應用於水稻精準農業體系之知識與技術
水稻產量與植體營養元素含量之相關性
153-166, 2002

12 水稻產量與植體營養元素含量之相關性

張愛華　劉禎祺　李艷琪　朱戩良
行政院農業委員會農業試驗所農業化學組
E-mail:ahchang@wufeng.tari.gov.tw

摘 要 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 154
壹、前　言 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 154
貳、試驗步驟與分析方法 －－－－－－－－－－－－－－－－ 155
參、研究試驗田之產量變異探討 －－－－－－－－－－－－－ 155
肆、水稻植體分蘗盛期營養元素含量概況 －－－－－－－－－ 156
伍、分蘗時期營養元素含量與產量變異之相關性 －－－－－ 161
陸、結語 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 163
柒、引用文獻 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 163

12 水稻產量與植體營養元素含量之相關性

張愛華 劉禎祺 李艷琪 朱戩良
行政院農業委員會農業試驗所農業化學組
E-mail:ahchang@wufeng.tari.gov.tw

摘 要

以水稻爲主要試驗作物，在行政院農業委員會農業試驗所農田進行精準農業之試驗研究，分析與評量試驗農田植體營養狀態之變異與土壤性質變異之相關性，並進一步利用地理統計軟體繪製各試驗田區之植體營養變異分佈圖。根據農場室於水稻收穫後所得之產量與植體分析資料進行協同克利金(co-kringing) 分析，以評估植體營養分對產量之最佳關係。發展及應用有效且精確的方法，藉以評量水稻營養分之空間變異，俾建立植體養分變異與作物生長變異之相關性。

關鍵詞：精準農業、植體營養、肥培管理。

壹、前 言

近年來，由於世界貿易、環境關懷與消費者喜好等外在影響因素，使得農業產業受到很大的壓力。爲了適應農業之生產及市場之改變，農業研究需要一個新的調整，精準農業是一個現代化農業發展之新方向，過去我國農業之研究幾無實際利用本科技於農業生產，需要加強此方面之研究。精準農業管理所遭遇之變異問題很多都是由土壤變異之性質所引起，然而即使在美國，現有之土壤資料之密度與指標仍無法滿足精準農業所需。現行已經數位化之資料也無法滿足精準農業之解析度與需求內容。執行精準農業成功之要因，乃是必需發展及應用有效且精確的方法去評量土壤之空間變異與產量之質、量組成因素的的相關性。以土壤資料爲基礎，依不同之自然環境與作物別，分別建立一試驗田區供爲各學門科技應用整合發展精準農業是必要之過程。

精準農業的主要工作內容，乃是繪製產量圖並將各生產限制因子找出以掌握其動態變化，再因應生產條件之不同而據以加強管理，用以解決農作物收穫之變異量(Earl *et al*., 1996)。一般精準農業包含三個重要組成元素，即資訊、技術與管理，而對農民有用之資訊包括：作物特性、土壤特性、肥力需求、雜草族群、病蟲害、作物生長反應、收穫資料以及收穫後處理資

料等等，故精準農業對於生產過程中每一階段之資訊收集與應用都相當重要(Roberson, 1997)。

土壤空間變異是一種區域性無規則之習性，爲繪製具可信度之定量作物營養變異圖，小區域之估測必需要有某種程度之可依賴度(Roberson, 1997)。如果每一樣點只採取少量之土樣去量測土壤性質，則所測得之值可能會大幅度的起伏並混淆大趨勢變化(郭等，1999)。通常這是採樣效應之影響，可以在某一區以多採一些土樣混合均勻樣品再分析消除。但是要有多少樣品混合成一代表樣品，並無規則可尋，一般是依土壤之變異程度及誤差之允許程度所決定。一般農民需要明確告知多少樣品混合成一代表樣品，利用空間統計之技巧可以解決樣品大小與分佈之困擾(Oliver *et al*., 1997)。

