

臺中區農業改良場
特刊第 118 號

合理化施肥輔導成果研討會論文專集

曾宥紘 廖君達 郭雅紋 白桂芳 主編
合理化施肥輔導小組



行政院農業委員會合理化施肥輔導小組
行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印
行政院農業委員會農糧署 補助

中華民國 102 年 10 月

臺中區農業改良場
特刊第 118 號

合理化施肥輔導成果研討會論文專集

行政院農業委員會
臺中區農業改良場

編印

ISBN 978-986-03-8353-9



9 789860 383539

GPN : 1010202125

定價：新臺幣250元整

臺中區農業改良場
特刊第 118 號

合理化施肥輔導成果研討會論文專集

曾宥紘 廖君達 郭雅紋 白桂芳 主編
合理化施肥輔導小組



行政院農業委員會合理化施肥輔導小組
行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印
行政院農業委員會農糧署 補助

中華民國 102 年 10 月

臺中區農業改良場
特刊第 118 號

合理化施肥輔導成果研討會論文專集

民國 102 年 10 月 2 日
於行政院農業委員會臺中區農業改良場舉行

主編
曾宥紘、廖君達、郭雅紋、白桂芳

行政院農業委員會合理化施肥輔導小組
行政院農業委員會臺中區農業改良場 主辦
行政院農業委員會農糧署

行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印

中華民國 102 年 10 月

序

在環境過度開發與利用的當代，能源的節約與環境生態的平衡為農業永續經營的重要目標，當前的農業生產模式在提高產量、品質及尋求高收益的目標下，農民仍認為施肥量越多則作物的產量越高。然而依據作物產量報酬遞減律法則，過量施肥並無法達到產量提高的目的，且其所造成土壤鹽化、酸化、養分比例失衡致地力衰退及病蟲害感染率增加等負面效應，將導致農作物管理的危機，實不利於生產者追求高產、高品質農產品的初衷。肥料的加工及生產過程常需投入大量石化燃料等非再生能源，因此過量施肥不僅不利於作物生產且對環境資源的浪費及汙染更是地球生態環境失衡的主因之一。當前能源及糧食價格高漲的時代，肥料價格的增加將不利於農民生產成本的節約。推展作物合理化施肥為臺灣農業當前重要的課題。

合理化施肥的要旨為「適地、適作、適時、適量及適法」，經由科學方法分析農田土壤肥力值及植體營養成分含量，進而做為改良土壤環境之依據。具體的作法諸如有機質的補充、土壤酸鹼值的調整及微生物肥料的接種等，以提高土壤中作物有效性養分的含量及調整施肥量，使投入肥料量達作物最大利用率，增強作物的生長勢並降低病蟲的為害，減少不必要的肥料浪費，提高農作物品質及產量，此結果有利於作物生產者、消費者及生產環境，基於此正面效益，合理化施肥輔導小組的推廣成效實有廣為週知的必要，期望促使更多農友認同此一理念進而採用合理化施肥管理模式，以達永續農業之發展。

合理化施肥輔導小組涵蓋臺灣各試驗改良場所，自97年成立以來，已在全臺各地進行91種作物共1,297個農地進行示範觀摩。此次研討會將各執行單位多年推廣的重要成果彙集成冊，冀望出版可供農政單位及農民參考利用，進而有助於農民的實質獲利，並達到土壤的永續經營及為地球節能減碳之目標。

場長

張致盛

謹識

中華民國 102 年 10 月

合理化施肥輔導成果研討會議程

主辦單位：行政院農業委員會合理化施肥輔導小組

行政院農業委員會農糧署

行政院農業委員會臺中區農業改良場

時間：中華民國102年10月02日(星期三)

地點：行政院農業委員會臺中區農業改良場大禮堂

(彰化縣大村鄉田洋村松槐路370號)

時間	議程主題	主講人
11:00-11:30	報到	
11:30-11:55	合理化施肥輔導小組輔導成果	臺中區農業改良場-白桂芳
11:55-12:30	午餐、休息	
第一節：主持人：廖乾華(桃園區農業改良場場長)		
12:30-12:55	水稻氮素對群體質量提升與產量之效應	農業試驗所-江志峰
12:55-13:20	休耕田轉作玉米之土壤與營養管理	農業試驗所-譚增偉
13:20-13:45	綠竹合理化施肥技術	桃園區農業改良場-莊浚釗
13:45-14:10	苗栗地區葡萄合理化施肥技術	苗栗區農業改良場-吳添益
14:10-14:35	水稻合理化施肥技術	臺中區農業改良場-賴文龍
14:35-15:00	芒果合理化施肥技術	臺南區農業改良場-林經偉
15:00-15:10	休息茶敘	
第二節：主持人：翁震圻(農糧署農業資材組組長)		
15:10-15:35	印度棗營養診斷與合理化施肥技術	高雄區農業改良場-林永鴻
15:35-16:00	臺東地區水稻及番荔枝合理化施肥技術	臺東區農業改良場-廖勁穎
16:00-16:25	宜花地區文旦合理化施肥技術輔導	花蓮區農業改良場-倪禮豐
16:25-16:50	水稻應用綠肥實施合理化施肥	種苗改良繁殖場-鄭梨櫻
16:50-17:15	茶園合理化施肥技術	茶業改良場-蘇彥碩
17:15-17:40	香蕉園合理化施肥技術	香蕉研究所-張春梅
17:40-18:00	綜合討論/主講人、主持人與張致盛召集人	

目 錄

序	I
合理化施肥輔導小組輔導成果賴文龍、郭雅紋、陳鴻堂、曾宥紘、張致盛、白桂芳...1	
水稻氮素對群體質量提升與產量之效應.....江志峰...11	
休耕田轉作玉米之土壤與營養管理.....譚增偉、陳桂暖...33	
綠竹合理化施肥技術.....莊浚釗...81	
苗栗地區葡萄合理化施肥技術.....吳添益、蔡正賢...87	
水稻合理化施肥技術.....賴文龍、郭雅紋、楊嘉凌、鄭佳綺、曾宥紘...111	
芒果合理化施肥技術.....張錦興、卓家榮、林經偉...127	
印度棗營養診斷與合理化施肥技術.....林永鴻...141	
臺東地區水稻及番荔枝合理化施肥技術.....廖勁穎、張繼中...153	
宜花地區文旦柚合理化施肥技術.....倪禮豐、劉啓祥、徐仲禹、詹朝清...175	
水稻應用綠肥實施合理化施肥.....鄭梨櫻...181	
茶園合理化施肥技術蘇彥碩、劉千如、曹碧貴、胡智益、鄭混元、黃玉如、邱垂豐...187	
香蕉園合理化施肥技術.....張春梅、蔣世超、李亞璇...201	
綜合討論	213

合理化施肥輔導小組輔導成果

賴文龍、郭雅紋、陳鴻堂、曾宥紘、張致盛、白桂芳

行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘 要

為減輕國際原油及肥料原物料價格上漲造成化學肥料生產成本的負擔，由行政院農業委員會農糧署、農業試驗所、桃園區農業改良場、苗栗區農業改良場、臺中區農業改良場、臺南區農業改良場、高雄區農業改良場、臺東區農業改良場、花蓮區農業改良場、種苗改良繁殖場、茶業改良場及財團法人臺灣香蕉研究所成立「合理化施肥輔導小組」。

自97年輔導工作推展以來，共舉辦2,937場教育宣導及田間觀摩會，共216,637人次參加。建立土壤肥力檢測及植體營養診斷服務，免費協助農友民辦理作物需肥診斷服務，並推薦正確施肥量與方法，計196,606件。透過媒體採訪報導合理化施肥理念與成效，計發佈770則，並由專家撰寫各種作物合理化施肥、肥料施用及土壤問題改良等文章計462篇，分別刊登於農業相關期刊雜誌和本會合理化施肥主題館。考量施肥量受氣候、栽種作物、耕作栽培習慣、病蟲草害管理模式、施肥方式、肥料價格、肥料包裝量等種種因素影響，各試驗改良場所和財團法人臺灣香蕉研究所每年設立上百個示範點，共在全臺91種作物、1,297個農田進行示範，結果發現，採行合理化施肥之後，可減少18.5~49.4%施肥量，每公頃可節省化學肥料成本介於1,448~19,386元(因作物、栽培期長短及施肥量而有差異)。以「合理化施肥輔導小組」成立年為界，94~96年化學肥料施用量平均為1,146,079公噸，97~101年平均為1,021,102公噸，兩者相較，自合理化施肥輔導工作推動後年減少124,977公噸肥料量。

關鍵字：合理化施肥、合理化施肥輔導小組。

前 言

肥料支出費用占農作物生產成本約4~21% (行政院農業委員會, 2012)，未來可利用之能源及資源愈來愈少，將迫使化學肥料成本愈來愈高。依據97年5月22日之「能源及糧食價格高漲農業部門因應對策會議」主任委員裁示，為減輕國際原油及肥料原物料價格上漲造成化學肥料生產成本的負擔，由行政院農業委員會農糧署、農業試驗所、桃園區農業改良場、苗栗區農業改良場、臺中區農業改良場、臺南區農業改良場、高雄區農業改良場、臺東區農業改良場、花蓮區農業改良場、種苗改良繁殖場、茶業改良場及財團法人臺灣香蕉研究所成立「合理化施肥輔導小組」。

「適地、適作、適時、適量、適法」是合理化施肥之中心思想，考量氣候、不同作物種類及不同生育期之營養需求，配合土壤肥力檢測及植體營養診斷技術，推薦合理的施肥法及施用量，達到以最經濟有效的肥料確保作物產量，提高產品品質。

輔導工作推展

由97年開始執行的合理化施肥計畫，深入地方，透過多場教育宣導會，傳播合理化施肥意義、優點以及做法，利用「作物需肥診斷服務」使農友瞭解自身土壤，再配合「示範點」觀摩比較，以建立農友採行合理化施肥生產模式之信心，有步驟、循序漸進的全面推動合理化施肥；並積極運用傳媒力量增加合理化施肥議題的能見度。

辦理合理化施肥教育宣導講習會

觀念的建立和改變無法速成，輔導小組從觀念翻轉著手，密集辦理教育宣導講習會，傳播合理化施肥意義、優點以及做法，另針對肥料產品種類的多元化，教導農友正確選擇肥料及合理有效施用肥料，提高肥料利用效率，節省肥料支出

費用。透過講習活動的辦理，散播專業及技術，傳遞最新的知識、生產技術和經營管理模式，作面對面的意見交流。

建立合理化施肥示範點(農場)

依各地區及不同作物特性，徵求鼓勵農友參與合理化施肥計畫，提供農地，將農地畫分為二，一區仍維持原來農友慣行之肥培管理模式，另一區按輔導小組建議之施肥量、施肥時期進行施肥，兩區差異在於施肥管理，以農作物產量和品質為應變變因，顯示施肥管理對其之影響。透過田間實務比較，清楚呈現合理化施肥之成果。透過示範田現場觀摩活動，農友可親身體驗適當施肥的效益，直接由示範農友現場作經驗分享，將更容易取得與會農友的信任與認同。

提供作物需肥診斷服務

各試驗改良場所已建立完整土壤肥力檢測及植體營養診斷服務系統，透由免費辦理作物需肥診斷服務，輔導農友依氣候、土壤特性及作物養分需求施肥，並推薦正確施肥量和土壤管理方法。

善用傳媒多元宣導

透由媒體專訪報導合理化施肥觀念與成效及邀請專家、學者依地區撰寫各種作物合理化施肥、有機質肥料施用及土壤問題改良等相關文章，刊登於農業相關期刊雜誌，另利用農委會農業知識入口網平臺建構「合理化施肥主題館」以擴大合理化施肥宣導層面。

近年輔導工作由初期全面辦理觀念宣導及示範輔導轉變為「精耕及落實基層」之宣導推廣模式，以鄉鎮區及大宗作物為宣導對象，召集特定作物之產銷班進行合理化施肥宣導講習，依作物別提供完整的栽培、病蟲草害防治、各種肥料特性等課程，避免農友參加相關活動後，因與從事作物不同而無法獲得實際需求。

輔導工作推展以來，共辦理合理化施肥宣導講習會2,255場次，參與農民共計155,026人次。建立土壤肥力檢測及植體營養診斷服務，免費協助農友辦理作物需

肥診斷196,606件，輔導農友依氣候、土壤特性及作物養分需求施肥，並推薦正確施肥量與土壤管理方法。依區域性及作物特性建立1,297個合理化施肥示範點(農場)，並舉辦田間觀摩會(辦理田間觀摩會682場次，參與農民共計61,611人次)加強宣導，取得農友的信任與認同，以為農民實行合理化施肥之參考。透過媒體拍攝專訪各種作物合理化施肥宣導計770則，發表作物合理化施肥相關文章於各期刊共計462篇，另利用農業知識入口網平臺建構合理化施肥主題館，目前瀏覽人數達30,714人次。

表 1、合理化施肥輔導小組活動辦理情形

年度	示範數	宣導講習會		田間成果示範觀摩會	
		場次	人數	場次	人數
97	104	334	30,123	41	4,598
98	298	384	31,778	192	18,600
99	310	347	28,716	162	14,839
100	301	488	28,202	157	13,139
101	284	451	26,608	108	8,364
102*	-	251	9,599	22	2,071
合計	1,297	2,255	155,026	682	61,611

*102年係計至8月止。

表 1(續)、合理化施肥輔導小組活動辦理情形

年度	作物需肥診斷服務			媒體報導	發表文章數
	土壤肥力檢測	植體營養診斷	合計		
97	13,955	4,553	18,508	29	-
98	24,538	10,521	35,059	81	-
99	26,652	9,835	36,487	126	96
100	28,024	16,387	44,411	206	148
101	25,217	12,025	37,242	249	120
102*	16,326	8,573	24,899	79	98
合計	134,712	61,894	196,606	770	462

*102年係計至8月止。

輔導成果

臺灣近年(民國93~101年)化學肥料用量介於100萬與120萬公噸之間(表2)，化學肥料施用總量呈下降現象，以96年為界(97年5月農委會成立「合理化施肥輔導小組」)，94~96年化學肥料施用量平均為1,146,079公噸，但97~101年平均為1,021,102公噸，兩者相較，自合理化施肥輔導工作推動後減少124,977公噸肥料量。

然耕地面積亦因社會發展等因素減少，98年統計耕種面積低於82萬公頃，101年甚至只有80萬2,876公頃，因此單以化學肥料總量並無法完全確認肥料施用量減少，若換算為單位耕地面積肥料施用量，則每公頃化學肥料施用量逐漸降低，自90年每公頃1.53公噸減少至101年1.26公噸，降幅達17.6%。

以單位面積肥料三要素(氮、磷酐、氧化鉀)施用量分析，合理化施肥輔導小組成立前3年(94~96年)平均每公頃施用量為450公斤，97~101年則為423公斤，減少27公斤，單位面積化學肥料施用量降幅之63.0%由氮素用量降低而來，而磷酐和氧化鉀變動較不明顯。

表 2、臺灣近年化學肥料施用情形

民國年	總施用量 (公噸)	耕地面積 (公頃)	單位面積施用量 (公噸/公頃)	單位面積化學肥料三要素施用量 (公斤/公頃)
93	1,195,465	835,507	1.43	470
94	1,141,483	833,176	1.37	440
95	1,159,310	829,527	1.40	459
96	1,137,444	825,947	1.38	452
97	1,013,714	822,364	1.23	413
98	1,042,231	815,462	1.28	415
99	1,030,819	813,126	1.27	431
100	1,008,025	808,294	1.25	424
101	1,010,722	802,876	1.26	432

資料來源：行政院農業委員會 101 年度農業統計年報

施肥與產量的變化對照，「示範點」提供最佳觀測指標。農作物的生長、繁殖過程需要適量養分，政府大力推動「合理化施肥」，部分人士擔心產量下降，合理化施肥的好處，已有超過千例以上實際接受輔導的農友與田區產量可以證明。

自97年起，截至101年底為止，全臺共91種作物、1,297個農田進行示範。將上千筆資料分群，平均肥料降低幅度以雜糧作物42.0%最高，其次為花卉(34.9%)、蔬菜(34.4%)、水稻(29.3%)、特作(25.9%)，最低為果樹(23.5%)。在資料點中有70.6%的示範點產量未下降，將產量和施肥量連結，以單位肥料生產量計算，可發現合理化施肥示範區每公斤肥料可獲得之產量皆高於等量農民慣行施肥量者，其中單位肥料產量增加幅度甚至高達127.5%。比較肥料節省成本，施肥總量減少固然反應肥料支出費用降低，但其中仍隱含氮、磷酐、氧化鉀要素施用量變動。肥料成本分別以每公斤氮31元、磷酐29元、氧化鉀25元計價，以花卉作物而言，97年肥料降低幅度達36.8%，肥料節省成本為19,386元，而同年度蔬菜作物肥料降低幅度為38.6%，肥料節省成本為10,640元，其中差異為花卉作物每公頃三要素施用總量降低661.2公斤，施用量降幅之58.2%由氮素用量降低而來，而磷酐和氧化鉀分別占20.7%和21.1%；蔬菜作物每公頃三要素施用總量降低367.4公斤，而氮素、磷酐和氧化鉀分別占施用量降幅之49.6%、24.5%和25.9%。

分析結果發現，在經過土壤分析及採行合理化施肥之後，減少18.5~49.4%施肥量，每公頃可節省化學肥料成本介於1,448~19,386元(因作物、栽培期長短及施肥量而有差異)，且提高品質，如稻米因採行合理化施肥減少青米粒，提高白米率及完整米率，整體的碾米品質表現較佳；同時分析白米粗蛋白質含量，採用合理化施肥生產之白米粗蛋白質含量較低，具有較優之食味(李, 2010)；梨採行合理化施肥可減少枝條徒長(廖和賴, 2010)，而提高糖度並使果型更完整；香蕉採行合理化施肥，蕉株抽穗率優於對照區(張等, 2010)。而其他病蟲害防治等管理費用均可因採行合理化施肥而降低(廖和朱, 2010)，對農友整體效益相當有利。

表 3、97~101 年合理化施肥與農民慣行施肥法肥料用量、施肥成本及產量之比較

作物	年度	肥料降低幅度(%)	單位肥料產量增加幅度(%)	肥料節省成本(元)
水稻	97	28.79	33.33	3,208
	98	38.43	65.97	4,688
	99	27.17	39.19	2,937
	100	30.81	47.90	3,663
	101	21.24	27.85	2,268
	年度平均	29.29	42.85	3,352
雜糧	97	33.18	67.98	1,448
	98	49.39	127.49	4,826
	99	42.16	57.99	4,701
	100	44.13	30.77	5,730
	101	41.23	38.55	4,610
	年度平均	42.02	64.55	4,263
果樹	97	28.61	54.91	8,243
	98	24.89	75.07	8,436
	99	21.56	41.61	5,894
	100	23.79	40.70	6,492
	101	18.54	29.44	4,853
	年度平均	23.48	48.35	6,783
蔬菜	97	38.64	44.60	10,640
	98	33.58	58.97	10,033
	99	37.54	66.99	11,287
	100	33.58	48.29	9,718
	101	28.77	49.00	7,425
	年度平均	34.42	53.57	9,821
特作	97	29.77	13.09	6,744
	98	30.14	48.23	4,566
	99	27.15	34.05	6,841
	100	20.23	23.90	4,148
	101	22.35	25.67	6,377
	年度平均	25.92	28.99	5,735
花卉	97	36.75	81.37	19,386
	98	38.64	71.57	11,734
	99	49.09	96.43	7,850
	100	31.11	45.16	2,040
	101	18.75	23.08	4,731
	年度平均	34.87	63.52	9,148

比較各區農業改良場於全臺12水稻示範點，顯示水稻產量與肥料的投入及品種有關。由產量表現結果分析，後龍鎮和銅鑼鄉臺梗9號、公館鄉臺梗71號、苑裡鎮臺中192號、竹東鎮臺梗14號、竹北市桃園3號及鹿野鄉臺南11號之合理化施肥示範區高於一般栽培者，其增產比率分別為8.2、14.2、12.9、23.1、12.6、6.8和1.0%，顯示採行合理化施肥生產模式對水稻產量有提升之效。另竹南鎮臺梗14號、新屋鄉桃園3號、竹塘鄉和社頭鄉臺梗9號及鹿野鄉高雄139號之合理化施肥示範區產量略低於一般栽培者，但其增產效益亦可由單位肥料生產量提高呈現。將產量和施肥量連結，以單位肥料生產量計算，可發現合理化施肥示範區每公斤肥料可生產之稻穀皆高於等量農民慣行施肥量之產量，其中單位肥料生產之稻穀產量差別甚至高達2倍(表4)。

表 4、水稻合理化施肥與農民慣行施肥法肥料用量及產量之比較

地點	品種	合理化施肥示範區 (公斤/公頃)				農民慣行施肥法 (公斤/公頃)				稻穀產量 (公斤/公頃)		增(減) 產(%)	單位肥料生產量 (公斤/公斤)	
		氮	磷酐	氧化鉀	合計	氮	磷酐	氧化鉀	合計	示範區	慣行法		示範區	慣行法
後龍	臺梗 9 號	73	92	74	239	91	115	93	299	6,628	6,127	8.2	27.7	20.5
銅鑼	臺梗 9 號	111	63	79	253	148	90	103	341	9,830	8,610	14.2	38.9	25.2
公館	臺梗 71 號	134	67	194	395	146	73	215	434	6,238	5,526	12.9	15.8	12.7
苑裡	臺中 192 號	159	83	66	308	297	83	78	458	10,070	8,182	23.1	32.7	17.9
竹東	臺梗 14 號	125	98	92	315	165	109	138	412	5,721	5,079	12.6	18.2	12.3
竹北	桃園 3 號	120	65	65	250	140	80	80	300	6,300	5,900	6.8	25.2	19.7
鹿野	臺南 11 號	112	46	74	232	149	77	108	334	6,400	6,336	1.0	27.6	19.0
竹南	臺梗 14 號	142	44	56	242	179	61	86	326	7,110	7,660	-7.2	29.4	23.5
新屋	桃園 3 號	111	63	74	248	151	87	103	341	6,400	7,200	-11.1	25.8	21.1
竹塘	臺梗 9 號	140	60	50	250	200	120	110	430	7,263	7,722	-5.9	29.1	18.0
社頭	臺梗 9 號	140	60	50	250	270	147	157	574	6,767	7,513	-9.9	27.1	13.1
鹿野	高雄 139 號	112	46	74	232	157	72	98	327	4,120	4,320	-4.6	17.8	13.2

資料來源：吳等, 2010；李, 2010；廖和朱, 2010；楊等, 2010

結 語

合理化施肥是用科學的方法，提供農作物最適當的養分，讓農友把超過作物需求而多施的肥料節省下來。合理化施肥輔導成果提出科學性的數據，證明在搭

配土壤特性前提下，採行合理化施肥，產量可以增加；產出的健康作物賣相佳、價格好，還可減少肥料成本支出，對農友來說真正是「省錢又省工」。籲請農友可就近向各試驗改良場所洽詢合理化施肥輔導，社會大眾也可以進入合理化施肥主題館網站，瞭解合理化施肥的觀念、作法及各項作物之推行成果，共同支持對農民有利、對環境友善、作物健康的生產方式。

參考文獻

1. 行政院農業委員會 2012 農業統計年報 p.321 行政院農業委員會 臺北 臺灣。
2. 吳添益、蔡正賢、張素貞 2010 苗栗地區水稻合理化施肥技術 p.27-30 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
3. 李建掙 2010 水稻合理化施肥的好處 p.35-39 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
4. 廖勁穎、朱盛祺 2010 水稻合理化施肥暨安全用藥示範成果 p.63-74 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
5. 廖萬正、賴文龍 2010 高接梨果園肥培管理技術 p.231-234 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
6. 張春梅、黃山內、蔣世超 2010 香蕉合理化施肥觀摩及成果發表 p.381-386 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
7. 楊志維、簡禎佑、林孟輝、莊浚釗 2010 桃竹地區水稻合理化施肥技術 p.19-22 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。



水稻氮素對群體質量提升與產量效應

江志峰

行政院農業委員會農業試驗所

摘 要

氮素對於水稻的生產潛力於三要素中最為敏感，同時也控制其它大量元素的吸收。同其他作物一樣，氮素過多或不足均會給水稻生長發育帶來不利影響。不同基因型水稻產量的差異是由氮吸收和利用效率共同引起的，兩者主要受外界栽培環境與人為管理影響，本研究為水稻地區性高產量目標的達成，根據群體對供氮反應的質量診斷指標，期以調整關鍵生長階段氮肥投入量的措施，訂定合理的氮肥施用量。進行本省不同水稻氣候區當地推廣之5種水稻品種，共計14個不同品種，5種不同氮肥施用量(0、90、150、210、270 kg N/ha)之田間試驗。以定址的水稻專區可以量測乾物質重、氮含量與累積的熱量明確的定義這種指標關係。初步結果顯示不同水稻品種各等級氮肥施肥量下配因效率(PFP)隨施氮量的增加而降低，有效田塊自然供氮力(EINS)與配因效率(PFP)呈相同的趨勢之關係，顯示水稻生長需氮量主要來自田塊自然供氮力，這其中包括土壤來源氮與非土壤來源氮。稈籼不同品種其對施氮肥量產生的產量效應與肥料利用率(PFP)並無明顯的差異。兩期作氮素利用效率則以施用90 kg N/ha明顯高於其它氮肥等級；氮肥施用210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達7300 kg/ha，二期作達6100 kg/ha，施用超過210 kg N/ha時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少。

關鍵字：水稻、氮肥利用率、田塊自然供氮力。

前 言

合理化施肥為科學栽培重要的一環，衡量栽培科學的理論與技術水平，很大的程度上是實現作物群體(Crop population)在一些關鍵生育指標和措施應用的定量水平，並應用這些定量指標設計高產栽培，實現高產的重現。任何一個群體的描述，最終都得通過一定的數量來表述，而所謂群體質量，即是各項指標中最優化的數值(凌啓鴻, 2000)。高產群體質量指標就是只能不斷優化群體結構，實現高產更高產的各項形態、生理的指標。在合理基本苗的基礎上，群體的合理調控較大程度上依賴肥水兩個主要因素，而一般情況下肥料更是起主導作用。

肥料的合理運籌要圍繞全面提高群體質量指標，取得高產這個目標進行，並提高肥料的利用率和經濟效益，合理施肥必然涉及水稻的需肥量，高產水稻各生育時期的吸收百分率，水稻吸肥的營養元素來源，肥料本身的釋肥特性，不同土壤、生態條件下不同類型品種高產施肥的運籌模式和方法等問題，前人在這方面已進行了廣泛的研究，取得極為豐富的研究成果，為制定施肥策略提供了理論依據，並出版「施肥推薦手冊」，對增產起了極顯著的作用。然而，自1980年以後，我國水稻生產條件和以往相較，發生了很大的變化，對於水稻施肥技術需要進一步的研究，以求得發展與提高。

一是產量水準大幅度提高。農試所於1990年大規模所作的『臺灣地區稻田生產力分及規範及調查』，認定 $>6,200 \text{ kg/ha}$ 為第一級高產稻田，但從1990年以後，臺灣水稻的生產水準逐年升高，平均每公頃約 $7,300 \text{ kg}$ ，南部水稻專業區平均單產每公頃超過 $12,000 \text{ kg}$ 也屢見不鮮。這種情況下每公頃產 $6,200 \text{ kg}$ 與 $12,000 \text{ kg}$ 稻穀產量相比，在吸肥量與吸肥時期等方面有何不同，至今並不十分清楚。

二是自1980年以後，水稻施肥以化肥為主，與過去的以農家自行堆肥為主的情況不同，化肥施用量占主要地位，甚至於占施肥的全部。這與以往施用有機肥為主的情況相比，土壤的供肥規律與施肥模式必然會發生改變。

三是水稻的吸肥受施肥的影響很大，其中又以氮肥的施用為最。氮素是農業生產中投入最多的養分元素，氮素對水稻生產的影響僅次於水，氮卻構成水稻生產成本投入的主要部份，為了開發現代水稻栽培品種的生產潛力，在大部分的水田土壤中施用氮肥是必需的。作者曾於全省16個雙季稻試區，觀測到14個水品種，在不施肥情況下一生的水稻莖葉吸氮的曲線，以分蘖盛期和齊穗期達最高峰。而在分次施肥情況下(基肥、蘖肥、穗肥)，一生吸氮呈單峰曲線，峰值出現幼穗分化基期的趨勢。氮肥利用效率隨施用量的增加而減少，說明了水稻的吸肥並無固定的曲線，而受到施肥的強烈影響。以往在不同施肥運籌下測得的水稻吸肥曲線，是施肥等因素影響結果，並不完全是水稻高產的本身吸肥規律。進一步高產必須在以往各種研究中，探明有利於其高產的吸肥規律。

在作物栽培的定量診斷指標體系中，首先明確高產群體發展的時間和空間結構上的定量診斷指標，然後才能對措施運用在時間和數量強度上做科學定量(凌啓鴻, 2000)。高產群體發展的時間結構上的定量診斷指標的確立，氮高效品種的選育是其中的策略。由於氮高效品種的選育需要耗費大量的時間與精力。因此，從永續農業的角度出發，以目前地區性現有栽培品種為主，選擇產量的同時加上一些與產量密切相關的次級性狀，則可以大大增加選擇效率，開發水稻氮高效的種質資源，是進一步研究氮效率的生理系列化的基礎，並為通過遺傳改良培育氮高效品種的先驅工作。

高產群體發展的空間結構上的定量診斷指標的確立，定量化農田化肥氮的去向是研究其農學效應和環境效應的基礎。過去，這些研究大多侷限於對作物的回收、土壤中殘留氮和氮總損失的評估，雖然有些研究也涉及不同損失途徑的原位定量研究，但多數針對個別損失途徑(如氨揮失或氮排放等)，而有關農田化肥氮的去向以及通過不同損失途徑的遷移通量與施氮量關係的研究很少，因而難以較全面地同時定量評估化肥氮的農學效應與環境效應，更難以擴展到區域尺度。因此需要進行點的完備整合，並建立模式，擴展到區域。

土壤對一季作物的供氮量和供氮進程與土壤有機氮的礦化特性和土壤結構性以及作物生長期間的水熱條件等有密切關係(朱兆良, 2008)。田間田塊自然供氮力(Indigenous N supply, INS)是可在不施氮肥和無其他養分、病蟲害和水分的限因下由作物的吸收氮量可評估。一項在亞洲的田間試驗顯示, INS的變異相當大, 即使在相同土壤範圍內經過不同的氣候變化(Cassman *et al.*, 1996b)。不施氮肥的狀況下, 水稻的產量從2.3至5.7 t/ha。Toriyama and Sekiya (1991)在日本的報告指出, 每年被水稻吸收的氮有60%的變動。儘管這種變異, 但目前在亞洲地區國家的地區或區域還是作為水稻氮肥推薦量的基礎。為永續農業生產環境, 即使在這種程度變異農民的稻田土壤自然供氮力下, 不管農民能否由這種不同來調整氮肥管理, 地區性的單一氮肥推薦量的研究需要繼續的進行。定址田區試驗可平衡源自田區自然氮磷鉀素的供應力, 並將養分交互作用與氣候潛能的機能影響作物產量的預期反應模式化(Dobermann and White, 1999; Witt *et al.*, 1999; Dobermann *et al.*, 2002)。

為明確地區性水稻群體稻穀高產或提高高產頻率的合理化策略, 本研究提出利用不同水稻品種在稻田生態系統中土壤氮素轉化和遷移規律、損失途徑及生態、環境效應, 基本明確水稻高效利用氮肥的生理機制和遺傳學基礎, 探討以「土壤管理組」模式的空間結構上的定量診斷指標, 調控水稻氮肥高效利用的原理和方法。

材料與方法

試驗田區的設置

建置各鄉鎮不同特性之土壤管理組別包括宜蘭縣三星鄉、桃園縣新屋鄉、楊梅鎮、苗栗縣公館鄉、臺中市清水區、霧峰區、南投縣南投市、彰化縣溪州鄉、雲林縣莿桐鄉、土庫鎮、嘉義縣民雄鄉、太保市、朴子市、臺南市東山區、屏東縣屏東市、恒春鎮等16個鄉鎮(市), 每鄉鎮每一管理組土壤設1地點, 每一地點面積須約2分地(約2000 m²)。

供試材料

依當地栽培面積較廣，且較適合的水稻品種選擇高雄139號、高雄145號、臺南11號、臺稈8號、臺稈9號、臺中秈10號、臺中秈17號、臺稈14號、臺稈16號、臺農84號、臺農71號、臺秈2號、臺農秈19號、臺農秈22號等稈稻9個，秈稻5個等14個品種栽種，每一鄉鎮市試區種植5個品種，以3個稈稻和2個秈稻為主，其中以臺南11號稈稻和臺中秈10號各試區均插植以爲參考品種，各品種均以行株距(30×21cm)插秧至本田，苗數則控制在每分地22~24片。

氮肥等級處理與田間管理

5個氮肥等級分別爲0、90、150、210、270 kg/ha，每公頃0公斤施肥量爲瞭解試驗田區的自然供氮量；90公斤施肥量爲維持穩定基本產量所需，150公斤施肥量爲6,000公斤~8,000公斤稻穀推薦施肥量，210公斤爲農民爭取高產12,000公斤的施肥量，270公斤爲求取水稻對高氮量之反應與求取最大生質量的氮肥量。施氮處理分別於水稻移植前、分蘖始期(一期作移植後15天和二期作移植後10天)、最高分蘖期(一期作移植後30天和二期作移植後20天)、幼穗分化期(一期作移植後56~70天和二期作移植後45~53天)施用，每公頃重分別爲總氮量之25、20、15、40%施用。所有的處理磷鉀肥一致，磷肥用量爲60 P₂O₅ kg/ha(肥料爲過磷酸鈣)基肥施用、鉀肥用量爲90 K₂O kg/ha(肥料爲氯化鉀)分別於水稻移植前、分蘖始期、最高分蘖期、幼穗分化期，每公頃重分別爲總鉀量之40、20、20、20%施用。由於15試區有不同農民的管理，但因有統一的作物曆，每一試區的水分管理並無很大差別(如曬田時間等管理措施...)，但病蟲害管理則根據農民經驗與地區性改良場的通報而進行防治，效果則有不等的差別。

水稻產量調查及土壤與植體採樣方法

101年一期作起，每鄉鎮中依農試所1998年歸納之「土壤管理組」爲調查單位，調查收集二年四期作之水稻產量與土壤及植體樣本。

每一小區採集50叢，並記錄行株距，稻穀烘乾後，稱乾產量換算為kg/ha產量，每一試區兩重覆，合計每一品種100叢，分別調查產量。並給予農民栽培曆，以為正常管理之依循。小區量測20叢株高、每叢枝數與穗數，並調查百粒重與稔實率。

肥料利用率計算

農藝效率(AE, Budhar *et al.*, 1994)

$$AE = (GY_N - GY_0) / (N_r \times 100)$$

配因效率(PFP, Dobermann, A., 2007)

$$PFP = GY_N / N$$

N表氮肥施用的量 (kg N/ha)

GY_N氮肥施用乾稻穀的產量(kg/ha)

GY₀不施氮肥乾稻穀的產量(kg/ha)

栽培期間主要試區影響水稻生長重要氣象因子，列於表1。

表 1-1、101 年一期作各試區生長期間氣象資料

	縣市	鄉鎮	生育 日數 (天)	T _{ave} (°C)	GDD (T _{ave} -10) (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m ²)
1	宜蘭縣	三星鄉	133	24.0	1879.8	28.2	20.9	1947.4	79.8	1916.1
2	桃園縣	新屋鄉	133	23.7	1836.5	27.4	20.8	1892.4	85.3	2164.3
3	桃園縣	楊梅鎮	133	23.8	1852.8	27.6	20.9	1909.4	85.2	2187.7
4	苗栗縣	公館鄉	123	24.9	1851.0	28.3	22.1	1884.3	73.0	--
5	臺中市	清水區	125	24.9	1872.1	28.0	22.3	1911.4	65.8	2191.2
6	臺中市	霧峰鄉	161	21.0	1787.0	26.0	17.5	1904.2	60.1	2189.3
7	嘉義縣	太保市	128	24.1	1823.2	29.0	20.6	1909.5	--	1690.4
8	嘉義縣	朴子市	134	23.8	1866.3	28.7	20.4	1960.4	938.5	1738.1
9	臺南縣	東山區	136	23.7	1877.1	28.6	20.2	1975.2	883.0	1770.3
10	屏東縣	屏東市	125	23.7	1726.0	29.5	19.6	1830.8	34.6	1272.3
11	屏東市	恆春鎮	146	23.7	2007.6	27.0	21.1	2068.3	56.2	2475.0

表 1-2、101 年二期作各試區生長期間氣象資料

	縣市	鄉鎮	生育 日數 (天)	T _{ave} (°C)	GDD (T _{ave} -10) (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m ²)
1	桃園縣	新屋鄉	127	23.6	1732.7	27.6	20.8	1800.6	25.8	1821.4
2	桃園縣	楊梅鎮	128	23.6	1738.2	27.5	20.7	1806.0	27.3	1821.4
3	苗栗縣	公館鄉	116	24.9	1729.6	29.0	21.7	1781.2	14.9	--
4	臺中市	清水區	105	25.9	1664.3	29.1	23.5	1708.7	57.5	1803.3
5	臺中市	霧峰鄉	120	25.1	1812.2	30.4	21.4	1909.7	140.8	1761.7
6	嘉義縣	太保市	120	25.8	1900.8	31.4	22.1	2012.6	536.4	1511.7
7	嘉義縣	朴子市	111	26.4	1817.5	31.9	22.7	1920.3	468.0	1467.8
8	臺南縣	東山區	120	26.2	1938.4	31.7	22.5	2048.9	605.5	1551.8

試驗設計與統計方法

為5個不同水稻品種(A)及5個不同氮肥等級(N)，兩重覆共50個處理區試驗的灌水與施肥管理準確，試驗採條區設計(split-block design)的變型，混合巢式(nesting)和跨越(crossing)劃分方法的設計。

結果與討論

氣象因子對水稻產量構成因子與產量之影響

本省水稻栽植時期，按地理區域而有差異，各區一期作初期育苗或插秧不久後遇低溫，但不影響產量。直至收穫，氣溫影響產量之因子大抵可以忽略。二期作栽培期間，氣溫、水溫皆高，常遠超過35°C，故對於水稻根之發展、養分吸收、分蘗數、開花、稔實率等等影響甚大，對於產量自有嚴重之影響。在北部區域二期作之末期，則常有低溫出現，除了對養分吸收、轉運有影響外，光合作用產物之運送亦然。氣象因子對水稻產量構成因子與產量具重大影響，本文主要以101年兩期作栽培期間氣象條件顯然不同，土壤管理組也不同，桃園新屋試區土壤管理組為細質地排水良好紅壤(R1a)、臺南東山試區細質地排水良好低臺地沖積土(T1a)討論。其不同施氮等級對不同品種產量構成因子，如表2。

表 2-1、新屋試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

SinWu Varieties	N application (kg/ha)	Plant height (cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100 - grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)
Tainan 11							
	0	73(1)	13(0)	59(1)	2.37(0.01)	98(1)	3059(158)
	90	81(1)	14(1)	88(8)	2.32(0.02)	97(0)	4220(219)
	150	86(2)	15(1)	81(2)	2.30(0.02)	97(1)	4770(243)
	210	90(4)	17(0)	75(6)	2.32(0.08)	97(0)	4917(144)
	270	91(3)	15(2)	66(10)	2.46(0.00)	95(2)	4835(137)
Taikeng 14							
	0	76(1)	11(0)	54(4)	2.19(0.06)	96(1)	2536(225)
	90	89(1)	13(0)	71(9)	2.08(0.02)	96(0)	3894(347)
	150	91(2)	14(1)	89(12)	2.09(0.07)	93(1)	4399(56)
	210	96(1)	14(1)	79(6)	2.21(0.11)	92(1)	4716(275)
	270	97(3)	16(3)	81(7)	2.36(0.06)	93(2)	5297(651)
Taikeng 9							
	0	74(2)	11(0)	51(1)	2.43(0.04)	97(0)	2638(45)
	90	79(1)	15(2)	59(20)	2.34(0.11)	96(1)	3728(604)
	150	87(3)	15(2)	62(10)	2.34(0.02)	95(3)	3801(342)
	210	89(6)	16(0)	68(5)	2.39(0.06)	94(0)	4408(917)
	270	94(3)	15(1)	76(1)	2.42(0.06)	94(0)	4625(867)
Taichung Sen 10							
	0	75(3)	14(0)	40(3)	2.43(0.09)	93(0)	3005(86)
	90	79(2)	17(2)	36(7)	2.41(0.01)	93(0)	3997(106)
	150	82(1)	17(2)	45(6)	2.29(0.10)	93(1)	4386(390)
	210	83(2)	18(3)	43(14)	2.41(0.10)	92(1)	4684(14)
	270	86(1)	16(3)	53(8)	2.39(0.04)	92(1)	4520(273)
Taichung Sen 17							
	0	69(10)	16(3)	39(14)	3.26(0.20)	96(2)	3983(807)
	90	75(7)	18(2)	42(6)	3.16(0.27)	95(0)	4655(766)
	150	80(11)	18(3)	45(26)	2.72(0.30)	94(3)	4944(723)
	210	79(8)	19(2)	40(11)	3.20(0.08)	94(1)	5288(97)
	270	84(6)	19(0)	43(16)	3.11(0.04)	93(1)	5246(462)

表 2-2、東山試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

DongShan Varieties	N application (kg/ha)	Plant height (cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100-grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)
Tainan 11							
	0	88(0)	15(1)	114(1)	2.51(0.06)	96(0)	6985(279)
	90	93(3)	17(0)	115(8)	2.65(0.10)	97(3)	7058(248)
	150	88(2)	16(0)	120(4)	2.64(0.01)	98(0)	7043(394)
	210	90(0)	18(1)	113(9)	2.57(0.09)	97(1)	8336(523)
	270	98(5)	20(1)	92(29)	2.53(0.10)	97(2)	8799(1967)
Taikeng 16							
	0	90(4)	16(0)	96(1)	2.20(0.06)	95(1)	4658(595)
	90	95(3)	17(2)	91(8)	2.43(0.06)	93(1)	7028(584)
	150	91(3)	16(3)	102(10)	2.41(0.09)	96(1)	6471(27)
	210	95(0)	17(0)	94(23)	2.53(0.15)	95(2)	7947(789)
	270	94(8)	19(1)	114(32)	2.76(0.52)	93(1)	8396(964)
Tainun 84							
	0	83(4)	17(3)	89(8)	2.58(0.02)	97(0)	5399(372)
	90	93(3)	16(2)	79(8)	2.82(0.06)	97(0)	6545(131)
	150	91(2)	18(1)	80(14)	2.78(0.10)	98(1)	6634(185)
	210	98(7)	18(2)	87(2)	2.72(0.07)	97(0)	7590(1609)
	270	100(2)	22(4)	76(4)	2.66(0.05)	96(1)	8275(230)
Taichung Sen 10							
	0	93(0)	18(1)	86(5)	2.51(0.03)	92(0)	5525(460)
	90	98(0)	15(1)	111(14)	2.54(0.07)	92(1)	7002(678)
	150	91(5)	16(1)	89(10)	2.50(0.04)	89(5)	6602(351)
	210	97(5)	19(2)	108(8)	2.55(0.06)	93(3)	7988(234)
	270	98(2)	14(2)	106(56)	2.43(0.07)	93(2)	6852(926)
Taichung Sen 17							
	0	81(3)	16(1)	87(7)	3.25(0.07)	97(0)	7090(324)
	90	87(2)	17(1)	87(13)	3.27(0.07)	96(1)	7620(435)
	150	83(0)	18(0)	82(0)	3.24(0.07)	95(0)	8852(221)
	210	86(2)	20(2)	88(7)	3.26(0.06)	94(1)	8651(1329)
	270	92(5)	21(0)	88(1)	3.42(0.05)	98(0)	10198(899)

不同水稻氣候區的新屋與東山試區相較，其兩試區的稻穀產量隨施氮量的增加而增加，直至施氮量210 kg/ha稻穀產量增加已緩和。相同品種比較時，南部東山試區水稻株高均高於新屋試區，大致隨施氮量的增加而增高。

由於各試區栽種的品種略有不同，可將不同水稻品種區分稈籼兩種稻型，進行相同試區不同期作間的比較，結果顯示，新屋試區稈稻產量隨施氮量的增加稻穀產量增加的趨勢較籼稻高，但二期作時籼稻則高於稈稻，當施用至210 kg N/ha時稈稻稻穀產量已追至籼稻，東山試區兩稻型對於稻穀產量隨施氮量的增加變化的趨勢相同，唯一期作氮肥效應不明顯。說明籼稻對於環境適應的能力較稈稻敏感，尤其是溫度，當生長期間平均氣溫高於24°C時，籼稻對高溫適應的能力將喪失，日本調查出穗前10天至成熟期最適氣溫為21.5°C，本省人工氣候室試驗，日溫25°C夜溫20°C最有利於氮之吸收及轉運至穀實，利於生殖生長，亦有21°C為成熟期最佳氣溫之試驗結果。籼稻對地區性的土壤肥力適應力也較稈稻敏感，如在紅壤管理組的新屋試區，二期作生長期間平均溫度雖低於24°C(23.6°C)，其平均稻穀產量也較稈稻為高。至於不同稻型稻穀產量與土壤肥力的關係，則需更多的資料為佐證。

氮肥量對水稻生長之影響

兩期作不同品種與施氮量對產量與氮肥利用效率

水稻單位產量的需氮量隨產量的提高而增加。將供試的不同水稻品種區分為稈籼稻型，對於稻穀產量，呈現期作間的不同，一期作稈籼稻型稻穀產量隨氮肥施用量的增加而增加，籼稻型高於稈稻型，至210 kg N/ha時呈緩慢增加，稈稻型則呈降低趨勢，但兩稻型並無統計上的差異。二期作呈兩稻型呈相同趨勢，但稈稻型施用高於90kg N/ha後其稻穀產量高於籼稻型，兩稻型也無統計上的差異。16個試區不同品種平均稻穀產量以氮肥施用210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達7300 kg/ha，二期作達6100 kg/ha，施用超過210 kg N/ha時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少，如圖1。

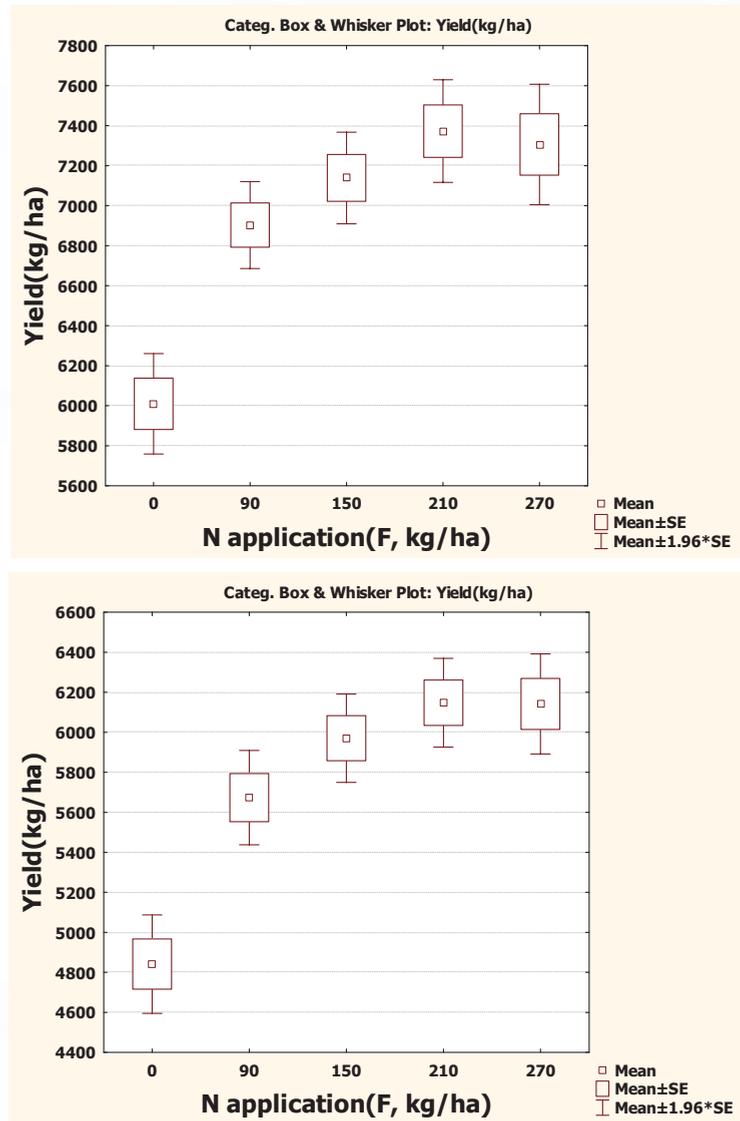


圖 1、101 年兩期作不同水稻品種氮肥施用量與稻穀平均產量關係，一期作(上 圖)，二期作(下圖)，14 個品種，16 個試區(2012)。

每一試區不同施氮量對於期作間平均最高稻穀產量則有品種間的差異，不同氣候區的東山與新屋兩試區比較，新屋地區一期作以臺梗14號為最高，二期作以臺中秈17號為最高，臺梗14號則隨施氮量的增加稻穀產量增加的趨勢(圖2)。

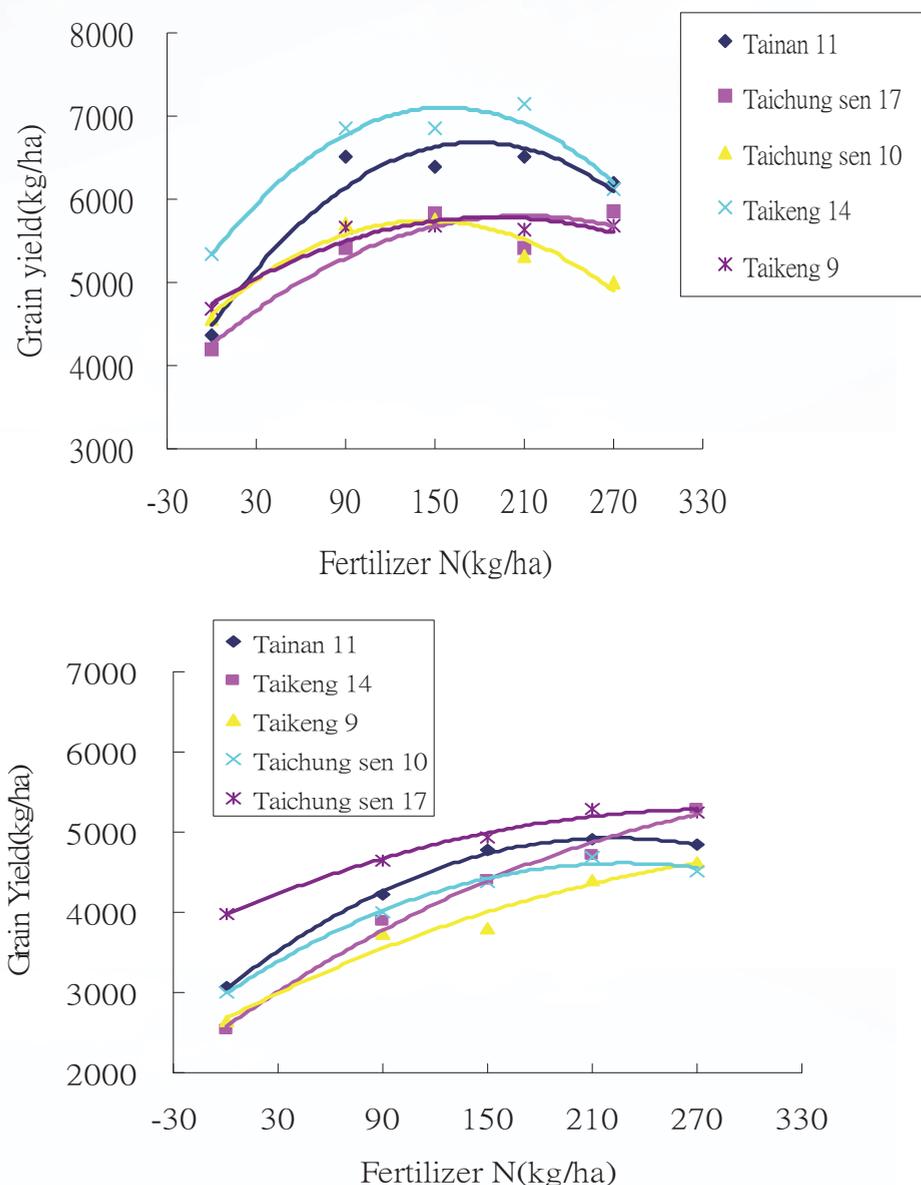


圖 2、不同施氮量於不同期作品種之稻穀產量表現，一期作(上圖)，二期作(下圖)，新屋(2012)。

東山試區一期作品種間與施氮量的產量效應不明顯，二期作除臺中秈10號外，其它品種稻穀產量隨施氮量的增加而增加的趨勢(圖3)。

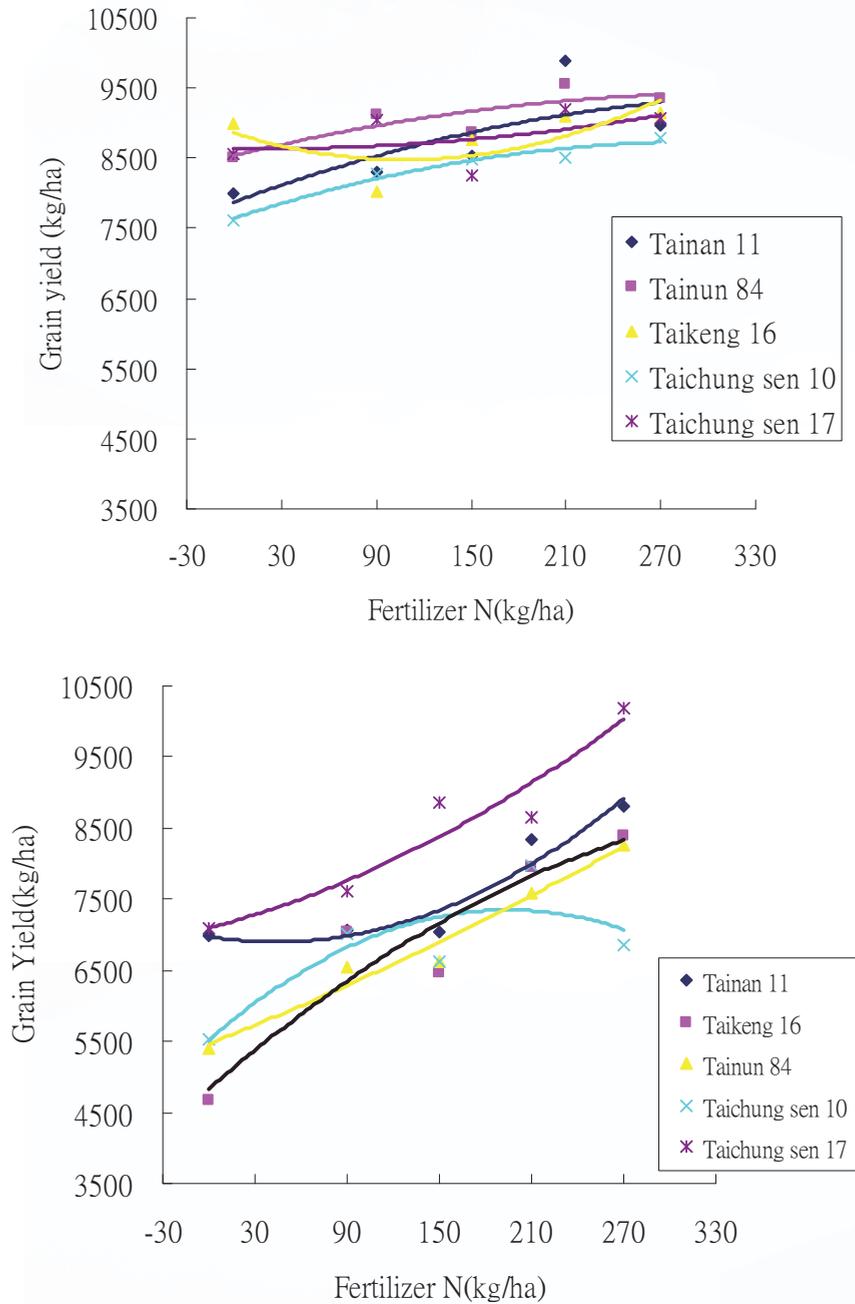


圖 3、不同施氮量於不同期作品種之稻穀產量表現，一期作(上圖)，二期作(下圖)，東山(2012)。

各試區不同品種氮肥利用效率(PFP)兩期作均以氮肥施用90 kg N/ha為最高，圖4，但以一期作高於二期作，氮肥利用效率(PFP)高，可能造成水稻一期作平均稻穀產量高於二期作主要原因，提高二期作氮肥利用效率，為日後欲提高二期作稻穀產量主要研究工作。

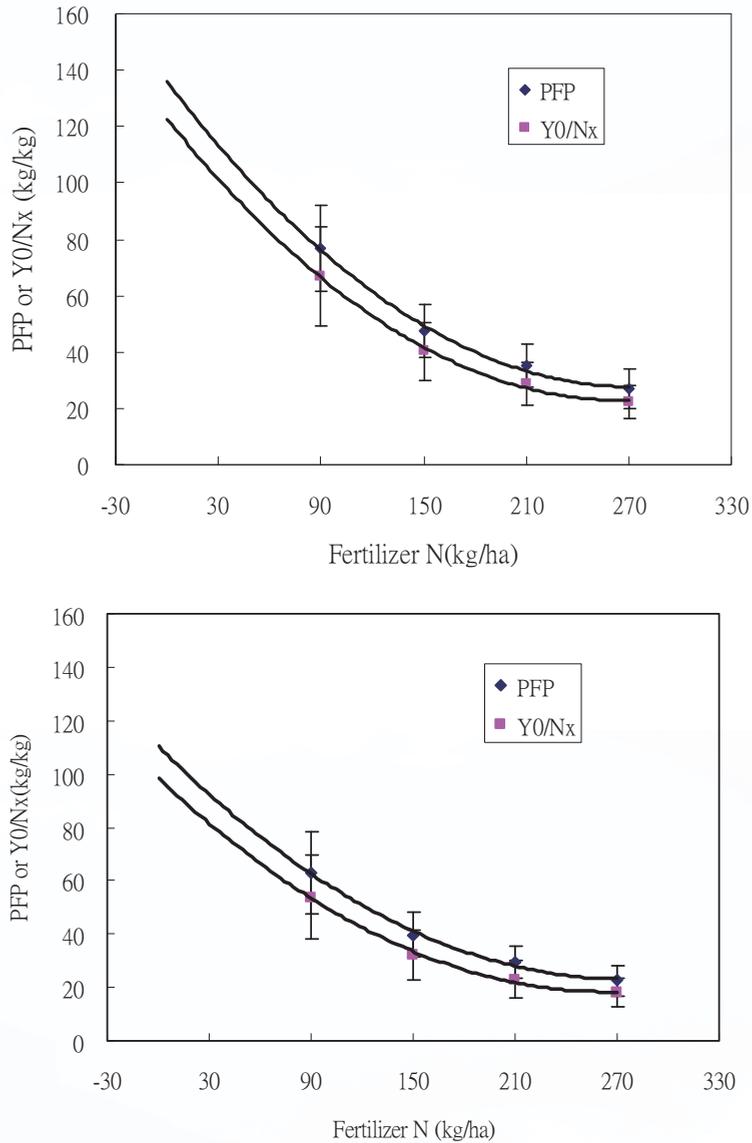


圖 4、不同水稻品種各等級氮肥施肥量下配因效率與有效田塊自然供氮力(EINS)之關係一期作(上圖)，二期作(下圖)，14 個品種，16 個試區(2012)。

不同氮肥施用量對於乾物質生產與分配

水稻產量的物質來源主要是光合產物，其餘是根吸收的養分(無機為主)，水稻產量的形成過程是乾物質的累積與分配的過程。在水稻生長發育過程中，群體所累積的乾物質越多，並且分配到稻穗部的比例越大，產量越高。籽粒充實過程是產量形成中重要的生理階段，該時期除受水稻品種本身的生物學特性影響外，栽培措施特別是氮肥施用對水稻充實過程和產量品質有重要影響。

