

合理化施肥理念

廖慶樑、劉禎祺

行政院農業委員會農業試驗所

前 言

作物合理化施肥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。合理化施肥技術的發揮是要提高作物利用所有養分的效率，降低農作物生產風險及對環境之風險，而最後能獲得經濟上及環保上的最高利潤。

農業係利用自然資源，如水、日光、空氣、氣候、及土壤等，從事生產人類所需之糧食與原料，其從地下部攝取水分和養分，而地上部之葉片，則行光合作用合成碳水化合物，儲存成農產品，故農業相較其他產業，更親近於自然環境，其對於氣象、土壤、水等資源的需求與依賴亦更顯著。因此，農業是一種永續性、持久性且不可缺少的重要基本產業，其發展與人類的文明與社會制度的沿革有著極為密切的關係，亦可以說農業生產與人類生存是息息相關的。

長期以來，公營肥料產銷體制下，為減輕農民負擔，採取低肥價政策，尤其七十年代中期以來，肥料資源充裕，民營肥料在市場上參與競爭，農民購買肥料可自由選擇。又因農村勞力短缺，工資昂貴，為節省施肥工資，表面撒施及少次多量之粗放施肥方式，致肥料使用量偏高且有浪費現象，也對環境維護造成負面之影響。

隨著我國加入世界貿易組織（WTO），肥料自由化民營化時代的來臨，過去由政府補貼之低肥價政策勢難維持，肥料價格將反映成本而調整，政府為緩衝肥價調漲對農民之衝擊，制訂「肥料政策調整方案」，在六年調適期間內，由農委會以漸進式調整肥料銷售價格，每年調漲幅不超過六%，肥料出廠價與零售價間之價差由農委會予以補貼，惟補貼

金額逐年減少，六年之後不再補貼，肥料價格將由市場機能反映。

台灣地處熱帶、亞熱帶，整年有溫暖的氣溫與較高的降雨量，土壤風化迅速，養分被淋洗流失的速度也較快，加上在密集栽培系統下一年種植二至三作以上，土壤肥力的耗損更形嚴重，常需要適當補充養分，提昇土壤肥力，才能維持作物正常生產的地力。

近年來化學肥料價格較便宜，肥效較快速，加上農村勞力不足，工資價昂，為節省施肥工資，化學肥料的多量少次的表面施肥，因而在農村頗為流行。這種施肥方式，不但減低單位肥料之生產效率，並且浪費肥料用量，以致單位面積之化肥施肥量偏高，亦會污染生態環境，導致水質與土壤性質之劣化。

故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薦之施肥量、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。依據台南區農業改良場所多年來試驗示範成果顯示，依照作物需肥診斷推薦量施肥不但不會造成減產，甚至有改善品質之效益。因此，為維護農田地力及生態環境，節約肥料資源，減少肥料支出，增加農民收入，提高農產品產量與品質，積極推動合理化施肥成為一件很重要的工作。

生態環境與肥料施用

我國祖先很早即懂得種植作物，除發展犁田、中耕、除草等方法，更懂得動物排泄廢棄物、植物之殘體，使之不至因耕作而消耗，如此耕作制度合乎自然生態體系與物質循環，符合目前永續農業發展之精神。然而，為要保持土壤肥力，常要收集野外植生加入農田，因為針對一個耕作體系而言，即使每次農作物收穫後，其殘體全部歸還農田土壤，人畜排泄物和殘體亦能回歸土壤，在這循環的過程中收穫物養分的損失是無可避免的。也就是說每一次作物收穫後，都意味著土壤肥力的衰退和土壤生產力的下降，亦即使有機資材全部回收利用亦不能滿足全部耕地對肥料的需求，因此，要保持土壤肥力，除了盡量增加有機肥的施用外，其他化肥及合理的耕作措施的配合有其必要性。

