土壤肥力與植物營養之回顧與展望

Review and prospect on application of soil fertility and plant nutrition

譚增偉 [1]

[1] 農委會農業試驗所

E-mail：TsengWeiTan@tari.gov.tw

摘　　要

現今之農委會歷經前美援時代之農復會、中美斷交後之農發會，其後與經濟部農業局合併之農委會，再經廢省後農林廳改組為農糧署，並與各改良場所歸併農委會。期間人與制度、政策之變革，再再影響科技計畫研究發展之方向、層面與內涵，尤其在研究資料之呈現與保存方面，即使在當今電腦與資訊化時代亦顯露出嚴重之缺失。有關土壤肥力與植物營養診斷、應用，較早過去之遲遲未能全面推展，除了社會經濟因素外，(1)營養診斷基準之試驗依据欠缺及研究人員之拘泥於基準之探討，未能積極將已得試驗結果善加應用，(2)土壤、植體之分析以及分析結果之判釋效率不高，未能爭取時效，以廣得農民興趣，等亦甚重要。其實土壤肥力、葉片分析、營養診斷基準之試驗依据，除了構成植體之大量要素較難確定外，功能與植體內酵素活性有關之其他要素應可直接引用外國資料應用，蓋其受作物品種、氣候、栽培管理因素之影響較大，變異亦大。但若要等到肥料試驗之客觀分析，歸納出確切基準才應用，實嫌太遲，並且亦不符實際。應以既定基準出發，在實際診斷服務過程中依照個別狀況機動調整、再調整，才是較妥方法。目前土壤肥力與植物營養診斷與應用效率之提高則歸因於：(1) 高效能分析儀器之引進及分析自動化之加强，(2) 營養診斷系統之發展，(3) 診斷組織之加强；即基層服務單位、分析中心以及診斷研究單位之密切配合，等方面加以改進，(4) 20年來土壤資訊系統之發展與應用

關鍵詞：土壤肥力 植物營養 土壤與植物營養診斷 土壤改良

人與制度、政策之歷史變革-嚴重影響科技計畫研究發展之方向、層面與內涵 政

府為復興農村，於 37 年 10 月 1 日，依據中美兩國所簽經濟合作協定，在南京成立「中國農村復興聯合委員會」(簡稱農復會)，協助我國戰後農村復興工作。大陸淪陷後，農復會亦隨政府來台，除擁有優秀之國內外農業專家群外，並提供充裕之資金，為台灣早中期農村復興而奉獻心力。67 年 9 月 15 日，美方照會我國終止雙方合作並停派農復會美籍委員，6 個月後中美經合協定依約自動失效，農復會乃於 68 年 3 月 15 日結束。政府為繼續借重該會國內專家，積極推展農業發展工作，乃於同年 3 月 16 日將農復會改組成立「行政院農業發展委員會」(簡稱農發會)，為行政院之農業諮詢、設計、協調單位。在中央方面，38 年政府播遷台灣，在經濟部下設置農業司，負責農政事務；嗣為擴大其掌理範圍，復易名為農林司。70 年 11 月，因應經濟發展需要，農林司擴大人員組織與職掌，升級為經濟部農業局。73 年 7 月 20 日，政府為配合國家經濟建設，集中中央農政事權，決定將農發會與經濟部農業局合併改組為「行政院農業委員會」(簡稱農委會)，同年 9 月 20 日正式成立。於是中央農政機關組織，始趨於一元化，不但事權統一，且組織、經費亦漸臻充實，成為完整之中央農政體系。

88 年 7 月 1 日，前臺灣省政府農林廳廳本部於精省後改隸為行政院農業委員會中部辦公室，前臺灣省政府糧食處改隸為行政院農業委員會第二辦公室。農林廳原所屬機關改隸為農委會附屬機關(各改良場、所；農委會北、中、南、東四區糧食管理處)。93 年 1 月 30 日，為配合臺灣省政府功能業務與組織調整第一階段完成後，所進行各部會地區辦公室及改隸機關組織作業，將農委會原農糧處與中部辦公室及第二辦公室等單位之業務整併，成立農糧署，並為應地區農業發展需要，將農委會原北、中、南、東四區糧食管理處改隸為農糧署之分署。

