

## 8 稻株氮營養狀態檢測技術

李裕娟<sup>1</sup> 張愛華<sup>2</sup> 申雍<sup>3</sup> 章國威<sup>4</sup> 楊純明<sup>1</sup> 羅正宗<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業試驗所農藝組

<sup>2</sup> 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

<sup>3</sup> 國立中興大學土壤環境科學系

<sup>4</sup> 國立中興大學植物研究所

<sup>5</sup> 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所農藝組

E-mail: yjlee@wufeng.tari.gov.tw

摘要	102
壹、前言	103
貳、材料與方法	103
參、結果與討論	105
肆、引用文獻	109

## 8 稻株氮營養狀態檢測技術

李裕娟<sup>1</sup> 張愛華<sup>2</sup> 申雍<sup>3</sup> 章國威<sup>4</sup> 楊純明<sup>1</sup> 羅正宗<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業試驗所農藝組

<sup>2</sup> 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

<sup>3</sup> 國立中興大學土壤環境科學系

<sup>4</sup> 國立中興大學植物研究所

<sup>5</sup> 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所農藝組

E-mail: yjlee@wufeng.tari.gov.tw

### 摘 要

本研究之目標在開發以遙測技術檢測稻株氮營養狀況的方法。試驗分別在行政院農業委員會農業試驗所農場和嘉義分所溪口農場進行，以台農67號(*Oryza sativa* L.)為試驗品種。1999年一、二期作進行之氮肥缺乏試驗，處理田不施肥而對照田為正常施肥。試驗結果顯示，不施肥田區葉片葉綠素和氮素含量在全生育期皆較正常施肥田區為低，且一、二期作稻株葉綠素和氮素含量成顯著正相關( $r_{1st}=0.744, r_{2nd}=0.837$ )，而營養、生殖生長性狀皆以不施肥田區較正常施肥田區差。光譜特徵波長分析指出，以735 nm的微分值可拉大其氮肥處理差距，以不施肥田區的微分值較正常施肥田區低。2000年一期作在嘉義分所的不等氮肥試驗的結果顯示，735 nm的微分值與水稻幼穗形成期的氮素含量成顯著正相關( $r=0.927$ )。2001年一期作在嘉義分所進行的不同等級氮肥施用試驗(0、45、90、180 kg N ha<sup>-1</sup>)的結果顯示，以735 nm的微分值可拉大不等氮肥的級距比較，惟在90 kg和180 kg間難以區分。2001年一期作在農試所內所進行的水稻不同等級氮肥(0、60、120、180 kg N ha<sup>-1</sup>)試驗，以幼穗形成期的稻株氮素含量和735nm的微分值有顯著正相關( $r=0.737$ )，而分蘖盛期所分析的稻株氮素含量，則與735nm的微分值相關性較低。

**關鍵詞：**水稻(*Oryza sativa* L.)、反射比值、葉綠素濃度、氮素、生長期。

## 壹、前言

稻米是國人之首要糧食，更因稻之栽培兼具生活、生產與生態性，近年來雖然台灣地區經濟與農業環境改變，但稻之栽培對台灣地區永續發展之重要性則益趨重要。氮素為水稻生產所需元素中最重要，增施氮肥雖然對稻穀生產貢獻很大，在一定的氮肥施用量下，稻穀產量隨氮肥施用量增加而增加，且氮肥施用過量或施用時期不當，穀粒發育會停止，導致死米及乳白米的增加(侯，1988)，適度氮肥之施用對稻米糙米率、白米率及完整米率有正面的貢獻(宋，1980)。一般而言，米粒外觀差者施氮量與米質間無一定趨勢，米質外觀佳者，氮肥施用量愈少愈好(陳，1987)，氮肥施用過量(一期作 $140 \text{ kg N ha}^{-1}$ ，二期作 $90 \text{ kg N ha}^{-1}$ 以內)對米質反而有負面的影響(賴等，1997)。因此水稻植株若能正確而適時的施用氮肥，不但能穩定產量且對提高稻米品質亦有助益(張，1988)。水稻在營養生長期和幼穗形成期兩個關鍵時期，其稻株植體氮素的供應最為重要，植體氮濃度愈高，分蘗數和葉面積愈多，但若氮肥供給過多，又易造成氮的毒害，或因營養器官過度繁茂導致光照不足，使穀粒填充不飽滿，影響稻米品質。

