# 11 應用土壤資料庫於水稻精準農耕土壤肥力分佈之探討

郭鴻裕　劉禎祺　譚增偉　朱戩良　劉滄棪　葉明智
行政院農業委員會農業試驗所農業化學組
E-mail:hyguo@wufeng.tari.gov.tw

摘 要 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 140
壹、前　言 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 140
貳、研究方法與步驟 －－－－－－－－－－－－－－－－－－ 141
參、試驗田區之產量變異 －－－－－－－－－－－－－－－－ 141
肆、試驗區之土壤性質、土壤變異與土壤肥力分佈 －－－ 142
伍、土壤氮素分佈與產量變異之關係 －－－－－－－－－－ 145
陸、土壤採樣技術 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 145
柒、結語 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 148
捌、引用文獻 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 148

# 11 應用土壤資料庫於水稻精準農耕土壤肥力分佈之探討

郭鴻裕 劉禎祺 譚增偉 朱戩良 劉滄棪 葉明智
行政院農業委員會農業試驗所農業化學組
E-mail:hyguo@wufeng.tari.gov.tw

## 摘 要

在行政院農業委員會農業試驗所農田進行精準農業之先驅試驗，以水稻爲試驗作物，調查與評量試驗農田土壤肥力之變異與產量之相關性，利用地理統計軟體建立各試驗田區之土壤肥力分佈圖。水稻收穫後所得之產量與土壤分析、植體分析資料進行分析，以尋找土壤性質或植體性質對產量之最佳關係。整個計畫在土壤資料庫與決策系統應已有密切之結合，只要變量施肥機可以運作，精準農業之初步主體工程已大體就完成，並應可實際應用於農田肥培管理。本計畫水稻施肥之大體發展由土壤性質、土壤殘留肥力到推估調整施肥仍有極大之空間發展，應當在九十一年度前即完成最佳化施肥資訊。

**關鍵詞**：精準農業、土壤資料庫、施肥資訊、土壤空間變異。

## 壹、前 言

近年來社會急速變遷，農業勞力嚴重不足、老化，經營成本大增，農民收入低，專業農民變少，兼業農民增加，農耕技術粗糙，農業投資意願低落；另一方面社會對於自然環境品質之要求增高，傳統之農業生產管理經常遭受非議，農業生產遭受前所未有之影響，故必需尋求新的農業生產技術解決面臨之困境。而精準農業將是二十一世紀之農業生產技術發展主流，它主要具有五個主要目標：1.增加產能效率；2.改進生產品質；3.更有效之使用農用化學物；4.節約能源；5.土壤及地下水保護(Roberson, 1997)。因此，精準農業是解決當前農業生產困境方法之一。

在空間或時間上，土壤之各類性質變化，對於精準農業都相當的重要。就旱作而言，土壤水分係扮演一相當重要之角色，水稻則以土壤養分爲主要影響因素。然現有之土壤調查報告無法直接提供精準農業所需之土壤資訊，因爲兩者之用途不盡相同，且土壤調查資料是以繪圖單位(區域)表示，而不具有地理參考座標(Bouma,

1997)。然而，即使在美國，現有土壤資料之密度與指標亦無法滿足精準農業所需(Board on Agriculture National Research Council, 1997)。

台灣在多變的氣候環境、地形地貌特性與集約且複雜之耕作制度下，土壤在田間的各項性質也會隨時間而產生種種變化及變異，尤其與肥力有關的性質每每隨耕作期之改變而有大幅度的變動。因此，建立土壤性質及土壤肥力受耕作制度、氣候與地理特性的影響隨時間變化的關係，將有助於預測整體土壤品質變化的趨勢，更可用於防範土壤品質惡化及估計農業生產成本效益。配合全省網格式調查、土壤品質監測網及長期監測點等計畫工作所得之相關資料，再利用多變量統計分析、地理統計分析、時間序列統計分析及主成份分析等多項技術，即可得到各項土壤性質的空間變異特性，時間變動特性、土壤性質間的相關特性與土壤肥力之主要控制因子等。

本研究之目的係配合「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，探討農田土壤肥力之空間變異，特別是土壤變異特性與變異大小、採樣方法及推測。並建立細密之基本土壤資訊，供爲變量施肥器施用養分資材之依據，所得資料可以提供發展精準農業上土壤資訊之建立與養分管理之應用。

## 貳、研究方法與步驟

### 一、田間調查方法

以水田爲主要試驗作物，選擇霧峰農業試驗所面積約十公頃(共計20塊田區)之水田，在水稻栽種前先分別以網格採取土樣並以DGPS法定位採樣地點，以取得代表各試驗田區之基本肥力性狀分佈資料。土壤樣品採樣密度以156.25m$^2$(12.5m×12.5m)爲一網格，採樣深度爲15公分，採多土樣混合方法，另逢機採樣以分析小於12.5公尺距離之土壤變異性。