本所遷來霧峰前相關之土壤肥料試驗：

1.日據時代：稻田土壤 N、P、K 需要量試驗

土壤類別 N、P、K 蘊藏量測定

稻田長期肥料試驗(1924 年設立)

→張等人(1947)同種肥料連用對於水稻田產量及土壤理化性質質之影響-23 年

→林等人(1973)長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻穀收量之影響-48 年

2.1945-1954：稻田土壤 N、P、K 需要量試驗 稻田石灰效果試驗、蔗田石灰效果試驗

土壤有效養分慨測

蔗田土壤 P、K 含量與 P、K 肥效間相關之研究

3.1955-1964：鳳梨園土壤鉀、鎂含量與鉀肥效果間相關之研究

稻作 P、K 肥效與土壤 P、K 含量間相關之研究 蔗作 P、K 肥效與土壤 P、K 含量間相關之研究 全省耕地土壤肥力調查（五項） 菸田土壤肥力之測定及有效養分與肥效間關係之研究 稻田矽酸鈣效果與土壤有效性矽酸間關係之研究 窒息病水田土壤管理之研究 土壤磷型態及土壤鉀固定釋放之研究 甘蔗產量與土壤矽酸含量間關係之研究

4.1965-1974：茶園轉作稻田之肥力改進研究 甘蔗、玉米、小麥、大豆、甘藷、高粱及水稻之 P、K 肥效與土壤 PK 間關係之研究
甘蔗氮肥需要量與土壤氮供應力間關係之研究
蔗田連作減產問題之研究 花蓮稻田缺鋅生理病防治之研究
強酸性土壤石灰及鉬肥效之研究（蔬菜、大豆、花生、玉米、小米、甘藷、柑桔、水稻） 多作栽培下壤肥力之季節性及長年性變遷 低產稻田（包括期作性低產）之土壤理化特性研究 稻田及蔗田長期肥料試驗
澎湖、金門土壤肥力調查
蔗田缺鋅問題之研究

5.1975-1979： 稻田主要土型生產潛力測定及肥力限制因素之研究
蔗田土壤肥力調查（包括微量要素） 稻田土壤之氮礦化及其與氮肥效果間關係之研究
土壤理化性與有效養分對稻作 P、K 效果之綜合影響研究
二期稻作低產之土壤肥力因素解析 有機殘體、矽酸鈣及石灰之長期連用效果試驗 臺東濱海稻田缺鋅症防治試驗
胡麻葉枯病猖獗水田之肥力因素研究及改良試驗
中部濱海及近山生理病稻田之改良研究 邊際土壤鉅量及微量要素調查（茶園、果園） 重金屬污染問題之研究 蔬菜園土壤肥力之初步研究
綠肥掩青氮素肥料效率與水稻產量之影響研究
土壤肥力能限分類規範之調查研究

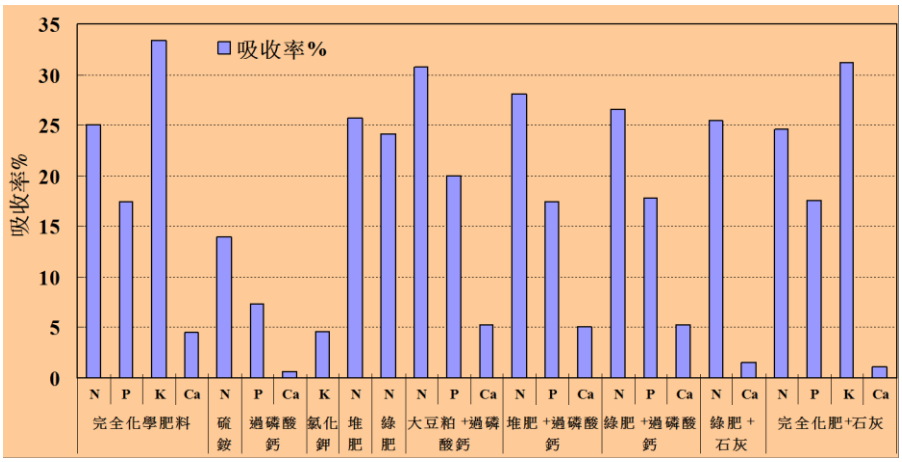
重要制度、政策與研究之時間履歷：

-日人進行作物在酸性土之石灰與三要素試驗，以及作物耐酸性(民國元年-6 年)