遙測技術在農業經營管理上具有應用的潛力，惟仍存在某些限制因素。輻射光譜遙測技術為非破壞性的檢測方法，能及時又大面積的檢(偵)測作物，隨著資訊設備的提升可自動化系統快速處理分析大量資料。光譜遙測在農業生產上的應用很廣，如各種農業災害所造成農作物的損失估計、氣象環境的影響、作物逆境研究、土壤學上區分農田種類及外在環境造成的

改變等。葉片的反射光譜主要受葉綠素吸收的影響，呈現在藍光與紅光段較弱而在綠光段較強的分佈，且各光段的反射值隨葉綠素濃度增加而下降。Thomas and Oerther(1972)試以甜椒葉片反射率估測含氮量，發現與傳統的Kjeldahl法測值僅0.7%差異；Blackmer *et al.* (1994)指出玉米葉片在不同氮肥施用量的田區，其葉片在550nm的反射量與氮肥施用量成反比，因此利用光譜儀在550nm的反射值藉以估算田間玉米植株含氮值之高低。當氮缺乏時，葉片在可見光區的反射會因葉綠素濃度降低而增加，在近紅外光區的反射值因細胞層數減少而降低(Thomas and Oerther, 1972; Blackmer *et al.*, 1996)。氮肥對玉米(Walburg *et al.*, 1982)和小麥(Stanhill *et al.*, 1972)植被反射光譜的變化的影響曾被提出，由於氮肥改變作物的葉面積、乾物重、株高、葉綠素濃度、地面覆蓋率等(Inoue and Iwasaki, 1991; Price and Bausch, 1995; 楊與蘇，1997; Yang and Su, 1998a, 1998b)因素而改變植被的反射光譜，故可利用植被反射光譜的空間變異評估作物氮營養的空間分布。

玉米雜交種其葉片葉綠素含量和氮素含量呈密切的正相關關係，若以葉綠素測計(Minolta SPAD-502 chlorophyll meter)測得的讀值亦與葉綠素含量、氮素含量呈密切正相關。大部分作物在逆境時，其葉綠素含量和綠度皆會降低，故生產者即可推測植體氮素的缺乏。葉綠素測計係依據作物葉片在650 nm的穿透率和葉綠素濃度間的良好對應關係設計而成，惟對作物氮素在田間空間上的分布情形不易顯現(Schepers *et al.*, 1992; Blackmer *et al.*, 1994)。

水稻是台灣地區栽培面積最廣的作物，若能採用精準的肥培管理，適時適量的施用氮肥，除了具有提高稻作產量和施肥的經濟效益外，更可以減少氮肥施用過多的污染，也具有維護生態環境的積極意義。

## 貳、材料與方法

在1999年一、二期作，將水稻(*Oryza sativa* L.)台農67號品種稻苗以南北向機插於行政院農業委員會農業試驗所農場(臺中縣霧峰鄉)，土壤質地為壤土。試驗處理田區為完全不施肥，對照田區為正常施肥，試驗採完全逢機設計(CRD)，4重覆。

生育期間施用對照田區以硫銨 $200 \text{ kg ha}^{-1}$ 為基肥，第一次追肥以臺肥39號複合肥料 $200 \text{ kg ha}^{-1}$ 於插秧後28天實施，第二次追肥以尿素 $100 \text{ kg ha}^{-1}$ 在抽穗1-2週前施用。以8%丁拉殺丹粒劑 $30 \text{ kg ha}^{-1}$ 在插秧後施用以防除雜草，另於插秧後28天於施肥前人工除草一次。有需要防治稻熱病及福壽螺時，以三苯醋錫 $15-20 \text{ kg ha}^{-1}$ 噴施(李等，2002)。

在2001年一期作，將水稻(*Oryza sativa* L.)台農67號品種機插於行政院農業委員會農業試驗所農場，試驗田區氮肥處理分為0、60、120、 $180 \text{ kg N ha}^{-1}$ 四種，試驗採完全逢機設計(CRD)，4重覆。

另於2000年一期作在農業試驗所嘉義分所溪口農場種植台農67號，氮肥處理以硫銨分為0、90、 $180 \text{ kg N ha}^{-1}$ 三種。2001年一期作在農業試驗所嘉義分所溪口農場種植台農67號，氮肥處理以硫銨分為0、45、90、 $180 \text{ kg N ha}^{-1}$ 四種以造成生育性狀上的差別，分成基肥、追肥、穗肥三次