根據統計台灣目前每年有一千二百餘萬噸的農業廢棄物，以 N 素

之供給而言，扣除製作過程損失，以 35%可製成堆肥，亦僅能供給 26 萬公頃之耕地，因此，若要維持農田肥力與高產量，以滿足不斷膨脹人口所需之營養食物，化學肥料之施用，無法避免。此外，台灣地區位處亞熱帶氣候圈內，溫高氣濕，土壤遭受風化與淋洗劇烈，天然植物養分要素含量偏低，為維持農作物之正常生育，進而提高產量與品質，施用肥料補充植物生長所需養分之不足，為耕作上不可或缺之項目。本省自光復以來，由於化學肥料的引進及自行生產，確實給台灣農業生產上帶來莫大的貢獻，各種農作物產量的增加，有目共睹。但由於肥料價廉而增產效果立竿見影，以致農民偏好超量使用化學肥料。根據田間調查，很多農作物之病虫害嚴重發生，農產品之品質低劣，考其原因，大部分是施肥不當所引起。

合理化施肥的意義

作物需求之要素為碳、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。

植物生長營養要素雖多達十七種，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。

又當土壤中缺少要素而施肥時，植物生長量雖跟著施肥量之增加而增加，單位施肥量所能增產之作物收量卻隨著施肥量之增加漸減(此現象稱為報酬減律)，故施肥量增加至某一程度後產量不再增加，甚至減產。收穫物品質與施肥量之關係亦有類似情形。我們知道施肥費用乃隨著施肥量比例而增加，因此，事實上作物生理上可獲最高產量之施肥量，未必是最經濟的施肥量。

各種要素需用與否及使用量之多寡，需仰賴土壤分析及植體(葉片)營養診斷技術之綜合應用，各地區農業試驗改良場所及其他農業學術機構多年來做了許多相關之試驗研究，建立各種作物之不同要素含量濃度等級資料，作為作物需肥診斷服務推荐施肥之依據。參照農業技術單位

之推荐肥料種類及用量、方法施肥是為合理化施肥。八十七年度起推動合理化施肥措施計畫，由各農（茶）業改良場依各地作物別編印作物施肥推荐手冊，作為農民施肥參考依據。

由於肥料之施用在各種生產資材中，影響作物產量和品質最大，其合理施用亦關係生態環境之維護，故如何教導農民，依照作物需要，作適量、適時、適法之施肥，實為土壤肥料推廣人員之重要責任。

而其他產業對農業生態系造成的衝擊，各國都以制定環境法規來規範，然而，農業生產過程各種措施的合理化，除了科技的應用外，亦需運用智慧，及本於對大地的關懷，促使人類要求自己在農業生產活動和自然生態系作用之間求得平衡，以維持共存、共容的關，使農業得以永續發展，人類亦可賴以生存。本文僅就過量或不當的使用肥料，對環境可能帶來的衝擊，以闡釋合理化施肥的重要性。

土壤肥力的涵義

狹義的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。

要使作物得到高產，不但要量上能夠充足且平衡的供應養分不受養分匱乏之影響，亦應在作物生長期中均衡的供應作物各生長階段所需之養分。養分平衡(nutrient balance)的目的，為達維持長期高的土壤肥力，而達到高的土壤生產力外，尚需對任一作物生長期中養分的供應能夠均衡達到任一短期間的需要。由於土壤因素或植物因素影響到作物之養分吸收量。與吸收養分間的比例，使作物較難達到所需之量與比例。為了達到高產之耕作，需人為平衡供應不同養分(肥料)，這除了養分供應問

題外，尚需注意避免養分的不平衡。

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.與量 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。

由於以上各種因子均會影響作物之產量及肥料需要量，施肥適量係在標準栽培管理下依品種、栽培季節、地區(生產潛力)及土壤肥力分別推薦，而在栽培管理改變時，則另註明施肥適量如何增減。

合理化施肥執行的要領

各種要素需用與否及使用量之多寡，需仰賴土壤分析及植體(葉片)營養診斷技術之綜合應用，農業試驗所、各地區農業試驗改良場及其他農業學術機構多年來做了許多相關之試驗研究，建立各種作物之不同要素含量濃度等級資料，作為作物需肥診斷服務推荐施肥之依據。另外，參照農業技術單位編印之「作物施肥手冊」中之各類作物施肥管理方法適當選擇肥料種類及用量、施肥方法，是為合理化施肥。

