水稻精準農業體系
精準農業之原則與實務管理—以農業試驗所水稻農場爲例
239-250, 2003

精準農業之原則與實務管理—以農業試驗所水稻農場為例

賴吉雄、楊清祥、陳邦華、陳志昇、劉嘉仁、吳惠卿、吳錫家、陳烈夫
行政院農業委員會農業試驗所農場管理組
E-mail: leevchan@wufeng.tari.gov.tw

摘要 ---------- 240

一、前言 ---------- 240

二、內容 ---------- 241

三、結語 ---------- 249

四、誌謝 ---------- 249

五、引用文獻 ---------- 249

ABSTRACT ---------- 250

精準農業之原則與實務管理—以農業試驗所水稻農場為例

賴吉雄、楊清祥、陳邦華、陳志昇、劉嘉仁、吳惠卿、吳錫家、陳烈夫
行政院農業委員會農業試驗所農場管理組
E-mail: leevchan@wufeng.tari.gov.tw

摘要

精準農業是利用技術手段藉空間和時間的變異來進行耕作及田間管理，以改進農作物生產之效率及同時兼顧環境保護之應用科技，其支援相關技術主要爲全球定位系統、地理資訊系統、遙感探測技術、農耕資料庫、土壤資料庫、可變率技術、自動化農機操作系統、決策支援系統、動態田間資料收集裝置、管理資訊系統、農業專家系統、產量圖等。爲因應世界潮流及配合國內整體試驗研究需要，「水稻精準農業體系研究」先驅計畫特於農委會農業試驗所設置共同試驗農場，面積 10.83 公頃，共分 164 小區，每小區 25x25 平方公尺，以農場運作爲主體，辦理農場硬體規劃施設及農機整備，並引進相關概念與技術，研擬建立作業流程與管理體系，進行大面積水稻栽培。經 2000-2002 年之三年六期作田間產量資料結果顯示，目前的農耕管理作業符合精準農業之需求，可供各方來年規劃進一步試驗研究之參考。

關鍵詞：精準農業、水稻農場、實務管理。

一、前言

對於大多數農民來說，收穫季節來到前的幾個月總會令人感到焦慮不安，因爲在這段時間裡，天氣、土壤以及病害蟲等狀況之變化將會造成多大之損失農民無法預知。雖然農民可依靠以往之經驗及謹慎之推測來判斷情況的變化，但這種不確定感一直存在而沒有多大的改變。現今由於科技之發展可以精準農業生產之方式，即利用技術手段來因應可能會對農作物造成危害之不確定因素，或許有些農民仍感到懷疑但其態度正逐漸改變，並進行瞭解和熟悉此項新技術。精準農業是在作物生育空間上，以定位、定時、定量實施一整體配套之現代化農業操作技術與管理系統。在農作物生產方面其基本涵義是根據作物生長之土壤性狀，調節對作物之投入，即一方面調查田區內部之土壤性狀及生產力之空間變異，另方面確定農作物之產出目標，進行定位系統之診斷，進而施行優化之肥料與農藥配方，並以技術組裝農機具作爲科學之管理。藉此調整土壤之生產力，以最少或最節省的投入達到同等收益之產出，同時並改善環境，高效率地利用各類農業資源，取得經濟效益及環境效益。

迄今，國際上有關精準農業之研究獲得迅

速的發展，支援技術產品也不斷深化研究應用中，亦被廣泛承認是發展永續農業重要途徑之一。近年來我國對此亦漸重視，並由相關研究機關學校進行相關之試驗，惟每受限於農場規模，以往均爲小塊田區作試驗研究。現爲求擴大規模，農業試驗所自 2000 年起提供 10 公頃以上之農場試驗田，設置精準農業水稻農場，辦理大面積水稻栽培與農場作業管理體系之相關研究，及提供各學門專家做爲相關研究之標的。在各方配合下，工作進展順利，並獲致初步結果。至 2002 年持續調查獲得三年六期作之產量試驗資料，因本項試驗爲嶄新之多學門共同利用之田間試驗，其起初田間狀況、農場運作管理及相關之產量等資料，可作爲後繼新的科技技術投入與相關研究之重要參考依據。

二、內容

(一)精準農業之作業原則

精準農業是一種以利用現代知識及技術爲發展基礎之耕作管理系統，其套裝式完整運作需整合一系列新的技術，包括有全球定位系統(global positioning system)、地理資訊系統(geographic information system)、遙感探測技術(remote sensing technology)、農耕資料庫(cultivation database)、土壤資料庫(soil database)、可變率技術(variable rate technology)、自動化農機操作系統(automatic machine operation system)、決策支援系統(decision support system)、動態田間資料收集裝置(on-the-fly data collection devices)、管理資訊系統(management information system)、農業專家系統(expert system)、產量圖(yield mapping)等相關技術，從而定時獲取田區作物之產量及影響作物生長環境因素(土壤結構、土壤肥力、含水量、地形、氣候、作物生育情況、雜草及病蟲害)等各項實際空間及時間差異性之資料，進而分析影響田區作物產量差異之原因，採取技術上可行、經濟上有效之調控措施，對作物栽培管理按需要實施定位調控作業變量投入，作出科學之決策管理。

