淺層粗質地土壤之肥培管理技術

李艷琪、張庚鵬、黃維廷、劉禎祺
行政院農業委員會農業試驗所

前 言

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

作物之合理化肥培管理

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

(一)栽培基質

無論栽培基質為土壤或其他介質（如泥炭土、岩綿、水等），其物

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

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

(二)生育特性

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

1. 生育時期：簡單分為苗期、營養生長期、生殖生長期。苗期栽培僅

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

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

(三)氣候因子

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

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

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

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

(四)肥料之選擇

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

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

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

(五)肥力監控

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

水分對作物生育之必要性

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

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

在實際的作物栽培上，水分之供應常須與下列各項因子共同考量：

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

露地栽培作物易遭逢之難題

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

(一)病害

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

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

(二)蟲害

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

(三)氣候條件

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

(四)肥培管理

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

有機質肥料之施用

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

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

淺層粗質地柳橙之栽培管理

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

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

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

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

結　語

綜合上述，淺土層果園之管理須注意下列幾點：

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

表一、示範區柑桔園肥培管理

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

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

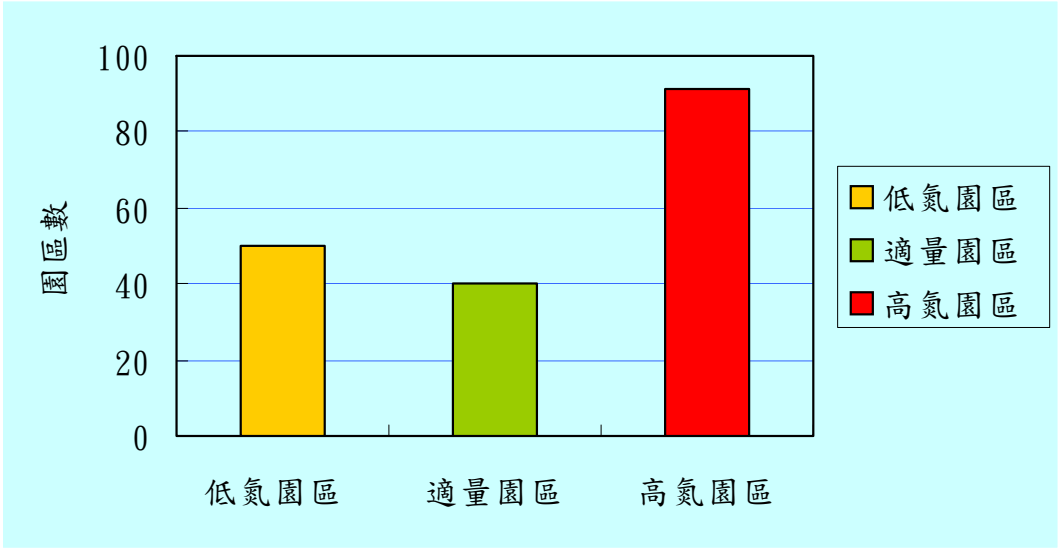
硫酸鉀：K_2O＝50

2.＊表雨季分 2～3 次施用

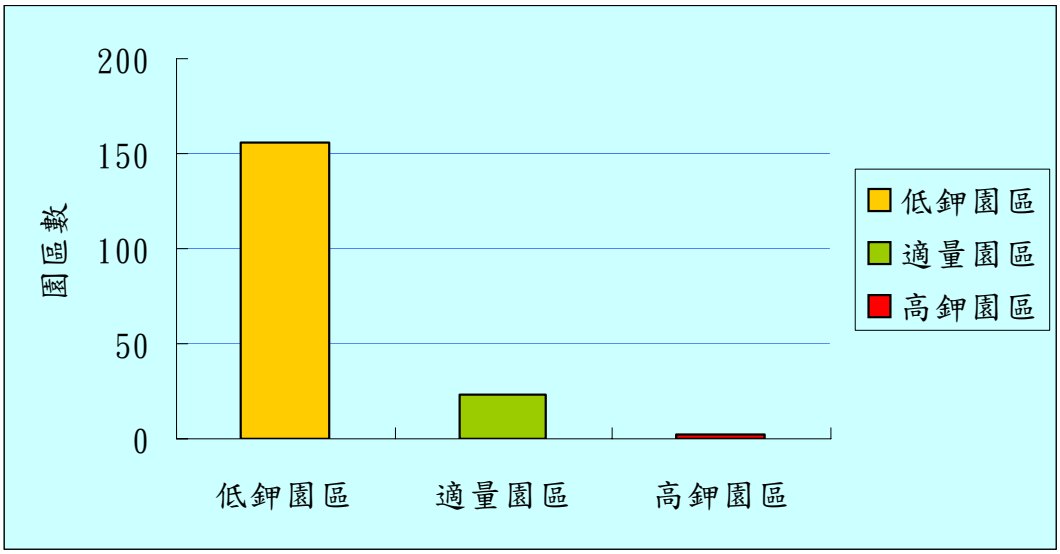
3.若土壤有機質含量在 2 % 以下，建議每年施用難分解之堆肥每分地 1～2 噸



淺層粗質地土壤剖面



古坑椪柑葉片之氮素狀態分佈



古坑椪柑葉片之鉀素狀態分佈



未改變灌溉肥培方式前，因肥料管理不當，徒長枝多



簡易噴灌設備之設置



未改變灌溉肥培方式前，樹勢衰弱徒長枝多，著果數少



實施噴灌及施肥調整，春梢數多且徒長枝少



未改變灌溉肥培方式前，園區果樹肥料效率差，營養失衡，致黃龍病發嚴重



噴灌設施配合施肥調整之優良樹勢