土壤測定結果的解釋與施肥推薦

蘇　楠　榮

一、引　言

用化學方法測定土壤，目的在於診斷土壤的肥力情形，以便根據診斷結果作施肥推薦。本來應就個別農田進行田間肥料試驗，直接測定作物的肥料效應，始能作正確的施肥推薦，但實際上不可能辦理那麼多的田間試驗，祇能以簡速的化學法來代替，這就是土壤肥力的化學測定，簡稱「土壤測定」（Soil test）或「土壤速測」（Quick test）。

雖化學測定所得數值有高低，但如無解釋，便不知高到何種程度才算足夠（高），低到多少應算缺乏（低）或很缺乏，自然亦不知測定值多少時應施用多少肥料。爲明瞭如何解釋測定值，必須先由土壤肥力工作人員進行所謂「土壤測定的校準」或「土壤測定值與施肥效應的相關研究」。這是用田間肥料試驗校準土壤測定值的工作，可說用土壤肥力的直接測定法校準間接測定法。

雖土壤測定經過校準研究後，可以解釋測定值的意義，但田間有很多干擾因子，影響土壤肥力或肥料效果的發揮，因此這些因子也要了解，才能做正確的應用。

二、土壤測定的校準

㈠校準的理論：

土壤測定的校準（Soil test calibration 或 Soil test evaluation），第一項工作是不同測定法的比較評估，這是評估測定值能否反映土壤的眞正肥力情形；如測定值是有效性磷，就是要看它是否能反映土壤磷素肥力的眞正情形。土壤的眞正肥力，可以用肥料試驗的無肥區產量百分率來表示，例如土壤磷素肥力，可以用磷肥試驗的無磷區產量百分率表示，其算法是無磷區產量用施磷區（各要素齊全區）產量來除，再乘以 100。這時的施磷區產量，應選用磷肥用量最適當的最高產量區的產量，而不一定用磷肥用量最多區的產量。土壤中有足夠或接近足夠的磷素供應時，無磷區產量百分率可以達到 100 或接近 100。有時產量百分率超過 100，這是施用磷肥引起減產的情形。無磷區產量百分率愈低表示土壤愈缺乏有效的磷，需要施用愈多量磷肥加以補充；產量百分率愈高表示需要的肥料愈少。

如測定值高的土壤，其無肥區產量百分率亦高，而測定值低的土壤其無肥區產量百分率亦低，則表示測定值可以反映土壤的眞正肥力情形，因而可以斷定所用的測定法有應用價值。但如測定值的高低與無肥區產量百分率的高低之間並無相關存在，便知道該測定法不好，至少不適於在本地區使用。

土壤測定校準的第二項工作是查出「缺乏臨界值」（簡稱臨界值 Critical value，Critical level；或臨界濃度 Critical concentration），這是缺乏與不缺乏的界限值；測定值在此值以下時，不施肥會減產，在此值以上時施肥與不施肥的產量差異很小。換言之，臨界值卽無肥區產量百分率相當接近 100％（例如 96 － 98％）時的測定值。當測定值已達此值或超過此值時，施肥效果太小，不經濟，可以不施肥（以上述磷的例子，可以不施磷肥），如果施用，也祇施用少量，測定值比臨界值愈低，缺乏愈大，需要的肥料愈多。

臨界值究竟採用產量百分率多少爲標準，可斟酌收穫物與肥料價格加以決定，一般以96％－98％爲適當。在農業生產水準尙低的國家，本來施肥很少，而且肥料貴，產品便宜，往往採用較低標準，甚至採用90％產量作爲決定臨界值的標準。本省亦有用95％或90％產量做標準的例子，但採用太低標準，應用起來將限制生產潛力的發展，不符合集約生產的要求。

土壤測定校準的第三項工作是測定值的分級與設定各分級的施肥推薦量。臨界值以上，屬於施肥無效的測定值，可歸級爲「高」，其施肥推薦量是零至少量（安全量）。臨界值以下，可依產量百分率的高低，將測定值分級爲「中」、「低」及「極低」三級，其各級的要素缺乏程度依序是輕、中及重，因此肥料推薦量應該是少量、中量及多量。

㈡校準的方法：

爲評估各種測定法，以便從其中選擇適當的測定法，不一定要用田間試驗來校準，用盆栽試驗亦可，但爲確定臨界值，必須進行田間試驗，因爲盆栽土壤量太少，所求得臨界值常偏高。

1. 測定法的評估及選擇

用田間試驗校準土壤測定值時，如包括氣候土壤變化很大的區域（例如整個臺灣或臺灣西部），最好在100處以上的地點舉行田間試驗。如祇研究氣候土壤變化較小的範圍（例如在濁水平原或在桃園紅壤臺地），則20處可以足夠。選擇試驗土壤，應注意其測定值的分佈盡量廣汎而均勻。