將供試的不同水稻品種區分為稈稻型，對於乾物質的累積與分配，呈現南北不同的型態，東山試區對於施氮量的增加，稈型收穫指數高於稈型，兩種稻型變異不大(圖5)，而新屋地區稈稻品型對於施氮量呈稈型收穫指數高於稈型，稈稻品型隨施氮量的增加，其收穫指數呈增加趨勢，推測乃由於施用270 kg N/ha時，莖葉中的乾物質累積呈減少的傾向(圖6)。

不同氮肥施用量對於氮素吸收累積與轉運

氮素是影響水稻產量與品質形成的敏感因素之一。生產實務上存在氮肥用量總體偏大，氮肥分配不合理等問題。一定範圍內增施氮肥對提高產量具有一定意義，過高的氮肥施用量增加了成本投入也帶來一系列的環境問題，而且過量的氮素易使葉片早衰及光合能力下降，不利於提高水稻產量和氮肥利用效率。籽粒氮主要來源於花前植株累積的氮素轉運以及開花後植株對土壤氮素的吸收。土壤施氮對於改善水稻品質和提高產量具有重要意義，尤其在作物關鍵期影響較大。

今以無氮區產量百分率作為土壤氮素供應的指標，以氮素收穫指數(NHI)為氮素於水稻吸收氮素後轉運分配的指標。新屋東山試區不同氮肥施用量對供試的不同水稻品種的無氮區產量百分率與氮素收穫指數的關係，如圖7與圖8。新屋試區供試5個品種無氮區產量百分率隨施氮量的增加而降低的趨勢，不同品種間以臺稈14號為最低，臺中稈17號最高，兩者於施氮量等級處理呈明顯的差異。雖然臺稈14號於不施氮肥區其氮素收穫指數低於臺中稈17號，但隨施氮量的增加，臺稈14號氮素收穫指數也隨之增加，臺中稈17號隨之減少，當施氮量為270 kg N/ha時，

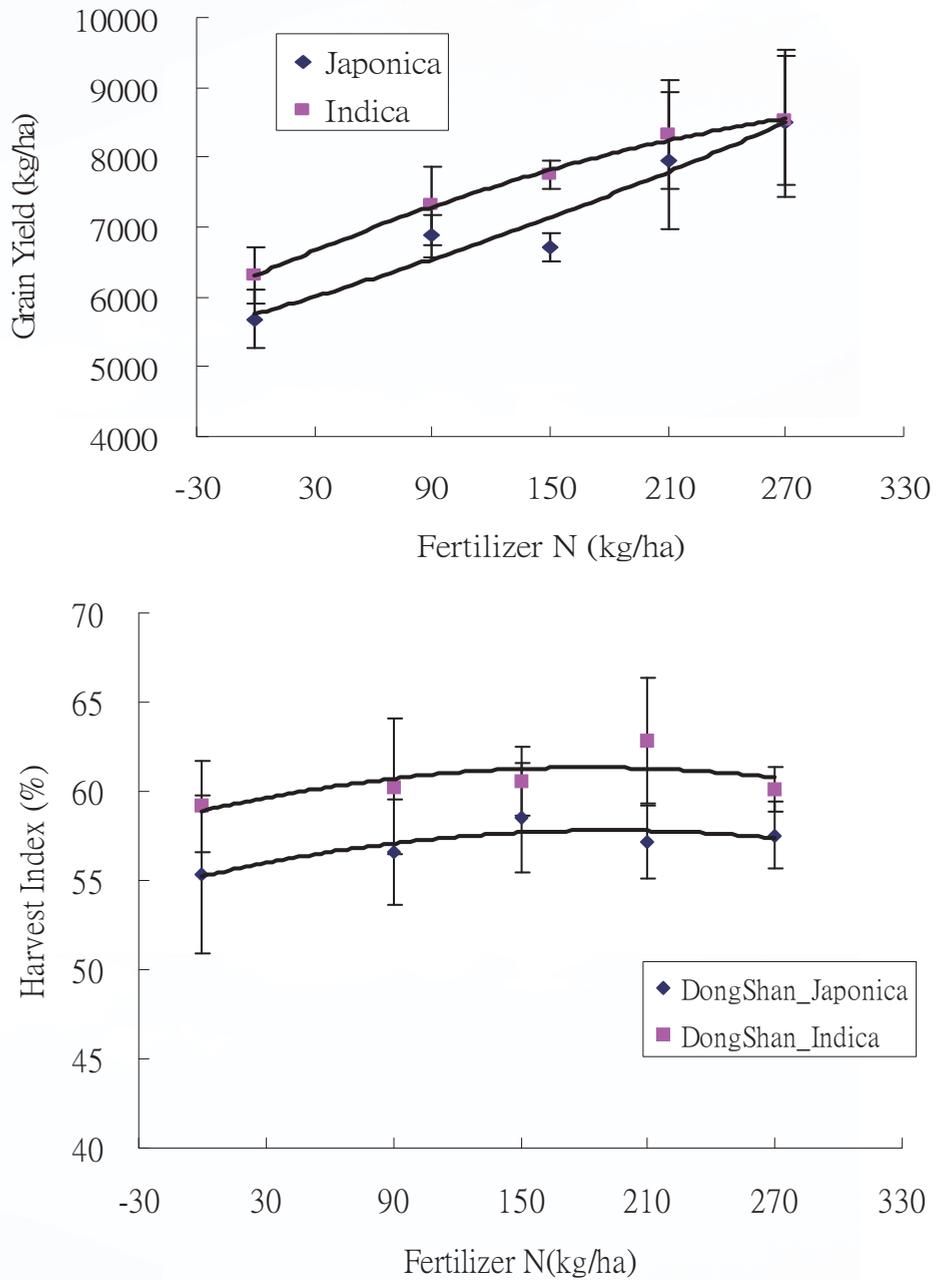


圖 5、東山試區不同水稻稈秈品種於不同氮肥施用量對產量與收穫指數(Harvest Index, HI) 之影響(2nd Crop,2012)。

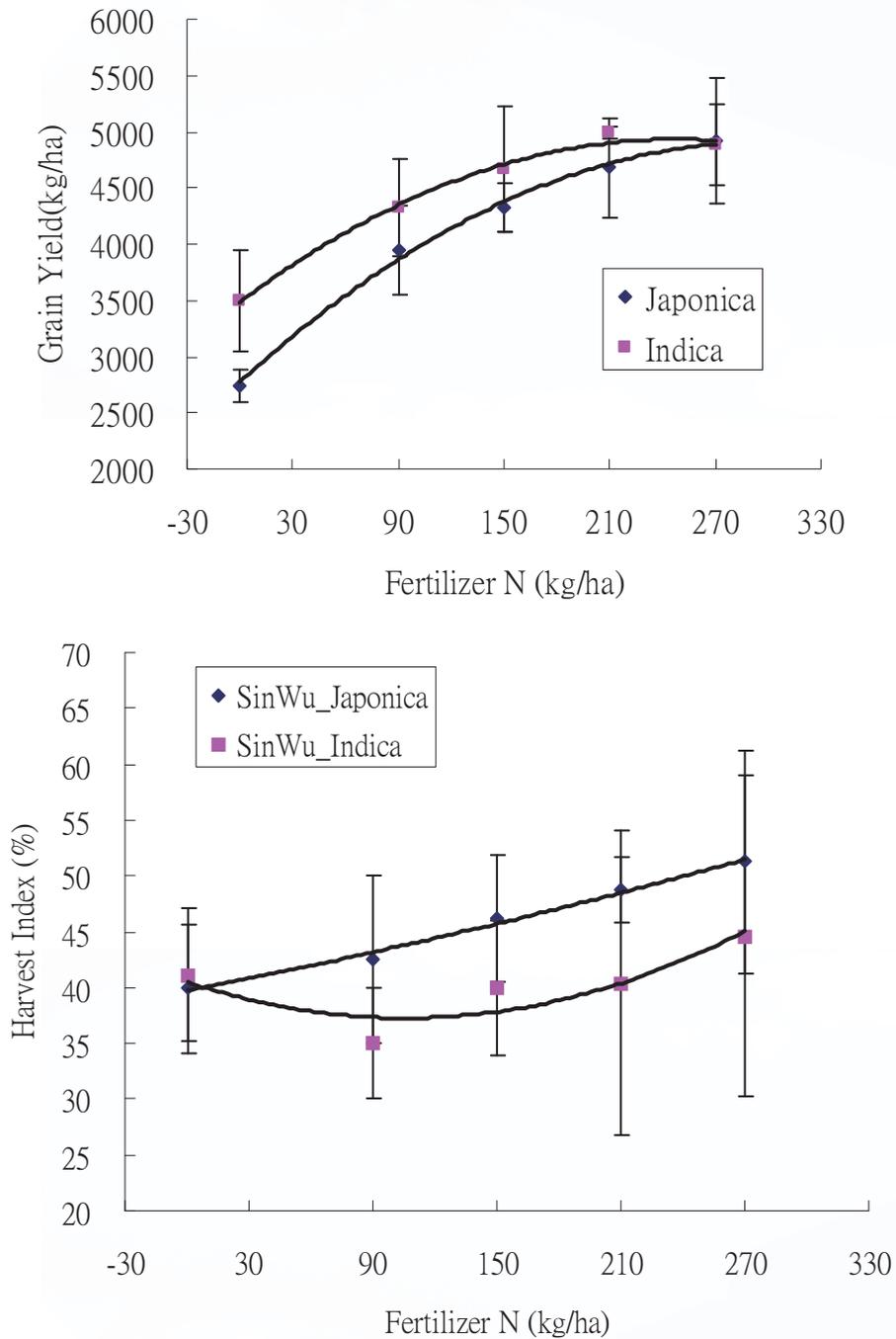


圖 6、新屋試區不同水稻稈秈品型於不同氮肥施用量對產量與收穫指數(Harvest Index, HI) 之影響(2nd Crop, 2012)。

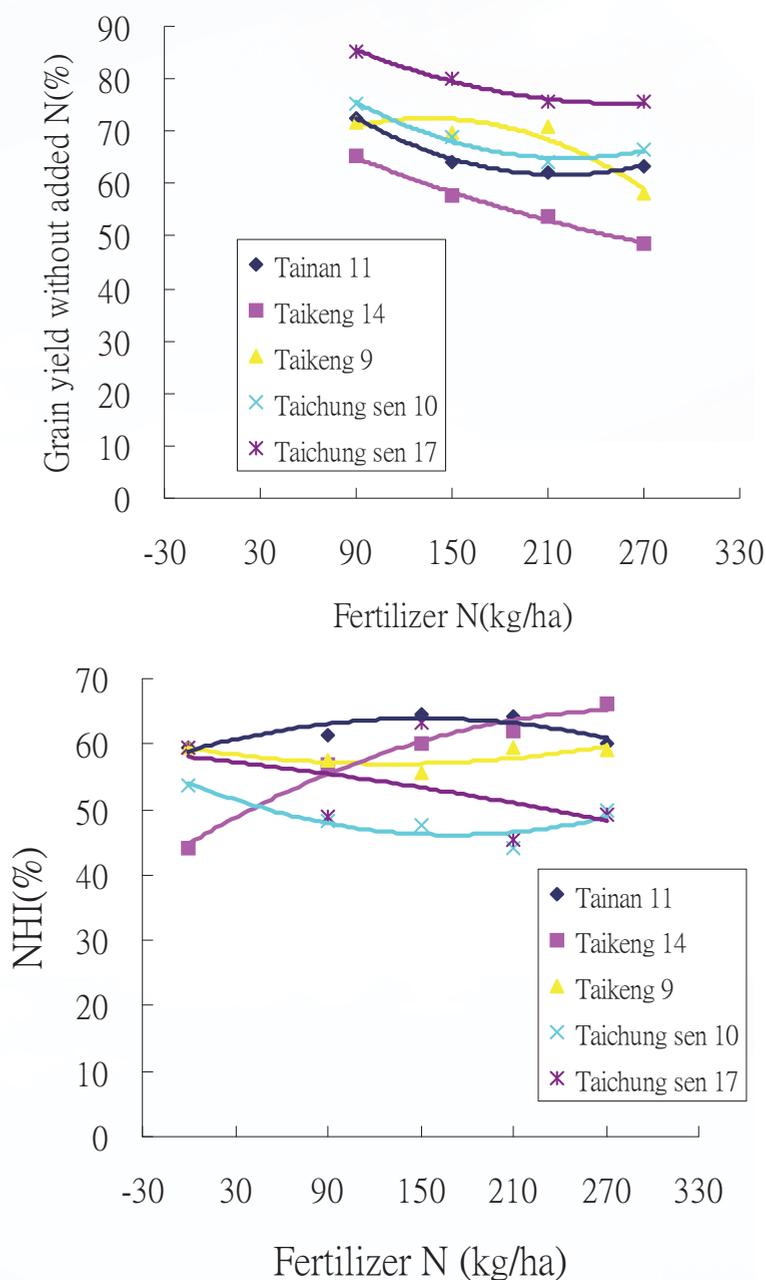


圖 7、新屋試區不同水稻品種於不同氮肥施用量對無氮區產量百分率與氮收穫指數 (NHI) 之影響(2nd Crop, 2012)

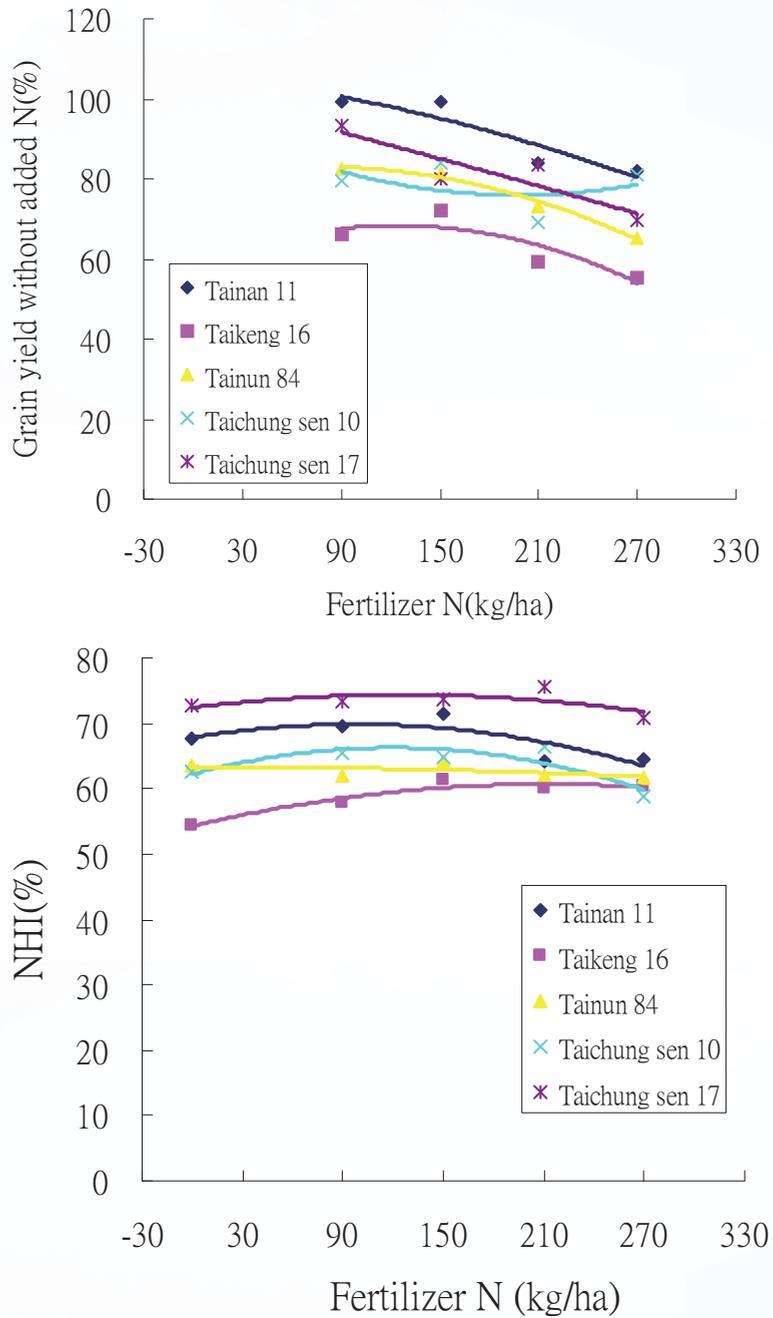


圖 8、東山試區不同水稻品種於不同氮肥施用量對無氮區產量百分率與氮收穫指數 (NHI) 之影響(2nd Crop, 2012)

臺梗14號氮素收穫指數最高，稻穀產量也最高，說明了該品種產量增加主要受氮肥增加的貢獻。東山試區供試品種無氮區產量百分率隨施氮量的增加而降低的變化趨勢與新屋試區相同，氮素收穫指數隨施氮量的增加則無明顯變異，其中不同施氮肥等級間，以臺中秈17號為最高，稻穀產量也最高，說明稻穀的高產為環境的貢獻，主要為氣候條件與土壤性質等因素，至於兩者間的貢獻度則需進一步的探明。

結 語

兩期作氮素利用效率則以施用90 kg N/ha明顯高於其它氮肥等級；氮肥施用210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達7,300 kg/ha，二期作達6,100 kg/ha，施用超過210 kg N/ha時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少。

供試的不同品種水稻的稈和稻型，對於乾物質的累積與分配，呈現南北不同的型態，南部試區對於施氮量的增加，其收穫指數呈增加的趨勢，而北部地區秈稻品型對於施氮量呈負效應趨勢，稈稻品型於施用270 kg N/ha時，其收穫指數呈增加趨勢，推測於270 kg N/ha 對於莖葉中的乾物質累積呈減少的傾向。

參考文獻

1. 郭鴻裕、劉滄琴、朱戩良、江志峰 2003 臺灣現行之農田土壤管理組之歸併與利用 p.1-20 土壤管理組規劃及應用研討會論文集。
2. 朱兆良 2008 "Research on soil nitrogen in China." ACTA PEDOLOGICA SINICA 45(5).
3. 陳春泉、郭鴻裕 1991 臺灣地區稻田生產力分級規範及調查總報告 p.13-18 臺灣地區稻田生產力分級規範及調查總報告(農業試驗所特刊第34號) 農業試驗所 臺中 臺灣。
4. Adhikari, C., K. F. Bronson, G. M. Panullah, A. P. Regmi, P. K. Saha, A. Dobermann, D. C. Olk, P. Hobbs, and E. Pasuquin. 1999. On-farm soil N supply

- and N nutrition in the rice-wheat system of Nepal and Bangladesh. *Field Crops. Res.* 64:273-286.
5. Budhar, M. N., S. P. Palaniappan, and T. M. Thiyagarajan. 1994. Influence of substitution of fertilizer nitrogen by green manure on growth and yield of lowland rice. p.131-140. In: Berge, H. F. M., Woperies, M. C. S., Shin, J. C.(Eds), SARP Research Proceedings. Nitrogen Economy of Irrigated Rice: Field and Simulation Studies.
 6. Cassman, K. G., S. K. De Datta, S. T. Amarante, S. P. Liboon, M. I. Samson, and M. A. Dizon. 1996. Long-term comparison of the agronomic efficiency and residual benefits of organic and inorganic nitrogen sources for tropical lowland rice. *Expl. Agric.* 32:427-444.
 7. Cassman, K. G., S. B. Peng, D. C. Olk, J. K. Ladha, W. Reichardt, A. Dobermann, and U. Singh. 1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. *Field Crops Res.* 56:7-39.
 8. Dobermann, A., C. Witt, S. Abdulrachman, H. C. Gines, R. Nagarajan, T. T. Son, P. S. Tan, G. H. Wang, N. V. Chien, V. T. K. Thoa, C. V. Phung, P. Stalin, P. Muthukrishnan, V. Ravi, M. Babu, G. C. Simbahan, and M. A. A. Adviento. 2003. Soil fertility and indigenous nutrient supply in irrigated rice domains of Asia. *Agron. J.* 95:913-923.
 9. Dobermann, A., and K. G. Cassman. 2002. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant Soil.* 247:153-175.
 10. Dobermann, A., and P. F. White. 1999. Strategies for nutrient management in irrigated and rainfed lowland rice systems. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 53:1-18.

11. Hossain, M. F., S. K. White, S. F. Elahi, N. Sultana, M. H. K. Choudhury, Q. K. Alam, J. A. Rother, and J. L. Gaunt. 2005. The efficiency of nitrogen fertilizer for rice in Bangladeshi farmers' fields. *Field Crops Research* 93:94-107.
12. Jiang, L. G., T. B. and D. Jiang. 2004. Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Research* 88:239-250.
13. Olk, D. C., K. G. Cassman, G. Simbahan, P. C. Sta Cruz, S. Abdulrachman, R. Nagarajan, S. T. Pham, and S. Satawathananont. 1999. Interpreting fertilizer-use efficiency in relation to soil nutrient-supplying capacity, factor productivity and agronomic efficiency. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 53:35-41.
14. Singh, U., J. K. Ladha, and E. G. Castillo. 1998. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium and long-duration rice. *Field Crops Res.* 58:35-53.
15. Toriyama, K., and S. I. Sekiya. 1991. A method of forecasting the nitrogen release pattern of paddy soils for the fertilizer management of rice plants. In: *Soil Management for Sustainable Rice Production in the Tropics*, IBSRAM Monograph No. 2, International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand, p. 287-302.
16. Wang, D. J., Q. Liu, and J. H. Lin. 2004. Optimum nitrogen use and reduced nitrogen loss for production of rice and wheat in the Yangse Delta region. *Environ. Geochem. and Health* 26:221-227.
17. Witt, C., A. Dobermann, S. Abdulrachman, H. C. Gines, G. Wang, R. Nagarajan, S. Satawatananont, T. T. Son, P. S. Tan, L. van Tiem, G. C. Simbahan, and D. C. Olk. 1999. Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Res.* 63:113-138.

休耕田轉作玉米之土壤與營養管理

譚增偉、陳桂暖

行政院農業委員會農業試驗所

摘 要

於本省中南部沖積土進行多處秋作玉米肥料三要素試驗，探討土壤肥力能限分類(FCC)應用於旱作施肥推荐之可行性。各地玉米之施肥效應大致以氮較高、磷次之、鉀最低。各別氮肥效應之土壤間差異很大，轉作田犁底層之存在降低不同表底土型間之差異，具a因子(強酸性)者氮肥效應最差，具b因子(pH>7.3)氮肥需要量較高，而g因子(排水不良)者氮肥效應亦最低。磷肥效應與土壤有效磷(Bray氏第一法)測定值之關係顯著，唯本試驗結果有效磷之臨界值極高，此與轉作田之無定形鐵含量及鐵活性比有關，可作為磷之施肥診斷參考。鉀肥效應與交換性鉀含量呈極顯著相關，與非交換性鉀則否，但交換性鉀含量低時，非交換性鉀含量低者(k因子)呈更佳之鉀肥效應。又排水不良土壤之k肥效應亦較為明顯，因此對鉀肥效應，除依表土有效鉀含量預測外，尚需考慮非交換性鉀含量及排水不良等因子酌量施肥。土壤管理(整地與否、灌溉)及氣候異常均影響肥料效應與產量。

關鍵字：肥力能限分類、有效性磷、交換性鉀、非交換性鉀、強酸性、石灰性、無定形鐵、鐵活性比、排水不良、肥料效率、整地與不整地、深層施肥。

前 言

過去本省施肥推荐(如P.K推薦)均以表土有效養分測定結果為依據，實際上施肥量與土壤中有效養分間之關係受其他土壤性質之影響，如表底土質地，pH、排水，CEC等重要土壤性質均應加以考慮。Buol等人曾提出土壤肥力能限分類，該分類係一種技術性的分類系統，以作為肥力管理的依據，該分類即以土壤的表底土

型及肥力限制因子為依據構成土壤肥力能限分類的單位。故如將此分類與有效養分之測定一併應用於施肥推荐，應可獲得更經濟有效之推荐方法。

臺灣省農業試驗所曾於1978~1981年與各區農業改良場合作，完成本省土壤肥力能限分類調查工作，並將此分類系統應用於水稻三要素施肥推薦。然此分類系統尚未應用於旱作物(玉米)施肥推荐。唯在諸多肥力限制因子中，僅就a (強酸性)、b (石灰性)、g (排水不良)、i (Fe-P固定)及k (低非交換性鉀含量)等因子探討其對施肥效應之影響。

材料與方法

1.試驗地點及土壤理化性質：於本省中南部沖積土共27處進行秋作臺農1號玉米肥料三要素試驗。試驗地點土壤之理化性質及FCC單位如表1、2、3。

表 1、77 年秋作各試驗地土壤之理化性質

FCC 分類	地點	pH	有機質 (%)	有效性 P (ppm)		有效鉀 (ppm)	交換性鉀 (ppm)	非交換性鉀 (ppm)	Free Fe ₂ O ₃ (%)		
				Bray 1.	Olsen				Fe _o	Fe _d	
Lb	義竹	A	7.6	1.6	4.5	5.0	37	61	306	0.38	0.86
		B	7.7	0.6	3.3	4.0	22	41	240		
Lak	霧峰	A	4.6	1.1	29.1	20.3	61	98	81	0.32	1.17
		B	4.8	0.7	21.0	14.9	76	104	113		
LCb	元長	A	7.8	1.8	12.0	12.0	58	75	399	0.47	1.0
		B	7.8	1.7	8.3	10.2	5	90	543		
LCa	太保	A	4.7	2.3	17.2	10.9	117	143	192	0.42	1.28
		B	4.8	1.2	5.2	4.4	28	64	516		
Lg	太保	A	5.5	2.6	51.0	35.0	55	78	308	0.36	1.21
		B	6.7	1.9	9.2	10.0	18	58	451		
LC	鹿草	A	6.8	1.9	24.3	22.2	74	105	425	0.35	1.51
		B	7.1	1.2	2.9	6.1	27	66	483		
LCk	斗六	A	6.8	1.0	35.4	31.5	23	36	95	0.57	1.51
		B	7.2	0.6	6.5	13.1	30	48	119		
Lki	太保	A	5.3	3.0	50.0	25.0	25	33	79	1.16	1.54
		B	6.0	2.1	17.0	11.0	17	25	82		
LCk	鹿草	A	6.3	2.0	6.3	9.4	71	90	105	0.78	1.85
		B	7.3	1.1	2.8	6.1	39	59	170		
L	太保	A	5.7	3.2	30.5	3.1	20	33	679	1.23	1.81
		B	6.6	2.2	18.3	18.6	15	30	680		
Lk	霧峰	A	5.5	0.9	16.2	14.0	46	58	90	0.69	1.53
		B	6.4	0.7	6.5	7.5	42	45	101		

註：A：表土，1~15 公分 B：底土，15~30 公分 有效鉀：Mechlich k

表 2、78 年秋作各試驗地土壤之理化性質

FCC 單位	地點	pH	有機質 (%)	有效性磷(ppm)		有效鉀 (ppm)	交換性鉀 (ppm)	非交換性鉀 (ppm)	
				Bray 1.	Olsen				
L	褒忠	A	6.7	1.0	2	3	18	22	210
		B	6.5	0.8	1	3	11	14	280
Cbi	水林	A	7.4	2.5	42	38	16	23	505
		B	7.8	2.1	31	25	20	32	510
Lk	六腳	A	6.1	1.2	38	37	95	120	78
		B	6.0	1.1	24	20	80	100	110
Lk	六腳	A	6.3	1.2	53	47	130	160	105
		B	6.5	1.0	12	13	44	64	134
La	太保	A	4.4	1.4	60	43	108	153	320
		B	4.5	1.0	10	11	25	49	405
Ci	鹿草	A	5.3	2.6	40	45	126	150	510
		B	6.5	1.6	12	17	47	59	654
Ca	鹿草	A	4.8	2.4	26	21	96	132	410
		B	6.0	1.5	8	6	41	80	480
C	鹿草	A	5.8	3.2	5	4	83	115	520
		B	6.8	1.9	2	3	31	67	580

表 3、79 年秋作各試驗地土壤之理化性質

FCC 單位	地點	pH	有機質 (%)	有效性磷(ppm)		有效鉀 (ppm)	交換性鉀 (ppm)	非交換性鉀 (ppm)	
				Bray 1.	Olsen				
L	斗六	A	7.0	1.2	10	9	13	24	305
		B	7.1	0.6	6	4	8	12	387
LG	斗六	A	7.3	1.8	18	16	22	40	302
		B	6.9	1.1	10	7	18	31	400
LGi	斗六	A	6.2	2.3	46	39	27	51	420
		B	6.4	2.1	19	21	23	36	460
LG	斗六	A	5.5	1.2	23	18	76	90	250
		B	6.1	0.8	8	10	14	29	305
Sk	二林	A	6.8	0.7	3	5	26	48	115
		B	7.1	0.5	1	2	17	36	140
Lb	二林	A	7.4	1.9	3	4	25	47	392
		B	7.5	1.2	2	2	13	31	424
Sbk	二林	A	7.4	1.1	3	2	30	51	125
		B	7.6	0.6	0	1	25	37	170
Lg	芳苑	A	6.8	1.4	57	65	147	155	287
		B	6.9	0.8	29	38	55	79	311

2. 試驗設計及處理：總計氮、磷、鉀各4變級(但因各肥力限制因子而稍有不同)之不完全組合，共八處理、四重複、逢機完全區集。各地小區面積38.5平方公尺，行株距為70×25公分，整地播種、玉米膝高期培土。肥料施用方法依肥料手冊(1)所訂標準方法。
3. 調查分析項目：試驗開始前採取表土(0~15公分)、底土(15~30公分)分析土壤一般性質及游離鐵、無定形鐵⁽⁴⁾。另採土壤剖面標本以鑑定土壤排水情形。調查穀收量。
4. 玉米幼苗之鋁毒害調查：此為調查本省土壤可能造成Al毒害的情形，以求得其可能之臨界pH值或鋁飽和度。取不同pH之土壤置於塑膠罐中(7×8公分)，水分調節至最大容水量的70%，不加任何肥料。每罐種植3粒剛發芽的玉米種子，種植後7天觀察根系及地上植株生長狀況，並調查根長。交換性鋁用1N KCl抽出以ICP測定，交換性Ca、Mg、K用1N醋酸銨(pH 7.0)抽出，鋁飽和度之計算屬 $\text{ex. Al (me/100 g) / ex. Ca+Mg+K+Al (me/100 g)}$ 。

結果與討論

由各試驗地氮、磷、鉀不同等級肥料之玉米收量可描繪各要素之效應曲線，如以無肥區產量百分率表示(圖2、6、7)三要素對玉米產量之效應以氮最高、磷次之、鉀較低。今依各要素別檢討可能影響肥料需要量之不同表底土型及肥力限制因子。

一、氮肥效應

各試驗地之無氮肥產量百分率範圍從28%至85%，可見氮肥效應之土壤間差異很大，由各試驗地之平均氮肥效應求得最高產量之氮肥需要量220公斤/公頃左右，略大於連氏⁽³⁾所訂之180公斤。主要不同表底土型(L、LC、C、S、LG)之氮肥效應如圖1，其中L、LC、C、LG型土壤之最高產量氮肥需要量差異不大，唯S型土壤之氮肥需要量最大，約270公斤/公頃左右。

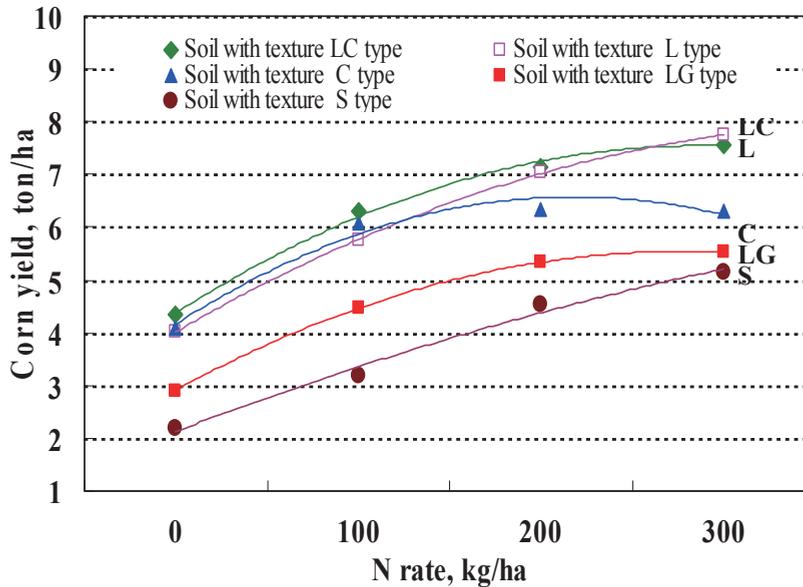


圖 1、不同表底土型試驗地之玉米氮肥效應

土壤肥力能限分類中有關表底土型分類之意義，主要係考慮土壤質地不同可能造成作物根系分布之不同，尤其表土與底土之質地差異大時，可能引起根系發育之障礙，理論上LC或LG型土壤者，因底土質地之突變會嚴重限制查根系之往下伸展，故其生產潛力或氮肥效應與L型不同。本試驗結果，各不同表底土型間之氮肥需要量雖有差異，但未能如預期者，此係因轉作田土壤過去長期種植水稻，土壤中均形成明顯的犁底層，故田間觀察玉米根系，發現大部分玉米根群在土壤中之分佈極淺，此原因會降低土壤因不同表底土型所引起根系分佈之差異。故田間觀察玉米根系在L與LG或LC型土壤間之分佈差異，未能如預期顯現。又本試驗結果，S型土壤之氮肥需要量最高，似並不完全反映根系之影響，可能與該型土壤含較低之有機質、無機態氮及氮肥易流失有關。

本研究中之土壤曾作詳盡之理化性質分析，並將各性質分別與玉米產量百分率作迴歸分析。茲將玉米無氮肥產量百分率與土壤之重要理化性質之單相關係數

列於表4。由於表4知氮肥效應與土壤性質之關係均不顯著，顯然這些土壤測值殊難作為氮肥效果大小的依據。尤其是有機質或無機態氮含量低的土壤，理論上氮肥效應之機會應較多，但由於土壤之其他生長限制因子亦較多，致氮肥效應未能如期顯現。圖2為N肥效應與土壤pH的關係，二者雖不顯著，唯值得注意的是氮肥效應最差的6點，其中4點均屬強酸性土壤(pH<5.0)，另2點則為排水不良土壤(圖2)。該等土壤之氮肥需要量亦低，可能與鋁的毒害及排水不良有關。

表 4、玉米氮區產量百分率與土壤性質的單相關係數

土壤	有機質	pH	Inorg-N	%		
				Sand	Clay	Silt
表土	0.224	-0.355	0.206	-0.143	-0.165	0.086
底土	0.017	-0.303		0.036	0.147	-0.160
表底土平均	0.123	-0.294				

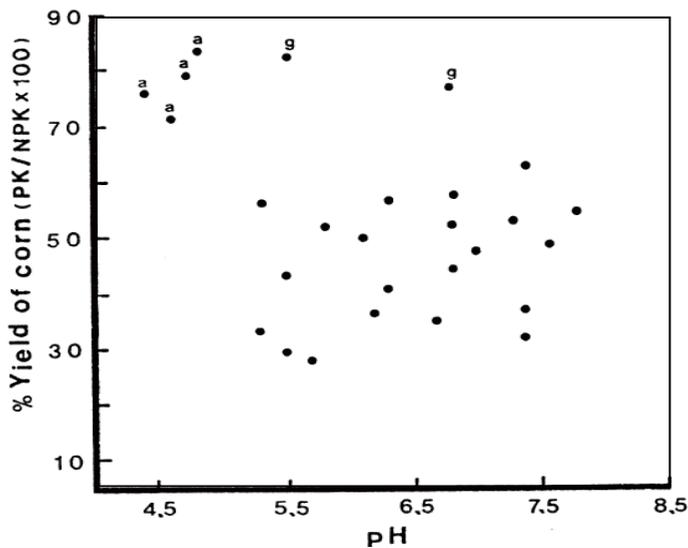


圖 2、氮肥效應與土壤 pH 的關係

本省耕地土壤pH的分佈情形，根據過去土壤肥力能限分類調查(1978~1981)的結果，pH低於5.6的強酸性土壤樣本分佈率高達38%，故強酸性土壤對旱作引起鋁

的毒害問題值得注意。一般而言，作物種類不同，對鋁毒害的忍耐性亦不同(8, 15)Fox則指出酸性土壤因鋁毒害所引起玉米低產的問題，用鋁飽和度作指標較用pH為準確，且其臨界值亦因土壤種類而不同⁽⁷⁾。Buol等人⁽⁶⁾提出的土壤肥力能限分類系統中有關鋁毒害的因子"a" (強酸生)，其定義為1.土壤深度50公分內鋁飽和度大於60%(因所用抽出劑pH不同，其鋁飽和度或大於67%或86%。或2. pH<5.0 (1:1)，有機質土除外。

圖3為本省土壤pH與鋁飽和度的關係，二者呈極顯著負相關，且土類不同，其鋁飽和度呈明顯差異，即紅壤較高、砂頁岩、粘板岩沖積土較低，此差異在pH小於4.5時尤其明顯，圖中之黑點尚包括幾點臺東之黑土(pH<4.6)，亦顯示較南部平原之沖積土為高。又圖中pH>5.6之土壤，幾乎測不出交換性鋁，而pH<5.0之土壤，其鋁飽和度>60%者不多見。

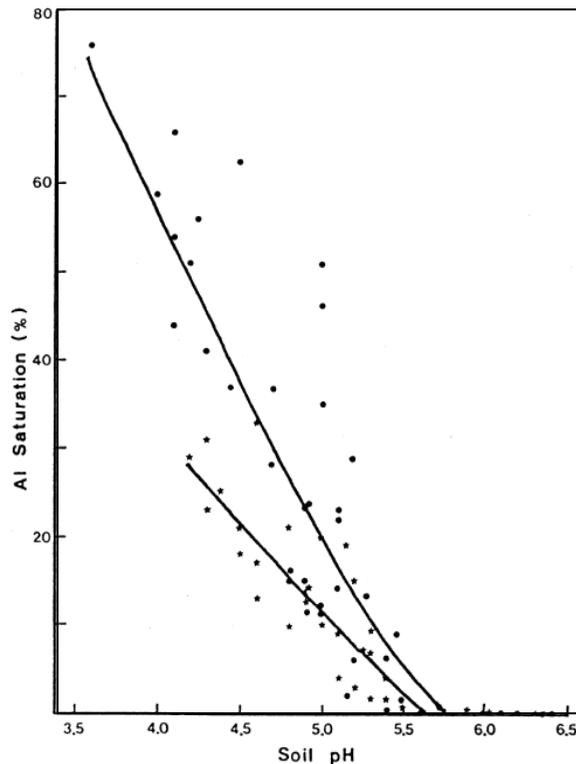


圖 3、土壤 pH 與鋁飽和度的關係

許多研究指出作物地上部受鋁毒害之症狀與磷缺乏或鈣缺乏者類似，這是因為鋁的毒害會抑制作物對養分(P、Ca、Mg、K、Fe、Zn、Cu、Mn)的吸收，尤其是P、Ca和Mg^(9,12)，故在田間極不易觀察或鑑定作物之鋁毒害症狀。又據研究指出鋁的毒害會阻礙根的細胞分裂，致影響根的伸長，減少主根生長及支側根的形成，造成粗短而扭曲形狀^(8,9,15,16)。故從觀察比較作物根系之形態特徵，或許較能觀察作物是否受到鋁之毒害問題。

為了探究鋁的毒害對玉米根生長的影響，以求出本省土壤引起鋁毒害的臨界pH值，圖4為玉米幼苗根長與土壤pH的關係，顯然根的生長在pH<5.0以下會受到抑制，尤其pH在4.5以下的土壤更明顯，此時經觀察結果發現根呈粗短，扭曲形狀。圖4中根長若改為與鋁飽和度的關係，則二者之相關更佳，雖然如此，單從圖4之關係尚難明確指出本省土壤引起鋁毒害的臨界pH值，若從比較玉米幼苗根的形態及Buol等人⁽⁶⁾提出的FCC系統中關於"a"因子的定義，並考慮土壤pH測定的方便性，可約略定義。"a"為pH<5.0 (1:1)。圖2中具a因子的殘點，其無氮肥產量百分率均較其他點為高，計算其氮肥需要量，亦較低，約在120/公頃以下左右，此氮肥效應較差的原因，即與A1的毒害有關。

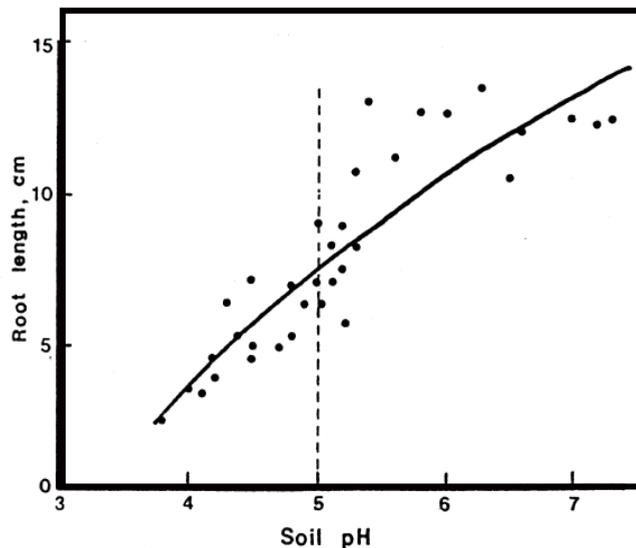


圖 4、根長與土壤 pH 的關係

圖2具g因子的兩點，其氮肥效應亦較差，顯示排水不良亦影響氮肥需要量，經計算其最高產量之氮肥需要量為130/公頃左右(圖5)，此與woodruff等⁽¹⁹⁾之結果不同，彼等指出玉米之最高產量氮肥需要量隨地下水位增高而增加，唯彼等係利用人工排水管控制地下水位，故根系之生育似與實際田間不同。本省西部沖積平原排水不良土壤於秋作玉米生長期間，地下水位一般正逢下降，故玉米大致不易遭受排水不良之害。本試驗中，排水不良之試驗地播種期較早，生育前期地下水位曾達至地表下20至30公分，期間又逢大雨，玉米根系已嚴重受害，故試驗結果其氮肥效應較差。

至於b因子(石灰性)因對銨態氮肥會導致氨之揮發損失，故其氮肥需要量較一般土壤為高約230/公頃左右(圖5)。

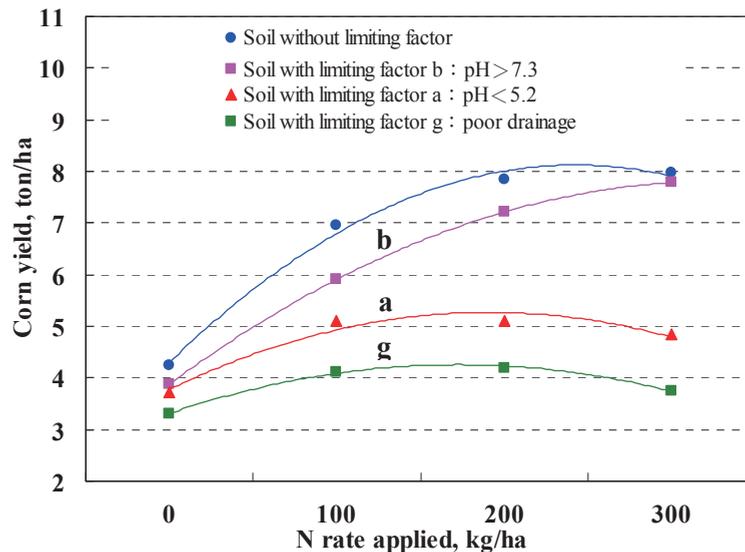


圖 5、具不同肥力限制因子土壤之玉米氮肥效應(b：石灰性，pH>7.3 a：強酸性，pH<5.2 g：排水不良)

二、磷肥效應

土壤肥力能限分類因注重表底土型，故本研究分別測表、底土之重要性質，其與磷肥效應間之單相關係如表5，由表5知土壤性質中僅有效磷之相關係數較

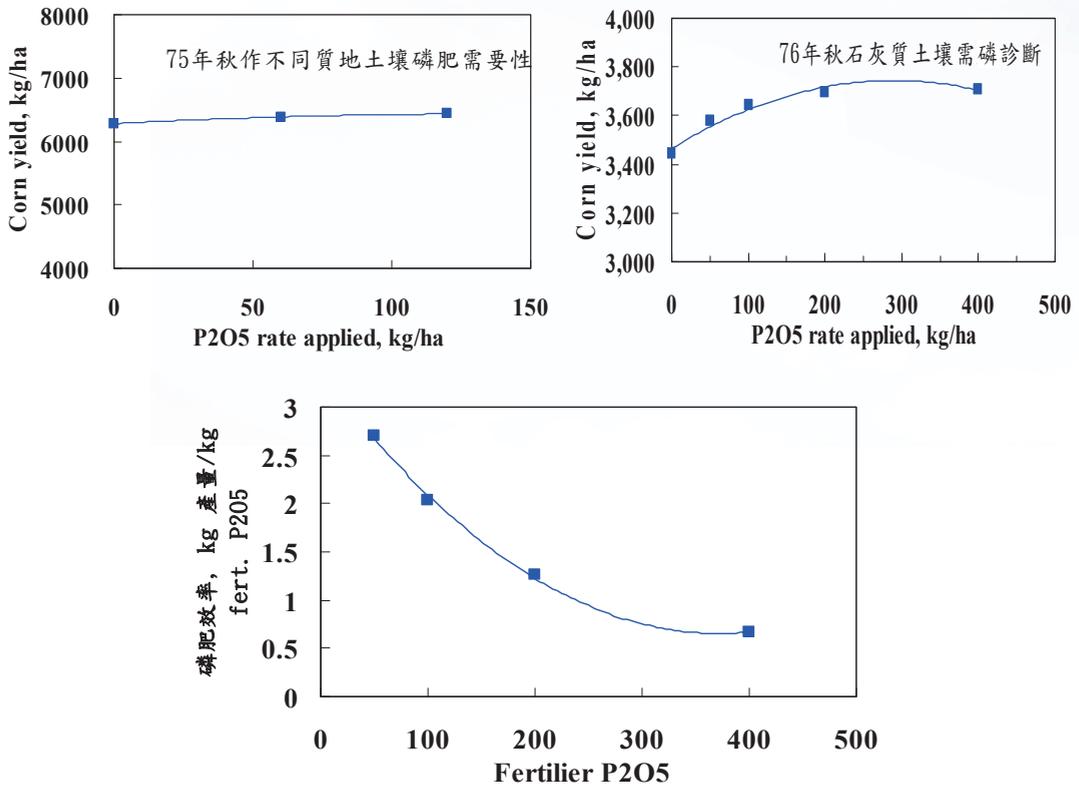
高，均以表土較佳，且Bray氏第一法優於Olsen氏法。27個試驗地之結果，二者相關達極顯著(圖6)，值得注意的是圖中如4至8號土壤其有效磷高達30 ppm以上，但仍有10%以上之增產效果，此趨勢與李氏⁽²⁾之結果類似。若以此圖而論其95%磷效應之表土Bray P臨界值高達40 ppm，遠大於過去連氏所定之20 ppm⁽³⁾。

表 5、玉米無磷區產量百分率與土壤性質的單相關係數

土壤	Bray P	Olsen P	有機質	pH	Fe _o /Fe _d
表土	0.821**	0.612**	-0.172	-0.238	0.147
底土	0.211	0.239	0.045	-0.316	0.116
表底土平均	0.410*	0.3698*	-0.048	-0.303	

Millelsen等⁽⁵⁾在水田排水後，種植旱作主磷肥試驗中亦發現在有效磷達超過一般旱作物臨界濃度時，磷肥仍然有極顯著的增產效果。Willett等^(17,18)發現經浸水—放乾的土壤會增加土壤對磷的吸著力，而此種新轉為旱作土壤的缺磷係由於土壤中磷形態的改變致影響磷對作物的有效性，而此種影響通常在轉為旱作後的第二或三年即會自然消失。譚氏⁽⁴⁾指出一般水田比旱田具較高之無定形鐵含量，且土壤經浸水放乾後土壤對磷的吸著力增加，乃因無定形鐵含量增加，此對原為旱田土壤者尤其明顯。Mitchell等⁽¹¹⁾謂無定形鐵較結晶性鐵具較大之表面積，其對磷之吸著約為結晶性鐵之109倍，且對磷產生較大之包裹作用。而Sah等^(13,14)指出浸水—放乾的土壤，游離鐵中之無定形鐵會顯著增加，致磷轉變成一般旱作不易利用的RS-P。綜合上述結果，對初由水田轉作旱作易發生缺磷問題，或謂有效磷含量高時仍具有磷肥效果，可解釋為1.轉作田具較高之無定形鐵含量，致增加土壤對磷之吸著能力。2.抽出之有效磷包括旱作無法利用的RS-P，此RS-P對水田轉作時，在無機磷中所佔之百分率會增加。

圖6中有效磷含量高而呈明顯磷肥效應的幾點(4至8號土)，均為土壤具較高之無定形鐵含量及鐵活性比，又有效磷含量高而無磷肥效果的幾點(9至13號土)，原即為旱田土壤(9至10號土)，或為具低無定形鐵含量及鐵活性比之轉作田(11, 12,



磷肥效率= kg 子實(施磷區產量-無磷區產量)/kg P₂O₅用量)

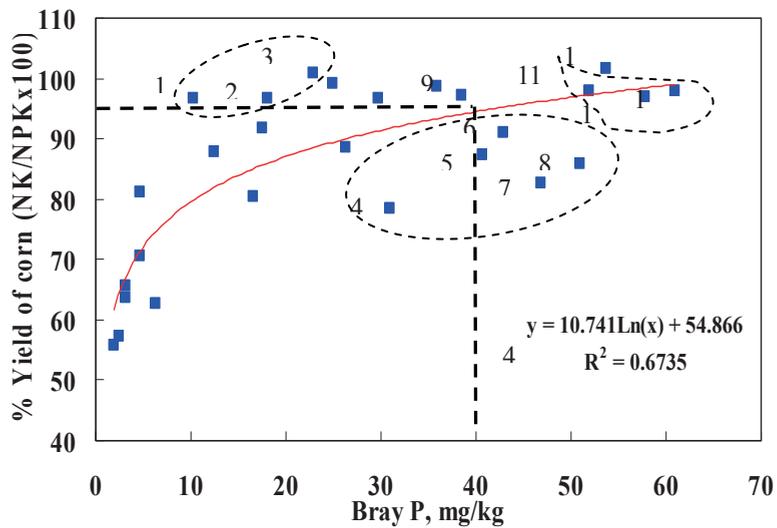


圖 6、土壤有效性磷與玉米產量百分率的關係

13號土)。11至13號土壤之有機質含量不高，多年來之耕作方式均將稻草燒成灰，可能為具較低鐵活性比原因之一，因稻草燒成灰，減少了微生物所需之碳源，致降低水田土壤之還原程度，使鐵不易因還原而溶解，故該等土壤於浸水放乾時其無定形鐵含量及鐵活性比均較低。

原為旱田土壤之1，2，3號土，其無磷區產量百分率大於95%，而其有效磷含量均小於22 ppm則與連氏⁽³⁾所定之臨界值20ppm接近。圖6若將4至8號土不計，則有效磷含量與玉米磷肥效應之關係會更好，而95%磷效應之表土有效磷臨界值則降為30ppm。由於本試驗求得之表土有效磷臨界值極高，若依連氏所定根據表土有效磷測定值之磷肥推荐量，此時應考慮無定形鐵含量及鐵活性比之影響，尤其當鐵活性比大於0.45時，增加磷酐用量75公斤/公頃確有必要。

原FCC系統中列有磷的固定因子"i" (Fe-P固定作用)，其定義為游離氧比鐵對粘粒含量之比大於0.2，但為方便田間利用，其定義或為色彩之紅色度需大於5YR且具團粒構造者⁽⁶⁾。但本省沖積土其鐵對粘粒含量之比均小於0.2⁽⁴⁾，而轉作田確實發生鐵對磷的固定作用，此與無定形鐵有關，故"i"之定義應用於本省需作修正，其與無定形鐵及鐵活性比有關，目前鐵活性比可暫定為>0.45。

三、鉀肥效應

表6為幾個重要土壤性質與玉米無鉀肥產量百分率之單相關係數，其中僅交換性鉀和孟立克氏鉀含量與鉀肥效應呈有關，且以前者較佳，又不同土層之測值以表土之相關較底土好，而表土和底土平均測值之相關略大於表土。FCC中有關許多肥力限制因子之測值均定義為以0~50公分之測值表示，但由表5，6知，與肥效有關之幾個重要土壤性質的相關情形均以表土較佳，此可能與本省土壤一般較密實且犁底層普遍存在致使根系分佈較淺有關。故FCC應用於本省土壤，有關肥力限制因子的測定值如a、b、k、及i等，僅測表土即可。

圖7為以玉米無鉀區產量百分率所示鉀肥效應與表土交換性鉀的相關關係，由該圖可得95%效應之臨界值為91 ppm，略大於連氏所訂之80 ppm⁽³⁾。交換性鉀與孟

立克氏鉀含量呈極顯著相關，但與非交換性鉀含量則否(相關係數分別為0.913及0.174)。

表 6、玉米無鉀區產量百分率與土壤性質的單相關係數

土壤	交換性鉀	Mechlich k	非交換性鉀	有機質	pH
表土	0.9879**	0.881**	0.269	-0.044	-0.048
底土	0.357	0.327	0.303	-0.070	-0.039
表底土平均	0.640**	0.348	0.204	-0.033	-0.108

雖然鉀肥應與非交換性鉀含量知相關不顯著，但在表土交換性鉀含量低而約略相同時，非交換性鉀含量高著其鉀肥效應較佳。如圖7之9，8，7號土壤，三者之交換性鉀含量低(約30 ppm)而略同，但前者之非交換性鉀含量高達616ppm約為後二者(分別為79、95 ppm)之7倍，其鉀肥效應明顯低於後二者，6，5與4，3號土及1與2號土之間亦有類似的結果，但當交換性鉀含量高時(約大於90 ppm)，非交換性鉀含量的高低並不影響鉀肥效應。此非交換性鉀之臨界值約略可定為120 ppm，具此因子而非交換性鉀含量低(約60 ppm)者，由鉀肥效應曲線計算其最高產量之氧化鉀需要量應增加20~40公斤/公頃。又圖7之10及11號土壤交換性鉀含量高達78 ppm，但前者係排水不良土壤，施鉀肥仍然有明顯的效果。因此對鉀肥效應，除依表土有效鉀含量預測外，尚需考慮非交換性鉀含量及排水不良等因子酌量施肥。

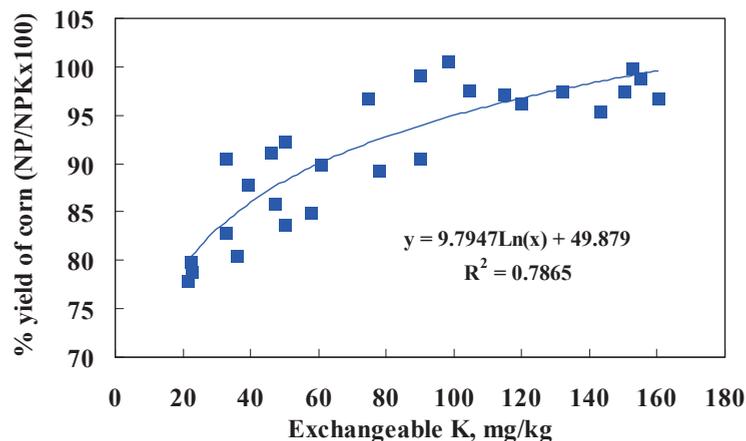


圖 7、土壤交換性鉀與玉米產量百分率的關係

四、土壤適性

玉米對土壤的基本要求為維持支持力、保水度(供排水、毛管水等)與根系發展；基於此，玉米除不宜種植於保水力極差的砂質土、極淺層或石礫土，以及不利根系發育的黏重土壤及排水不良水田外，其它任何土壤均可栽培。雖然臺農351號與臺農1號玉米之耐酸性頗強(臺農1號更佳)，如能就強酸性土壤，每公頃施用矽酸爐渣或苦土石灰2~3噸，於播種前一星期全面混入土中，可增進土壤中各元素的有效性，尤其是鎂的不足。玉米又為辨識多種營養元素缺乏症狀之良好指標作物(見圖)；氮磷鉀鎂鋅五大元素，前三者要足夠，後二元不可少，任何一種出現缺乏症狀就不易有高產量，此為高產之基本要求。

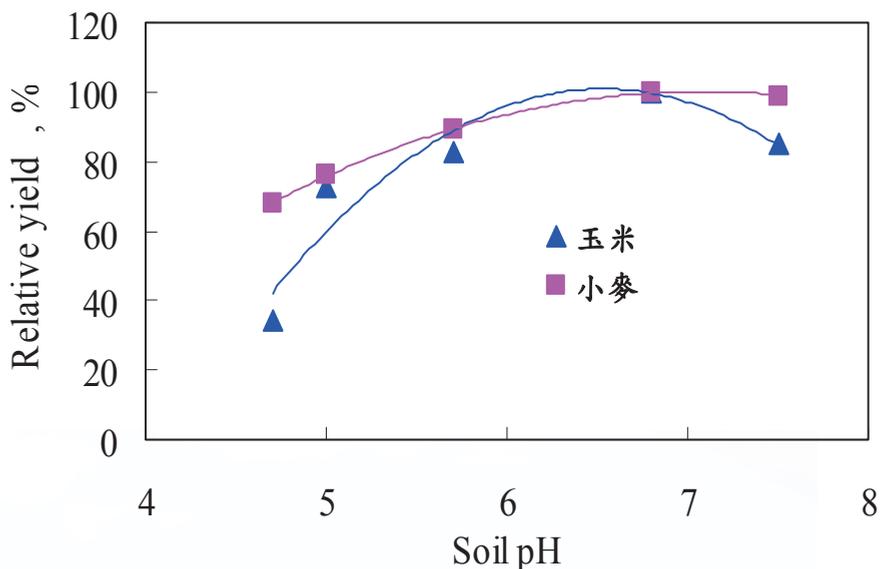


圖 8、玉米秋作(臺農 351 號)與小麥(臺中選 2 號)對土壤 pH 之適性-101 年本所農場 (譚, 未發表)

今以臺南縣佳里鎮與西港鄉之土壤特性為例，概括評估其對飼料玉米栽培之適應性。該地區土壤質地分佈多屬砂質壤土與壤土，合計佔95%，其他為粉質壤土佔5%，幾乎不見更粘的土壤如砂質粘壤土、粘質壤土或粉質粘壤土；又土層深厚，剖面中無質地突變情形，土層中有效水分供應充足；雖土壤pH範圍分佈廣，從強

酸性至強鹼性(pH最低4.2最高8.2)，並可伴有鎂、鋅的問題，但這些問題都容易解決。有機質含量雖不高(佳里鎮0.87~2.67%，西港鄉0.7~2%屬偏低)，卻易顯現施氮肥的效果，故為栽種玉米頗適合的地區。相關之土壤特性與肥力表徵，均可由進入本所農化組網頁查詢；通常土壤肥力的相關分析並不需要每期作或每年送樣檢測，網頁的土壤資訊已可提供並解決大部分土壤肥力與作物營養問題。