本計畫之研究目的爲配合「水稻精準農業（耕）體系之研究」之群體計畫試驗區，發展有效且精確的方法，進行相關之水稻植體分析資料，建立水稻生長與肥培管理相關性之研究。本階段之試驗研究，分別在水稻分蘗盛期與收穫期等不同時期採取水稻植體，藉以分析水稻之營養狀態，並以地理統計分析與地理資訊系統，製作植體營養狀態分佈圖，評量水稻營養分之時間與空間變異，供爲變量施肥之依據與施肥管理等相關性研究之基礎，期能建立精準農業肥培及養分管理之參考依據。

貳、試驗步驟與分析方法

一、田間調查與管理方式

本研究以水稻爲主要之試驗作物，預計本年度可栽種兩期作。選擇農業試驗所約十公頃面積之水稻田，於分蘗盛期、幼穗形成期以及水稻收穫時，採取水稻植體供分析之用，植體及土壤物理性採樣樣區大小爲625 m^2(25m×25m)。田間施肥量則以施肥手冊推薦量施用。

二、植體分析項目與方法

主要之水稻植體分析項目，包括：全氮含量、磷、鉀、鈣、鎂以及其他微量元素之含量。

三、精準農業之植體分析及分佈變異圖製作

水稻生長各階段所進行之植體採樣後，所得之植體分析資料與農場提供之產量資料，可供進行協同克利金(co-kringing)分析，以尋找植體營養狀態及土壤性質對產量之最佳關係。並進一步利用地理資訊系統繪製產量及水稻植體養分狀態之空間分佈與變異圖。

參、研究試驗田之產量變異探討

爲瞭解試驗田區之水稻產量變異狀況，利用農試所農場經營之八十八年二期無處理水稻田區第78、84、85、86號等四塊田區，調查水稻產量並製作稻穀產量分佈圖，如圖1所示，每筆稻穀產量資料之調查面積爲1.2公尺(收割機之割面寬) × 20公尺至25公尺，總計共690筆資料。八十九年一期及二期仍持續進行無處理試驗，並繼續調查水稻產量，部份水稻試區之稻穀產量調查資料，如表1所示；而八十九年一期稻穀產量分佈圖，則如圖2所

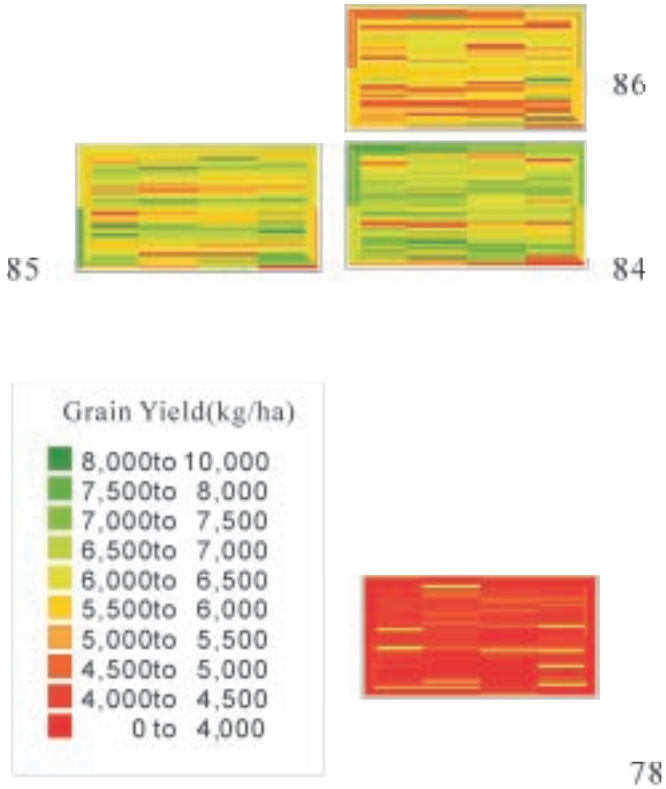


圖1. 部份供試田區八十八年二期稻作產量分佈圖。

Fig 1. The grain yield map of field no. 78, 84, 85 and 86 of the 2nd crop of 1999.

表1. 部份供試田區八十九年一期及二期稻穀產量調查。

Table 1. Grain yields of experimental plots harvested from of the 1st and 2nd crop of 2000.