肥料試驗處理，對每一要素應設0，1，2三級或以上的用量。計算無肥區產量百分率，應以有肥處理中最高產量作爲100，有了20對以上的土壤測定值與無肥區產量百分率，便可進行校準，即一般所謂肥效與土壤測定值間相關的研究。（肥效與無肥區產量百分率本質相同，祇是表示方法倒反，前者大就是後者小。）

臺灣土壤測定值校準研究做得很多，其中農試所及糖研所的工作所佔比率最大。在此選用較單純的例子，即高雄區農業改良場鄭榮賢氏在水稻土壤速測應用示範計劃下，就高屏地區粘板岩冲積土（部份有砂頁岩冲積土）舉辦土壤有效鉀校準的結果，做爲教材，示於圖1。該圖的無鉀區產量百分率計算法是以最高產量爲100，與原報告用最高鉀肥用量區的產量作爲100者不同，原報告的相關係數較低，修改後計算的相關係數已提高爲0.897，回歸曲綫亦有改變，另外加了臨界值的尋求。

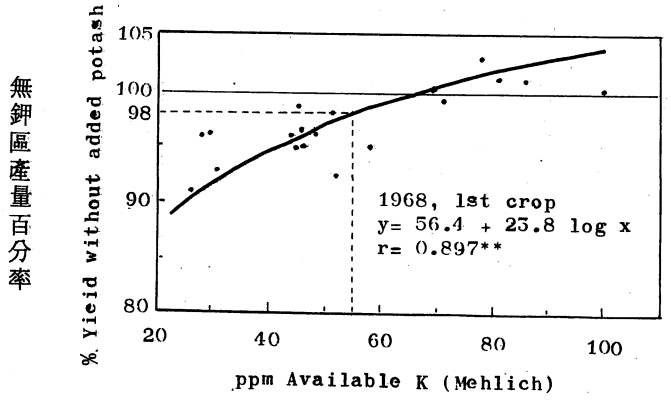
該圖中有19個點，表示19處的試驗。其無鉀區產量百分率（y）與Mehlich氏法有效鉀含量（x）間的關係是一種曲綫關係，而且很像半對數曲綫，因此試算y對log x的回歸的結果，得到如圖上所附的半對數回歸方程式。根據這個方程式劃出的回歸曲綫，就是圖上的曲綫。這條曲綫的走向與實際試驗值（19個點）的分佈情形很符合，可以說曲綫很有代表性。又y與log x的相關係數很高，在統計上亦達極顯著平準，因此可以斷定所用Mehlich氏有效鉀測定法相當不錯，可以眞正分出稻田鉀素肥力的高低。

2. 臨界值的尋求

從圖1虛綫部份，可以明瞭，爲了不施鉀肥而尙能獲得施用鉀肥最高產量的98％產量，土壤有效鉀需要55 ppm，如換算爲氧化鉀，再換算爲每公頃含量，等於165公斤。這就是以獲得98％產量爲目標的臨界值。如以97％產量爲目標，則臨界值變爲50 ppm

