

# 利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素<sup>1</sup>

楊純明<sup>2,3</sup>

## 摘要

楊純明。2003。利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素。中華農業研究: 52:73~83。

本文研究在行政院農委會農業試驗所農場(臺中縣霧峰鄉)進行,調查 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作(二年四期作)之水稻生育期間稻株葉片葉綠素總量與氮素含量及葉綠素測計讀值,分析葉綠素與氮素含量關係,再釐清是否可以利用葉綠素測計讀值估測葉綠素及氮素之變化,並比較期作間差異。根據試驗結果,發現葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值均隨著稻株生育進展而呈現下降趨勢,此一表現不受本試驗不同等級氮肥施用量之影響。續將稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量進行相關分析,發現一、二期稻作皆可以直線正相關表示兩變數的關係,且由於兩期稻作資料經虛擬變數檢定為不顯著,乃進一步將兩期作資料合併分析,兩變數之間仍為顯著直線正相關( $R^2=0.615$ ,  $P<0.0001$ )。又試驗分析亦顯示,稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係十分密切,可適用於直線相關,一、二期稻作之決定係數( $R^2$ )分別為 0.758 及 0.862(圖 3)。兩期作資料經虛擬變數檢定為不顯著,其合併分析亦顯示兩變數間為顯著直線正相關( $R^2=0.784$ ,  $P<0.0001$ )。基於前述二項分析,乃將葉片氮素含量與葉綠素測計讀值進行相關分析,發現兩者在統計上無論期作均為顯著直線正相關,一、二期稻作之決定係數分別為 0.574 及 0.439,並且可以合併分析產生兩期稻作共用之迴歸方程式( $R^2=0.411$ ,  $P<0.0001$ )。綜合試驗結果,在本研究採用之水稻品種臺農 67 號,建議可以利用葉綠素測計讀值推估稻株葉片之葉綠素與氮素含量,此一功能在氮肥管理上具有應用意義。

**關鍵詞：**水稻、葉綠素測計、葉綠素總量、氮素含量、氮肥管理。

## 前言

臺灣地區水稻的生產,除了受到客觀的環境因子影響之外,多仰賴農民專業而主動的栽培管理和肥料使用決定產量與品質。在所施用的肥料元素當中,氮素是影響水稻生產的要素之一,尤其對水稻增產之效應超過其他營養元素的增補作用。雖然氮素的供給,可以分別取自土壤、空氣及肥料等不同來源,對大多數農作物而言,則是以施用有機或無機肥料為大宗。所以,欲獲得令人滿意的生產質量,控制適當的氮素肥料施用是必需的,包括施用時期、施用量與施用方法均需合宜。

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第 2147 號。接受日期: 92 年 4 月 16 日。
2. 本所農藝組研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者, 電子郵件: cmyang@wufeng.tari.gov.tw; 傳真機: (04)23396057。

土壤中的氮素將因稻株生育的吸收利用及各種因素流失，因此需要視狀況添補氮肥，提供稻株生育過程的需求。然而水田氮肥的管理頗具挑戰性，因為氮素在浸潤的水田中有若干流失途徑，占稻田最大比例的氮素逸釋乃屬於細菌性將硝酸鹽( $\text{NO}_3^-$ )轉換為氮氣( $\text{N}_2$ )逸失的過程，在自然狀態下隨時發生。如何依照稻株的生育情形，予以適時適法適量的施用氮素肥料，遂成為稻田氮肥管理的首要課題。

氮素是植物光合作用工廠葉綠素的構成元素之一，可以預見水稻植體氮素狀態與葉綠素含量的關係十分密切，故經由葉綠素的量測來估測氮素狀態符合理論邏輯。依據李等(2002)試驗結果顯示，施用氮肥田區的稻株之氮素、葉綠素及生長性狀皆高於不施氮肥田區之稻株，甚且影響植被反射光譜曲線之變化。其報告又進一步發現，以幼穗分化至抽穗期間之穗形成期近紅外光波段，可以區分施用氮肥與否，而且稻株葉片氮素含量與葉片或地上部植體的葉綠素總量均具有顯著正相關。因此，倘能正確的量測水稻葉片或地上部植體之葉綠素總量，將能藉由葉綠素與氮素之關係推估稻株葉片之氮素狀態。惟不同期作及年份間的環境不一，可能會改變葉綠素與氮素之關係，兩者關係曲線之適用性仍需要繼續探究與比對多年期資料求證。

