

把問題土壤找出來系列④

# 問題土壤 的作物營養與施肥

台灣大學農業化學系/林鴻淇



收穫作物由土壤中掠奪養分；要維持地力，就得把收穫作物移走的物質，歸還土壤(溫秀嬌/攝)

用 一般農林廳推薦的方法栽培作物和施用肥料都不能突破作物產量的某種程度的限制時，這種土壤就是問題土壤。在作物營養上這種不正常 (Abnormal) 土壤必定有一種或是多種生長限制因子。消滅這些限制因子是有效利用問題土壤的必要手段。造成問題土壤的不適宜性 (Unfavorability)，或有毒性 (Toxicity) 的原因可歸類為：土壤物理的、土壤化學的土壤生物化學的三類。

## 1. 土壤物理的

土壤物理的適宜性原則上乃在於創造根系的生長空間；土壤要有適量的間隙 (Porosity)，其中要有適當的空氣和水分的分配。粘重的土壤要犁鬆，客砂，施用堆肥。低濕的土壤要排水，做畦。砂礫的土壤要客土。乾旱的土壤要灌溉等，務使根系能有正常生長活動的空間環境，做呼吸，做生長和做工作。

## 2. 土壤化學的

化學的問題第一是養分的組成失衡。一些過少而造成缺乏 (Deficiency)，一些過多而造成毒害 (Toxicity)。酸性的土壤常缺乏 Ca、Mg、P、Mo，而有過多的 Al、Mn 等的活性，甚至造成有毒性。鹽土常有過多的 Na，過高的滲透壓。鹼土，鈣質土則有過高的 pH 值，過低的重金屬元素活性。其他如秋落田因缺鐵而造成  $S^{2-}$  的傷害。

## 3. 土壤生物化學的

例如香蕉園、橘子園和木瓜園等的黃萎病、黃龍病和毒素病等土壤病源以及作物間造成的迴避 (Allelopathy) 等可歸納屬於土壤疲乏症 (Bodenmuedigkeit)。可用土壤消毒、輪作去消滅限制作物生長的原因。

## 適量施肥改善問題土壤

對問題土壤施肥首先須辨識土壤的生長限制因子，然後選擇能適應特殊土壤環境的作物種類或作物品種，再去創造該作物的環境適宜性 (Favorability)，再配合作物、土壤和預期產量做營養諧調的適量的施肥。

### 1. 生長因子

促使植物生長的物理的，化學的，生物化學的因子叫做植物的生長因子。地表和空氣中能影響植物生長的物理的生長因子歸類為氣候的生長因子，像光照強度和光照週期，氣溫、地溫等。氣候的生長因子只好去適

應它；例如南方種水稻，北方種小麥較適宜。俗語說：橘逾淮為枳。顯然地，在自然條件下，淮北是不適合栽培橘子的。在一個特定的地方，單位面積的地表上，理論上的可以被固定的光照能源叫做潛在生產力。假定一種作物在這裡所遇到的所有生長因子都恰好，則這一作物必能長到它的最大值，例如C<sub>4</sub>植物的玉蜀黍和高粱可達潛在生產力的40%，C<sub>3</sub>植物的水稻、小麥則約在12%，以這個最大可能生長潛勢為準，可以用作物實際的產量來判定土壤栽培這種作物的適宜性。假定在一個田地上作物的產量與潛在產能間有相當大的落差時，顯然表示：土壤的生長因子使作物生長不正常（Abnormal），則這一個耕地的土壤會具有不適宜性（Unfavorability）或可能具有毒性（Toxicity）。

由土壤來的植物生長因子很多。有土壤物理的，土壤化學的和土壤生物化學的。其中的任何一個是不適宜的，會造成植物生長的限制因子。有多數的限制因子時，其綜合的效應是相乘的。此外，植物由遺傳承襲來的內在的生長因子控制和操縱植物的生長和分化。植物種類間對一些土壤的生長因子之適應和處理能力也有所不同。因此，同一生長因子會造成對一種植物的生長有限制而對另一種植物則沒有什麼影響。例如在 pH 值高的鈣質土上，大豆品種能有效率地吸收鐵，而 PI-54619-51（PI）則因不能有效率的獲得鐵，因此會缺鐵而黃化。就是在開礦地的礦屑上也有些植物能有效地避免重金屬的毒害而繁殖生長。

## 2. 營養的效應定律

E. A. Mitscherlich 在本世紀初整理出植物生長量和養分供應強度間的劑量函數關係。他稱之為：生長（量）定律（Wachstumsgesetz）或（營養）效應定律（Wirkungsgesetz）。百年來人們對此定律爭論不休。那是因為人們嘗試將所做的簡單的