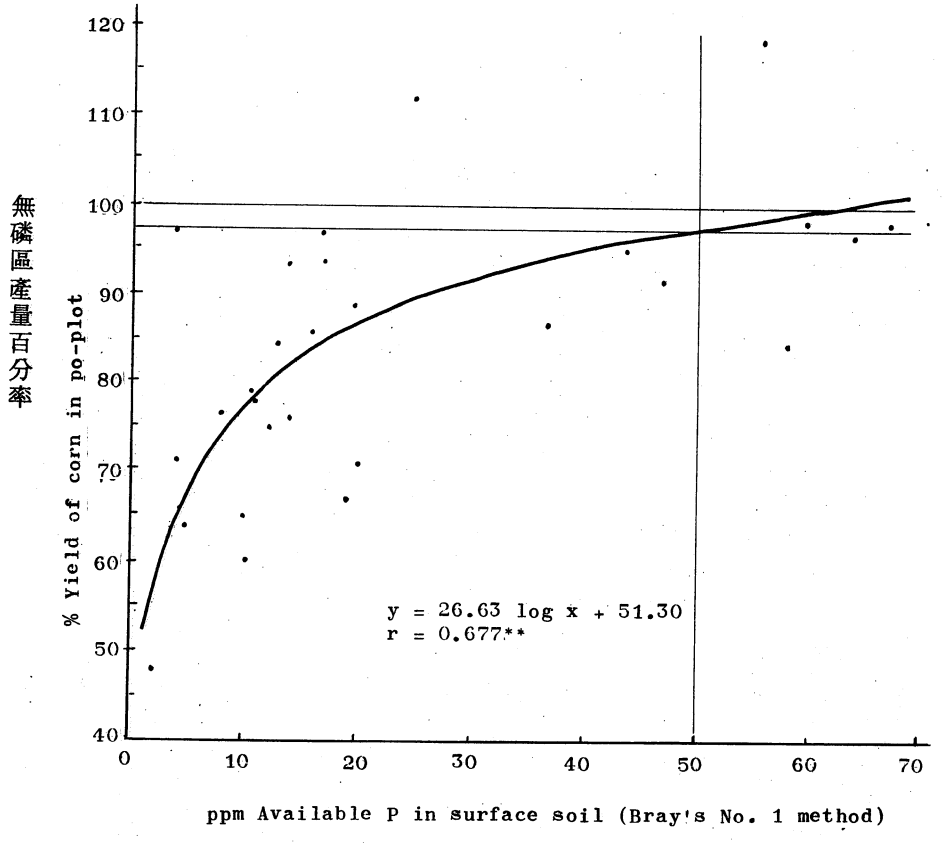
K 或 150 公斤／公頃的 K_2O 。

圖 1 的例子是將回歸趨勢看成 y = a + b log x 的模型，但有的試驗資料，採用直綫回歸型 y = a + bx ，或 Mitscherlich 氏報酬遞減律模型 log (100 − y) = log 100− bx 較能符合實際。有時採用北卡羅來納大學 Kate 與 Nelson 兩氏的不連續模型（ Discontinuous model ）的作法，以判定臨界值，不需要任何計算，不但簡單迅速，而



孟立克法有效鉀（ ppmK ）

圖 1　高屏地區粘板岩及砂頁岩冲積土有效鉀含量與水稻鉀肥效應間之相關（57年一期，鄭榮賢）



表土有效磷（ ppmP，白萊氏第一法）

圖 2　玉米對磷肥之效應與土壤有效磷含量間之關係（林家棻，1970 ）

且正確，非常理想。圖 2 是引用林家棻氏 59 年發表的玉米田土壤有效磷校準研究有關報告中的相關圖（中華農學會報新 69 期 19 頁），改爲使用 Kate-Nelson 不連續模型的方法，求得臨界值的情形。此法的要領是用兩條直交而各與 XY 軸平行的直綫，將圖上的點劃分爲四區，並使左上方與右下方兩區中的點數儘量少。以此法求得的臨界值是 50 ppm P，等於 290 kg／ha 左右的 P_2O_5；這時不施磷肥可以收最高產量的約 97.5 %。如依據林氏原來所用的半對數方程式 $y = 26.63 \log x + 51.30$，計算 97 %產量所需有效磷，便得 52 ppm；用 96 %產量計算，便得 48 ppm。

3. 測定值與施肥推薦量的分級

圖 2 的臨界值爲 50 ppm P（約 290 kg／ha 的 P_2O_5），因此大於 50 ppm 的有效磷含量應分級爲「高」。有效磷在 30 － 50 ppm 之間，無磷產量百分率不高不低，磷素肥力應評爲「中」。15 － 30 ppm 時，產量百分率平均較低，應分級爲「低」。15 ppm 以下，產量百分率都很低，應分級爲「極低」。理論上肥力愈低，需要肥料便愈多。至於實際需要多少，最好選臨界值以下各級的代表土壤各一、二個，進行比較詳細的肥料適量試驗。表 1 是此種適量試驗的很好例子。但爲節省經費人力，可以祇選測定值極低的土壤兩處進行試驗，以其所得經濟施肥量作爲「極低」級的推薦，「低」及「中」兩級的測定值，則推薦其⅔及⅓量，應無太大錯誤。又測定值的分級，不一定做等距劃分，常需根據相關圖上各點的分佈情況，做不等距的分級。

表 1　美國田納西州高臺試驗場土壤鉀素不同含量級的玉米鉀肥適量與施用法試驗結果
（產量 bushel／英畝）

處理		土壤鉀測定值			
		極低	低	中	高
K_2O 量（磅／英畝）	0	59	122	136	152
	30	95	143	158	158
	60	128	143	153	153
	90	138	159	162	154
撒施		89	137	154	158
條施		112	146	150	151

三、土壤測定的解釋及應用

簡單說，「土壤測定的解釋」就是要解釋所測數值究竟屬於高、或中、或低、或極低（分三級或五級亦可）。經過肥力工作人員的校準後，標準已有，便可以解釋，至於「應用」，就是把解釋的結果應用於施肥或改良。有了不同測定值分級的施肥適量試驗的資料，便可以根據測定值解釋的結果（高、中、低、極低等），進行施肥量的推薦，這就是「應用」。但如環境條件、品種、栽培管理等與一般情形不同，而不同到足以影響土壤肥力及肥料效果的發揮程度，便需要用和一般不同的解釋標準，應用的標準自然亦變。下面說明這些問題，以便在土壤測定結果的解釋應用時，作斟酌調節的參考。

四　影響土壤測定值解釋法的因子

下列各因子，可以影響土壤「有效養分」的眞正有效程度而改變肥料需要量，或直接影響作物生理及生產潛力而改變肥料需要量，因此應在土壤測定值的解釋應用時，根據這些因子作適當的調節。

