

利用葉綠素測計估測莧菜植體葉綠素 及氮素狀態¹

楊純明^{2,7} 沈百奎³ 余志儒⁴ 羅朝村⁵ 吳正宗⁶

摘 要

楊純明、沈百奎、余志儒、羅朝村、吳正宗。2003。利用葉綠素測計估測莧菜植體葉綠素及氮素狀態。中華農業研究 52:107-118。

本研究於臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所農場進行田間試驗，以葉綠素測計量測 2001-2002 年二不同季莧菜植株葉片之測計讀值，同時取樣化學分析葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量，以探討利用葉綠素測計估測莧菜植體葉綠素及氮素狀態之可行性。試驗資料顯示，葉綠素測計讀值與莧菜植株葉片之葉綠素總量間呈現直線正相關($R^2=0.637$, $P<0.0001$)，而且地上部植體之全氮含量與葉片葉綠素總量之間亦為直線正相關($R^2=0.544$, $P<0.0001$)。進一步進行葉綠素測計讀值與地上部植體全氮含量之迴歸分析，結果顯示兩者之間關係仍然十分密切，達到顯著相關($R^2=0.581$, $P<0.0001$)。將另一季於 2002 年 10 月 4 日採收之莧菜植株葉綠素測計讀值輸入上述迴歸模式中，所得估測值經與本季化學分析之葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量實測值比較，發現各別相關係數均達極顯著($P<0.01$)。綜合本研究結果，顯示葉綠素測計可利用於估測莧菜植體葉綠素及氮素狀態，具有應用於莧菜氮肥管理之潛力。

關鍵詞：葉綠素測計、迴歸模式、莧菜、葉綠素、氮素。

前 言

莧菜(*Amaranthus mangostanus* L.或稱 *A. tricolor* L.)，地方上俗稱茵菜、苋菜或苋菜不等，係莧屬一年生 C_4 型植物，為國內重要食用蔬菜之一，亦為主要夏季蔬菜之一。現行莧菜栽培方法有露地及設施栽培二大類(柯等 1993)，而共通點皆為氮肥施用過多之嫌，其實氮肥的施用應該配合氣溫、光照、土壤水分含量及土壤性質等環境條件作整體考量方為適宜。適量的氮肥可使蔬菜植株生長快速，過量的氮肥則將造成植體硝酸鹽大量累積(吳&王 1995；蔡等 1995；Cantliffe 1972b；Marschner 1995；Maynard *et*

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第 2153 號。接受日期：92 年 4 月 24 日。
2. 本所農藝組研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所園藝組助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
4. 本所應動組助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
5. 本所植病組研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
6. 國立中興大學土壤環境科學系講師。臺灣省 臺中市。
7. 通訊作者，電子郵件：cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23396057。

al. 1976; Sui *et al.* 1983), 而過量硝酸鹽因對人體健康有負面作用之虞而降低蔬菜品質。尤其相對鉍態氮(NH_4^+-N)肥料較為耗能的硝酸態氮(NO_3^--N)肥料(Williams & Haynes, 1995), 在低溫或光照不足等環境下, 將由於同化能力降低而易於累積有效氮源在植體中, 使得可食用植體部位(如莖、葉)之硝酸鹽累積(吳&王 1995; 蔡等 1989; Cantliffe 1972a, 1972b, 1972c; Martignon *et al.* 1994)。

據悉這些硝酸鹽進入人體後, 在還原成亞硝酸過程中可經由大腸菌(coliform bacteria)作用, 將胺(amine)或醯胺(amide)及硝酸結合產生亞硝酸胺(nitrosamine)或亞硝酸醯胺(nitrosamide), 此類化合物醫學上被視為可能致癌物質之一(Addiscott *et al.* 1991; Forman *et al.* 1985; OECD 1986)。又亞硝酸離子在血液中會與載氧的紅血球結合, 使氧基血紅素中二價鐵氧化成三價鐵, 將血紅素轉化成變性血紅素(methemoglobin)而降低紅血球運輸氧分子的能力(Boldget&Clark 1986), 可能造成呼吸困難之變性血色蛋白血症(methaemoglobinaemia)。據報導每人每週硝酸鹽的攝取量以不超過 10 公克為宜(詹 1996), 即每天攝取量不宜超出 1.4 公克, 因此濃度過高在人體將有不利影響。基於此一顧慮, 近年來蔬菜中的硝酸鹽累積量遂成為民眾關心的議題, 先進國家皆陸續規範蔬菜硝酸根離子濃度以保護消費者。而欲控制蔬菜植體內硝酸鹽含量, 首先即要維持植體內適當氮素含量, 避免刺激或促進硝酸鹽生成, 此亦彰顯合理氮肥施用在蔬菜栽培管理中的重要性。

