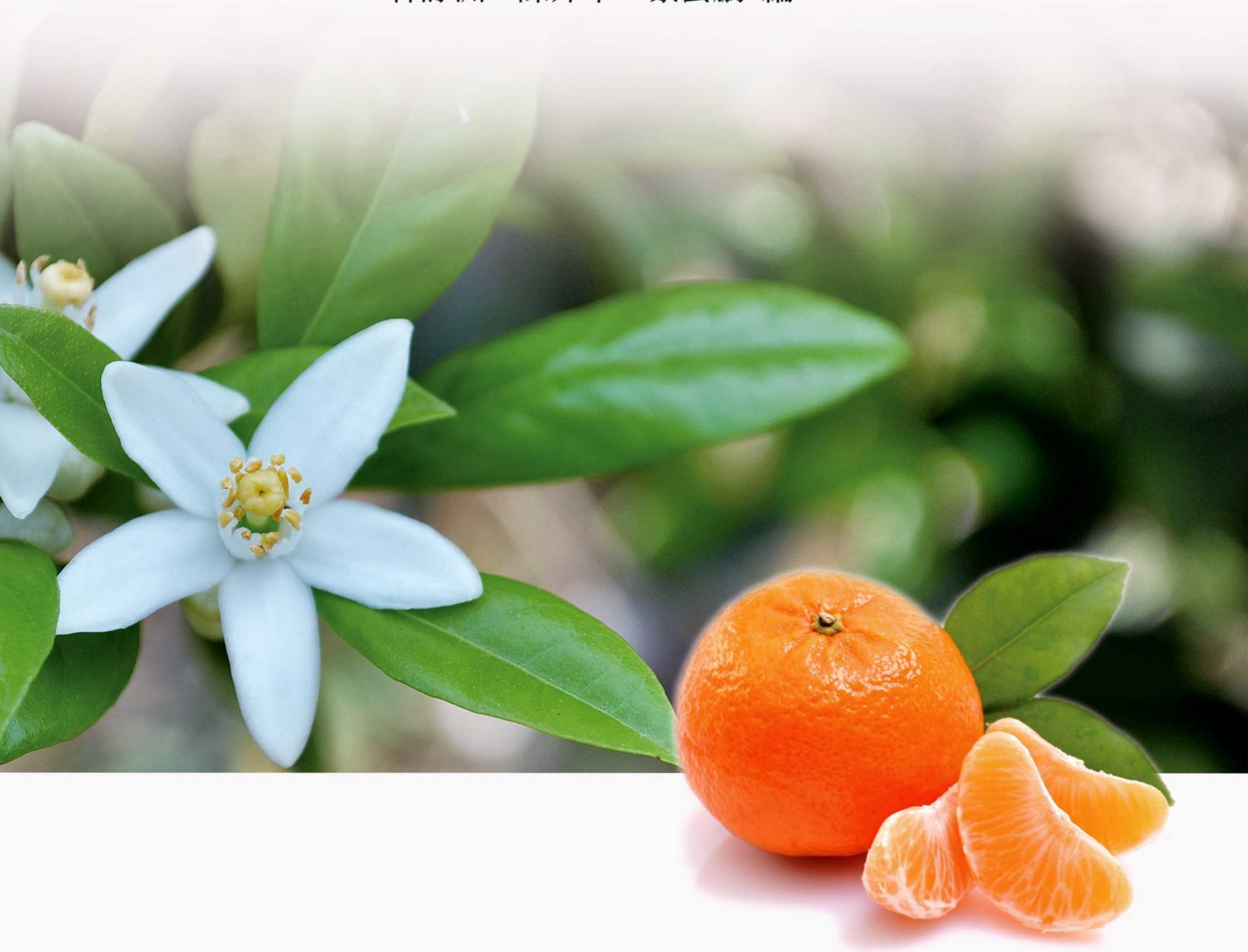


農業試驗所特刊編號第175號

柑橘生長與栽培管理

林詠洲、陳邦華、蔡雲鵬 編



行政院農業委員會農業試驗所 出版

柑橘生長與栽培管理

林詠洲、陳邦華、蔡雲鵬 編

行政院農業委員會農業試驗所 出版

序

柑橘為臺灣分佈最廣，產量最高，產值最大之果樹，根據民國 101 年農業統計年報指出全國栽培面積為 26,145 公頃，而其中大宗柑種以椪柑面積最大為 6,058 公頃，其次為柳橙 5,613 公頃，柚類 5,120 公頃，桶柑 3,128 公頃及雜柑類 4,474 公頃，總產量為 528,254 公噸。柑橘產業的興盛，為農民與各農業試驗單位不斷努力辛苦耕耘的成果。

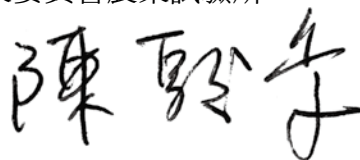
柑橘之果實可供鮮食及加工，植株為重要的觀賞盆景及庭園植物，用途廣泛。柑橘種類主要包括寬皮柑及其雜交種、甜橙、柚類、葡萄柚、檸檬、來母及其他雜柑等。農業試驗所收集共 160 品種（系），提供臺灣柑橘品種改良與試驗研究之重要基礎。品種多樣化的目的可分散產期與調配管理人力、增進消費並疏解產銷。

為提升臺灣柑橘栽培的技術與產業競爭力，承蒙蔡雲鵬博士不吝分享其經年累月的豐碩成果，與本所共同合作編輯「柑橘的生長與栽培管理」專書，引用國內外的研究著作，內容從柑橘的基礎生理學層面連結到肥培、增產原則等管理工作面，讓書本知識與田間管理同步結合，學以致用，藉由淺顯易懂的圖片與文字敘述，教育農民有系統的經營生產高品質的柑橘，提升臺灣柑橘產業的競爭力，增加農民的收入，讓臺灣農業持續蓬勃發展。

本書文稿初成，承蒙茶葉改良場陳右人場長、嘉義農業試驗分所黃阿賢先生與唐佳惠小姐等專家撥冗耐心審閱及斧正，使本書更臻完美，謹致上最大謝意。

行政院農業委員會農業試驗所

所長



謹識

中華民國一〇二年十月

前言	2
----	---

壹、柑橘的生長及發育	4
萌芽的條件及休眠	4
無機營養的吸收	4
春梢伸長與老葉的功能	5
結果枝和營養枝	6
一、花芽分化	6
二、枝條類別	9
三、有葉花、無葉花和生理落果	10
葉	11
一、葉的生長及形態	11
1. 葉的生長及形態	11
2. 氣孔及其機能	12
3. 陽葉及陰葉	12
4. 光合作用	13
5. 葉的質量和光合成能力	14
6. 老葉的功能	16
7. 冬季葉的生理和機能	16
8. 枝條生理	17
二、葉的功用及光飽和點	18
三、樹勢對於水分吸收、根壓及蒸散作用之影響	19
四、春梢萌芽、伸長和根的伸長	20

養分的流轉 - 供源與積儲	20
果實	23
一、果實的形態及肥大生長	23
二、支配果實肥大的原因	29
1. 光合作用	29
2. 肥料養分和果實發育	29
(1) 氮素	29
(2) 磷	29
(3) 鉀	30
(4) 鈣、鎂	30
(5) 微量元素	30
三、影響果實著色的因子	31
四、日照、溫度和果實品質	31
五、果汁主要成份及變化	31
六、嵌合體及枝條變異的果實	36

貳、穩定增產的管理原則 38

培養葉數多的柑橘樹 38

減少粗大的枝 38

果實發育期的管理 38

影響果實品質的因素 38

良好的樹相 40

疏果 40

隔年結果 40

栽培的問題與技術對策 43

參、間拔、整枝及修剪 44

肆、土壤肥料管理 46

根 46

土壤狀態和根的關係 46

菌根菌和草相的關係 48

肥培管理 48

草生栽培 55

地溫與覆蓋 56

有機質 60

土壤酸性化的原因 60

氮肥施用期和柑橘樹吸收的關係 60

葉面的氮素吸收 63

春肥氮素的使用 63

伍、柑橘果實的營養及其應用 64

柑橘的營養成份及其作用 64

柑橘的加工及柑橘果皮的應用 66

一、柑橘的加工成品 66

二、柑橘果皮的應用 66

三、如何消除柑橘果汁苦味 68

柑橘多樣化發展 69

柑橘的禁忌 69

一、葡萄柚混藥吃，交互作用

會要命 69

二、柑橘類性味屬寒 71

三、剝完柚子皮，一定要洗手 71

四、柑橘類果汁含萜類
(Terpene) 71

陸、參考資料 72



前言

栽培柑橘的目的是收成穩定、優質且多產的果實；因此合理的降低生產成本，提高商品價值而獲得最高的經濟效益是目前亟需努力的目標。

維持健全的樹勢，是果樹栽培的基本。基於這目標下，培育健康的土壤以及應用草生、疏果、肥培、整枝修剪等栽培管理技術，成為能穩定連年生產高品質果實的重要工作。

很多因素關聯著柑橘的生長，其要點示如下圖。

每一柑橘園的環境、土壤及栽培管理方式都各不相同。了解果園的過去及現在的情況最清楚的，就是身為該果園的主人 - 您。柑橘樹會以樹勢、葉的情況及果實的品質來表達，對您的照顧打分數。

本書以柑橘的生理為主軸，根據前人研究及資料，整理成通俗容易瞭解的栽培手冊，盼望本書對農民在果園經營管理上有所幫助。



柑橘的生長

 萌芽的條件及休眠

柑橘只要有一定的溫度，就會發育與展開芽葉。日平均氣溫超過 15℃，隨著溫度的上升，芽的活動就會開始逐漸變得活躍。地溫超過 10℃ 以後，根部吸收養分及水分的能力會越趨旺盛，樹液流動越強；樹液流動活力達到一定程度，切開枝條時，很容易剝開樹皮。

這些變化可能是各種荷爾蒙活性所引起。芽點開始萌發時，頂端細胞內的離層酸 (Abscissic acid, ABA) 的活性降低，而細胞分裂素 (cytokinins- 有誘發癒合及器官分化的作用) 的活性提高。

樹體會對外部環境的變化作出反應，而在控制著細胞內的代謝，荷爾蒙扮演著很重要的角色。新梢生長趨緩慢時，根部的生長就越旺盛；當新梢生長快速時，根的生長就變慢。如此地上部與地下部方能維持均衡生長 (圖 1)。

晚秋至初冬，枝條會停止生長，進入休眠狀態。但是只要有適當的溫度條件，柑橘枝條可能會繼續生長。越耐寒的品種，如溫州蜜柑，對氣溫下降越敏感，而迅速進入休眠狀態。需要高溫的品種，對氣溫變化較不敏感，需要相當低的氣溫才能進入休眠狀態，如橙類、來母及檸檬等。而處在休眠狀態的柑橘樹較為耐寒。

 無機營養的吸收

地溫在 10℃ 以上時，根系對土壤養分的吸收逐漸趨於旺盛，在 20-23℃ 時達到顛峰。冬季地溫低，吸收活動較緩慢。雖然通常春肥施用量是當年施用量的 1/4-1/3；但是在春季時，根系對肥料吸收量不多，反而是夏季的吸收量最為旺盛。



初夏施用氮肥大部分流向地上部，以果實佔居多，春葉、老葉及細根次之。積儲到果實的氮素，大部分來自 9 月以前所吸收的養分。10 月間氮素較少轉運到果實，而在枝條及葉部貯藏。11 月時大部分氮素會被積儲到根部供來年利用。

氮素的吸收型態有銨離子 (NH_4^+) 及硝酸根離子 (NO_3^-) 這兩種；以銨離子狀態被吸收者，雖然濃度極低，但對根細胞有毒害作用，吸收後立刻被合成為胺基酸，而轉運到地上部各器官；以硝酸根被吸收的氮素，會以此型態轉運到地上部各器官，再經合成代謝作用轉為胺基酸。地溫在 10°C 以下時，會抑制氮素的吸收，因此為了合理化施肥，達到最高吸收效率，需要多加注意柑橘樹與氣溫變化的交互關係。

春梢生長與成熟葉的功能

3-4 月間春梢逐漸伸長並展開新葉。葉片經光合作用所合成的物質對果實生長有重要的功用。但剛展開的新葉還不能提供足夠的養分，而成為一個積儲的角色，吸收並消耗由成熟葉製造轉運來的營養。

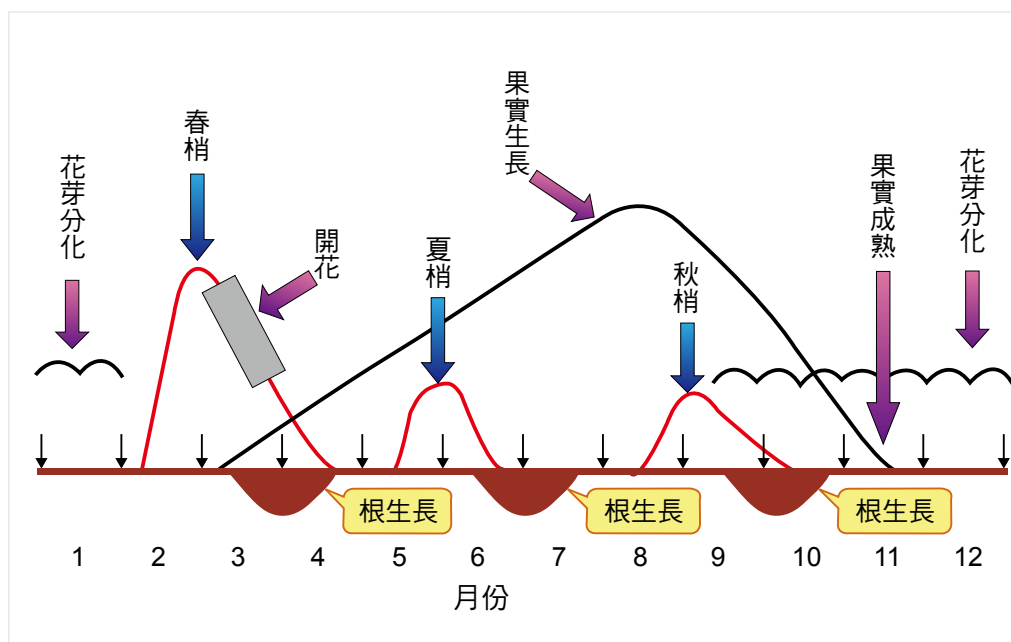


圖 1. 柑橘生長週期。

春末夏初，幾乎所有的春梢新葉皆可以進行充分的光合作用，但如遇到雨季、陰天，會抑制葉片的光合作用機能。

成熟葉不但是物質同化作用的主要器官，同時也是養分的貯藏器官，當然根、枝條、樹幹也會貯藏同化物質，但其數量遠不及所有成熟葉的貯藏總量。修剪作業雖是生產高品質果實的必須工作。但太重視樹型，會導致強剪降低生產力，這是起因於過度「除去老葉」。

夏季是柑橘樹各部位生長最旺盛的時期，大量消耗儲存於枝條、根部的養分，以作為生理代謝所需的能量，以及成為蛋白質或細胞膜構成物質等，以至於枝條及根部所貯藏的同化物質的量變少。

秋天時枝葉組織的澱粉貯藏量會開始增加；初冬時組織則開始累積較多的糖份。充分貯蓄糖份的枝和葉，因為其樹液濃度較高，相對冰點較低，而有較高的耐寒能力；反之，徒長的枝葉，因含糖量低，而容易遭受寒害。

結果枝和營養枝

一、花芽分化

秋冬季乾燥，則枝梢較早停止生長，花芽分化也跟著提早。如果秋冬季高溫多雨，使枝梢繼續生長，花芽分化也會受到影響。營養生長必須停止，是花芽分化的要件。

一定期間（約 20 天）的低溫（20℃以下）。有促使柑橘類花芽的分化作用，從 9 月到 11 月起，發生看不到的「生理的（營養的）」花芽誘導，一直到次年年初。使用顯微鏡可以觀察到「形態的」花芽分化大約從年底或 1 月開始。

影響花芽分化內在因子有器官效應與組成變化，在後者主要因素是氮素 (N) 和碳水化合物 (C) 的比例，即所謂的碳氮比 (C/N 率) (表 1)。結果良好的柑橘樹，在冬季，樹體內應有豐富的碳水化合物與稍低的氮素養分 (類別 III)，才能高產。

誘導花芽分化之物質，依最近研究，已明白是花成蛋白質 (Flowering locus T, *FT*) (圖 2、圖 3 和表 2)。



許多亞熱帶、熱帶果樹在 15-20℃ 的低溫下，啟動花芽分化；但是落葉果樹會自律的造成花芽。對溫州蜜柑花芽的分化而言，最重要的誘導因子是低溫。

柑橘樹在逆境條件下，有自然形成不時花的特性。林和張 (1995) 報告：在 6 月以環刻或中耕配合修剪及施肥等方法處理，雖具有提高椪柑秋梢帶花數的效果，但植株間的差異大，著果率低，無法達到產期調節經濟栽培的目標。

多數柑橘類須經過適當的低溫才可以進行花芽分化。溫州蜜柑在春梢停止生長後以 15℃ 及 20℃ 處理，可使夏梢形成花芽，但在 25℃ 以上時無法形成花芽。在高溫環境 (25℃ 以上) 時，經過土壤乾燥、斷水處理、調節營養生長、日長、環刻與土壤逆境處理、藥劑催芽處理等，可促使芽體在夏秋梢生長前提早形成花芽 (林和張，1995)。

表 1. 氮素和碳水化合物對柑橘樹的影響

類型	碳水化合物	氮素	發育	結果	樹相
I	甚少	豐富	不良	不良	陰枝、遮陽之樹
II	豐富	豐富	旺盛	不良	幼木、徒長枝
III	豐富	略少	略抑制	良好	量產樹
IV	豐富	甚少	不良	不良	老樹、放任樹

表 2. 柑橘類三屬的花芽分化及開花時期比較 (西川，2011)

	春	夏	秋	冬	春
柑桔屬			生理的花芽分化	形態的花芽分化	開花
枳殼屬		形態的花芽分化		形態的花芽分化	開花
金桔屬		形態的花芽分化	開花		

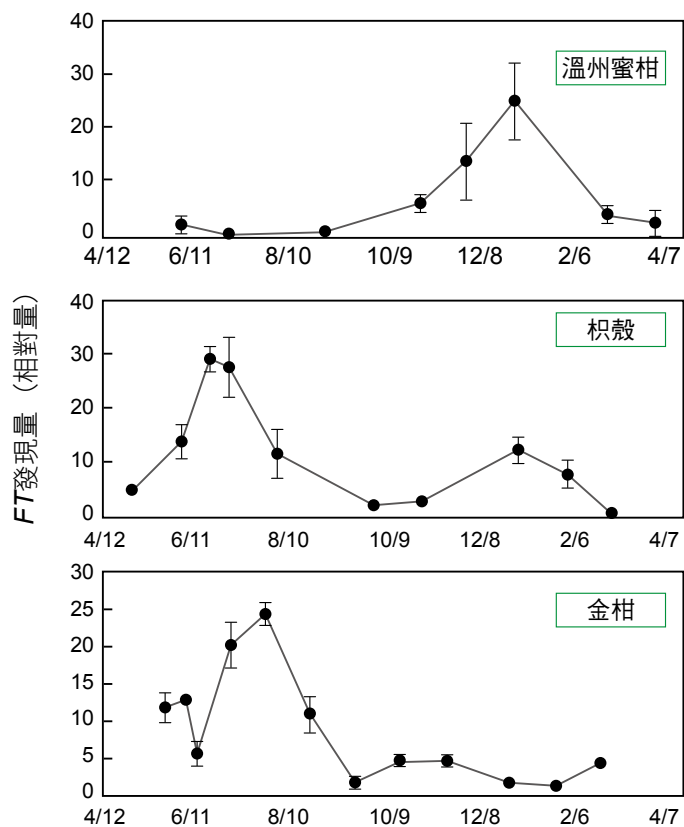


圖 2. 柑橘類三屬莖部的 FT 全年發現量變化。(西川，2011)

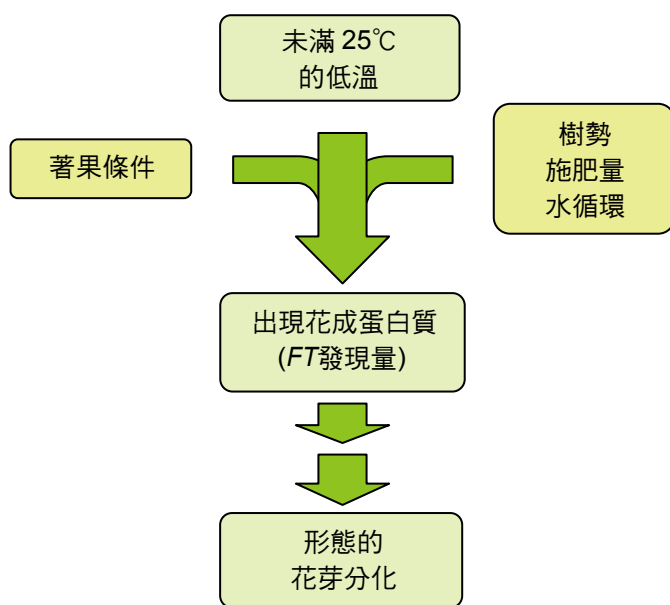


圖 3. 可能影響柑橘花成蛋白質出現的因素。(西川，2011)

在進行生理的花芽誘導時，如遇到樹體營養惡化，花芽會流失，不會開花，但是開花過程已經進行到形態的花芽分化時，並不受營養惡化的影響。為保護及確保明年的開花順利，9 月以後（開始生理的花芽誘導）必須重視對樹體營養管理。



二、枝條類別

去年的營養枝是今年的結果母枝。春季由結果母枝萌發許多枝條（春梢），其大部分是結果枝，一部分是不著花的營養枝。去年的結果枝是今年的果梗枝，今年幾乎不會著花，而成為營養枝。

總之，今年的營養枝是明年結果母枝的枝條；而今年的結果枝，明年多抽生營養枝，如此輪替開花結果（圖 4）。

因為結果枝的葉片需要供應養分給果實。所以營養枝的葉片內氮、磷和鉀的含量多於結果枝上的葉片，而鎂及錳的含量，兩者之間並無差異。

沒有隔年結果，連年生產穩定的柑橘樹，每年的結果枝和營養枝的比率大約是 45% 和 55%。

椪柑及溫州蜜柑的結果母枝，多分布在樹冠表面，長度約 10-20 公分；甜橙類則較短，且在樹冠內側之枝條也能結果良好；柚類樹冠內部短小的枝條反而會多結果；檸檬類也是在樹冠內部結果，外側枝梢容易徒長。

名詞說明

結果母枝：著生結果枝的枝條。各季節萌發的枝條中，當結果母枝最有價值的是春梢，夏梢及秋梢次之。結果母枝是去年的營養枝。

結果枝：著生花芽，開花結果的枝條。在春季，結果枝由結果母枝發生。著花及著果在結果枝先端。最好的結果枝是約 5-10 公分長，有 3-4 枚葉片健康而充實者，即帶葉花序枝。

果梗枝：採果後的結果枝叫做果梗枝，明年幾乎不會著花，但可利用為明年的預備枝條。

徒長枝：夏梢及秋梢當中，直立而發育旺盛，不會著花的大枝條稱為徒長枝。

營養枝：今年不會開花的枝條。

三、有葉花、無葉花及生理落果

柑橘花芽內有會成為花器的原基，和會成為葉或枝的原基。這樣的花芽叫做「混合芽」。如果營養條件不足，外觀上沒有春梢伸長，只有花著生於去年生的枝條上，這樣的花成為「無葉花」。另一方面，如果營養充足，新梢伴隨著新葉而伸長，並在其上著生花，這樣的花成為「有葉花」。無葉花的開花期比有葉花早，著果率僅有 5-10%；有葉花的著果率可達 30-70%。