施用，每次各施入氮肥用量之三分之一，每試區面積至少 $50 \text{ m}^2$ ，各處理三重複。

全生育期水稻植冠反射光譜之調查，於每1-2週以可攜式光譜儀(LI-1800，LICOR)測定植冠反射光譜，波長測定範圍為350-1100 nm，光譜解析度為2 nm(霧峰本所)和10 nm(嘉義分所溪口農場)。測定時，測定人員於測點的北側，將遠端接收器(LI-1800-02 remote cosine receptor，LI-COR)伸出約1.5 m置於水稻植冠上方約1 m處，並側向站立以儘量減少測定人員本身產生的干擾，儘快反覆測量入射及反射光譜各三次。由於進行測量時，入射之日射量仍有可能有微小的變動，因此每次量測所得之入射或反射光譜強度，均除以同時由可見光感測器(LI-190 quantum sensor，LI-COR)量得之總入射可見光量，再由三次入射與反射測定之平均值計算植被的反射光譜。所有植被反射光譜的量測工作皆於上午十時至下午二時以前完成，以減少反射光譜受太陽入射角變動之影響。

葉片之葉綠素總量(total chlorophyll)於插秧後配合光譜量測定期取樣分析(1999年霧峰一、二期作)，以追蹤生育期間之變化。葉綠素化學分析方法採自Arnon(1949)修正法(Lee and Yang, 1999)，除了生育初期之外，每次取樣各品種均自每一重覆小區逢機割取4叢，取4叢平均為小區代表值，再以4重覆小區均值進行分析。每叢葉片打取圓形樣本分析葉片葉綠素。樣本先經海砂(約0.1 g)混合添加液態氮(約2 ml)以杵磨碎，加入80%丙酮萃取，再以2500 rpm(825 g)離心10 min，取上層溶液以光電比色計(Beckman model DU-68)讀取吸收率測值，再以下列公式計算葉綠素總量：

Total chlorophyll (mg) =  $(D_{652} \times V) / 34.5 \times W$

其中， $D_{\lambda}$  為在  $\lambda$  波長(nm)之吸收率測值， $V$  為上層溶液之容積(ml)， $W$  為葉片樣本或全株樣本之鮮重(g)。

水稻植體氮素測定，採集每試區幼穗形成期時之稻株樣品，攜回實驗室以60°C烘乾後磨碎，以蒸餾法分析植體內全氮濃度。

### 參、結果與討論

1999年水稻一、二期作以台農67號為試驗材料，氮肥之施用與否是否造成水稻植被反射光譜之差異。圖1顯示台農67號一、二期作處理田區與對照田區在幼穗形成期之植被反射光譜之差異，在可見光波段，氮肥的施用與否的差異極小，因此不易以綠光段反射波長之反射率來辨識，亦很難以目視法來區別稻株的氮營養狀況。水稻植被在近紅外光的反射值正常施肥田區(對照田區)較處理田區高，正常施肥田區因氮肥供應無缺，稻株葉面積和葉片鮮重皆較處理田區高(李等，2002)，因而提高植被對近紅外光的反射。二期作的處理間差異較一期作大，因二期作稻株在生長初期溫度較高，生長快速而茂盛，氮肥供應需求較多，處理田區稻株不若對照田區茂密，所以近紅外光的反射亦減少。依光譜特徵波長的分佈情形，將350-1100 nm波長的反射光譜作一次微分(圖2)，735 nm的一次微分值可拉大其氮肥處理差距之趨勢，以不施肥田區的分值較正常施肥田區低。

不施肥田區葉片葉綠素和氮素含量在全生育期皆較正常施肥田區為低，在水稻

生長初期，葉片葉綠素含量稍高，隨生長期之延長，葉綠素含量逐漸下降，葉片氮素含量與葉綠素相似(一、二期作趨勢相同)，若將兩者做相關關係，則兩者成直線正相關(圖3,  $r_{1st}=0.744, r_{2nd}=0.837$ )。葉片葉綠素濃度愈高，光合成能力提高，因而葉片氮素含量亦隨之增加。一般言高葉綠素含量吸收較多光能，在較高光照環境下愈能促進光合作用的進行(Hesketh, 1963; Sestak, 1966)。另一方面植體葉綠素含量(或濃度)較多者，也反應出處於較高氮素含量(或濃度)狀態，由於氮素含量與光合作用率之密切相關而再間接支持高葉綠素含量有助於光合成的例證(Johnkutty and Palaniappan, 1996; Masoni *et al.*, 1996; Ladha *et al.*, 1998; Peng *et al.*, 1995)。在水稻研究上，葉綠素含量被發現與葉片及莖稈之氮素呈現正相關(Johnkutty and Palaniappan, 1996; Ladha *et al.*, 1998; Peng *et al.*, 1995)，且與產量關係密切(Johnkutty and Palaniappan, 1996)。