㈠品種特性及生產力

品種的產量水準愈高，通常需要吸收的養分量亦愈多，所以對產量高的品種而言，其土壤有效養分的臨界值可能較一般品種爲高，施肥推薦量亦可能要較多。（例如半矮性多蘗秈稻品種的氮肥需要量，顯然高於一般粳稻品種。）但如該品種的吸收力或養分利用率較佳，情形又不相同。例如據臺中區農業改良場67與68年試驗，雜交高粱臺中5號的產量比臺中3號顯然爲高，但其氮、磷、鉀需要量都比臺中3號低。又國際稻米研究所選拔的品種中，有若干抗缺鋅的品種，在一般認爲有效鋅含量不夠的土壤種植，亦可以有相當程度的生產。

㈡生產潛力

同一品種，如氣候、土壤環境或人爲管理技術的差異使生產潛力有明顯的差異時，作物的養分需求量亦會相差很多，自然肥料需要量亦改變。例如連深氏利用64年一期全省水稻高產施肥示範區進行研究時，發現在生產潛力特高的高屏地區，稻株所需的矽酸濃度較一般爲高。又二期水稻生產潛力比一期作低，所以二期稻的氮肥需要量也較低。

㈢氣候

1. 溫度：在適當高溫下，土壤要素的有效度提高，根的生長速度快，根的吸收機能亦高，因此作物吸收土壤要素的效率高，需要的肥料因而較少。在低溫下，情況恰爲相反。這種情形在各種要素中，以磷的場合最爲明顯，因爲磷的吸收在初期最爲重要，生長初期的溫度對磷肥的需求影響最大。日本北海道的水稻，在寒災的年度，施用磷肥的效果非常大，普通年度較小。臺灣一期稻的磷效大於二期稻者（也有倒反的例子）；如土壤有效磷的含量相似，一期作所需磷肥較二期作多。不過，二期作水稻需要磷肥較少，並非根的機能強的關係，而是因爲在高溫下水田有機質的分解快，引起較強的還原狀態，使土壤磷的可溶性大爲提高。

旱作方面，溫度影響磷有效性的情形，頗爲普遍，例如玉米夏作的磷肥效果小，秋作大，而同樣秋作，晚種的磷效較大，表示臨界值較高，同一有效磷含量的眞正有效程度隨溫度降低而降低，這種情形，在數年前新港鄉旱作推廣工作中，亦已得到實際經驗。日本鹿兒島大隅地區的高粱在Truog法有效磷酐30 ppm的土壤無法正常發育（芋頭可以），100 ppm才能不缺磷，但30 ppm的土壤，於青割高粱後在高溫下重播高粱時，發現不缺磷了。臺灣鳳梨一般土壤交換性鉀的臨界值是140 ppm K，但在霜害年度，對鉀的需求提高，在臨界值附近的土壤，施鉀效果亦甚明顯（因爲無鉀區不耐霜的關係）。另外甘藷、大豆的夏作需氮量均低於秋作，這是高溫下土壤有機質的分解較快，可以供給較多氮素的關係。

2. 雨量（水分）：水分足夠時，土壤要素的溶解、流動及擴散較多，容易被作物利用，因此土壤要素的含量不必太高，但乾旱時測定值要高，才能足夠。水分條件特別好的年度磷肥的效果會較差，其原因在此。

3. 日照：日照不足時，光合成受阻，澱粉在細胞內的聚積減少，這會使作物對氮肥需要量降

低，但提高鉀的需要量。雨量少（實際上是日照多之意）的年度，氮的需要量增加，日照最好的年度，比最差的年度，作物的需氮量有增加高達一半的例子，當然產量也增加很多。作物的需氮程度，在葉色的黃化程度上有正確的表現，而且比葉片含氮量所能表示的更爲正確。

㈣土壤物理性

1. 新墾地：林地新墾爲果園或旱田，土壤疏鬆，滲透性好，保水性佳，根的伸長旺盛，吸收容易，臨界值較一般土壤爲低。
2. 緊密度：土壤因在水分多時耕耘，或因使用重型農機的關係而破壞構造，變爲緊密時，鉀的吸收利用大爲減少，土壤鉀素的臨界值提高。這種土壤的鉀肥需要量顯然較有效鉀測定值相同的一般土壤爲多。
3. 排水不良：各要素均受排水不良的影響而減少吸收率，其中以鉀所受的影響最大，因此在有效鉀測定值相同的情況下，排水不良水田應較一般水田增施鉀肥，同時鉀肥的效果亦較爲明顯。鋅的有效性，在排水不良時亦降低，雖有效鋅含量不低，仍然會發生缺鋅症。
4. 質地：在測定值相同的情況下，質地愈粘，N，P，K，Zn 等的眞正有效性均愈低。愈砂，則有效性愈高，因此粘質土壤的施肥量要較砂質土壤增加。這點在施用石灰矯正酸性時亦相同。但在整個土壤剖面均爲砂質的情況下，因爲水的淋洗快，氮的損失多，氮肥需要量增加。
5. 水分：石灰質土壤的水稻缺鐵黃化症在缺乏水分時容易發生，在浸水情況下則發生較少。在銅過多的土壤（我國農技團曾在宏都拉斯遇到）用旱田直播法栽培水稻，會發生嚴重的銅害（黃化），但採用浸水碎土整地法，可以避免或大爲減輕。