有葉花（果）著生於充實的結果母枝上。這樣的結果母枝群發生在傾斜的主枝或亞主枝。近乎水平的枝條或略下垂的枝條發生較弱的結果母枝，因而大部分成為無葉花。

開花數量太多，會自然淘汰而自行落花，開花較多的柑橘樹，無葉花比較多，容易落花。無葉花因為沒有就近可以供應養分的葉片，故容易落花，即使結幼果，幼果也很容易落果。

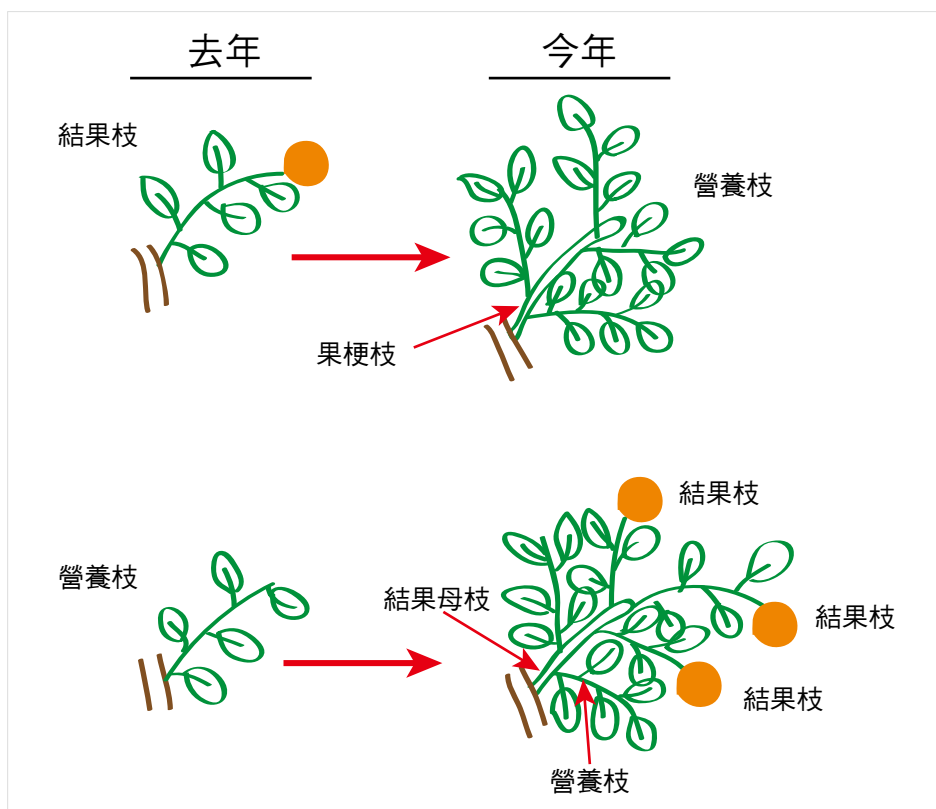


圖 4. 結果枝和營養枝。(村松，1982)

生理落果：開花後如幼果太多，會自行落果，是柑橘樹自行調整樹內營養平衡的現象。幼果期如果遇到雨天多，葉片製造的養分減少，同時需要供應根生長的養分，就會導致幼果分配到的養分減少，而引起嚴重落果。



一、葉的形態及生理

具有高生產力的柑橘樹，需有良好土壤環境以及可充分發揮葉片機能的环境，這是肥培管理的重點。

1. 葉的生長及形態

枝條先端部的生長點反覆進行細胞分裂，分化為芽及枝條等器官。所謂的生長點並不是點，應該叫做莖頂分生組織。

柑橘葉表面由被覆角質層 (cuticle) 的表皮細胞組成 (圖 5)。葉片上表皮無氣孔。表皮細胞內側整齊排列 2-3 層環狀細長的細胞叫做柵狀細胞，其細胞內的葉綠體含有綠色的葉綠素，可以通過柵狀細胞吸收大部分的光能，使葉綠體充足進行光合作用。葉背面的表皮細胞之間有氣孔分佈，氣孔內部則為海綿狀組織，其細胞的排列鬆散而有不少空隙，成為可以儲存空氣的氣室，幫助植物進行氣體的交換作用。

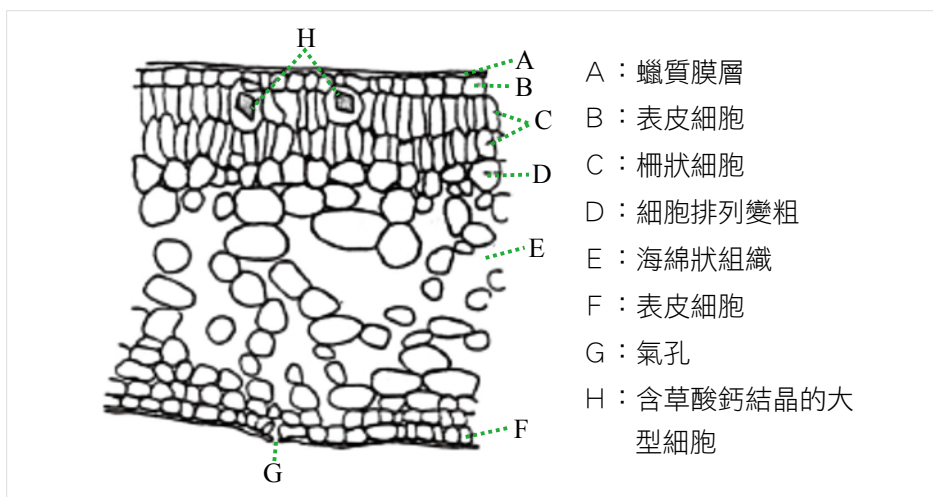


圖 5. 葉縱斷面。(Bartholomew and Reed, 1948)

葉中央有主葉脈，葉脈含有導管及篩管，是養分及水分的通路。葉脈成分枝狀而且延伸到葉緣，其末端和其他葉脈的末端連結，構成一個區域，在這個區域內有更小的葉脈所圍繞而構成的小區域，一部分葉脈末端和小區域的葉肉細胞連結。

2. 氣孔及其機能

表皮細胞的一部分成為防禦細胞，構成了氣孔，氣孔分布在葉背面及果實表面，其分佈並不均勻，在大型氣孔（可稱為母氣孔）週圍有小氣孔，成熟的葉片每一平方公分有 300-500 個氣孔之多。

氣孔的開關對外界的變化非常敏感，為提高光合成速率，需要盡量開啟氣孔，促進吸收大氣中的二氧化碳。但另一方面，葉內水分也會通過氣孔進行蒸散作用，開啟氣孔會導致水分的蒸散而陷於缺水狀態的逆境，這時雖有陽光，氣孔會自行關閉。又大氣中有微量的有毒氣體時，氣孔也會很敏感的反應而關閉。

因此，氣孔並不是有光就會開啟那麼單純。這是柑橘的祖先在數億年前由水中生活，後來演化到陸地生存，為適應外界經過長期進化的結果。噴灑農藥時，雖有光線但氣孔會關閉，尤其是散布黏度高的礦物油乳劑，則氣孔的機能易被長期抑制。氣孔的開閉機能，冬季遠比夏季鈍感。

經過氣孔的水分散失，對樹不是只有負面影響，水分由氣孔蒸散時，由葉奪取蒸散熱，葉溫因而降低，夏季葉溫有時超過 40℃，因蒸散而降低葉溫的效果很顯著。

3. 陽葉與陰葉

一棵樹的葉片可分為樹冠外圍光照良好的葉（陽葉），和內側光照不良的葉（陰葉），陽葉的葉較小而略向上，陰葉較大而近乎向水平的角度著生。光照強大時，葉在幾乎垂直狀態下，增加光對樹冠內部的透過量，就樹全體而言，可有效獲得光能量，當光照弱時，葉近乎水平者最有利。樹冠上的葉看起來似乎毫無秩序

般的著生，但從光能量的吸收利用的立場來看，可了解非常合理的適應著光環境。



光照良好時，每葉的葉面積變小，葉身變厚。反之，遮光程度大時，葉成為陰葉型態，葉身變大，柵狀組織變薄，葉綠素含量提高。成為陰葉型態的葉片，如急速受到強光，光合成速率也不會變快。反之，在低照度條件下，陰葉型的光合成速率較快。由此可知，為因應各種光環境，葉片會有所改變。

4. 光合作用

光合作用是指葉綠素透過吸收光能以分解水分子得到 H_2 ，再與透過氣孔吸收的 CO_2 同化成碳水化合物過程。樹體內含有葉綠素的各種組織，都可行光合作用。幼果及新梢也會有光合作用。問題是，哪些器官會產生多少量的同化物質。從受光面積及受光量而言，不能說綠枝當作光合器官而對該樹的乾物生產有多大的貢獻。幼果表面也會有光合作用，但對負擔果實肥大生長而言，其產生的量太少。要提供一個極柑或柳橙果實所需要的養分，需要 80-100 枚葉片。幼果本身的光合成量不過是一張葉片的光合成量而已。由此可知柑橘樹生長發育過程中所需要的同化物質，幾乎都是靠葉片光合作用來製造。

柑橘樹喜好陽光，栽培上必須考慮日照條件，不然不能有穩定的收穫量，光合成時，光能量的利用效率僅約太陽放射能量的 1%。春葉的光飽合點是 3.5-3.8 萬燭光 (圖 6)，照度超過此範圍也不能提高光合成速率。著生在樹冠外圍的葉，晴天時幾乎在光飽和的狀態下，為提高每樹光合成速率，需要提高著生在樹冠內部葉片的功能。重要的是如何有效利用散光多於直達光。

老葉表面因被覆蠟質，不僅降低對葉綠體的光透過率，氣孔的開閉機能也降低，光合成速率遠低於新葉。支配光合成速率的環境因素，除光以外還有溫度、水跟 CO_2 等。

氣溫和光一樣，對光合成效率有很大的影響，最有效率的溫度是 25°C -28°C (夏季)，及 20°C (春、秋季)。濕度也影響光合成速率，濕度越高，光合成效率越快，但高過一定程度後，光合成效率也會下降。夏季的自動噴灌不僅可補給土壤水分，亦可降低高溫，進而提高光合成能力。

地溫也會影響光合成速率，其最適地溫是 15°C -20°C，地溫 40°C 時，光合成效率會降低至 1/5。

土壤水分也有很大的影響，一般而言，在土壤通氣良好的狀態下，土壤水分越多，光合成效率越高。田間容水量表示土壤水分的狀況。田間容水量就是下雨或灌溉後多餘的水流出後，水分幾乎停止向土壤下層移動時的水分含量，以 pF 值來表示的話，相當於 1.5-2.0。當土壤乾燥時，光合作用速率開始降低，如乾燥程度更強，約 pF3 以上時，幾乎不進行光合作用。

名詞說明：

光強度在 800-2000 燭光 (Lux) 約室內可讀報紙的明亮度時，植物呼吸作用放出的 CO₂ 量多於光合作用同化的 CO₂。隨著光照增強，當呼吸作用所消耗與光合作用所得的 CO₂ 量相同時的光強度稱為「光補償點」，而當光照增強到一定強度，同化的 CO₂ 量不再提升的時候，這時的光強度稱為「光飽和點」。

5. 葉的質量和光合成能力

由於葉是主要的光合作用器官，因此要確保更多的葉面積。著生葉片越多的柑橘樹，其結果量越多，為提高果實生產，確保多量而且有效率的葉片是非常重要的。

如果葉片著生過於密集，樹冠內部葉片的受光量不足，會降低光合成效率。以單一樹體或果園全體 (群落)，來考慮光合成時，葉著生密度成為問題的對象。可用「葉面積指數」表現之，即由正上方照光時，成為「影」的土地面積當作分母，包含在其上的

全葉面積為分子。報告指出每一株樹的光合成效率達到最大時的葉面積指數，文旦類 4-6，早生溫州 7-9，臍橙 8-9 左右。柑橘園實際上的葉面積指數幾乎都是 5 以下。



依據藥師寺清司 (1962)，葉面積指數最高的狀態，是樹和樹之間枝條先端互相交叉 20 cm 時，此時樹所占面積大約是全園面積的 84.3%，是可得高產量的狀況。枝條的交叉比上述更大時，指數會急遽減少。在密植栽培下，隨著枝條延伸，必須剪除連接樹的枝條或間伐。如延遲這些處理，會出現密植栽培的弊害。

要養育一粒果實所需的葉片數，溫州蜜柑為 20-25 葉，椪柑、桶柑、柳橙等為 80-100 葉。要得到 4 公噸 /0.1 公頃的溫州蜜柑果實，約需 100 萬枚葉片。

葉內氮磷鉀的含量也會影響葉的光合成能力。尤其是氮素最重要，氮含量在葉片乾重量 2.2% 以下時，就是很明顯的氮素缺乏，光合成不良。2.5-2.8% 是適當的比率，超過 3% 亦不能提高光合成能力。鉀 0.7-1.09%、磷酸 0.12-0.16% 的範圍被認為是適當數值。

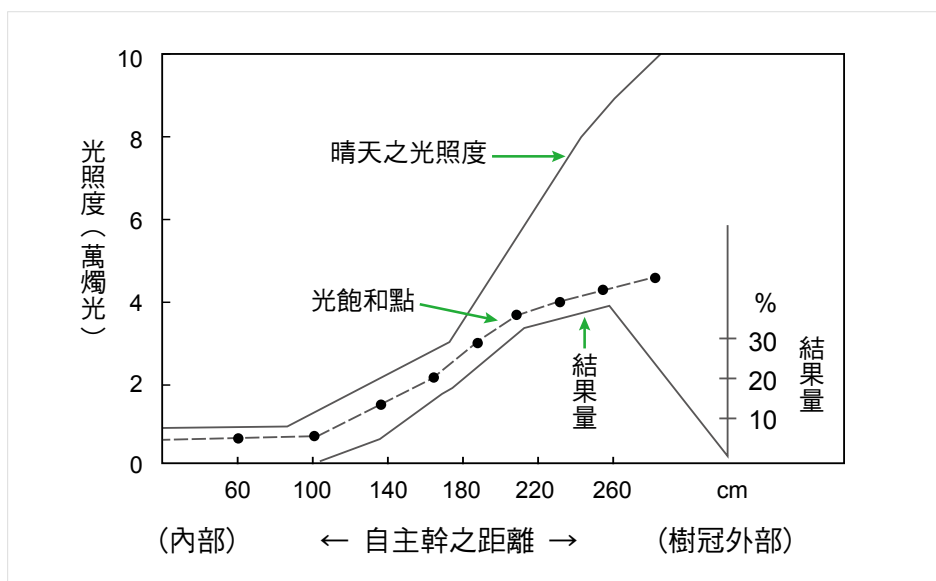


圖 6. 溫州蜜柑各樹冠部位之光飽和點。樹高 250cm，樹冠徑 540cm。
(四國農試果樹研究室調查資料。佐佐木，1981)

6. 老葉的功能

當春梢的新葉片還沒發揮光合成能力之前，老葉擔任供給各器官所必需的碳水化合物等養分的重要任務。

春季，老葉的光合作用速率大於新葉，老葉不僅當作貯藏養分的供給器官，而且積極進行光合成，向新葉、花蕾和幼果供應光合成產物。

進入春末夏初，新葉的光合成速率超過老葉，新葉成為光合成器官的主體，之後大約一年半的期間內保持光合成機能。隨葉齡增加，氣孔週邊被蠟質覆蓋，一部分氣孔也被蠟或其他老廢物質覆蓋，降低氣孔機能，也降低光合成的功能。

有趣的是，老葉不僅進行光合成，而且兼備保持樹體內一定的氮素等各元素濃度的機能。

柑橘樹具有活力的根，由土壤溶液中選擇性的吸收有必要的各要素及必要的量。例如，使用氮肥過量時，雖然會多吸收氮素，但當吸收需要量以上的氮素時，會把氮素運輸到特定的葉片，這些過剩的氮素會累積在該葉片後讓其落葉。因此殘存的葉片及其他器官內的氮素濃度可以維持適當的濃度，此為樹的緩衝作用。老葉也具備此種功能，繼續多用氮肥時，根的吸收機能受損，引起各元素的異常吸收，樹的緩衝作用也有限，導致多數葉片出現巧克力斑（褐色斑），誘發大量落葉。1960 年代曾經在日本各地發生異常落葉而造成大問題。

7. 冬季葉的生理和機能

晚秋到初冬，隨著氣溫及地溫降低，柑橘樹的生理活動變緩慢。在樹體內成份中，醣類（澱粉、蔗糖、果糖和葡萄糖等）的含量變化最顯著。葉內澱粉含量自 10 月上旬逐漸增加，11 月上旬達到最高，之後開始減少，12 月上旬至 2 月中旬含量最低。另一方面，醣含量在 12 月以後急增，1 月下旬最高，達到鮮重的 23%，之後逐漸減少，4 月上旬是 2% 左右。

結果過多的樹，蓄積在枝葉的醣含量都比較少。在此情況下對於凍害的耐受性降低，有容易受到寒害的現象，由此得知柑橘對於寒害的因應措施，包括提高植株本身的醣含量。醣含量的提高，有助於降低樹液本身的冰點，防止冰晶產生對細胞造成不可逆的破壞。



細胞內除了醣類以外還含有蛋白質及磷脂質等高分子化合物，和這些高分子化合物強力結合的水叫做結合水，結合水具有不容易結冰的特性。

當氣溫降低時，地溫也逐漸降低。地溫在 5℃ 以下時，根的吸水能力顯著降低，水在導管內移動的速度也顯著減緩。根的吸水能力及樹體內水分的移動速度降為夏季的 1/3。總之，溫度降低時，增加水的黏度，根細胞膜的通透性降低，因此冬季葉片內水分會減少很多。

8. 枝條生理

枝條按照其發生時期，分為春梢、五月枝、夏梢和秋梢。夏梢及秋梢的數量依樹的營養、結果量而不同 (圖 7)。

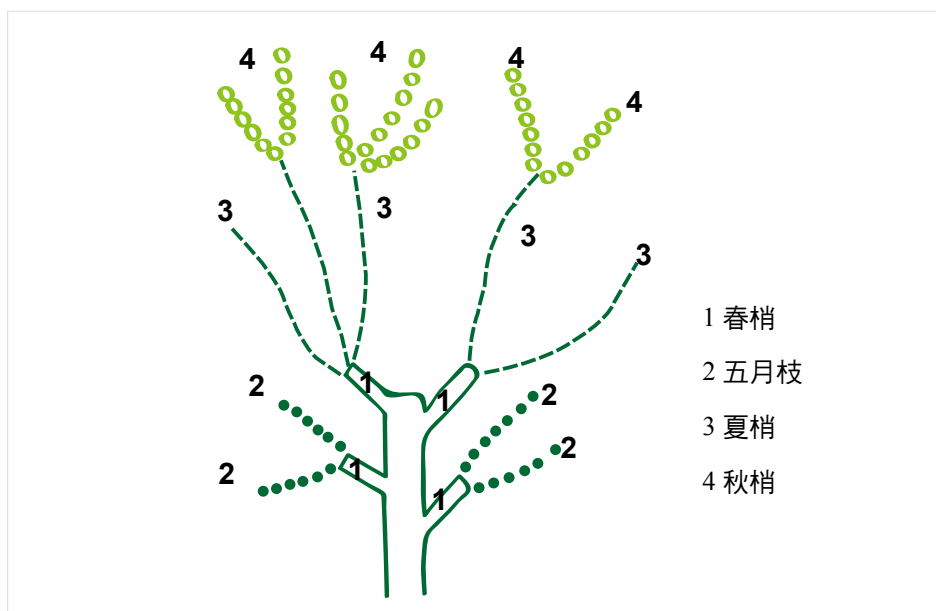


圖 7. 一年內枝條的生長狀況。

當柑橘樹正常生長時，春梢的發生最多。春梢不論是結果枝或營養枝，對果實生產均重要。春梢中的營養枝，繼續展開新葉而伸長。之後，其新葉成為最有效率的光合成產物的生產器官。春梢的橫切面一般成圓形，蓄積醣類的功能遠優於夏梢及秋梢。

結果量少的樹，從梅雨季開始萌發新梢，這是夏梢，其長度比春梢長，大部分夏梢橫切面成菱角。由此時期開始，潛葉蛾猖獗，被害葉數增加。夏梢如妥善防治害蟲，到秋末會蓄積醣類，可當作明年的結果母枝。秋梢展開後不久，氣溫下降，因此醣類的蓄積量並不多。樹冠上部的枝條，直立性者多，生長勢亦強，也最早發生（尤其是靠外側者）。反之，樹下半部的枝條著生角度就近乎水平，甚至下垂，其生長勢較弱。下垂的枝條，其養分、水分的輸送效率會降低，在下垂枝條著生的果實，一般較為瘦小。

二、葉的功用及光飽和點

已完全展開而硬化的新葉，其光合作用能力最強，和 1-3 年的老葉比較，比值約為 5：3。光合作用產生的碳水化合物，在成樹的老葉內含有 44%，新葉有 56%。但在幼樹的新葉含有 71%，老葉只有 29%，這表示成樹在老葉內仍貯藏相當豐富的養分（圖 8）。

健全葉片，靠光、水和空氣進行光合作用，製造碳水化合物，有利於結果。一般柑橘類的光飽和點為 4 萬燭光左右，並不能利用光飽和點以上的光量。晴天時，光量有 8-10 萬燭光，柑橘類僅能利用其 40-50% 左右而已，平常受光量少的葉片，其光飽和點降低，照射多餘光線也不能利用。譬如，位於樹冠中心內部的葉片，光飽和點是 4-5 千燭光，僅達樹冠外圍葉片的 1/10，因此，這些部位的結果能力很差（圖 6）。

瞭解上述道理後，對柑橘樹的剪枝、樹枝分配的作法有所幫助。所謂的「有效葉片」就是能進行正常光合作用，對果實成長發育有助益的葉片。

另一方面，光量太多、溫度高時，土壤內有機質分解迅速，土中水分不容易保存，易減弱樹勢。



三、樹勢對於水分吸收、根壓及蒸散作用之影響

柑橘根部細胞有「根壓」，可以吸收土壤內的水及溶解在水內的營養要素，經過樹幹、枝條的導管運輸，達到葉片。葉細胞具有「蒸散壓」，可以把水拉上來。這根壓和蒸散壓，都來自溶液所具有的滲透壓。

植物有兩種輸送管，一種是由根部先端吸收水分送到葉片的「導管」。另一方面則是運送葉片合成養分到其他部位的「篩管」。

根壓：根部最前端的皮層細胞，因為滲透壓最低，所以水分會滲透進細胞，經由內皮層細胞之膜進入中柱。由於卡式帶可防止水分自由的流回皮層，所以土壤水分向根部流動，進入導管之後除了上升之外，無其他路徑，這種因為根部滲透壓梯度而吸水的現象稱為根壓。

蒸散流：當稀薄的溶液連接濃稠的溶液時，水分會從濃度低的一方向濃度高的一方流動。和空氣接觸的最外側細胞，因水分不斷蒸發，內在溶液更加濃稠，而造成更強的水分流動，並透過水的張力把導管的水拉上來。葉片的細胞透過蒸散作用把導管內的水分拉上來的力量叫做蒸散流（蒸散壓）。超過數十公尺的樹木，藉由根壓和蒸散流可以把土壤中的水分拉到最上層的葉片。

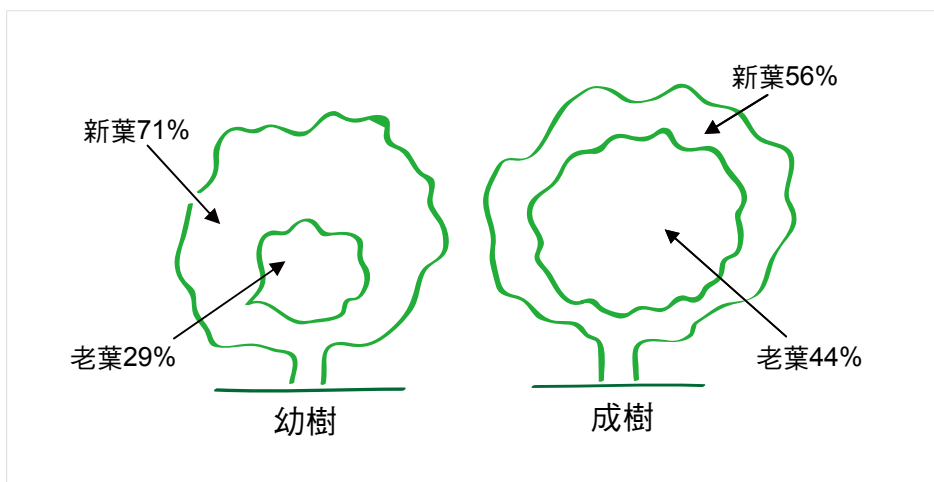


圖 8. 幼樹及成樹的新、老葉內含有的碳水化合物比率。(村松，1982)

四、春梢萌芽、伸長和根的伸長

葉片經光合作用製造的養分，除了葉片自己留存以外，也會運輸到根部儲存。冬季在根部如有充沛的養分時，貯藏在根部的養分初春會上升到地上部，和葉片內儲存的澱粉結合，成為新春梢伸長所需的養分，這些養分如夠充足，會使植株一齊萌發品質良好的春梢。