2000年一期作在嘉義溪口農場種植的台農67號，氮肥處理以硫銨分為0、90、180 kg N ha<sup>-1</sup>三種；2001年一期作在嘉義溪口農場種植的台農67號，氮肥處理以硫銨分為0、45、90、180 kg N ha<sup>-1</sup>四種以造成生育性狀上的差別。在幼穗形成期的植被反射光譜(圖4A)之近紅外光的反射值隨氮肥含量愈高而提高，顯示不同等級的氮肥處理在近紅外光波段可區分出，惟等級差距愈小、施肥量愈高，愈不易區分。因90 kg N ha<sup>-1</sup>的氮肥用量已接近充分供給，90和180 kg N ha<sup>-1</sup>植被生長狀況差異亦小。雖然稻株體內氮缺乏的情形會反應於藍光段、紅光段與近紅外光段反射值的高低，但是利用遙測影像分析時，一般缺乏

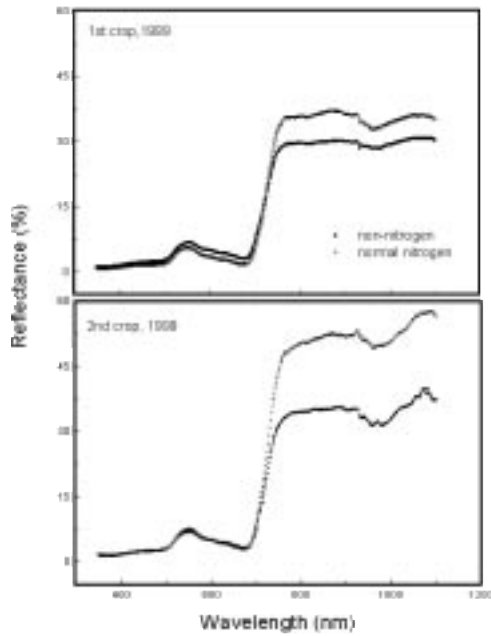


圖 1. 台農67號1999年一、二期作水稻幼穗形成期之植被反射光譜曲線。

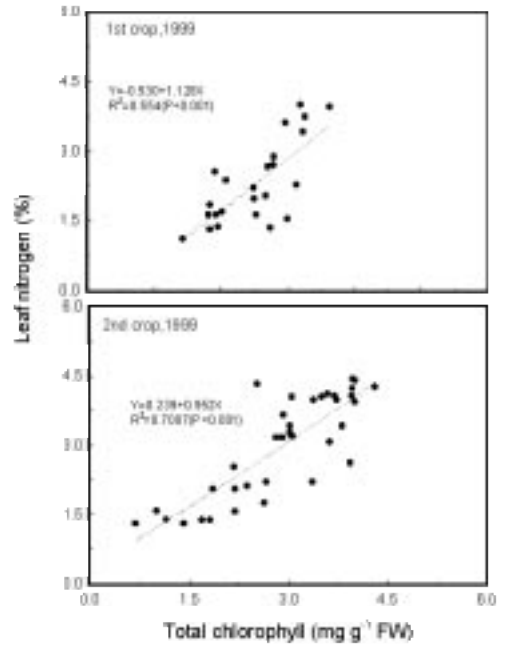


圖 3. 台農67號1999年一、二期作幼穗形成期水稻葉片氮素與葉綠素含量之相關關係。

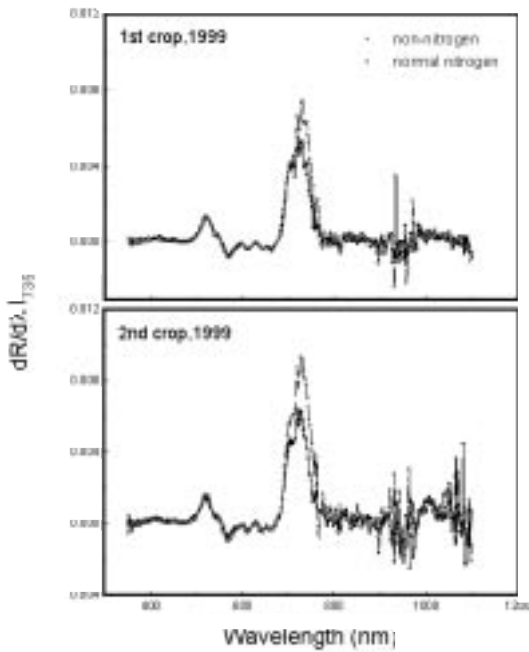


圖 2. 台農67號1999年一、二期作水稻幼穗形成期之植被反射光譜曲線一次微分分布圖。

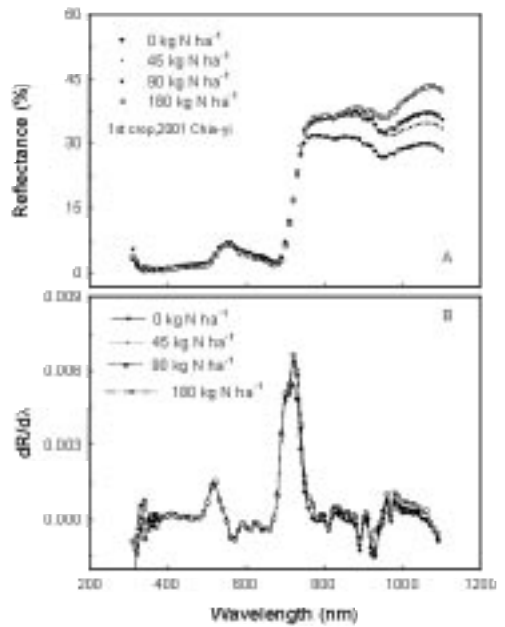