五、肥料三要素及鎂鋅推薦用量

氮、磷、鉀三要素是玉米生長時的重要補充養分，尤以氮素最重要。磷的需要性與缺磷症在幼株特別顯著，在生育初期幼株所需磷量比成熟的植株要來得多，當土壤能充分供應幼株所需磷量，則很少發生缺磷症，但若幼株表現嚴重缺磷時，很少有機會能克服缺磷而正常生長者，並且此症狀將延續至成熟。缺鉀症有時反應在玉米穗上，使穗軸變小變形且先端子實無法生長而成錐形(見圖9)，已形成之籽粒亦成熟不足，澱粉多而蛋白質少。土壤在酸化過程中如施氮肥之酸化，鎂較易流失，致酸性土壤特別在質地較粗的土壤，土壤中置換性鎂量少，易發生缺鎂症；土壤中置換性鎂量雖多，但鉀含量多時，亦會發生缺鎂，因鉀能抑制鎂之吸收。土壤缺鎂，視嚴重程度，施用硫酸鎂有時可達25-50%增產效果。缺鋅可以發生於相當範圍的土壤質地及土壤pH值，但它通常在砂質壤土或石灰質土壤被發現(圖10)。



圖 9、飼料玉米缺磷之植株初期(左圖)與嚴重缺鉀之穗軸(右圖)生育型態



圖 10、上左玉米缺鎂，上中缺鋅，上右缺鉀

六、肥料需求基準與計算

收量6.5噸/公頃之玉米植株三要素吸收量為N、P₂O₅·K₂O各120、45、100~120公斤/公頃；一般旱田土壤氮肥之利用率為30%、磷肥最低為25%、鉀肥較高可達45%以上。今以佳里鎮營頂里北邊之坵質壤土為例，其有效性磷23 ppm、鉀58 ppm，則肥料三要素每公頃需求估計為：

1. 氮：(120 (植株吸收量)-65 (土壤、灌溉水及雨水供給量))÷0.3 (氮肥利用率)=180 公斤
2. 磷：土壤中磷酐有效供給量 = 23 ppm×2.5×2.29×0.25 (磷利用率) = 33公斤
磷酐需要量=(45(植株吸收量)-33(土壤有效供給量))÷0.25(磷肥利用率)=50公斤
3. 鉀：土壤中氧化鉀有效供給量= 58 ppm×2.5×1.2×0.45 (鉀利用率)=78公斤
氧化鉀需要量=(110 (植株吸收量)-78 (土壤有效供給量))÷0.45 (磷肥利用率)=70公斤

今以玉米收量 6.5 噸/公頃為基準，各預期產量之氮素推薦量如表 1。

表 7.飼料玉米各預期產量之氮素推薦量(公斤/公頃)

肥料	預期產量(公斤/公頃)									
	4,500	5,000	5,500	6000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000
N 素	125	138	152	166	180	194	208	220	235	250

一般每公頃施用量為150~200公斤，可視生產潛力調節之。又不整地栽培者因氮肥的揮失、固定等較多，而土壤氮的礦化供應卻減少，每公頃氮推薦量較整地者需增加20~30公斤。

七、休修耕田之土壤肥力動態

民國93~97年度調查桃竹苗及臺中、南投雲嘉等地區休耕田之肥力動態與轉作時施肥調節現況。休耕田在未種植綠肥狀態下，若為休耕一期以上之水田由於田區土壤進入另一種平衡狀態，原土壤中的氮經由長時間的淋洗、脫氮而損失嚴重，另一方面土壤氮的礦化供應急遽減少；此時土壤中硝酸態氮含量僅為未休耕土壤20~50%，甚至更低，而有機質含量亦大幅減少，砂頁土壤減少0.2~0.7%，較粘者可達0.4~1.0%，如霧峰的砂壤中可由原來的1.6%降為1.1%，臺南的坩質粘壤土從2.8%降為2%。故氮素推薦用量應增加30~40公斤。此同時，土壤中有效性鉀亦淋洗而損失，推薦用量酌增加10~30公斤。相反的，原土壤中用白雷氏法測定的磷的有效性，會因在旱田狀態磷吸附機制與無機磷型態之改變而顯著增加，且與時俱增，此時推薦用量可減少20~50公斤，如臺南的坩質壤中，其有效性磷為20 ppm，按原推薦用量50公斤，此時可減少為用量最，多30公斤即可。

休耕田若為栽種綠肥,確可藉其吸及截取貯存養分以達保肥功能，尤其是有效減少原土壤中硝酸態氮及鉀之淋洗損失，此對粗質地土壤效益更明顯，至少可減少淋洗損失60%以上。本調查顯示，不論何種土壤，若能有效利用豆科綠肥，其能顯著提高土壤中氮之有效釋放而減少次作氮肥施用量50%以上。由於綠肥作物都在綠色時或成熟之後立刻犁入土壤中，因此分解甚快，雖可以補充活性、快速分解的有機質，一般而言，其僅能維持原土壤中有機質之含量水準，對增加土壤有機質之影響是可以忽略的，更無法期望翻入一次綠肥而使土壤有機質含量增加許多。但是每次犁入綠肥，其分解則滿足接著種植作物之有機質需求，尤其是砂質土壤及沒有其他來源有機質之土壤。又綠肥作物分解過程可明顯增進原土壤中磷(包括綠肥釋放出的磷)之有效度，與無綠肥區比較，不分作物別，20個觀察區，均

100%有效增加植體中磷含量；此應為綠肥作物分解過程中產生有機酸、銨離子與CO₂之故，正因如此，栽種綠肥作物，會降低非石灰性土壤之pH，(酸化現象)，如為休耕4-5年以上，一年兩次以上綠肥作物，pH下降幅度可達一個單位以上；唯再經水田作用即可逐漸恢復其pH。此不足慮，倒是土壤中養分調節須注意。

政府為解決稻米生產過剩，自推行水旱田利用調整計畫，其中休耕一綠肥措施已行之多年，但政府未能配合政策宣導綠肥之有效利用，依筆者調查，100%農友並未真正了解綠肥作物之功能，更不用說要如何去作省肥的計算或調節應用，實削減了此一政策上非常重要之衍生績效，殊為可惜。

八、休耕田復耕飼料玉米合理化施肥田間示範觀摩

97年起肥料價格問題風波不斷，雖然尿素及硫酸銨肥料曾降價，然基於高價肥料時代的不可避免，為減輕長久以來農民生產成本及有效提高產量與品質，並兼顧環境保育，有必要正確宣導合理化施肥措施；另者，水旱田利用調整計畫，政府推行多年，主以減少稻作生產面積，解決稻米生產過剩問題為目標，然農友普遍不知休耕田及配合栽種綠肥作物下之土壤肥力狀況，更不知就本身農田土壤特性，如何利用綠肥作物作適當調節省施化學肥料，且甚多水田是在長年連續休耕栽種綠肥作物狀態下，對非石灰性土壤已造成明顯酸化現象，土壤明顯有鈣、鎂的問題；但農民不知此問題之存在，亦不知如何改進，致復耕時面臨的土壤與作物營養問題，更認為是施肥不足所致，衍生的諸多土壤肥力與施肥之觀念與技術極需宣導。故於草屯鎮洪姓農友處舉辦休耕田復耕飼料玉米(秋作)合理化施肥田間示範觀摩會，以宣導正確省肥之觀念與技術。

該觀摩會主要宣導休耕田如何利用栽種適當綠肥作物以達省肥與調節土壤肥效功能，同時配合精準之肥力診斷，以採行必要之土壤酸鹼度調節與鈣、鎂補充措施，易使玉米達高產量，增加農民收益減少外匯損失。如栽種田菁或青皮豆等豆科綠肥作物，利用其省肥(固氮)、保肥(吸收、截取並貯存養分)、增進肥效(分解過程等)等功能，精準計算並掩施於土壤，每公頃可減用硫銨8~12包、過磷酸鈣1~3

包及氯化鉀3~5包；尤其可調節鉀對鎂吸收之拮抗作用，解決本省多元性土壤長久以來因作物別而被忽視的鎂的缺乏與有效性問題。

表8為洪姓農友處97年示範推廣區之土壤特性(秋作玉米前採土)，該田區已休耕種綠肥作物-青皮豆多年，土壤淋洗作用強，強酸性嚴重缺Ca、Mg，故需施苦土石灰以提高酸鹼度及充分補充鎂。缺Mg症狀更易誤認缺N致多施N肥，有效性鉀含量高更易造成植株缺Mg (土壤K/Mg高)；種綠肥可降低土壤K之供應強度。基此特性，在土壤強酸性情形下，施用苦土石灰；依土壤肥力分析結果，加上綠肥之有效養分供給，強力建議農友減施1/3化學肥料(N-P₂O₅-K₂O慣用量150-60-90以上，本推薦用量100-40-60)，結果與對照區比較，玉米植株生育差異極明顯(圖11)，並於97年12月17日召開田間示範觀摩會，成效良好。南投縣草屯鎮於97年一期採休耕種綠肥作物(田菁或青皮豆)之農戶有352戶，計121.72公頃，按此推廣，估計二期作至少可節省硫酸銨肥料60噸、氯化鉀24噸、過磷酸鈣15噸；總估至少可節省肥料用量30%以上。

表 8、洪姓農友處示範推廣區之土壤特性(97.10.15 玉米播種)

土層	質地	pH	有機質	交換性-Ca	交換性-Mg	有效性鉀
表土	壤土	4.5	2.1%	390 ppm 極低	67 ppm 極低	72 ppm 高
底土	砂壤土	5.0	1.1%	380 ppm 極低	48 ppm 極低	28 ppm 低



圖 11、休耕田栽種豆科綠肥作物與合理施用苦土石灰對轉作飼料玉米之效應(減肥與增產)

九、(活化休耕田)綠肥作物之合理利用

表 9、各地區適宜栽培之綠肥作物對照表

縣市別	期作別	綠肥作物種類
臺北 桃園	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、油菜、滿江紅
新竹 基隆	裏作	油菜、埃及三葉草、大豆類、紫雲英、羽扇豆、大菜、苕子、早苗蓼
苗栗	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、油菜、滿江紅
	裏作	油菜、埃及三葉草、大豆類、紫雲英、羽扇豆、大菜、苕子、早苗蓼
臺中 彰化 南投	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅、苕子
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、油菜、滿江紅
	裏作	油菜、埃及三葉草、大豆類、紫雲英、大菜、苕子、蕎麥、早苗蓼
雲林 嘉義 臺南	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅
	中間作	田菁、大豆類
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅
	裏作	油菜、埃及三葉草、大豆類、紫雲英、苕子、蕎麥、早苗蓼
高雄 屏東 澎湖	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅
	中間作	田菁、大豆類
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、滿江紅
	裏作	大豆類
臺東	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、紫雲英、富貴豆、滿江紅
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、富貴豆、滿江紅
	裏作	油菜、大菜、紫雲英、早苗蓼
花蓮 宜蘭	一期作	田菁、太陽麻、大豆類、富貴豆、滿江紅
	二期作	田菁、太陽麻、大豆類、富貴豆、滿江紅
	裏作	紫雲英、埃及三葉草、大豆類、油菜、大菜、早苗蓼

羽扇豆又名魯冰、富貴豆又名虎爪豆

表 10、各種綠肥作物每公頃可提供之三要素量(公斤/公頃)或相當之肥料量(公斤、包/公頃)對照表

綠肥種類	產量 (公斤/公頃)	氮 (N)	磷酐 (P ₂ O ₅)	氧化鉀 (K ₂ O)	硫酸銨 (公斤/包)	尿素(公斤 /包)	過磷酸鈣 (公斤/包)	氯化鉀 (公斤/包)
田菁	30,000	70	8.3	63	333 8.3	152 3.8	46 1.2	105 2.6
太陽麻	20,000	46	10	17.5	220 5.5	101 2.5	56 1.4	97 2.4
大豆類	20,000	89	10	58	426 10.6	194 4.8	57 1.4	96 2.4
富貴豆	25,000	19	14	50	91 2.3	41 1.0	76 1.9	79 2.0
苕子	40,000	112	26	86	533 13.3	244 6.1	144 3.6	143 3.6
埃及三葉草	25,000	54	16	49	256 6.4	117 2.9	90 2.3	81 2.0
紫雲英	25,000	60	11	46	286 7.1	130 3.3	63 1.6	77 1.9
羽扇豆	18,000	36	6.3	27	171 4.3	78 2.0	35 0.9	45 1.1
油菜	20,000	21	2	28	100 2.5	46 1.1	12 0.3	47 1.2
大菜	12,000	14	5	30	64 1.6	29 0.7	28 0.7	49 1.2
蕎麥	15,000	30	11	24	143 3.6	65 1.6	63 1.6	40 1.0
早苗蓼	20,000	25	15	70	119 3.0	54 1.4	83 2.1	117 2.9
滿江紅	25,000	60	11	46	286 7.1	130 3.3	63 1.6	77 1.9

綠肥翻耕適期

綠肥翻耕適期應掌握鮮草產量最高和肥份總含量最高時期進行。翻耕過早，雖然植株柔嫩多汁，容易腐爛，但鮮草產量低，養分總含量也低。反之，翻耕過遲，植株老化，木質素、纖維素增加，腐爛分解困難。綠肥的鮮草產量最高時期與可獲得的總氮量最多時期基本上是一致的。

主要綠肥翻耕適期，紫雲英、油菜為盛花期，苕子為現蕾至初花期，黃花苜蓿為盛花至初莢期，田菁為現蕾至初花期，太陽麻為初花至盛花期，大豆為植株豆莢充實期，埃及三葉草為開花期。

玉米對綠肥(田菁)氮素利用率

玉米對綠肥(田菁)氮素利用率與整地與否及氮肥用量有關(圖12)；其與氮肥用量呈負相關，顯然，玉米對綠肥(田菁)氮素利用率一般極低，小於22%，整地者更低，此與預期所能替代(減少)的肥料氮素量相差極大。

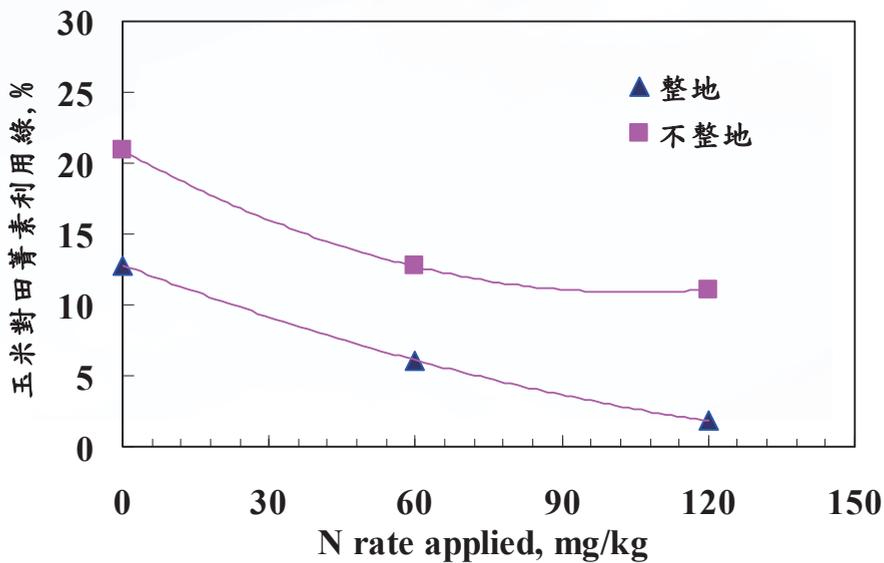


圖 12、整地與不整地玉米對綠肥(田菁)氮素利用率與化學氮肥施用量之關係(製自王等人, 1993)

十、水資源利用效率-氣候異常與土壤適性關係

101年本所秋作玉米與大豆分別於9月10日與9月13日整地播種，唯9月14日深夜之一場暴雨，瞬間雨量達100mm/hr，造成大豆試區形成嚴重之土壤結皮(厚度0.5-1.5cm)，事後無法突破結皮覆蓋者即無法發芽，雨水對大豆種子本身之發芽需要相當有助力，唯形成之土壤結皮是一大障礙(圖13)，其發芽率不及20%，致需重新整地播種。部分玉米試區因排水未先妥善處理，唯已播種正逢發芽，淹水造成其後之幼苗生育初期葉片黃化及生育緩慢矮小(圖13)；唯生育中期可見假土壤鉀抑制水澆之效應。

101年玉米秋作氣候異常(臺中霧峰地區本所試驗田)，11月17日至12月10日間為玉米穗發育關鍵期，唯連續陰雨致日照時數與光照(輻射強度)不足，嚴重影響玉米穗之結實飽和度如圖14。

緣此，不整地栽培之可行性值得進一步探討，尤其就本試區土壤剖面之質地分佈與土層深厚情形，有效水分供應充足(資料分析中)，足可發展因應氣候變遷缺水情形下之旱作物栽培規劃。

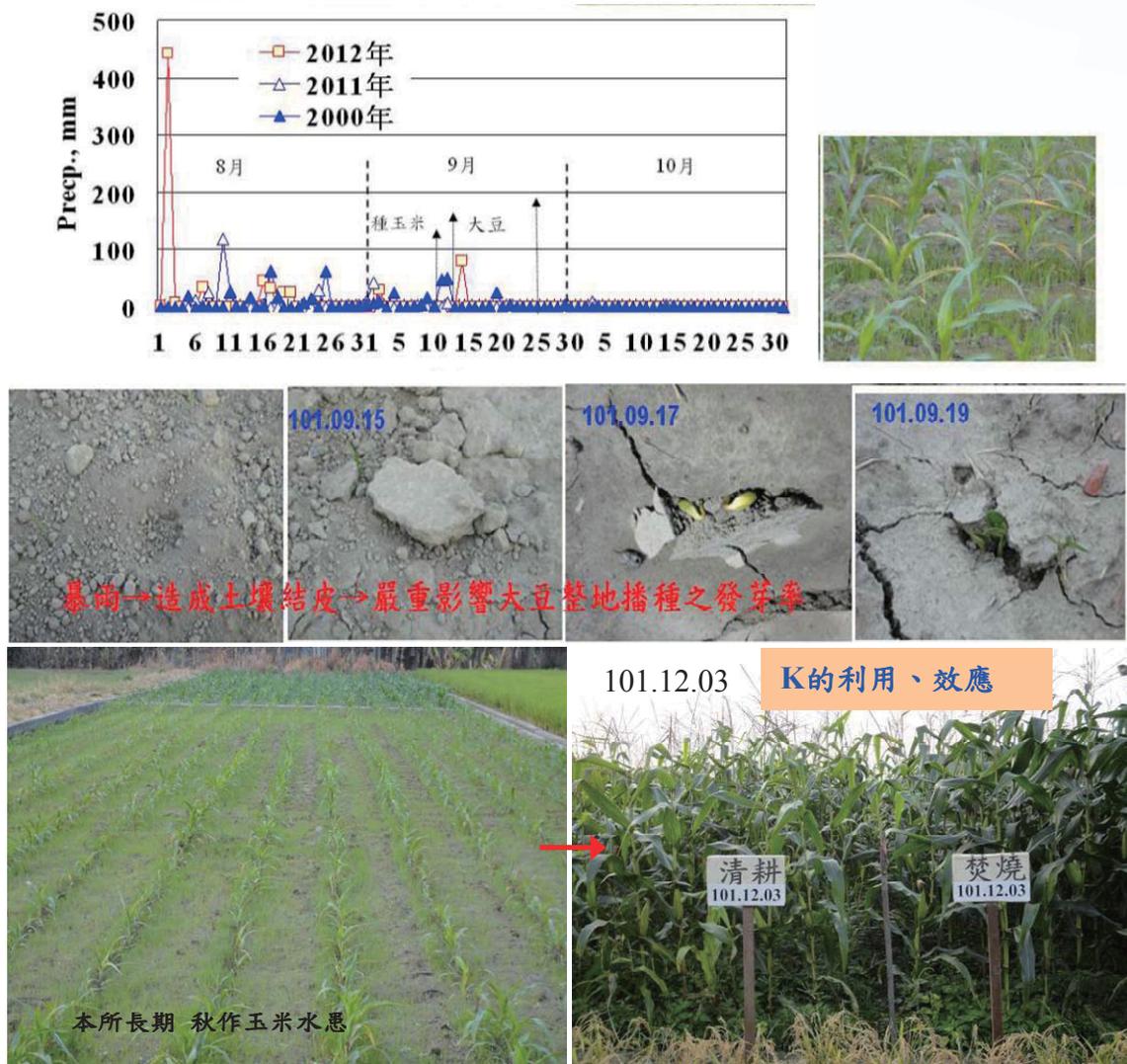


圖 13、101 年秋作玉米大雨造土壤結皮妨礙發芽與幼株黃化；其後鉀抑制水渙之效應(下圖右)。

本年度水稻一期作中後期雨量分佈異於往常，致連輪作區之春作玉米倒伏嚴重；水稻則因土壤氮素與 曬田管理良好，致無倒伏情形，但一般農家田區則倒伏

嚴重(非淹水區)。玉米倒伏則無關氮肥管理，主因土壤含水量過多(非不整地栽培)對玉米植株之機械支持力不足所致。顯示因應氣候變遷之作物種類、不整地災培與氮肥管理技術之重要。

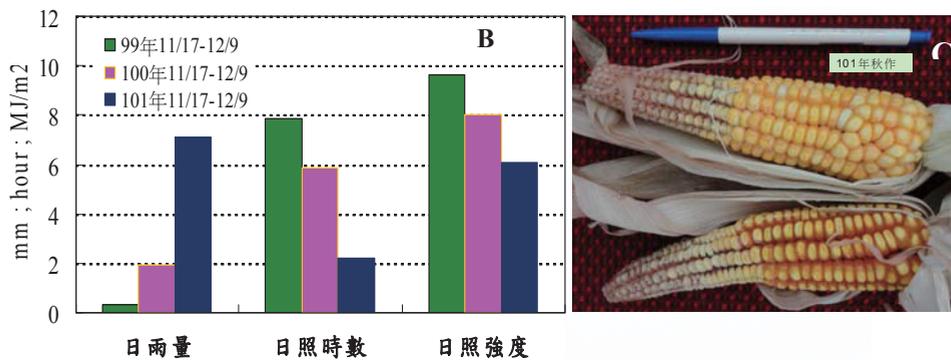
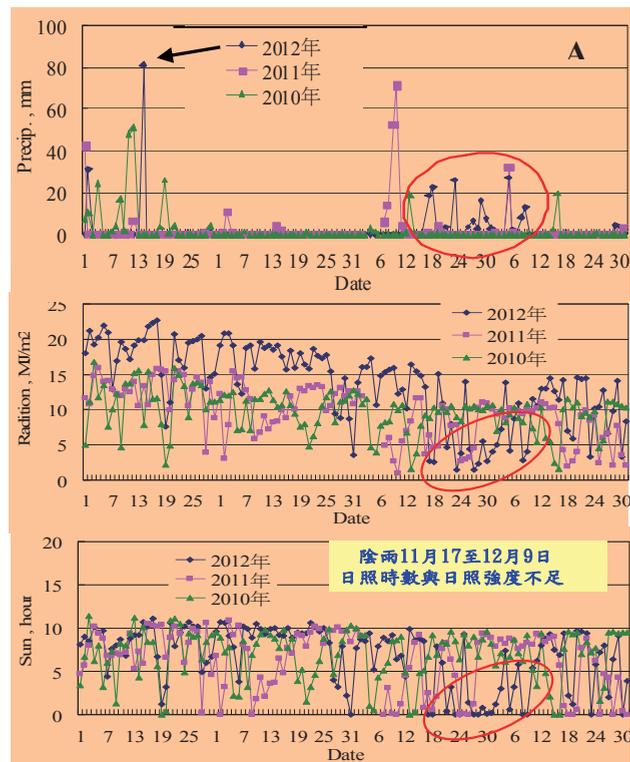


圖 14、101 年玉米秋作氣候異常(臺中霧峰地區本所試驗田)，11 月 17 日至 12 月 10 日間為玉米穗發育關鍵期，唯連續陰雨致日照時數與光照(輻射強度)不足，嚴重影響玉米穗之結實飽和度如上圖↑。

十一、連輪作、品種與土壤管理-環境-作物系統下之土壤性質作物生育特徵

99~101年玉米(臺農1號)產量不論春作或秋作，連作與輪作間之差異並不明顯，尤其在連作區土壤pH已 <5.0 ，顯示臺農1號玉米比臺農351號更耐連作與耐酸性；而殘株處理方式不論是掩埋、清耕(移除)、焚燒對水稻與玉米產量影響並不明顯(圖21)；本試區2001年以前，玉米(臺農351號)連作則減產嚴重，連作數年即幾無產量，而輪作效果雖遠較水稻顯著，但年度間亦呈下降趨勢，唯不致有連作之幼苗嚴重枯死情形。臺農351號玉米連作數年生育受阻，在改種臺農1號至今即見生育良好(圖18)，顯見玉米連作，植物相剋作用的效力及其對品種的專一性值得注意。推測，來自玉米本身根系分泌物的自毒作用或不耐強酸性是臺農351號玉米連作障礙的主因。連續20年間不同耕作制度對土壤pH的影響顯示，不同耕作制度間造成土壤pH呈明顯差異，以水稻連作者最高、穩定且無逐年減少或增加情形，水旱田輪作者次之，旱作連作者最低並呈逐年減少趨勢(圖16、17)，表示不同耕作制度中水田作用對穩定土壤酸鹼度的重要性。顯示施用硫酸銨氮肥之旱作連作，土壤酸化嚴重，此時pH可從水田連作之 5.8 下降至 <4.0 ，此顯示非石灰性沖積土對pH呈較低緩衝能量。水旱田輪作區，每年種玉米後pH較水田連作者在20年間平均下降 1.05 ± 0.36 單位，種玉米後之經一作水田則回昇 0.57 ± 0.29 單位，但仍無法回昇到原來的數值(5.8 ± 0.28)；此pH的下降幅度大而回昇幅度小，應與土壤母質非石灰性、使用氮肥 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 及僅一作水田作用有關。

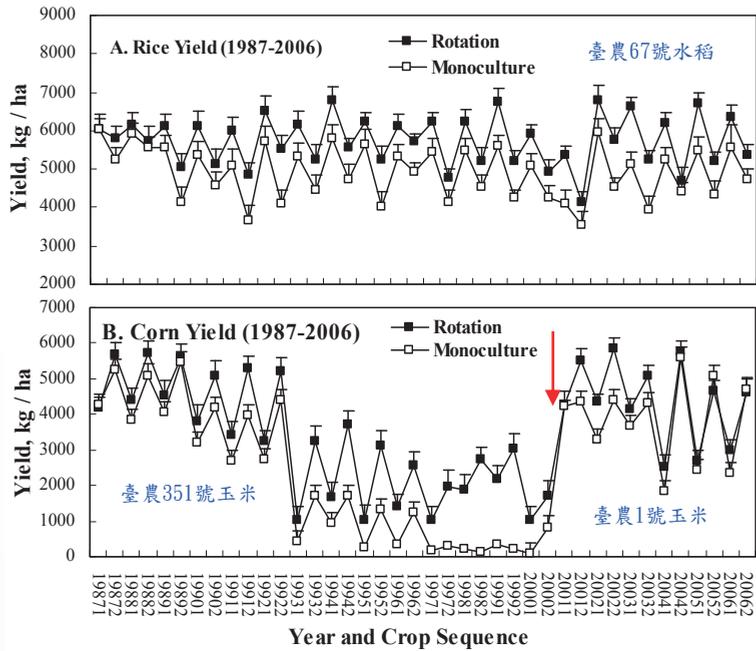


圖 15、連作與輪作對水稻及玉米連續 20 年間產量之影響。19871、19872 分別表示 1987 年一期作 (水稻或春作玉米)及 1987 年二期作 (水稻或秋作玉米)。

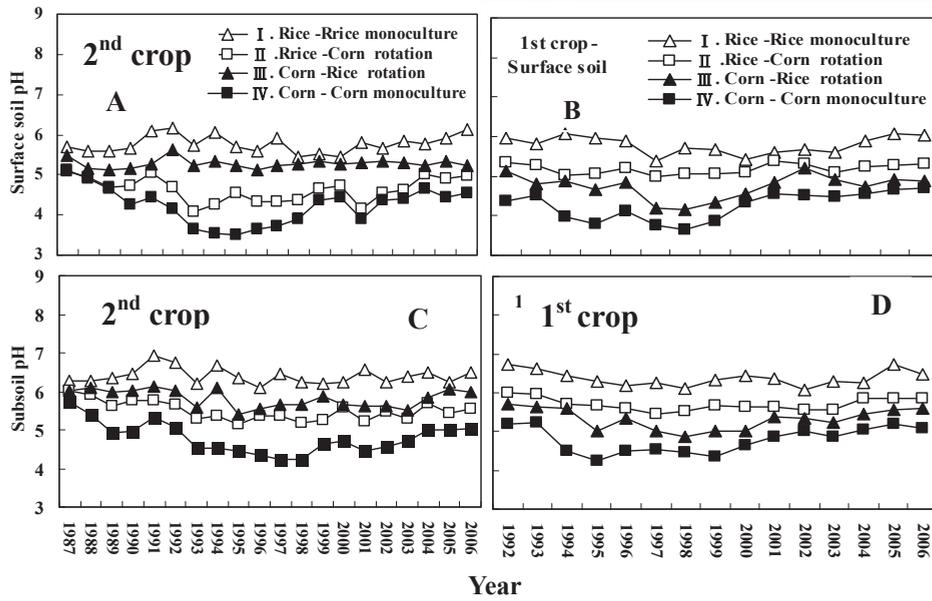


圖 16、長期不同耕作制度對一、二期作後表底土酸鹼度之影響。

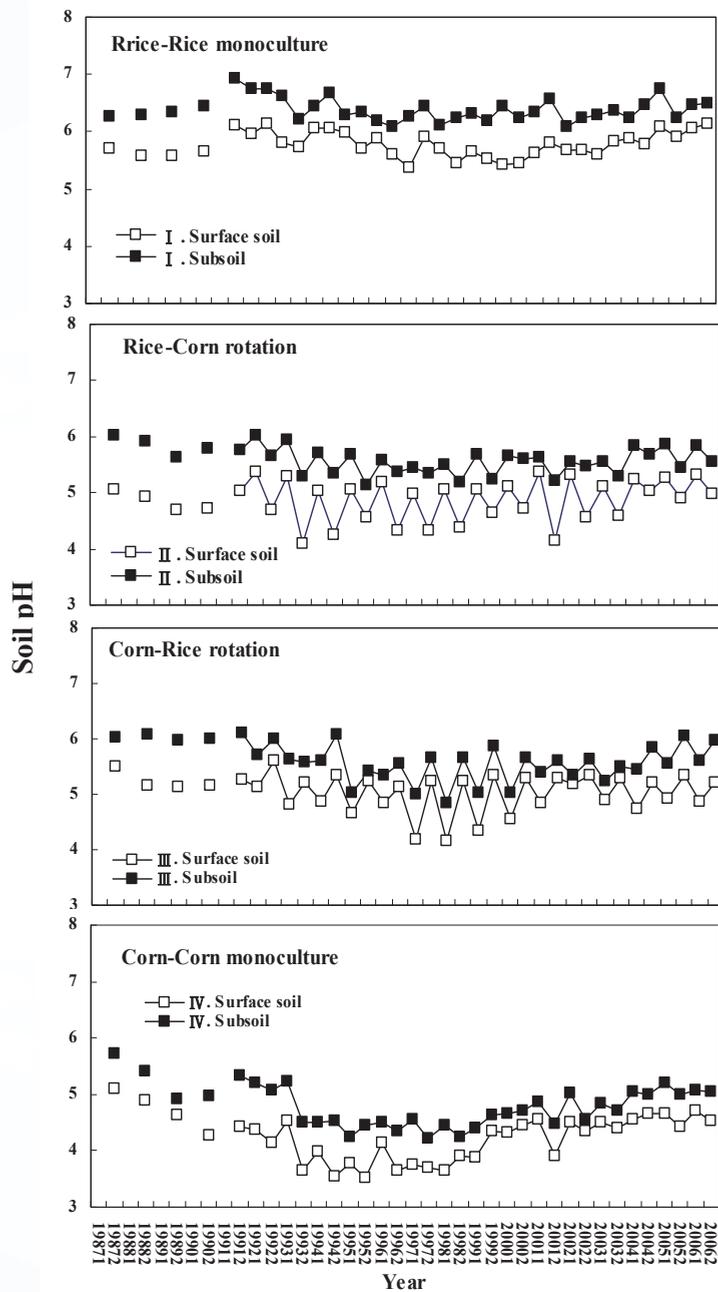


圖 17、長期不同耕作制度連續 一、二期作之表底土 pH 分佈趨勢。19871、19872 分別表示 1987 年一期作 (水稻或春作玉米) 及 1987 年二期作 (水稻或秋作玉米)，餘類推。

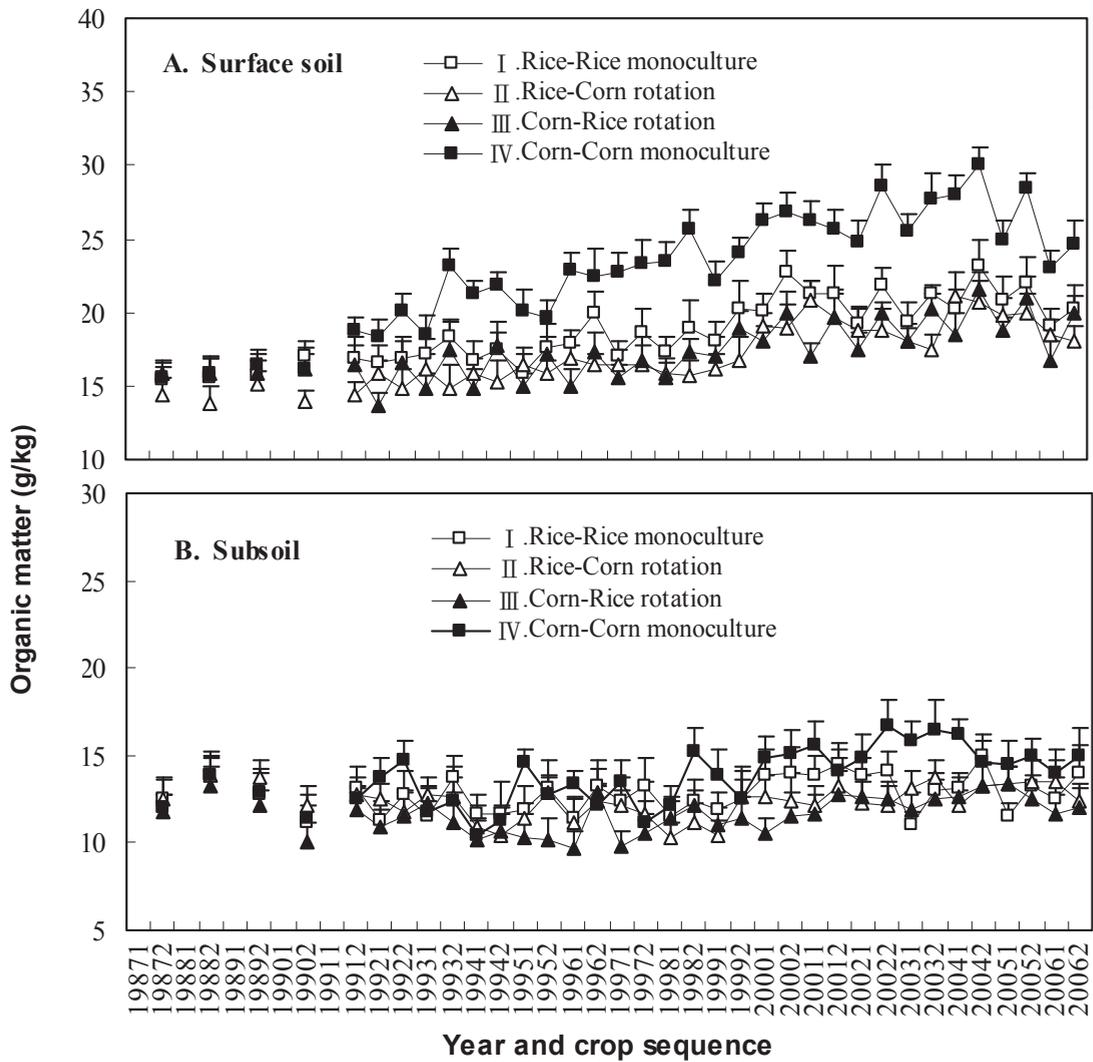


圖 18、長期不同耕作制度連續一、二期作對表底土有機質含量分佈趨勢及差異比較。19871、19872 分別表示 1987 年一期作 (水稻或春作玉米) 及 1987 年二期作 (水稻或秋作玉米)，餘類推。

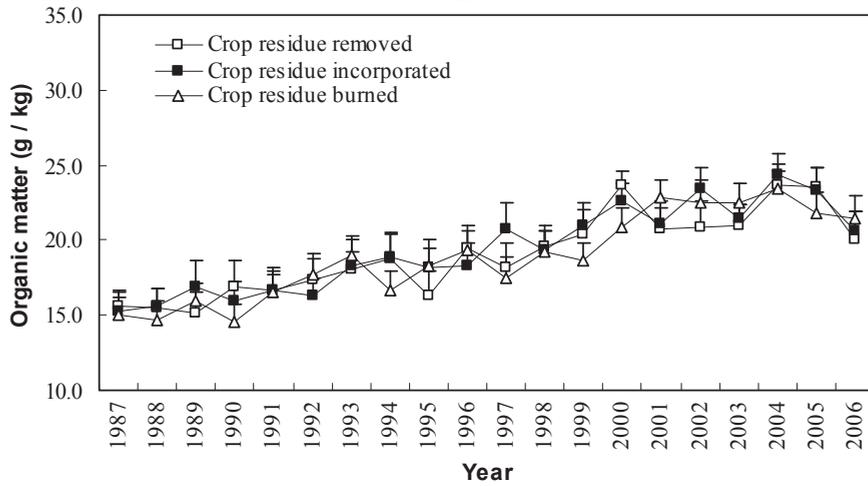


圖 19、長期作物殘體管理對二期作後表土有機質含量分佈趨勢及差異比較。

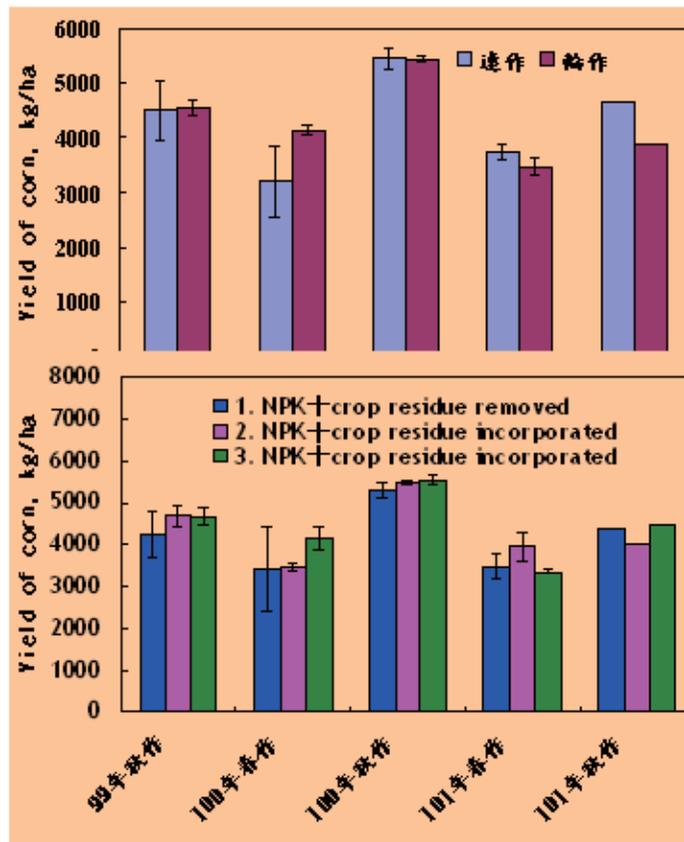


圖 20、連輪作及作物殘株處理對玉米春、秋期作產量的影響(99-101 年)



十二、玉米肥料利用率與養份效率(計算)

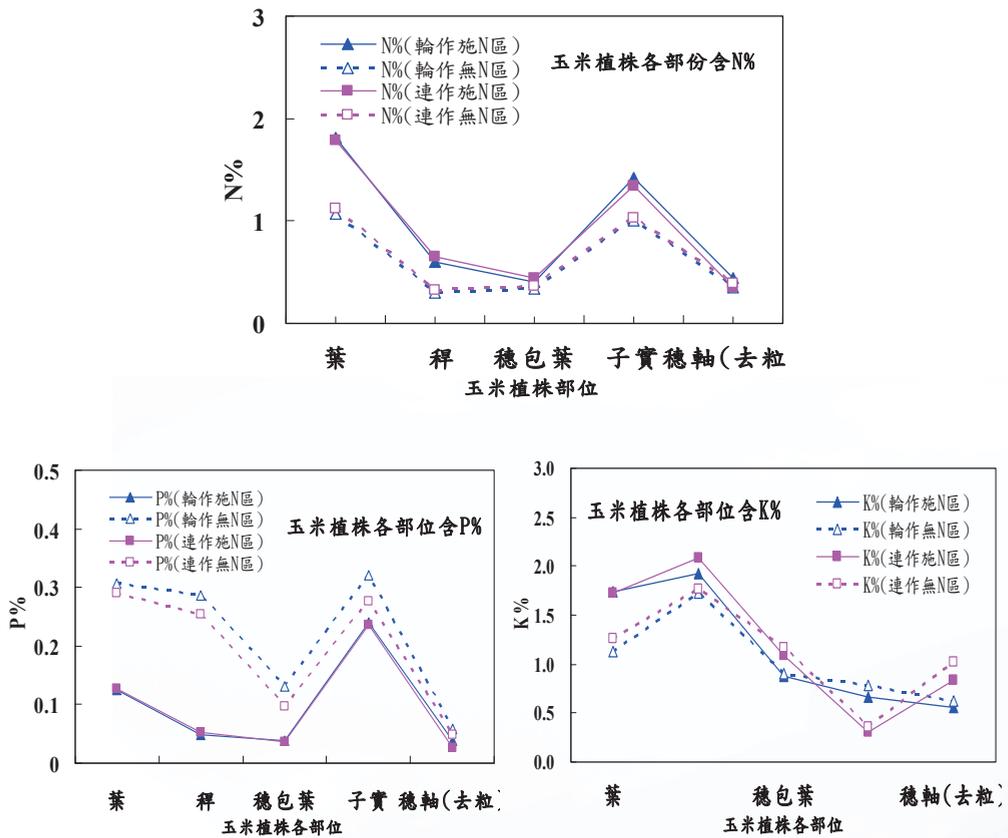


圖 21、玉米收穫期各部份(器官)養分含量

1. 輪作施氮區玉米N吸收量=63.02×1.813%(葉)+141.31×0.597%(稈)+48×0.407%(穗包葉)+341.37×1.423%(子實)+55.88×0.445%(穗軸-去粒)×134.5支×100×10⁻³
2. 輪作無氮區玉米N吸收量=38.45×1.068%(葉)+85.37×0.305%(稈)+12.76×0.343%(穗包葉)+134.2×1.002%(子實)+29.7×0.347%(穗軸-去粒)×134.5支×100×10⁻³
3. 連作施氮區玉米N吸收量=69.77×1.788%(葉)+150.48×0.652%(稈)+53.67×0.448%(穗包葉)+381.38×1.347%(子實)+54.88×0.355%(穗軸-去粒)×140.33支×100×10⁻³
4. 連作施氮區玉米N吸收量=42.25×1.125%(葉)+98.07×0.328%(稈)+12.27×0.370%(穗包葉)+181.8×1.03%(子實)+32.69×0.392%(穗軸-去粒)×140.33支×100×10⁻³
5. N肥有效率 =(施N肥區產量－無N肥區產量)/氮素用量
 例：輪作區N肥有效率=(4591.4 kg/ha-1804.99 kg/ha)/136.5 kg=20.41 kg grain/ha/kg N
 連作區N肥有效率=(5352.02kg/ha－2551.20kg/ha)/136.5 kg=20.52 kg grain/ha/kg N
6. N肥利用率 =(施N肥區氮素吸收量－無N肥區氮素吸收量)/氮素用量136.5
 例：輪作區N肥利用率=(7.28789－2.16253)×134.5支×100×10⁻³/136.5=50.50%
 連作區N肥利用率=(7.80107－2.84307)×140.3支×100×10⁻³/136.5=50.97%

十三、其他綜合討論議題與文獻回顧

N肥料效率-N肥用量-土壤殘留NO₃⁻-N量-玉米產量間關係(Onken等, 1985)

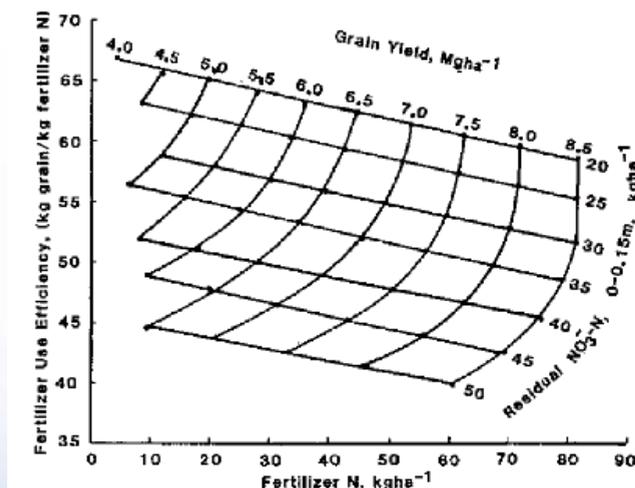


Fig. 5. Relationship between fertilizer use efficiency and applied fertilizer N at several corn grain yields and residual soil NO₃⁻-N levels measured to 0.15m.

轉作田玉米之土壤肥力限制因子研究（摘自李, 1988）

本研究係利用廳屬各農改場設於全省之轉作玉米田適栽標準栽培區進行者，研究之期作及地點包括73年秋作共46點，74年春共32點。進行方法為於各標準栽培區整地施肥前採取其土壤樣本及剖面，前者作各項理化性質分析，後者為瞭解各試區土系及底土性質、排水狀況等。并在玉米發芽後30~45日採取植株樣本作葉片分析，以明瞭其營養狀況，並利用「診斷推薦綜合系統」(DRIS)方法計算各養分之指數(DRIS indices)，尋找限制因子，以與土壤分析資料互相對照。收穫後記錄其產量，以探討本省各地轉作玉米田之土壤肥力限制因子。同時在各標準栽培區設無磷區，與施磷區，以比較磷肥效果，期能獲得轉作田之玉米磷肥診斷標準。所得結果如下：

1. 除北部及花蓮地區外，秋作玉米產量顯著高於春作，兩作中產量最低者均為花蓮地區。
2. 磷肥效果以春作較高。無磷區產量百分率($NK/NPK \times 100$)春作平均為81.0，秋作為89.7。其中又以北部及臺東地區磷肥效果最高。
3. 土壤有效磷含量(Bray P或Olsen P)與磷肥效果間並無顯著之相關關係。但標準栽培區中無磷區產量無超過施磷區者，即使有效磷(Bray P)高達45 ppm P之試區，施磷仍可獲5%以上之增產，足見磷肥對轉作玉米田之重要。因而轉作田之磷肥需要量不能比照一般農田，依其土壤中有效磷含量作施磷量之推薦標準。
4. 土壤分析資料顯示轉作田土壤中，Fe、Mn及Mg在土層中均有明顯下移現象，而有效性P、K含量則表土遠高於底土。植物分析資料及由其計算出的DRIS指數更顯示玉米生長前期(發芽後至45日)普遍缺P、Mn及Mg，而以K含量最高，由於轉作田的犁底層硬磐多在20cm左右，玉米根不易穿透，而玉米生長前期所需P、Mn及Mg又較多，則玉米生長前期的土壤肥力限制因子應為K的過多，及P、Mn、Mg的缺乏。

5. 在針對前項限制因子改良的副試驗中，的確證實P及Mn的重要，而鉀的效果則只在排水較差地區較為明顯。(資料來源：李, 1986)

玉米產量與葉片無機養分含量的關係

本研究中兩作玉米均於發芽後30~45日採取植株作全株葉片分析。74年春作並於雌穗吐絲期採取穗葉作葉片分析，分析項目包括N、P、K、Ca、Mg、Zn、Cu、Mn、Fe等9項。分析結果曾試與產量作迴歸分析，但其間之關係不穩定，顯示葉片養分含量受多種因子影響，與玉米產量間並無顯著相關關係。

玉米葉片養分含量之DRIS指數

本研究中之玉米葉片養分含量資料曾依診斷推薦綜合系統方法^(3,11,12)計算各養分的DRIS指數。由兩作生長前期(發芽後30~45日)之分析資料計算出之DRIS指數中，發現此時期之DRIS指數中，最低也即最缺乏的要素多數地區均為Mn，其次為Mg及P，而指數中最高者，幾乎均為鉀，顯示玉米葉片中鉀含量與其他要素相較，普遍偏高。茲以東部地區施磷處理為例。將其葉片分析結果及DRIS指數列於表5，美國對玉米此生長期所訂養分的適量範圍⁽¹⁰⁾也列於此表，以資參考。

由表5比較本省玉米無機養分含量與各要素之適量範圍，以鉀含量超過此範圍者最多，而磷、鈣及鎂的含量，則均過低，氮則幾均在適量範圍內。在微量要素中，僅Mn的含量有40%低於適量範圍，Cu、Zn含量適中，Fe則均偏高。

表5顯示鉀的含量在花蓮地區尤高，在5.39~6.49%之間，73年秋作該地區各栽培區含量也在3.98~6.23%之間，其他各地雖少有超過6%者，但在各要素中，仍屬含量偏高者。

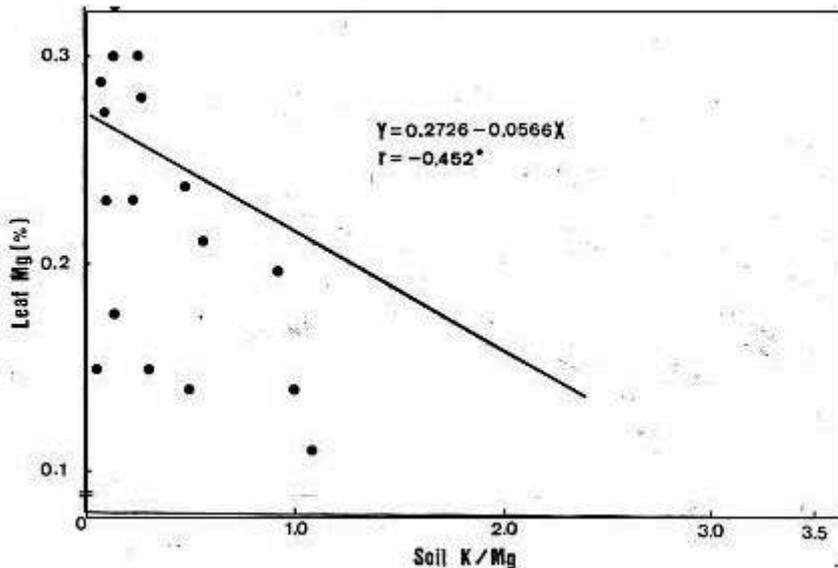
雖然由於施鉀而引起鉀過多或毒害的情形非常少，但在肥力低的土壤中連續施用鉀肥時常有引起次要元素缺乏情形的報告，如若干作物及土壤因鉀過多而引起Mn的缺乏，Zn及Fe的吸收也受阻^(9a)。

鉀過多也常引起其他要素吸收的障礙，其中最顯著的例子為Mg，曾在很多土壤及作物中發現⁽⁴⁾。

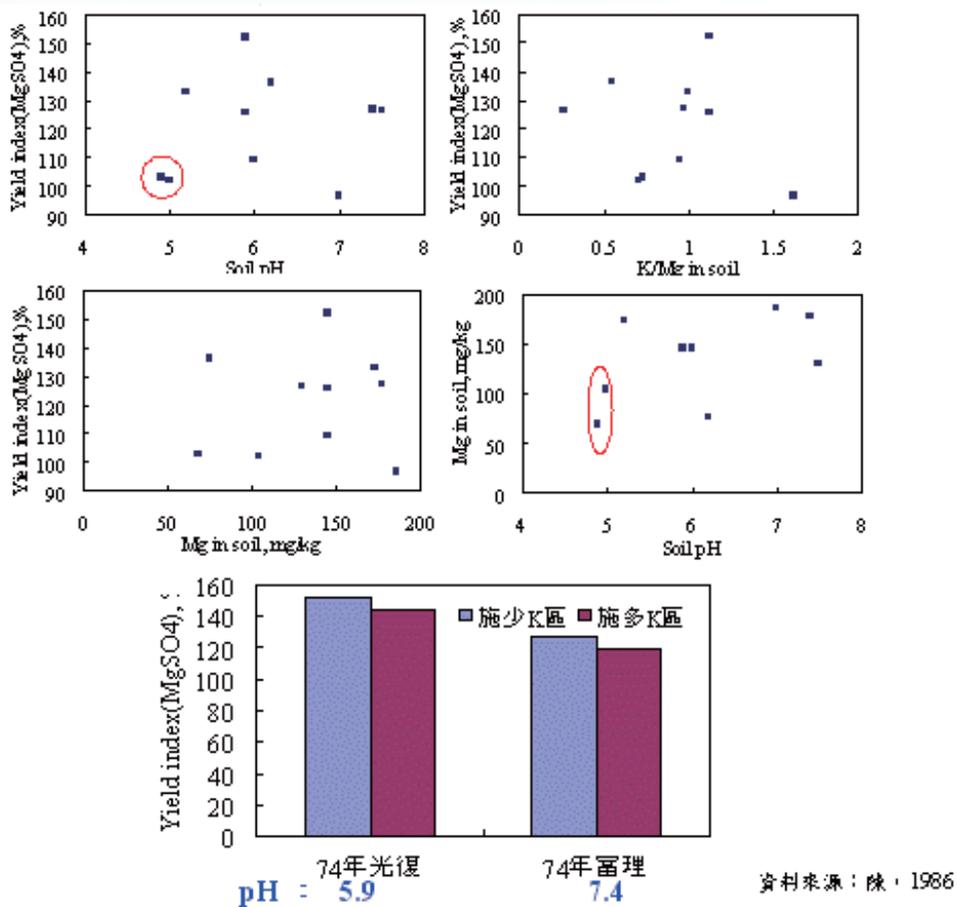
本試驗於東部兩作適栽栽培區土壤之K/Mg比與玉米葉片Mg含量(30~45日)間即有5%顯著程度的負相關關係如圖4，此圖顯示當土壤K/Mg比大於0.46時，玉米葉片Mg含量多在0.24%以下。

表5的DRIS指數中顯示東部十處標準栽培區中有七處以Mn的指數最低，也即此七處最缺乏的要素可能是Mn，在全省其他栽培區中，情形也與此相似。按玉米對錳的需要量較低⁽²⁾，雖其生長初期需Mn較多，但需要量隨玉米成長而漸減⁽⁷⁾，故美國種植玉米甚少有缺Mn的情形發生⁽²⁾。本省農田土壤由於陽離子交換能量原即較低，更經長年種植水稻，表土中的Mn因還原及淋洗而移至底層，且前曾述及表土含鉀量高，玉米生長前期含鉀量特高，更可能影響Mn的吸收，故玉米前期對Mn的缺乏極有可能，其中又以pH較高之土壤為然。

但玉米雌穗吐絲期之穗葉養分分析及DRIS指數則顯示此時期之營養狀況與初期不同，此時鉀含量已不再偏高，而P及Mn的缺乏也恢復正常。



稻田轉作玉米缺鎂防治試驗



玉米無機營養綜合診斷研究

診斷推薦整合系統(DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM 簡稱 DRIS)為一種新興的方法。國外相關的研究報告已相當多，且所論及的作物已遍及甘蔗、柑桔、小麥、大豆、玉米等之作物。

DRIS係依各營養要素平衡關係，去求各要素的指數(DRIS INDEX)，指數之正負值評鑑該營養要素含量的多或缺，各營養要素的指數總合為1⁽⁹⁾。此方法與過去利用臨界濃度(CRITICAL CONCENTRATION)或適量範圍(SUFFICIENCY RANGE)診斷，同樣依一定之範圍作各營養素的標準含量，去評鑑作物。而後者診斷時須受採樣時間、部位、品種及地域等限制，評鑑的方式也係單一因子的討論，

DRIS診斷兼顧各營養間的平衡，且完全不受上述因素限制^(5,9)，為一簡單、客觀及實用的方法。已廣泛使用於甘蔗、柑桔、小麥、大豆、玉米等作物^(2,4,6,8,9,10)。

DRIS NORMS之建立根據與方法(9)，是將該作物的產區盡可能包括在內，且需大量之資料，如此才能包容土壤、氣候、品種、以及各種採樣時期等因子，正因如此在診斷標準中已含上述影響產量之變異，故能在診斷時不受其限制。再就產量區分為高產與低產二部分，以(DRIS NORMS)高產部分各營養要素相互間的比值求平均數，標準差、C.V值，作為DRIS的標準。診斷時再依DRIS INDEX的求法(9)求出各營養素的指數值，正值表多，負值表不足。SUMNER曾嘗試一種修正之建法(7)用各營養要素的臨界值平均數來求相互比值以取代原來由樣本直接求出的DRIS NORMS。本研究討論到引用國外標準時，即用此法建立。(資料來源：陳，1986)

表 4、四種 DRIS 標準診斷指數比較表

縣	產量	期作	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	DRIS										
			%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zu	Zn		
新竹	2492	FALL	>8000	3.12	0.24	3.7	0.27	0.18	138	78	7	45	11	-15	28	-26	-13	-19	37	-17		
			>7000											10	-13	22	-18	-11	-17	24	-11	15
			>6000											9	-11	20	-18	-10	-17	22	-9	16
			>5000											8	-11	20	-20	-10	-16	21	-8	17
臺灣	8284	FALL	>8000	2.8	0.29	2.68	0.38	0.29	167	68	12	41	-4	-5	6	-10	0.02	-13	20	3	3	
			>7000											-3	-6	3	-7	2	-12	13	6	4
			>6000											-3	-5	2	-7	2	-13	12	7	4
			>5000											-4	-5	3	-9	2	12	11	7	7
彰化	6900	FALL	>8000	3	0.29	1.7	0.59	0.28	15	33	11	36	4	0.8	-7	14	2	-14	-3	2	1	
			>7000											4	-0.6	-10	14	3	-13	-7	5	4
			>6000											3	-0.6	-10	13	4	-13	-6	6	4
			>5000											2	-0.9	-9	11	4	-12	-7	7	6
新竹	3470	SPRING	>8000	4.3	0.32	2.61	0.43	0.31	552	50	14	87	6	-16	-5	-20	-7	17	-0.9	-3	29	
			>7000											5	-15	-8	-16	-6	16	-7	0.5	31
			>6000											4	-15	-8	-16	-5	15	-6	2	30
			>5000											4	-14	-8	-17	-5	13	-7	3	31
臺東	7577	SPRING	>8000	3.1	0.4	1.85	0.59	0.27	225	40	11	23	2	16	-6	12	-0.5	-3	2	1	-22	
			>7000											2	12	-8	11	0.6	-6	-2	4	-17
			>6000											2	12	-8	11	0.9	-3	-2	5	-17
			>5000											0.06	10	-8	8	1	-2	-2	6	-12

摘 要 (李, 1988)