當春梢伸長一定長度，展開葉片，葉片成熟時就可製造養分。其養分一部分留存在春葉，其他輸送到根部，和根吸收的無機鹽類一起成為根部伸長及新根發育的養分。此時正值開花、幼果剛開始長大的時期，花、幼果和根部競爭養分，引起落花、落幼果，即「生理落果」。

當新根發育告一段落，根部已不需要太多的養分供應時，幼果的掉落就會停止，即終止生理落果。之後，葉片所製造的養分大部分供應給果實的肥大之用。柑橘的生長週期示如圖 1。

養分的流轉 – 供源與積儲

葉片製造的養分，優先集中流向樹內新生、生長中的部位，如春梢（或夏、秋梢）的幼枝新葉片，而對其他部位則很少流動。當新葉片成熟而能夠製造養分時，除留存自己使用以外，流向枝條及根部，促成根部伸長。結果枝和營養枝的葉片養分流向不一樣（圖 9），老葉製造的養分大部分流向其他新生部位，因此不可忽略老葉的價值及存在。

果實肥大期：同一棵柑橘上如有 2、3 個部分同時生長，則養分供應會分散。大體上，枝條（新梢）和新根交替發育，而不會互爭養分。但假如果實太多，會擾亂養分移動、分配的平衡，並影響根的發育，此時如果樹內營養不足，會導致因根部吸收營養不足的樹體衰弱。採果後，養分一部分留存在葉片內，其餘大部分運輸到根部。

柑橘樹內光合成產物，用蔗糖的型態，以非常低薄的濃度流轉樹體內。

果汁內酸味的主成份為檸檬酸及蘋果酸等有機酸，可在果實內分解後再合成新產物。

就溫州蜜柑而言，20℃時蓄積在果實的養分量最多。20℃就是採果

前著色最旺盛時期的溫度。越高溫，向果實的輸送營養越旺盛，可是當 30℃ 高溫時，輸送到果實的養分一部分被呼吸作用所消耗；因此越高溫，養分消耗量越多，對果實品質有不利的影響。



當葉芽萌發、新梢開始生長及開花結果時，樹體內養分移動速率明顯比其他時期旺盛。在樹體內移動容易的營養元素是磷、鉀和鎂等；如果缺乏這些養分，可以從老葉首先觀察到缺乏徵狀，如圖 10A；鎂、鉀在樹體內移動快，老葉 (c) 會明顯出現缺乏徵狀。中位葉 (b) 缺乏症狀較輕微，而新葉 (a) 及果實在剛開始缺乏元素時則較無病徵發生。

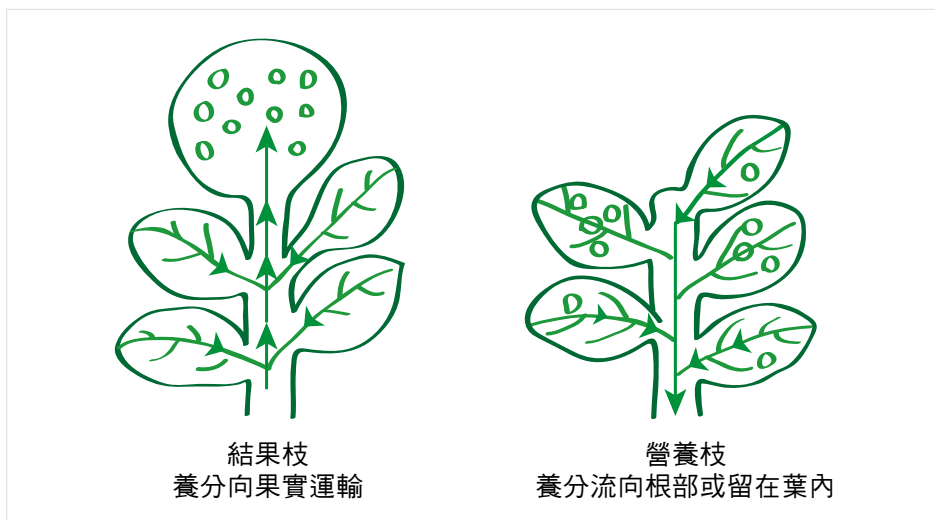


圖 9. 結果枝和營養枝的養分 (○) 流向。

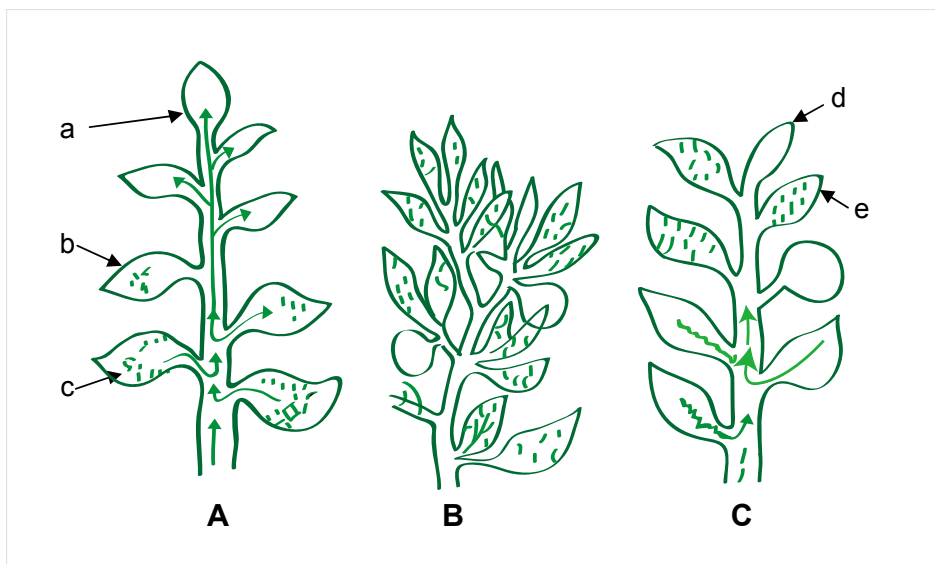


圖 10. 各養分在柑橘樹體內的移動。

營養元素中移動速度屬中度的為氮、鋅，如果缺乏時，新葉和老葉會同時表現缺乏徵狀，如圖 10B；病徵包括枝及節間縮短，密生小葉，新老葉都會呈現缺乏徵狀，但新葉病徵較明顯。

移動緩慢的營養元素是鈣、鐵、錳和硼等，如果缺乏時，在新葉可以觀察到缺乏徵狀。如圖 10C；缺錳時 (圖 11)，新葉 (e) 葉脈間成淡綠色或淡黃色。缺鐵時，影響到葉綠素的形成，芽成白化徵狀 (d)。平常注意土壤的酸鹼度，田園管理多施有機肥及實行草生栽培，改良土壤的物理、化學性質及生物相，土壤環境維持適合柑橘生長的 pH5.6-6.0，維持微量元素的有效性加上妥善的水分管理作業，則可使植株充分吸收土壤中的營養元素，避免缺乏症狀的發生，成為健康的樹勢。

光合產物經篩管在柑橘樹內運輸。從前認為夜間進行營養分的輸送，但實際上白天的運輸較為旺盛，而且陽光照度越高，運輸越活躍。

剛萌發的新芽，有很強烈的接受光合成產物的能力，遠超過花蕾或幼果。根部是各器官中離葉部最遠者，所以並非主要的積儲器官。當結果量多時，分配到根部的光合成產物被限制，影響根部的發育。



圖 11. 缺錳的新葉。(蔡雲鵬 攝)

光合成產物運輸到果實的量，主要以同一枝條上的葉片佔最多，離果實越遠或不同枝條上的葉片，對果實的供應量就越少，這表示靠近果實的葉片，對果實發育很重要。



為使果實能充足的得到葉片所製造的光合產物，結果枝要盡量靠近亞主枝，採用少分枝枝條的修剪方式，疏果時，留存週邊有葉群的果實。附近葉片少的果實，很難肥大，應在初期就摘除。

光合產物約 60% 分配到葉片和根部。夏季粗根可分配到約 15%，秋季約 30%。夏季前養分供應在根生長方面，但秋季的養分貯藏在根部，供應明年春梢萌芽之用。這些在粗根及細根的貯藏養分，對春梢發育有很顯著的影響。

秋、冬季，果實仍在樹上時，養分一部分仍供應果實，但採果後養分就下降到根部貯藏。如果拖延採果期，往根部流動的養分就減少，進而會影響春梢的生長及著花率。

果實

一、果實的形態及肥大生長

柑橘類果實是構成花器的子房壁發育所形成。子房內壁突出砂瓢，其內儲蓄果汁 (圖 12、圖 13 和圖 14)。

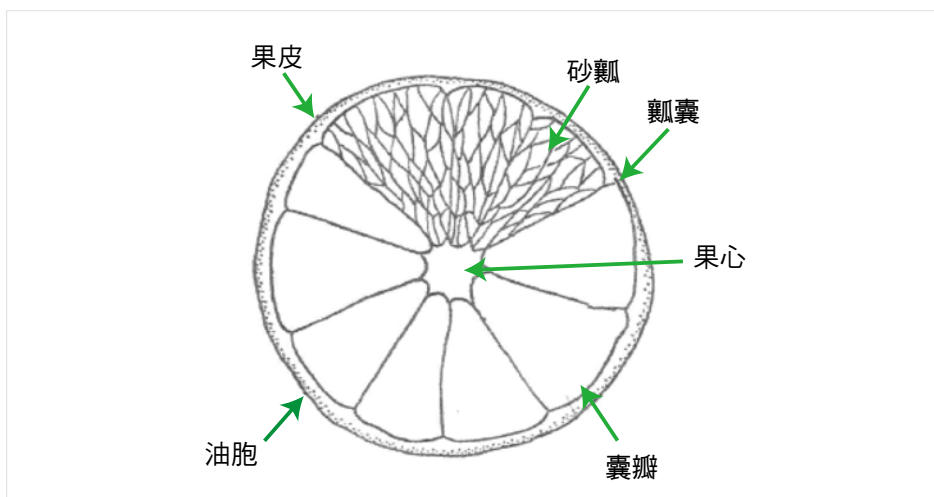
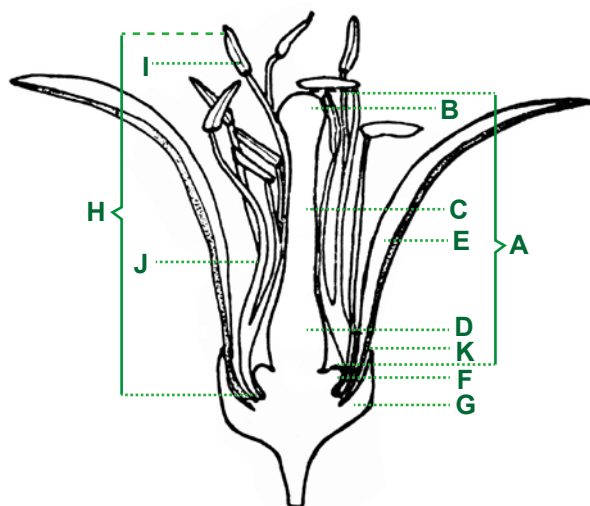
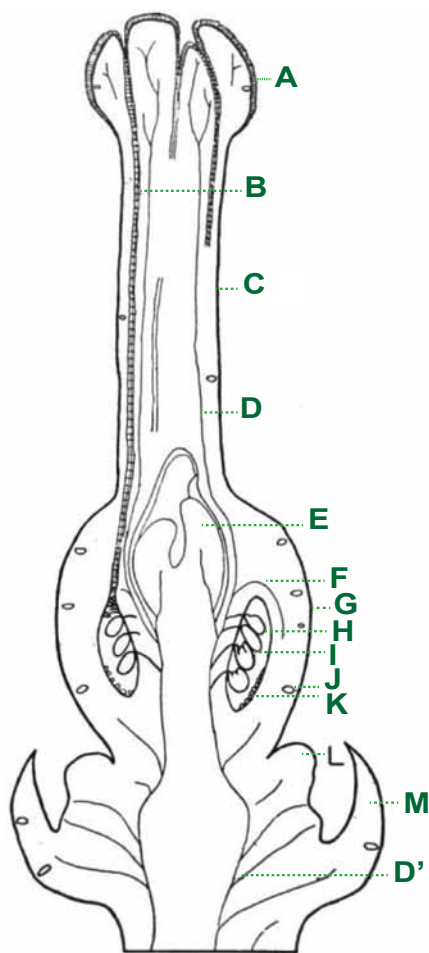


圖 12. 果實內容。



- A：雌蕊
- B：柱頭
- C：花柱
- D：子房
- E：花瓣
- F：果盤
- G：萼片
- H：雄蕊
- I：花藥
- J：花絲
- K：萼的尖端

圖 13. 花縱斷面。(Bartholomew and Reed, 1948)



- A：柱頭
- B：花粉管
- C：花柱
- D：維管束
- E：臍
- F：維管束
- G：子房
- H：室
- I：胚珠
- J：油胞
- K：砂瓢原基
- L：果盤
- M：萼片

圖 14. 雌蕊縱斷面。(Bartholomew and Reed, 1948)



果實發生初期，肥大較慢，是以細胞分裂為主。細胞分裂旺盛的時間越長，之後的肥大生長越大。細胞分裂期後，進入細胞肥大期，充實果實內容，果實急速肥大。

砂瓢數越多的果實，形成大果趨勢越高。收容砂瓢的瓢囊是花器的「室」所構成，開花時已決定每果實有多少室數，柑橘屬一般有8-15室(瓢囊、囊瓣)。

果實表面和葉背一樣，分布許多氣孔，可吸收大氣中的 CO_2 氣體，行光合作用。但其產物數量遠不如葉片。花萼在結果後成為果實的蒂部。果皮由外皮、外果皮層及中果皮層所形成。其細胞含有色素。外皮表面被覆臘質層與角質層，同時散佈氣孔。

果實絨層在成熟時，成為白色海綿狀組織，此層叫做中果皮(albedo, 白皮層)。子房外壁之油胞發達，含有精油、葉綠素及胡蘿蔔素等色素，此層叫做外果皮(flavedo, 黃皮層)。外果皮層及中果皮層含有草酸鈣及Hesperidin的結晶。

成熟果實水分含量有77-92%。幼果水分甚少，隨成熟而增加，乾旱時，來自根的水分來不及供應補充葉片蒸散時，葉片由果實奪取不足的水分，使果實萎凋落果。果皮、果肉和果汁的比率依品種、產地等有所差異。

椪柑及柳橙果實之外觀型態(果高、果寬)以及鮮、乾重所顯現的生長曲線都呈現單S形變化(圖15)。麻豆文旦也呈現同樣現象(圖16、17)。柳橙的果高及果寬在謝花後200日其生長逐漸變緩(圖15)。柳橙果皮在謝花後60日內逐漸增厚，之後下降，謝花200日後其厚度不再變化(圖15)。

麻豆文旦在花謝後4-12週為果皮快速發育期，之後生長趨緩(圖17)。果球(除去果皮之果實)於花後9-23週快速生長，之後迅速下降。即果實生長初期，以果皮發育為主，之後果球快速生長(圖16)。

蜜柑的浮皮則為中果皮層崩壞而空隙變大的現象。果實發育過程中，如果供給豐富的氮素及碳水化合物，會產生比較厚皮的果實，中果皮層也

會變厚。然而中果皮組織經崩壞後，仍會在果肉之間產生空隙。果皮較厚的果實，其浮皮現象較輕微。反之，氮素營養不足的果實，其果皮較薄，果皮老化後容易產生浮果皮，並成為發生腐敗果的主要原因。

採果前如有下雨，果面吸收水分而膨脹。之後連續放晴時，水分由果面蒸散，果皮會收縮。如此果皮反覆進行膨脹與收縮時，促進中果皮組織

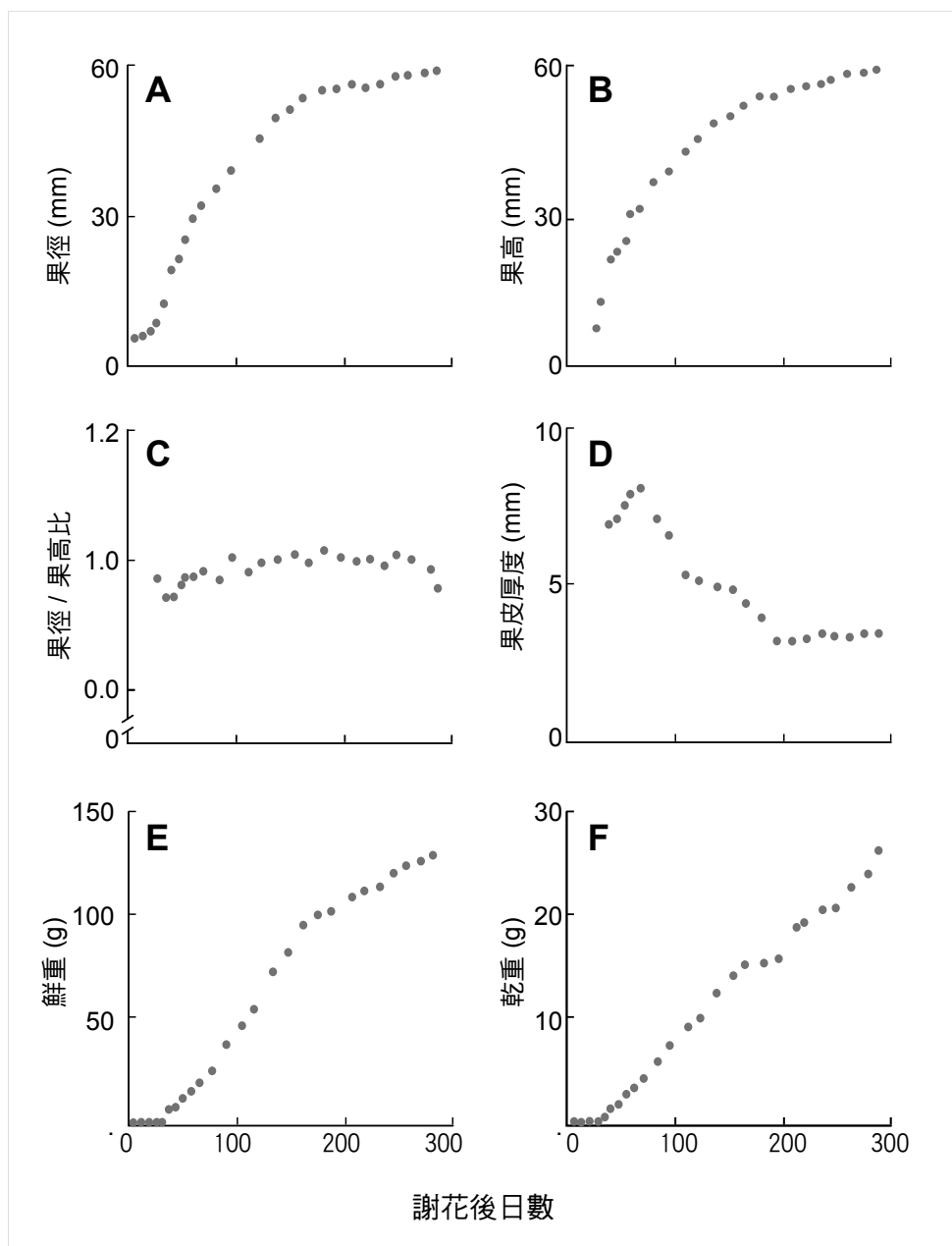


圖 15. 柳橙果實生長發育期間 A. 果實橫徑；B. 果實高度；C. 橫徑和高度比；D. 果皮厚度；E. 鮮重及 F. 乾重之變化。(郭等，1995)

的崩壞，不僅在果肉和果皮之間產生空隙，果皮也會形成龜裂。這樣的果實很容易落果及腐爛。



細胞及液胞肥大發育的時期，大量增加進行旺盛生理代謝的細胞質，而細胞內的液胞可蓄積生理代謝所產生的物質，柑橘果實的砂瓢內會儲蓄果汁。

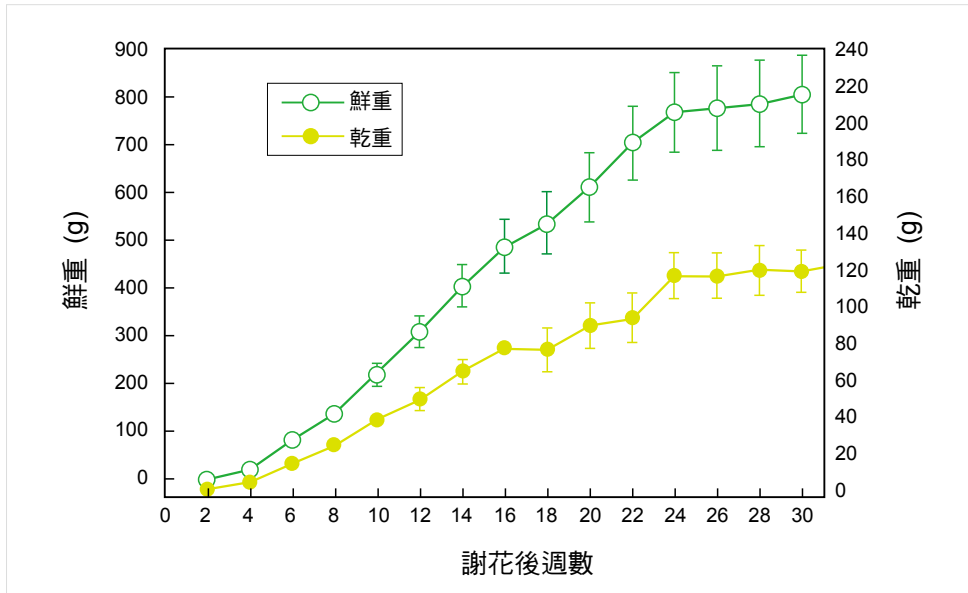


圖 16. 麻豆文旦果實發育期間鮮乾重之變化 (林和林，1995)。

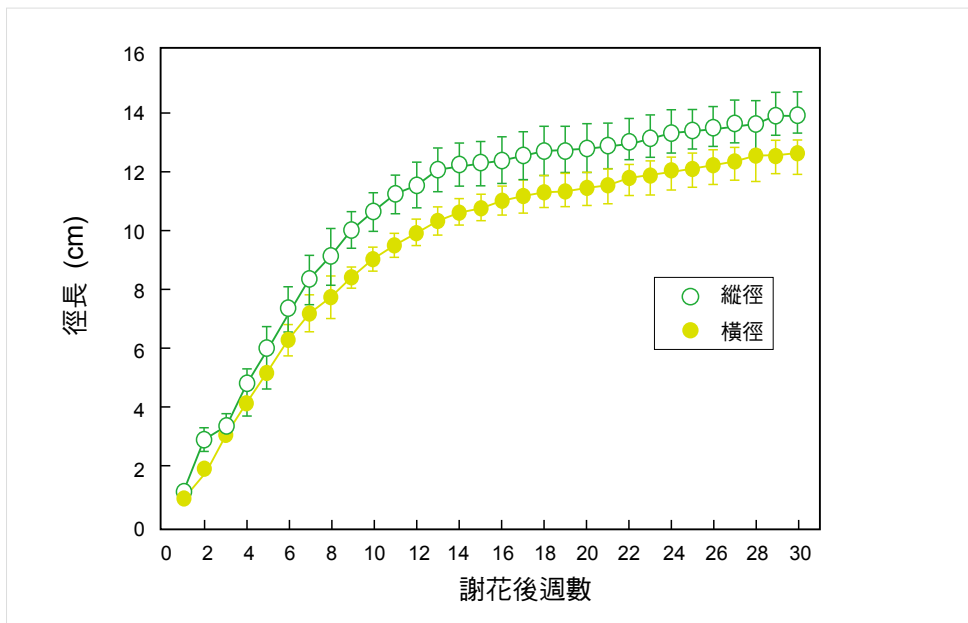


圖 17. 麻豆文旦果實 (自花授粉) 發育期間縱橫徑之變化。(林和林，1995)

晚熟的柑橘類其砂瓢表皮細胞，保持較長久的分裂能力，次年春季氣溫升高時，進行再分裂。即所謂砂瓢的「乾米症」就是指砂瓢表皮細胞再行分裂，同時失去水分而形成像乾米粒的狀態。