㈤土壤化學性

1. CEC：如有效養分測定值相似，CEC 較大的土壤需要較多肥料，臨界值亦較高。質地粘的，CEC 亦大，但粘土礦物種類有關，同樣質地，安山岩質的土壤（淡水一帶，東部海岸山脈兩側等）的 CEC 顯然較其他土類爲大。
2. 土壤還原及碳酸：水稻二期作，初期生長在高溫、有機分解旺盛而且地下水位昇高的情況下，土壤還原強，土壤溶液中 HCO_3^- 及 Fe^{2+} 離子很多，甚至產生 H_2S，這些都顯著影響 K，Zn 等的吸收。台灣過去試驗顯示二期作鉀肥效應平均較一期作爲高，其原因可能在此。又彰化雲林有部份稻田在二期作發生缺鋅，但一期作不發生，亦屬同樣情形，如從生育前期開始進行排水晒田，這些不甚嚴重的缺鋅可以防治。
3. pH：酸性強時，有效態 Mo 要多，但在中性以上的 pH 下，祇要其幾分之一，即可足夠。有效態 Mn，Zn，Fe，Cu 及 B 等，在高 pH 下所需的含量比低 pH 下爲高。
4. 緩效態養分：在相似的 Mehlich 有效鉀含量下比較，紅壤的水稻鉀肥效應顯然大於粘板岩冲積土。這是紅壤的非交換性鉀含量較粘板岩土壤低很多的關係。砂頁岩冲積土介於兩種土類之間。
5. 要素間的拮抗：

(1)土壤中 $CaCO_3$ 及 P 太多時，Fe，Zn 缺乏症容易發生。

(2)同樣的有效磷含量，如土壤中 Al 太多（酸性太強），可使有效磷的眞正有效度降低，因而使馬鈴薯的無磷區產量百分率降低（即施磷效果提高），有效磷的臨界值亦提高（北

卡羅來納大學 1973 報告 ）。

(3) B ／ Ca 之間及 Mn ／ Fe 之間都有拮抗作用，因此一要素的有效性高時，另一要素亦應高，否則引起缺乏。

(4)對鳳梨等作物，陽離子間似有生理上互相補充的作用，在 Mg ／ K 比大的土壤，其交換性鉀的臨界值較 Mg ／ K 比小的土壤爲低。

6. 新轉種水稻之紅壤：在有效磷測定值相同的情況下，紅壤茶園新轉作水田的磷肥需要量較老水田爲多（ 陳春泉， 60 年報告 ）。這顯示其土壤有效磷的化合形態屬於較難利用的形態。

7. 鹽分地：鹽分地磷肥效果高於一般土壤，而水稻鉀肥效果則較一般爲低，可能臨界值與一般土壤不同。

㈥栽培管理

1. 覆蓋及燒稻草：覆蓋稻草或其他有機材料，施用堆肥，或燒稻草時，不但添加其中所含的鉀，而且在腐爛時生成的有機酸以及燃燒時的高溫脫水作用，會增加非交換性鉀的釋放，在這些處理以前測定的有效鉀數值已經不能代表實際情形，鉀肥用量應較根據測定值推薦的用量減少。

2. 不整地栽培：因土壤沒有擾動，有機質的分解較整地栽培少，氮的礦化量因而較少，氮肥用量要增加。

3. 病蟲害管理：稻熱病猖獗地區或年度，或防治不好的稻田，土壤有效矽酸的臨界值提高（ 水稻需要更多矽酸才能抗病 ）。但病蟲害使作物的氮需求量降低，例如稻熱病發生多的近山地區稻田的需氮量少。生理病對氮需求的影響亦相同。

4. 連作障礙：因連作多年，產量降低時，對要素的需求量也減少。連作低產問題，如從養分缺乏方面進行研究，多半會落空。

五、 台灣主要作物的土壤測定值分級與肥料推薦量

台灣過去舉行的土壤測定法及其解釋的研究很多，雖然還有不滿意與不完全的地方（ 尤其石灰質土壤的磷有效指數的測定，還沒有成功 ），但大致可以應用於主要作物的土壤肥力診斷服務及施肥指導。

㈠磷鉀測定值與施肥量

主要作物的土壤有效磷、鉀分級及各級的磷、鉀肥推薦量，均已列於農林廳 65 年 4 月修訂編印的「作物施肥手册」中，本文不予轉載，請各區改良場作土壤肥力診斷服務時，參考該手册，如知道土壤樣本來源的農田有和一般不同的特殊條件，均應根據前述「影響土壤測定值解釋法的因子」的各項內容，靈活修正施肥推薦量。

