，則反而導致人為接種病毒，遭受之損失更大；甚至因藥劑使用不當，不但無法事前殺菌以保護繁殖體，反而因浸種成為人為之大量接種，故不可不慎。為防患此現象之發生，選用浸種處理時，應慎重選擇藥劑。不同劑型農藥施用方式不同，一般可濕性粉劑、乳劑、水分散性粒劑多為稀釋後噴施，粒劑則常為緩效性而施用於土壤，薰煙劑則為空間薰蒸滅菌用，故使用前，宜詳閱說明書，充分了解農藥之性質後，依其施用方法施藥。至於濃度，常為左右藥效之關鍵因子，濃度過低(即稀釋倍數太高)，施藥量不足，往往無法發揮藥效；但亦不可任意提高濃度，以免藥害或抗藥性發生；至於混合使用時需慎重，以免造成不必要之損失。

三、抗藥性

藥劑經長期使用均會導致抗藥性產生，但合理使用藥劑可延緩抗藥性產生，因此不斷篩選新的防治藥劑、製訂抗藥性管理策略，擬定藥劑輪流使用或混合使用方針，再配合其他防治策略，可有效延緩抗藥性之產生。

四、避免藥害發生

藥害為藥劑使用不當之後遺症，一般常發生於不正確施用或混合使用時，但施用偽劣農藥則無可避免地極易導致藥害發生，故不可不慎。

五、農藥之安全性及對環境之污染

農藥雖可有效抑制害物之感染、繁殖，但使用不當亦會危害使用者之安全，長期不當使用除影響植株之正常生長外，農藥易累積於使用者體內，當

超過容許量時，則可能引發中毒症狀，嚴重影響使用者之健康。此外，大量施用農藥亦會造成環境之污染，因此適時、適量及對症用藥可減少農藥之使用量，方可降低對環境之污染。

抗藥性

一、抗藥性(resistance)之定義

所謂抗藥性，係指藥劑經一段時間且正確之使用後，可誘導植物病原菌產生穩定之變化，致使植物病原菌對藥劑之敏感度降低，因而造成藥效明顯降低之現象，稱之為抗藥性，若在實驗室以人工方式誘導而產生之抗藥性，稱為室內抗藥性(laboratory resistance)，而在田間發生之抗藥性則稱為田間抗藥性(field resistance)。因不同藥劑之作用點不同，故抗藥性之反應亦不同，依此抗藥性可分為多重抗藥性(multiple resistance)、交互抗藥性(cross resistance)及負交互抗藥性(negatively cross resistance)等。

(一) **多重抗藥性**：植物病原菌對兩種或兩種以上之藥劑產生抗藥性，並且對不同藥劑之抗藥性分別由不同之遺傳因子決定時，稱為多重抗藥性。

(二) **交互抗藥性**：植物病原菌同時對兩種或兩種以上之藥劑產生抗藥性，且抗藥性之表現由同一遺傳因子決定時，稱為交互抗藥性。

(三) **負交互抗藥性**：植物病原菌對某一藥劑產生抗藥性時，決定抗藥性之同一遺傳因子，同時促使該菌對另一種藥劑之敏感性增加，此類抗藥性稱為負交互抗藥性。

二、植物病原真菌抗藥性之發生現況

一般認為殺菌劑之選汰壓力為造成抗藥性之主要因素，而事實上影響抗藥性實際發生之關鍵因子共包括四項，分別為一、抗藥性菌株之抗藥能力：若抗藥性菌株之抗藥能力衰退，則抗藥性降低；二、大量產胞而造成重複感染之病原菌較土壤傳播性病原菌易產生抗藥性；三、殺菌劑之選汰壓力；以及四、環境因子：包括適合病害發生之氣候、未曾接觸農藥之敏感性菌株引進之比率及數量等。植物病原真菌之抗藥性發生最直接之因素為藥劑，往往在新藥上市並經一段時間之使用後陸續出現抗藥性問題，因此無新藥劑之開發銷售，則無新的抗藥性菌株出現。

臺灣有關植物病原真菌抗藥性之研究起步較晚，因此研究報告亦較少，最早之報告出現於 1981 年之植物保護學會會刊，內容為柑桔綠黴病 (*Penicillium italicum*) 對免賴得 (Benomyl) 之抗藥性研究，以後逐漸有菊花白銹病 (*Puccinia horiana*) 對嘉保信 (oxycarboxin)、葡萄晚腐病 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 對滅紋 (Mon)、大富丹 (Difolatan)、免賴得、撲克拉錳 (Prochloraz)；炭疽病菌 (*Glomerella cingulata*) 對 Benzimidazole；萵苣灰黴病 (*Botrytis cinerea*) 對 Dicarboximide；灰黴病對甲基多保淨 (Thiophanate-methyl) 以及水稻紋枯病 (*Rhizoctonia solani*) 對有機砷 (Arsenic acid) 及維利黴素 (Validacin) 等之抗藥性研究，之後炭疽病之抗藥性亦逐漸被重視，其中並以椏果炭疽病較被重視。

三、抗藥性之成因

植物病原菌抗藥性之成因可分為遺傳變異性 (mutation) 及環境適應性 (adaptation)。遺傳變異性可因藥劑之刺激而造成，亦可因變異菌源已存在於族群中，當藥劑大量使用時，敏感性菌株逐漸被淘汰後，抗藥性菌株之生存競爭逐漸減少，而得以大量繁殖，進而取代原來之族群而成為優勢族群。抗藥性的表現可由單一遺傳因子 (major gene) 控制，亦可由多因子 (polygenic gene) 控制，二者之表現不同。由單一因子控制之抗藥性為非連續性之抗藥性，出現之頻率相當不穩定，藥劑在此類抗藥性之表現為一選汰作用，當族群中之抗藥性菌株逐漸增加而達優勢時，該藥劑之防治效果顯著降低。由多因子控制之抗藥性則為連續性，當抗藥性產生時，出現頻率相當穩定、持續不斷增加，族群中菌株之分布呈常態分布，使用藥劑後之族群與未使用藥劑之分布可互相重疊，其中使用藥劑後之族群敏感度顯著降低，此類抗藥性產生後，若增加藥劑之使用量，可增進藥劑之防治效果。

另一類抗藥性產生之原因為環境適應性，當環境中之藥劑濃度逐漸增加時，植物病原菌對該藥劑之忍受性亦逐漸增加，致使藥效逐漸降低，當該藥劑停止使用後，往往因藥劑之壓力消除而逐漸回復原有之生理作用，抗藥性亦因此逐漸減緩，藥效亦逐漸提高。

四、抗藥性之抗藥機制

一般殺菌劑對病原菌之作用點分別為細胞壁 (Cell wall)、呼吸作用 (respiration)、Adenosine deaminase、Microtubules、內質網 (Endoplasmic reticulum)、細胞膜 (Cytoplasmic membrane)、蛋白質合成 (Protein synthesis)、

RNA 合成酵素(RNA polymerase)、核酸合成(Nucleic acid synthesis)，藥劑之作用機制除有效抑制上述生化反應外，亦可增進此類生化反應，此與藥劑之種類及植物病原真菌之種類有極密切之關係，故當遺傳因子變異而產生抗藥性時，大多數乃改變植物病原菌之正常生化反應所致。

植物病原菌抗藥性之作用機制可大略歸納為下列數種：(一) 降低殺菌劑與其作用點間之親和力；(二) 降低殺菌劑之運輸能力及增強殺菌劑之流釋能力；(三) 解毒作用；(四) 喪失將殺菌劑轉換成有毒物質之能力；(五) 補償作用，如增加病原菌產生酵素之能力；(六) 改變代謝產物之形成過程等，其他如改變細胞壁之滲透能力等，均可改變殺菌劑於植物病原菌細胞內之正常作用而出現抗藥性之現象。

五、抗藥性之測定與監測

抗藥性之監測主要在於了解抗藥性發生之可能、田間實際發生情形、及其擴展性，進而進行抗藥性之管理、訂定預防策略，以期有效降低其發生概率。因此依據 Brent, K. J. 1988 年之專文，殺菌劑之抗藥性監測主要之目的及重點在於下列幾項重點：(一) 探討抗藥性產生之可能性；(二) 預測抗藥性問題之產生；(三) 測定抗藥性管理策略；(四) 探知抗藥性之進展；(五) 協助地區性使用殺菌劑之選擇；及(六) 抗藥性之基礎研究。而於進行抗藥性監測前，首先需訂定抗藥性監測之基準點，依據此一標準進行抗藥性監測。

(一) 抗藥性監測基準點之訂定

在進行抗藥性監測工作前，需先訂定抗藥性監測之基準點(Baseline)，一般均以找出 NEC, MIC 及 EC₅₀ 值後再加以訂定，以期有效而精確的監測抗藥性之實際發生狀況，其訂定之原則大約遵循下列二原則：1、藥劑於田間施用前，依據藥劑之特性及防治對象進行室內及田間試驗，建立不同防治對象之抗藥性基準點；2、依不同藥劑種類訂定不同之基準，因此其基準點之訂定隨植物病原真菌之種類及藥劑之不同而有差異，一般較常採用者有訂定濃度標準、訂定 MIC 值、菌落形態變化及測定 EC₅₀ 之比率等。

(二) 抗藥性測定

抗藥性基準點訂定後即可進行抗藥性測定，較常採行之方法為測定藥劑對孢子發芽之抑制力、對發芽管伸長之抑制力、對菌絲生長之抑制力及對發病率之抑制作用；然對於絕對寄生菌類無法於人工培養狀況下進行試驗者，如白粉病、病及露菌病等，則僅能於寄主植物上測定。目前生物技術

突飛猛進，應用於農業科技上亦有極顯著之成果，國外研究人員亦已應用生物技術於抗藥性之研究，因此抗藥性之監測已漸趨簡化而迅速。

抗藥性之測定最常使用之方法之一為將藥劑添加於培養基中，並直接於田間採樣，採樣後於顯微鏡下觀察分生孢子之發芽情形，或待菌落形成後，計算菌落數。依據文獻報導，室內利用培養基添加藥劑進行試驗時，其測定結果可能受培養基成分影響，若採用養分含量高之培養基作為基礎培養基時，病原菌可由培養基中獲取足夠之養分，相對地不需要分泌酵素以分解其中成分作為養分，在生理作用降低之情況下，其抑制作用則極難測定，故進行藥劑之室內篩選時，宜採用化學成分、低養分含量之培養基。目前亦有以微量測定法，然此類方法仍受培養基種類而影響其測定結果。

灰黴病為世界性病害，尤以低溫地區，於雨季來臨時，無不感受其威脅，因此有關灰黴病抗藥性之報導極多，臺灣地區亦不例外，而灰黴病之主要防治藥劑為 Dicarboximides 類藥劑，其作用機制雖尚無定論，但主要為抑制酵素之產生及生理作用。為了解其抗藥性於田間之發生狀況，多年來定期前往田間，以田間推薦之施用濃度進行抗藥性監測，結果發現灰黴病抗藥性問題普遍存在於田間，茲將測定結果列於表 11-1，以供用藥之參考。

表 11-1、灰黴病抗藥性之田間監測結果

年份	不同藥劑之抗藥菌株數					總調查菌株數
	免得克寧	撲滅寧	依普同	免克寧	快得保淨	
80	13	29	12	22	-	49
81	23	43	45	68	26	125
82	24	11	18	11	27	28
83	27	52	50	48	0	110
84	26	19	26	21	0	57
85	23	24	23	23	0	54
86	2	41	34	35	0	59
87	6	101	72	88	4	128
88	2	11	8	10	0	25
89	-	33	24	32	9	60

六、抗藥性之預防

抗藥性研究之最終目的乃在於預防抗藥性產生，以減少因抗藥性所造成之困擾及經營成本，一般常用之預防方法包括下列七項：

(一) 開發新防治藥劑

開發新藥劑以取代已產生抗藥性之藥劑，可降低藥劑之選汰壓力，減少因抗藥性產生所造成之藥效降低。

(二) 藥劑混合使用

利用兩種或兩種以上不會產生交互抗藥性之藥劑混合使用，可降低藥劑之選汰壓力，而延緩抗藥性之產生(圖 11-1)，經實驗證實 phenylamide 類藥劑與其他藥劑混合使用，可達到抑制抗藥性產生之效果。

(三) 藥劑輪流使用

兩種或兩種以上無交互抗藥性之藥劑輪流使用時，抗藥性產生之機率會相對降低，合理而妥善之藥劑輪流使用方法及原則詳見圖 11-1。

(四) 藥劑混合及輪流使用策略配合應用

不論藥劑輪流使用或混合使用均可延緩抗藥性產生，若二者交替應用，則預防效果更佳，但應用此策略時，需特殊作用點之藥劑與非特殊作用點者、強效性與非強效者互相配合使用，其配合施用狀況可由圖 11-1 獲得明示。

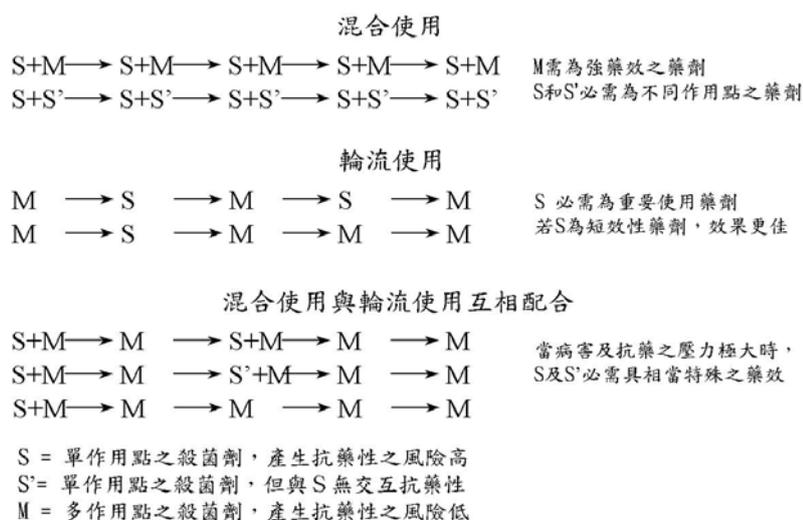


圖11-1、藥劑混合使用或輪流使用之施用模式

(五) 改變施用方式、施用時期及有限制的使用

有限制的使用農藥除可減少藥劑之浪費及環境污染，同時可因降低選汰壓力而避免抗藥性之發生。因此訂定藥劑施用策略時，應考慮下列五項原則：1、將選汰壓力降至最低；2、應多種施用方法互相配合應用，避免單獨、固定而長期施用；3、需於早期施用；4、宜選擇最適合之時宜、位置施用；5、訂定長程施用策略。

Phenylamide 類殺菌劑，因應其藥劑特性及施用作用對象，合理而可行之施用策略應符合下列五因素：1、作為預防用而非治療用；2、與其他不同作用機制之殺菌劑混合使用；3、以噴施為宜，土壤處理時需採用不同劑型，種子處理時宜混合用藥；4、每年或每一生長期以施用 2-4 次為限；5、早期施用或植物生長期施用。

Strobilurin 類殺菌劑為近年來上市、較新結構之殺菌劑，包括克收欣及亞托敏等，一般為極易誘導病原菌產生抗藥性，因此建議應與其他藥劑輪流施用，以避免抗藥性產生，同時同一季節避免連續施用六次以上，若配合套袋則可減少施藥次數。

(六) 建立綜合防治策略，減少藥劑之施用量

應用綜合管理策略，可施用之方法大致包括選擇適宜之種植環境與時間、選擇適宜之作物、健康種苗與抗病、加強種子(苗)檢疫及消毒處理、抗病品種(resistant cultivars)之培育與應用、選擇適當肥料並適時施用、改變灌溉方式、改變栽種管理模式、建立輪作制度、生態性因子之應用、物理因子(加溫、冷藏、降低濕度等)之應用、機械方法之應用(修剪、砍除等)、抗病及抗病基因工程技術之應用、拮抗微生物與有機添加物的利用，活化土壤生命力、生物防治、天敵及性費洛蒙之應用、田間衛生及污染物的管理、農業廢棄物之管理與利用等，此外，進行病害預測(forecasting)、降低濕度及增加株距等亦可降低病害之發生而達減用藥劑之目的。

於栽培介質中添加吸水(生研公司產品)，將土壤中過多之水分吸收，可降低土壤含水量，並因減少蒸發量而降低空氣中之相對濕度，因而可降低麗格海棠灰黴病之發生，此時藥劑灌注與否，對發病率已無影響，詳見表 11-2。至於定期灌注賀格蘭營養液(Hoagland solution)，可促進植株之生長，增加其抵抗力，因此灰黴病之發病率亦相對降低，詳見表 11-3。而利用生物防治、微生物製劑以取代化學藥劑亦不失為預防抗藥性產生之良策。

(七) 定期進行抗藥性監測

隨時掌握最新資訊，可充分了解抗藥性於田間實際發生狀況，隨時掌握先機，進行上述之預防措施，以降低抗藥性之發生。

表 11-2、栽培介質添加吸水及藥劑處理對麗格海棠灰黴病發病之影響

處 理	發病率(%)	
	11/19/94	1/18/95
吸水	2.56	0.87
吸水+50%依普同可濕性粉劑 1500 倍	8.41	0.64
吸水+75%快得保淨可濕性粉劑 500 倍	4.69	0.88
吸水+50%克氯得可濕性粉劑 2000 倍	9.12	0.29
吸水+50% Sapphire WG 2000 倍	7.91	0.19
吸水+Kuf-6201 EC 1000 倍	4.15	0.28
對照：吸水，無藥劑處理	5.45	2.03
對照：無處理	1.47	11.79

表 11-3、控制養分對麗格海棠灰黴病發病之影響

處 理	發病率(%)		
	11/9/94	12/21/94	1/4/95
賀格蘭營養液	3.1	0.93	5.09
加格蘭營養液不加鈣鹽	7.8	1.87	1.80
對照：無處理	20.2	10.70	10.05

結語

植物病原真菌之抗藥性問題涵蓋相當廣泛，舉凡藥劑使用後之藥效消退情形均與抗藥性之發生息息相關，而抗藥性研究之最終目的在於預防抗藥性之發生，而每一研究方向均扮演互動關係，如何相互配合使用而達到預防抗藥性產生之目的，實為極高之境界，非投以大量人力、物力配合長期研究無法達成。而目前科技日新月異，加以生物技術突飛猛進，如何配合應用，於

植物栽培過程中增進其抗病性，以降低農藥使用量，則可相對降低抗藥性之發生。若能採用非農藥之防治方法，更可降低抗藥性於無形。

第十二章 農藥藥害之發生與避免

蔣永正

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 公害防治系

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23323073

E-mail: cyj@tactri.gov.tw

臺灣地區的農業在作物品種改良，施肥及病蟲草害管理技術改進，以及採收前後處理作業完備的生產環境下，單位面積的產量及品質都有顯著的提昇；另一方面由於國民生活水準的提高，飲食習性的改變，對蔬果類非主食的多樣化需求量也大幅增加，為滿足消費大眾及市場的供需，農民致力於作物產量品質的維持及產期的調節，遂形成臺灣複雜的作物相，及小面積集約管理的耕作特色，加上夏秋高溫多雨及颱風頻繁的氣候，導致病蟲草等害物出現的種類與頻度激增。為要達到短期內快速壓制害物族群的密度，同一時間、同一地區的農藥使用量即有相對增加的趨勢；農林廳植物保護手冊登錄約 200 種單劑及 170 種混合劑農藥，推薦使用在蔬菜與果樹病蟲草害防治及植物生長調節上，農民往往因為未考慮到作物種類、生育期及器官組織的不同，對藥劑反應的差異程度，而自行混合多種農藥同時使用，尤其在極端異常的氣候環境下，容易引起急、慢性或不可恢復的藥害發生，而影響到植株的正常生育及農民的日後收益。

作物對農藥之敏感性

作物對藥劑的反應為藥害發生與否的主要決定因子，一般可分為敏感、容忍及抗性三種，但在不同品種、生育期或器官組織，對藥劑的容忍程度會有明顯的差異。農藥施用後如何干擾植物的正常生理、生化作用，引起植株生育異常甚至死亡的藥害現象呢？基本上一個外來化合物(xenobiotics)在發生作用前必需先進入細胞內的目標位置(target site)，而此目標位置通常是指對藥劑反應最敏感之生理、生化作用進行時的所在部位；如葉綠體的膜蛋白即為許多光合作用抑制型除草劑之結合位置，會降低光合作用的效率，同時產

生具活性的物種，引起過氧化作用，破壞膜的完整性，導致細胞死亡；其他在脂質及胺基酸生合成路徑所需的特定酵素，和生長素作用時的受體(receptor)亦可成為藥劑的作用位置。一般除草劑因為所防治的雜草同為植物，因此對作物的毒性要比殺蟲劑或殺菌劑要高，而且以抑制光合作用為影響植物生育的最主要機制。昆蟲為主的殺蟲劑、殺菌劑，或以病原菌為主的殺菌劑，何以可能對作物產生毒害呢？因為外來物質多少會干擾到植株的正常生育系統，雖然作物對外來化合物的侵入都有代謝解毒的防禦本能，但是在不同作物種類，生育時期或組織器官的解毒速率卻有明顯差異，短時間內吸收過多的外來物質，如無法加以分解利用，或區隔在胞器內成為不活性物質，則可能引起藥害，亦為任意提高農藥施用濃度，易發生藥害的主因。

農藥對植物的毒性(phytotoxicity)涵蓋所有導致植物受傷害時，藥劑與植物間交互作用的過程，即吸收、傳導和代謝作用。

一、吸收作用

噴施型藥劑主要是由葉片吸收，而吸收的程度和藥液被植株的截留有關；藥滴本身噴出時所帶的能量、表面張力、葉表面性質及葉著生位置均會影響截留量；葉表臘質及臘質下的角質層對外界離子和水溶性分子的進入細胞提供了保護措施，但對於小分子的非極性分子，不論是主成份或溶有有毒物質之親脂性物質，則可以物理作用接近角質層表面。另外在葉角質層上還有氣孔及茸毛；茸毛對農藥的吸收在某種程度上很重要，其在適當密度時會形成網眼，阻止藥滴從葉表滑落，使毒物質沉積量大於光滑的葉表面；氣孔則不能提供水溶液的進入，只是某些油性物質可經由敏感的保衛細胞，而傷害到排列在氣孔邊緣之細胞。一般而言，葉表構造對農藥進入細胞所形成的屏障，在藥劑主成份間沒有很大的選擇性差異，而與作物種類有明顯的相關性，如水稻等禾本科，因為具有包被臘質與角質層的葉表面，較之十字花科葉菜類的光滑葉表，對大部份的農藥都具有較高容忍性。

土壤施用型藥劑，根據地下部細胞內、外溶液的濃度梯度，及隨土壤水的流動而進入根、種子和地下莖等組織。因大部份藥劑的作用位置在細胞質、核或葉綠體等胞器內，故藥劑仍需跨過細胞壁及各類膜系，在植物不同組織或不同生育期的細胞活性亦有明顯差異，對藥劑的忍受程度亦不相同。

二、傳導作用

有些藥劑的作用點離進入的位置僅一、二層細胞，如聯 嘧啶類除草劑-巴拉刈進到含有葉綠體之細胞內即發生作用，不需做長距離的傳送。但對多年生萌後施用之除草劑，需從地上部轉移到地下部的營養器官，或土壤施用之光合作用型抑制劑，需從根部轉移到葉部才能發揮效果，因此農藥在植體內的傳導亦為影響其活性的主要機制之一。由葉片轉移到頂端分生組織或成熟葉轉移到嫩葉的短程傳送，主要為細胞間的擴散作用，經由胞質間脈絡絲(plasmodesmata)或細胞間隙的轉移。長程的傳送包括韌皮部和木質部的運輸系統；除草劑在篩管內轉移的情形是配合光合產物的流動方向做被動運輸，只是一些藥劑分子也會與細胞內代謝物競爭攜帶者做主動傳送。若以韌皮部轉運為主的除草劑只在積貯器官(sink)；如種子或地下根莖等營養繁殖器官內大量累積，而其他組織接受到極少量的藥劑，會造成除草劑效果的不完全，因此部份藥劑會滲漏到周圍其他組織或導管內隨同水分移動，這種韌皮部與木質部間的交換情形，主要和藥劑的膜透性、在篩管內的流速及植株的大小有關；2,4-D與嘉磷塞處理過的植株木質部內，即可偵測到顯著的藥劑量。

根部所吸收之除草劑在導管內轉移之驅動力是土壤與大氣間水分潛勢的梯度，但在氣孔關閉時即使兩者水分潛勢差異極大，也不能提高木質部內的轉移速率，因此和植物的蒸散作用也有相關性。除草劑分子在傳導細胞內的膜穿透能力與留滯程度，會影響其在植體內的分佈情形，中性親脂性分子易進入細胞內，但也容易往胞外流出，弱酸性分子則會以離子捕獲方式留存在細胞內；因此除草劑分子製劑成酯式結構可增加進入細胞內的量，待進入細胞後再轉變成具活性的酸式結構，可兼顧藥劑在植體內分佈完全及具生物活性的特質，但對抑制光合作用電子傳遞之除草劑，親脂性有助於其在類囊膜上的作用活性提高。

藥劑對同化物的生成、膜完整性及供貯組織的破壞，也都會降低其本身的移動性；如巴拉刈快速引起膜系的破壞，會導致藥劑在植體內的分佈不完全而影響控制效果。雖然藥劑在植體內的轉移速率會隨植物生育狀況而異，但最後在細胞內作用位置所累積的臨界量才是決定其毒性的主要條件，當使用時超過其可代謝解毒的劑量範圍，則會引起生育異常的現象發生。

三、代謝作用

對除草劑而言在植體內的代謝解毒作用，為構成作物與雜草間選擇性的最重要機制；作物和耐性草內會快速將細胞吸收的藥劑分解，避免累積到足以致毒的程度，實際上農藥在植體內的代謝情形為是否引起藥害的關鍵因素。代謝的過程包括共軛結合(conjugation)、解毒(detoxification)及沉積(deposition)作用；除草劑在細胞內先行分子內的原子或原子團置換，或直接經水解、氧化或還原作用與細胞內成分如醣類或胺基酸形成共軛結合物，當此共軛物在細胞或組織內移動時，一些醣類、胺基酸及脂質仍會繼續連結到此共軛物上，使其分子增大而移動性減小，最後沉積在細胞成份上則失去生物活性；與糖類結合者會被區隔在液胞內，而與胺基酸結合者，如苯氧醋酸類除草劑則結合在細胞壁成分上。但有些除草劑還需要經過生物活化作用(bioactivation)才具有植物毒性；如巴拉刈在光照下促使葉綠體膜產生毒物質，2,4-D 和 MCPA 的酯式結構在感性品系內經過氧化作用後，才會轉變成具有生物活性的酸式結構，同樣在一些禾本科除草劑(如伏寄普、快伏草及甲基合氣氟等)也有經水解、氧化、還原或具可逆性的共軛作用，使藥劑產生生物活性而具殺草作用。共軛及解毒作用非為不可逆的途徑，部份會再進入細胞質內發揮活性，但經沉積作用後形成不可溶出之殘質，則對植物毒性會顯著降低。

農藥在植物體內的代謝不但有種間差異甚至還有種內的不同，因為在酵素參與之解毒反應中，植體間的同功酵素(isozymes)分佈型態會有差異，導致容忍範圍的不同；此外植物在不同生育期對藥劑的反應亦有差別，全生育期中較敏感的時期大部份為幼苗期和生殖生長之初期(如水稻的幼穗分化期)。另外也有組織和器官上敏感程度的差異，一般在繁殖器官(如花粉和柱頭)較營養器官(如葉片)對農藥為敏感。

農藥藥害發生之原因

作物本身對外來化合物均有一套防禦系統，但是使用超過其可代謝解毒的劑量範圍，則會造成藥害。導致藥害發生的原因可大致歸類為農藥本身性質(包含主成份和添加劑)及噴藥系統(涵蓋噴藥時的壓力、噴嘴所噴出藥液粒子的大小及噴施時的用水量)，受到環境因子(溫度、風向、水質及土質)的影響，而在敏感的作物種類、生育期或組織器官上發生的生長抑制情形。

一、農藥特性

成品農藥於登記使用前，已在委託試驗中測試過對目標作物生育的影響，影響不顯著者方可推薦使用，因此品質合格的農藥，若配合推薦方法施用是不會造成作物的藥害，但使用品質不良、混入有害不純物，或貯存時已發生質變之農藥，則有可能引起藥害。此外因為現行之委託試驗設計，並未涵蓋對非目標作物之影響，因此針對主成份而言，作物種類與藥害發生有密切相關；如殘效性長的藥劑會影響輪作制度中敏感作物的正常生育，尤其在長期乾旱和低溫的氣候下，藥劑分解慢而容易造成藥害。此外噴施時所用之添加劑，也會因為影響作物對藥液的吸收量而改變其容忍範圍；實際上單純展著劑在連續施用下亦可能造成展開葉黃白化、幼葉皺縮及葉面積減少等藥害。至於農藥的劑型如揮發性強的藥劑，會由於藥液蒸發成氣態而造成鄰近非目標田區的作物發生藥害；由飄散所造成的藥害，又和噴藥時的藥滴大小及噴施的壓力有關。

二、噴藥系統

噴藥器械對藥液流量的控制，及噴桶的壓力都會影響噴施量，噴嘴口徑的型式與數目、噴桿的高度及噴藥時的行走速度，也會造成重覆曝藥的差；一般在固定的稀釋水量下，藥液粒子愈小，藥劑被植物吸收及抑制生育的程度愈高；系統性較接觸型藥劑的表現更顯著；對葉構造呈垂直之單子葉植物而言，藥液粒徑小於 150 μ m 時之噴施影響亦較大粒徑者為甚；在液滴與葉面接觸角大於 110°之葉片，減少藥液粒徑有助於葉面的濕潤。此外噴桶內藥液是否攪拌混合均勻，亦為造成藥害之因素，如可濕性粉劑若攪拌不均勻時易造成局部田區植物的受藥量過高。

噴藥時混合兩種以上的農藥，若二者會形成沉澱或凝聚成膠體，則噴施時亦會因不均勻而發生藥害，通常應先了解藥劑的物化性質，或添加助溶劑以增加兩者的互溶性。對於施用過除草劑，如 2,4-D 或嘉磷塞等藥劑的噴藥桶，應澈底清洗，否則易因為污染而造成藥害。

三、環境因素

(一) 溫度

溫度會影響藥劑在植體內的生物活性，高溫對細胞吸收的藥量和作用情形均有促進作用，故容易引起藥害；低溫時的藥害，則可能導因於細胞膜本身已受到低溫的傷害，而對藥劑比較敏感之故。

(二) 水質

噴藥時之稀釋用水之水質、pH 值、水中所含鎂、鈣等無機離子含量，均會影響藥液中農藥之物化性質，如形成不可溶之鹽類沉澱，則容易造成局部藥害。

(三) 風向

噴施農藥之藥液粒子愈小，隨氣流飛越之距離愈遠，風向與風速則影響藥液之飄散(drifting)，為藥害發生的主要因子，尤其是壓力大、噴桿高之噴藥狀況，更易引起鄰近非目標作物的藥害。

(四) 土質

對土壤施用型藥劑特別是除草劑而言，土壤質地會影響其在土中的持續性；土壤中的粘土粒子會吸附帶電的化合物，降低藥劑在土中的移動速率；土壤中微生物亦會分解農藥，影響藥劑的殘效性。

四、作物種類

農藥在植物體內的代謝，不但有種間差異甚至還有種內的不同，因為某些酵素參與之解毒反應中，在不同生物型間，因為同功酵素(isozyme)分佈的差異，以致容忍範圍有所不同；此外植物在不同生育期對藥劑的反應亦有差別，全生育期內的敏感時期，大部份在幼苗期和進入生殖生長初期(如水稻的幼穗分化期)。另外也有組織和器官上敏感程度的差異，一般繁殖器官(如花粉和柱頭)要比營養器官(如葉片)對農藥更為敏感。

藥劑本身的物化特性及植物對藥劑的代謝程度為造成藥害的基本原因，環境或施藥時的措施不當則會誘導藥害的發生。至於對非目標作物而言，噴藥時飄散、灌溉水污染及土壤中的殘留則為藥害發生的主要途徑。

農藥藥害發生之避免

施藥量不足會導致害物的防治效果不佳，但施藥量過多則可能會立即引起作物發生藥害，甚至殘留在土壤中抑制後期作的正常生育，因此正確掌握農藥施用量十分重要。一般造成曝藥量過高的原因，除施藥者自行提高用量外，大部份是因為噴施時的不均勻，包括溶解不完全或噴液中含有過多的泡沫，造成局部田區的施藥量過高，以及噴撒時行走速度或噴嘴出水量的不一致，產生重覆曝藥的現象，此在發生藥害的田區，很容易即可由受害植株的分佈型式，辨識出田間實際的受藥方式。

一、農藥種類與噴施技術

一般殺蟲劑的理想噴施情形為噴液能達到最大的葉面覆蓋與附著量為佳，在高壓下噴出的液滴粒子愈小愈可滿足其噴施效果，但對除草劑而言，卻會造成藥液飄散(drifting)，引起鄰近敏感作物藥害的疑慮；除草劑類因為主要是抑制植物的生理生化作用，使用時必須特別注意其選擇性，除了作物種類外、施藥時期及方法都有可能影響植物的生長。此外市售的一些營養劑，大部份都含有植物生長調節劑的成份，因為未列入農藥管理體系內，在標示不明及未經檢驗的情況下，農民不易掌握施用量而發生藥害，導致果實品質或產量的損失；展著劑的添加不當也會抑制植株的正常生長，尤其是引起新葉的縮縮捲曲，及未完全展開葉面積的縮小，導致結球菜類不能包葉；另外如使用邁克尼防治印度棗白粉病時，添加展著劑也會引起藥害。

二、混合農藥

通常兩種或兩種以上農藥混合施用時，理論上可能發生之反應包括(1)協力效應(synergistic effect)，即混合施用之效果大於各單劑獨使用效果之平均值；(2)加成效應(additive effect)，即混合施用之效果等於各單劑獨使用效果之平均值；(3)拮抗效應(antagonistic effect)，即混合施用效果小於各單劑獨使用效果之平均值。田間農藥混合要達到擴大害物防治範圍，而又不會引起作物藥害的目的，則須注意混合劑中各單劑成份彼此間的生物活性，及化學特性上的相容性；前者和噴施時作物生育期、藥劑作用機制，及劑型中不同添加劑的生物活性有關，後者則主要和各單劑的溶解度大小及是否會產生沉澱有關。成品殺蟲劑的乳劑或分散劑劑型中，所含有的油劑、有機溶劑、乳化劑和濕著劑，會促進植物對除草劑的吸收，因此兩者混合噴施，會減少除草劑的選擇性，提高藥害發生的機率，宜避免混合使用。不同種類之除草劑混合，則需特別注意藥劑間對作物生理影響的反應差異，例如草殺淨及達有龍等光合作用抑制型除草劑，與施得圃等二硝基苯胺系藥劑混合時，因為後者會抑制細胞分裂與生長，影響到根系的發展，而減少前者在植物體的吸收與移動，因此混合劑的殺草活性降低；但光合作用抑制型藥劑若與胺基甲酸鹽類混合時，則因為後者會抑制脂肪合成，特別是臘質在葉表面的堆積，因而增加植株之蒸散速率，而促進混合劑的吸收與移動、加強其生物活性。此外聯苯醚系除草劑混合植物生長調節素型藥劑後，會影響前者在植體內的共軛結合作用，而改變其在細胞內的解毒速率。

田間農藥混合噴施時，各單劑成份應先加以稀釋再行混合，以免兩者發

生化學反應；可濕性粉劑混合前則應先以少量水徹底溶解；乳劑及可濕性劑混合後若靜置過久，會發生藥劑與水分離現象，即使在連續噴施過程中，亦須防止藥液發生分離，以免造成局部田區的藥害；同時混合時應避免藥液中含太多空氣形成之氣泡，因為氣泡亦會造成噴施不均勻的結果。

三、作物種類

對作物種類及栽培特性而言，臺灣蔬菜作物種植的種類超過 100 種以上，短期葉菜類在一年內重覆種植達十次左右，因為生育期的長短及可食用部份的差異，受農藥影響的程度也有明顯的不同，一般而言，十字花科短期葉菜類最為敏感，瓜果類次之，但品種間也有差別，如佈芬淨會引起南瓜藥害；適用於蔥韭之菲克利，但不得用於韭黃及韭菜花；納乃得及撲馬松僅適用於甘藍菜，施用於白菜及芥菜則會發生藥害。此外幼苗期之蔬菜對農藥亦十分敏感，依得利提高施用濃度時，容易引起番茄及甜椒幼苗藥害；貝芬錳亦不宜用於西瓜幼苗。短期葉菜類蔬菜容易受到農藥的影響，而造成品質或產量上的損害，部份原因來自收穫前不及恢復正常生育，因此較之甘藍及芥藍等生育期較長之蔬菜敏感。大體而言蔬菜類對農藥的反應是比水稻及果樹為敏感。

果樹的生育與結果則多受到氣候的支配，同時果實的品質及色彩也受到溫度、濕度及風等氣象因素的影響。一般高溫多濕下，果樹生育旺盛，但結果力不佳，且易落果；濕度低時花芽易分化，但樹形不易伸展，若養分供應不足，樹齡亦會縮短；風的影響主要是在營養期的落葉，及開花成熟期阻礙授粉及受精。果樹因為是多年生作物，落葉果樹由萌芽至落葉每年的生育期頗長，常綠果樹則周年不斷繼續其營養生長，全生育期的病蟲害危害極多，雖然目前已針對抗病蟲品種，及砧木的選擇加以預防，但適當的果園管理，配合氣候環境變化正確的施用農藥，則可遏止突發性病蟲危害的蔓延與擴大，不失為速效、省工的管理方式。但在臺灣這種高溫多濕的熱帶及亞熱帶環境下，施用時藥劑與氣候交互作用的結果，往往容易引起敏感生育期或特定器官的果樹藥害，此為藥劑防治最應避免的副作用。果樹因為生育期長，不同時期之病蟲草害防治或產期調節所使用之藥劑，對植物各器官發育的影響會有差異；一般開花期及幼果發育期較為敏感，如噴施待克利防治抽穗蕉株之黑星病前應先套袋，開花期不可施用芬瑞莫及腐絕防治梨輪紋病，亦不可施用甲基多保淨及免賴得防治蘋果黑星病，以及芬瑞莫防治梅黑星病。此外幼苗期植株對藥劑亦十分敏感，如不得施用三泰芬防治種植後三個月內之

蕉苗葉斑病及黑星病，百 克及賽福寧防治木瓜幼苗白粉病時易引起藥害。品種間對藥劑之反應也有明顯差異，百 克、賽福寧、免賴得及硼酸提高施用濃度，會引起木瓜藥害，提高易胺座施用濃度防治梅黑星病，亦會引起梅樹藥害。至於不同器官對藥劑的反應亦不相同，如平克座防治木瓜白粉病易引起新葉藥害，福木松、馬拉松、大滅松及滅大松防治木瓜赤圓殼蟲時，噴及葉片易生藥害，二硫松不可施於鳳梨心部等。氣候因子則會影響藥劑表現的程度，如高溫下嘉賜銅易引起柑桔藥害，貝芬錳會引起檬果藥害，可濕性硫黃會引起葡萄藥害。其他施用普硫松防治番石榴粉介殼蟲時，須依樹勢及樹齡調整用藥量。

農藥藥害的診斷

已登記使用在特定的推薦作物上之農藥，均有一定的安全範圍，因為田間推薦的施用量，已涵蓋了作物的忍受範圍及氣候環境造成的不適影響。農藥藥害的發生為偶發而不易預測的，但是隨意提高劑量、及混合農藥確是藥害發生的主因，因此大部份藥害的案例都是可以小心避免的。有關藥害的診斷頗為複雜，尤其是單一農藥藥害的正確判斷更是不易，其他農藥、病蟲感染、空氣污染、營養元素不平衡、及氣候環境也會造成植物生育的異常，因此除了現場勘察採樣分析外，由農戶、藥商及田間測定員提供之背景資料，對藥害的確認也是不可或缺的。一般而言，受害症狀為最直接的觀察，但症狀會隨時日而消失，或進展至更嚴重的褐化、死亡，甚至因為再感染了植物病原菌而改變原有之典型症狀，及症狀與劑量間的關係而干擾診斷的正確性，因此藥害症狀發現愈早愈易判斷發生的原因，此外特定藥劑雖然會顯現一定的症狀模式，但田區分佈的型態實為診斷之鑰。

正確的藥害診斷是逐步排除不可能的原因，並提出直接的證據，一般受限於時間及技術的不足，並非所有案例都能完全達到理想的解決結果，目前現場勘察、症狀記錄及土壤或植體分析為藥害診斷的主要步驟。

一、現場勘察

田間藥害發生後，現場勘察需考量的事項包括受害植株分佈的型式，若為條狀分佈可能與噴幅的寬度有關、受害植株在田區周邊的分佈、及田區位置包括鄰近作物的種類與灌排水的方向、受害區土壤型態及有機質含量、植物受害器官或組織的特定性及一般性症狀、以及鄰近作物或雜草是否受

害？此外有關整地、施肥、作物品種、藥劑使用種類及本塊田的栽培歷史都應做詳盡記錄。其他相關資料的搜集包括該作物目前常使用的藥劑種類、噴桶容量及稀釋倍數、混合之他種藥劑種類、種植及噴藥日期、噴藥時之作物生育期、藥劑撒施或帶狀噴施、噴藥前後之氣候狀況、植物病史及肥料用量等。針對引起藥害的主要原因，包括超量使用、混合藥劑的不相容、噴桶污染、土壤殘留及藥液飄散、灌溉水污染等情形，從現場表現歸納出藥害發生的可能性。

二、症狀記錄

受害症狀的觀察為藥害診斷最直接而快速的方法，但是類似症狀會發生在同類藥劑中，作用機制相似的不同種類農藥中，曝藥及吸收劑量的差異，及非農藥因子引起之其他的受害症狀。許多病徵會與藥害症狀相似，但病原菌大部份有專一寄主，此外可以在受害組織分離到病原微生物，但藥害組織也會發生微生物的二次感染而顯示綜合的病徵。土壤病害出現莖基軟腐的病徵類似萌前除草劑，毒素病引起葉變形皺縮則類似生長調節劑，或葉脈黃化類似光合作用抑制劑，寄生性線蟲會抑制根生長，幼苗嚴重矮化則類似二硝基苯胺系藥劑，但後者不會引起葉褐化的現象。蟲害如稻細 會引起稻葉捲曲，莖稈乾枯斷裂，與除草劑伏寄普的徵狀類似，但前者稻稈剝開後，莖節處會發現蟲卵或糞便加以辨識。土壤或植體內營養成份過高或過低，均會影響植物正常生育，缺錳會造成脈間黃化類似三氮苯系除草劑，土壤中含氮及鉀過高，會引起植株黃化、矮化、葉緣或全葉褐化、萎凋或幼株死亡，但營養元素缺乏或過多可以土壤檢測來確定。種植後施用肥料不當所引起之葉片灼傷及褐化，則類似葉面接觸型藥劑，其他如空氣污染也會引起脈間黃化、葉緣黃褐化、及葉形扭曲等受害症狀；低溫則會造成葉片黃化、萎凋等現象。症狀的確認可輔助藥害的正確診斷，只是在不可預知的狀況下，常常無法做適時的觀察，而喪失掉洞悉真相的先機。(圖版 12-1~12-5)

三、土壤或植體分析

以生物分析方法，檢測土壤內所含生長抑制物質的活性，可以評估田區再利用的風險，以藥害測試作物之幼苗生長勢反應，即可判斷土壤對作物生育的安全範圍。植體內農藥殘留分析，雖可提供藥劑被植物吸收的直接證據，但對殺蟲劑或殺菌劑而言，高量噴施是為了防治病蟲害，藥劑確定會存在植物體內，只是並不代表與藥害的發生具關連性。但在特定除草劑的辨認上，確為相當有力的證據，只是藥劑經過植體的代謝，通常在細胞內的濃度

已降至極低，測定方法之靈敏度及複雜的前處理步驟，都有某種程度的需求。

單純的藥害案例可以田間現場勘察，及典型受害症狀的比對，即可歸納出可靠的原因，但複雜而混亂的分佈與症狀，則需藉助植體殘留之農藥測定，甚至組織切片等微細構造的觀察。藥害診斷固然希望得到最佳解決辦法，包括作物的產量及品質的損害評估，田區再利用的風險及賠償的歸屬責任問題，一般因為發生的很突然，當農友意識到作物生育異常時，症狀的進展歷程大部份已進入了較嚴重時期，造成診斷上的干擾。但不論是否能得到周全的診斷結果，作物傷害確已形成，終究不會達到完滿的境地，因此正確而精確的使用農藥，不僅確保作物的安全，對人畜的生命及環境的品質才有保障。

結論

臺灣因為種植的作物種類多，且幾近全年無休的栽培環境，提供了病蟲草害物的適當繁衍場所，同時在消費者喜好選購沒有病斑及蟲孔農產品的心態下，在目前這種農業人口老化，農村勞力欠缺的社會結構下，導致農民仰賴農藥保護作物生育的程度日益加深，但是農藥種類繁多，在臺灣這種高溫多濕的熱帶及亞熱帶環境下，施用時藥劑與氣候交互作用的結果，對不同作物、敏感生育期或特定器官的毒性有明顯的差異而易引起藥害。某些栽培面積少如根莖類蔬菜，在植保手冊上沒有推薦藥劑，更造成栽培管理上的困擾，農民往往會接受農藥販賣業者的經驗傳授，而選擇藥劑的種類，但實際在田間的噴藥時期及方法，卻會改變藥劑對植物的毒害程度，因此恪守正確施藥的一般原則，小面積先行測試未曾使用過的藥劑，用藥的同時更應謹慎小心，勿妨礙到鄰近非目標區敏感作物的生育，此點在藥劑委託試驗中是沒有涵蓋而容易被忽略的。