-對全省土壤類別進行土壤成分分析，並記載於各地區土性調查報告，為本省土壤肥力測定之始 2-13
-全省肥力概測 8-39
-水稻同樣肥料連用 48 年試驗 13-61
-37 年農復會成立→68 年改組為農發會→73 與農業局合併為農委會
(38 年在經濟部下設置農業司→農林司→70 年經濟部農業局)
-張守敬氏主持施用石灰對水稻增產之試驗 40-44
-臺灣省農田肥力測定 48-56
-連深氏研究本省稻田土壤中有效性矽酸肥力狀態 52
-作物施肥手冊 60 (民國 61-94 年 5 次修訂，作物種類 34 種→127 種)
-土壤肥料試驗報告 60-90
-臺灣省土壤肥力能限分類規範調查研究 67-71
-林家棻氏編輯作物需肥診斷技術一書 70
-稻田轉作政策(連續 2 個 6 年轉作政策)73-84
-本所進行不同耕作制度土壤肥力長期試驗 74
-補助本所購買 ICP 等新型儀器，成立土壤與植物體診斷分析中心 76
-有機農業研究發展 76
-休耕田政策 86-
-加入 WTO 91
-競爭型計畫(經費來自逐年縮減公務預算自主計畫經費)91
-整合性競爭型計畫 95
-合理化施肥政策 97
-小地主大佃農政策 98
-研究團隊-良質米、有機、果樹 98-102
-推動小組 99-
-跨領域政策型計畫、競爭型換新計畫(多年與單年期)101
-活化休耕田政策 102

光復前之研究成果**(**連深 **1995)**

1903-1911 年間，本所已針對本省主要作物，如：水稻、陸稻、甘薯、落花生、胡麻等進行三要素肥料試驗，綠肥與化學氮素肥料之肥效比較試驗，廄肥生產量調查及花生粕、胡麻油粕及大豆粕使用法試驗等。1932 年全省 13 地點進行之水稻、甘薯、柑橘及煙草鉀肥肥效及施用量試驗為本省大規模肥料試驗之先驅。嗣於 1932-1942 年間，在全省 118 個地點進行共 549 點稻田三要素肥料試驗。該期間亦適本省稻作單位面積化學肥料用量和稻米產量的第一個高峰期：有關試驗對於本省稻田化學肥料之應用及單位產量之提高有很大貢獻，惟第二次大戰期間肥料短缺，稻作單位產量亦隨顯著下落。



光復前之肥料試驗另一需要特記者乃早於 1911 年即設置「連年無肥料栽培水稻試驗」以探討植物養分要素之天然供給量及地力之持續性。此項試驗迄 1946 年台灣光復，連續進行共 36 年，為稻田地力之生態提供寶貴資料。另一長期試驗，包括各種化學肥料及廄肥、綠肥等有機質肥料之連用，亦於 1924 年設置。該項試驗於台灣光復後仍被繼承進行，迄 1972 年因本所台北舊址環境變遷，遷所在即才予結束，共歷時 48 年，對於台灣稻田肥力之永續性經營提供寶貴數據，亦為台灣肥料試驗史上留下光輝一頁。

光復後之研究成果(連深 **1995)**

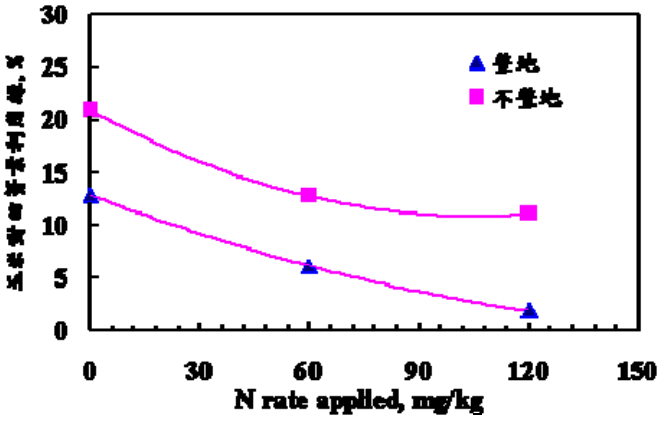
光復七十年來，由於人員、設備擴充，試驗研究乃更步入正軌。研究成果不勝枚舉，其中較重要者如下：