(a) 1st crop of 2000 Unit：kg/ha

Field No.	43	78	86	85	84	81
Avg.	7198	7768	8347	7851	7961	8164
Max.	9984	10528	10790	11425	10758	10363
Min.	5091	5222	5289	5852	4967	5939

(b) 2nd crop of 2000 Unit：kg/ha

Field No.	43	78	86	85	84	81
Avg.	6440	6337	7372	6613	7152	6327
Max.	7327	8482	8377	7475	8059	7536
Min.	5851	4217	6086	5797	5647	4876

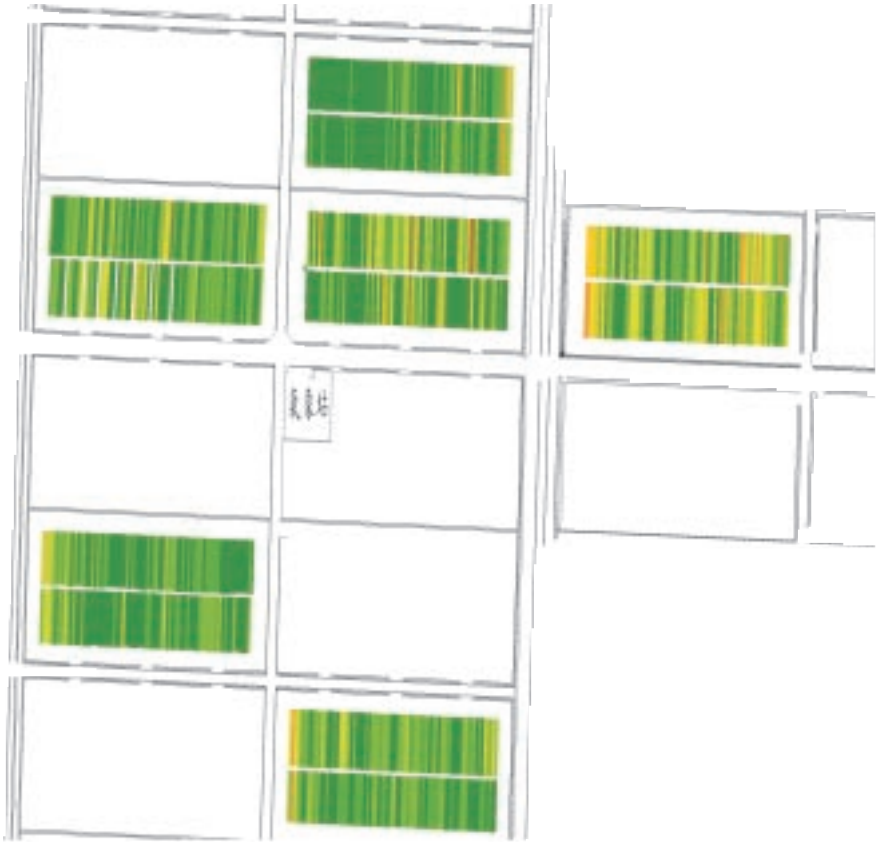


圖2. 部份供試田區八十九年一期稻作產量分佈圖。

Fig. 2.The grain yield map of field no. 43, 78, 81, 85 and 86 of the 1st crop of 2000.

示，且自八十九年起擴大稻穀產量調查面積爲第43、78、81、84、85、86號等六塊田區，並爲改進第一次調查區面積不一以及利於機械收割之方便性，以減少造成繪圖困擾之缺失，故將每筆資料之調查面積統一爲1.2公尺×20公尺，總計共840筆調查面積資料。其中，樣區如因採樣或坪割的缺株，皆依損失株數，按樣區平均株產量補齊。雖然是以人工方法配合克難之收割機調查稻穀產量，但所得資料足供本計畫研究田區產量變異之參考。

根據農場經營小組提供之資料顯示，八十九年一期稻作全部試區之總產量約爲67,822公斤，平均產量約爲6,262公斤/公頃，其中，以42號田區之7,088公斤/公頃爲最高；而以39號田區之4,471公斤/公頃爲最低。如以小區產量而言，則最高產量爲77號田B1之8,142公斤/公頃；最低產量則爲39號田D1之3,431公斤/公頃。八十九年二期稻作全部試區之總產量約爲59,515公斤，平均產量約爲5,495公斤/公頃，本期稻作以84號田區之6,421公斤/公頃爲最高；而以75號田區之4,424公斤/公頃爲最低。如以小區產量加以比較，則最高產量爲84號田A2之7,005公斤/公頃；最低產量則爲75號田B2之3,537公斤/公頃。另外，由研究探討中可發現，在二十塊精準農耕田區中，一期稻作表土之平均全氮含量約