第十三章 農藥之毒性及施藥時之安全防護

李國欽、李宏萍

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23324738

E-mail: gcli@tactri.gov.tw

hplee@tactri.gov.tw

前言

在我國農業的發展過程上，農藥的使用情形一向是非常普遍的；而一般在使用農藥時，往往只著重在農藥是否有效果，以及所採收的蔬果是否有過量的農藥殘留等兩方面的課題。然而農藥對人體及非目標生物之毒性則甚少引起關注，對於施藥者本身，或施藥後之農藥對周圍的人員、環境等所產生的安全暴露狀況，更是不被瞭解甚或不被重視，因此，因藥劑處置不當而造成之中毒現象時有所聞，嚴重者更因延誤急救而喪生。

一般可能接觸到農藥的人，不僅是進行實際噴藥的農民而已，通常也包括其他與農藥或農業相關人員，如在農藥工廠中進行農藥混合、搬運、包裝等工作的人，進行農作物栽培及採收的農民，在溫室、農場、穀倉附近出入的人。甚至在一般住家使用農藥照顧花園或噴灑環衛用藥的人，均有可能遭受到農藥的暴露。而此類暴露於含農藥之環境之狀況是否會造成任何危害則須經過「農藥暴露風險評估」方可了解其安全性。

農藥暴露風險評估技術之測定方式，在國外已有多個相關單位訂定了不同的制定方式，如：1975 年世界衛生組織(WHO)制定對於有機磷農藥在農業使用上之暴露標準流程；1982 年又制定了田間農藥暴露之試驗規範；1987 年美國環境保護署(U.S.EPA)制定了對農藥使用監測評估之指南；1986 年國際農業化學組織(NACA)制定對於農藥混合、載運及使用人之安全評估試驗規範；同時在 1990 年又制定田間工作人員農藥暴露之風險評估指南；1992 年加拿大亦制定田間及室內工作人員農藥暴露評估試驗規範。所以由以上的實例可

知，先進國家在對農藥使用人所推動的保障工作都不遺餘力，並積極的對其國內農藥使用人之暴露評估技術之建立投下了大量的研究人力與物力。臺灣則於八十二年開始，由臺灣省農業藥物毒物試驗所進行一系列農民噴藥的農藥暴露安全評估之研究，藉此建立臺灣地區農民噴藥之暴露量的安全基本值，以作為將來農藥登記時和農民噴藥防護之評估依據，對全體國民提供農藥安全暴露的保證，進而達到合理、安全、有效的使用農藥。

儘管農政單位抗注極大之人力、物力於農藥之安全使用，然農藥中毒仍無可避免地不斷再發生，因此，農藥之毒性、中毒之症狀及如何急救，亦為農業從業人不可輕忽之重點，更是廣大群眾需具備之常識。

農藥之毒性

一、農藥對溫血動物的毒性

(一) 農藥進入人體的途徑

1、經口部飲食：人類攝食殘留有農藥的食品，或是因意外使藥劑由口進入身體，經過胃、腸，由腸絨毛吸收進入血液中。

2、經皮膚吸收：藥劑與皮膚接觸而透過皮膚進入體內。曾有報告提到，穿著污染巴拉松的衣服，由皮膚吸附轉移至受害器官而造成死亡。

3、經呼吸系統吸入：藥劑以氣體、粉末、霧狀或蒸氣存在時，藉由呼吸進入人體。因藥劑顆粒或液滴大小不同會造成不同程度的傷害，一般半徑大於 10 μl 的顆粒不能到達肺部，而 3 μl 或小於 3 μl 的顆粒很容易就經過咽喉氣管而到達肺泡。

農藥對人體產生毒害的程度與農藥本身的毒性、農藥與人體接觸的劑量、暴露於農藥中時間的長短有關。又由於人體各器官酵素種類不同，農藥對人體的傷害也因它進入人體的途徑而異。

(二) 農藥侵入人體後的中毒現象

1、物理現象：毛髮脫落，皮膚出現紅斑，眼睛充血或發炎等。

2、行為的改變：包括昏睡、鬆懈、四肢不規則的動作等。

3、取食量的改變：不正常的食慾，連帶影響體重的增減。

4、取水量的改變：同時也造成排尿量的不正常。

5、血球的改變：紅血球、白血球、血小板數目及形態發生不正常的變化。

6、血化學的改變：包括血糖、尿素氮、血清蛋白、三酸甘油脂、膽固醇、血中酵素及凝血作用的改變等。

7、尿的改變：包括還原糖、尿蛋白、沉澱物的改變及滲血現象。

8、碳水化合物新陳代謝作用及肝臟功能的改變。

9、器官形態及重量的改變。

10、死亡。

當然，上面許多現象除了靠患者本身的自覺外，還要靠醫師的臨床檢查才能發現。

(三) 急性毒害的分類

農藥除了使用時可與人類接觸外，使用後也會擴散到空氣中或沾到食物，當劑量很高時，會直接影響到人畜產生急性毒害，農藥的急毒性分類如表 13-1。

表 13-1、農藥急性毒性之分類

毒性分類	極劇毒	劇毒	中等毒	微毒
經口 LD ₅₀ (mg/kg)	固體 5	5- 50	50- 500	> 500
	液體 20	20-200	200-2000	>2000
經皮膚 LD ₅₀ (mg/kg)	固體 10	10-100	100-1000	>1000
	液體 40	40-400	400-4000	>4000
經呼吸 LC ₅₀ (mg/l)				
(EPA 標準)	≤0.02	0.02-0.2	0.2- 2.0	2.0- 20
(WHO 標準)	≤0.5	0.50-2.0	2.0-20.0	20.0-100

LD₅₀是半數致死藥量，表 14-1 中經口、經皮膚的資料，乃是使試驗動物口服或皮膚塗擦某一藥量經過 14 天，有半數死亡時稱此藥量為 LD₅₀，單位

是毫克藥量/公斤試驗動物體重；而經呼吸毒性的資料，乃是將受試驗動物暴露於含某一藥量的空氣中 1 小時之後，14 天內有半數死亡，則稱此藥量為 LC₅₀，單位為毫克藥量/公升空氣體積。

當選擇農藥時，如果藥效相近，應該盡量避免使用劇毒農藥。尤須注意的是，許多農藥經皮膚的毒性大於經口的毒性，例如 離丹 (Chinomethionat)、益發露 (Dichlofluanid) 等口毒性歸於微毒類，而皮膚毒性則屬於中等毒類。又如前述的巴拉松，易被皮膚吸附，如果赤身暴露於噴洒後的空氣中是很危險的。所以在做選擇時，經口、經皮膚、經呼吸三種毒性資料都要考慮到。

(四) 慢性中毒

施用農藥者或製造工廠中的工人，由於長期接觸藥劑，雖然所接觸的量遠低於急毒性的致死量，但是發生慢性中毒的例子，屢見不鮮。以有機磷劑為例，長期與低於致死量的有機磷劑接觸，常造成神經混亂、情緒激動及疲勞等病徵。

此外，長期與某些農藥接觸，常增加生殖不正常及癌症的發生。報告中指出，殺草劑 2,4,5-T 若含有 Dioxin 不純物會造成哺乳動物的胚胎畸型；薰蒸劑二溴氯丙烷 (DBCP) 造成工廠中工人的不孕症；3 種由 Phthalimide 衍生製造而來的殺菌劑如蓋普丹 (Captan)、大富丹 (Difolatan) 及富爾培 (Folpet)，在數種試驗動物中產生畸型的生殖；而殺蟲劑中有機氯劑滴滴涕 (DDT)、阿特靈 (Aldrin)、地特靈 (Dieldrin)，有機磷劑二氯松 (DDVP)，等都被認為可能的致癌物質。這些化合物之致癌性質如果是由其本身所造成者，都難免會遭到禁用之命運，而若其致癌之性質是由不純物所造者則此有害之不純物必須在生產時去除，否則也會被禁用。

目前，因化學品所引起的癌症及生殖障礙的知識和機制尚不完整，所以許多藥劑的慢性毒可能仍被忽略，相信當這方面的知識，繼續增加時，更多的藥劑會被認為可能造成上述同樣的生理不正常，因此在農藥合成發展使用以前，需預先考慮，已經上市使用者則必須經過風險評估後加以禁用或於其標籤上加註警告標語。至目前為止，本國禁用之農藥詳見附錄三。

二、農藥對其他作物及動物的毒病

Vom Ruber 等人估計葉部噴洒殺蟲劑，僅有少於 1% 的量進入昆蟲體內，其餘分別進入空氣、土壤、河川，並污染其他作物及殘留在被處理的作

物上。這些到達自然環境中的農藥，直接或間接經過食物鏈，進入非目標動物體內，由於各種動物對它的敏感度不同，造成的傷害也不同。譬如有機氯殺蟲劑能夠影響動物體內鈣的新陳代謝作用，當殘留於鳥體時，使鳥類產下薄殼鳥蛋，造成某些掠食性鳥及海鳥的數目大為減少。

一般而言，當農藥對鳥類之 LD₅₀ 小於 15 毫克/公斤時，該藥對鳥類之毒性為劇毒，LD₅₀ 在 15 至 150 間時為中等毒，大於 150 者則為微毒。

另外殺蟲劑對魚類也有較高的毒性，例如屬於植物性殺蟲劑的魚藤精，只要 0.5 ppm，就可將水中的魚殺死。有機氯劑安特靈，對海魚的 LC₅₀ 小於 3.1 ppb(10 億分之一)以下，有機磷劑如馬拉松對鱸魚的 LC₅₀ 分別為 14 ppb 及 17.8 ppb。而殺蟲劑由於空中噴洒顆粒，液滴的降落，或地面施用經雨水沖流，都可能到達魚池、魚塭或河口處，對養殖漁業或近海漁業產生不良的影響。農委會將農藥對水生生物之毒性區分如表 13-2。

表 13-2、農藥對水生生物毒性分類*

水生物毒性分類	淡水魚類急毒性	淡水無脊椎生物急毒性
	LC ₅₀ (96hr)	EC ₅₀ (48hr)
劇毒 I	≤ 1 mg/l	≤ 1 mg/l
中等毒 II	>1 - ≤ 10 mg/l	>1 - ≤ 10 mg/l
輕毒 III	>10 - ≤ 100 mg/l	>10 - ≤ 100 mg/l
低毒 IV	>100 mg/l	>100 mg/l

* 淡水魚類：以虹鱒(Rainbow trout)、藍鰓(Bluegill)或鯉魚(carp)為主。淡水無脊椎生物以 Daphnidae 之水蚤為主。

(一) 農藥對水生物毒性屬劇毒者及中等毒者，標示應加註「魚毒警告標誌」。

(二) 農藥符合下列條件者，不接受登記使用於水生作物及空中施藥。如登記使用於其他作物者，標示應加註勿使用於「飲用水水源水質保護區」或「飲用水取水口十定距離內之地區」。水生作物包括水稻、芋頭、茭白筍、蓮藕、水蕒菜、菱角及荸薺等。

1、對水生物毒性屬劇毒者。

2、對水生物毒性屬中等毒性者，且其具生物蓄積性或具水中

持續性者。(Kow \geq 1,000 或 BCF $>$ 100 或水中溶解度 $<$ 0.5 mg/l 或水中半生期 $>$ 4 天者)。

3、對水生物毒性屬輕毒者，且其具生物蓄積性及水中持續性者。(Kow \geq 1,000 且水中半生期 $>$ 4 天且水中溶解度 $<$ 0.5 mg/l 者)。

(三) 農藥如提供水生物生活周期試驗(Fish aquatic invertebrate life cycle study)及水生物蓄積性試驗(Fish or aquatic organism accumulation study)等報告，證實在實際使用時不會造成水生物危害者，另以各案處理。

另外，某些農藥對飼養的蜂群及害蟲的天敵可能造成傷害，如何選出代表性的天敵，導出農藥試驗的標準，作為選用農藥的準則，亦為急需進行的工作。

所以選用農藥時不僅要了解它的防治效力，及對人畜的毒性，同時需了解它對環境中其他動物的影響，以避免經濟的損失及防止生態的不平衡。另有報告指出，某些農藥雖然達到防治有害生物的目的，但對被處理的作物亦會產生不良影響，此類影響，一般在正式推廣前已經試驗證明，但實際上當農藥使用後，極有可能直接或由環境污染間接接觸到其他作物而產生毒害，此種毒害包括對種子萌芽的影響、生長不良或畸型、品質變壞、產量減少等。

農藥暴露量之評估

評估農民在噴藥時所暴露之農藥劑量種類，應包括「體外暴露劑量」及「體內之劑量」兩種劑量。所以農藥風險評估之定量測定方法包括「直接測定」及「間接測定」兩種方法。「直接測定法」主要是藉著測定儀器直接測定其暴露劑量，可分為被動式偵測與生物監測兩種。被動式偵測包括個人皮膚及呼吸所導致的劑量測定。生物監測主要是收集農民暴露農藥後 24 小時內之血液、尿液樣品，以了解農藥及其代謝產物之含量，以評估其暴露量。「間接測定法」主要是藉著間接預估包括模式推估、侷限在小環境上之測定及問卷調查等方式來作為評估之依據。

目前我們進行評估國內從事農藥暴露量之工作，所採行之偵測方法可分為直接之偵測(包括被動式偵測即皮膚暴露量之偵測及呼吸量之偵測)及生物偵測兩種。以下即針對我們所使用的偵測方法加以敘述說明之：

一、皮膚暴露量之偵測

測試農民身上依圖 11-1 所示之各部位貼上吸附墊：(1) 前胸，(2) 後背，(3) 左、右上臂，(4) 左、右前臂外側，(5) 左、右大腿前方，(6) 膝蓋下左、右小腿前方，均各放置一片吸附墊「 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 」。所使用之吸附墊之材質，係採用 α -cellulose 的質材貼布，貼於農民於圖 13-1 所示之各部位，在貼布下並襯同樣大小之玻璃紙，用訂書針固定（其目的為防止衣服上原有之農藥污染上層之吸附層）。

於施藥一小時後取下貼布，分別以錫箔紙包好並置於塑膠袋中；再請受測者將左、右手分別置於 250 mL 95% 藥用酒精中浸洗 15 秒；同時受測者之左、右腳亦需分別置於在 500 mL 95% 藥用酒精中浸洗 15 秒後，再分別將四種浸洗液倒入玻璃瓶中後，與貼布一起攜回實驗室進行分析。

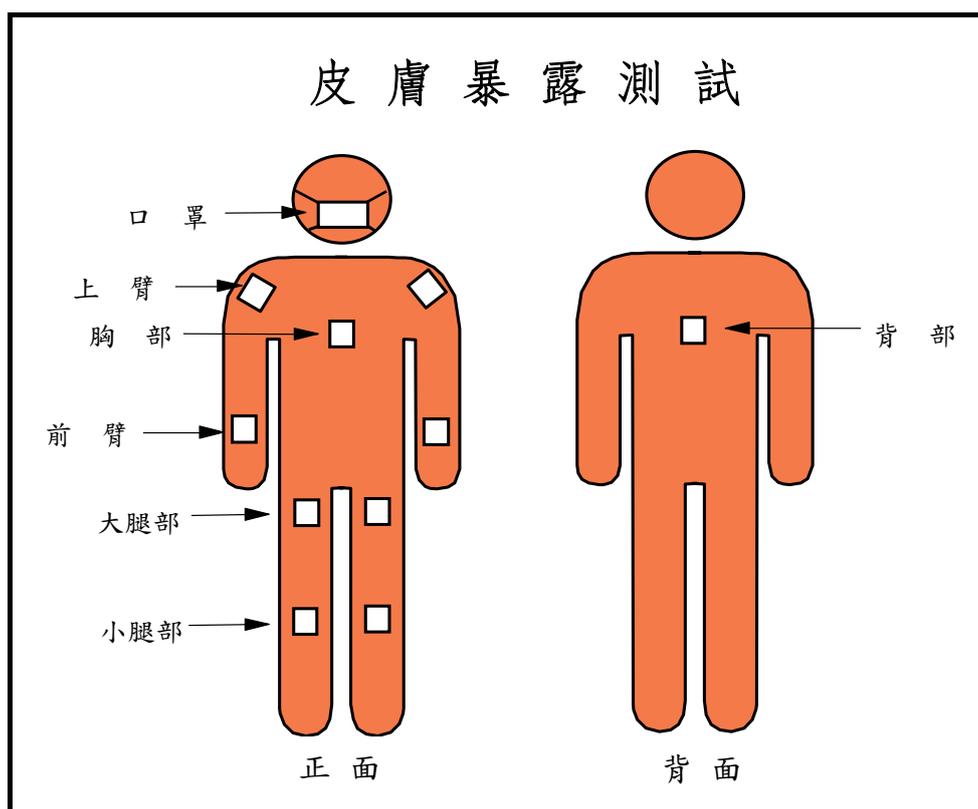


圖 13-1、農藥皮膚暴露量測試貼布位置

二、模擬呼吸暴露量之偵測

在農民噴藥前，先分別讓每個施藥及配藥之農民配帶上「攜帶型的空氣採樣器」，經由採樣器上所附之吸附管(XAD-2)在噴藥的三十分鐘至一小時過程中，將空氣中懸浮的農藥加以收集吸附，以模擬農民在施藥時，經由呼吸道所吸入的農藥量。

三、安全評估方法

農民噴藥測試時，分別以短時間急性暴露量及長時間慢性暴露量為測試參考值。急性暴露量主要經皮膚，呼吸之劑量與動物皮膚之半數致死量值由換算公式成每小時毒性物質百分比(PTDPH, Percentage of Toxic Dose per Hour)當為評估基準值，PTDPH 大於 1%時表噴藥時不安全，可能易發生急性之中毒，應特別加以防護。慢性暴露量主要是將皮膚、呼吸及各部分之體表面積(此面積參考美國環境保護署 EPA 之規定)，每天噴藥之時間與動物慢毒試驗之無毒害藥量 (NOEL, No Observed Effect Level) 相比較，而得一安全限量值(MOS, Margin of Safety)為評估之基準，當 MOS 值小於 100 時表示此藥劑不安全，可能長時間暴露時會在健康上有所危機出現，必須加以防範及加以注意。

四、臺灣農民之農藥暴露量

臺灣現有農民之噴藥器械包括背負式(手動)、背負式(馬達)、牽管式(馬達)、超微量(ULV)等方式進行噴灑農藥之工作，其中噴桿長度、噴嘴數目等，依不同作物及不同地區而有很大之差異。依據藥毒所所完成水稻田、荔枝園、柑桔園、花生園、葡萄園、玫瑰園等農民噴藥暴露試驗結果顯示，不同之噴藥器械所造成農藥在身體各部分之暴露百分率差異很大，將農藥噴灑於作物上分為向上、向下、平行噴藥三種方式加以考量，很明顯得向上噴藥時(葡萄園、荔枝園、檬果園)，上身之防護需注意佔暴露量 39.7 - 66.0%之間(圖 13-2)。向下噴藥時腿部暴露量佔 71.6 - 93.0%之間，尤以水稻田常赤腳故應注意其農藥暴露情形。以水稻田噴藥為例牽管式(馬達)及背負式(馬達)上身之暴露以背負式較高，故注意上身之防護(圖 13-3)。由口罩上直接測得之暴露量向上噴藥之口罩含量佔全身暴露量之比由 0.03% - 3.12% 之間，均較向下噴藥之 0.08 - 0.60% 之間均較高，故口罩之防護應特別注重。至於農民施藥時有多少量會落在人體表面上，依向下噴藥看大約十萬分之一至二之間，向上噴藥之比例為十萬分之一至十之間，仍以向上噴藥之暴露量較高。依急性暴露評估每小時毒性物質之百分比(PTDPH)值，水稻田噴灑達馬松及亞素

靈，花生園、檬果園之達馬松，其 PTDPH 值大於百分之一，噴藥時值得注意。依慢性暴露安全限值(MOS)來看，每天工作二個小時之危機率評估。水稻田噴灑一品松、達馬松、賓克隆、亞素靈，荔枝園噴灑加保扶、陶斯松、芬殺松、撲滅松、巴拉松，花生園噴灑達馬松，檬果園噴灑達馬松，柑桔園噴灑愛殺松，葡萄園噴灑貝芬替、撲克拉時其安全限值大部分均小於一百，安全堪慮，故噴藥時應特別注意上列藥劑之防護。

農藥中毒與急救

一、中毒症狀

農藥是具有毒性的物質，不但對有害生物有毒，使用不慎對人也會產生毒害，在使用農藥前施用者必須知道，所使用的農藥會造成何種中毒的現象，並且要知道在何種情況下會中毒。

大約同一類屬的農藥所引起的中毒症狀是相同的，而中毒程度的深淺，則依農藥本身的毒性及吸入量而定。依不同農藥造成的中毒現象可分為下面幾類：

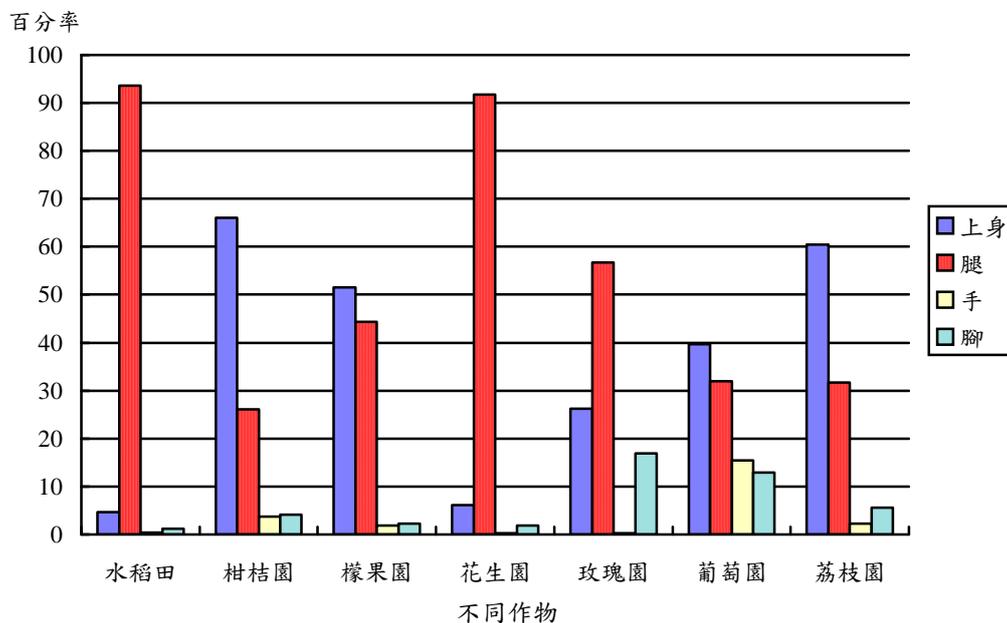


圖 13-2、牽管式馬達噴藥農民皮膚暴露之分布情形

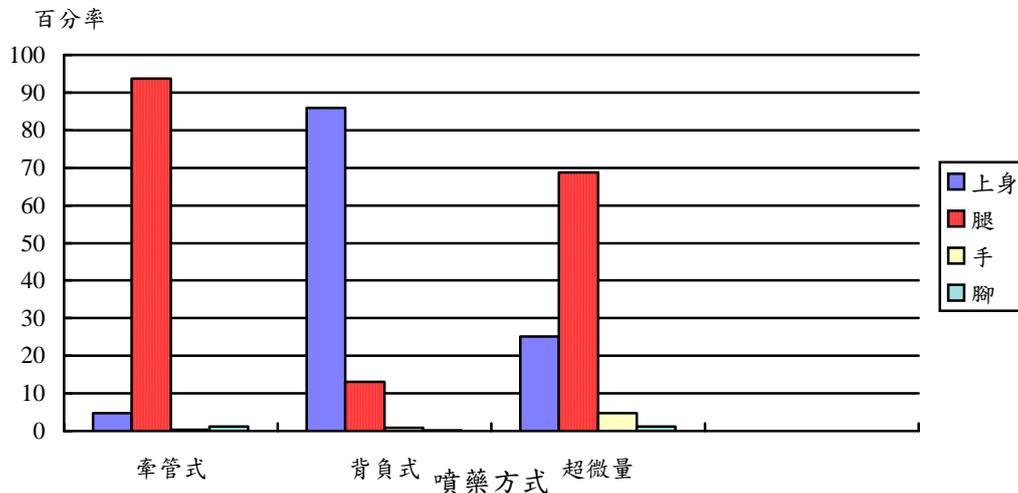


圖 13-3、水稻田農民噴藥皮膚暴露之分布情形

(一) 有機磷劑中毒

它使神經系統受傷害，下面現象依次表示中毒由淺入深。

1、輕度中毒：依次現出疲倦、頭痛、頭暈、眼花、流汗、唾液過多、噁心嘔吐、胃痙攣或者腹瀉等現象。

2、中度中毒：依次現出不良於行、虛弱、胸部不適、肌肉抽搐、瞳孔收縮等現象。

3、嚴重中毒：依次現出失去知覺、瞳孔嚴重收縮、肌肉不斷抽搐、口鼻分泌液體、呼吸困難，如果不立刻治療則會死亡。

(二) 氨基甲酸鹽類中毒：微狀與有機磷劑相似，但是造成的傷害較前者易於治癒，所以也較安全。

(三) 有機氯劑中毒：早期的徵狀為頭痛、噁心、嘔吐、不舒服、頭暈，較嚴重則接著會抽搐、昏睡，或者變得興奮而敏感。

(四) 硝基酚類與五氯酚(PCP)中毒：皮膚暴露於此類農藥，產生的徵狀為出現紅斑、焦痂及水泡。一般的徵狀依次為頭痛、噁心、胃部不適、慌張、燥熱、皮膚發紅、流汗、呼吸深沉而急速、心跳加快、發燒蒼白、崩潰、昏睡等輕微中毒時，很快會到達嚴重的現象，若不急救，在 24~48 小時就會死亡，但是治癒得也很快。

(五) **薰蒸劑和溶劑中毒**：吸收這類農藥太多的話，患者有醉酒的模样，即動作不協調、發音模糊、神智混淆、睏睡。如果連續地暴露在少量溴化甲烷中，雖然不顯出上面的徵狀，久而久之，也會造成永久的傷害，如癌腫的形成。

(六) **無機鹽類中毒**：一次大量地攝取無機鹽類農藥，通常造成嘔吐及胃痛。

(七) **植物性農藥中毒**：其中幾種毒性很大，例如工業級的除蟲菊精能夠造成過敏反應，魚藤精粉末刺激呼吸道，尼古丁是很強的神經毒劑，作用相當於巴拉松。

二、中毒的急救

發現中毒者，應立刻送醫，必要時才加以急救處理，以減輕患者的痛苦，爭取送醫的時間。

(一) **由皮膚接觸中毒**：須立刻脫掉中毒者所穿污染農藥的衣服，並且用大量的水沖洗附著於皮膚上的農藥，不要忽略頭髮、指甲處。可溶性粉劑和懸浮液用水就能清洗掉，以石油醚或油溶解的農藥較難處理，須要用肥皂或清潔劑，而以清潔劑效果較好。須用有機溶劑時應注意不可用得太多，否則加速藥劑滲入皮膚內部則更為不利。

(二) **呼吸中毒**：將中毒者迅速移至新鮮空氣處，如已昏迷，或呼吸困難，可行人工呼吸。

(三) **口服中毒**：刺激咽部，使患者嘔出農藥，以水清洗口部，如果中毒者還清醒時，可使患者喝下 1~2 大杯的溫開水或食鹽水，將手指插入咽喉內部使用湯匙柄使刺激吐出，可以反覆多次，直到吐出的液體，無藥臭味為止。然而中毒者已呈昏迷時，則不可使患者飲水，以免流入氣管，造成支氣肺炎症，須迅速送醫。

三、預防身體中毒的配備

為避免農藥進入人體，採取防防護措施是必要的。而首重重視且必需絕對完成之防護措施乃施用農藥以後，一定要以清潔劑清潔身體，任何時候，不小心沾上農藥都要立刻沖洗掉。若施用農藥時沾濕衣服，應馬上換下，若被濃縮物或高毒性的物質所沾染，則將衣服燒燬，因為普通洗滌法很難洗淨。噴洒農藥時穿著的衣服不可和日常衣服一起洗，必須另外處理，帽子

套、鞋、眼鏡每次用後內外洗淨，並檢查手套是否有破洞。而對於實際防護之質材(包括口罩及防護衣)之建議分別為：

(一) **施用微毒性農藥時**：衣物是長袖襯衫、長褲、鞋子、長手套及口罩。衣服要寬鬆，質料要結實，領口要緊密以保護頸部。鞋子及長手套必須是防水的，不要用綿手套因為會吸附藥液增加由皮膚進入的機會。

(二) **施用中等毒性農藥時**：在上述微毒性裝備外應在長袖衣褲外再穿上連身工作服，以及抗化學藥品的圍兜、帽子及長統鞋。

(三) **施用極劇毒及劇毒農藥**：則應在上述中等毒裝備外再加護目鏡及防毒呼吸器。在背負式噴藥時藥桶與背部應以防水布隔開，以避免藥液流出直接滲入皮膚。

第十四章 東方果實蠅之發生生態與防治

黃莉欣、蘇文瀛

行政院農委會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23321478

E-mail: lh Huang@tactri.gov.tw

swy@tactri.gov.tw

摘要

東方果實蠅為臺灣園藝作物重要害蟲之一，其所造成之危害，嚴重影響水果之產量、品質及農民收益。東方果實蠅生殖力強，且具有長距離遷移的能力，又因其寄主範圍廣，造成防治上的困難。有關臺灣對東方果實蠅之防治工作已有 70 年的歷史，其間應用多種技術防治，現今主要乃利用含毒甲基丁香油誘殺雄蟲之滅雄處理法，並配合食物誘餌之施用，以壓制果實蠅之棲群密度。為了彰顯防治效果，全面性共同防治措施為重要之防治策略，監測果實蠅密度乃共同防治中重要之工作之一，借由監測資料之反映，於必要時實施緊急共同防治，以降低果實蠅之為害。

前言

東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))屬雙翅目(Diptera)，果實蠅科(Tephritidae)，寡毛果實蠅亞科(Dacinae)，為臺灣為害鮮果之最大害蟲，其為害寄主植物多達 40 科 150 種，在臺灣也有 32 科 89 種，其中 29 種為非栽培性寄主植物。果實蠅的為害乃係雌蟲產卵於寄主果實上，孵化幼蟲於果肉內蛀食，造成果實腐爛、落果，嚴重影響產量及品質。

果實蠅為害臺灣果樹面積達 12 萬公頃，若無適當防治，估計將使水果受害率達 10-30%，每年損失約在 40 億元以上，為此，政府每年投注相當龐大的經費，針對果樹栽培區辦理防治工作，分為地面掛放或投放及空中投放誘殺板，以求降低果實蠅之族群密度，除此之外，並宣導果農自行清除被害果實，

適時噴灑殺蟲劑及果實套袋等方法，目的均在減少果品的被害，提高商品價值，以增加農民的收益。

分布及寄主植物

東方果實蠅在世界上的分布相當廣，多集中在東南亞、太平洋地區，目前已有記載的地區分別為印度、泰國、馬來西亞、印尼、中國大陸及太平洋諸島之臺灣、菲律賓、琉球、夏威夷、關島、塞班島等地，而分布之北限止於日本之奄美島、鹿兒島及小笠原群島。在臺灣主要分布於平地及低海拔處，海拔在 1,500 公尺以上之高山，分布則甚稀，但 1,900 公尺的梨山果園及 2,100 公尺之高地仍可見此蟲之出沒為害，故就臺灣而言，凡有東方果實蠅寄主植物生長的地區，均能發現該蟲的存在。

東方果實蠅為雜食性昆蟲，其為害寄主植物種類甚多，皆以成熟果實為主要對象。在臺灣已有記錄的寄主植物有 89 種之多，其中受害較為普遍的主要寄主包括番石榴、楊桃、蓮霧、檬果、梨、桃、枇杷、釋迦、印度棗、柑桔類等。庭園植物中之欖仁、福木、麵包樹、瓊崖海棠等非經濟性寄主植物亦為該蟲之重要寄主，這些非經濟栽培的作物，常因不注意或放任不防治，致使落果遍地，為東方果實蠅製造另一棲息環境。

形態特徵及生活習性

成蟲體長 7-8 厘米(mm)，頭部黃褐色，雌性腹部末端具外露之產卵管(圖版 14-1)。卵呈紡錘形，一端鈍圓，另一端稍尖，中間略彎，初產時為白色，後變為黃白色，約 1 厘米長(圖版 14-2)。幼蟲細長之圓錐形，頭端尖小，漸向尾部膨大，尾端圓鈍，初孵化呈乳白色，後呈淡黃色，半透明，老熟幼蟲具有跳躍的能力，體長 8-10 厘米(圖版 14-3)。蛹為圍蛹，蛹殼為橢圓形，呈光澤之淡褐色(圖版 14-4)。

東方果實蠅一年約可發生 8-10 代，由於臺灣氣候適宜，該蟲沒有越冬的現象，又因其世代重疊，故在任何季節，只要有成熟的寄主果實，就可找到各齡期之東方果實蠅。

成蟲密度自 3 月開始增加，最早在 5 月，至遲在 7 月會形成一高峰，密度持續偏高，直至 9 月中、下旬時才開始下降。東方果實蠅發生高峰的時期會因果樹種類及地區性季節果實成熟期之不同而不同。梨山地區主要栽培果樹為

梨、桃、蘋果，以 8-10 月為主要發生高峰期。

東方果實蠅成蟲之營養條件包括一些水溶性蛋白質、葡萄糖、數種胺基酸、礦物質及維他命等，其對成蟲之壽命及產卵量有極為重要的影響。糖及水分可提供成蟲活力，增加存活率，而蛋白質與胺基酸為性成熟及卵形成所必需之營養。據多位學者研究之結果，認為成蟲田間之食物來源主要以蚜蟲、介殼蟲、粉蝨、木蝨等昆蟲所分泌之蜜液及植物花蜜為食，亦可取食植物枝葉損傷及流出之汁液或露水。

雌蟲之產卵前期為 7-12 天，交尾一般在日落黃昏時刻進行。雌蟲於白晝產卵，將卵產於寄主果實之果皮內，卵期 1-2 日，卵孵化後，幼蟲即向果肉內部蛀食為害，造成產卵部位的腐爛。幼蟲具三齡，幼蟲期 6-10 天，第三齡幼蟲具趨光性，會脫離果實入土化蛹。成熟幼蟲之跳躍能力強，跳躍時，體軀收縮成弓形，利用腹部肌肉伸張之反彈力彈起而躍入土中，跳躍次數不定，直至找到適當化蛹場所為止。幼蟲化蛹前，身體收縮成圓筒狀，不食不動，是為前蛹，於蛻去最後一次皮後始進入蛹期。化蛹深度在土表 1-20 公分處，蛹期 6-10 天。

防治技術

一、化學防治

此法為農民常用之防治方法，尤其於結果期，農民為了確保其果品之收成，均以殺蟲劑直接噴灑於果樹上，以期迅速撲滅果實蠅，然此方法之時效極為短暫，乃因果品的受害是幼蟲在果實內之蛀食為害，殺蟲劑之使用僅能暫時驅離成蟲，並無法防治已存在果肉內之幼蟲，因此，選擇噴藥時機，來降低成蟲的產卵為害，是相當重要的。由於果實蠅飛行距離大，噴藥不易撲滅果園外圍的果實蠅，因此常可見防治不彰之現象，為了抗藥性與殘留量等問題的考量，多不鼓勵農民以噴藥為主要防治措施。

目前推薦之防治藥劑詳列於表 14-1，然表列之藥劑單獨使用時之防治效果均不甚佳，因此噴施時，需添加蛋白質水解物，以增進其藥效，每公頃之用量為 1 公斤，自果實成熟前二個月或果實蠅密度急劇增加時，局部噴施於果園周圍，施用時不得直接噴施於植株上。

此外，亦可噴施 5% 賽扶寧(Cyfluthrin)水基乳劑 1,600 倍，每公頃施藥量為 1-2 公斤，於果蠅發生時噴施，以後每隔 7 天噴施一次，共 3 次，至採收前

15 天停止施藥。至於檬果園則可任選二種推薦藥劑之一於檬果果實 8 分熟開始施藥，以後每隔 7-10 天施藥一次，共施用 4 至 6 次。二種推薦藥劑及其施用方法分別為：33%福木松乳劑(Formothion) 1,000 倍，每公頃用量為 0.8-1.6 公升，至採收前 6 天停止施藥；50%芬殺松乳劑(Fenthion) 1,000 倍，每公頃施藥量為 0.8-1.6 公升，採收前 12 天停止施藥。而番石榴園則可噴施 33%福木松乳劑(Formothion) 1500 倍，每公頃施藥量為 2 公升，於番石榴結果期間每隔 7 天噴藥一次，至採收前 8 天停止施藥。

表 14-1、東方果實蠅之推薦防治藥劑

農藥名稱	每公頃每次用藥量	稀釋倍數
25% 馬拉松可濕性粉劑(Malathion)	800 公克	100
80% 三氯松可溶性粉劑(Trichlorfon)	130 公克	600
40% 撲滅松可濕性粉劑(Fenitrothin)	533 公克	150
50% 芬殺松乳劑(Fenthion)	400 公撮	200

二、阻隔法

主要以套袋或阻隔網阻隔果實蠅對果實之直接為害(圖版 14-5)。套袋法，早期是為了改進果實品質及色澤，後來發現可保護果實，減少病蟲害的發生，雖需耗費人力、財力及物力，但對高經濟性果品之收成有相當大的助益，深獲農民的青睞，目前套袋法已成為果樹結果期之重要植物保護輔助資材。網室栽培或隧道式栽培方法也是阻隔害蟲為害的防治策略之一，惟其受限於果樹高度及成本較高，無法為多數農民所接受、應用。

三、生物防治

東方果實蠅之天敵，除蛹期在土壤中易受蟻類等捕食種類侵害外，蛹期及幼蟲期之寄生蜂類為生物防治主要利用的對象。夏威夷利用 *Opius oophilus* 以壓制東方果實蠅，於 1951 年收到成效後，至今仍在利用中。根據馬駿超先生採集之天敵種類計有跳小蜂科(*Opius formosanus* Full, *O. arisanus* Sonan、*O. makii* Sonan、*Tachinoaephagns* sp.)、黃金小蜂科(*Pachycerepoideus vindemmiae*)及沒食子蜂科(*Spalangie* sp.、*Cynipidae*)等七種，其中以 *O. formosanus* 最為常見，數量亦最多，以往之寄生率高達 70%。姚安莉於 1977 年在北部地區調查時採得 *O. formosanus* 及 *O. arisanus* 兩種，但寄生率甚低，又於 1979 年在臺東、花蓮地區採得 *Biosteres (Opius) longicaudatus* var. *formosanus* 一種，寄生

率為 0.2-2.8%。1974 年曾自夏威夷引進 *O. oophilus*，但並未成功立足。目前東方果實蠅防治中，生物防治中天敵之利用最被忽視，亦是最弱的一環。現階段引進之寄生蜂種類均來自夏威夷，由中央研究院負責試驗研究工作，經由多年飼養技術之改進，已可大量飼養繁殖。目前已將技術轉移至苗栗農業改良場，主要繁殖種類為幼蟲寄生蜂(*Diachasmimorpha longicaudatus*)，屬膜翅目，姬蜂總科，小繭蜂科，本寄生蜂為姚安莉博士從夏威夷引進，除繼續在繁殖技術上之改良外，也進行釋放於田間之效果評估。

四、不孕性昆蟲技術防治法

不孕性昆蟲技術乃利用輻射線(鈷 60)或不孕劑處理昆蟲，使之產生不孕性，然後再釋放於田間，與田間蟲體交尾後產生無受精的卵，使其子代隨之減少。臺灣自 1975 年開始實施以鈷六十處理東方果實蠅，使雄蟲發生不孕性後，再釋放於田間，使之與田間雌蟲作交配，以減少雌蟲之受孕機會，共實施 9 年，然釋放蟲數無法全面涵蓋整個防治區域，至 1984 年全面停止，全面改用滅雄防治法。

五、誘殺法

利用誘引劑或食物誘餌來誘殺果實蠅。目前防治東方果實蠅主要是利用滅雄處理法，即利用甲基丁香油(圖版 14-6)添加殺蟲劑(乃力松)製成誘殺板，懸掛於田間或投放於田間，以誘殺雄蟲(圖版 14-7)，使田間雄蟲數量減少，降低田間雌蟲的交尾機會，以減少棲群密度。臺灣於 1956 年初即已開始應用至今，誘殺效果良好，為果農所普遍採用。由於甲基丁香油僅能誘殺雄蟲，且其誘引距離、果實蠅性成熟及環境因子等因素均會影響防治效果，加上東方果實蠅飛行距離遠，亦是造成防治成效不顯著的主要原因，故需採取全面性共同防治，才能有效地抑制果實蠅族群的增長。

食物誘殺法是利用果實蠅產卵或取食時需獲取營養物質之誘引方法，此技術可同時誘殺雌蟲及雄蟲。目前應用的方法有以蛋白質水解物或鮮果(汁)添加殺蟲劑，置放於保特瓶或改良式麥氏誘殺蟲器內(圖版 14-8)，於果園內懸掛一定數量的誘殺器，可誘殺相當數量的雌蟲，對減少果實被害率有相當的助益，惟食物誘引法會受到誘餌時效短之影響，需經常更換誘餌，另外，食物誘引法的誘引距離短，也是造成效果不顯著的主要因素，然而該方法確可誘殺果園內之雌蟲，長期使用，應可降低果園內之雌蟲數及果實受害率，來達到保護果品的產量。

黃色黏紙誘殺法(圖版 14-9)是利用果實蠅成蟲對黃色的趨性作為誘引資材，此方法可同時誘引雌雄蟲，但其誘引的蟲種較雜，為其主要的缺點。由於誘引的蟲種複雜，相對地也影響對果實蠅的誘引效果。雖然誘引效果不是很彰顯，但果園內能廣佈黃色黏紙，或多或少也可降低果園內的果實蠅密度，以減少果實被害的機率。

由於果實蠅的移動性大，且棲息場所不一定在果園內，尤其是雄蟲，因此，果實蠅的防治工作應是全面性的，不僅各個果園需聯合防治外，果園內也應儘可能使用可誘殺雌蟲的防治方法，不論其防治效果是否彰顯，能抓多少，就算多少，至少可減少果園內部分的蟲數，只要大家有耐心，長期地包圍挾攻，假以時日，果園內果實受害的機率將可明顯的降低，而達到防治的目的。

六、鮮果商品處理

為了符合植物檢疫的要求，在柑桔類和檬果類果實輸往國外之前，需加以滅蠅處理。目前外銷果實是以二溴化乙烯浸漬法處理，以殺滅果實中的卵及幼蟲，效果頗佳。至於外銷日本之檬果均需經蒸熱處理，以果實之果心溫度達46.5°C以上持續30分鐘為條件，其主要目的亦為殺死果實內之蟲體及蟲卵。

七、果園清理

被害果應妥善處理，以減少田間蟲源之孳生，被害果或落果可裝袋或長期浸水處理，以殺死果肉內之幼蟲，減少果實蠅蔓延機會。然因較費人力，致使農民接受度不高，尤其廢棄果園更是置之不管，衍生為養蟲場所，亦是影響防治效果的要因之一。此方法是降低果實蠅田間族群密度的基本方法之一，仍得推廣應用。

結語

東方果實蠅為太平洋地區和島嶼上園藝作物的重大害蟲之一，亦為重要檢疫害蟲之一，其在果實上所造成的嚴重為害，不僅影響農民的收益，更是我國水果外銷上的一大瓶頸。為此，政府及農民每年投注相當龐大的防治費用，雖有明顯效果，但仍無法殲滅它。因此，防治果實蠅不僅要隔絕成蟲的為害，更要積極地誘殺成蟲，來降低成蟲數量及子代密度。由於果實蠅的寄主植物多，且分布廣，加之其飛行距離遠，“點”的防治效果有限，應擴充至“面”的防治，故全面性的共同防治為防治果實蠅的主要手段與目標，實施方法為以滅雄處理為主、食物誘殺法為輔來撲滅果實蠅成蟲。然整體性的防治工作需有

完善的密度監測網，以監測區域作物及果實蠅族群動態，並建立預警系統，適時提出重點防治區域及加強防治時期，期能在有效時間內控制果實蠅的密度，減少果實受害率。未來整體性的防治措施除由政府進行規劃外，更需農民的配合，使全面共同防治工作能順利推展，期待有一天能大幅降低田間東方果實蠅的族群密度，達到增加果實收成的主要目的。

第十五章 昆蟲性費洛蒙及誘引劑在田間之實際應用

洪巧珍、黃振聲

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23323073

前言

世界上，昆蟲種類與數量佔最多數，其與人類息息相關，而植食性昆蟲更成為害蟲。據估計，全世界農作物的生產，每年因有害生物的侵害，可造成約 35% 的產量損失，僅蟲害一項的產量損失約 14%。為防治害蟲，殺蟲劑的使用提供速效、便捷的方法；唯長期完全依賴及超量使用農藥防治害蟲，產生了嚴重的問題，諸如：抗藥性害蟲的增加，傷害非標的生物及天敵，促使主要害蟲重覆發生及次要害蟲容易猖獗；而有些殺蟲劑具長效性及生物蓄積性，更容易帶來環境污染問題及傷害人體健康等後遺症。為維護環境安全，同時永續經營農業，學者們紛紛提出安全合理使用農藥，配合其他的方法防治害蟲，以降低農藥對環境的衝擊，此即為害蟲綜合管理的觀念(IPM)。Gonzalez 於 1970 年即認為發展一個害蟲綜合防治計畫，就如建造一間房屋，以害蟲取樣調查、害蟲的經濟防治基準及害蟲族群動態為根基；而蟲害防治的技術就如樑柱一樣，如耕作防治法、抗蟲品種利用、引進或釋放捕食性、寄生性天敵的生物防治法、微生物防治、不孕處理、遺傳操縱、費洛蒙及荷爾蒙利用、及使用選擇性殺蟲劑等多種方法。單獨或兩種以上方法組合使用。害蟲綜合管理的理念即希望透過對害物的生物及生態學的充份了解，以保育天敵及發展各種害蟲防治技術，聯合運用來抑制害蟲的發生，並促使傳統殺蟲劑合理使用，降低殺蟲劑在環境中的負載量及不良的副作用。