量測葉綠素的方法有多種，其中利用葉綠素測計(chlorophyll meter)讀取測值，再經檢量線估算出葉綠素含量，是一種便捷而快速的量測方式。此一物理性方法操作簡易，關鍵點在於建立正確而完整的測計讀值與實測葉綠素值的檢量線，使可容納廣泛的讀值變異而適用於不同年份及期作。本文研究旨在調查水稻生育期間之葉綠素與氮素含量，分析兩者關係，再釐清是否可以利用葉綠素測計讀值估測葉綠素及氮素之變化，並比較期作間差異，俾評估未來從事於在稻田氮肥管理上應用之可行性。

## 材料與方法

### 稻作栽培

本項研究之田間試驗包括 2000 年、2001 年之二期稻作及 2001 年、2002 年之一期稻作，計有二年四期作，參試水稻(*Oryza sativa* L.)品種為臺農 67 號(TNG 67)，以南北向機插(每叢 3-5 株)於行政院農業委員會農業試驗所農場(臺中縣霧峰鄉)，行株距  $0.3 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ 。田區土壤質地為酸性壤土，酸鹼值 5.2，有機質 1.22%。試驗田區劃分成六小區，每小區長 50 m、寬 6 m，由東向西依序分施 0、30、60、90、120 及  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  等六不同等級氮肥。氮肥用量均分三次施用，第一次以臺肥 39 號複合肥料(N:P:K = 12%:18%:12%，臺灣肥料公司，高雄市)為基肥，於插秧後一週內施用；第二次以硫酸銨為追肥，於插秧後 3 週(二期作)或 4 週(一期作)實施；第三次仍以硫酸銨為穗肥，在抽穗前 1-2 週施用。在雜草防除方面，插秧後施基肥前施用 5% 丁拉草粒劑(2,Chloro-2',6'-diethyl-N-(butoxymethyl) acetanilide)  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ，又於插秧後 3 或 4 週施肥前以人工除草一次。有需要防治病蟲害時，依照農委會出版之植護保護手冊推薦操作，以降低其對氮肥處理之影響。

水稻生育期間定期(每隔 1-2 週)以葉綠素測計量取稻株葉片讀值，每叢量測最上位完全展開葉片中間段上、下表面各一次，取平均值。每一次每處理小區調查 6 叢，以 6 叢均值為代表值。完成測計讀值後，將稻株割取為樣本，分別依照部位(葉片、莖稈、穗)歸類，以化學分析測定葉片之葉綠素總量及葉片氮素含量。由於試驗採用不同等級氮肥施用量，且包括兩年四期作資料，預料將可提高稻株葉片之葉綠素總量及氮素含量差距，使得試驗結果容納廣泛的變異。

### 葉綠素測計使用

本研究採用輕巧可攜帶的葉綠素測計(chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Co. Ltd., Japan)，該產品由 Minolta 公司之土壤暨植物分析研發小組(Soil-Plant Analyses Development unit, SPAD)所開發，可量測扁平樣品之點測值，並可計算多點平均值。其原理乃量測穿透葉片之光輻射，由經樣品吸收後的光輻射量，反饋估算葉片中葉綠素量。由測計兩臂夾住葉片樣區，一臂為具有放射光輻射二極體之光源端，另一臂為具有矽質光極體之受光端，由入射光源輻射量與穿透過葉片後光輻射量之差值，輸入

經二參考值建立之內建檢量線換算測計讀值。簡言之，可視為量測植體葉片之綠度，或稱葉綠素的相對含量(Inada, 1963, 1985; Kariya *et al.* 1982)。

測計由 2 個 AA 電池(鹼性)提供能源操作，二測值之間約間隔 2 秒以上。光源端內有兩個放射光輻射之二極體，分別設定約在 650 nm 及 940 nm 波長位置，其中 650 nm 為葉綠素 a 與葉綠素 b 之主要吸收峰之一(另一約於 430 nm)，940 nm 則幾乎完全穿透而不被吸收(Minolta 1989)。前者用於量測葉綠素濃度，後者作為葉片水分及厚度補償之參考值，受光端測得之穿透值經內建程式算出測計讀值。測計讀值再與此葉片之化學分析葉綠素濃度建立相關，以得到本試驗之迴歸方程式(模式)，作為未來樣品讀值估測用途。

### 葉綠素與氮素之化學分析

將每次自六處理小區取樣之稻叢樣本各部位分類，葉片之葉綠素總量(total chlorophyll)之化學分析方法採自 Arnon(1949)修正法(李等 2002; Yang & Lee 2001)，除了生育初期之外，每次每處理小區 6 叢為 6 重覆樣本。每叢鮮葉片打取圓形樣本混合分析葉片葉綠素，樣本先添加海砂(約 0.1 g)及液態氮(約 2 ml)以杵磨碎，加入 10 ml 之 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(model DU-68, Beckman Inc., USA)讀取吸收率測值，再以下列公式計算葉綠素總量: Total chlorophyll (mg) = (D652xV)/34.5xW，其中 D652 為在 652 nm 波長之吸收率測值，V 為上層溶液之容積(ml)，W 為葉片樣本之鮮重(g)。取每叢二測值之平均值，再取每處理小區 6 重覆樣本測值之均值為該處理小區之代表值，比對葉綠素測計之讀值代表值，進行統計分析。