精準農業實際應用上必須結合三方面之技術：(1) 描繪變異性：最簡單的構思是計量田區之變異性並進行描繪，然後根據特定地點之差異，給予必須之施作。變異性可分爲空間性之變異、時間性之變異及預測性之變異三種。首先無疑是要對田區空間變異性之描述，因其會直接影響到田區在土壤肥力、作物生長與產量、雜草及病蟲害分布等資訊所繪製之田區變異圖上。在田區特定地點資訊之定位上可利用全球定位系統，對區域性變異則可藉助遙感探測技術來達成，其他如土壤取樣裝置、作物產量監測裝置、衛星或飛機所拍攝之影像資料等對田區變異圖製作極有幫助。其次是描述時間變異性，即對於空間變異性在時間上之變化描述，可透過地理資訊系統之技術來達成。最後是作一正確的預測性變異描述，如氣象預報或作物之生長活動狀態，預測性變異是最困難也是最重要的，可提供農業上之風險管理或農耕操作排程上。(2)可變率控制：爲配合田區特定地點對施作量要求的不同，而實行可變率施作機械。田區正確位置可由全球定位系統定位獲得，田區變異圖或即時感測器可提供正確變異的資訊，可變率控制系統即是結合前兩項資訊應用在施作機械上，使成爲可變率施作機械。(3)可變率管理之決策支援系統：決策支援系統可提供農民在耕作上對作物產量與環保問題之解決提供良策，即爲田區管理策略上的衝突點上找出一可行之方向，使系統最佳模式化。

(二)精準農業農場主要作業流程

精準農業包含三個實施階段：(1)確定田間管理事件，(2)制定對策，(3)實施對策。

其實施過程是在作業機具上裝設相關感應器來偵測作業時各小區塊作物之相關資料，再配合全球定位系統資料以繪製大面積田區相關資料分佈圖之數據，並進行田間土壤取樣，藉以建立土壤屬性與空間之關係。再將田間產量圖與土壤圖層在地理資訊系統軟體下作分析與判斷，以決定其間之相互關係。最後依空間分析關係建立田間耕作指示圖，使其具備自動化操控功能實施目的投入，以作精準農業之管理。

(三)農業試驗所水稻試驗農場之經營管理

本所農場於 2000 年一期作起規劃出相毗連之試驗田 20 塊田區約 10 公頃(每一田區面積均在 0.5 公頃以上)，依據本計畫整體試驗需要，進行大面積水稻栽培耕作管理作業。各期作均事先撰擬田間作業流程與工作內容，再與相關學門專家洽商編訂工作預定表據以實施。除 2000 年二期作 38、42 兩編號田區種植臺農 71 號外，所有期作所有田區全部採用水稻臺農 67 號爲供試品種。育苗移植方式依慣行農時插秧，田間各項作業均依事先商定之作業流程、作業方式與施肥、施藥用量，以適當農機具按時進行農耕作業管理，田間作業流程與工作內容詳情，請參閱前作「精準農業水稻試驗農場之建立與運作」一文之相關圖表。此外，還提供試驗田區作爲桿式噴藥車實地施噴測試場地，以完成 GPS 自動噴藥機之開發工作。

(四)繪製作物產量圖

精準農業的主要工作內容是繪製田間作物產量的空間分佈圖，該項作業實爲進行精準農業管理之基礎。從累積數年期之田間產量空間分佈圖資料，不僅可依據所設定之精準農業管理之目標，規劃適當之田間管理圖譜，也可用於細究導致田間作物產量發生空間分佈變異之原因，進行相關之土壤改良工作。本試驗農場在收穫時，先行將各編號田區分割成七～十二塊調查小區(田區編號分配示如圖 1)。爲瞭解各調查小區內的產量變異性，從各小區內四個逢機點以人工收割方式各取樣 25 株，共 100 株，先估算其取樣產量，然後同一編號田區內其餘稻株再配合整區機械採收。因此，各編號田區總產量(T)＝該編號田區內所有小區人工取樣總產量(ΣY_i)＋機械採收產量(Z)。而各編號田區總產量乘以小區取樣比率，可進而推算出該田區內各小區的產量，即 $T \times (Y_i \div \Sigma Y_i)$。各田區採收之濕穀分別以循環式乾燥機單獨烘乾作業，於水份含量降至 13 %時出穀袋裝，逐袋過磅，計算稻穀產量後，再根據各田區實際面積以換算成各田區及各小區公頃產量。最後製成耕地產量圖(圖 1-6)，判斷高低產量的確定位置，再與相關資料比對提供農場經營決策之參考。

(五)試驗田區之產量變異

由試驗資料之結果顯示(表 1)，2000 年一期作各田區產量之變異值在 2.75-15.67 範圍之間，其中以 80 號田之變異值 15.67 最大，而以 38 號田之變異值 2.75 最小；2000 年二期作各田區產量之變異值在 3.36-11.25 範圍之間，其中以 87 號田之變異值 11.25 最大，而以 82 號田之變異值 3.36 最小。2001 年一期作各田區產量之變異值在 2.32-24.01 範圍之間，其中 81 號田之變異值 24.01 最大，而以 78 號田之變異值 2.32 最小；2001 年二期作各田區產量之變異值在 3.65-20.49 範圍之間，其中 79 號田之變異值 20.49 最大，而以 42 號田之變異值 3.65 最小。2002 年一期作各田區產量之變異值在 1.72-11.27 範圍之間，其中以 89 號田之變異值 11.27 最大，而以 43 號田之變異值 1.72 最小；2002 年二期作各田區產量之變異值在 3.26-15.10 範圍之間，其中以 80 號田之變異值 15.10 最大，而以 42 號田之變異值 3.26 最小。由此可知，不同期作下不同田區間以及各田區內小區間都有充足的變異性，且變異程度仍多少有別，故於 2002 年一期作開始選定 43、81、83、87 號田四區作變量施肥共同試驗田區之用。