本研究係由桃園、臺南、高雄、臺東、花蓮區農業改良場與本所共同負責進行。目的在建立本省玉米無機營養因子綜合診斷標準(DRIS NORMS)。自民國75年秋作起至77年春作止連續四期調查區域遍及13個縣僅臺北、宜蘭、及離島之澎湖三縣除外，全部調查的點數共有184點，其中春作75點，秋作109點，每期作膝高期(30~45日)採取植株樣本及抽穗期採取穗葉樣本，分析植體中N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn等9項含量，以建立適合本省的DRIS標準，所得結果如下：

- 一、玉米植體樣本中，各營養要素間之相互比值與產量的複相關達極顯著水準($r=0.55$ $n=367$)。顯示玉米植體中營養比值之不同確能反映產量之高低。因此DRIS系統所依據要素平衡比值作為玉米診斷的方法確能符合統計之實。
- 二、本省玉米的植物體中N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn九項營養要素之平均含量與美國玉米植體中之臨界值比較，本省玉米之含量除Fe高於其標準及Mn、Cu、Zn三者含量在其範圍內外，餘N等5項的含量都達低於美國玉米臨界含量之下限。而與SUM. NER的臨界平均數(CRITICAL VALUE)比較兩者之Ca、K含量顯然不同。以此兩個國外標準所建的DRIS系統皆無法適當的診斷本省之玉米。
- 三、建立本省玉米DRIS NORMS時所定高產定義範圍四種，分別>8000、>7000、>6000及>5000 kg/ha。此4種DRIS NORMS皆可正確診斷本省玉米。不同的是產量範圍定的高，雖可增加DRIS INDEX的敏銳性，即指數正，負值皆較大，但範圍定得太高符合條件的樣本大為減少。而以>5000 kg/ha當作高產範圍的DRIS NORMS，並不影響對本省玉米營養的診斷，又能因包容較多的樣本而兼具統計上的代表性。因此本研究依此建立診斷標準。

結果與討論 (李, 1988)

- 一、DRIS診斷推薦系統，在診斷及推斷時，是以各要素之平衡比為標準，是整體性的較過去之推薦法僅注重單一營養要素臨界含量值作為診斷的方法，顯然更為慎密，且因兼及各營養比之C.V值，正確性自然較高而合理。

- 二、此建立本省無機營養推薦標準時，遍及全省13個縣，其土質、氣候等不同影響玉米產量之因素，以及膝高期(30~45日)穗葉二種營養分析資料等皆涵蓋在內。使得所建立之DRIS更具實用價值，亦即診斷推薦時不受採樣時期、部位等影響，使用起來十分方便。
- 三、建立DRIS系統高產界定以5000 kg/ha較為洽當，而國外之DRIS標準不適用於本省玉米的診斷推薦。
- 四、玉米植株中營養比與產量存有極顯著之複相關。
- 五、由於土壤之變化極大，氣象亦為影響作物之主要因子，區域性之肥料試驗為過去本省兼顧此兩個變因下尋求合理施肥推薦的方法。但各農田之個別差異仍無法掌握，DRIS可在此方面加以補足，首先田間試驗即可利用它平衡比觀念設定肥料試驗客觀的肥料處理的等級，求得該區域的推薦量。在實際用於各個別之農田時DRIS可追蹤調整因個別農田所產生之差異，而令施肥推薦更為合理。

玉米在浸水情況下發芽障礙之改進(陳等人, 1985)

利用過氧化鈣、不整地、打破犁底層三種方法在不同排水等級土壤試驗浸水情況下玉米發芽。在種子外面包裹過氧化鈣，希望使玉米種子在浸水土壤中得到額外氧氣供應。不整地及打破犁底層藉以增加滲漏，加速溶氧之供應。由於浸水土壤氧氣的供應主要來自水中之溶氧，排水良好的土壤滲漏較快，氧氣供應較速，可能有利於發芽。

田間試驗結果顯示，排水良好之陳厝寮系紅土，玉米播種後經人為浸水，其發芽率比排水不良之大肚系高出10~20%以上。故選擇排水良好土壤推行轉作應是減少轉作風險的可行途徑。

不整地及深溝打破犁底層的播種方式均可提高浸水土壤的還原電位，但對增加浸水玉米發芽率的效果不甚明顯。利用35%過氧化鈣包裹玉米種子在浸水3~5天的情況下約可增加13~15%之發芽率，不失為一經濟可行的方法。

根據三處試驗結果進行迴歸分析，發現春作玉米發芽率隨浸水還原電位之降低而直線下降，土壤還原電位低於+400 mv即可能對玉米發芽產生不利的影響，低於30mv則幾乎沒有種子發芽。結果並顯示在秋作播種期高溫下，浸水對玉米之發芽為害更烈，推測秋作需要較春作更高的還原電位，才能夠維持80%以上的發芽率。

改進整地與灌溉方法對轉作玉米產量之影響(陳等人, 1985)

轉作稻田土壤可能存在對旱作根系發展之限制因子很多，通氣、壓實及底土肥力可能是重要因素之一，本文主要針對壓實問題加以探討。稻田壓實主要在犁底層限制旱作物根系生長。田間管理方面。一般農民灌溉次數太頻繁，影響根系分佈及土壤通氣，亦不利於根系的發展。

犁底層壓實以紅壤及砂頁岩沖積土較為嚴重，其總體密度達1.85~1.9 g/cc，較粘板岩沖積土的1.59~1.75 g/cc高出甚多，皆足以妨礙玉米根系伸展。

本試驗發展一種栽培方法，利用開30公分深溝打破犁底層的不整地栽培，以消除犁底層的壓實障礙；配合肥料深施，並改良灌溉方式為計畫灌溉，亦即延緩種植後第1次灌溉時間至抽穗前，以建立玉米深入的根系。試驗在5個面積較大，具代表性的土系，包括紅壤的陳厝寮系，粘板岩沖積土的二林及鹿港系，以及砂頁岩沖積土的大肚及大里系，進行連續兩年四期作玉米田間試驗。

試驗發現砂頁岩沖積土大里系秋作每公頃玉米產量由6公噸提高到7.5公噸，增產25%，春作自6.2公噸提高到7公噸，增產13%，紅壤陳厝寮系由6.6公噸提高到7.7公噸，增產17%。

第1年試驗發現經打破犁底層，玉米根系可以向下伸展，但底土之肥力及壓實成為新的產量限制因子。5個土系中，底土肥力以紅壤最劣，嚴重缺磷，砂頁岩沖積土次之，粘板岩沖積土最好。20~60公分壓實亦以紅壤最嚴重，砂頁岩沖積土次之，粘板岩沖積土最輕。底土pH亦以紅壤較低。

臺中外埔紅壤，利用深耕改善底土並綜合改良60公分土層之肥力，玉米產量由每公頃5.8公噸提高到8.3公噸，增產43%。(資料來源：陳, 1985)

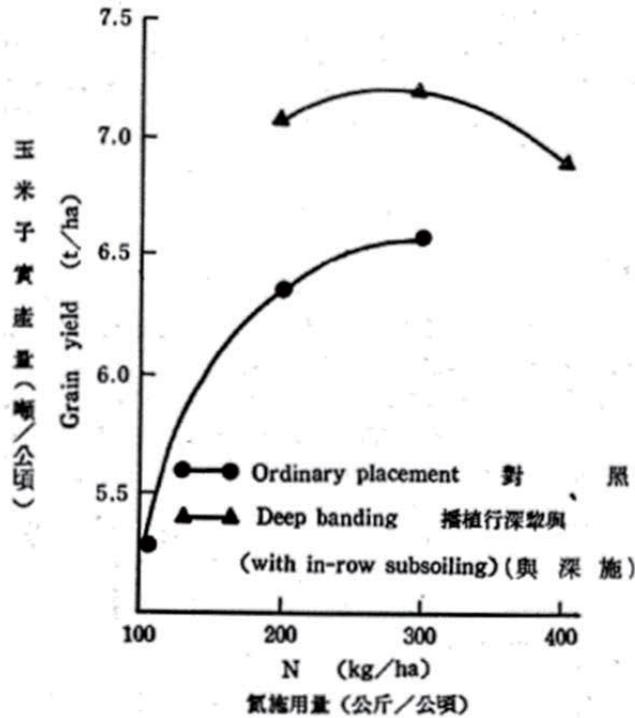
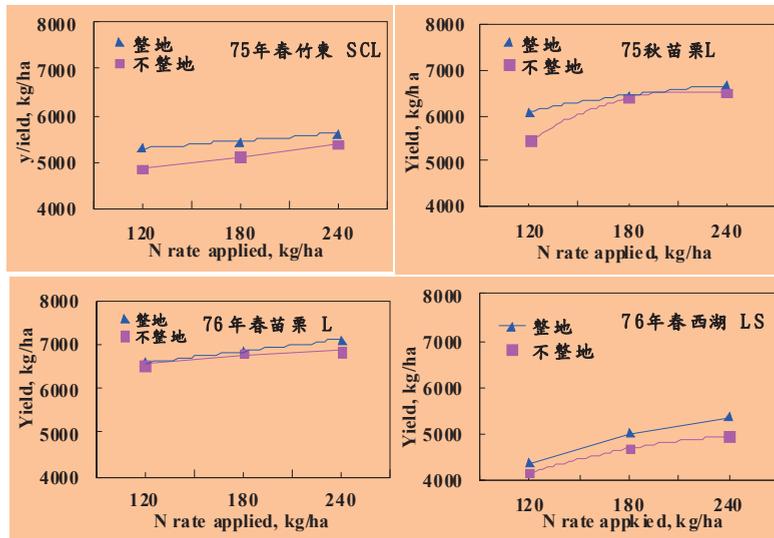


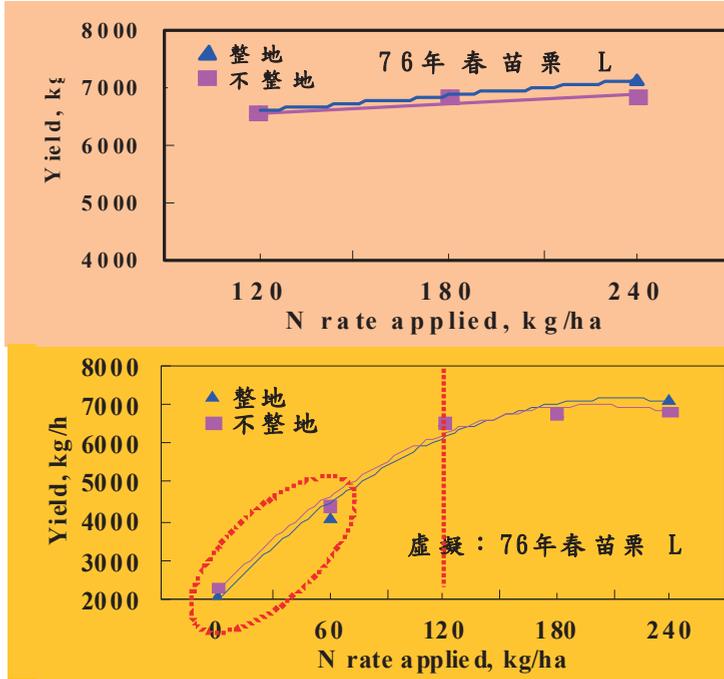
圖 2、在霧峰試區玉米收量對氮素用量和播植行深犁以及肥料深施之效應 (連)



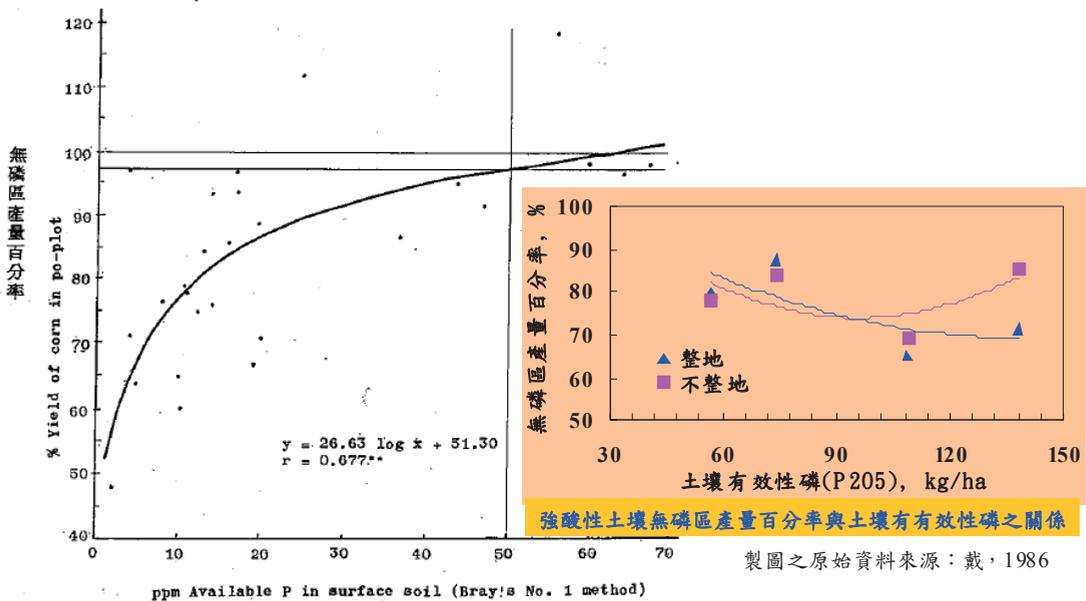
強酸性土壤整地與不整地之氮肥效果

製圖之原始資料來源：戴，1986

(處理)對照組之設定考量：設立 0 kg/ha 之需要性



製圖之原始資料來源：戴，1986

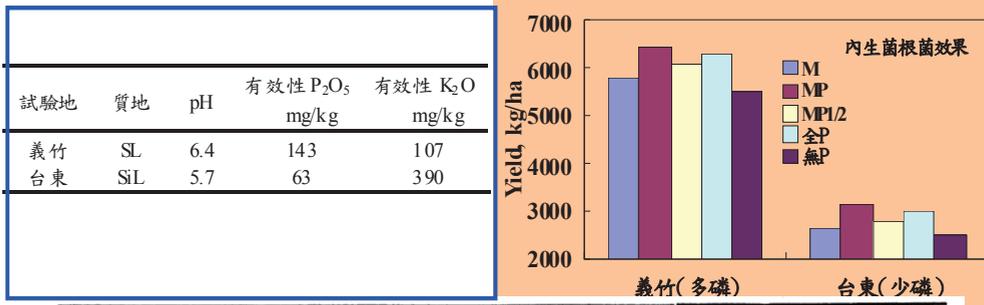


ppm Available P in surface soil (Bray's No. 1 method)

表土有效磷 (ppm P, 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 (林家榮, 1970)

處理 Treatment	株高 Height (cm)		產量 (kg/ha) yield	指數 Index
	處理後四週 4 wks after treatment	處理後八週 8 wks after treatment		
義竹 M	58.8 bc**	222.4 ab	5,804.7 bc	106
MP	72.3 ab	249.5 a	6,423.0 a	117
MP'	71.7 ab	242.1 a	6,112.7 ab	111
P	76.1 a	241.6 a	6,275.7 a	114
-P	54.1 c	212.5 b	5,504.5 c	100



處理 Treatment	株高 Height (cm)		產量 (kg/ha) yield	指數 Index
	處理後四週 4 wks after treatment	處理後八週 8 wks after treatment		
台東 M	19.9 c**	194.1 c	2,616.1 b	104
MP	56.4 a	251.3 a	3,154.0 a	126
MP'	43.0 b	241.1 b	2,770.1 a	110
P	53.4 a	252.6 a	2,991.1 a	119
-P	19.7 c	194.4 c	2,508.9 b	100

製圖之原始資料來源：程，1986

田菁氮素之利用率(摘自王等人, 1993)

表四係田菁區玉米之氮素吸收量減無田菁區玉米之氮素收量之差值除以田菁氮素含量之值，即田菁植體中所含氮素在玉米作被吸收利用之比率。表中顯示隨著氮肥用量之增加，田菁氮素之利用率降低，且在不整地區之利用率高於整地區，此應系受整地區有較多土壤礦化之無機態氮素影響之故，而不整地區因土壤中無機態氮素較少，且不整地田菁敷蓋區有較佳之土地理化性質，以致秋作玉米對水分及養分之吸收能力較佳，所以田菁所含之氮素被玉米吸收利用之比率高於整地區。四處試區之平均值顯示，整地區田菁氮素之被利用率偏低；N 0 kg/ha區為12.8%，N 60 kg/ha區為6.1%，N 120 kg/ha區則僅為1.8%。

不同氮肥用量下玉米對整地下掩埋或不整地下敷蓋之田菁之植體中氮素吸收率比較

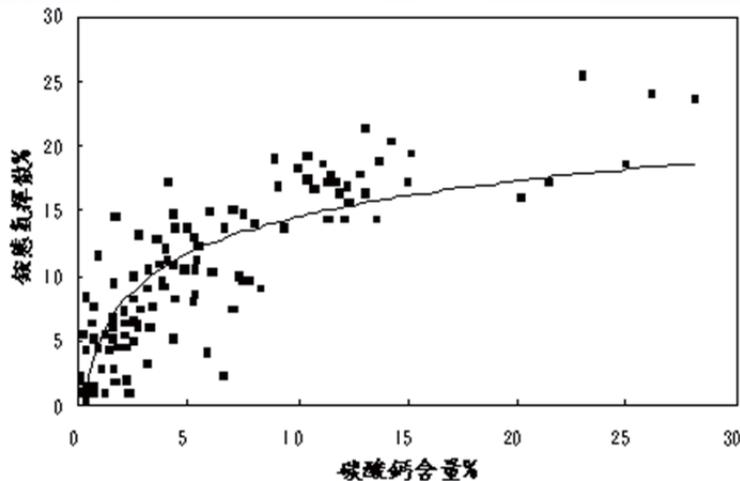
Fertilizer N Applied (kg/ha)	Sesbania nitrogen utility(%)									
	Location 1		Location 2		Location 3		Location 5		Mean	
	With tilled	no tilled	With tilled	no tilled	With tilled	no tilled	With tilled	no tilled	With tilled	no tilled
0	19.6 ⁽¹⁾	26.9 ⁽²⁾	9.3	16.0	14.1	32.9 ⁽³⁾	8.2	7.9	12.8	20.9
60	4.1	0	11.7	9.0	5.8	28.1	2.8	13.6	6.1	12.7
120	6.5	18.4	-0.7	9.8	-1.4	12.5	2.8	3.7	1.8	11.1
180	4.3	24.3	—	—	0.4	11.5	-5.9	8.5	—	—
N content										
In sesbania (kg/ha)	91	93	100	110	99	107	135	135	106	111

註：⁽¹⁾各數據係玉米氮素吸收量之差(田菁區減無田菁區)除以田菁氮素含量，並為2重覆平均。

⁽²⁾location 1 缺不整地無田菁區，本列數據係由不整地田菁敷蓋區之玉米氮素吸收量減整地無田菁區替代。

⁽³⁾location 1、2 及 3 為 1993 秋作、location 5 為 1994 秋作。圖製資料來源：王， 1995

石灰質(性)與非石灰質(性)土壤



參考文獻

1. 作物施肥手冊 1987 玉米 p.38-42 臺灣省政府農林廳編。
2. 李子純 1988 轉作玉米田土壤肥力限制因子研究 中華農業研究 37(2):165-176。
3. 連深 1986 轉作玉米肥料需要量與土壤肥力之關係 中華農業研究 35(3):318-344。
4. 譚增偉 1991 本省中南部沖積土不同型態鐵在剖面中之分佈及其對土壤磷吸著的影響 中華農業研究 40(1):47-70。
- 4a. 陳世雄、楊策群、朱德民 1985 玉米在浸水情況下發芽障礙之改進 p.18-24 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4b. 陳世雄、楊策群、朱德民 1985 改進整地與灌溉方法對轉作玉米產量之影響 p.25-36 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4c. 陳忠民、林萬居、張茂盛 1986 玉米鎂缺乏症之防治試驗 p.54-61 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4d. 連深 1986 轉作田玉米不整地與肥料深施效果試驗 p.25-37 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4e. 戴堯城、陳釗和 1986 玉米不整地與磷肥用量試驗 p.42-53 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4f. 程永雄、李垂芳 1986 土壤有益內生菌根菌種繁殖及其田間應用 p.75-81 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4g. 王鍾和、連深、洪崑煌 1993 轉作田夏作田菁及其耕耘方式對秋作玉米生育及子實生產之影響 p.1-32 土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳編印。
- 4h. Onken, A. B., R. L. Matheson, and D. M. Nesmith. 1985. Fertilizer nitrogen and residual nitrate-nitrogen effects on irrigated corn yield. Soil Soc. Am. J. 49:134-139.

5. Brandon, D. M., and Mikkelsen. 1979. Phosphorus transformations in alternately flooded California soils: I. Cause of plant phosphorus efficiency in rice rotation crops and correctional methods. *SSSAJ*. 43:898-994.
6. Boul, S. W., P.A. Sanchez, K. B. Cate, and M. A. Granger. 1975. Soil fertility capability classification: A technical soil classification system for fertility management. p. 126-145. In: E. Bronemisz and A. Alvarado (eds): *Soil management in tropical America*. North Carolina State University, Raleigh, N.C.
7. Fox, R. H. 1979. Soil pH, aluminum saturation, and corn grain yield. *Soil Sci*. 127:330-334.
8. Foy, C. D. 1974. Effects of aluminum on plant growth. In *The plant root and its environment*. Univ. Press of Virginia, Charlottesville. p.601-642.
9. Haynes, R. J. 1982. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant and Soil* 68:289-308.
10. Lin, C. C. 1985. Fertility capability classification (FCC) as a guide to PK-fertilization of lowland rice. *FFTC Book Series* 29:103-120.
11. Metchell. B. D., V. C. Farmer, and W. J. Mchardy. 1964. Amorphous inorganic materials in soils. *Adv. Agron*. 16:327-384.
12. Moore, D. P. 1974. Physiological effects of pH on roots. p.135-151. In *The plant root and its environment*. Univ. Press of Virginia, Charlottesville.
13. Sah, R. N., and D. D. Mikkelsen. 1986. Effects of anaerobic decomposition of organic matter on sorption and transformation of phosphate in drained soils:1.Effects on matter on phosphate sorption. *Soil Sci*.142:267-274.
14. Sah, R. N., and D. D. Mikkelsen. 1986. Effects of anaerobic decomposition of organic matter on sorption and transformation of phosphate in drained soils:2.Effects on amorphous iron content and phosphate transformation. *Soil Sci*. 142:346-351.

15. Saigusa, M., S. Shoji, and T. Takahashi. 1980. Plant root growth in acid Andosols from northeastern Japan:2. Exchange acidity as a realistic measure of aluminum toxicity potential. *Soil Sci.* 130:242-250.
16. Shoji, S., M. Saigusa, and T. Takahashi. 1980. Plant root growth in acid Andosols from northeastern Japan:1. Soil properties and root growth of burdock, barley, and orchard grass. *Soil Sci.* 130:124-131.
17. Willett, I.R., and M. L. Higgins. 1978. Phosphate sorption by reduced and reoxidized rice soils. *Aust. J. Soil Res.* 16:319-326.
18. Willett, I. R. 1979. The effects of flooding for rice culture on soil chemical properties and subsequent maize growth. *Plant and Soil.* 52:373-383.
19. Woodruff, J. R., J. T. Ligon, and B. R. Sminth. 1984. Water table depth interaction with nitrogen rates on subirrigated corn. *Agro. J.* 76:280-283.



綠竹合理化施肥技術

莊浚釗

行政院農業委員會桃園區農業改良場

摘 要

本計畫自2008年至2012年於本場轄區綠竹專業區24處執行，結果顯示，示範區及對照區肥料用量每公頃分別為N-P₂O₅-K₂O=395-294-322公斤及486-360-386公斤，肥料總用量為1,011公斤及1,232公斤，節省肥料用量221公斤(節省率17.9%)，化肥成本分別為25,527元及30,222元，節省成本4,695元，綠竹筍產量8,236公斤及7,885公斤，增產351公斤(增產4.5%)，產值分別為675,322元及629,830元，增加45,492元，總收益每公頃增加50,187元。

關鍵字：北部地區、綠竹、合理化施肥。

前 言

綠竹為禾本科竹亞科蓬萊竹屬，原產於中國東南部(林, 1996)，目前臺灣竹筍栽培面積約10萬公頃，其中綠竹約7,000公頃，主要集中於北部地區5,886公頃(80%)，集中於新北市三峽鎮、八里鄉及桃園縣大溪鎮等鄉鎮，為臺灣北部重要作物之一(農業統計年報, 2011)，由於綠竹所栽種地區大多在河川邊、淺山及丘陵地農田，農民進行施肥操作不便，大部份綠竹生長均有養分不平衡之現象，導致影響竹筍品質及產量。另北部地區土壤大多為強酸性，若土壤肥力分析結果pH值低於5.5以下時，就必需進行土壤改良以改善土壤環境。農民可依據土壤pH值高低、氧化鈣及氧化鎂含量，施用石灰石粉或苦土石灰或矽酸爐渣，一般而言，綠竹每年每叢應施用1~2公斤，直至土壤pH值達到6.0時即可停施，以提高土壤pH值及交換性鈣、鎂含量，施肥石灰資料時應避免過量施用，以免引起土壤pH值劇烈變動，

作物難以適應，土壤微量元素有效性劇減，發生缺乏。施用時要與土壤充分混合，不宜條施或穴施或表面撒施，並避免與酸性化學肥料混合施用，以減少肥分揮發或固定，降低肥效。

依據作物施肥手冊推薦綠竹施肥量及施肥方法(羅, 2012)，北部地區綠竹三要素推薦量，新植林每年每叢施用堆肥10-20公斤情況下，氮素、磷酐及氧化鉀分別為500、250及400公克，而成林每年每叢施用堆肥40~60公斤情況下，氮素、磷酐及氧化鉀均為600公克。新植林冬季施肥時應施全量堆肥及氮、磷、鉀肥各50%作基肥，春季追肥時施用氮、磷及鉀肥各25%，夏季追肥時同春季追肥施用氮、磷及鉀肥各25%。成林於1~3月基肥時施用全量堆肥及氮、磷、鉀肥各25%，其餘氮、磷及鉀肥分別於4月、6月及8月追肥時各施用25%。綠竹施肥法以環施或條施於株旁，或以竹叢為中心採輻射狀開淺溝方式施肥，施用時可採中耕機開溝施肥，以減少人工成本，施肥後覆土減少肥料流失。但開溝時須注意勿傷及筍莖芽，且培土高度以不超過母竹基部10~20公分為宜。

綠竹附加價值極高，因其生長快速，竹纖維密度高、質地堅韌，為加工產業良好材料(洪, 2004；Asada *et al.*, 2002)，其燒製的竹炭具消毒與淨化空氣、除臭、除濕及改良水質與吸附等功能(賴等, 2006；林, 2006；Heschel and Klose, 1995)。故本推廣計畫如能進行合理化施肥，採用適量、適地、適時、適作的土壤肥培管理方式，並參閱作物施肥手冊推薦綠竹施肥量及施肥方法(羅, 2012)，不僅可提供適合綠竹生長的健康環境，且能提昇作物的產量、品質及延長採收期，對於加工產業及農民收益均有極大助益。

合理化施肥執行成果

為輔導本場轄區綠竹合理化施肥的觀念，本計畫於主要綠竹專栽培專業區的農會辦理綠竹合理化施肥講習會，邀集各綠竹產銷班班員參加，會中解說土壤肥力及葉片營養診斷的重要性，藉由分析結果調整施肥量，另對於病蟲害防治技術亦詳加說明，使農民栽培管理技術更為提升，另選定適當農戶分別設置對照區(農

民慣行施肥量)及示範區(依據土壤肥力分析推薦合理施肥量)，於適當時期召開田間示範成果觀摩會，經由現場解說及充分溝通與分享，使與會農民收益匪淺。

由表1得知98年度示範區及對照區每公頃肥料用量分別為N-P₂O₅-K₂O= 383-298-335公斤及515-399-413公斤，肥料總用量為1,016公斤及1,327公斤，共計節省肥料用量311公斤，節省率23.4%，化肥成本則為22,928元及26,198元，節省成本3,270元。99年度示範區及對照區每公頃肥料用量分別為N-P₂O₅-K₂O= 463-265-323公斤及540-314-394公斤，肥料總用量為1,051公斤及1,248公斤，共計節省肥料用量197公斤，節省率15.8%，化肥成本則為22,865元及27,761元，節省成本4,896元。100年度示範區及對照區每公頃肥料用量分別為N-P₂O₅-K₂O= 361-309-329公斤及423-364-381公斤，肥料總用量為999公斤及1,168公斤，共計節省肥料用量169公斤，節省率14.4%，化肥成本則為28,370元及33,175元，節省成本4,805元。101年度示範區及對照區每公頃肥料用量分別為N-P₂O₅-K₂O= 373-305-302公斤及465-361-355公斤，肥料總用量為980公斤及1,181公斤，共計節省肥料用量201公斤，節省率17%，化肥成本則分別為27,944元及33,751元，節省成本5,807元。綜合98~101年示範區及對照區每公頃肥料用量平均分別為N-P₂O₅-K₂O=395-294-322公斤及486-360-386公斤，肥料總用量為1,011公斤及1,232公斤，共計節省肥料用量221公斤，節省率17.9%，化肥成本則分別為25,527元及30,222元，節省成本4,695元。

表2得知98年度示範區及對照區每公頃產量分別為7,780公斤及7,454公斤，增產326公斤，增產率4.4%，產值分別為608,872元及562,985元，產值增加45,887元，合計節省肥料成本3,270元，總收益共計增加49,157元。99年度示範區及對照區每公頃產量分別為7,952公斤及7,755公斤，增產197公斤，增產率2.5%，產值分別為595,385元及566,921元，產值增加28,464元，合計節省肥料成本4,896元，總收益共計增加33,360元。100年度示範區及對照區每公頃產量分別為8,136公斤及7,599公斤，增產537公斤，增產率7.1%，產值為701,549元及638,098元，產值增加63,451元，合計節省肥料成本4,805元，總收益增加68,256元。101年度示範區及對照區每公頃產量分別為9,076公斤及8,732公斤，增產344公斤，增產率3.9%，產值為795,483

元及751,315元，產值增加44,168元，合計節省肥料成本5,807元，總收益共計增加49,975元。綜合98~101年度示範區及對照區每公頃產量平均分別為8,236公斤及7,885公斤，增產351公斤，增產率4.5%，產值分別為675,322元及629,830元，產值增加45,492元，合計節省肥料成本4,695元，總產值粗收益增加50,187元。

表 1、示範戶肥料施用量及成本比較

田區	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	肥料總用量	節省化肥	化肥成本	節省成本
	——公斤/公頃——				——元/公頃——		
98 年							
示範區	383	298	335	1,016	-311	22,928	+3,270
對照區	515	399	413	1,327	(23.4%)	26,198	
99 年							
示範區	463	265	323	1,051	-197	22,865	+4,896
對照區	540	314	394	1,248	(15.8%)	27,761	
100 年							
示範區	361	309	329	999	-169	28,370	+4,805
對照區	423	364	381	1,168	(14.4%)	33,175	
101 年							
示範區	373	305	302	980	-201	27,944	+5,807
對照區	465	361	355	1,181	(17.0%)	33,751	
4 年平均							
示範區	395	294	322	1,011	221	25,527	+4,695
對照區	486	360	386	1,232	(17.9%)	30,222	

表 2、示範戶產量及產值與效益比較

田區	產量 ——公斤/公頃——	增產	產值	產值增加	總收益
				——元/公頃——	
98 年					
示範區	7,780	+326	608,872	+45,887	+49,157
對照區	7,454	(4.4%)	562,985		
99 年					
示範區	7,952	+197	595,385	+28,464	+33,360
對照區	7,755	(2.5%)	566,921		
100 年					
示範區	8,136	+537	701,549	+63,451	+68,256
對照區	7,599	(7.1%)	638,098		
101 年					
示範區	9,076	+344	795,483	+44,168	+49,975
對照區	8,732	(3.9%)	751,315		
4 年平均					
示範區	8,236	+351	675,322	+45,492	+50,187
對照區	7,885	(4.5%)	629,830		

結 語

本計畫於主要綠竹專栽培專業區的農會辦理綠竹合理化施肥講習會，不僅可使農民栽培管理技術更為提升，另召開田間示範成果觀摩會，經由現場解說及充分溝通與分享，使與會農民收益匪淺，且示範區較對照區每公頃節省肥料用量221公斤(節省率17.9%)，節省成本4,695元，另增產351公斤(增產率4.5%)，產值增加45,492元，總產值粗收益增加50,187元。

參考文獻

1. 行政院農業委員會 2011 農業統計年報 p.52 行政院農業委員會 臺北 臺灣。

2. 林維治 1996 臺灣竹亞科植物之分類 p.635-709 林維治先生 竹類論文集 臺灣省林業試驗所 臺北 臺灣。
3. 林基興 2006 竹炭的黑金世界-竹製多謀專輯 科學月刊 37(3):178-179。
4. 洪崇彬 2004 木、竹炭在生活上之應用 林業研究專訊 11(3):18-20。
5. 賴玄金、汪偉杰、吳仁傑 2006 竹炭物化特性簡介 科學月刊 37(3):180-185。
6. 羅秋雄 2012 綠竹筍 p.87 作物施肥手冊第六版 行政院農業委員會農糧署 南投 臺灣。
7. Asada, T., S. Ishihara, T. Yamane, A. Toba, A. Yamada, and K. Oikawa. 2002. Science of bamboo charcoal: Study on carbonizing temperature of bamboo charcoal and removal capability of harmful gases. J. Health Sci. 48(6):473-479.
8. Heschel, W., and E. Klose. 1995. On the suitability of agricultural by products for the manufacture of granular activated carbon. Fuel 74(12):1786-1791.

苗栗地區葡萄合理化施肥技術

吳添益、蔡正賢

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘 要

苗栗地區葡萄合理化施肥技術，是以97~100年間卓蘭地區葡萄合理化施肥輔導調查為例，摘出如下結果，供轄區果農經營管理之參考。首先就夏作葡萄生長期土壤層別各養分濃度含量調查，得知卓蘭地區葡萄園土壤酸鹼度和有機質仍有很大改善空間的，建議採用深耕方式，投入適量的鈣、鎂肥及有機質肥料，或果園草生栽培，提高土壤保肥、保水能力，徹底改良土質及酸性土壤改良，必然有助於土壤中鈣、鎂含量的提升。葡萄葉片缺鎂現象也可獲得改善。從100年夏作栽培期間，在催芽後104天枝條長各養分含量調查。顯示每分地平均枝條量之養分含量依氮、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂分別為1.18 kg、0.88 kg、1.96 kg、1.15 kg、0.32 kg。各成分間比例為1：0.75：1.66：0.97：0.27。又由苗栗區合理化施肥輔導成果顯示，重點葡萄作物近4年(98~101)間共計21戶示範點，平均合理施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少110.9公斤(17.5%)，成本節省2,623元。總產值粗收益每公頃增加114,047元。

關鍵字：葡萄、土壤管理、合理化施肥。

前 言

臺灣葡萄之栽培面積約3,200公頃，大部份為巨峰品種，該品種之種植也是全球最廣，生產至今40餘年之間，產量與品質提升許多。在亞熱帶的臺灣，目前已有穩定的產期調節技術，一年可收成兩次，其產值及農民的收益較高，成為重要經濟果樹。隨後葡萄生產採密集栽培的耕作制度，土壤肥力的耗損更形嚴重，為

維持農作物之正常生長，常需要適當補充作物賴以生長的礦物養分。如何營造健康活化的果園土壤，運用推動普及化的土壤肥力檢測分析，推薦合理化施肥，培養健康葉片與結果枝群，育成健旺的根群，生產高品質的安全果品，為每位果園經營管理者之目標。苗栗地區葡萄合理化施肥技術，就以97~100年間卓蘭地區輔導調查結果為例，提出分析說明與注意事項，供轄區果農經營管理之參考。

材料與方法

本文於97~100年間的卓蘭地區輔導調查概要敘述如下

調查地點

於97~98選定卓蘭地區埔尾段、明德段及坪頂段等不同地域葡萄園三處；於99-100選定卓蘭地區豐田段、明德段及神明段等不同地域葡萄園三處。

調查方法

1. 栽培生長期間，進行葉片及土壤層別之採樣調查。葉片採樣每地段果園兩袋，依本場果園之葉片與土壤採樣手冊規定採集，葉片養分測定項目為N、K、P、Ca及Mg等養分含量，土壤養分測定項目除PH、E.C、O.M外，為P、K、Ca及Mg等養分含量。
2. 調查時期，配合葡萄不同生育階段，97~99年間為每年夏果期作，在催芽後之第8週間的開花期起算，每隔4週間採樣監測一次，至採果結束至少三次，100年夏期作則於葡萄催芽後104天調查枝條養分含量。土壤部分則區分土層深度為0~10、11~20及21~30公分等三個土層別，瞭解園相土壤養分之變化。作為田間土壤與肥料管理改善參考。

結果與討論

97~100年來夏作葡萄生長期土壤層別各養分濃度含量變化

由圖1中得知土壤酸鹼值隨土層深度增加其值有偏稍低趨勢，其中土層10公分以下，97~98年間保持5左右，99~100年間都維持5.5以上。從100年地區調查251件中土壤酸鹼值5.0以下佔13.5%，加上5.0~6.0以下佔31.5%。陳(1989)指出在葡萄可種植在5~8之土壤，以微鹼性土壤最佳。合計尚有45%園地仍須土壤改良調整工作，以符合優質果品生產要求，葡萄園土壤酸鹼值以6.0~7.0間為適宜值。由圖2中得知土壤電導度值於土層深度0~10公分間保持0.10~0.19dS/m間，隨土層深度增加其電導度值有偏稍低趨勢。優質葡萄果品生產要求，葡萄園土壤電導度值以不超過0.20 dS/m為適宜。

由圖3中得知土壤有機質含量於土層深度0~10公分間保持33.3 g/kg以上，隨土層深度增加其有機質含量有偏稍低趨勢，尤其在土層深度20~30公分間有機質含量都略低於20 g/kg。從100年地區調查251件表底中土壤有機質含量低於20 g/kg以下佔21.1%，有待配合深耕及增加施用粗質有機質肥料，改善土壤物理性，增加土壤透水性及保水性。優質葡萄果品生產要求，葡萄園土壤有機質含量應有30 g/kg以上為適宜。由圖4中得知97~100年間於土層深度0~10公分土壤有效磷含量為211~388 mg/kg，隨土層深度增加其有效磷含量有偏稍低趨勢，但在土層深度20~30公分間有效磷含量為130~204 mg/kg，都還在適宜範圍內。從100年地區調查251件表底中土壤有效磷含量高於220 mg/kg以上佔34.0%，在肥料價格上漲環境，有待斟酌減施或選用磷酐成分低的肥料，降低施肥成本，符合優質葡萄果品生產要求為宜。由圖5中得知97~100年間於土層深度0~10公分土壤交換性鉀含量為218~362 mg/kg，隨土層深度增加其交換性鉀含量有偏稍低趨勢，但在土層深度20~30公分間交換性鉀含量為108~234 mg/kg，都還在適宜範圍內。從100年地區調查251件表底中土壤交換性鉀含量高於200 mg/kg以上佔38.0%，在肥料價格上漲環境，有待斟酌減施或選用氧化鉀成分低的肥料，降低施肥成本，符合優質葡萄果品生產要求為宜。

由圖6中得知97~100年間於土層深度0~10公分土壤交換性鈣含量為1,840~3,045 mg/kg，隨土層深度增加其交換性鈣含量有偏稍低趨勢，在土層深度

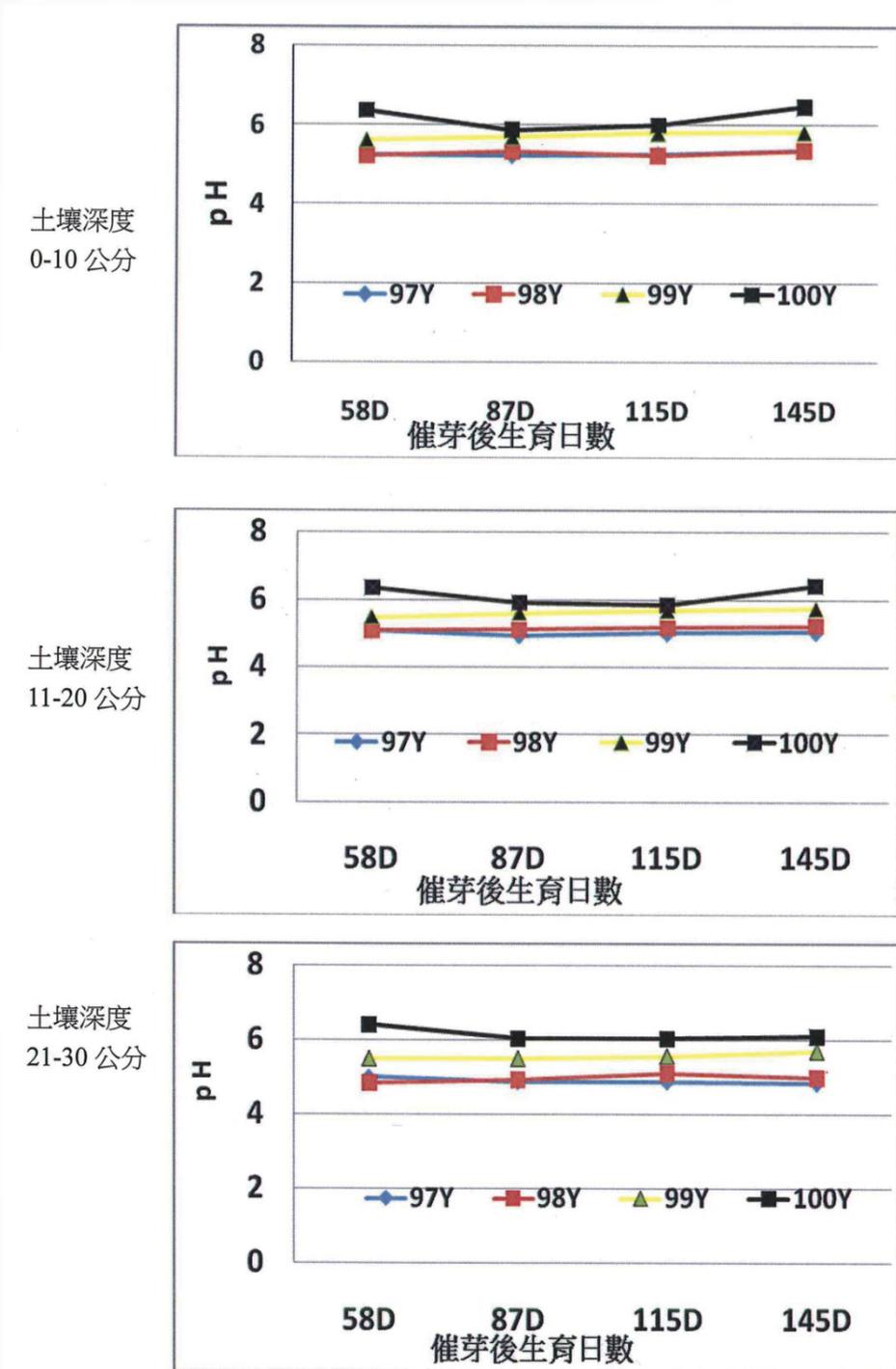


圖 1、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤酸鹼值之變化

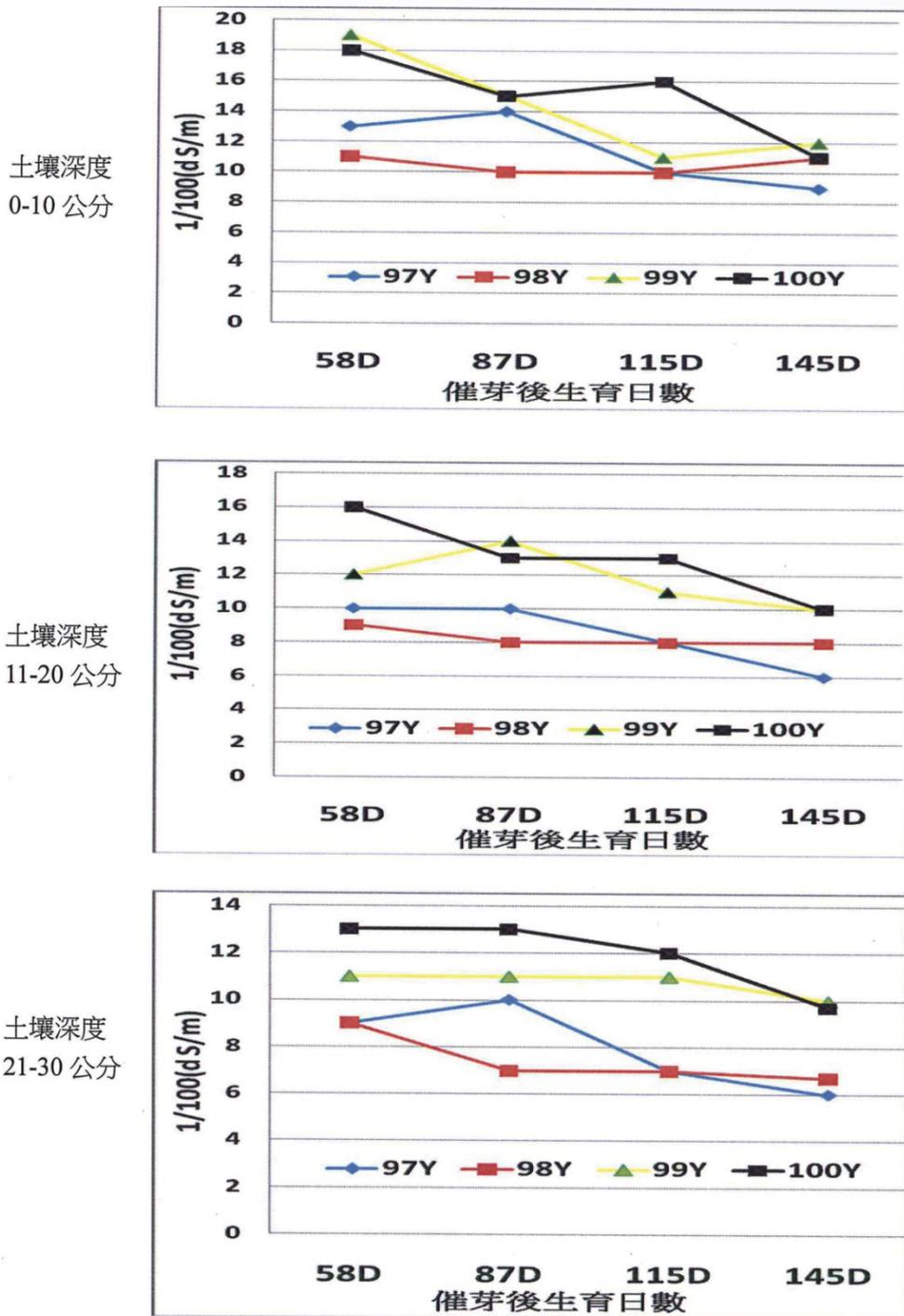


圖 2、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤電導度之變化

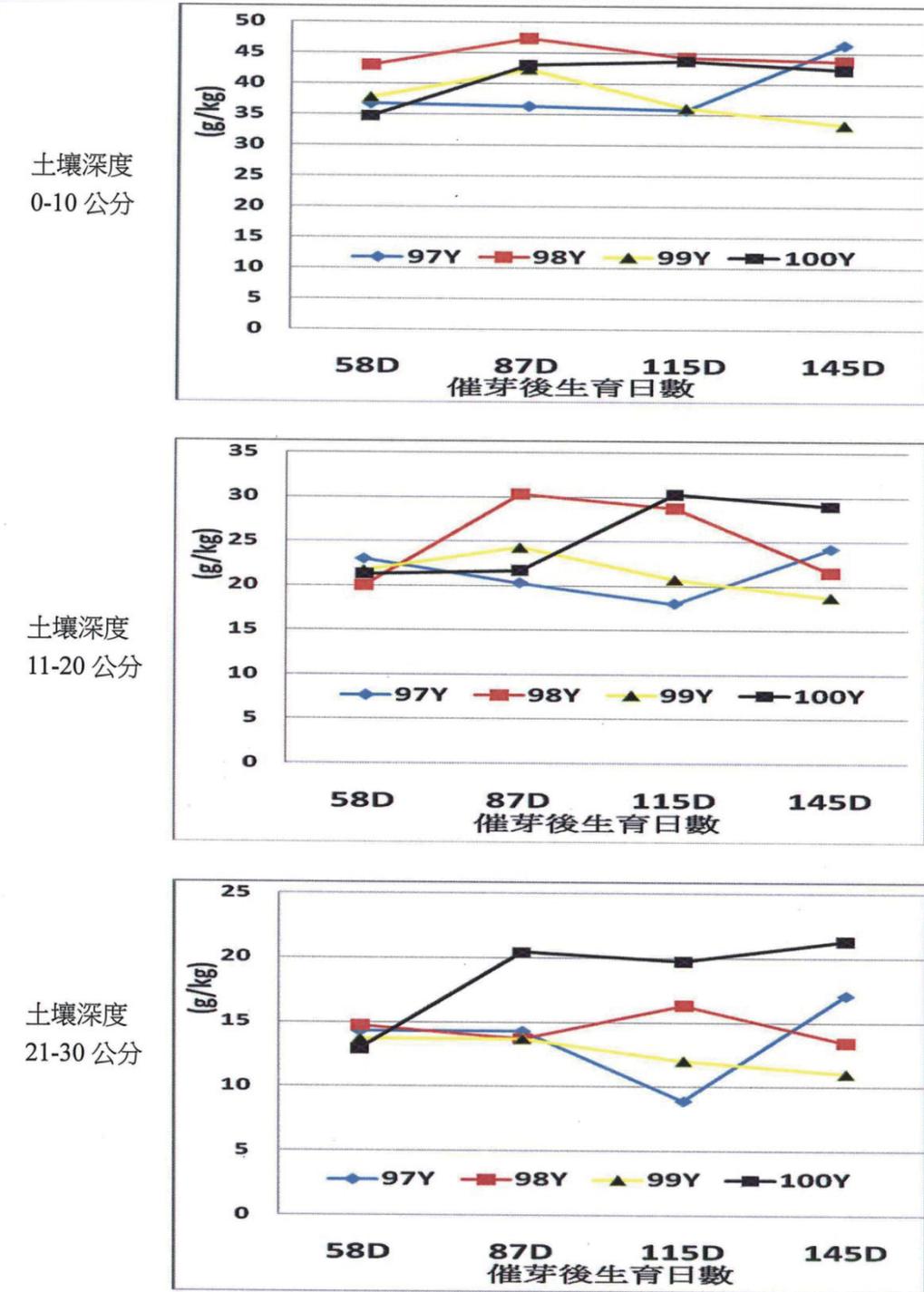
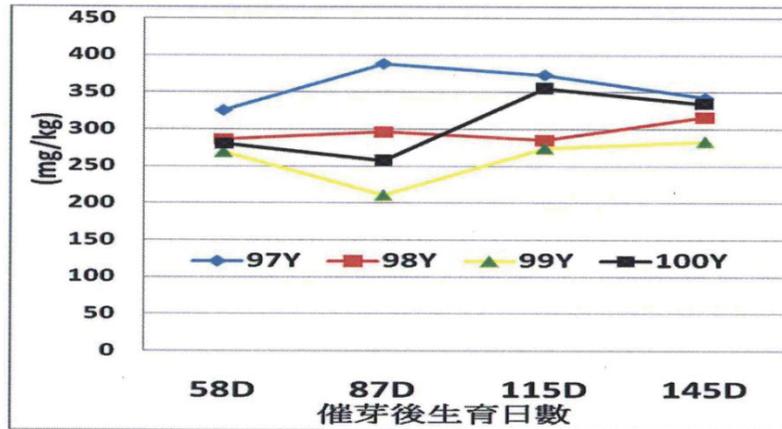
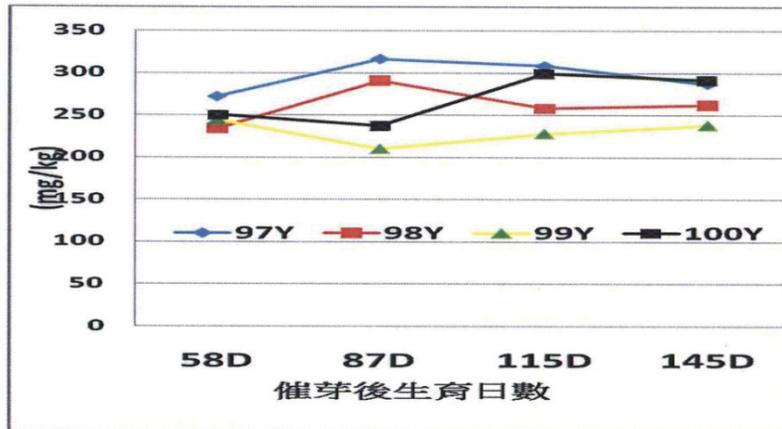


圖 3、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤有機質之變化

土壤深度
0-10 公分



土壤深度
11-20 公分



土壤深度
21-30 公分

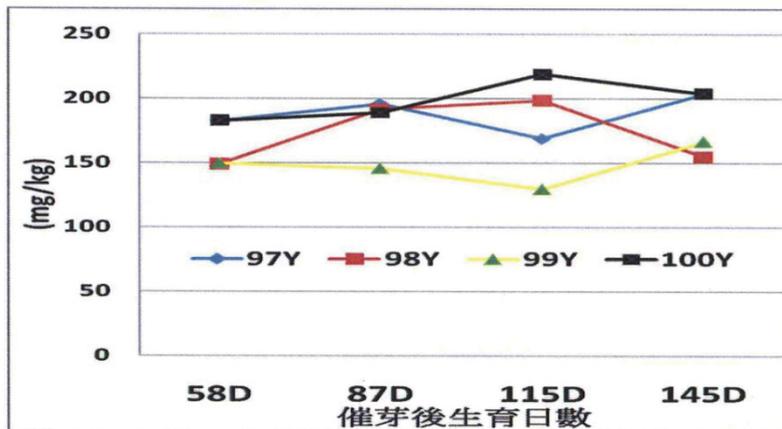
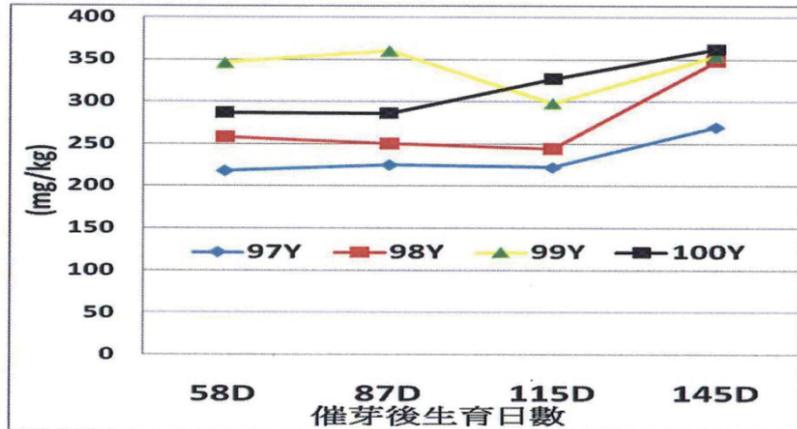
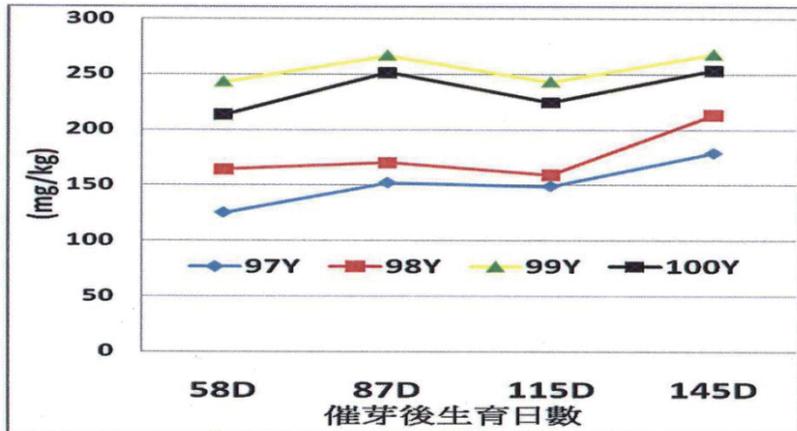


圖 4、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤有效磷之變化

土壤深度
0-10 公分



土壤深度
11-20 公分



土壤深度
21-30 公分

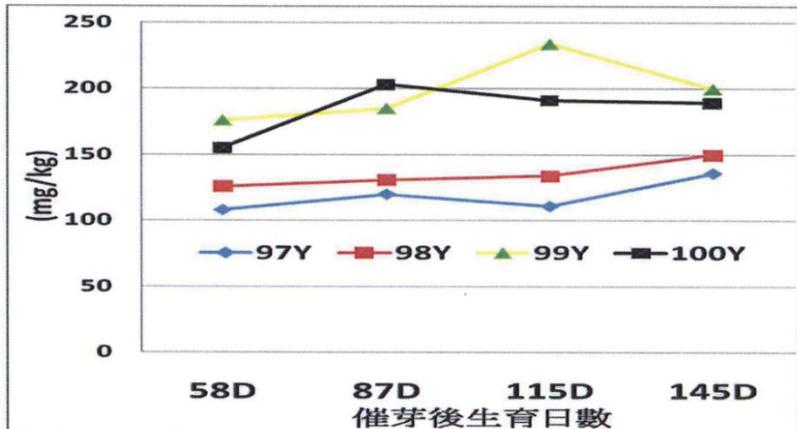
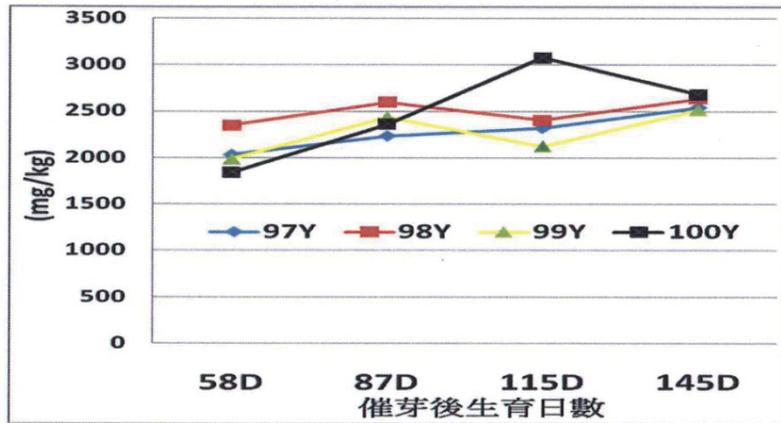
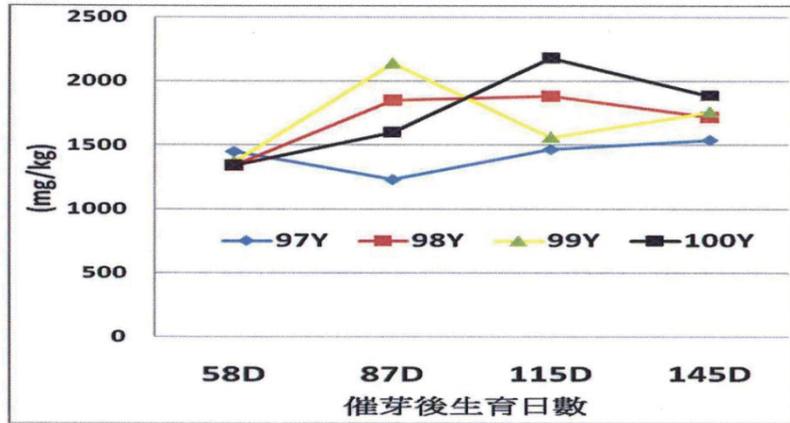


