

現行土壤、植體分析方法及效率之檢討

張愛華 李蘭帝*

摘 要

土壤速測與植體分析為瞭解土壤肥力狀況及作物營養狀態快速而有效的方法。因應不同的土壤與作物，土壤速測與植體分析方法繁多，更由於農民之需求標準逐日提高，科技之進步，土壤速測與植體分析方法不斷地改進，分析儀器之使用亦由簡單的光度計起發展成今日的高性能儀器（如 ICP，AA 等），本文就農試所農化系經常使用的土壤速測與植體分析方法簡單的說明和討論，並對未來的發展提出一個瞻望，以供參考。

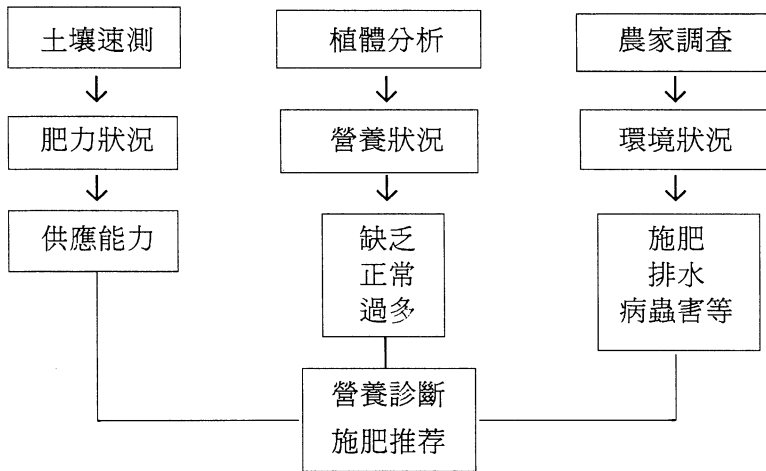
一、前 言

土壤肥力狀況能反應該土壤對作物生長之必需養分的供應能力，而植體中各種要素（包括大量或微量要素）的濃度則是所有影響因子的綜合反應，其濃度可作為營養缺乏或過多診斷指標。

土壤速測與植體分析係利用化學方法測定土壤與植體，目的在於瞭解及診斷土壤之肥力情形與作物營養狀況，以便根據診斷結果作施肥推荐詳如圖一。

* 台灣省農業試驗所

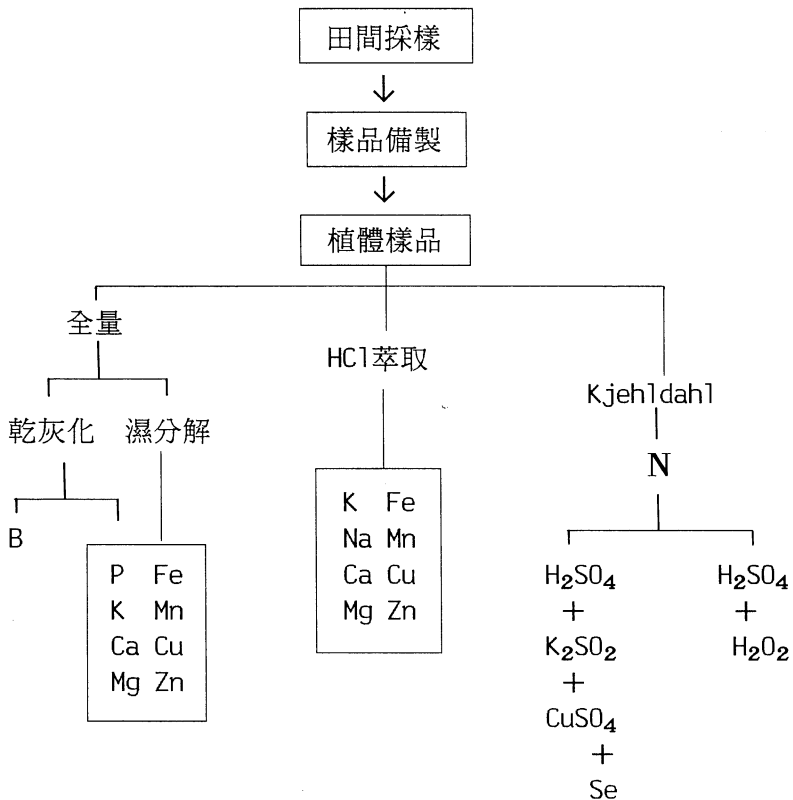
圖一、土壤植體分析營養診斷概略圖



土壤速測與植體分析方法繁多，其中尤以土壤測速方法為甚，本文就本系常用之土壤速測與植體分析方法在此加以討論。

二、植體分析

圖二、植體分析流程圖



爲了要測定植體中所含營養元素的全量，首先必須破壞其有機部分，而此方法可分爲乾灰化與酸分解兩種，兩者各有其利弊。

- 1.乾灰化 (Dry ashing) : 即植體樣本先以碳化，再置於高溫爐內，以 550 °C 的溫度氧化分解，約需時 5 小時，待冷卻後即以酸加熱溶解，過瀘與稀釋後，分解液即可做各種元素之測定。
- 2.酸分解 (Acid digestion) 亦即所謂濕式分解法，利用單一酸或兩三種酸之混合液將植體樣本有機部分加以破壞分解，經過稀釋後即可作各種元素的測定。