手册中根據土壤有效態磷、鉀含量分級推薦施肥量的作物，有水稻、甘藷、玉米及甘蔗。祇做磷肥分級推薦的作物爲小麥。祇做鉀肥分級推薦的作物，有大豆、小麥及鳳梨。其他資料欠缺，是因爲沒有做過研究或沒有找到可以採用的測定法，磷對豆類爲重要要素，但在大豆的土壤磷校準研究中，發現五種測定法中測定值與植物體磷濃度有相關的祇有白萊氏第一法，但該法測定值與田間施磷效果之間缺乏相關，無法作土壤磷的分級。由於玉米的需磷量與豆類相近，如在診斷服務的樣本中，有需要爲豆類做推薦者，建議暫時試用玉米的標準。

又手册上各作物所用測定法不同，這是因爲試驗結果顯示各種作物最適當的測定法不相同的關係，如勉強採用統一的測定法，將影響推薦的可靠性。如將來能找到適合各種作物各種土壤的新測定法，當然最爲理想。施肥手册上各推薦表的有效磷數值，水稻、玉米及甘藷三作物採用白萊氏第一法的測定值，甘蔗用糖研所的「修正白萊氏第一法（土／液比改爲1／50），小麥用白萊氏第二法。有效鉀，水稻及玉米用孟立克法，甘藷、小麥及大豆用歐洲的葉格諾氏（Egner）法，甘蔗及鳳梨用交換性鉀法。

施肥手册中的土壤測定值單位，大部份採用每公頃磷酐或氧化鉀的公斤數。但小麥的測定值採用每公頃有效磷及有效鉀公斤數，爲將磷的公斤數換算爲磷酐公斤數，應乘以2.3，鉀公斤數換算爲氧化鉀公斤數，應乘以1.2。大豆的鉀肥推薦表測定值分級有誤算應予修正（小於38，應改爲小於45；39－88，應改爲46－105；大於88，應改爲105），同時應注意這不是白萊第一法測定值而是葉格諾法。

又甘蔗的測定值採用「可溶提磷素」及交換性鉀的ppm數。爲了將磷ppm換算爲磷酐公斤／公頃，應乘以5.7；鉀ppm換算爲氧化鉀公斤／公頃，應乘以3.0。不同測定法的測定值相差很多，不能互相代用。例如不能以白萊一法磷測定值充用於白萊第二法的分級推薦表，或以孟立克鉀測定值充用於葉格諾法的分級推薦表。但農林廳系統的土壤測定，祇用白萊一法磷及孟立克法鉀，因此下面稍加說明此兩法和其他方法的測定值間的平均的關係，以便於解釋時，供非常勉強的參考。

1. 小麥土壤的白萊第二法P_2O_5 kg／ha，先減22，再用2.08除之，便相當於白萊第一法P_2O_5 kg／ha。（在台中砂頁岩冲積土及紅壤適用）。
2. 小麥土壤葉格諾法K_2O kg／ha，先減29，再用0.8除之，便得孟立克K_2O kg／ha。
3. 嘉義縣甘藷土壤的葉格諾法K_2O kg／ha，先減19，再以0.42除之，便相當於交換性K_2O kg／ha；交換性K_2O的60－90％相當於孟立克K_2O。
4. 屏東縣大豆土壤的葉格諾法K_2O kg／ha，先乘1.35，再扣17，便相當於孟立克K_2O kg／ha。
5. 孟立克鉀在屏東土壤平均爲交換性鉀的91％，在紅壤似爲50－60％（前者根據王銀波氏64年報告，後者根據王接皇、曾憲鼎兩氏51年報告）。
6. 修正白萊氏第一法磷較白萊第一法磷有時高很多倍，不易比較。

㈡土壤測定與氮肥推薦量

在盆栽試驗的均一環境下作校準試驗時，通常會發現無論土壤有機質，全氮或可水解氮的含量，均與無氮區產量百分率或作物的氮吸收量有極顯著的相關。林家棻氏對水稻土壤的研究顯示這個事實。林氏後來亦證明在浸水保溫處理下，從土壤釋放的氮（稱爲可礦化氮）與無氮區產量百分率以及氮吸收量之間的關係更爲密切。事實上上述各種測定值都是相當理想的土壤氮素有效性的指數，其中以有機質的測定最爲方便。

但在變化多端的田間情況下，氮肥效果的大小或氮肥需要量與任何氮素有效性指數之間，均無密切的關係存在。因此儘管土壤氮素有效性的研究很多，但世界上很少看到使用土壤氮素有關的測定值，作爲氮肥推薦的依據。這是因爲土壤氮的釋放（有效化）受溫度、水分、土壤pH、質地、滲透性、耕耘程度、晒田等等，環境與人爲因子的影響太大，加上作物本身對氮素的需求亦受氣候（尤其日照）、品種、栽培技術、病蟲害等等因素的影響，所以不

能用實驗室測定的氮素肥力去估計田間實地氮肥需要量。

如在作物生長期間能經常分析田間土壤，或正確預測在土壤樣本所屬農田的當期作不同生育階段的各種環境及人爲條件，再在實驗室仿照這些條件，進行氮素礦化的測定，應該可以正確地估計田間實際氮素供應情形，但這種做法不可能應用在土壤測定服務。