一、主要作物肥料需要量試驗 戰後因肥料廠漸漸恢復生產，許多省產化學肥料，如：硫銨、氰氮化鈣、尿素、硝酸銨鈣及熔磷、過磷酸鈣、磷礦石粉等相繼產出，惟資源有限；在肥穀交換制度下化學肥料仍屬高價資材，故其相對肥效及施用方法仍為重要課題。是故，1949-1950 及 1953-1955 年間，在全省 51 地點續有 214 個肥料三要素試驗，並依據此等試驗結果分析各類土壤之肥料效應，將全省分為 10 區，分別推薦不同期作之施肥量。

以上三要素肥料需要是試驗地點數雖然有限，但因其分布有土壤調查、分類依據，在代表性土類地點均設有重複試區，故資料可靠，直至 1960 年代為政府配肥之依據，貢獻甚大，亦對當時肥料廠生產策略有所幫助。

由於品種、栽培方法及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗研究亦從未間斷；除水稻外，尚有甘薯、黃麻、小麥、落花生、棉花、苧麻、鳳梨、香蕉、柑橘及香茅等作物之施肥適量試驗。1960 年以後之有

關試驗則更擴及特作及蔬菜、果作等園藝作物。至於綠肥、廄肥、堆肥等有機肥料之肥效試驗則因戰後化學肥料仍為不足，頗受重視，並繼續各種肥料之長期連用試驗，如前述。1960 年代以後因化學肥料趨於充足，有機質肥料之試驗乃一度趨少，惟近年來則因農畜產廢棄物泛濫及有機農業之提倡，有關試驗再蓬勃發展。除了各種作物之肥料之需要量和不同肥料之肥效等試驗外，對於肥料之施用 時期、位置等亦有一連串試驗，結果奠定了各種作物之現行標準施肥法基礎，對於肥料之有效利用貢獻良多。



二、土壤速測及葉片營養診之應用 由於品種、栽培方法以及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關

肥料需要量之試驗從未間斷。惟鑑於土壤肥力因受多年施肥之影響而有擴大變異趨勢，為提高施肥推薦之準確性，1960 年代以後之有關試驗乃更配合土壤養分速測方法研究，探討施肥效應與土壤中有效養分含量之相關；曾舉辦稻田磷鉀效應試驗 100 餘處，求得土壤有效磷鉀指數與施肥效應之相關，為磷、鉀肥需要量推薦之依據。1982-83 年間更與各改良場合作，在全省 80 處舉辦三要素及矽肥料效應試驗，配合稻田肥力能限之分類以期提高土壤速測之準確性。此等土壤肥力測定對於全省土壤肥力分布之了解有一定貢獻，惟速測本身卻因稻米價格偏低，及政府為照顧農民而推行肥料低價政策等因，除了零星的服務外，未見大規模的應用。

糧食作物之需肥試驗注重土壤有效養分測定配合，果樹方面之需肥試驗則注重葉片要素含量之測定配合。自 1961 年即陸續進行柑橘園之採樣期、採樣位置、採樣數等研究。待採樣技術逐漸成熟，乃參酌國內外資料，建立葉片之養分濃度標準範圍，並嘗試應用。後續調查及試驗，更提供收量、品質及葉片中要素濃度之相關，據以修訂碰柑、柳橙之氮、鉀適宜濃度範圍，並加強其應用。

