

# 茶園之合理化施肥技術

廖慶樑、劉禎祺

行政院農業委員會農業試驗所

## 前言

臺灣農業一向為小農經營制度，在化學肥料、農藥及殺草劑未引進以前，農民多利用自製堆肥或種植綠肥作物做為肥料來源，並以物理或機械方式防除病蟲害而達到穩定生產之目的。作物合理化施肥的目的是要以適當的施肥成本來獲得良好的農作物產品品質及收量，提高農作物的收益，同時也要兼顧生態環境的維護，而作物合理化施肥亦就是作物的合理化養分管理(rational nutrient management)，也就是說要看土壤的性質與肥力、作物養分需要、及氣候狀況施下正確的肥料用量、肥料種類（型態），施用肥料也要適時，近來歐美各國更有依農地內不同肥力與產量的分佈關係而施肥，即所謂的精準農耕式(precision agriculture)的施肥。因此，為降低農民施肥成本，政府從技術層面推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務推荐之施肥量、施肥法合理施肥，減少施肥浪費以挹注肥價調漲增加之費用。依據各農業試驗改良場所多年來試驗示範成果顯示，依照需肥診斷推荐量施肥對產量與品質沒有影響，甚至有增加產量或改善品質之效益。

## 最少養分律

對作物生長而言，其所需之要素主要為碳、氫、氧、氮、磷、鉀、硫、鈣、鎂、矽、鐵、錳、鋅、銅、鉬、硼、氯等十七種元素。其中除了碳、氫、氧係由空氣和水供給外，餘均靠土壤供給。

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

## 有效之養分管理

植物生長與發育所需要之養分並非取之不盡用之不竭，人類要永續生存就必需靠永續的農業，而無論農產品或畜產品之生產都必需直接或間接地靠養分的供應來達成，因此地球上的養分循環利用確實太重要了。因此，先進國家的作物養分管理就有許多學者主張要符合最佳化管理操作(BMP, Best Management Practices)的原則，即作物養分的管理要好好地策劃設計、認真地執行，能達到高產、低成本投入、有效利用可資使用的養分、及改善環境的品質。最佳化管理操作就是要考慮成本、利潤及環境品質，養分的管理必須注重土壤，空氣及水的維護，因為我們人類吃的東西，它裡面的養分是來自土壤及空氣，因此，土壤事實上是在維持各種生物的生命現象。

而養分管理的 BMP 不只考慮作物要多少養分，要如何施肥，也要考慮土壤的管理，讓作物能有效率地利用養分土壤必需有好的構造、適當的排水及良好的保水能力。作物的高產量及高品質不單是良好的養分管理可以達成，作物的生產是一門綜合的技術，除了良好土壤管理之配合還需要有適當品種的選擇，考慮適當種植密度及種植時期，良好的病蟲害及雜草管理，更重要的是作物在生長時需要有良好的氣候環境。

## 土壤肥力之影響因子

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

## 影響施肥的因素

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

一、作物品種之特性；作物的吸收能力。

二、氣候因素：a.日照 b.輿量 c.溫度。

1.土壤性質：a.物理性質 b.化學性質 c.生物性質 d.肥力。

2.栽培管理：a.植物保護 b.密植度 c.覆蓋 d.耕耘 e.水分管理。

三、肥料本身的性質：a.化學肥料 b.有機質肥料。

四、施肥的方法：a.施肥的位置 b.施肥的時期。

## 茶園之肥培管理

肥培管理是為了補強栽培者希望作物依照其理想生產而執行的重要手段之一。採收茶菁及根、莖生常會消耗樹體及土壤中的礦物元素，這也是茶樹施肥的最基本需求。但是不同類型肥料施入土中後，各元素的移行、被吸收與茶菁利用的時間差卻不能不知，否則施肥效果難以彰顯。