### 二、土壤分析項目與方法

主要土壤肥力測定項目包括：土壤pH、土壤有機質、有效性氮、 0.1 N 鹽酸抽出銅、鋅、錳、鐵、孟立克氏3號抽出磷、鉀、鈣、鎂、鈉、硼、銅、鐵、錳、鋅以及醋酸鈉抽出之有效性矽等。

### 三、精準農業田區之土壤資訊庫建立與精密肥力分佈圖製作

利用地理統計軟體SURFER進行土壤之變異性分析，並以地理資訊軟體ARC/INFO建立各試驗田區之土壤肥力分佈圖。

## 參、試驗田區之產量變異

由試驗資料之初步結果顯示，試驗田樣區之稻穀產量變異很大。八十九年一期作調查第43、78、81、84、85、86號等六塊田區之產量變異，根據農場經營小組提供之資料瞭解，各田區之平均產量由5,941公斤/公頃 (43號田倒伏) 至6,760公斤/公頃 (84號田)，而以同一田區之8點坪割產量值比較，最大與最小值之平均亦約有1,080公斤/公頃左右之變化。同樣六塊田區之產量調查，在以24平方公尺爲一樣區調查資料顯示，因爲樣點多達140點以

上，而且調查面積佔全田區之67.2%以上，故更能瞭解田區之產量變異。由資料顯示出正常田區稻穀產量換算單位面積產量最大值爲11,425公斤/公頃，最小值爲4,967公斤/公頃，而在同一田區之最大及最小值則約有兩倍左右之變化，如表1所示，正常的田區同一塊田之產量變異率約在12%左右。在本研究試驗調查所得到各田區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影響稻穀生產，待加強田區管理技術，降低田區內之收穫物變異量。

## 肆、試驗區之土壤性質、土壤變異與土壤肥力分佈

於八十九年一期水稻種植前、分蘗盛期及收穫後，進行三次土壤採樣，共計3,890個土壤樣本，進行土壤酸鹼度、陽離子交換能量、有機質與孟立克三號抽出之有效性養分等土壤化學性質分析，如表2所示；另進行部份田區土壤滲漏速率及土壤總體密度之土壤調查。並以完成之分析數據繪製試驗田區之基本土壤性質圖，現已完成之各類主題圖包括：土壤深淺分佈圖，如圖1(a)所示，土壤保肥能力圖、土壤反應圖、土壤有機質分佈圖、土壤有效磷分佈圖、土壤有效鉀分佈圖，如圖1(b)所示，土壤交換性鈣分佈圖、土壤有效性鎂分佈圖、0.1M鹽酸抽出性鋅分佈圖以及0.1M鹽酸抽出性銅分佈圖等，以供後續施肥管理資訊系統測試上之應用。

由土壤分析資料顯示，部份試驗田區有缺氮、缺鉀及缺硼之可能性，需要補充與調整，而施用肥料措施也能補救稻作初期缺乏。但如單純由表2之分析資料並無法瞭解整個田區何處應減少施用與調節施用量，因此，必需將資料圖形化處理後，提供作爲變量施肥機之應用。後續研究會將這些土壤缺乏之營養元素的地方，應用估算模式與變量施肥機將缺乏量補齊，而過量之營養元素則可以減少施用量或完全不施用，以達到精準農業之目標。

表1. 八十九年一期稻作部分試驗田區稻穀產量調查。

Table 1. The grain yields of the plots measured from the 1st crop of 2000. (Unit：kg/ha)

| Field No. | 43 | 78 | 84 | 85 | 81 | 86 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Average Yield* (8 sample sites) | 5941 (4640-6720) | 6659 (6130-7078) | 6760 (6050-7549) | 6425 (5947-6801) | 6564 (5910-6892) | 6727 (6159-7353) |
| Minimum Yield ($24m^2$ sample unit) | 5091 | 5222 | 5852 | 4967 | 5289 | 5939 |
| Maximum Yield ($24m^2$ sample unit) | 9984 | 10528 | 11425 | 10758 | 10790 | 10363 |
| Average Yield ($24m^2$ sample unit) | 7198 | 7768 | 7961 | 7851 | 8164 | 8347 |
| STD | 1043 | 805 | 1218 | 943 | 910 | 950 |
| C.V. | 20.13 | 10.36 | 15.30 | 12.01 | 11.15 | 11.38 |