性費洛蒙及誘引劑的使用即屬害蟲綜合管理法中害蟲防治方法之一。昆蟲性費洛蒙為昆蟲為了兩性交尾以達繁殖目的所分泌於體外的化學物質，如鱗翅目昆蟲多為雌蟲分泌性費洛蒙，誘引雄蟲前來交尾。誘引劑除以性費洛蒙誘引外，尚有昆蟲取食及產卵誘引物質。至今，總計約有一千多種昆蟲性費洛蒙或誘引劑被分離、鑑定出來，以鱗翅目昆蟲性費洛蒙種類佔多數，約為 60%。

昆蟲性費洛蒙的化學分子量介於 200~300 之間，其化學結構多為長碳鏈的 (8C-20C)，具 1-2 個不飽和鍵之醇、醛或酯類物質，或松烯類的衍生物。其具有揮發性，可經空氣及空氣中的水擴散到遠距離，估計在一立方厘米空氣中，只需有數百個性費洛蒙分子，雄蟲即可感知性費洛蒙的存在，尋線找到雌蟲的位置。因此，如能分離鑑定出天然性費洛蒙及誘引物質之成份，再以人工合成，研發具誘引效果之誘餌，即可在農業害蟲管理上作廣泛之利用。性費洛蒙具無毒性、種別專一性，微量(0.1 mg - 50 g/ha)即有效，因此具安全、經濟有效、不污染環境的優點，對害蟲無抗藥性問題。因此，利用性費洛蒙來防治害蟲為一很好之工具。

臺灣在 1958 年即有相關性費洛蒙及誘引劑的研究報告，而 1983 年起有關性費洛蒙研究報告才有大幅的增加，研究的昆蟲種類有斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、甘藷蟻象、玉米穗夜蛾、亞洲玉米螟、甘藷螟蛾、甘蔗黃螟、甘蔗叩頭蟲、小菜蛾、水稻瘤野螟、楊桃花姬捲葉蛾、粗腳姬捲葉蛾、桃折心蟲、荔枝細蛾、番石榴粉介殼蟲、柑桔粉介殼蟲、小白紋毒蛾、玫瑰花金龜、茶姬捲葉蛾、茶捲葉蛾、松斑天牛、煙甲蟲、粉斑螟蛾、印度穀蛾及瓜、果實蠅等。並自 1983 年起，臺灣省農林廳為加強非農藥防治技術之應用，開始推廣教育農民使用性費洛蒙來防治害蟲，推廣的性費洛蒙種類有；斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、甘藷蟻象、楊桃花姬捲葉蛾、茶姬捲葉蛾、二化螟、番茄夜蛾、蕪菁夜蛾、亞洲玉米螟及大豆擬尺蠖等，分別應用於十字花科蔬菜、青蔥、落花生、大豆、花卉、甘藷、玉米、楊桃及茶等作物。應用的方式以偵測及大量誘殺為主，交尾干擾防治法僅以小面積示範推廣於楊桃作物。

昆蟲性費洛蒙及誘引劑之田間應用技術

在田間利用性費洛蒙及誘引劑防治害蟲主要有三種方法：監測 (monitoring)、大量誘殺 (mass trapping) 及交尾干擾法 (mating disruption)。

一、監測法

監測害蟲以瞭解害蟲發生狀況為決定採行何種防治方法之依據。往昔曾利用目視、掃網、燈光誘集等方法，調查害蟲發生狀況以決定施藥與否，唯這些方法頗費工費時。利用性費洛蒙監測害蟲，則為簡便又經濟的方法。早在 1940 年時，美國農部即曾使用性費洛蒙腺體萃取液，來監測森林重要害蟲吉普賽蛾的遷移狀況。該蟲約於 1840 年由歐洲入侵美洲，美國農部為防止該蟲的蔓

延，乃於非感染區設立性費洛蒙誘蟲盒，如果誘蟲盒誘得此蟲時則使用殺蟲劑撲殺，此種措施對於防止該蟲的蔓延成效顯著。

利用性費洛蒙監測害蟲發生時，首先要確定目標害蟲、了解其生活史、為害作物相及為害習性等；繼而研發性費洛蒙監測體系，包括性費洛蒙誘餌的研發、誘蟲器的設計、田間設置技術等；再於田間進行監測害蟲的工作。性費洛蒙誘蟲器監測系統能應用於害蟲早期發生之偵測(detection)、為害限界(threshold)及密度估計(density estimation)之用。由偵測所得之誘蟲資料，可作為早期警告及檢防疫之訊息等。為害限界估計，則可作為防治處理時間之決定、其他採樣調查的開始時間、及危害風險評估等。而密度的估計，則可作為害蟲族群變動趨勢的了解、分散情形、危害風險評估、及防治效果的評估等。

二、大量誘殺法

早在 1897 年人們即認知誘蟲法可當作防治害蟲的方法，而利用性費洛蒙大量誘殺的發展，使其具體實現。所謂大量誘殺法即是在田間大量設置性費洛蒙誘蟲器，一般每公頃約設置 20-40 個誘蟲器，使害蟲受性費洛蒙刺激後，自遠處向誘蟲器定位聚集，再將害蟲以殺蟲劑、肥皂水等殺死，誘殺田間大多數的雄蟲，導致田間雌雄性比嚴重失調，減少雌蟲的交配率，進而減少害蟲產卵量及次代蟲口密度大幅度降低，以達防治目的。此種技術對雌雄性比接近 1:1、雄蟲直接為害作物且為單次交尾的害蟲，遷移性小、具一定分佈範圍的害蟲，以及在低密度時，容易奏效。實際於田間應用時需考慮性費洛蒙誘餌的持效性與有效距離，及誘蟲器的容量與誘捕效率，以決定田間設置誘蟲器的經濟數量及設置方式。

利用大量誘殺法防治害蟲，於害蟲族群密度低時易奏效，若在高密度或雄蟲具高交尾潛力時，則需誘殺田間 95% 以上的雄蟲，才具有防治效果。文獻上，利用大量誘殺法較成功的例子如：棉鈴象鼻蟲(cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman)、日本金龜蟲(Japanese beetle, *Popillia japonica* Newman)、甘藷蟻象(sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius)、歐洲榆樹甲蟲(European elm bark beetle, *Scolytus multistriatus*(Marshall))、spruce bark beetle (*Ips typographus*(L.))、Ambrosia beetle (*Gnathotrichus sulcatus* (LexonteeConte))、*G. retusus*(LeConte)、*Trypodendron lineatum*(Oliver)、等。

三、交配干擾法

Beroza 於 1960 年首次提出空氣中高濃度的性費洛蒙可混淆田間雌雄蟲間

的性傳訊系統，阻礙配偶的發現，干擾交尾的行為，而影響昆蟲的生殖，終致害蟲族群密度降低，此即為交尾干擾法(Mating disruption)。導致害蟲交尾行為受到干擾的可能機制為：(1) 昆蟲的週邊嗅覺器對高濃度費洛蒙的適應及中央神經系馴化作用所致、(2) 雌蟲分泌的性費洛蒙與合成品競爭所致、(3) 合成品偽裝成自然成份所致、(4) 由於嗅覺輸入不平衡所致、(5) 費洛蒙抑制劑或費洛蒙類似物等。交配干擾法即是在田間使用高劑量的性費洛蒙或其類似物、及性費洛蒙抑制劑，致使雄蛾在充滿高濃度費洛蒙氣味的環境中，喪失尋找雌蛾的定向能力，致使田間雌雄蟲間的交尾機率大為減少，降低下一代的蟲口密度，而達到防治的效果。於田間操作時，可採用每數公尺設置高劑量的性費洛蒙釋放器之疏布釋放方式；或採用在防治區內以飛機或其他機械撒佈大量微膠囊型性費洛蒙釋放器之密布釋放方式。防治效果以雄蛾定向抑制率、田間雌雄蛾交配率及作物危害程度作評估。

文獻上，利用交尾干擾法防治害蟲成功的例子如：紅鈴蟲(*pink bollworm*, *Pectinophora gossypiella*)、桃折心蟲(*oriental fruit moth*, *Grapholita molesta*)、tomato pinworm(*Keiferia lycopersicella*)、lightbrown apple moth(*Epiphyas postvittana*)、currant clearwing moth(*Synanthedon tipuliformis*)、葡萄與蘋果捲葉蛾(*leafroller moths in grape and apple*, *Eupoecilia ambiguella*)、葡萄果實蛀蟲(*grape berry moth*, *Endopiza viteana*)、colding moth(*Cydia pomonella*)、及小菜蛾(*diamondback moth*, *Plutella xylostella*)、甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)、楊桃花姬捲葉蛾(*Eucosma notanthes*)等。

昆蟲性費洛蒙及誘引劑田間應用之通則

性費洛蒙及誘引劑的使用方法及注意事項對農民而言是較陌生的，其使用方法與農藥使用方法不同，以下提供使用性費洛蒙時一般注意事項：

一、害蟲種類之鑑定

性費洛蒙使用前，需先確認田間害蟲的種類，以確定使用正確的性費洛蒙誘餌。

二、誘殺期間

自作物種植後立即設置性費洛蒙誘蟲器至收穫為止，實施全期誘殺防治，甚至在休耕田的附近雜草也設置誘蟲器，若能鼓勵附近農友，同時進行長期大規模的誘殺工作，更能提升防治效果。

三、性費洛蒙誘餌

性費洛蒙誘餌以鋁箔紙包裹(圖版 15-1)，宜放置在小瓶子內，再貯存於冰箱上層的冷凍室內備用。每個誘蟲器只能繫掛單一種害蟲的誘餌，若將二種害蟲的性費洛蒙誘餌同時繫掛於一個誘蟲器內，常因互相干擾而無法捕捉蟲隻。另依每一種害蟲誘餌的有效期，定期加置一個新誘餌；舊誘餌可不必移除而加以保留，移除時不可任意棄置田間而引誘害蟲。

四、誘蟲器型式

目前已商品化及可自行製作之誘蟲器如表 15-1。誘殺每一種害蟲，需使用專屬的誘蟲器具。如商品化的水盤式及黏膠式誘蟲器(圖版 15-2)適合於各種蟲種之生物檢定用，唯二者於田間長期使用，水盤式誘蟲器常因需加水及懸掛，致使用不方便，黏膠式誘蟲器則因 1~2 週即需更換致成本高，較不合適長期應用。另可利用寶特瓶自行製作誘蟲器，包括楊桃花姬捲葉蛾三層式寶特瓶誘蟲器、斜紋夜蛾及甜菜葉蛾寶特瓶誘蟲器及甘藷蟻象漏斗型誘蟲器。寶特瓶誘蟲器可利用回收洗淨的寶特瓶製作使用，製作方法相當簡單易學，可向有關農業試驗單位詢問(表 15-1)。水盤式誘蟲器應注意更換用水及添加肥皂粉，並使盤內水量保持約 8 分滿；使用自製寶特瓶誘蟲器，應隨時調整開口(即害蟲進入口)的大小，誘蟲器開口內陷口徑過大或太小，均會降低誘蟲效果。

五、誘蟲器設置方法

可依害蟲活動高度設置，如甘藷蟻象多在土中爬行，或於藎蔓間跳飛，其誘蟲器要固定於畦土中，誘蟲器開口需高出藎蔓 5~10 公分。由於蛾類飛翔力較強，蛾類誘蟲器需懸掛於較高處。一般誘蟲器需均勻設置於開闊、通風、無障礙物之田間，且誘蟲器設置高度基本上應高於作物頂端約 30~50 公分。

六、誘蟲器設置數量

原則上，大量誘殺害蟲時，單位面積使用誘蟲器數量愈多愈好，約 10~20 公尺設置 1 個誘蟲器，唯二個誘蟲器亦不可靠太近(1~2 公尺)，否則會因干擾作用而捉不到蟲隻。而在偵測、監視害蟲發生時，則於某作物區設置 3 至 5 個誘蟲器即可。誘蟲器內誘集到的蟲體需定期記錄、清除。

七、配合其他防治措施進行綜合防治

性費洛蒙誘蟲器雖然有很強的誘殺效果，但仍會有漏網的害蟲，因此，可依誘蟲器誘集害蟲數目的多寡，決定噴藥時間及噴藥次數，並配合採用其他耕作方法及生物防治，實行綜合防治，可增加害蟲防治成效。

表 15-1、目前臺灣使用之誘蟲器種類

誘蟲器	型式	適用蟲種	代理廠商或洽詢單位
商品化誘蟲器			
中改式	乾式	斜紋夜蛾、甜菜葉蛾 二化螟、茶姬捲葉蛾	金煌塑膠股份有限公司
雙層漏斗型	乾式	甘藷蟻象	金煌塑膠股份有限公司
黏膠式	黏膠式	各種蟲種	甲富企業股份有限公司
水盤式	水式	各種蟲種	甲富企業股份有限公司
總收果實蠅誘蟲器	乾式	瓜、果實蠅	正豐化學股份有限公司
誘蠅器	乾式	瓜、果實蠅	省農會農化廠
安啦蜂蠅誘捕器	乾式	瓜、果實蠅	瑞芳化工廠股份有限公司
自行製作之誘蟲器			
雙(三)層漏斗型	乾式	甘藷蟻象	農業藥物毒物試驗所
三層寶特瓶式	乾式	楊桃花姬捲葉蛾	農業藥物毒物試驗所
漏斗型	乾式	亞洲玉米螟	農業藥物毒物試驗所
雙(單)層寶特瓶式	乾式	斜紋夜蛾、甜菜夜蛾 瓜、果實蠅	農業藥物毒物試驗所、農 業試驗所、各地區農改場
白色圓筒型	黏膠式	粉介殼蟲	農業藥物毒物試驗所

可利用之昆蟲性費洛蒙及誘引劑種類與方法概述

一、斜紋夜蛾(夜盜蟲)及甜菜夜蛾

將竹桿插立土中，再將誘蟲器繫掛於離地約 1-1.5 公尺處，斜紋夜蛾每公頃設置 4-8 個誘蟲器，甜菜夜蛾每公頃 8 個，在蔥田防治甜菜夜蛾則每分地設置 3 個，誘餌每 1~2 個月加置 1 個。誘蟲器可使用中改式(圖版 15-3)、水盤式或寶特瓶式(圖版 15-4)，誘蟲器開口內陷口徑，斜紋夜蛾以 0.5-0.8 公分、甜菜夜蛾以 0.3-0.5 公分為最適宜。

二、楊桃花姬捲葉蛾(果實蛀蟲)

偵測與誘殺時，誘蟲器宜直接繫掛於離地約 1.5 公尺高處的楊桃樹上。偵測時，每個果園設置 2~4 個誘蟲器；大量誘殺時，每公頃設 40~80 個，每四

個月加置一個新誘餌，誘蟲器需使用三層式寶特瓶誘蟲器(圖版 15-5)，其開口內陷口徑以 0.5-0.8 公分為宜。使用交尾干擾防治時，每分地以棋盤式吊掛 120 個干擾劑，另干擾劑使用前需清園、施用殺蟲劑一次，降低花姬捲葉蛾密度後，施用干擾劑，再以誘蟲器偵測干擾劑之有效性，如干擾劑施用期間，誘蟲器未捕捉到蟲隻，即表示干擾劑已發揮效用。

三、甘藷蟻象

將誘蟲器底部埋入畦土中固定，並使誘蟲器瓶口高度離開藷蔓約 10 公分以上，每分地設 4 個誘蟲器，每 1~2 個月加置一個新誘餌，誘蟲器使用商品化或寶特瓶製作的雙層漏斗型誘蟲器(圖版 15-6、-7)。

四、果(瓜)實蠅

以食物誘引劑(含毒蛋白質水解物)偵測誘殺時，含毒蛋白質水解物需自行配製成液劑或餌劑，可使用之藥劑詳如表 15-2。使用時每公頃需混合 0.8 公升之蛋白質水解物，稀釋倍數為 100 倍，再於瓜、果實蠅密度劇增時，每 7 日一次以噴藥器械局部施佈於果園四周果樹枝幹上，誘殺前來取食的瓜、果實蠅；亦可將前述調配好的含毒蛋白質水解物稀釋液，取 300 毫升置於果實蠅誘蟲器內，將果實蠅誘蟲器(圖版 15-8)直接繫掛於離地約 1.5 公尺高的果樹枝條上，每分地設 10 個，每 2~3 週清除器內死蟲，並換新器內食物誘引劑，然因本混合劑為高濃度含毒餌劑，使用時宜注意安全。若使用含毒甲基丁香油、克蠅或克蠅香(以 4x4x0.9 公分之細纖維板當載體)，則將誘殺板直接懸掛於果園外圍離地面 1.5 公尺高的枝條上，最好避免日光直射，每公頃懸掛 10~20 片誘殺板，每二個月更新。因為果(瓜)實蠅誘殺蔗板內添加有殺蟲劑，農民最好現領速用，以防毒殺效果失效，且避免孩童、家畜接觸。

表 15-2、調配合毒蛋白質水解物之藥劑及施用量

藥劑名稱	每公頃每次施藥量	稀釋倍數
25% 馬拉松可濕性粉劑	800 公克	100
80% 三氯松可溶性粉劑	130 公克	600
40% 撲滅松可濕性粉劑	533 公克	150
50% 芬殺松乳劑	400 公撮	200

五、其他害蟲種類

使用於偵測誘殺者如桃折心蟲、荔枝細蛾、粗腳姬捲葉蛾、柑桔粉介殼蟲、亞洲玉米螟、茶姬捲葉蛾、茶捲葉蛾、小菜蛾、番茄夜蛾、擬尺蠖及二化螟等均有可資應用之誘餌；誘蟲器可使用黏膠式誘蟲盒或試用其他型式乾式誘蟲器。

目前農政單位已推廣及可資利用的性費洛蒙種類、誘引劑詳列於表 15-3，可依田間實際需要而加以應用，若於應用上遭遇困難，則可向相關機關洽詢。

表 15-3、目前推廣及可資應用之性費洛蒙誘餌及誘引劑種類

性費洛蒙種類	使用技術	資材洽詢對象
斜紋夜蛾	偵測誘殺，4-8 支/公頃/月。	臺灣省農會農化廠
甜菜夜蛾	偵測誘殺，8-30 支/公頃/1-2 個月。	臺灣省農會農化廠
甘藷蟻象	大量誘殺，40 支/公頃/2 個月。	農業藥物毒物試驗所
楊桃花姬捲葉蛾	1、偵測誘殺，2~4 支/分/4 個月。 2、大量誘殺，40 支/公頃/5 個月。 3、.交配干擾法， 120 個干擾劑/分/5 個月。	農業藥物毒物試驗所
其他害蟲種類	偵測誘殺	農業藥物毒物試驗所、 農業試驗所
含毒甲基丁香油 (果實蠅誘殺劑)	偵測誘殺，10~20 片/公頃/2 個月。	嘉農、好速、恆勝、瑞芳、 興農
克蠅 (瓜實蠅誘殺劑)	偵測誘殺，10~20 片/公頃/2 週。	總合靛基、華農
克蠅香(瓜、果實 蠅誘殺劑)	偵測誘殺，10~20 片/公頃 /2 週。	恆勝、長山、總合靛基
含毒蛋白質水解物 ^a	偵測誘殺，10 片/分/2~3 週。	
1、蛋白質水解物		德城、五豐、嘉農
2、推薦之農藥種類		
25%馬拉松可濕 性粉劑		嘉泰、惠光、榮民、世大、 中國、嘉農、興農、臺灣 氰胺、寶稼、臺益、瑞芳、 日農、華農、嘉濱、和豐。

80%三氯松可溶性粉劑		嘉泰、臺益、省農會農化廠、臺灣庵原、法台、恆欣、國統、嘉農、光華、和豐、正農、寶稼、正豐、日農、華農、利臺、臺灣拜爾、國豐、富農、生力、東和、惠光、榮民、南億、世大、興農、嘉濱。
40%撲滅松可濕性粉劑		利臺、臺灣住友、五豐、惠光、好速、華隆、日農、興農、瑞芳。
50%芬殺松乳劑		嘉泰、大成、日農、生力、發順、省農會農化廠、榮民、南億、嘉農、臺灣拜爾、興農、中國農業、臺益、大信、東和、耕得、惠大、隆成、瑞芳、好速、新裕、光華、正農、久昌、嘉濱、惠光、利臺、合林、長山、正豐、眾益、臺灣日產、華隆、世大、洽益。

a 瓜、果實蠅誘殺劑，需自行調配。

結論

由於殺蟲劑具長效性及生物蓄積性，易造成環境污染問題及傷害人體健康，為維護環境安全，並達農業永續經營之目標，安全、合理之使用農藥，配合其他的方法防治害蟲，以降低農藥對環境的衝擊，害蟲綜合管理之理念已不可或缺，而費洛蒙之應用可強化綜合管理之執行，故為當今農業管理不容忽視之一環。為強調其重要性及其實用性，特將費洛蒙與農藥特性作一比較，詳列於表 15-4。

表 15-4、費洛蒙與農葯特性之比較

項目	費洛蒙	農葯
1、毒性	無	有(對人、家畜及環境)
1、作用型式	殺死或抑制生長、繁殖	誘引
2、分解性(半衰期)	數月之內	數天至數月
3、選擇性	專一性	廣效性
4、劑量	低	高
5、揮發性之控制	容易	困難
6、施用時間	不限	適時
7、施用地點	大面積更好	任何大小
8、蟲口數	小	大
9、抗葯性	5-10 年不會產生	會
10、殘留問題	無	有
11、費用	貴、但用量極少	不貴、但需大量使用
12、廣用性	需教育農民使用	農民有足夠的經驗
13、綜合管理	可	可
14、消費者接受度	可	有條件

第十六章 清園與田間衛生

楊秀珠

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23321478

E-mail: yhc@tactri.gov.tw

前言

植物病害之發生，不論感染性或非感染性均需包括三要素，分別為病源、寄主及環境，缺一要素則病害不易發生及傳播，若於作物生育期間利用各種防治方法將病原菌滅除，則可減少感染甚至保護植物免於受病原菌感染，相對地亦降低病害發生之嚴重度，此類病害防治方式通稱為防病，亦即目前一般通稱之病害防治，耕作防治及藥劑防治為此防治方法最具代表性者。耕作防治為選擇適當的栽培環境，配合合理的栽培管理，增強植株對病害的抵抗力，同時配合適時清除罹病組織而降低感染源，雙管齊下而抑制病害之發生。因此將植物栽培於適當之環境下為耕作防治之首要認知，切勿將需遮陰之植物曝露於強光，亦不可將需強光照之植物栽植於遮陰之環境，方可確保植株維持良好之生長勢。此外，加強水分管理亦可促使植物正常生長。然無可避免地，於栽培過程中會因生理老化而自然落葉；耕作防治雖可降低病蟲害之發生，但在感染源存在下，仍無法完全免除病蟲害之發生，罹病蟲害之葉片亦會落葉；採收後的殘株、修剪、整枝之廢棄植體，以及使用之資材所殘留之廢棄物均可能留置於田間，成為田間廢棄物而影響田間衛生，注重田間衛生幾可視為耕作防治不可忽視之一環。

影響田間衛生之主因

一、栽培資材之廢棄物

大量栽培資材之廢棄物棄置於田間時，主要可造成三類因子之影響，一為環境因子，因廢棄物堆積可能造成通風不良、排水不良，進而影響植株之正常生長，並且易導致相對濕度提高，致使病原菌侵入及傳播機會均增加，若堆

積之高度過高，則可能影響光照，造成植株因徒長而組織軟化，抗病力因而大幅降低；二為資材廢棄物經長期廢置而分解，分解後之產物亦可能對植物造成毒害，不能分解者，混入土壤中更嚴重影響土壤結構及排水性，對植物造成之生長影響，更甚於植體廢棄物；三為此類廢棄物可能為病蟲源之繁殖溫床，以套果袋為例(圖版 16-1)，果採收後，大量套果袋被棄置於田間，可能因吸收大量水分而軟化、破裂，其所含之水分易造成田間之濕度提昇，同時亦可能成為病蟲源繁殖之溫床，若果袋已受病原菌污染，則其中之病原菌繁殖成為重要之感染源，幾已無法避免。

二、植體廢棄物

生理老化之落葉、疏果之小果、修剪及採收後之健康植體殘餘物雖未感染病原菌不致成為病害之主要感染源(圖版 16-2、16-3、16-4)，有些學者認為收穫後將植體殘株回歸土壤，可增加土壤有機質含量。但若長期廢棄於田間，植體殘株逐漸分解醱酵後產生之代謝產物混入土壤中，可能改變土壤之物理、化學性質，包括通氣性、排水性、酸鹼度及鹽基等均可能改變，因而影響植株之正常發芽與生長，而其分解、發酵分解過程中所產生之高熱或局部性之離子濃度提高，均不利於植株生長，嚴重時更可能傷害根系，造成根群腐爛。此外，植體廢棄物若未清除而覆蓋於土壤，不但施肥時肥料可能肥料無法直接施用於土壤而影響根部吸收，同時植體廢棄物可能因接受大量之肥料造成肥傷，肥傷部份組織受破壞而降低病蟲害之抵抗力，則可能成為病蟲害發生之處，病原菌更可能以腐生狀態於其中大量繁殖。

三、罹病蟲植體

植體廢棄物若未加處理雖具危險性，然最嚴重影響病蟲害發生者為罹病蟲植體(圖版 16-5、16-6)。一般栽培者進行病蟲害防治，均著重於採收前之保護，而忽略其殘留植體，於採收後進行保護管理者微乎其微，故採收後往往成為病蟲害之高發生期；此外，發現罹病枝葉，能迅速剪除者眾，但剪除後之殘株能迅速處理者寡，而造成病蟲害得以於田間大量繁殖並成為下一季之重要感染源。因栽培者之疏忽，致使病蟲害得以大量繁殖，成為嚴重之感染源，進而感染仍具經濟價值之植株，此時雖進行其他防治或大量施用藥劑，亦難以控制病蟲源，病蟲害之蔓延則難以預期及掌控，其損失不可謂不大，因此注重田間衛生，加強清園工作實為不可輕忽之工作。於病蟲害發生初期剷除受感染植株或枝葉，可減少感染源而避免病蟲害之大發生；栽培期間隨時清除罹病蟲枝葉，可減少病蟲害之傳播；而於採收後迅速清除殘株，可減少病原菌、蟲體之

繁殖機會，降低病蟲害之發生。

四、雜草

雜草為栽培者另一頭痛之問題，防除雜草除減少養分及空間競爭外，同時亦有助於病蟲害防除，主要乃因炭疽病、灰黴病、白絹病及疫病等均為寄主範圍相當廣泛之病害，雜草經常成為此類病害之寄主而成為傳播之重要病源；同時雜草亦是媒介昆蟲之溫床而傳播病毒病。此外，小菜蛾、黃條夜蚤等昆蟲亦可以藏匿於雜草中孳生，成為重要之蟲源，若未將雜草加以管理，則施行蟲害防治均將徒勞無功。加以雜草叢生時，導致小區微氣候之改變，造成溫度改變、濕度增高，更可促使病害發生。

田間衛生之維護

田間衛生為綜合管理極重要之一環，除可大量降低病蟲害之感染源外，同時可改善栽培環境，營造適合植株生長且不利病原菌、蟲體擴展之環境。執行時最主要之工作乃將廢棄物收集、清除，動作雖簡單，但耗時費工，往往難以徹底執行。在綜合管理的相關資料曾提及「若栽培者在田間發現某些耕作行為必需立刻進行以維持植株之正常生長，而栽培者卻不斷地找出藉口，諸如沒時間處理、無多餘人工、工作量太大無法負荷、氣候不佳、缺乏適用工具及氣候適合害物繁殖太快等等，則此栽培者必需有心理準備，接受其不可能獲得優渥的收益之事實」，而此類被當成藉口而拖延未進行之操作，往往絕大部份歸屬於田間衛生之相關工作，由此可見田間衛生之重要性及其執行瓶頸，因此栽培者若欲生產高品質、高價位之農產品，必需具備之心理建設乃將田間衛生列為必要之工作項目，以化整為零的心態隨時進行田間衛生之相關工作。然由田間清除之廢棄物處理為另一頭痛的問題，一般常見之病蟲害防治均建議將罹病蟲之植物組織收集並加以燒燬；此雖為最迅速有效之方法，然將潮濕之植物組織燒燬，實有其執行上之困難，而堆積待處理過程中，病蟲害已然擴展，甚或環境影響已形成。建議可採行之廢棄物清理方法數種，供實際應用之參考。

一、清除廢棄植株殘體

臺灣之果樹作物以熱帶性常綠果樹及溫帶落葉性果樹為大宗，栽植相當密集，且生長相當繁茂，除罹病植株會造成落葉外，每年均生理性落葉，一旦落葉，清除相當不易，但為確保作物健康生長，仍需以人力或借助機器將其清除。坊間可購得落葉掃除機，藉其風力將落葉聚集成堆，有助於將其移出田間，並

將其燒毀或進一步處理，而一般使用之肥料撒佈機亦具有此功能；除落葉外，人工拔除之雜草殘株、較短或乾燥之殘株亦可應用掃除機清除。若能應用集葉機，將落葉吸入機器本身之收集袋，則工作效率將更高。至於、整枝、修剪之殘枝則較不易處理，欲將其運出田間並加以燒燬，事實上困難重重，若能投資購買枝條粉碎機，將枝條打碎後，則進一步之處理易如反掌。若發生土壤傳播性病害時，剷除罹病植株後，除需將罹病植株徹底清除並立即銷毀外，罹病植株之根部尤須特別清除，務必抱定除惡必盡之決心，方可除去感染源。

二、應用殺草劑加速植物組織萎凋

殺草劑可破壞植物組織而達消滅雜草之效果，因此於進行雜草防除時，可同時將除草劑噴施於殘枝及落葉上，促使其快速萎凋、腐爛而減少病蟲害之蔓延；但應用殺草劑進行此類廢棄物處理時，宜避免傷及生長中之植株及其對土壤性質之影響，造成環境污染及影響地力之可能性亦需評估。尤以在水源集水區使用除草劑時，需格外小心，除避免污染土壤、水源外，同時需考量因植株萎凋造成土壤裸露而導致土壤流失。

三、肥料處理

施用過多肥料易導致肥傷而影響植株之正常生長，因此於廢棄植物組織上噴施高濃度肥料稀釋液，可加速植體之萎凋而減少病原菌及昆蟲之繁殖，進而降低感染源。因此建議將植物性之廢棄物移出栽培田後，將其堆積成堆，並以高濃度之尿素液澆灑，則植物快速萎凋而減少病蟲害之傳播性；經長期累積後，植體可藉發酵分解而再釋出肥份，再次應用；然因尿素易轉變成氨態氮而流失，而鉀不分解，流失少，故亦可採用氯化鉀之稀釋液澆灑，當植體分解後作為有機肥應用，必要時可添加其他肥料後施用，經濟效益較高，若配合有機農業之經營模式，更可配合其他有機廢棄物一併處理，則可更有效地處理植體廢棄物而達保護環境及降低生產成本。

四、栽培環境之處理

於植株生長期間以消毒劑處理果樹栽培環境，幾乎不可能，亦不可行，然於品種更新而清除植株時，務必將所有植株殘株全部移出栽培田，除可減少感染外，亦可避免植體腐化分解過程中對土壤及新種植物之影響，此外必需進行必要之消毒工作後，再行種植新苗，以減少感染；若為溫網室栽培，宜更新所有應用之資材，並移出田間，以維持環境衛生，若未更新，亦需全面消毒後再行種植，當可有效控制病蟲害之發生，而降低防治成本並生產高品質之產

品。當發生土壤傳播性病害時，為避免罹病根部未完全清除，進行土壤消毒實有其必要性，然進行時必需妥善保護其他植株，避免傷及生長植株，必要時可經藥劑灌注處理後種植其他非此一病原菌共同寄主之作物，如此一來，病原菌在無寄主狀況下，僅能殘存而不易繁殖，病原菌之密度可適度降低。

五、雜草管理

若適度防除雜草，除可減少病害之寄主植物，而降低感染源，同時可減少養分競爭、並因光照良好而促進植株之生長勢，加以通風良好，濕度降低後，更可減少病害之發生。使用殺草劑為防治雜草之方法之一，可參考雜草管理部份，選擇適用之殺草劑。然於山坡地及水源地無法施用除草劑時，人工除草成為惟一可行之滅除雜草之方，當然以防草資材覆蓋土壤以減少雜草生長，雖成本較高，亦不失為良策。若能應用園區現有之草相，選擇覆蓋性、匍匐性均強且不會發生與作物共同病蟲害之草類加以繁殖，並覆蓋土壤，則不但可防止其他雜草生長，且可減少土壤及肥料流失，可謂一舉數得。

六、休眠期採間作綠肥作物

選用不同種類之植物進行輪作，除可適度減緩連作障礙外，同時因不同作物相之病蟲害發生不同，促使害物於無寄主狀況下降低繁殖及擴展，進而減少下一期作之感染源，以種植玉米為例，除可吸收土壤中多餘之肥料，因其屬禾本科，而大部分之蔬菜及果樹均非禾科，病蟲害在缺乏食物及蔽護所之情況下，族群自然逐漸降低，然以果樹而言，栽植期間相當長，輪作幾乎不可行，若能於休眠期間作綠肥植物或其他不影響植株發育之植物，再於萌芽前處理，當可防止雜草，同時避免休眠期之土壤遭雨水沖刷而流失，同時可將多餘之肥料吸收，間接改良土壤之物化性質。

七、環境四周栽種驅蟲植物

香茅草、除蟲菊、艾草、薄荷等被認為昆蟲之忌避植物，可達驅蟲效果。

第十七章 栽培品種與性狀

劉碧鵠

鳳山熱帶園藝試驗分所

鳳山市文山路園藝巷4號

電話：07-7310191

E-mail：bich0509@fthes-tari.gov.tw

楊桃(*Averrhoa carambola* L.)為楊桃科(Averrhoaceae)，五斂子屬(*Averrhoa*)常綠性小喬木植物，果實上有五稜凸起，因此又名星星果(star fruit)、五稜子、五斂子等。原產於亞洲南部，大致在馬來西亞半島至摩洛加群島一帶，該地位處於熱帶，氣候條件為潮濕高溫的環境，以臺灣的氣候條件而言，恰好位處於適栽範圍的北限，海拔300米以下的無霜處皆適合栽培。相傳漢代大陸即自印度引進楊桃栽培，至於臺灣大約從清朝開始，由廣東、福建兩地引入種植。栽培初期以庭園種植觀賞的價值大於食用，因此普遍缺乏適當的管理，果實偏小且酸澀，予人留下風味不佳的印象；民國五十年代以後，優良實生變異品系”二林”、”秤錘”及其他品系的陸續出現，使消費者印象逐漸改觀，近幾年來更由於馬來西亞種楊桃的特殊風味，頗受消費者喜愛，加上其被評鑑為具有抵禦WTO進口衝擊的果樹種類，且可經低溫檢疫外銷歐美，使其重要性與日俱增。

植物學特徵及分類

楊桃為常綠性熱帶小喬木，樹高在不控制之下常超過3米，幼齡樹呈角錐型，隨著樹齡的增加轉變成圓頂型，經濟生產年限可長達25年。

一、小葉

葉柄上的羽狀複葉可長達20公分，小葉間歇性排列對生或部份互生，剛抽出的新梢為青銅紅色，成熟時轉變為淺至深綠色，羽狀複葉約3~8對，幼齡樹小葉較多，小葉形為橢圓形或卵形，先端短尖，小葉長2.5~7.5公分，1~4公分寬，葉表面無毛，全緣。

二、花

花發生於葉腋、細枝及樹幹的基部的潛伏芽，全株枝條皆具有開花能力，

只是開花先後順序有別，一般大枝條先開花，開花量也較多；開花順序為由花軸基部往上開的無限型圓錐花序，但若以小花穗而言，則為中央先開的有限型聚繖花序，白天開花，同一天晚上凋謝。

花被5枚萼片圍繞著，紫色的花冠長約5~12厘米，花梗深紅色，雌雄蕊異長，柱頭型態有長、短柱之別。子房長15-25厘米。

缺水及根域限制栽培皆可誘導開花，兩者同時存在時或由栽培種遺傳特性決定開花期，熱帶地區周年高溫多濕，可以連續性開花，至於臺灣楊桃的開花期以4月至12月間為主，利用修剪技術及施肥技術可以控制開花期，使各個地區產期錯開。

三、授粉和著果

一般經過嫁接的植株大概經過9個月即可開花，而實生苗一般經過3年才有可能開花結果；從可視花芽(1厘米)開始到完全開花的階段大約需要2週，小花通常在早上8~10時間開放，而在當日下午4~6點閉合，隔日未經授粉者清晨即自行脫落，完全授粉後子房繼續發育成為果實，蟲媒或風媒，花帶有蜜腺，可以吸引蜂、蠅類前來授粉，但為提高著果率，每0.4公頃可配置一個蜂箱。

異質接合和自交不親和性常為授粉失敗的原因，異型花器間雜交會有較高的著果率，花柱的長短與果形有關，長柱頭花果實尾端多為尖形，而短花柱的果實尾端多向內凹入。長、短柱花品種大致分類如下：

(一) 短柱頭花：馬來西亞8號、馬來西亞10號、二林、台農一號、大有。

(二) 長柱頭花：秤錘、酸味、竹葉、花地

四、果實

果實為肉質漿果，長橢圓形~心臟形，長5-12公分，橫切面3-6公分，果實3-7稔，以5稔最多，因此又名五斂子。橫切面呈現五角星形，未熟時為青綠色，成熟時為全黃~桔色，成熟期自每年6月至翌年4月止。

五、種子

種子數5-20粒，1公分長，赤褐色，果稔內種子並不均勻分布。在授粉後7-10天，子房即明顯膨脹或是脫落。

主要栽培品種

一般依楊桃果實的風味分為酸味及甜味二類，酸味種的可滴定酸在果實成熟時仍高達 0.6% 以上，而甜味種的可滴定酸在果實成熟時降至為 0.25% 以下。這二類果實從植株外觀上並不易辨別，而經由所著生的果實風味來區別最為確實，大致上酸楊桃植株較為高大，樹勢強健，葉色較為濃綠，花瓣呈濃紫紅色，果實深黃色，味極酸，主要用途為醃漬成果汁或製成蜜餞及釀酒之用。另外由於其生長適應性強，亦常被當作砧木的材料。甜味種楊桃植株則較為矮小，生長勢稍弱，複葉的小葉數較少，葉色較淺綠，花瓣從紫紅~淡粉紅色皆有，果實的顏色亦從綠白色~桔紅色，果稜厚且豐滿，味甜，纖維細，清脆可口，以鮮食為主或做為沙拉的材料。

目前臺灣主要楊桃栽培品種多為實生變異品種，早年重要栽培品種如：新嘉坡種、薄稔、爪哇、白絲、竹葉、五汴頭、石嶺等，目前已近絕跡。民國 62 年開始，鳳山熱帶園藝試驗分所首先著手進行臺灣楊桃品種改良、選育及引進國外優良種原試種等工作，目前仍繼續進行果汁加工用品種及耐貯運、高品質之鮮食品種改良及優良種原蒐集工作。據調查目前產地主要栽培種類、品質及其分布地區如表 17-1 及表 17-2 所示。

一、秤錘

植株生長強健易管理，適於山坡地果園及平地栽培，主要分布於臺南縣楠西鄉及彰化縣員林鎮山區一帶，可能為百果山一帶的實生變異品種。果實大形，果尖稍凸出，單果重達 400 克以上，並且果稔硬，耐運輸，果實貯架壽命在室溫下可長達 1 週以上，冷藏更可達 2 個月之久，且對檢疫低溫的忍受性也高，因此為目前外銷美國、香港等地的選定品種。果實成熟時為金黃色，但外銷時常在六、七分熟時即行採收，此時果實頗為酸澀，纖維亦明顯粗於其他品種，風味稍遜，目前栽培面積約佔 30%。(圖版 17-1)

二、二林

變異子品系甚多，如軟枝蜜絲、蜜絲種等概規屬之，目前栽培面積以苗栗縣卓蘭鎮及臺中縣石岡鄉、東勢鎮為最多，為白絲種中的實生變異品種，因其發現地點而得名。果實肉質細緻、纖維少，加上糖酸比例適當，風味最為優良，但因其果實成熟時為綠白色，色澤上並不討喜，且果實小，單果重常在 300 克以下，且不耐低溫貯藏外銷，以致逐漸失去其競爭優勢，目前栽培面積約佔

20%。(圖版 17-2)

三、馬來西亞 8 號

民國 56 年由果樹引種考察團自馬來西亞所引進種植的品種，引進初期因臺灣氣候較當地冷涼，冬季小葉不耐寒而有黃化提早落葉現象，栽培者心有疑慮而未有大量種植，然因其果色桔紅，糖度高，風味佳，頗獲消費者喜愛，市場需求量日益增大，近二年來市場價格居高不下，更使栽培面積迅速擴增，農民紛紛改接此品種，並有凌駕其他品種之趨勢；受其品種特性的影響，果實耐低溫性亦弱，不耐低溫檢疫處理，並且果實黃化轉色速度頗快，掛樹期短，採收作業上較為緊迫，貯架壽命亦較其他品種為短，目前栽培面積約佔 20%。(圖版 17-3)

四、馬來西亞十號

由鳳山熱帶園藝試驗分所自馬來西亞所引入觀察的品種之一，該品種亦為馬來西亞當地及海南島等地的主要栽培品種，由於在臺灣試種成果良好，單果重可達 400 克以上，且糖度高，果稔厚，肉質細緻，產地目前以屏東縣里港鎮最多，栽培面積大約佔 10%。(圖版 17-4)

五、青乾厚稔

青鼻種的實生變異選拔出來的品種。產地分布、風味與栽培管理方式均與秤錘種近似，惟其果形略小。其果實成熟時稔邊仍帶綠色為其主要特徵，果色呈濃黃色，尤其在冬天轉色更為濃黃，與稔邊的綠色呈明顯對比，色澤鮮豔、果皮光滑，賣相甚佳，由於其果稔硬度高，並耐檢疫低溫，為冬期果外銷時的選定品種，栽培面積約佔 10%。(圖版 17-5)

六、其他

如酸味種(圖版 17-6)、臺農一號(圖版 17-7)、歪尾、白絲等，栽培面積共約佔 10%。酸味種以彰化縣花壇鄉、芬園鄉及林內鄉一帶較多，但已多呈荒廢狀態。採收後的酸楊桃果實，以前大多由農會收購統一加工，目前多由農民自行先醃漬成半成品後販賣果汁加工業者，另行調配成包裝飲料。臺農一號為由鳳山熱帶園藝試驗分所於 1990 年命名推廣的品種，果實碩大且斂厚，單果重達 400 克以上，成熟時果色黃白色，糖度高，肉質細致纖維少，風味清香，但因果皮較薄，易有褐化手痕，易裂果，並且不耐運輸及貯藏，導致市場賣相差，農民栽培意願低落，目前大多為自家消費食用或為觀光果園的使用品種。其餘品種如歪尾、白絲目前大多淪為授粉品種。

表17-1、楊桃主要栽培品種果實特性

品種別	平均單果重(g)	果長(cm)	稔厚(cm)	稔高(cm)	糖度(Brix)	酸度(%)	果汁量(%)	果皮顏色	果形
秤錘	280	12.5	2.1	3.2	7.4	0.22	57	金黃	橢圓形
二林	200	11.3	2.3	2.9	7.5	0.22	77	綠白	橢圓形
馬來西亞八號	210	11.5	2.3	2.4	8.4	0.20	68	桔黃~桔紅	長橢圓形
馬來西亞十號	255	11.2	2.4	2.7	8.3	0.28	75	桔黃	心臟形
青乾厚稔	180	9.8	2.0	2.2	7.0	0.19	62	金黃~濃黃	橢圓形
酸味	160	7.9	2.2	2.9	6.6	0.79	59	濃黃	橢圓形

資料來源：鳳山熱帶園藝試驗分所夏期果分析資料

表17-2、楊桃主要產地分布及產期

品 種	分布區域	主要產期
秤錘	楠西、員林、員山、寶山	6~4月
二林	卓蘭、石岡、東勢	9~2月
馬來西亞八號	卓蘭、石岡、東勢、楠西、荊桐、員林	9~2月
馬來西亞十號	里港	6~2月
青乾厚稔	楠西、員林	12~4月
酸味	芬園、花壇	8~12月

第十八章 栽培與管理

劉碧鵠

鳳山熱帶園藝試驗分所

鳳山市文山路園藝巷 4 號

電話：07-7310191

E-mail：bich0509@fthes-tari.gov.tw

前言

楊桃(*Averrhoa carambola* L.)為楊桃科常綠果樹，另有一相近屬為木胡瓜屬(*Averrhoa bilimbi* L.)，該名稱的由來為 19 世紀初時由阿拉伯醫生 Averrhoes 所發現而以之命名。世界各國有關 *A. carambola* 的名字計有 carambola(美)、star fruit(英)、belimbing(馬來西亞，印度尼西亞)、abingbing(菲律賓)、caramba(日)、carambolier(法國)、ma fueng(泰國)、fuang(寮國)及 Khe(越南)等。

原生地

楊桃的原產地並不十分確定，印度尼西亞、馬來西亞和印尼均為曾被考慮過之國家，其他尚包括摩洛加群島、斯里蘭卡等。這些地區大致位處於亞洲南部的高溫熱帶雨林地區，因此可知楊桃喜愛高溫及較陰濕的環境。但另有學者認為南美洲北部的蓋亞那亦可能為其原生地，因為該地在 1500 年前即已有楊桃的栽培記錄。

土壤

楊桃可以適應任何型態的土壤，從砂地、壤土、重黏土或是富含石灰質土皆可生長良好，但需要排水良好。通常在低窪地區，根部浸水超過 12 小時以上細根即會腐爛，而造成落葉、落花、落果。最適合之 pH 值範圍為 5.5~6.5 之間，但楊桃亦頗能耐酸與鹼的環境，pH 值 5~7.7 時生育仍很良好，低或高於此 pH 值的環境中則生長不良。