不授精，即不授粉也可結果實者，稱為單偽結果。溫州蜜柑及臍橙 (navel) 不授精也可結果實，但授精時的結果率較高。

溫度對果實發育有很大的影響。20-25℃範圍內，溫州蜜柑的果實肥大最旺盛。光合成速率及光合產物的輸送程度，越高溫就越旺盛。但溫度高時，果實呼吸旺盛，能量消耗量也大。儲存在果實的糖量 (乾物量)，以 20-25℃範圍內最多。

土壤水分和果實肥大有密切關係。當土壤乾燥，有效水分不足時，樹體的生理代謝會變化。土壤乾燥會壓抑光合產物的輸送。使用水分張力 pF 來表示土壤乾燥程度。土壤中的水分張力在 pF2.7-2.8 時，果實肥大緩慢，超過 pF 3.2 則果實收縮甚激，pF3.6 左右開始發生落葉。可是細胞肥大期的果實，遭遇短期間的 pF3.4 左右的土壤乾燥，雖然會短時間內收縮，但經灌溉後可期待恢復肥大生長狀態。

運輸到果實的光合產物 (蔗糖)，在果實內被分解後，再被合成為各種物質。此時如果土壤水分豐富，則活躍的合成細胞壁等果實體構成成份。另一方面，當土壤乾燥時，果實內再合成蔗糖，盛行促進積蓄葡萄糖及果糖的代謝。總之土壤乾燥雖會壓抑光合成物 (蔗糖) 積儲，但會使增加較高甜度的糖份蓄積。

陰晴不定的白天及日照強度發生變化時，果實的肥大、收縮反應比日照強度變化慢數分鐘發生。日照強度降低時，果實會肥大，日照強度提高則果實會收縮。葉片厚度也隨著果實肥大及收縮變化同調。將樹包裹細紗網時會抑制光合產物的運輸。

綜合以上觀察結果，果實的肥大及收縮，直接依存於果實本身水分收支的平衡，並非來自光合產物積存的多寡。葉片的蒸散旺盛時，根部吸水不及而導致樹體內水的收支變成「負」的，因此引起果實收縮。這時氣孔

調節開閉，控制蒸散的機能非常重要。當氣孔運作正常時，光合作用及光合產物的輸送均順利的進行著。



二、支配果實肥大的原因

1. 光合作用

光合產物是果實發育所必須。因為光合作用主要在葉片進行，故葉片的數量及其機能對果實發育有直接的影響。

果實是樹體各器官中，光合產物分配量最多的，可是一棵樹的著果數多，對每果實的分配量相對的變少，果實的大小就受到影響。

2. 肥料養分和果實發育

(1) 氮素：氮素是蛋白質、葉綠素、生物鹼和醯胺（氨基化合物）等的構成成份，在果實發育及柑橘樹生長過程中有很重要的作用。缺乏氮素會引起枝條生長不良，葉的光合效率降低，結果數少，果實發育不良。反之，氮素豐富時，夏梢及秋梢的生長旺盛，光合產物輸送到開始生長的新梢而被利用，當新梢生長過於旺盛時，會抑制分配給果實的光合產物量。氮素對果實發育是必須的，要充分供應但也不能過量，葉片的氮素含量百分比大約為 2.5-2.8% 較適當。

氮素含量過高，果皮會粗厚，著色時期會略延遲，有回青趨勢。回青是指成熟期已轉橙色的果皮（果面），隨氣溫升高變回綠色的現象。氮素短缺時，支配果皮橙色的胡蘿蔔素形成不足，造成著色不良。

(2) 磷：磷是核酸、磷脂質等的構成成份，左右細胞代謝的基本要素，又可當高能量磷酸而執行細胞內能量傳達的任務。因此，如缺乏磷，幼果的細胞分裂不能正常進行，其後的代謝亦被擾亂，不利於果實發育。

隨著磷含量增加，果皮變薄，果面光滑，由於增加糖含量，並減少酸含量而提高糖酸比。農友為提高果實品質，常多施磷

肥，但實際上幾乎所有的果園土壤中有充分的磷肥，只是未必可供樹體吸收，因此如何調整土壤環境，增加植株對土壤中既有的磷酸元素吸收效率為重要的目標。

葉內磷含量百分比的適當值為 0.15-0.18%。磷在樹體內和鉀一樣容易移動，有向生長旺盛的器官移動之特性。

- (3) 鉀：鉀的生理作用至今還不是很明白，可能和氣孔開閉、光合作用、澱粉合成酶和蛋白質代謝等有很大的關係。

鉀對果實生長的效果很顯著，葉內鉀含量宜在 1.3% 以上，適當值 1.4-1.7%，適量範圍內鉀含量越多，果實發育越旺盛。高鉀會引起果皮增厚，果面變粗；果汁的糖含量略降低，酸含量會略增加，使糖酸比下降。

多施鉀肥會抑制鎂元素的吸收，而降低葉內鎂含量。

夏季遭遇乾旱逆境時，有時會發生皺皮病 (creasing)，所謂皺皮病係指果皮變很薄，果肉部瓢囊的凹凸狀出現在果面的果實，橙類果實易有此現象。樹體內如有充足的鉀元素，就可以減輕柚肌果的發生。

- (4) 鈣、鎂：鈣在維持細胞的膜構造上很重要。鎂是葉綠素構成要素，而經過光合作用參與果實發育過程。缺鈣時根部的生長會明顯不良，間接地影響到果實的發育。鎂在樹體內容易移動，並運輸到生理代謝旺盛的新枝條及新葉或果實等，所以缺鎂表現的徵狀主要在老葉。鈣及鎂肥的比率宜多加注意，避免盲目濫施。

- (5) 微量元素：硼、銅、錳、鉬、鋅和硫等微量元素，為酵素的催化劑，及參與果實的細胞生理代謝。微量元素雖是必要的要素，但施用微量就可以滿足需求。調整土壤酸鹼度，就可以使植株從土壤中得到足夠的需求量，如果不調整土壤酸鹼度，而採取施用微量元素時，有可能產生過剩障害的危險。冬季施用苦土

石灰，藉此調整土壤的酸鹼度，意義就在此，但實際施用時宜注意鈣肥勿過量。



三、影響果實著色的因子

在柑橘，果皮著色為果皮組織的葉綠素分解以後，留存的類胡蘿蔔素(carotenoids) 呈現橙黃等色的現象。

良好的果皮著色需要有充足的陽光、適當的溫度、充分的氮素等無機養分，及果實內有相當的糖累積等條件為前提。

當秋季氣溫降到 20℃ 以下，低溫會促進葉綠素分解，然後表現橙色素，而使果實呈現橙黃等色；果實週邊的溫度在 15-23℃ 時，類胡蘿蔔素的含量最高，而葉綠素含量則降低。15℃ 左右的溫度是增加胡蘿蔔素及分解葉綠素最適當的溫度。

類胡蘿蔔素的產生和果實成熟度有密切關係，果皮的類胡蘿蔔素隨果實成熟而增多，果皮中的糖、酸含量及果汁中的全糖含量越高，類胡蘿蔔素含量也有越高的趨勢。

日照強度不僅影響葉的光合速率，和果皮著色也有密切關係，光照量不足，會抑制果皮色素的形成，造成著色不均等現象。

類胡蘿蔔素有許多種，依各色素的構成比例不同，表現黃色、橙色和紅色等各種顏色，而使各柑橘品種間的果實呈色不同。

四、日照、溫度和果實品質

果實的肥大是由於光合產物的蓄積，因此葉的光合成速率和光合產物的運輸效率直接影響果實肥大發育。

日照量的多少受地形的影響很大，如向南的山坡，日照量遠多於向北者，不僅有利果實品質（糖度較高、酸度較低，糖酸比提高），又對果實著色及成熟有很大的影響。

果實發育後果園全面覆蓋泰維克布（不透水但透氣），可防止雨水侵入，保持土壤乾燥可提高果實糖度。又因泰維克布可反光，對果實著色亦有協助功效。

五、果汁主要成份及變化

影響果肉風味的成份是糖、酸、胺基酸、水溶性果膠 (pectin) 及無機化合物等。又有微量的配醣體、精油、維他命 C (ascorbic acid)。所謂可溶性固形物就是指上述各物質全部總合，一般使用屈折糖度計測定之結果來表示。因為果汁內含有檸檬酸等，應用下列公式補正，以求更正確的糖濃度。

$$\text{屈折糖度計 \%} - \text{滴定酸 \%} \times 0.9 = \text{全糖 \%}$$

可溶性固形物和全糖量之間有高度相關，故可採用“假定”固形物量為全糖量。

麻豆文旦的果汁率於花謝後 10 週才逐漸累積，花後 23-24 週達最高量，果實生長後期有稍微下降的趨勢 (圖 18)。

(1) 糖：有關甜味的糖，有蔗糖、葡萄糖及果糖，這三者合稱全糖。

蔗糖為一種非還原醣，葡萄糖及果糖則為還原醣。果糖的甜度最高，蔗糖及葡萄糖次之。雖然葡萄糖的甜味強度低於蔗糖，但具有圓滑 (潤) 的口感。果實貯藏期間，酸含量下降而提高糖酸比，又蔗糖被分解為果糖及葡萄糖而更增強甜度。

美國販賣的甜橙，以糖含量多少及比率決定果實價格，糖含量受品種、土壤、栽培方式及氣候等各種因素的影響。

果實發育期間，柳橙及椪柑的糖度逐漸上升，酸含量呈下降趨勢 (圖 19)。

麻豆文旦果汁中可溶性固形物濃度，於花謝 12 週後快速累積，花謝後 20-26 週間達高峰，其後迅速下降 (圖 20)。主要可溶性醣為蔗糖、果糖及葡萄糖。其中以蔗糖為最主要，且含量最多，最高可達總糖量的 70% 左右，於花謝後 14 週開始快速累積，於花謝後 22 週達最高量，之後迅速下降，果糖和葡萄糖在含量上變化較小 (圖 21)。

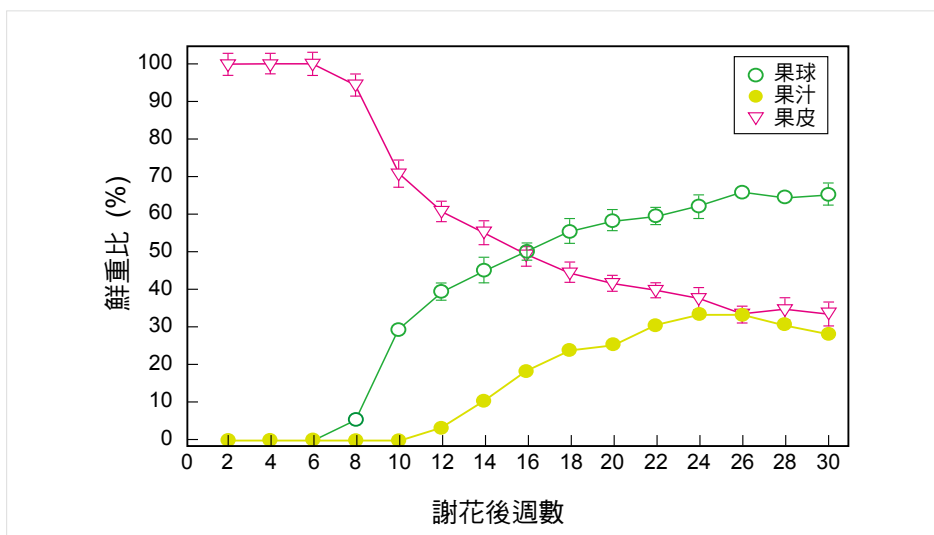


圖 18. 麻豆文旦果實發育期間果皮、果球和果汁百分率之變化。(林和林，1995)

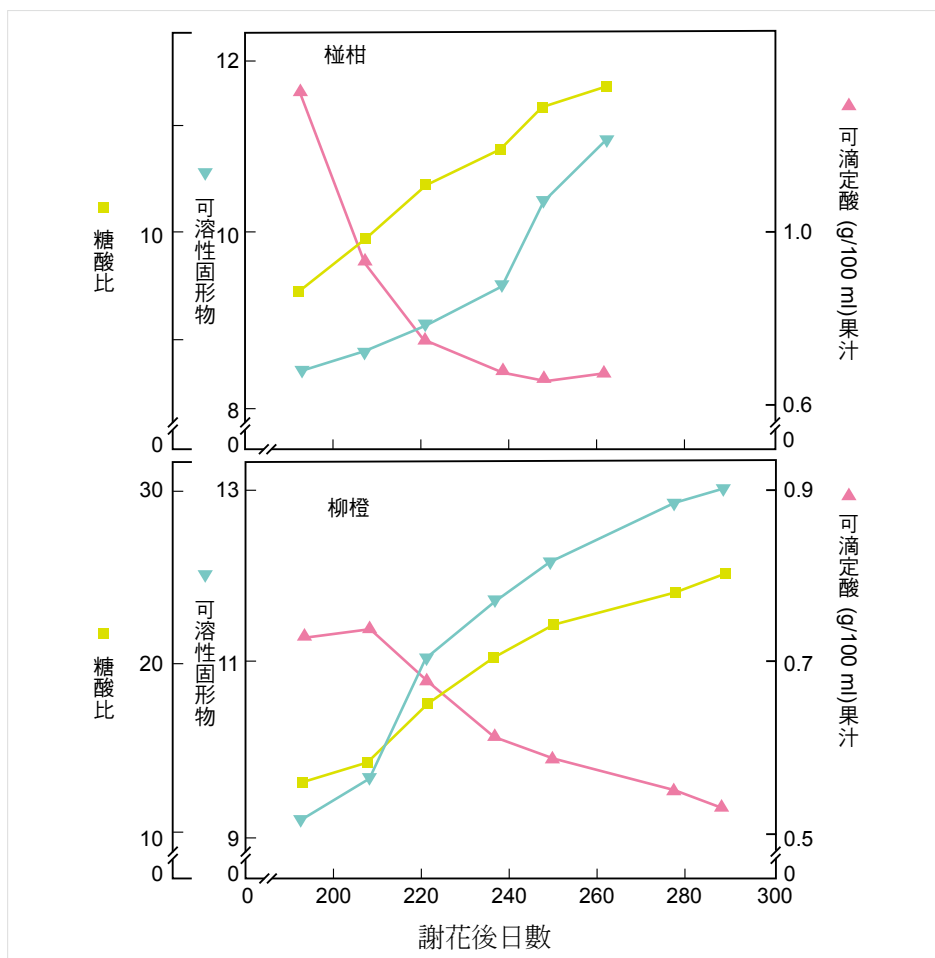


圖 19 椪柑及柳橙果汁之可溶性固形物，可滴定酸及糖酸比之變化。(郭等，1995)

(3) 酸：果實內的酸有檸檬酸 (citric acid) 及蘋果酸 (malic acid) 等。果實發育初期，蘋果酸較多，之後檸檬酸的比率增加，到成熟後期可達 90%。其他尚有酒石酸、草酸等微量存在。幼果期，酸的形成很旺盛而濃度較高，隨果實成熟，酸含量激減。

麻豆文旦果汁中，以檸檬酸及蘋果酸的含量較多，其他各種有機酸如酒石酸 (tartaric acid)、異檸檬酸 (iso-citric acid)、烏頭酸、 α -酮戊二酸等含量均甚低。各種有機酸的含量，隨果實生長成熟而減少 (圖 22)。

(4) 胺基酸：胺基酸的種類及數量，因柑橘品種不同而有差異，有天門冬精酸 (asparagine acid, 天門鹼)、天門冬精、prolin、alginin、aranin 等游離胺基酸，其含量隨果實發育而增加 (櫻井等，1968)。

(5) 苦味的成份：存在於瓢囊或砂瓢的表皮細胞內的苦味配醣體 (naringin) 溶解在果汁內時引起苦味。果汁 100 g 中含有 5 mg 以下時，幾乎不會感覺到苦味；10 mg 左右就感覺到苦味，20 mg 則很明顯地感覺到苦味。飲用果汁時，如有些苦味，會受到喜愛，但不能太過量。

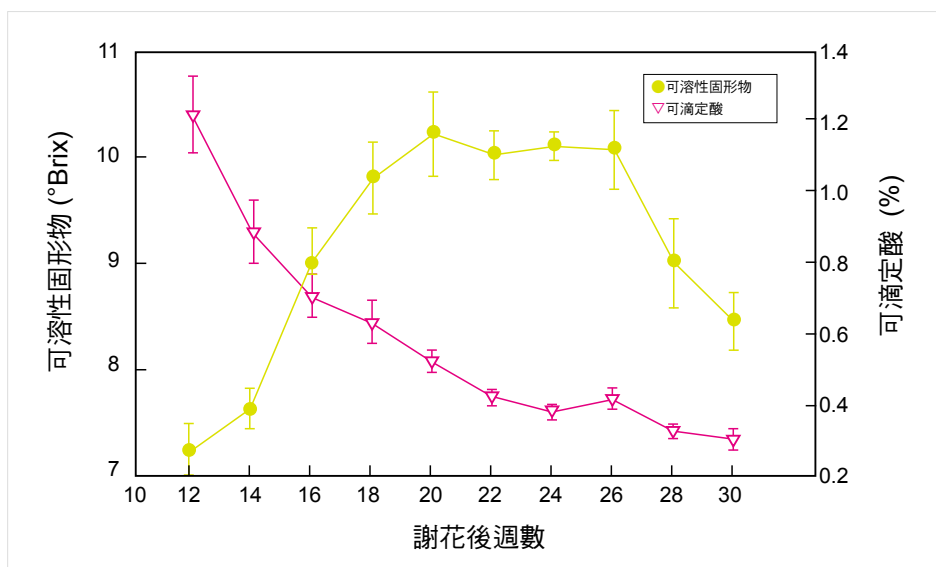


圖 20. 麻豆文旦果實發育期間糖度與酸度之變化 (林和林，1995)

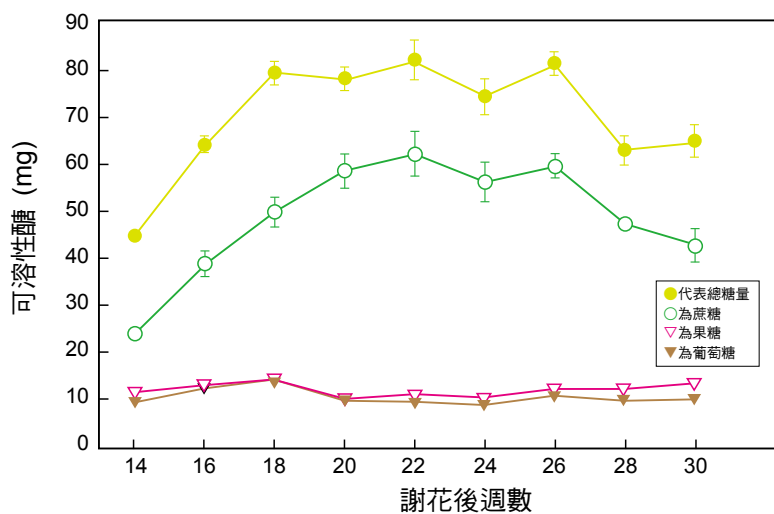


圖 21. 麻豆文旦果實發育期間可溶性醣含量之變化。(林和林，1995)

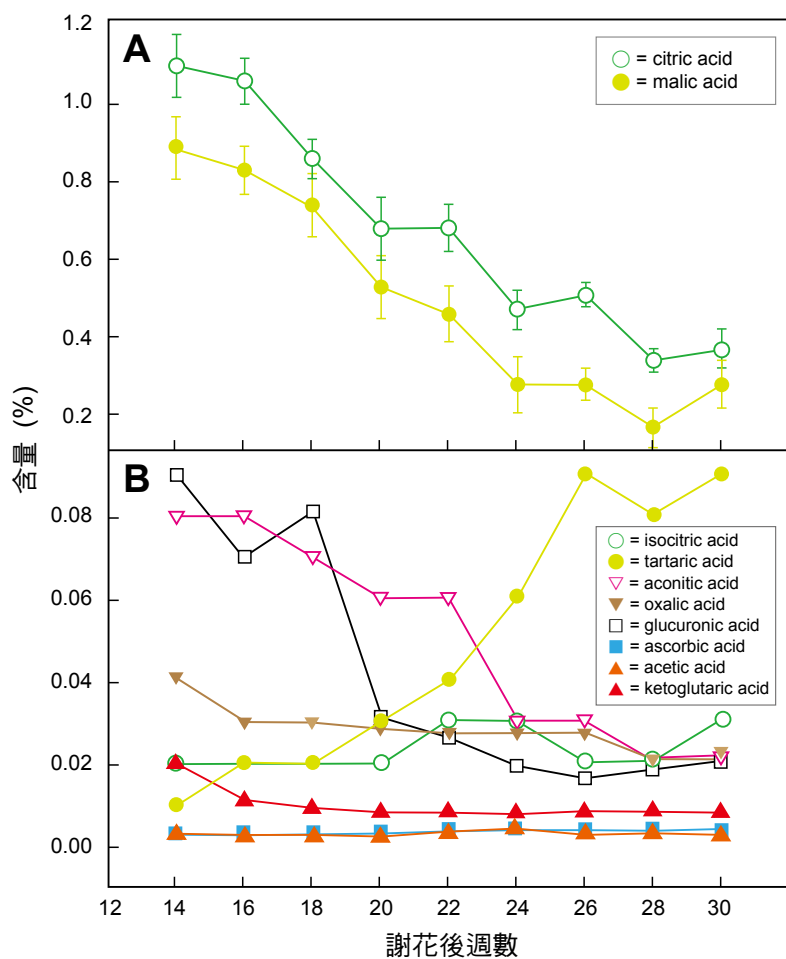


圖 22. 麻豆文旦果實發育期間有機酸含量之變化。(林和林，1995)

苦味的成份除了 naringin 以外，還有 limonin 及 nomilin。從苦味的相對強度來說，是 naringin 1，limonin 10 及 nomilin 20 的比例。隨著果實成熟，苦味成份含量有減少的趨勢。

- (6) 橙皮素：柑橘含有多酚化合物、類黃酮、酚酸、類胡蘿蔔素和果膠等。主要類黃酮成份為橙皮素 (hesperidin) (吳和蔡，2011)，為柑橘類果肉成份中的一種配醣體。罐頭內的柑橘果肉如果溶出橙皮素，會引起白濁現象，影響罐頭品質。水溶性維他命 P 就是橙皮素。摘果後的幼果經乾燥後，可萃取橙皮素，供應維他命 P 製造的原料，但因其成本太高，目前幾乎已不採用。

六、嵌合體及枝條變異的果實

嵌合體 (chimera) 是指兩種類以上的不同種或不同遺傳子型的細胞所組成 (組合)，chimera 一詞原來是指希臘神話中的獅面、羊身和蛇尾的怪物。利用接木可作成「合成周緣嵌合體的柑橘」(愛媛柑桔資源開發研究所，2003a 及 2003b)。

柑橘類植物的莖頂分裂組織有 3 層，由外側第 1 層至第 3 層。第一層 (L1) 的細胞分化為果實「可食部」，第 2、3 層 (L2、L3) 形成果皮。為育成現有品種所沒有，而「合成的兩品種」所具有的優良型態，利用嵌合體來製作新的果實，即合成第一品種的 L1 及第二品種的 L2、L3，構成 L1 的「合成周緣嵌合體」。

日本農林水產省果樹試驗場口之津支場的久原及大津 (久原，1989；Ohtsu-kuhara，1994) 成功做出川野 Daidai 和福原 Orange (使用珠心胚實) 的柑橘合成周緣嵌合體。愛媛柑橘資源開發研究所使用各種接木方法，已做出合成周緣嵌合體柑橘，例如：

1. 檳柑型 (橙 + 檳柑) 的嵌合體柑橘。果皮似檳柑，砂瓢呈橙色，砂瓢構造 (texture) 似檳柑。樹勢較強，樹體似檳柑，成熟期 12 月至 1 月。



2. 橙型 (檳柑 + 橙) 的嵌合體柑橘，果皮似橙，砂瓢呈橙色，砂瓢構造似橙。樹勢強，豐產，成熟期為 2 月。

枝條變異的果實：在雲林縣斗六市，有枝條變異產生的文旦果實 (2012 年 7 月，圖 24)，果農戲稱為恐龍文旦；在農試所柑橘展示園內，因枝條變異而表現橙白輪色的茂谷 (圖 25)。



圖 24. 枝條變異引起的文旦果實。(蔡雲鵬 攝)



圖 25. 枝條變異引起的茂谷柑橘果實。(林詠洲 攝)