在0.08～0.14%之間；底土之平均全氮含量則約在0.08～0.11%左右(未示出)。其中，以39號田表、底土之全氮含量最高，平均爲0.13～0.14%左右，而39號田之稻株葉片氮含量，亦是所有田區中最高者，但其稻穀產量卻是最低者，此一情形可能係由於氮肥施用不當及生產日數不足所致。

由空白試驗調查瞭解，田區內之稻穀產量有相當大之變異，即表示田區中有許多生產限制因子頗能影響稻穀產量，須待加強田區管理技術，方可降低田區內之收穫物變異量。一般主要爲土壤基本性質、養分供應以及病蟲害管理等因素，係稻穀產量變化之主要原因。如前言中所述，精準農業之主要工作乃是繪製產量圖並將各生產限制因子找出來以掌握其動態變化，以便因應生產條件之不同而加強管理，進而解決農作物收穫之變異量(Earl *et al*., 1996)。試驗田區產量變異之原因，可歸納下列幾個因素：氣象因子、土壤水分變化、土壤物理與化學基本性質、地形因素、作物病蟲害與雜草、作物品種或栽培密度與整齊度、施肥管理、田間經營管理歷史及田區操作管理技術與失誤等(Macbratney, 1997)。本研究試驗田區內稻穀產量之變異，推測主要乃由於下列因素所造成，包括各田區之土壤性質變異、前期田區土地利用不同(如圖3所示) 所造成之土壤殘留養分不一、人工施肥不均勻以

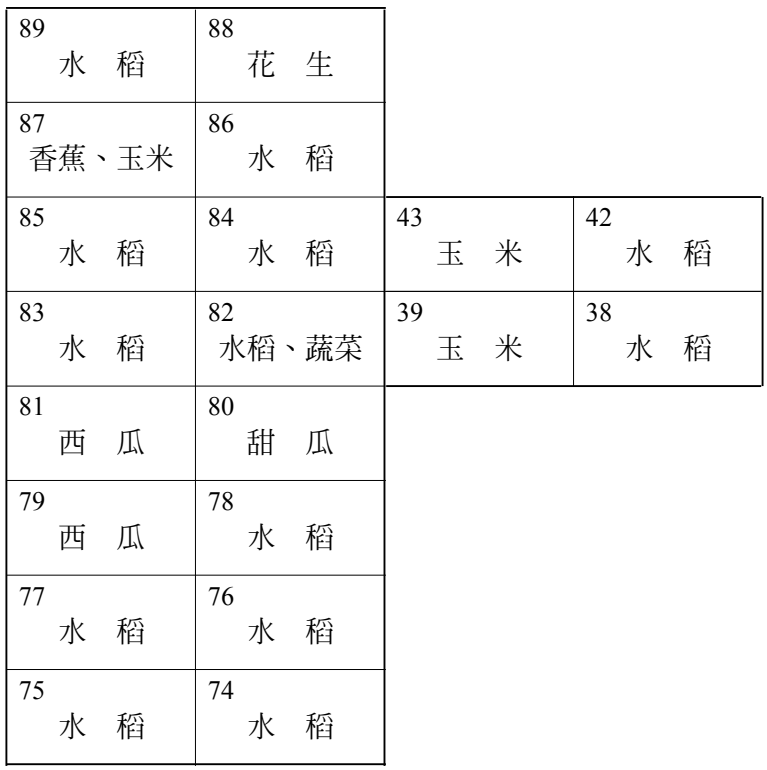


圖3. 八十九年一期作水稻精準試驗田區前期作物種類分佈圖。

Fig 3. Crops cultivated in the field of precision farming experiments prior to the 1st rice cropping season of 2000.