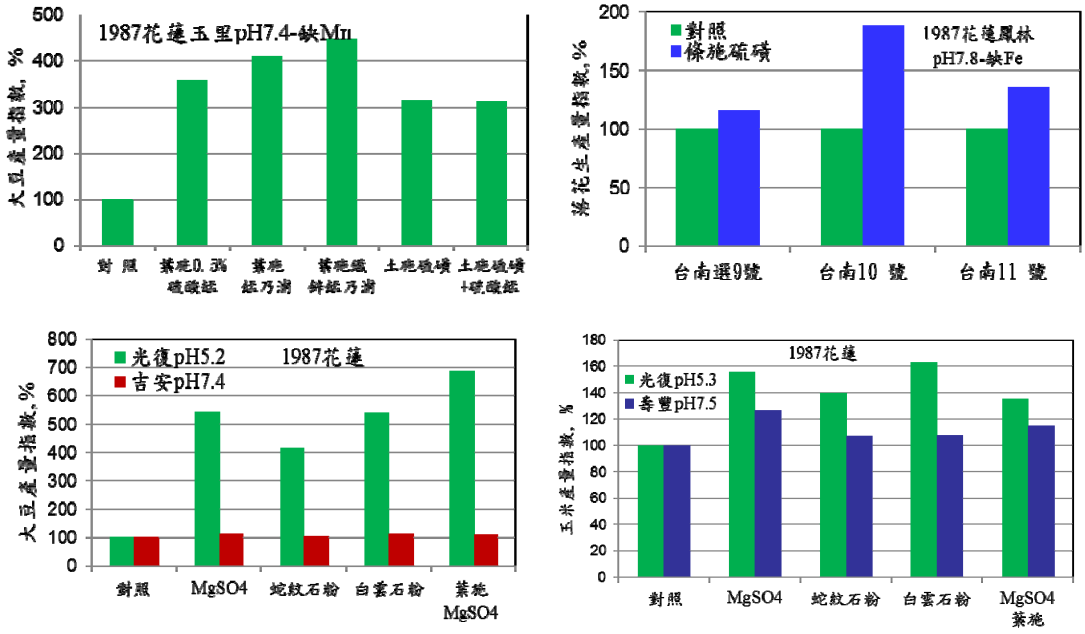
1987 年成立土壤與植物營養診斷分析中心，以植物營養診斷為基礎，為農民服務。1989 年更建立果園土壤及葉片營養診斷資訊系統，依據葉片要素濃度與各要素適宜濃度基準之差異及缺乏症狀之有無判斷果樹營養狀態，並參考土壤、肥

力和現行施肥量推薦改進之施肥建議，利用電腦可迅速將分析資料列印初診表，供各區農改場及農民施肥之參考。目前可進行診斷的果樹包括：柑橘、葡萄、梨、枇杷、楊桃、芒果、蓮霧和釋迦等作物。服務件數每年均達七千餘件，並配合農委會推動之降低柑橘產銷成本計畫，積極指導農民施肥管理。由於果園作物之較富經濟性，故果園葉片營養診斷之推行較糧食作物之土壤速測獲有較好績效。

三、問題土壤之作物營養障礙及改進

（一）宜蘭地區之水稻低產問題由來已久，1934 年即有零星研究，認為鉀肥有抑制鐵毒害之效果。此項解釋雖非全正確，卻為本省水稻營養障礙研究之先例。1955 年前後對於該地區之水稻低產問題有進一步之調查。1960 年屏東第二期作水稻罹某種病害，面積在萬公頃以上，引起大家的注意。一般認為該病與宜蘭地區所發生者相似，均係由土壤排水不良、氧氣供應不足、稻根呼吸受阻與土壤中還原性產物毒害所致，故稱窒息病。研究結果發現罹病水稻鉀素含量較低，鐵含量較高，係稻根在強還元土壤環境下養分吸收受到抑制所致，經多施鉀肥及改善灌排水等措施、水稻生育獲得顯著改善，對於單位產量之提高貢獻甚大。

（二）花蓮附近部分地區及東部成功至長濱一帶三千餘公頃水稻生育不良，亦是由來已久。遂於 1970 年代初發現其水稻生育不良原因與缺鋅有關，即與改良場合作，示範農民每公頃施用 30 公斤氧化鋅普遍獲得 15-25%增產，成果卓著。農民相繼倣效，遂解決長久的生育不良問題。其他如雜糧作物之微量元素 Fe、Mn、Mg 等問題。