由於楊桃枝葉之年生長量大，果實產量亦高，因此對土壤水分與養分的需

求亦特別殷切，因此土壤的選擇以富含有機質、土層深厚及底土含石灰質的砂質壤土為最佳。

氣候

海拔 300 公尺以下的熱帶地區和溫暖的亞熱帶地區，皆適於栽培楊桃，幼年樹較易受霜害，而成年樹則稍能抵抗霜害，仍應避免於有霜的環境栽培。

一、雨量

根據國外學者報導，年雨量在 1,500~3,000 毫米時最適合楊桃的生長，雖然其對季節性的乾旱亦具抵抗力，但久旱常造成楊桃的落葉、落花、落果及果實發育不良。一般年雨量和灌溉水量需在 800 厘米以上才能生產良好的果實。水分逆境會限制根的生長、葉的伸展、花芽分化和果實的發育，並且明顯的減低產量，在缺乏良好的水分供應地區並會延遲開花期超過 3 個月以上，並且延長營養生長。在開花期及幼果發育期適逢連日降雨，果實授粉不易且病蟲害不易控制，產量常受影響。臺灣南部自然花期於 4 月底開始，5 月逢梅雨季，此與 7、8 月份果實的產量較少有關。

二、溫度

楊桃原生於亞洲熱帶，適合生長之溫度範圍介於 21~32°C、月平均溫度變化以不超過 1.5°C 的地區為宜，臺灣冬季不會下霜的地區均能栽培楊桃。當氣溫降至 10°C 以下，營養器官停止生長，並且抑制開花或使花器受損，剛抽出的新梢在溫度 0°C 或更低的溫度下將會受到傷害，在 -1°C 時將造成完全的落葉，-4°C 之低溫超過 24 小時，則植株死亡。通常氣溫愈低，月平均溫度相差較大的環境，產果期較短，如臺灣產果期約 10 個月，而馬來西亞可以全年生產。然因品種不同，對溫度之敏感性亦不同，馬來西亞種(B8)普遍較臺灣的實生變異種不耐寒，冬季易有黃化落葉，枝條停止生長現象(圖版 18-3)。

三、光線和光週

楊桃為較耐陰的果樹，雖喜陽光但忌烈日照射，尤以開花期及幼果期最怕烈日、乾風，日照過於強烈，樹冠頂部易落葉、形成枯枝，果實受強日照射後，易發生日燒傷害，因此楊桃果實著果部位上方常需以枝葉加以遮蔭。國外學者認為每日日照時數為 8~12 小時時，每一花序之花數增加，日照時數超過 14~16 小時時，則開花速率低，若直射光保持 2,000 小時，可以獲得最大的生產。

四、風

楊桃枝條細軟，果梗細弱，易遭受風害而造成落葉及落果。熱風和乾風會影響植株開花、使果實產生日燒、脫水，而冬季的冷風(10°C)和風速超過 80 公里時，將會造成嚴重落葉、落花，因此建園初始即應設置暫時性或永久性的防風林或矮化樹形以減少風害。

栽培與管理技術

一、預備生產

果園的選擇決定楊桃經營的成敗。園地的選擇、經營管理方式及果園作業道的規劃作業需先行完成。

(一) 選地

楊桃根系深入土壤中，土層厚度至少應達 1 公尺以上，灌溉水源需易於取得或者可以引水、抽水灌溉。同時楊桃不耐 12 小時以上的浸水，乾旱、水漬均會造成楊桃落葉、落果，所以園區必需排水良好或先行設置排水暗管。海拔高度以低於 300 公尺以下，不降霜的環境為宜。

(二) 園地規劃

防風林帶需事先規劃，樹種可採用臺灣相思木、小葉安或其他樹種，主林帶與主風向垂直，林帶與果園距離相距 5~10 公尺。田間作業道的規劃與設計、整地、土壤的改良與肥份的補充等於種植前即需先行完成。

二、繁殖方法和苗圃的管理

楊桃繁殖方法分為實生繁殖與營養繁殖二種。實生苗因具有幼年性，達到開花、著果常需耗時 2 年以上，且因實生繁殖易產生實生變異，失去原品種特性或果實品質降低等情形，目前以作為砧木為最多。其中酸味種楊桃實生砧木與其他品種親和性皆良好，嫁接後的樹勢生長強健、豐產且生長速度快，為最常被使用作為砧木之品種。目前一般多以營養繁殖(嫁接法)為主。

(一) 實生繁殖(播種法)

楊桃種子的取得方法為選取充分成熟、果大端正、果稔飽滿的果實，採收後先置放幾天讓果肉完全成熟，然後以人工取種，取種後先搓除種子外表的黏液物質，放置於蔭涼處風乾 3~4 天後即可收藏。

播種前可先將種子置入清水中進行選種，剔除漂浮在水面或不夠飽滿的種

子。種子可直接播種，而不需進行催芽或浸種處理。成熟的種子播種後依氣溫的高低約經 20 日後開始發芽。種子可低溫冷藏保存，惟其發芽率常會降低。苗床以排水良好的砂床較有利根部的生長，播種後，應防老鼠、螞蟻等的啃食為害，故需事先作好妥當的隔絕。當苗長至 5 公分高、子葉開始成熟時，即可將苗假植於育苗袋或塑膠盆中。假植後馬上灌水，以後每日或隔日澆水，當苗莖粗達 0.8 公分以上時，即可作為砧木。

(二) 營養繁殖(嫁接法)

營養繁殖可以維持原母樹優良特性，由於空中壓條(高壓)發根頗慢，使用扦插法縱使在噴霧之下亦不易發根，因此目前以嫁接法為最主要的繁殖方法。使用腹接、芽接、契接、切接等，但需避免在陰雨環境下實施，成活率皆可達 90% 以上，最適合的嫁接時期為每年的立春之後至清明節這段時間，若管理配合得當，當年年底即可開花著果。

三、苗木栽植

在種植前需先挖好植穴，在一年當中任何時節均可種植，一般除冬季低溫期(11~1 月)不宜定植以外，在春天及初夏時進行最佳。行株距一般為 6 公尺×6 公尺或 6 公尺×7 公尺，每公頃種植株數 240~280 株，太過於密集雖總產量提高，但通風及日照不良，病蟲害防治及肥料施用、採收均不便，反而影響管理效率，因此，栽植初期可密植，成株後再行間伐。在幼木養成期間，亦可在距樹幹 1 公尺處栽種短期作物，以提高收益。苗木齡需達 18 個月，種植前將根小心剪除，亦可帶土團直接放入植穴中。另外為提高授粉率，需栽植異品種授粉樹或同一株上嫁接異品種枝條授粉；授粉品種的選擇以花柱長短為依據(圖版 18-1、18-2)，花柱長短不同的兩品種授粉，著果率最佳；另外授粉品種的果實品質需佳，以提高主品種的果實品質。定植深度以育苗袋土團可完全放入穴中，並稍低於地表最為適宜；種植太深，苗木生長較慢；種植太淺，苗木易受旱害，成活率降低。定植後需每日或隔日灌水，直至苗木成活為止，同時並立支柱，避免苗木倒伏。

四、灌溉與排水

土壤水分影響楊桃生育、產量及品質甚大。楊桃對水分的吸收較營養元素更多，乃因水分可以連續不斷地在土壤、根、葉、果實間進行單向流動，同時水分可溶解土壤中的養分，實際需水量的多少，與土壤的含水量、根系的吸收

能力及植株的運輸力、葉片蒸散作用等條件有關，由於楊桃枝、葉量大，加上果實的含水量又高，因此水分的供應對楊桃的栽培相當重要。

(一) 灌水

在水份不足下，葉片與果實競爭水分的結果，將使果實體積變小、裂果、甚至落果。灌溉水源一般來源為雨水及地下水兩種，在噴灌及滴灌時，應特別注意灌溉水質，避免水源含有藻類或泥沙等污物，以防噴頭或噴嘴阻塞。灌水量應至少達 80~100 公分深的土層內，視土壤乾旱程度補充水分，原則上 7~10 天灌水一次。灌水方法可利用滴灌、噴灌、溝灌等方法，

(1) **溝灌**：當水源充足且灌排系統完善時可採用溝灌方式，沿行距開挖灌溉用水溝。

(2) **噴灌**：設置灌溉管路或直接利用自動化噴藥控制系統做為噴水灌溉之用，以增加設施的利用效率，節省設施成本。每株設二個高低噴頭，分別從葉面下及棚架上供應水分，冬季可作為增加空氣濕度、防霜害之用。此外，在開花期亦可於蓄水池中參入其他品種之花粉以為授粉之用，然其缺點為需要增加架設管路及其他如加壓幫浦等之投資。

(3) **滴灌**：以噴水帶接水源直接打孔滴灌於樹際根部的方式，目前使用最為普遍，用此方法可節省灌溉水量 50%，並且省工、管理方便(圖版 18-6)。因只供應根部水分，所以可節約用水，並可使株間保持乾燥狀態，控制雜草的生長。

(二) 排水

楊桃不耐浸水，否則易造成根部腐爛、落葉、枯死。低窪處需事先作好暗管排水系統。

五、整枝修剪

未經整枝、修剪之果樹，樹形高大、雜亂，管理、採果不易(圖版 18-4)，故需進行整枝、修剪。整枝為利用修剪的手段將果樹的骨幹整理成一定的樹形，以達到提早結果，增加產量為目的的技術。而修剪則為對果樹的養分分配及枝條的生長勢進行合理調整的管理，包括疏剪、縮剪、疏梢、環刻等。

楊桃果園管理上進行整枝、修剪作業，主要目的為 1、促使提早結果，並延長結果壽命；2、矮化樹形，方便套袋、疏果、採收等作業，以提高工作效率，降低生產成本；3、改善通風、增加日照，以減少病蟲害的發生，並提高

果實的品質。

主幹高度以 50~60 公分為宜，因楊桃枝條細軟易彎枝下垂，同時主幹亦可著生果實，一般由地面上 50~80 公分處促使留 3~5 分枝，並以較寬的角度牽引使之發育成形(放射狀主枝或自然形)，樹高控制在 2 公尺以下，大枝及主枝以不直接受光，而樹下以仍稀見陽光的程度為宜。每年修剪時，以先除去狹小角度的分枝、低下垂枝和重疊的枝條，另外所有低於 1 公尺處的新枝亦應一併去除。

整枝修剪一年固定最少 2 次，即春季的重修剪與秋季採收結果後樹型控制的修剪，除此之外並隨時剪除病蟲害枝、枯枝及徒長枝等，保持樹冠內部的通風及內部的透光。楊桃的結果枝以側枝為最佳，因此宜多留；徒長枝有時具有遮蔭，預防果實日燒的效果，此時也應留下，為避免養分的消耗，其他枝條應加以剪除。臺灣常於冷季末期或果實採收後，配合高接、更新品種進行重修剪，並且藉以更新老化、生產力弱的結果枝，重新培養結果枝，一般在修剪後 30-40 日後即可開花。

整枝常見的型式為自然圓頭形及倒圓錐形二種，因產地的耕作習慣而各有特色；中部產區多仿照高接梨式的整枝方式，多主枝而無明顯的亞主枝，以水平棚架式的倒圓錐形生產；南部則多配合坡地地形，任主枝生長後才加以修正，因此主枝配置較無一定章法，部分因坡地較陡而以自然圓頭形無棚架支撐的栽培方式較多。

由於楊桃果實碩大，枝條細軟，臺灣採行水平棚架式的栽培面積達 80% 以上。棚架式栽培具有管理方便，通風良好，果實不易與枝條發生擦傷、產生日燒果、病蟲害防治容易，方便疏果、套袋作業等優點，同時也有助產量及品質的提升(圖版 18-5)。其方法為在楊桃苗定植後，離地約 50~60 公分處將主幹剪除，促使側芽產生新枝，分枝前利用鍍鋅鐵絲或亞管搭成高約 1.8 公尺的水平棚架，再利用 10 多枝小木棍將各主枝、分枝拉成 45~60 度角向四方延伸於棚架上，並將新枝固定於棚架上，使其密布整個棚面。

六、施肥

楊桃因一年四季皆可開花結果，對土壤養分的需求量較其他果樹大，若肥料供應不足或不當，養分失去平衡，則將影響下一期果實的品質與產量(圖版 18-7)，同時樹勢亦可能減弱，造成開花不結果現象。

肥培管理通常依據土壤和葉片的營養分析來推薦施肥量，同時以先調整土壤酸鹼值於合適範圍內為首要措施(楊桃以 pH 值 6.0 最適)，以提高肥料的有效率。幼年樹每年大約需要 0.4-0.8 公斤的氮:磷:鉀，其施用比例為苗期 2:1:2，著果期 1:1:3；十年生以上的楊桃大約需要氮素 1.5 公斤，磷 0.9 公斤及鉀 4.3 公斤及 25 公斤以上的有機質肥料(幼年樹 10 公斤)。同時土壤有機質含量至少應達 2% 以上，以促進土壤通氣性及保水、保肥性；夏季因地溫較高，以緩效、分解慢的植物性資材為主，如蔗渣、米糠等，秋冬季以速效、分解較快的動物性資材為主，如豬糞、羊糞等的有機肥較佳。著果初期的肥料施用種類以氮肥為主，中、後期則偏重磷、鉀肥，除此之外，楊桃亦需鎂、鈣肥，以提高果皮的色澤及硬度。一般每 1.5~2 個月施用一次肥料，開花期間避免施肥，以免造成落花。施用肥料後土壤應保持濕潤，以促進肥料的溶解及樹體的生長。肥料以應用在離樹幹 1 公尺的細根處，較有利根部的吸收或是沿著噴水帶條狀施用，可促進肥料的有效性。

平均每生產一公噸的楊桃果實約消耗 1.02 公斤氮、0.12 公斤磷、1.58 公斤鉀、0.1 公斤鎂、0.1 公斤硫及 0.05 公斤鈣，從未著果的葉片中分析亦顯示，楊桃葉含 1.4% 氮、0.12% 磷、0.12% 鉀、0.64% 鎂 g、0.24% 硫、0.98% 鈣，若依養分損失量來回饋肥料量，這些指數可作為施肥之指標，但肥料施用量並非與果實產量直接相關。

由於根群會逐漸的老化及土壤硬盤的形成，將使根部養分的吸收力減弱及土壤的通氣、保水性變差，因此每二年應至少進行中耕斷根作業一次，促使新根再生，及提高土壤風化及土粒間的透氣性，並藉此殺滅土壤中的病原菌等，中耕深度至少達 10 公分以上，距樹際 1 公尺遠處，寬度 20~30 公分，中耕後 1 個月內避免灌水，以免根部的傷口浸水而腐爛；一般為減少人力負擔，大多配合基肥施用時一併進行。

七、果園的保護

楊桃果實對風害相當敏感，由於其果梗較長，加上果皮薄、因此果實易發生擦傷，同時也容易有落葉、落花、落果的現象。因此在闢園當時即應選擇避風處栽培或是在果園四周圍上防風網、設置防風林等，以避免果實受到風害，產生風疤影響外觀(圖版 18-8)。

另外每年的冬春之際，常見大量的麻雀及白頭翁為害楊桃果實，造成農民的嚴重損失，部分農民曾嚐試利用假蛇、鞭炮、旗桿等物嚇阻這些鳥類，惟其

成效有限，均不如採用防鳥網來得確實有效，但防鳥網在果實採收結束後即需撤除，以免影響植株的光合作用。

八、網室栽培

為避免東方果實蠅及果實蛀蟲的為害，套袋為目前最主要且最為有效的防治病蟲害的方法，然因套袋人力的缺乏及套袋時間必需確實掌握，並為防止細菌性斑點病的雨水飛濺為害，近一年來開始於南部嘗試利用網室生產。利用大型簡易網室覆蓋避免東方果實蠅及輪點毒素病的感染、為害，在印度棗及木瓜等熱帶果樹的生產上已實行多年，然由於楊桃需藉由授粉昆蟲傳粉才能完全著果，而網室內因溫度較高，授粉昆蟲常不耐此高溫而死亡，以致早年的網室生產並未成功，但目前已有耐高溫的馴化蜜蜂可以完成授粉工作，對楊桃的著果已不構成威脅，可以確保楊桃的產量，近一年來南部地區紛紛採行倣效。

楊桃網室所採用的 10~12 網目塑膠網，較木瓜所使用者為大，通風及透光性均較木瓜者為佳，故木瓜網室栽培時之紅蜘蛛為害較嚴重及畸形花比率高之弊病，目前在楊桃上均可獲得控制，然因楊桃生產期長，為免植株有徒長現象，每年採收期後應掀網，以恢復果樹自然生長狀態，並避免樹勢轉趨衰弱。另外針對網室內之病蟲害可同時利用性費洛蒙、生物農藥等配合生產準有機楊桃，亦為提升其競爭力的策略之一。

另外網室由於受風面大，在亞熱帶的臺灣有颱風的威脅，網室有被摧毀受損之可能，加上其設置成本高，常影響農民的使用意願；惟經由此次象神颱風過後的反應表現，網室栽培若採較堅固的亞管設置支撐，非但不會造成損失，反而對枝葉的受損率及果實落果率會降低，可減輕農民的損失及樹體的為害。至於網室栽培對植株整體生產力、果實品質的影響及其後續生長的狀況，有待再繼續進行調查研究。

九、套袋及疏果

套袋為早期農業生產，為提高果實的品質與外觀色澤，所採行的管理方式，然近年來病蟲害日益猖獗，尤其是東方果實蠅及果實蛀蟲此二大楊桃害蟲為害，若不實行套袋保護，幾乎完全無果實可供收穫、鮮食，只能淪為製酒的材料，因此套袋成為現代楊桃生產的必備管理作業(圖版 18-9)。

目前採用之果袋材料以白色防水紙袋為最多，袋口邊緣附有鐵線或另外自行用鐵絲束緊袋口；紙袋雖可回收再次使用，然因紙袋外會附著灰塵及其他雜物，降低光線的透光率，影響果實感光，使果實無法著色或酸度無法分解，品質降低，因此最多以使用 2 次為限；然而若發生病蟲害時，病蟲害之病原菌及蟲體易附著於紙袋上，成為重要之感染源，故不宜重複使用。

套袋時期一般在果實生長至 5 公分時(花後 30~40 日)開始進行，太早套袋，果實不易肥大或易造成落果；太晚套袋，果實受病蟲為害機率大增，且外觀色澤較差。套袋前需先進行病蟲害防治，待露水或藥液乾燥後(不滴水程度)再行套袋，以避免果實發生藥害或病菌感染，並於 1~2 日內套袋完成，而經網室栽培者仍需套袋，以保持果皮細緻清潔，但可依農家勞力自行調配套袋時機，不必急於一時完成。介殼蟲及炭疽病常因袋口鬆脫，致使套袋後之果實仍持續被害，而造成嚴重損失，因此為避免該類病蟲的為害，套袋方式需合乎標準，袋口需緊縮，於不使果實掉落的程度下束緊。

套袋往往與疏果作業一併進行以節省勞力，由於楊桃開花量多，若著果過多，樹體負荷過重，對樹勢、產量穩定、果實品質皆有不良影響。楊桃的花芽分化與果實發育常同時進行，在營養不足或花果量過多時，營養供應與消耗失去平衡，容易有產量不平均，果實品質降低之弊病。疏果方法為首先將果形不整、歪斜、病蟲為害、著果過密之果實摘除後，依樹勢強弱、枝葉發育狀況、預定產量決定留存果數及其位置；當年生枝條部位的果實品質最佳，主枝及側枝部位的果實單果重較大，但品質稍差，在楊桃的生產上應有品質重於產量的觀念，因此以留存當年生枝的果實較佳。

十、雜草管理

目前楊桃大多採行水平棚架生產，棚架下因光線較弱，雜草叢生的機率低，除了每年的 4~6 月間經強剪後的果園，地表因透光性較強，雜草為害較烈以外，其餘季節並不需要特別加以剷除。此外，每年的中耕管理作業亦兼有剷除雜草的功能。

楊桃雖為深根性果樹，但淺層地表亦分布頗多的細根，藉此吸收土壤中的養分，因此常以除草劑除草，除會破壞土壤生態環境以外，對根部亦會造成不少損傷，因此應儘量避免以殺草劑除草(圖版 18-10)。常見的除草方法以割草機剷除及人力作業方式為最多，近幾年來果園植草的觀念頗獲得農民的認同，楊桃果園使用鐵線草、爬地藍或多年生花生等種類皆可，另亦可保留當地強勢草種。草種匍伏覆蓋地表，除可防止有害雜草生長，並具有防止土壤沖刷流失、保水、通氣、保溫、保肥等功效，農民反應亦對提高楊桃果實品質甚有助益。而在近樹幹基部 1 公尺處，使用植物性資材或覆蓋塑膠布亦可避免雜草發生。

十一、採收與包裝作業

果實採收技術影響果實的耐貯性和產品質量，楊桃的採收期因各地區氣候

條件而異，目前臺灣已可全年生產，產量主要集中於 10 月至翌年 3 月之間。嫁接後的楊桃樹通常在經過 9 個月後就可以開始著果，而且定植 2-3 年後即可有令人滿意的產量，根據國外學者報導，幼年樹產量較少，只有 20 公斤，但 6-7 年生的楊桃產量卻可高達 400 公斤，其中約有 10% 為不合格果，平均每單株產量每年可生產 100-250 公斤果實，產量遠超過其他果樹。

採收期的早晚影響果實的產量、品質及貯藏性，以臺灣楊桃的採收習慣而言，有過早採收的趨勢；採收過早，果實尚未完全肥大，單果重較低，果實品質低劣，耐貯性亦低。因此，確定果實成熟度，適時採收，才能獲得產量高、質量佳並且耐貯藏的果實。目前楊桃成熟期的判斷通常靠農民的經驗，依品種、消費市場的遠近、市場需求及市場價格來決定，通常以果皮顏色的轉變、生育日數、果稔肥厚度及含糖量等來決定。由於果實在採收後糖分不會繼續再增加，但是果皮顏色仍會逐漸轉變，在充分轉色的階段，果稔極脆弱而易受到傷害，因此果實通常在轉色初期至有 50% 轉色時採收，貯架壽命較長。採收成熟度亦因行銷距離遠近而異，內銷時在果色開始轉黃時採收，外銷時則在綠熟期階段即行採收，至進口國後才開始讓果實轉色，由於此時所採收果實糖分尚未完全轉化，果實風味較差，以致進口國家反映風味差，市場日益萎縮。

果柄易與結果枝分離，因此用手採即可，戴棉布手套，儘量避免果實受到機械傷害，如指甲傷、擦傷及壓傷等。小心採下後先在產區集中，然後運至包裝場再行處理。

楊桃皮薄，在進行包裝及果品分級作業時應小心操作，避免果實受到擦傷或減輕果皮褐化至最低程度，以確保果實到達消費者手中仍完好無缺。包裝方式因行銷距離的遠近而有別；內銷用的大多採用 35 公斤紙箱分三層排列，由於包裝容量較大，底層的楊桃易受到上層重量的擠壓，加上搬運作業的碰撞，使得楊桃的耗損率甚高，因此包裝紙箱內必需放置隔板與襯墊；外銷用的包裝紙箱則較小，目前青果社外銷美國者以 10 公斤紙箱包裝，單層排列，紙箱統一由青果社供應。不論內外銷包裝前果實皆需加套塑膠袋，減輕果實失水萎縮（圖版 18-11），包裝箱內使用填充料或紙絲來保護果實，避免果實受到擦壓傷，同時果梗因硬度較高，面積較大所以放置方式以頭部朝下，尾部朝上的方式，減少果實的碰傷。

目前楊桃的分級大多分二級，即特優及優級品，以果實重量為分級標準，包裝時分級應確實，避免將病蟲果或有機械傷害、品種不同的果實置入，使品

質保持一致性。

十二、利用

楊桃的用途廣泛，除鮮食切片沾鹽食用以外，加工產品品項繁多，如果醬、蜜餞、楊桃糖、果汁和酒精飲料等。最具潛力的加工品可能為楊桃酒(圖版 18-12)，因其果實多汁味美，發酵酒品風味甚為優良，而東南亞國家亦常將綠熟果作為蔬菜食用或是橫切片做為盤飾、沙拉的材料。「本草綱目」中記載楊桃具有清熱解毒、生津止渴等功能；葉有利尿、散熱、止血等作用，果實營養豐富，含多量有機酸及維他命，其中鉀及維他命 A 含量較多，並且亦為維他命 C 之重要來源之一(表 18-1)，然因鉀含量多，腎臟病患應避免食用過量的楊桃。

表 18-1、楊桃之營養價值

主要營養成分			
養分	含量(克/100 克)	養分	含量(毫克/100 克)
水分	90.23	磷	11.00
醣類	6.15	硫	2.00
蛋白質	0.85	鈣	1.00
脂質	0.90	鐵	0.06
碳化物	7.52	鎂	9.00
纖維	1.47	鉀	145.00
灰分	0.50	能量	45 kal
其他營養成分			
維他命 A		650 IU	
維他命 C		35 毫克/100 克	
胡蘿蔔素		0.044 毫克/100 克	
菸鹼酸		0.1 毫克/100 克	

第十九章 有機楊桃的生產

劉碧鵠

行政院農委會鳳山熱帶園藝試驗分所

鳳山市文山路園藝巷4號

電話：07-7310191

E-mail：bich0509@fthes-tari.gov.tw

楊桃在臺灣的生產歷史頗為悠久，早期大多作為庭園觀賞兼食用樹種，近幾十年來由於栽培品種及其技術不斷改良，已成為頗受國內外消費者喜愛的水果種類之一。由於楊桃單株的產量高，加上在臺灣生產期可長達8~10個月之久，因此為增加果實的生產量，過去農藥、化學肥料、除草劑的使用相當氾濫，近幾年來永續生產的理念已普遍為農民所接受並採行仿效，如何以有機方式管理生產，並能兼顧果實品質與產量，為目前進行有機生產的重要課題。

嚴格的有機農業要求不得使用化學肥料、農藥、除草劑和植物生長素等化學物質來進行生產，然因楊桃的生產期間長，各種病蟲草類控制不易，目前以「準有機」的折衷生產方式為主，即在著果期後即完全不使用任何化學製劑並降低化學肥料施用量，以此方式所生產的楊桃果實具有清香且貯放期長，風味甚至比非有機的生產品質為佳。欲進行準有機生產楊桃時的果園管理要點如下：

一、生產環境的選擇

欲進行有機生產的楊桃果園附近必需沒有工廠存在，或與工廠有一定距離以上，以避免遭受工廠所排放出來的廢水、空氣及土壤重金屬等的污染為害，並且果園周遭亦避免有荒廢的果園，因為廢耕的果園常為各種病蟲的棲息地，無形中將會增加有機栽培的困難度。因此慎選地點進行準有機方式生產楊桃，將可確保楊桃的生產品質，並且病蟲害的控制較易進行。

二、雜草的管理

以準有機方式生產的楊桃，完全不能使用化學除草劑除草，雜草的管理以採行人工、機械作業、敷蓋植物殘體、覆蓋塑膠布、草生栽培等方法為主。由於目前楊桃多採用棚架式整枝，除3~5月整枝修剪期間的樹冠透光率高，樹蔭

下的雜草較多，必需加以剷除之外，一般的生產時節樹蔭下光線弱，雜草不易生長，為害並不嚴重。而每年春季所進行的中耕作業除斷根作用以外，亦有防除雜草的功能。果園種植鐵線草、大葉爬地藍、多年生花生等匍伏性作物，除可保肥、保水並具有防止果園雜草滋生的功能，近年來頗受重視(圖版 19-1)。以多年生花生為例，因其莖蔓易長不定根，被覆效果良好，耐旱、耐踏且可不受耕作影響繼續生長，莖蔓濃密，頗適合中南部地區平地或山坡地果園草生栽培之用，惟其種子發芽率低，採用扦插種植較為適宜。

三、肥料的施用

嚴格的有機農業只能使用各種有機肥料和一些天然礦石粉以提供植株生長所需的養分並培養健全的土壤環境條件。至於準有機楊桃的生產條件雖可採用 30% 以下含氮化學肥料，但目前均已完全不使用化學肥料，而全面施用有機質肥料，如此結果對樹勢整體生長及果實品質均無影響，但必需增加有機質肥料量及其他營養劑加以補充；肥料施用量依據楊桃產量而定，每收穫 1 公斤的楊桃果實，必需回補 1-5 公斤的有機質肥料，以彌補果實生產所消耗的養分。同時依據肥料的氮、磷、鉀三要素的提供量，決定施肥量的多少；每年輪替不同材料的有機質肥料，以避免養分的不足或累積的毒害，並可增加養分的多樣性，不致有養分的偏向性發生。為節省肥料的施用成本，可以自行堆置發酵使用植物、動物殘體所製成的肥料或購買有肥料登記證的商品肥料使用，其施用時期及施用量，可參考下列作法：

(一) 植株發育初期

每年的立春、果實採收之後，樹體開始大量萌發新枝葉，此階段的肥料用量應佔全年肥料用量的 2/3 以上，由於該時期地溫的轉變為由低轉高，為充分提供枝葉生長所需的養分，以含氮量高且速效的有機肥料如腐熟雞糞、台肥特 1 號等為主，同時每年亦可少量多次使用魚精 1~3 次，以補充土壤氮的需求，每一次的果實採收之後仍需再使用有機質肥料。夏秋時節地溫較高，肥料分解較快速，則可使用緩效性的蔗渣、牛糞、豬糞堆肥等。以目前使用較為普遍的台糖蔗渣堆肥為例，每株使用量視田間肥力約 50 公斤上下，其可改善土壤肥力，並有抗旱、促進根系發育、提高產量及品質之功效。雞糞因來源廣且價格便宜，養分含量豐富，速效，頗受農民使用作為基肥，惟因其磷的含量較高，若未作好覆蓋工作，易由逕流進入地下水，造成地下水的污染，因此雞糞以調配其他有機資材使用較單用為佳。

(二) 果實發育期間

果實發育期間為促進果實肥大，並確保果實品質，需提供較速效的養分，藉由葉面噴施有機營養劑或由根部灌施有機液肥均可，在進行葉面施肥的同時，可視實際需要，經測試後加入病蟲害防治用藥，以節省管理勞力。發酵微生物養液如糖醋液，有降低果實酸度，提高果實品質的功效。或是以銨基酸、海藻精、魚精等有機液肥來補充不足的二要素。

三、病蟲害的綜合防治作業

臺灣氣候環溫多濕，各種病蟲害繁衍速度極快，因此病蟲害的防治應有預防重於治療的觀念，在楊桃的病蟲害中以蟲害的威脅較大，其中夏期果尤以東方果實蠅及黃毒蛾、花姬捲葉蛾的為害最烈，冬期果則以紅蜘蛛的為害較為嚴重；至於病害方面則以炭疽病發生較為普遍，其他病蟲害如薊馬、銹蟬、銹病等仍會發生，因此病蟲害的防治有賴多方面措施同時配合進行才能收到預期效果，通常在病蟲害的防治上多採行下列策略：

(一) 田間作業上的管理

採行合理的剪枝、進行草生栽培、合理化施肥、病果掩埋及病枝燒燬，儘量保持田間環境清潔，以減少病蟲的繁衍。(圖版 19-1)。

(二) 果實採收後及著果前期

使用波爾多液、石灰硫黃合劑、生石灰水等，徹底清除植株及全園的蟲卵，在套袋前可酌視病蟲為害密度使用合植保手冊推薦藥劑以控制果園病蟲害的蟲口密度，同時配合懸掛黃色粘紙、果實蠅誘蟲盒(圖版 19-3)、性費洛蒙誘殺器(圖版 19-4)等，儘量將病蟲為害密度降低至經濟為害臨界點以下。

(三) 著果後

果實長至 5 公分大時開始套以白色防水紙袋，避免果蛀蟲及東方果實蠅的產卵為害及防治炭疽病，同時袋口應束緊，以防介殼蟲繼續在果梗處為害；果實發育期間則使用糖醋液、奶粉發酵液等增強植株之抗性。

糖醋液主要以綜合微生物及糖蜜等發酵而成，具有有機肥料的效果，因不含農藥成分，對人畜無害，且不會產生抗藥性，故可長期連續使用，又因其含有植物生長所需的養分及各種有機酸、單醣類等，可提高果實的甜度及品質。其調製方法及使用說明可參照徐華盛(高雄區農業專訊 32(6) 2000)。

由於家庭園藝之栽培面積小，為安全考量及減少環境污染，多推薦使用非

農藥之防治方法，且使用材料亦多為家庭中極易取得之物質，因此對於介殼蟲、薊馬及紅蜘蛛往往推薦使用 5%礦物油加上 5%肥皂粉噴灑枝條及樹幹，或可試用下列方法防治：1、洗衣粉 100 克用熱水溶化後加上 200 克食鹽，連同 1 公斤石灰倒入 50 公斤水中充分攪拌製成，進行樹冠灑布；2、菸葉 1 公斤或菸莖 2 公斤，加開水 10 公斤浸泡 24 小時後，加少量石灰過濾後，取 1 公斤原液配合 3 公斤水稀釋噴施；3、洗衣粉 250 克用少量熱水溶解後再加柴油 150 克攪拌均勻，而後再加入 50 公斤水成混合液噴布。可清除潛伏於樹幹皮層中的蟲或卵，或進行清園作業，以減少翌年感染源。然此類方法均未經正式試驗推薦應用，防治效果極難確認，但經洽詢蟲害從人員得知，此類防治方法之效果極為有限，若於田間大面積施用，需應用於蟲害輕微發生之初期，方可發揮其效果，然為防止藥害發生，以非開花、結果期間或冬季果實採收後施用為宜，並應隨時注意防患藥害之發生。

四、結語

目前有機楊桃的栽培，為兼顧楊桃的產量與品質仍以「準有機」的方式來進行，經幾年來的試驗改進，只要在肥培管理上合理化，培養健全的植株，不供應過量的氮素，儘量降低田間病蟲的密度，適時防治病蟲害，並配合有機防治資材的使用下，生產健康、安全，同時又能兼顧生產者利益的有機楊桃應不困難。

第二十章 肥培管理

黃裕銘

國立中興大學土壤環境科學系

臺中市國光路 250 號

電話：04-2862012

傳真: 04-2850762

E-mail: ymhwang@dragon.nchu.edu.tw

一、一般特性

對土壤選擇不嚴，從最粗質地到最細質地土壤皆可種植，最理想者為土層深厚、肥力及排水良好之壤土，最適土壤 pH 值為 5.5-6.5(王，1995；劉 1997a)。楊桃缺水及浸水皆會影響其生長，浸水會造成落葉。

二、前人研究

有關楊桃肥培管理研究之資料相當少，馬來西亞之相關研究大多只提到其管理依據其農業部之推薦方法，但是未提出肥料用量。其他有關環境因子如風、氣溫、水分病蟲害相關研究報告亦未提出其肥培方法。少部分研究用盆栽種植，如 Miller(1994)及 Miller 和 Zozor(1992)，肥料用法之參考價值降低。Miller 及 Zozor(1992)用複合肥料每盆每 8 週施用 5 克(12 氮-2.6 磷酐-6.6 化鉀-2.4 氧化鎂-1.5 錳-0.1 銅-0.1 鋅-1.3 鐵)，外加每盆每週 125 毫升 2.5 mM 濃度之 Fe-EDTA 溶液。Miller(1994)則只提用 HydroSol 牌肥料及硝酸鈣調成氮含量 7.5 毫升之養液每盆每週施用 125 毫升。對楊桃相對養分吸收量之資料則缺乏，只有 Miller-Ihili(1996)分析楊桃果粒礦物成分。其分析資料以濕重計鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅及鈉分別為 1240、27.0、88.7、1.04、0.35、0.26、1.33 及 11.4 毫克/公斤。

部分學者指出楊桃之肥培以有機肥料為主，化學肥料酌量以開花前或結果後作為追肥，兩者互相配合施用。有機肥料種類繁多，正常管理下輪流使用，以防所需元素缺乏。施用時期分春、秋兩季 6-12 噸/公頃；幼年樹以氮素為主，磷、鉀肥次之，成年樹則暫以複合肥料 2 號(11：9：18)比例施用，每年各單株施用量暫定如下：1 年生 0.6 公斤，2 年生 1.8 公斤，3 年生 3.0 公斤，4 年生以上 3.5-4.0 公斤，肥料每年 3-12 月分間 6-8 次平均施用(王，1995；劉 1997a)。

省農林廳施肥手冊之推薦量：有機質肥料於定植時 10-15 公斤/株，化學肥料於 3，6，9 月各施一次(幼)，成樹 3-4 月施 30% 氮、磷、鉀，其餘分 4-6 次施用，堆肥 20-50 公斤/株/年。化學肥料依株齡每年每株之施用量詳見表 20-1(桃園區農改場，1996)。

表 20-1、農林廳推薦楊桃每年每株化學肥料用量

肥料種類	一年生	二年生	三年生	四-五年生	六-十年	十一年以上
氮(N)	60	120	200	300	400	450
磷酐(P ₂ O ₅)	60	120	180	250	300	320
氧化鉀(K ₂ O)	60	150	250	400	600	650

三、推薦肥料施用方法及用量

由前人研究及試驗研究提出一從楊桃產期中養分需求之差異性之施肥時期、肥料種類及用量。肥料分基肥及追肥，所提用量以一般土壤狀況及一般生產量為準，其他特別狀況必須依產期、產量多寡、土壤及氣候條件而作適當調整。如強酸性土壤需多施苦土石灰，鈣質土壤需多葉面補充微量元素。

(一) 基肥

一年生產兩期或以上之農田，每年應於三月及九月各施一次基肥，環施或條施皆可，但是一定要挖溝施肥且覆土。

1、有機質肥料

成長株每株每次 30-50 公斤腐熟堆肥，最好為含較高纖維素及木質素之堆肥，不僅可以提供部分養分，而最重要者為可以改良土壤物理性質及提供微量養分。千萬不可使用未腐熟之堆肥及禽畜糞有機肥，否則容易造成病、蟲害。

2、化學肥料

(1) 磷肥於施用有機肥時同時施用，每株每次施用過磷酸鈣 2-3 公斤/株，和有機肥混合使用之效果較佳。

(2) 苦土石灰：除鈣質土壤外一般土壤於施用有機肥之同時，每株每次施用 2 公斤，施用時不可和過磷酸鈣混合。強酸性土壤之苦土石灰用量可以酌量增加。

(二) 追肥

一般只用化學肥料即可，但需依果樹生理變化，對多量、次量、及微量養分需求之不同，而作不同比率及用量之調整，或依生產計畫而欲進行產期調整時，以養分供應量及比率之變化，以達產期之調整。因此所用追肥除基本養分量之供應外，葉面肥料之施用為產期調節成敗及產量及品質保證之關鍵策略。

1、施入土壤之追肥

每二個月施用一次，每次約氮：磷酐：氧化鉀 =200：60：160 克/株為原則，用量可依實際果樹生長勢而進行增減之修正。以輕挖表土施入土壤並覆蓋，或溶成液肥澆灌入土壤皆可。

2、葉肥

葉面噴施時需稀釋 300-500 倍，以不傷害葉片及果實為原則。

(1) 催花：開花抽穗前三星期前或修剪、整枝後，立即進行葉面及株幹全株噴施，施用量為氮：磷酐：氧化鉀=5：30：40 克/株，並加入綜合微量元素(15 克/株)，分二至三次噴施為原則。

(2) 果實催大：果實成長期，每三星期噴一次，施用量為氮：磷酐：氧化鉀=20：3：15 克/株，綜合微量元素 20 克/株。

(3) 催甜、催熟：果實採收前一個月開始，每週噴一次，施用量為氮：磷酐：氧化鉀=3：18：24 克/株，並加入催甜用微量元素(含鈣(Ca)、鎂(Mg)及微量元素)，每次 20 克/株。

(4) 綜合微量元素：調配比率為硫酸鎂：硫酸亞鐵：硫酸錳：硫酸銅：硫酸鋅：硼酸之重量比為 10：10：7：4：8：5。

第二十一章 病害之發生與防治

林正忠

行政院農委會鳳山熱帶園藝試驗分所

鳳山市文山路園藝巷 4 號

電話：07-7310191

E-mail：lincc@fthes-tari.gov.tw

感染性病害

一、炭疽病(Anthracnose)

(一) 前言

相較於其他熱帶果樹而言，為害楊桃的病害種類較少，其中炭疽病為楊桃果實重要病害之一。在宜蘭縣員山鄉、苗栗縣卓蘭鎮、臺中縣東勢鎮、雲林縣古坑鄉、彰化縣員林鎮、社頭鄉，臺南縣玉井鄉、楠西鄉，屏東縣里港鎮等地，皆以炭疽病為主要病害，一旦果實接近成熟時，炭疽病罹病果實容易落果，故果園中發生落果多數為炭疽病及果實蠅，若炭疽病之防治成效不佳時，易造成嚴重損失。

(二) 病徵及發生生態

炭疽病可為害楊桃的幼嫩新梢、葉片及果實。幼嫩新梢前端感染時枯萎(圖版 21-1)，頂芽被害時亦會枯萎，受害嚴重時，成熟葉片亦會萎凋，此外，花器亦會萎凋。罹病時在成熟葉片上造成圓形、紅色之斑點(圖版 21-2)，病斑中央為淡白-淡黃色，出現在葉片斑點，不易擴大，但促使葉片提早老化、變黃(圖版 21-3)及落葉，南部地區調查發現葉部炭疽病發生頻度，86 年臺南縣楠西地區以 10 月最高、5 月較低，87 年以 4 月最高、5 月最低。屏東縣里港地區 86 年以 3、7、10 月發生較多，11 月最少，87 年與楠西相同，4 月最高，2、3、及 6 月炭疽病最少，顯示果農之栽培制度及氣候會直接影響炭疽病的發生。

果實被感染時，在果實表面出現凹陷或不凹陷的褐色病斑，呈水浸狀(圖 21-4)，病斑逐漸擴大，多數病斑可互相癒合而成不規則形之大病斑(圖版 21-5)。嚴重時病斑表面出現淡粉紅色的孢子而造成腐爛，常見於樹上之套袋內發生落果。炭疽病菌在楊桃果實上具有潛伏感染的現象，於果實成熟轉黃

後，病斑逐漸明顯出現，影響產量及品質甚巨。另外由於套袋時袋口未緊密，炭疽病病原菌多由紙袋開口侵入，故在果實頂端發生亦多。

(三) 病原菌

炭疽病係由病原菌子囊菌之 *Glomerella cingulata* 所引起，無性世代為 *Colletotrichum gloeosporioides*，在罹病組織表面常僅見無性世代之分生孢子。病原菌在寄主表面形成分生孢子盤(acervulus)，其上著生分生孢子柄，分生孢子著生於分生孢子柄頂端；分生孢子長橢圓形，無色透明；成熟之分生孢子堆溢出分生孢子盤而呈粉紅色至桔紅色之黏液狀。在人工培養基上產生灰色至褐色菌絲體，後期菌絲特化形成分生孢子柄但不形成分生孢子盤；分生孢子長橢圓形，成熟時分生孢子極易脫落。

(四) 防治方法

1、**藥劑防治**：目前尚無正式推薦的藥劑，可供防治之用，然經室內藥劑篩選結果，以 5%撲克拉錳可濕性粉劑 1,000 倍防治效果最佳，另可參考蓮霧炭疽病及葡萄晚腐病防治藥劑(附錄七)。

2、**田間清園**：修剪罹病枝葉並移離果園，落葉亦同時移離果園。

3、**套袋**：果實在小果期疏果後，以殺菌劑噴施全園後，待藥劑乾後立刻套袋，可降低果實被炭疽病菌感染。

二、黑煤病(Sooty mold)

(一) 前言

黑煤病主要發生於楊桃葉片，早年栽培楊桃均不套袋，故果實表面偶發生黑煤病，必需在果實採收後，以人工加以清潔果皮，才能上市。近年來因果實生長初期即行套袋以防治果實蠅為害，故一併將果實的黑煤病摒除，果實上已不易見到黑煤病。黑煤病一般影響楊桃葉片之光合作用，嚴重為害時，提早落葉，造成楊桃品質低落。

(二) 病徵及發生生態

黑煤病主要發生於葉片上表面，初期葉片上出現蜜汁黏滴，其上覆蓋黑色煤煙狀物(圖版 21-6)，乃病原菌之菌絲體，被害處常呈現壞疽現象，被害較嚴重時，常可見葉片因光合作用受阻、生育不良而呈扭曲現象；菌絲體同時向四周擴大成一層黑色煤煙狀覆蓋物(圖版 21-7)，發生嚴重時可覆蓋全葉，致使葉片逐漸褪色，被害嚴重者甚至造成葉片乾枯、脫落。在楊桃園中發生不均

勻，由一枝條發生煤病後，附近葉片及枝條亦會陸續發生。果實被害時，亦出現相同之病徵(圖版 21-8)，但不致發生乾枯、落果現象。煤病之病原菌為絕對寄生菌，以昆蟲之分泌物為生，不會侵入寄主組織，故與果園的害蟲分佈關係極為密切。果園的害蟲以粉介殼蟲群集枝葉，吸食汁液後分泌蜜露至葉面，黑煤病菌因而附生葉上表面，除粉介殼蟲外，楊桃新梢常誘引蚜蟲，花器誘引花薊馬，亦會造成黑煤病發生。黑煤病的發生與果園周圍環境亦有關係，近山區果園容易有黑煤病存在，乃由於山區多雜樹，可提供害蟲躲避農藥防治，南部楠西地區每年 3-4 月為黑煤病容易發生時期。

(三) 病原菌

黑煤病菌為一子囊菌，國內有多種黑煤病菌附生楊桃，如 *Meliola* sp. 或 *Capnodium* sp.，菌絲體暗色有膜隔及分枝，藉由雙細胞之附著胞附著於寄主組織表面，並產生吸器侵入寄主之表皮層，剛毛生長於菌絲體中，雖具有隔膜，但不明顯，後期可產生黑色球形之閉殼子囊殼，其內著生無色之子囊，子囊易破裂而釋出暗色之子囊孢子，子囊孢子長筒狀。楊桃果園內推測為黑煤病菌菌絲片斷或子囊孢子為主要的傳播來源。藉昆蟲排放的蜜露附生葉表或果實表面。