及其它之農田管理因素，例如插秧行距變化、整地不平坦、病蟲害或鼠害等。

肆、水稻植體分蘖盛期營養元素含量概況

水稻植體內之營養元素含量，多隨作物生長期、作物品種、氣候以及施肥量等因素之不同，而有相當大之差別，且其最適當含量又不易定出，故在此僅以各試驗田區分蘖盛期內之營養元素含量作一比較及探討。

一、八十九年一期稻作

八十九年一期稻作分蘖盛期稻株之營養元素含量概況如表2顯示，各營養元素含量範圍分別爲：氮1.55~3.65%；磷0.32~0.43%；鉀2.09~3.09%；鈣0.21~0.28%；鎂0.17~0.23%；鐵71~320ppm；錳338~1219ppm；銅3.93~7.40ppm；鋅31.7~42.1ppm；硼3.12~4.07ppm。其中，39號田稻株之氮、磷、鉀、鐵含量均高於其他田區之稻株，此可能主要因爲39號田區在一期稻作比其他田區栽種時間晚，導致分蘖盛期採樣時期較其他田區提早，造成稻株之營養要素含量遠高於其他田區。而所有田區稻株營養要素含量之平均值，與Tanaka and Yoshida(1970)提出之水稻植株營養要素含量進行比較(亦如表2所示)，發現所有田區之磷、鉀、鈣、鎂、鋅之平均營養要素含量均高於Tanaka and Yoshida(1970)所提出的磷、鉀、鈣、鎂、鋅的診斷標準；而所有田區氮含量之平均值竟比Tanaka and Yoshida(1970)所提出之氮含量診斷標準低約0.6％。探究其原因可能係因爲 (1)採樣時間不同，則水稻因生長時期不同，稻株吸收要素含量及種類亦不同；(2)若採樣時期一樣，但因施肥量或肥料種類不同，則水稻植株吸收量亦不相同。

二、八十九年二期稻作

水稻植體分蘖盛期營養元素含量八十九年二期稻作，採取六個田區進行分析探討，如表3所示，由表中顯示分蘖盛期稻株之營養元素含量範圍分別爲：氮2.58~3.01%；磷0.32~0.34%；鉀2.73~3.39%；鈣0.22~0.27%；鎂0.18~0.21%；鐵224~335ppm；錳318~393ppm；銅3.40~5.0ppm；鋅33.1~39.7ppm；以及硼4.79~5.32ppm。六個田區稻株營養要素含量之平均值與Tanaka and Yoshida(1970)提出之水稻稻株營養要素含量比較(如表3所示)，發現所有田區之磷、鉀、鈣、鎂、鋅之平均要素含量，均高於Tanaka and Yoshida(1970)所提出的磷、鉀、鈣、鎂、鋅之診斷標準；而六個田區氮含量之平均值，亦比Tanaka and Yoshida(1970)所提出之氮含量診斷標準低約0.3％。其原因可能與上述八十九年一期作所提出之原因相近。

綜觀八十九年一、二期稻作分蘖盛期水稻植株之平均營養要素含量，發現一期作之氮、鉀、鐵含量遠低於二期作；磷、錳含量則遠高於二期作；而鈣、鎂及銅、鋅、硼等含量則差異不大。此一現象可能由於一期稻作之氣候條件爲：溫度高，蒸散作用快，水稻生育速度快；而二期稻作之氣候條件爲：溫度較低，蒸散作用慢，水稻生育速度較緩慢，故造成一、二期水稻稻株之營養要素吸收量不同所致。

表2. 八十九年一期稻作分蘗盛期稻株之營養元素含量。

Table 2. The nutrition contents of rice plants measured at the maximum tillering stage of the 1st crop of 2000.