茶樹為多年生常綠木本作物，在正常情況下，可將樹體分成 1.葉片與 1-2 年生細枝，2.分枝與主幹，3.根群等三個部分。三者原本幾乎以等比率生長，且各盡天職，也就是根群吸收水分及礦物養分，粗枝與主幹支撐樹型並作根群與葉片間水分、礦物與有機養分的交流管道，而 1-2 年生細枝則著生與分散葉片，使其能盡量爭取最大的光合作用空間，三者同心幫助茶樹生長。惟隨著採收方式、修剪、留養、病蟲害、天候逆境、樹齡及生產制度需求等，常會改變葉片與 1-2 年生細支所應佔有的比率，此點會對後續數個生產季產生相當程度的影響，也常造成肥培管理與茶菁產量與品質上的困擾。

就台灣而言，自然生長的茶園，一年可抽 4-5 次新梢，若經過採摘，則可抽 5-7 次新梢。唯近年來國內已逐漸放棄夏茶、甚至二水與秋茶的生產，由於大部份的農友採取無作為的留養，在秋、冬茶生產前所修剪掉的生物量，遠超過整年茶菁生產量的兩倍以上，而這些留養枝在高溫、強光下生長量大增，將造成基層葉片受到遮陰、養分

競爭與病蟲害的影響而落葉，待修剪後，不但葉層變薄、葉片衰弱，且隱藏了相當多的病蟲害，對第二季後的生長不利。

## 茶園之肥培指標

表一是由歷屆經鑑定為優良包種茶成茶的元素分析結果，也成為茶園管理的重要肥培指標之一，吾人可借此，選取適宜比率的肥料與種類。但若從每生產一公噸茶乾，吾人僅從茶樹移走 40-60 公斤氮素的觀點而言，似乎僅有施肥量十分之一的氮素，發揮了生產效益，不過若再考量吾人必須修剪掉兩倍以上的留養量，憑白棄置如此得來不易的大量樹體氮素，實值得深入檢討。

表一、茶菁適宜礦物元素含量範圍

元 素	含量適宜範圍	元 素	含量適宜範圍
氮 N(%)	4.00~6.00	鐵 Fe(ppm)	90~150
磷 P(%)	0.25~0.40	錳 Mn(ppm)	300~800
鉀 K(%)	1.50~2.10	銅 Cu(ppm)	8~15
鈣 Ca(%)	0.25~0.55	鋅 Zn(ppm)	20~40
鎂 Mg(%)	0.15~0.30	鋁 Al(ppm)	400~900

茶樹為常綠作物，在放任生長狀態下，一年中的生長量仍因溫度、日照及雨水的增加而增加，不過包種茶的品質卻反向而馳。因此站在樹體氮素的有效管理與茶菁生產經濟效益考量下，生產模式必須做到最有效的調整。

茶芽萌發生長的初期，不能或很少累積養分，這些有機及無機養分需要由成熟葉片及根群提供。又春茶與冬茶萌發初期，易受突發性的低溫與乾旱阻礙，影響茶菁產量與品質甚巨，不過由常年田間觀察可知，凡葉層厚度夠的健康植株，耐逆境的能力較強，茶菁的產量與品質受到的損害也較小。

利用中剪後重新培養樹勢的茶園，分別於春、冬茶萌芽前，由基部進行摘葉處理，發現春、冬茶的產量與葉層厚度成正相關，並可提高其

毛茶精製率。其中春茶的產量與芽長、芽重及芽數均有關，而冬茶則與茶芽的數目關係最為明顯。經由元素分析發現，成熟葉片中的氮素會因茶菁生長而降低，尤以最上層 10 公分的葉層可減少 15-20% 的氮，茶菁生長時，是有能力吸引靠近組織的養分移入，因此平時培養健康的葉層，成為茶菁生產的保障。茶業改良場建議，春、冬茶生產期，茶樹的葉層最好能保持 20 公分以上的厚度。

## 施肥方式之考量

茶既為常綠作物，根群也必終年吸收養分供給地上部生長。雖然吸肥效率呈現季節上的差異，不過，由於茶樹必須依照吾人在經濟生產上最合理的生長模式生長，才能發揮最大的經濟競爭力，所以先規劃出地區最理想之生長模式之後，再進行施肥管理的後續補強作業，方有較大的實質意義。不過無論如何，茶樹仍需肥料生長，施肥作業也不能停頓，因此本章節雖暫不做任何施肥量與施肥期之建議，但仍對施肥通則與理由加以解釋。