觀測結果套上公式，不能去蕪存菁，純離真正的效應的緣故。這就像所有對運動體的觀測套上牛頓的運動定律一樣。德諺有云：“不通竅，不熱衷”（Was man nicht weiss, macht man nicht heiss.），在農學界對此一定律尤其遲疑不前。以現代眼光來看，這一定律就是化學動力學中的質量作用定律，是普遍適用的。設使作物生長量  $y$  因養分  $x_{-1}$  遞增而接近該作物的潛在生產力  $A$ ，成（飽和）雙曲線，即

$$y = A (100 - 10^{-x_1}) \quad (1)$$

又因為  $x_1$  太多而把其他生長因子效應抑制，其與  $y$  之關係為與  $x_1^2$  成反比，即

$$y = A (100 - 10^{-x_1}) \cdot 10^{-kx_1^2} \quad (2)$$

當  $x_1$  很小時， $10^{-kx_1^2}$  近似 1，由  $x_{-1}$  產生的生長抑制可了忽略。但  $x_{-1}$  很多時，則  $10^{-kx_1^2}$  值變成很小，因而(2)式中  $y$  產量變小。

若寫成  $(100 - 10^{-x_1}) = G_i$  這項在 100% 與 0% 間變動

$10^{-kx_1^2} = R_i$  這項在 1 至 0 間變動

$i$  為任一養分元素，例如分別為 N, P, K, Cu，則(2)式可寫成

$$y = A \cdot G_N \cdot R_N$$

$$y = A \cdot G_P \cdot R_P \text{ 等。}$$

假定  $x_{-2}$  也同時在變時，則

$$y = A (100 - 10^{-x_1}) \cdot 10^{-k_1x_1^2} \times (100 - 10^{-x_2}) \cdot 10^{-k_2x_2^2} \quad (3)$$

設使  $i$  為 N · P · K · Cu 時則(3)式可寫成：

$$y = A \cdot (G_N \cdot R_N) \cdot (G_P \cdot R_P) \cdot (G_K \cdot R_K) \cdot (G_{Cu} \cdot R_{Cu}) \quad (3')$$

其中任何一項很小，例如缺乏氮， $G_N$  值很小，或銅過多具有顯著之毒害， $R_{Cu}$  值很小，則在任一情況下， $y$  都變成很小（圖 1.）。由(3')式可以看出：所有各項都成交感效應，是相乘性的。假定 N, P, K 的肥力都很充足，而且都無顯著之抑制效應，則其 N, P, K 各項都趨近 1，但產量仍不能提高，假定是因為 Cu 缺乏， $G_{Cu}$  項很小；或因

→ 爲銅過多產生毒害， $R_{cu}$  項很小，則結果產值都仍然很小。 $G_{cu}$  或  $R_{cu}$  成爲產量限制因子。這二個因子之任一個或兩個如不予改善，則這個土壤就是所謂的問題土壤。

### 3. 問題土壤

顯然的，土壤的植物生長因子很多。每一個土壤中一個或多個生長因子不適宜都會使作物栽培失敗。一些生長限制因子在一般的耕作過程中經年不斷受到改善。一些則沒有獲得改善，因爲這些因子未被辨認出來，因而被忽視了，因而造成所謂的問題土壤。

問題土壤大致可歸類爲：(1)酸性土壤。(2)石灰質土壤。(3)鹽類土壤。(4)有機質土壤。(5)老朽化土壤。(6)火山灰土壤。(7)重金屬過剩土壤。(8)石礫土壤。(9)黏重土壤。(10)浸水土壤等。但從植物營養學觀點言，造成不正常的問題土壤必定有一種或多種因子在限制著作物的生長。

如依土壤的植物生長因子歸類則可分爲：(1)土壤物理性的。(2)土壤化學性的。(3)土壤生物化學性的等三類。

作物藉其根系從土壤中獲得生長所需要的各種養分。作物根系攝取養分之速率 ( $v$ ) 受到根系 ( $R$ ) 和土壤溶液中養分濃度 ( $S$ ) 的支配。兩者間的反應可寫成