水稻植體葉片之氮素測定，係取前述水稻植叢樣本，經以 70-80°C 烘乾 72 h 後磨碎篩濾(0.1 mm)，再以 Kjeldahl 方法分析樣本全氮濃度(李等 2002)。將每次每處理小區之葉片粉狀樣本秤取約 0.2 g，倒入 50 ml 分解瓶，加入 4 ml 之 36 N 濃硫酸及 0.2 g 催化劑(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O:Se= 50:10:1, w/w)，置於 800°C 電爐上加熱約 2 hr 至分解液呈淡青綠色時，取出冷卻至室溫，再加入去離子水(NANOpure, Ultrapure Water System, Barnstead/Thermolyne Inc., Iowa, USA)至 50 ml 予以均勻混合。取 5 ml 稀釋液，加入 10 N NaOH 溶液 5 ml，以蒸餾方式收取冷凝之蒸氣於加溴酚藍之 4 ml 硼酸溶液(4%)，使顏色由紅轉成紫藍。最後，以 0.01 N HCl 溶液滴定中和，直至顏色再由紫藍轉成紅為止。葉片樣本之氮素含量(%)由下列公式計算: N(%) = 0.01 × W<sub>N</sub> × V × 50 ml / 5 ml × (1/W)，其中 V 為 HCl 之滴定量(ml)，W 為樣本重量(g)，W<sub>N</sub> 則為氮素分子量(14 g)。

本項試驗資料之統計分析，除了兩變數之相關分析之外，為了合併一、二期稻作資料，以提高迴歸方程式之適用性，乃利用 SAS 8.2(SAS Institute, 2001)進行兩期稻作間的虛擬變數檢定(dummy variable test)，檢定結果不顯著以後再合併予迴歸分析。

## 結 果

本研究調查與追蹤的兩年四期稻作生育期間稻株葉片之葉綠素總量、氮素含量及葉綠素測計讀值繪於圖 1，圖中顯示無論何種等級氮肥施用量，葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值均隨著稻株生育進展而呈現下降趨勢。由稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量之相關分析結果(圖 2)，發現一、二期稻作皆可以直線正相關表示兩項重要組成分的關係，當氮素含量上升時，葉綠素總量隨著增加。兩期稻作資料合併分析結果亦顯示，此兩項成分之間為顯著直線正相關(R<sup>2</sup>=0.615, P<0.0001)。

稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係如圖 3，兩期稻作皆呈現直線相關，一、二期稻作之決定係數(R<sup>2</sup>)分別為 0.758 及 0.862。兩期稻作資料合併分析的結果，反應出葉綠素總量與葉綠素測計讀值為顯著直線正相關(R<sup>2</sup>=0.784, P<0.0001)。

稻株葉片之氮素含量與葉綠素測計讀值之相關分析結果如圖 4，直線迴歸在兩期稻作皆為顯著正相關，一、二期稻作之決定係數分別為 0.574 及 0.439。續將兩期稻作資料進行合併分析，發現氮素含量與葉綠素測計讀值之間的直線相關仍為顯著(R<sup>2</sup>=0.411, P<0.0001)。