*Farm operation unit's data

(a) Soil depth map (b) Potassium contents map

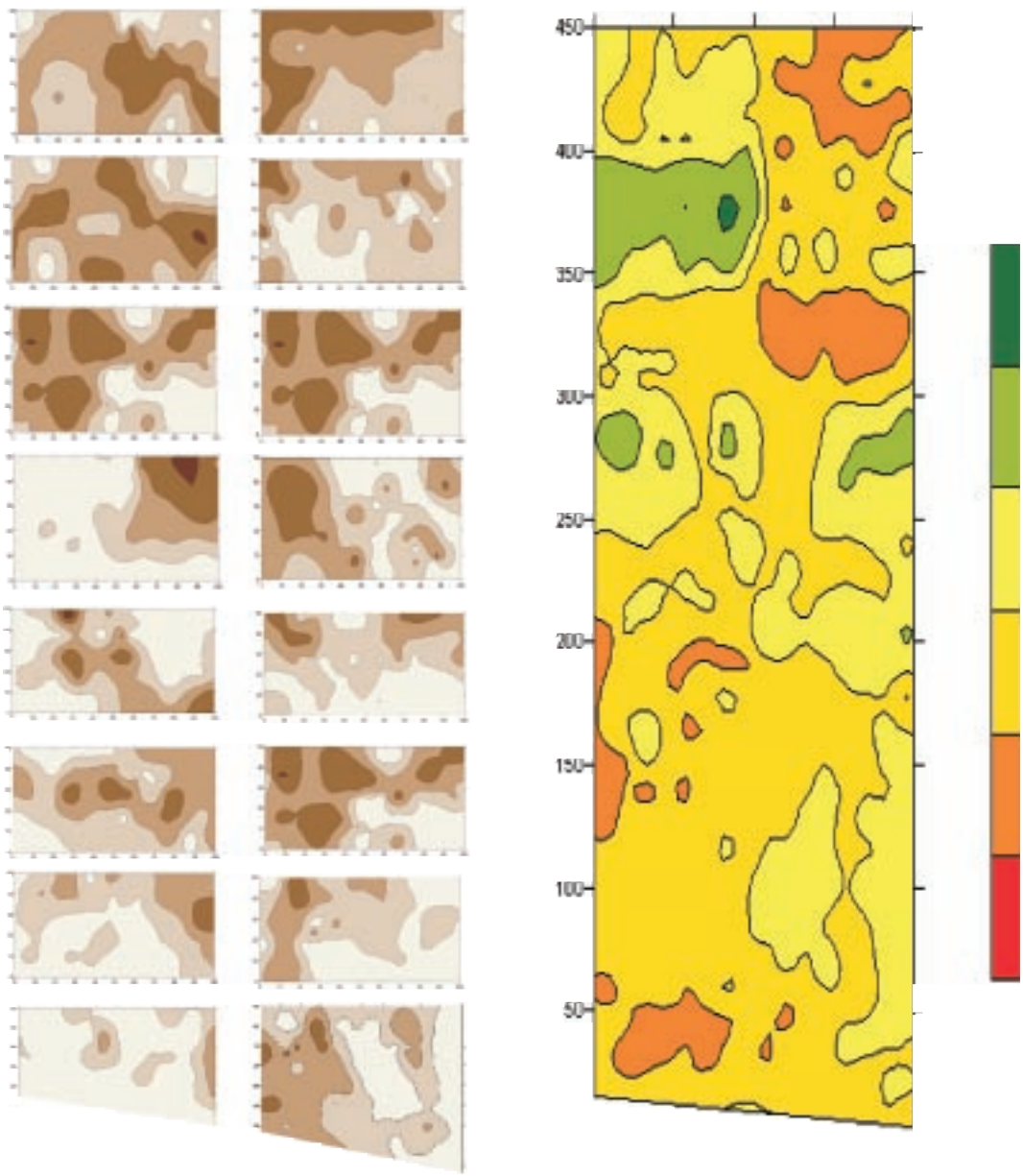



圖1. 試驗田區八十九年一期稻作之土壤深度(a)及前作之土壤有效鉀含量(b)。

Fig 1. The (a) soil depth and (b) potassium contents map of the fields at the beginning of the 1st crop of 2000.