然而氮素又為植體葉綠素主要組成分, 葉綠體則為植體行光合作用的工廠。維持植體內適當的氮素含量以產生足夠的葉綠素, 對蔬菜類植物而言是必需的, 如此植株才會旺盛的生長。顯然栽培蔬菜須有雙方面考量, 一方面需要讓植株從土壤中吸收氮素以形成葉綠素, 另一方面又不宜讓其吸收過量氮素以免硝酸鹽大量累積。所以更明確地說, 在蔬菜的栽培管理上, 如何在不限制植株生長前提下, 施用適量的氮肥來控制植體內硝酸鹽含量, 是現階段應當力求改進的重要課題。

作物植體氮素與葉綠素含量一般均以化學分析方法測定其含量, 雖然準確性高, 惟具有耗時費力及時效欠佳的缺點。近年來遙測技術蓬勃發展, 已發展出攜帶式葉綠素測計來量測植體葉綠素含量(楊 2003; Blackmer *et al.* 1996; Peng *et al.* 1995, 1996; Piekielek & Fox 1992; Piekielek *et al.* 1995; Schepers *et al.* 1992)。又如前述氮素係葉綠素分子之關鍵元素, 因此葉綠素含量的高低即反映氮素含量的多寡, 高氮素含量顯示高葉綠素生成, 可預見兩者在綠色植物中的相關性甚高(李等 2002)。事實上許多文獻報告均指出, 作物植體之氮素和葉綠素具有高度相關(李等 2002; Piekielek & Fox 1992; Schepers *et al.* 1992; Piekielek *et al.* 1995; Blackmer *et al.* 1996), 故邏輯上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的目的。惟在實用之前, 勢必要建立葉綠素測計讀值與葉綠素含量之檢量線, 同時檢視葉綠素及氮素之相關, 如此才能據以評估葉綠素測計讀值與氮素含量之關係。

本研究採用行政院農委會農業試驗所近年育成之莧菜品種臺農一號, 其歸屬於青莧(或稱白莧), 生長勢強而含硝酸態氮低。試驗將分別探討葉綠素測計讀值與葉綠素含量及葉綠素與氮素之相關, 再據以建立葉綠素測計讀值與氮素含量之迴歸模式。而為驗證各項相關模式之適用性, 將以其他試驗之結果測試與檢驗, 綜合評估利用葉綠素測計估測莧菜植體葉綠素及氮素狀態之可行性, 提供未來應用簡易測計於莧菜栽培之氮肥管理用途。

材料及方法

試驗田區整地與莧菜栽培管理

本研究於 2001-2002 年間進行三次田間試驗, 試區設於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場, 用以建立評估葉綠素及氮素狀態之各個迴歸模式。第一次田間試驗於 2001 年 3 月 8 日實施整地作畦及土壤取樣分析組成分(表 1), 3 月 11 日施用基肥(表 2)混合表土層後灌水至畦面齊。3 月 13 日播種, 播種後 2 週內每日灑水一次潤濕土面, 續以間隔 2 日畦溝淺灌方式維持土壤於田間含水量範圍, 直至採收前一日止。播後 10 日人工除草一次, 4 月 10 日採收及性狀調查與化學分析。第二次田間試驗於

表 1. 田間試驗莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)播種前取樣之土壤分析結果Table 1. Results of soil analysis from samples taken at the experimental plots before planting of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1

| Date & Treatment (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) | pH | E.C. ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | O.M. (%) | NH ₄ ⁺ -N (mg kg ⁻¹) | NO ₃ -N (mg kg ⁻¹) |
|---|------|-----------------------------------|-------------|---|--|
| 03/08/2001 | | | | | |
| 0-60-60 | 5.17 | 70.91 | 1.27 | 7.50 | 5.40 |
| 30-60-60 | 5.24 | 71.31 | 1.28 | 8.90 | 8.90 |
| 60-60-60 | 5.17 | 70.25 | 1.18 | 8.10 | 5.90 |
| 120-60-60 | 5.23 | 62.29 | 1.14 | 7.90 | 6.60 |
| 09/14/2001 | | | | | |
| 0-60-60 | 5.35 | 29.58 | 1.16 | 5.58 | 7.89 |
| 60-60-60 | 5.36 | 34.25 | 1.20 | 3.90 | 8.34 |
| 120-60-60 | 5.37 | 30.00 | 1.17 | 3.00 | 11.35 |
| 180-60-60 | 5.36 | 33.31 | 1.16 | 3.06 | 9.73 |
| 240-60-60 | 5.31 | 32.36 | 1.19 | 4.05 | 10.57 |
| 03/05/2002 | | | | | |
| 0-60-60 | 6.34 | 61.57 | 2.24 | 2.95 | 10.69 |
| 60-60-60 | 6.33 | 61.22 | 2.08 | 2.54 | 10.39 |
| 120-60-60 | 6.23 | 57.40 | 2.06 | 2.69 | 9.98 |
| 180-60-60 | 6.30 | 58.32 | 2.11 | 2.69 | 8.81 |
| 240-60-60 | 6.33 | 53.80 | 2.00 | 1.89 | 8.70 |
| 360-60-60 | 6.32 | 55.67 | 2.33 | 2.76 | 7.83 |
| 08/28/2002 | | | | | |
| 0-60-60 | 6.59 | 117.70 | 2.07 | 1.05 | 50.01 |
| 60-60-60 | 6.48 | 101.90 | 2.21 | 0.68 | 32.62 |
| 120-60-60 | 6.35 | 138.00 | 2.03 | 1.59 | 79.39 |
| 180-60-60 | 6.54 | 104.10 | 2.16 | 1.93 | 49.26 |
| 240-60-60 | 6.54 | 106.80 | 2.04 | 0.77 | 49.62 |
| 360-60-60 | 6.43 | 136.10 | 2.09 | 0.81 | 64.63 |