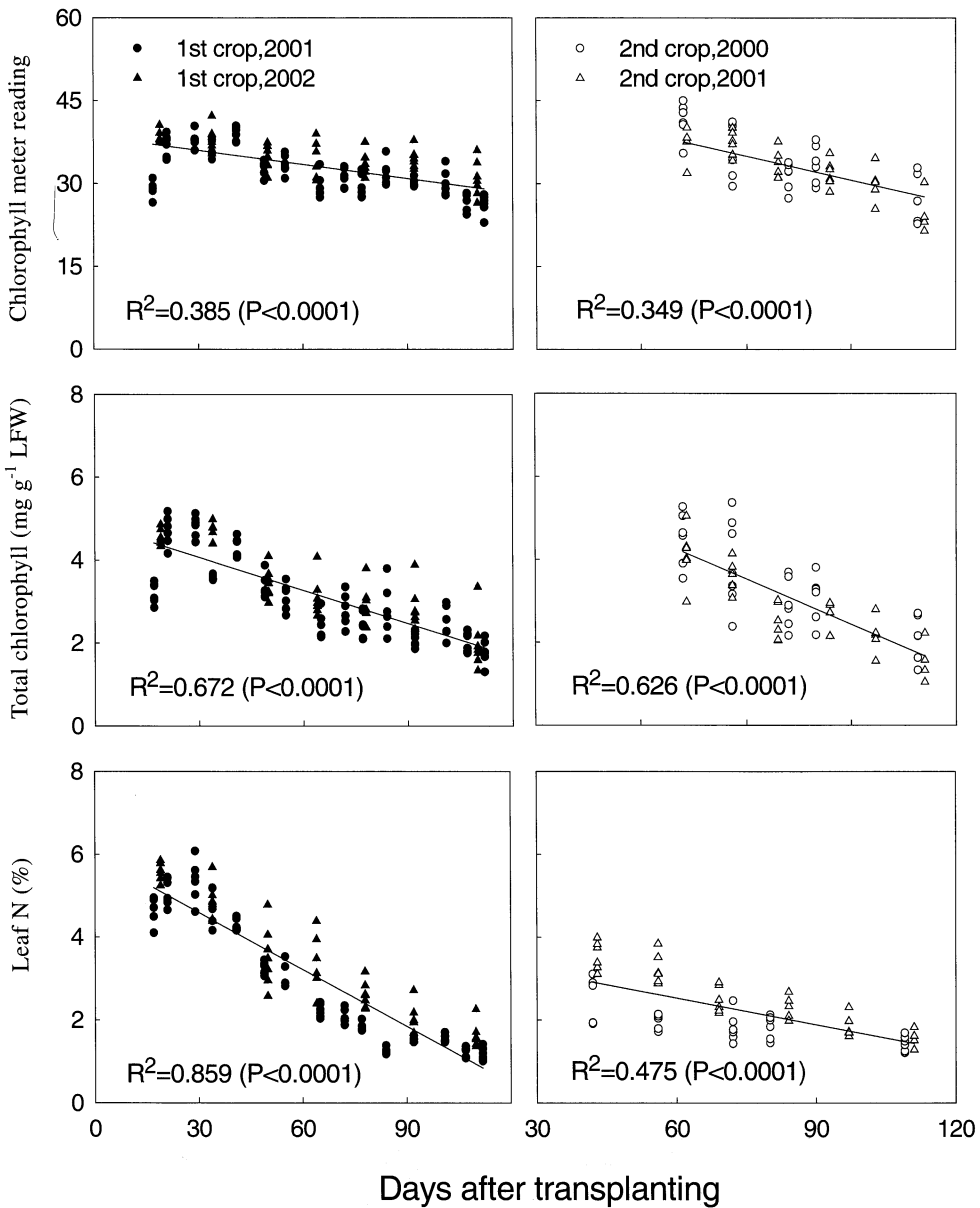


圖 1. 水稻臺農 67 號品種從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作於農業試驗所試驗田栽培下之葉片葉綠素總量、氮素含量及葉綠素測計讀值之全生育期間變化。

Figure 1. Changes of leaf total chlorophyll, leaf nitrogen content and value of chlorophyll meter after transplanting for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002 in TARI.