$$v = K(R)(S) \quad (4)$$

因此，根要求係數是養分通過根表面的通量之衡量。根需求係數越小，表示單位根面積吸收養分的負擔越輕。

(1)植物全重與根全長之比要小，要根系要旺盛。要耕地。

(2)一種要素在根內部的濃度與土壤溶液中者之比要小，要養分在土壤溶液中濃度要高。要施肥。

## 問題土壤的問題

### 1. 土壤物理性的問題

要作物從土壤中攝取養，取決於根系，根系要大，要充分擴展在土壤中，要能有很大的活性做功，吸收速率才會快。根系要成長要做生長呼吸，要活著做功來吸收養分要做維持呼吸。也就是說：假定根系的能源不虞匱乏，根系的生長和機能首先要受制於土壤空氣中的氧氣，而且要經常維持起碼的氧氣分壓。根要長大需要空間，根要擴展要穿透土體。因此土壤要鬆，要有起碼的土壤間隙。土壤間隙中不能全是空氣，也不能全是水。例如用有犁底層的淺薄水田改種玉蜀黍，則有土壤浸水，根系不易深入土體中等的問題。所以有些水稻田可能是種玉米時的問題土壤；如果一定要栽培玉米，首先要注意排灌水，最好還要打壞犁底層。但是這塊田就不適宜輪作水稻和玉米。一般而言，有土壤物理性的問題土壤和其解決之道爲：粘重的土壤要犁鬆，客砂，施用堆肥。低濕的土壤要排水，做畦。砂礫的土壤要客土。乾旱的土壤要灌溉等。務使根系能有正常生長活動的空間環境。

### 2. 土壤化學的問題

這是直接有關養分供應的問題。某一種養分在土壤中的存在量可能很少，也可能很多。但這種情形不一定就造成植物營養的問題。養分的供應還決定於其生物有效性。這和其溶解度，分佈狀態有關。植物的根系本身有很多機制來開拓、吸收或排拒養分進入根中。在一些酸性土壤中， $Ca$ 、 $Mg$  等被大量淋洗掉，當然會發生缺乏的問題。一些微量元素在水溶液中依  $(M^{+n})(OH)^{-n} = K$  成平衡。例如三價的鐵  $Fe^{+++}$  在 pH 值變動一次方時， $Fe^{+++}$  濃度變動千倍。例 pH 4 時  $Fe^{+++}$  的濃度要比 pH 6 時大  $10^6$  倍。所以鹼土、鈣質土可能有過低的重金屬元素的活性。而酸性土則可能有過高的重金屬離子濃度而造成毒害。有很多施用石灰和施用硫黃的試驗，主要就是依據這個原理。有些因拮抗

作用導致要素之缺乏，例如大量施鉀肥使作物罹患缺 Mg 的症狀。

### 3. 土壤生物化學的問題

土壤中有作物以外雜草和活動在土壤中的微生物社會。它們會染犯作物成病，或其代謝物對作用有生理代謝上的影響。有些寄生的造成病源，例如香蕉園，橘子園和木瓜園等的黃萎病，黃龍病和毒素病等。也有一種作物能抑制他種生物的生長（Allelopathy）。長期栽培一種作物會使土壤有疲乏症（Bodenmuedigkeit），這些可用消毒，輪作等方法去消滅不良的生長因子。

### 問題土壤的施肥原則

對問題土壤施肥首先須辨識土壤的作物

生長限制因子，然後選擇能適應特殊土壤環境的作物種類或作物品種，再去創造該作物的環境適宜性，再配合作物，土壤和預期產量做營養諧調的適量的施肥。

植物個體由細胞組成。每一個細胞的生長有相似的營養需求，養分種類的需求是遺傳基因設定的，各元素間有嚴格的比例。所以養分需求，基本上和生長量成比例增加。簡單地說：要植物長多大，就該給多少的養分。

假設在某一塊田地栽培一種作物的最高產量 A 為 10,000kg/ha。由式 (3')，設使在這塊地的三區 a, b, c，其氮肥力和磷肥力分別為如下之組合：1Baule N = B<sub>1</sub>，1 Baule P = 1 B<sub>2</sub>，則：

假定原來土壤氮的肥力各為：  
及 磷的肥力各為：  
則不施用肥料時之產量為：

假定做氮肥試驗，施用量分別為：

	a	b	c
	1 B <sub>1</sub>	2 B <sub>1</sub>	3 B <sub>1</sub>
	3 B <sub>2</sub>	2 B <sub>2</sub>	1 B <sub>2</sub>
kg/ha	4375	5625	4375
則產量為：kg/ha			
1B <sub>1</sub>	6563	6563	4688
2B <sub>1</sub>	7656	7031	4969
3B <sub>1</sub>	8203	7453	5000