合理化施肥面臨的問題

在農業生產中，為提高其生產量、防治病蟲害，而使用化學肥料、農藥，同時伴隨產生之作物殘體、畜產廢棄物、漁產廢棄物、農業廢棄物、食品工廠廢棄物、林產廢棄物、土壤沖蝕和溫室效應氣體等對環境品質產生衝擊。另外由於人口增加、工業發展和社經活動頻繁，而排放了許多廢氣、廢水和廢棄物，造成了空氣污染、水質污染和土壤污染，不但降低了作物產量，也影響農產品品質，進而威脅國人之健康。作物

受污染性氣體侵害後，會造成葉片黃化、落葉、斑點、生長受阻、加重病蟲害。至於土壤受污染後，其物性劣化、土壤酸化、氮素過剩、可溶性鹽類累積和重金屬累積，影響作物產品品質。

環境污染的承受體不外乎大氣、土壤與水體，這些正是農業生產的資材。因此環境污染最直接的影響就是農業生產環境之惡化與產量、品質的低落，農民最能切身體會自然環境與他們的關係，同時農民在農事操作上的一切活動，亦對自然環境產生影響。台灣地區二仁溪綠牡蠣事件、西施舌事件、彰化東西二圳之鎘米事件等，皆是因水污染危害農業生產環境所引發之公害糾紛事件。諸如此類大大小小糾紛不勝枚舉，除顯示污染程度普遍惡化外，連帶食品安全衛生也亮起了警訊。還有，因農業操作不當造成資源誤用與環境污染事件亦時有所聞，如西南沿海養殖魚業過度抽用地下水造成之地層下陷和土壤鹽化事件、德基水庫集水區濫墾造成水土流失與水庫優養化問題等，亦反映出農業生產對環境造成之危害。因此，農業從業人員，必須了解環境污染對農業的影響，以維護農業生產環境之安全，進而保障農產品之品質與產量；亦必須進一步了解農業生產活動對環境可能造成之衝擊，以減少對環境產生之破壞，進而達成農業生產環境及資源永續利用之目標。

土壤永續生產力

農作物從土壤中吸收的各種營養要素有多有少，需要量較多的有氮、磷、鉀，稱之為三要素，由於三要素影響作物生產及產品品質至鉅，也佔施肥成本最大部分，因此，三要素肥料之施用量、施用方法及使用肥料種類之選擇，是作物肥培管理上重要課題。一般而言，短期作物可依土壤分析測定來推薦肥料要素用量，長期作物尚需作植體(葉片)分析診斷才能推薦合理施肥量，農友可參照農業技術單位之推薦肥料種類及用量、方法施肥是為合理化施肥。合理化施肥措施除上述肥料用量推薦外，應包括其他土壤肥料技術之綜合應用，以達到提高產量與品質，並維護農田土壤永續生產力之目標，例如：

一、有機質肥料使用：在高經濟價值作物常需使用有機質肥料以提高產品品質。因有機肥料種類多，包括木屑堆肥、樹皮堆肥、禽畜糞

堆肥、豆粕類等，其肥效係依其所含有機質在土壤中經微生物分解礦化釋出之養分要素而異，故有機肥料之施用應依其資材及碳氮比預估礦化率及可釋出之養分要素量。又連續使用有機肥料時，除當作所施有機肥料之可礦化量外，前期土壤中有機質之可礦化量亦要評估，才能確實明瞭可由有機質供給之要素量。一般可以化學肥料和有機肥料配合施用，應將有機肥料可釋出之要素量扣抵化學肥料用量，才符合合理施肥目標。

- 二、綠肥作物之利用：在農地休閒期或休耕田種植綠肥作物，尤其是荳科綠肥具固氮能力，為提高農田肥力有效方法，一般短期作物可將綠肥作物納入當地耕作制度，長期作物如於文旦果園種覆蓋綠肥作物，為良好土壤管理方法之一。台南場育成推廣之景觀綠肥用向日葵（台南一號）栽培，景觀綠肥兩相宜，及覆蓋兼綠肥用大豆台南四號、六號，可供選擇利用。
- 三、微生物肥料應用：農作物生產常利用環境中之資源，如將有益作物生長之微生物接種到種子或施用於幼苗與土壤上，往往可增加植物營養要素之供應、提高土壤中養分之有效性，增進根系之生長與養分之吸收、保護根系及增進抗逆境能力等等。目前已推廣應用者有毛(大)豆接種固氮根瘤菌、洋香瓜育苗接種菌根菌、溶磷菌等，均已具有相當成效。
- 四、其他如深層施肥機的開發，節省施肥工資，並將肥料施入表土之下，減少肥料損失，提高肥料效率。地區性問題土壤改良，如強酸性土壤施用石灰資材矯正酸度，以提高肥料效率及生產力。

