

合理化施肥的意義與措施

陳鴻堂

前 言

農作物合理的施用肥料，是農民在選擇適當品種栽培，並已做好病蟲害防治的植物保護措施下，還能夠增加農作物產品品質與產量的唯一途徑。根據資料顯示，台灣地區農田單位面積的肥料使用量偏高，有加強合理化施肥宣導的必要。合理化施肥就是要農民依據農作物品種的生長特性，配合土壤條件與特性，肥料的種類、特性與施入土壤後對作物的生長反應，作為農田施用量及肥料施用方法的依據，如此才可避免農田肥料施用過多，除了浪費肥料資源外直接影響農作物產品品質與產量，甚至會造成土壤品質劣化，及污染環境如地下水受氮肥污染，使硝酸鹽(NO_3)濃度過高等不良效果。

植物營養與施肥

作物的生長需自環境中攝取植物必需營養元素，包括碳(C)、氫(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、鉀(K)、硫(S)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鐵(Fe)、錳(Mn)、鋅(Zn)、銅(Cu)、硼(B)、鉬(Mo)、氯(Cl)等十六種。供作物正常生長，完成其生命週期，因這些元素在作物體內的功用無法以其他元素代替，且直接參與作物體內的代謝作用，如構成細胞的組成物質或參與細胞的生理、生化作用，構作酵素的組成分，催化酵素反應，維持細胞膨壓、及電解質平衡等作用。

這些必要元素的吸收型態，在十六種元素中，碳、氫、氧係吸收自水(H₂O)及空氣中的二氧化碳(CO₂)與氧氣(O₂)，其餘十三種必需元素則大部分由作物根部自土壤中以無機離子或分子的化學型態吸收，土壤中這些營養元素的來源，大部分由土壤礦物風化或土壤中的有機物礦質化而來，雖然作物的生長發育所需的養分元素多寡不同，但其在作物體內的作用及重要性卻是相同，當任何一種中要素缺乏時，作物就無法正常生長，並呈現典型缺乏徵狀，則必須靠施肥來補充土壤的不足供給量，相反的，當某一要素過多時，也可能產生對作物毒害徵狀或引起其他要素的缺乏。作物的營養元素是否充足，缺乏或過多，一般可藉由目視診斷，但最佳方法是可以由分析植物體內要素含量加以判斷。

合理化施肥原則

作物的生長過程所吸收必需養分是否吸收充足，是受到最少養分所限制，因此若不補充作物所缺乏要素，即使其他的要素均已供給量充足，作物也無法發揮其生長效果，所以施用肥料時要判斷土壤中是那一種要素最缺乏，針對最缺的要素施肥才能得到效果。

另一個施肥上必須考慮的因素，為施肥對作物產量的增加效果，因受報酬漸減率影響，當土壤中缺乏某種要素而施肥時，作物生長量必然隨著施肥量之增加而增加，但單位施肥量所能增加作物產量卻是隨施肥量之逐漸增加而逐漸減少，甚至施肥量增加到某一程度後產量就不再增加，甚至減產。不但產量有如此現象，農作物品質與施肥量也有類似關係。因此施肥的費用隨著施肥量比例的增加，作物生理上可以得到最高產量之施肥量並不一定是經濟的施肥量。

土壤供給作物吸收的要素中，氮、磷、鉀三種因作物需求高，而且土壤中常無法充分供給，故需要以肥料補充，就是一般所稱的三要

素，而作物吸收量僅次於三要素者，有鈣及鎂一般稱為次量要素，其他之要素因植物需求量極微，故稱為微量元素，一般土壤中含量已足夠供給作物吸收，通常只在作物生長呈現缺乏症狀時，再做微量元素肥料的施肥，反之若作物並無微量元素缺乏症狀出現，則不必刻意以施肥來補充之。

三要素肥料的施用，就作物品種之特性而言，生長潛力較大之品種需肥量尤其是氮肥，高於生長潛力低者。水稻矮性多蘗、葉片直立不易倒伏之品種產量高，氮肥之施用量通常應較高，反之則較低。以作物生長期而言，晚熟品種因生長期長，故需肥量應大於早熟品種，且施肥時期也應適度的調整提早。