就目前本系經常使用者有

(1) 硝酸與過氯酸：

稱取 200 mg 樣品置於 50 ml 分解瓶中，加二酸混合液 3 ml，放置一夜，翌日置於電爐上加熱分解至澄清，取下分解瓶放冷後加入純水至標線混合均勻後即可供磷、鉀、鈣與鎂之測定。

(2) 硫酸與過氯酸：

稱取 200 mg 樣品置於 50 ml 分解瓶中，加入 4 ml 濃硫酸，置於分解爐上加熱，待白煙消失，硫酸徐徐沸騰，分解液顏色變爲棕色如醬油，取下分解瓶待冷卻後加 60 % 過氯酸 3 滴，繼續加熱，分解物很快變爲白色，取下分解瓶放冷後加入純水稀釋至標線，此液可供氮、磷、鉀之測定。

(3) 硫酸+30 % 過氧化氫：

稱取 200 mg 樣品置於 75 ml 分解管，加入 3 ml 濃硫酸，置於分解爐上加熱，待白煙消失，硫酸徐徐沸騰，分解液顏色變爲棕色如醬油，取下分解管，放冷，加入 3 ml 30% 過氧化氫，繼續加熱，待白煙消失，此時分解液將轉成無色，若分解液未澄清再重複加過氧化氫，再加熱，取下分解管，放冷後加入純水稀釋至標線，此分解液可供氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵之測定。

(4) Kjehldahl 法：

稱取 200 mg 樣品置於 50 ml 分解瓶中，加入催化劑 ($K_2SO_4 : CuSO_4 \cdot 5H_2O : Se = 50 : 10 : 1$ w/w) 約 0.5g 及濃硫酸 4 ml，置於電爐上先以較低溫度加熱至濃白煙消失，然後提高溫度繼續加熱，則硫酸沸騰，分解液顏色轉變成青綠色，繼續加熱 20 分鐘後取下分解瓶，放冷後加入純水至標線混合均勻後，即可供氮之測定。

除了全量分析，利用稀鹽酸溶液萃取法測定植體中可萃取的元素含量，國外文獻亦有報導，所用鹽酸濃度範圍，萃取時間，溫度及處理亦有所異同；則就所知略述於下：

使用者	方法	測定元素
Hunt	0.5N HCl 於 30°C，時予振盪15 min	K，Ca， Mg
Hamze等	以0.1N HCl浸泡 24 小時	K，Na
Sahrawat	0.5 g 樣品加入40 ml 0.5N HCl振盪 5 min	Ca，Mg， Zn，Mn
Miyazawa等	0.5 g +25 ml 1N HCl，置於80°C水浴煮15 min，放冷，再振盪 50 min	Ca，Mg， K，Mn， Cu，Zn
本所(植營室)	1 g 樣品+25 ml 1N HCl浸泡 24 小時	Fe，Mn， Cu，Zn
本所(植營室)	0.5 g 樣品+25 ml 0.5N HCl 振盪 2小時	B

依據上述幾位學者的研究報告，以稀鹽酸萃取法測定植體的營養元素，K 與 Na 的萃取率很高，可比美三酸分解法，而Ca、Mg、Zn與 Mn 的測值與三酸分解的測值有極顯著的相關。根據我們以柑桔葉片分析比較的結果，鉀與鎂的萃取率幾為百分之百，Mn、Cu、Zn之萃取率亦在九成以上，而 Ca 與 Fe之萃取率則很差（大約六、七成）。以HCl 萃取法替代乾灰化或濕分解法來測定植體樣品的 K、Mg、Cu、Zn、Mn含量，在經常要處理與分析大量樣品的實驗室工作上，不失為一個簡便快速的方法。

按照實驗室的工作環境條件及分析項目需求及目的，以上方法可以互相組合使用以達成分析目的。目前在本所農化系經常使用之組合有以下四組：

A： { 乾灰化：P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、B。
H₂SO₄+CuSO₄+Se 或 (H₂SO₄+H₂O₂)：N