 培養葉數多的柑橘樹

春梢越多，製造養分的葉片就越多，產量隨之增加，1、2年生的春梢越多，今年的春梢也多。

葉多，容易花芽分化，結果量多且穩定。

 減少粗大的枝

由2、3年生的枝條發生的新枝，是養分、水分的通路，同時也與葉片一樣，是養分貯藏的地方，為果實發育期成為對果實養分的供應來源之一。但是主幹、主枝等粗大的枝幹，主要的任務是養分水分運輸的通路及支持果實重量，較少成為養分的貯藏場所。反之，為維持這些粗大枝條的生存，消耗相當量的養分。太多粗枝的樹會競爭該供應給果實的養分，對果實生產有不良的影響。

 果實發育期的管理

開花期前後妥當照顧樹的營養狀況。圖26的第1期細胞分裂期的營養影響砂囊的數量及大小，砂囊數量越多及越大，以後果實就會越充實。細胞質的充實期（圖26的2、3期）應注重供應平衡及充分的營養。

 影響果實品質的因素

一、果實的外觀

如氮肥過多，果實發育前半期果皮較厚表皮粗糙不光滑，發育後半期果皮厚且粗糙，著色不良，味道拙劣。

二、內在品質



葉片受陽光而行光合作用，製造醣類，當土壤內水分及空氣中的濕度特別高的時候，所製造的糖變成澱粉，而不流向果實內。等到葉片內澱粉減少到一定程度後才再度產糖。當濕度降低後，葉片內的糖流向果實。利用這些糖，於砂囊內的膠狀細胞質形成呼吸作用的中間物，以檸檬酸為主體的有機酸。

果實發育中期有機酸開始增加，細胞質內富含糖類和有機酸，但經酵素的作用而分解。果實發育後期，砂囊等的內容物急速增多。果肉細胞內產生和細胞質不同功能的液胞。液胞內儲存來自葉片的糖及在細胞質內形成的檸檬酸等有機酸。

為提高果實的糖度，在果實發育中後期促進葉片的光合作用，使其製造的養分儲存在果實內。同時液胞內，可以分解糖及酸的酵素降低，使不容易分解的糖逐漸積蓄在果汁內，使果汁的糖度越來越高。

三、結果位置、果梗直徑大小和品質的關係

向天果及果梗直徑較粗大者，糖度較低（圖 27）；在樹內部陽光照射不足的地方，果實品質不良，糖度較低。

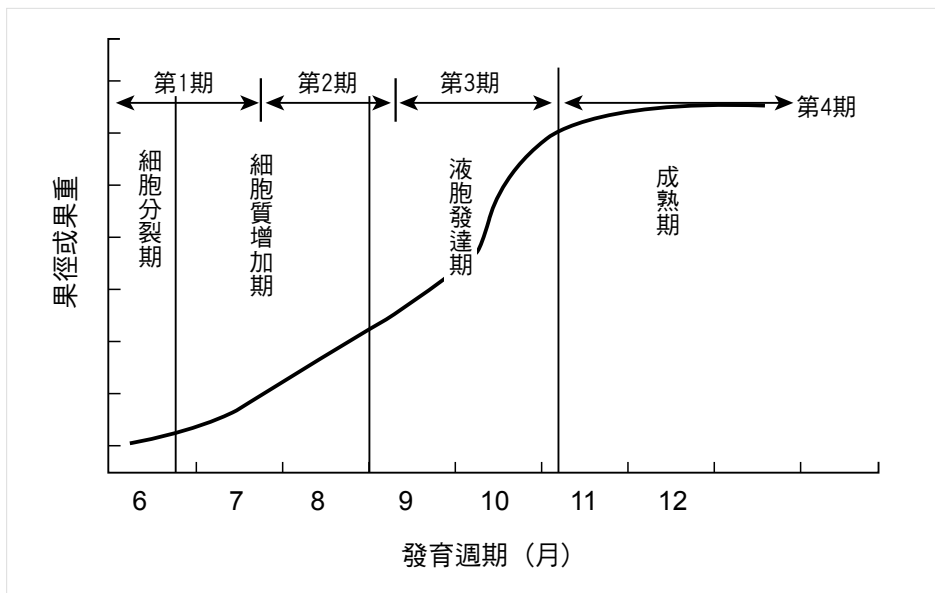


圖 26. 溫州蜜柑果實的發育週期。(村松，1982)

良好的樹相

影響樹相 (營養狀況) 的因素有：去年以前的栽培管理 (土壤、肥料、修剪和水分等) 及氣候條件。

冬季氣溫的高低，影響秋肥及春肥的吸收程度，施肥後的降雨量多寡，影響肥料流失量及柑橘樹吸收肥料的數量。

為瞭解樹體營養狀況，最好定期進行土壤及植體營養分析。由觀察樹體外觀對於營養狀況也可窺知一二。

一、樹冠容積：原則上越大越好，但需要有充實、密生而葉數多的春梢，不要有過長而會擾亂樹型的夏秋梢 (流氓枝)。修剪時的葉色：葉片呈淡綠、略淡黃、不明亮者，樹體營養狀況不佳。尤其結果母枝多者，開花期以後迅速衰弱。如果葉呈濃綠，結果母枝少的樹則產量少。

二、春梢：新萌發的春梢是判斷該樹營養狀態最方便且正確的對象。觀察新春梢的枝數、枝梢長度、葉片顏色、大小、厚度和新老葉的比例。樹體營養太多，葉呈濃綠色，葉大，春梢過長，節間也拉長。如營養不良，葉呈淡黃綠色，葉小，春梢也短，春梢發生較少。

日本長崎縣果樹試驗場已開發葉色板，農民可自行由葉色判斷樹體營養狀況。

三、開花情形：注意觀察開花的結果枝和不開花的營養枝的比例，開花期的早晚，開花期間的長短等。衰弱的樹體常看到數量超多的無葉花。

四、落果及果實的肥大：開花後的落果 (生理落果) 及果實肥大，依樹體營養狀態而變化，亦受後續氣候和栽培管理的影響，進而表現在結果上。

總之，新春梢的狀況和開花情形是觀察柑橘樹營養情形最重要的要點。樹勢良好，主幹粗大，樹皮色澤明亮、樹冠容積大，樹體內大小枝條的位置分配適當 (圖 28)，葉片數量多且密，新老葉比例適當，葉色良好、大且厚，具有上述具體條件者才是理想的樹型、樹相。

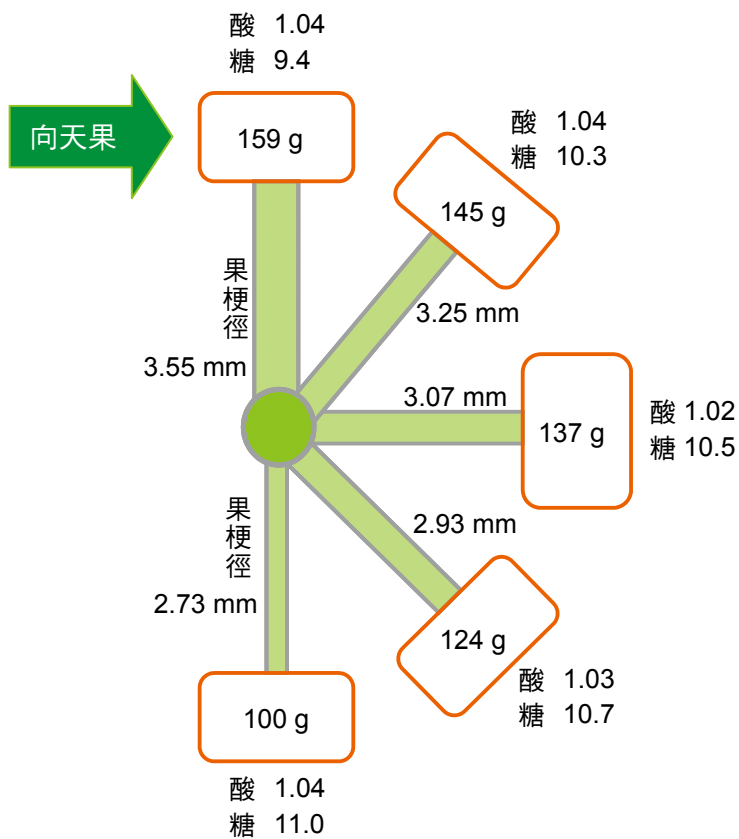


圖 27. 溫州蜜柑結果狀態和果實品質。(村松，1982)

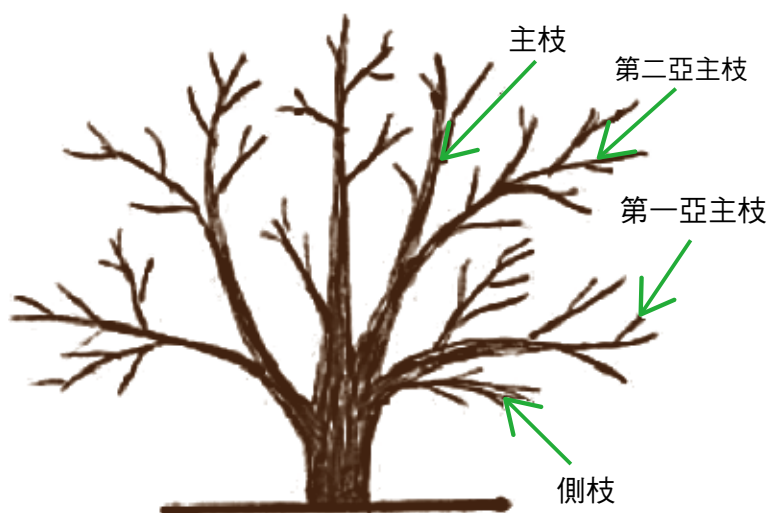


圖 28. 柑橘樹枝分布。

疏果

疏果適期一般是在生理落果結束後。視情況優先除去不整形果、罹病蟲果、風疤或受傷果、向天果及過度密集的果。柑橘樹本身依營養製造情況，將養分分配給果實及根等部位。疏果是以人為干涉果實量，依經驗自行決定疏果的最適時期、部位及數量。

早疏果 → 光合作用物質流向枝條 → 容易發生夏、秋梢 → 降低果實糖度，但果實較大。

晚疏果 → 光合成產物流向果實 → 提高果實糖度，唯果實較小。

隔年結果

桶柑、椪柑的隔年結果比較明顯，橙類較不明顯。

樹體內營養的平衡、採果期的早晚、疏果程度、修剪方式、修剪幅度 (輕度修剪)、保護根部 (大年時根部所接受的碳水化合物非常有限)、調整施肥時間及施肥量等，都和防止隔年結果有關。

充實的結果母枝，含有豐富的碳源 (碳水化合物)，並有氮素及磷酸的貯蓄，這是次年著花 (果) 的必要條件。

去年「大年」的樹，今年春季的澱粉及醣含量少，無能力長出豐富的結果枝，而導致今年的產量大減，是謂「小年」。採用各種方法，連年維持樹體內充分的養分，是防止隔年結果的最好選擇。

對可能成為「大年」的樹，預先進行「短截修剪」，確保預備枝。對可能成為「小年」的樹進行疏密修剪，如此可校正隔年結果。嚴禁兩成以上的修剪量，盡量推行「輕度修剪」。

冬季的夏油 (礦物油) 乳劑撒布，會促進葉的呼吸量，增加碳水化合物的消耗。預期小年時，為維持樹體內養分，必須謹慎處理之。

總之，經常維持或補充樹體內充分的養分，是應付隔年結果的不二良藥。

栽培的問題與技術對策



問題	目標	對策
● 生產量不穩定 - 密植園及老樹園的增加 - 基本管理不徹底 - 大年之疏果不足 - 土壤管理不佳 - 不合理施肥 - 整枝與修剪過與不足 - 病蟲害防治不徹底	生產穩定 減少隔年結果	● 長期： - 徹底執行基本管理 - 間伐密植園 - 園地基盤整理 - 園地集中 - 土壤改良 - 改植優良品種 - 樹型矮化 - 省力化設施 (自動化噴灌) - 輔導青年歸農
● 果實品質不穩定 - 基本管理不妥善 - 土壤及水分管理 - 整枝修剪 - 病蟲害管理 - 採收前之氣象因子 - 多雨、日照不足→糖度低 - 高溫、多雨→浮皮	高品質生產	● 短期： - 葉面撒布 - 枝別疏果、全疏果 - 隔年交互結果 - 設定預備枝 - 冬季防風 - 夏秋梢修剪 - 摘花蕾 - 樹冠上部疏果 - 除徒長枝
● 勞動過度 - 坡度太高 - 園地基盤整理不足 - 園地分散 - 密植園增加 - 因高齡化勞動力不足 - 栽培意願降低	省力化 輕勞動力	● 品質上升對策 - 排水、節水管理 - 防風樹整理 - 覆蓋草生栽培 - 枝別著果 - 適期採果、嚴選出貨 ● 省力化對策 - 園內作業道設置等

間拔

很多果園因各種原因，在柑橘樹長大後，因太密植而影響園內作業及樹勢、樹形，導致產量減少。最好的栽培距離是每株之間有適當的距離，以利作業、通風、採光，如此才能提高產量。密植園可考慮間伐位於不適當位置的柑橘樹。(圖 29、30)

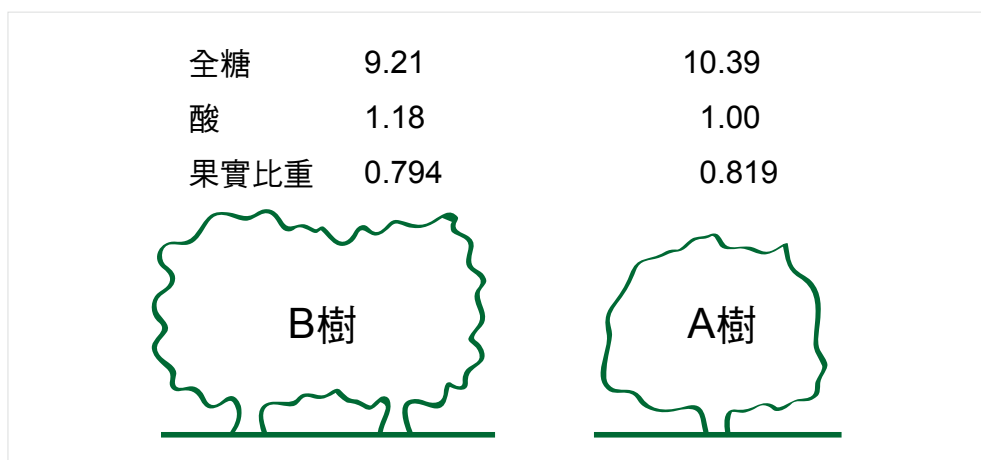


圖 29. 日照良好 (A 樹) 和不良 (B 樹) 對果實品質的差異比較。(村松，1982)

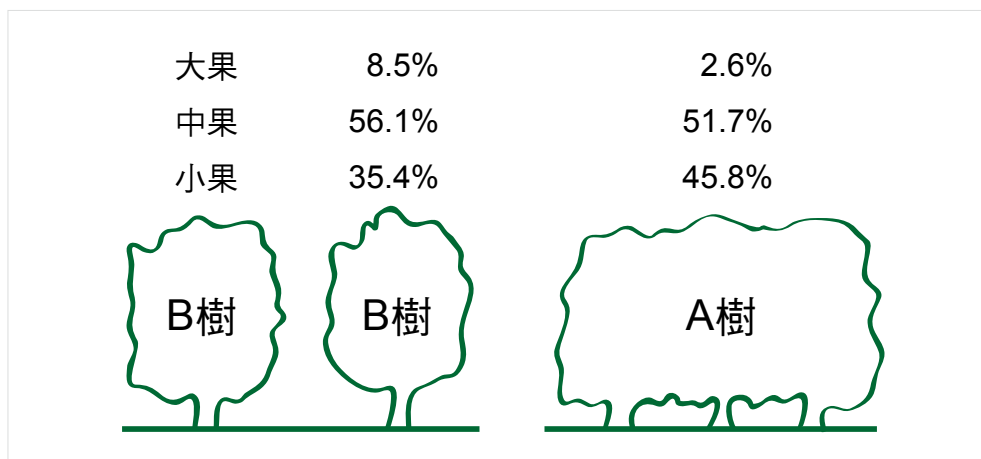


圖 30. 密植園 (A 樹) 和間拔園 (B 樹) 的果實大小比例。(村松，1982)

整枝修剪

有兩種整枝修剪方法 (圖 31、32)，抽枝間伐法 (A) 及短截修剪法 (B)。



整枝修剪的原則

修剪而除去的葉、枝的數量不要超過全株的 5 分之 1，瞬間除去很多製造養分的葉片，對柑橘樹生長相當不利。根據果園、品種及樹勢調整修剪方式，優先剪除病蟲害枝、重疊枝、交叉枝、立枝 (圖 33)。

1. 樹勢旺盛者，以間伐修剪為主。
2. 樹勢衰弱者，以短截剪枝為主。
3. 修剪時期勿太早，慢一些比較好。
4. 修剪程度以弱修剪為宜，切勿強剪。
5. 增加有效葉面積是修剪工作的一大目標。
6. 樹體內養分的流動是局部性的。修剪後的枝條上發芽所需養分，僅來自鄰近的枝條，不會從其他大枝枝條轉運過來。
7. 葉是父、根 (枝) 是母，果實是子女。

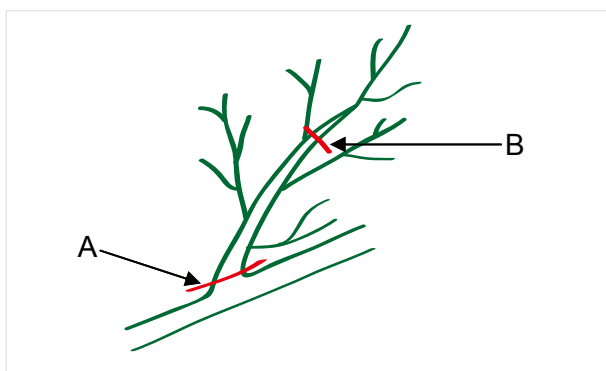


圖 31. 兩種整枝修剪方法。

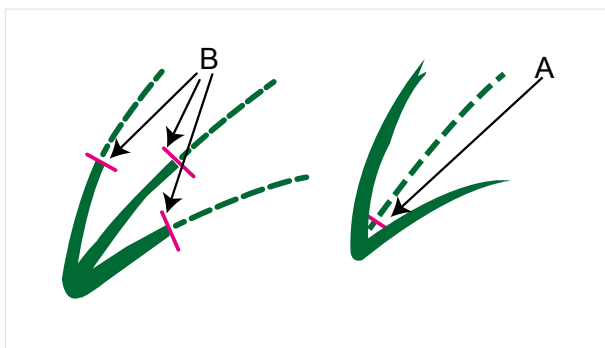


圖 32. 春梢的兩種修剪方法。

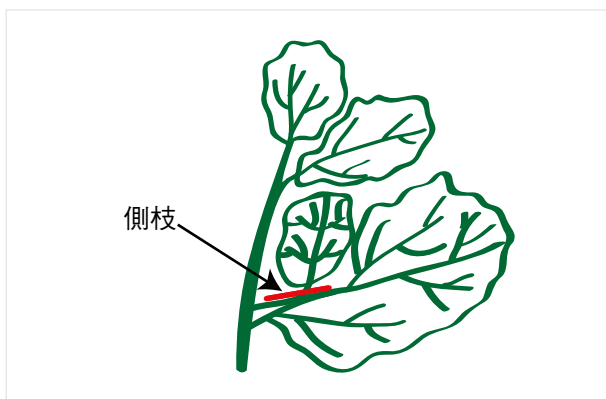


圖 33. 立枝由基部剪除。(村松，1982)

肆 土壤肥料管理



根

從根先端上方約 5-15 mm 的地方，表皮細胞的一部分突出形成根毛。根毛長度只有 0.05 mm 以下，肉眼看不到。根毛表面附著有益細菌及有益菌根菌，對養分的吸收有很重要的貢獻。

根的先端是根冠，保護著頂端分生組織 (生長點)(圖 34)，而養分及水分的吸收主要在尚未木質化且具有白色柔軟皮層的細根進行。

養水分經過根的表皮細胞、皮層、內皮，到達導管而被輸送到地上部，導管以毛細管的型態連結葉片氣孔。

當地溫在 10℃ 以下及土壤中空氣百分比在 15% 以下時，會強烈抑制根部養分的吸收。土壤需要有充分的氧氣，以利根部進行呼吸作用，提供所需的活動能量，當排水不良時對根部吸收養分會造成影響。通氣性良好的土壤，產生較粗、短的根，而對於逆境具有耐受性。



土壤狀態和根的關係

一、土壤的物理性和根的生長：

高產量土壤的三相分布是：固相率 40-57%，水分含量 20-40%，空氣含量 15-37% 的範圍內。土壤含氣量不足及根圈的氧氣濃度降低到空氣 (氧氣佔 21%) 的 1/10，會顯著抑制根部生長，並大量減少氮、磷、鉀、鈣、鎂、鋅、錳、硼和鐵等養分的吸收。

二、土壤的化學性：

施肥量太多，土壤溶液濃度過高時，根不會正常的生長。在低濃度氮素使用下，銨態氮對樹的生長優於硝酸態氮。但是在高濃度氮素使用下，

銨態氮對細胞產生毒性，而被立即代謝為胺基酸並輸送到地上部；硝酸態氮則以原來的型態移行到地上部。



土壤內施用硫酸銨等銨態氮，2 週至 1 個月後，因土壤中的硝化細菌的作用，所施用的氮素幾乎都變成硝酸態氮。硝酸離子容易流失在土壤中，並伴隨著土壤中的鈣離子及鎂離子一起流失，結果引發土壤酸化。

酸性強的土壤中，錳的溶解度提高很多，但鉬的溶解度反而降低，如此會引起微量元素的缺乏症狀。酸性強時，鋁離子及鐵離子趨於活躍，易和磷酸根結合成為溶解困難的磷酸鐵和磷酸鋁，使根部不容易吸收，總之，維持適當的土壤酸鹼度，對養分吸收有很大的貢獻。

三、根的養分貯藏：

由於柑橘樹的葉片所製造的養分優先供給果實，所以如果結果量多，根部所分配到的養分則很有限，會抑制根的生長。10 月被吸收的氮素，迅速流轉到地上部，11 月被吸收者大約一半留存在根部貯藏。因此秋肥對明年春季的根生長有很大的幫助。

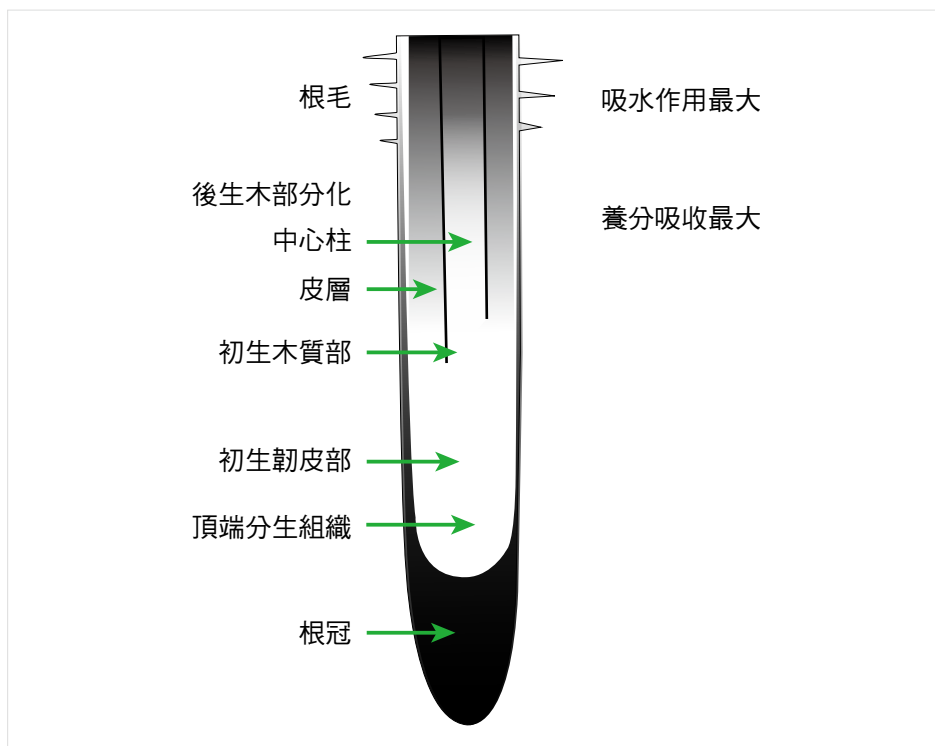


圖 34. 根部斷面 (門屋，2008)。

菌根菌和草相的關係

柑橘根週圍的土壤有很多微生物生存著，並各有各的作用，菌根菌也是其中之一種。柑橘及草的根，提供有機營養物質給菌根菌。同時菌根菌的菌絲，由土壤中吸收磷酸等無機物質，提供給柑橘根。