表 1. 不同期作下各田區內小區間之水稻產量變異

Table 1. Variation among different fields and among plots within field for rice yields under different cropping seasons

Crops	38	39	42	43	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
	Coefficient of Variation(%)																			
2000 I	2.75	12.80	3.22	12.44	7.08	4.69	5.68	12.48	4.72	4.15	15.67	4.36	8.54	7.98	7.35	4.19	6.02	8.89	3.76	4.48
2000 II	7.34	4.95	7.65	10.11	4.85	10.25	6.47	6.68	4.77	9.17	7.84	5.55	3.36	7.78	7.24	4.33	2.84	11.25	4.83	7.51
2001 I	10.60	3.21	6.99	16.42	6.36	4.14	5.67	3.59	2.32	3.80	9.43	24.01	2.38	18.26	4.39	3.44	4.68	17.98	2.76	3.89
2001 II	18.65	13.13	3.65	11.10	8.41	10.71	9.42	4.17	5.94	20.49	10.05	12.88	9.19	13.79	8.15	10.61	10.30	12.04	5.38	11.50
2002 I	5.48	3.70	5.52	1.72	6.24	5.63	4.37	8.12	4.80	9.81	4.70	5.12	9.02	6.12	7.43	9.56	4.16	4.90	7.12	11.27
2002 II	11.87	10.81	3.26	5.79	5.92	4.87	5.83	7.78	4.13	6.04	15.10	7.10	-	10.90	3.76	4.22	2.83	8.31	7.42	6.23