圖 5、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤交換性鉀之變化

土壤深度
0-10 公分



土壤深度
11-20 公分



土壤深度
21-30 公分

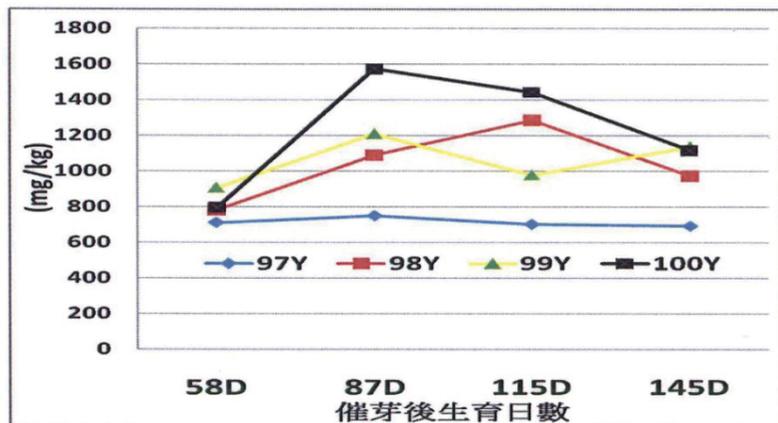
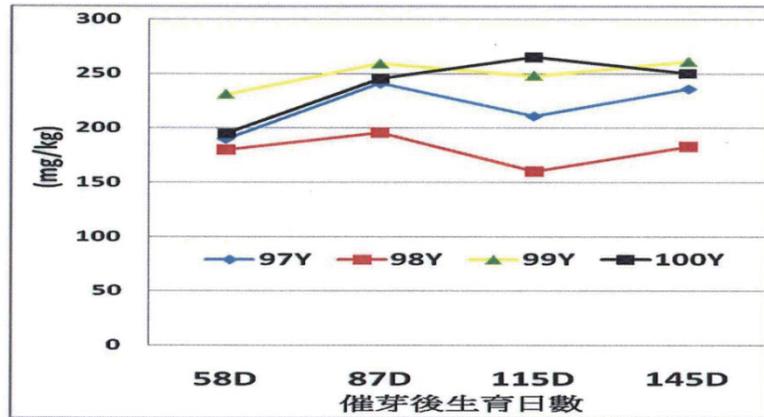


圖 6、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤交換性鈣之變化

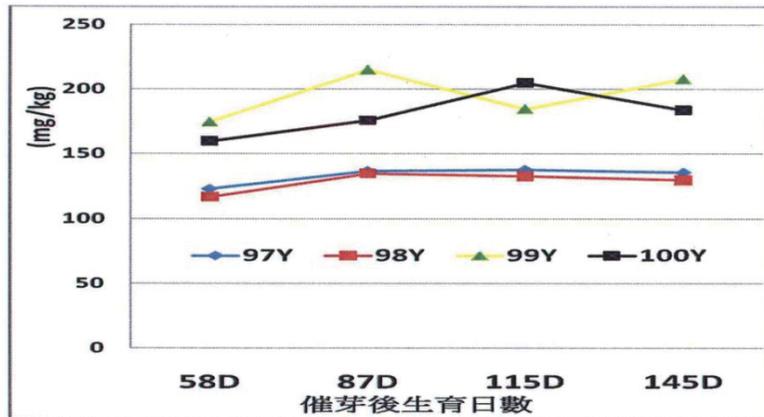
10~20公分間交換性鈣含量為1,232~2,182 mg/kg，在土層深度20~30公分間交換性鈣含量為696~1,443 mg/kg，都低於適宜範圍低限值內。從100年地區調查251件表底中土壤交換性鈣含量低於1,000 mg/kg以下佔27.5%，土壤交換性鈣含量介於1,000-1,800 mg/kg間佔41.8%。從以上分析增施鈣於根生長區域，有待配合深耕才能發揮土壤改良的效果，因鈣離子養分在土壤中流失機會多，有分施需求的必要為宜。由圖7中得知97~100年間於土層深度0~10公分土壤交換性鎂含量為160~265mg/kg，隨土層深度增加其交換性鎂含量有偏稍低趨勢，在土層深度10~20公分間交換性鎂含量為117~215 mg/kg，屬於合理適宜值之間，在土層深度20~30公分間交換性鎂含量為86~182 mg/kg，於97~98年間都低於適宜範圍低限值內。從100年地區調查251件表底中土壤交換性鎂含量低於120 mg/kg以下佔27.9%。從以上分析得知，增施鎂肥於根生長區域，有待配合深耕才能發揮土壤改良的效果，因鎂離子養分在土壤中流失機會多，且有分施需求的必要為宜。

另從表1卓蘭鎮土壤層別質地分佈情形得知：土層質地在表層土壤(0~30公分)為100%中質地；次層土壤(30~60公分)中列為中質地佔16.2%，細質地土壤佔12.6%，極細質地土壤佔17.1%，石礫質地土壤佔54.2%；中層土壤(60~90公分)中列為中質地佔9.8%，極細質地土壤佔28.2%，石礫質地土壤佔62.0%；下層土壤(90~150公分)中列為中質地佔8.4%，細質地土壤佔12.6%，極細質地土壤佔17.0%，石礫質地土壤佔62.0%。且土壤母質來源分為砂頁岩、板岩及板岩混合砂頁岩等三種居多，均為無石灰性，土壤反應等級在酸性 - 極酸性之間。土壤型態為沖積土居多，紅、黃壤為次之；土層內部排水大致不完全等級，少部份紅、黃壤為良好 - 尚佳排水等級。考慮上述情況，葡萄園施肥管理應著力於深耕施肥方式，使肥料可達土壤表層底30公分位置，有助於培養健康葉片與結果枝群，育成健旺的根群，生產高品質的安全果品。

土壤深度
0-10 公分



土壤深度
11-20 公分



土壤深度
21-30 公分

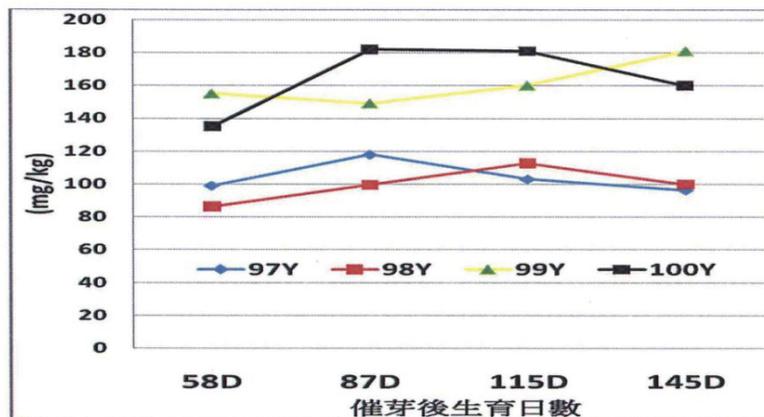


圖 7、97-100 年夏作葡萄生長期間土壤交換性鎂之變化

表 1、卓蘭鎮土壤層別質地分佈情形(%)

土層別 (公分)	土壤質地(%)				合計
	中質地	細質地	極細質地	石礫	
表層 0-30	100	0	0	0	100
次層 30-60	16.2	12.6	17.1	54.2	100
中層 60-90	9.8	0	28.2	62.0	100
下層 90-150	8.4	12.6	17.0	62.0	100

資料來源：苗栗縣卓蘭鎮土系性質簡表摘錄。

97~100年來夏作葡萄生長期葉片及枝條各養分濃度含量變化

由圖8中得知97~99年間夏作栽培期間，葉片氮養分含量隨生長日數增加，而漸減趨勢，符合優質果品生產要求，於成熟採收前退氮效應，減少轉色及成熟遲緩現象發生。在花開階段，滿開期間葉片氮養分含量最高，與調查結果相似，98年全期間氮養分含量低於適宜下限值。葉片每公斤氮養分含量適宜值21~26公克間。由圖9中得知97~99年間夏作栽培期間，葉片磷養分含量隨生長日數增加，而有漸增加趨勢。尤其滿開70天左右，每公斤葉片磷養分含量高達4.7~5.7公克間，此現象發生符合農民用肥習慣造成的。頗值得讓生產者思考優質果品生產要求，需要給與那麼多的磷肥量嗎？在花開階段，滿開期間葉片磷養分含量最低，仍然高於磷養分含量適宜上限值。這與土壤中磷養分含量已高有關。97~99年全期間磷養分含量超高於適宜上限值，過量磷離子養分吸收，恐引起葡萄樹體汁液無機養分間的不平衡，導致硼離子養分吸收降低。葉片每公斤磷養分含量適宜值1.6~2.2公克間。

由圖10中得知97~99年間夏作栽培期間，在滿開和後期階段之葉片鉀養分含量都高於其他生育階段，同時於97-98兩年間後期階段，葉片鉀養分含量高於適宜之上限值，除了氣候影響外，為求優質果品甜度要求，於成熟採收前習慣於增加鉀肥用量現象。因鉀離子養分在植體運輸快，及土壤中流失機會多於磷，所以施肥平均分配於各生育階段。葡萄葉片每公斤鉀養分含量適宜值7~12公克間。

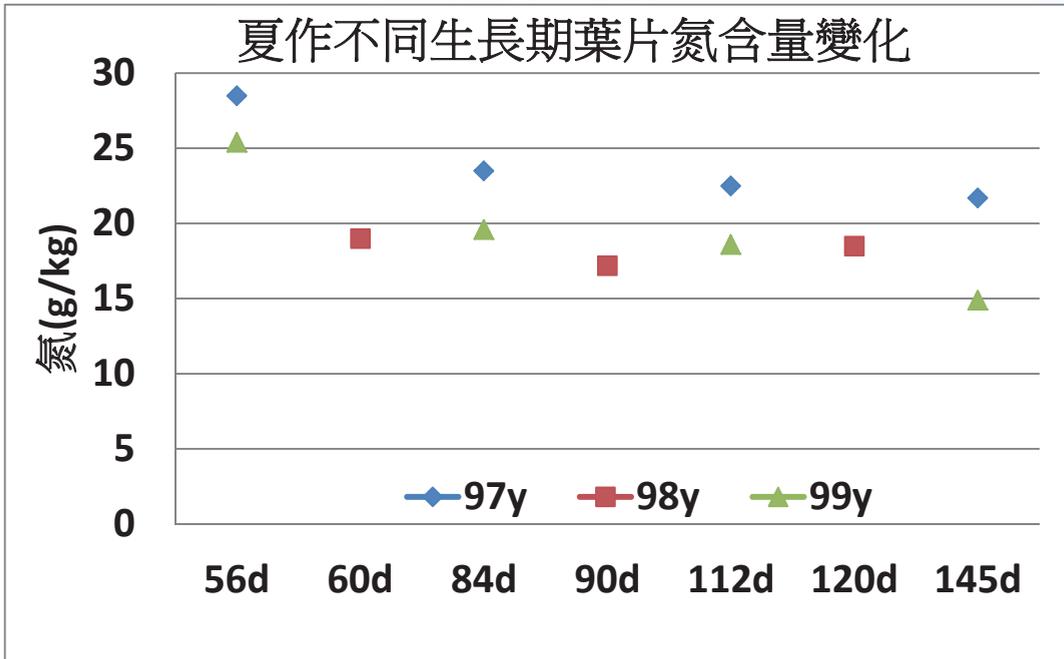


圖 8、卓蘭地區夏作葡萄生長期間葉片氮養分含量之變化

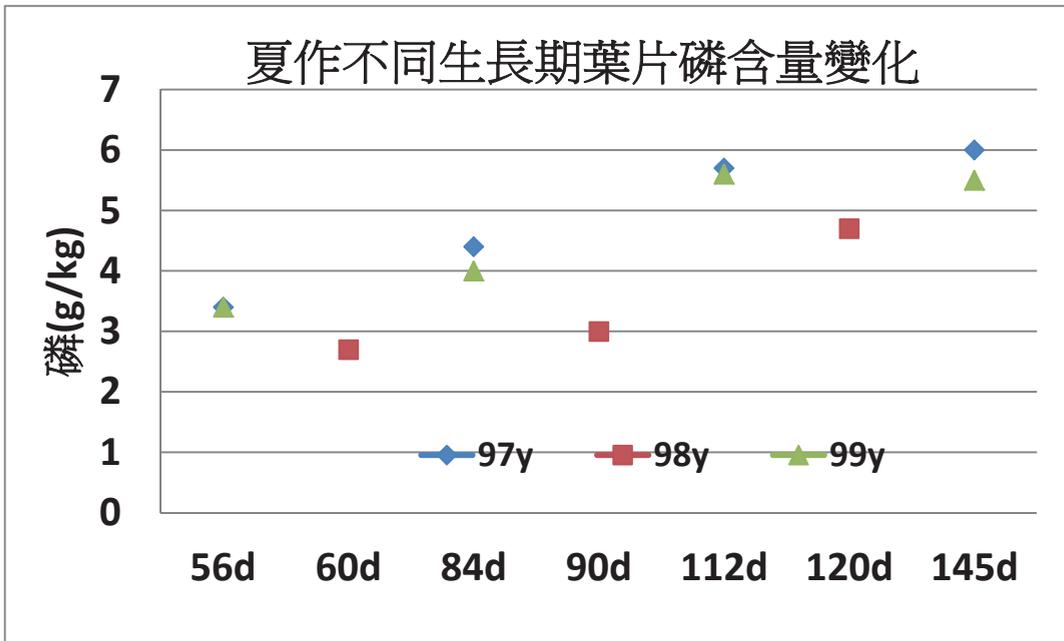


圖 9、卓蘭地區夏作葡萄生長期間葉片磷養分含量之變化

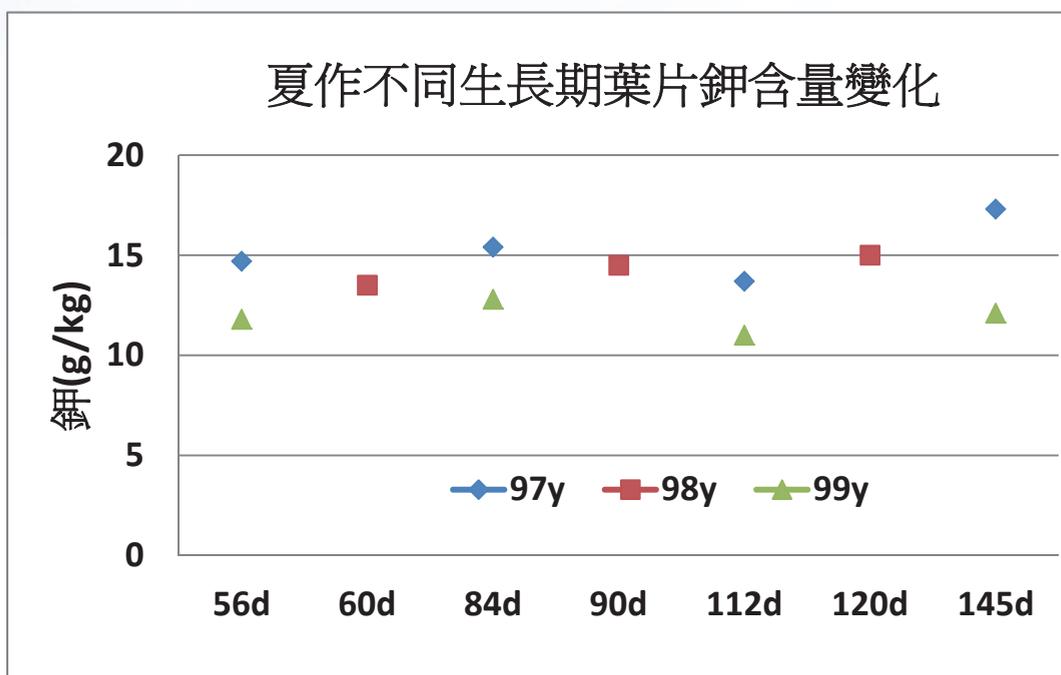


圖 10、卓蘭地區夏作葡萄生長期間葉片鉀養分含量之變化

由圖11中得知97~98年間夏作栽培期間，在不同生育階段之葉片鈣養分含量都高於適宜之上限值，99年栽培生長全階段間，葉片鈣養分含量與適宜值相差不遠。因鈣離子養分在植體運輸慢，及土壤中流失機會多，一般葡萄園每分地施用氧化鈣約40~50公斤。葡萄葉片每公斤鈣養分含量適宜值10~20公克間。

由圖12中得知97~100年間夏作栽培期間，在不同生育階段之葉片鎂養分含量都低於適宜之下限值，栽培生長果實肥大期間，葉片養分供輸競爭機會。加上養分間拮抗作用，導致鎂離子養分吸收降低。及土壤中流失機會多，一般葡萄園每分地施用氧化鎂約10~15公斤。葡萄葉片每公斤鎂養分含量適宜值2.6~5.0公克間。

由圖13、14中得知：100年夏作栽培期間，在催芽後104天枝條長各養分含量情形。採集枝條平均梢長95.3公分(78.7~121.2公分)，平均葉片數16.6片(15~19.6片)。每支枝條養分平均含量依氮、磷、鉀、鈣、鎂分別為88.1 mg、31.7 mg、138.4 mg、71.7 mg、14.9 mg。氮、磷、鉀、鈣、鎂成分比例為1：0.36：1.57：0.81：0.17。

若換算每分地枝條量，以平均枝條量17,483條估算，每分地平均枝條量之養分含量依氮、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂分別為1.18 kg、0.88 kg、1.96 kg、1.15 kg、0.32 kg。氮、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂成分比例為1：0.75：1.66：0.97：0.27。與黃、王(2000)指出最恰當肥料用量比氮：磷酐：氧化鉀=1.0：0.5~1.0：1.0~1.5，頗為相接近。

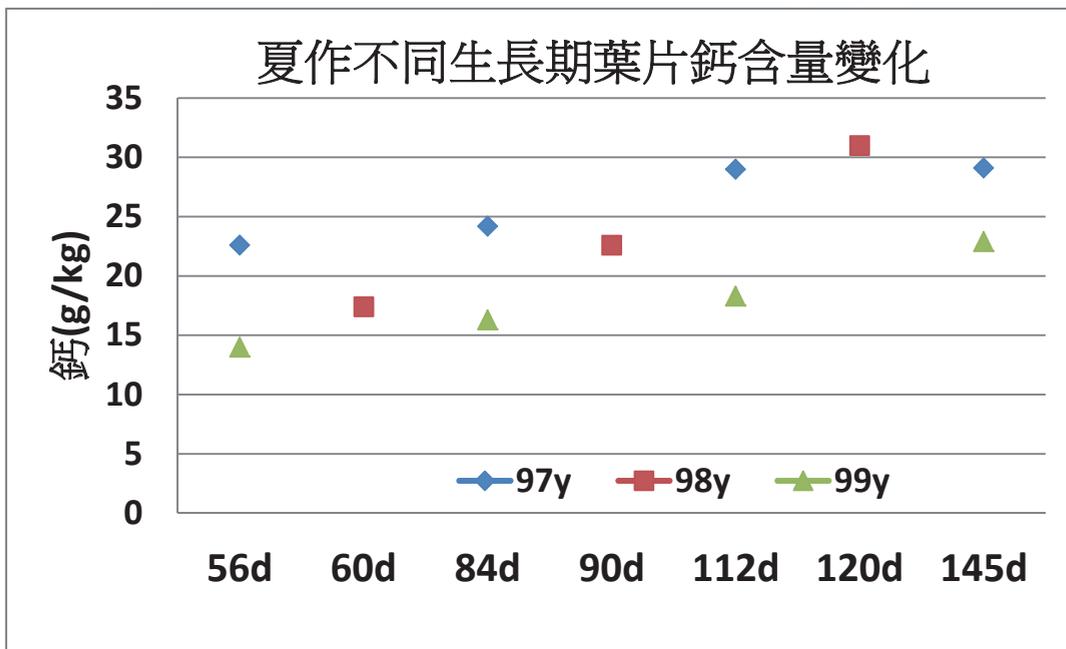


圖 11、卓蘭地區夏作葡萄生長期間葉片鈣養分含量之變化

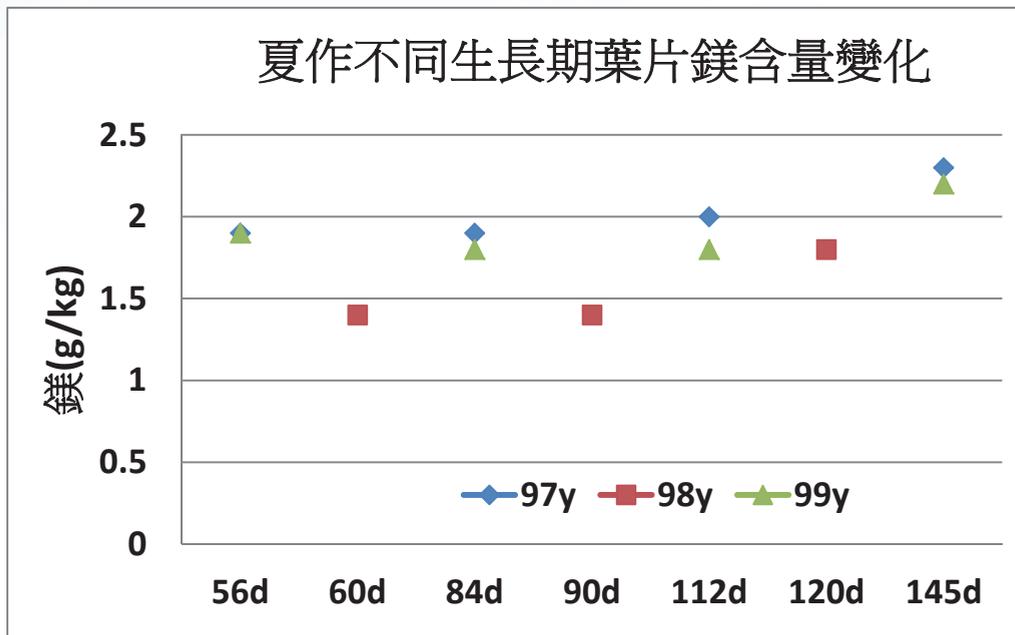


圖 12、卓蘭地區夏作葡萄生長期間葉片鎂養分含量之變化

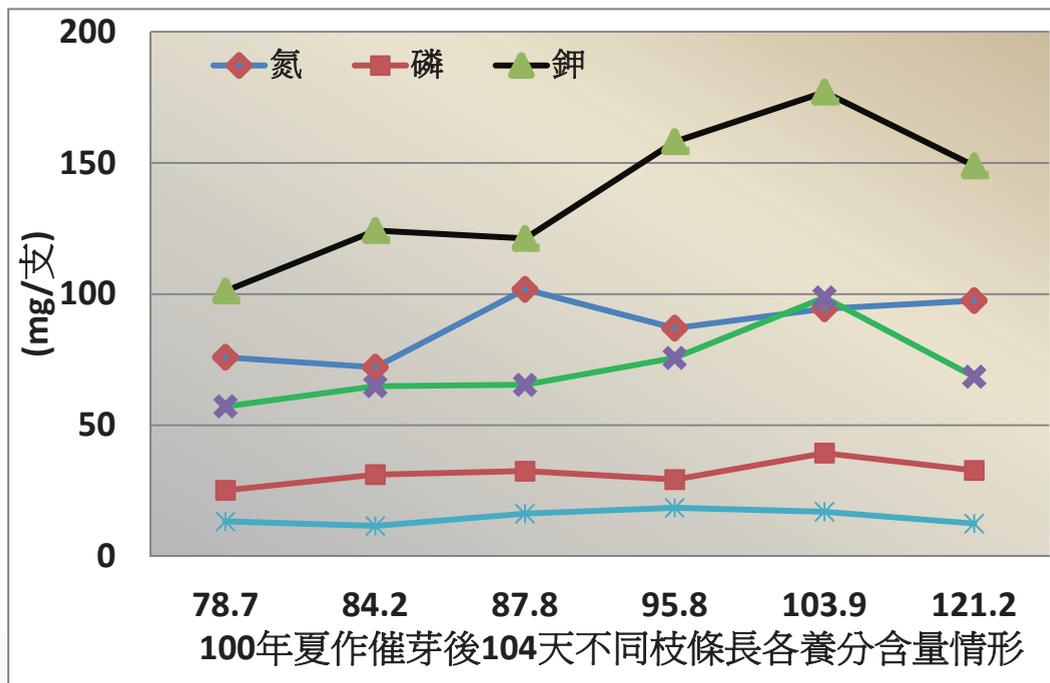


圖 13、卓蘭地區夏作葡萄生長期間不同枝條各養分含量情形

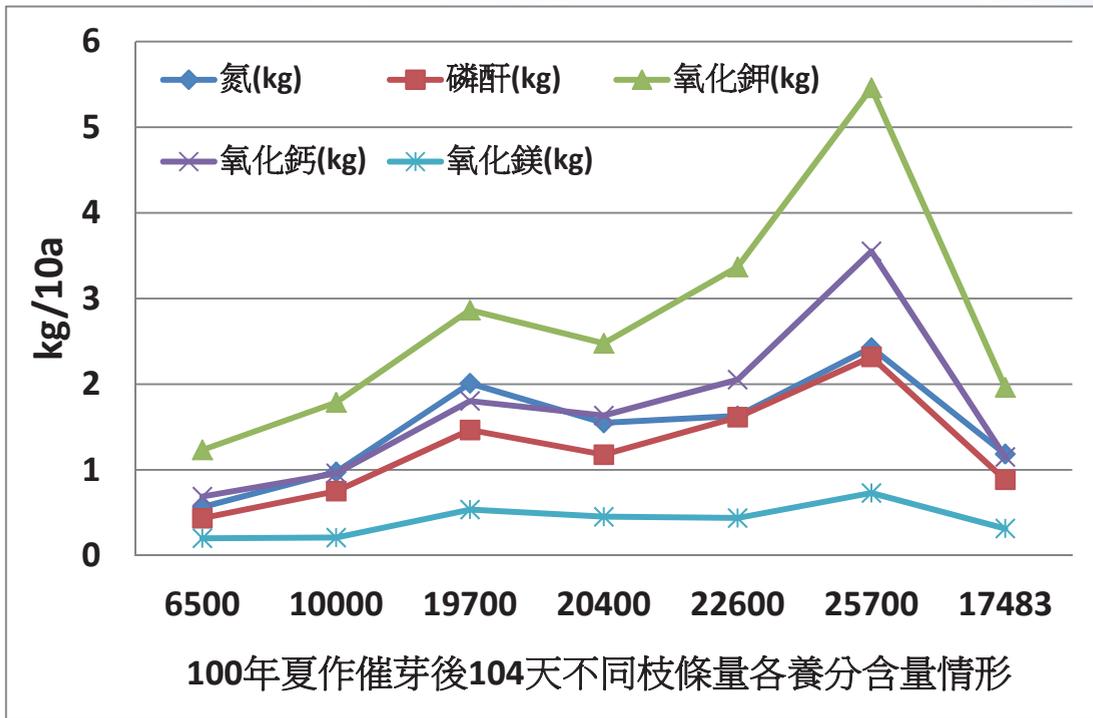


圖 14、卓蘭地區夏作葡萄生長期間分地枝條量各養分含量情形

卓蘭地區葡萄施肥用量、產量及生產成本調查比較

卓蘭地區葡萄園用肥量產量及生產成本相關調查比較，97年園地數34家，99年園地數61家，結果如表2所示。分析比較所得結果的差異，在公頃用肥量方面，氮肥減少37公斤，磷酐增加4公斤，氧化鉀減少78公斤，包括有機質肥料在內的用肥成本方面，每公頃節省支出16,339元。公頃產量增加3,272公斤，每公斤售價減少5元，粗收入每公頃增加106,220元。與康(1980)指出當公頃產量15,000公斤時，所需收養分約氮95~126公斤，磷酐37~47公斤，氧化鉀126~158公斤。若以這兩年產量平均相近等量，將用肥量與吸收量比較時，結果顯示氮肥吸收率約55.8%，磷酐吸收率約18.8%，氧化鉀吸收率約45.9%。另由苗栗區農業改良場合理化施肥輔導成果顯示，重點葡萄作物近4年(98~101)間共計21戶示範點，平均合理示範施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少1,10.9公斤(17.5%)，成本節省2,623元。

總產值粗收益每公頃增加114,047元，與表2調查結果相似。以下就葡萄土壤管理與合理化施肥加強輔導的幾個重點提出說明。

表 2、卓蘭地區葡萄用肥量、產量及生產成本結構之比較

年度	園地	肥料量(公斤/公頃)			用肥成本 (元/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公斤)	粗收入 (元/公頃)
		氮	磷酐	氧化鉀				
97	34	217	221	348	115,688	15,337	60.9	934,023
99	61	180	225	270	99,349	18,609	55.9	1,040,243
差異		-37	+4	-78	-16,339	+3,272	-5.0	+106,220

(一)土壤有機質的補充：土壤有機物對農業生產體系之永續性有顯著的影響，同時也是土壤品質和生產力之重要指標。應該慎選利用高粗質、低肥分且完全腐熟的有機質肥料來補充土壤有機質，使果園土壤有機質基準應達含量達3%以上，以維持高品質葡萄的生產需求。

(二)土壤改良：首重土壤酸鹼值的調整，土壤酸鹼值6.0~6.8是葡萄根域活力最佳的生長範圍。就以卓蘭地區在98年到101年間土壤調查案例，得知在98年的土壤酸鹼值低於6.0者果園比例占有79%之多，經農民逐年認同改善，到101年的土壤酸鹼值低於6.0者果園比例下降到占有32.5%，但是從土壤酸鹼值低於6.0者兼有土壤鈣養分低於適宜值1800 mgkg⁻¹者，從98年占有果園比例有44.0%之多，改善到101年只剩到32.5%比例的果園數。如土壤酸鹼值太酸及土壤中鈣養分偏低，則應利用石灰資材來改善；施用上可考量土壤質地及氣候而調整採用分施方式，且改良資材應比有機質肥料及化學肥料提早20天以上先行施入畦面上，以確保其效果。

(三)土壤磷鉀肥配置：施用基肥時，將全量磷肥及30~50%的鉀肥與有機質肥料一並混施掩埋入土，以維持磷鉀肥有效性，減少被土壤固定的情況發生。同時根據土壤肥力檢測結果(表3)，當發現果園土壤之磷、鉀肥含量有蓄積之跡象，管理重點應著重於「合理化施肥技術的應用」，可多加選用磷、鉀含量低且價格

較低的磷、鉀肥之肥料，降低施肥成本，減少土壤養分不平衡的發生。我們由表中得知卓蘭地區葡萄果園土壤磷、鉀蓄積情況改善，已從98年占有26.0% 比例的果園數，到101年土壤樣本120件時，其中超過土壤磷、鉀養分適宜值以上的果園只占有7.5% 比例的園數。

表 3、卓蘭地區 98~101 年間葡萄果園土壤磷、鉀養分分布情況

年度	樣本數	小於適宜值		適宜值		大於適宜值		磷鉀都大於適宜值
		鉀	磷	鉀	磷	鉀	磷	
98	127	24.0	3.0	34.0	50.0	42.0	47.0	26.0
99	214	15.0	4.7	27.1	53.7	57.9	41.6	33.6
100	251	24.7	8.4	37.0	57.7	38.3	33.9	19.9
101	120	20.3	3.3	52.2	74.2	27.5	22.5	7.5

註：土壤磷、鉀養分暫定基準如表四所示。

(四)中耕掩施確保肥效：應用開溝、培土、灌注及葉面等方式，使肥料養分置入土壤中根圈較集中區域的施肥方法，促使植體有效吸收，達到有效施肥，提高栽培期間抗逆境及施肥利用率。苗栗場於97~100年間調查果園土壤深度別養分消長變化，得知隨土壤深度增加，土壤中磷、鉀、鈣及鎂養分呈現下降。管理重點應於冬季基肥配合中耕管理，將基肥掩施入土，如此不僅可保持其肥效，更能促進新根系的生成，將有利提昇葡萄植株對土壤養分的吸收能力，尤其是鈣肥的吸收效率。所以，施肥方法或位置不當，徒增施肥浪費與環境污染等問題。

(五)為求達葡萄合理化施肥目的，應特別注意基肥的化學肥料配置施用，因葡萄屬於溫帶落葉果樹，其於冬季有休眠的生理現象；此時，適度中耕配合適宜的基肥施用，可有效改善果園土壤的物理性化學性及生物性，且有助於新根群的充分伸長及發育。因此，於冬果收穫後進行土壤肥力檢測及診斷分析是必要的措施。我們就以101年輔導調查結果為案例(表4)，得知土壤中磷、鉀及鎂養分含量是豐富充足的，而土壤中鈣養分低於適宜值 1800 mgkg^{-1} 者，占有84.2% 的果園數，改善方法，雖然知道缺什麼，就要補什麼，重點應該放在鉀鈣鎂平衡，

避免養分過量吸收出現抑制情況，從表內得知鹽基飽和度低於55%者果園數占60%，土壤中鈣鎂當量比低於4的果園數有23.3%者，土壤中鎂鉀當量比低於2的果園數有27.5%者，上述這些果園容易發生缺鈣、缺鎂的情況。補救上需注意下列事項，由於在粗質地土壤中鈣、鎂容易於流失，可採用分施或配合中耕埋入土中，此外，也要適度調整鉀肥施用量及注意氣候、灌溉及土壤質地等相關因子，作適時、適量及適法配合應用，才得確保改善之效果。此外，葡萄的花期易因土壤氮肥含量過高，而造成流花結實不良現象；其所施用有機質肥料應選用低氮粗質種類之有機質肥料，或調整減少化學氮肥施用量，以確保結果枝的生育調控。

表 4、卓蘭地區 101 年葡萄果園土壤養分分布情況

土壤養分	小於適宜值	適宜值	大於適宜值	合計
鉀	20.3	52.2	27.5	100
鈣	84.2	13.3	2.5	100
鎂	46.7	48.3	5.0	100
磷	3.3	74.2	22.5	100

備註：各養分暫定基準如下：土壤磷適宜值為 44~220 mgkg⁻¹。

土壤鉀適宜值為 100~200 mgkg⁻¹。土壤鎂適宜值為 120~240 mgkg⁻¹。土壤鈣適宜值為 1,800~2,400 mgkg⁻¹。以陽離子交換濃度 15 cmol(+)kg⁻¹ 為基準，本區鹽基飽和度低於 55%者果園數占 60%，土壤中鈣鎂當量比低於 4 者果園數有 23.3%，土壤中鎂鉀當量比低於 2 者果園數有 27.5%，顯示該區果園土壤容易發缺、鈣鎂的現象，有待改善。

(六)每公頃巨峰葡萄三要素推薦量為：(1)夏果用氮肥120~160公斤、磷酐肥100~140公斤、氧化鉀肥120~160公斤；(2)冬果用氮肥100~140公斤、磷酐肥100公斤、氧化鉀肥70~100公斤(表5及表6)。此三要素用量應依「合理化施肥」的要領，依土壤肥力高低與植物生育期別營養需求狀況，適時地調整施肥量或選擇合適肥料成分比例，適當的肥培管理方法給予施用。巨峰葡萄依生育期別分為：修

剪期之基肥、開花時期、硬核前期、轉色前期，以及採收期後等5種不同生育階段來配置不同比率的施用量來施用(表7及表8)。

表 5、葡萄每公頃三要素合理推薦施用量

一年二收期別	氮肥	磷酐	氧化鉀
夏果	120~160	100~140	120~160
冬果	100~140	100	70~100

表 6、葡萄施肥時期及分配率(%)

肥料別	修剪時期(基肥)	開花時期	硬核前期	轉色前期	採收期後
氮肥	40	20	20	10	10
磷 夏果	100	0	0	0	0
肥 冬果	40	20	20	20	0
鉀肥	30	20	25	25	0
堆肥	100	0	0	0	0

表 7、夏果葡萄三要素施肥配置推薦用量(公斤/公頃)

肥料別	修剪時期(基肥)	開花時期	硬核前期	轉色前期	採收期後
氮 肥(N)	48~64	24~32	24~32	12~16	12~16
磷 酐(P ₂ O ₅)	100~140	0	0	0	0
氧化鉀(K ₂ O)	36~48	24~32	30~40	30~40	0

表 8、冬果葡萄三要素施肥配置推薦用量(公斤/公頃)

肥料別	修剪時期(基肥)	開花時期	硬核前期	轉色前期	採收期後
氮 肥(N)	40~56	20~28	20~28	10~14	10~14
磷 酐(P ₂ O ₅)	40	20	20	20	0
氧化鉀(K ₂ O)	21~30	14~20	18~25	18~25	0

結 語

要做好葡萄合理施肥管理，須對葡萄一年二收作型的生育瞭若指掌，肥料合理用量及分配比例確實記錄，加上後續土壤肥力資料分析與生育診斷的追蹤，終能逐漸改善，最後落實合理化施肥的理念。過度或不當的施肥，對葡萄本身及土壤都會造成不利的影響，不但無法達到高產與高品質之目的，且是浪分生產資源，是不經濟的。「合理化施肥」之最佳管理是可兼顧葡萄高收益與生產力，且有保護環境以達永續發展有極密切之關係。

參考文獻

1. 康有德 1980 葡萄 p.825-842 農家要覽 豐年社。
2. 王錦堂 1988 葡萄園施肥技術 p.85-98 葡萄生產技術(臺灣省臺中區農業改良場特刊第14號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
3. 陳寶琳 1989 葡萄豐產栽培法 p.183-184 五洲出版社。
4. 林嘉興、張林仁、蔡宜峰 1990 葡萄之土壤及肥培管理 p.215-231 果樹營養與果園土壤管理研討會專集(臺灣省臺中區農業改良場特刊第20號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
5. 黃維廷、張淑賢、吳婉麗、連深 1997 葡萄氮鉀素營養與果實收量、品質之關係研究 p.1-21臺灣省政府農林廳編印。
6. 黃裕銘、王銀波 2000 葡萄有機質肥料肥效之研究 p.27-35 土壤肥料試驗彙報 農業試驗所編印。
7. 陳仁炫 2005 營養診斷與合理肥培管理 苗栗地區九十四年度合理化施肥講習會講義 行政院農委會苗栗區農業改良場編印。
8. 吳添益、蔡正賢、李艷琪 2007 卓蘭地區巨峰葡萄果園土壤肥力診斷分析 苗栗區農業專訊第37:18-21。
9. 林嘉興 2008 優良品牌葡萄生產管理技術作業標準 p.63-76國產品牌蔬果品質認證制度規範 農糧署編印。

10. 邱禮弘、張致盛 2010 巨峰葡萄合理化施肥技術 臺中區農業專訊 68:4-7。
11. 吳添益、蔡正賢 2010 苗栗地區葡萄合理化施肥 豐年半月刊 60(7):38-40。
12. 吳添益、蔡正賢 2011 土壤肥力檢測與葡萄合理化施肥 豐年半月刊61(24): 25-28。
13. 吳添益、蔡正賢、彭淑貞 2011 葡萄果園土壤管理及合理化施肥 p.99-113 100 年度土壤肥料研究成果研討會論文集 中華土壤肥料學會編印。
14. 吳正宗 2012 有機質肥料之最佳管理實務 p.1-18 101年度肥料最佳管理策略 與實務研討會論文集 中華肥料協會編印。
15. 陳仁炫 2012 磷肥之最佳管理實務 p.38-52 101年度肥料最佳管理策略與實務 研討會論文集 中華肥料協會編印。
16. 鍾仁賜 2012 氮肥之最佳管理實務 p.82-99 101年度肥料最佳管理策略與實務 研討會論文集 中華肥料協會編印。
17. 馬清華 2012 肥料最佳管理策略之理念和作法 p.100-107 101年度肥料最佳管 理策略與實務研討會論文集 中華肥料協會編印。
18. 吳添益、蔡正賢 2013 葡萄合理化施肥 農業世界雜誌 354:10-15。
19. 行政院農業委員會 2013 苗栗區農業改良場合理化施肥輔導成果 p.64-67 102 年度施肥達人暨合理化施肥輔導成果專刊。
20. 高橋國昭 1998 物質生產理論による落葉果樹の高生産技術p.333-376 農山漁 村文化協會發行。



水稻合理化施肥技術

賴文龍、郭雅紋、楊嘉凌、鄭佳綺、曾宥紘

行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘 要

推動合理化施肥之動機乃利用教育農民減少不必要的施肥，而非減少施肥。依作物特性、土壤性質、土壤肥力、氣候及肥料成分等因子之變化，於作物生育期調整適當養分比率，合適肥料種類，在適當時期以適當方法施肥。水稻合理化施肥技術依據現行稻田土壤肥力及合理施肥基準推薦施肥用量，氮肥推薦用量應考慮水稻品種、期作、氣候、土壤質地及土壤生產力等因子，磷、鉀肥則依土壤磷、鉀含量調整施肥推薦量。水稻對土壤質地之適應性，以壤土至粘質壤土質地為宜，質地較細而粘重土壤之稻穀產量高，粗質地之疏鬆土壤產量較低。試驗區氮肥施用於稻田之肥效，因土壤質地對土壤滲漏速率之影響，進而影響氮肥流失及後續肥效。2008~2012年於臺中地區設置75處水稻合理化施肥示範點，氮肥用量與產量經二次式迴歸分析，結果顯示，示範區氮肥用量 148 kg N ha^{-1} ，最高稻穀產量 $6,929 \text{ kg ha}^{-1}$ ；農民慣用區氮肥用量 206 kg N ha^{-1} ，稻穀產量 $7,258 \text{ kg ha}^{-1}$ ，增施氮肥量28.2% (58 kg N ha^{-1})，而產量只增產4.5% (329 kg ha^{-1})。本試區之氮肥用量與合理化施肥示範區氮肥用量對稻穀產量之關係，由迴歸程式求得最高產量的90% ($6,000\sim 7,000 \text{ kg ha}^{-1}$)之氮肥用量，分別以施用 130 kg N ha^{-1} 及 140 kg N ha^{-1} ，即足夠水稻生育期之養分所需。水稻葉片氮、磷、鎂及鐵等養分濃度隨氮肥用量增加而增加；且糙米之氮含量隨著氮肥用量增加而增加，鉀含量則因氮肥用量增加而減少，顯示氮肥用量會影響糙米品質。

關鍵字：水稻、產量、氮肥、合理化施肥。

前 言

農作物與人一樣都是生物，人食物吃太多太飽就會產生消化不良，容易生病，農作物也一樣，所以適當的施肥，減少肥料成本，農作物對病蟲害的抵抗力也較好，對品質與產量的提升也有幫助(陳, 2010)。水稻合理化施肥則依水稻生產者種植品種、栽培技術及氣候條件等三因素的配合，才能獲得最高的單位面積產量，同時在相同的人力、物力投資下，稻穀的生產量愈多，則利潤愈高(宋, 1980)。三要素肥料之投入以氮肥對水稻生育最有影響，反應最為敏感，氮肥不足水稻生長不良且產量低，多施氮肥會使水稻株高伸長及分蘖數增多。栽培水稻的最終產物是稻穀，施用高量氮肥致使水稻分蘖數增多而植株抽穗成熟期參差不齊，形成米的澱粉不足，使穀粒充實度下降，空穀粒增加，稔實率降低，對產量、米質都有不利影響，再者增施氮肥用量會導致水稻植株軟弱易倒伏及誘發病害之風險(黃等, 1980)。現今水稻肥培管理之氮肥施用量為滿足水稻生育期養分所需，且水稻不倒伏及不誘發病蟲害發生範圍內，自行加以調整。為獲得高產、米質佳與增加收益，應加強水稻合理化施肥，減少不必要的氮肥施用量。臺灣各地區土壤普遍缺氮，在相同水稻品種條件，氮肥效應最大，一般稻田氮用量約在 $100\sim 210\text{ kg ha}^{-1}$ 之間(Su, 1972)。據黃等人(1983)之研究顯示，不同土壤需要不同氮素用量，而底土質地不同，則氮肥用量亦異，底土質地愈粗，需氮量愈大。

水稻對土壤質地之適應性，以壤土至粘質壤土質為宜，質地較粘重者稻穀產量愈高，粗質地疏鬆的土壤稻穀產量較低。土壤肥力因土壤質地不同對稻谷產量高低順序為 $L\geq LC>LS>S$ (黃等, 1984)。水稻在任何生育階段均可吸收氮素，以基肥、追肥(分蘖盛期及幼穗形成期)之氮素肥效最顯著，須充分供應氮肥，方可獲得高產(Su, 1972)。王等(2003)研究氮肥施用，分基肥、一、二追肥等三次，追肥後增施穗肥 $N\ 30\text{ kg ha}^{-1}$ 量，可增產 $11\sim 23.4\%$ ，另黃(1984)於彰化縣低氮深施區於不同土壤質地可增產 $0.5\sim 7.8\%$ ，但粗質地土壤則減產 15.2% 。水稻抽穗後因受豪雨、颱風等氣候因素而倒伏，隨著倒伏時期愈往後對稻穀成熟度、千粒重及產量影響較小(侯,

1988)。土壤質地結構是氮肥肥效限制因子之一，主因為稻田土壤水滲漏速率受質地之影響，進而影響氮肥流失及後續肥效，據張等(1989)試驗指出表、底土粘重土壤(CL/CL)水滲漏速率0.95 mm/day最少，而L/CL 1.54 mm/day次之，而壤土(L/L)水滲漏率8.48 mm/day最大，建議以淺水狀態施氮肥減少深水肥效流失，以提升肥效。臺灣地區一、二期作水稻產量差異懸殊，除與氣象條件及品種有關，在營養管理上，尚有施用氮肥過量及施用時期不當之缺失。水稻施肥技術之關鍵在氮肥，而氮肥之需要性，受土壤性質差異之影響很大(謝等, 1976)。臺灣地區於1965~1974年間試驗改良場所在各地舉辦水稻氮肥分施試驗，結果證實水稻幼穗形成期之穗肥，可提高稻穀產量，因此，水稻施肥以基肥、追肥、分蘖盛期及幼穗形成期組合較佳(Su, 1975)。據王等(2003)於農試所農場進行試驗結果，增施穗肥對稻穀有增產之效。

水稻肥培管理依據現行稻田土壤肥力狀況及合理化施肥為基準進行施肥用量之推薦。由土壤管理組可了解稻田之土系、土壤性質、土壤pH值、土壤生產力等農田土壤性質，氮肥用量應考慮水稻品種、期作、氣候、土壤質地及土壤肥力狀況，依水稻生長勢靈活調整氮肥用量；土壤磷、鉀含量依土壤肥力分析法得知(張, 1981)，依作物施肥手冊(2005)之水稻推薦用量，合理施用磷、鉀肥避免盲目施肥，影響土壤中含養分有效性。臺灣地區耕地有33.2%屬於強酸性土壤，pH值低於5.0以下之稻田施用矽酸爐渣或苦土石灰，提升土壤pH值及增加鈣、鎂、矽含量，降低土壤鋁、鐵離子危害，施用石灰資材或矽酸爐渣增產之潛力似乎不小(林等, 1962)。水稻合理化施肥，依水稻營養生長特性、土壤肥力、氣候等調整施肥種類及肥料成分，依水稻生育期營養需求，施肥提升肥料有效利用率，缺什麼，補什麼?缺多少，給多少?以足夠供給水稻營養需求。

材料與方法

2008~2012年於臺中區農業改良場轄區內分別於臺中、彰化及南投等縣市，辦理水稻合理化施肥示範計75處，依示範點土壤肥力狀況推薦氮、磷及鉀肥等肥料

量，本示範區之水稻施肥時期及方法依作物施肥手冊(2005)行之，調查示範區肥料用量及產量。另針對水稻合理化施肥氮素需要量分爲五級處理(表1)，2011年第一期作於臺中市大雅區上楓里進行田間試驗，其土壤爲砂頁岩非石灰性沖積土上楓樹系(TSg)；第二期作於大雅區紅壤土陳厝寮系(CCe)(臺中、南投縣土壤調查報告, 1976)，兩個試區土壤均爲坵質壤土(王, 1981)，試驗前之土壤肥力性質如表2所示。試驗採用逢機完全區集設計，五處理，四重複，計20小區，小區面積 $3\text{ m} \times 10\text{ m} = 30\text{ m}^2$ 。種植之水稻品種第一期作爲臺農71號；第二期作臺南11號。氮肥用量五級，分別爲0、90、150、210及270 kg N ha^{-1} 。磷、鉀用量依土壤速測結果推薦，磷肥爲30 $\text{kg P}_2\text{O}_5\text{ ha}^{-1}$ 、鉀肥爲30 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ 。試區之肥料施用法依作物施肥手冊(2005)行之。氮肥以硫酸銨分別於基肥25%、插秧後15/10天施第一次追肥20%、插秧後30/20天及穗肥，磷肥全量於基肥以過磷酸鈣施用，鉀肥以氯化鉀分別於第一次追肥40%、第二次追肥60%予以施用(作物施肥手冊, 2005)。

表 1、試驗處理

Treatment	Application rate
N 0	0 kg N ha^{-1}
N 90	90 kg N ha^{-1}
N 150	150 kg N ha^{-1}
N 210	210 kg N ha^{-1}
N 270	270 kg N ha^{-1}

表 2、試區一般土壤性質

Soil series	pH	EC	OM	Bray-1	Exchangeable cation		
	Soil : H ₂ O	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	P	K	Ca	Mg
				mg kg ⁻¹			
TSg ¹	5.42	0.51	29	64	98	618	113
CCe	6.09	0.23	20	49	60	794	106

¹ TSg: ShangfengShu Series. CCe: Chentsoliao Series.

結果與討論

對土壤性質之影響

第一期作於臺中市大雅區砂頁岩沖積土之稻田，增施氮肥(硫酸銨)後，土壤電導度(EC值)較無氮區提高0.19~0.34 dS m⁻¹ (表3)；施用氮肥後土壤pH值下降0.06~0.14單位；土壤有機質含量亦減少0.1~0.7 g kg⁻¹；土壤鉀含量降低13~26 mg kg⁻¹；土壤鎂含量降低2~14 mg kg⁻¹；而土壤交換性鈣含量則增加44~77 mg kg⁻¹，但各處理間並未達顯著差異。第二期作於大雅區大肚山臺地水田化紅壤土之稻田進行，施氮肥後以增施氮肥之210及270 kg N ha⁻¹處理較對照區之土壤pH值降低0.21~0.25單位，電導度則提高0.02~0.05 dS m⁻¹，土壤鉀含量降低9~10 mg kg⁻¹；土壤鎂亦降低7~8 mg kg⁻¹，顯示施用不同量之氮肥後，除提供水稻生育所需之氮外，對土壤其它養分含量會有所影響，且使土壤酸鹼度(pH值)呈下降趨勢，但此其它養分含量之差異未達顯著水準。據羅和林(1985)研究指出於強酸性土壤，凡不施穗肥者均使水稻減產，而施穗肥者，則產量隨著施用量增加而增加。

表 3、氮肥用量對水稻收穫後土壤肥力之影響

Treatment ¹ Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	pH 1 : 1 Soil:H ₂ O	EC 1 : 1 dS m ⁻¹	OM g kg ⁻¹	Bray-1 P	Exchangeable Cation			
					K	Ca	Mg	
					mg kg ⁻¹			
N0	4.61a ²	1.34b	33a	118a	177a	910a	109a	
1st crop	N90	4.54a	1.68a	33a	112a	164a	955a	107a
	N150	4.55a	1.53ab	32a	111a	151a	987a	109a
	N210	4.49a	1.57ab	33a	117a	161a	973a	107a
N270	4.47a	1.54ab	33a	123a	155a	954a	95a	
2nd crop	N0	6.15a	0.22b	19a	60a	59a	1,027a	131a
	N90	6.20a	0.22b	20a	61a	54a	1,023a	127a
	N150	6.04a	0.25ab	19a	69a	49a	1,019a	128a
	N210	5.94a	0.27a	20a	65a	49a	1,022a	124a
	N270	5.90a	0.24ab	19a	62a	50a	1,029a	123a

¹ The same as table 1.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

對水稻生育之效果

水稻生育期分蘗數及穗數調查結果(表4)，第一期作插秧後40天之生育調查顯示，以270 kg N ha⁻¹及210 kg N ha⁻¹兩處理較對照處理之分蘗數增加，其次為施用150 kg N ha⁻¹及90 kg N ha⁻¹之處理，且處理間差異顯著。成熟期(110天)與插秧後40天時之分蘗數(穗數)分布亦有相同趨勢。第二期作於插秧後30天生育調查，以270 kg N ha⁻¹處理分蘗數最多，而成熟期調查亦與30天調查相似。據宋(1980)之研究，施肥量增加，可增加水稻穗數或一穗粒數。林(1998)之研究顯示，氮肥用量120 kg N ha⁻¹之一期作水稻分蘗數比施氮肥量60 kg N ha⁻¹者多10%，可見提高氮肥用量有提高水稻分蘗數之效。

表 4、氮肥用量對水稻株高及分蘗之影響

		Treatment ¹	N0 ¹	N90	N150	N210	N270
1st	40 DAT ²	Plant height (cm)	65c ³	70b	72ab	74a	75a
		Tiller (number)	25c	30bc	34ab	33b	38a
crop	Maturity stage	Plant height (cm)	98c	98c	110b	109b	114a
		Panicle number	21c	22b	23b	25ab	27a
	Effective tiller (%)	84	75	69	76	70	
2nd	30 DAT ²	Plant height (cm)	57b	63a	66a	66a	66a
		Tiller (number)	15d	19c	21b	22ab	26a
crop	Maturity stage	Plant height (cm)	82c	90b	94a	96a	96a
		Panicle number	14d	17c	21b	22b	25a
		Effective tiller (%)	93	94	98	100	96

¹ The same as Table 1.

² 30 DAT: 30 days after transplanting, 40 DAT: 40 days after transplanting.

³ Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

表4顯示，第一期作水稻之有效分蘗率(成熟期穗數/插秧後40天之分蘗數)，施氮肥處理之平均值(72%)較對照組(84%)低甚多。可能與本試區土壤肥力之狀況佳，又因臨近上楓社區，當污水放流時，不慎引水灌溉造成對照處理之水稻田肥分充裕所致，在插秧40天之 0 kg N ha^{-1} 處理分蘗數就高達25支以上，且增施不同用量氮肥之處理，亦徒增水稻無效分蘗數多達7.5~11.6支。第二期作以施氮肥處理之平均97%較對照區93%高，因試區所用之灌溉水為地下水而不至於影響水稻生育及分蘗數，處理間之有效分蘗數高達90%以上。羅和林(1985)之研究指出，在水稻初期生長對氮肥反應敏感之土壤，應少施氮肥以降低無效分蘗，而保持適當有效分蘗數，在生長後期給予適當養分管理。

水稻株高調查結果(表4)，第一期作插秧後40天生育調查以施 270 kg N ha^{-1} 及 210 kg N ha^{-1} 處理株高較高，其次為 150 kg N ha^{-1} 及 90 kg N ha^{-1} 處理均顯著較對照(0 kg N ha^{-1})高。成熟期之株高以 270 kg N ha^{-1} 處理者最高，其次為 210 kg N ha^{-1} 和 150 kg N ha^{-1} 處理，而以 90 kg N ha^{-1} 和 0 kg N ha^{-1} 的株高較低。施用氮肥之處理的水稻平均株高(108 cm)較對照處理增高約10 cm；顯示增施氮肥促進水稻對氮吸收使株高增高，惟收穫前因受氣候(豪雨)影響而造成 210 kg N ha^{-1} 及 270 kg N ha^{-1} 之處理的水稻植株倒伏產量降低。第二期作於成熟期調查株高以高氮最高，隨著用量逐次降低。由此可知，不同量氮肥施用會促使水稻株高之增加，若逢聖嬰年氣候異常時，依水稻植株生長姿態增減氮肥用量則可避免倒伏所造成稻穀產量及稻米品質的下降。

對稻穀產量之影響

2008~2012年於臺中、彰化及南投等縣市設置75處示範區推廣，合理化施肥之氮肥用量與產量(圖1)經二次式迴歸分析(圖2)，結果顯示示範區氮肥用量 148 kg N ha^{-1} ，最高稻穀產量 $6,929 \text{ kg ha}^{-1}$ ；而農民慣用區氮肥用量 206 kg N ha^{-1} ，最高稻穀產量 $7,258 \text{ kg ha}^{-1}$ ，顯示農民慣用區增施氮肥量28.2% (58 kg N ha^{-1})，而稻穀只增產4.5% (329 kg ha^{-1})，由迴歸程式求得最高產量90%之於示範區氮肥量133~148 kg N

ha⁻¹，可產出6,900 kg ha⁻¹稻穀產量；農民慣行區氮肥量185~200 kg N ha⁻¹生產7,200 kg ha⁻¹稻穀產量，二者產量相差300 kg ha⁻¹，增施氮肥量(28.2%)對稻穀產量只微增4.5%產量。印證於水稻氮肥用量以140 kg N ha⁻¹即足夠水稻營養需求，顯示農民慣用量均高達200 kg N ha⁻¹以上，似有過度施用之嫌。

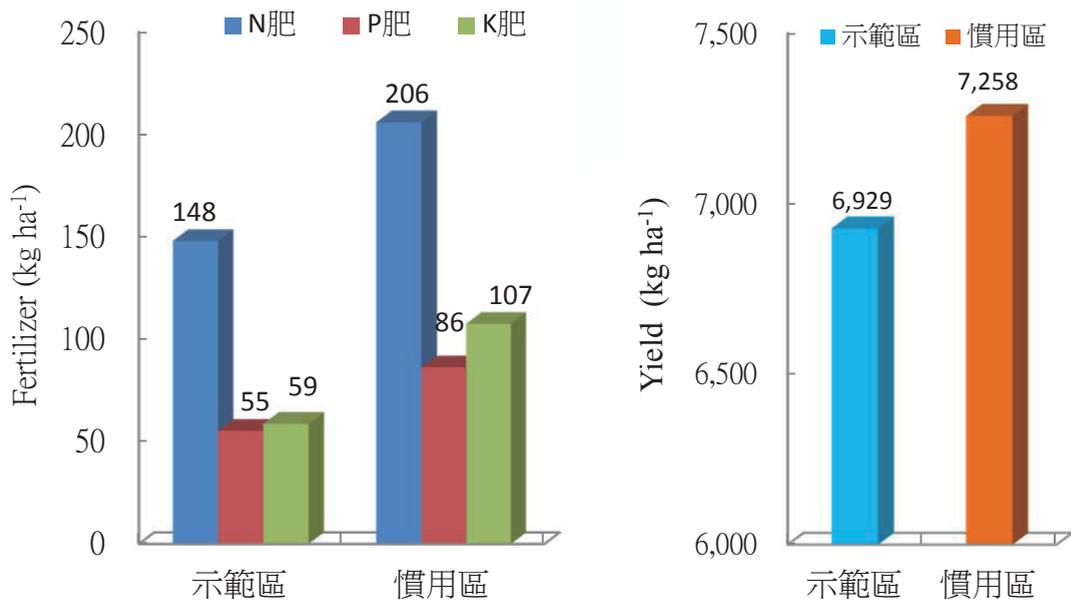


圖 1、合理化施肥肥料用量與產量之關係

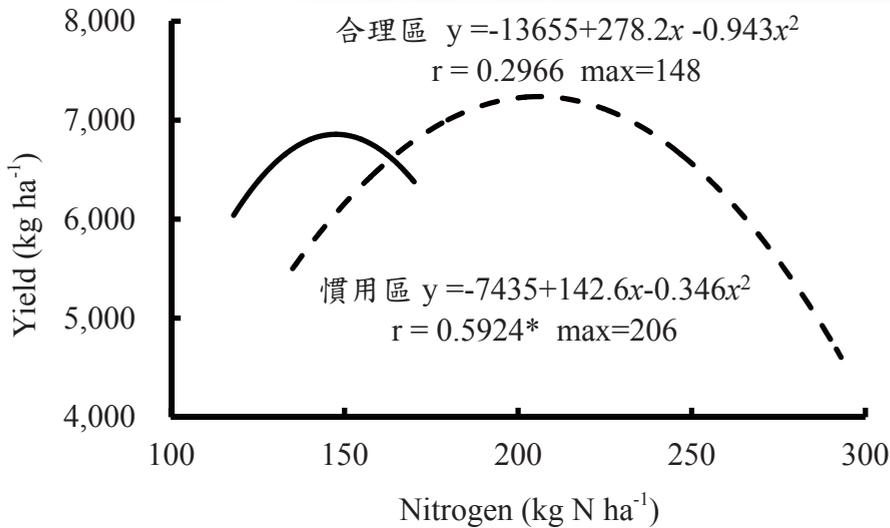


圖 2、合理化施肥氮肥對產量之相關

臺中市大雅地區砂頁岩沖積土及紅壤土之稻田氮肥需要量探討，由表5顯示，氮肥用量之各處理之稻穀產量，以90 kg N ha⁻¹、150 kg N ha⁻¹和210 kg N ha⁻¹處理之產量顯著高於未施氮肥之對照組及270 kg N ha⁻¹處理，處理間之水稻產量間呈顯著差異。結果顯示每公頃氮肥90及150 kg N ha⁻¹之用量足可提供水稻生育所需之養分。90及150 kg N ha⁻¹用量即可產出7,267 kg ha⁻¹之稻穀，且較N0處理增產10%；由此推知，本試驗地種植臺農71號水稻的氮肥施用量介於90~150 kg 即可達較高產量。因此，水稻的氮肥施用，宜隨氣候變化、水稻植株生長所需與葉片姿態靈活調整以增減用量。

表 5、氮肥用量對稻穀產量之關係

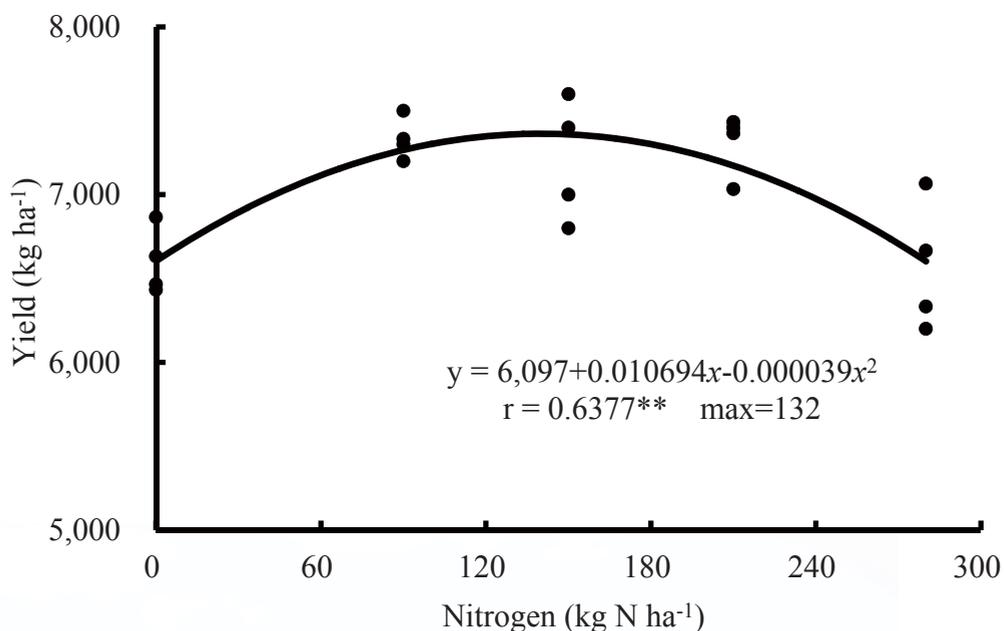
Treatment ¹		N0	N90	N150	N210	N270
1st	Grain yield (kg ha ⁻¹)	6,599b ³	7,333a	7,200a	7,308a	6,566b
crop	Index (%) ²	100	111	109	111	100
2nd	Grain yield (kg ha ⁻¹)	5,305d	6,686c	7,208b	7,583a	7,672a
crop	Index (%)	100	126	136	143	145

¹ The same as Table 1.