柑橘園內的豆科及禾本科雜草的根，會產生吸引菌根菌的物質，和菌根菌的親和性很高。柑橘根接近雜草根域時，受到菌根菌的感染，形成園內柑橘根及雜草根共同的菌根菌網。

雜草自然枯死後，其根部也枯死而形成土壤內的空隙，成為微生物良好的居住處，不僅保持養水分，改善通氣性，並給根部充分的氧氣。枯死的雜草在土中成為有機質，改善土壤的物理構造，草葉也可預防或減輕下雨時的土壤流失。有機質結合鋁離子及鐵離子，預防磷酸的難融化。

菌根是指植物根表面和內部有菌類（菌根菌）侵入，植物和菌類形成共生關係的型態。菌根菌不會使根細胞枯死，但樹根吸收養分時有協力作用，即和柑橘樹共生。

肥培管理

施肥要適宜的肥料種類、適量及適時的使用方法（表 3 及表 4），其主要目的是保持樹體營養平衡及果實優良品質。

土壤 pH 在 5.0 至 7.0 時，錳、鐵、鋁、銅、鋅、硼變成可溶性，容易被柑橘根吸收利用。pH 4.5 時，錳、硼、銅、鋅和鋁變成不可溶性。鋁在土壤 pH 6.5 至 10 時變成可溶性。

氮肥對品質的影響很大，太多使果實糖度降低，太少則影響樹勢。鉀肥在夏季吸收較多，和果實肥大及品質提升有關，磷酸對果實品質有良好作用。

台灣柑橘園土壤大部分是酸性土壤。最適當的柑橘園土壤酸鹼度（pH 值）是 5.5-6.5。為使土壤發揮最佳肥效，土壤 pH 值一定要保持適當，如土壤 pH 值在 4 時，柑橘根吸收肥力不及 pH6 時的一半（表 5）。

苦土石灰施用量，依土壤 pH 值及土壤型態而不同。最好在施用前測定根系土壤 (約 20 公分深) 的酸鹼度，參考表 6 來決定施用量。苦土石灰的有效成份幾乎不向下層移動，故僅撒在土壤表面時，不會作用到最主要的根系土壤。苦土石灰可與堆肥等有機肥料及磷酸鈣一起施放。



表 3. 柑橘之施肥時期及分配率 (%)

施肥時期	椪柑	桶柑、柳橙	肥料別及分配率 (%)		
			氮肥	磷肥	鉀肥
基肥 (採果後)	11-1 月	1-2、12-2 月	40	50 或 100	30
春肥 (春梢萌發前後)	2-3 月	3-4 月	40	50 或 0	30
夏梢 (果實肥大期)	6-7 月	7-8 月	20	0	40

表 4. 柑橘園的三要素推薦量與換算的肥料量 (張，1991)

樹齡或產量		幼樹		成樹產量 (株)		
		3 年生	5 年生	20 公斤	60 公斤	120 公斤
三要素用量	氮素	70	140	300	600	1,000
	磷酐	70	140	150	300	500
	氧化鉀	70	140	225	450	750
單質肥料用量	尿素	150	300	650	1300	2,200
	過磷酸石灰	390	780	830	1,700	2,800
	氯化鉀	120	235	375	750	1,250
43 號複肥 (幼樹)		470	930	1,875	3,750	6,250
5 號複肥 (成樹)						

表 5. 土壤 pH 與柑橘肥料吸收率 (蔡，1984)

土壤 pH 值	肥料成份		
	氮	磷酐	鉀
6.0	50	22	45
5.0	40	10	30
4.0	20	5	22

表 6. 更正為土壤酸鹼度 5.5~6.0 所需要的苦土石灰量 (蔡，1984)

土壤種類	土壤酸鹼度				
	pH3.5	pH4.0	pH4.5	pH5.0	pH5.5
砂壤土	138~172	103~138	69~103	34~69	0~40
壤土	241~282	172~213	103~155	52~92	0~40
粘壤土	287~345	207~264	132~190	63~121	0~57

(kg/10a，土深 10 公分)

土壤的酸鹼度 (pH 值) 影響三要素及其他養分的吸收率 (表 5 和圖 35) 。各要素在土壤內有下列的拮抗作用及協同作用 (表 7) 。例如：鉀太多會引起鈣、鎂、磷和硼的缺乏症。

台灣的柑農有施用過量的磷、鉀肥於土壤內的趨勢。2007 年間，陳右人教授調查 10 處斗六市的文旦園，分析土壤及葉片。其結果 (圖 36) 顯示，土壤內的磷、鉀及鎂超過適量值的果園佔大部分，葉片內的鈣及鎂超過適量值者有半數以上。這些事實值得我們反省及檢討。

表 7. 各要素在土壤內有下列的拮抗作用及協同作用

要素	拮抗作用	協同作用
氮 N	- 無 -	磷
磷 P_2O_5	鉀、鐵、鋅、銅	鎂 (矽、鈣)
鉀 K	氮、鈣、鎂	鐵、錳
鈣 Ca	氮、鉀、鎂	磷
鎂 Mg	鉀、鈣	磷
鐵 Fe	鈣、磷、錳、鋅、銅、 NH_4	鉀
錳 Mn	鈣、銅、鐵、鋅、磷	鉀、氮
硼 B	氮、鉀、鈣	-
銅 Cu	鐵、鋅、鋁、錳	-
鋅 Zn	氮、鉀、錳	-
鋁 Mo	鐵、鈣、錳、鎂、 SO_4 、 NH_4	磷、鉀

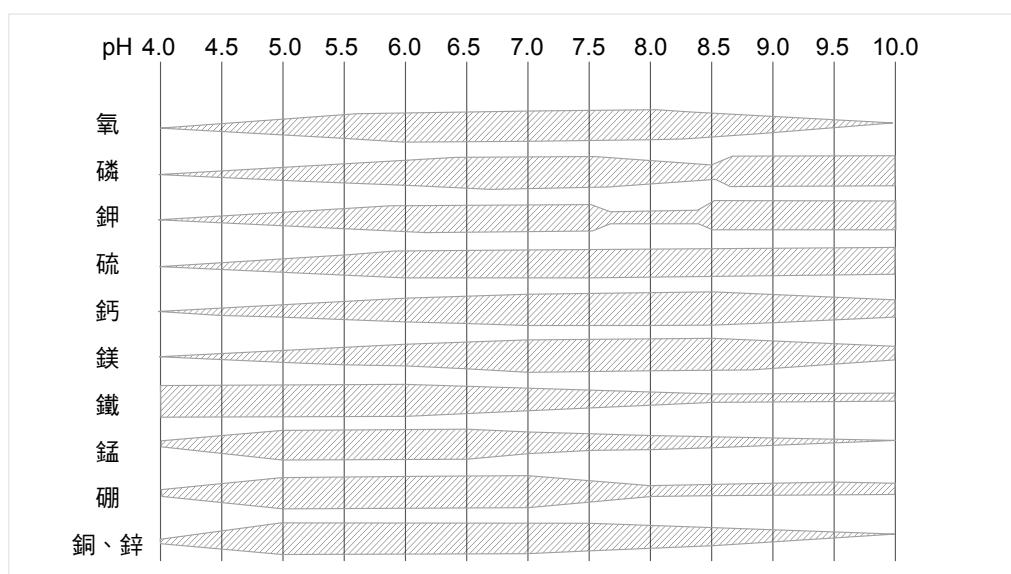


圖 35. 土壤反應與植物養分有效性的關係。

1. 養分的吸收：

柑橘樹除了葉片撒布液肥以外，主要靠根部的細根及根毛吸收養分。柑橘根的生長受地溫影響，在 25-30℃ 時根的伸長最旺盛。而根毛在 25-35℃ 時發生最多 (圖 37)。地溫在攝氏 24℃ 時，

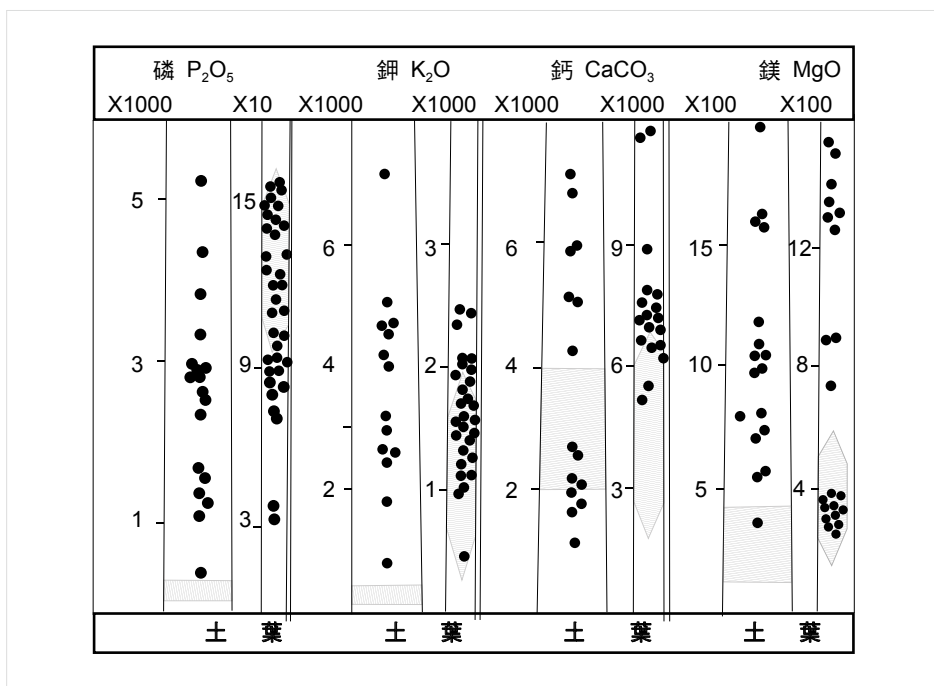


圖 36. 斗六文旦園的土壤及葉片分析。■ 示適當數值範圍。
土壤 (底土) 2007 年 9 月 13 日採，表內數字為 kg/ha。
葉片 2007 年 12 月 8 日採，表內數字為 mg/100g dw。
資料來源：陳右人教授調查資料。(蔡雲鵬繪製)

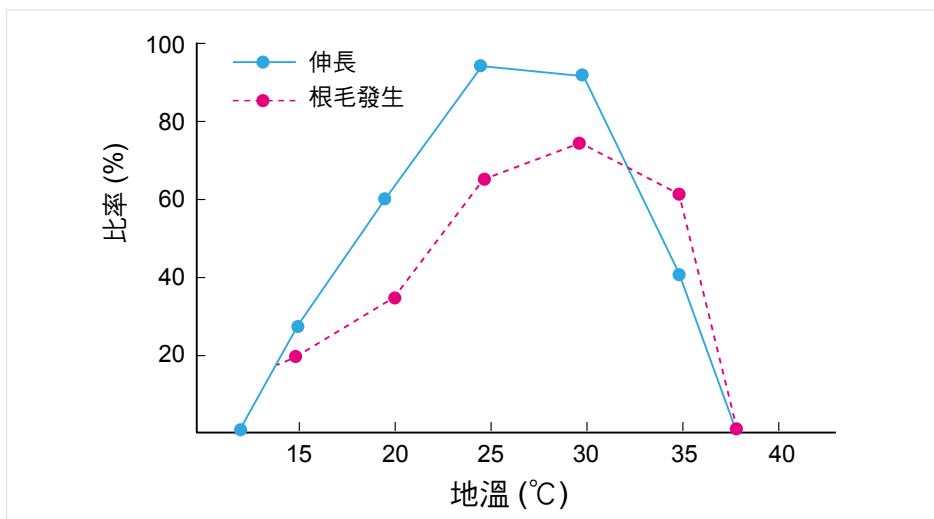


圖 37. 柑橘根的生長和地溫的關係。(村松, 1982)

氮的吸收量最多，32℃次之，18℃最低 (圖 38)。覆蓋雜草對地溫的保持及提高有幫助 (圖 39)。

施肥後在一個月內降雨 200 mm 以上時，氮素流失很多。施用春肥後，到施夏肥之間，如有 260 mm 左右的降雨，在 5 月中旬氮素流失很多。但降雨量在 124 mm 左右時，還有相當量的肥料在土中 (圖 40)。

2. 細根的作用：

柑橘樹每年生長新根，其一部分腐爛而消失，其他部分則隨年而粗大生長。細根佔全株根部的比率，隨樹齡增加而降低 (表 8)。

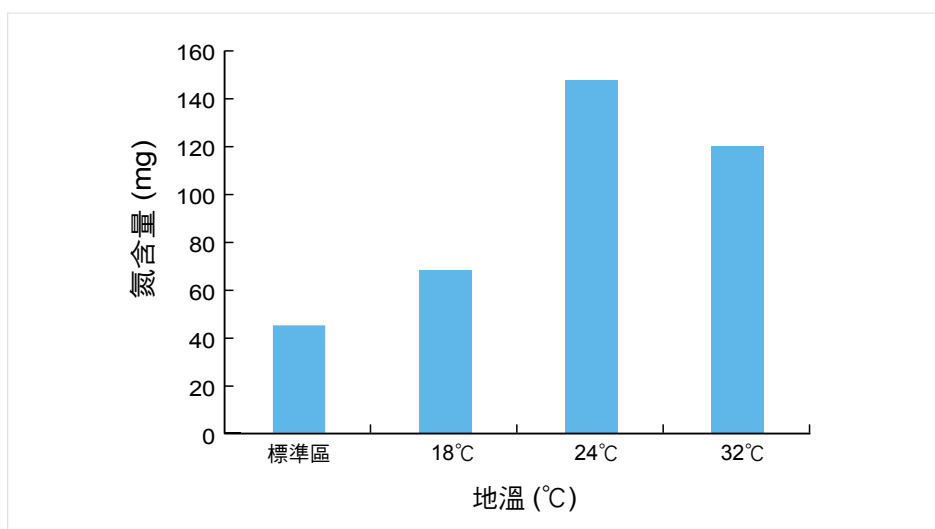


圖 38. 地溫和氮吸收量。(村松，1982)

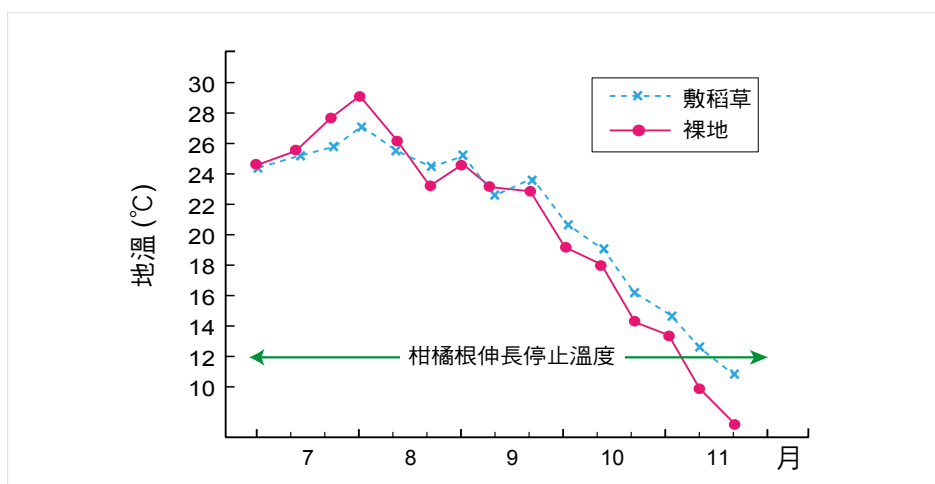


圖 39. 不同月份地表下 10 cm 的地溫。(村松，1982)

以溫州蜜柑為例，11 月 5 日施用氮肥時，移動到果實者最少，僅佔 0.5%，大部分流向根部，一部分流到枝葉 (圖 41)。



各時期施肥後，其肥料養分的動向示如圖 42。根週圍需要孔隙容納空氣。葉片製造的碳水化合物經篩管流向根部，細根利用

表 8. 樹齡和細根重量的關係 (村松，1982)

樹齡	6-7 年生	20-25 年生	50 年生
細根佔全株根部重量	25%	10-15%	5%

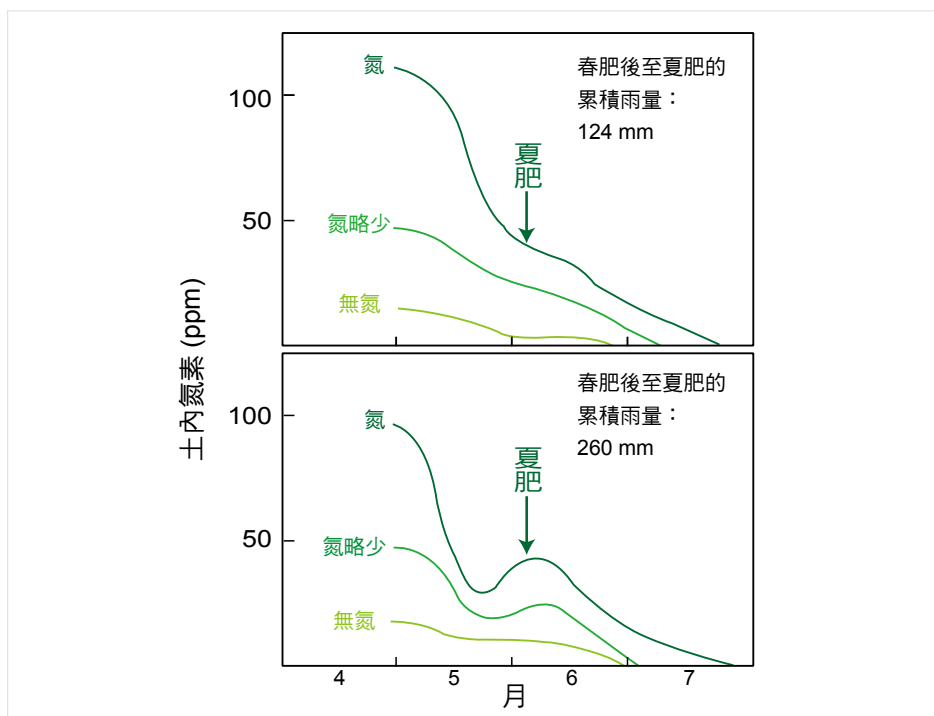


圖 40. 雨量和土內氮素的變化。(村松，1982)

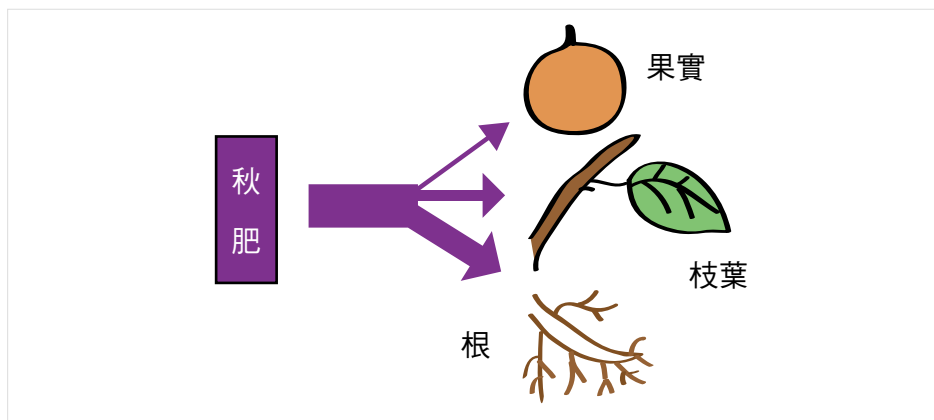


圖 41. 秋肥在樹體內的吸收與移動。(村松，1982)

土壤中的氧氣，行呼吸作用並產生能量，吸收土壤內水分及溶解在水內的各種肥料養分 (圖 43)。為使根部順利進行呼吸作用，土內需要有適當的孔隙以容納空氣。柑橘園積水多日，會引起根部腐爛。斜坡上的果園因排水良好，根的發育較順利健康。

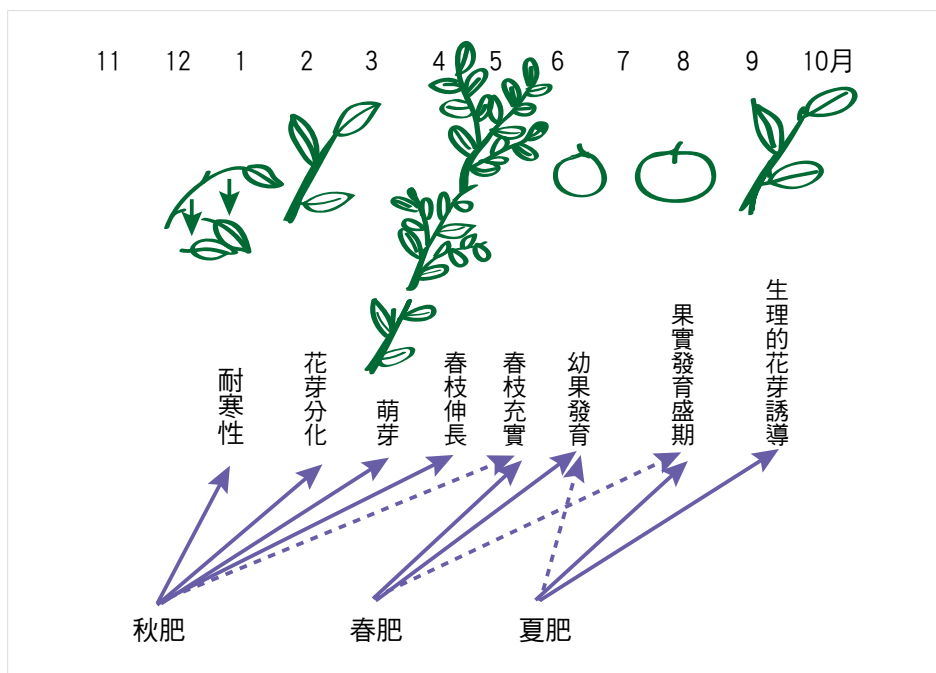


圖 42. 各時期的施肥及其養分動向。(村松，1982)

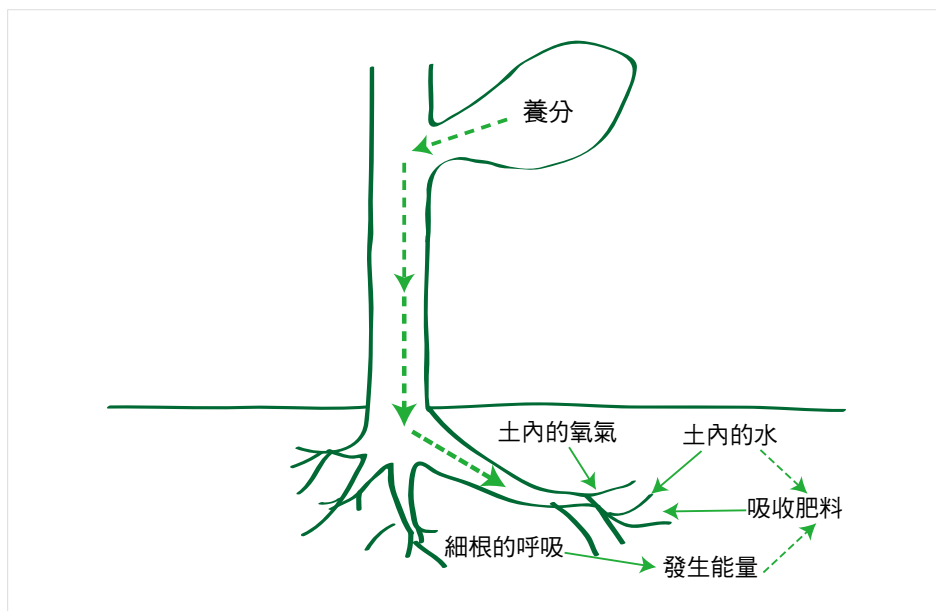


圖 43. 柑橘根部吸收肥料的機制。(村松，1982)