圖 4. 台農67號2001年一期作嘉義溪口農場種植不同氮肥處理幼穗形成期之植被光譜曲線 (A) 和一次微分分布圖 (B)。

入射日射強度的資料，因此不能直接以單波段反射值的高低進行鑑別，常以波段比值法予以克服(Lillesand and Kiefer, 1994)。計算兩波段的反射值的比值，再獲得不同氮肥處理間的百分比，探討處理間的差異是否因波段不同而有不同的效果。表1是2000年嘉義一期作在不同生育時期的紅光段(R, 610-680 nm)、近紅外光段(IR, 790-890 nm)和NDVI(標準差植被指數)，在0 kg N ha<sup>-1</sup>和90、180 kg N ha<sup>-1</sup>兩者可以區分其差異，而近紅外光段/紅光段(IR/R, SRVI)在90、180 kg N ha<sup>-1</sup>之間則較易辨別。若將2001年嘉義一期作台農67號不同氮肥處理的水稻植被反射光進行微分(圖4B)，在波長735 nm的一次微分值有明顯差異，亦可拉大90與180 kg N ha<sup>-1</sup>之差距

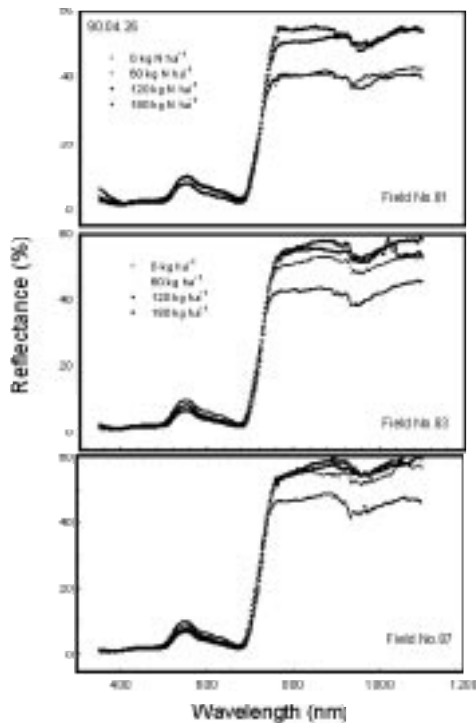


圖 5. 台農67號2001年一期作四種氮肥處理在三個田區的水稻幼穗形成期之植被反射光譜曲線

(表1)，因氮肥處理效應使得紅光段和近紅外光段的反射值差距增大，進而影響紅光段與近紅外光段地帶的斜率變化加劇。此外一次微分亦具有去除土壤背景干擾之作用(Steven *et al.*, 1990)，因此適合作為鑑別稻株氮營養狀況之特徵值。