² Index = (yield of each treatment/yield of No) × 100.

³ Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test (P ≤ 0.05).

圖3為大雅試區氮肥用量與水稻稻穀產量之二次式迴歸分析結果，顯示兩者之間呈極顯著相關。以稻穀最高產量(7,342 kg ha⁻¹)之氮肥132 kg N ha⁻¹施用量為依歸，以迴歸程式求得最高產量的90%之氮肥用量，為125~139 kg N ha⁻¹。據黃等(1976)之研究指出，一般平地之水稻一期作的氮肥推薦量約為120~140 kg N ha⁻¹。由此推之，130 kg N ha⁻¹氮肥施用量已足夠水稻生長所需，而一般農民高達200 kg N ha⁻¹以上，應屬過量。



圖三、氮肥用量對水稻產量之相關。

對糙米無機養分含量之關係

糙米之養分含量如表6所示。稻穀脫殼(內、外穎)後糙米之氮含量以施用210 kg N ha⁻¹及270 kg N ha⁻¹處理(重氮區)顯著較高，再依次為150 kg N ha⁻¹、90 kg N ha⁻¹和0 kg N ha⁻¹，且處理間有顯著差異，顯示水稻生育期間，施氮肥會增加水稻氮吸收量，此與林(1998)和Nagato *et al.*, (1972)研究結果一致；即稻穀氮含量隨著氮肥用量增加而增加，且一期作比二期作高。另，邱和黃(1970)之研究顯示，晚施及過量施用氮肥，會使水稻氮吸收量增加，植株生長旺盛而容易使病蟲害發生嚴重危害，且易致倒伏，導致著色米及斑點米增加而影響稻米品質(Miami *et al.*, 1973)。

糙米之鉀含量以對照組最高，其次為90 kg N ha⁻¹及150 kg N ha⁻¹處理，而210 kg N ha⁻¹及270 kg N ha⁻¹處理(重氮區)之糙米鉀含量較低，且處理間達顯著差異。糙米之氮含量隨著氮肥用量增加而增加，但糙米之鉀含量則反之，係隨著氮肥用量增加而有減少之趨勢。

表 6、氮肥用量對糙米養分之影響

Treatment ¹		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Nitrogen (kg N ha ⁻¹)		g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹					
1st crop	N0 ¹	9.5d ²	2.8a	2.7a	2.6a	1.3a	3.0c	18a	31a	16a
	N90	11.0c	2.6a	2.5ab	2.9a	1.3a	3.8ab	17a	30a	16a
	N150	12.3b	2.7a	2.5ab	2.8a	1.3a	3.5b	16a	29a	15a
	N210	12.6ab	2.5a	2.4b	3.0a	1.3a	4.0a	16a	30a	16a
	N270	13.5a	2.5a	2.4b	2.2a	1.2a	4.0a	16a	31a	16a
2nd crop	N0	6.9b	0.8a	0.6a	2.1ab	0.7a	4.5a	4a	15a	12a
	N90	7.5b	0.8a	0.6a	1.8b	0.6a	4.0a	4a	14a	12a
	N150	8.8ab	0.8a	0.6a	3.1a	0.7a	4.5a	5a	13a	12a
	N210	10.0a	0.9a	0.7a	1.1b	0.5a	4.5a	6a	13a	13a
	N270	10.6a	0.8a	0.6a	2.0b	0.7a	5.0a	7a	13a	12a

¹ The same as Table 1.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

本試驗氮肥用量與糙米氮之間有極顯著的線性相關(圖4)；表6亦顯示糙米之氮含量隨氮肥用量的增加而增加，因此，氮肥用量會直接影響到水稻產量及稻米品質。

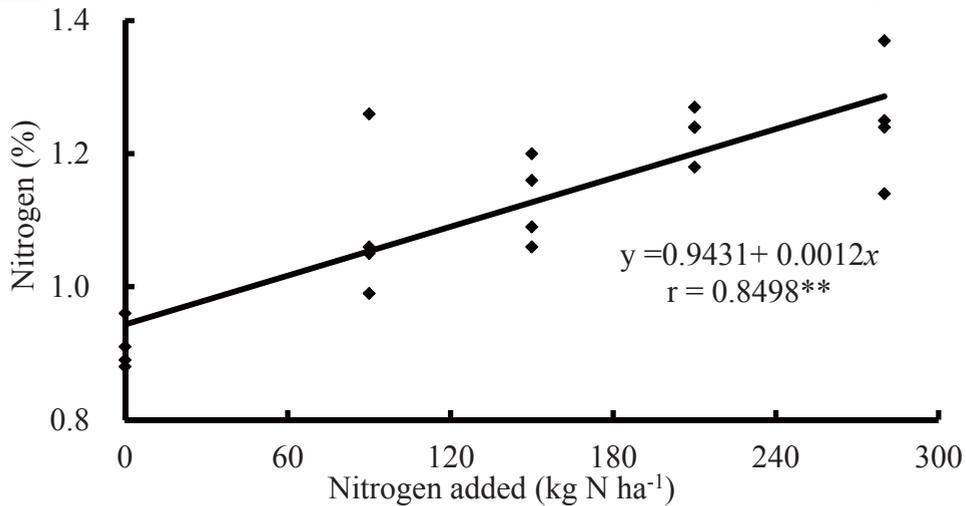


圖 4、氮肥用量對糙米氮含量之相關。

氮肥用量對水稻植株養度濃度之影響

葉氮濃度以250 kg N ha⁻¹處理含量最高，0 kg N ha⁻¹處理含量最低，處理間呈顯著性差異，第一期作與第二期作相同趨勢，葉氮濃度隨著氮肥用量增加而增加。葉磷濃度與葉氮濃度相類似，隨著氮肥增加用量而增加葉磷濃度，處理間呈顯著性差異；葉鎂濃度與氮、磷相類似；微量元素之葉鐵濃度亦以氮肥量增加而增加植體之鐵濃度，處理間差異顯著(表7)。

表 7、氮肥用量對水稻植株營養濃度之影響

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Nitrogen (kg N ha ⁻¹)	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹					
N0	1.02d ²	0.23c	1.72b	0.41a	0.15c	5.0c	92a	30a	156b
1st crop N90	1.27c	0.26bc	1.77ab	0.32a	0.17b	5.8bc	117a	33a	185ab
N150	1.43c	0.26bc	1.78ab	0.31a	0.17b	6.0abc	103a	30a	171b
N200	1.67b	0.28b	1.87a	0.37a	0.17b	6.8ab	97a	31a	208ab
N250	1.90a	0.30a	1.85a	0.36a	0.19a	7.0a	84a	32a	269a
N0	0.97d	0.23c	1.63a	0.38a	0.17b	5.0a	60a	26b	148bc
2nd crop N90	1.13cd	0.26bc	1.73a	0.36a	0.17b	3.5a	35a	26b	126c
N150	1.29bc	0.27b	1.71a	0.39a	0.19a	4.0a	38a	27ab	164abc
N200	1.49b	0.29ab	1.83a	0.39a	0.20a	4.3a	42a	29a	197ab
N250	1.83a	0.31a	1.80a	0.38a	0.19a	4.3a	41a	30a	201a

¹ The same as Table 1.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

結 語

本研究結果顯示水稻不同氮肥施用量對水稻產量及糙米無機養分含量有顯著影響，然而農民過量施用氮肥，除可能產生不利於土壤環境及養分比例失衡之後果，且應考量增加水稻產量與投入肥料量之關聯，以本研究為例，經氮肥用量與產量之二次迴歸分析，結果顯示增施氮肥量28.2% (58 kg N ha⁻¹)則稻穀產量微增4.5% (329 kg ha⁻¹)，在肥料價格高漲的年代，應考量農業生產的支出與收入間之效益，而非單獨追求產量的提升，因此若以合理化施肥之迴歸分析進行最高產量90%之氮肥施用量作為施肥參考，其結果顯示水稻氮肥用量以130~140 kg N ha⁻¹已足夠水稻生長之營養所需。水稻氮肥施用量會影響糙米無機養分的比例，隨著氮肥的增施將提高糙米的氮含量並降低鉀含量，若能瞭解糙米無機養分比例與稻米有機營養成分間之相關性，將有助於以土壤養分管理來提昇水稻品質。氮肥對水稻生

育影響極大，適量氮肥的添加有利於作物的良好生長，水稻合理化氮肥施用的推廣實為必要。

參考文獻

1. 王新傳 1981 鮑氏土壤機械分析法 p.27-29 作物需肥診斷技術(臺灣省農業試驗所特刊第13號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。
2. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉、陳琦玲、劉滄琴 2003 肥料深施及穗肥對水稻產量之效應及診斷研究 p.105-120 水稻精準農業體系(農試所特刊第105號) 行政院農業委員會農業試驗所 臺中 臺灣。
3. 宋勳 1980 施肥法影響水稻碾米品質之研究 臺中區農業改良場研究彙報 3:20-24。
4. 作物施肥手冊 2005 水稻 p.16-20 行政院農業委員會農糧署 臺中 臺灣。
5. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61:13-23。
6. 林國謙、連深、李蘭帝 1962 矽酸對水稻產量之效應 中華農業研究 11:45-47。
7. 邱再發、黃文良 1970 水稻氮肥施肥技術之研究 (I) 氮肥晚施用對水稻產量及養分吸收之影響 中華農業研究 19:26-41。
8. 侯福分 1988 肥料對稻米品質之影響 p.242-248 稻米品質研討會專集(臺中區農業改良場特刊第13號) 臺灣省臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
9. 陳榮五 2010 合理化施肥的基本認識 p.1-2 作物合理化施肥專輯(臺中區農業改良場特刊第100號) 行政院農委會臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
10. 張茂盛、周泰鈞、黃宜鵬、劉慧瑛 1989 良質米與非良質米稻田土壤性質差異之研究 p.1-7 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。
11. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 p.9-26 作物需肥診斷技術(臺灣省農業試驗所特刊第13號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。

12. 黃山內、黃祥慶、王錦堂 1983 酸性稻田連用矽酸爐渣之效果及其成效之研究 臺中區農業改良場研究彙報 7:53-65。
13. 黃山內、謝慶芳、黃祥慶 1976 稻作施肥改善推廣 臺灣農業季刊 12:38-52。
14. 黃山內、顏正益、蘇復茂、胡南輝、黃宣鵬 1980 水稻新育成品種之氮肥需要量 p.58-70 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告。
15. 黃祥慶、王錦堂、黃山內 1984 彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之氮肥效應 臺中區農業改良場研究彙報 8:41-58。
16. 臺中縣、南投縣土壤調查報告 1976 國立中興大學農學院土壤學系 臺中 臺灣。
17. 謝慶芳、黃山內 1976 水稻氮素肥料效率改進試驗 p.22-26 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。
18. 羅瑞生、林聰德 1985 性質迥異稻田土壤之氮肥營養管理技術之研究 p.1-18 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告。
19. Miami M., and A. Dol. 1973. Physiochemical studies on the quality of Hokkaido rice, II. The relations between palatability characters and protein content of the rice grain. Bulletin of Hokkaido Prefectural Agricultural Exp. Stat. 26:49-58.
20. Nagato. K., M. Ebata, and M. Ishikawa. 1972. Protein contents of developing and mature rice grain. Proceedings of the Crop Science of Japan. 41(4):472-479.
21. Su, N. R. 1972. The Fertility status of Taiwan soils ASPAC/FFTC technical bulletin No.8 8:16-95.



芒果合理化施肥技術

張錦興、卓家榮、林經偉

行政院農業委員會臺南區農業改良場

摘 要

臺南區農業改良場近年來積極配合政府永續農業的推動，其成效已陸續於作物產量或品質的提升得到驗證。「健康、效率、永續經營」之全民農業，為目前農委會的重要施政方針，希望藉由積極推動合理化施肥、種植綠肥作物及推廣有機質肥料，達到節能減碳的目的，以減少對化學肥料之依賴。芒果是臺灣生產面積最大的單一果樹，又多數集中在山坡地，施肥效率有待提昇，98年至101年與示範點處農戶進行施肥調整，結果顯示每公頃農田減少肥料用量20%~50%，並不影響芒果產量與品質，因此，若能確實執行合理化肥培管理，將有助改善土壤環境並降低土壤劣化程度，節省栽培成本，提高農友經濟效益，可以減緩病蟲害危害，增進作物健康、改善品質，更能友善環境，符合環保節能的需求，達到永續經營的願景。

關鍵字：芒果、施肥效率、土壤。

前 言

芒果(*mangifera indica* L.)為原產印度東北與緬甸交界的熱帶果樹，印度栽培至少有四千年，先後傳至東南亞、非洲、美洲與澳洲等熱帶與亞熱帶地區。芒果於西元16世紀引進臺灣，自1960年代從美國引入愛文等品種，栽培面積急速增加，目前全臺種植面積約18,090公頃(97年農業統計年報)，年產量176,716公噸，主要栽培縣市集中在臺南縣(7,766公頃)、屏東縣(7,121公頃)、高雄縣(2,118公頃)等地。芒果果園多數位於山坡地，其產量、品質相差甚大，其中以果園栽培管理、與土壤

質地及其相關的管理措施，即合理化施肥措施最為關鍵。為提昇芒果產業之競爭力，農友應重視合理化施肥之觀念，過多過少、時機不對皆有損地力，尤其在水土保持不易的山坡地區應注重施肥的有效性，根據果園土壤特性來調節肥料的施用，以節省肥料用量、提高肥料之利用效率，如此才能避免施肥不當所造成土壤酸化、鹽化及水源環境污染等問題，而達到產業永續發展之經營目標。

內 容

植株生育特性

芒果原屬熱帶植物，必須有充分的陽光，其特性為耐旱、耐濕、可適應任何土壤條件，但以土層深厚、排水及通氣良好之粘質壤土最佳，這就是為何青灰岩或白堊土質地的山坡地積植的芒果，雖然初期植株生育較差，但其產量穩定而品質較佳。

如圖一所示，芒果的生長發育週期，在臺南地區每年7~8月芒果果實採收完後，枝梢開始萌發發育，結果量少的植株則在5~6月即可能開始萌梢。11月中、下旬枝梢停止生長並進入花芽分化期。1月至3月進入花期，爾後約1個月確立進入結果期，至6月開始採收，如此循環。屏東地區因平均氣溫較高，其發育週期比臺南地區提早約1.5個月。

在栽培管理方面，要滿足一顆芒果果實基本生育需求，並維持植株永續生長，其葉果比必須為25葉。依枝梢的生長特性，一次梢約有15葉，因此芒果的結果母枝必須抽長二次梢以上。為了能及時在11月中下旬完成枝梢發育以利花芽分化，芒果果實採收完後至8月前完成修剪工作，同時配合肥培、灌水、病蟲害防治等三步驟。每年的1~3月進入開花期後，為了能夠順利著果必須飼養授粉昆蟲，並隨時注意炭疽病、薊馬等病蟲害的防治。著果後提早套袋，尤其在4月以前完成對果實成長較為有利，同時亦可減少用藥量。所有的作業應配合芒果生長發育時而定，如圖一下方所示。

生長發育	抽梢 抽梢													
	花序分化 小花分化 開花 著果 果實生長 果實成熟													
月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7		
栽培作業	採收【9】													
	修剪【1】 施肥【6】 病蟲害管理【7】 (灌溉)【5】			修剪【1】 飼放授粉昆蟲【2】 病蟲害管理【7】			修剪【1】 施肥【6】 病蟲害管理【7】 灌溉【5】 疏果【3】			修剪【1】 套袋【4】 (炭疽病檢定)			果實誘引【8】 (農藥殘毒檢驗)	

圖一、優質椪果栽培曆及管理作業流程

註.【】內所示請參照後續「椪果優質整合生產及品管作業規範」之序號。()該項作業請斟酌果園實際情形而定。

果園合理化施肥

果園合理化的土壤及肥培管理，不但可以提昇作物的產量及品質，提供適合作物生長的健康環境，同時亦可避免土壤生產力的衰退及對環境所造成的衝擊。因此，果園進行肥培管理時應參考幾個因素來調整肥料施用量或施肥方式，視實際需求做為果園土壤肥力改進之依據，以維護土壤之生產力，達到降低生產成本之目的。

施肥前作業－土壤及葉片營養診斷分析

由於芒果多數栽培地區大都以坡地為主，土壤管理應以重視水土保持，並加強植被覆蓋避免土壤沖蝕及養分流失為主，栽植區域地下水位宜低，並注意排水。為確保施肥量是否符合營養需求，建議至少每1~2年進行1次土壤分析與每3年進行1次葉片分析營養診斷，以適時了解土壤及植株養分供應是否足夠。

分析結果請依據土壤分析(表1)與葉片分析(表2)標準來調整施肥種類與用量，並參考果園施肥推薦量為基準(表3)以作為施肥依據，但需注意當年氣候、土壤肥瘠、樹齡大小、樹勢強弱及產量樹齡狀況而做即時的調整。

表 1、芒果土壤中各種元素之適宜濃度範圍

EC (dS/m)(1:5)	pH (1:1)	有機質 (%)	有效性磷 (mg/kg)	有效性鉀 (mg/kg)	有效性鈣 (mg/kg)	有效性鎂 (mg/kg)
< 0.6	5.5~7.5	> 3.0	20~100	80~180	570~1145	48~97

註：有效性鉀在砂質土壤必須 > 80 mg/kg，而在粘性土壤則在 100~180 mg/kg。

表 2、芒果葉片各種元素之適宜及過量濃度範圍

元素別	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
範圍	----- % -----					----- ppm -----				
適宜	2.2	0.12	1.4	2.5	0.26	60	25	5	25	25
	2.58	0.18	1.7	4.5	0.50	120	200	16	100	150
過量	3.5	0.30	2.3	6.0	1.0	250	300	50	200	200
	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上

表 3、芒果施肥建議分配表

	樹齡或產量	氮肥	磷肥	鉀肥	換算成臺肥複合肥料用量(克/株/年)	
幼樹	1~3 年生	75	75	75	43 號	500
	3~5 年生	150	150	150		1,000
成樹	30 公斤/株	250	125	188	5 號	1,875
	45 公斤/株	300	150	225		2,500
	60 公斤/株	350	175	263		3,125

註：(1) 建議配合每株施用有機堆肥 20~30 公斤下施用。

(2) 種植於坡地、砂質地或礫質地等肥分易流失的土壤，施肥量宜增加 30~40%，保肥力較佳之粘質壤土，可酌量減施 20~30%。

(3) 草生栽培的果園，在草生相尚未完全建立之初必須增施氮肥 20~30%，以培養草相；當草相已完成者則可減少 20~30%。

果園土壤及葉片營養診斷之採樣方法

果園施肥應依據土壤測定及葉片分析結果，推薦較合理之肥培管理，土壤及葉片採樣必須正確而具有代表性，如果採樣錯誤會影響土壤及葉片營養診斷分析結果，導致施肥推薦誤判，影響果樹的肥培管理，因此正確的採樣是非常重要的。芒果果園土壤及葉片樣品採樣方法說明如下：

一、土壤採樣法

- (一)土壤檢測則是果農施肥作業前一個月，即在芒果果實採收前後，約在7月下旬至8月下旬間。
- (二)準備兩個容器，分別標明0~20及20~40，亦即表示採取表土0~20公分、底土20~40公分的部分。
- (三)在樹冠外圍直下方採土，先將土表雜草拔除後，然後以土鑽、鋤頭或圓鍬等工具依0~20及20~40公分深度分別採土，分盛於兩個容器內。
- (四)果園若有土壤質地特性不同的情形將之分成區塊，並將各別區塊標示記號，以作為各別區塊施肥標準。
- (五)依區塊面積大小分散採5~12處，按採樣0~20及20~40公分深度分別裝入標示好之兩個容器內，經充分混合後而成兩個樣品，注意採樣時應避免採集到施肥處。
- (六)每一樣品混合均勻後約留取600公克，分別裝入標示有深度、姓名、地址、園址(包含地段與地號)及品種的塑膠袋內。
- (七)請注意園內每個採樣點及土層上、下所採的土量應該相近。

二、葉片採樣方法

- (一)葉片於每年開花時期，採當年生開花枝由上往下數第4或第5葉。
- (二)每樹自東、西、南、北方位之肩高處各採一葉，即每樹共採四葉，循U字形路徑，逢機選取正常的植株採葉。

- (三)全園視面積大小，共採取50~100葉混合為一樣品。選定採取葉片之果樹，必須可代表果園者，為避免邊際及罹病果樹之影響，邊際果樹及罹病果樹不予採樣。
- (四)葉片立即裝入塑膠袋內，袋子上註明姓名、住址、園址(地段及地號)、品種及採集日期。當日立即就近送往農業試驗所或改良場分析。
- (五)採葉時應以開花枝為主，若採取新梢、未結果枝或老枝的葉，容易導致診斷錯誤。

施肥建議使用量

芒果生產取決於土壤提供植株適量之養分，其次決定於芒果施肥量之多寡，應考慮樹齡、當年結果量、樹體的營養、土壤肥力、品種等因素進行調整，因此芒果施肥量是依株齡而施用，其化學肥料三要素氮素、磷酐、氧化鉀建議施用量如表3所示。1~3年生植株氮素、磷酐、氧化鉀施用量為75-75-75公克/株/年，3~5年生則為150-150-150公克/株/年，以上係屬幼樹而植株尚在成長，株形尚未完全固定，肥料應顧及全盤性與平均性的生長，故可以臺肥43號施用；當種植5年後進入量產階段，每個果園地形不同，植株行株距不同，加上植株矮化的因素，同樣樹齡的植株具有不同大小，因此果園的施用以當年結果量為依據應更為準確，結果量為30公斤其施肥量為年生250-125-188公克/株/年，結果量為45公斤300-150-225公克/株/年，結果量為60公斤350-175-263公克/株/年，折合臺肥5號分別為1563、1875、2188公克/株/年(如表3)，基本上是產量每增加15公斤則每株增加300公克的施肥量。但仍必須參考土壤檢測或葉片分析的資料而加以修正。

施肥時間與分配量

芒果施肥時期以成樹為基準，芒果植株大致分兩次施肥(如表4)，採收後施用基肥與著果期施追肥，其三要素分配比率基肥、追肥各為50%。

- 一、基肥：基肥的施用是以1次使用為原則，若有需要再以葉面補充。基肥的施用則是在約8、9月進行，即當果實採收完進行整枝修剪後，主要目的為補充結

果時所消耗的養分，並促進結果母枝的生長及養分蓄積，以提供隔年開花之用。

(一)利用條施或環施與有機質肥料混合施用，埋入土壤約20公分深，亦可採用穴施，即用鑽孔機在樹冠下四周鑽4~6穴，直徑15~20公分，深入40~50公分，將調好之肥料施入。

(二)坡地果園在穴口坡角面加高以截取雨水，施用時若遇乾旱則必須適時補充灌水。

(三)基肥盡量使用氮含量低的腐熟有機質堆肥為宜，最好的氮含量不要超過2%，如此才能提供較多腐植質轉化成土壤有機質，對土壤改良才具有明顯的效果。

二、追肥：約在每年的3~4月份，即開花後至生理落果前，目的為促進幼果的肥大，可依據東、西或南、北兩邊施肥，隔年再互換施肥位置，可誘使根系平均生長。若勞力許可則以「少量多餐」方式將追肥平均分配施用最佳，但最後一次則在必須果實肥大期前，即在4月前使用完畢，以免殘餘的肥效影響果實著色。若在平地果園或土壤分析後其氮肥過高的地區，除了流失嚴重外，追肥中的氮肥切記少施，應將全年的氮肥調整在基肥中一次施用，追肥僅施用磷鉀肥即可，或在幼果期僅補充少數液肥。

另外，施肥時必需注意以下事項：

一、由於芒果多數栽培地區均以坡地為主，土壤管理應重視水土保持，加強植被覆蓋，避免土壤沖蝕及養分流失，栽植區域地下水位宜低，並注意排水。

二、芒果栽植區域土壤適合之酸鹼度(pH值)應介於5.5~7.5之間，如pH值高之土壤，建議施用pH < 7之有機質肥料(雜項堆肥)或硫酸銨做為氮肥，以逐年降低pH值；而pH值低於5.0以下之酸性土壤，則建議可施用禽畜糞堆肥(pH > 7)、石灰或苦土石灰以逐年改善，直至土壤pH值提升至6.5後即停止施用。

三、為確保施肥量符合營養需求，建議至少每1-2年進行1次土壤與葉片分析營養診斷，以適時了解土壤及植株養分供應是否足夠。

四、著果期與果實生長期的肥培管理，尤其於土壤缺硼地區果園，可於芒果開花至幼果期噴施水溶性硼素(約加水稀釋500倍)，每隔10天1次，共2-3次。另在芒果採收前40~60天，宜於噴藥時混合高磷鉀肥(約500~1,000倍)，一方面可抑制植株的營養生長，另一方面可促進著色，增加甜度、提高品質。

表 4、芒果施肥分配率(%)

肥料別	基肥	追肥果實姆指大
堆肥	100	—
氮肥	50	50
磷肥	50	50
鉀肥	50	50

肥料三要素量與肥料量之計算

芒果的三要素推薦量，要如何計算真正的肥料用量？以每株產量75公斤之芒果植株為例，氮素、磷酐及氧化鉀推薦量分別為每年每株400公克、250公克及450公克(表3)，假設一分地有50株芒果樹，則：

氮素用量總共為400公克×50株等於20公斤

磷酐用量總共為250公克×50株等於12.5公斤

氧化鉀用量總共為450公克×50株等於22.5公斤

如果分別施用尿素、過磷酸鈣、氯化鉀提供氮素、磷酐、氧化鉀；而尿素的氮素含量為46%，過磷酸鈣的磷酐含量為18%，氯化鉀的氧化鉀含量為60%，則換算公式計算所需施用之硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀用量如下：

施肥用量(公斤)=要素量(公斤)×(100/肥料的要素含量(%))

如以上述例子計算，所需施用之尿素、過磷酸鈣、氯化鉀用量為：

尿素施肥用量 = 20×(100/46) = 44公斤

過磷酸鈣施肥用量 = 12.5×(100/18) = 69公斤

氯化鉀施肥用量 = 22.5×(100/60) = 38公斤

因此，一分地有50株芒果樹的果園，所需施用之尿素、過磷酸鈣及氯化鉀用量分別為44公斤、69公斤及38公斤(1公斤以下四捨五入)。

施用的氮肥有硫酸銨、尿素、硝酸銨鈣，依土壤酸鹼度之狀況施用，如果土壤為酸性，則應避免施用硫酸銨，較常施用的磷肥為過磷酸鈣，而較常施用的鉀肥為氯化鉀及硫酸鉀；硝酸銨鈣容易流失，其使用的時機是在土壤太酸、氮含量太低、雨水沖洗嚴重的季節作為補充之用。亦可施用複合肥料，但要注意施用量之換算，如以上述為例，所需要之三要素推薦量為氮素20公斤、磷酐12.5斤、氧化鉀22.5公斤(假設一分地有50株芒果樹)，如施用臺肥5號複肥，其含氮素16%、磷酐8%、氧化鉀12% (N-P-K為16-8-12)，如所推薦之氮素用量為20公斤，則臺肥5號複肥之用量為 $20 \times (100/16)$ 等於125公斤

125公斤臺肥5號複肥含有磷酐含量為 $125 \times 8\%$ 等於10公斤、氧化鉀含量為 $125 \times 12\%$ 等於15公斤，而磷酐、氧化鉀所推薦量分別為12.5公斤及22.5公斤，因臺肥5號複肥所提供的磷酐及氧化鉀與所推薦量之差異不大，不需再利用過磷酸鈣補充不足的磷酐，鉀肥也可以考慮不需用氯化鉀補充。

施肥方法

施肥方法大致有溝施、穴施、環施、放射狀及撒施五種。基肥應採深層施用，可有效將新生根群誘引至深處吸收更多土壤養分，可用前四種之一或交替使用，追肥則常採撒施方式進行。

- 一、溝施法：在相對於植株樹冠邊緣處，即根群有效吸收範圍，進行開溝，寬約30~40公分，深約20~30公分，可先將調配好之有機肥、土壤改良劑及部分化學肥，一併施入溝中再覆土即可。
- 二、穴施法：以鑽孔機在樹冠四周先鑽好5~8穴，直徑15~20公分，深約40~50公分，再把調好之基肥全量施入並覆土。
- 三、環施法：此法較適宜幼樹(1~3年生)，在樹冠周圍環狀開溝，寬約20~30公分，深15~20公分，將基肥施入溝，並覆土即可。

四、放射狀法：以樹幹為中心，向外開4~6條施肥溝，在樹幹附近有大根宜開淺溝，漸往外側溝越深且越寬。

五、撒施法：一般用於追肥的施用，為提高撒施之肥效以減少損失，施肥時期可細分多次施用，每次之間隔約為2~3週。因為磷肥較於移動性緩慢，撒施肥效較差，故不建議利用撒施。另外，撒施則需配合水分管理，土壤太乾肥料無法溶解運移，下大雨時則將會流失肥料，均不宜進行。

果園常見肥培及土壤管理問題

芒果為多年生作物又多數種植在山坡地，不同地域性有不同的問題，除了果園所在地的土壤質地不同，一些不良的田間操作則是土壤惡化的原因。

表土流失

由於坡地的關係，裸地栽培的果園，雨季時容易逕流而造成表土的流失，造成根系裸露、果園土壤肥力下降，致使根系生長不良，進而影響地上部的生長，造成產量及品質的降低。同時隨著土壤的沖刷，上坡段的果園土表裸露，下坡段雖能受累積上坡段沖刷後的土壤，但易累過多的肥分或鹽分。

土壤酸鹼值過高及過低

芒果適宜的土壤酸鹼度(pH值)在5.5~7.5間。不少坡地果園為白堊土或青灰岩土，其含鈣量高，土質pH值偏高；相對在平地或平臺與山谷地，卻易因長年使用酸性肥料或土壤有機質過少，易使土壤pH值變化過大，尤其是土壤酸化的問題。土壤酸鹼值過高及過低將造成土壤養分供應失調，導致土壤營養元素的有效性降低，並改變土壤微生物相，或引發土壤病變等問題，進而影響芒果根群的生長。

土壤有機質含量偏低

臺灣地區高溫多雨，有機質分解速率相當快，因此果園土壤有機質含量容易不足。利用草生栽培或多施用有機質肥料，可提高土壤有機質含量，有機質本身

除了可以經由土壤微生物分解後而釋放肥分外，重要的是促進土壤團粒構造形成、改善土壤排水及通氣性，增加保水保肥能力，以提高根群對營養元素的吸收。

營養元素缺乏或過量

由於芒果是多年生木本植物，長久施用某些特定肥料後，樹體從土壤中吸收所需的營養元素，剩餘過多的元素則留下來，於是容易使土壤中某些元素缺乏，某些元素則過量，致使土壤養分不平衡，影響植株生長發育及果實品質。尤其是特殊土壤特性的坡地，加上施肥不當的果園最為嚴重。

施肥不當所造成的影響

- 一、過與猶不及，施肥過多是一般果樹栽培最為常見的現象，過多的肥料將造成鹽分累積，影響植株生長，但亦有不少農民認為芒果不需施肥。
- 二、施用時期不當，不僅浪費，亦造成不當的生長而干擾樹體的生長週期，影響樹體本身與將來果實發育的品質，同時引發病蟲害滋生，增加病蟲害防治的困難。
- 三、果農基肥常淺層施用或直接整包置放土表，除將根群誘引至土壤表層生長，造成淺根盤外，降雨後易發生肥傷。
- 四、使用未經充分發酵腐熟的禽畜糞，如：雞糞、豬糞等，於施用後經發酵產生高溫，傷害新生根群，造成植株落葉或黃化，嚴重時甚至植株枯死。

芒果果園土壤肥力管理措施

土壤酸鹼值改善

土壤酸鹼值(pH)低於5.0以下屬強酸性土壤，土壤酸性之原因，為土壤本身屬酸性土、土壤中石灰質受雨水淋洗而流失，或生理酸性肥料連續使用等。酸性土壤易造成植株缺鈣或鎂而影響品質，且酸性愈強則土壤中鐵、鋁、錳溶解愈多，易形成毒害而不利植株生長，且磷易形成不溶性之磷酸鐵及磷酸鋁等化合物，以致植株無法吸收磷素。強酸性未缺鎂的果園土壤，可施用石灰石粉、蚵殼粉或矽

酸爐渣等加以改良，而缺鎂的果園，宜施用白雲石粉(含氧化鎂10~16%)，可同時補充鈣和鎂。

施用時期是每年採果後修剪之後配合基肥施用，施用標準為pH5.0以下之強酸性土壤每分地施用150公斤；pH 5.0~5.5每分地施100公斤，均勻撒施於地面，並翻耕混入15~30公分土中，施用後一個月才可施用硫銨或尿素等氮肥，與堆肥同時施用可防止土壤硬化。逐年適量施用但不可一次施用過多，且每年檢查pH值一次，當pH超過6.0時即應停止施用，以防止pH過高而引起微量元素缺乏。酸性土壤改善後，可直接增加土壤中鈣及鎂含量，及減少有害物質，增強微生物活動，促進有機物分解，並增進植株養分吸收而提高果實品質。

土壤有機質含量改善

施用有機肥應注意其內容物的含量，腐熟堆肥有機質(纖維)量應達60%。若其氮、磷、鉀含量約為1%左右，則成株每年可施用30公斤以上。若是含氮量較高的豆粕類有機物，如大豆粕含氮7.5%、花生粕6.5%，則每株僅能施用3~5公斤，以免因豆粕中過多有機物所產生的發酵熱(溫度達50℃以上)，否則其對土壤有機質改良不佳，甚至因有機酸過高而傷害根系。每年施用有機肥應以穴施、溝施或環施於樹冠下周圍土壤中，同時施用有機肥時，化學肥料施用量應酌以減量，尤其是氮素量，否則氮肥含量過高，植株易大量抽梢或徒長，以致影響芒果產量與品質。

土壤水分管理

肥料需有水分存在時才能發揮效力，故施肥時必須配合水分灌溉。然則芒果生育期間土壤水分供應的多寡，對植株生育、產量及品質的影響很大。雖然芒果植株甚為耐旱，但重要生育時期如枝梢萌發時期、花期與幼果期等均需水分補給，因此果園應設置灌溉系統以予適時、適期供水。

芒果的時間管理

由於芒果每年的生長週期為抽梢、停梢、花芽分化、開花、著果、果實發育、

果實成熟等次序輪迴，所需的營養元素量與質不同，因此施肥方針必須本著植株週期的生長需求而定。主要生長期為“抽梢”與“開花至著果”這二段時期，是生長性最強且需肥性最大的時期，但這二個時期的需肥性不同，抽梢期為營養生長期，需注意氮、磷肥；而開花著果期為生殖生長期應注重磷、鉀肥。

強化植株樹勢管理

優良的芒果樹勢是每年枝梢、果實、根系生長週期穩定而且平衡。成年的愛文芒果生長勢較緩，山坡地果園應在修剪後配合適時適量的施肥，以促進枝梢生長而回復樹勢，但金煌、玉文或是在緩坡地及平地愛文果園則需嚴格控制肥量，以免樹勢過度生長而影響結果，配合定期與適度的修剪，則是控制芒果生長發育的不二法門。

為了使肥效充分發揮，果園土壤必須具備良好的物理性、化學性及生物性，以提供根群良好的生長環境，是培育健全根系的基本要件。避免清耕及殺草劑之過度使用，適度的維持草生栽培，防止土壤沖蝕流失，腐爛草體可逐年增加土壤有機質含量，使土壤鬆軟及提高土壤肥力，提供根群良好的生育條件，並可減緩土壤溫度急遽變化，減少因根部活力降低，影響礦物元素吸收與細胞分裂素的合成與運移，同時具有防止病原菌由雨水濺播，減少病害發生之機會。

結 語

過去果農進行肥培管理多依經驗或口耳相傳，或僅聽從肥料商的建言，造成施肥過多或不足、施用時機不對、或內部成分不明，不僅造成浪費，亦導致樹體營養障礙，影響果樹生長及果實品質。果農施肥時應考量果園株齡、結果量、土壤質地、肥力狀況等條件，並適時、適期及適量的進行肥培及土壤管理措施，達到芒果合理化施肥之目的，同時必須配合栽培及病蟲害管理等整合性管理技術，才能穩定產量、提高品質，達成建立芒果優質、安全、永續的發展目標。

參考文獻

1. 作物施肥手冊 p.4-7, p.82-84 行政院農業委員會 農業試驗所 中華永續農業協會編印。
2. U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Integrated Pest Management (IPM) principles. (<http://www.epa.gov/opp00001/factsheets/ipm.htm>)
3. Job, J. R. 1989. Fertilizer application rates, soil fertilities, yields and qualities of mangoes in Taiwan. p.201-229. Soil and fertilizer experiment report. Department of Agriculture and forest, Taiwan Province, Taichung.
4. Koo, R. J. C., and T. W. Young. 1972. Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:792-794.
5. Karar, H., M. J. Arif, H. A. Sayyed, S. Saeed, G. Abbas, and M. Arshad. 2009. Integrated pest management of mango mealy bug (*Drosicha mangiferae*) in mango orchards. Int. J. Agric. Biol. 11:81-84.
6. Pena, J. E., A. I. Mohyuddin, and M. Wysoki. 1998. A review of the pest management situation in mango agroecosystems. Phytoparasitica 26:129-148.
7. Yamamura K, and K. Kiritani. 1998. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperature zones. Appl. Entomol. Zool. 33(2):289-298.
8. Yamaguchi T, K. Kiritani, K. Matsuhira, and K. Fukuda. 2001. The influence of unusual hot weather on occurrence of several arthropod crop pests. (in Japanese with English abstract) J. Appl. Entomol. Zool. 45(1):1-7.
9. Young, T. W., and R. J. C. Koo. 1969. Mineral composition of Florida mango leaves. Proceedings of the Florida State Hort. Soc. 82:324-328.
10. Young, T. W., and R. J. C. Koo. 1971. Variations in mineral content of Florida mango leaves. Proceedings of the Florida State Hort. Soc. 84:298-303.

印度棗營養診斷與合理化施肥技術

林永鴻

行政院農業委員會高雄區農業改良場

摘 要

高屏地區為臺灣印度棗的主要產區，印度棗的果實品質及產量與合理化施肥有密不可分的關係，自民國97年至101年，本場分別於諸多印度棗重要產地，如高雄縣大社區、燕巢區、田寮區及屏東縣高樹鄉、里港鄉、鹽埔鄉進行合理化施肥示範點的設置，每個示範點均區隔為合理化施肥區及農民慣行施肥區，合理化施肥區乃經土壤速測後推薦施肥，並與農民慣行施肥區之果實品質與產量進行比較。結果顯示，各示範點之合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少21~50%，施肥成本每公頃節省約1,215~10,600元，總產值粗收益則每公頃可增加5,439~34,760元，顯示印度棗經營營養診斷推薦施肥後，不但可減少施肥量，且果實品質、產量及收益均有提升情形，另外，屏東縣里港鄉示範點經果園優良草生栽培後，不但使土壤理化性質獲得改善，且對果實品質的提升具正面效益。

關鍵字：印度棗、營養診斷、合理化施肥、品質、產量。

前 言

印度棗(*Ziziphus mauritiana* Lam.)為鼠李科(Rhamnaceae)棗屬(*Ziziphus*)植物，其果實質優味美且含豐富的蛋白質、醣類、磷、鈣、鐵、鉀、胡蘿蔔素及維生素A、B、C等，並含充足水份及高量纖維與豐富多酚類，可以消暑解渴、促進腸道的蠕動，且具有利尿解熱、抗氧化及維護消化系統健康之功效。高屏地區為臺灣印度棗的主要產區，目前臺南、嘉義等縣市栽植面積則有逐年增加趨勢，至於南投、彰化、臺東等地也有零星栽植面積 (Chiou and Yan, 2008)。在臺灣，印度棗的產期

在12月至翌年3月，為生產安全、健康、優質的印度棗，除了與一般栽培管理及病蟲害防治有關之外，與肥培管理亦有密不可分的關係。果樹和人一樣，必須吸收均衡的營養才能健康茁壯，然而，過去農友栽種印度棗往往因過度施用化學肥料，導致成本提高、土壤性質劣化及病蟲害發生率提高等，甚至造成果實品質低落而影響市場售價，因此果園著實應該實施合理化施肥 (林及蔡, 2007)。果樹大多數的養分來自土壤，因此土壤性質的好壞影響到養分是否能被作物有效吸收利用，由此可知，倘使能夠先瞭解土壤，經土壤速測了解土壤性質，並能進行合理化施肥，使果樹能吸收到均衡的養分 (Chiang, 1981)。所謂合理化施肥，主要的做法在於了解果園土壤性質及植體營養含量情形，並據以推薦施用適當的肥料種類及合理的施用量，至於土壤性質，則可透過土壤速測方式加以了解 (Lenntech, 2008)。高雄區農業改良場提供轄區農民免費的土壤分析及施肥推薦服務，自97年5月底化學肥料漲價以來，為農民進行土壤與植體分析與施肥推薦件數每年大致提昇約15~28%並同時於高、屏地區建立重要作物的合理化施肥示範點，適時召開觀摩會，以供農民仿效，不但可降低施肥成本，更能降低農地因過度施肥而遭受破壞之風險，一舉數得。

執行情形

高雄區農業改良場自民國97~101年分別於高屏地區重要印度棗產區，如高雄市大社區、燕巢區、田寮區及屏東縣的高樹鄉、鹽埔鄉及里港鄉進行合理化施肥示範點的建置，實施方法乃利用土壤速測結果推薦施肥與農民慣行施肥進行比較。以下列舉幾個示範點之執行情形進行描述：

一、100年里港示範點成果如下，試驗地點位於屏東縣里港鄉武洛段146-1號，印度棗利用營養診斷進行施肥推薦，以維護土壤環境及降低施肥成本。實施方法乃利用土壤速測結果推薦施肥與農民慣行施肥進行比較，示範區土壤性質如表1。示範成果摘要如下，合理化施肥區較農民慣行區臺肥1號少施1.5包/分地，臺肥5號少施1.5包/分地，臺肥43號則少施1.5包/分地。合理化施肥區每分

地肥料成本13,105元,農民慣行區每分地肥料成本14,545元,因此合理化施肥區可節省1,440元/分地之肥料成本(表2)。目前成熟果數量尚少,因此僅目前僅以少量果實調查結果呈現,兩區果實之果長、果寬差異不大,但合理化施肥區果重較農民慣行施肥區重約35公克,果實糖度則較農民慣行施肥區高約0.4[°]Brix。另外,陳班長果園實施草生栽培,雖然過去果園中的雜草往往給人負面的印象,例如與果樹競爭養分及水分、成爲病蟲寄主及鼠蛇窩藏場所、管理及耕作不易等缺點,因此多數農民對於果園的雜草多進行防除動作(袁及蔣, 2002)。然而,陳班長認爲,事實上果園中的草類並非全然無用,倘使能夠讓果樹與草類共存共榮,則不但可節省諸多雜草防治成本,而且對環境的美化及生態的保護也是助益良多。以往諸多學者的研究顯示,果園草生栽培不但可保存土壤水分及養分,且可減低土溫驟變對植物根部造成的傷害,另外,也可提昇土壤有機質、改善土壤理化及生物性質(林及洪, 2003)。圖1及圖2乃筆者過去在印度棗園種植不同草種,於不同月份調查土壤孔隙度、酸鹼度(pH)及有機質變化情形,結果發現,果園進行草生栽培,孔隙度可逐漸提昇,如此一來,對土壤之排水及通氣具正面功效(Vanderhoeven, et al., 2005),另外,酸鹼度的降低則較裸露區(清耕栽培)緩慢,而且土壤有機質含量逐漸增加,顯示草生栽培後,對土壤性質的改善效果確實較裸露區良好。雖然草生栽培對土壤性質改善效果佳,但選擇草種時,需注意草種的特性,例如,應選擇淺根性、覆蓋率高、節間部位易生根以及根部固著土壤能力強的草種,既可兼顧高的覆蓋率,又可減低經常除草之苦(羅等, 2002);另外,應選擇無攀附性、根部分泌物對印度棗無毒害,以及對水分及養分之競爭性低之草種,而且,選擇的草種應具耐陰、耐旱、耐踐踏及越冬性佳等特性,以免需經常植草,最後,草種必須非印度棗重要病蟲害之傳播媒介者,以免造成病蟲的嚴重危害。本次示範觀摩會地點爲優良的草生栽培區,陳班長選擇紅葉滿天星(紅蓮子草)爲栽植草種,整個果園宛若鋪上一層紅地毯,頗具詩意,種植2~3年後,不但施肥量並無顯著增加,且土壤孔隙度及有機質含量顯著提升,也同時美

化了果園及營造良好的生態環境。另外，採集金腰箭舅等五種不同草類根部，經前處理後進行FTIR (傅立葉紅外線轉換圖譜)分析，結果顯示(圖3)，五種草類均於900~1,200 cm^{-1} ，1,690~1,710 cm^{-1} 及 3,300~3,500 cm^{-1} 有明顯吸收峰，這些吸收峰主要代表脂肪族OH基團、氫鍵、一般OH 基團及COOH基團，具有較強的陽離子親和性，此應與種植五種草類後根部防止土壤養分的流失有關，五種草類中又以紅葉滿天星及匙葉蓮子的吸收峰較強。

表 1、印度棗合理化施肥試驗區試驗前土壤性質 (屏東縣里港鄉)

檢測項目	質地	酸鹼度 (1:1)	有機質 (%)	磷 鉀 鈣 鎂 鐵 錳 銅 鋅 -----(mg kg^{-1})-----							
土壤	砂質壤土	5.8	1.88	68	105	1,078	85	287	66	13	12
參考值	-	5.5	2.0	11	30	570	50	50	20	12	11
		至 6.5	至 4.0	至 50	至 100	至 1140	至 100	至 300	至 140	至 20	至 25

表 2、合理化施肥與農民慣行施肥成本比較 (屏東縣里港鄉)

肥料	合理施肥區 (公斤/分地)	農民慣行區 (公斤/分地)	降低肥料成本 (元/分地)*
有機質肥料	3,000	3,000	0
臺肥 1 號複合肥料	60(435)	120(870)	-435
臺肥 5 號複合肥料	40(300)	100(750)	-450
臺肥 43 號複合肥料	40(370)	100(925)	-555
合計 (元)	13,105	14,545	-1,440

*肥料金額以試驗當年價格計算。臺肥 1 號複合肥料 290 元/包，臺肥 5 號複合肥料 300 元/包，臺肥 43 號複合肥料 370 元/包，粉狀有機質肥料 100 元/包。

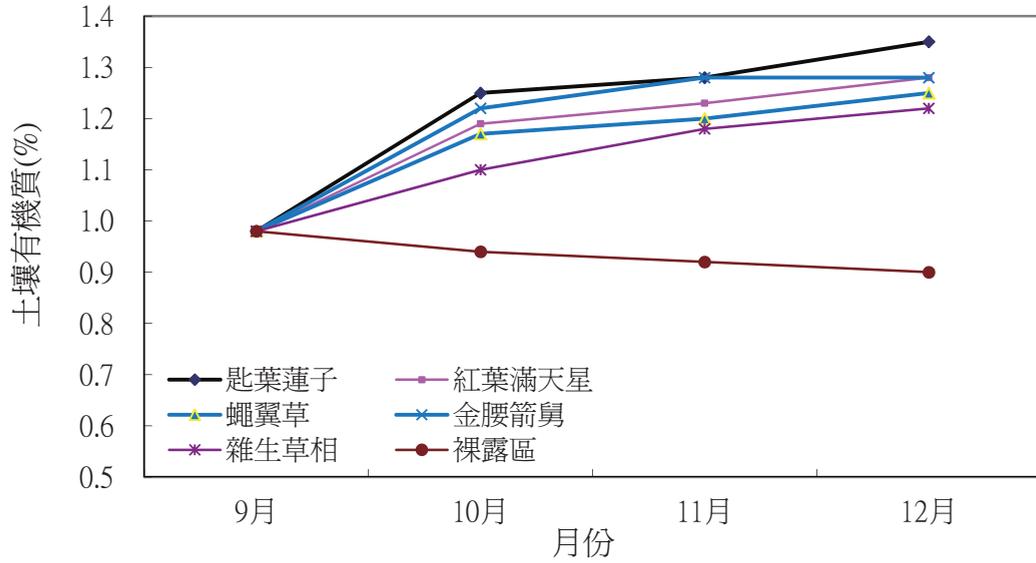


圖 1、不同草生栽培區土壤孔隙度變化

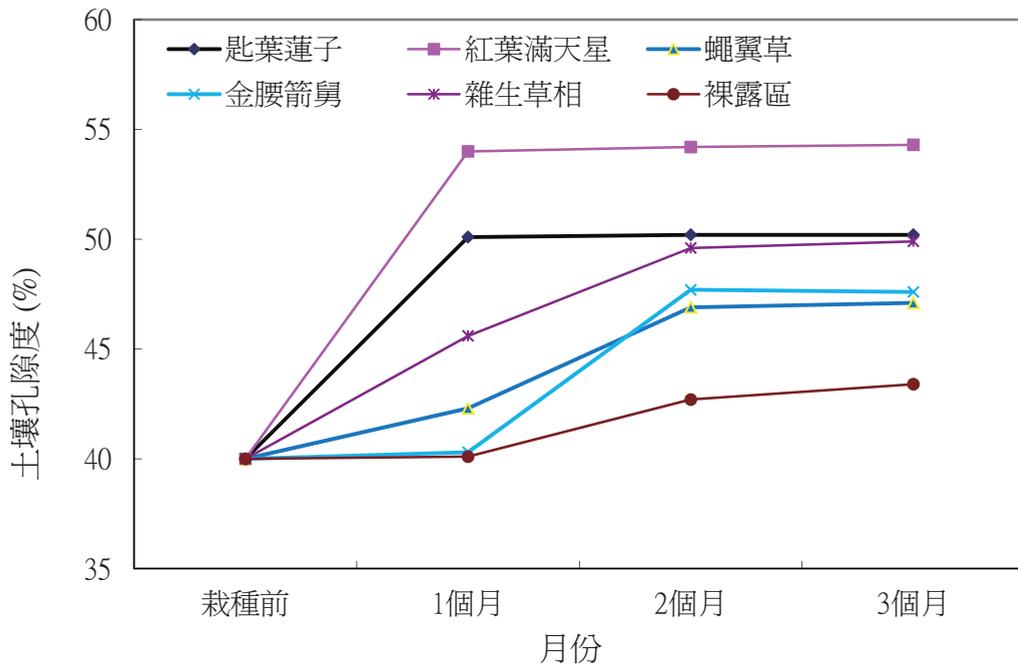


圖 2、不同草生栽培區土壤有機質含量

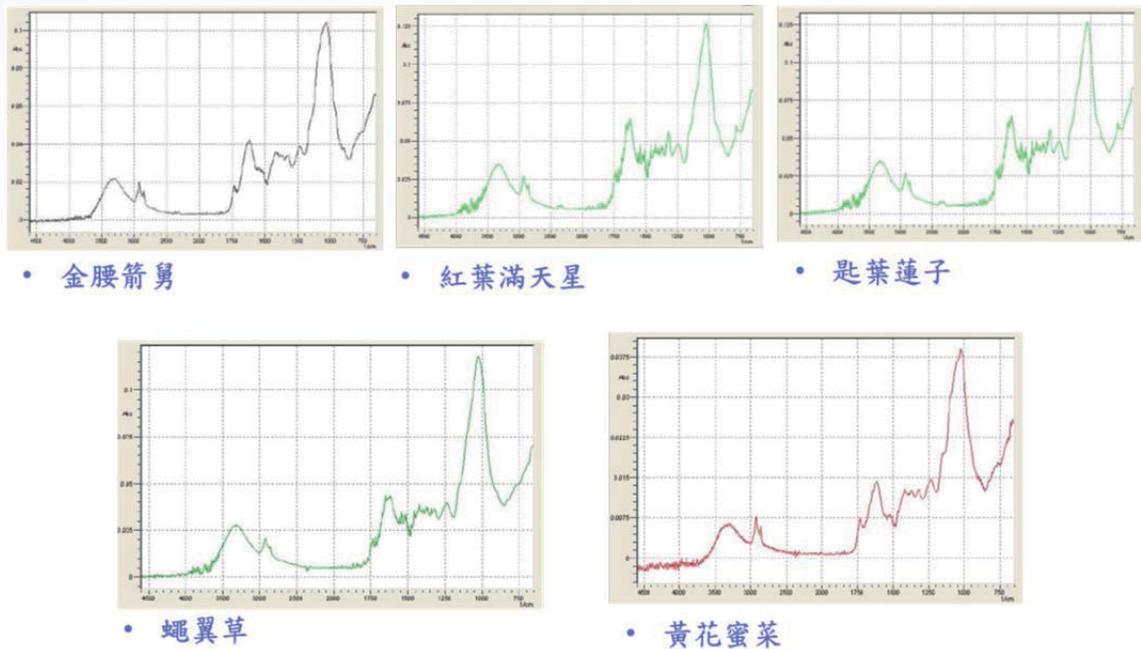


圖 3、5 種不同草生栽培草類根部之 FTIR 圖譜

二、100年屏東縣高樹示範點執行成果如下，試驗地點位於屏東縣高樹鄉田子段180號，印度棗利用營養診斷進行施肥推薦，以維護土壤環境及降低施肥成本。實施方法乃利用土壤速測結果推薦施肥與農民慣行施肥進行比較，示範區土壤性質如表3。示範成果摘要如下，試驗前施用苦土石灰100公斤分地全園撒施後淺耕入土，可改良酸性土壤與補充鈣及鎂(連等, 1992)。合理化施肥區較農民慣行區臺肥1號少施1.3包/分地，臺肥5號少施1.3包/分地，臺肥43號則少施1.3包/分地。合理化施肥區每分地肥料成本10,105元,農民慣行區每分地肥料成本11,305元，因此合理化施肥區可節省1,200元/分地之肥料成本(表4)。由於甫進入結果期，結果數量尚少，因此僅目前僅以少量果實調查結果呈現，兩區果實之果長、果寬及果重差異不大，但果實糖度於合理化施肥區則較農民慣行施肥區高約0.3 °Brix。

表 3、印度棗合理化施肥試驗區試驗前土壤性質(屏東縣高樹鄉)

檢測項目	質地	酸鹼度 (1:1)	有機質 (%)	----- (mg kg ⁻¹) -----							
				磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅
表土	砂質壤土	6.1	2.01	78	143	1589	80	401	46	12	13
底土	砂質壤土	6.2	1.88	50	59	740	32	312	33	10	11
參考值	-	5.5	2.0	11	30	570	50	50	20	12	11
		至 6.5	至 4.0	至 50	至 100	至 1140	至 100	至 300	至 140	至 20	至 25

表 4、合理化施肥與農民慣行施肥成本比較(屏東縣高樹鄉)

肥料	合理施肥區 (公斤/分地)	農民慣行區 (公斤/分地)	降低肥料成本 (元/分地)*
有機質肥料	2,250	2,250	0
臺肥 1 號複合肥料	60	110	-363
臺肥 5 號複合肥料	40	90	-375
臺肥 43 號複合肥料	40	90	-463
合計 (元)	10,105	11,305	-1,200

*肥料金額以試驗當年價格計算。臺肥 1 號複合肥料 290 元/包，臺肥 5 號複合肥料 300 元/包，臺肥 43 號複合肥料 370 元/包，粉狀有機質肥料 100 元/包。

三、101年同樣位於屏東縣高樹鄉田子段180號之示範點成果如下，利用土壤肥力檢測結果推薦施肥，農民慣行區肥料施用量(公斤/公頃/年)，臺肥1號複合肥料(20-5-10) 500公斤，臺肥5號複合肥料(16-8-12) 300公斤，臺肥43號複合肥料(15-15-15-4) 450公斤。合理化區肥料施用量(公斤/公頃/年)，臺肥1號400公斤，臺肥5號200公斤，臺肥43號350公斤，合理化施肥區之肥料施用量約減少25%。合理化施肥區於8月底開始，為預防白粉病及炭疽病，40%克熱淨(烷苯磺酸鹽可濕性粉劑) 2,000倍、50%免賴得可濕性粉劑2,000倍及10.5%平克座乳劑4,000

倍進行防治(3次)，8月份發現薊馬危害，以9.6%益達胺水懸劑2,000倍進行防治(2次)。合理化施肥區及農民慣行區之生長發育皆良好，目前正進結果期，預計明年1~2月進行產量及品質調查。合理化區化學肥料約減少節省施肥成本6,785元/公頃，而病蟲害防治成本約節省7,650元/公頃，故印度棗經由健康管理後每公頃可節省成本共14,435元。

四、101年位於高雄市燕巢區之示範點之執行成果如下，利用土壤肥力檢測結果推薦施肥，農民慣行區肥料施用量(公斤/公頃/年)，臺肥1號複合肥料(20-5-10) 450公斤，臺肥5號複合肥料(16-8-12) 350公斤，臺肥43號複合肥料(15-15-15-4) 400公斤。合理化區肥料施用量(公斤/公頃/年)，臺肥1號400公斤，臺肥5號250公斤，臺肥43號300公斤，合理化區化學肥料施用量約減少20%。合理化施肥區於7月中旬發現有毒蛾危害，因此使用40%納乃得水溶性粉劑1,500倍進行防治(2次)；8月份開始，為預防白粉病及炭疽病，以40%克熱淨(烷苯磺酸鹽)可濕性粉劑2,000倍、50%免賴得可濕性粉劑2,000倍及10.5%平克座乳劑4,000倍進行防治(3次)，8月份中以後以9.6%益達胺水懸劑2,000倍進行薊馬防治(2次)，10月份發現毒蛾，以22.5%陶斯松乳劑進行防治，計算合理化施肥區農藥防治成本約為25,000元/公頃。合理化施肥區及農民慣行區之生長發育皆良好，目前正值結果期，預計明年1~2月進行產量及品質調查。合理化區施肥成本較農民慣行區節省施肥成本約4,356元/公頃，而病蟲害防治成本約節省8,280元/公頃，故印度棗經由健康管理後可節省成本共12,636元公頃。

五、各示範區執行之成果效益(表5)顯示，合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少21~50%，成本施肥節省約1,215~10,600元。總產值粗收益每公頃增加5,439~34,760元。顯示每個示範點經營養診斷推薦施肥後，不但可減少施肥量，且果實品質、產量及收益均有提昇情形。

表 5、高屏地區印度棗重要產區合理化施肥示範點執行成果

農戶姓名	處理	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (公斤/公頃)	有機質 肥料用量 (公斤/公頃)	化學肥 料成本 (元/公頃)	病蟲害 防治成本 (元/公頃)	產品 單價 (元/公斤)	產量 (公斤/公頃)	示範點 面積 (公頃)	效益
陳文貴(屏東縣鹽埔鄉)	合理施肥量	34-38-72	2,000	3,085	110,000	40	15,800	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 70 公斤(31%)，成本節省 2,030 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 34,760 元。
	農民慣用量	42-45-120	1,800	4,300	110,000	40	16,669	0.1	
楊國平(屏東縣鹽埔鄉)	合理施肥量	240-120-170	8,000	11,500	100,000	55	24,500	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 530 公斤(50%)，成本節省 10,600 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 5,500 元。
	農民慣用量	480-240-340	8,000	22,100	100,000	55	24,600	0.1	
楊振豐(屏東縣里港鄉)	合理施肥量	190-380-550	5,000	30,660	100,000	50	24,550	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 301 公斤(21.2%)，成本節省 8,189 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 5439 元。
	農民慣用量	220-501-700	5,000	38,849	100,000	50	24,600	0.1	
陳瑞斌(高雄市大社區)	合理施肥量	140-35-70	4,000	7,105	75,000	45	17,000	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 63 公斤(21.8%)，成本節省 1,215 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 5,970 元。
	農民慣用量	185-40-90	4,000	9,135	75,000	45	17,200	0.1	
林木川(高雄市田寮區)	合理施肥量	140-35-70	4,000	5,338	75,125	40	17,000	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 70 公斤(22.1%)，成本節省 1,345 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 6,520 元。
	農民慣用量	180-45-90	4,000	6,683	75,125	40	17,200	0.1	
施新興(高雄市燕巢區)	合理施肥量	100-66-84	4,500	7,114	8,000	45	16,800	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 145 公斤(36.7%)，成本節省 4,321 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 6,471 元。
	農民慣用量	210-75-110	4,500	11,435	9,000	45	16,750	0.1	

結 語

印度棗為臺灣重要的經濟果樹之一，其栽植地區大多集中於高屏地區，由於過去化學肥料採低價政策，導致果農施用過量化學肥料而破壞環境，近期肥料價格高漲的情形下，若農友持續過量施用化學肥料，更可能使栽種成本提高，甚至造成果實品質低落，因此果園實應持續進行合理化施肥。於高屏地區諸多印度棗重要產地之示範點執行成果顯示，合理化施肥區經營營養診斷推薦施肥後，均較農民慣行施肥區的施肥量明顯下降情形，且果實品質及產量提升，致收益提高，顯見經合理化施肥後，的確對印度棗的生產有正面的效益。

參考文獻

1. 林永鴻、蔡永暉 2007 高屏地區果樹肥培管理及土壤改良技術回顧與展望 科學農業 15(1):1-10。
2. 林景和、洪阿田 2003 果園草生栽培 有機農業全球資訊網 (<http://organic.supergood.com.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=skill-8&PreView=1>)。
3. 袁秋英、蔣慕琰 2002 果園常見草本植物 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 臺中市 臺灣。
4. 連深、王鐘和、黃維廷 1992 石灰資材之品質及評估 p.1-12 酸性土壤之特性及其改良研討會論文集 中華土壤肥料學會 臺中市 臺灣。
5. 羅幹成、蔣慕琰、安寶貞、劉玉章、徐信次、王清玲、錢景秦、吳子淦、袁秋英 2002 雜草 p.141-174 植物保護圖鑑系列-柑橘保護(上冊) 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 臺北市 臺灣。
6. Chiang, S. H. 1981. Analysis of Plant Nutritions in Taiwan. Bull. Taiwan Agr. Res. 13: 53-59.
7. Chiou, C. Y, and C. R. Yan. 2008. The Release of Kaohsiung 5 Indian Jujube Cultivar. Bull. Kaoh. Dist. Agr. Res. Ext. 19:35-44. (paper in Chinese)

8. Lenntech. 2008. "Periodic chart of elements." from <http://lenntech.com/periodic-chart.htm>/Lin, C. H. 2003. The Establishment of Nutrient Concentration Standard of Diagnosis for Indian Jujube (*Zizyphus Manuritiana* Lam). ull. Kaoh. Dist. Agr. Res. Ext. 14:48-58. (paper in Chinese)
9. Vanderhoeven, S., N. Dassonville, and P. Meerts. 2005. Increased topsoil mineral nutrient concentrations under exotic invasive plants in Belgium. *Plant Soil* 275:169-179.