表 2. 田間試驗之氮肥處理及施肥方法(肥料: 硝酸銨-過磷酸鈣-氯化鉀)

Table 2. Nitrogen fertilizer treatments and methods of fertilizer applications (Ammonium nitrate-Ordinary superphosphate-Potassium chloride)

| Treatment (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) | Experiment | Basal dose (g subplot ⁻¹) | Top-dressing dose (g subplot ⁻¹) |
|--|------------|--|---|
| 0-60-30 | 1 | 0-250-37.5 | 0-0-0 |
| 30-60-30 | 1 | 67-250-37.5 | 0-0-0 |
| 60-60-30 | 1 | 134-250-37.5 | 0-0-0 |
| 120-60-30 | 1 | 269-250-37.5 | 0-0-0 |
| 0-60-60 | 2,3,4 | 0-250-37.5 | 0-0-37.5 |
| 60-60-60 | 2,3,4 | 67-250-37.5 | 67-0-37.5 |
| 120-60-60 | 2,3,4 | 134-250-37.5 | 134-0-37.5 |
| 180-60-60 | 2,3,4 | 201-250-37.5 | 201-0-37.5 |
| 240-60-60 | 2,3,4 | 269-250-37.5 | 268-0-37.5 |
| 360-60-60 | 3,4 | 402-250-37.5 | 402-0-37.5 |

播種前 1 個月翻土整地後，以透明 PE 塑膠布覆蓋試驗田區，並於田區四周架設 32 目紗網(高 1.5m)圍籬環繞。第二次試驗於 2001 年 9 月 14 日實施整地作畦，經取樣土壤分析(表 1)及施用基肥(表 2)後隨即全區澆水，淹水至畦面。9 月 17 日播種，播後連續 14 日每日灑水一次潤濕土面，續以間隔 2 日畦溝淺灌直至採收前一日止。播種後 2 週人工除草一次並施用追肥(表 2)，10 月 23 日採收及性狀調查與化學分析。

第三次試驗田區屬於強酸性土壤(pH 4.9)，播種前 1 個月施用矽酸爐渣(CaSiO₃)中和土壤酸鹼值，用量 30,000 kg ha⁻¹，以迴轉犁整地混合表土層。播種前 1 週土壤取樣分析組成分(表 1)，再施用牛糞有機肥(表 3)增加土壤肥力，用量 5,000 kg ha⁻¹，以迴轉犁整地混合表土層後，即進行整地作畦及基肥施用(表 2)。播種前 3 天灌水於試驗田區至淹沒畦面為止。2002 年 3 月 12 日進行播種，播種後 2 週內每日灑水一次潤濕土面，再以間隔 2 日畦溝淺灌維持於田間容水量範圍，直至採收前一日止。播種後 15 日，實施人工除草一次及施用追肥，4 月 10 日採收及性狀調查與化學分析。

在病蟲害防治上，播種後 7 日以 35%滅達樂可濕性粉劑(metalaxyl, methy-D,L-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(2'-methoxyacetyl)-alanine methyl ester)噴灑一次，劑量 7.50 kg a. i. ha⁻¹，稀釋倍數 1000X。播種後約 2 週，噴施 90%納乃得可濕性粉劑(methomyl, S-Methyl-N-[(methylcarbamoyl)-oxy] thioacetimidate)，施用量 0.5 kg a.i. ha⁻¹，稀釋倍數 3000X。田區設計採用逢機完全區集設計(RCBD)，三重復，氮肥施用量計有 0、30、60、120、180、240 及 360 kg ha⁻¹等七種不同等級，各次試驗之處理等級及施肥方法不一(表 2)。每一氮肥處理小區面積 1.5 m × 5.0 m(7.5 m²)，畦溝寬 0.3 m。播種時稱取莧菜種子 10 kg ha⁻¹(6 g subplot⁻¹)，經與乾燥碎土充分混合後，均勻撒佈於土面。