-：表示休耕

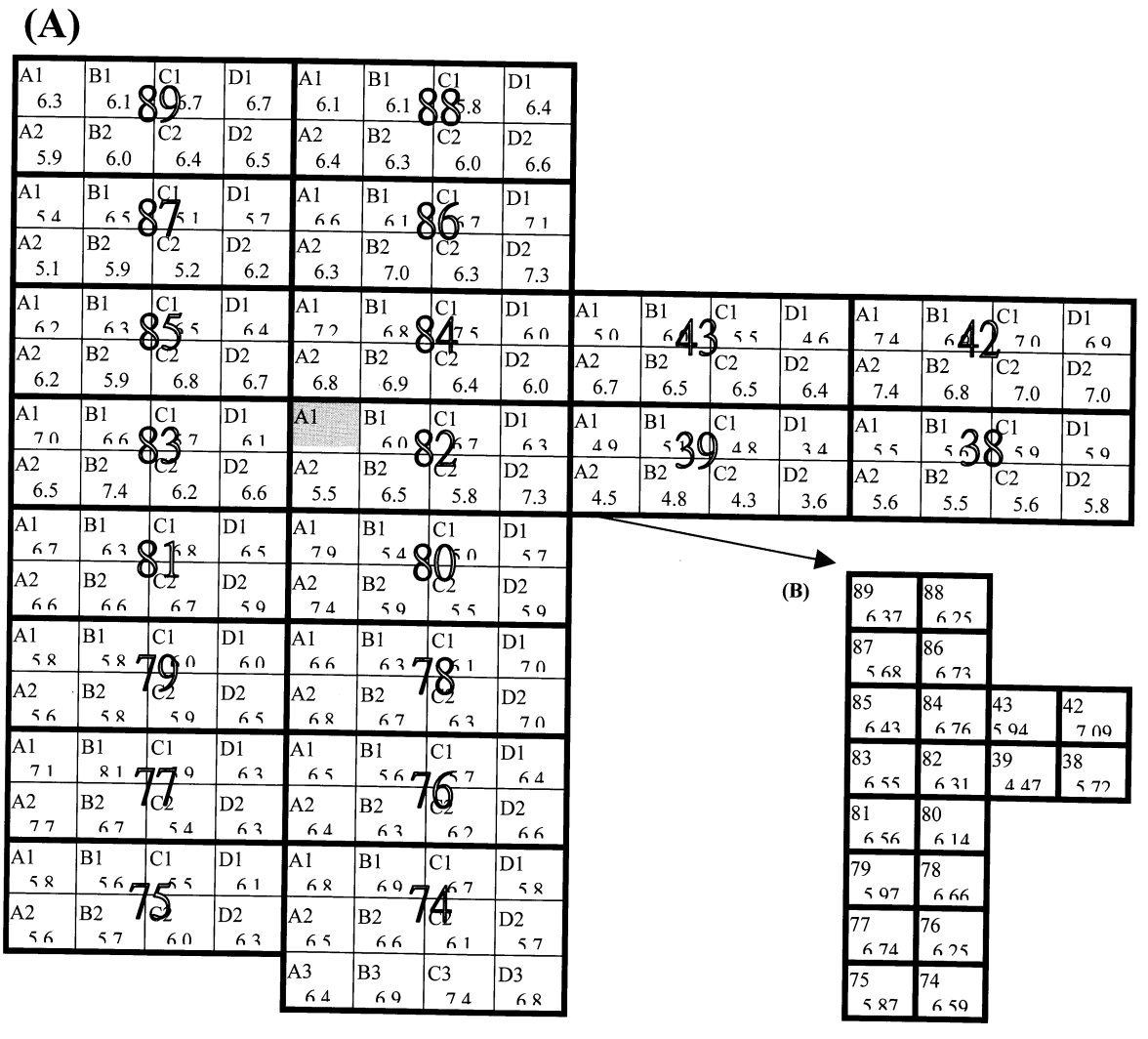


圖 1. 2000 年一期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。(1000 公斤/公頃；灰色區域為氣象站)

Fig. 1. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the first cropping season of 2000. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

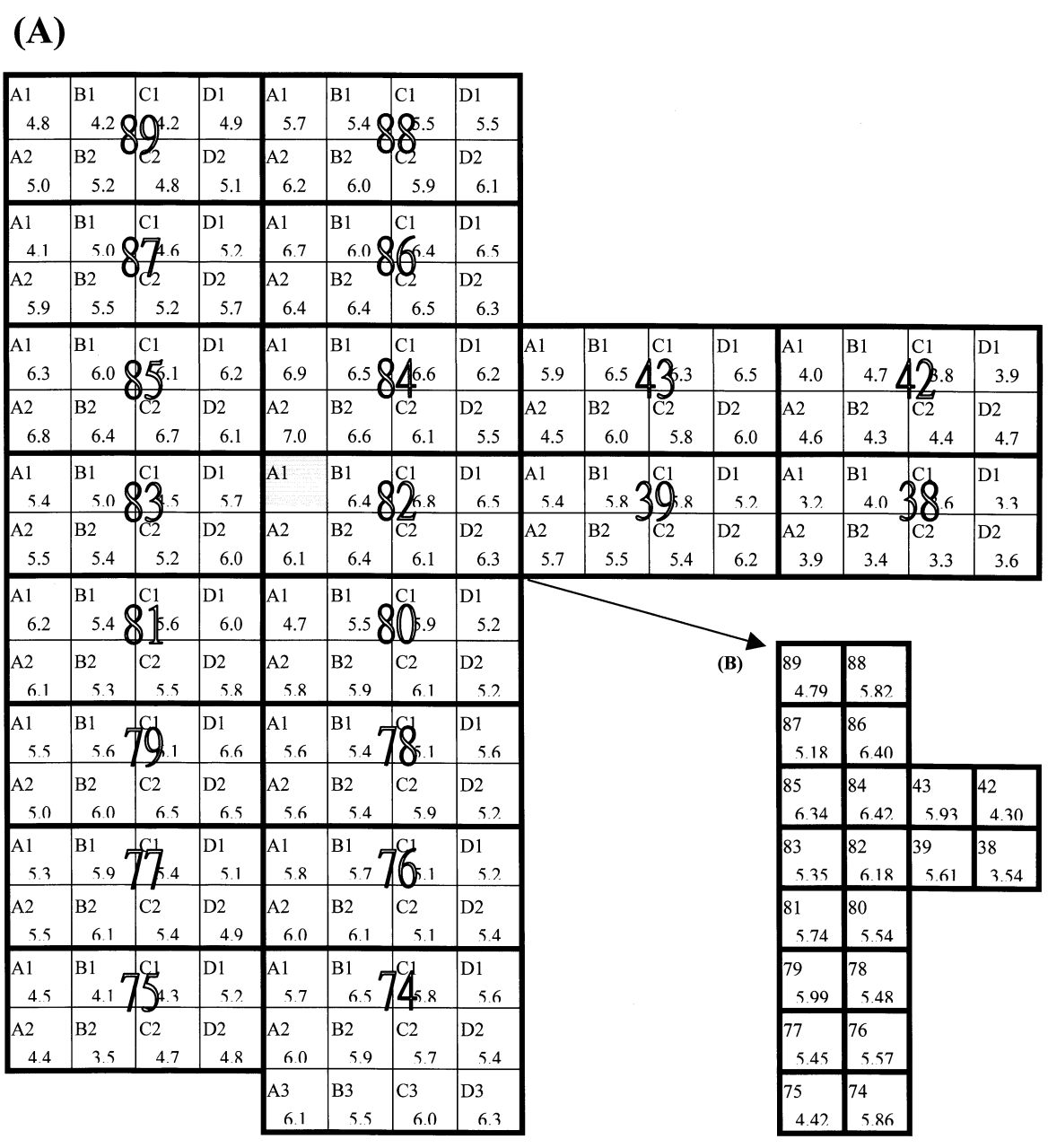


圖 2. 2000 年二期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。(1000 公斤/公頃；灰色區域為氣象站)

Fig. 2. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the second cropping season of 2000. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