氣候因素考慮，在日照充足時光合成產物之生產潛力增加，如能配合供給多量氮肥，就可將此潛力充分發揮，而獲得高產，反之則造成減產。陽光不足時，作物通常需要較高量的鉀素營養，因此增加鉀肥的施用，才能維持作物正常的光合效率。水分是生長的主要限制因子，在水分較缺乏季節，作物的乾物生長量減少，相對的肥料需要量亦應減少。

溫度升高時一般作物生長旺盛，且在高溫季節土有機物分解也會加速，相對的釋放出氮素較快，根的吸收率也高，所以應減少氮肥施用量，溫度降低時，磷素的吸收受到阻礙，例如同一塊田在不同溫度期種植玉米或高粱時，其缺磷症狀的表現低溫期較高溫期明顯。

土壤肥力的高低，與施肥效果有明顯的關係，肥力低時施肥效果明顯，反之則小。目前所有的資料顯示，水稻、甘藷、玉米、落花生、大豆、原料甘蔗等作物均可依土壤分析資料推荐農民施用磷、鉀肥，其他作物則亦可提供參考。作物氮肥需要量由於田間土壤理化性、氣候及耕作方式的不同，對土壤有機質分解之影響極大，很難單憑化學分析資料推測不同地點土壤之氮肥需要量，故氮肥需依作物生長反應靈活調節施用量。

另一個土壤理化性質與施肥有關的就是土壤排水，在排水不良之土壤，

鉀之吸收最容易受到抑制，所以鉀肥的施用效果特別明顯，因此無論水田或旱田應酌量增施鉀肥。

栽培管理與施肥，一般作物栽植密度合理的提高時，應配合酌量提高肥料施用量，旱作以稻草等材料覆蓋，對保持土壤水分及改善土壤物理性等有很大的效益，稻草覆蓋資材在其分解中能釋放各種要素，又以鉀素最多，故覆蓋稻草之作物可減少鉀肥之施用。耕耘方法在旱田過度或水分過多時耕耘，會破壞土壤構造，使土壤變為緊密及通氣不良。此種情況下鉀之吸收會受到阻礙，故需增施鉀肥，另一方面耕耘會促進土壤有機質分解，因而增加氮素之供給，反之採用不整地栽培時，因土壤有機質分解較少，且所施氮肥損失較多，故氮肥之施用量必需增加。在土壤水管理上，水稻採直播栽培者，因初期沒有保持浸水狀態，致土壤硝化作用旺盛，氮肥損失較移植者大，因此水稻之氮肥量必需增加。行輪流灌溉及土壤滲漏快之漏水田也因同樣的理由應增加氮肥需要量。

施肥方法的不同與施肥的效應因施肥的位置、時期會有很大的差異。肥料在土壤中的移動及擴散，以氮素最快，磷素則不易移動，而鉀素介於其間。土壤質地細，也就是較粘重時，因土壤孔隙小，土壤表面積大及吸附力強，所施肥料之移動較在砂質土慢，故肥料在細質地土壤肥效緩慢，相對的流失量亦較少，一次施多量之肥料不易造成肥害。反之肥料在砂質土壤之效果較速，流失量較多，施肥量稍高則容易造成肥害，故氮、鉀肥應依據土壤質地的不同，採用不同的分施方法，也就是基肥施用量在砂質土壤應少於粘質土壤，且施肥位置應較粘質土壤遠離種子，同時施肥次數及施肥量應酌量的增加。磷肥在土壤中因易被土壤固定而不易移動，故磷肥若施於土壤表面時則不易被根部吸收，磷肥在旱田應以條施方式施入土壤中的適當位置，水田磷肥的施用，除了在砂質水田還原性強之排水不良土壤，磷肥仍可溶解而向下移動土壤，採分施有時較全量作基肥有利者外，一般水田應以全量當