(四) 防治方法

1、加強蟲害管理：防治黑煤病應由果園害蟲管理執行，有效防治蚜蟲、薊馬類及粉介殼蟲等楊桃害蟲。如以殺果實蛀蟲的 2.8% 第滅寧乳劑 1,500 倍兼防治其他害蟲。

2、套袋：利用套袋，於楊桃幼果約 5 公分長大套入紙袋，袋口緊紮防止粉介殼蟲侵入，並可防治黑煤病。

3、清除罹病組織：田間已發生黑煤病的枝條或葉片，利用整枝修剪過程，將嚴重發生黑煤病的枝條剪除，並移離果園燒毀，或在果園下作溝，將枝條連葉埋入土中，作為基肥及土壤改良之用。

三、白粉病(Powdery mildew)

(一) 病徵及發生生態

本病害為新記錄病害，發生在臺南縣楠西地區，初由葉面發生此病害，為害情形並不嚴重。本病主要為害葉片，在楊桃葉上表面造成紅色圓形或近圓形斑點，感染初期病斑較小，病斑中央為紅色，有時為紅色環形(圖版 21-9)，病斑外緣會出現較明顯的黃色暈環，病斑處因組織生長不一，常造成

葉片扭曲不平(圖版 21-10)，後期病斑逐漸擴大，病斑中央表面出現白色粉狀菌絲，乃病原菌之菌絲及分生孢子柄，其上著生分生孢子(圖版 21-11)。本病害目前已知在臺南縣楠西鄉發生，3月-4月之間為最主要之發病時期，可能與當地海拔較高，氣候冷涼，又靠近曾文水庫，相對溼度較大有關，其他地區則未曾發現本病之發生(圖版 21-9~21-11)。

(二) 病原菌

白粉病菌為一子囊菌，其無性世代為 *Oidium* sp.，由病斑上可見到無色菌絲附著於葉片表面，菌絲表層產生短柄狀分生孢子柄，分生孢子柄無色，頂端著生分生孢子、無色，大小為 $32-38 \times 16-20 \mu\text{m}$ ，長橢圓形，兩側稍鈍。

(三) 防治方法

1、藥劑防治：目前無正式推薦藥劑，可參考葡萄白粉病之防治藥劑(附錄七)，但應該注意防止藥害及安全採收期。

2、果園種植時，加大植株的行株距，促使果園通風良好。

3、水管理：近年來，楊桃園常加設自動噴溉設施，易增加果園之相對溼度，故應考量果園的噴溉次數，減低相對溼度，或於病原菌分生孢子之逸散期間噴灌，增加相對濕度，以減少分生孢子傳播。

四、灰黴病(Gray mold)

(一) 病徵及發生生態

本病害僅發生於早春，主要感染花穗，尤以花器的瓣片末端最易發生，造成輕微落花，但如花器已授粉而形成小果，則花瓣自動脫落，故病害不會繼續擴大。花苞尚未開展時受感染而則花苞萎凋，但因楊桃園常大量疏果，且本病害近年來不易發現，受害情形輕微(圖版 21-12)。

(二) 病原菌

本病病原菌為不完全菌之 *Botrytis cinerea* Pers.，覆蓋於罹病組織表面，無特殊構造。分生孢子柄由菌絲或菌核產生，成叢，初期灰色以後轉為褐色，長度變化極大，但一般為 $280-550 \times 12-24 \mu\text{m}$ ；分生孢子柄粗大，頂端分枝，分枝末端膨大為圓球形並具有小分枝，其上著生分生孢子；分生孢子呈卵圓形或橢圓形，無色透明，單胞，著生於分生孢子柄頂端之分枝，呈叢生狀，大小為 $9-15 \times 6.5-10 \mu\text{m}$ ，分生孢子呈灰色，乃本病病名之來源。

(三) 防治方法

目前發病極輕微，且未造成損失，故無需防治。若發生嚴重而需加以防治時，可參考草莓灰黴病之推薦藥劑(附錄七)，但需小規模試用，慎防藥害及注意殘留量，以確保品質。

五、赤衣病(Pink disease)

(一) 病徵及發生生態

本病害在集約栽培的楊桃園發生極少，而發生主因係果園管理不佳所致。被害枝條初期葉片黃化、萎凋，以後枝條亦出現萎凋現象，後期罹病枝條萎凋、乾枯。罹病枝條上產生大量之白色菌絲禱並突出表皮，在枝條外表覆蓋一層白色菌絲，並漸轉為粉紅色或枯紅色，後期可見稍隆起之白色小塊，嚴重時樹皮裂開、脫離、剝落呈潰瘍狀，終至枯死；病斑並可擴散至其他枝條，嚴重時整株枯死，目前本病害極少發生，不易發現(圖版 21-13)。

本病病原菌之寄主範圍相當廣泛，包括茶樹、檬果、柑桔、蘋果、梨、荔枝、楊桃、可及咖啡等皆可被害。病原菌孢子於春天開始陸續藉風雨傳播，附著於枝條表皮，遇高溫多濕時則發芽長出白色菌絲，侵入木質部，阻止水分及養分輸送，待葉片枯萎時，約已罹病一個月以上。通常4月上旬陸續出現枝枯現象，8月以後發病逐漸減少。

(二) 病原菌

本病病原菌為鮭色伏革菌，學名為 *Erythricium almonicolora* Berk. & Br.，菌絲團邊緣為白色，內部為粉紅色，生有擔子，大小為 30-35×5-10 μm，其上著生擔孢子，擔孢子廣橢圓形，基部有肉刺，大小為 10-13×6-9 μm。

(三) 防治方法

1、剪除枝條並加以燒燬：枝條出現葉片枯萎之初期病徵時，立即將罹病枝條剪除、燒燬，切記勿將其棄置田間、河流及水溝中，以徹底消除病源。

2、適當修剪，避免枝條過密，可促進通風及日照，增進植株生長並降低病勢擴展。

3、藥劑防治：可選用推薦於枇杷赤衣病上之 50% 貝芬同混合可濕性粉劑 750 倍，於發病初期開始施藥，每隔 10-14 天施藥一次。修剪之傷口可塗抹樹脂或藥劑加以保護，避免病原菌由傷口侵入再次感染。

六、藻斑病(Algal twig blight)

本病害係僅出現在枝條表面，未出現於果樹其他部位表面。受害枝條表面

出現短而呈直立狀之銹色絨毛，肉眼不易區分，枝條因而衰弱，併生多種真菌寄生感染，造成枝條老化、新芽枯萎。本病害在楊桃產地偶有發現，老園及通風不良的果園發生較多，然並不嚴重(圖版 21-14)。

七、立枯絲核菌(*Rhizoctonia*)之枝條病害

(一) 前言

本病為一新病害，發生於臺南縣楠西地區及屏東縣里港地區，88 年 8 月初由於連續下雨，降雨量多，故本病害突然發生。

(二) 病徵及發生生態

病原菌僅感染枝條，當年生幼嫩枝條較易受感染，老枝條並不受感染，受感染後，植株會突然大量落葉，造成枝條出現光禿，末梢葉片急性乾萎，並保留綠色，但後期仍會落葉。本病害在枝條表面僅可見輕微病徵，初期莖部表皮略向內凹陷，異於正常組織，但後期會出現菌絲。本病害之發生與氣候的關係密切，連續下雨、果園溼度過大時易發生本病害。(圖版 21-15~21-17)

(三) 病原菌

本病病原菌為不完全菌之 *Rhizoctonia solani* Kuhn，為重要之土壤傳播性病原菌，但亦可引起地上部之病害。菌絲生長初期為白色，後期轉為褐色，菌絲分叉為直角分歧，並在分歧點附近略為縊縮，形成一隔膜。在病株及培養基上產生 0.5-1.5 厘米(mm)大小之菌核。菌核褐色近圓形，可於土壤中存活相當長時間，12-36°C 之間本菌可正常生長，但以 28°C 最適生長溫度。

(四) 防治方法

目前無正式推薦藥劑，僅建議進行田間管理，如修剪病枝條，並移離、焚毀罹病枝條等方式。

八、白紋羽病(*Rosellinia root rot*)

(一) 前言

本病害目前偶有發生，造成果樹枯死或生長勢衰弱，產量降低、品質變劣。屏東縣里港地區及臺南縣楊桃專業果園均曾發生。

(二) 病徵及發生生態

病原菌殘存於土壤中，為害根系，幼根首先受害，被白色菌絲纏繞，菌絲向上蔓延並侵害至主根，根部表皮腐爛，內層長滿白色索狀菌絲，緻密之構造如同網紋，菌絲自表皮侵入皮層，因表皮腐爛而造成木質部露出黑色菌核，最後根部腐爛而整株枯死，如接觸空氣，白色菌絲變為褐色至黑色。病害發生初期會造成葉片因水分供應失調、營養不良，由葉緣開始黃化、萎凋，老葉發生嚴重，繼之落葉，嚴重時整株枯死。白紋羽病並可藉病根與健根接觸而傳播病害，使果園受害呈現點狀分布，並向四周呈現輻射擴散，造成嚴重損失(圖版 21-18~21-20)。

本病為土壤傳播性病害，寄主範圍極廣，普遍被害作物包括枇杷、柑桔、梨、蘋果、葡萄、茶樹等。本病病菌可藉菌絲感染寄主根部而感染，菌絲感染寄主時先附著於根部表面，侵入表皮後再深入皮層組織，根部受害時，吸收及輸導功能喪失，以致葉片呈缺水黃化而下垂。侵入之菌絲除在細根生長外，並沿皮層向主根及主幹基部蔓延，即使在植株死亡後亦不停止，植株罹病後經數月或數年後萎凋枯死。本病病原菌亦可藉菌絲經由根部而傳播至其他根系或其他植株之根部，因此，罹病之根部若殘存於土中，補植時，新根因接觸殘存病根而被害。每年 3-5 月間根部菌絲層上生出黑色子囊殼，內含子囊孢子，為另一感染源。

(三) 病原菌

本病病原菌為子囊菌褐座堅殼菌，學名為 *Rosellinia necatrix* Prill，無性世代為 *Dematophora necatrix* Hartig，菌絲細而無色，寬度為 5-8 μm ，在罹病組織上生長而形成白色菌絲層，後期細胞壁加厚，菌絲變為褐色至深褐色，部份菌絲在隔膜處膨大成洋梨形。厚膜孢子圓形，菌核黑色，大小為 1 mm，較大者可至 5 mm。罹病植株之根部於黑暗潮濕情況下，經三週可產生大量之孢子束；孢子束黑色，叢生，有分枝，狀似樹枝，頂端著生分生孢子。分生孢子無色、單胞，卵圓形或橢圓形，大小為 3.8-5.6 \times 2.8-3.8 μm ，易脫落。

(四) 防治方法

- 1、徹底清除罹病植株：徹底清除罹病植株，尤以根部需完全清除，並立即加以燒燬。
- 2、加強肥培管理：補植前可適量施用有機肥料，發病輕微之病株及其附近之健株，亦可加強肥培管理，以增強植株之生長勢而發揮抗病力。

3、開溝阻隔：可採用挖溝之方法以減少其擴散，即以病株為中心，與鄰近健株間挖溝，溝寬約 30 公分，溝深約 1 公尺，切斷根部之接觸。挖溝後可配合施用有機肥、藥劑及隔絕物質鋪設而增加其阻隔作用。然需徹底清除病株殘根，方可發揮隔絕作用。

4、土壤消毒：已枯死植株則挖起後，土壤可用氰氯化鈣或其他土消毒劑消毒後，再補植新苗。

5、藥劑防治：可參考梨白紋羽病之防治藥劑，但主要用於幼苗期罹病或罹病區補植時。40% 亞賜圃可濕性粉劑(Isoprothiolane)，每株 25 公克，於病區罹病株更新前一星期施藥於土壤內部，施藥範圍為直徑 35 公分，若範圍加大時，則需酌予增加藥劑用量。

九、褐根病(Brown root rot)

(一) 病徵與發生生態

本病原菌在自然界雖不易發現子實體，但因病徵特殊，稍加留意觀察，極易診斷。初期病徵為全株黃化萎凋，最後枯死。大面積發生時，通常自一病株向四週蔓延，發生時間愈久則罹病圈愈大，而病勢之擴展多自罹病植株向兩側之健康植株擴展，鮮有跳躍式為害。由黃化至枯死約需 1-3 個月，屬於快速萎凋病。罹病植株接近地際部份之主莖及根部可見黃色至深褐菌絲包圍於其表面，但根部的菌絲則與泥沙結合而不明顯。本病造成快速萎凋之主要原因為病原菌直接為害樹皮的輸導組織，造成樹皮環狀壞死，導致水份及養份之輸送遭受阻礙而死亡。本病原菌除為害根部及地際部樹皮外，亦可為害木質部而造成木材白色腐朽。菌絲鮮少生長於離地 1 公尺以上的組織。受感染之樹皮內面及木材組織呈不規則黃褐色網紋。本病原菌為害植物初期地上部沒有任何病徵，一旦地上部出現黃化萎凋時，根部已有 80% 以上受害，故不易早期發現、防治。

本病害主要分佈在低海拔地區，多發生於土壤排水良好及沙質土壤的環境，寄主範圍極為廣泛，包括龍眼、枇杷、荔枝、梅、楊桃及蓮霧等均為其寄主，此外，許多森林樹木亦為本菌之寄主。病原菌在春夏潮濕季節偶而形成子實體，並產生擔孢子，隨風傳播，為本病菌長距離傳播之初次感染源。因病原菌鮮少形成子實體，以擔孢子擔任初次感染源的機會不大。罹病根部殘存於土壤中為重要之感染源，藉由與健康根部接觸傳染。

(二) 病原菌

本病病原菌為層孔菌，學名為 *Phellinus noxus*，屬於擔子菌，在自然界鮮少成子實體。在木屑培養基可形成完整子實體。其子實體黃褐色，平伏，厚 0.4-2.5 公分，菌絲二次元，不具扣子體，具菌肉，其黑色剛毛菌絲長達 45 μ m，寬達 13 μ m，擔子孢子次卵形、無色，3-4 \times 4-5 μ m。本病病原菌極易培養，菌落初期為白色至草黃色，培養後期變成琥珀褐色至黑褐色。形節生孢子 (arthroconidia) 和毛狀菌絲 (trichocysts)。

(三) 防治方法

本病因不易早期發現，故其防治以預防為主。

1、掘溝阻斷法：在健康與病樹間掘溝深約 1 公尺，並以強力塑膠布阻隔後回填土壤，以阻止病根與健根之接觸傳染。

2、將受害植株之主根掘起並燒燬，無法完全掘出之受害細根，可施用尿素後覆蓋塑膠布 2 星期以上，尿素的用量約每公頃 700-1000 公斤。此方法可以殺死土壤中附著於細根上的病原菌，尤其在鹼性土壤中更為有效。

3、發病地區如無法將主根掘起，且該地區具有灌溉系統，可進行 1 個月以上的浸水，以殺死存活於殘根的病原菌。

4、發病初期建議將表土 5 公分剷除，或經處理後再覆土。每公頃可施用硫酸銅 400 公斤或尿素 700-1000 公斤，酸性土壤另添加石灰粉 100-200 公斤/公頃，每年施用 1-3 次，可達預防與治療效果，但需同時處理周圍之植株，以達全面防治效果。

5、發病地區需以燻蒸劑處理病土後，再行補植。

生理症

一、缺鈣

(一) 前言

近年來許多果園採收之果實皆呈現果實底部轉黃的現象，以後此黃化組織容易腐敗，而造成產量之損失，此一現象在臺南縣玉井鄉、楠西鄉及苗栗縣卓蘭地區皆可發現。

(二) 症狀

一厥於連續下雨之後，較易發生缺鈣現象，若發生於未成熟果實、中

果或近成熟果，則果實底部黃化，此一黃化轉變極為顯著，故以肉眼極易判別；若發生於成熟果，則果實底部呈現水浸狀，在卓蘭地區可發現果實表面出現類似 *Candida* sp. 真菌存活於果實表面；若發生於小果，則果稜邊緣顏色變淡紅色。缺鈣植株之新芽及新葉體積均易變小，葉緣常呈波浪狀或全葉葉肉向上拱起，使葉片形成杯狀(圖版 21-21~21-24)。

(三) 防治方法

1、噴施鈣鹽：可利用化學肥料如氯化鈣等藥劑，由葉面直接施用，提供必要之鈣成分。

2、土壤常保持濕潤，有助土壤中之鈣溶解成離子態鈣，提供根系吸收、利用。

3、果園內外應保時通風良好，亦可降低缺鈣引起的損失。

二、缺硼

(一) 前言

楊桃園缺硼現象相當普遍，一般果農常認為施用有機肥，則應不致生缺硼現象，然根據調查，屏東縣里港地區的楊桃園，常有開花、結果少的問題，或者落果嚴重的問題，此皆與缺硼現象有關。

(二) 症狀

楊桃缺硼時，著果現象不良，果實變小，產量逐年遞減，同時新芽容易萎凋，尤以新生芽體最易枯萎；枝條表皮易產生縱向、橫向剝裂而呈鱗片狀。缺硼初期，莖部表皮上出現連續性橫紋。缺硼症為楊桃老園最常發生之現象(圖版 21-25~21-27)。

(三) 防治方法

1、施用基肥，除添加有機肥料外，酌量加入硼酸，其量為樹齡的大小乘 1.5 倍即可，每半年添加一次。施用時，避免與強鹼性的肥料如草木灰混合使用，可避免硼變無效。

2、調節土壤之酸鹼值：將土壤之酸鹼值調整至弱酸性(pH 值 5.5~7.0 之間)，可增加土壤中的硼酸之有效性。

3、開花前至小果期，以 1,000 倍硼酸稀釋液，噴施葉面及花，促進硼的吸收，以防止落果。

三、缺鐵

楊桃園如果發生缺鐵，一般在新芽呈現黃色，嚴重時轉成黃白色或白色，色澤改變明顯，肉眼容易區別。可利用微量元素-含鐵成分稍高者，行葉面施肥補救，如用鐵-契合態(Fe-EDTA) 1,000 倍噴施葉部，可迅速恢復，但成本較高(圖版 21-28、21-29)。

第二十二章 細菌性葉斑病之發生與防治

蘇秋竹

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23321478

E-mail：auba@tactri.gov.tw

前言

楊桃(*Averrhoa carambola*)原產東南亞，為熱帶楊桃科常綠喬木，枝多而密柔軟下垂，故呈灌木狀，性喜高溫，不耐寒冷，臺灣中南部適合栽培，早年種植不多，品質不好，多件醃漬或蜜餞。近年來由實生苗變異而得優良品種及改善栽培技術，已成為臺灣重要果品之一。依據農林廳統計，民國 86 年全省栽培面積為 1,860 公頃，主要分佈在臺南縣(658 公頃)、彰化縣(382 公頃)、苗栗縣(270 公頃)、臺中縣(152 公頃)、屏東縣(112 公頃)及南投縣(85 公頃)等地區。在臺灣楊桃之商業化栽培僅有二十年之歷史，現今生產優良之楊桃不僅受國內消費者喜愛，且已成功外銷至國外。

86 年始於卓蘭地區發生不明病害，經採回之標本鏡檢、分離及接種試驗，判定為細菌引起之新病害，稱為楊桃細菌性葉斑病，該年全省楊桃產區調查僅發現在卓蘭及國姓兩地有發生，87 年再調查時，新增東勢楊桃產區亦發現此病發生，目前在中部地區逐漸擴大蔓延，主要發生在卓蘭、東勢、國姓等鄉鎮之楊桃產區，對當地之楊桃產業造成嚴重為害，影響楊桃之品質甚鉅(表 22-1)。

病徵

目前發病地區栽培之楊桃品種，包括馬來西亞、軟枝、蜜絲及秤錘等品系，均會罹病。本病主要為害葉片及果實，在葉片之病徵，初為暗綠色、水浸狀病斑，以後逐漸擴大並轉為紫色病斑且周圍有明顯之黃暈現象，後期病斑中央漸轉為暗紅色，病斑最大可達 2-3 厘米，嚴重時造成整個葉片黃化，並提早

落葉。果實之病徵為產生紫褐色大小不一之壞疽斑點，周圍組織亦有黃暈現象，罹病之果實會形成畸型且提早落果。枝條有傷口存在時亦會形成局部紅色壞疽斑(圖版 22-1~22-7)。

表 22-1、臺灣楊桃栽培及細菌性葉斑病發生之情形

地區	栽培品系	面積(公頃)	細菌性葉斑病
國姓鄉	馬來西亞	30	+
卓蘭鎮	馬來西亞、軟枝	250-270	+
石岡鄉	馬來西亞	15	+
東勢鎮	馬來西亞、二林	60	+
新社鄉	馬來西亞	5	+
員林鎮	馬來西亞、青梗、秤錘、酸味	180	+
花壇鄉	秤錘、馬來西亞、青梗、台農 1 號、酸味	40	-
楠西鄉	秤錘、馬來西亞、青梗	900-1000	-
里港鄉	秤錘、馬來西亞	20	-

病原菌

本病病原菌為 *Pseudomonas syringae* pv.?, 屬革蘭氏陰性菌，桿狀、具叢狀極生多根鞭毛。在 KB 培養基可產生螢光，不具氧化酵素，不會造成馬鈴薯腐爛，注射煙草具過敏性反應。利用蔗糖可產生菌果聚糖類，在 41°C 無法生長，不具白明膠水解作用，不產生精氨酸二水解酵素，可還原硝酸，可利用甘露醇(mannitol)、蔗糖(sucrose)、酒石酸(m-tartrate)、L-tartrate、肌醇(inositol)、葫蘆巴鹼(trigonelline)、quinate 及葡萄糖(glucose)生長，但不能利用阿拉伯糖(D-arabinose)、天冬氨酸(D-aspartate)、核糖醇(adonitol)、benzoate、丙氨酸(B-alanine)、cellobitol、牻牛兒醇(geraniol)、山梨醇(sorbitol)、海藻糖(trehalose)、酒石酸(D-tartrate)、鼠李糖(L-rhamnose)、甜菜鹼(betaine)、赤蘚糖醇(erythritol)、乳糖(L-lactate)、高絲氨酸(homoserine)、酮葡糖酸(2-ketogluconate)、N-propanol 及乙醯丙酸(levulinate)生長。細菌之特性與 *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* 較接近，但採自楊桃之菌株初步接種至大豆(*Glycine max*)時並無病原性。根據病原性、生理、生化特性及文獻資料顯示，臺灣新發生之楊桃細菌性葉斑病病菌屬於 LOPAT Group I *P. syringae*，且楊桃為本菌之世界性新寄主。

病害環

本病目前僅在中部地區之卓蘭、東勢及國姓三地之楊桃產區有發生，全省其他產區仍未蔓延。本病在發病區全年皆可發生，罹病之枝葉片及果實為當年或翌年病害發生之主要感染源，平均每個病斑可達 10 萬個以上之細菌，溫度在 15~35°C 皆可發病，但以 25°C~30°C 最適合發病，全年發生率調查顯示，在春雨、梅雨及颱風等多雨季節為本病發生之高峰期，可見本病之發生和雨量與溫度有密切之關係。本細菌可藉風雨傳播，由氣孔及傷口侵入，因此風雨造成之傷口將加速本病之蔓延發生。根據田間觀察及人工接種結果顯示楊桃品系包括酸味、34 號、秤鉞、花地、軟枝、密絲、二林、馬來西亞、Jakarta 及 Arkin 等皆極感病，目前仍未發現有抗病品系存在。

防治方法

一、配合田間之修剪期，徹底清除罹病枝條、葉片及果實，集中燒燬以減少感染源，地上之落葉及落果亦應收集燒燬或加以處理儘速讓其醱酵、分解。

二、禁止從發病地區採穗供繁殖用，以避免本病快速蔓延至其他栽培區。

三、藥劑防治：每年之 3 月至 11 月為本病之噴藥防治時期，噴藥時機宜選在春雨、梅雨及颱風雨季來臨前即應著手進行預防性之噴藥，以降低田間病菌族群，另田間生理性落葉期及修剪期後新梢長出時期亦為噴藥之良機，噴藥間隔及噴藥次數視風雨侵襲情形而決定之。或於發病初期每隔一星期施藥一次，共 3 至 4 次，可視風雨侵襲情況酌予增加噴藥次數，已推薦之防治藥劑及其施用時機詳列於表 22-2 及圖 22-1。

表 22-2、細菌性葉斑病之推薦防治藥劑

藥劑名稱	稀釋倍數	安全採收期(天)
85% 鹼性氯氧化銅可濕性粉劑 (Copperoxychloride)	300	6
68.8% 多保鏈黴素可濕性粉劑 (Thiophanate-methyl + Streptomycin)	1,000	6
4-4 式波爾多液 73% 可濕性粉劑 (Bordeaux mixture)		6
40% 銅快得寧可濕性粉劑 (Copper hydroxide+ Oxine-copper)	500	6

第二十三章 蟲害之發生與防治

何坤耀

行政院農委會嘉義農業試驗分所

嘉義市民權路 2 號

電話：(05) 2771341

摘要

楊桃為臺灣重要之經濟果樹，常見之害蟲有 20 餘種。其中以果實蛀蟲之為害最嚴重，其次為東方果實蠅，再其次為柑桔葉蛾，其他尚有烏羽蛾、粉介殼蟲、杜鵑粉蝨、斑星天牛、金龜子、木蠹蛾、毒蛾、蚜蟲等等。此等害蟲分別為害楊桃之枝幹、葉片、花穗或果實，有些全年發生為害，有些則僅為局部性或偶發性。防治上平時即需對枝葉害蟲多加留意，於新稍開花期宜特別注意偶發性害蟲之猖獗。而整個防治重點在於果實生長期，必需先採行藥劑防治，然後則完全靠套袋來保護果實。套袋之效果遠較藥劑為大，但必需慎選套袋之材質，並且使用方法應力求正確。其他防治技術，例如費洛蒙性誘引劑及天敵之利用，以及清除被害果以降低蟲源等亦應配合應用。目前在臺灣主要之楊桃產區，一般果農只要能善用選擇性藥劑，並配合套袋及清園等綜合防治措施，則對於楊桃主要害蟲之管理已都能掌控(表 23-1)。

主要蟲害之發生與防治

一、果實蛀蟲

(一) 為害生態

果實蛀蟲為目前楊桃最重要之害蟲，整年在全臺灣普遍發生。其中有 95% 以上為楊桃花姬捲葉蛾(*Eucosma notanthes* Meyrick, (圖版 23-1, 圖版 23-2), 少部份為粗腳姬捲葉蛾(*Cryptophlebia ombrodelta* Lower), 及極少數之螟蛾(*Sylepta* sp.)等數種。自楊桃之幼果期至成熟期間，均會遭受果實蛀蟲為害。被害後可能造成嚴重落果，而未掉落之果實，亦因其外表扭曲變形及內部存留之幼蟲與排泄物等，致使果實失去食用及市場價值(圖版 23-3)。果實蛀蟲之成蟲白天較少出現，每天多於 5-7 點及 16-20 點時活動，在果實表面產卵。以花姬捲葉蛾為例，每次產卵一粒至數十粒，每次最多產 136 粒卵，一生最多

可產八次卵以上，每一雌蟲最多可產三百多粒卵。幼蟲孵化後，由果實之蒂部、果瓣或尾端鑽蛀侵入果實內部為害，在蛀孔外可見顆粒狀褐色蟲糞。一般每個果實上僅產一粒至十多粒卵，然每個果實僅有 1-2 隻幼蟲為害。若果實太小而乾枯時，其中發育未達成熟之幼蟲可再鑽入鄰果繼續為害，以完成其生活史。幼蟲老熟後則多會離開果實，就近在樹皮縫隙、樹底之沙土、枯枝、落葉或乾枯之果實上作繭化蛹。羽化時蛹殼會有隨成蟲脫繭而出的現象。於實驗室內飼育之結果，卵期 3-10 天，幼蟲期 10-26 天，蛹期 9-24 天，產卵前期 3-13 天，成蟲之壽命約 8-19 天，性比(♀/♀+♂)約 0.46-0.67，隨季節溫度而異(表 23-2)。在嘉義地區之族群消長情形，從 1-2 月間之族群低峰期，至 3 月開始略增，但隨著果實之採收完畢，族群又驟降，但仍有零星成蟲殘活。至 7-8 月因果實之供應充足，密度才急劇升高(但在員林地區 5-6 月之密度就已相當高，可能與果實期有關)，從 9 月至 12 月皆一直維持相當高的族群密度，每年約可完成八個世代。

表 23-1、楊桃主要害蟲可能發生之時機及防治策略

害蟲種類	月份												參考藥劑		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
果實蛀蟲*	↓					↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	芬殺松、第滅寧、性費洛蒙干擾劑**
果實蠅*			↓	↓			↓	↓	↓	↓	↓				芬殺松、福木松、甲基丁香油**、蛋白水解物**
葉類	↓	↓								↓	↓				畢芬寧等
粉介殼蟲	↓					↓	↓								百利普芬、大滅松
粉蝨類			↓	↓											大滅松、馬拉松、益達胺
蚜蟲類					↓	↓									福賜松、丁基加保扶
天牛類、咖啡木蠹蛾					↓	↓	↓	↓							加保扶水懸劑
膠蟲	↓				↓										大滅松、撲滅松
毒蛾類、烏羽蛾			↓	↓											納乃得、陶斯松

---：可能發生時機 ↓↓：表示施藥適期 *：需要套袋防治 **需全年誘捕

表 23-2、楊桃花姬捲葉蛾之生活史資料

世代	發育期(天)				壽命(天)		性比(%) (♀/♀+♂)	均溫 (°C)
	卵期	幼蟲	蛹	產前期	♀	♂		
1	4.0	10.6	13.5	12.6	18.4	17.7	52.1	25.8
2	4.1	12.6	12.3	4.0	8.4	8.5	46.0	26.2
3	4.2	10.8	11.8	4.5	13.5	13.4	52.0	27.4
4	3.5	10.1	9.4	5.5	12.1	11.6	52.6	29.5
5	6.0	25.1	23.7	7.8	18.1	13.4	58.6	19.5
6	9.2	22.6	14.3	5.4	12.1	14.5	48.1	22.2
7	5.0	13.0	10.3	2.9	12.2	11.9	65.0	27.4
8	3.4	11.6	9.3	4.3	10.1	11.0	66.7	28.9

(二) 防治方法

1、藥劑防治

依據室內測試之結果顯示，以剛孵化之幼蟲而言，芬殺松、陶斯松、納乃得、加保利及福木松皆有良好的毒殺效果，但幼蟲一旦蛀入果實內部之後，則各種藥劑之效果皆不理想。而在田間藥劑防治試驗結果，以陶斯松、芬殺松、加保利及第滅寧等藥劑之防治效果較佳，然目前正式推薦之防治藥劑為 2.8% 第滅寧(Deltamethrin)乳劑 1500 倍，每公頃每次施藥量為 0.7-1.0 公升，每隔 7-10 天施藥一次，至採收前 6 天停止施藥。

2、套袋

單獨使用化學防治並不能有效的抑制果實蛀蟲之為害，必須配合較有效的套袋來保護果實。目前推廣之防治方法是在楊桃謝花後之小果期，每隔 7-10 天施用 2.8% 第滅寧乳劑 1500 倍一次，連續施三至四次至果實 5 公分長左右，即行疏果套袋(推薦使用較好的優果袋)，套袋後即不需再施藥。

3、誘殺

使用性費洛蒙誘引劑干擾或誘殺雄蟲；若田間之電源方便的話，亦可利用燈光誘殺雌雄蛾。

4、清園

清除被害果最能減少田間之孳生蟲源，方法簡便易行而且安全有

效，最能確保果實之產量及品質而提高果農之總收益。

二、東方果實蠅

(一) 為害生態

果實蠅俗稱蜂仔，雌蟲在成熟期之果實上產卵，幼蟲孵化後即在果肉內取食(圖版 23-4，圖版 23-5)，造成果實腐爛及嚴重落果，影響產量及品質甚鉅。目前為害臺灣之東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))終年可見，以 7-9 月發生密度較高，11-3 月間密度較低。然而 10 月以後，因為蓮霧、芒果、人心果、番石榴、釋迦及柚類、柑桔等其他優勢寄主都已採收之後，楊桃遂變成東方果實蠅最主要之寄主，故甚至連 1-2 月份之楊桃亦會遭受其為害。卵期 1-7 日，幼蟲期 4-18 日，幼蟲老熟後跳離果實，躍入土中化蛹，蛹期約 7-12 日。成蟲壽命 1-3 個月，每年大約可完成 8-9 世代。

(二) 防治方法

果實蠅因活動力極強，分佈範圍及寄主種類很廣，故必需進行大面積及長期之防治方能收效，而且亦需依時、依地及依可運用之人力及資材進行適當之調整，並綜合運用各種有效之防治技術。

- 1、終年在果園四周懸掛甲基丁香油誘殺板以誘殺雄蟲。
- 2、果實成熟期以芬殺松、福木松等殺蟲劑噴殺成蟲。
- 3、噴佈含毒蛋白質水解物、糖漿等誘殺雌蟲。
- 4、利用天然食物誘餌誘殺雌雄成蟲(推薦在果實成熟前即懸掛外套黃色粘紙之成熟番石榴網袋包)。
- 5、樹上果實必需套袋保護。
- 6、處理被害果及地上落果，建議裝入大垃圾袋內綁好袋口，或將落果丟入水槽中浸水 5 天以上，或以納乃得等藥劑浸泡；切勿採用掩埋法，因為老熟幼蟲可在土中化蛹、存活。

三、葉 類

(一) 為害生態

為害楊桃之葉 以紅蜘蛛之發生量最多，尤其是柑桔葉 (*Panonychus citri* McGregor, (圖版 23-6)，其次為神澤氏葉 (*Tetranychus*

kanzawai Kishida)、東方褐葉 (*Eutetranychus orientalis* Klein)及赤葉 (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval)。而俗稱白蜘蛛的二點葉 (*Tetranychus urticae* Koch)，則在東勢、卓蘭等地區之楊桃園較為常見。成 及若幼 皆會吸食葉片汁液，形成葉片之枯黃斑點(圖版 23-7)，嚴重時造成落葉而影響光合作用及植株、果實之生長。每年可發生 20 多代，於乾旱季節發生較多，尤其是施藥不當、毒殺天敵及抗藥性等原因，往往造成噴藥愈多，葉 類之發生反而愈多的情形。

(二) 防治方法

1、藥劑防治

目前之推薦藥劑為 2.8%畢芬寧(Bifenthrin)乳劑 2000 倍，於害發生時，每隔 7 天施藥一次，每公頃每次之施用量為 1.2-1.5 公斤，但本藥對水生生物劇毒，故水域禁用；或可參考其他作物 類之防治藥劑(附錄七)。由於葉 類之世代短及繁殖力強，且極易產生抗藥性，故施用藥劑時應經常輪用對天敵低毒之藥劑，方不致造成葉 之再猖獗現象。

2、應用天敵

經常可在楊桃園發現小黑瓢蟲、小黑隱翅蟲、六點薊馬、小黑花椿象、西方癭蠅及捕植 等有用天敵，藉由自然天敵之控制，即可維持生態平衡而抑制葉 類，所以非必要時勿輕易噴藥，以免減少天敵之數量而導致 類之劇增。

四、毒蛾類

(一) 為害生態

楊桃園常見之毒蛾類以臺灣黃毒蛾(*Porthesia taiwana* Shiraki)及小白紋毒蛾(*Notolophus australis posticus* Walker)為主，幼蟲取食花穗、葉片或幼果。此類為偶發性昆蟲，每年於 4-6 月間發生較多，其毒毛有時亦會造成管理人員之困擾。

(二) 防治方法

不需特別防治，必要時可試用其他作物上推薦之防治藥劑(附錄七)，但需防患藥害發生及注意殘留量問題。

五、蚜蟲類

(一) 為害生態

常見之種類有大桔蚜(*Toxoptera citricidus* Kirkaldy)等，局部偶發性，為害新梢嫩葉、花穗及幼果。吸食汁液，嚴重時造成花穗萎縮及誘發葉片之黑煤病(圖版 23-8)，間接影響植株之生長及產量。

(二) 防治方法

一般不需要特別防治，若在新梢及開花期發生嚴重時，可試用其他作物上推薦之防治藥劑(附錄七)，但需防患藥害發生及注意殘留量問題。

六、粉蝨類

(一) 為害生態

楊桃園較常見之粉蝨為杜鵑粉蝨(*Aleurolobus rhododendri* Takahashi)，狀如小黑點，全年皆有發現，於 7-8 月間最多。局部發生嚴重，除吸食葉片汁液外，亦會引起黑煤病(圖版 23-9)及嚴重落葉，間接影響植株生長及產量。

(二) 防治方法

在 3-5 月間密度突然升高時，可試用其他作物上推薦之防治藥劑(附錄七)，亦可參考聖誕紅銀葉粉蝨之推薦藥劑，試用 20% 亞滅培可溶性粉劑(Acetamid) 4,000 倍，每公頃每次施藥為 0.2-0.3 公斤，於害蟲發生時施藥，每隔 7 天施藥一次，但需防患藥害發生及注意殘留量問題。

七、介殼蟲類

(一) 為害生態

為害楊桃之粉介殼蟲以桔粉介殼蟲(*Planococcus citri* Risso)為主，年發生 6-7 代。平常零星分佈在光照或通風不良之枝條、葉片或果實上。吸食汁液為害，尤其在楊桃套袋後之果蒂部位(圖版 23-10)，為其最佳的繁殖場所，乃因在套袋後再行施藥，藥液無法接觸果實而幾無防治效果可言。除吸食果實外，其蜜露所引發之黑煤病亦嚴重污染果實，不但影響美觀及品質甚鉅，又會增加清洗之麻煩。

(二) 防治方法

1、注意果園之採光及通風，於冬期整枝清園時宜做得徹底，則可減少來春之蟲源發生。

2、發現初齡若蟲時立即施藥加以防治。(附錄七)。若參考蓮霧桔粉介殼蟲之防治藥劑，可試用 11% 百利普芬乳劑(Pyriproxyfen) 1500 倍，每公頃

之用藥量為 1.0-2.0 公升，於介殼蟲發生時施藥一次，安全採收期為 9 天。然本藥劑具中度眼及皮膚刺激性，對水生物亦具毒性，故試用時需謹慎。

3、套袋前需徹底噴藥後再行套袋，且套袋之封口亦必須緊密，勿使介殼蟲鑽入袋內。

八、蛀蟲類

(一) 為害生態

以為害樹幹基部之斑星天牛(*Anoplophora macularia* Thomson)及為害枝條之咖啡木蠹蛾(*Zuezera coffeae* Nietner)為主(圖版 23-11，圖版 23-12)，此兩類害蟲為偶發性，局部發生較多。天牛類在 4-10 月間出現，環繞樹皮蛀食木質部，嚴重時亦會導致植株枯死，必要時亦需加以防治。

(二) 防治方法

對付天牛可於發現幼蟲時予以鉤殺，或在 5-8 月間於幹基部位噴佈藥劑，或採用包紮幹基法阻止雌蟲產卵。而木蠹蛾為害之枝條應剪除，必要時可在 5 月或 9 月噴灑防治藥劑。(附錄七)

九、鳥羽蛾類

(一) 為害生態

楊桃鳥羽蛾(*Diacrotricha fasciola* Zeller)乃臺灣新記錄之楊桃害蟲，幼蟲主要為害新梢嫩葉或花穗。鳥羽蛾的翅膀很像鳥之小羽毛(圖版 23-13)，展翅達 1.5 公分。在 30°C 之室內，幼蟲期為 5-7 天，產卵前期 2-3 天，完成一世代約需 11-17 天(表 23-4)。卵分散產在未展開之新梢嫩葉芽上之凹縫上或腋芽間，孵化後之幼蟲隨即由附近之葉芽梢鑽入向下蛀食，隨著幼蟲之成長，常食盡周圍附近的嫩枝、嫩葉。若發生嚴重時，幾乎能在一週內就把附近果園之新梢嫩葉及花穗全部吃光，因而會對楊桃之生長、開花及結果造成相當程度的影響。在田間此蟲雖然常見，幸好一般都只在局部地區之果園輕微發生，僅造成葉片之破碎而不致影響植株之生長。

表 23-4、楊桃鳥羽蛾之發育期及壽命(天)

卵期	幼蟲期				蛹期	產卵前期	產卵期間	壽命	均溫(°C)
	1 齡	2 齡	3 齡	4 齡					
2-3	1-2	1-2	1-2	2-3	2-4	2-3	6-11	3-22	30

(二) 防治方法

在 5-6 月間鳥羽蛾局部大發生時，若是正逢花芽、花苞期，則必需噴佈殺蟲劑加以防治。但若是姬蜂及黃金蜘蛛等天敵活躍時，則可不需施藥，而應用天敵防治即可。

十、其他害蟲及有害生物

(一) 為害生態

包括為害葉片的淡圓介殼蟲(*Aspidiotus destructor* Signoret)吸食汁液，青銅金龜(*Anomale expansa* Bates)取食葉片，避債蛾(*Clania preyeri* Leech)蠶食葉片，捲葉蛾(leaf moth)捲食葉片，小綠葉蟬(*Idioscopus clypealis* Leth)及新發現的龐達巢粉蝨(*Paraleyrodes bondari* Peracchi)等吸食汁液並誘發黑煤病。而為害花穗的有花薊馬(*Thrips hawaiiensis* Morgan)，為害枝條的有膠蟲(*Kerria lacca* Kerr，圖版 23-14)及蝨斯或蝗蟲之產卵(圖版 23-15)。另有白蟻類為害樹幹及根部，鳥類取食果實，扁蝸牛污染果實及套袋(圖版 23-16)。此外在管理不善之果園中，亦常發現一些衛生害蟲取食受傷之果實，例如德國小蟑螂、隱翅蟲及蚊蠅類等等。

(二) 防治方法

此類次要害蟲或有害生物之發生，大多由於疏於管理所造成。平時應注意施藥管理，進行必要之整枝、修剪及除草，並需注意田間衛生及清除被害、腐爛之果實，則上述之害蟲、生物較不易發生。

綜合防治時機及重點策略

一、新梢、花穗、幼果期

(一) 主要害蟲：蚜蟲類、毒蛾類、鳥羽蛾、葉蟬類、金龜子、花薊馬及捲葉蛾等。

(二) 防治重點：發生嚴重時，局部適時噴施殺蟲劑。

二、果實生長發育期

(一) 主要害蟲：果實蛀蟲、東方果實蠅、粉介殼蟲及鳥類。

(二) 防治重點：徹底疏果及施藥，並以套袋保護果實，並妥善進行防鳥措施。

三、採收後

(一) 主要害蟲：葉類、介殼蟲類、蛀蟲類、避債蛾、粉蟲類、白蟻類、直翅類、膠蟲、扁蝸牛、隱翅蟲、小蟑螂及蚊蠅等。

(二) 防治重點：勤加管理，適時整枝、修剪、施藥、除草及注重田間衛生。

四、一般性綜合管理(圖版 23-17)

(一) 正常施藥：針對主要害蟲，慎選農藥種類，適時、適量施用。

(二) 套袋：疏果、施藥後再行套袋，慎選套袋之材質，正確套袋(圖版 23-18)。

(三) 綜合管理：配合性誘引劑之使用，並利用食物或有效資材、器具誘殺成蟲。

(四) 田間衛生：清除蟲害枝條及被害落果，以降低孳生之蟲源。

五、觀念之認知

(一) 農藥非萬靈丹：必需適時對症下藥，以一蟲一藥(或多蟲通用一藥)為原則。使用過多徒增浪費，甚至反而產生藥害，同時需在不得已時方才使用農藥，並非噴藥愈多愈好。

(二) 採行非農藥防治法：例如利用天敵、採用套袋及無毒之誘引資材，並徹底作好田間衛生管理等工作。

(三) 經濟為害基準：估算防治成本、市場價格及產量淨收益等，以為防治策略之參考，只需壓制害蟲族群至一定程度即可，不需要趕盡殺絕而花費大量成本。

(四) 瞭解害蟲生態：「知己知彼、百戰百勝」，針對害蟲發生期之弱點，精確掌握安全的防治方法，適時對害蟲奮力痛擊。

(五) 天時、地利、人和：應依季節、氣候、不同地區果園及可利用之人力、資材等，採行最有效又可行的綜合防治技術。

第二十四章 利用性費洛蒙綜合防治楊桃花姬捲葉蛾

洪巧珍、黃振聲

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：(04) 23302101

前言

楊桃為臺灣新興的重要經濟果樹，栽培面積達 1,800 公頃左右(農林廳,1998a)，主要產區包括苗栗、臺中、彰化、臺南及屏東等地。楊桃害蟲已知者有 20 餘種，其中以俗稱楊桃果實蛀蟲之花姬捲葉蛾(*Eucosma notanthes* Meyrick)的危害最嚴重(何,1985)。

楊桃自幼果期至成熟期間，均會遭受花姬捲葉蛾的危害，果實受害可達 29-77%，嚴重影響楊桃的品質與產量(何, 1988a,b)。果農為確保楊桃的生產，通常採用農藥配合套袋防治以減少受害。套袋方法費時、費工，且易引發粉介殼蟲類之危害。藥劑防治須每週施藥一次，連續 4-10 次之施藥，始能稍加壓制花姬捲葉蛾之危害，然頻繁施藥常引起葉猖獗發生，且易產生藥害，對施藥者之毒性及消費者之殘毒等安全問題亦頗為可慮。

為促使農藥合理使用，同時降低農藥使用量，消除消費者對農藥殘毒之疑慮，利用農委會農業藥物毒物試驗所研發之利用性費洛蒙防治技術，可提供果農及農政單位便捷、安全、有效之綜合管理花姬捲葉蛾方法。

花姬捲葉蛾之危害習性

花姬捲葉蛾屬鱗翅目(Lepidoptera)、捲葉蛾科(Tortricidae)，係臺灣地區楊桃之重要害蟲，有關其研究報告，自 1985 年始有初報，至今僅十餘篇，資料相當闕如。其寄主除楊桃外，在澳洲胡桃、柑桔、荔枝、龍眼、番石榴、桃、番荔枝等亦偶有發現(何,1985; 洪巧珍, 未發表)，唯是否真為其寄主，仍需進一步證實。