Field No.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Yield
	----------%----------					----------ppm----------					ton/ha
38	1.88	0.32	2.14	0.25	0.17	87	721	6.73	33.8	3.32	5.72
39*	3.65	0.43	3.09	0.22	0.19	320	338	7.40	32.6	3.65	4.47
42	2.11	0.32	2.09	0.25	0.18	91	679	5.58	32.6	3.32	7.09
43	2.32	0.39	2.65	0.27	0.21	99	864	7.33	34.0	3.54	5.94
74	1.82	0.36	2.37	0.24	0.17	101	756	6.66	35.0	3.45	6.59
75	2.03	0.38	2.32	0.28	0.18	117	667	5.43	36.9	3.54	5.87
76	1.74	0.38	2.64	0.23	0.17	101	708	4.39	31.7	3.44	6.25
77	1.74	0.36	2.30	0.23	0.17	87	705	5.32	33.0	4.07	6.74
78	1.79	0.37	2.39	0.23	0.18	82	941	6.83	35.4	3.67	6.66
79	1.82	0.39	2.39	0.25	0.21	71	620	6.71	37.0	3.54	5.97
80	1.59	0.34	2.19	0.21	0.17	75	564	5.64	34.8	3.36	6.14
81	1.66	0.38	2.40	0.23	0.18	76	736	5.47	35.0	3.47	6.56
82	2.20	0.41	2.71	0.23	0.17	123	662	6.68	34.9	3.67	6.31
83	1.61	0.39	2.38	0.25	0.19	81	612	5.50	34.7	3.54	6.55
84	1.67	0.37	2.19	0.26	0.17	77	580	4.39	33.0	3.56	6.76
85	1.65	0.39	2.28	0.25	0.18	82	1140	5.93	38.3	3.88	6.43
86	1.66	0.37	2.18	0.26	0.17	75	725	3.93	32.9	3.36	6.73
87	2.03	0.43	2.93	0.26	0.23	97	644	6.81	41.0	3.46	5.68
88	1.55	0.36	2.26	0.26	0.18	80	617	4.67	35.4	3.12	6.25
89	1.64	0.38	2.42	0.27	0.20	79	1219	6.01	42.1	3.65	6.37
Mean	1.91	0.38	2.42	0.25	0.18	100	725	5.87	35.2	3.53	6.25
** Critical	2.50	0.20	1.8-2.3	0.20	0.15	70-300	20-2500	6-30	27	3.4-10	

* The transplanting time was delayed, about 2 weeks for the experimental plot No. 39.

** Tanaka and Yoshida, 1970.

伍、分蘖盛期營養元素含量與產量變異之相關性

一、八十九年一期稻作

八十九年一期稻作除39號田 (插秧時間晚，而採收時間又與其他田區相同，導致稻穀產量最低) 外，其餘各田區之稻穀產量以42號田最高，爲7.09 噸/公頃；其次爲74號、77號、78號、81號、83號、84號以及86號田，稻穀產量均在6.5噸/公頃以上；而87號、38號、75號、79號以及43號田，稻穀產量較低，均在6.0噸/公頃以下；其餘田區之稻穀產量均在6.0~6.5噸/公頃之間，亦如表2所示。

八十九年一期稻作分蘖盛期營養元素含量與產量變異之相關性，如表4所示，由表四可發現稻穀產量與氮、磷、鉀、鎂、鐵、錳以及銅等營養元素呈負相關，且達 p＜0.01之顯著水準，與鈣、鋅、硼等營養元素則無明顯相關。其中，產量與氮、鉀及鐵之相關係數較高，分別爲 -0.47**、-0.40**及 -0.51**，此一現象說明了分蘖盛期水稻植株中之氮、鉀及鐵的含量增加越多，則稻穀產量可能會降低越多，顯示此時施肥量已達水稻所需的養分量，且有過量之嫌。但仍需與土壤環境及氣候因素作比較，方可確定其相關性之準確度。

此外，由各營養元素彼此間之相關性顯示，氮之吸收量與鉀、鐵及銅呈顯著之正相關，即水稻植體之氮吸收量增加時，對於鉀、鐵及銅之吸收量亦隨之增加；磷之吸收與鉀、鎂及矽亦呈較顯著之正相關；鉀與鎂、鐵及銅之吸收情形有關；而鎂則與銅及鋅之吸收量有關。由各元素彼此間吸收量之關係，說明了某些元素之吸收，彼此間應有協同作用(如氮、鉀、鐵)，而有些元素則會有擷抗作用(如鐵與錳)。

表3. 八十九年二期稻作部份供試田區分蘖盛期稻株之營養元素含量。

Table 3. The nutrition contents of rice plants measured at the maximum tillering stage of the2nd crop of 2000.