基肥，於水稻插秧前水田進行第二次整地耙平前施用，並使其與土壤完全混合。

銨態氮肥施於旱田土壤表面，極易揮散損失，台中地區以彰化縣分佈最廣之石灰性粘板岩沖積土鹼性土壤尤其嚴重，故以條施後，充分以土壤覆蓋為佳，在水田採用全層施肥，降低銨態氮肥在土壤表面的量或以深層施肥，將全部銨態氮肥施入土壤深處的還原層，不但有防止銨態氮轉變為硝酸態氮後脫氮損失，並可減少硝酸態氮淋洗損失之功效。硝酸態氮淋洗不但損失氮肥，而且可能影響地下水品質，國外資料顯示，地下水的硝酸態氮濃度大於 10 ppm 時，就不適宜供飲用，因此施肥不當亦可能造成環境污染。

合理施肥時期就是要考慮施用肥料時，配合作物需肥時期，一方面可降低肥料損失，另一方面可供作物適時吸收充分的肥料養分適時利用。因此肥料施用時期適當與否，與施肥的經濟與肥效，有極大的影響。所以施肥時期合理的運用有調節作物營養生長與生殖生長，提高收穫指數及收穫物品質的功效，如果樹施肥時期之控制可以適當調節花芽與葉芽之分化和成長，在水稻則可以提高有效分蘗數，降低水稻節間長度防止倒伏，及提高稻穀與稻草比例。

合理化施肥與酸性土壤

土壤的反應分為酸性、中性、鹼性，適當以 pH 值來表示，pH 值 7 以下為酸性，而 7 以上則為鹼性，植物對土壤酸鹼性的耐性有很大的差異。水稻、茶及鳳梨是耐酸作物，但幾乎所有的蔬菜作物，尤其是甘蔗、白菜、菠菜、芹菜等和一般豆科作物等均不耐酸，玉米及果樹則居中，不耐酸之作物在酸性土壤下生長，極易受到抑制，必需以石灰資材調整酸度，讓土壤中 pH 值達 6.0 以上，不耐酸之作物才能正常

生長。

土壤反應不但是作物生長環境的一環，且對土壤中的植物營養要素和肥料的有效性有很大的影響，因肥料施入土壤後，受到土壤酸鹼度的影響而有各種不同的變化，也產生不同的肥效，包括氮肥的硝化作用，磷、鉀肥及微量元素的溶解與固定作用均與土壤反應有密切的關係，因硝化作用的進行以中性反應最適宜，過酸與過鹼的土壤反應均會阻礙硝化作用的進行，因而妨礙氮肥之肥效，酸性土壤中，鐵、鋁之活性強，磷素易被固定為不溶性之磷酸鋁及磷酸鐵，因而降低磷肥的有效性，另一植物必須養分鉬，在酸性土壤中，其溶解度亦較低，故有效性亦不高。若土壤過酸時，可施石灰資材提高土壤的鹼值時，一般若土壤 pH 值達到 6.0 以上時就應停止石灰資材之使用，因土壤中 pH 值在 6.0-6.5 間時，土壤中之各種養分的有效性均較高，反之若 pH 值調整過高時，土壤中的微量要素的溶解度會降低，容易產生作物缺乏症狀。且石灰資材的使用量以石灰石粉，也就是碳酸鈣為例，每年每公頃用量應在 3000 公斤以內，避免一次施用過多石灰，並應在短期作物種植前，或長期作物整枝休眠期施用為宜，石灰資材施用後應與土壤充分混合。

石灰資材中有一種是煉鋼廠的副產物，稱為煉鐵爐渣，其成分中含有矽(Si)，矽雖非作物的必要元素，但據資料顯示，植物細胞壁若含有適當的矽酸，可增強水稻對病蟲害的抵抗性及防止水稻倒伏等效果，故日本是將矽列為必要養分。本省酸性土壤稻田，在選擇石灰資材時，應可考慮使用矽酸爐渣，不但可中和土壤酸性且可供給水稻適量的矽酸。