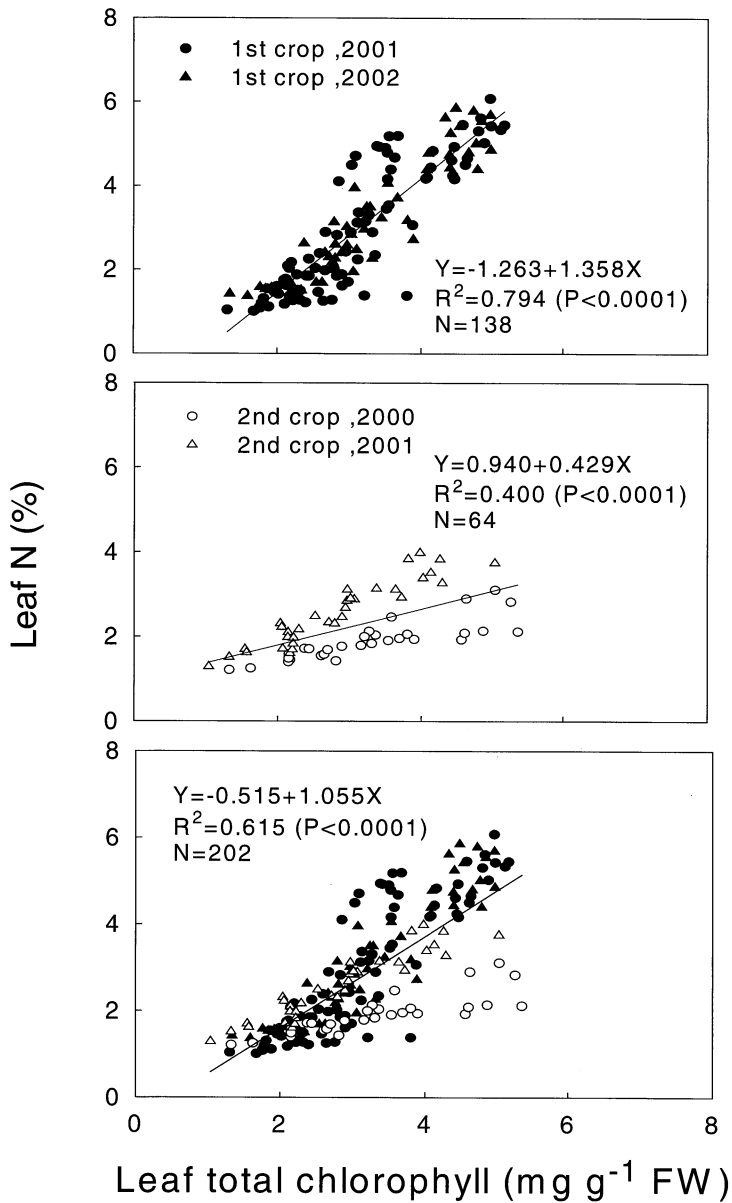


圖 2. 從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作種植於農業試所之水稻臺農 67 號品種葉片氮素含量與葉片葉綠素總量之關係。

Figure 2. The relationships between leaf nitrogen content and leaf total chlorophyll for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002 in TARI.

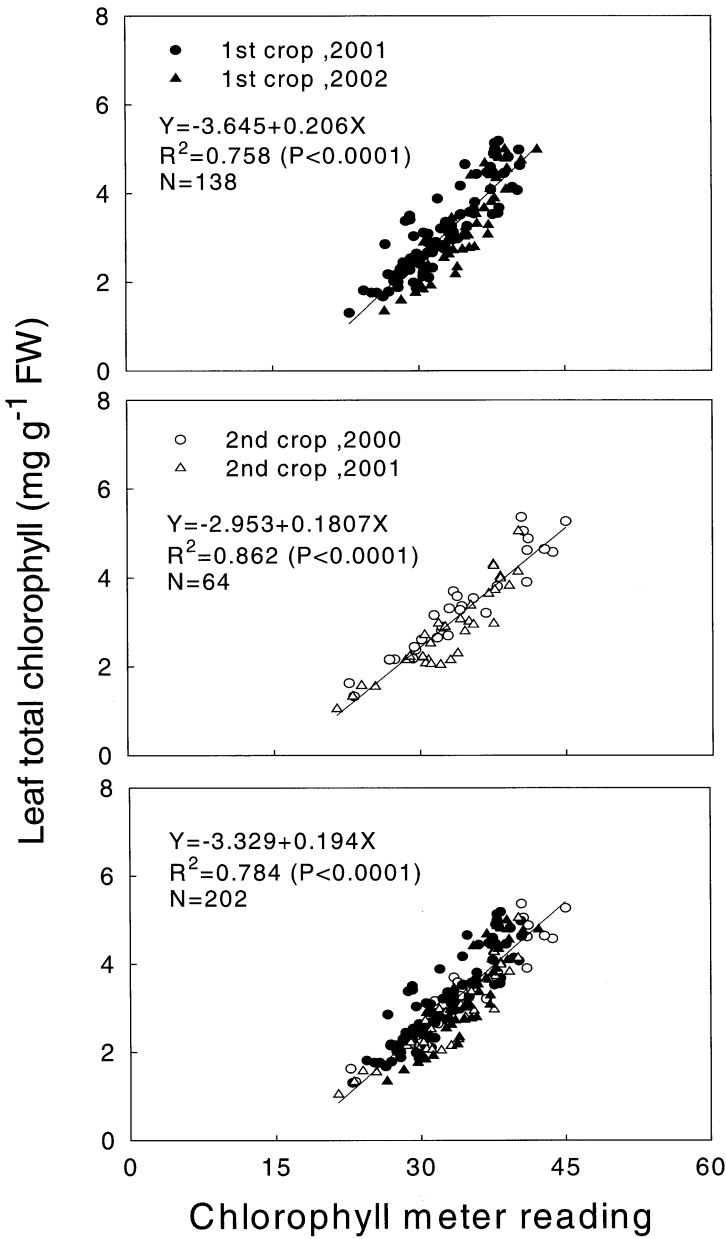


圖 3. 從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作種植於農業試驗所試驗由水稻臺農 67 號品種葉片葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係。

Figure 3. The relationships between leaf total chlorophyll and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002 in TARI.