農林廳施肥手册的水稻氮肥推薦量是根據過去許多地方試驗結果，再經示範推廣的經驗，修正而得，並依稻型、地區、期作、栽培方式（機插、手插或直播）及滲漏程度等的不同而分。實際上同一地區內的變化還是很大，各區改良場人員在區內推薦氮肥用量時，通常需要參考當地農家施肥經驗，再做調整。至於土壤測定的應用，有機質的含量（如改爲可礦化氮亦同）多半不能做氮肥量估計的依據，祇在同一地點附近有機質高低差異大時，才做調節施氮量的參考。

依台中場施肥示範推廣資料的統計及高雄場羅瑞生氏在四種完全不同土壤所舉辦的試驗，土壤 pH 與氮肥適量之間有密切關係。中部強酸性稻田的公頃氮素適量，約爲一期作 100 公斤，二期作 80 公斤；微酸性到中性的土壤，一期作約需 120 公斤，二期作 100 公斤；鹼性土壤，一期作 160 公斤或更多，二期作 120 公斤或更多。高雄路竹的鹼性土壤（鹽分地），氮需要量亦高達 190 公斤以上。

土壤 pH 與氮需要量間有明顯關係存在的理由，可能是：

(1)強酸性土壤肥力低，產量水準低，需氮較少。

(2)強酸性土壤浸水後 pH 昇高到中性附近，變化幅度大，此種變化會引起多量氮的釋放。

(3)鹼性土壤，其原有氮素及肥料氮素的揮發損失大。

雖然土壤氮或有機質的測定對估計氮肥需要量的幫助不大，但在實地施肥指導上，如以地區一般推薦量爲基礎，根據農家過去施肥量酌予修改，再於生長期間根據作物在葉色及生長態勢上所表現的氮素營養狀態，作靈活的中、後期氮肥量調節，便能獲得滿意的結果，這是各場同仁在過去施肥推廣及生產潛力測定工作中證明的事實。

㈢矽酸及次微量要素測定值的解釋應用

早年連深氏的研究顯示有效 SiO_2 含量的臨界值爲 40 ppm，當時作爲臨界值判定的標準是 95 %無矽區產量百分率，爲獲得 100 %產量所需 SiO_2 爲 90 ppm，40 與 90 ppm之間的土壤，施用含矽爐渣的增產率爲 5 %以下。但最近在各地區舉辦的爐渣示範與觀察區成績顯示增產率普遍較高，似與一般農家病害防治較差，使爐渣效果增加，以及目前生產水準與品種特性已與早年校準研究時（50 年左右）完全不同有關。在缺乏新校準資料之情況下，建議以連氏報告中產量達 100 %時的有效 SiO_2 含量，即 90 ppm，視爲臨界值，含量在 40－90 ppm間推薦施用爐渣每公頃 2 公噸，40 ppm 以下推薦 3 公噸。

微量要素中台灣土壤有較普遍發生問題的要素是鋅。台東場曾在東海岸 30 點進行鋅效觀察，試求土壤鋅臨界值，但所用 0.1 N HCl 法測定值與鋅效（大部份都有效）大小之間沒有相關，似因其他因子干擾太大。該地區發生缺鋅的土壤，用此法測定值多在 3 ppm 以下，但 6 ppm 的仍然有發生。根據國際稻米研究所的報告，EDTA-$(NH_4)_2CO_3$ 法有效鋅的臨界值爲 0.6 － 1.6 ppm（田中、吉田，1973）。又 0.05 N HCl 法有效鋅的臨界值爲1 ppm（Ponnamperuma, 1979）。莊作權氏就甘蔗缺鋅地區土壤所作研究使用 0.1 N HCl 溶提法，所得臨界值爲 12 ppm Zn（於收穫後採土）。北卡羅來納大學在南美紅壤地帶的玉

米試驗亦用0.1 N HCl 法，但臨界值爲1.4 ppm，似可做酸性土壤玉米施鋅的參考。

最近農試所及各場合作舉辦的水稻胡麻葉枯病田肥力因子研究中，發現錳缺乏爲花蓮台東地區及苗栗地區的發病因子之一。根據Cox 與 Kamprath 1972 年的綜合報導，各作物各土壤的易還原性Mn 的臨界值在 25 — 65 ppm之間。

柑桔的缺鎂相當普遍，但易以肉眼辨認，其與土壤Mg的關係尚無研究，鳳梨園土壤的缺鎂亦有發生。有限的試驗資料顯示交換性鎂的臨界值爲 60 ppm，含量不到此值，應施用硫酸鎂。