表面上看，都不施用肥料時 a 區和 c 區相似；都施用 1B<sub>1</sub> 單位氮肥時，a 區和 b 區得到相同的產量。做肥料試驗時常用增產量來表示施肥的效果。

把上面的數字寫成：

施肥量	增產量 (%)		
	a	b	c
N 肥			
1 B <sub>1</sub>	50.0	16.7	7.2
2 B <sub>1</sub>	75.0	25.0	13.7
3 B <sub>1</sub>	87.5	32.5	14.3

由表中數值可知，能增產多少因土壤原有肥力因子或生長因子不同而異。以上的試驗情形已把所有生長因子化約到只有兩個變數；相當於在同一塊均勻的地分成三區，每一區出發時只有氮 x 和磷 z 的肥力不同。事實上，我們假如在三個不同的地域，用不同土壤做同樣試驗時，所得的結果情形更複雜，施肥量和產量間的關係會極不規則。但類似的試驗要不要做呢？假定我們能把可以普遍化的結果闡明出來，辛若的實驗才能顯示

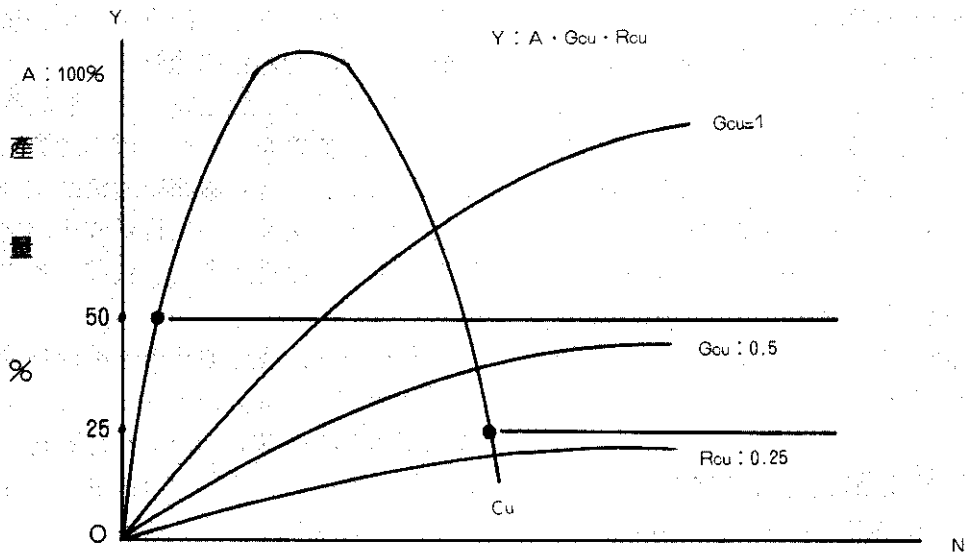


圖1: 缺銅或銅過剩造成之生長限制

順光一心子

超級8槽式

稻谷  
玉米  
高粱

乾燥機

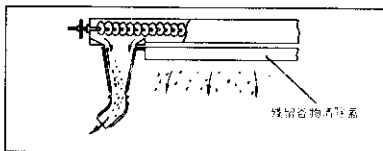
中日技術合作(KANEKO)

日本特許第1392210號

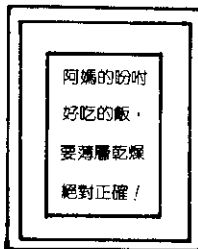
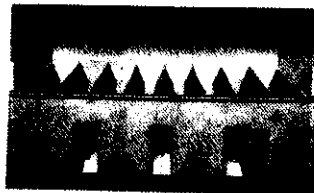
EC-505B

八槽式6大特點：

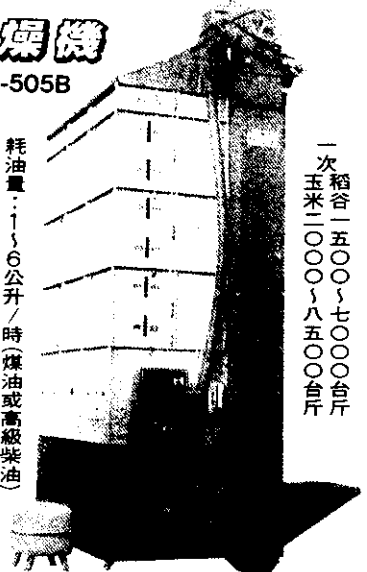
- 高效率乾燥
- 特殊構造，耐久性
- 自動清除，零殘留



- 昇降機可前後對調
- 排風方向任您選擇
- 安全控制構造



耗油量：↑ 6公升/時(煤油或高級柴油)