雖然施肥的方法能影響肥料施用的效益，但一旦肥料進入土壤後，各元素主要是藉溶於水後才進行縱、橫向之移動，雨水或灌溉水是上項動力的主要來源。肥料採撒施方式時，必須經過雨水不均，甚至流失的考驗，所以施肥效果較難估算，埋入或少量多施是較能確保肥效的方法。

一般氮肥溶解的速度較快，土壤的結合性較小，所以移動性也大，很容易在短期內發生肥效，磷肥與土壤的結合性大，易被固定，所以最好藉由深耕方式，也就是物理力量來移近根群，鉀肥則在兩者之間。故每兩年做一次茶園翻土是有相當大的意義。由於氮素在土壤中的移動性較高，所以除非少量多施，經由有機質分解所產生的氮素，仍是土壤最穩定的氮素來源。

## 有機質肥料之施用

有機質能提供茶樹生長的好處甚多，但農友常忽視有機質分解釋出氮的速度較緩慢，且為其重要特性之一。加上目前尚有不少農友毫無一般等量氮素的有機肥價錢是化肥的 7-12 倍概念，並存在以肥料價錢來估算肥效，而非以氮含量來換算肥效的習慣，常造成單用等價的

有機肥後，茶菁發生缺氮之案例，故需在此加以說明。有機質含量達60%以上的有機肥料，剛開始釋出氮肥的量雖稍高，但整體的釋出時間卻往往長達一年以上，因此若單施有機肥料，除非換算的氮量足，否則很難滿足茶菁生長時的大量需求，必須藉重化肥做臨時性的補充，所以介於二者間的合理化施肥較易為農友所採納。

惟前述茶芽萌發生長表現主靠樹體原養分的蓄積量，施肥的功能除提供本次茶菁生長所需的部分需求外，最重要的還是在逐漸補足本次由樹體移入茶菁的養分損虧，如此方能防止基部葉層脫落，減弱樹勢，並貯備下一、二次茶菁生長所需。所以即使施用速效性的化肥，也往往需在3-6個月後，才能展現其最大的施肥效益，更遑論緩效性之有機肥。此點又可由二水茶及冬茶生產期易造成基部葉片脫落高峰，且手採茶園較機採茶園與葉層厚度大者較小者落葉量小得到旁證。此也為為何農友們不斷嘗試不同種類、品牌與用量的肥料後，依然難以獲得穩定及普遍性結果之原因，因為問題的重心仍是在樹體本身的狀況，肥料的效益是長遠的，但極易為不同的茶園管理作業所掩蓋。所以今後應加強葉層厚度管理與肥效時間差的概念。

由表一得知，茶樹是重氮肥之作物，需要鉀、鎂，但較不喜磷、鈣。由於化肥的成分固定，吾人可依茶園之狀況，挑選適宜比率的化肥，詳見茶業改良場茶園推薦施肥手冊；但長期施用化肥，是有可能會造成微量元素的缺乏。有機質肥料與茶樹同為生物體而來，含有生物所需的各種元素，所以又稱全效性肥料；唯在茶數較不喜磷、鈣的前提下，應儘量避免使用含骨粉、血、鳥糞、魚蝦等動物性有機肥料，以免磷、鈣等元素於土壤中累積過多。

## 有機質肥料之選擇

由於市售有機肥之品牌甚多，為防止不肖業者將不潔之資材，尤為遭工業廢棄物污染後的資材甚至汙泥混入有機肥中，宜選擇政府登記有案並推廣之有機質肥料，因為政府均對其加以抽檢與規範，成為農友的保障；農友切忌勿貪圖便宜，購買來路不明的產品，以防遭受重金屬污染。施肥最重要的原則是：不論施肥多辛苦，但施錯了，決難從