為了實施迴歸模式驗證，本研究另進行第四次田間試驗。播種前 1 個月，以透明 PE 塑膠布覆蓋試驗田區，又於田區四周架設 32 目紗網(高 1.5 m)圍籬環繞。播種前 4 日整地作畦及採取土樣分析(表 1)，播種前 2 日施用基肥(表 2)，播種前 1 日灌水至淹沒畦面。2002 年 9 月 2 日播種，播後 12 日內均每日灑水一次保持土面濕潤。播種後 14 日實施人工除草一次，惟不施農藥，隨即施用追肥，並灑水土面。隔日起採每 2 日畦溝淺灌維持土壤於田間容水量內直至收穫前一日。10 月 2 日採收及性狀調查與化學分析，將測計讀值輸入以前三作季建立之各種迴歸模式算出估測值，各項資料比對第四次試驗之化學分析實測值以檢驗模式適用性。

葉綠素測計量測

本試驗利用葉綠素測計(SPAD-502, Minolta Corp., USA)量測莧菜植株葉片讀值，每一處理小區逢機取樣 6 株。每株取最上位葉片中段部位，先測中肋右半邊上表皮讀值，再測左半邊下表皮讀值，取平均值。再將每處理小區量測 6 株測值之均值，作為該處理小區代表讀值。將測計讀值與化學分析之葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量進行相關分析，建立迴歸模式(檢量線)。另進行地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之測值相關強度分析，當兩者關係顯著後，續建立地上部植體全氮含量與葉綠素測計讀值之迴歸模式。

表 3. 第三次田間試驗施用之有機堆肥(牛糞, E.C.: 13.9 dS m⁻¹, pH 8.7)成分分析

Table 3. Characteristics of the organic compost (E.C.: 13.9 dS m⁻¹, pH 8.7) applied in the third experiment

| Component | Percentage(%) | C/N ratio | Electriaty conductivity (ds m-1) | pH |
|-----------------------------------|---------------|-----------|----------------------------------|-----|
| O garuic matter. | 53.90 | 16.4 | 13.9 | 8.7 |
| Total N (%) | 1.79 | | | |
| C/N ratio (%) | 16.40 | | | |
| P ₂ O ₅ (%) | 1.93 | | | |
| K ₂ O (%) | 3.39 | | | |
| CaO (%) | 3.40 | | | |
| MgO (%) | 1.62 | | | |
| Na (%) | 0.58 | | | |

莧菜植體化學分析性狀

莧菜植株生長至採收時，將接受葉綠素測計量測之樣株，在葉片上以打孔器擷取直徑 0.7 cm 之圓形片約 0.1g，進行葉綠素總量(mg g^{-1} ,FW)化學分析。將每處理小區之剩餘植株樣本混合，經 70-80°C 烘乾 72 h 後磨碎篩濾(0.1 mm)，取粉狀試材分析地上部植體全氮(%DW)含量。每處理小區至少三重複，取平均值為小區代表值進行統計分析。

葉片之葉綠素總量(leaf total chlorophyll)化學分析方法採自 Arnon(1949)修正法(李等 2002; Lee & Yang 1999; Yang & Lee 2001)，如前述每一處理小區逢機取 6 樣株，每株均各取約 0.1g 葉圓片樣本。樣本混以約 0.1g 海砂，加入約 2 ml 液態氮以杵磨碎，再加入 10ml 80%丙酮萃取後以 2,500 rpm(825g)離心 10min。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: $\text{Leaf total chlorophyll}(\text{mg}) = (\text{D652} \times \text{V}) / 34.5 \times \text{W}$ ，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)。

莧菜地上部植體全氮含量測定，係取前述粉狀試材以 Kjeldahl 方法分析樣本全氮含量(李等 2002)。各處理小區混合粉狀材料秤取約 0.05-0.1g 樣本，每小區 3-6 重複，置入 50ml 分解瓶，加入 0.2 g 催化劑($\text{K}_2\text{SO}_4:\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}:\text{Se} = 50:10:1$, w/w)及 4 ml 之 36 N 濃硫酸，於 360-410°C 電爐上加熱約 2 h 至分解液呈淡青綠色，取出冷卻至室溫後加入去離子水(NANOpure, Ultrapure Water System, Barnstead/Thermolyne Inc., Iowa, USA)至 50 ml 稀釋，予以均勻混合。取 5 ml 稀釋液於蒸餾管，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。再以 0.01 N HCl 溶液滴定，直至顏色再由紫藍轉成紅為止。樣本全氮含量(%)由下列公式計算: $\text{N}(\%) = (0.01 \times \text{W}_\text{N} \times \text{V} \times 50 \text{ ml} / 5 \text{ ml} \times 1/\text{W}) \times 100\%$ ，其中 V 為 HCl 之滴定量(ml)，W 為樣本重量(mg)， W_N 則為氮素原子量(14 g)。

結 果

田間試驗施以不等量氮肥將產生莧菜植株生長上的差異，同時也造成莧菜植體葉綠素及氮素含量的不同(圖 1)。一般言之，葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量隨著氮肥施用量增加而呈現上升趨勢。又前三次田間試驗之葉綠素測計量讀值與化學分析之葉綠素總量測值間，呈現顯著直線正相關($R^2=0.637$, $P<0.0001$)(圖 2)。葉綠素測計讀值愈大，莧菜之葉片葉綠素總量則愈高。