花姬捲葉蛾一年可發生 8 個世代，以 7 至 11 月間發生最多。成蟲於清晨交尾，雌蟲於傍晚產卵，將卵產於楊桃果實表面上。初產的卵呈白色，經 1~2

日轉為紅色，平均每隻雌蟲可產 120 粒卵。幼蟲孵化後即鑽入果肉內蛀食危害，在蛀孔外可見排出的褐色顆粒狀蟲糞；老熟幼蟲則外出，於乾枯的枝葉、果實上、樹皮及枝幹間小縫結繭化蛹(何, 1988c；洪等,1997)。

花姬捲葉蛾各蟲期發育所需時間隨溫度、溼度有很大差異。於 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，卵期為 5.9 日、幼蟲期 18.4 日、蛹期 9.9 日，雌、雄成蟲壽命分別為 17.4 及 14.9 日，完成一世代約需 30 至 40 日(洪、黃, 1991)，其生活史詳見圖 24-1。



圖 24-1、花姬捲葉蛾之生活史

目前對楊桃花姬捲葉蛾的防治方法，農政單位推薦：楊桃謝花後即開始施藥，每 7 至 10 日使用 2.8% 第滅寧乳劑，稀釋 1,500 倍施藥一次，連續施藥 3 至 4 次後，當果實長到 5 公分左右時，即行疏果、套袋，套袋最好使用經過藥劑處理過的密封透氣優果袋。(何, 1985,1988b；黃等, 1995；農林廳 1998b)。

花姬捲葉蛾性費洛蒙研究

黃等(1987)首先報導順八-十二烯醇乙酸酯((Z)-8-dodecenyl acetate, Z8-12:Ac)為花姬捲葉蛾強力性誘引劑，室內生物檢定結果亦顯示其對花姬捲葉蛾雄蛾具顯著誘引效果(黃等,1996)，洪(1999)分離鑑定花姬捲葉蛾性費洛蒙組成份有兩種：Z8-12:Ac 及順八-十二烯醇((Z)-8-dodecenol, Z8-12:OH)，兩者以 100:50 至 100:150 混合比例之誘蟲效果最佳；其最佳誘補系統為含 0.5~1 毫克性費洛蒙橡皮帽誘餌之無色透明的三層式寶特瓶誘蟲器，誘餌之持效性長達 6~8 個月(黃、洪,1994)。田間藥劑試驗顯示當每誘蟲器，每週誘蟲數低於 5~10 隻時，可減少施藥次數(黃等,1995)。另曾於 84-86 年間於南投縣國姓鄉楊桃園中進行，比較農民慣行防治園與性費洛蒙大量誘殺園花姬捲葉蛾族群密度。性費洛蒙處理區每公頃懸掛 40~80 個性費洛蒙誘蟲器長期大量誘殺花姬捲葉蛾，同時每月以性費洛蒙誘蟲器監測農民慣行防治園與性費洛蒙大量誘殺園花姬捲葉蛾族群密度。結果顯示花姬捲葉蛾族群密度每年有兩個高峰 1-5 及 9-12 月，於 5-9 月密度較低。使用性費洛蒙大量誘殺後，花姬捲葉蛾密度降低率逐季升高，由第一季的 70.3% 至第 4 季密度降低率高達 91.8%，平均每週每個誘蟲器為僅 1.0~8.5 隻，達無需施藥防治之密度水準(洪,1999)。

以交配干擾法防治花姬捲葉蛾研究，將 44.4 毫克 Z8-12:Ac 配製在橡皮帽、塑膠管及鐵弗龍管中，做為花姬捲葉蛾之交配干擾劑，其中以橡皮帽當載體者，最具緩釋性效果。於 79-86 年間，於苗栗縣卓蘭鎮楊桃園中進行，比較農民慣行防治園與利用性費洛蒙以交配干擾法防治花姬捲葉蛾效果。試驗期間每公頃懸掛干擾劑約 53 克(約 1200 點，4 點/株)，僅使用殺菌劑而未施用殺蟲劑。結果顯示利用性費洛蒙以交配干擾法防治花姬捲葉蛾防治效果與農民慣行防治法相當，干擾劑持效性長達 5 個月。在干擾劑施放期間處理果園的誘引抑制率及交尾抑制率分別為 94.6~100% 及 48.0~96.3%，果實被害率較慣行防治法減少 15.8~93.2%(黃、洪, 1997a,b；洪,1999)。

田間性費洛蒙使用方法

一、性費洛蒙防治花姬捲葉蛾

「性費洛蒙」即是一種「性誘引劑」。一般由雌性昆蟲分泌出體外，藉由空氣的擴散，吸引雄蟲前來交配的揮發性化學物質。因此，性費洛蒙像是昆蟲的香水，利用在害蟲防治上，只需少量(50 毫克~50 克/公頃)即可發揮防治功

效，具安全、經濟、有效及不污染環境等優點。使用性費洛蒙防治花姬捲葉蛾有三種方法。

(一) 監測法

於楊桃園中設置 2~4 個三層式寶特瓶誘蟲器，懸掛於通風處，高度約 150 公分。每週檢測花姬捲葉蛾之誘捕蟲數，作為防治與否的指標，實施整年長期監測。一般，當每週平均誘蟲數低於 5~10 隻時，可減少施藥防治。

(二) 大量誘殺法

每分地楊桃果園懸掛 4~8 個性費洛蒙誘蟲器，誘蟲器間相距約 15 公尺，實施整年長期誘殺花姬捲葉蛾雄蛾，可有效降低其族群密度。

(三) 交配干擾法

花姬捲葉蛾的交配干擾劑是由較高劑量的性費洛蒙配製而成。每公頃平均設置 1,200 個干擾劑(約 50 克性費洛蒙)，使果園中充滿性費洛蒙的氣味，混淆雌、雄蛾間之溝通，使交配受阻而終老死亡。使用時，需先清園以降低花姬捲葉蛾及其他害蟲密度，再約每隔 3-4 公尺掛一個干擾劑，干擾劑設置高度約為 150 公分。每分地以棋盤式懸掛 120 個干擾劑，果園周邊需加強增設干擾劑。交配干擾劑施用期間可以監測用誘蟲器觀察干擾劑的有效性，如果誘蟲器捉不到蟲隻，即表示干擾劑發揮效用；反之，其效用則漸失。另干擾劑施用期間，果園周邊宜定期施以藥劑，防止受孕雌蟲侵入產卵。試驗結果顯示，交配干擾劑有效性長達五個月，防治效果與一般施藥防治者相當。

二、花姬捲葉蛾性費洛蒙誘蟲器之製作

花姬捲葉蛾誘蟲器可利用回收洗淨之透明無色寶特瓶製作而成，其製作流程詳如圖 24-2 及圖 24-3。

三、性費洛蒙誘餌及交配干擾劑之貯放與使用

(一) 性費洛蒙誘餌

剛領到的性費洛蒙誘餌，可用錫箔紙包裹放置在小瓶子內，再貯存於冰箱冷凍室備用。使用時，每個誘蟲器中繫掛一個性費洛蒙誘餌，每 5 個月再加置一個，一年約使用 3 個誘餌。

(二) 交配干擾劑

剛領到的交配干擾劑宜密封，貯存於冰箱冷凍室備用。使用前先回溫，再設置於果園中。每公頃使用 1,200 個干擾劑，有效期為 5 個月。使用過

且已失效之干擾劑宜依農藥廢棄包裝物處理之。

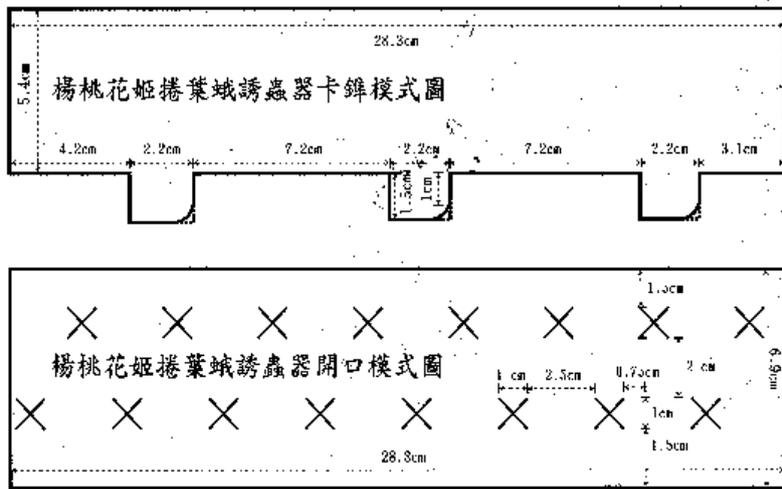
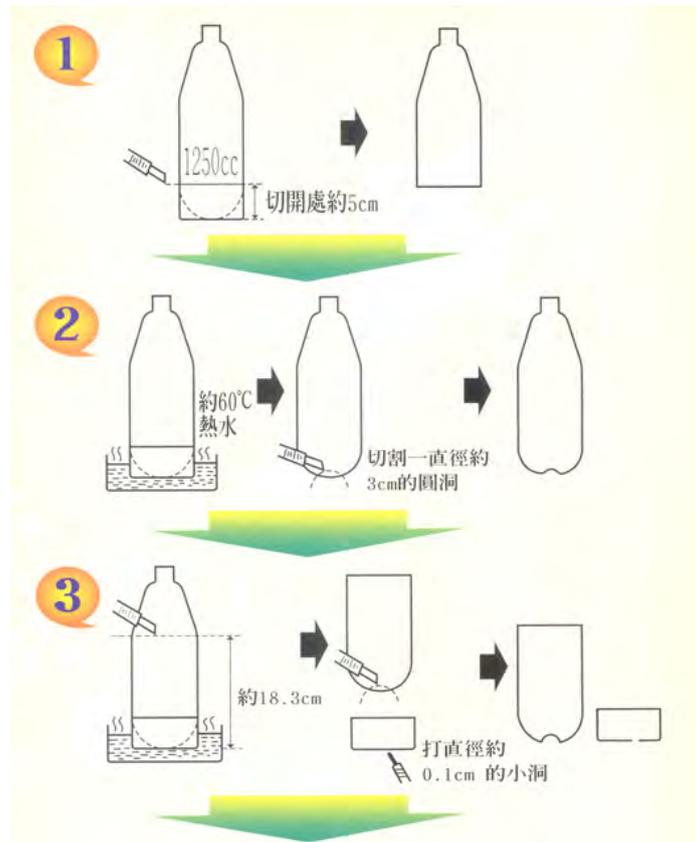


圖 24-2、誘蟲器卡榫及開口模式圖



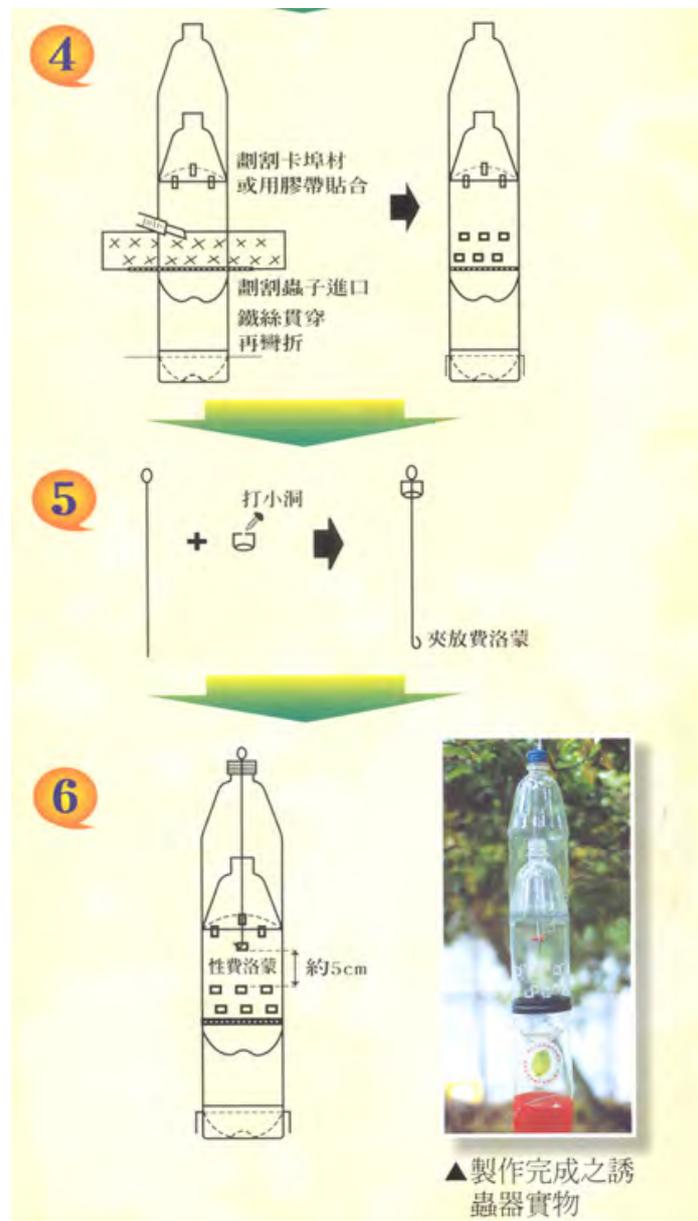


圖 24-3、花姬捲葉蛾性費洛蒙誘蟲器製作流程圖

四、其他配合措施

性費洛蒙誘蟲器及交配干擾劑雖然有很強的誘殺及防治效果，但難免仍有漏網的楊桃果實蛀蟲，如果能遵照目前農政單位推薦的施藥及套袋方法，輔以性費洛蒙來誘殺監測楊桃果實蛀蟲，並加強被害果之清除及不任意廢棄果園等措施，綜合應用以降低蟲源，將能更安全、有效地抑制楊桃果實蛀蟲的危害。

結論

楊桃花姬捲葉蛾係為臺灣地區楊桃之重要害蟲，可參考的資料相當的少。經農政單位多年來之努力已鑑定其性費洛蒙組成份，且已研發其應用技術，可供果農參考使用。

監測時，楊桃園中設置 2~4 個三層式寶特瓶誘蟲器，當每週平均誘蟲數低於 5~10 隻時，可減少施藥防治。大量誘殺時，每公頃楊桃果園懸掛 40~80 個性費洛蒙誘蟲器可有效降低花姬捲葉蛾族群密度，並減少施藥次數。施用本法之防治成本若以性費洛蒙誘餌 20 元/個、三層式寶特瓶誘蟲器 150 元/個來估算，每公頃五個月的防治成本為 6,800 元；若以廢棄寶特瓶製作誘蟲器，其防治成本更為降低。而以高劑量性費洛蒙製作花姬捲葉蛾交配干擾劑，可有效防治花姬捲葉蛾，其防治成本若以交配干擾劑 30 元/個估算，每公頃五個月防治資材成本為 36,000 元；慣行防治法防治成本，若以每週施藥一次，每公頃五個月之藥劑防治成本為 40,000 元(2,000 元/次/公頃×4 次×5 個月)。若再考慮人工，性費洛蒙干擾劑防治區僅需 3,000 元，而施藥區則需 40,000 元，總計 5 個月期間性費洛蒙干擾劑防治區防治成本較農民慣行防治區每公頃降低 41,000 元。由以上試驗結果及成本估算，以性費洛蒙來監測花姬捲葉蛾、大量誘殺及交配干擾法防治花姬捲葉蛾，應值得農政單位及果農參考使用。

第二十五章 雜草管理

陳富永、蔣永正

行政院農委會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-23302101

傳真：04-23323073

E-mail: fyc@tactri.gov.tw

cyj@tactri.gov.tw

前言

臺灣屬亞熱帶高溫多濕型氣候，大部分植物的週年生育期都很長，尤其在陽光充足雨水豐沛的地區，若無人為干擾的情形下，可以同時發現各種植物齊集一堂的多樣化現象；因此雜草本著其優勢的繁殖及蔓延潛力，不論是發生在水旱田，都有驚人的種類及數量。一般果樹因為是多年生作物，不論落葉或長綠果樹的生育期都很長，雜草管理也較他種作物田粗放，許多一年生草本植物都可以順利完成其生活史，產生大量的種子，因此園區內的草相頗為複雜，其中不乏多年生草。但在某些坡地栽培的果園，為了避免出現土壤裸露沖刷的現象，刻意選留匍匐性矮生雜草的草生栽培方式，發揮水土保持、增加有機質來源及改變生物相之效果，如此因為人為因素的操控，園區內雜草相會較單一。楊桃為臺灣高經濟果樹之一，屬楊桃科常綠性灌木，結果期長達八個月以上，主要產區集中在臺灣中南部，包括彰化縣、苗栗縣、臺南縣、臺中縣及屏東縣等地。楊桃初植時因空間較大易滋生雜草，通常以人工或機械除草並配合除草劑的施用；成年樹則以草生栽培為主，視季節及剪枝等措施，於適當時期剪草或用藥。但是不論是以何種方式除草，都應符合經濟效益、生態保育及維護環境品質的原則，才可達到雜草管理的真正目的。

雜草之發生與為害

一、雜草為害

一般未經馴化的非栽培植物通常以“野生植物”或“野草”稱之，“雜草”則是以人為利用為出發點所定義的名詞，亦即凡是影響到人們當時所栽種

作物之管理及收穫量的其他植物，均以雜草視之，因此田區內所謂的雜草並非指特定種類的植物，或許只是在當時環境狀況下尚未被發現其利用價值之植物。但是雜草在作物栽培體系內確也扮演著不可忽視的角色，因為對光照、養分、水分、空間等資源的競爭，會直接為害到作物的生育；同時也會成為病蟲源的寄主及老鼠棲息的場所，增加田間管理上的困擾；甚至由植株殘質釋出酚類等二次代謝產物，發生所謂的毒他作用(allelopathy)，引起作物品質的低下及產量的損失，因此雜草與其他病蟲源一樣，在植物保護中同屬害物(pest)之一。

二、雜草發生

雜草對作物正常生育的干擾，和病原菌及昆蟲等害物造成的危害情形不同，後者的發生往往是突發性的，在未作妥善預防措施下會導致快速而顯著的危害，因此監測田區內病蟲害物棲群的消長，為達到經濟防治水準必要的手段；但是雜草的存在幾乎是與作物同步的，對作物的影響為漸進而持續的；因為田區內發生的雜草大部分源於原有植物產生的大量種子，掉落在土壤中成為所謂的土壤種子庫(soil seed bank)，在氣候、栽培作物的種類、整地耕犁的程度、土壤含水量及除草劑使用的種類與頻度交互作用下，影響田面上實際發生的雜草種類與數量。通常在作物栽植同時，許多雜草種子也開始萌芽，和作物共享田間所有自然及人為提供的資源，直到完成生活史達到種族衍續的目的。雜草憑藉著種子產量高及休眠期長之特性，而具有很強的繁殖能力，也會隨著灌溉水、作物種苗之栽培介質、動物攜帶等因素擴散到其他地區，營養繁殖莖甚至還會因為農機具切割而擴大蔓延的區域。因此為減少雜草開花結實產生種子，雜草防除應著重在作物生育的早期，甚至前作或休閒田的雜草管理也都會影響防治效果。

雜草種類與影響因素

一、影響草相之因素

一般作物田面發生的雜草種類與數量，在不同氣候、作物種類及田間管理方式下有很大差異；如水、旱田之雜草組成，因為灌水程度的差異影響土壤含水量，使草相截然不同；即使同為果園的草相，也因為作物生育期的長短、株型及管理方式等因素而有明顯差別；大致而言，溫度和雨量為旱地作物田雜草發生種類的主要決定因素；除草劑的使用亦為草相改變的重要影響因子，因為經常使用同種類除草劑時，在藥劑的選汰壓力下會造成敏感性雜草減少，耐

受性雜草增多而成為優勢族群的草相變遷現象；也有可能長期重覆施用同一種除草劑，導致敏感性植株由於基因突變發生抗藥性，或原本存在之抗性生物型(biotype)植株，因為藥劑的篩選壓力而成為優勢族群，如臺灣旱地雜草野塘蒿已證實對巴拉刈(paraquat)產生抗性，所以在施用巴拉刈之作物田區，常常可以發現大大小小的野塘蒿植株仍舊屹立不搖在田野的景象。

二、雜草種類

一般果園因為所在位置的海拔高度而有氣溫上的差異，形成明顯的地域性草相的不同；但同一地區也可能因為栽培管理及季節性的差別，形成周年性的草相變化。臺灣果園在春季氣溫逐漸回升時，夏生型雜草如牛筋草、馬唐草(圖版 25-12)、稗草、芒稷等禾本科雜草，碎米莎草、木虱草等莎草科雜草，及野荳(圖版 25-2)、昭和草、紫花藿香薊(圖版 25-3)、紫背草、野塘蒿(圖版 25-10)、兔仔菜、酢醬草、馬齒莧、龍葵、闊葉鴨舌黃舅、華九頭獅子草(圖版 25-5)等闊葉雜草的種子開始大量萌芽，至六、七月進入夏季高溫期，即可發現田間遍佈各類不同生育期之植株，至九、十月後生長勢才逐漸減緩；雙穗雀稗、毛穎雀稗(圖版 25-7)、狗芽根、香附子、紫花酢醬草(圖版 25-4)、竹仔菜等多年生，以走莖或塊莖營養器官繁殖蔓延之雜草，在高溫下所生成的生物量更以對數速率增加。進入秋末冬初氣溫降低的季節，冬生型雜草如菁芳草、小葉灰藿、鼠麴草、小葉碎米薺、山芥菜、鵝兒腸、節花路蓼、火炭母草(圖版 25-8)、雞屎藤(圖版 25-1)、早苗蓼等雜草種子，開始慢慢萌芽，生育速率較夏生型雜草遲緩，大部分株型不高為中矮生性植物，至翌年二、三月間漸漸減少。但在臺灣四季並非如此分明的果園區內，雜草相的週年變化並未顯現截然的分際，許多全年均可生長之植物如野荳、藿香薊、龍葵、節節花、滿天星、咸豐草、昭和草、鬼針草(圖版 25-13)，加拿大蓬(圖版 25-11)等，和夏生型或冬生型雜草共同組成了果園特有之複合草相。一般楊桃樹冠寬闊採棚架式栽培，每年分別於三月、六月及十月修剪枝條後，造成園區地面光線充足，尤其在施肥灌水等措施後，加速雜草的滋生蔓延，草相則與一般果園發生者相似且有季節性變遷現象。

雜草管理

談到果園雜草管理之前，首先應釐清雜草在果園內所造成的影響，除了前述競爭性與非競爭性的為害外，在環境上卻有水土保持、防止大雨沖刷、避免土壤流失、及生態上增加土壤有機質來源、改變生物相之效益。因此思考如

何有效利用雜草以取代全面清除的管理方式，較為符合現代的經營理念。

一、藥劑防治

臺灣地區作物田目前仍以使用化學除草劑除草為雜草防治的主要手段，人工或機械除草、田間管理作業及栽培制度等防治為輔，後者對雜草種類不具選擇性，且耗時費力，不若除草劑的經濟速效。臺灣除草劑的試用開始於民國43年，由臺中區農業改良場自日本進口2,4-D，進行水田及小麥田雜草防除試驗，民國40-46年糖業研究所亦同時進行蔗園除草劑之雜草防除試驗，因農藥申請登記之委託試驗辦法的制定，農民逐漸掌握提高藥效避免藥害的施用技術，且在新藥劑迅速的開發下，除草劑的使用面積大幅增加。果園除草劑的施用主要是配合果樹生育期及栽培管理的方式，目前植保手冊並未登錄有關楊桃園之推薦除草劑，但大部分農民通常不只栽培單一種果樹，會將推薦在他種作物上的藥劑施用經驗運用在楊桃園，對雜草防除效果上的影響不大，但在藥害的問題上則須審慎考慮。果園常用的除草劑包括嘉磷塞、固殺草及氟氣比等；其作用特性及使用方法分述如下，以供參考。

(一) 嘉磷塞

非選擇性系統型除草劑，登記在柑桔、香蕉、葡萄、檬果、荔枝、梅、枇杷、番石榴等果園萌後施用，有效成份施用量為每公頃1.6-2.9公升，為臺灣目前使用最廣之除草劑；對草本雜草防除效果佳，灌木及藤類之忍受性較高。嘉磷塞易被土壤吸附失去殘留活性，一般對作物的藥害為直接接觸所引起。

(二) 固殺草

為非選擇性接觸型除草劑，但具有部分的系統活性，登記在柑桔、香蕉、葡萄等果園萌後施用，有效成份施用量為每公頃0.7-1.8公升，在臺灣果園的使用有逐漸增加之趨勢；對大部分雜草的防除效果佳，但因為主要為接觸性，且藥效不似巴拉刈迅速，因此噴藥後六小時內下雨會減低藥效。

(三) 氟氣比

為選擇性系統型除草劑，登記在柑桔園萌後施用，有效成份施用量為每公頃0.4公升，具有生長調節素之功能；對闊葉雜草防除效果佳，禾本科雜草則具有忍受性。

對於危害潛力高而防治困難的多年生雜草，如狗芽根、香附子、紫花酢醬草(圖版25-4)、竹仔菜等，在發現初期即應予以有效防治，可減緩其蔓延速率。

二、綜合防治

長久以來的農業經營是構築在大量施用化學肥料與農藥之上，以達到高產量及降低生產成本的目的，但也導致土壤活力衰退、自然生態改變、種源多樣化降低、及環境品質劣化的隱憂，除草劑對土壤質地的影響尤其較他種農用藥劑為甚。因此有機栽培的經營理念逐步深入農民的心中，成為一種觀念；但從雜草發生與競爭特性上不難理解，雜草防治在有機栽培實施體系中為不易克服的難題，因為雜草種子本來就已大量存在土壤中，如何在作物產量品質與雜草生存間取得平衡點，是一個頗為複雜的問題。目前常用的非農藥雜草防治技術；包括田面覆蓋抑制雜草萌芽，降低雜草發生及土壤中種子量；果園中維持低矮匍匐性雜草的草生栽培，除能減少土壤水份的蒸發，也可在適當的管理下降低雜草競爭力；田區四周及灌溉溝渠的清潔維護，可減少有害種子及營養繁殖體的傳入；以及多年生雜草的早期防治。實際上管理良好之田區，土壤中雜草種子量會逐年減少，雜草危害程度亦隨之降低，防治作業趨於單純而可掌控，較之完全仰賴藥劑的施用來得安全、無抗性草發生、及土壤肥力消退的後顧之憂。

果園雜草防治主要配合氣候及栽培管理措施，雨季來臨前可以人工或機械除草，壓制生長旺盛之禾本科雜草，保留矮生、無攀緣性植物發出之嫩葉，以為草生栽培，雨季結束前則除去將開花結子之高大或蔓性闊葉草，通常在果樹休眠期或草量過高時施用殘效短之除草劑，可降低工資、減少成本支出。簡單的說，在作物敏感生育期間，結合田間操作及合理施用殘留期短之藥劑，長期持續的控制或利用雜草，使其發生量保持在可接受的範圍內，如此不但可提供作物較佳之生育空間，亦不會因濫用藥劑而污染環境，且達到符合經濟防治水準的原則(圖版 25-14、25-15)。

結論

雜草在作物栽培體系中持續性的發生、快速的傳播及過強的競爭力，對農業生產帶來不小的衝擊，由“野草除不盡，春風吹又生”這句俗諺，即可深刻的體會早期農民除草的無奈。從早期臺灣地區農民幾乎完全倚賴除草劑防治雜草，到目前逐漸採用其他非藥劑的綜合防治技術，表示農民從根除雜草的觀念進展到管理雜草的重大突破；但在降低雜草入侵與散佈之種子檢疫預防性措施上，則尚待加強。雜草防治的重點在於壓制雜草茂盛的繁殖力，同時考量作物的特性與生育期，評估雜草發生對作物生育帶來的衝擊，並結合栽培管理體

系及施用藥劑等綜合防治技術，達到農業永續經營的境地。因此果園雜草管理中有關防治水準的掌握，及如何規劃整體性防治策略，亟需思考與建立。

第二十六章 果實採收後之處理技術

謝慶昌

國立中興大學園藝系

臺中市光路 250 號

電話：04-22861612

傳真：04-22861609

前言

楊桃(*Averrhoa carambola* L.)屬於楊桃科的果樹，在臺灣栽培面積近 2600 公頃，分布在苗栗、雲林、台南、彰化及屏東等地，品種以甜味系統較多，如二林、青墘、蜜絲、秤錘、台農 1 號及馬來西亞種等(王，1973，1983，1985; 游、王，1987)。楊桃產業在栽培技術及品種改良上，具長足進步，使楊桃產期每年除 4 至 7 月較少鮮果供應外，有長達八個月的供果期(王，1985)，且在品質及果形上皆能獨步全球。

由於楊桃的結果期長，國內較少利用貯藏來調節其供銷時間，然而楊桃呈星狀般的特殊果形，很受珍愛，在國際上則被認為是頗具潛力的熱帶水果。因此如何將臺灣產之高品質楊桃推銷至國外，為楊桃產業重要之課題，本文就楊桃採後生理、保鮮技術及外銷處理作業分述於後，以供參考。

採收成熟度

楊桃果實之生長曲線呈單斜體 S 型(simple sigmoid)，以二林種為例，自開花至黃熟脫落約 130 天，其糖度隨果齡增加而上升，顏色由綠轉黃(或橙黃)，但硬度則下降(謝，1985)，故若以糖度和顏色而言，楊桃愈成熟品質愈佳(Mitcham and McDonald, 1981)；但若考慮口感及樹架壽命，則楊桃不宜太晚採收(謝等，1987)。外銷楊桃須長距離運送及繁雜之處理，故更不能在黃熟時採收。楊桃之成熟度依果皮顏色分為五級(謝，1985)：

1、6 分熟(dark green)：果實呈深綠色，未飽滿(圖版 26-1)。

2、7 分熟(light green)：果實呈淡綠色，且已飽滿，稔間稍轉色(圖版 26-2)。

3、8 分熟(color green)：果實由稔間開始轉色，但稔緣仍維持綠色(圖版 26-3)。

4、9 分熟(ripe)：果實全黃，散發楊桃之風味(圖版 26-4)。

5、10 分熟(overripe)：果實呈暗黃，且稔緣開始褐化。

楊桃果實在 6-7 分熟時未達生理成熟度(physiological maturity)(謝，1987)，果肉仍具有澀味，故雖有較長之採收後壽命，仍不宜做為外銷標準；9 分熟果實，已開始軟化，故採收後壽命短亦不適合外銷要求，而 10 分熟果實已無商品價值。8 分熟果實在 20°C 下仍有 8-10 日的櫥架壽命(謝，1985)，在 5°C 下則達 25-50 日(依品種而異)，另外，此時果實已達生理成熟度，糖度之增加已趨平緩，因此，外銷楊桃之採收成熟度，宜以 8 分熟果實為準。另外，針對美國地區，由於其消費習慣偏好全綠的果實，故有以 6-7 分熟果供外銷者。

品種及採收季節

楊桃品種雖多，但目前栽培面積較具規模者有秤錘、二林、青墘、台農一號及馬來西亞種，皆為甜楊桃系統，故其可滴定酸皆在 0.2% 以下，其中馬來西亞及二林種，酸含量最低(少於 0.1%)，而甜度亦以此二品種最高(9-10° Brix)，硬度以秤錘及青墘較高，故若以擦壓傷觀點考慮，秤錘及青墘種較適合外銷。此外，楊桃外銷常須考慮低溫檢疫處理，而馬來西亞種在 1°C 下 14 日會有寒害現象，因此，在外銷上此品種必需慎重考慮。

採收季節之差異，以秤錘種為例，品質上，夏果甜度較高但較軟，冬果較硬但甜度差，而貯藏力則以冬果較長(50 日)，夏果只有 25 日(5°C 下)，但若以長程運輸所需時間(7-21 日)而言，無論冬夏果皆能符合要求。

預冷

楊桃在進行低溫檢疫處理前，常需預冷，冰水預冷可快速使果溫下降，遠較氣冷式為快，且果重稍有增加(0.65%)，但由於冰水預冷比氣冷式易誘發楊桃產生較多之乙烯，所以在櫥架壽命上，反而比氣冷式來得短。因此，楊桃之預冷不宜採用冰水預冷法。

楊桃果實失水重達 2% 時，果稔即呈軟化皺縮及褐化而失去商品價值，而在預冷及檢疫處理時失水即達 1.5%，而其餘階段失水率僅 0.4%，此乃因檢

疫處理時是裸果，而其餘階段皆有用塑膠袋逐果套袋。因此檢疫處理仍待修正及改進。

低溫檢疫處理

楊桃在栽培時，果實易遭果實蠅產卵危害，因此，進口國常要求作檢疫處理。楊桃雖然亦可如芒果用蒸熱處理(Gould and Sharp, 1990; Hallman, 1989)或溫湯處理(Gould and Sharp, 1990; Hallman, 1991)，但亦可低溫檢疫處理(Miller *et al.*, 1991; Miller *et al.*, 1990)，而目前臺灣認證中的輸日檢疫處理及實施中的輸美檢疫處理皆採用低溫處理。以輸美楊桃為例，在船運中作低溫檢疫處理(圖版 26-7)，方法依據“美國農部冷藏處理規定---自冷式冷藏貨櫃處理鮮果之特別處理要點”，裝櫃前楊桃需預冷至果心溫度在 4.5℃ 以下，所需之時間及溫度如下：0℃ 以下處理 10 日；0.56℃ 以下處理 11 日；1.11℃ 以下處理 12 日；1.66℃ 處理 14 日。在此條件下，除了馬來西亞種，大部份楊桃品種皆可忍受。

貯運溫度

楊桃果實之呼吸率頗低，且在 10℃ 以下差異不大，所以楊桃在 10℃ 以下的溫度貯存，可保持果色及硬度並防止病原菌之滋生(圖版 26-6)，但 10℃ 之果實經 23 日後回溫(28℃)，則果實黃化快，0℃ 者則易褐化，因此若以長程運輸(輸美除外，14-24 日)而言，船運溫度以 5℃ 較佳(圖版 26-8、26-9、26-12)。

包裝材料

楊桃之採收後問題除失水、黃化外，另一為擦壓傷問題，此乃因楊桃果實外形奇特所造成(圖版 26-5)。而楊桃主要擦壓傷發生的階段為包裝及運輸期間(皆達 5%)，前者需從簡化包裝手續著手；後者則需改良包裝方式及材料。

為防止擦壓傷，目前暫行之方法為果農採果後由果農自行選別及分級，逐果套裝塑膠袋而後裝入 10 公斤單層紙箱，內襯無油墨紙絲，再置於硬塑膠籃中，運至集貨場集貨，待檢疫處理後才封箱包紮，以減少處理手續。包裝方式則宜採直立、梗端朝下且單層排列(圖版 26-10、26-11)。

生理障礙

楊桃甚少有關生理障礙的報告，唯一可見的是在果皮上發生褐化或褐斑 (discoloration or skin speckling)，尤其是在稔緣的部位(圖版 26-13、26-14)。此類症狀可能與失水有關，若在低濕度下快速失水更容易發生褐斑。另外，老化的症狀亦是在稔緣發生褐化，此類褐化或褐斑，可能是因果皮中多酚氧化酵素 (polyphenoloxidase) 及過氧化酵素 (peroxidase) 作用所產生的反應造成 (Adnan *et al.*, 1986; Baldini *et al.*, 1982)。楊桃表皮褐化的發生亦和品種有關，臺灣所栽培的楊桃品種中，以台農 1 號最易褐化，其次為馬來西亞種，而秤錘及青墘最不易褐化。

結論

楊桃由於果形如星狀，風味特殊是頗受歡迎的果品，加上其處理方法簡單，耐貯力極高，因此以臺灣優良的栽培技術及特有品種，欲打開外銷市場並不困難，所以楊桃產業在外銷市場上應為行銷方法較處理技術為重要。另外，在品種上，除要求糖度高、果形大外，應該增加果實顏色之多變化，以應消費者之需求。

參考文獻

- 土壤管理手冊. 1990. 國立中興大學土壤調查試驗中心編印。
- 中村和雄 玉木佳男. 1983. 性費洛蒙與害蟲防治 - 實驗與效用. 朱耀沂譯. 1988, 徐氏基金出版. 臺北 197 頁。
- 中華土壤肥料學會. 1993. 土壤分析手冊. 臺灣省政府農林廳。
- 王武彰. 1995. 楊桃. 台灣農家要覽. 豐年社. 125-132。
- 王武彰. 1979. 楊桃. 經濟果樹(上). 豐年社, 台北, 125-132 頁。
- 王武彰. 1983. 楊桃栽培. 農林廳農民淺說. 260A-園藝 490, 臺中。
- 王武彰. 1985. 如何調節楊桃之產期. 台中改良場特刊 第一號 :121-124。
- 王武彰. 1988. 楊桃栽培及產期調節技術. 農委會、農林廳編印, PP.1-17。
- 何坤耀、羅幹成、李啟陽、黃阿賢. 1995. 柑桔斑星天牛之生態與防治研究. 台灣柑桔之研究與發展研討會專刊, PP.263-278。
- 何坤耀. 1983. 楊桃果實蛀蟲種類、發生習性及其防治初報. 植保會刊 25:293-294。
- 何坤耀. 1985. 楊桃果實蛀蟲及其防治初報. 植保會刊 27:53-62。
- 何坤耀. 1986. 楊桃烏羽蛾之發生與為害. 興大昆蟲學報 19:57-62。
- 何坤耀. 1988. 楊桃害蟲及其防治. 台灣農業 24(6):81-87。
- 何坤耀. 1988a. 楊桃害蟲之生態與防治. 中華昆蟲特刊第二號. 果樹害蟲綜合防治研討會專輯 43-50 頁。
- 何坤耀. 1988b. 楊桃果實蛀蟲防治技術改進試驗. 植保會刊 30:44-51。
- 何坤耀. 1988c. 嘉義地區楊桃花姬捲葉蛾之生活史與生態. 中華昆蟲 8:23-31。
- 杜家緯. 1988. 昆蟲信息素及其應用. 中國林業出版社 221 頁。
- 洪巧珍、黃振聲、侯豐男. 1997. 楊桃花姬捲葉蛾之羽化、交尾及產卵行為. 植保會刊 39:264-274。
- 洪巧珍、黃振聲. 1991. 楊桃花姬捲葉蛾之大量飼育方法. 中華昆蟲 11:203-212。
- 洪巧珍、黃振聲. 1993. 性費洛蒙在蟲害管理之應用. 永續農業研討會專集 (特刊第 32 號) 171 -186. 臺灣省臺中區農業改良場編印, 262pp。
- 洪巧珍. 1999. 楊桃花姬捲葉蛾之生殖行為及其性費洛蒙組成份之鑑定與應用. 中興大學昆蟲系博士論文。

- 張德前、劉達修. 1986. 楊桃葉蠶族群消長及藥劑防治試驗. 植保會刊 28:263-272。
- 陳仁炫. 1995. 鹽害土壤的管理. 「植物保護實務進修班」講義 317-323 頁. 國立中興大學農業推廣中心編印. 465 頁。
- 游若秋、王武彰. 1987. 楊桃之品質成分與加工利用之研究. 中華農業研究 36(2):196-206。
- 黃振聲、洪巧珍、侯豐男. 1996. 楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙活性之生物檢定. 植保會刊 38:119-127
- 黃振聲、洪巧珍、郭美貞. 1995. 楊桃花姬捲葉蛾藥劑防治效果評估. 植保會刊 37:219-222。
- 黃振聲、洪巧珍、羅致速、洪銘德. 1987. 楊桃花姬捲葉蛾和粗腳姬捲葉蛾之性誘引劑. 植保會刊 29:321-323。
- 黃振聲、洪巧珍、羅致速、康淑媛、邱太源. 1990. 亞洲玉米螟性費洛蒙配方之誘蟲效能. 中華昆蟲 10:109-117。
- 黃振聲、洪巧珍. 1991. 利用性費洛蒙與殺蟲劑綜合防治甘藷蟻象效益評估. 中華昆蟲 11:140-146
- 黃振聲、洪巧珍. 1992. 利用性費洛蒙防治甘藷蟻象. 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 81 - 94 頁。
- 黃振聲、洪巧珍. 1994. 楊桃花姬捲葉蛾(*Eucosma notanthes* Meyrick)性誘引劑型及誘蟲器開發. 植保會刊 36:31-40。
- 黃振聲、洪巧珍. 1997a. 利用合成性費洛蒙以交配干擾法防治楊桃花姬捲葉蛾. 植保會刊 39:151-164。
- 黃振聲、洪巧珍. 1997b. 楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙干擾劑之緩釋劑型. 植保會刊 39:274-280。
- 黃振聲. 1997. 昆蟲性費洛蒙之利用及展望. 植保會刊 39:111-124。
- 黃裕銘. 1997. 複合肥料之製作. 「土壤環境營養與作物診斷」講習班講義 399-418 頁. 國立中興大學農業推廣中心編印. 475 頁。
- 楊秋忠. 1993. 土壤肥培管理與作物病害關係. 蔬菜保護研討會專刊 299-305. 中華植物保護學會特新一號. 中華植物保護學會編印. 325 頁
- 溫宏治. 1988. 楊桃上柑桔葉蠶(*Panonychus citri* (McGregor))之發生及藥劑防治. 中華農業研究 37:100-104。
- 廖乾華. 1997. 蔬菜的肥培管理. 「土壤環境營養與作物診斷」講習班講義

- 255-260 頁。 國立中興大學農業推廣中心編印。 475 頁。
- 臺灣省農林廳。 1998a. 臺灣省農業年報 398 頁。
- 臺灣省農林廳。 1998b. 植物保護手冊 734 頁。
- 臺灣省農業試驗所。 1981. 作物需肥診斷技術。
- 臺灣省臺中區農業改良場。 1980. 果樹營養與果園土壤管理研討會專集。
臺灣省臺中區農業改良場特刊第 20 號。
- 謝慶昌、林宗賢、蔡平里。 1987. 楊桃果實採收後之呼吸作用與乙烯之產生。
中國園藝 33(2) : 139-150。
- 謝慶昌。 1985. 楊桃果實生長調查及採收後處理之研究。 台灣大學園藝所碩士論文。
- Adnan, T. A. B. T., M. A. Augustin, and H. M. Ghazali. 1986. Polyphenol oxidase from starfruit (*Averrhoa carambola* L.). *Petanika* 9:219-224.
- Agrios, G.N. 1997. *Plant Pathology*. p. 143-243. Academic Press, USA.
- Apostol, I., P.F. Heinstejn, P.S. Low. 1989. Rapid stimulation of an oxidative burst during elicitation of culture plant cell: role in defense and signal transduction. *Plant Physiol.* 90:109-116.
- Baldina, V. L. S., S. Draetta-Idos, and E. H. Nomura. 1982. Biochemical evaluation of starfruit (*Averrhoa carambola*) (in Portuguese) *Coleeetanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos* 12:283-291.
- Bradley, D.J., P. Kjelbom, C.J. Lamb. 1992. Elicitor- and wound-induced oxidative cross-linking of a proline-rich plant cell wall protein: a novel, rapid defense response. *Cell* 70:21-30.
- Cardé, R. T. and Minks, A. K. 1995. Control of moth pests by mating disruption : Successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40:559-585.
- Cook, R. J. and Veseth, R. J. 1991. *Wheat health management*. APS PRESS. 152pages.
- Davis, D.A., D. Tsao, J-H. Seo, A. Emery, P.S. Low, and P. Heinstejn. 1992. Enhancement of phytoalexin acculation in cultured plant cell by oxalate. *Phytochemistry* 31:1603-1607.
- Dean, R. A., and J. Kuć. 1986. Induced systemic protection in cucumber : the source of the 'singal'. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 28:227-233.

- Doubrava, N., R. Dean, and J. Kuć. 1988. Induction of systemic resistance to anthracnose cause by *Colletotrichum lagenarium* in cucumber by oxalate and extracts from spinach and rhubarb leaves. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 33:69-79.
- Farmer, E. E., T. D. Moloshok, M. J. Saxton, and C. A. Ryan. 1991. Specificity of oligouronide-enhanced plasma membrane protein phosphorylation. *J. Biol. Chem.* 266:3140-3145.
- Gianinazzi, S., and B. Kassanis. 1974. Virus resistance induced in plants by polyacrylic acid. *J. Gen. Virol.* 23:1-9.
- Gottstein, H. D., and J. Kuć. 1989. Induction of systemic resistance to anthracnose in cucumber by phosphates. *Phytopathol.* 75:1064-1068.
- Gould, W. P. and J. L. Sharp. 1990. Cold storage quarantine treatment for carambolas infested with the Caribbean fruit fly (*Diptera:Tephritidae*). *J. Econ. Entomol.* 83:458-460.
- Hallman, G. J. 1989. Quality of carambolas subjected to hot-water immersion quarantine treatment. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 102:155-156.
- Hallman, G. J. 1991. Quality of carambolas subjected to postharvest hot-water immersion and vapor-heat treatments. *HortScience* 26:286-287.
- Hallman, G. J. and J. L. Sharp. 1990. Hot-water immersion quarantine treatment for carambolas infested with Caribbean fruit fly (*Diptera:Tephritidae*). *J. Econ. Entomol.* 83:1471-1474.
- Hammerschmidt, R., and J.S. Becker. 1997. Acquired resistance to disease in plants. *Horticulture Rev.* 247-289.
- Howse, P., Stevens, I. and Jonse, O. 1998. *Insect Pheromone and Their Use in Pest Management*. London, Chapman and Hall Press, 369pp.
- Huber, D. M. 1981. The use of fertilizers and organic organic amendments in the control of plant disease. p. 357-394. *In* D. Pimental (ed.) *Handbook of pest management in agriculture*. vol. . CRC Press, Florida.
- Huber, D. M., and N. S. Wilhelm. 1988. The role of manganese in resistance to plant disease. p. 155-173. *In* R.D. Graham et al. (ed.) *Manganese in soils and plants*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Hummel, H. E. and Miller, T. A. 1984. *Techniques in Pheromone Research*.