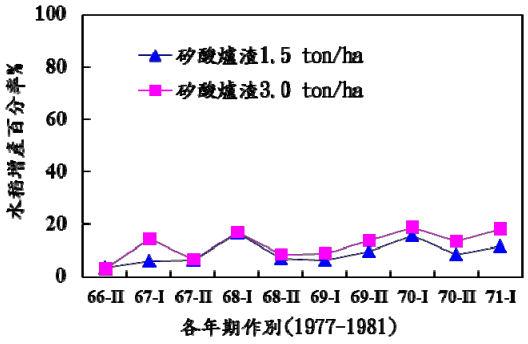


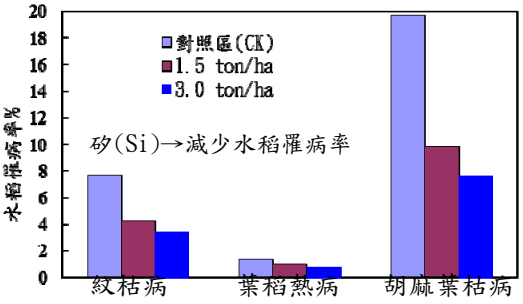
（三）東部地區部份稻田易罹胡麻葉枯病問題，亦於 1977 年前後與花蓮區農改場合作，發現與土壤之有效性鉀、錳、矽及陽離子交換能量低有關。遂由田間試驗

證實施用矽酸爐渣對於稻穀之增產般有效，施用鉀和錳亦略為有效。

（四）1970 年代相繼發現中部東勢一帶柑桔之結果不良及東部地區木瓜之果實變形，均與土壤之缺硼或天氣乾旱影響硼素吸收有關，已示範農民施用硼砂解決結果不良問題。

（五）除了以上具有明顯症狀的作物營養障礙有各種研究外，對於不具明顯症狀卻對作物健康有益之要素亦有一連串的試驗研究；自 1959 年起，即進行水稻之需矽試驗，結果顯示矽酸爐渣之肥效在北部砂頁岩沖積土及紅壤最為明顯，每公頃施用 1250 至 2500 公斤，平均可增產 10%以上，在稻熱病、紋枯病害猖獗時效果最為明顯；土壤有效性矽低於 40ppm 時施用矽肥有極大增產效果。並於 1970 年以後進行大面積之示範推廣，普遍得到良好結果，平均增產 13%。





（六）稻田主要土型生產潛力及肥力限制因素之研究；本所曾於 1975-76 年間與各地區農改場在全省 120 處稻田舉辦水稻施肥技術綜合示範，以統一的品種（台南 5 號）和三要素肥料的充分供與下測得各稻田的收量潛量，探討水稻營養性狀、土壤性質與收量之相關以明限制收量之營養因素。結果指出土壤之矽酸供應能力與收量關係最為密切，故矽酸肥力之提高為稻田地力增進之第一要務。又解析第二期稻作低產問題之土壤肥力因素指出第二期稻作收量低落以排水不良之石灰性土最為顯著，如有第一期作殘株則影響加大。在這種土壤第二期作有增施鉀肥及防範缺鋅必要，並以改善排水最為重要。

(七) 現今之農委會歷經前美援時代之農復會、中美斷交後之農發會，其後與經濟部農業局合併之農委會，再經廢省後農林廳改組為農糧署，並與各改良場所歸併農委會。期間人與制度、政策之變革，再再影響科技計畫研究發展之方向、層面與內涵，尤其在研究資料之呈現與保存方面，即使在當今電腦與資訊化時代亦顯露出嚴重之缺失。尤其廢省後之經費與計畫研提審查機制均有大幅度的變動，而中央方面(人員與制度問題)無法充份掌握研究方面質與量的內涵，實為一大憾事。相關之政策包括：