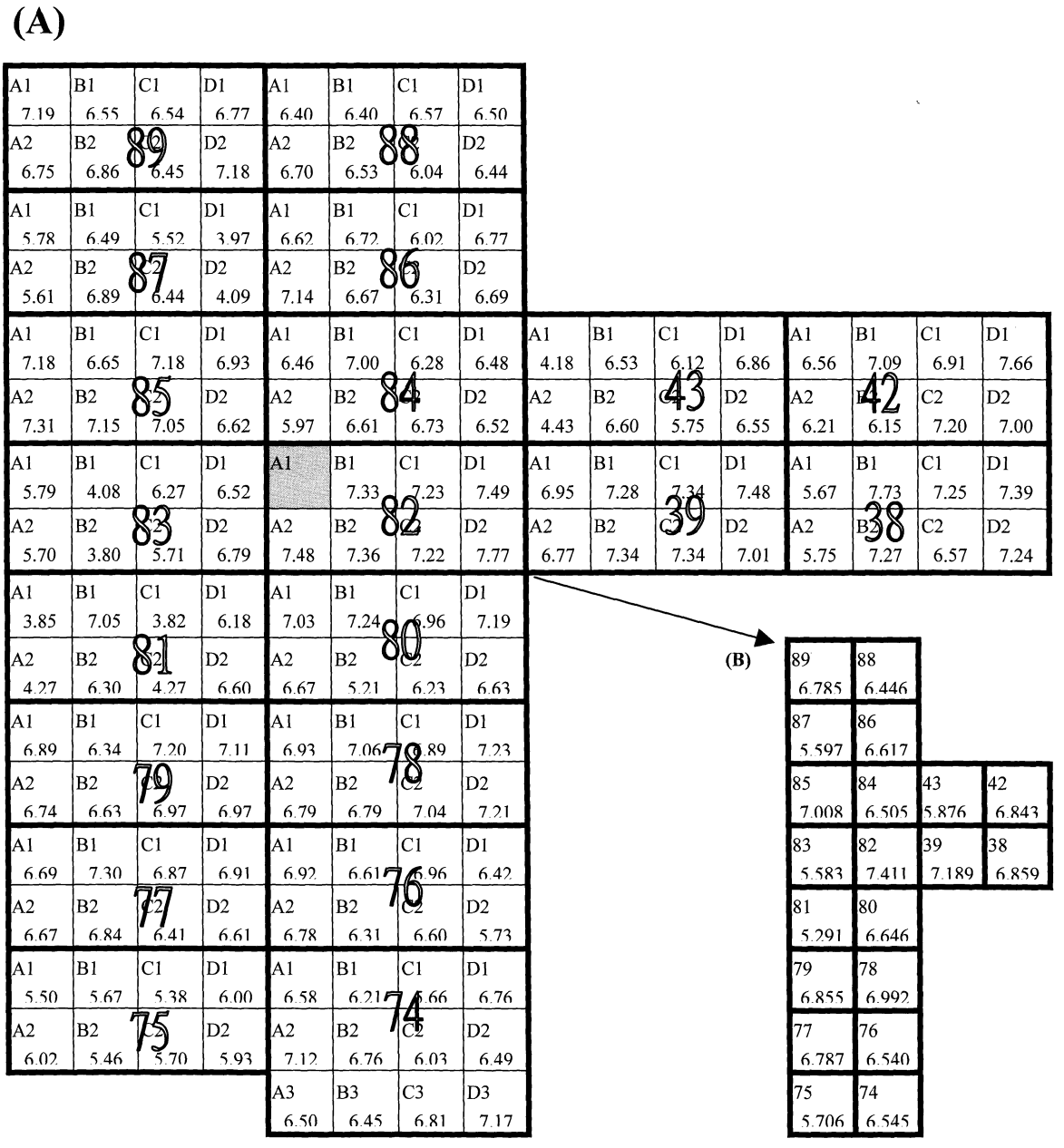


圖 3. 2001 年一期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。(1000 公斤/公頃；灰色區域為氣象站)

Fig. 3. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the first cropping season of 2001. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