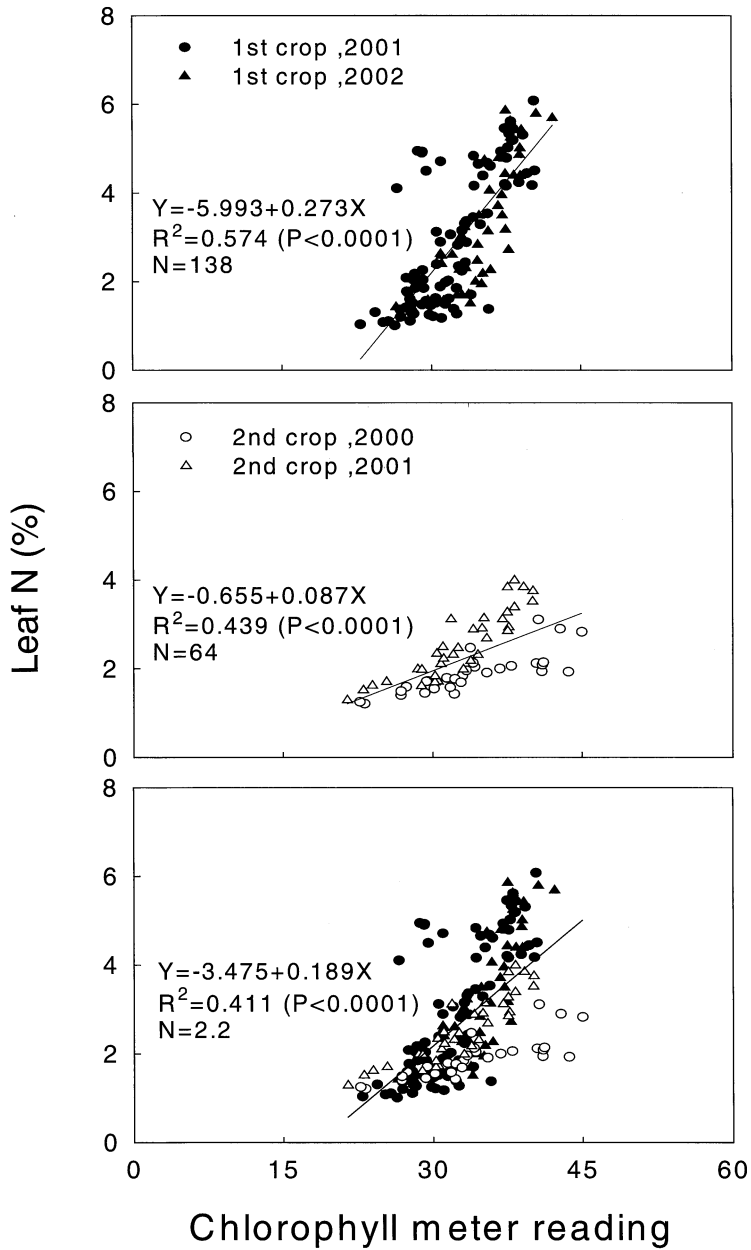


圖 4. 從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作之水稻臺農 67 號品種葉片氮素含量與葉綠素測計讀值之關係。

Figure 4. The relationships between leaf nitrogen content and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002.

## 討 論

葉綠素是一般綠色植物的主要色素，其功能類似光合作用工廠在於攫取太陽光能提供光合作用運轉，使得光能可以轉換成化學能。氮素係葉綠素分子之關鍵元素，因此邏輯上葉綠素含量的高低反映氮素含量的多寡，高氮素含量隱示高葉綠素生成，可預見兩者在綠色植物及稻株葉片中的相關性甚高(李等 2002)。本研究綜合兩年四期稻作資料分析，首先發現無論葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值，均隨著稻株生育進展而呈現下降趨勢(圖 1)。顯然的單位重量之葉綠素及氮素含量在生育前期高於後期，而且葉綠素測計讀值隨著此二項成分變化而連動升降。有趣的是，上述表現不受本試驗不同等級氮肥施用量之影響，所以從 0-150 kg ha<sup>-1</sup> 的氮肥施用量範圍，稻株全生育期間的葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值之變化類似。

續將稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量進行相關分析，發現一、二期稻作皆可以直線正相關表示兩變數的關係( $R_{1st\ crop}^2=0.794, P<0.0001$ ;  $R_{2nd\ crop}^2=0.400, P<0.0001$ )，即葉綠素總量隨著氮素含量上升而增加，惟兩變數未成 1:1 比例改變(圖 2)。由於兩期稻作資料經虛擬變數檢定為不顯著(結果未列出)，乃進一步將兩期作資料合併分析。根據分析結果，兩變數之間仍為顯著直線正相關( $R^2=0.615, P<0.0001$ )，吾人可利用此迴歸方程式於一、二期稻作期間，相互推估葉綠素總量及氮素含量。