2001年一期作在霧峰本所的試驗結果顯示(圖5)，在幼穗形成期的近紅外光波段隨氮肥施用量之增加而提高，其現象如同嘉義溪口農場，在三個不同的試驗田區四種氮肥處理的趨勢亦類似。計算紅光段和近紅外光段及兩者(SRVI)百分比(表2)，標準差植被指數(NDVI)百分比，再將植被反射光譜曲線作一次微分，計算不同氮肥施用量於735 nm微分值的百分比，G/R及NDVI的百分比在四個氮肥施用量之差異

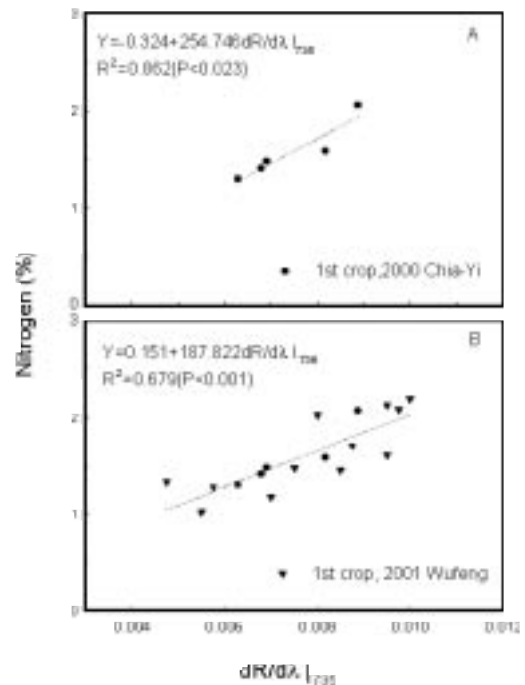


圖 6. 台農67號幼穗形成期植被反射光譜在735 nm的微分值與植株氮素含量之相關關係 (A:2000年嘉義一期作, B:2001年霧峰一期作)

表1. 台農67號2001年一期作嘉義溪口農場種植不同氮肥處理在不同生長期之SRVI、NDVI及735 nm一次微分值及其百分比。

Date	3/29				4/14				4/25			
kg ha <sup>-1</sup>	0	45	90	180	0	45	90	180	0	45	90	180
Indices												
SRVI	3.72	4.34	5.51	9.18	8.69	9.91	10.36	12.54	8.87	11.75	11.31	13.05
NDVI	0.58	0.63	0.69	0.80	0.79	0.82	0.82	0.85	0.80	0.84	0.84	0.86
dR/dλ   <sub>735</sub> *	2.21	3.50	3.26	4.68	5.18	5.25	5.76	6.70	4.82	5.70	5.81	6.02
Distribution												
SRVI	40.47	47.22	60.03	100.00	69.31	79.03	82.64	100.00	67.98	90.09	86.72	100.00
NDVI	71.67	77.81	86.23	100.00	93.12	95.82	96.68	100.00	92.97	98.32	97.66	100.00
dR/dλ   <sub>735</sub>	47.29	74.70	69.67	100.00	77.40	78.42	86.06	100.00	80.00	94.65	96.42	100.00

\*: dR/dλ |<sub>735</sub> × 1E3

表2. 台農67號2001年一期作農業試驗所霧峰本所農場種植不同氮肥處理在幼穗形成期之SRVI、NDVI及735 nm一次微分值及其百分比。

Field No.	81				83				87			
kg ha <sup>-1</sup>	0	60	120	180	0	60	120	180	0	60	120	180
Indices												
SRVI	9.48	7.98	16.04	16.78	10.53	16.79	17.71	21.92	11.37	16.17	18.29	20.94
NDVI	0.81	0.78	0.88	0.89	0.83	0.89	0.89	0.91	0.84	0.88	0.90	0.91
dR/dλ   <sub>735</sub> *	5.50	4.75	7.50	9.50	5.75	8.50	8.75	10.00	7.00	9.50	8.00	9.75
Distribution												
SRVI	56.48	47.55	95.59	100.00	48.01	76.60	80.77	100.00	54.29	77.25	87.34	100.00
NDVI	91.16	87.58	99.45	100.00	90.55	97.24	97.85	100.00	92.24	97.22	98.62	100.00
dR/dλ   <sub>735</sub>	57.89	50.00	78.95	100.00	57.50	85.00	87.50	100.00	70.78	96.40	83.38	100.00

\*: dR/dλ |<sub>735</sub> × 1E3



很小，而SRVI 和735 nm微分值的百分比則較易區分出不同氮肥等級，惟不同等級之氮肥並不能很精準的顯示出等級差異，如0和60 kg N ha<sup>-1</sup>、60和120 kg N ha<sup>-1</sup>之區分。