合理化施肥與微量元素

土壤中所含的微量元素，一般而言就足以供給作物生長所需要的量，並不一定要施微量元素肥料。若作物生長呈現微量元素缺乏症狀，或根據土壤及葉片分析值，已可判定出作物是缺乏微量元素時，方可施微量元素肥料，因微量元素若施用量超過作物需要量，可能會發生毒害及污染土壤，尤其銅、鋅一方面是作物必要元素，同時亦是重金屬，值得注意。

合理化施肥與有機質肥料

有機質肥料的施用在化學肥料尚未被大量使用的年代，一直是農民補充土壤養分供給作物吸收的主要資材，傳統之有機肥料以堆肥及肥為主，因其所含的養分不高，通常是以改善土壤物理性或以維持地力為主。近年內由於農畜產廢棄物之種類及量的大增，相對的利用這些材料所生產的有機肥料的種類與量也增加很多，其中甚多有機肥含三要素成分高、且礦化率高，故其施用量應考慮施用後其所能釋出之要素養分量，並應自所施的化學肥料要素用量中扣除，才能避免施肥過量，甚至造成肥料鹽分在土壤累積，直接影響種子發芽問題，還必須耗費人力與資材來改良土壤。另外值得推薦大量使用的一種有機肥料，就是希望農民多利用農田休閒期種植綠肥，如夏季栽培田菁、太陽麻、大豆類(如青皮豆)，冬季栽培埃及三葉草、苕子、蕎麥或油菜等當綠肥，亦可直接提供後作物養分及土壤的有機質或配合農政單位的推廣施用微生物肥料，如溶磷菌、菌根菌等有益微生物肥料，提高土壤磷素的有效性與增加植物根的養分吸收效率。

合理化施肥措施

由於經濟貿易自由化時代潮流所趨，政府推動台灣肥料公司民營化，未來肥料制度轉型後，肥料產銷將完全自由化。為避免肥料價格漲幅過大，直接影響農業生產成本，農政單位加強推動合理化施肥等相關措施因應，以降低農業生產成本，教導農民依據土壤及作物需肥診斷服務，推薦合理的肥料用量，施肥時期與方法，以減少化學肥料用量，節省肥料成本支付及維護農田生態環境。合理化施肥措施計畫包括：

- 一、加強宣導合理化施肥，辦理推薦施肥，由改良場所依歷年試驗結果，依據作物栽培生育需要作適量、適時、適法的原則施用肥料。並在強酸性土壤補助農民施用石灰資材，改善酸性土壤，提高肥料效率。
- 二、推廣農田休閒期種植綠肥，農田休閒期由農委會及農林廳補助綠肥種子，供農民栽培，除了具有美化農村景觀，提供冬季蜜蜂之蜜源外，直接可以利用綠肥供給後期作物養分，減少後作物化學肥料使用量，降低施肥成本，並得以逐步改善土壤肥力。
- 三、推廣使用有機質肥料，推廣農民施用以本省農畜產廢棄物，經充分完全醱酵且不添加化學肥料之合格有機質肥料，長期作物每公頃施 8000 公斤以上，短期作物每公頃施 4000 公斤以上，每公斤有機質肥料補助 1 元，以維護農田地力，直接可降低化學肥料使用量及提高肥料利用效率。



圖一.合理化施肥必須考慮土壤剖面特性砂頁岩沖積土。



圖二.蔬菜施肥量有過高之嫌。



圖三.設施內蔬菜施肥不合理，造成土壤累積肥料鹽分，蔬菜發芽受阻。



圖四.設施內蔬菜園土壤累積肥料鹽，因塑膠布破損，反而因土壤鹽分被淋洗，而提高蔬菜發芽率。



圖五.蔬菜園施肥量過高，而且沒有覆土，肥效將降低。



圖六.施未醱酵雞糞將影響環境衛生，亦是一種不合理施肥。



圖七.過量施肥，造成土壤表面累積鹽分，蔬菜發芽受阻。



圖八.酸性土壤易感染真菌性根瘤病，可施石灰資材改善。