莧菜地上部植體化學分析之全氮含量與葉片之葉綠素總量間，呈現顯著直線正相關($R^2=0.544$, $P<0.0001$)(圖 3)。地上部植體全氮含量愈高，其葉片葉綠素總量也愈高，兩者密切相。另地上部植體全氮含量與葉綠素測計讀值之間，亦呈現顯著直線相關($R^2=0.581$, $P<0.0001$)(圖 4)。測計讀值愈高者，則氮素含量愈多。

為驗證以前三次田間試驗建立之二項迴歸模式之適用性，乃將第四次田間試驗之葉綠素測計讀值輸入此二模式，分別計算出葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量之估測值。再將實測葉片葉綠素總量帶入上述地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之迴歸模式，則計算出地上部植體全氮含量估測值。經比較後發現，各項估測值與第四次田間試驗之相對應實測值間均達顯著水準(圖 5)。

討 論

根據本研究之田間試驗結果，發現以不等氮肥施用量處理，除了產生莧菜植株生長上的差異，同時也造成莧菜植體葉綠素及氮素含量的不同(如圖 1)，這些資料適用於探討葉綠素、氮素及葉綠素測計讀值之間的關係。研究顯示，葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量有隨著氮肥施用量增加而上升的趨勢，此結果類似於張等(1998)之甘藍試驗，施用高量氮肥除了對甘藍有增產效果之外，並促使甘藍

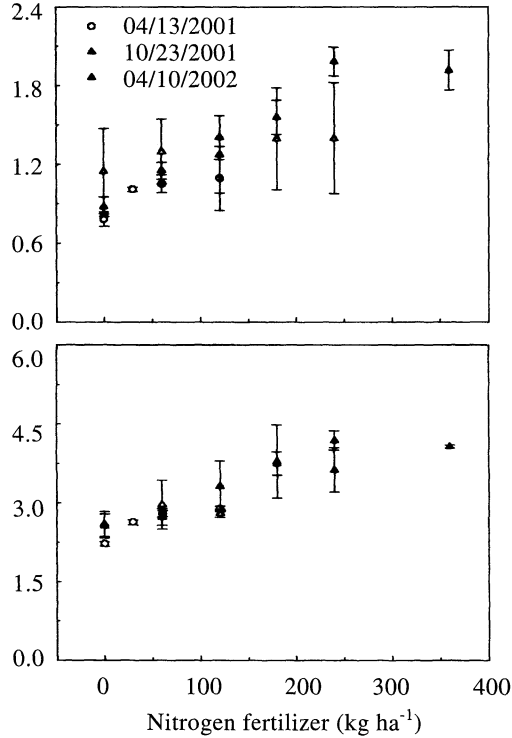


圖 1. 生長於 2001-2002 年三不同作季於施用不等量氮肥下莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)植株之葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量之變化。

Fig. 1. Changes of leaf total chlorophyll and nitrogen in aboveground plant parts of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, in response to applications of different amounts of nitrogen fertilizer in the growing seasons of 2001-2002.

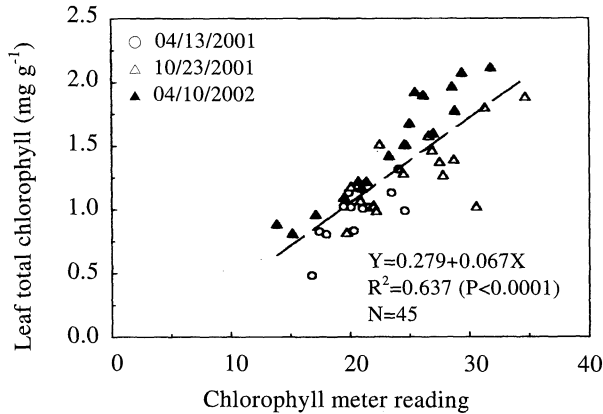


圖 2. 生長於 2001-2002 年三不同作季之施用不等量氮肥莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)植株之葉片葉綠素總量與葉綠素測計讀值之相關。

Fig. 2. Correlation between leaf total chlorophyll and readings of chlorophyll meter for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown in different amounts of nitrogen fertilizer application in the growing seasons of 2001-2002.