過量施肥對環境的衝擊

肥料過量的施用，若超過農田所能涵容時，則過多的氮肥隨雨水或灌溉水而進入地下水，造成飲用水質變劣，或氮肥經脫氮作用形成溫室氣體釋入大氣中，導致溫室效應與氣候變遷；過多的營養素流入環境中，亦會造成水體的優養化，這些後果對於我們的未來及後代子孫的生存都相當的不利。除了環境問題，還有資源存量問題。根據調查，以目前使用量，全球磷、鉀礦蘊藏量，僅可維持未來五百餘年，即將耗盡。

除了肥分往下淋洗，恐污染地下水外，隨著降雨或灌溉，亦有可能隨著逕流入水體而造成優養化。常見者為水源水庫滋生藻類，渠道埤池滿佈布袋蓮、雜草，影響環境衛生。水質優良化，水中微生物大量繁殖，溶氧量耗盡，魚類無法生存，此外銨態氮及有機磷對魚類有劇毒，能使魚類大量死亡。引用受氮磷污染之灌溉水就如同施過量之肥料，常造成水稻插秧期受鹽害死亡，生長初期分蘖特多，但為無效分蘖，抽穗期後多有倒優，成熟期腐爛枯死，溼熱季節誘發稻熱病等現象。荷蘭農業從業人員，在田區的四邊都不施肥，以防肥分隨逕流入其他水體，其對環境之關注，值得敬重與效法。

本省西部地區土壤，電導度在 4dS m^{-1} 的耕地面積，約有 30000 公頃，主因是地下水過高，海風攜入鹽分與長期乾旱所致。另外，由於工廠排水混入灌水道中，使本省現在灌溉水質鹽分常出現高於 $700\mu\text{mhos/cm}$ 之標準，不是如 50 年間大都維持在 $300\mu\text{mhos/cm}$ 左右，應留意土壤的鹽化問題。除了前述自然因素與工業的污染外，施肥也可能造成鹽分的累積。特別是設施栽培土的鹽分累積問題，根據調查，設施栽培土壤鹽化情形日益增加，顯示設施栽培，土壤鹽化程度較一般栽培為烈，同時隨栽培時間之增加而加深鹽化現象。主要原因是設施內沒有天然雨水的淋洗，鹽分容易累積於表土。

以農業生態系與全球環境之關係來看，已開發國家大量開發石化燃料，過度發展經濟，造成空氣、水污染及廢棄物的處置問題，都影響人類的生活品質，也影響農地的品質，甚至導致全球氣候的變遷，開發中國家面對急增的人口，所釐定的農業政策，如森林的過度砍伐、集約式的農耕制度，則可能導致資源的過度消耗與農地肥力的衰退，如肥料與農藥的過量施用，而對環境造成衝擊。

結 語

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。隨著社會經濟之發達，國民生活水準提升及消費之需要，農產

品品質高級化、精緻化之需求下，作物之肥培管理更不能不重視，施肥不當易導致植物養分不均衡，鹽分累積過剩毒害及病蟲害嚴重發生、農產品品質低下等現象。因此，合理化施肥為提升農產品品質重要之一環，瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達到合理化施肥的必要步驟。

而合宜的肥料管理方式，不但可提升作物的產量及品質，提供適合作物生長的健康環境，進而減少肥料、生長素、殺菌及殺蟲劑之施用，同時可以避免土壤生產力的衰退及對環境所造成的污染衝擊。合理化施肥是要依據農業科技診斷土壤與作物之需要來施肥，不但要達到確保農產品產量與品質之目的，更要維持生態環境的平衡和諧，不會造成土壤、水源環境有污染之虞，達到多贏之目標。