試驗分析亦顯示，稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係十分密切，可適用於直線相關，一、二期稻作之決定係數( $R^2$ )分別為 0.758( $P<0.0001$ )及 0.862( $P<0.0001$ ) (圖 3)。兩期作資料亦經虛擬變數檢定為不顯著(結果未列出)，其合併分析顯示兩變數間為顯著直線正相關( $R^2=0.784, P<0.0001$ )。因此，可以利用合併兩期作資料之迴歸方程式，當做任一期作生育期間之檢量線，由葉綠素測計讀值估測稻株葉片之葉綠素總量。

由於前述二項結果，本文於是逕將葉片氮素含量與葉綠素測計讀值進行相關分析(圖 4)，發現兩者在統計上無論期作均為顯著直線正相關，一、二期稻作之決定係數分別為 0.574 及 0.439，並且可以合併分析產生兩期稻作共用之迴歸方程式( $R^2=0.411, P<0.0001$ )。利用這些迴歸方程式，即可由葉綠素測計讀值推估稻株葉片之氮素含量。

許多文獻報告(李等 2002; Piekielek & Fox 1992; Schepers *et al.* 1992; Piekielek *et al.* 1995; Blackmer *et al.* 1996)指出，作物植體之氮素和葉綠素具有高度相關，因此可利用葉綠素測計透過葉綠素與氮素之關係，達到間接而合理的估測植體氮素狀態之目的。Peng *et al.* (1995, 1996)之研究進一步發現，稻株生育期間之單位葉面積氮素濃度與葉綠素測計讀值呈特定直線相關，不因生育時期有顯著差異。本文試驗也呈現類似結果，單位重量之稻株葉片氮素含量與葉綠素總量具有顯著直線相關，且葉綠素測計讀值與葉綠素總量亦顯示高度直線相關，使得葉片氮素含量與葉綠素測計讀值之相關顯著。然而，必須注意的是，葉綠素測計讀值與葉片氮素(重量為基礎)之關係可能會隨著生育期及品種(系)略異(Turner & Jund 1994)，主要係葉片厚度或葉片比重(specific leaf weight)因葉齡而異所致(Peng *et al.* 1996)。本文研究以全生育期為考量，獲得適用於期作之檢量線，若再將之以不同生育階段進行分析，預料可以提高變數之間的相關性。

其次，由於葉綠素測計讀值會受到許多因子影響，凡能改變稻株顏色的因子(如生育期、光源質量、栽植密度、病蟲害、營養元素缺乏、基因組成等)均可能使測計讀值產生變異(Peterson *et al.* 1993; Turner & Jund 1994)，量測人員應熟知干擾因子的影響予以妥適排除或迴避。務必在固定時段選擇相同年齡及部位之葉片樣品，且應遠離病斑、褐斑或老斑，儘量避開中肋(主導管)，以免造成誤差。品種(系)之間的顏色差異受到遺傳組成控制，縱使施用相同氮肥量，品種間色澤仍可能有別，是以各品種宜建立其特定的檢量線，個別判識其葉綠素含量，不能以一測計讀值適用同作物之全部品種。又測計本身在極端環境下，如在近冷凍的低溫、酷熱的高溫、強光直接曝曬測計及瞬間冷熱差距過大等狀況，可

能產生跳動測值而不宜使用。

葉綠素測計的使用方法極為簡易，可立即而快速的獲得非破壞性測值，取得大量且準確的測點數據，因此葉綠素測計為一獲取田區大量非破壞性作物葉綠素狀態資料的理想工具。綜合前述試驗結果，在本研究採用之水稻品種臺農 67 號，可以分別利用葉綠素測計讀值推估稻株葉片之葉綠素與氮素含量。此一功能在氮肥管理上具有應用意義，通常農作物植體氮素含量介於 1-5%(重量百分比)，然隨著生育階段及生長情形而變動(Tisdale *et al.* 1993)。當植體氮素缺乏時，葉片顏色將轉成較淡的綠色或黃綠色，葉尖甚或開始枯黃。因此可藉由葉綠素濃度的改變造成的綠色程度變化，量測綠度(綠色強度，green color intensity)估出葉綠素，再換算出氮素。這也是葉綠素測計的設計原由和理論基礎，提供一項可靠而簡易操作的估測農作物植體氮素狀態的工具，利用於即時量測，取得大量資料，並立即微調擬追施的氮肥。倘若能夠獲知最佳估測產量或品質之生育階段的氮素含量，則吾人即可由之估得當時稻株之氮素狀態而進行適當的氮肥管理。