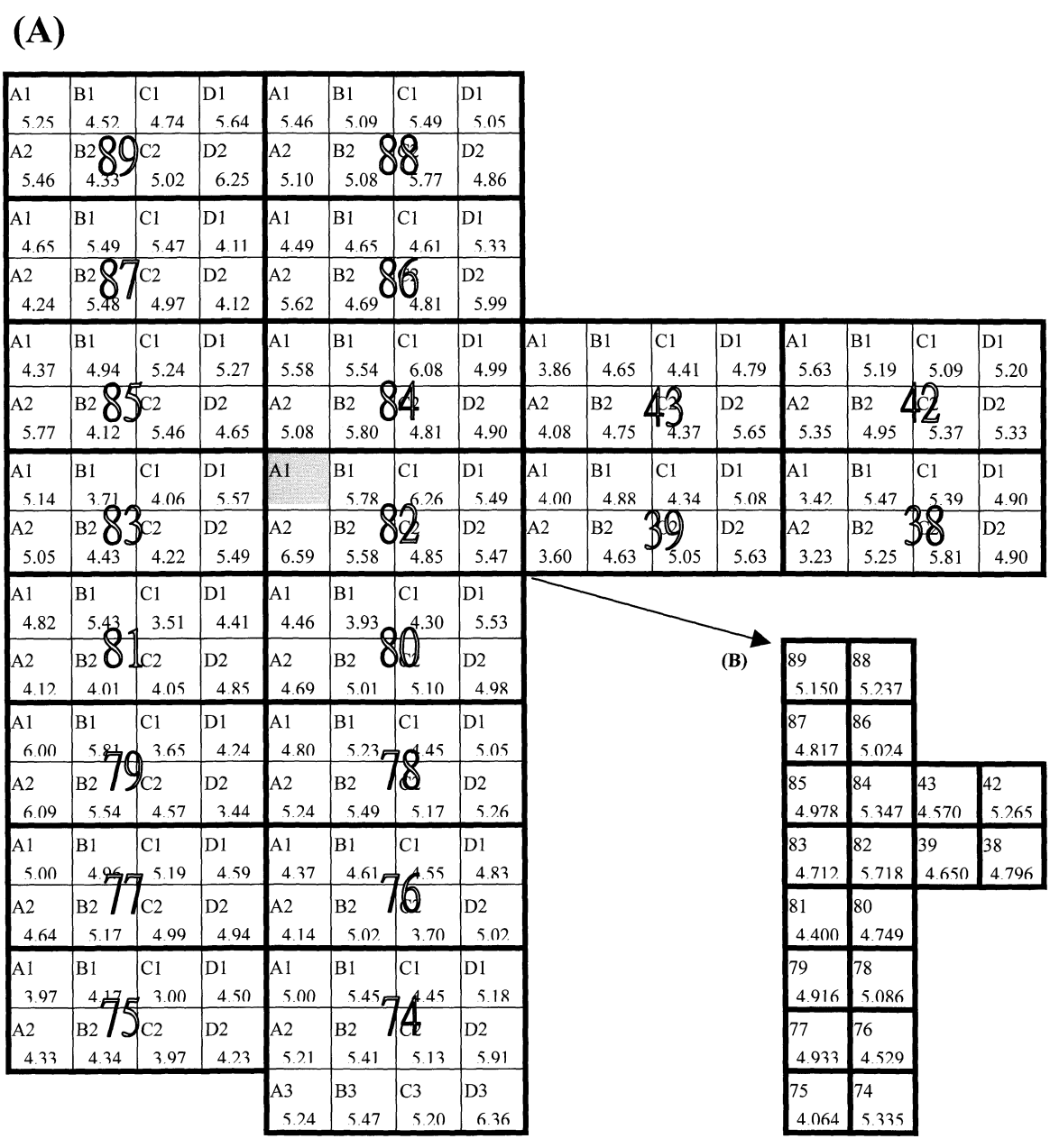


圖 4. 2001 年二期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。(1000 公斤/公頃；灰色區域為氣象站)

Fig. 4. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the second cropping season of 2001. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