土中收回。在此介紹幾種重要的選購重點：1.認清廠牌及政府核案的肥料證號，2.註明元素比率，3.確定肥料腐熟完全且不具高溫，4.不具雜質，5.含水量適中。

若嫌有機肥費用太高，以栽種綠肥就地翻耕的方式，也可以增加茶園有機質。唯切記，綠肥生長是會從土壤中吸取大量養分，造成土壤暫時性貧瘠，故需配合化肥施用；且綠肥生長不可高過茶棚面，以免因遮陰，造成茶樹落葉與病蟲害滋生。栽種綠肥宜先衡量農閒的自家人力，以免耽誤茶園正常作業。

另，近年以農產加工廢棄物，諸如苡苳殼、花生殼等厚厚的鋪設土面(約每公頃 50 噸)，以達防除雜草、減少土壤水分蒸散及逐步分解供給茶樹養分之目的，有減輕有機肥與雜草防除成本效果外，初步觀察，對茶樹的生長也確實有利。唯在鋪設的初期仍應補充少量化肥，以免發生初期缺氮現象；且每兩年仍需翻耕一次，打斷上浮之茶樹根群，以免當這些資材價格上揚，缺乏經濟效益時，茶樹也因根群長期上浮，一時失去抗旱之能力，造成茶樹衰敗，甚至死亡的風險。另外巨量有機生資材在茶園土表長期自然發酵，是否會對茶園生態及部分礦物元素造成累積影響，仍待長期觀察評估。

## 合理之施肥方式

最後，肥料到底要施在那裡才能發揮最大的經濟效益？首先施肥的目的是供給茶樹生長所需，而非雜草生長或單純的流失、揮發與土壤固定用。故園主必須在自身茶園中尋找根系的分佈，以為未來精準施肥做準備。茶樹多以扦插或壓條方式繁殖，但扦插苗或壓條苗主根不發達而形成側根群，成木後根群一般多在土表十到四十公分內，以覆碗形狀分佈。雖然品種間會因土壤深淺、地勢與耕作習慣的不同，而調整其根群的分佈。但基本上茶樹的根群可分成，上浮的細密根群，以吸收養分及感應溫度來促進生長；至於下沉的根群，則以發揮吸收水分，渡過旱季的功能來保命。

基本上，茶樹扦插的根群是以橫向生長為主，故幼木期根系往橫向發展力量較大；但成木後，茶樹必須經常接受耕犁、採摘與修剪，

且整體蒸散量擴大，故向下的力量加大。又茶樹的根系在發育過程中會受到土壤坡度的影響，當根系在水平發展受阻後，才會向深處發展，不過力量會相對減弱。所以種在等高線小平台植株的根系，會因種植在平台的外緣與中間，而發生根系分佈的重大改變。種植在小平台中間的茶樹，經多年發育後，外側的根系細且密；而種植在平台外緣的茶樹，其內側的根系因為有較多的水平生長空間而較密，反之根夕則量少且粗。施肥應以細密根群為主要標的。同理可應用到緩坡種植的茶園。

## 結 語

肥料是靠水及土壤對各元素吸附的能力進行移動，因此，當地的雨量分佈、茶園坡度與土壤特性應加以計算，方能將肥料順利的送進根群範圍，達到精準施肥之目的；就像將魚餌送進魚口一樣，經濟又不污染水源。最後，若農友一時仍無法理解上述的這些生物與物理因素關係時，少量多施仍為有效施肥的不二法門。

施肥是提高農產品產量及品質之有效方法，但要達到施肥預期目的，肥料種類、用量、使用方法並應配合作物類別、栽培管理等技術妥善之應用，作物獲得充分及均衡養分供應，才能得到產量高及品質優之農產品。因此，合理化施肥為提升農產品品質重要之一環，故瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達到合理化施肥的重要步驟。

展望台灣農業發展的未來，合理化施肥之永續性農業的經營趨向，已是無可避免，因此，積極利用現代科學技術，如減少或甚至不用化學肥料及農藥、採用有機質肥料、非農藥防治病蟲害技術、循環利用農業廢棄物、實施合理輪作制度，使農業生產兼顧了利潤與農業自然環境之維護、產品之安全性，將可達成農業永續發展之目標。