- Springer-Verlag New York Inc., New York, 464pp.
- Hurkman, W. J., and C. K. Tanaka. 1996. Germin gene expression is induced in Wheat leaves by powdery mildew infection. *Plant Physiol.* 111:735-739.
- Inscoe, M. N., Leonhardt, B. A. and Ridgway, R. L. 1990. Commercial availability of insect pheromones and other attractants. In "Behavior-modifying Chemicals for Insect Management", Marcel Dekker, Inc. New York. pp.631-715.
- Isamil, M. R. 1996. Growth and physiological processes of young starfruit (*Averrhoa carambola* L.) plants under soil flooding. *Scientia Horticultureae* 65, 229-238.
- Jenkyn, J. F. 1976. Nitrogen and leaf disease of spring barley. p. 119-128. *Proc. 12th Colloq. Int. Potash Inst. Bern.*
- Karlson, P. and Butenandt, A. 1959. Pheromones (Ectohormones) in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 4:39-58.
- Kennedy, G. G., Sutton, T. B. 2000. Emerging technologies for integrated pest management, concepts, research, and implementation. APS PRESS. 526pages.
- Keppler, L. D., and C. J. Baker. 1989. O₂⁻-initiated lipid peroxidation in a bacterial-induced hypersensitive reaction in tobacco cell suspension. *Phytopathol.* 79:555-562.
- Kiraly, Z. 1964. Effect of nitrogen fertilization on phenol metabolism and stem rust susceptibility of wheat. *Phytopathol. Z.* 51:252-261.
- Kiraly, Z. 1976. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. p. 33-46. *Proc. 12th Colloq, Int. Potash Inst. Bern, Switzerland.*
- Kivilaan, A., and Scheffer, R.P. 1958. Factors affecting development of bacterial stem rot of *Pelargonium*. *Phytopathol.* 48:185-191.
- Kuč, J., and S. Richmond. 1977. Aspect of the protection of f cucumber against *Colletotrichum lagenarium* by *Colletotrichum lagenarium*. *Phytopathol.* 67:533-536.
- Kuč, J., G. Shockley, and K. Kearney. 1975. Protection of cucumber against *Colletotrichum lagenarium* by *Colletotrichum lagenarium*. *Physiological*

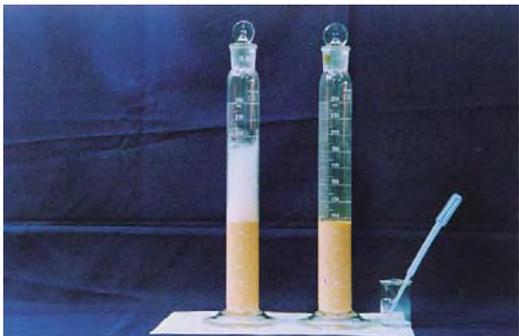
- Plant Pathology 7:195-199.
- Kydonieus, A. F., Beroza, M. and Zwig G. 1982. Insect Suppression with Controlled Release Pheromone Systems. Vol. I. CRC Press, Inc. 274pp.
- Kydonieus, A. F., Beroza, M. and Zwig, G. 1982. Insect suppression with controlled release pheromone systems. Vol. II. CRC Press, Inc. 312pp.
- Levine, A., R. Tenhaken, R. Dixon, and C. Lamb. 1994. H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. Cell 79:583-593.
- Low, P. S., and P. F. Heinstein. 1986. Elicitor stimulation of the defense response in cultured plant cells monitored by fluorescent dyes. Arch. Biochem. Biophys. 249:472-479.
- Malamy, J., J. P. Carr, D. F. Klessing, and I. Raskin. 1990. Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Science 250:1003-1004.
- Marler, T. E. 1992. Developmental light level affects growth, morphology, and leaf physiology of young carambola trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119, 711-718.
- Marler, T. E. and Y. Zozor. 1994. Carambola growth and leaf gas-exchange responses to sersmic or wind stress. HortScience 27, 913-915.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. p.195-267. The Universities Press (Beelfast) Ltd., Northern Ireland.
- Matsuyama, N., and A. E. Dimond. 1973. Effect of nitrogenous fertilizer on biochemical process that could affect lesion size of rice blast. Phytopatol. 63:1202-1203.
- Matsuyama, N. 1975. The effect of ample nitrogenous fertilizer on cell wall materials and its significance to rice blast disease. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 4:56-61.
- Mayer, M. S. and McLaughlin, J. R. 1991. Handbook of Insect Pheromone and Sex Attractants. CRC Press, Inc. Florida, USA, 1083pp.
- McVeigh, L. J., Campion, D. G. and Critchley, B. R. 1990. The use of pheromones for the control of cotton bollworms and *Spodoptera* spp. in Africa and Asia. In Behavior-modifying Chemicals for Insect Management.

- Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 407-415.
- Melouk, H. A., and Shokes, F. M. 1995. Peanut health management. Plant health Management Series. 117pages. APS PRESS.
- Miller, W. R., R. E. McDonald, and J. L. Sharp. 1990. Conditioning of Florida carambolas after hot-air treatment and storage. Proc. Fla. State Hort. Soc.103:238-241.
- Miller, W. R., R. E. McDonald, and M. Nisperos –Carriedo. 1991. Quality of “Arkin” carambolas with or without conditioning followed by low-temperature quarantine treatment. Proc. Fla. State Hort. Soc.104:118-122.
- Mitcham, E. J. and R. E. McDonald. 1991. Characterization of the ripening of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit. Proc. Fla. State Hort. Soc.104:104-108.
- Mitchell, E. K. 1981. Management of Insect Pests with Semiochemicals-Concepts and Practice. Plenum press, New York and London, 514pp.
- Moesta, P., and H. Grisebach. 1982. L-2-aminoxy-3-phenylpropionic acid inhibits phytoalexin accumulation in soybean with concomitant loss of resistance against *Phytophthora megasperma* f. sp. glycine. Plant Pathol. 21-65-70.
- Morgan, E. D. and Mandava, N. B. 1988a. CRC Hand book of Natural Pesticides. Vol. IV. Pheromones, Part A. CRC Press, Inc. Florida, USA, 203pp.
- Morgan, E. D. and Mandava, N. B. 1988b. CRC Hand book of Natural Pesticides. Vol. IV. Pheromones, Part B. CRC Press, Inc. Florida, USA, 291pp.
- Mucharromah, E., and J. Kuć. 1991. Oxalate and phosphate induce systemic resistance against disease caused by fungi, bacteria and viruses in cucumber. Crop Protection 10:265-270.
- Olson, P. D., and J. E. Varner. 1993. Hydrogen peroxide and lignification. Plant J. 4:887-892.
- Padgett, M., and J. C. Morrison. 1990. Changes in grape berry exudates during

- fruit development and their effect on mycelial growth of *Botrytis cinerea*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:269-273.
- Payne, T. L., Birch, M. C. and Kennedy, C. E. J. 1986. Mechanisms in Insect Olfaction. Clarendon Press, Oxford. 364 pp.
- Perrenoud, S. 1977. Potassium and plant health. p. 1-118. In "Research Topics", No.3. Int. Potash Inst., Bern, Switzerland.
- Prestwich, G. D. and Blomquist, G. J. 1987. Pheromone Biochemistry. Academic Press, London. 565 pp.
- Reuveni, R., and M. Reuveni. 1998. Foliar-fertilizer therapy-a concept in intergrated pest management. Crop Protection 111-118.
- Ridgway, R. L., Silverstein, R. M. and Inscoc, M. N. 1990. Behavior- modifying Chemicals for Insect Management. Marcel Dekker, Inc. New York. 761pp.
- Robinson, P. W., and Hodges, C. F. 1981. Nitrogen-induced changes in the sugars and amino acids of sequentially senescing leaves of *Poa pratensis* and pathogenesis by *Drechslera sorokiniana*. Phytopathol. Z. 101:348-361.
- Ross, A.F. 1961. Systemic acquired resistance induced by localized virus infection in plants. Virology 14:340-358.
- Rowe, R. C. 1993. Potato health management. Plant health Management Series. 178pages. APS PRESS.
- Salakpetch, S., D.W. Turner and B. Dell. 1990. The flowering of carambola (*Averrhoa carambola* L.) is more strongly influenced by cultivar and water stress than by diurnal temperature variation and photoperiod. Scientia Horticultureae 43, 83-94.
- Tamaki, Y. 1985. Sex pheromones. In " Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology. Vol. 9. Behavior " Pergamon Press Ltd. pp.144-191.
- Timmer, L. W. and Duncan, L. W. 1999. Citrus health management. Plant health Management Series. 197pages. APS PRESS.
- Volk, R. J., R.P. Kahn, and R. L. Weintraub. 1958. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus, *Piricularia oryzae*. Phytopathol. 48:179-184.
- Walker, H. L., and J. A. Riely. 1982. Exaluation of *Alternaria cassiae* for the

- biocontrol of sicklepod (*Cassia obtusifolia*). *Weed Sci.* 30:651-654.
- Walter, D. R., and D. C. Murray. 1992. Induction of systemic resistance to rust in *Vicia faba* by phosphate and EDTA: effect on calcium. *Plant Pathology* 41:444-448.
- Weete, J. D. 1992. Induced systemic resistance to *Alternaria cassias* in sicklepod. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 40:437-445.

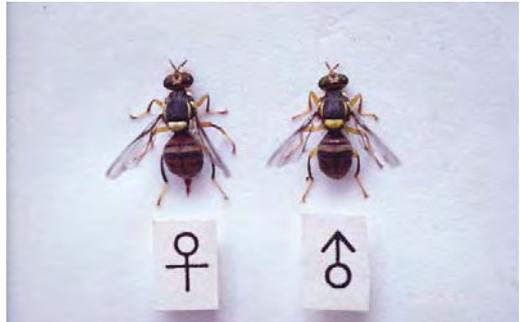
農藥之調配與安全使用

 <p>Figure 8-1 shows the initial preparation stage. On a white tray, there are four glass containers: a beaker with clear water, a bottle with yellow liquid, a bottle with orange liquid, and a beaker with white powder.</p>	 <p>Figure 8-2 shows two plastic bottles being shaken. The bottle on the left contains a clear liquid with a white layer at the bottom. The bottle on the right contains a dark brown liquid with a thick, greenish-yellow foam on top.</p>
<p>8-1</p>	<p>8-2</p>
 <p>Figure 8-3 shows two graduated cylinders on a white surface. The left cylinder contains a clear liquid with a white layer at the bottom. The right cylinder contains a dark brown liquid with a thick, greenish-yellow foam on top. A glass rod is visible to the right.</p>	 <p>Figure 8-4 shows a close-up of the two graduated cylinders from Figure 8-3. The left cylinder shows a clear liquid with a white layer at the bottom. The right cylinder shows a dark brown liquid with a thick, greenish-yellow foam on top.</p>
<p>8-3</p>	<p>8-4</p>

農藥藥害之發生與避免

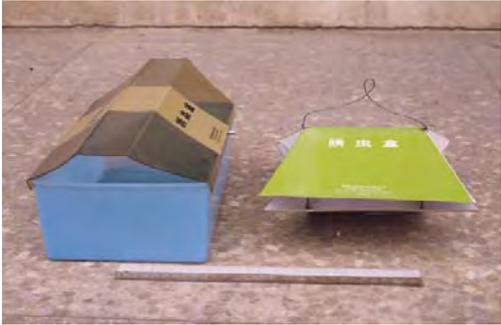
	
12-1	12-2
	
12-3	12-4
	
12-5	

東方果實蠅發生生態與防治

 <p>14-1</p>	 <p>14-2</p>
 <p>14-3</p>	 <p>14-4</p>
 <p>14-5</p>	 <p>14-6</p>

 <p>8/10/2000</p>	 <p>8/10/2000</p>
14-7	14-8
	
14-9	

昆蟲性費洛蒙及誘引劑在田間之實際應用

	
15-1	15-2



15-3



15-4



15-5



15-6



15-7

15-8

清園與田間衛生



16-1



16-2



16-3



16-4



16-5



16-6

栽培品種與性狀

	
<p>17-1</p>	<p>17-2</p>
	
<p>17-3</p>	<p>17-4</p>
	
<p>17-5</p>	<p>17-6</p>

	
17-7	

栽培與管理

	
18-1	18-2
	
18-3	18-4



18-5



18-6



果檢不正之楊桃
里港地區

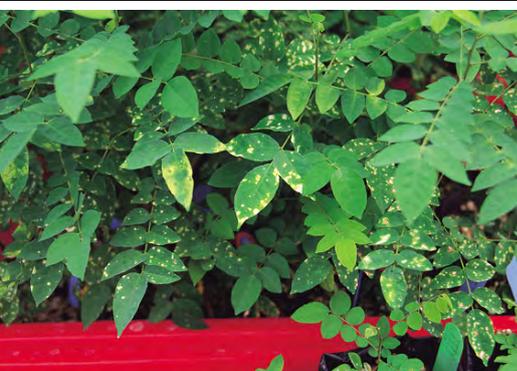
18-7



18-8



18-9



18-10

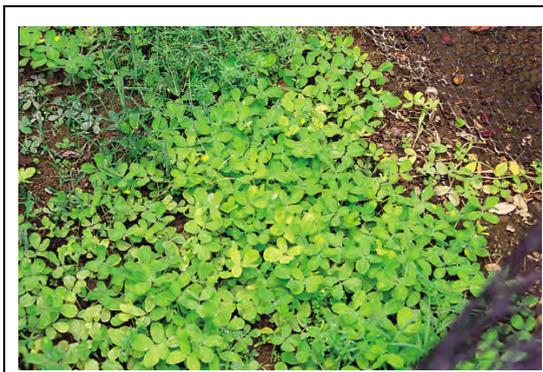


18-11



18-12

有機栽培



19-1



19-2

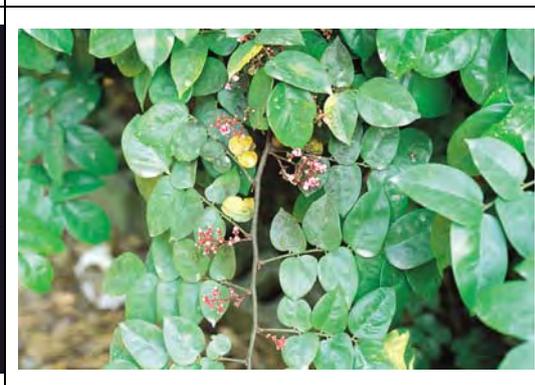


19-3



19-4

病害之發生與管理

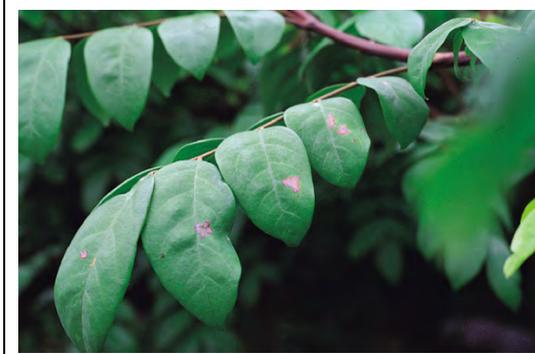
	
21-1	21-2
	
21-3	21-4
	
21-5	21-6



21-7



21-8



21-9



21-10



21-11



21-12



21-13



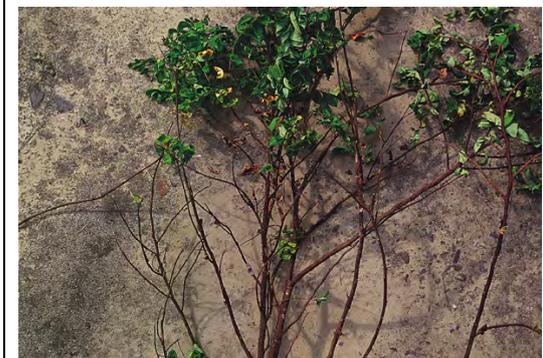
21-14



21-15



21-16



21-17



21-18



21-19



21-20



21-21



21-22



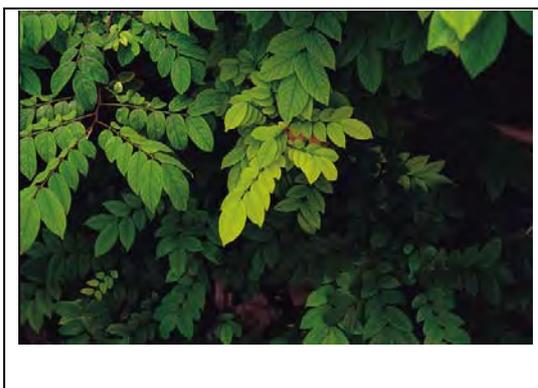
21-23



21-24

	
21-25	21-26
	
21-27	21-28

細菌性斑點病之發生與防治

	
21-29	22-1



22-2



22-3



22-4



22-5

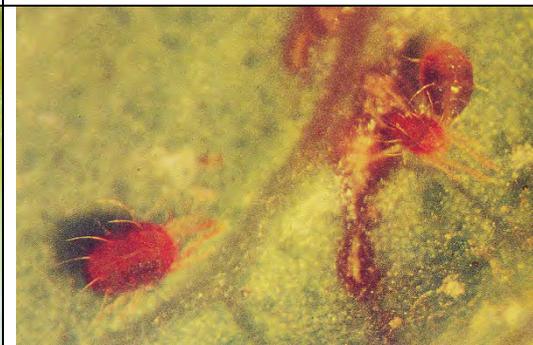


22-6



22-7

蟲害之發生與防治

	
23-1	23-2
	
23-3	23-4
	
23-5	23-6



23-7



23-8



23-9



23-10



23-11



23-12



23-13



23-14



23-15



23-16



23-17



23-18

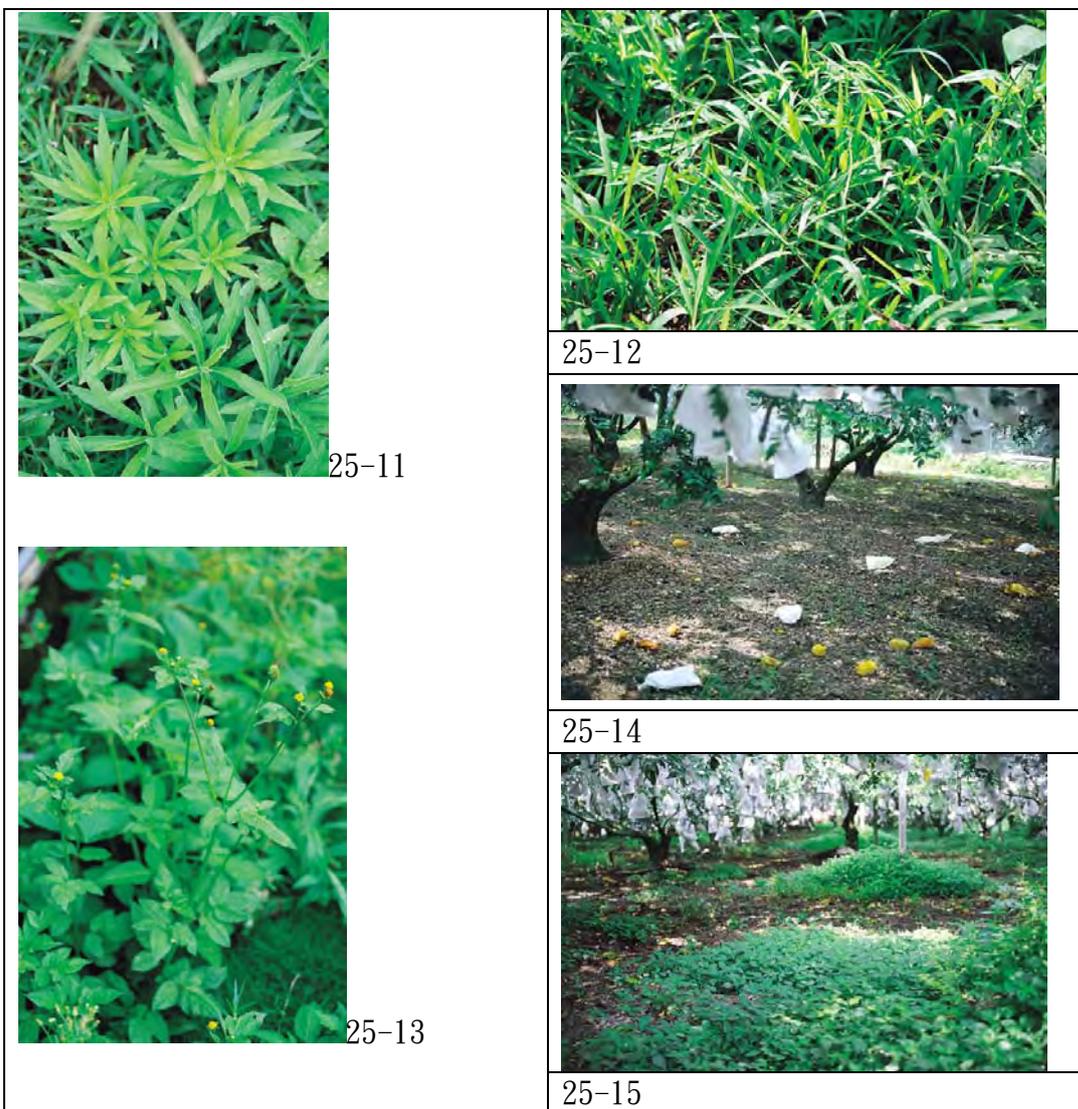
利用性費洛蒙綜合防治花姬捲葉蛾

	 <p>1. 幼蟲捲葉 2. 成蟲交配捲葉 3. 成蟲捲葉 4. 幼蟲捲葉 5. 成蟲捲葉 6. 幼蟲捲葉</p>
24-1	24-2

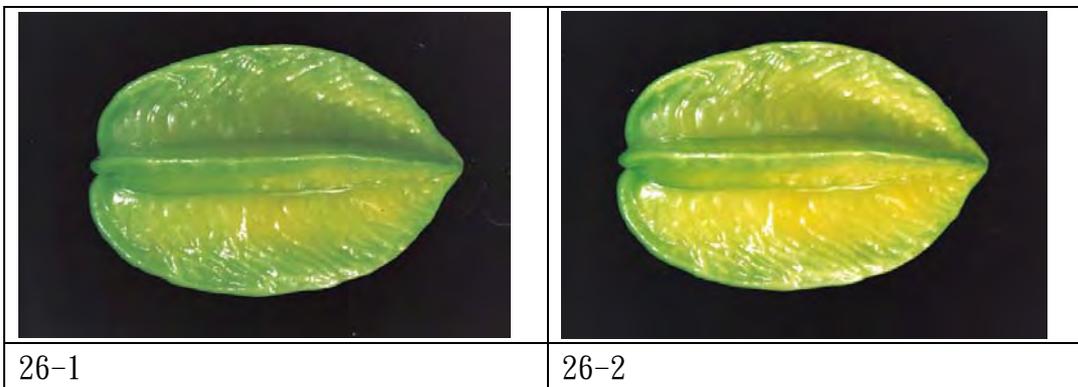
雜草管理

	
25-1	25-2
	
25-3	25-4

	
<p>25-5</p>	<p>25-6</p>
	
<p>25-7</p>	<p>25-8</p>
	
<p>25-9</p>	<p>25-10</p>



採收後處理





26-3



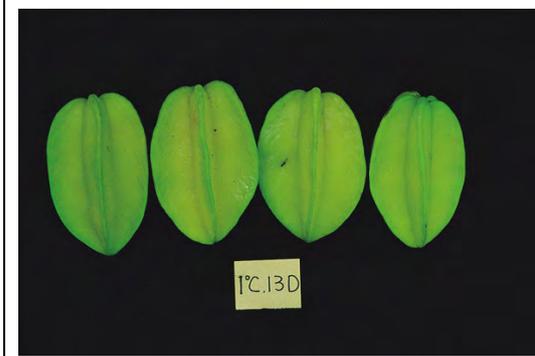
26-4



26-5



26-6



26-7



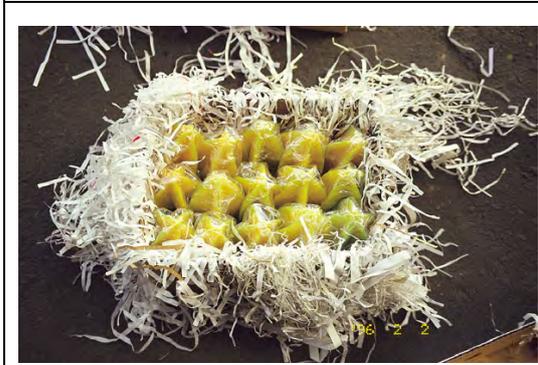
26-8



26-9



26-10



26-11



26-12



26-13



26-14

圖版說明

總論

農藥之調配與安全使用

- 圖版 8-1、乳劑與溶液外觀不易分辨，圖中右為乳劑，加入水中呈乳白色乳化現象；左為溶液，加入水中呈透明水溶液。
- 圖版 8-2、左為品質劣化之水懸劑，產生沉澱分層等現象；右為農藥混合不當，造成嚴重之絮聚、膠結、凝集及分層等現象。
- 圖版 8-3、左為農藥調配或混合時，產生大量氣泡之情形；右為加入少量消泡劑後，氣泡消失之改良情形。
- 圖版 8-4、左為混合不良藥液產生大量絮聚、沉澱；右為混合正常藥液分佈均勻，無沉澱產生。

農藥藥害之發生與避免

- 圖版12-1、固殺草及2,4-D噴及梨樹枝葉造成褐化及捲曲現象
- 圖版12-2、巴拉刈造成梨樹葉片褐化現象
- 圖版12-3、營養劑施用不當引起梨樹葉片綳縮、花青素累積之徵狀
- 圖版12-4、營養劑施用時期不當造成梨樹接穗枯萎現象
- 圖版12-5、營養劑施用不當成甜柿落果現象

東方果實蠅之發生生態與防治

- 圖版14-1、東方果實蠅之成蟲
- 圖版14-2、東方果實蠅之雌蟲產卵情形
- 圖版14-3、東方果實蠅之幼蟲
- 圖版14-4、東方果實蠅之蛹
- 圖版14-5、套袋法防治東方果實蠅
- 圖版14-6、防治東方果實蠅專用之甲基丁香油毒餌
- 圖版14-7、甲基丁油誘殺器
- 圖版14-8、蛋白質水解物的誘殺器
- 圖版14-9、以黃色黏紙誘殺東方果實蠅

昆蟲性費洛蒙及誘引劑在田間之實際應用

- 圖版 15-1、性費洛蒙以鋁箔紙包裹。

- 圖版 15-2、水盤式與黏膠式誘蟲器。
- 圖版 15-3、中改式誘蟲器。
- 圖版 15-4、雙層式寶特瓶誘蟲器。
- 圖版 15-5、三層式寶特瓶誘蟲器。
- 圖版 15-6、雙層漏斗型誘蟲器(自製)。
- 圖版 15-7、雙層漏斗型誘蟲器(商品)。
- 圖版 15-8、瓜果實蠅誘蟲器。左：麥氏誘蟲器。中：總收果實蠅誘蟲器。
右：安啦蜂蠅誘捕器。

清園與田間衛生

- 圖版16-1、採收後廢棄紙袋散置田間
- 圖版16-2、落葉及疏果之幼果棄置田間
- 圖版16-3、修剪之枝條散落田間
- 圖版16-4、修剪之枝條堆置田間
- 圖版16-5、罹病果實棄置田間
- 圖版16-6、罹病果實大量棄置於果園附近

各論

栽培品種與性狀

- 圖版17-1、秤錘種果實大，果稔薄，纖維較粗。
- 圖版17-2、二林種果實較小，顏色為綠白色。
- 圖版17-3、馬來西亞8號果形較長形，外表帶皺縮，顏色呈桔紅色。
- 圖版17-4、馬來西亞十號特徵為果稔厚，果形較短。
- 圖版17-5、青墩厚稔種稔邊帶綠，與果肉形成對比。
- 圖版17-6、酸味種果實常叢生一簇。
- 圖版17-7、臺農一號果實大，果色為黃白色，風味佳。

栽培與管理

- 圖版18-1、短花柱花著果率較高。
- 圖版18-2、長花柱花需異花授粉
- 圖版18-3、冬季楊桃因品種之耐寒力而會發生捲葉、黃化、及落葉現象。
- 圖版18-4、未經修剪之楊桃樹，樹形高大、雜亂、採果不易。

- 圖版18-5、棚架式整枝，較柔軟之新枝常靠棚架支撐果實的重量。
- 圖版18-6、以噴水帶進行果園之灌溉作業，可節省灌水量。
- 圖版18-7、果實與枝條競爭養分、或施肥不當，易造成果稔扭曲不正、果稔變薄。
- 圖版18-8、果園外圍以黑網圍圍，可防止果實受風吹襲而產生之擦傷。
- 圖版18-9、棚架配合套袋之生產方式。
- 圖版18-10、殺草劑使用不當，易導致枝葉、根發生藥害。
- 圖版18-11、採收後之果實先進行分級、套塑膠袋後再包裝。
- 圖版18-12、楊桃酒為近年十分暢銷之加工產品。

有機栽培

- 圖版19-1、果園栽種多年生花生防除雜草的滋生
- 圖版19-2、利用網室隔絕大型昆蟲的為害
- 圖版19-3、以含甲基丁香油誘殺盒誘集東方果實蠅，減少其為害程度。
- 圖版19-4、以性費洛蒙誘殺器誘殺楊桃花姬捲葉蛾

病害之發生與防治

炭疽病

- 圖版 21-1、密枝楊桃罹炭疽病之枝條出現枯萎現象
- 圖版 21-2、密枝楊桃罹炭疽病之葉片出現紅色病斑
- 圖版 21-3、炭疽病為害嚴重時，葉片黃化。
- 圖版 21-4、炭疽病之罹病果實
- 圖版 21-5、炭疽病於果實上之病斑可互相癒合而產生一不規則形之大病斑。

黑煤病

- 圖版 21-6、黑煤病為害葉片
- 圖版 21-7、黑煤病為害嚴重時，葉片表面覆蓋黑色粉狀物。
- 圖版 21-8、黑煤病為害果實

白粉病

- 圖版 21-9、白粉病罹病葉片
- 圖版 21-10、白粉病發生嚴重時，葉片易扭曲而不平整。
- 圖版 21-11、白粉病在罹病組織上產生分生孢子梗及分生孢子。

灰黴病

圖版 21-12、感染灰黴病之花穗

赤衣病

圖版 21-13、感染赤衣病之枝條

藻斑病

圖版 21-14、藻斑病之病枝條

Rhizoctonia 之枝條病害

圖版 21-15、罹病葉片及幼嫩枝條萎凋

圖版 21-16、罹病枝葉出現萎凋現象

圖版 21-17、罹病嚴重時枝條枯萎、葉片脫落。

白紋羽病

圖版 21-18、白紋羽病之罹病植株

圖版 21-19、白紋羽病罹病植株之葉片出現褪色現象

圖版 21-20、白紋羽病罹病植株之莖部，近地際部份可見菌絲蔓延。

缺鈣

圖版 21-21、缺鈣之植株

圖版 21-22、缺鈣植株之葉片變小，葉緣呈波浪狀或全葉向上拱起。

圖版 21-23、缺鈣果實之底部黃化

圖版 21-24、缺鈣果實之果稔變淡紅色

缺硼

圖版 21-25、缺硼植株之枝條出現連續性之橫紋

圖版 21-26、缺硼之植株新芽枯萎

圖版 21-27、缺硼之果園大量落果

缺鐵

圖版 21-28、缺鐵之葉片出現黃化症狀

圖版 21-29、缺鐵之新葉

細菌性葉斑病之發生與防治

圖版 22-1、馬來西亞品種葉片上之病

圖版 22-2、馬來西亞品種上之後期病斑，周圍出現黃色暈環。

- 圖版 22-3、細菌性葉斑病發病葉片黃化
圖版 22-4、細菌性葉斑病罹病嚴重之葉片發生落葉
圖版 22-5、細菌性葉斑病在葉背之病
圖版 22-6、細菌性葉斑病在果實上之病
圖版 22-7、細菌性葉斑病在果實上之病

蟲害之發生與防治

- 圖版 23-1、楊桃花姬捲葉蛾(♂)
圖版 23-2、花姬捲葉蛾之幼蟲
圖版 23-3、被果實蛀蟲為害之楊桃
圖版 23-4、果實蠅正準備產卵
圖版 23-5、東方果實蠅之幼蟲
圖版 23-6、柑桔葉 放大
圖版 23-7、被葉 類為害之葉片
圖版 23-8、蚜蟲為害引發煤煙病
圖版 23-9、被杜鵑粉蝨為害之葉片
圖版 23-10、粉介殼蟲為害果實
圖版 23-11、咖啡木蠹蛾之幼蟲
圖版 23-12、斑星天牛為害樹幹基部
圖版 23-13、楊桃鳥羽蛾成蟲
圖版 23-14、膠蟲為害枝幹
圖版 23-15、直翅類產卵為害枝條
圖版 23-16、扁蝸牛亦常在果實上發現
圖版 23-17、清除被害果及誘蟲器之應用
圖版 23-18、套袋能有效的保護果實

雜草管理

- 圖版 25-1、雞屎藤
圖版 25-2、野萵
圖版 25-3、紫花藿香薊
圖版 25-4、紫花酢醬草
圖版 25-5、華九頭獅子草
圖版 25-6、大花咸豐草

- 圖版 25-7、毛穎雀稗
- 圖版 25-8、火炭母草
- 圖版 25-9、竹子葉
- 圖版 25-10、野塘蒿
- 圖版 25-11、加拿大蓬
- 圖版 25-12、馬唐草
- 圖版 25-13、鬼針草
- 圖版 25-14、楊桃園雜草管理
- 圖版 25-15、楊桃園雜草管理

採收後處理

- 圖版 26-1、6 分熟之楊桃。
- 圖版 26-2、7 分熟之楊桃。
- 圖版 26-3、8 分熟之楊桃。
- 圖版 26-4、9 分熟之楊桃。
- 圖版 26-5、包裝及打洞對楊桃外觀之影響。CK:PE 袋包裝，果實完好，無擦壓傷；16:以打 16 個洞(0.5cm 直徑) PE 袋包裝，果實微有褐化；8:以打 8 個洞(0.5cm 直徑) PE 袋包裝，果實有輕微褐化；Nake:不包裝，稔緣褐化、失水。
- 圖版 26-6、“二林”楊桃之貯藏溫度，10°C 以下溫度才有抑制老化及病害的效果。
- 圖版 26-7、“秤錘”楊桃低溫檢疫後的外觀。
- 圖版 26-8、“秤錘”楊桃低溫檢疫後，分別放置 1、5、10、15、25°C 溫度下 7 日，1、5 及 10°C 仍能保持綠色。
- 圖版 26-9、“秤錘”楊桃低溫檢疫後，貯放於 1、5、10°C 下 7 日，再回溫至 25 °C 6 日，以 5 及 1°C 品質較佳。
- 圖版 26-10、外銷楊桃之包裝，內為 PP 透明盒之小包裝。
- 圖版 26-11、外銷楊桃之包裝，內襯無油墨紙絲。
- 圖版 26-12、外銷楊桃裝冷藏貨櫃。
- 圖版 26-13、楊桃之稔緣及果皮褐斑。
- 圖版 26-14、楊桃老化引起之腐爛。

附錄一、化學肥料之成分

表一、常見化學肥料種類、三要素成分及性質

肥料名稱	分子式	氮-磷-鉀 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	分子量	當量	酸鹼度 反應	有效性	可溶性 g/100ml
氯化銨	NH ₄ Cl	25-0-0	53.50	53.50	酸性	速效性	39.7
硝酸銨	NH ₄ NO ₃	33.5-0-0	80.05	80.05	酸性	速效性	118.3
磷酸一銨	NH ₄ H ₂ PO ₄	11-48-0	115.04	115.04	酸性	速效性	22.7
磷酸二銨	(NH ₄) ₂ HPO ₄	21-53-0	132.07	66.00	酸性		42.9
硫酸銨	(NH ₄) ₂ SO ₄	20-0-0	132.15	66.10	極酸性	速效性	70.6
尿素	CO(NH ₂) ₂	46-0-0	60.06	30.03	酸性	速效性	78.0
硝酸鈣	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	16-0-0	236.16	118.10	鹼性	速效性	102.0
硝酸鈉	NaNO ₃	16-0-0	85.01	85.01	鹼性	速效性	73.0
硝酸鎂	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	11-0-0(9(MgO))	256.40	128.20	中性	速效性	42.3
氰化鈣	CaCN ₂	30-0-0	80.11	—	鹼性	速效性	分解
磷酸	H ₃ PO ₄	0-52-0	98.00	98.00	中性	速效性	548.0
磷酸二銨		21-53-0	132.07	66.00	酸性	速效性	42.9
磷酸二氫鉀	KH ₂ PO ₄	0-53-34	120.10	120.10	鹼性	速效性	33.0
磷酸氫二鉀	K ₂ HPO ₄	0-41-51	174.20	87.10	鹼性		169.0
過磷酸鈣	CaH ₄ (PO ₄) ₂	0-20-0	—	—	中性	緩效性	1.8
重過磷酸鈣	CaH ₄ (PO ₄) ₂	0-42-0	—	—		緩效性	1.8
超過磷酸鈣		0-45-0	—	—	酸性	緩效性	1.8
鹼性熔渣	5CaO·P ₂ O ₅ ·SiO ₂	0-17-0	—	—	鹼性	緩效性	—
氯化鉀	KCl	0-0-62	74.55	74.55	極酸性	速效性	34.7
硝酸鉀(硝石)	KNO ₃	13.0-0-44	101.10	101.10	中性	速效性	13.3
硫酸鉀	K ₂ SO ₄	0-0-53	174.26	87.13	酸性	速效性	6.9
硫酸鈣(石膏)	CaSO ₄ ·2H ₂ O	0-0-0(30(CaO))	172.18	86.09	中性	緩效性	0.2
碳酸鈣(石灰石)	CaCO ₃	0-0-0(56(CaO))	100.10	50.10	鹼性	速效性	0.002
氫氧化鈣(水解石灰)	Ca(OH) ₂	0-0-0(75(CaO))	74.10	37.10	鹼性	速效性	0.19
硫	S	0-0-0	32.10	—	酸性	緩-中效性	不溶
硫酸鎂	MgSO ₄ ·4H ₂ O	0-0-0(16(MgO))	246.50	123.25	中性	速效性	71.0
硫酸鋁	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	0-0-0	666.45	222.15	極酸性	速效性	可溶
白雲石 (含白雲石的石灰)	MgCO ₃ ·CaCO ₃	0-0-0	-	—	酸性	速效性	-
仙丹肥		14-14-14				控制性	

花寶一號		7-6-19				速效性	
花寶二號		20-20-20				速效性	
花寶三號		10-30-20				速效性	
花寶四號		25-5-20				速效性	
花寶五號		30-10-10				速效性	
施樂		12-12-12					
奧妙肥一號		14-14-14				緩效性	
奧妙肥二號		18-6-12				緩效性	
奧妙肥三號		18-5-11				緩效性	
愛美園藝肥		10-10-10				緩效性	
臺肥 12 號		5-10-10				速效性	
臺肥 43 號		15-15-15				速效性	
臺肥 5 號		16-8-12				速效性	
臺肥花肥一號		9-18-14				緩效性	
臺肥花肥二號		20-20-20				速效性	
臺肥花肥三號		30-10-20				速效性	
豐多樂錠劑		8.6-8.7-23.7					
魔肥		7-40-6				緩效性	
大豆餅		7-1.5-2.5				中效性	分解
活性污泥(有機)		(4-6)-(2-4)-0				中效性	分解
骨粉(有機)		2-25-0			酸性	緩-中效性	
乾雞糞		4-3-1.5				中效性	分解
腐熟牛糞		(1-1.5)-0.4-(0.5-1)				中效性	分解
腐熟豬糞		1.75-0.8-1				中效性	分解

註：本表資料僅提供常見肥料之成分，然廠牌不同時純度常見不同，故其含量亦稍有差異，因此換算肥料用量時，需注意包裝上標示之成分，並以此為換算基準

表二、微量要素肥料之成份及特性

主成分	化合物	分子式	含量	備註
硼(B)	硼砂	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11%B	溶於沸水
	硼酸	H_3BO_3	17%B	溶於沸水
銅(Cu)	硫酸銅	$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35%Cu	在溫室中最常用
	鹼性硫酸銅	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	13-35%Cu	
	銅螯合物	$\text{Na}_2\text{Cu EDTA}$	13%Cu	在銅的有效性成問題的地方緩慢釋放
		NaCu HEDTA	9%Cu	
鐵(Fe)	硫酸亞鐵	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	19%Fe	
	硫酸鐵	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	23%Fe	在 pH 高於 7.0 時可能無效，通常作液肥施用
	鐵螯合物	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5-14%Fe	
		NaFe EDTA	6%Fe	pH7.0 以上比 EDTA 好
		NaFe EDDHA	10%Fe	
錳(Mn)	硫酸錳	$\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	26-28%Mn	
	錳螯合物	Mn EDTA	12%Mn	
	氯化錳	MnCl_2	17%Mn	
鉬(Mo)	鉬酸鈉	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39%Mo	
	鉬酸銨	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	54%Mo	
	鉬酸	H_2MoO_4	59%Mo	
鋅(Zn)	硫酸鋅	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35%Zn	
	鋅螯合物	$\text{Na}_2\text{Zn EDTA}$	14%Zn	
		NaZn HEDTA	9%Zn	

表三、肥料成分的換算表

A	B	A→B	B→A
氮(N)	氮(NH ₄)	1.288	0.777
	硝酸(NO ₃)	4.426	0.226
	硝酸鈣(Ca(NO ₃) ₂)	5.857	0.171
	硝酸鈣(Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O)	5.429	0.119
	硝酸鉀(KNO ₃)	7.216	0.139
磷(P)	磷酸(PO ₄)	3.067	0.362
	磷酐(P ₂ O ₅)	2.291	0.437
	重過磷酸鈣+硫酸鈣 Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O + CaSO ₄ ·2H ₂ O	14.123	0.071
	磷酸二氫鉀(KH ₂ PO ₄)	4.385	0.228
	磷酸銨(NH ₄ H ₂ PO ₄)	3.713	0.269
	鉀(K)	氧化鉀(K ₂ O)	1.205
氯化鉀(KCl)		1.907	0.525
磷酸二氫鉀(KH ₂ PO ₄)		3.481	0.287
硝酸鉀(KNO ₃)		2.586	0.387
硫酸二鉀(K ₂ SO ₄)		2.229	0.449
鈣(Ca)	氧化鈣(CaO)	1.399	0.715
	氯化鈣(CaCl ₂)	2.769	0.361
	磷酸鈣+硫酸鈣 Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O+CaSO ₄ ·2H ₂ O	4.833	0.207
	硝酸鈣(Ca(NO ₃) ₂)	4.094	0.244
	硝酸鈣(Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O)	5.893	0.170
	鎂(Mg)	氧化鎂(MgO)	1.658
硫化鎂(MgSO ₄ ·7H ₂ O)		10.132	0.099
硫(S)	硫酸(SO ₄)	3.000	0.333
	硫酸(H ₂ SO ₄)	3.059	0.327
	硫酸鉀(K ₂ SO ₄)	5.437	0.184
	硫化鎂(MgSO ₄ ·7H ₂ O)	7.689	0.130

附錄二、肥料相關詞解釋

鍾仁賜

國立臺灣大學農業化學系

臺北市羅斯福路四段一號

- 1、BOD(biological oxygen demand)：生物需氧量，在一定的時間及一定溫度及條件下有機物經由生物化學氧化所需要的氧量，為間接的測量有機質中生物可分解的物質。
- 2、COD(chemical oxygen demand)：化學需氧量，有機質在一定的條件下氧化所需之化學氧化劑的量再換算為氧氣的量所表示的值。
- 3、pH：以氫離子活度的倒數的對數來表示酸性或鹼性的程度。其範圍由1~14，其中7表示中性，大於7表示鹼性，小於7表示酸性，且數字越大表示鹼性越強，反之，越小表示鹼性越弱，酸性越強。
- 4、ppb(part per billion)：十億分數，在十億份重量單位中含有某一物質的重量單位，如堆肥中含鉛10ppb即表示每十億公斤之堆肥中含有鉛10公斤。
- 5、ppm(part per million)：百萬分數，在一百萬份重量單位中含有某一物質的重量單位，如堆肥中含10ppm即表示每一百萬公斤之堆肥中含有10公斤。
- 6、二縮態氮(bruret nitrogen)：二縮態氮為兩個尿素分子的縮合物的縮合物，是尿素生產過程中的副產品，對植物有毒，二縮態中的氮稱為二縮態氮。
- 7、土壤污染(soil pollution)：土壤因物質、生物或能量之介入，改變品質，影響其正常用途，或危害國民健康或生活環境之謂。
- 8、土壤改良(soil improvement)：藉添加物，使土壤之物理、化學或生物性質發生改變而利於作物生長行為之謂。
- 9、土壤改良劑(soil amendment)：可以改良土壤之物理、化學及生物性質，但是不包括化學肥料、農用石灰資材、未經處理之動物廢肥、未經處理之植物資材殺蟲劑及其他規定外之物質。

- 10、元素態(elemental form)：肥料管理法規所稱之元素態，係指肥料中之成分以該要之元素所佔的百分數所表示的組成，微量要素肥料硼(B)、錳(Mn)、鋅(Zn)等，均以元素態標示其含量。硼=氧化硼(B_2O_3) \times 0.3106
- 11、化學肥料(chemical fertilizer, commercial fertilizer)：利用技術、設備、材料或能源，經由化學反應所生產的肥料，如磷與鉀肥料為天然產物經由化學的改變而得，而氮肥則簡單的物質合成。
- 12、水分(moisture content, water content)：肥料管理法規所稱之水分，指肥料(尤其是有機肥料)在運銷過程實際所含之水分，即將肥料在一定的溫度下烘乾後的損失量所佔之百分數。
- 13、水溶性(water soluble)：肥料管理法所稱之水溶性，係指肥料成分中在一定的條件下溶於的部分稱之，水溶肥料，植物較容易吸收。
- 14、包裝(package)：肥料管理法規規定，肥料應經過包裝後，始得運銷。但國內生產之商品化堆肥，由工廠(場)直接運至農地施用者，不在此限。其目的為確保肥料品質和方便於運銷。
- 15、可溶性(soluble)：指肥料中之成分在一定之溶劑和條件下所溶出之統稱。肥料管理法規所訂之規格，分別以水溶性、檸檬酸溶性、檸檬酸銨溶性、鹽酸溶性等標示之。
- 16、全氮(total nitrogen)：肥料中所含氮之總量稱之，包括銨態氮、硝酸態氮、尿素態氮、胺基酸態氮等之和，以佔肥料中的百分數表示。肥料規格，經規定銨態氮及硝酸態氮，必須據實標示其含量。而尿素態氮等之含量，包括於全氮中，不另標示。
- 17、全磷酐(total phosphoric acid, total phosphorus pentoxide)：磷酐(P_2O_5)，指氧化態的磷，全磷酐指肥料中磷酐的全量。有機肥料以全磷酐標示其含量外，一般肥料須以水溶性磷酐、檸檬酸銨溶性磷酐或檸檬酸磷酐，標示其含量。
- 18、有害成分(toxic ingredient)：影響作物正常生長及人、畜健康之物質，如各種重金屬、酸等成分。
- 19、有機質(organic matter)：由生物而來之物質及其分解產物稱之，如植物物質、動物物質(含其排泄物)。此種肥料稱為有機質肥料。
- 20、次量要素(secondary nutrients)：高等植物生長必須之 種元素中，硫、鎂、矽及鈣，因需要量較氮、磷、鉀為少，稱為次量要素。含有該要素之肥料稱為次量要素肥料。