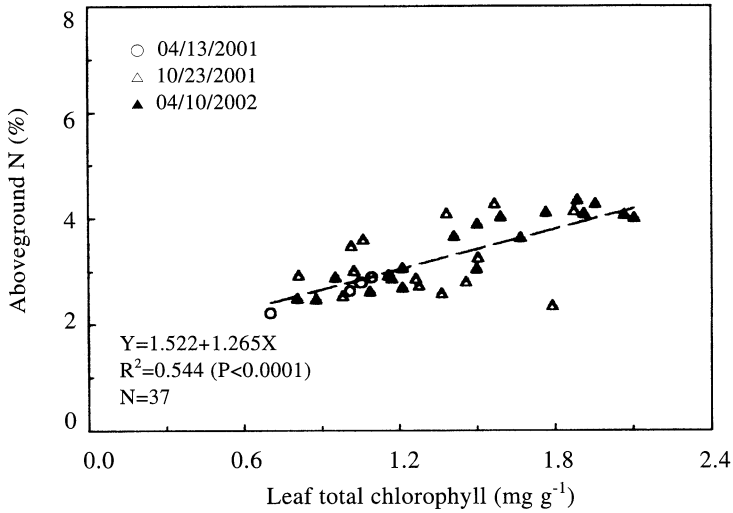


圖 3. 生長於 2001-2002 年三不同作季之施用不等量氮肥莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)植株之地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之相關。

Fig. 3. Correlation between nitrogen content of aboveground plant parts and leaf total chlorophyll for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown in different amounts of nitrogen fertilizer application in the growing seasons of 2001-2002.

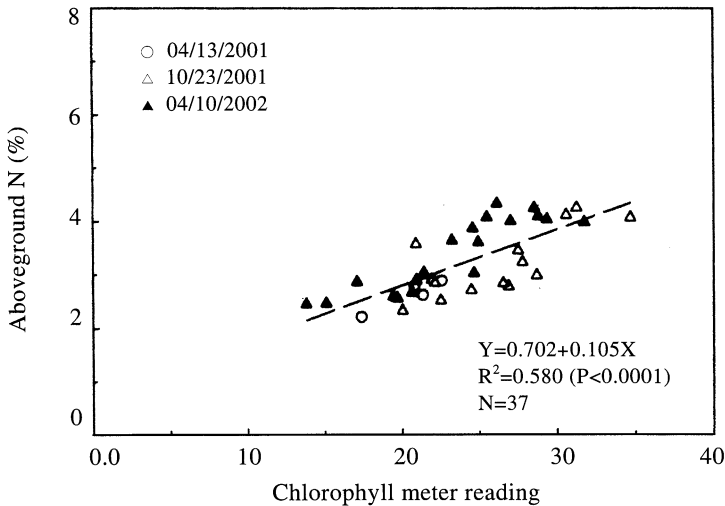


圖 4. 生長於 2001-2002 年三不同作季於施用不等量氮肥下莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)植株之地上部植體全氮含量與葉綠素測計讀值之相關。

Fig. 4. Correlation between nitrogen content of aboveground plant parts and readings of chlorophyll meter for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown in different amounts of nitrogen fertilizer application in the growing seasons of 2001-2002.

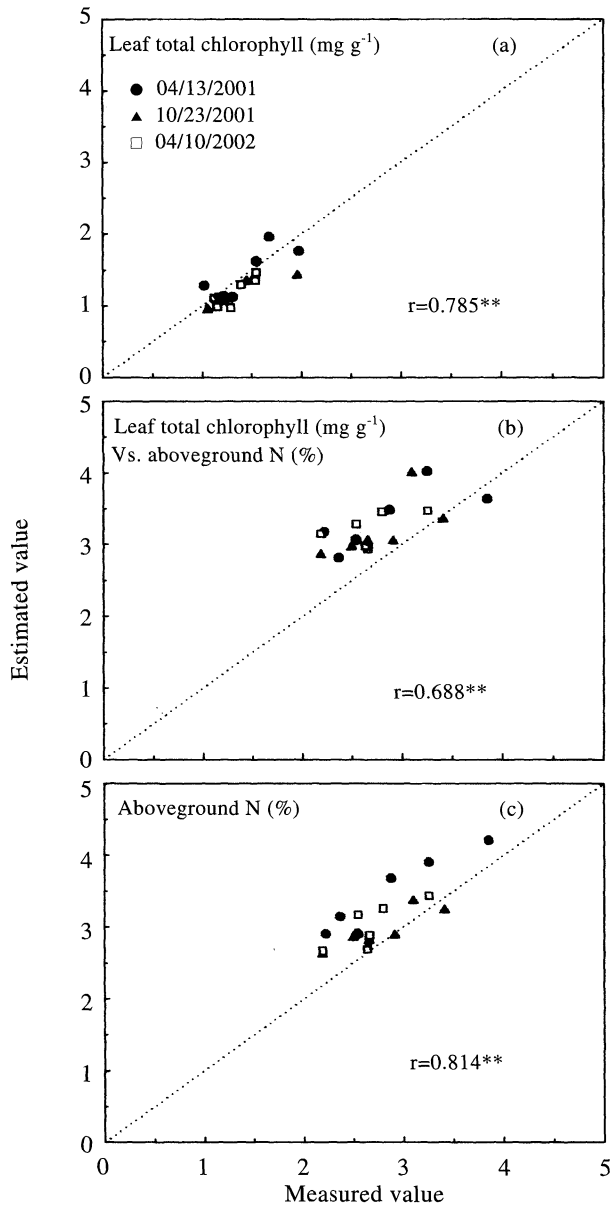


圖 5. 利用(a)葉片葉綠素總量與葉綠素測計讀值之迴歸模式，(b)地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之迴歸模式，及(c)地上部植體全氮含量與葉綠素測計讀值之迴歸模式等三不同模式估測 2002 年 10 月 4 日採收莧菜 (*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1) 植株各種估測值與實測值之相關。

Fig 5. Correlation between measured values and estimated values by using (a) leaf total chlorophyll and chlorophyll meter reading model, (b) aboveground nitrogen and leaf total chlorophyll model, and aboveground nitrogen and chlorophyll meter model for plants of *Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1.