B： { HNO₃+HClO₄：P、K、Ca、Mg。
HCl萃取：Fe、Mn、Cu、Zn、B。
H₂SO₄+K₂SO₄+CuSO₄+Se：N

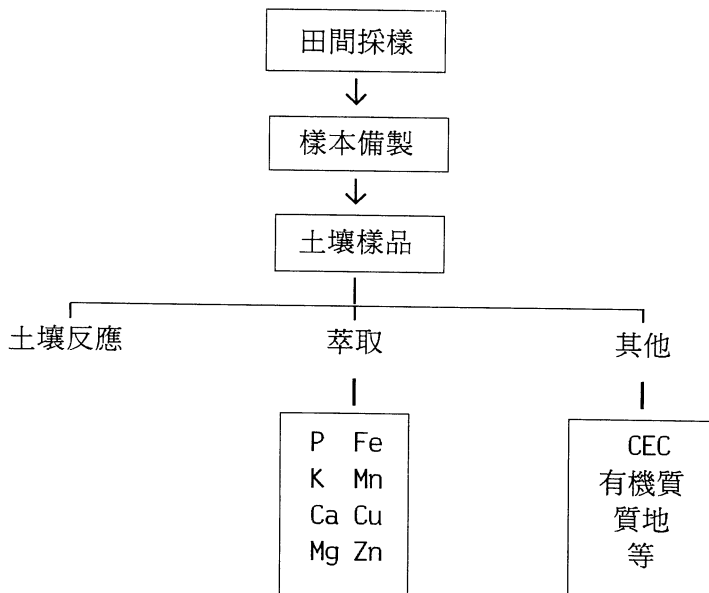
C： { (H₂SO₄+HClO₄)：N、P、K、Ca、Mg、Fe。
HCl萃取：K、Mg、Mn、Cu、Zn、B。

D : $\left\{ \begin{array}{l} \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 : \text{N}、\text{P}、\text{K}、\text{Ca}、\text{Mg}、\text{Fe}。 \\ \text{HCl 萃取} : \text{K}、\text{Mg}、\text{Mn}、\text{Cu}、\text{Zn}、\text{B}。 \end{array} \right.$

以上四個組合各有其利弊，為配合目前必須快速處理大量樣品，期能即時提供施肥推荐之目的，D 組應最合適。

三、土壤速測

圖三、土壤分析流程圖



土壤速測迥異於植體分析者，係土壤速測值不僅是表示土壤本身所含的營養元素量，更必須與作物的生長有極密切關聯，換句話說該測值須能表示可為作物吸收的有效性養分，與田間的施肥效應有極好相關者。

土壤肥力受土壤中各種養分之供應潛力及其他因子包括土壤物理性、化學性與生化性以及氣候、作物品種、栽培管理等的支配與影響，因應這種變異需求，產生多種的測定方法，期能求得具有代表性的最好分析方法。

就本省現行分析方法略述於下：

1. 土壤 pH (土：水=1：1)

土壤 pH 之高低會影響土壤中養分的溶解度，改變其存在的形態，進而影響其有效性。了解土壤 pH 有助於土壤測結果的解釋與應用。

在實驗室中，通常使用 pH 計來測定土壤 pH，測定值亦視溶液及土／液比例之不同而有差異，一般來說以 0.01 M CaCl_2 和 1N KCl 溶液測定的 pH 值都比水溶液

者低，相同的溶液，不同的土／液比，其測值亦會有差異，大致上溶液愈稀，pH 值愈高。其中以土壤飽和溶液的pH 值最接近土壤在田間狀況的 pH 值，但是在日常操作上則以土／液=1：1者簡便多了。

2. 土壤有效磷的測定：

土壤有效磷的測定方法非常多，可說是五花八門，有醋酸銨法，白萊氏 (Bray) 法，孟立克 (Mehlich) 法、奧爾遜氏 (Olsen) 法，Truog 法等等，本省土壤速測經常使用者為以下二種：

(1) 白萊氏一法 (Bray P1)：

抽出液：0.025 N HCl-0.03 N NH₄F，pH 3.5

土：液=1：10

振盪時間：40 sec

(2) 奧爾遜氏法 (Olsen P)：

抽出液：0.5 M NaHCO₃，pH 8.5

土：液=1：20

振盪時間：30 min

3. 土壤有效鉀素測定：

土壤有效鉀通常以孟立克法或交換性鉀來表示，本省土壤速測則採用孟立克法為主。

抽出液：0.05 N HCl-0.025 N H₂SO₄

土：液=1：4

振盪時間：5 min

4. 土壤陽離子交換能量 (CEC) 及交換性陽離子之測定，採用修正醋酸銨法，此法是利用中性醋酸銨溶液，以自然淋洗的方式將土壤予以飽和，取代土壤中之陽離子，洗出液可供陽離子 (Ca、Mg、Na、K) 的測定，次用乙醇洗除多餘之銨鹽，最後以氯化鈉溶液將土壤膠體所吸附之陽離 (銨離子) 洗出，並測定洗液中銨離子之總量，作為 CEC測定值。