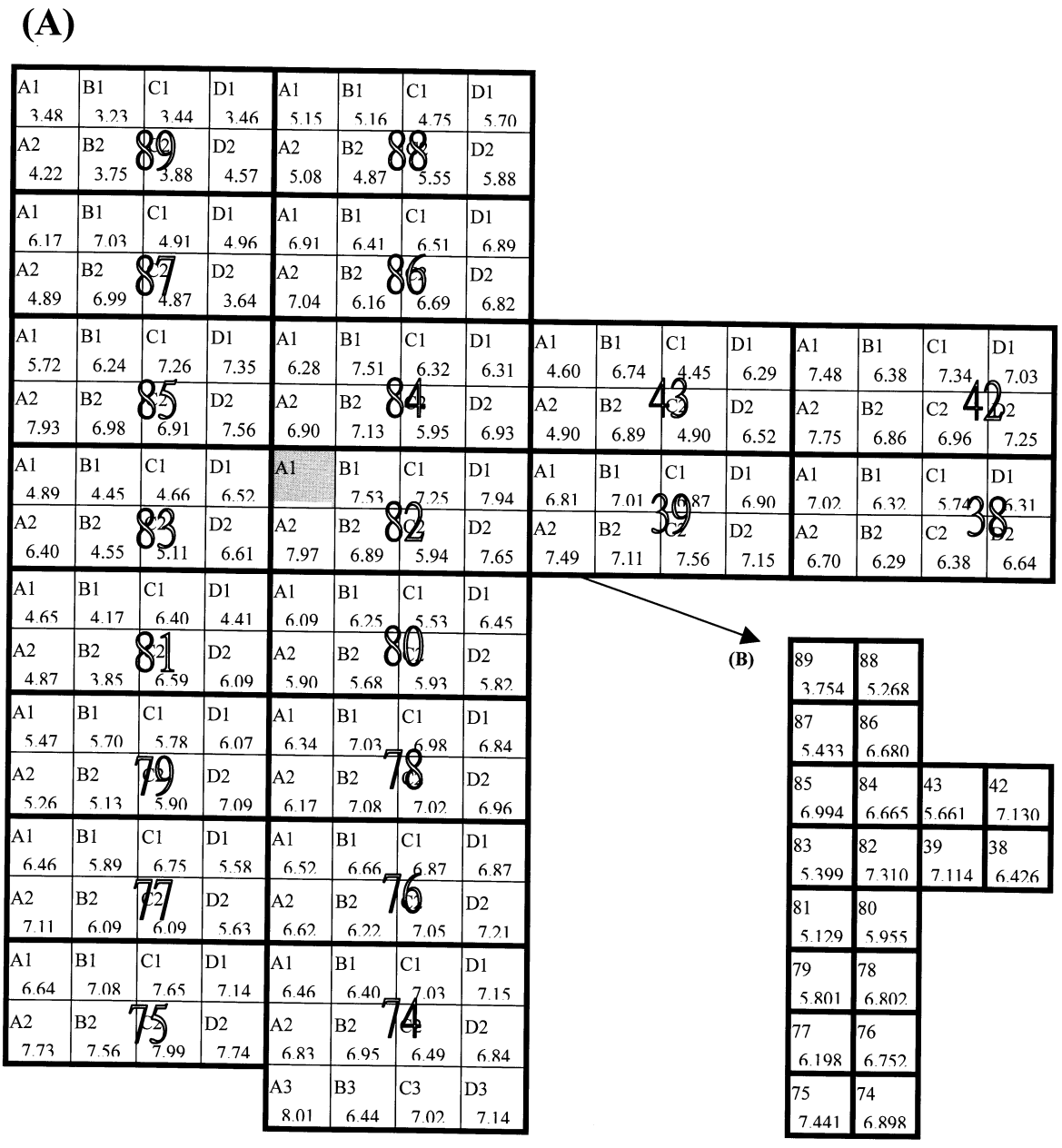


圖 5. 2002 年一期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。(1000 公斤/公頃；灰色區域為氣象站)

Fig.5. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the first cropping season of 2002. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

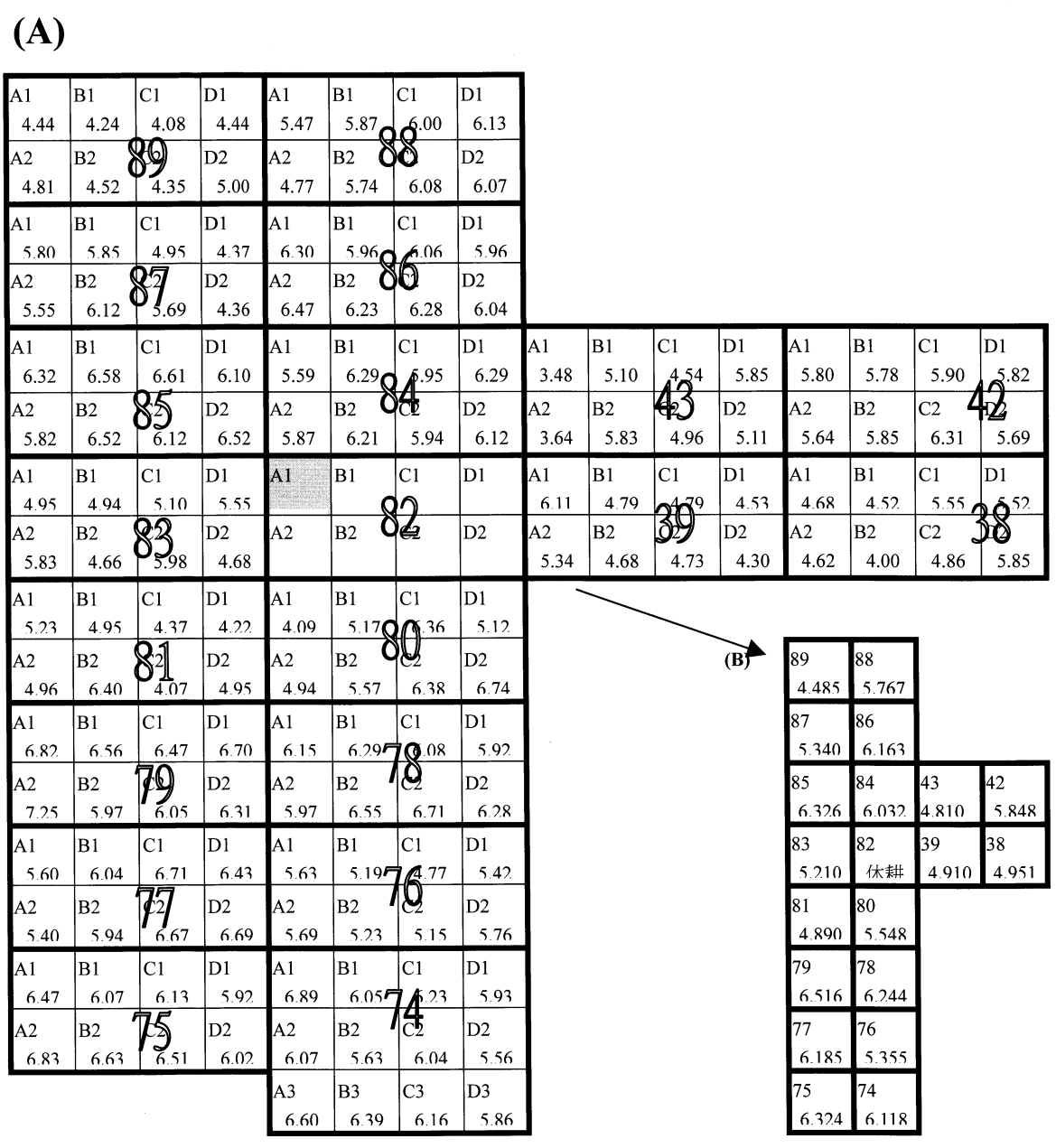


圖 6. 2002 年二期作水稻(A)小區產量圖，(B)田區平均產量圖。(1000 公斤/公頃；灰色區域為氣象站)