葉片中氮素含量升高，尤其是春作栽培者高於秋作栽培者。Maynard *et al.*(1976)之研究亦指出，施用高量的氮肥提高蔬菜植體中的氮素及硝酸鹽含量。又由於施用不同類型氮肥對土壤酸鹼值(pH)的影響不一，如張等(1998)發現施用銨態氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)將使得土壤酸鹼值快速下降，本研究乃施用硝酸銨緩與土壤中氫離子的增加而減少酸鹼值下降的速度。

經比較第一、二、三次試驗葉綠素測計量測莧菜植株葉片之讀值與化學分析之葉綠素總量測值之關係，發現兩者呈現顯著直線正相關(如圖 2)。試驗資料顯示，葉綠素測計讀值的大小可以反映出莧菜之葉片葉綠素總量的高低，葉綠素含量愈高則測計讀值愈大。因此，吾人可利用此一迴歸模式以葉綠素測計估測及追蹤莧菜植體葉綠素含量在生育期間的變化。

本研究接著比較莧菜地上部植體化學分析之全氮含量與葉片葉綠素總量之關係，發現地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之間亦為直線正相關(如圖 3)。換言之，地上部植體全氮含量愈高者，其葉片葉綠素總量亦愈高。由於氮素為葉綠素之主要構成元素，葉綠素與氮素間展示之密切相關符合預測。惟當莧菜根部吸收超過植體所能還原同化的氮素肥料量(硝酸態氮)時，雖然有可能增加葉綠素的生成，卻可能會產生硝酸鹽累積現象，甚至有可能高達足以有害人體健康之濃度(Tadeo 1994)。因此，為避免莧菜植體內蓄積過多硝酸鹽，確實不宜施用過量的氮肥於土壤內(Kowal & Barker 1981)，並應慎選品種(Wright&Davison1964)及注意環境條件與栽培方法(Magalhase&Fernandes1995；Maynard *et al.* 1976)。

本研究進一步分析莧菜地上部植體全氮含量與葉綠素測計讀值資料(如圖 4)，地上部植體全氮含量與葉綠素測計讀值呈現顯著直線相關，測計讀值愈高者，氮素含量愈多。顯然吾人可據以利用葉綠素測計讀值直接估測莧菜植體之葉綠素含量，並在地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之間的高相關基礎上，利用葉綠素測計讀值間接推估莧菜植體之氮素含量。文獻資料也顯示，葉綠素測計可使用於包括水稻(楊 2003；Peng *et al.* 1995, 1996)及玉米(Piekielek & Fox 1992；Piekielek *et al.* 1995；Schepers *et al.* 1992)在內的多種作物植株葉綠素及氮素的估測。

本研究續將第四次試驗之葉綠素測計讀值輸入上述二項迴歸模式求取葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量估測值，又將實測葉片葉綠素總量帶入上述地上部植體全氮含量與葉片葉綠素總量之迴歸模式，計算地上部植體全氮含量估測值，發現各項估測值與第四次試驗之相對應實測值之間均達顯著水準(如圖 5)。顯示以前三次試驗資料分析所得之迴歸模式，已大致涵蓋本研究各種關係的變異範圍(包括第四次試驗之變異)，可以提供適當的估測準確度。

綜合本項研究結果，顯示吾人可利用葉綠素測計方法來偵(檢)測莧菜植體葉綠素及全氮含量，藉由建立檢量線(迴歸模式)進行非破壞性快速且大量的量測，因此具有應用於莧菜氮肥精準管理用途之潛力。

誌 謝

本文研究承行政院農業委員會農業試驗所經費(91 農科-5.1.3-農-C1)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。
- 吳正宗、王銀波。1995。一些影響小白菜硝酸態氮含量的環境因子。中國農業化學誌 3(2):125-133。
- 柯忠慶、陳慶忠、劉興隆。1993。中部地區簡易設施蔬菜栽培蟲害發生調查。臺灣省臺中區農業改良場研究彙報 40(3):45-54。