5. 土壤有機質測定：

採用簡單的比色法 (Sims and Haby) 以替代原使用的滴定法。基本原理不變，係利用重鉻酸鉀與濃硫酸來氧化土壤中有機物，相異處為比色法是測定反應後溶液中生成的Cr³⁺之濃度，而滴定法則是測定剩餘的Cr₂O₇²⁻濃度。

6. 土壤質地的測定：

採用鮑氏比重計法 (Bouyoucos hydrometer method)，此法雖不如吸管法 (Pipette method) 之精密，但此法操作簡易，省時，且其準確度已可足供一般分析之用。

7. 微量元素的測定：

一般土壤速測只須分析 pH、質地、有機質、有效磷、鉀、鈣、鎂就足夠了，但遇有特殊情形時，亦須要測定微量元素。

硼的測定是採用熱水萃取法。鐵、錳、銅、鋅的測定常用者為 0.1 M HCl 萃取法，DTPA 法和 EDTA 法等，其中以 0.1 N HCl 萃取法最為簡易。

四、檢討及展望

土壤與植體分析不僅係研究土壤肥力和植物營養的基本工具，同時亦應用在土壤與植物體診斷服務系統上，以導引農民採用經濟合理施肥，提高農民所得。

以期能於最短期間獲得測定結果，以配合農時施肥，如何提高分析效率乃為當務之急。一方面在分析方法程序上力求簡化，同時配合電腦就目前既有的儀器設備，令儀器測定步入自動化。

就土壤與植體分析的過程，可分為前處理與元素測定兩部分：前處理部分包括土壤、植體葉片的採集，風乾（土壤）、清洗（葉片）、磨碎過篩、樣本稱取、分解、萃取等，大般的工作都依靠人力來完成，以目前的技術設備與環境，只能加強除濕磨碎機等設備，以謀求縮短處理時間，然欲達自動化則尚遙不可及矣。

元素測定方面就實驗室既有的儀器，配合微電腦作業使部分的測定，包括氮、磷、鉀和鎂的測定由人工步上自動化，不僅節省人力、時間，同時減少人為誤差，增進精確度，提高分析效率，但美中不足者是大部分的設備都是就地取材的舊儀器，八位元微電腦（Apple II），大都已使用九、十年以上者，再加上自製的放大器，軟體等自不能與專業者比，目前電腦聯線仍是問題，測定結果尚須由人工鍵入。

除了 N、P、K、Mg 等元素已經自動化外，其他元素如微量元素 Fe、Mn、Cu、Zn 等仍然須以手測；B 之測定一向是最繁冗不易，本所承農委會補助已購置一台高性能分析儀 ICP（感應耦合電漿分光儀），預期不久後微量要素的測定亦將步入自動化，而硼之測定問題亦可望迎刃而解。

參考文獻

1. 李蘭帝 1966 大量植物樣本氮磷鉀的迅速測定法農業研究 15(2)：1-5.
2. 林家棻 1967 台灣省農田肥力測定. 農試所報告 28：pp.1~23.
3. 張淑賢 1981 本省現行植物分析法. pp.53~59. 作物需肥診斷技術. 農試所特刊13號.
4. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法. pp.9~26. 作物需肥診斷技術. 農試所特刊13號.
5. 蘇楠榮 1981 土壤測定結果的解釋與施肥推荐. pp.34~44. 作物需肥診斷技術.

農試所特刊13號.

6. Jones, J. Benton. 1988 Soil testing and plant analysis : procedures and use. Food & fertilizer technology Center Technical Bulletin NO.109.
7. Sahrawat, K. L. 1987 Determination of calcium, magnesium, zinc and manganese in plant tissue using a dilute HCl extraction method. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 18 (9)947-962.
8. Wolf, Benjamin. 1982 A comprehensive of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrient status. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 13 (12) :1035-1059.

討 論

邱再發問： 希望將農試所現所用之分析方法呈印出來，分於各改良場參考。

張愛華答： 本所現所用之分析方法原已刊印在農試所特刊13 號內，並亦分送各改良場，目前該書已分完，日後若有進一步的改進，希能有機會再呈印出來。

Discussion on current methods of soil testing and plant analysis used in TARI

A.H. Chang L.T. Li

Summary

Soil testing and plant analysis are means of assessing soil fertility and plant nutrient element status which have a considerable history of development and use.

Various procedures have been developed and improved which aims to evaluate the soil fertility and plant nutrient status more precisely. Recent development of multi-element analyzers such as inductively-coupled plasma emission spectrometer (ICP) favours the use of multi-element extracting reagents instead of traditional single element reagents.

This paper describes briefly various procedures currently used in department of Agricultural Chemistry of TARI, in which one will find his best method depending on the goal of experiment and on the equipments of the laboratory.

* Taiwan Agricultural Research Institute. Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.