此外，在八十九年一期稻作前，於本試驗之19塊田區 (其中43號田區因已灌水而未採樣) 約十公頃之水田採集1,372點表、底土土壤樣品，由測得田區之表土(0-15公分) 於土壤pH、有效磷、有效鉀、鎂的分析資料顯示，每塊田之變異係數 (CV) 在土壤pH之CV值爲3-18%，平均爲5%；孟氏3號抽出土壤磷之CV值爲19-62%之間，平均爲30%；孟氏3號抽出土壤鉀之CV值爲13-35%，平均爲24%；土壤交換性鎂之CV值爲9-26%，平均爲18%；底土之土壤性質變異性趨勢亦相同。其中，經常性施用之肥料如：磷、鉀等，其土壤變異性較大，而一些土壤基本性質之變異性較小，與預期之結果相同。此也與Dampney 等人於1997年在英國測得78個農

表2. 試驗田區八十九年一期稻作前作表土之土壤肥力概況。

Table 2. Soil fertility status of the surface soils at the beginning of the 1st crop of 2000.

| Field No. | pH | OM | CEC | Ca | Mg | K | Na | P | K | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | cmol(+)/kg soils | $NH_4OAc$ extractable (cmol(+)/kg soils) | | | | Mehlich's 3 extractable (ppm) | | |
| 38 | 5.31 | 2.13 | 7.80 | 4.56 | 1.35 | 0.11 | 0.10 | 16.5 | 33.8 | 3.97 |
| 39 | 4.32 | 2.22 | 7.53 | 4.21 | 1.28 | 0.20 | 0.17 | 31.0 | 74.3 | 5.29 |
| 42 | 4.95 | 2.21 | 7.82 | 3.76 | 1.11 | 0.10 | 0.08 | 19.2 | 36.1 | 4.76 |
| 43 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| 74 | 5.74 | 2.15 | 9.00 | 5.52 | 1.73 | 0.13 | 0.09 | 30.4 | 57.9 | 3.37 |
| 75 | 5.35 | 1.96 | 7.73 | 4.40 | 1.33 | 0.09 | 0.10 | 22.2 | 43.6 | 4.78 |
| 76 | 5.55 | 1.86 | 7.71 | 4.57 | 1.37 | 0.19 | 0.10 | 38.0 | 64.3 | 3.23 |
| 77 | 5.64 | 1.76 | 6.88 | 3.98 | 1.21 | 0.13 | 0.09 | 35.4 | 47.4 | 3.70 |
| 78 | 5.69 | 1.85 | 7.64 | 4.71 | 1.51 | 0.16 | 0.10 | 48.3 | 55.9 | 2.96 |
| 79 | 5.38 | 1.64 | 6.21 | 3.87 | 1.17 | 0.13 | 0.08 | 68.5 | 49.5 | 3.08 |
| 80 | 5.51 | 1.68 | 6.31 | 3.93 | 1.27 | 0.20 | 0.08 | 74.1 | 66.4 | 2.81 |
| 81 | 5.61 | 1.61 | 6.62 | 4.22 | 1.26 | 0.16 | 0.08 | 38.1 | 55.1 | 2.90 |
| 82 | 5.64 | 1.58 | 6.25 | 4.03 | 1.02 | 0.20 | 0.12 | 54.0 | 79.8 | 4.47 |
| 83 | 5.41 | 1.54 | 6.18 | 3.56 | 1.06 | 0.21 | 0.11 | 62.3 | 81.7 | 3.86 |
| 84 | 5.42 | 1.05 | 4.78 | 2.98 | 0.86 | 0.11 | 0.08 | 61.3 | 39.1 | 3.86 |
| 85 | 5.67 | 1.49 | 6.63 | 4.08 | 1.07 | 0.15 | 0.09 | 62.0 | 55.5 | 4.21 |
| 86 | 5.24 | 0.99 | 4.95 | 2.71 | 0.85 | 0.14 | 0.07 | 60.0 | 54.8 | 4.10 |
| 87 | 4.94 | 1.65 | 6.87 | 3.69 | 1.06 | 0.36 | 0.12 | 66.9 | 136.2 | 3.80 |
| 88 | 5.42 | 1.37 | 4.89 | 3.32 | 0.99 | 0.11 | 0.07 | 48.4 | 41.0 | 3.75 |
| 89 | 5.49 | 1.50 | 6.85 | 3.81 | 1.14 | 0.18 | 0.08 | 35.9 | 64.3 | 3.65 |

N.D. : not detectable (lower than method detection limit, MDL)

田之土壤資料變化趨勢略似。本試驗田區土壤性質之變異係數與其比較則稍低，此乃由於本試驗田區前作爲水、旱田各佔約一半的緣故，所以土壤性質變異率即比英國旱田所得之測值變異性稍低。另外，農試所調查全省67處農田時發現，在分析土壤肥力空間變化上，土壤養分之空間變異以水田較小、旱田次之，而以果樹園最大(郭等，1995、1999)。