一次稻谷一五〇〇~七〇〇台斤  
玉米二〇〇〇~八五〇〇台斤

經測定合格<sup>®</sup>等廠商

順光股份有限公司

台北縣土城鄉中央路三段81號  
TEL: (02) 26061111~6 · 2608611

農機經銷商

台北：(02) 6794682

桃園：(03) 4773863

4732520

新竹：(035) 885886

台中：(04) 9320136

5621196

金門：(082) 325281

彰化：(04) 8733627

8523950

8897927

雲林：(05) 6324879

5862167

嘉義：(05) 3792470

台東：(089) 811345

花蓮：(038) 882586

台南：(06) 5987686

6852117

高雄：(07) 6212559

6851987

屏東：(08) 7883386

777723



→ 出它的價值，才不枉費。以上的試驗可以把土壤原來的肥力狀態算出來，可以把肥料的效應係數和肥料單位算出來，所得的數值可以用到其他地域、土壤和作物的營養管理上，只要在每一個地區，土壤再求出修正係數就可以普遍適用。

每一種土壤本身的物理化學性質都不一樣，本身的肥力和對肥料肥效的轉換性質也都不一樣。肥料試驗的目的就要求出當我們栽培一種作物要達到預期產量時能滿足該作物養分需求量的肥料需求量。如使前者近似一個定值時，後者則因時、因地、因施肥方法而有很大的出入。

從(3')式，假定N、P、K的供應充分而且其抑制效應不顯著時， $G_N$ 、 $G_P$ 、 $G_K$ 近似1，則產量y受制於銅

$$y = A \cdot G_N \cdot G_P \cdot G_K \cdot G_{Cu} \cdot R_{Cu}$$

$$y = A \times 1 \times 1 \times 1 \times G_{Cu} \cdot R_{Cu}$$

設Cu只有1 Baule單位，則 $G_{Cu} = 0.5$

Cu很多，則 $G_{Cu} = 1$ ， $R_{Cu} = 0.5$

則在兩種情況下都是

$$y = A \cdot 0.5$$

只有改變Cu的營養狀態才能突破 $0.5A$ 的天頂限制。(圖1)

在施肥前首先須判定限制因子。如懷疑是Cu時，可在施肥前首先用葉面施肥Cu於作物的一邊而留另一邊為對照。作物的反應(Response)最好比較對等組織的相對生長速率。如果作物有顯著的反應時再檢查土壤狀況，依土壤分析結果嚐試改變土壤反應，添加石灰，添加硫黃，添加堆肥等之一種或多種方法來促進或抑制養分的供應。對重金屬元素通常可利用金屬鉗合劑噴撒在葉面上以克服土壤可能的固定作用。



# 動力噴霧機 高壓洗淨機

專業製造，與二十多年品牌信譽，並獲外銷績優廠，本公司產品齊全，並有對客戶做技術服務。

**產品** • 農業用由每分輸送量10公升至300公升規格，壓力0~50kg/cm<sup>2</sup>  
 • 工業用由每分輸送量4公升至150公升規格，壓力0~280kg/cm<sup>2</sup>

用途：果園、茶園、咖啡可口園、園藝、室內栽培雜糧、殺物等農作物農藥噴灑防除病蟲害。農業機械、雞、豬、牛、羊等畜舍洗淨與消毒。

**WL-25**

每分出水16ℓ 壓力35kg

**WL-45ASA**  
自動洩壓

每分出水25ℓ 壓力40kg

**WL-51"新"**

每分出水50ℓ 壓力50kg

**WL-60**

每分出水126ℓ 壓力35kg

**WL-3000**

每分出水300ℓ 壓力50kg

**WL-2001MD**

每分出水19ℓ 壓力150kg

**WL-3001ED**

每分出水19ℓ 壓力210kg

**WL-25ASER**

整組

**經銷商**

台北：建豐02-318554-6 屏林：永吉04-8324493 台南：永欣06-2657466  
 台中：美達04-2872324 斗南：三光05-962768-9 高雄：遠東07-3515082  
 新豐04-3396949 嘉義：三達05-2254247 東豐：遠祥036-882793  
 豐源：茂隆04-5242586 合成05-2225157 義豐 義豐038-342126  
 均慶04-5826345 多種機型資料備索

榮獲美國專利4546791號 榮獲國家專利26508-32002號

**物理農業機械有限公司**

電話：04-3303 08 10 傳真：886-4-3339530