草生栽培



一、草生栽培的益處

草生的土壤是活的。夜間，草葉內的光合作用產物輸往根部，並滲入土內，供養土壤微生物，提高土壤肥力。草生栽培可改善土壤物理性，增加有機物質及土壤孔隙（圖 44），蚯蚓等有益土壤動物隨之增多，並增加土內氮素量（圖 45），草體對於養分及水分的吸收量也越多（圖 46）。秋季採果前，如土中水分過多（如下雨），果實糖度會降低，利用草生，把土中水分吸收並蒸發，間接協助提高果實糖度。草雖然和柑橘樹競爭肥料等養分，但施肥前刈草就可避免（圖 47）。

一般果園採用園內原有草種加以管理。有些在冬季用苕子，夏季用青皮豆。應使用何種草種，視地形、柑橘樹發育情形及自家勞力而定。

草生栽培可減少果園內土壤流失量及地表逕流。

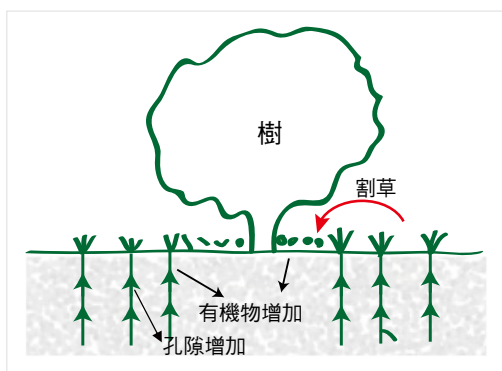


圖 44. 草生栽培可增加土壤內的氮素量。(村松，1982)

土管理	氮素量	
	土上層	土下層
草生		
清耕		

圖 45. 草生栽培可增加土壤內的氮素量。(村松，1982)

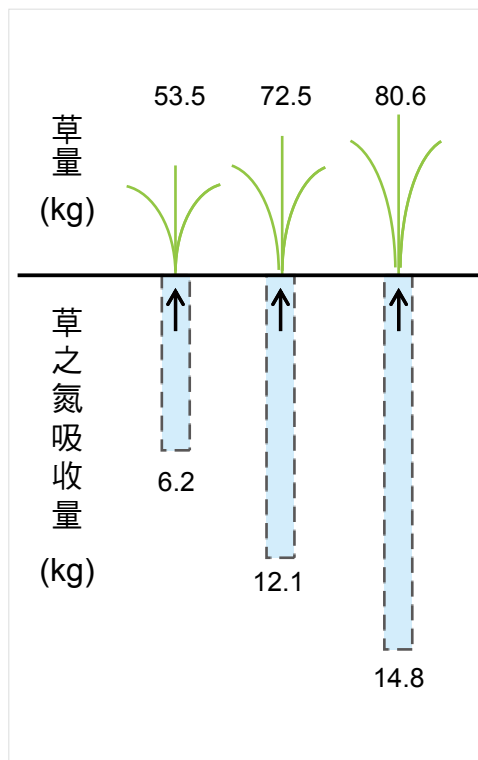


圖 46. 草生長量愈多，養分與水分的吸收也愈多。(村松，1982)

🍊 地溫與覆蓋

地溫的日變化 (圖 48) 及年變化 (圖 49) 隨著季節、時間和土層深度等而改變。地下各不同深度最高地溫發生的時間有明顯差異 (圖 50)。地面溫度最高的時間是下午 2 時左右，最低溫在上午 5 時左右。土層越深，最高溫度或最低溫發生的時間越延後 (圖 48)。一年當中，地面最高溫在 7-8 月，最低溫在 1、2 月。土層越深，最高溫或最低溫度發生的月份越延後 (圖 49)。濕土的地溫，比乾燥土低，尤其在地面及 5 公分地下為甚 (圖 51)。夏季地溫達攝氏 25℃，吸水能力最強，攝氏 30℃ 次之 (圖 52)。覆蓋稻草或草生栽培可降低地溫，對柑橘樹的生長及吸收養水分有利 (圖 53、54)。

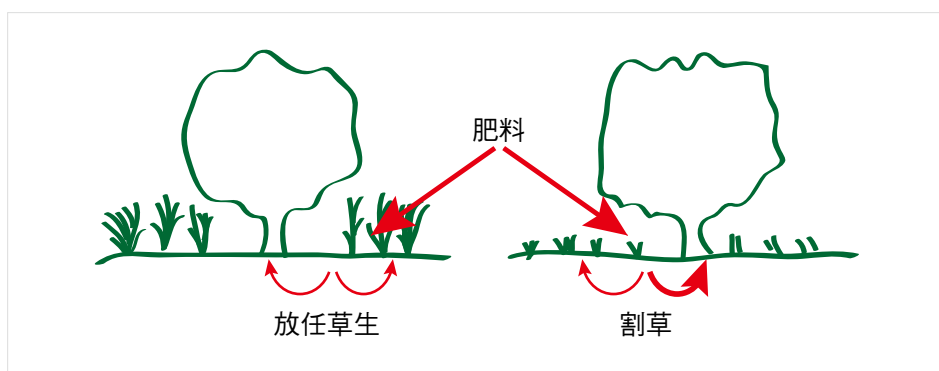


圖 47. 預防草和柑橘樹爭奪肥料的方法。(村松，1982)

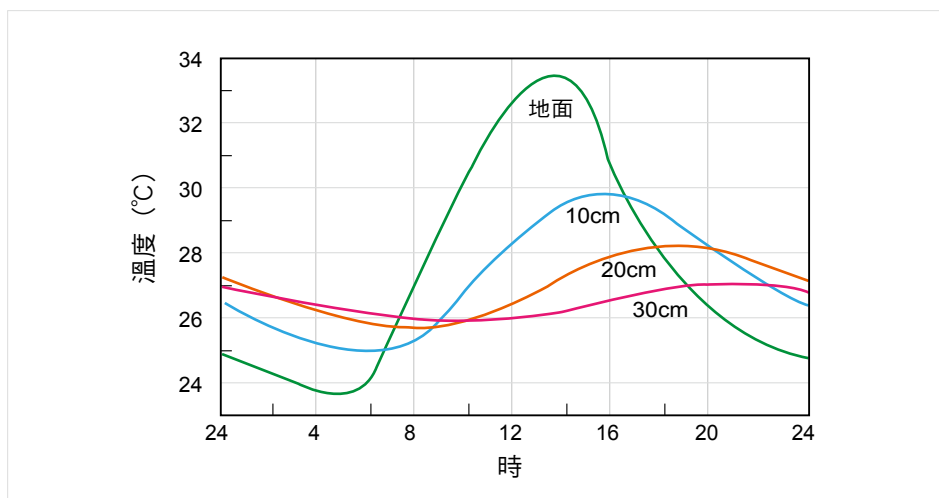


圖 48. 地溫的日變化。(坪井，1965)

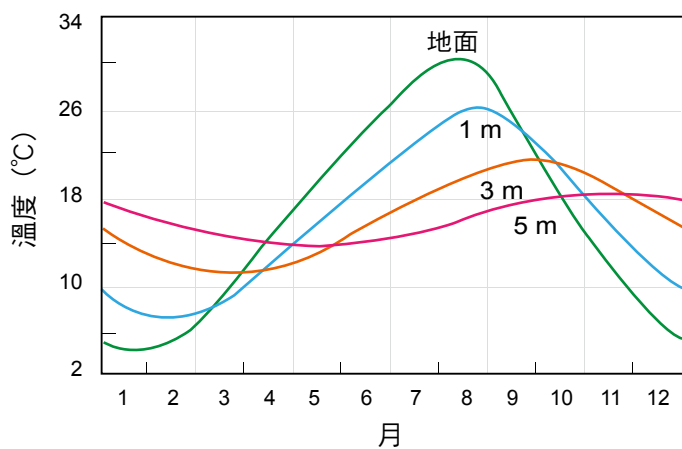


圖 49. 地溫的年變化。(坪井，1965)

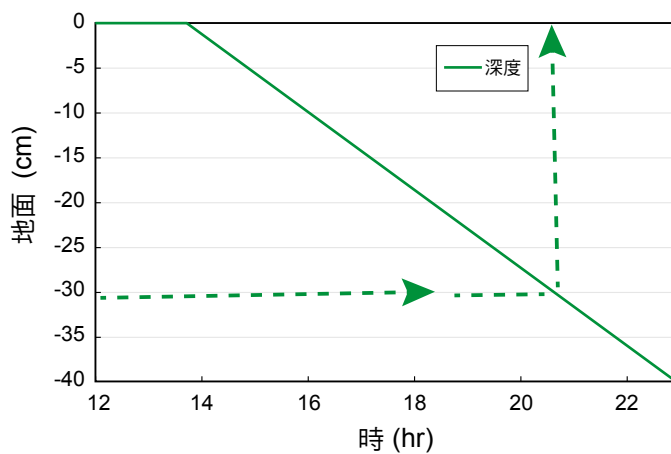


圖 50. 地下各不同深度最高地溫發生的時間。(坪井，1965)

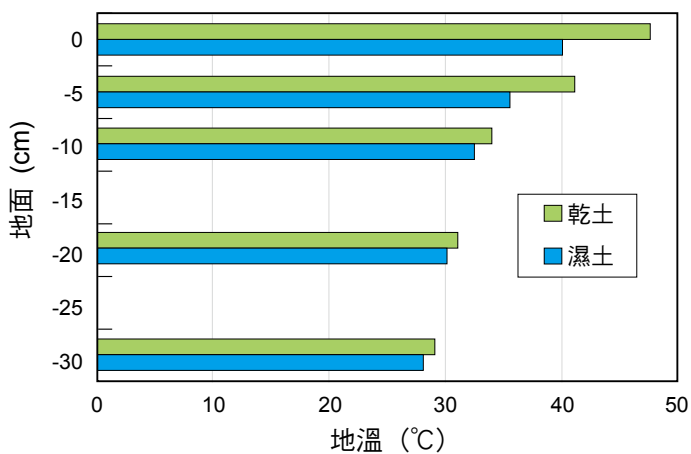


圖 51. 濕土與乾土的地溫。(坪井，1965)。

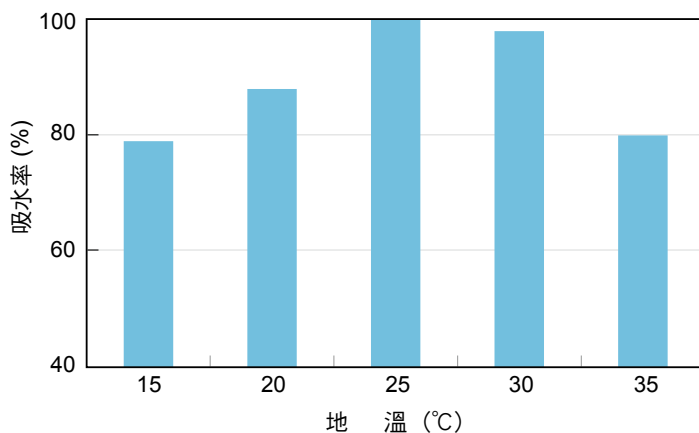


圖 52. 夏季地溫與根部吸水的關係。(坪井, 1965)

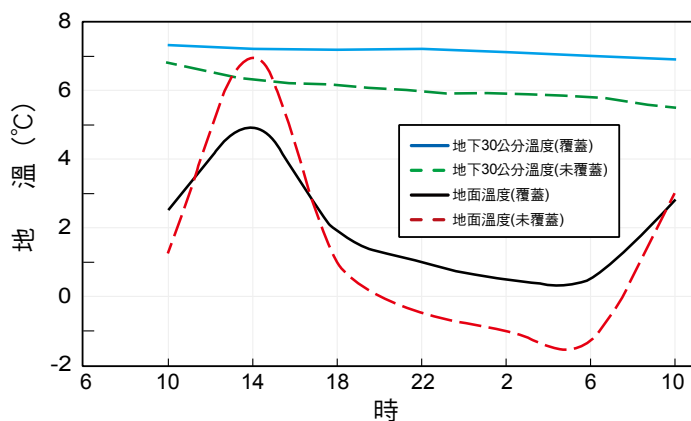


圖 53. 冬季覆蓋稻草的保溫效果 (——)、無覆蓋的保溫效果 (-----)。(坪井, 1965)

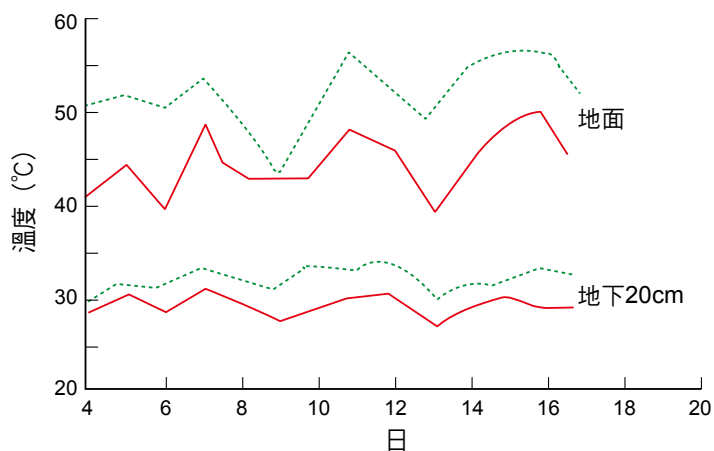


圖 54. 夏季覆蓋稻草的地面及地下溫度降低情況 (實線是覆蓋區, 虛線是自然區)。(坪井, 1965)

覆蓋透氣防水布



果園覆蓋泰維克布，對柑橘果實品質的提升有幫助。而適合覆蓋條件為：日照充足、獨立樹、樹勢良好、地下水位低及地勢較平坦等。

應用之後，提早果實著色 4-7 天，增加果實糖度 0.5 至 1(°Brix)，促進樹冠內部的葉片光合作用等。而覆蓋時間，依品種及土壤條件來調整。土壤還有適當水分時，可提早覆蓋。一般文旦果園可在 7-8 月間覆蓋 (圖 55)，其他中晚生種柑橘稍延。

過度的土壤水分變化會影響樹勢。應用防水布覆蓋，可延遲土壤過度乾燥及維持適當土壤水分。防止雨水浸透土壤內，即有防水作用，對採果前果實品質有益處。泰維克布具有氣體及水氣的通透作用，可排出柑橘根製造的二氧化碳，不致傷根，防止隔年結果及有減低果實酸度的作用。

覆蓋的作業重點：

1. 可保持土壤的適當濕度。
2. 稍早全面覆蓋。
3. 精密的果園管理。
4. 採果後要充分灌溉，施灑液肥，使用堆肥當基肥。



圖 55. 文旦園覆蓋泰維克布的實際情形。(斗六市，蔡雲鵬 攝)

有機質

有機體在土壤內經微生物等而被分解，成為腐植質。腐植質能促使土壤粒子結合形成團粒化結構，使土壤的通氣性及保水性增加，土壤鬆軟，保肥力提高，是一種天然的綜合性土壤改良物。

施用有機質肥料會增加細根數量；僅施用在地層表面，雖可改善地表的土壤環境，促進細根的生長，但易使根圈上移；有機質宜施到土深 20-30 公分處。中耕或深耕會增加細根量，有益產量的增加，細根量越多，柑橘樹肥料吸收量則越多，柑橘園理想的有機質肥料施用量是每年每公頃 20-30 公噸。

土壤酸性化的原因

土壤由「三相」所構成，即固相、液相及氣相。

固相由黏土和腐植質結合的粒子所形成 (圖 56)。土壤粒子帶有負離子，可與帶有正離子的鈣、鎂、鉀、氫等結合。黏土和腐植質在土壤粒子中沒有和鹽基 (以鈣為主) 結合時，顯示酸性；在和相當量的鹽基結合時呈現中性。

空氣中的二氧化碳溶解在雨水中，產生碳酸水，土壤中的鈣離子和碳酸離子結合，很容易受到雨水淋溶而流失。浸透土內的雨水中的氫離子被土壤粒子吸著後，使土壤呈現酸性 (圖 57)。

施用酸性的硫酸銨後，銨 (NH_4^+) 被植物吸收，殘留在土中的硫酸根離子 (SO_4^{2-}) 和土壤中的鈣離子結合，形成硫酸鈣而流失，由氫離子代之，和土壤粒子結合後，使土壤成為酸性 (圖 58)。

氮肥施用時期和柑橘樹吸收的關係

依據 1970 年代在日本四國農試 (現近畿中國四國農研中心) 進行的研究結果，示如圖 59。圖中上面的數字是供試株樹齡，下面的數字是施用放射性氮素 (^{15}N) 肥料的月份，及解剖檢查的月份。細根表示直徑

2 mm 以下的根。追蹤不同時期施用的氮素去向，以從根部吸收的氮素量為 100，圖示向各器官移動的比率。由圖 59 可了解如下列各項：



1. 高氣溫時期施用之氮肥，移動到果實的比率最高。秋季 (9-10 月) 低溫時，流動到根部的比率增加。
2. 氣溫越高，柑橘樹吸收氮素的量越多，例如 1 月施用的氮吸收量僅有 6 月施用者的 1/10。

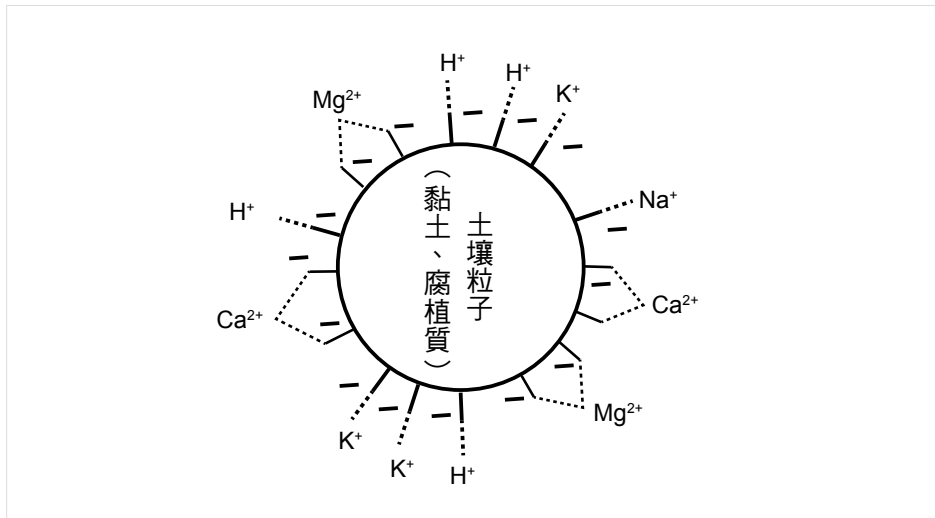


圖 56. 黏土、腐質複合體和正離子的結合。(山內，2008)

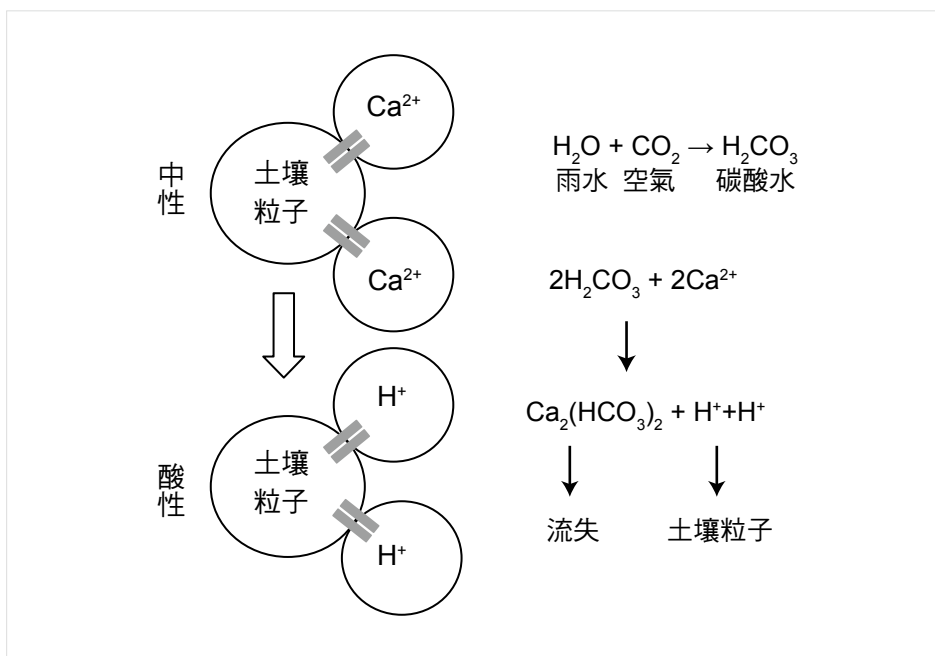


圖 57. 雨水引起土壤的酸鹼化 (山內，2008)。

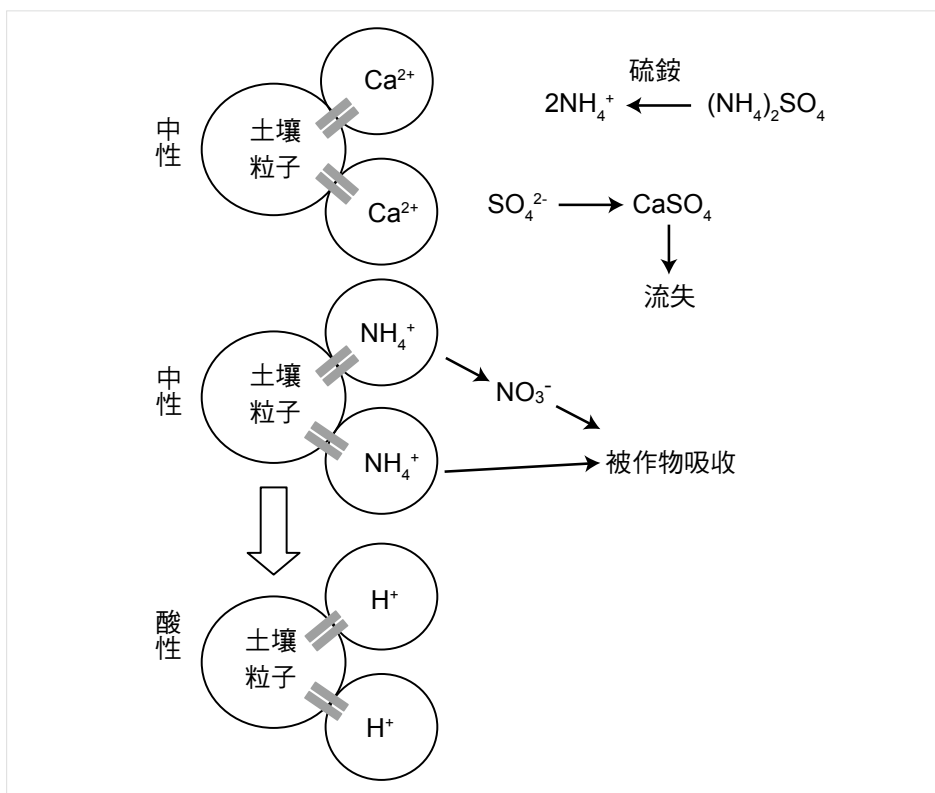


圖 58. 酸性化學肥料施用引起的酸性化 (山內, 2008)。

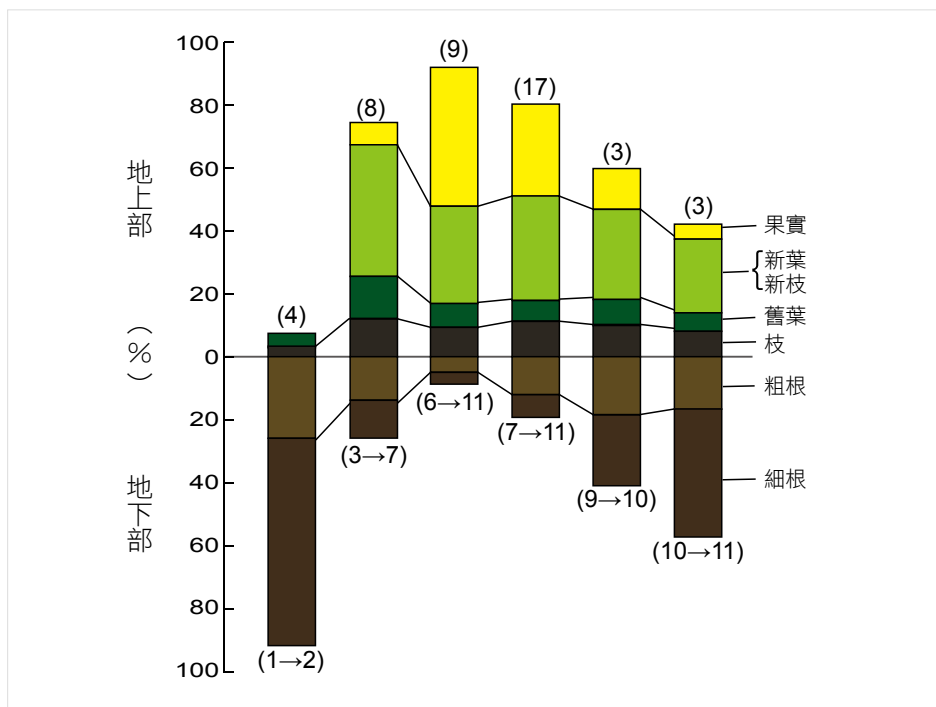


圖 59. 在各季節，柑橘樹吸收氮素 (^{15}N) 後，向各器官分配的比率變化。
柱狀圖上面 (數字) 表示供試株樹齡；柱狀圖下方數字表示施氮肥月份 → 解剖檢查月份。(加藤, 1982)