## 伍、土壤氮素分佈與產量變異之關係

台灣光復時期之土壤肥力調查資料顯示，在臺灣耕地土壤中的全氮含量高者在0.25％以上，低者則不及0.05％，而以0.1－0.15％爲最普通(張，1950)；部份地區如土壤有機質含量較豐富，則土壤氮素含量亦高。由日本水田調查資料顯示，其土壤全氮量含量約爲0.29%；亞洲熱帶地區水田土壤氮素含量分佈約在0.08%至0.15%之間；故台灣地區土壤氮素含量與亞洲熱帶地區之土壤氮素含量相近。近年來在全台灣進行土壤調查之資料顯示，一般農田土壤氮素含量略有增加，而田區在正常管理下，水稻產量與氮素營養關係相當密切。水稻氮素之吸收量包括：施用氮素量×吸收率，再加上土壤氮素之供應量，而土壤氮素之供應約佔全部氮素吸收量之60%至80%左右(小山，1975)，但仍會依土壤性質、氮肥施用量及氣候條件而異。施用之化學氮素肥料，在基肥約有30-40%之利用率，穗肥期約有40-70%之利用率，追肥期之利用率變動性則較大。在正常施肥管理下，根據水稻之氮素肥料吸收率推算，土壤氮素至少需供應60公斤/公頃，水稻產量才能達到6噸/公頃以上(鬼鞍，1975)。

水田之生產力與土壤氮素關係相當密切，在土壤資料庫分組時，即將土壤氮素列爲工作重點，十公頃試驗田區之土壤氮素含量，如表三所示。由於試驗田區的土地利用複雜，且過去常進行不同之農田試驗，加以有些田區以前曾進行過客土工程，所以土壤氮素含量之最大與最小值的變化相當大，分析數據可由0.02%至0.18%不等。但一般約分佈在0.08至0.14%之間，以農試所而言，一期重劃區之土壤氮素含量較二期重劃區爲高。因爲八十九年一期稻作係施用相同肥料量，以致部份田區發生水稻因氮素含量過高而倒伏之現象，並且影響產量。一般而言，土壤氮素之礦化量常隨土壤溫度、土壤條件、施肥情形與農田管理操作而異，所以土壤氮素含量並非絕對代表水稻可吸收之氮素量。本研究計畫第一年係進行空白試驗，故所有田區之化學肥料施用量皆一致，因此，田區產量之變異性應與土壤之肥沃度分佈相關，但是由資料結果顯示，土壤氮素分佈情形與田區產量分佈雖略有相關，並不盡吻合。進一步將稻作產量圖與土壤氮素分佈圖疊合，如圖二所示，其中，86號田區之水稻產量與土壤氮素之分佈情形最爲吻合，而其它田區則只有部分吻合或完全不相干。推論本研究區土壤氮素含量與水稻產量不盡吻合之主要原因，應是土壤礦化量不一、施肥不均勻與病蟲害等因素所造成之影響。

## 陸、土壤採樣技術

精準農業管理所遭遇之變異問題，很多都是由於土壤變異之性質差異所引起，

表3a. 試驗田區八十九年一期稻作前作表土之土壤全氮含量。

Table 3a. Surface soil total nitrogen contents of the fields at the beginning of the 1st crop of 2000.

Unit：%

| Field No. | 38 | 39 | 42 | 43 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Min | 0.10 | 0.12 | 0.10 | N.A. | 0.09 | 0.05 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.09 |
| Max | 0.16 | 0.18 | 0.16 | N.A. | 0.15 | 0.16 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.18 |
| Ave | 0.13 | 0.14 | 0.13 | N.A. | 0.12 | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| Std | 0.01 | 0.01 | 0.01 | N.A. | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| C.V. | 9 | 10 | 9 | N.A. | 13 | 15 | 8 | 9 | 13 | 12 |
| Field No. | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| Min | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.05 | 0.07 | 0.02 | 0.10 |
| Max | 0.12 | 0.18 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.13 | 0.09 | 0.15 | 0.11 | 0.13 |
| Ave | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.08 | 0.11 | 0.10 | 0.11 |
| Std | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| C.V. | 7 | 12 | 11 | 10 | 7 | 9 | 11 | 14 | 14 | 7 |

N.A.: not available

表3b. 試驗田區八十九年一期稻作前作底土之土壤全氮含量。

Table 3b. Subsurface soil total nitrogen contents of the fields at the beginning of 1st crop of 2000

Unit：%

| Field No. | 38 | 39 | 42 | 43 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Min | 0.08 | 0.08 | 0.07 | N.A. | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.08 | 0.07 | 0.07 |
| Max | 0.13 | 0.16 | 0.14 | N.A. | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.12 |
| Ave | 0.11 | 0.13 | 0.11 | N.A. | 0.10 | 0.11 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.09 |
| Std | 0.01 | 0.02 | 0.01 | N.A. | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| C.V. | 0.11 | 0.13 | 0.13 | N.A. | 0.16 | 0.13 | 0.16 | 0.09 | 0.11 | 0.12 |
| Field No. | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| Min | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.10 |
| Max | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.13 | 0.11 | 0.13 |
| Ave | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.11 | 0.09 | 0.11 |
| Std | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| C.V. | 0.18 | 0.14 | 0.15 | 0.10 | 0.09 | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.08 |