-休耕田政策 86-

-加入 WTO 91

-競爭型計畫(經費來自逐年縮減公務預算自主計畫經費)91

-整合性競爭型計畫 95

-合理化施肥政策 97

-小地主大佃農政策 98

-研究團隊-良質米、有機、果樹 98-102

-農還領域與推動小組成立 99-

-跨領域政策型計畫、競爭型換新計畫(多年與單年期)101

-活化休耕田政策 102

相關之整合性競爭型計畫： 水旱田利用調整下之肥力變遷

93-95 農地管理變遷對耕地生態環境與生產力影響之研究

93-95

建置快速且大量的土壤與植體營養診斷體系-96-98 合理化

施肥計畫 97- 開發作物施肥新技術，建立『定址養分管理』

體系-97-100

地區重點作物之營養管理與生理障害的相關土壤管理與施肥技術研究 98-100

國產蔬菜硝酸鹽調查與防範對策研究 100-102

因應氣候變遷與糧食安全調適 101-104 植物工

廠 102

作物健康管理體系 102

未來展望**(連深 1995)**

綜觀一百二十年來之肥料試驗研究歷程，早期係以水稻為主之肥料肥效為研究對象，著重於所投肥料的效果及其報酬遞減率。研究方法則依賴肥料試驗，輔以肥料成分分析，以探討不同肥料之種類、用量或肥料成分吸收率對收量之影響。此種研究適值肥料學發展之初期，對於肥料價值之評估，施用量及施用法之初步合理化有很大之貢獻。為擴大肥料試驗結果之適用範圍，中期的研究乃進一步配合土壤肥力之測定或植物體分析，以探求施肥效應與此等測值之關係，並根據此等關係推測不同土壤之經濟施肥適量；試驗之作物亦擴及水稻以外之雜糧和果作、特作等作物。即隨著肥料學之發展為植物營養學，中期之肥料試驗研究亦邁入土壤肥力、植物營養診斷之應用。後期之試驗研究則更能引進營養生理觀點，提昇研究手法和範圍，對於作物低產有關的營養障礙和土壤問題，以及高產有關的土壤肥力因子和施肥技術等均有進一步的拓展及成果。此等試驗研究，無疑，已對近數十年來臺灣農業生產力之提升做出應有之貢獻。

惟近年農地之過份開發，農藥、肥料資材的過份施用，工業、農業、社區廢棄物之未能妥善處理，已導致農業生產環境品質之日益惡化。加諸國外農產品低價競爭、國人對品質之要求以及農村勞力減少與老化等等問題，肥料與植物營養

研究正遭遇前所未有之嚴厲挑戰。 試分析未來面臨之問題及必需加強研究之工作方向如下(連深 1995)：

1.同一農地作物之多元化及肥料資材之多投，已使土壤肥力之變異漸趨擴大，故殘留養分之掌握瞭解益加重要。更因氮素在土壤中變化多端及過去有關試驗研究的不足，今後有關土壤中氮素轉化之預測、診斷及氮素對環境品質影響之監測與評估更為重要。

2.由於農畜產廢棄物之大量產出，卻未能平均分散於農地，以及廢棄物本身之品質問題，亦帶來氮素之環境污染問題及重金屬污染土壤之虞。土壤有機質之分解、聚積及土壤有機質與生產力關係等仍是有待澄清之課題，是故有機質肥料之合理施用技術亦是今後試驗研究之重點方向。

3.國內農產市場開放後，面臨國外農產品低價競爭及國人對農產品質之要求，必需以品質高且產量豐之農產品因應。應繼續研究各種重要農作物之合理施肥量與施肥法，土壤水分管理等，建立各重要作物之土壤、植物營養診斷標準，擴大診斷服務推廣，推薦正確合理之施肥量與施肥法，以降低施肥成本。

4.因農村勞力減少與老化，今後亟需配合農機學門研製施肥機械，建立機械化施肥技術，並研究以水溶性肥料配合灌溉設施等省工施肥技術，以節省施肥工資。另坡地土壤之施肥管理技術，包括：緩效性肥料、機械深層施肥、草生栽培等亦待加強，以避免土壤及肥分流失，造成水源污染。

5.加強土壤-營養管理與病蟲害關係研究落實作物健康管理體系。

6.不論是合理化施肥(含施肥手冊)或土壤與作物營養診斷技術均需加強與土壤資訊系統之結合與應用。