## 誌 謝

本文研究承蒙行政院農委會農業試驗所試驗研究經費(91 農科-5.1.3-農-C2)及行政院國科會(NSC 91-2313-B-055-006)支持，特以致謝。

## 引用文獻

- 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 51:1-14。
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant siol. 24:1-15.
- Blackmer, T.M., J.S. Schepers and G.E. Varvel. 1996. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. Agron. J. 86:934-938.
- Inada, K. 1963. Studies on a method for determining deepness of green color and chlorophyll content of intact crop leaves and its practical applications. 1. Principle for estimating the deepness of green color and chlorophyll content of whole leaves. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 32:157-162.
- Inada, K. 1985. Spectral ratio of reflectance for estimating chlorophyll content of leaf. Jpn. J. Crop Sci. 54:261-265.
- Kariya, K., A. Matsuzaki, and H. Machida. 1982. Distribution of chlorophyll content in leaf blade of rice plant. Jpn. J. Crop Sci. 51:134-135.
- Minolta Co. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502 Instruction Manual. Minolta Co., Ltd., Japan. 22pp.
- Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, A. L. Sanico, R. M. Visperas, and K. G. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-ielding irrigated rice. Field Crops Res. 47:243-252.
- Peng, S., R.C. Laza, F.V. Garcia and K.G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf-based nitrogen concentration of rice. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 26:927-935.
- Peterson, T. A., T. M. Blackmer, D. D. Francis, and J. S. Scheppers. 1993. Using a chlorophyll meter to improve N management. A Web Guide in Soil Resource Management: D-13, Fertility. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.

- Piekielek, W.P. and R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress N requirements for maize. *Agron. J.* 84:59-65.
- Piekielek, W.P., R.H. Fox, J.D. Toth and K.E. Macneal. 1995. Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agron. J.* 87:403-408.
- SAS Institute. 2001. SAS user's guide. V.8.2. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Schepers, J.S., D.D. Francis, M. Vigil and F. E. Below. 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23(17-20):2173-2187.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton, and J. L. Halvin. 1993. Soil fertility and fertilizers. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Turner, F. T. and M. F. Jund. 1994. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter method. *Aust. J. Exp. Agric.* 34:1001-1005.
- Yang, C.-M. and Y.-J. Lee. 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crop and their relationships with growth. *Proc. Natl. Sci. Council. ROC(B)* 25:233-238.

# Using Chlorophyll Meter to Estimate Leaf Chlorophyll and Nitrogen Content of Rice Plants<sup>1</sup>

Chwen-Ming Yang<sup>2,3</sup>

## Summary

Yang, C. M. 2003. Using chlorophyll meter to estimate leaf chlorophyll and nitrogen content of rice plants. J. Agric. Res. China 52:73~83.

Field experiments were conducted at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm, Wufeng to investigate changes of leaf total chlorophyll and nitrogen content as well as values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown from the 2<sup>nd</sup> crop of 2000 to the 1st crop of 2002. The relationships between chlorophyll and nitrogen were analyzed, the responses of chlorophyll meter value to their variations were also studied, and the comparison between the first and the second crops were made. Results showed that leaf total chlorophyll and nitrogen content were decreased after transplanting in both cropping seasons, and values of chlorophyll meter followed the trend with these two components. The patterns were similar among different amounts of nitrogen fertilizer treatments. Relationship between leaf total chlorophyll and nitrogen was significant linearly. As no significant difference was found between data of two crops with dummy variable test, data were pooled and were shown to also have a linear correlation ( $R^2=0.615$ ,  $P<0.0001$ ). The values of chlorophyll meter and leaf total chlorophyll were linearly correlated with the determination coefficients ( $R^2$ ) of 0.758 及 0.862 for the first and the second crops, respectively. Again, data from different crops can be pooled and showed a linear relationship between leaf total chlorophyll and chlorophyll meter readings ( $R^2=0.784$ ,  $P<0.0001$ ). With the above results, leaf nitrogen content and chlorophyll meter readings were analyzed to indicate a significant linear relationship in both cropping seasons. The pooled data from two crops were fitted to a linear regression model ( $R^2=0.411$ ,  $P<0.0001$ ). Results suggest that leaf chlorophyll and nitrogen content can be estimated by chlorophyll meter in rice cultivar TNG 67.

**Key words :** Rice, Chlorophyll meter, Total chlorophyll, Nitrogen content, Nitrogen fertilizer management.

1. Contribution No.2147 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Accepted : April 16,2003.

2. Senior agronomist, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mail : cmyang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax : (04)23396057.