N.A.: not available

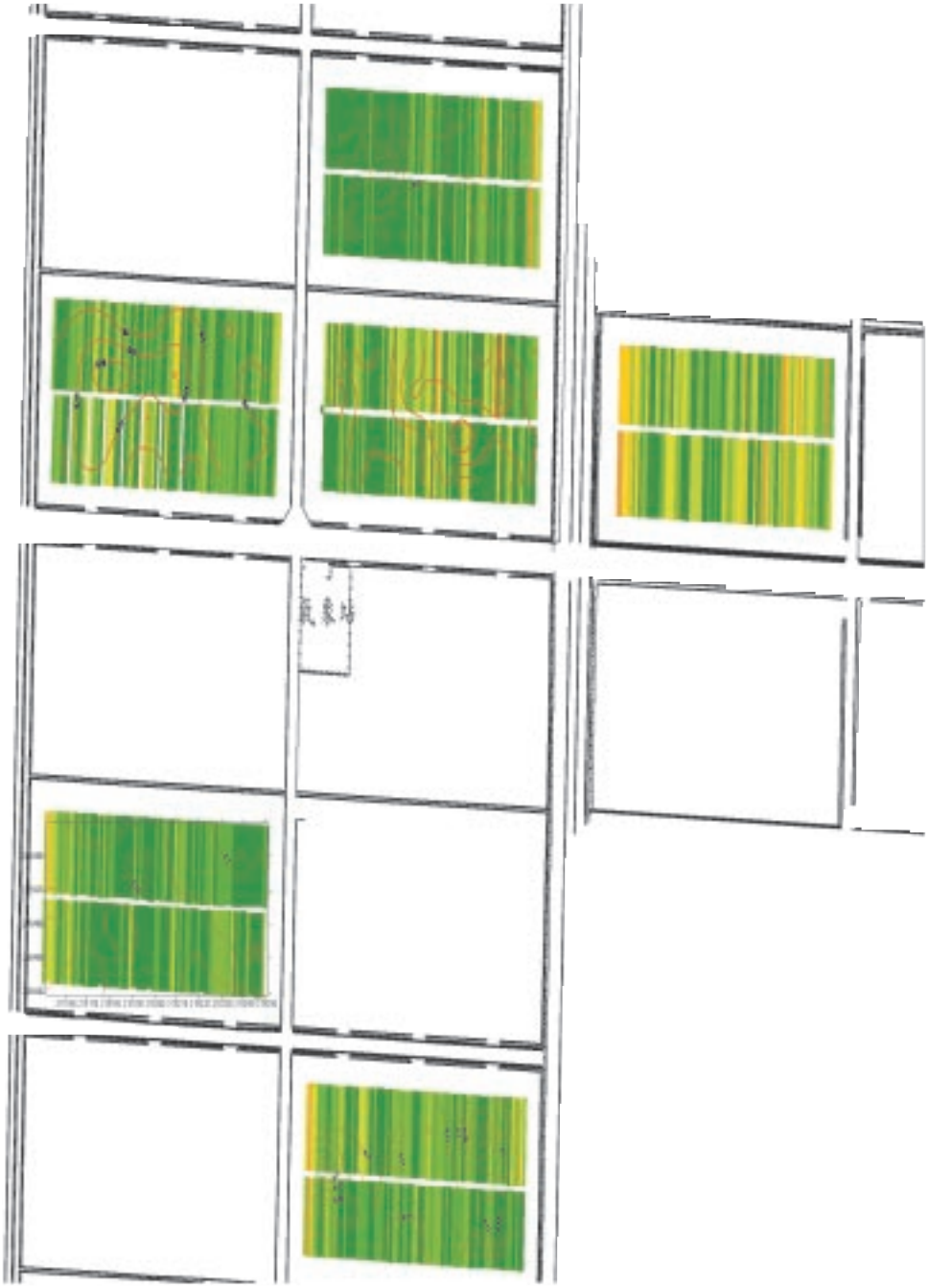


圖2. 八十九年一期稻作之稻穀產量圖及土壤含氮含量分佈圖。

Fig 2. Rice yield map of the first crop overlay with soil nitrogen map in 2000 year.