㈣石灰需要量

旱田作物對土壤酸性較水稻爲敏感（鳳梨、茶、馬鈴薯等爲例外），應根據石灰需要量測定結果，或 pH 值，推薦適當的石灰施用量。如根據土壤 pH，做較粗放的推薦，可以參考前述「作物施肥手册」中所列石灰施用量。該手册中依 pH分級推薦石灰用量者，有大豆、花生、小米及柑桔（柑桔祇訂 pH5.5 以下要施用），均根據台灣有限的田間試驗結果而定。其中大豆及小米的推薦量，均以中等質地土壤爲準，如質地偏砂質，應酌減用量，偏粘質時應酌增，因爲質地較粘的土壤，其粘粒及有機質含量均較多，CEC 較大，雖 pH值相同，亦需要較多石灰才能提高 pH到所需水準。

蔬菜（尤其葉菜，如甘藍、萵苣、白菜等）石灰效果很大，山坡地玉米對石灰亦有很好效應，一般豆科作物、蘆筍、各種果樹等，亦均厭惡酸性。這些作物雖在施肥手册中沒有推薦石灰的施用，但如土壤 pH在 5.5 以下，可暫時依照大豆的石灰推薦表，再斟酌質地的砂粘，加以合理推薦。甘蔗方面，台糖公司有很好的石灰推薦法，已應用多年。

石灰施用量不必求眞正正確，但怕用量超過而引起鉬以外的微量要素的缺乏及土壤磷素有效度的降低等問題，因此寧可起先用量不要太多，以後每年看 pH昇高情形，靈活調節用量，使 pH逐漸達到目標，較爲安全。

參 考 資 料

台灣省政府農林廳　1976　作物施肥手册

台灣省農業試驗所土壤肥力研究室　1967　台灣省農田肥力測定　台灣省農試所印

台灣省高雄區農業改良場　1968　稻田磷鉀速測應用示範報告　50年1期作（油印）

台灣糖業公司　1979　糖業手册第五章．貳．蔗田土壤肥力測定 pp.272 — 280

方英傑、王傳釗　1979　蔗田土壤非交換性鉀素之測定及其與甘蔗生長之關係　台灣糖業研究所研究彙報 86:21 — 40

李子純、許兩順、林慶喜　1978　土壤肥力與水稻胡麻葉枯病之關係研究　中華民國農學團體 67 年度聯合年會特刊：20 — 40

林家棻、張愛華、曾肇清　1970　土壤中不同形態磷含量與作物對於磷肥效應之關係　中華農學會報新 69：19 — 32

林家棻、張愛華、曾肇清　1973　台灣主要土壤含氮狀況與其供應情形　農業研究 22(3)：186 — 203

陳春泉　1971　苗栗以北地區水田土壤肥力測定結果之研究　農業研究 20(1):21 — 39

莊作權、高銘木、張晉華　1975　施鋅對甘蔗增產及養分吸收之效果　糖業研究所研究彙報

68 : 1 — 16

黃宣鵬　1969　排水不良稻田鉀肥效應試驗　土壤肥料試驗成果報告 pp.109 — 120 省政府農林廳印

蘇楠榮　1966　環境因素與作物施鉀　土壤肥料通訊第187期

蘇楠榮　1969　台灣鳳梨之施肥與若干有關栽培因子之研究　台灣省土壤肥料學會英文特刊第一號

1Bray, R. H. 1948. Correlation of soil test with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirement. In "Diagnostic techniques for soils and crops", pp.53-86. Amer. Potash Inst., Washington, D.C.

2Cate, R. B., Jr. and L. A. Nelson 1965 A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. Tech. Bull. No. 1, ISFEI Series, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA.

3Chapman, H. D. 1965. Diagnostic criteria for plants and soils. Published by H. D. Chapman, 830 South University Drive, Calif. USA.

4Cooke, G. W. 1970. The control of soil fertility, pp.282-306. Hafner Pub. Co., Darien, Conn., USA.

5International Rice Res. Inst. 1973. Annual Report for 1972.

6Ishizuka, Y. 1971. Physiology of the rice plant. In "Advances in agronomy", Vol. 23:241-315. Academic Press, Inc., New York.

7Lian, S. 1976. Silica fertilization of rice. In "The fertility of paddy soils and fertilizer applications for rice". ASPAC Food and Fert. Technol. Center, Taipei.

8Mortvedt, J. J. et al 1972. Micronutrients in Agriculture, pp.243-313 and pp.389-413. Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Madison, Wis., USA.

9North Carolina State Univ. 1973. Agronomic-Economic research on tropical soils. Annual Report for 1975.

10Su, N. R. 1972. The fertility status of Taiwan soils. In "Soils of the ASPAC Region. Part 1. Taiwan". pp.16-95. ASPAC Food & Fert. Technol. Center, Taipei.

11Su, N. R. 1976. Potassium fertilization of rice. In "The fertility of paddy soils and fertilizer application for rice". ASPAC Food & Fertilizer Technol. Center, Taipei.

12Tseng, H. D. 1961. Fertilizers and manures of rice in Taiwan. In "Soils and fertilizer uses in Taiwan", JCRR Plant Industry Series No. 20.