Field No.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Yield
	----------%----------					----------ppm----------					ton/ha
43	3.01	0.33	2.73	0.27	0.19	335	366	3.40	38.6	4.90	5.93
78	2.87	0.32	2.77	0.27	0.21	290	320	4.23	34.5	5.39	5.48
81	2.84	0.32	2.99	0.27	0.20	315	393	4.13	39.7	5.18	5.74
84	2.70	0.32	3.13	0.25	0.19	281	318	4.20	33.8	4.82	6.42
85	2.58	0.32	3.26	0.24	0.19	224	386	5.00	33.1	4.79	6.34
86	2.75	0.34	3.39	0.22	0.18	245	369	4.23	36.9	5.02	6.40
Mean	2.79	0.32	3.05	0.26	0.19	282	359	4.2	36.1	5.02	6.05
* Critical Conc.	2.50	0.20	1.8-2.3	0.20	0.15	70-300	20-2500	6-30	27	3.4-10	

* Tanaka and Yoshida, 1970.

二、八十九年二期稻作

八十九年二期稻作之稻穀產量與分蘗盛期水稻植株之氮、鈣、鎂、鈉以及硼等營養元素呈負相關，且達 $p<0.01$之顯著水準；另外，稻穀產量與稻株鉀含量成正相關，且達 $p<0.01$之顯著水準；而稻穀產量與磷、鐵、錳、銅、鋅則無明顯相關，且均未達顯著水準，均如表5所示。上述結果顯示二期稻作之氮、鈣及鎂肥均已施用足量，甚至已過量，而鉀肥則仍有施用之空間。

此外，由八十九年二期作稻株各營養元素彼此間之相關性顯示，氮之吸收量與磷、鎂、鋅呈明顯正相關，與鉀則呈負相關，亦即二期水稻植體之氮吸收量增加時，對於磷、鎂及鋅之吸收量亦隨之增加，而鉀之吸收則降低。各營養元素彼此間之相關性則顯示，鉀與鈣、鈉呈明顯負相關，顯示鉀吸收越多時，鈣與鈉之吸收則越低；另外，鈣則與鎂、鈉呈明顯正相關。

因此，由上述及表4可知，影響八十九年一期稻作產量最大的營養元素爲氮、鉀、鐵；而由上述及表5可知，影響八十九年二期稻作產量最大的營養元素則爲氮、鉀、鎂、硼以及鈉等。在產量方面，八十九年二期稻作之產量遠較一期稻作爲低，最大原因可能爲氣候條件(氣溫較低)之不同，致使植株生育速度變慢，對營養元素之吸收亦變慢，使得光合作用效率降低，而光合成產物減少，導致八十九年二期稻作產量明顯低於一期稻作。

表4. 八十九年一期稻作分蘗盛期營養元素含量與稻穀產量之相關性。

Table 4. The correlation coefficient matrix of nutrition contents and rice yields at the maximum tillering stage of the 1st crop of 2000.

	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na	Yield
N	0.38	0.64	-0.04	0.33	0.87	-0.32	0.51	-0.06	0.27	0.41	-0.47**
P		0.69	0.17	0.62	0.38	0.09	0.35	0.54	0.35	-0.08	-0.24**
K			-0.06	0.55	0.61	-0.09	0.51	0.27	0.25	0.04	-0.40**
Ca				0.47	-0.11	0.19	-0.03	0.24	0.04	0.46	0.10
Mg					0.14	0.19	0.53	0.63	0.29	0.20	-0.22**
Fe						-0.40	0.34	-0.08	0.16	0.34	-0.51**
Mn							0.16	0.44	0.24	-0.13	0.26**
Cu								0.37	0.27	0.06	-0.29**
Zn									0.21	-0.06	-0.04
B										-0.13	-0.02
Na											-0.23**

* Significant at 5 % level ; ** Significant at 1 % level .