爲了進一步瞭解稻株體內氮濃度與光譜微分值之關係，將2000年一期作在嘉義溪口農場種植的台農67號三種氮肥處理，在幼穗形成期測得的稻株體內氮濃度與735 nm微分值，兩者相關關係成線性正相關(圖6A)，決定係數R<sup>2</sup>爲0.862(相關係數r爲0.927)達顯著水準；另2001年一期作在霧峰本所農場的台農67號四種氮肥處理的稻株氮濃度與735 nm之微分值，兩者做相關關係再與2000年嘉義一期作數據合併繪圖(圖6B)，決定係數R<sup>2</sup>爲0.679達顯著正相關，兩個種植地點的資料可合併做相關，顯示不同區域的試驗效果類似，即由水稻植被反射光譜在735 nm的微分值之高低，來判釋稻株體內氮濃度，作爲氮肥施用量的依據。本人建議，在達到實用之前，尚需累積不同地點、不同期作的植被光譜和稻株氮濃度的資料，才能進一步建立判斷稻株體內氮營養狀況的完整模式，應用於精準農耕系統中之有效施肥措施。

## 肆、引用文獻

1. 宋勳。1980。施肥法影響水稻碾米品質之研究。台中區農業改良場研究彙報新3：220-223。
2. 李裕娟、楊純明、張愛華。2002。施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響。中華農業研究 51(1):1-14。
3. 侯福分。1988。肥料對稻米品質之影響。稻米品質研討會專集。242-248頁。台中區改良場編印。
4. 陳一心。1987。增施有機肥提高稻米品質之研究。40-62頁。75農建-2.2-糧-78計畫報告書。
5. 張正賢。1988。稻作學精要。國立編譯館。
6. 賴明信、陳正昌、郭益全、陳治官、李長沛、曾東海、林英俊。1997。現行水稻推品種生產力與氮肥用量之關係 II. 氮肥用量對水稻品質性狀之影響。中華農業研究 46(1):1-14。
7. 楊純明、蘇慕容。1997。水稻族群植冠反射光譜之分析。中華農業氣象 (2):87-95。
8. Arnon, D.I. 1949 Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.
9. Blackmer, T. M., J. S. Schepers and G. E. Varvel. 1994. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. Agron. J. 86:934-938.
10. Blackmer, T. M., J. S. Schepers, G. E. Varvel and E. A. Walter-Shea. 1996. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. Agron. J. 88:1-5.
11. Bullock, D. G. and D. S. Anderson. 1998. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. J. Plant Nutri. 21:741-755.
12. Hesketh, J.D. 1963. Limitations to photosynthesis response of photosynthesis to light. Crop Sci. 19:54-58.
13. Inoue, Y., S. Morinaga and M. Shibayama. 1993. Non-destructive estimation of water status of intact crop leaves based on spectral reflectance