故執行精準農業成功之要因，即必需發展及應用有效且精確的方法，加以評量土壤之空間變異與產量之質、量組成因素的相關性。而土壤變異之研究範圍包括：土壤變異之特性與變異大小、採樣方法、推測及量測土壤變異之感測技術等，最後則是建立土壤變異與作物產量變異之相關性。故蒐集需要的土壤資訊，並適當的用於描述土壤變異性，係執行精準農業相關研究能夠成功之主要因素(Macbratney *et al*, 1997)。

分析本研究區土壤樣品且進一步繪製土壤性質分佈圖，如圖3所示，並在土壤性質分佈圖上標記採樣點及核對網格土壤採樣外之逢機土壤樣點。由圖面資料及半變異圖分析顯示，以12.5公尺之採樣密度，對於基本土壤性質之掌握已經足夠，但是對於施用肥料之分佈掌握而言，可能土壤採樣密度還需要更加細密，特別是類似磷肥此一較不易移動之土壤性質。此外，土壤採樣密度之探討，係隨著肥培管理之精密度而異，如圖3(a)逢機採樣點與0.01%顯著差異之土壤氮素含量的空間分佈圖相吻合，故12.5公尺之土壤採樣密度在此一要求條件下應可以接受；但如果土壤全氮量之顯著差異係要求須在0.0025%以內者，如圖3(b)所示，則12.5公尺之土壤採樣密度差異則無法被接受。亦即土壤採樣之密度需要配合其它農田管理技術，如果施肥管理技術粗放，則採樣密度可以減少許多，但若施肥技術是相當精密的，則土壤採樣密度與採樣技術則需要相對的提高。因此，合宜的土壤採樣技術，是有待精準農業其它研究群組發展之相互配合，方能達到令人滿意之成果。

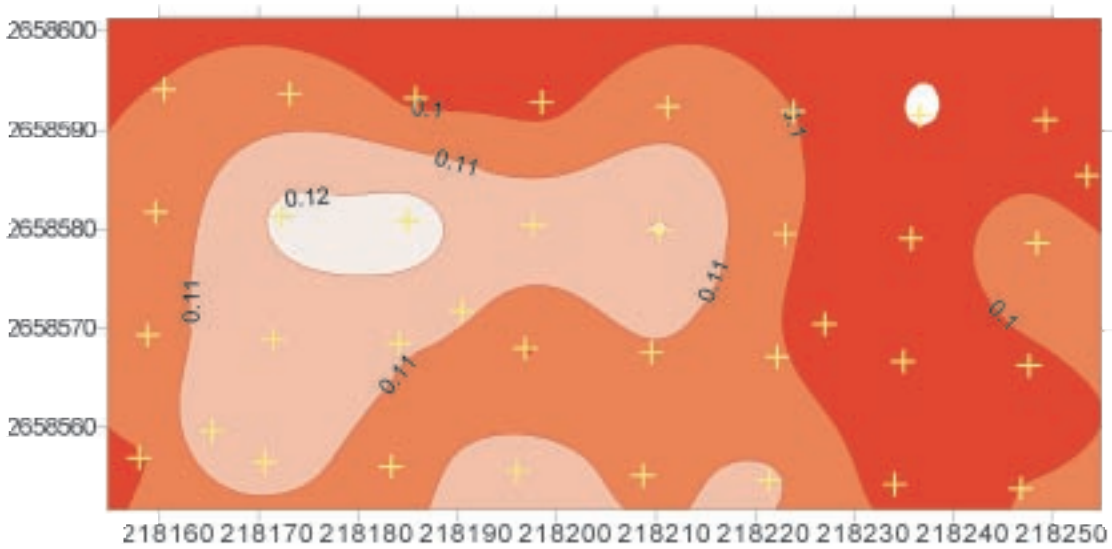
## 柒、結 語

在土壤資料庫與決策系統方面，已有密切而穩定之結合，只要變量施肥機可以進行連結運作，則精準農業之初步主體工程大體上即已完成，並應可實際應用於農田肥培管理。本研究計畫對於土壤資料庫之建立與應用上，大體發展在土壤性質分析及採樣技術、土壤殘留肥力評估一直到推估調整施肥推薦方面，仍有極大之空間發展，並預估應可在三年內完成最佳化之施肥管理資訊。

## 捌、引用文獻

1. 張守敬。1950。 臺灣省土壤肥力概述。台灣肥料公司報告第七號。
2. 郭鴻裕、朱戡良、江志峰、劉滄棪、王明果、黃政恆、張茂盛、周泰均、江國忠、陳吉村。1995。本省耕地土壤詳測調查之土系化學性質均勻度初步研究。土壤肥料通訊 50：23-31。
3. 郭鴻裕、朱戡良、江志峰、劉滄棪、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)。
4. 小山雄生。1975。 N15利用水稻田土壤窒素肥沃度測定實際生產力。日本土肥誌 46(7)：260-269。
5. 鬼鞍豐、吉野橋、前田乾一。1975。稻作期土壤窒素有效化過程。日本土肥誌 46(7)：255-259。
6. Bouma J. 1997. From soil survey to a soil database for precision. Soil factor section. In:1st European conference on precision