- 21、灰分(ash content)：有機物經完全燃燒後留下之餘物之謂，主要為二氧化矽、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂等。
- 22、作物毒害試驗(toxicity experiment of crop plant)：將有害物質或涉嫌含有有害物之肥料加至植物生長的介質中，以觀察該物質對作物生長的影響稱之。
- 23、尿素態氮(urea nitrogen)：尿素分子中之氮稱為尿素態氮。肥料規格之規定，尿素肥料中之全氮量須在 46.0% 以上。
- 24、亞硝酸(nitric acid)：為三氧化二氮的水溶液，是強酸之一，分子式為 HNO_2 的化合物。
- 25、亞硝酸態氮(nitrite nitrogen)：在原子團亞硝酸根離子 NO_2^- 中的氮稱之，對植物有害。
- 26、其他成分(other ingredients)：肥料管理法規所其他成分，係指肥料中的附屬成分，對植物生長有益，而其含量超過某一限度以上，且經委託試驗證實者。
- 27、泥炭(peat)：一般指在濕地自然形成之部分的有機質，通常泥炭是草、樹或苔類及其他草澤地和林澤地植物之未分解殘餘物。
- 28、肥料(fertilizer)：肥料管理法規所稱之肥料，係指供給植物養分或促植物養分利用之物品。
- 29、肥料三要素(primary nutrients)：高等植物生長之十六種必須元素中氮、磷及鉀，稱為肥料三要素。含有該要素之肥料，稱為三要素肥料。
- 30、肥料品目(brand, fertilizer name)：肥料管理法所稱之肥料品，係指肥料管理之公訂名稱，如尿素、硫酸銨、氯化鉀、複合肥料等。
- 31、肥料查驗(fertilizer inspection)：肥料管理法規所之稱之肥料查驗，係指肥料管理之農政主管機關派員到轄區內所製造、輸入及販賣之肥料就品質標示及廣告事項是否符合規定之查驗。
- 32、肥料國家標準(Chinese national standards of fertilizer, CNS)：經濟部標準檢驗局對肥料品質等所訂之標準。
- 33、肥料規格(fertilizer specifications)：肥料管理法規所說之肥料規格係指對每一種肥料所規定之條件，如每一肥料有一品目、保證成分低限、有害成分高限及其理化性等之規定事項。其保證成分如硫酸肥料必須有銨態氮 20.5% 以，裹覆尿素肥料必須有全氮 35.0% 以上，混合鎂肥的肥料必須含有檸檬酸溶性氧化鎂 23.0% 及水溶性氧化 3.0% 以上等。

- 34、肥料標示(fertilizer label)：肥料管理法規所稱之肥料標示係指肥料包裝或容器上用以記載肥料名稱、登記成分、用法或其他有關事項之文字或圖案。
- 35、肥料檢驗(fertilizer investigation)：肥料管理法規所稱之肥料檢驗，係指肥料於製造出廠或輸入時，肥料檢驗主管機關對其肥料品質及標示事項是否符合規定之檢驗。
- 36、非產酸肥料或中性肥料(nonacid-forming fertilizer 或 neutral fertilizer)。
- 37、保證成分(guaranteed analysis)：肥料管理所稱之保證成分，係在公定之「肥料品目及規格表」之範圍內由製肥工廠設定，經記載於肥料登記證及標示上之成分，銷售之成分不得低於其實成分。
- 38、重金屬(heavy metals)：密度大於 6g mL^{-1} 或原子序大於二十之金屬或類金屬元素。在台灣之污染調查則集中在砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛及鋅八種重金屬。
- 39、容許差(investigational allowance)：肥料國家標準之容許差，指肥料之標示含量與其實際含許可差異範圍，如複肥料全氮之保證成分 6% 以上時，其容許差為 0.5%，而全氮保證成分 6% 以下時，其容許差為 0.4%。
- 40、氧化態(oxide form)：元素與氧的化合物，表示肥料中要素的量，常以該要素氧化物表示。肥料管理上，磷(P)、鉀(K)、鎂(Mg)、鈣(Ca)、矽(Si)等，均以氧化態標示其含量，其換算係數如下：磷酐(P_2O_5)=磷 $\times 2.2914$ ；氧化鉀(K_2O)=鉀 $\times 1.2046$ ；氧化鎂(MgO)=鎂 $\times 1.6538$ ；氧化鈣(CaO)=鈣 $\times 1.3992$ ；氧化矽(SiO_2)=矽 $\times 2.1394$ 。
- 41、氨基磺酸(sulfamic acid)：分子式為 NH_2SO_3 的有機化合物，是造肥料之硫酸中含的雜質，植物有害。
- 42、脲態氮(guanyl nitrogen)：脲基 $[\text{H}_2\text{NC}^+(\text{NH}_2)\text{NH}_2]$ 中的氮。為硫酸脲基尿素合成過程中的副產品。
- 43、胺基酸(amino acids)：為構成大部分生物的重要有機分子，其組成特性為含有一個以上的鹼性胺基(NH_2)及一個或多個酸性羧基(COOH)的有機化合物，為蛋白質的建構單位。肥料管理上胺基酸態氮之含 0.5% 以上者，可列入植物生長輔助劑，予以登記。
- 44、乾基(dry weight basis)：物質中之任何一個組成分的質與該物質在一定溫度烘乾之質量的比值，稱之為以乾重為基礎(乾基)的濃度。如堆肥內之有機質含量，以乾基量計之。

- 45、堆肥(compost)：有機質或有機質與土壤之混合物經混合、堆積、翻堆、加水及添加或不添加肥料或石灰，使其經嗜熱性微生物的降解，直至原來之有機質有相當的改變或降解、其物理化學性質發生變化，施到土壤中後不會對土壤中的微生物族群產生劇烈影響之物質。肥料管理法規所稱之堆肥，指以有機質材料經醱酵腐熟而成之有機質肥料。
- 46、淨重(容)量(net weights, net volume)：販售肥料之包裝中內含之肥料質或體積分別稱為淨重量或淨容量。
- 47、產酸肥料(acid-forming fertilizer)：施用後能使土壤之酸性增加的肥料。
- 48、硫氰酸(thiocyanic acid)：分子式為 HCNS 的化合物，對植物有毒。
- 49、粒度(fineness)：為表示粒子大小的用語，粒度越大表示粒子越大，反之，粒度越小表示粒子越小。
- 50、速效性(rapidly available)：肥料施用到土壤中立刻可為植物利用者，如水溶性氮肥與鉀肥，或者施用到土壤中短時間內即可改善土壤性質之謂。
- 51、最大主成分合計量(maximum total content of main ingredients)：肥料中某一主成分可能有不同的型態，如磷有全磷酐、檸檬酸溶性磷酐或水溶性磷酐，其中全磷酐的含量最高，稱為最大成主要成分。若肥料中的主成分有二種以上，則每一最大主成分含量之和稱最大主成分合計量。
- 52、最低含量(minimum content)：肥料管理法規所說之最低量是指肥料中主成分含量必須達到保證成分所規定的低限，如過磷酸鈣中的水溶性磷酐需 18.0% 方可。
- 53、單項肥料(single fertilizer, straight fertilizer)：又稱單質肥料，僅含有肥料三要素中之一種的化學肥料之謂。
- 54、植物生長補助劑(plan growth auxiliary substance)：肥料管理法規所說之植物生長補助劑係指凡不符合肥料中的規格，但是對植物之生長有促進作用者，如腐植酸、海草加工品、胺基酸及泥炭等。
- 55、植物生長調節劑(plant growth regulator, plant growth hormone)：人工合成的化學物質，在極低的濃度即對植物之生理、生化或型態產生反應。
- 56、游離硫酸(free sulfuric acid)：肥料(如過磷酸鈣)製造過程中所添加之硫酸中未參與反應而留於產物中者。
- 57、無機物(inorganic substances)：除了複雜的碳氫化合物之外的元素及其他化合物均稱為無機物。
- 58、硝酸(nitric acid)：分子式為 HNO_3 的化合物稱之。

- 59、硝酸態氮(nitrate nitrogen)：在原子團硝酸根離子 NO_3^- 中的氮稱之，為植物吸收之氮的主要型態之一，尤其在旱地。
- 60、稀薄肥料(dilute fertilizer)：肥料要素含量 30% 以下者，通常指有機肥料。
- 61、陽離子交換容量(cation exchange capacity, CEC)：堆肥(有機質)或土壤所能吸附的陽離子的最大量稱之，通常以一百克所吸附的毫當量數表示。
- 62、微量元素(micro-nutrients)：高等植物植物生長必須之十六種元素中的銅、鋅、硼、錳、鉬、氯及鐵等，因需要量少而稱為微量元素。含有本項要素成者，稱為微量元素肥料。
- 63、農藥肥料(pesticidal fertilizer)：具有農藥與肥料兩種功能的物質，為農藥與肥混合在一起製造而得或為肥料但具有農藥之功效者均稱之。如氰化鈣為肥料，但是具有農藥功效之例。
- 64、鉗合態肥料(chelate fertilizer)：稱為鉗合劑的某些有機化合物，可以與微量元素之金屬離子形成環狀化合物，而將金屬離子結合於二個或多原子中，稱為鉗合態肥料。其間之結合足以減低金屬離子被土壤固定的速率，而更利於植物的吸收。
- 65、電導度(electric conductivity)：指物質傳導電流的能力，若為水溶為水溶液，則此能力與溶液中的離子濃度密切相關，導電度越高，表示其中所含之離子濃度越高。其測定則將所欲測定的物質加入一定量水萃取其中的電解質，然後測定電導大小，通常以 mmho/cm 或 dS/m 表示之。
- 66、碳氮比(carbon-nitrogen ratio, C/N)：有機質或土壤中，有機態碳的質量與總氮的質量的比值。通常是以有機質或土壤中有機態碳的百分比除以總氮的百分比而得。
- 67、網目(mesh)：表示一個網的孔隙的大小或通過一個網之物質的大小的用語，以孔徑表示，如 2.0mm 網目表示網目孔徑為 2.0mm。
- 68、腐植酸(humic acid)：土壤或有機物中經由鹼(一般為 0.5~1.0M 之氫氧化鈉水溶液)萃取後再酸化所得之深色沈澱物稱之。
- 69、腐植質(humic substance)：植物物質或動物物質在土壤中經微生物的分解後所形成之相當穩定的黑色物質稱之。
- 70、裹覆肥料(coated fertilizer)：在粒狀肥料外層裹覆一層樹脂或其他較不易溶解的物質，以減少低肥料之沿解或釋放速率者。
- 71、銨態氮(ammonium nitrogen)：銨為帶一正電的原子團(NH_4^+)，是植物吸收氮素的型態之一，這種結合態的氮稱為銨態氮。

- 72、樣品(sample)：可以代表全體之一部分者稱之。
- 73、緩效性(slowly available)：肥料施用土壤中要經過一段時間的轉變才能成為植物有效者稱之。
- 74、複合肥料(compound fertilizer)：肥料中保證含有肥料三要素中兩種以上之成分者，混合肥料或化成肥料均屬之。混合料僅為兩或兩種以上肥料之物理性的混和，化成肥料則有化學反應發生。
- 75、濃厚肥料(high analysis fertilizer)：指肥料要素含量 30% 以上。
- 76、檸檬酸溶性(citrate soluble)：肥料管理法規所說檸檬酸溶性指肥料中的成分可以以一定濃度的檸檬酸溶液，在一定條件下溶出者，如檸檬酸溶性磷酐、檸檬酸溶性氧化鎂。
- 77、檸檬酸銨溶性(ammonium citrate soluble)：肥料管理法規所說檸檬酸銨溶性指肥料中的成分可以一定濃度的檸檬酸銨溶液，在一定之條件件之條件下溶出者，如檸檬酸銨溶性磷酐、檸檬酸銨溶性氧化鎂。
- 78、雙氰胺態氮(dicyanodimide nitrogen)：分子式為 $\text{NH}_2\text{C}(\text{NH})(\text{NHCN})$ 的化合物，是一種白色結晶之有機物，合成脈基尿素的原料，可當農藥，對植物有毒。
- 79、醱酵腐熟(fermentation maturity)：有機質或有機質與土壤之混合物經混合、堆積、翻堆、加水及添加或不添加肥料或石灰、使其經嗜熱性微生物的降解，直至原來之有機質有相當的改變或降解、其物理化學性質發生變，施到土壤中後不會對土壤中的微生物族群產生劇烈影響之過程之。
- 80、礦物(minerals)：任何一種自然形成之有固定化學組成的均質固體之謂，其組成可能為一單一元素如銅、金或銀等，或者化合物如氯化鈉，人造的雖然也是無機物但不屬之。
- 81、鹼性肥料(basic fertilizer)：使土壤鹼性增加的肥料。
- 82、鹼度(alkalinity)：0.5M 的鹽酸溶性鈣與 0.5M 的鹽酸溶性鎂含量，換算成氧化鈣(CaO)的合計量稱為鹼度。
- 83、鹽酸溶性(hydrochloric acid soluble)：肥料中之成分以某一定濃度之鹽酸可溶出的量稱為鹽酸溶性，如矽酸肥料中之活性矽酸是以 0.5N 的鹽酸可溶出的部分。

(摘錄至肥料要覽 200-209 頁. 1999 年.臺灣省政府農林廳印行. 255 頁)

附錄五、劇毒性成品農藥一覽表

農藥普通名稱		劑型含量	備註 (施用之作物種類)
中文	英文		
一品松	EPN	45%乳劑	水稻、玉米、大豆、甘蔗、棉花
大福松	fonofos	47.3%乳劑	蔬菜、香蕉
巴拉松	parathion	47%乳劑	鳳梨
克硫松	chlorthiophos	45%乳劑	康乃馨
美文松	mevinphos	25.3%乳劑	蔬菜、豌豆、茶、菊花
福賜米松	phosphamidon	51%溶液	柑桔
		50%可濕性粉劑	*****
飛克松	prothoate	40%乳劑	柑桔
普伏松	ethoprophos	70.6%乳劑	蔬菜、番茄
二氯松	dichlorvos, DDVP	50%乳劑	蔬菜、番茄、洋菇、茶
		30%煙燻劑	菸草倉庫
加保扶	carbofuran	40.64%水懸劑	蔬菜、西瓜、水稻、玉米、高粱、綠豆、柑桔、香蕉、荔枝、葡萄、檬果、梨、茶、菸草、木麻黃
		75%可濕性粉劑	馬鈴薯、水稻、玫瑰
		85%可濕性粉劑	西瓜、茄子、水稻
加護松	carbofuran	50%乳劑	棉
甲基巴拉松	methyl parathion	50%乳劑	水稻
甲基滅賜松	demephion	25%乳劑	棉
托福松	terbufos	10%粒劑	蔬菜、番茄、西瓜、大豆、柑桔、香蕉、甘蔗
谷速松	azinphops-methyl	20%乳劑	柑桔、棉
亞素靈	monocrotophos	55%溶液	水稻
美福松	mephosfolan	25%乳劑	蔬菜、杉木苗
飛達松	heptenophos	50%乳劑	桑

納乃得	methomyl	24% 溶液	甘藍、水稻、玉米、大豆、高粱、柑桔、葡萄、茶、菸草、菊花、玫瑰、黃麻、亞麻
		90% 可濕性粉劑	甘藍、番茄、水稻、甘藷、大豆、高粱、柑桔、檬果、茶、菸草、菊花、黃麻、亞麻
滅大松	methidathioa	40% 乳劑	蔬菜、柑桔、檬果、木瓜、番石榴、茶
滅加松	mecarbam	35% 乳劑	香蕉、荔枝、落花生
滅賜松	demeton-S-methyl	25% 乳劑	柑桔、甘蔗、黃麻、竹
達馬松	methamidophos	50% 溶液	蔬菜、蘆筍、水稻、落花生、檬果、棉、菸草、菊花、玫瑰、麻竹
福瑞松	phorate	10% 粒劑	菜豆、大豆、敏豆、甘蔗、棉、鳳梨
歐滅松	omethoate	50% 溶液	大豆、柑桔、蘋果、番石榴
歐殺滅	oxamyl	24% 溶液	西瓜、包心芥菜、番茄、柑桔、落花生
雙特松	dicrotophos	27.4% 溶液	水稻
大克松	dioxathion	33% 乳劑	棉花
亞環錫	azocyclotin	25% 可濕性粉劑	柑桔
覆滅	formethoanante	50% 可濕性粉劑	茄子、棉花
芬滅松	fenamiphos	40% 乳劑	草莓
巴拉刈	paraquat	24% 溶液	碗豆園、水田、甘蔗田茶園、非耕地
安妥	antu	19% 粉劑	養鴉場

好達勝	aluminum phosphide	56% 粉劑 57% 粉劑 55% 片劑	蒜頭、穀倉 蒜頭、菸草倉庫 蒜頭、菸草倉庫、穀倉 菸草倉庫、穀倉
氯化苦	chloropicrin	57% 片劑 99% 溶液	洋菇
溴化甲烷	methyl bromide	99.5% 水懸粉 98% 溶液	穀倉 菸草、泡桐、棉
磷化鎂	magnesium phosphide	66% 片劑 32% 片劑	菸草倉庫、穀倉 菸草倉庫、穀倉
巴馬松	parathion + malatihon	50% 乳劑	水稻
大福丁滅蟲	fonofos + BPMC	50% 乳劑	水稻
大福賽寧	fonofos + cypermethrin	40% 乳劑 40% 可濕性粉劑	蔬菜、水稻、柑桔 蔬菜、水稻、柑桔
加芬賽寧	carbophenothion + cypermethrin	40% 乳劑	蔬菜、水稻、柑桔
甲品松	methyl parathion + EPN	50% 乳劑	水稻
亞特文松	primiphos methyl + mevinphos	50% 乳劑	甘藍蚜蟲
芬保扶	carbophenothion + carbofuran	50% 可濕性粉劑	水稻
益保扶	phosmet + carbofuran	50% 可濕性粉劑	水稻
納得亞滅寧	alphamethrin + methomyl	13.5% 乳劑	蔬菜、柑桔
普硫美文松	prothiophos + mevinphos	45.3% 乳劑	蔬菜
普滅蟲	ethoprop + MIPC	40% 乳劑	水稻

裕馬松	phosalone + methamidophos	40%乳劑	蔬菜、菊花
福文松	phosphamidon + mevinphos	70%溶液	菊花
普伏瑞松	ethoprop + phorate	10%粒劑	葡萄
普二硫松	ethoprop + disulfoton	10%粒劑	玉米、落花生
巴達刈	paraquat + diuron	33.6%水懸劑 42.5%水懸劑 60% 可濕性粉劑	水稻田、柑桔園 柑桔園 香蕉園

農藥所技術服務室 提供

附錄六、臺灣中低海拔梨樹園之雜草種類及生育特性

中名	學名	低海拔	中海拔	生育特性
爵床科 Acanthaceae				
爵床	<i>Justicia procumbens</i>		*	A,B,W
華九頭獅子草	<i>Dicliptera chinensis</i>	*		A,B,W
莧科 Amaranthaceae				
節節花	<i>Alternanthera nodiflora</i>	*		A,B,C
滿天星	<i>Alternanthera sessilis</i>	*		A,B,C
烏莧	<i>Amaranthus lividus</i>	*		A,B,W,C
刺莧	<i>Amaranthus spinosus</i>	*	*	A,B,W
野莧	<i>Amaranthus viridis</i>	*		A,B,W,C
落葵科 Basellaceae				
落葵	<i>Basella rubra</i>	*		A,V,W
紫草科 Boraginaceae				
細纒子草	<i>Bothriospermum tenellum</i>	*		A,B,C
忍冬科 Caprifoliaceae				
有骨消	<i>Sambucus formosana</i>		*	P,B,W,C
石竹科 Caryophyllaceae				
菁芳草	<i>Drymaria cordata</i>	*		A,B,C
鵝兒腸	<i>Stellaria aquatica</i>	*	*	A,B,C
藜科 Chenopodiaceae				
臭杏	<i>Chenopodium album</i>	*	*	A,B,W
小葉灰藿	<i>Chenopodium ficifolium</i>	*		A,B,C
鴨跖草科 Commeliaceae				
竹仔菜	<i>Commelina benghalensis</i>	*		P,B,W,C
鴨跖草	<i>Commelina communis</i>		*	A,B,W
菊科 Compositae				
艾	<i>Artemisia capillaris</i>		*	P,B,W,C
茯苓菜	<i>Dichrocephale bicolor</i>	*		A,B,W
鱧腸	<i>Eclipta prostrata</i> L.	*		A,B,W
毛蓮菜	<i>Elephantopus mollis</i>	*	*	A,B,W
紫背草	<i>Emilia sonchifolia</i>	*		A,B,W
昭和草	<i>Erechtites valerianafolia</i>	*	*	A,B,C
野塘蒿	<i>Erigeron sumatrensis</i>	*	*	A,B,W
臺灣澤蓮	<i>Eupatorium formosanum</i>	*		P,B,W,C

中名	學名	低海拔	中海拔	生育特性
鼠麴草	<i>Gnaphalium affine</i>	*	*	A,B,C
鼠麴舅	<i>Gnaphalium purpureum</i>	*		A,B,C
--	<i>Hypochoeris radicata</i>		*	A,B,W,C
兔兒菜	<i>Ixeris chinensis</i>	*		P,B,W
刀傷草	<i>Ixeris laevigata</i>	*		A,B,W
山萵苣	<i>Lactuca indica</i>	*		A,B,W
蔓澤蘭	<i>Mikania cordata</i>	*		A,V,W
歐洲黃苑	<i>Senecio vulgaris</i>		*	A,B,W,C
豨薟	<i>Siegesbackia orientalis</i>	*	*	A,B,W
苦蕒	<i>Sonchus oleraceus</i>	*	*	A,B,W,C
金腰箭	<i>Synedrella nodiflora</i>	*	*	A,B,W
一支香	<i>Vernonia cinerea</i>	*		A,B,W
黃瓜菜	<i>Youngia japonica</i>	*		A,B,W,C
十字花科 Cruciferae				
薺菜	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	*	*	A,B,C
小葉碎米薺	<i>Cardamine flexuosa</i>	*	*	A,B,C
山芥菜	<i>Rorippa atrovirens</i>	*	*	A,B,C
廣東葶藶	<i>Rorippa cantoniensis</i>	*		A,B,C
葫蘆科 Cucurbitaceae				
山苦瓜	<i>Monordica charantia</i>	*		A,V,W
青牛膽	<i>Thladiantha nudiflora</i>		*	A,B,W
莎草科 Cyperaceae				
疏穗莎草	<i>Cyperus distans</i>	*		A,B,W
碎米莎草	<i>Cyperus iria</i>	*		A,B,W
香附子	<i>Cyperus rotundus</i>	*		P,B,W,C
木虱	<i>Fimbristylis miliacea</i>	*		A,B,W
水蜈蚣	<i>Kyllinga brevifolia</i>	*	*	P,B,W
磚子苗	<i>Mariscus cyperinus</i>		*	A,B,W
木賊科 Equisetaceae				
台灣木賊	<i>Equisetum ramosissimum</i>	*	*	A,W
大戟科 Euphorbiaceae				
鐵莧草	<i>Acalypha australis</i>	*	*	A,B,W
飛揚草	<i>Euphorbia hirta</i>	*		A,B,W
紅乳草	<i>Euphorbia thymifolia</i>	*		A,B,W
葉下珠	<i>Phyllanthus urinaria</i>	*		A,B,W

中名	學名	低海拔	中海拔	生育特性
禾本科 Gramineae				
看麥娘	<i>Alopecurus aequalis</i>		*	A,G,W
大扁雀麥	<i>Bromus catharticus</i>		*	A,G,W,C
孟仁草	<i>Chloris barbata</i>	*		A,G,W
狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i>	*		P,G,W
果園草	<i>Dactylis glomerata</i>		*	P,G,C
龍爪茅	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	*		A,G,W
升馬唐	<i>Digitaria adscendens</i>	*	*	A,G,W
芒稷	<i>Echinochloa colona</i>	*		A,G,W
稗草	<i>Echinochloa crus-galli</i>	*		A,G,W
牛筋草	<i>Eleusine indica</i>	*	*	A,G,W
鯽魚草	<i>Eragrostis amabilis</i>	*	*	A,G,W
白茅	<i>Imperata cylindrica var. major</i>	*		P,G,W
千金子	<i>Leptochloa chinensis</i>	*		A,G,C
多花黑麥草	<i>Lolium multiflorum</i>		*	A,G,W
五節芒	<i>Miscanthus floridulus</i>		*	A,G,W
竹葉草	<i>Oplismenus compositus</i>	*		A,G,W
毛穎雀稗	<i>Paspalum conjugatum</i>	*		P,G,W,C
克育草	<i>Pennisetum clandestinum</i>		*	P,G,W
早熟禾	<i>Poa annua</i>		*	A,G,W,C
紅毛草	<i>Rhynchelytrum repens</i>	*		A,G,W
狗尾草	<i>Setaria viridis</i>	*	*	A,G,W
唇形科 Labiatae				
風輪菜	<i>Clinopodium umbrosum</i>	*	*	A,B,C
金錢薄荷	<i>Glechoma hederacea</i>		*	P,B,W,C
賴斷頭草	<i>Salvia plebeia</i>	*		A,B,W
豆科 Leguminosae				
蠅翼草	<i>Desmodium triflorum</i>	*		A,V,W
含羞草	<i>Mimosa pudica</i>	*		A,B,W
葛藤	<i>Pueraria lobata</i>	*		A,V,W
紅花三葉草	<i>Trifolium pratense</i>		*	A,B,W
白花三葉草	<i>Trifolium repens</i>		*	A,B,W
千屈菜科 Lythraceae				
克非亞	<i>Cyphea carthagenensis</i>	*		A,B,W

中名	學名	低海拔	中海拔	生育特性
錦葵科 Malvaceae				
圓葉錦葵	<i>Maiva neglecta</i>		*	P,B,W,C
金午時花	<i>Sida rhombifolia</i>	*		A,B,W
虱母草	<i>Urena lobata</i>	*		A,B,W
野牡丹科 Melastomaceae				
野牡丹	<i>Melastoma candidum</i>	*		P,B,W,C
桑科 Moraceae				
葎草	<i>Humulus japonicus</i>	*		A,V,W
柳葉菜科 Onagraceae				
心葉露珠草	<i>Circaea cordata</i>		*	P,B,W,C
喇叭草	<i>Ludwigia prostrata</i>	*		A,B,C
酢醬草 Oxalidaceae				
黃花酢醬草	<i>Oxalis corniculata</i>	*	*	A,B,W
紫花酢醬草	<i>Oxalis corymbosa</i>	*		P,B,C
西番蓮科 Passifloraceae				
毛西番蓮	<i>Passiflora foetida</i>	*		A,V,W
三角葉西番蓮	<i>Passiflora suberosa</i>	*		A,V,W
車前科 Plantaginaceae				
大車前草	<i>Plantago major</i>	*	*	A,B,W
蓼科 Polygonaceae				
火炭母草	<i>Polygonum chinense</i>	*	*	A,B,W
臺灣何首烏	<i>Polygonum hypoleucum</i>		*	A,B,W
蠶繭蓼	<i>Polygonum japonicum</i>		*	A,B,W
早苗蓼	<i>Polygonum lapathifolium</i>	*	*	A,B,C
睫穗蓼	<i>Polygonum longisetum</i>		*	A,B,W
扛板歸	<i>Polygonum perfoliatum</i>	*		A,V,W
節花路蓼	<i>Polygonum plebeium</i>	*		A,B,W
毛茛科 Ranunculaceae				
串鼻龍	<i>Clematis taiwanensis</i>		*	P,B,W,C
毛茛	<i>Ranunculus cantoniensis</i>		*	A,B,W
薔薇科 Rosaceae				
蛇莓	<i>Duchesnea indica</i>		*	A,B,W
刺莓	<i>Rubus taiwanianus</i>	*	*	P,B,W,C

中名	學名	低海拔	中海拔	生育特性
茜草科 Rubiaceae				
豬殃殃	<i>Galium spurium</i>		*	A,B,C
珠子草	<i>Hedyotis diffusa</i>	*		A,B,W
牛皮凍	<i>Paederia chinensis</i>	*		A,V,W
闊葉鴨舌黃舅	<i>Spermacoce latifolia</i>	*		A,B,W
無患子科 Sapindaceae				
倒地鈴	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	*		A,V,W
三白草科 Saururaceae				
蕺菜	<i>Houttuynia cordata</i>		*	A,B,W
玄參科 Scrophulariaceae				
通泉草	<i>Mazus pumilus</i>	*	*	A,B,W
野甘草	<i>Scoparia dulcis</i>	*		A,B,W
藍豬耳	<i>Vandellia crustacea</i>	*		A,B,C
臺北水苦蕒	<i>Veronica persica</i>		*	A,B,C
茄科 Solanaceae				
龍葵	<i>Solanum nigrum</i>	*	*	A,B,W,C
梧桐科 Sterculiaceae				
野桐	<i>Mallotus japonicus</i>	*		P,B,W,C
野路葵	<i>Melochia corchorifolia</i>	*		A,B,W
繖形科 Umbelliferae				
雷公根	<i>Centella asiatica</i>	*		P,B,W,C
乞食碗	<i>Hydrocotyle javanica</i>		*	A,B,W
水芹菜	<i>Oenanthe javanica</i>		*	A,B,W
蕁麻科 Urticaceae				
糯米團	<i>Gonostegia hirta</i>		*	A,B,W
小葉冷水麻	<i>Pilea somai</i>	*		A,B,W
霧水葛	<i>Pouzolzia zeylanica</i>	*		A,B,C
馬鞭草科 Verbenaceae				
馬纓丹	<i>Lantana camara</i>	*		P,B,W,C
葡萄科 Vitaceae				
山葡萄	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>	*		P,B,W,C
虎葛	<i>Cayratia japonica</i>	*	*	A,B,W
三葉崖爬藤	<i>Tetrastigma formosana</i>	*		P,V,W,C

A：一年生草

P：多年生草

B：闊葉草

G：禾草

V：蔓性植物

W：暖季草

C：冷季草

附錄八、除草劑嘉磷塞之製劑研究

羅致逵

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-3302101

傳真：04-3323073

電子信箱：lcc@tactri.gov.tw

前言

嘉磷塞「Glyphosate,N-(phosphonomethyl) glycine」為現今農藥市場中最大的農藥，因它為廣效性接觸型除草劑，尤其是對深根性多年生雜草的防除效果，更是一般除草劑所不能及，因此銷售量一直維持領先的地位。但是近年來，新農藥的開發愈來愈困難，因此世界主要農藥生產公司的策略均自舊有農藥中尋求發展，例如使用範圍；將有缺失的農藥改製成農藥前驅物，以便於施用後，在特定目標體內再分解成農藥的有效型態；將農藥劑型加以調整，以減少對施藥人員與作物的傷害，及環境的污染；混合農藥，以增加施用對象及藥效，降低施藥成本；施藥時改變施藥方式，由萌前處理改成萌後處理；或是在田間配藥時，添加一些增效劑，以增加吸收速率，避免淋失或蒸散等。

表 1、一般增效劑中可增加除草劑藥效之特性說明

特性	界面活劑	固著劑	展著劑	持久劑
降低表面張力	+		+	
增加目標物之吸收	+		+	
增加固著	+	+	+	
抗淋失	+	+	+	+
抗光分解		+	+	+

減少揮發	+	+	+	+
增加持久		+	+	+
助溶	+			
增加單一液珠含藥量	+			

目前及將來的主要研究方向，則是更進一步地在配方上加以組合，由原來簡單的組成：農藥原體、溶劑與田間混合用之藥品，發展成農藥原體(或混合不同之農藥原體)、溶劑(或不同其他溶劑)、增效劑等複雜的系統(表 1)，以降低用藥量，又可提昇有效藥量，不僅符合經濟，也有利於環保。

現謹以嘉磷塞的製劑研究提供參考，首先要瞭解嘉磷塞的基本理化特性、環境污染、生理特性、毒性(表 2)，然後才可以進行劑型的設計、濃度的調整、是否需用特殊的增效劑等，現分述於後。

表 2、嘉磷塞之基本特性說明

理化特性	$ \begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{OH} \\ \parallel \qquad \qquad \\ \text{HO-C-CH}_2\text{-N-CH}_2\text{-P-OH} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \qquad \qquad \qquad \text{H} \qquad \text{O} \end{array} $ <p>分子量：169.1 物理型態：固體、無味 密度：0.5 克/毫升（純體） 熔點：200°C 蒸氣壓：低 溶解度：1.2%（水，25°C），對其他溶劑則大多不溶</p>
生理特性	<p>吸收性：植物根葉均可快速吸收 傳導性：可快速運送至植物上部器官，但地下根慢 代謝性：在植物體內代謝較慢，但在土中則快速代謝 藥性：廣效性接觸型除草劑</p>
環境污染性	<p>光分解性：低 揮發性：低 土壤吸附性：強 土壤淋失性：弱</p>

	微生物分解性：強
生物毒性	哺乳類及野生動物：低 蜜蜂：低 水生生物：低

嘉磷塞製劑現況

一、藥劑與濃度

可先由農藥在水或有機溶劑的溶解度中瞭解較適合該農藥的劑型及濃度(圖 1)。由常溫下農藥原為固體或液體，及對熱的安定性，大概可瞭解其是否適合作成乾劑型之品農藥。由農藥原體中之不純物含量種類及其生成環境，即可瞭解在成品製劑時，應避免之環境，及可供選用的溶劑與安定劑。由農藥原體之毒性、溶解性而決定是否需調高或降低劑型之黏性，或調高為濃度的劑型。依農藥原體對目標生物的特性，與對環境的污染性，再考慮是否需設計成無污染性的劑型，如粒劑、緩釋性劑型等。

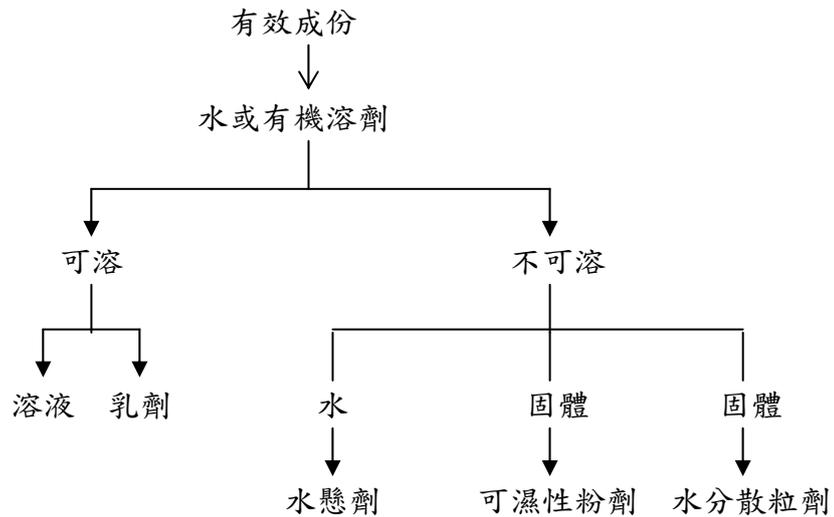


圖 1、有效成份之溶解性與型設計之相關性

由於嘉磷塞之水中溶解度較在有機溶劑中高，且在有機溶劑中不易溶，因此可以瞭解嘉磷塞劑型以水作溶劑較以有機溶適合。所以發展時以溶液方向較經濟(有效成份+水即可)，但是其水中溶解度僅 1.2% (表 2)，為增加水中溶解性，嘉磷塞可再轉化成鹽類衍生物以增加水溶性(表 3)，這些鹽類衍生物即為可以水為主要溶劑的工廠用成品(Manufacturing use product)。加以嘉磷塞對非目標生物之毒性不高，環境污染性也低，因此可以液劑型態發展成品，以降低成本。

表 3、嘉磷塞鹽類衍生物

化學名	鹽基代表式
二甲胺鹽類 (Dimethylamine salt of glyphosate)	$[\text{NH}(\text{CH}_3)_2]\text{n}^+$
異丙胺鹽類 (Isopropylamine salt of glyphosate)	$[\text{NH}(\text{CH}_3)_2\text{NH}_3]\text{n}^+$
胺鹽類 (Ammonium salt of glyphosate)	$[\text{NH}_4]\text{n}^+$
三甲硫鹽類 (Trimethylsulfonium salt of glyphosate)	$[\text{S}(\text{CH}_3)_3]\text{n}^+$
三甲硫鹽類 (Trimethylsulfoxonium salt of glyphosate)	$[\text{OS}(\text{CH}_3)_3]\text{n}^+$

二、增效劑的應用

嘉磷塞鹽類衍生物雖然解決了水中溶解性的問題，但是形成鹽類時仍需要考慮其可能對活性的影響。因嘉磷塞主要為葉面使用之除草劑，因此其與植物表面接觸的關係極為重要，例如附著性、滲入性，及移行性等。所以在嘉磷塞的成品配方中，即加入了增效劑 MON 0027，或 MON0818(表 4)等，以改善親水性嘉磷與植物表面的接觸性。

表 4、嘉磷塞的基本配方

第一代(1971)：嘉磷塞鹽類、水
第二代(1972)：嘉磷塞二甲胺鹽類(Dimethylamine salt of glyphosate)、水，增效劑 MON0027(0.5%)
第三代(1973)：嘉磷塞異丙胺鹽類(Isopropylamine salt of glyphosate)、水，及增效劑 MON0818(0.5%~0.8%)

隨著嘉磷塞市場占有率的升高，因此有更多的增效劑被應用於雜草防除，一般配合農藥施用的增效劑中所使用的界面活性劑大多是非離子型，或陰離子型，以避免作物藥害。但是由於嘉磷塞本身具有正價中心的磷原子，又作為非選擇性除草劑使用，因此一般避免使用之陽離子性界面活性劑，反倒成了很好的增效劑(表 5)。

表 5、喜磷塞配方使用之增效劑

增效劑	成份	離子性	田間效果
MON 0027	-	非離子性	良
MON 0818	Polyoxyethylene tallow amine	兩性或陽離子	優
Ethomeen T/25	Polyoxyethylene (15) tallow amine	陽離子性	優
Armoblen T/25	Polyoxyethylene tallow amine and emulsifier	陽離子性	優
Armoblen 557	Engineered weak cationic surfactant	陽離子性	優
Armoblen NPX	Formulated weak cationic surfactant	陽離子性	優

三、藥試所之配方研究

由於嘉磷塞之特殊除草效果，顯示嘉磷塞在專利權消失後，將為臺灣廠商帶來仿製的熱潮，因此藥試所曾研究嘉磷塞配方之改進。因嘉磷塞原體之產製技術與成本，目前仍無其他公司可與孟山多(Monsanto)公司競爭。或許其他公司可能擁有不同的產製專利權，但並不代表合成的品質、數量與成本，具有實際競爭的能力。加以環保問題，因此臺灣目前仍以配方之研究較適合。

依農資中心提供的資料顯示，當專利權將消失時，臺灣大概有 20 家以上的單位，向該中心索取有關嘉磷塞的研究報告。可惜的是，本所曾抽驗 10 家新申請登的嘉磷塞製成品中，竟然有家與孟山多公司的成品相同。因此，謹將藥所的研究報告提出，以供各農藥生產工廠參考，而不必仿冒。本所基本配方(表 6)與孟山多公司應相近似，但界面活劑的比例提高，而效果顯示較進口之成品更好(表 7)。配方中所使用的 Armoble 系列增效劑，則可向 Akzo Chemie 公司或中日合成化學公司購用。

表 6、藥試所嘉磷塞配方

成份	重量比
嘉磷塞異炳胺鹽	41%
25% 界面活劑	10%
水	49%

表 7、不同喜磷塞配方之推薦濃度防治禾科雜草之效果之效果比較

配方 ¹	表面張力	液滴密度	5 日解率	15 日藥效
-----------------	------	------	-------	--------

	(mN/m)	(drop/cm ²)	(%,50°C)	(%)
水	73	-	-	0
進口成品	43	138	8.5	50
配方 5	50	154	9.9	65
*配方 6	32	141	0.4	85
*配方 7	53	144	3.8	75
配方 8	39	154	0	65
OECD	-	-	<10.0	-

¹ 配方 6 之界面活性劑為 Armoblen 557；配方之界面活性劑為 Armoblen NPX。

嘉磷塞的未來配方發展

嘉磷塞未來配方的發展，應與世界潮流走一致，即是由田間混合使用增效劑 (Tank mixture)，改成內含式 (B-uilt-in) 增效劑的組合。有兩個方向可努力：第一就是配方中水與機鹽的配合，第二則是單一液珠內含藥量的提昇，現分別介紹如後：

一、無機鹽類配方

二、在許多田間驗中，顯示不同價位之陽離子，可改變嘉磷塞之除草藥效 (表 8)。因此除了嘉磷塞之鹽類衍生物，及提高或改變增效劑之比例外，另可變的就是配方中所使用的水。由表 8 中顯示二價與三價的陽離子化合物添加物對嘉磷塞活性有中程度與強度的抑制作用，而一價陽離子化合物則可能有效增效的效果。含緩衝的溶液則無必要使用，因 pH 與抑制率的相關性弱 (表 8)

表 8、無機鹽類對嘉磷塞防除多年生香附子之藥效(14 日，再生抑制百分率)影響

化學名	分子式	PH 值	抑制率
	(0.1M)		(%)
Potassium bicarbonate	KHCO ₃	7.6	7.3j
Ammonium bisulfate	NH ₄ HSO ₄	1.6	71ij
Potassium phosphate monobasic	KH ₂ PO ₄	4.5	68ij
Ammonium phosphate monobasic	NH ₄ H ₂ PO ₄	4.5	67ij
Sodium bicarbonate	NaHCO ₃	7.6	67ij
Ammonium chloride	NH ₄ Cl	4.5	61hij

Sodium bicarbonate	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4.5	60hi
Ammonium nitrate	NH_4NO_3	4.4	59ghi
Ammonium bicarbonate	NH_4HCO_3	7.5	58ghi
Sodium bisulfate	$\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.6	52fgh
Potassium nitrate	KNO_3	4.5	47egh
Potassium bisulfate	KHSO_4	1.6	47egh
Calcium phosphate ,dibasic	CaHPO_4	5.6	44def
Sodium nitrate	NaNO_3	4.5	43def
Sodium chloride	NaCl	4.5	41def
Potassium chloride	KCl	4.5	37cde
Calcium sulfate	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	5.0	34bcd
Calcium chloride	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4.1	26bc
Calcium carbonate	CaCO_3	6.4	26bc
Zinc phosphate	$\text{Zn}(\text{PO}_4)_2$	4.5	25bc
Ferric phosphate	$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4.5	24b
Calcium nitrate	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	4.0	6a
Zinc nitrate	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4.5	4a
Ferric nitrate	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	1.7	4a
Ferric chloride	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1.8	0a
Zinc sulfate	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1.6	0a
Zinc chloride	ZnCl_2	4.6	0a
Zinc carbonate	ZnCO_3	7.6	-1a
Ferric sulfate	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	3.1	37cde
嘉磷塞		4.4	0a
無藥處理區			

二、液珠藥量之提高

對農藥而言，提昇每一液滴中藥的濃度是必要的。早期增加嘉磷塞與水混合後每一液滴之含藥濃度的方法，主要是將增效提高至 1%，田間混合用水量儘可能減少(表 9)。未來這可透過增效劑比例的改善而提高液珠含藥量，但此時要注意的是水-嘉磷塞-界面活性劑三者的相關溶解性，以調整出最適合的界面活性劑濃度，一方面可增加單一液珠含量，另一方面又不致影響葉面之滲入性。

以上這兩點是將來嘉磷塞配方開發的主要方向，謹提出供參考。

表 9、嘉磷塞稀釋水量與對禾科雜草藥效比較

用藥量 (公升/公頃)	稀釋水 (公升/公頃) ¹	生長抑制 (%) ²
0.1	24	90
	48	87
	96	88
	190	41
0.4	24	100
	48	99
	96	100
	196	92

¹ 水中含鈣 94ppm，鐵 1ppm，鎂 19ppm，鉀 4ppm，鈉 45ppm。

² LSD(0.05)=14%。

結論

由以上之資，可作一結論，就是如能確實瞭解嘉磷塞的基本特性，則嘉磷塞的配方可以有許多種，而且每一種在品種質與藥效上均可與孟山多公司產品競爭市場，而不必盜用孟山多公司的品牌。臺灣有技術、人力與財力，只要再稍微花些成本投資於配方上的研究，就有很多改良的農藥成品可以自己的品牌銷售，不僅，可免於違反農藥管理法而遭受檢舉與取締，且所有利潤都可由自己公司所控制。對農友而言也可節省用水量，及提高用藥的安全，因此希望相關的業者，於參考本所提供的配方後（本所尚不申請專利），建立真正的嘉磷塞新成品品牌。

摘錄自：臺灣省農業藥物試驗所技術專刊第 42 號。本論文發表於「公元 2000 年的明星工業—特化學品科技研討會」（八十年十二月二十七日，文化大學）。