臺東地區水稻及番荔枝合理化施肥技術

廖勁穎、張繼中

行政院農業委員會臺東區農業改良場

摘 要

作物施肥具有顯著的增產效果，單位面積產量與肥料使用量呈密切相關，在一定範圍內，肥料施用量越高則產量提升越多，但過量施肥不僅使作物無法吸收造成浪費，甚至導致病蟲害發生情形增加；合理化施肥不僅在肥料施用量調整，配合土壤養分狀況、作物生長時期，依照作物需求，進行施肥改善及土壤改善，可以提升肥料利用效率，減低成本及提高產量。臺東地區主要作物為水稻及番荔枝，為提水稻高產量及品質，本研究藉由臺東地區種植水稻4個主要鄉鎮(池上鄉、關山鎮、鹿野鄉、臺東市)的合理化施肥個案輔導，針對土壤特性進行合理化施肥措施，與農友慣用方式互相比較，作為農友施肥依據；在番荔枝合理化施肥方面，於果園施用麥飯石觀察對土壤及植株生長之影響，做為番荔枝合理化施肥相關配合措施，經試驗結果顯示，施用麥飯石後土壤中磷、鉀、鈣、鎂含量及葉片之氮、磷、鉀、鈣、鎂含量均高於對照組，且土壤酸鹼值亦上升；果實亦以施用麥飯石處理表現較佳，果實較大。番荔枝果園每株施用500公克麥飯石，可改善土壤地力，對於番荔枝生產有益。

關鍵字：作物合理化施肥、水稻、番荔枝。

前 言

作物施肥具有顯著的增產效果，單位面積產量與肥料使用量呈密切相關(譚等, 2005)，在一定範圍內，肥料施用量越高則產量提升越多，但施肥無法無限制的增產(王等, 2004)，過量的施用肥料，不僅使作物無法吸收造成浪費，甚至導致病蟲

害發生情形增加；水稻在不合理施用肥料的情形下，過量施肥易發生稻熱病，紋枯病發生在水稻施肥過量分蘖數過多時，發生及傳播嚴重；過量施肥亦影響蟲害發生，水稻蟲害如二化螟、飛蟲類及捲葉蟲等發生時，施肥過量易使水稻葉色柔軟分蘖旺盛，有利害蟲棲息，並使防治困難；但貧瘠地施肥量過少又容易發生胡麻葉枯病(羅與林, 1982)。除了病蟲害，過量施肥也會影響作物的品質，尤其在氮肥施用過量時(林, 1998；邱與黃, 1970)，不但使稻米蛋白質增加，降低白米食味值，使口感變差(宋, 1980；宋等, 1991；潘, 2005)，過量施用肥料還會造成對逆境抵抗力下降，尤其在颱風後帶來的豪雨常使水稻倒伏，在施肥過量情形下更容易發生(黃, 1976；羅與林, 1982)。長時間不合理施用肥料，容易造成土壤的酸化及鹽分的累積，使土壤營養不均衡的現象發生，過量的肥料透過滲漏、淋洗污染地下水，對生態及環境品質影響極大。

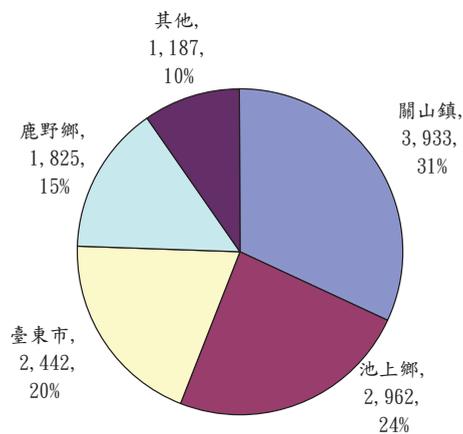
作物合理化施肥就是作物的合理化養分管理，也就是說要看土壤的性質與肥力、作物養分需要、及氣候狀況施下正確的肥料用量、肥料種類，施用肥料也要適時，依照農地內不同肥力與產量的分佈關係施肥，進一步成為精準農耕法的管理方式(廖與劉, 2005)。所以水稻合理化施肥，必須考慮水稻品種的生長特性，配合栽培環境，包含日照、溫度(林, 1984)、土壤條件與特性(譚等, 2005)、肥料的種類與性質、肥料施入土壤後對作物的生長反應(廖與劉, 2005)，作為農田肥料施用量及施用方法的依據(黃等, 1976；黃等, 1980)，如此才可避免肥料施用過多浪費，提升作物產品品質與產量，提高作物利用所有養分的效率，降低農作物生產風險及對環境之風險，獲得經濟及環保的最高利潤(廖與劉, 2005)，達成永續農業的目標(鄧與黃, 1993)。

本研究將水稻分為合理化示範區與農友慣行區互相對照，針對土壤特性進行合理化施肥措施，與農友慣用方式互相比較，提供農友施肥參考；於番荔枝果園施用麥飯石觀察對土壤及植株生長之影響，做為番荔枝合理化施肥相關配合措施。

臺東地區水稻合理化施肥成果

作物合理化施肥就是作物的合理化養分管理，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，施用肥料也要適時，依照農地內不同肥力與產量的分佈關係施肥，進一步成爲精準農耕法的管理方式(廖與劉, 2005)。換句話說，水稻合理化施肥必須依照種植地區、農友土壤理化特性、栽培品種、施肥方式、水份管理、病蟲害控制及生產目標，依照個案條件進行調整。而臺東地區100年度水稻收穫面積(第1、2期作加總) 統計，分別爲關山鎮3,933公頃，池上鄉2,962公頃，臺東市2,442公頃，鹿野鄉1,825公頃，其他鄉鎮總計爲1,187公頃。本研究選定臺東地區水稻收穫面積最大4個鄉鎮，針對農友進行合理化施肥輔導，將示範點分爲合理化示範區與農友慣行區互相對照，藉由個案調整施肥量及管理方式等措施，提供農友作爲施肥參考依據。

各示範點進行合理化施肥示範前，調查農友慣行栽培品種，歷年發生病蟲害情形，收穫量及收穫品質，並採取土壤進行分析(王, 1981；李, 1966；張, 1981)，依照土壤分析結果，參考作物施肥手冊(2005)，設定合理化施肥施用量，並視氣候條件(如寒流、降雨及高溫日數)進行調整。下列分別說明四區域水稻和理化施肥個案成果。



(臺東縣政統計, 2013)

圖一、臺東地區 100 年度水稻收穫面積統計(第 1、2 期作加總，單位：公頃)。

(一)池上地區

臺東縣池上鄉農友長期管理的水稻田區，植株易發生倒伏情形且病蟲害發生越來越嚴重。為解決農友問題，並藉以推廣合理化施肥技術，將農友田區分為合理化施肥示範區(簡稱示範區)及農友慣行區(簡稱慣行區)進行合理化施肥示範，種植品種為高雄145號，其結果如下：

1.土壤分析及施肥推薦

田區經採取土壤樣本分析，示範區有機質、鉀、鈣、矽含量高，磷含量低，鈣鎂比約16，依結果設定肥料推薦用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)為130：60：40。因本田區有稻熱病病史且鈣含量較高，故略為降低氮肥用量，另額外添加氧化鎂，示範區最終施用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)：氧化鎂(MgO)為110：70：76：28公斤/公頃。穗肥施用後統計慣行區施用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)：氧化鎂(MgO)為154：74：109：6公斤/公頃(如表1、2)。兩者相較，慣行區氮素(N)每公頃減少44公斤，磷酐(P₂O₅)每公頃減少5公斤，氧化鉀(K₂O)每公頃減少33公斤，氧化鎂(MgO)每公頃增加22公斤，總計每公頃節省肥料60公斤，換算約可節省新臺幣1,005元。

表 1、池上鄉農友水稻田區種植前土壤分析結果

處理	pH	有機質 %	mg/kg (ppm)				
			P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO
示範區	6.6	4.3	22	146	2,738	170	699
慣行區	6.5	4.4	64	111	2,348	210	460

表 2、池上鄉農友水稻主要元素施肥量表(公斤/公頃)

處理	氮素 ¹ (N)	磷酐(P ₂ O ₅)	氧化鉀(K ₂ O)	氧化鎂(MgO)
示範區	110	70	76	28
慣行區	154	75	109	6
差異	-44	-5	-33	22
成本差異*(元/公頃)	-1,100	-125	-660	880

¹計算標準為氮素(N)每 25 元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25 元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20 元/公斤，氧化鎂(MgO) 40 元/公斤。

2. 病蟲害防治

在水稻生育期間主要發生病害為稻熱病、穗稻熱病及紋枯病。於生長期間調查3種病害發生情形(如表3)，結果顯示稻熱病、穗稻熱病及紋枯病發生均以慣行區較為嚴重，主要原因為係肥料施用量多，造成葉部生長旺盛，導致株間通風不良濕度高，造成病害容易發生；另外施肥量較多時，水稻葉片較柔嫩，受風吹時葉片互相摩擦容易產生傷口，病菌容易入侵，造成病害發生較為嚴重。

表 3、池上鄉農友田間病害發生情形

處理	葉稻熱病 ¹ (%)	穗稻熱病 ² (%)	紋枯病 ³ (%)
示範區	25.5	18.3	25.2
慣行區	35.3	23.6	31.3
差異	-9.8	-5.3	-6.1

¹稻熱病調查時間為第二次追肥施用後 2 週進行，每區調查 25 叢，計算方式：每叢葉稻熱病病斑÷全葉比例。

²穗稻熱病調查於齊穗後 2 周進行，每區調查 25 叢，計算方式：穗稻熱病發生穗數 ÷ 每叢總穗數。

³紋枯病調查於齊穗後 2 周進行，每區調查 10 叢，計算方式：紋枯病發生最高節位 ÷ 全株高度。

3. 產量

示範區平均每穗粒數較慣行區增加3粒(約2%)，每叢穗數減少1.1支，在病蟲害減產上，對照區因穗稻熱病、紋枯病及二化螟造成產量減少，經產量調查結果顯示(如表4)，示範區每公頃收穫量為6,439公斤，慣行區每公頃6,312公斤，兩者相較，示範區每公頃可增加127公斤。

表 4、池上鄉農友水稻產量情形

處理	平均粒數(粒)	平均穗數(支)	產量(kg/ha)	粗收益 ¹ (元)
示範區	103.5	22.5	6,439	144,878
慣行區	100.5	23.6	6,312	142,020
差異	3	-1.1	127	2,858

¹水稻收益以 22.5 元/公斤計算。

4. 成本分析

示範區與慣行區兩區相較，示範區每公頃可節省肥料1,005元，增加稻穀收益2,858元，總計示範區減少成本及增加收入每公頃可達3,853元(如表5)。

表 5、池上鄉農友水稻成本及收益差異統計 (單位：元/公頃)

項目	示範區	慣行區	差異
肥料成本 ¹	7,140	8,145	-1,005
肥料施用人工成本 ²	1,600	1,600	0
稻穀收益	115,894	113,610	2,284
總計 ³	107,154	103,865	3,289

¹肥料成本計算標準：氮素(N)每 25 元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25 元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20 元/公斤，氧化鎂(MgO) 40 元/公斤。

²肥料施用人工成本為每公頃每次 400 元。

³總計 = 稻穀收益 - 肥料成本 - 肥料施用人工成本。

5. 結果分析

依照池上鄉試驗結果顯示，氮素(N)減量約29%，磷酐(P₂O₅)減量7%，氧化鉀(K₂O)減量30%，另外增加施用5倍氧化鎂(MgO)，肥料成本僅減少新臺幣1,005元，稻穀產量增加127公斤，換算新臺幣2,858元，節省部份總計新臺幣3,289元，若以總計收益計算，節省成本僅佔慣行區粗收入3.2%，結果看似效益不大，但在在管理期間合理化施肥區病害較少，但因本區採用病害共同管理，無法計算是否能降低用藥次數，經評估應可減少1次用藥，另示範後期因連續多日降雨造成慣行區大面積水稻倒伏，示範區僅在出入水口附近小面積傾斜，觀察水稻倒伏時因稻穀接觸到地面積水發芽，造成品質下降及收穫不便。故在合理化施肥時，不僅僅考慮肥料節省成本，而是在降低水稻病蟲害發生及提高稻米品質上，合理化施肥效益較大。



圖二、池上鄉水稻合理化施肥示範，左為合理化施肥示範區，右為慣行區，慣行區水稻倒伏較嚴重。



圖三、池上鄉農友分享合理化施肥心得。



圖四、池上鄉觀摩會示範土壤採樣方法。



圖五、池上鄉觀摩會農友現場比較水稻生育情形。

(二)關山地區

為推廣合理化施肥技術，提高農友學習意願，以實地觀摩方式提供農友做水稻栽培參考，將農友田區分為合理化施肥示範區(簡稱示範區)及農友慣行區(簡稱慣行區)進行合理化施肥示範，種植品種為高雄145號，其結果如下：

1.土壤分析：

依種植前關山鎮農友土壤採樣分析結果顯示，示範區及慣行區土壤性質差異不大，依照作物施肥手冊，兩區土壤磷含量均高(如表6)。

表 6、關山鎮農友水稻田區種植前土壤分析結果

處理別	pH	有機質 %	mg/kg			
			P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
示範區	6.38	4.09	76.11	60.46	2211.62	60.56
慣行區	6.55	4.23	70.25	55.28	2501.41	62.78

2.病蟲害調查

於水稻收穫前調查稻熱病、胡麻葉枯病及紋枯病發生情形，因田區皆無發病情形，故兩者無差異。

3.肥料分析

示範區總計肥料施用量為氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O) = 126：10.08：84公斤/公頃，慣行區總計施肥用量為氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O) = 148.4：79.6：76.4公斤/公頃，示範區與慣行區相比較，每公頃氮素(N)減少施用22.4 kg，磷酐(P₂O₅)減少69.52 kg，氧化鉀(K₂O)增加7.6 kg (如表7、8)。

表 7、關山鎮農友水稻主要元素施肥量表(公斤/公頃)

處理別	氮素(N)	磷酐(P ₂ O ₅)	氧化鉀(K ₂ O)
示範區	126.0	10.08	84.0
慣行區	148.4	79.60	76.4
差 異	-22.4	-69.52	+7.6

4.成本分析

以氮素(N) 25元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20元/公斤計算，示範區肥料成本為5,082元，慣行區肥料成本為7,228元，示範區成本降低2,146元；示範區預估產量較慣行區減少15公斤，以稻穀收穫價格每公斤22.5元計算，稻穀收量略微降低，減少338元；整體計算成本，每公頃收益可增加1,808元(如表9)。

表 8、關山鎮農友施肥紀錄(公斤/公頃)

日期	示範區	慣行區
基肥	硫酸銨每公頃 150 公斤 過磷酸鈣每公頃 28 公斤 氯化鉀每公頃 28 公斤 (N : P : K =31.5 : 5.04 : 16.8)	臺肥 39 號複合肥料 每公頃 320 公斤 (N : P : K = 38.4 : 57.6 : 38.4)
第一次追肥	硫酸銨每公頃 150 公斤 過磷酸鈣每公頃 14 公斤 氯化鉀每公頃 42 公斤 (N : P : K =31.5 : 2.52 : 25.2)	尿素 每公頃 100 公斤 (N : P : K = 46 : 0 : 0)
第二次追肥	硫酸銨每公頃 150 公斤 過磷酸鈣每公頃 14 公斤 氯化鉀每公頃 42 公斤 (N : P : K =31.5 : 2.52 : 25.2)	臺肥 1 號複合肥料 每公頃 200 公斤 (N : P : K = 40 : 10 : 20)
穗肥	硫酸銨每公頃 150 公斤 氯化鉀每公頃 28 公斤 (N : P : K =31.5 : 0 : 16.8)	臺肥 5 號複合肥料 每公頃 150 公斤 (N : P : K = 24 : 12 : 18)

表 9、關山鎮農友水稻成本及收益差異統計(元/公頃)

處理別	肥料成本 ¹ (元)	產量 (公斤)	水稻收益 (元)
示範區	5,082	5,963	14,3112
慣行區	7,212	5,978	14,3472
差異*	2,146	-15	-360

¹肥料成本計算標準為氮素(N)每 25 元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25 元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20 元/公斤。

5.結果分析

依照關山鎮農友肥料使用結果，其用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)=148.4：79.6：76.4公斤/公頃，在氮、鉀肥部分已經確實符合合理化施肥推薦標

準，也反映關山地區農民對水稻專業精深；本場依據土壤分析結果，關山鎮農友田區有效性磷含量略高，且有機質含量也高，故在合理化施肥示範區上，減少磷肥使用量，以消耗土壤多餘磷酐，並降低氮肥及鉀肥施用量，使最終用量為氮素(N)：磷酐(P_2O_5)：氧化鉀(K_2O) = 126：10.08：84 公斤/公頃，施用肥料量較慣行區減少，但產量差異不大，使整體成本降低。



圖六、關山水稻觀摩會，施用肥料量較多水稻倒伏風險提高。



圖七、關山鎮農友分享合理化施肥心得。



圖八、關山鎮農友於觀摩會觀察水稻生育情形。



圖九、關山鎮觀摩會合理化施肥區水稻生育良好，結穗情形佳，充實飽滿，健壯且無病斑。

(三)鹿野地區

為推廣合理化施肥技術，提高農友學習意願，以實地觀摩方式提供農友做水稻栽培參考，將農友田區分為合理化施肥示範區(簡稱示範區)及農友慣行區(簡稱慣行區)進行合理化施肥示範，種植品種為臺東30號，其結果如下：

1.土壤分析：

依種植前於鄭玉花農友土壤採樣分析結果顯示，示範區及慣行區土壤性質差異，有機質及鈣、鎂、鉀含量示範區略低，磷含量示範區略高，但兩者間差異不大(如表10)。

表 10、鹿野鄉農友水稻田區土壤分析結果

處理別	pH	有機質 %	mg/kg			
			P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
示範區	6.2	3.5	67	63	2,143	81
慣行區	6.2	3.7	63	76	2,263	87

2.肥料施用

示範區總計肥料施用量為氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)= 120：30：60 公斤/公頃，慣行區總計施肥用量為氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)=132：50：56公斤/公頃，示範區與慣行區施用之化學肥料相比較，每公頃氮素(N)減少施用 22 kg，磷酐(P₂O₅) 22 kg，氧化鉀(K₂O)增加施用24 kg，以氮素(N)為25元/公斤、磷酐(P₂O₅)為25元/公斤及氧化鉀(K₂O)為20元/公斤計算成本，示範區肥料可減少 320元。為了提高施用肥料效果，示範區肥料均選用含鎂肥料，以增加鎂肥補充(如表11)。

3.產量調查

計算兩區穗數及粒數方式，並以坪割收穫調查產量，結果顯示示範區穗數及每穗粒數均較慣行區較多，產量較慣行區增加720公斤，以稻穀收購價格每公斤22.5元計算，可增加收益16,200元(如表12)。

表 11、鹿野鄉農友水稻主要元素施肥量表(公斤/公頃)

處理別	氮素 ¹ (N)	磷酐(P ₂ O ₅)	氧化鉀(K ₂ O)
示範區	130	30	60
慣行區	142	50	36
用量差異(公斤)	-12	-20	+24
成本差異(元)	-300	-500	+480

¹肥料成本計算標準為氮素(N)每 25 元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25 元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20 元/公斤。

表 12、鹿野鄉農友水稻產量情形

處理別	穗數 (支)	每穗粒數 (顆)	產量 (公斤)	粗收益 ¹ (元)
示範區	20	105	6,150	138,375
慣行區	18	103	5,430	122,175
差異	+2	+2	+720	+16,200

¹收益以稻穀收購價格每公斤 22.5 元計算。

4.成本分析

示範區肥料成本較慣行區減少320元，產量較慣行區提高720公斤，預估收益可增加16,200元，總計可增加農民收益16,520元(如表13)。

表 13、鹿野鄉農友水稻成本及收益差異統計

處理別	肥料成本 (元)	稻穀產量收益 (元)	總收益 (元)
示範區	5,200	138,375	133,175
慣行區	5,520	122,175	116,655
差異	-320	+16,200	+16,520

5.結果分析

依照鹿野鄉農友慣行區肥料使用結果，其用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O) = 142：50：36公斤/公頃，幾乎已經確實符合合理化施肥推薦標準，合

理化施肥區經土壤分析後，本區土壤屬石灰性排水不良沖積土，占鹿野鄉水稻耕地面積1/3左右，石灰性土壤鈣含量略高，故施用鉀、鎂對水稻生育幫助較大，在調整肥料施用分配後，肥料成本僅減量8公斤，但水稻產量因此提升，稻穀增產720公斤，品質也未因此降低。



圖十、辦理鹿野鄉水稻合理化施肥觀摩會



圖十一、辦理鹿野鄉水稻合理化施肥觀摩會宣導葉色板使用



圖十二、鹿野鄉農友分享合理化施肥心得。



圖十三、鹿野鄉觀摩會於田間說明病害與肥料關係。

(四)臺東市地區

臺東縣農友長期管理的水稻田區，病蟲害發生越來越嚴重，產量也逐漸減少，植株易發生倒伏情形。為解決農友問題，並藉以推廣合理化施肥技術，將農友田區分為合理化施肥示範區(簡稱示範區)及農友慣行區(簡稱慣行區)進行合理化施肥示範，其結果如下：

1.土壤分析及施肥推薦

慣行區面積為2,387平方公尺，示範區為2,343平方公尺；水稻插秧日期為1月27日，品種為臺東30號。經採取土壤樣本分析，示範區磷含量低，鉀含量高，依結果設定肥料推薦用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)為140：60：60。因本田區有稻熱病及穗稻熱病病史，且鈣含量較高，故略為降低氮肥用量，增加磷、鉀施用量，另額外添加氧化鎂，示範區施用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)：氧化鎂(MgO)為133：91：109：23公斤/公頃。穗肥施用後統計慣行區施用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O)：氧化鎂(MgO)為195：105：135：15公斤/公頃(如表14、15、16)。兩者相較，慣行區氮素(N)每公頃減少62公斤，磷酐(P₂O₅)每公頃減少14公斤，氧化鉀(K₂O)每公頃減少26公斤，氧化鎂(MgO)每公頃增加8公斤，總計每公頃節省肥料92公斤，換算約可節省新臺幣2,100元。

表 14、臺東市農友水稻田區土壤分析結果

處理方式	pH	有機質 %	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO
			----- mg/kg(ppm) -----				
示範區	6.7	2.1	12	140	1,811	81	575
慣行區	6.7	2.2	54	126	1,755	86	562

表 15、臺東市農友水稻肥料施用紀錄表(公斤/公頃)

處理	示範區		慣行區	
	肥料	用量	肥料	用量
第 1 次	臺肥 1 號複合肥料	400	臺肥 1 號複合肥料	600
	氧化鎂	150		
	過磷酸鈣	200		
	矽酸鉀	80		
第 2 次	臺肥 1 號複合肥料	400	肥王 1 號複合肥料	600
第 3 次	臺肥 43 號複合肥料	400	臺肥 43 號複合肥料	600
穗 肥	臺肥 43 號複合肥料	300	臺肥 43 號複合肥料	400

表 16、臺東市農友水稻主要元素施肥量表(公斤/公頃)

處理	氮素 ¹ (N)	磷酐(P ₂ O ₅)	氧化鉀(K ₂ O)	氧化鎂(MgO)
示範區	133	91	109	23
慣行區	195	105	135	15
差異	-62	-14	-26	8
成本差異*(元/公頃)	-1,550	-350	-520	320

¹計算標準為氮素(N)每 25 元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25 元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20 元/公斤，氧化鎂(MgO) 40 元/公斤。

2.病蟲害防治

在水稻生育期間主要發生病害為稻熱病、紋枯病及二化螟蟲。第1次用藥時，主要發生病害為葉稻熱病，因示範區肥料施用量較低，且增加矽酸鉀及氧化鎂，抗病性佳不需防治，節省1次用藥。水稻生育中後期，主要發生病害為稻熱病、紋枯病及二化螟，在第2次及第3次用藥後，紋枯病發生仍以慣行區較為嚴重，主要係肥料施用量多，造成葉部生長旺盛，導致株間通風不良(如表17、18)。

3.產量調查

調查每叢穗數及每穗粒數，並進行坪割收穫調查產量，示範區平均粒數較慣行區增加16.5粒(約15%)，每叢穗數減少1支，而在病蟲害上，慣行區穗稻熱病、紋枯病及二化螟嚴重造成減產；經產量調查顯示，示範區每公頃收穫8,280公斤，慣行區每公頃6,593公斤，兩者相較，示範區每公頃可增加1,687公斤。

4.成本分析

示範區與慣行區兩區相較，示範區每公頃可節省肥料2,100元，節省病害防治成本共2,120元(含藥劑及施藥人工成本)，增加稻穀收益37,958元，總計示範區減少成本及增加收入每公頃可達42,177元(如表19)。

表 17、臺東市農友水稻施藥紀錄表(元/公頃)

施藥 次數	施藥種類及成本			
	示範區		慣行區	
	藥劑普通名	藥劑成本	藥劑普通名	藥劑成本
第 1 次			45%喜樂克拉乳劑	580
			10%菲克利乳劑	240
			22.5%陶斯松乳劑	500
小計		0		1,320
第 2 次	45%喜樂克拉乳劑	580	45%喜樂克拉乳劑	580
	10%菲克利乳劑	240	10%菲克利乳劑	240
	22.5%陶斯松乳劑	200	22.5%陶斯松乳劑	200
	2.8%賽滅寧乳劑	250	2.8%賽滅寧乳劑	250
小計		1,270		1,270
第 3 次	45%喜樂克拉乳劑	700	45%喜樂克拉乳劑	700
	2%嘉賜黴素溶液	600	2%嘉賜黴素溶液	600
	50%培丹水溶性粉劑	600	50%培丹水溶性粉劑	600
小計		1,900		1,900

表 18、臺東市農友水稻產量情形

處理	平均粒數 (粒)	平均穗數 (支)	產量 (公斤/公頃)	粗收益 ^(註) (元)
示範區	112.8	20.3	8,280	186,300
慣行區	96.3	21.3	6,593	148,343
差 異	16.5	-1	1,687	37,958

註：水稻收益以 22.5 元/公斤計算。

表 19、臺東市農友水稻成本收入統計(元/公頃)

項目	示範區	慣行區	差異
肥料成本 ¹	8,700	10,800	-2,100
肥料施用人工成本 ²	1,600	1,600	0
肥料管理成本小計	10,300	12,400	-2100
藥劑成本	3,170	4,490	-1,320
藥劑施用人工成本 ³	1,600	2,400	-800
病蟲害管理成本小計	4,770	6,890	-2,120
稻穀收益	186,300	148,343	37,958
總計 ⁴	171,230	129,053	42,177

¹肥料成本計算標準為氮素(N)每 25 元/公斤、磷酐(P₂O₅) 25 元/公斤、氧化鉀(K₂O) 20 元/公斤，氧化鎂(MgO) 40 元/公斤。

²肥料施用人工成本為每公頃每次 400 元。

³藥劑施用人工成本為每公頃每次 800 元。

⁴總計收入差異為：總收益＝稻穀收益－肥料成本－肥料施用人工成本－藥劑成本－藥劑施用人工成本。

5.結果分析

依照臺東市農友肥料使用結果，其用量氮素(N)：磷酐(P₂O₅)：氧化鉀(K₂O) = 195：105：135公斤/公頃，超出合理化施肥推薦量甚多，部分因素也來自農友生產目標為繳售公糧，無視品質提高產量是其追求目標。合理化施肥區顯示經土壤分析後，本區土壤屬石灰性排水不良沖積土，土壤鈣含量略高，故調整施用鉀肥用量並增施鎂肥，對水稻生育幫助較大。在病害發生情形以慣行區發病情形較為嚴重，且在用藥後仍未能控制，主要係肥料施用量多，造成葉部生長旺盛，導致株間通風不良造成，病蟲害發生且不能有效控制造成產量降低，合理化施肥區不僅省肥、省工、省農藥，更能增加產量。



圖十四、臺東市水稻合理化施肥觀摩會。



圖十五、臺東市水稻合理化施肥觀摩會說明病害與肥料關係。



圖十六、臺東市水稻合理化施肥觀摩會說明土壤採樣袋使用方式。



圖十七、臺東市農友分享水稻合理化施肥心得。

番荔枝果園施用麥飯石之影響

(一)番荔枝果園施用麥飯石後土壤營養元素含量之變化

土壤分析結果顯示各處理後的土壤酸鹼值為4.89~5.63，而磷、鉀、鈣及鎂含量分別為228.23~301.26、423.90~462.62、2290.11~3105.59及240.66~315.69毫克/公斤；磷含量以施用1,500公克麥飯石處理顯著優於其他處理及對照組，鉀含量以施用500公克麥飯石處理顯著優於對照組，鈣及鎂含量於不同用量處理間無顯著差

異，但顯著優於對照組；土壤酸鹼值亦以施用麥飯石處理者表現優於對照組。Novak等(2009)研究成果指出添加2%的生物碳，可提升壤質砂土的酸鹼值及土壤鈣、鉀營養元素含量，此報告與本研究之結果大致相同。

(二)番荔枝果園施用麥飯石後之植體營養元素含量變化

氮、磷、鉀、鈣及鎂含量分別介於1.98~2.51、0.13~0.16、1.57~1.78、1.61~1.73及0.28~0.30%，磷、鉀、鈣及鎂含量於不同用量處理間無顯著差異，但顯著優於對照組，而黃和蔡(1988)及謝(1991)的報告皆顯示施用苦土石灰可提升植體中的鈣、鎂含量，而施用麥飯石亦有相似的結果。

(三)番荔枝果園施用麥飯石後對番荔枝品質的影響

施用麥飯石後對番荔枝果實品質之影響，不同處理果實 的單果重分別介於431.97~512.56公克，以施用麥飯石處理者優於對照組，不同用量處理間無顯著差異，但顯著優於對照組。雖然添加麥飯石的果重(產量指標)，但果實品質指標之一-全可溶性固性物含量卻未因添加麥飯石而提升，此部分與Zheljzakov (2005)研究報告相似，其研究報告指出每公頃添加15.8公噸羊毛廢棄物可增加鼠尾草產量，但對於其品質指標-精油含量，則並未因羊毛廢棄物的施用而增加。

結 語

農友在水稻肥培管理時，若僅在肥料施用上調整，產量提升終究會有極限，認識土壤，適地適量施肥：土壤肥力高低影響作物產量，一味地增加肥料用量無法增產，瞭解土壤，合理調整肥料施用量才能提高產量品質。土壤於水稻收穫後，最慢至插秧前1個月左右，採取土壤進行分析，如有土壤過酸、有機質不足或鈣鎂比不佳的情形，可於整地時依照推薦方式進行土壤改良。

臺東地區水稻主要病害：稻熱病及紋枯病均與施肥有關，稻熱病在氮肥施用量過高時發生，嚴重程度與施肥量相關，施用越多發生情形越嚴重；紋枯病發生主要受濕度影響，水稻施肥過量，分蘗數過多時，有利紋枯病發生及傳播(周與林，

2010)。水稻主要蟲害：二化螟、飛蟲類及捲葉蟲等發生，除了受環境及害蟲棲息有關，但在過量施用肥料的水稻田，植株葉色濃綠柔軟，分蘖旺盛，特別吸引害蟲棲息，且在進行防治時，因植株間過密造成施藥困難，因此蟲害發生也較嚴重(鄭與黃, 2009)。

番荔枝果園施用麥飯石試驗結果顯示，土壤酸鹼值、磷、鉀、鈣、鎂含量及葉片氮、磷、鉀、鈣及鎂含量均以施用麥飯石處理優於未施用麥飯石之對照組，而果實單果重亦以施用麥飯石處理優於未施用麥飯石者，不同用量處理間雖無顯著差異，但顯著優於對照組。此結果顯示番荔枝果園每株施用500公克麥飯石，即可增加土壤中營養元素含量並改善土壤酸鹼值，提升葉片營養元素含量及果實品質。使用時要注意與土壤充分混合，方能發揮土壤改良資材最大功效，且不可與有機質肥料及氮肥一同混合施用。土壤肥培管理應配合土壤營養診斷分析，適時適量使用土壤改良資材，才能達到土壤永續利用之目的。

合理化施肥不僅在肥料施用量，配合土壤養分狀況、作物生長時期，依照作物需求，進行施肥改善及土壤改善，可以提升肥料利用效率，減低成本及提高產量，達到增加農友收益，永續農業發展的目標。

參考文獻

1. 王新傳 1981 鮑氏土壤機械分析法 p.27-29 作物需肥診斷技術(臺灣省農業試驗所特刊第13號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。
2. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉 2004 水稻健康管理體系下之營養與水田管理 p.41-56 水稻健康管理研討會專輯(農業試驗所特刊第111號) 行政院農業委員會農業試驗所 臺中 臺灣。
3. 作物施肥手冊 2005 水稻 p. 16-20 行政院農業委員會農糧署 臺中 臺灣。
4. 宋勳 1980 施肥法影響水稻碾米品質之研究 臺中區農業改良場研究彙報 3:20-24。

5. 宋勳、洪梅珠、許愛娜 1991 臺灣稻米品質之研究(臺中區農業改良場特刊第24號) 臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
6. 李蘭帝 1966 大量植體樣本氮、磷、鉀之迅速測定法 中華農業研究 15:1-5。
7. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61:13-23。
8. 林安秋 1984 氣溫與日照強度對水稻合成物質之轉運與分配的影響 p.73-82 稻作區域性與期作性低產及增產措施之研究(臺灣省農業試驗所特刊第16號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。
9. 周泳成、林駿奇 2010 水稻主要病害之發生與防治 植物保護通報 24:4-15。
10. 邱再發、黃文良 1970 水稻氮肥施肥技術之研究(第一報) 氮肥晚期施用對水稻產量及養分吸收之影響 中華農業研究 19(3):26-41。
11. 張淑賢 1981 本省現行植物分析法 p.53-59 作物需肥診斷技術(臺灣省農業試驗所特刊第13號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。
12. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 p.9-26 作物需肥診斷技術(臺灣省農業試驗所特刊第13號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。
13. 黃山內、謝慶芳、黃祥慶 1976 稻作施肥改善推廣 臺灣農業季刊 12:38-52。
14. 黃山內、顏正益、蘇後茂、胡南輝、黃宜鵬 1980 水稻新育成品種之氮肥需要量 p. 58-70 六十九年土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳 南投 臺灣。
15. 黃祥慶 蔡宜峰 1988 椏柑園施用石灰之研究 臺中區農業改良場研究彙報 20:23-31。
16. 蔡宜峰、陳俊位、賴文龍 2008 有機肥料及苦土石灰應用在洋桔梗栽培之效應 臺中區農業改良場研究彙報 98:9-20。
17. 廖慶樑、劉禎祺 2005 合理化施肥理念 p.15-23 合理化施肥專刊(農業試驗所特刊第121號) 行政院農業委員會農業試驗所 中華永續農業協會 臺中 臺灣。

18. 鄭清煥、黃守宏 2009 水稻害蟲防治之省思 p.65-82 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊(行政院農業委員會農業試驗所特刊第138號) 行政院農業委員會農業試驗所 臺中 臺灣。
19. 潘成玉 2005 氮素對水稻穀粒蛋白質表現及品質形成之影響 國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文。
20. 鄧耀宗、黃伯恩 1993 臺灣永續農業之現況與展望 p.1-8 永續農業研究研討會專集 行政院農業委員會臺中區農業改良場 彰化 臺灣。
21. 謝慶芳 1991 苦土石灰與微量元素對強酸性砂頁岩沖積土水稻生長與產量之影響 臺中區農業改良場研究彙報 33:37-47。
22. 謝慶芳、黃山內 1976 水稻氮素肥料效率試驗 六十六年土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳 南投 臺灣。
23. 簡錦忠、朱啓魯 1970 肥料對水稻主要病害發生之關係 中華農業研究 19(2):62-71。
24. 羅瑞生、林順臺 1982 土壤氮素肥力特性與水稻收量及氮肥需要量關係研究 p.50-93 七十一年土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳 南投 臺灣。
25. 羅瑞生、林聰德 1985 性質迥異稻田土壤之氮素營養管理技術研究 p.1-18 七十四年土壤肥料試驗報告 臺灣省政府農林廳 南投 臺灣。
26. 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖 2005 土壤肥力與合理化施肥 p.43-62 合理化施肥專刊(農業試驗所特刊第121號) 行政院農業委員會農業試驗所、中華永續農業協會 臺中 臺灣。
27. Novak, J. M., W. J. Busscher, D. L. Laird, M. Ahmehna, D. W. Warrs, and M. A. S. Niandou. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science* 174(2):105-112.
28. Zhlijazkov, V. D. 2005. Assessment of wool waste and hair waste as soil amendment and nutrient source. *J. Environ. Qual.* 34:2310-2317.

宜花地區文旦合理化施肥技術輔導

倪禮豐、劉啟祥、徐仲禹、詹朝清

行政院農業委員會花蓮區農業改良場

摘 要

花蓮區農業改良場自2008年起加強辦理合理化施肥輔導，共辦理講習或田間示範201場，各示範點平均降低用肥量約3成，每公頃施肥成本節省9千餘元，提高產值2萬7千餘元。免費進行土壤肥力及植體營養分析1萬8千餘件，降低有效性磷偏高之土壤比例10%，及有效性鉀偏低之土壤比例25%，並加速為民服務，縮短分析時間67%。修正文旦植體採樣標準並暫訂文旦葉片營養元素濃度範圍。配合作物健康管理政策推動，每月針對當月份文旦果園管理要點辦理講習會進行說明，有效擴大合理化施肥成效。

關鍵字：文旦、合理化施肥、植物營養診斷。

前 言

政府因應2007年至2008年初國際原物料價格大幅上漲，實施「肥料價格調整及穩定肥料供需方案」。花蓮區農業改良場配合政策，立即動員各作物研究人員，於2008年5月23日成立「合理化施肥技術輔導小組」，結合既有之土壤肥力分析等為民服務項目，針對各主要作物辦理示範及講習等措施，全面輔導農民合理施肥。另一方面，文旦於宜蘭與花蓮二縣栽培面積約1,440公頃，約占全臺栽培面積4,400公頃的三分之一，主要分布於花蓮縣瑞穗鄉、玉里鎮及宜蘭縣冬山鄉等地，其中又以品質優良的瑞穗鶴岡文旦最負盛名，是本轄最重要的果樹產業，自然成為主要輔導的項目。另一方面，植體內元素含量能反映土壤肥力狀況，國內已有柑桔類果樹之採樣標準(連等, 1989)，然其已歷經近20年未再調整，分析結果與施肥時

機亦無法配合快速診斷技術發展同步調整。文旦生育期與其他柑桔類不同，若沿用柑桔類之標準，無法及時準確反應出文旦的營養狀態，更無提供實用之營養診斷及肥培管理推薦，故亟需專門研究。本文除說明花蓮場近年合理化施肥輔導成果之外，亦以文旦為例，說明合理化施肥技術研究與輔導推廣概況，供研究推廣人員參考，期能將合理化施肥理念落實普及推廣。

推廣成果

為使農友正確管理與維護土壤肥力與品質，自97至101年度，五年來共辦理土壤特性及合理化施肥講習116場次7,268人次參加，田間成果說明會85場次5,549人次參加，另配合合理化施肥、自配複合肥料及正確使用國產有機質肥料等觀念宣導共706場次。辦理示範作業的130處示範點，包括23種作物：水稻、落花生、飼料玉米、番石榴、金柑、高接梨、桶柑、文旦柚、蓮霧、鳳梨、芋頭、青蔥、青蒜、甘藍、芥菜、韭菜、芹菜、龍鬚菜、番茄、小胡瓜、甜瓜、寒梅、銀柳等。各示範點平均降低用肥量約3成，每公頃施肥成本節省9千餘元，提高產值2萬7千餘元(6.0%)。其中為水稻、番石榴、高接梨、文旦柚、蓮霧、鳳梨、芋頭、青蔥、甘藍、韭菜、番茄、小胡瓜、銀柳等13種作物，編印合理化施肥專刊(手冊)，更方便農友參考應用。

表 1、花蓮區農業改良場 97~101 年合理化施肥推廣統計

年度	講習會(場/人)	示範(場/人)	配合宣導(場/人)
97	33 / 2,503	2 / 100	49 / 980
98	28 / 1,804	23 / 1,696	143 / 2,860
99	10 / 526	23 / 1,554	153 / 3,060
100	14 / 853	21 / 1,283	189 / 3,780
101	31 / 1,582	16 / 916	172 / 3,440
合計	116 / 7,268	85 / 5,549	706 / 14,120

為民服務

作物合理化施肥必須依賴植體及土壤分析之資料以作為判斷的依據，因此本場亦積極協助轄區內農民進行植體營養及土壤分析診斷。自97至101年度，五年來共分析土壤或植體等樣品18,173件，為2,704人次提供土壤管理及施肥推薦服務。

為提升服務品質，增設凱氏氮分析裝置及更新感應耦合電漿光譜分析儀等設備，並重新設計分析批次流程，將服務所需時間大量縮短。具體來說，土壤樣品的分析時間原(99年以前)需約一個月，100年度縮短30~50% (14至21日)；101年度再縮減30%，農友於送件後10至14日即可收到分析報告，更能便於迅速應用於田間施肥參考。

表 2、花蓮區農業改良場 97-101 年為民服務統計

年度	諮詢服務人數	樣品分析件數
97	384	4,684
98	467	2,617
99	588	4,266
100	558	3,857
101	707	2,749
合計	2704	18,173

應用成效

100年度與99年度土壤分析結果比較可發現，有效性磷偏高之比例及有效性鉀偏低之比例皆有上升趨勢，故在推廣工作上，與中興大學配合推廣溶磷菌之應用，並輔導低鉀土壤注重鉀肥之補充。至101年度，有效性磷偏高之比例及有效性鉀偏低之比例皆有明顯下降，分別下降10%及25%，顯示本工作確有達成合理施肥之目標。

表 3、花蓮區農業改良場 99~101 年度土壤分析結果

項目	範圍		99 年比例 (%)	100 年比例 (%)	101 年比例 (%)
EC (1:5) (dS/m)	正常	< 0.5	88	91	92
	偏高	> 0.5	12	9	8
pH (1:1)	強酸性	< 5.4	16	12	20
	微酸至中性	5.5~7.5	61	59	71
	鹼性	> 7.6	23	29	9
有機質 (%)	低	0~1.0	20	13	8
	中	1.0~3.0	72	44	47
	高	> 3	8	43	45
有效性磷 (mg/kg)	低	< 10	6	5	8
	中	11~50	36	26	33
	高	> 51	58	69	59
有效性鉀 (mg/kg)	低	< 30	57	66	41
	中	31~100	32	24	37
	高	> 101	11	10	22

文旦植體營養調查

依據農民經驗及習慣，花蓮地區文旦採收最適時間為白露後10日，也就是9月17日左右，當然也需視當年氣候條件有所調整，但最重要的決定因素為當年中秋節的日期。過去柑桔類作物營養診斷所採取的葉片樣品時間為8月下旬至9月上旬，即文旦採收前10至20天，無法滿足當季施肥推薦的實際應用需求。考量植體分析時間及肥料在土壤及植株內轉運所需時間，最理想的採樣時間應在5月至6月附近。

於花蓮縣瑞穗鄉選擇11戶文旦果農(鶴岡文旦)共13.29公頃，及於玉里鎮選擇15戶文旦果農(東豐文旦)共24.40公頃，訪查週年施肥時間及施用量，統計結果如表1所示。由三要素施用量統計資料可觀察到二地區農民施肥習慣有極大的差異，瑞

穗地區總施肥量氮－磷酐－氧化鉀分別為玉里地區之1.4-3.5-4.2倍，但在追肥施用上，玉里地區之氮肥則為瑞穗地區之7.2倍，或許為二地區果實品質差異的原因之一。由葉片營養元素濃度分析結果，二地區之間似無顯著差異，暫定6月上旬至中旬所採當年春梢第四展開葉之營養元素濃度正常範圍如表5。

表 4、花蓮縣瑞穗鄉及玉里鎮文旦果農施肥調查結果

	氮	磷酐	氧化鉀
	公斤／公頃		
瑞穗地區			
年總量	310	477	896
追肥量	20	131	394
玉里地區			
年總量	227	135	215
追肥量	144	60	139

表 5、現行柑桔類葉片營養診斷標準(8月下旬至9月上旬採樣)及暫訂文旦葉片營養元素濃度範圍(6月上旬至中旬採樣)

營養元素	單位	8月下旬至9月上旬採樣	6月上旬至中旬採樣
氮 N	%	1.98-2.51	1.57-2.86
磷 P	%	0.11-0.18	0.19-0.31
鉀 K	%	1.21-2.77	0.18-0.74
鈣 Ca	%	1.63-4.29	1.12-3.61
鎂 Mg	%	0.19-0.41	0.08-0.17
鐵 Fe	ppm	60-120	33-82
錳 Mn	ppm	16-94	3-39
銅 Cu	ppm	3-13	6-47
鋅 Zn	ppm	13-51	5-18

文旦健康管理推動作法

作物健康管理是近年推動之作物生產體系，其整合各種農業技術，由環境的

健康來創造作物的健康，強調作物栽培與環境發展共同進行，合理化施肥即為其中一項重要措施。花蓮場於2012年開始，每月於瑞穗鄉與玉里鎮等文旦產地，2013年再增加宜蘭縣冬山鄉，針對當月份文旦果園管理要點辦理講習會進行說明，並依據講習主題，選擇進行果園現場說明或是室內講習方式辦理。每次講習聚焦於當月之管理作業，主題清楚不易混淆，並可進行較為詳細的說明。較長時間的管理作業，可每月重複說明，以加深印象。講習時間可依據氣候狀況彈性調整，有利農時的掌握。試驗研究部分，已完成不同追肥時期對文旦果實品質之影響試驗，將持續進行不定期修剪、不同肥料型態對文旦果實品質影響等相關試驗，調整病蟲害整合防治技術研究試驗處理內容，推動更加完善之文旦健康管理措施。

文旦合理化施肥達人

現年84歲的黃懋光農友，是花蓮縣瑞穗鄉文旦產銷第18班班長，也是鶴岡文旦的看板級人物，對當地文旦產業具很高的影響力。常年與花蓮場合作多項文旦試驗研究與示範推廣，於2010年至2011年配合進行合理化施肥示範，鼓勵全班班員採取土壤分析肥力，匯集全班土壤樣品送驗，並召開班會由農改場輔導人員說明施肥調整與栽培管理注意事項，記錄施肥用量、產量等結果，配合度很高。第一年示範成果，示範區每公頃三要素用量為120-180-480公斤，相較於慣行對照區之120-300-900公斤，減肥40.9%，每公頃節省肥料成本11,400元；第二年示範成果，示範區每公頃三要素用量為165-330-495公斤，相較於慣行對照區之165-385-660公斤，減肥18.2%，每公頃節省肥料成本5,720元。合理化施肥示範成效優良，可稱之為文旦施肥達人。

參考文獻

1. 連深、張淑賢、黃維廷、吳婉麗 1989 柑桔營養診斷之基礎及應用之現況 p.1-26 果園作物營養診斷應用研習會專輯(臺灣省農業試驗所特刊第28號) 臺灣省農業試驗所 臺中 臺灣。

水稻應用綠肥實施合理化施肥

鄭梨櫻

行政院農業委員會種苗改良繁殖場

摘 要

綠肥作物可經由植體分解釋出肥料元素供後作物利用，為推動合理化施肥降低化學肥料施用量之可行措施。本場輔導農民應用一期休耕輪作綠肥青皮豆於二期水稻實施合理化施肥及應用裡作輪作綠肥埃及三葉草於翌年一期水稻實施合理化施肥，依綠肥不同生育狀況，後續水稻可減施化肥9~32%，雖然部分合理化施肥區較農民慣行區之水稻產量略減，惟整體收益仍增加。

關鍵字：綠肥、水稻、合理化施肥。

前 言

綠肥作物之功能，包含生長期間對農田環境之維護及經由生物性與理化性共同作用分解綠肥植體釋出肥料元素，並藉由此分解過程衍生對土壤特性的改善，進而維護土壤地力(鄭, 2006)。植體分解釋出肥料元素為綠肥重要功能之一，因此，輪作綠肥以釋出肥料元素供後續作物利用，為推動合理化施肥降低化學肥料施用量之可行措施。

臺灣主要綠肥栽培時期約於一期或二期作休耕期輪作綠肥及二期水稻收割後之裡作輪作綠肥，輪作綠肥後又以種植水稻為主，所輪作之綠肥大都可有效降低後續水稻之化學肥料施用量。惟經訪查，仍有許多與綠肥輪作之稻田，種植綠肥後作水稻施肥量未予調整，造成供應水稻之肥料元素過量。本場輔導以農民施肥慣行量減施20%為目標，在示範區水稻產量與慣行區相近且整體收益提高下，提高農民實施合理化施肥之意願。

綠肥於合理化施肥之應用

如何栽培

1. 選擇適當的綠肥種類

- (1) 適宜一期作休耕田輪作的綠肥：田菁、太陽麻、青皮豆、油菊。
- (2) 適宜二期作休耕田輪作的綠肥：太陽麻、青皮豆、油菊。
- (3) 適宜冬季休閒期栽培的綠肥：油菜、埃及三葉草、苕子。

2. 因地制宜實施適當的播種方法

(1) 不整地栽培

適宜二期作休耕田輪作綠肥及冬季休閒期栽培綠肥時實施，二期作休耕田輪作綠肥可利用一期水稻收割時撒播，冬季休閒期栽培綠肥可利用二期水稻收割時撒播。水稻收割前將綠肥種子撒播於稻株行間，水稻收割時以切割的稻稈鋪蓋田間隨即灌溉排水即可。

(2) 整地栽培

適宜一期作休耕田輪作綠肥及早田或果園栽培綠肥。當田區濕潤即行整地，整地後撒播種子隨即淺耕即可。

3. 實施必要的田間管理

綠肥栽培首重水分管理，尤其種子發芽時需有充足的水分，方能確保田間株數以達豐盛的鮮草量。綠肥栽培可不施肥，惟於生育初期酌施氮肥可促進生長。田間病蟲害嚴重時仍應實施必要防治，否則應及早翻犁避免田間病蟲媒累增。

如何應用

1. 選擇適當的翻犁期

綠肥植體翻犁入土的適當時期約為植株生育達盛花期至結莢初期，惟部分綠肥(例如田菁)容易木質化致翻犁困難，需於木質化前翻犁。此外，綠肥植體腐熟初期會釋出有機酸影響後續作物生長，後續作物播種前至少15天綠肥即應翻犁。

2. 估算綠肥肥效

綠肥鮮草量多寡決定綠肥肥效，翻犁前即應估算田間鮮草量，再依所種植之綠肥種類及其肥料三要素成份，估算田間綠肥可提供後續作物的肥料量。一般生長良好之綠肥每公頃鮮草量約20~30噸，估算肥效時尚需乘以礦化率，一般老化植株礦化率較低，鮮嫩植體礦化率較高。

3.後續作物施肥減量

後續作物施肥應依田間綠肥肥效估算結果予以減施，即作物總需肥量扣除綠肥可提供之三要素量即為後續作物應施肥量，減施時以減施基肥為主，視後續植株生育情形酌予調整。

應用一期作休耕輪作綠肥後作水稻實施合理化施肥

綠肥植體釋出肥料元素供作物利用受綠肥生育狀況及氣候條件與土壤環境影響。一般而言，植體於分解初期經腐植化形成腐植質，再經礦質化釋出肥料元素。土壤環境以中性、土溫20~30°C及田間含水量50~90%為宜。未經作物吸收利用之元素(尤其氮肥)會逸散或滲漏於地下水，其逸散或滲漏情形仍視氣候條件與土壤環境而異。

由於綠肥植體釋出肥料元素供作物利用之效益受環境影響頗劇，應用綠肥實施合理化施肥於實務操作有其一定之複雜度，為簡化操作流程以提高農民實施意願，於調查綠肥田間鮮草量後，以農民慣行量減施50%基肥為原則，隨後視水稻生育狀況於追肥再行減施或補施。表1為一期休耕輪作綠肥青皮豆於二期水稻實施合理化施肥之執行情形，合理化施肥區較農民慣行區減施化肥9~21%，節省肥料成本1,100~3,030元，雖然部分合理化施肥區較農民慣行區之水稻產量略減，惟整體收益仍增加1,460~4,700元。