- measurements. *Jpn. J. Crop Sci.* 62:462-469.
14. Johnkutty, I. And S.P. Palaniappan. 1996. Use of chlorophyll meter for nitrogen management in lowland rice. *Fertilizer Res.* 45:21-24.
  15. Ladha, J. K., A. Tirol-Padre, G.C. Punzalan, E. Castillo, U. Singh and C.K. Reddy. 1998. Nondestructive estimation of shoot nitrogen in different rice genotypes. *Agron. J.* 90:33-40.
  16. Lee, Y.-J. and C.-M. Yang. 1999. Relationship of plant growth and chlorophyll content in field-grown rice. *Chinese J. Agromet.* 6:191-200.
  17. Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3rd ed. John Wiley & Sons.
  18. Masoni, A., L. Ercoli and M. Mariotti. 1996. Spectral properties of leaves deficient in iron, sulfur, magnesium, and manganese. *Agron. J.* 88:937-943.
  19. Peng, S., R.C. Laza, F.V. Garcia and K.G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf-based nitrogen concentration of rice. *Commoun soil Sci. Plant Anal.* 26:927-935.
  20. Price, J. C. and W. C. Bausch. 1995. Leaf area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. *Remote Sens. Environ.* 52:55-65.
  21. Schepers, J. S., D. D. Franics, M. F. Vigil and E. E. Below. 1992. Comparisions of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23:2173-2187.
  22. Sestak, Z. 1966. Limitations for finding a linear relationship between chlorophyll content and photosynthetic activity. *Biol. Plant.* 8:336-346.
  23. Stanhill, G., V. Kalkofi, M. Fuchs and Y. Kagan. 1972. The effects if fertilizer applications on solar reflectance from a wheat crop. *Isael J. Agric. Res.* 22: 109-118.
  24. Steven, M. D., T.J. Malthus, T.H. Demetriades-Shah, F.M. Danson and J.A. Clark. 1990. High-spectral resolution indices for crop stress. p.209-227. In: "Applications of Remote Sensing in Agriculture". Steven, M.D. and J. A. Clark. (eds.) Butterworths, London.
  25. Thomas, J. R. and G. F. Oerther. 1972. Estimating nitrogen content of sweet pepper leaves by reflectance measurements. *Agron. J.* 64: 845-847.
  26. Walburg, G., M. E. Bauer, C.S.T. Daughtry and T. L. Housley. 1982. Effects if nitrogen nutrition on the growth, yield, and reflectance characteristics of corn canopies. *Agron. J.* 74:677-683.
  27. Yang C.-M. and M. -R. Su. 1998a. Correlation of spectral reflectance to growth in rice vegetation. *Proceedings of the 19th Asian conference on remote sensing*. A1-1-1-A1-1-6.
  28. Yang C.-M. and M. -R. Su. 1998b. Seasonal variations of reflectance of reflectance spectrum and vegetation index in rice vegetation cover. p.574-593. In: *Proceed. 3rd Asian crop Sci. Conf.* 27 April-2 May, 1998, Natl. Museum of Natural Sci., Taiwan (ROC):574-593.

## 8 Techniques to Detect Nitrogen Content of Rice Plants

Yuh-Jyuan Lee<sup>1</sup>, Ay-Hwa Chang<sup>2</sup>, Yuan Shen<sup>4</sup>, Kuo-Wei Chang<sup>4</sup>,  
Chwen-Ming Yang<sup>1</sup> and Jeng-Chung Lo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng,  
Taichung Hsien 413, Taiwan, ROC

<sup>2</sup> Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute,  
Wufeng, Taichung Hsien 413, Taiwan, ROC

<sup>3</sup> Department of Soil & Environmental Sciences, National Chung Hsing University,  
Taichung 402, Taiwan, ROC

<sup>4</sup> Department of Botany, National Chung Hsing University, Taichung 402,  
Taiwan, ROC

<sup>5</sup> Chiayi Agricultural Station, Taiwan Agricultural Research Institute,  
Chiayi 600, Taiwan, ROC

E-mail: yjlee@wufeng.tari.gov.tw

### ABSTRACT

This study was intended to develop remote sensing technique and to identify spectral characteristics associated with nitrogen content of rice plants and to establish their quantitative relationships. Field experiments were conducted in the experimental farms in Taiwan Agricultural Research Institute and Chia-Yi Agricultural Research Branch Station, TARI., using Tainung 67 (*Oryza sativa* L.) cultivar. Nitrogen deficiency experiment conducted in the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> crops of 1999 at TARI indicated that chlorophyll concentration and nitrogen content of non-nitrogen applied plants were lower than those applied with adequate nitrogen fertilizer. The vegetative and reproductive growth at non-nitrogen field was less than those at normal nitrogen field. Canopy reflectance spectral difference among nitrogen treatments could be easily identified by spectral differential techniques. Nitrogen field experiments conducted at experimental farm at Chia-Yi in the 1<sup>st</sup> crop of 2000 indicated that the relationship between the nitrogen content plants in the of panicle formation stage and first derivative value at 735nm was positive linearly correlated ( $r=0.937$ ). Nitrogen field experiments, 0,45,90, and 180 kg ha<sup>-1</sup>, conducted at experimental

farm at Chia-Yi in the 1<sup>st</sup> crop 2001 indicated that differences among treatments could be amplified by first derivative differential of canopy spectral at 735nm, but the differences between 90 and 180 kg ha<sup>-1</sup> treatments were small. Nitrogen experiments were also conducted at farm of Taiwan Agricultural Research Institute, in the 1<sup>st</sup> crops of 2001 with 0,60,120,180 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen treatment. The relationship between the nitrogen content plants in the of panicle formation stage and first derivative value at 735nm was positive linearly correlated ( $r=0.737$ ). However, the correlation was not as good as at the maximum tillering number stage.

**Key words:** Rice (*Oryza sativa* L.), Reflectance, Chlorophyll concentration, Nitrogen content, Growth stage.