- 詹雪芳。1996。自然農耕有機報告(貳)。p.86-87。漢聲 92。漢聲出版社，臺北市。
- 張建生、呂文通、詹朝清。1998。不同型態氮肥對結球菜類生育之影響。臺灣省花蓮區農業改良場研究彙報 16:59-72。
- 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(1):72-82。
- 蔡素惠、楊秋忠、黃山內。1989。環境因子對蔬菜中硝酸及亞硝酸態氮累積之影響。土壤肥料試驗報告 78:189-199。
- 蔡素惠、黃山內、楊秋忠。1995。有機及化學肥料對小白菜之生長、硝酸態氮及維生素含量之響。中華農學會報新 158:58-77。
- Addiscott, T. M., A. P. Whitmore and D. S. Powlson. 1991. Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem. p.1-15. C.A.B. International, Wallingford, UK.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 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.
- Boldgett, J. and E.A. Clark 1986. Fertilizers, Nitrates, and Groundwater: An overview. p.1-15. Colloquium on agrichemical management of protecting water quantity. National Research Council, Washington, D.C.
- Cantliffe, D. J. 1972a. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97(2):152-154.
- Cantliffe, D. J. 1972b. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97(3):414-418.
- Cantliffe, D. J. 1972c. Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97(5):674-676.
- Forman, D., S. Al-Dabbagh and R. Doll. 1985. Nitrates, nitrites and gastric cancer in Great Britain. Nature 313:620-625.
- Kowal, J.J. and A.V. Barker. 1981. Growth and composition of cabbage as influenced by nitrogen nutrient. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 12:979-995.
- Lee, Y.-J. and C.-M. Yang. 1999. Relationship of plant growth and chlorophyll content in field-grown rice. Chinese J. Agron. 6:191-200.
- Magalhase, J.R. and M.S. Fernandes. 1995. Nitrate versus ammonium nutrition and plant growth. p.131-144. In: Nitrogen Nutrition in Higher Plants. Associated publishing Co., New Delhi, India.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition in Higher Plant. p.230-255. Academic Press, New York, USA.
- Martignon, G., A. Venezia and F. Malorgio. 1994. Nitrate accumulation in celery as affected by growing system and N content in the nutrient solution. Acta Hortic. 361:583-589.
- Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti and N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28:71-118.
- OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. 1986. Water Pollution by Fertilizers and Pesticides. OECD publications. Paris, France. 144pp.
- 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.
- 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-yielding irrigated rice. Field Crops Res. 47:243-252.

- 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.
- 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.
- Sui, H.K., K.A. Buckle and M. Wooton. 1983. Determination of nitrate and nitrite in water using high-performance liquid chromatography. *J. Chromato.* 260:189-194.
- Tadeo, K. 1994. Environmental Physiology: Nitrogen fertilization to maximize resource-efficient productivity in a continuous year-round vegetable cropping sequence. p.283-291. AVRDC 1994 Progress Report. Tainan, Taiwan.
- Williams, P.H. and R.J. Haynes. 1995. Nitrogen in the plant environment. p.1-20. In: *Nitrogen Nutrition in Higher Plants*. Associated Publishing Co., New Delhi, India.
- Wright, M., and K.L. Davison. 1964. Nitrate accumulation in crop and nitrate poisoning of animals. *Adv. Agron.* 16:197-247.
- 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. Counc. ROC(B)*. 25(4) :233-238.

Estimating Chlorophyll and Nitrogen Status in Plants of *Amaranthus mangostanus* with Chlorophyll Meter¹

Chwen-Ming Yang^{2,7}, Bor-Kwei Shen³, Jih-Zu Yu⁴, Chaur-Tsuen Lo⁵
and Jeng-Tzung Wu⁶

Summary

Yang, C. M., B. K. Shen, J. Z. Yu, C. T. Lo and J. T. Wu. 2003. Estimating chlorophyll and nitrogen status in plants of *Amaranthus mangostanus* with chlorophyll meter. J. Agric. Res. China 52:107-118.

Three field experiments were conducted at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm (Wufeng, Taiwan) to evaluate the growth response of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 67 to different levels of nitrogen fertilizer application during the growing seasons of 2001-2002. Data were collected on leaf total chlorophyll, aboveground nitrogen, and readings of chlorophyll meter from leaves at harvest. Results of regression analyses indicated positive linear correlation between leaf total chlorophyll and readings of chlorophyll meter ($R^2=0.637$, $P<0.0001$) and between aboveground nitrogen and leaf total chlorophyll ($R^2=0.544$, $P<0.0001$). The relationship between aboveground nitrogen and readings of chlorophyll meter was also linear ($R^2=0.581$, $P<0.0001$). Regression models validation by using data from another experiment showed a significant correlation between the estimated and the measured values. It suggests that chlorophyll meter is a suitable tool for the assessment of chlorophyll and nitrogen status in plants of *Amaranth mangostanus*.

Key words : Chlorophyll meter, Regression model, *Amaranth mangostanus*, Chlorophyll, Nitrogen.

-
1. Contribution No.2153 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : April 28,2003.
 2. Senior Agronomist/Research Fellow, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.
 3. Assistant Research Fellow, Horticulture Division, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.
 4. Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.
 5. Research Fellow, Plant Pathology Division, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.
 6. Lecturer, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
 7. Corresponding author, e-mail : cmyang@wufeng.gov.tw ; Fax : (04)23396057.