一期作休耕輪作綠肥於栽培上需以整地方式播種，農民容易翻犁過深，造成種子發芽後出土困難影響綠肥田間株數，加以生育期間逢梅雨，青皮豆為最不耐濕之綠肥(鄭, 1998)，雨季生育普遍不佳。依表1綠肥青皮豆田間鮮草量每公頃大都不及20公噸，較該項綠肥一般鮮草量(蔡與許, 2000；吳與連, 2002)低，合理化施肥

區於減施50%基肥後，植株生育受影響，農民需於追肥再行補施，造成合理化施肥區減施化肥未達目標20%。

表 1、應用一期休耕輪作綠肥於二期水稻實施合理化施肥執行效益

序號	作物	處理	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (公斤/公頃)	有機質 肥料用量 (公斤/公頃)	化學肥料 成本 (元/公頃)	產量 (公斤/公頃) 產值(元)	示範點 面積 (公頃)	效益
1	青皮豆 →二期 水稻	合理施 肥量	486 218-130-138	15,017 (綠肥鮮重)	11,460	7,394 155,274	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 90 公斤(15.6%)，成本節 省 2,135 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 1,463 元。
		農民慣 用量	576 260-155-161	14,825 (綠肥鮮重)	13,595	7,426 155,946	0.2	
2	青皮豆 →二期 水稻	合理施 肥量	475 205-130-140	21,152 (綠肥鮮重)	11,175	8,165 171,465	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 117 公斤(19.76%)，成本 節省 2,805 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 1,860 元。
		農民慣 用量	592 268-160-164	21,458 (綠肥鮮重)	13,980	8,210 172,410	0.1	
3	青皮豆 →二期 水稻	合理施 肥量	470 231-110-129	17,824 (綠肥鮮重)	11,105	8,150 171,150	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 130 公斤(21.5%)，成本節 省 3,055 元。 2.總產值粗收益每公頃增 4,735 元。
		農民慣 用量	600 270-162-168	17,652 (綠肥鮮重)	14,160	8,230 172,830	0.1	
4	青皮豆 →二期 水稻	合理施 肥量	489 241-116-132	14,652 (綠肥鮮重)	11,565	7,320 153,720	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 51 公斤(9.4%)，成本節省 1,145 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 2,825 元。
		農民慣 用量	540 260-122-158		12,710	7,240 152,040	0.1	
5	青皮豆 →二期 水稻	合理施 肥量	471 234-111-129	21,181 (綠肥鮮重)	11,130	8,230 172,830	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 129 公斤(21.5%)，成本節 省 3,030 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 4,710 元。
		農民慣 用量	600 270-162-168	20,019 (綠肥鮮重)	14,160	8,150 171,150	0.1	

應用裡作輪作綠肥後作水稻實施合理化施肥

表2為裡作輪作綠肥埃及三葉草於翌年一期水稻實施合理化施肥之執行情形，操作方法仍以農民慣行量減施50%基肥為原則，隨後視水稻生育狀況於追肥再

行減施或補施。依表2執行結果，合理化施肥區較農民慣行量減施化肥9~32%，節省肥料成本1,000~3,600元，雖然部分合理化施肥區較農民慣行區之水稻產量略減，惟整體收益仍增加1,000~5,900元。

表 2、應用裡作輪作綠肥於一期水稻實施合理化施肥執行效益

號	作物	處理	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (公斤/公頃)	有機質 肥料用量 (公斤/公頃)	化學肥料 成本 (元/公頃)	產量 (公斤/公頃) 產值(元)	示範點 面積 (公頃)	效益
1	三葉草 →一期 水稻	合理施 肥量	351 223-56-72	25,652 (綠肥鮮重)	8,415	5,549 105,431	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 118 公斤(25.2%)，成本節 省 2,990 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 2,287 元。
		農民慣 用量	469 349-56-64		11,405	5,586 106,134	0.1	
2	三葉草 →一期 水稻	合理施 肥量	472 288-56-128	20,553 (綠肥鮮重)	11,160	4,953 94,107	0.3	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 146 公斤(23.6%)，成本節 省 3,300 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 5,979 元。
		農民慣 用量	618 314-106-198		14,460	4,812 91,428	0.3	
3	三葉草 →一期 水稻	合理施 肥量	233 141-37-55	12,125 (綠肥鮮重)	5,550	6,712 127,528	0.13	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 43 公斤(15.6%)，成本節 省 910 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 2,506 元。
		農民慣 用量	276 171-42-63	10,220	6,460	6,628 125,932	0.19	
4	三葉草 →一期 水稻	合理施 肥量	248 158-30-60	10,017 (綠肥鮮重)	5,900	4,813 101,073	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 25 公斤(9.2%)，成本節省 625 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 1,045 元。
		農民慣 用量	273 183-30-60	10,115	6,525	4,793 100,653	0.1	
5	三葉草 →一期 水稻	合理施 肥量	308 159-83-66	22,083 (綠肥鮮重)	7,370	6,736 154,928	0.2	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 150 公斤(32.8%)，成本 節省 3,690 元。 2.總產值粗收益每公頃增 1,114 元。
		農民慣 用量	458 297-83-78	22,125 (綠肥鮮重)	11,060	6,848 157,504	0.2	
6	三葉草 →一期 水稻	合理施 肥量	264.7 155.2-33.9-76	20,115 (綠肥鮮重)	8,745	7,200 151,200	0.1	1.合理化施肥區每公頃三要 素肥料量較農民慣用區減 少 103.5 公斤 (28%)，成本 節 2,505 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 1,455 元。
		農民慣 用量	368.2 233.2-43-92	20,020 (綠肥鮮重)	6,240	7,250 152,250	0.1	

埃及三葉草為裡作主要綠肥作物之一，於栽培上可利用二期水稻收穫作業採不整地栽培，只要水分充足，鮮草量可達20~30公噸(鄭, 2006)。依表2埃及三葉草鮮草量每公頃大都達20公噸以上，加以其植體鮮嫩肥效佳，減施化肥之效益顯著。表2序號3及序號4之化肥減施量低於20%，主要因乾旱致埃及三葉草鮮草量低，加以該地區慣於裡作栽培綠肥，一期作水稻化肥施用量不高，調減空間有限。

結 語

臺灣一及二期作休耕輪作綠肥面積約21萬公頃，加上冬季休閒期綠肥推廣面積約4萬公頃，合計臺灣全年綠肥種植面積約25萬公頃，惟農民掩施綠肥後於後作物施肥量常未相應調降，不僅無法發揮綠肥肥效且因肥料過量而影響後作物生長，因此，如何輔導農民種植綠肥作物並結合耕作制度實施有效田間管理及後續作物合宜之施肥方法，以有效調降化學肥料施用量，為推動合理化施肥政策重要議題。

參考文獻

1. 鄭梨櫻 2006 埃及三葉草 p.48-51 綠肥作物栽培與利用 中華肥料協會 臺中臺灣。
2. 鄭梨櫻 2006 綠肥植物之特性與功能 p.14-17 坡地植生草類與綠肥作物 水土保持局 臺北 臺灣。
3. 吳昭慧、連大進 2002 綠肥兼覆蓋用大豆品種育成及在農業永續性之利用 雜糧與畜產 338:9-13。
4. 蔡宜峰、許愛娜 2000 綠肥青皮豆與水稻輪作對稻米產量及土壤肥力之影響 臺中區農業改良場研究彙報 69:13-21。

茶園合理化施肥技術

蘇彥碩、劉千如、曹碧貴、胡智益、鄭混元、黃玉如、邱垂豐

行政院農業委員會茶業改良場

摘 要

茶葉，與咖啡及可可同為世界三大飲料作物，在臺灣栽培已有兩百多年歷史，主要茶區分佈於北部、桃竹苗地區、中南部地區及東部等地，是臺灣主要的經濟作物，目前栽培面積約有一萬四千餘公頃，產值約100億。由97年開始執行的合理化施肥計畫，每年於各產茶鄉鎮成立15個示範點，平均減少施肥量為慣行施肥量的20%以上，示範點每公頃增加收入平均可達8萬元以上，6年共舉辦169場講習宣導及田間觀摩會，共8,091人次參加，遍及各產茶鄉鎮。土壤及植體檢驗共1,447件，反應及成效良好，示範點茶園土壤均有改善，產量則大部分均有增加的趨勢，嘉義縣梅山鄉茶葉產銷班第十班班長陳長平先生更於102年獲得農委會主委表揚為合理化施肥績優農友。目前亦與翡翠水庫及臺肥公司共同開發低磷含量的複合肥料，初步試驗結果良好，能減少磷於土壤中累積的速度及提身茶葉品質。經過合理化施肥計畫的進行，能更了解農友的茶園狀況及施肥習慣，透過土壤及植體檢測分析，也發現了很多茶園共通的問題，例如土壤酸化、土壤磷鉀含量累積過高、施肥量超過茶樹所需及農友難以改變施用複合肥料的習慣等，有待未來研究及改進。

關鍵字：合理化施肥、茶園、低磷。

前 言

茶葉，與咖啡及可可同為世界三大飲料作物，在臺灣栽培已有兩百多年歷史，主要茶區分佈於北部、桃竹苗地區、中南部地區及東部等地，是臺灣主要的經濟

作物，目前栽培面積約有一萬四千餘公頃，產值約100億。政府為獎勵耕作，政策性的補助肥料，使茶農可以以較低的價格購買到肥料，減輕茶農生產上成本的負擔，但這樣的政策也帶來負面的效果，由於肥料價格便宜，佔生產成本的比例相對較低，對於茶園追求高品質及高產量的管理目標來說，易產生過量施用的問題，過量施用肥料在短時間內或許可以達到增產的效果，但長時間來看，肥料的過量施用會造成土壤之劣化，無論是土壤的物理、化學、生物性質均會變差，舉凡土壤變酸、鹽化、硬化、排水不良等均是不當施用肥料所造成的。尤其現在農友多半施用複合肥料，長期施用已導致土壤中磷及鉀的累積，造成養分不均衡的現象。合理化施肥技術行之有年，配合茶園土壤狀況、產量及肥培管理記錄，研擬一套合適的施肥計畫，補充不足的養分，減少過多的養分，使施肥量符合茶園生產所需及減少土壤負荷。

合理化施肥原則

所謂茶園合理化施肥，簡單來說就是：適時、適地、適質、適量、適栽。針對所栽種茶樹品種的生長週期，配合土壤及葉片的養份分析，針對缺乏或是過多的養份做補充或是減量，就像人到醫院去做健康檢查一樣，茶樹及茶園的土壤也需要依據健康檢查的結果對症下藥，給予適合適量的養分，不過度施用肥料，不造成肥料的浪費，以適當的施肥成本獲得良好的茶葉產量與品質，提高茶農收益，且適當的肥培管理，不但可以提昇作物的產量及品質，提供適合作物生長的健康環境，進而減少肥料、生長素、殺蟲劑及殺菌劑之施用，同時亦可避免土壤生產力的衰退，以及對環境所造成的衝擊。適合茶樹生長的土壤酸鹼(pH)值在4.0~5.5之間，在這酸鹼(pH)值之間土壤中所含有的微量元素有效性較高，在養份均衡的情況下，茶樹比較不會有微量元素的缺乏問題，氮、磷、鉀、鈣及鎂等較巨量元素的有效性在酸性土壤中較低，茶樹對這些元素需求量較大，而這些元素又無法由土壤中充分供給，加上茶農習慣使用單一種複合肥料，氮、磷、鉀比例固定，久施易造成土壤中某些養份過多、某些養份缺乏。茶樹生長受含量最少(缺乏)養分所

限制，即使其他營養元素充足，茶樹的生長也會受最少(缺乏)元素所影響，也就是最少養分律。當施肥補充土壤中缺乏的養分元素，茶樹產量會隨所補充的元素含量上升而漸漸上升，當土壤中該元素達到一定量時茶樹的產量便不再上升，此時再施用肥料也不會再增加產量，可能會因為養分的不均衡導致樹勢衰弱、病蟲害造成減產或因養分過多而造成土壤的劣化，這就是報酬遞減律。所以我們可以經由土壤檢測了解目前的土壤狀態，配合茶樹的生長週期以及茶園土壤性質將養份調整到茶樹該階段所需狀態，加上有機質肥料施用、茶園兼作綠肥、化肥少量多施及中耕覆土等相關管理措施，使茶樹在生長週期中所需的養份有效率被茶樹吸收利用，不浪費肥料亦可保護土壤不被過度使用或污染，使土壤可以作永續性的利用。

合理化施肥成果

茶樹乃多年生之作物，採用茶業改良場推薦之合理化施肥技術，短期內效果較不顯著，經數年結果比較才能有所定論，比較產量、品質、茶葉售價、肥料施用成本、病蟲害防治成本、總產值粗收益及合理化施肥後對茶整體肥料節省用量等結果說明如下：

1. 茶園合理化施肥之產量比較

101年度全國茶葉栽培面積合計13,486公頃，合理化施肥區之平均產量1,618公斤/公頃，較農民慣行施肥區1,577公斤/公頃增加41公斤/公頃，合理化施肥區平均售價為1,396元/公斤，而農民慣行施肥區之平均售價為1,348元/公斤，平均每公頃增加收入達132,932元。

2. 肥料施用成本及對茶樹栽培肥料節省用量

101年度全國茶葉栽培面積合計13,486公頃，以氮素、磷酐、氧化鉀計算，採用推薦施肥量，平均氮素節省1,692.4公噸、磷酐節省776.6公噸、氧化鉀節省600.6公噸，合計節省3,069.6公噸，以氮素25元/公斤、磷酐25元/公斤及氧化鉀20元/公斤

價格計算，平均每公頃節省73,741千元。依全國茶葉栽種面積計算，估計可節省123,117千元。

3.收益比較

茶園肥培管理採行合理化施肥，可減少化學肥料施用、病蟲害防治及其他多餘支出且部分試驗點茶葉產量可以增加，品質也較慣行施肥好，價格自然可以較高。依增加價格、產量及相關支出計算，平均每公頃可以增加141,566元收入。

表 1-1、新北市茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=400-120-140	800	800 公斤×1,000 元 =800,000 元	15,800	15,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=736-160-160	800	800 公斤×1,000 元 =800,000 元	25,600	15,000
合理化－慣行法	+0	+0	+9,800	+0
總產值粗收益每公頃增加 9,800 元				

表 1-2、桃園縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=177.5-120-132	1,800	1,800 公斤×1,850 元 =3,330,000 元	10,077.5	2,800
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=209-141-155	1,800	1,800 公斤×1,800 元 =3,240,000 元	11,850	2,800
合理化－慣行法	+0	+90,000	+1,772.5	+0
總產值粗收益每公頃增加 91,772 元				

表 1-3、南投縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成 本(元/公頃)	病蟲害防治成 本(元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=295.6-181-188	2,009.2	2,009 公斤×1,386 元 =2,784,751 元	15,675	15,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=470.6-264-283	1,984.4	1,984 公斤×1,420 元 =2,817,848 元	24,025	15,800
合理化－慣行法	+24.8	-33,096	+8,350	+0
總產值粗收益每公頃減少 23,946 元				

表 1-4、嘉義縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成 本(元/公頃)	病蟲害防治成 本(元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=720.7-244.7-294	2,587	2,587 公斤×983.33 元 =2,543,874 元	30,013.5	116,900.33
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=898-290-364.7	2,585	2,585 公斤×983.33 元 =2,541,908 元	36,993.4	124,063.67
合理化－慣行法	+2	+1,966.66	+6,979.9	+7,163.34
總產值粗收益每公頃增加 16,109 元				

表 1-5、臺東縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成 本(元/公頃)	病蟲害防治成 本(元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=281.5-108-73	729	729 公斤×1,500 元 =1,093,500 元	11,197.5	12,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=406-154-105	740.5	740.5 公斤×1,450 元 =1,073,725 元	16,100	12,000
合理化－慣行法	-11.5	+19,775	+4,902.5	+0
總產值粗收益每公頃增加 24,677 元				

表 1-6、花蓮縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=201-102-150	1,625	1,625 公斤×2,000 元 =3,250,000 元	10,575	3,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=288-144-216	1,686	1,686 公斤×1,900 元 =3,203,400 元	15,120	3,000
合理化－慣行法	-61	+46,600	+4,545	+0
總產值粗收益每公頃增加 51,145 元				

表 1-7、宜蘭縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=160-60-120	1,800	1,800 公斤×1,900 元 =3,420,000 元	7,900	0
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=180-90-90	1,800	1,800 公斤×1,800 元 =3,240,000 元	8,550	0
合理化－慣行法	+0	+180,000	+650	+0
總產值粗收益每公頃增加 180,650 元				

表 2-1、茶園合理化施肥整體肥料節省用量

地區	三要素肥料量 (公斤/公頃)	101 年 栽培面積 (公頃)	使用推薦量 肥料節省 (公噸)	換算三要素肥料 價格節省 (千元)
新 北 市	推薦用量	1,736	氮 素:583	氮 素:14,575
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=400-120-140		磷 酐:69	磷 酐:1,725
	慣行用量		氧化鉀:35	氧化鉀:700
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=736-160-160		合 計:687	合 計:17,000

表 2-2、茶園合理化施肥整體肥料節省用量

地區	三要素肥料量 (公斤/公頃)	101 年 栽培面積 (公頃)	使用推薦量 肥料節省 (公噸)	換算三要素肥料 價格節省 (千元)
桃園縣	推薦用量	865	氮 素:27	氮 素:675
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=177.5-120-132		磷 酐:18	磷 酐:450
	慣行用量		氧化鉀:20	氧化鉀:400
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=209-141-155		合 計:65	合 計:1,525
南投縣	推薦用量	7,547	氮 素:1,321	氮 素:33,025
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=295.6-181-341		磷 酐:626	磷 酐:15,650
	慣行用量		氧化鉀:137	氧化鉀:2,740
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=470.6-264-359		合 計:2,084	合 計:51,415
嘉義縣	推薦用量	2,262	氮 素:401	氮 素:10,025
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=720.7-244.7-294		磷 酐:102	磷 酐:2,550
	慣行用量		氧化鉀:160	氧化鉀:3,200
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=898-290-364.7		合 計:663	合 計:15,875
臺東縣	推薦用量	410	氮 素:51	氮 素:1,275
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=281.5-108-73		磷 酐:19	磷 酐:475
	慣行用量		氧化鉀:13	氧化鉀:260
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=406-154-105		合 計:83	合 計:2,010
花蓮縣	推薦用量	172	氮 素:15	氮 素:375
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=201-102-150		磷 酐:7	磷 酐:175
	慣行用量		氧化鉀:11	氧化鉀:220
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=288-144-216		合 計:33	合 計:770
宜蘭縣	推薦用量	288	氮 素:0	氮 素:0
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=180-90-90		磷 酐:0	磷 酐:0
	慣行用量		氧化鉀:0	氧化鉀:0
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=180-90-90		合 計:0	合 計:0

表 2-3、茶園合理化施肥整體肥料節省用量

地區	三要素肥料量 (公斤/公頃)	101 年 栽培面積 (公頃)	使用推薦量 肥料節省 (公噸)	換算三要素肥料 價格節省 (千元)
臺 推薦用量			氮 素:2,169	氮 素:54,225
灣 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=355.9-160.5-225		15,189	磷 酐:776	磷 酐:19,400
地 慣行用量			氧化鉀:506	氧化鉀:10,120
區 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=498.7-211.6-258			合 計:3,451	合 計:83,745

合理化施肥績優農民

陳長平先生為嘉義縣梅山鄉茶葉產銷班第十一班班長，經營茶園已三十餘年，在茶園栽培管理上相當有經驗，陳班長相當有求知精神，對於任何可以把茶園管理得更好的方法都會追根究柢，了解原理後實際應用到茶園當中，陳長平班長亦熱心參與合理化施肥的各項活動，於竹山、梅山及名間等田間觀摩會擔任講師，分享經驗及推廣合理化施肥技術。合理化施肥計畫於其臺茶12號茶園建立示範區，此茶園約0.4公頃(圖1)，示範處總栽培面積2.5公頃，採定期土壤肥力診斷，依據土壤及植體診斷結果，調整肥培管理計畫，使土壤及植體種的養分達到均衡的狀態，另施行草生栽培、冬季深耕、施用粗質地有機質肥料，成效良好，茶菁每季公頃產量達3,800~4,800公斤。101年示範點每公頃三要素肥料量較慣行區減少128-183-77 (N-P-K)公斤(10%-31%-12%)，施用量約為慣行法的80%，成本約可節省39,200元，慣行區產量4,196公斤，合理化施肥示範區產量4,436公斤，增產約5.71%。對於成茶品質，合理化施肥之示範區茶湯味道清甜，香氣揚，品質優於慣行施肥試驗區。示範點依據土壤養分分析結果訂定施肥管理計畫，示範點茶園土壤pH值較低，磷含量較高，故減少高磷肥比例的複合肥料(15-15-15)使用，改用高氮肥比例的複合肥料(20-5-10)等，同時施用苦土石灰，粗纖維的堆肥(樹皮或蔗渣)等土壤改良資材。經一年改良，土壤pH值由3.6提升至4.0，磷含量由500毫克/公斤降至300毫克/公斤，有相當好的成果。

表 3、陳長平班長茶園土壤基本性質

	pH 1:1	O.M. g kg^{-1}	Bary No.1 P mg kg^{-1}	Extratable		
				K	Ca	Mg
表 100 年	3.03	9.65	510.53	305.59	20.70	21.27
土 101 年	3.12	6.76	306.02	240.23	100.23	31.00
底 100 年	3.13	9.40	491.69	281.08	10.99	18.33
土 101 年	4.21	6.04	171.45	279.26	509.62	48.30



圖 1、陳班長合理化施肥示範茶園(梅山茶區)

低磷複合肥料的開發

合理化施肥計畫於文山分場轄區建立三個示範點，均位於翡翠水庫集水區中，翡翠水庫為臺灣第二大水庫，負責供應臺北地區的主要用水來源。在坪林地區的茶園土壤檢驗及農友施肥習慣調查中發現，慣行農法的茶園中土壤磷含量普遍超過建議值，且多半習慣施用複合肥料，亦曾建議施用單質肥料，但難為農友所接受。故為永續發展，與臺肥公司合作建立低磷配方肥料，試驗於對茶樹生育

與茶葉品質之影響，試驗於金瓜寮及文山分場中各建立一試驗茶園，金瓜寮得試驗茶園土壤磷含量不足，而文山分場試驗茶園則土壤磷含量過高，兩者磷含量截然不同用以彰顯肥料試驗結果，兩處茶園同時施用臺肥1號(20-5-10)及低磷複合肥料(20-2.5-10)。初步結果顯示，於在場內的試驗因為土壤的磷含量較高，可以顯現出低磷肥料的功用，在低磷肥料的處理中，其化學成分及無機成分與對照組相差無幾，氮含量及茶胺酸含量反倒高於對照組。在官能品評結果亦是施用低磷肥料處理的得分較高，顯示土壤中如果已存在足夠的磷，添加過量的磷進入土壤，反倒會造成磷的累積及流失，亦不能增加茶葉的品質。在坪林的試驗茶園因為土壤的磷含量較低，低磷肥料的處理中，其無機成分與對照組相差無幾，其化學成分含量咖啡因、兒茶素及總兒茶素高於對照組。在官能品評結果則是施用低磷肥料處理的得分較低，顯示土壤若磷含量不足，仍須提供足夠的磷以供其生長及提高品質。兩處理間磷肥施用量約差1倍，但土壤中及植體中的磷含量相差不多，表示茶樹及土壤對於磷的吸收是有一定的量，多餘的磷肥可能會流佈於環境中造成環境的負擔，故於磷含量較低的土壤中施用低磷肥料，雖初期會造成品質較差，但卻可以大大減少施用過多的磷，導致磷肥流失。雖時間增加，磷肥還是會逐漸累積，施用低磷肥料則可節省成本及提高品質。由春季試驗結果初步判斷，茶園施用肥料的種類需依據土壤在施肥前的各成分含量來判斷，而此方法需仰賴土壤肥力鑑定的結果決定。為瞭解低磷肥施用對茶樹生育及品質之影響，需長時間進行試驗，才能確實反應土壤因子或茶樹生理因子所造成之差異。未來若要推行低磷肥料的政策，最好先行檢測各茶園的土壤成分，依據土壤肥力鑑定報告，決定是否適合施用低磷肥料，以同時兼顧茶樹生長、製茶品質與水庫水質的條件下，達成雙贏的局面。

表 4、茶業改良場文山分場試驗茶園春茶之官能鑑定結果表

	外觀(20%)	水色(20%)	香氣(30%)	滋味(30%)	總分
對照組(1 號複合肥)	11	14	21.0	21.0	67
試驗組(低磷複合肥)	11	14	25.5	25.5	76

表 5、不同處理對茶葉化學成分之影響(文山)

	茶胺酸 (mg g ⁻¹)	咖啡因 (mg g ⁻¹)	兒茶素 (mg g ⁻¹)	總兒茶素 (mg g ⁻¹)
對照組(1 號複合肥)	9.26	15.55	23.34	95.16
試驗組(低磷複合肥)	10.76	17.01	24.75	96.44

表 6、春季試區土壤基本性質

	pH 1:1	O.M. g kg ⁻¹	Bary No.1 P mg kg ⁻¹	Extratable		
				K	Ca	Mg
對照 表土	4.14±0.2	44.7±0.2	669.6±77.7	144.4±9.0	113.3±25.3	20.9±3.8
區 底土	4.47±0.1	30.4±0.3	89.2±91.8	69.7±10.7	59.3±26.2	13.7±0.6
試驗 表土	4.23±0.1	42.3±0.6	579.1±25.8	99.1±41.3	51.4±10.8	16.8±1.0
區 底土	4.32±0.2	39.5±1.1	160.8±70.2	90.9±22.9	59.0±27.2	18.1±6.4

表 7、夏季試區土壤基本性質

	pH 1:1	O.M. g kg ⁻¹	Bary No.1 P mg kg ⁻¹	Extratable		
				K	Ca	Mg
對照 表土	4.35±0.1	99.1±0.7	920.6±135.9	221.1±22.0	465.9±150.5	41.2±15.9
區 底土	4.39±0.2	59.0±0.2	681.4±112.5	157.5±16.3	373.3±92.3	39.7±9.1
試驗 表土	4.01±0.2	91.2±1.4	776.2±178.2	269.8±47.1	504.1±200.8	32.3±13.2
區 底土	4.25±0.1	65.6±0.8	400.1±230.6	168.3±19.9	414.7±77.4	36.6±6.1

結 語

合理化施肥是爲了讓農友瞭解目前自己農地的土壤狀態，進而擬定施肥與耕作管理計畫，以達到精準施肥的目標。肥料的施用應因地制宜，盲目使用複合肥料，可能造成養分不均或過多的狀況，過多養分的施用不但容易造成拮抗作用，使茶樹吸收不良，且亦易造成環境的污染。依土壤肥力狀態，補充缺乏的養分，減少過多養分的施用，擬定耕作管理計畫，使茶樹隨著生長週期獲得所需的養分，

除能提高產量，亦減少過量的肥料施用，有效降低成本、節省資源，符合永續經營的基本精神。

由97年開始執行的合理化施肥計畫，每年於各產茶鄉鎮成立15個示範點，平均減少施肥量為慣行施肥量的20%以上，示範點每公頃增加收入平均可達8萬元以上，6年共舉辦169場講習宣導及田間觀摩會，共8,091人次參加，遍及各產茶鄉鎮。土壤及植體檢驗共1,447件，反應及成效良好，示範點茶園土壤均有改善，產量則大部分均有增加的趨勢，嘉義縣梅山鄉茶葉產銷班第十班班長陳長平先生更於102年獲得農委會主委表揚為合理化施肥績優農友。目前亦與翡翠水庫及臺肥公司共同開發低磷含量的複合肥料，初步試驗結果良好，能減少磷於土壤中累積的速度及提身茶葉品質。經過合理化施肥計畫的進行，能更了解農友的茶園狀況及施肥習慣，透過土壤及植體檢測分析，也發現了很多茶園共通的問題，例如土壤酸化、土壤磷鉀含量累積過高、施肥量超過茶樹所需及農友難以改變施用複合肥料的習慣等，有待未來研究及改進。

參考文獻

1. 石錦芹 1999 尿素和茶樹落葉對土壤酸化的作用 茶葉科學 19(1):7-12。
2. 徐楚生 1993 茶園土壤pH近年來研究的一些進展 茶葉通報 15(3):1-4。
3. 陳右人 1998 茶園低壓灌溉兼施液肥系統施肥量與次數對茶樹生長、產量與品質之影響 中國園藝 44(3):339-347。
4. 趙娜、賈力、劉洪來 2011 氮肥的環境風險及管理研究進展 草原與草坪 31(1):89-95。
5. 江建仁、王國安 2007 茶園施用氮肥肥效初步研究 茶葉通訊 34(3):11-14。
6. 林鄭和、陳立松、陳榮冰、彭艾 2009 缺磷對茶樹幼苗養分吸收的影響 茶葉科學 29(4):295-300。
7. 蘇火貴 2007 茶樹平衡施肥試驗初報 廣東茶葉 44-46。

8. 李玲、張宏岐、賈國梅 2008 茶樹生長過程中土壤磷變化動態 安徽農業科學 36(13):5542-5543。
9. 李靜、夏建國 2005 氮磷鉀與茶葉品質關係的研究綜述 中國農學通報 21(1):62-65。



香蕉園合理化施肥技術

張春梅、蔣世超、李亞璇

財團法人臺灣香蕉研究所

摘 要

香蕉植株高大，為維持生育期間正常發育、產量和品質所需的養分量，有一定的適當範圍，超過此範圍所吸收的養分當屬無效(Luxury consumption)。評估香蕉肥料的施用量應考量蕉株本身與環境可影響肥效的各種因子，在滿足蕉株生育所需的養分情況下，過度施用化學肥料，不僅耗費成本，且造成土壤與果品品質的劣化和生態環境的污染。在土層深厚、排水良好的正常土壤植蕉，其栽培管理方式遵循「香蕉良好農業規範」實施時，華蕉系香蕉品種所需的肥料量，以特4號複合肥料(11-5.5-22)計，約在1.5~2.0公斤/株/年，香蕉抽穗後可以不再施肥，土壤交換性鉀含量較低的蕉園應增施氯化鉀。山坡地和平地蕉園土壤酸度偏高時，可施用石灰、苦土石灰或蚵殼粉，以逐步改善土壤化學性，降低養分有效性的障礙，提升施肥效益，並補充蕉株不足的鈣及鎂元素。自民國八十七年起，將合理化施肥的概念和作法透過講習教育向蕉農廣為宣導，推廣執行至今前後達十五年，成效確已彰顯。十年樹木，百年樹人，香蕉合理化施肥教育仍需長期普遍推展，始能擴大輔導績效。

關鍵字：肥培管理、香蕉、鉀。

前 言

香蕉(*Musa Sapientum* Linn.)是源於東南亞熱帶氣候區的芭蕉科芭蕉屬多年生大型單子葉草本植物，目前，臺灣的主要栽培品種是華蕉系(AAA, Cavendish group)的北蕉(Pei-Chiao)及北蕉體細胞變異的耐黃葉病品種(AAA, Cavendish subgroup)寶

島蕉(Formosana)和臺蕉5號(Tai-Chiao No.5)等。數十年來，香蕉園在長期且過量施用化學肥料以後，蕉園土壤健康遭受危害，土生性病害-香蕉黃葉病嚴重導致失收與廢園，即是土壤綜合品質劣化的明顯佐證，臺灣已找不到未被香蕉黃葉病所侵襲的淨土。採行有機栽培管理的蕉園，多年來在不施用化學肥料與農藥的情況下，證實有改善蕉園土壤物理性、化學性及微生物性品質，大幅降低香蕉黃葉病罹病率，延長蕉園植蕉壽命的效果(張等, 2007)。因此，蕉農在蕉園管理上如能減少化學肥料與化學藥劑的用量，應亦可收降低香蕉黃葉病罹病率的效果。

內 容

臺灣香蕉在亞熱帶氣候的平地環境下，雨量充沛、月均溫度25-30°C、陽光充足時，均可正常成長，生質量累積迅速，從種植至採收期間約在十一至十三個月左右，一年一收的生產栽培制度使香蕉被歸類為一年生的長期作物，因此，予人以高養分需求特性的認知，在香蕉栽培的營養管理上，蕉農的心態和習慣作法多著重於及時且高量的肥料供應，惟恐因肥料供應不足影響香蕉植株的生育，造成產量和品質上的損失。事實上，香蕉植株雖然高大，一般多在2.6公尺至3.6公尺之間，惟其整體植株器官的平均水分含量卻高達百分之九十以上，水分的供應對土壤養分的吸收和植體生理的需求才是影響蕉株生長的重要因子。生長一年包含果串的香蕉，其氮、磷、鉀、鈣、鎂等五種大量元素含量，總計不足1.0公斤(Twyford, 1967; Twyford and Walmsley, 1974II, 1974III; 賴, 1985)。以氮肥施用量而言，每株一年供應100~170公克氮素已足夠維持正常生育和產量(Hernandes, et al., 1981)，多施反導致減產(Langenegger, 1982)。高劑量氮肥的效果不如低劑量且注重灌溉的效果(Holder and Gumbs, 1983)。香蕉為少數嗜鉀性的作物，植株的全鉀含量是全氮含量的3~4倍，鉀元素可改善香蕉產量及品質(朱, 1963)，氮元素則無此效果(Langenegger, 1982)；鉀肥不足將導致根系發育受阻(Charpentier and Martin-Prevel, 1965)，葉片變小及壽命減短，果指數及果把數減少，終致減產(Lahav, 1972)；重

要性較低的氮肥施用過量亦會導致較重要的鉀元素吸收量減少(Melin, 1970 ; Langenegger and Smith, 1988) , 故香蕉生育期中鉀肥的滿足是肥培管理的重點。

香蕉生產的栽培管理和其它作物相似, 包含種苗管理、土壤管理、水分管理、肥培管理、病蟲害管理、雜草管理、果房管理、及採後管理, 其中肥培管理的效益與土壤管理及水分管理的作法和效果息息相關, 故在推行香蕉園合理化施肥管理的同時, 應強調蕉園的土壤管理和水分管理, 以收相輔相成的功效。

適種蕉園土壤

一般而言, 高產量的蕉園土壤應具備以下良好特性: 1. 土層深度至少有60公分; 2. 在根系分佈範圍的土壤水分含量超過田間容水量的時間不得多於24小時; 3. 排除滲漏速率低的黏質及壓實土壤(Stover and Simmonds, 1991); 4. 地下水位離地表至少100公分。因此, 當植蕉者選擇了不符合上述土壤特性的農地種植香蕉時, 已註定失去獲得較高產量的先機, 高量的肥料施用亦無法補救產量上的損失。

蕉園土壤分析

多數農民習慣性地憑藉直覺、經驗、植體外觀、農友間口授相傳, 或肥料商推荐來決定肥料施用的種類和施用量, 能夠自始即瞭解土壤肥力, 作好施肥規劃, 或參考土壤肥料專業人員指導推薦, 進行施肥管理者幾無, 甚而無法接受專業人員建議者亦不在少數。科學而合理的作物施肥, 應以土壤肥力測定與作物營養診斷的結果為基礎, 參考作物實際生長發育情況, 作為調整與判定未來施用量的依據。因此, 蕉園土壤肥力的測定、測定結果的分析解釋、依據分析提出施肥推薦、蕉農對測定分析結果的瞭解、將施肥推薦付諸執行、依植體分析與蕉株發育作施肥修正等, 為蕉園進行合理化施肥的正確步驟與過程, 亦為蕉園肥培管理推廣教育工作的內容。蕉園土壤的肥力狀況可委託臺灣香蕉研究所, 或所在地區的農業試驗機關, 如地區改良場或試驗單位等進行分析, 施肥量則可由臺灣香蕉研究所依據土壤肥力測定結果, 代作初步規劃與推薦。

蕉園土壤肥力

選擇土壤肥力高的農地進行香蕉栽培生產是所有蕉農的期望。一般為大家所理解的蕉園土壤肥力高低，偏向於土壤化學特性的狹義範圍，指土壤所能供應香蕉植株在生育上必要養分能力的多少，此能力在種植蕉苗前即可透過土壤分析瞭解，未來可作為蕉園肥培管理的參考。廣義的蕉園土壤肥力，除了指土壤供應植物所需養分的能力外，還包括土壤可影響蕉株生育的多種物理和微生物因子，如土壤有益微生物群的活性，蕉園土壤排水、通氣，土層厚度與壓實程度，與是否遭受有毒物質污染等土壤特性，這些條件不僅關係土壤養分的有效性與作物對土壤養分的吸收效率，而且是直接影響蕉株發育成長的關鍵條件，其重要性不亞於肥料施用的時機與量的多寡，特別是蕉園排水與通氣。許多農民只重視地表排水，在蕉園整地時，僅規劃地表坡度、水流方向，來建立全園排水系統；然而，對蕉株根系功能與發育更重要的土壤內部縱向排水及土壤不透水層的存在，常被蕉農在選擇蕉園與進行蕉園管理時所忽略。

蕉農在礙於取得大型農機具的限制下，蕉園的整地處理僅以小型農耕機具犁地鬆土，所及深度甚為有限，即使以大型農耕機往復操作，其耕犁深度難以超過30公分。臺灣農地利用率向來偏高，由於連年耕作，在表土約15~20公分以下的深度通常會形成一不透水的硬磐，俗稱牛踏層，加上臺灣季節乾濕分明，表土以下易形成一密實的灰斑層，此兩種導水性不良的土壤結構，應在整地時即利用機械(挖土機更佳)將之破壞，以免成為日後影響香蕉草質根系生長與發育的障礙。土壤中不透水硬磐層除了影響土壤內部縱向排水外，蕉株根系生長空間受到限制，遇到此一不透水層就無法向下伸展；在土壤乾燥時，地下水亦無法藉由毛細現象向上移動，提供蕉株根系利用。在多雨季節，雨水蓄積在不透水層上，使表土水分飽和度增加，造成缺氧的厭氣環境，時間愈長，對根系的傷害愈深，不僅施肥效益降低，影響蕉株生長，還會因生長停滯，誤以為是營養不足現象而施用更多化肥，將使根系問題更加惡化，也容易導致香蕉黃葉病的發生。由此可見，“使用大型農機深耕整地及排除地下不透水層”在蕉園整地規劃上的重要性與必要性，期望

蕉園合理施肥，蕉株生長良好，香蕉黃葉病輕微發生，蕉園肥培管理工作應從改善土壤肥力的廣義概念著手。

蕉園土壤管理

蕉園土壤管理的目的為排除存在於土壤中不利蕉株生長的各種因子，以營造有利於蕉株生育的土壤環境。一般蕉園普遍發生且需要排除的土壤逆境為枯水期土壤水分長期不足、雨季時表土層積水、酸鹼度偏低等，土壤受有害物質污染的情況則不在此討論範圍，其中土壤水分不足可以透過擴充水源、提高灌溉頻率和增加供水量等方式解決；表土層積水若非因地下水位過高，則可利用小型挖土機以點狀或線狀深犁方式將不透水層破壞，以利多餘的自由水由耕犁位置下滲排出，同時有助於香蕉根系發展空間的擴充；以上二種障礙均為可即時處理及排除者。雨季時，有地下水位上升或排水不良之虞的平地蕉園，為避免長時間高土壤含水量影響根系健康，應作高畦或培土措施，將蕉株植於畦壟上，防止根系在水中浸漬受損。

氮、磷及鉀是所有農民重視使用的營養要素，鈣及鎂元素則被多數農民忽略。長期以來，臺灣耕地在集約栽培使用下，化學肥料大量施用與多雨氣候條件加速耕地土壤的酸化，多數土壤的酸鹼值落在5.0~6.0之間，低於5.0的土壤正快速增加，強酸性土壤pH低於5.5對植株生育與品質的影響，實不容忽視。在土壤酸度偏高的平地和大多數的山坡地蕉園，常見到植株葉片出現鈣及鎂的缺乏癥狀，這些土壤每年可全面施用石灰、苦土石灰或蚵殼粉，以提供蕉株不足的鈣及鎂元素，並逐步改善土壤酸鹼值，降低養分有效性的障礙，提升施肥效益。

蕉園水分管理

香蕉的草質根系分佈淺而廣，在栽培管理中極易因為處理不當而受傷或感病，水分的管理即為其一。香蕉的需水量大，但又忌土壤水分過高而傷害根群。因此，蕉園水分供應量的多寡與土壤水分含量的控制，在蕉株生育和健康管理上佔有重要的地位。蕉株需水量平均每月約為100公釐，幼苗期的植株尚小，供水量

可相對減少；植後3個月，隨著植株生質量迅速的增加，水分供應量與供應頻率即應適度提高。雨季時節可視狀況免去灌溉，初夏雨水尚未來臨前或冬季枯水期長達6個月，則須加強水分供應，每週至少供水兩次，以使根圈土壤保持潮濕為原則，避免過乾與過溼的土壤水分逆境危害根系的發育和正常功能。蕉園設置水分張力計來監控土壤水分時，在根系密集深度(15~30公分)的土壤水分張力達-0.2 ~ -0.3巴時，即應進行供水措施。傳統淹灌(漫灌或漫灌)的水分供應方式效率最低，管路灌溉效率較高且易掌控，省工、省時、省水，可避免傳統灌溉中肥料流失導致分佈不均或土壤過乾與過溼的水分逆境，及黃葉病病原菌隨灌溉水流散佈田間的缺點，軟管噴灌是較常用的灌溉方式；加肥滴灌(Fertigation)則是目前先進蕉園水、肥管理效率最高的組合。蕉株在蕉苗定植初期、花芽分化期及果房發育期，應特別注重適時與適量的水分供給。肥料施用前後亦應有適當水分供應的配合以提高施肥效益。

香蕉肥培管理

「不足增施，過量減施」是合理施肥管理的務實作法。適時、適量、適地、適肥、適法為合理化施肥的原則。合理的肥料施用不但可有效促進蕉株的正常生長，提升作物的產量和品質，另一些重要的功能是可減少耗能資源的浪費、緩和土壤劣化及地球暖化的趨勢。蕉園施用的化學肥料，以市售的特4號複合肥料(11-5.5-22)為主要選擇，使用簡單方便。依據不同香蕉品種的肥料試驗結果顯示(蔣等，1996；1998；1999)，在一般正常的土壤條件、未施用有機質肥料及適當的水分供應情況下，香蕉組織培養蕉苗或吸芽苗自種植至採收間以複合肥料為養分補充來源時，原則上，1.5~2.0公斤即可得到正常的產量和品質，相當於每年每株165~220公克氮(N)、82~110公克磷(P₂O₅)、及330~440公克(K₂O)的供應量，此並不考慮遭遇其它不利作物生育的氣候因子，如雨水過多、溫度偏低等逆境時所採取的權宜措施。

每年三月至五月是臺灣風味最佳香蕉的種植時機，也是生產隔年外銷臺灣香蕉的主要季節，以南部平地三月至五月種植組織培養苗的蕉園施肥為例。組織培養苗於定植一個月後及吸芽苗在新葉長出後進行第一次施肥作業，視天氣晴雨每月施用1~3次，分六個月在抽穗前後施用完畢，每次施用量分別為全量的5%、10%、20%、30%、20%及15%，即75~100公克、150~200公克、300~400公克、450~600公克、300~400公克、及225~300公克。肥料施用位置以在離假莖四周15(幼苗期)或30公分(中株期)外作環狀撒施，施肥後，若能以小型中耕機淺犁行間，以表土將肥料略作敷蓋較佳，或實行草生栽培可防止雨水流失，延長肥效。蕉株在抽穗後由於營養生長終止，可停止施肥，將部份人工集中於葉片保護及水分管理，以確保果房迅速正常發育。規劃行宿根栽培時，可於果串採收後，保留母株殘留假莖約1.0~1.5公尺的高度，作為子代養分立即有效的供給來源。宿根蕉株可酌情減施肥料，最多可減施組織培養蕉苗或吸芽苗蕉株施用量的四分之一至三分之一。非在上述時段內植蕉及山地蕉園的施肥原則因蕉株受氣溫和水源的影響，如八月植蕉，蕉株的營養生長期和花芽分化期長達8或9個月時，施肥頻率和每次施用量宜依當地氣候及植株生育狀況作適當調整。

為提高肥效，避免肥料流失，在雨量充沛的季節或輕質地、低肥力的砂質土壤蕉園進行肥培管理，應把握少量多施的原則。肥料施用的適當時機，以土壤濕潤時為宜，亦即在灌溉或雨後行之。蕉園灌溉以噴帶灌溉較傳統溝灌和淹灌有更高效率，不僅可減少肥料及表土流失，且因執行簡單，可使土壤經常保持潮濕狀態，提供蕉株根系以穩定而良好的發育環境，並提高肥效，節省水、電、人工及時間等生產成本。對於輕度感染香蕉黃葉病的蕉園，更可因土壤含水量的有效控制，降低帶病原菌土壤隨灌溉水移動的機會，延緩黃葉病在蕉園內的蔓延。

有機質肥料選擇與施用

有機質肥料除可供應作物所需的部份養分外，又可從物理、化學及微生物三方面改善土壤品質，兼具提供作物根系發育的優良環境等機能，為有機質肥料在

栽培管理上更重要的功能與特性。土壤物理性品質直接因有機質肥料的施用而改善，間接影響土壤化學性及微生物性的狀態，為三者中最重要之土壤因子。有機質肥料依其製造原料和材質的不同，有以供應作物養分為訴求者，也有以強調改善土壤條件，間接促進養分吸收為目的者。從土壤保育、地力維護的觀點而言，使用有機質肥料為一長期性的農地投資，以改善土壤條件為主要目的，養分供應則為其附帶功能。蕉株旺盛的養分吸收功能仰賴其有健全發育的根系，亦即施用的化學肥料雖能提供大量快速的營養成份，仍需依賴優良土壤物理條件的配合，來活化根系，提高吸收能力，發揮最大肥效。對長期作物的香蕉而言，為延長蕉園的植蕉壽命，施用有機質肥料的功能和理念，應以強調有機質肥料對土壤物理性及微生物性品質的改善效果為出發點。

有機質肥料的施用量均以噸計，投入金額佔農業經營成本相當大的比例，復以有機質肥料的種類繁多，品質互異，價格相當懸殊，常令農民有無所是從之感。從土壤保育與地力維護的觀點，有機質肥料的選用當以腐熟、長效、廉價、無二次公害為基本原則，配合化學肥料減量、適量的施用，即可達到增產、保育與改善品質的三重目的。有機質肥料可提供作物所需之部份養分，故在化學肥料之用量上可酌情減少，以降低無謂的成本支出。

蕉園土壤有機質含量多在1~2%之間，有機質肥料的施用量，視其成份原料的種類與土壤性質而定，一般在每年每公頃4~8公噸左右，以每公頃植蕉2,000株的密度計算，平均每株分得2~4公斤，亦有每公頃施用達20公噸或更高者，以色列蕉園每公頃的禽畜糞堆肥用量更高達100公噸。有機質肥料應於蕉苗定植至少15天前，在整地時作基肥施用，使與植畦土壤均勻混合，可充份發揮有機質肥料在營養供應與土壤改良上的功能，較為理想。

有機質肥料也可於中耕時，在蕉株一側或兩側開溝，施入後覆土作追肥使用。前作所殘留之假莖枯葉，可於開溝施肥同時，一併移入溝內掩埋，促進腐化，作為新植蕉株之養分來源。開溝宜深，俾擴大有機質肥料和土壤的接觸面積，提高有機物對土壤改良的效果，並縮短有機物質與植株根系間的距離，有促進根系對

養分吸收的作用，開溝施用有機質肥料的缺點，為可能導致蕉株根系的機械傷害，有利於黃葉病病原菌自傷口入侵，開溝宜於蕉株尚小時或遠離根系生長的範圍實施。為減少有機質肥料流失及氮素的揮發損失、促進土壤微生物與腐植質的活性，有機質肥料宜經常保持適當濕潤狀態，避免直接作表面撒施，使其裸露於地表而乾燥。有機質肥料長期施用與累積，且和土壤充份混合，始能發揮其對蕉株在生育、產量和品質上的實質功效。採收後遺留下的的母株殘莖亦是補充蕉園土壤有機質的最佳來源。

結 語

香蕉植株雖然高大，生育期長達一年左右，生長與發育的環境中，只要符合蕉園土壤深厚，內部排水良好，復有適宜的氣溫和充足的水源，無需太多肥料即可達到正常生育、產量和品質的目標。合理的蕉園肥培管理須多方面認識香蕉的基本特性和需求，考量影響肥料效果的多重因子，則達到充份發揮施肥功效，促進植株正常快速成長易如探囊取物。香蕉合理化施肥理念和實務的推廣教育有待持續加強深化，蕉農必可因降低施肥成本及施肥過量導致的經濟、環境損失而受益，則香蕉產業的復甦蓬勃指日可待。

參考文獻

1. 朱慶國 1963 肥料三要素影響香蕉生長及果產之研究 p.26 嘉農試專刊第五號 臺灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所 嘉義 臺灣。
2. 張春梅、薩支高、蔣世超、趙治平、柯定芳 2007 有機栽培制度對蕉園土壤環境及蕉果後熟品質之影響 台灣園藝 53(4)：381-394。
3. 蔣世超、張春梅、陳美珍 1996 氮肥施用量對北蕉生育、產量與品質之影響 中國園藝 42(1):68-77。
4. 蔣世超、陳美珍、張春梅、柯定芳 1998 四號複合肥料(11-5.5-22)用量對臺蕉二號生育、產量和後熟品質之影響 中國園藝 44(2):180-188。

5. 蔣世超、張春梅、陳美珍、柯定芳 1999 臺肥四號複合肥料(11-5.5-22)適用量對中矮性抗黃葉病香蕉品系TC1-229生育、產量和後熟品質之影響 中國園藝 45(3):255-262。
6. 賴宏輝 1985 香蕉栽培指導手冊 p.95 臺灣香蕉研究所 屏東 臺灣。
7. Charpentier, J. M., and P. Martin-Prevel. 1965. Major and minor nutrient deficiencies in banana. *Fruits* 20:521-557.
8. Hernandez, T., F. Robaina, and T. Garcia. 1981. Effect of different rates of nitrogen on banana (*Musa sapientum*) var. 'Giant Cavendish' (Victoria). *Soils and Fertilizers*. 4:33-43.
9. Holder, G. D., and F. A. Gumbs. 1983. Effects of nitrogen and irrigation on the growth and yield of banana. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)* 60(3):179-183.
10. Lahav, E. 1972. Effect of different amounts of potassium on growth of the banana. *Tropical Agriculture* 49(4):321-333.
11. Langenegger, W. 1982. Nitrogen nutrition of Dwarf Cavendish bananas in South Africa. The Third Meeting of the international Group on Mineral Nutrition of Bananas, CSFRI, Nelspruit, Republic of South Africa.
12. Langenegger, W., and B. L. Smith. 1988. Nitrogen requirements of banana in South Africa. *Fruits* 43:639-643.
13. Melin, Ph. 1970. The effects of heavy mineral applications on bananas. *Fruits* 25(11):763-766.
14. Stover, R. H., and N. W. Simmonds. 1991. *Bananas*. (3rd ed.) Longman Scientific and Technical. p.468 New York, USA.
15. Twyford, I. T. 1967. Banana nutrition: a review of principles and practice. *J. Sci. Food Agri.* 18:177-183.

16. Twyford, I. T., and D. Walmsley. 1974. The mineral composition of the Robust banana plant II. The concentration of mineral constituents. *Plant and Soil* 41:459-470.
17. Twyford, I.T. and D. Walmsley. 1974. The mineral composition of the Robust banana plant III. Uptake and distribution of mineral constituents. *Plant and Soil* 41:471-479.



綜合討論

綠竹合理化施肥技術 莊浚釗 副研究員

譚增偉 副研究員提問：

1.綠竹筍有關品質之最重要營養元素為何？

答：作物對養分吸收應為均衡性對品質則應為鉀元素。

2.鉀肥施用幾次？農試所研發之緩效控釋型肥料之利用與貴場合作如何？

答：依據作物施肥手冊，綠竹成林(二年以後)每櫟每年需氮素600公克、磷酐600公克及氧化鉀600公克，於施用基肥後兩個月施用一次；目前考慮變更作物施肥手冊所述之施肥時期及分配率，更改為一個月施用一次，以符合綠竹養分吸收特性。本場可與貴所合作試驗緩效控釋型肥料應用於綠竹肥料試驗。

3.請問酸性土壤以苦土石灰施用之效果如何？是綠竹筍產量還是品質？此後在合理化施肥手冊中希望能放入產量增加與品質提升的效果。

答：施用苦土石灰可提高土壤酸鹼值，使作物養份有效性提昇，因此反應在產量增加上，未來會詳細統計苦土石灰對綠竹筍產量及品質提昇之效益。

江志峰 助理研究員提問：

1.綠竹栽培既然鉀肥是關鍵，栽種在缺鉀的紅壤區是否有不適宜之處？

答：紅壤雖然交換性鉀低，但因為北部冬天多雨，雨後出筍率高，又可短距離供應臺北所需，因此在桃園栽種已成氣候，以土壤改良技術改良土壤酸鹼值，可提高土壤鉀肥利用率並補充鈣肥供綠竹筍吸收。

2.綠竹有同時三代的生長，肥培管理更是困難與謹慎。

答：本場經長期試驗，的確肥培管理須謹慎為之。

張致盛 場長提問：

過去綠竹施肥，通常搭配去老竹時，把土挖開後再加有機質肥料，而貴場施肥方法建議採用條施，是否目前農民慣行施肥法以條施為主？

答：條施為農民較粗放方便的施肥管理，大多數農民則以去老竹時挖開施肥為主。

水稻合理化施肥技術 賴文龍 副研究員

譚增偉 副研究員提問：

1.該試驗之氮肥增加零級處理，設計佳，但灌溉水對水稻生長具貢獻，請補充灌溉水分析，建議生育期一個月採兩次水，可送樣至農試所分析。

答：未來水稻氮肥試驗將分析灌溉水水質。

2.建議記錄試驗地點GPS及土壤管理組性質，日後作物施肥手冊之資訊方可充足。

答：未來將詳實記錄實驗地之GPS及土壤管理組資料。

江志峰 助理研究員提問：

水稻合理化施肥氮是關鍵元素，但鉀肥的配合也是生育階段供肥的關鍵，由水稻植株累積的趨勢，結果顯示氮的用量似乎抑制了生產潛力。

答：水稻合理化施肥則依水稻品種、栽培技術及氣候條件等三因素之配合，三要素肥料之投入以氮肥對水稻生產最有影響，反應最為敏感，所以在相同品種條件，氮肥效應最大。

芒果合理化施肥技術 林經偉 助理研究員

鄭梨櫻 副研究員提問：

臺灣平均氣溫有上升趨勢，是否影響芒果新梢成熟進入花芽分化的時期？

答：夏稍抽稍後若能於11月前成熟，經低溫刺激便可花芽分化。若新梢枝條發育未成熟，就算低溫刺激亦無法花芽分化。若遇暖冬高溫則不利刺激花芽分化，易導致部分結果枝花芽分化不良，結果率差，或發生多次開花，著果參差不齊等現象發生。因此採收後宜盡快進行整枝修剪及基肥之施用，促進其夏稍抽稍，避免因管理及施肥不當，導至秋稍及冬稍之發生，枝條成熟度不足而影響花芽分化，致隔年結果情況發生，嚴重影響產量。

蔣世超 研究員提問：

愛文芒果除了氮肥過多影響花青素累積左右其著色外，有無其他營養管理可促進著色？

答：接近果實成熟期，過量之氮肥吸收易造成果實葉綠素退化延遲、花青素累積不足而影響轉色，只要氮肥不過量施用，其他養分不缺乏情況下，則芒果均可良好轉色。(林經偉助理研究員回答)

農民用益收促進轉色，但因其只是降解葉綠素，花青素含量依然不足，因此轉色效果有限。(張致盛場長回答)

譚增偉 副研究員提問：

建議該研究可設定為長期試驗，並調查缺硼之發生率及出現情形，並提供改良技術。

答：本研究後續將調查缺硼徵候及改良。

印度棗營養診斷與合理化施肥技術 林永鴻 副研究員

莊浚釗 副研究員提問：

各農民示範戶的施肥量差異甚大，請問以何作為基準進行合理化施肥之推薦？

答：本試驗以農民施肥用量及土壤肥力分析結果進行肥料減量試驗，因農民管理方式差異大，因此以農民施用量作為減量施肥之基準。

臺東地區水稻及番荔枝合理化施肥技術 廖勁穎 助理研究員

林永鴻 副研究員提問：

很多礦物雖含有豐富的營養元素，但卻被固著於鐵鋁礦物之間，因此施用後使土壤養分測值提高，是否真的是由麥飯石而來？

答：麥飯石於酸土中會緩慢分解，根分泌有機酸也會慢慢溶解麥飯石，因此麥飯石屬長效性資材，不必每年都添加。添加麥飯石使土壤養分測值提高有部分是麥飯石本身溶解所釋放。(廖乾華場長回答)

水稻應用綠肥實施合理化施肥 鄭梨櫻 副研究員

倪禮豐 助理研究員提問：

請問埃及三葉草在北部及東北部適合生長嗎？

答：北部及東北部二期作時多雨，栽培上需注意排水，易積水地區不適合埃及三葉草生長。

陳鴻堂 助理研究員提問：

綠肥掩施時是否立即充分灌溉？掩施時若無充足水分，可能影響綠肥掩施後對水稻之肥效。

答：本研究初步估算綠肥肥效後仍建議農民施用綠肥後可減施50%的基肥，再依據後期作物生長勢作追肥量之控制。

江志峰 助理研究員提問：

綠肥的栽植可使二期作稻穀產量增加是什麼原因？是綠肥作物改良了土壤環境增加養分供應力？或是提供了氮素量？

答：因本報告不是試驗田規模因此無法精確量測兩期作間各參數之變化。在許多文獻及其它試驗調查結果，一期輪作綠肥青皮豆，可增加土壤有效性氮含量，其後續二期水稻產量較未輪作綠肥區高，因此氮素提供為增產之重要因素，土壤環境改善亦為其增產的交互因子。

茶園合理化施肥技術 蘇彥碩 助理研究員

林永鴻 副研究員提問：

1.因為茶樹是嫌鈣植物，剛剛提到有些農民施用苦土石灰，若不小心施用過量就有可能影響後期品質與產量，貴場是否有針對鈣的適當量作建議？

答：根據研究土壤鈣達400 ppm則茶樹根系受損，達800 ppm則茶樹生長不良，本場建議施用苦土石灰不使土壤鈣超過400 ppm為佳。

2.若農民施用苦土石灰過量時，是否有因應對策？以免影響後期作的生產。

答：農民施用苦土石灰過量，目前作法僅建議農民勿再施用，等待土壤鈣鎂自然降低。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

合理化施肥輔導成果研討會論文專集 / 曾宥紘等主編. -- 初版. -- 彰化縣大村鄉 : 農委會臺中農改場, 民 102. 10

面 ; 公分. -- (臺中區農業改良場特刊)
ISBN 978-986-03-8353-9(平裝)

1. 肥料 2. 文集

434.23807

102020574

書名：合理化施肥輔導成果研討會論文專集（臺中區農業改良場特刊第118號）

編者：曾宥紘、廖君達、郭雅紋、白桂芳

出版機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

地址：彰化縣51541大村鄉田洋村松槐路370號

網址：<http://tdares.coa.gov.tw/>

電話：04-8523101~7

設計印刷：財政部印刷廠

地址：臺中市大里區中興路一段288號

網址：<http://www.ppmof.gov.tw>

電話：04-24953126

出版年月：中華民國102年10月

版次：初版

定價：新臺幣250元整

展售處：行政院農業委員會臺中區農業改良場

展售書局：1.五南文化廣場臺中總店／400臺中市中山路6號 (04)22260330

2.國家書店松江門市／104臺北市松江路209號1樓 (02)25180207

GPN：1010202125

ISBN：978-986-03-8353-9

版權所有，翻拷必究