3. 秋季施用的氮肥，55% 以上留在根內；次年春季流轉到新葉、新梢、老葉、去年枝、幼果和主枝等部位。
4. 春季 (3 月) 施用的氮素，對形成新葉有重要的功用。



葉面的氮素吸收

被蠟層保護的葉表面雖無氣孔、水不容易通過，但可吸收尿素。因為葉表有諸多非常小的細孔 (外質聯絡系) 存在，尿素可以經過這些細孔而被吸收。在葉背面，養分經過氣孔及表皮進入葉內。

尿素 200 倍撒布 2 次的氮素吸收量，和 500 倍的撒布 5 次的吸收量略同。這表示葉面的氮素吸收量被尿素的附著量所左右。

礦物油乳劑和尿素混合施用，並不影響氮素的吸收量。

開花期施用尿素葉面撒布，無論新葉或老葉，快速的 (2-4 天) 並多量的吸收氮素。葉面吸收良否的關鍵因素為：資材粒子大小 (分子量)，及是否為電解質。就葉面補充氮素而言，尿素是最適當的資材。

春肥氮素的使用

如果使用化學肥料供應春肥氮素，較適當的使用時期是萌芽期 (綠枝先端的芽萌發約 1 mm 左右)，而不規定幾月的那一句。因為柑橘類的生育開始期，依年度及地域不同而有差異，所以按照柑橘生育狀況，來制定施肥時期比較適當。

如果使用固體的有機肥作為春肥主力 (80% 以上)，則應提早約 1-2 個月施用。

柑橘的營養成份及其作用

依據行政院衛生福利部食品藥物管理署台灣地區食品營養成份資料，柑橘各成份含量如表 9。

柑橘為美國癌症協會認定的 30 種抗癌蔬果中的一種 (全秀華，2007)。檸檬、橘子、柳橙和葡萄柚等柑橘類，含有多種的抗癌物質。柑橘果實各種成份及功能如表 10。

表 9. 柑橘類營養成份含量 (每 100g 含量)

營養成份	含量單位	文旦	白柚	柑橘	金棗	柳丁	海梨	葡萄柚	檸檬
熱量	kcal	32	37	40	50	43	40	33	32
水分	g	91	89.6	88.8	85.8	88	89	90.9	91
粗蛋白	g	0.7	0.6	0.5	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8
粗脂肪	g	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
碳水化合物	g	7.7	9.2	10.2	12.7	10.6	9.5	7.8	7.5
粗纖維	g	0.3	0.3	0.4	1	0.5	0.5	0.3	0.3
膳食纖維	g	1	1.2	1.7	3.7	2.3	2.1	1.2	1
灰分	g	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
維生素 A	RE	0	0	66.7	100.6	0	26.5	46.7	0
維生素 B ₁	mg	0.02	0	0.09	0.02	0.06	0.04	0.05	0.04
維生素 B ₂	mg	0.02	0.03	0.1	0.06	0.04	0.04	0.01	0.02
菸鹼素	mg	0.3	0.3	0.14	0.6	0.4	0.2	0.2	0.12
維生素 B ₆	mg	0.03	-	0.01	-	0.02	0.03	0.01	0.01
維生素 C	mg	32	52	31	39	38	48	38	27
鈉	mg	2	14	4	4	10	12	7	6
鉀	mg	110	140	55	100	120	70	60	120
鈣	mg	11	11	24	38	32	21	21	33
鎂	mg	7	7	10	11	12	13	9	10
磷	mg	18	18	15	14	21	20	17	24
鐵	mg	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.5	0.1	0.2
鋅	mg	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

(資料來源：衛生福利部食品藥物管理署台灣地區食品營養成份資料庫 101 年)

表 10. 柑橘果實各項成份與功能簡介

成 分	功 能
碳水化合物 (糖類)	單糖類 葡萄糖 (glucose) 果糖 (fructose) 雙糖類 蔗糖 (sucrose) 多糖類 澱粉 (starch) 纖維素 (cellulose) , 可清腸胃, 預防便秘。 複合多糖類 果膠, 可降低膽固醇、減肥。
有機酸	檸檬酸 (citric acid) 等多種, 可清除疲勞, 促進消化功能。
無機物及微量元素	有鉀、鈣、磷、鐵、鎂、鉀離子可幫助高血壓患者降低血壓, 但腎臟病者不宜攝取過量。
酚酸	芸香苷、檸檬香精和苦味素 有抗氧化作用。
肌酸 (Inositol)	葡萄柚含量多 可降低血管硬化及脂肪肝的發生率。
維他命類	維他命 C 預防心血管疾病、肥胖, 減少吸收肉品中的亞硝酸鹽。抗氧化作用、抗病毒和預防血液凝塊作用。 維他命 P 預防心血管疾病、肥胖。有增強皮膚及毛孔的功能, 有利皮膚保健及美容。
葉酸 (Folic acid)	預防孕婦貧血及減少畸形兒的機率。降低因 DNA 的破損而致癌。葡萄柚含量最豐富。
檸檬油精 (Limonoid)	屬松烯類, 具香味。可使致癌物質無毒化, 並抑制致癌因子的發展。可清理廚房等處的油分, 清潔功能佳。
檸檬苦素 (Limonin)	廣泛存在的一種萜烯, 有三種異構體。 右旋苧烯 存在於檸檬油、橙皮油等之內。葡萄柚含量多, 可中和致癌物質, 有壓抑興奮的作用, 促進膽汁分泌及腸管活動 (木村, 2006)。 左旋苧烯 存在於松針油、薄荷油等之內。 外消旋苧烯 存在於香茅油等之內。
Flavonoids 系色素 (類黃酮)	Hesperidin (橙皮素、檸檬黃素, citrin) 維他命 P 的前驅物。有抗過敏的作用 (木村, 2006)。有強化毛細血管、改善血中膽固醇值及抑制發癌的作用。 Naringin 在果皮及果肉。苦味的主成份, 可用 naringinase (酵素) 清除苦味。 Nobiletin (川陳皮素) 在果皮。可抑制皮膚癌、大腸癌, 並抑制血壓、血糖值的上升。又對酪胺酸酵素活性有抑制的作用, 可當作皮膚美白保養品; 肌膚變黑的原因, 主要是因為黑色素的生成, 而形成黑色素必須有酪胺酸酵素的催化。如抑制酪胺酸酵素, 就可避免產生黑色素, 即有美白效果。
類胡蘿蔔素 (Carotenoids, 類紅葉素)	具抗氧化活性。免疫學調查結果, 血液中胡蘿蔔素含量和心臟病發病之間有負關係。攝取胡蘿蔔素類含量豐富的果實, 對預防心臟病有效果 (krichevsky, 1999, 引自田中敬一, 2003) 胡蘿蔔素 (caroten, carotene, carotin, 紅葉素) 又名維他命 A 原。有 α 、 β 、 γ 之三種異構體, 其中 β -carotene 最重要, 在人體內轉變為維他命 A。 β -隱黃素 (β -cryptoxanthin) (生駒, 2003) 具抗氧化性, 可抗癌, 防止心血管疾病, 可增強免疫力。CRP 可使老鼠的皮膚癌變輕, 可改善肺癌、口腔癌、膀胱癌、攝護腺癌和黑色素癌。有抑制大腸癌 (Narisawa et al., 1999)、皮膚癌和胃癌等的發生效果 (田中敬一, 2003)



柑橘為台灣盛產的水果，富含多種營養元素等，適量食用可補充日常所需維生素增強身體免疫能力等。柑橘內含豐富的纖維素與果膠，可以促進腸胃蠕動，降低膽固醇等累積，預防便秘。瓣皮含豐富的維他命 C 具有良好的抗氧化能力，可預防心血管疾病，避免血液凝塊等作用，也可美白防止黑色素生成，使皮膚潤澤 (全秀華，2007)。胡蘿蔔素是強效的抗氧化物質，少量攝取可以預防心臟病等發生。類黃酮中的橙皮素雖然為主要苦味來源，但對舒張血管、增加微血管通透性等有所助益，可以強化心血管的機能，降低心血管疾病發生機率 (陳右人，2006)； β -隱黃素也是柑橘主要抗癌成分之一，動物實驗顯示 β -隱黃素可改善肺癌、口腔癌、膀胱癌等 (Narisawa et al., 1999)，並有抑制大腸癌、皮膚癌等發生效果 (田中敬一，2003)。

- 隱黃素為類胡蘿蔔素的成員，在一般黃色蔬果都有不低的含量，例如下列水果中每 100 克之 β -隱黃素含量各為：木瓜 0.7-3.0 毫克、柿 0.5-1.2 毫克、枇杷 0.3-1.2 毫克。

柑橘類中，溫州蜜柑、椪柑及清見的 β -隱黃素含量較多，但橙類及檸檬等則少 (表 11)。

β -隱黃素和 β -胡蘿蔔素 (在胡蘿蔔)、茄紅素 (在番茄) 等油性者不一樣，不必與油一起食用即可被人體吸收。一週內食用 2-3 個蜜柑，血液中的 β -隱黃素濃度會提高 3 倍 (矢野，2002)。

柑橘的加工成品及柑橘果皮的應用

一、柑橘的加工成品

有桔餅、金棗乾、蜜餞、果醬、果汁、罐頭、陳皮、點心、冰淇淋、桔葉、種子粉 (藥用) 及桔絡 (藥用) 等。

桔汁：可和鳳梨、石榴等其他水果，在一般家庭自製混合果汁。各種水果果汁商品中，以橙類為主的柑橘果汁產量最大。

桔核：種子，性溫、味辛、苦。

桔絡：為果皮內白色網狀絡絲，味辛、苦。有化痰通經的功效。順氣活血、含有維他命 C 及膳食纖維，並有保持血管彈性的天然物質。因此食用柑橘時，將附著在瓢囊外邊的白色絡絲一起取

食，最為健康。

桔葉：可泡茶、消逆氣、消腫驅毒。放在泡澡水內可享受芬香氣味，鎮定神經系統，壓抑憂鬱；桔葉也可入菜。如製成柚香滷味雞、桔葉粉腸湯等。



資料來源：陳右人、阮素芬。橘子食療之古代文獻 - 橘核與橘絡。農委會 - 柑橘館。<http://kmweb.coa.gov.tw/subject/mp.asp?mp=85>

二、柑橘果皮的應用

柑橘果皮，性溫味辛、苦。含有類黃酮素、檸檬油精、檸檬苦素、檸檬酸及有機酸等。有利消化、柔軟肌膚、鎮靜、補氣。

陳皮：曬乾桔皮，添加中藥配方加工後，即可製作陳皮。可直接食用或研磨成粉，有順氣、健胃、止咳之效。又可入菜及佐料。

未乾燥果皮用途

- 可擦除奇異筆、蠟筆在手上及家具上的污跡。
- 果皮內層白色部分：可擦除碗盤油汙。
- 廚房、浴室的不銹鋼材質，經擦拭後閃閃發亮。
- 桔皮水，果皮加水煮到皮爛了，將水過濾即成帶有黃或綠的桔皮水。可擦拭家具或地板，會亮晶晶。

曬乾的果皮

- 煮菜時放入，增添芳香。亦可加入稀飯內熬煮。
- 可燉肉，熬排骨湯，加蘿蔔味道更佳，陳皮切細，加薑片、糖一起煮，可理氣化痰。
- 可用來泡澡。

表 11. 柑橘類果汁的 β -隱黃素分析值 (mg/100g) (隅田，2003)

果實種類	β -隱黃素	果實種類	β -隱黃素
溫州蜜柑	0.89	伊予柑	0.07
椪柑	0.48	甘夏	0.04
清見	0.36	晚侖夏	0.03
血橙	0.14	檸檬	微量
臍橙	0.10	河內晚柑	微量
八朔	0.08	葡萄柚	0

- 置於木櫃、抽屜內，可防蟑螂、螞蟥入侵。
- 可當蚊香應用。
- 加糖醃製柚子糖。
- 加醋，3 個月後可當柚子醋飲用。
- 柳丁皮，可用磨咖啡的機器，磨成粉和胡椒鹽等一起加在玉米濃湯內。

三、如何消除柑橘果汁苦味

柑橘果汁常可品嚐到苦味，而造成苦味的成份主要有兩種：黃烷酮配醣體類化合物 (flavonoids) 與檸檬苦素類化合物 (limonoids)，其中檸檬苦素類化合物是最主要苦味來源。已知的檸檬苦素類化合物有糖苷型 17 種與去糖苷型 36 種，其中 19 種的去糖苷型檸檬苦素被發現存在於柑橘中，而這些成分在 1990 年初期，由學者研究發現具有抑制多種癌細胞的功用，現已知其對血癌、卵巢癌、子宮頸癌、胃癌、肝癌以及乳癌的細胞株皆具有抑制的效果。

為了降低柑橘果汁的苦味，利用檸檬苦素葡萄糖苷基轉移酶 (limonoid glucosyltransferase)，其為一種可將具苦味的去糖苷型檸檬苦素類化合物 (limonoid aglycones) 轉化成不具苦味的糖苷型檸檬苦素類化合物 (limonoid glucosides)，添加於柑橘果汁可降低苦味，並保留大部分的檸檬苦素類化合物，如此一來除了提高柑橘加工品的品質之外，更可增進其對人體健康的幫助。

不同的柑橘品種中以柚類的檸檬苦素葡萄糖苷基轉移酶酵素活性最高，且隨著果實的成熟，酵素量有提升的現象，因而柚類果實如文旦、白柚等，其果汁的苦味會隨採收後貯藏時間的增加而降低 (劉育姍，2006)。

柑橘多樣化發展

元寶金桔：金桔幼果時，以元寶造型的模具包覆，待金桔成長時，即會因為模具的限制，形成金元寶的模樣，搭配金黃色的果皮，年節時期

十分應景，業者的巧思充分提升商品的附加價值，創造農產品的另一種可能。元寶金桔 (圖 60) 是彰化縣社頭鄉業者蕭永仁先生所設計開發，目前也取得了商標與專利權。



心型葡萄柚：雲林縣農民，利用模具製作新型的葡萄柚，金黃中透著油亮紅果皮，果皮上有囍及 LOVE 等字，在吉慶時增添喜氣。但套模期間管理相當不易常致使嚴重病蟲害，成功率僅 3 成左右。

恐龍文旦：文旦有縱線突起 (圖 24)，係枝條變異所引起。

盆栽桶柑 (圖 61)。

觀光果園：台灣各地有彰顯地方特色的柑橘觀光果園，適合親子遊玩體驗採果樂趣，十分具有教育意義。各果園的交通路線、柑橘種類、採果期及入園費用等資料，可上各地區官方網站查詢。

柑橘的禁忌

一、葡萄柚混藥吃，交互作用會要命

加拿大勞森醫療研究所 (Lawson Health Research Institute in Canada) 臨床藥學家貝里 (David Bailey) 在加拿大醫學會期刊 (CMAJ) 發表報告指出：20 多年來，可能與葡萄柚發生有害交互作用的藥物已超過 85 種，其中會造成最嚴重負面反應的藥物在 2012 年已達 43 種。

葡萄柚所含的呋喃香豆素 (furanocoumarins) 會抑制或降低人體腸道內代謝酶 CYP3A4 的分解藥物作用，導致藥物的治療濃度變成毒性濃度。不管是吃果肉或果汁，200 毫升 (c.c.) 的葡萄柚汁都會引發交互作用。而且吃下後數小時仍會干擾藥物，“服用一片藥錠加上一杯葡萄柚汁，就像吃 20 片藥錠加上一杯白開水”。這些藥物過量可能產生嚴重後果，若是發生在 crizotinib、lapatinib、sunitinib 等癌症藥或者胺碘酮 (amiodarone)、奎尼丁 (quinidine) 等心臟疾病藥，可能導致猝死。若是與立普妥 (Lipitor) 或素果 (Zocor) 等斯達丁類的膽固醇藥交互作用，可能導致橫紋肌溶解症、急性腎衰竭。

藥物動力學實驗證實，葡萄柚汁對 CYP3A4 酵素的影響可持續達 24 小時以上，一般在 10 小時後，才會趨於和緩。

其他含呋喃香豆素的柑橘屬種類，如來母、柚子等，也可能和藥物交互作用，但尚未被詳細研究。其他飲料，如咖啡、可樂、果汁也都有可能影響藥效，為了安全考量，吃藥配白開水服用最好。

衛生福利部食品藥物管理署公告要求，多種抗過敏劑 Astemizole、Loratadine、Terfenadine 及胃腸藥 Cisapride 等藥品的中文仿單上必



圖 60. 金元寶金桔。(蕭永仁 提供)



圖 61. 桶柑盆栽。(蔡雲鵬，翻拍今日青年柑農的第五號封面，1982)

須加註“不得併服葡萄柚或葡萄柚汁”的注意事項。又多種降血壓藥、心血管用藥也要加註“併服葡萄柚或葡萄柚汁，應注意可能產生的藥品相互作用”以提醒民眾注意，不僅吃藥不得併服，服藥後2小時內，也應儘量避免。



資料來源：民生報 1999 年 11 月 25 日吳佩蓉、自由時報 2012 年 11 月 28 日 A6 管淑平。

二、柑橘類性味屬寒

感冒、風寒、咳嗽、有痰、胃寒、胃酸過多、氣虛、慢性腸胃炎、慢性腹瀉的患者不宜食用。體質塞滯、血壓較低、冷積腹痛及筋骨痠痛者，不可多食。吃文旦時，可搭配木瓜、蘋果、芭樂、鳳梨、水蜜桃等屬溫和或平性的水果。有氣喘等過敏體質者，吃甜食會增加氣管過敏。但病毒引起的感冒並不一定要禁吃甜食。

資料來源：吳佩蓉 (民 88.11.25)。服藥配白開水 最安全。民生報。廖英藏 (民 96.11.13)。吃藥不可又喝葡萄柚汁。自由時報。管淑平 (民 101.11.28)。葡萄柚混藥吃交互作用會要命。自由時報。

三、剝完柚子皮，一定要洗手

柚子皮含有漆酚類，Bergaptenes 等成份。如留在皮膚上，經陽光或燈管的紫外光線照射後，會產生光敏感性皮膚炎，留下咖啡色的色素斑，通常需要 2、3 個月才會消退。也有人成為「富貴手」，因柚子皮的精油有清潔作用，會將皮膚表皮脂膜代謝掉，造成脫皮。

資料來源：魏怡嘉 (民 100.09.11)。剝柚子後 別忘要洗手。自由時報。<http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/sep/11/today-life6.htm>。

四、柑橘類果汁含萜類 (Terpene)

萜類 (Terpene) 會溶解「聚苯乙烯」材質的塑膠 (如保麗龍)。萜類在溫度越高時，活性越高，聚苯乙烯會傷肝，可能致癌。

資料來源：洪素卿、潘杏惠、張聰秋、吳為恭 (民 100.07.27)。塑膠杯蓋即溶？ / 專家釋疑：柑橘類碰聚苯乙烯就會腐蝕。自由時報。<http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/jul/27/today-fo6.htm>。

- 全秀華。2007。四悅冬果 - 橘子。台灣癌症基金會會訊。(33)：16-17。
- 林芳存、林宗賢。1995。麻豆文旦柚果實發育之研究。台灣柑橘之研究與發展研討會專刊。79-99。
- 林嘉興、張林仁。1995。應用園藝技術誘導椪柑形成不時花。台灣柑橘之研究與發展研討會專刊。101-110。
- 吳宗諺、蔡淑珍。2011。柳橙乳酸飲料之開發。豐年 61(13)：28。
- 郭銀港、謝慶昌、林堂察、呂明雄。1995。柑桔果實發育之研究。台灣柑橘之研究與發展研討會專刊。111-117。
- 陳右人。2006。柑橘之營養成分與養生保健功能。台大農業推廣專輯 No.4. 蔬果營養系列（一）。
- 張淑賢。1991。提高柑橘品質之栽培技術。農委會等編。20-23。。
- 蔡雲鵬。1984。柑橘每月農事。興農雜誌社。
- 劉育姍。2006。與柑桔產業有關之生物技術。豐年 56(23):43-44。
- 山內亞希子。2008。土壤肥料の基礎知識。果樹園藝 61。
- 木村美知子。2006。ジャバラの機能性。果樹園藝 59(8)：28-29。
- 加藤忠司。1982。ミカンを中心とした果樹の生長と窒素の転流。農及園 57: 1473-1488。
- 石川啟。2006。柑桔園の土づくり。果樹園藝 59(2)：10-13。
- 田中敬一。2003。果實日本 58(5):69-71。
- 生駒吉識。2003。實踐！くだもの健康學。果實日本 58(11):52-53。
- 矢野昌充。2002。柑橘類の機能性。果實日本 57(2)：62-63
- 西川芙美惠。2011。カンキツ花芽分化の遺傳子解析。果實日本 66(7)：113-116。
- 村松久雄。1982。ミカン栽培の基礎。農山漁村文化協會。
- 門屋一臣。2008。果樹の基礎生理學。果樹園藝 61。



- 門屋一臣。2007。果樹の基礎生理學。果樹園藝 60。
- 坪井八十二。1965。ミカン氣象學入門。
- 隅田孝司。2003。温州ミカンの保健機能。果樹園藝 56(1)：18-21。
- 愛媛柑桔資源開發研究所第一研究部。2003。キメラ柑桔實證栽培試験へ。經濟栽培に向け本格的な試験栽培スタート。果樹園藝 56(2)：2-3。
- 愛媛柑桔資源開發研究所果實生産課。2003。キメラかんきつの研究開發。果樹園藝 56(10)：16-19。
- 櫻井芳人等。1968。果實、蔬菜の加工、貯藏ハンドブック。養賢堂。
- 藥師寺清司。1962。柑桔栽培新說。養賢堂。
- Bartholomew, E. T. , and Reed, H. S. 1948. General morphology, histology, and physiology. In Webber, H. J., and Batchelor, L. D., The Citrus Industry I (pp. 672-684). Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Krichevsky, S. B. 1999. b-carotene, carotenoids and the prevention of coronary heart disease. J. Nutr. 129: 5-8.
- Narisawa T, Fukaura Y, Oshima S, Inakuma T, Yano M, Nishino H. 1999. Chemoprevention by the oxygenated carotenoid beta-cryptoxanthin of N-methylnitrosourea-induced colon carcinogenesis in F344 rats. Jpn J. Cancer Res. 90(10):1061-5.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

柑橘生長與栽培管理 / 林詠洲, 陳邦華, 蔡雲鵬編. -- 初版. -- 臺中市 : 農委會農試所, 2013.09

面 ; 19×26 公分

ISBN 978-986-03-8232-7 (平裝)

1. 柑橘類 2. 栽培

435.322

102020221

編 號：農業試驗所 2013 年 006 號

書 名：柑橘生長與栽培管理

編 者：林詠洲、陳邦華、蔡雲鵬

發行人：陳駿季

出版機關：行政院農業委員會農業試驗所

地 址：台中市霧峰區萬豐里中正路189號

網 址：<http://www.tari.gov.tw>

電 話：(04) 23302301

出版年月：2013年10月

版 次：初版

展售門市：

1. 行政院農業委員會農業試驗所圖書館 (04)23317035

2. 國家書店 / 104 臺北市松江路209號1樓 (02)25180207

國家網路書店 <http://www.govbooks.com.tw>

3. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路6號 (04)22260330

定 價：新台幣200元(平裝)

承印者：學安文化事業有限公司

地 址：台中市南區仁和二街78號

電 話：(04) 22861600

ISBN 978-986-03-8232-7 (平裝)

GPN 1010202091

版權所有、轉載須經本所同意

柑橘生長與栽培管理

林詠洲、陳邦華、蔡雲鵬 編

行政院農業委員會農業試驗所 出版



定價：新台幣200元
GPN 1010202091