(a) The random sampling sites meet the grid (12.5M*12.5M) sampling sites level.(0.01% difference)




(b) The random sampling sites not meet the grid (12.5M*12.5M) sampling sites level.(0.0025% difference)

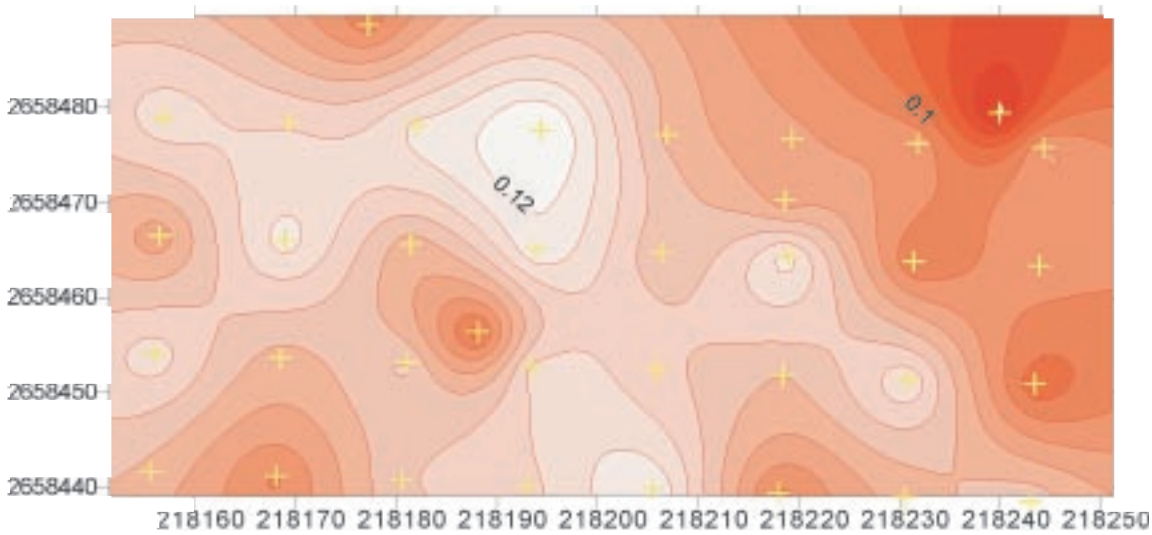



圖3. 試驗田區土壤採樣密度與土壤性質空間分佈之相關性。

Fig 3. The relationship of sampling site density and the soil properties spatial distribution.

agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London, UK.

7. Board on Agriculture National Research Council. 1997. Precision agriculture in the 21st century. Geospatial and information techonologies in crop management. Committee on assessing crop yield: Site-specific farming, information system, and research opportunities. National Academic Press, Washington.
8. Dampney, P. M. R., M. A. Froment and C. J. Dawson. 1997. The variability of pH and available phosphorus, potassium and magnesium in soils within arable fields in England. Soil factor section. In:1st European conference on precision agriculture. BIOS Scientific Publishers, Ltd. London, UK.
9. Roberson, G. T. 1997. Precision agriculture: A comprehensive Approach. p2. North Carolina University.

# 11 Study the Distributions of Soil Fertilizer of Rice Precision Agriculture by the Soil Databases

Horng-Yuh Guo, Jen-Chyi Liu, Tseng-Wei Tan, Chien-Liang Chu, Tsang-Sen Liu, and Ming-Chi Yeh
Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC
E-mail:hyguo@wufeng.tari.gov.tw

## ABSTRACT

A rice production system of the pilot project of precision agriculture was conducted in TARI farm since the first crop of 2000. Accurate methods for assessing the spatial variability of soil, and relating it to yield quantity and quality components, must be developed and implemented. This paper describes the spatial variability of soil in the farm. Works to establish the links between the spatial variability of soil and the spatial variability of crop yield components are discussed. Soil database is combined with decision-making system in this project, if the machinery system of variable-fertilizer application will be operated, the system of nutrient management in this pilot project can be worked. Further studies of the estimation of fertilizer application rates based on soil database and plant uptake are needed. The system shall be completed before 2002.

**Key words:** Precision agriculture, Soil databases, Information of fertilizer application, Soil spatial variability.