陸、結 語

由八十九年一期稻穀產量分佈圖，調查發現正常水稻田區之稻穀總產量約爲67,822公斤，平均產量約爲6,262公斤/公頃；八十九年二期稻作全部試區之總產量約爲59,515公斤，平均產量約爲5,495公斤/公頃，一般而言，正常田區同一塊田之產量變異率約在12%左右。造成八十九年二期稻作之產量遠較一期稻作爲低之主要原因，應爲氣候條件之不同，致使植株生育速度變慢，對營養元素之吸收亦變慢，使得光合作用效率降低，進而造成光合成產物減少所致。各元素彼此間吸收量之相關性，說明某些元素之吸收，彼此間有協同作用存在，而有些元素則會有擷抗作用之現象。土壤性質變異、前期田區土地利用之差異、人工施肥不均勻、插秧行距變化、整地不平坦、病蟲害及鼠害等均會造成產量之變異。故評量試驗田區植物營養狀態之時間與空間變異，以及評估產量之質、量組成因素的相關性，均可供爲變量施肥器施用養分資材之依據，以及產量與施肥管理相關性之基礎，俾以作爲探討精準農業作物營養變異與土壤性質變異之參考。

柒、引用文獻

1. 郭鴻裕、朱戩良、江志峰、劉滄琴、劉禎祺。1999。臺灣地區農田土壤品質監測網之建立與應用。年度報告(未發表)。
2. Earl, D. C. R., P. N. White, B. S.

表5. 八十九年二稻作分蘖盛期營養元素含量與稻穀產量之相關性。

Table 5. The correlation coefficient matrix of nutrition contents and rice yields at the maximum tillering stage of the 2nd crop of 2000.

	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na	Yield
N	0.62	-0.35	0.39	0.58	0.37	-0.02	-0.23	0.52	0.31	0.40	-0.51**
P		0.42	-0.28	0.32	-0.03	0.05	0.24	0.27	0.09	-0.25	-0.16
K			-0.77	-0.38	-0.45	0.14	0.46	-0.17	-0.24	-0.89	0.49**
Ca				0.66	0.46	0.01	-0.27	0.29	0.36	0.74	-0.37**
Mg					0.14	0.07	0.17	0.23	0.58	0.53	-0.53**
Fe						0.18	-0.36	0.35	0.18	0.47	-0.27
Mn							0.22	0.32	0.12	-0.20	0.08
Cu								-0.35	-0.05	-0.38	0.05
Zn									0.38	0.19	-0.25
B										0.38	-0.48**
Na											-0.57**

* Significant at 5 % level；** Significant at 1 % level.

Blackmore and R. J. Godwin. 1996. Precision Farming-The Management of Variability. Landwards 51(4): 18-23.

3. Macbratney, A. B. and M. J. Pringle. 1997. Spatial variability in soil-implications for precision agriculture. Keynote papers. In 1st European conference on precision agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London, UK.
4. Oliver, M. A., Z. Frogbrook, R. Webster, and C. J. Dawson. 1997. A rational strategy for determining the number of cores for bulked sampling of soil. Soil factor section. In:1st European conference on precision agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London. UK.
5. Roberson, G. T. 1997. Precision agriculture: A comprehensive Approach. p2. North Carolina University.
6. Tanaka A. and S. Yoshida.1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. IRRI. Technical Bulletin 10.

12 The Relationships between Rice Yield Variability with crop Nutrients on Precision Agriculture

Ay-Hwa Chang, Jen-Chyi Liu, Yahn-Chir Lee and Chien-Liang Chu
Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute,
Wufeng, Taichung Hsien 413, Taiwan ROC
E-mail:ahchang@wufeng.tari.gov.tw

ABSTRACT

Paddy rice is the main crop for the study. The experiment field of precision agriculture is located at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm. We have analyzed and evaluated the rice nutrient spatial distribution and the soil variation of the experiment farm. Geo-statistic software and GIS were applied to map detailed plant nutrient distribution map of experiment fields. The rice yields and plant nutrition data were analyzed by co-kringing method to find the best relationship of rice nutrient and crop yields. For precision agriculture, efficient and accurate methods for assessing the spatial variability of rice nutrient, and relating it to yield quantity and quality component, must be developed and utilized in order to build the relationships between plant nutrient and growth variability.

Key words: Precision agriculture, Plant nutrition, Fertility management.