Fig.6. (A) Plot yield map and (B) averaged yield map of rice in the second cropping season of 2002. (1000kg/ha; grey area is the meteorological station)

三、結語

農業是一多方面之綜合體，影響因素繁多，時空差異和變異性大，生產穩定性和可控制性差，易遭受氣候、逆境及病蟲害等之侵襲，因此農業經營管理和決策的許多方面要求考慮空間因素之變化及爲必要之因應。作物之生產既涉及到廣泛的地域空間及時空變異之生態環境，從技術角度來看，需要更精細之認識及管理農田之空間資源，謀求基於空間變異之資訊，實施管理決策階層逐步精細化，又需兼顧實施方案之技術經濟與環境效益之可行性評估。就產業經營者而言，在進行精準農業時，應不只是單純謀求技術上之精準，應同時考量技術上之可行性，更要考慮成本、利潤及環境效益之系統優化目標。實際上現有農業應用之全球定位系統及其他支援系統也還未能達到精準技術實用上之要求，將來也不單只求滿足精準之層次上，而是要環繞系統管理決策之整體優化爲目標，實施空間變異管理尺度之合理精細化。將精準農業直接落實於田間之決策者或生產者(一般爲農民或企業化經營者)，提高生產者對精準農業管理的認識、態度與技能，實爲精準農業實際運用之主要關鍵。本所農場積極參與田間試驗，讓工作人員對此技術有理性之認識，這不僅可以減少農藥及肥料之使用次數、用量，也可提高使用效率，藉此構築成集約化精準農業管理之重要部分，以提昇技術水準供農場決策管理階層之用，將有助於嗣後農場人力運作安排、物料應用整備、農機具之改進調派以及農場整體操作管理之改進，預料將可使我國農業生產技術繼農業機械化後，邁向另一更高境界之指標。

四、誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助經費(89-遙測-4.1-糧-41，90 農科-4.1.1-農-C2，91 農科-5.1.3-農-C2，92 農科-1.1.6-農-C1)及其他各領域專業之指導協助，特此致謝。

五、引用文獻

王立平。1998。精確農業--一種新型農業。農業信息探索 2：1。

王克林、李文祥。2000。精確農業發展與農業生態工程創新。農業工程學報 16：5-8。

汪懋華。1999。精細農業發展與工程技術創新。農業工程學報 15：1-8。

林俊義、楊純明。1999。水稻精準農業(耕)體系之研究。p.2-5。行政院農業委員會農業試驗所，臺中縣。

楊純明。1999。發展精準農業之淺見。技術服務 10：2-8。

楊純明、林俊義。2002。應用於水稻精準農業體系之知識與技術。p.194-204。行政院農業委員會農業試驗所，臺中縣。

劉天成。2000。我國精準農業的發展方向與策略。農政與農情 91：33-36。

劉剛。2000。精細農業的技術組成、決策分析及在我國的應用實踐。農業現代化研 21：57-59

劉愛民、封志明。1999。現代精確農業。科技報導 11：1-5。

賴吉雄、楊清祥、陳邦華、陳志昇、劉嘉仁、陳烈夫、呂秀英。2001。精準農業水稻試驗農場之建立與運作。中華農業研究 50：77-87。

Blackmore, S. and M. Moore. 1999. Remedial correction of yield map data. Precision Agriculture 1:53-66.

Pierce, F. J. and P. Nowak. 1999. Aspects of precision agriculture. Advances in Agronomy 67:1-85.

Principles and Practice of Rice Farming Management for Precision Agriculture at ARI

Chi-Hsiung Lai, Ching-Hsiang Yang, Bang-Hua Chen, Chih-Sheng Chen, Chia-Jen Liu, Huen-Chang Wu, His-Chia Wu and and Lit-Fu Chan
Farm Management Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan
E-mail: leevchan@wufeng.tari.gov.tw

ABSTRACT

Precision agriculture is the application of technologies and principles to manage spatial and temporal variability associated with all aspects of agriculture production for the purposes of improving crop performance and environmental quality. Success in precision agriculture is related to how well it can be applied to assess, manage, and evaluate the space-time continuum in crop production. Its relevant techniques included the global positioning system, geographic information system, remote sensing technology , cultivation database, soil database, variable rate technology, automatic machine operation system, decision support system, on-the-fly data collection devices, management information system, expert system and yield mapping. To comply with the world trend and rebuild a new fact for Taiwan, we conducted a pilot project 'Studies on Precision farming System for Rice' at Agriculture Research Institute. The 10.83ha area of rice field was set up for functioning and operating precision farming. The field was composed of 164 adjacent blocks and each block was 25×25 square meter. Farmland is basal while proper management is essential to the success of precision agriculture. In order to lower the production cost and enhance the compatibility of the crop, this proposal concerned the adoption of improved mechanization techniques, modernized information system, and improved farm management skills to the large-scale culture of rice. Through improvement work during the experiments of six cropping seasons in 2000-2002, the present farm management could satisfy the requirement of precision agriculture. It is concluded that this proposal could lead to development of the potential system.

Key words: Precision agriculture, Rice farming, Practical management.