

利用番茄葉片光譜反射量預測小果番茄品質之研究

黃貞瑋^{1*}、賴俊傑^{1*}、潘韋如¹、蔡尚翰²、林汶鑫^{1**}

¹國立屏東科技大學農園生產系

²國立屏東科技大學科技農業學士學位學程

前言

番茄是日常生活中重要的蔬菜作物之一，含有多種人體必需的營養成分。番茄的不同成熟度呈現不同的顏色，並影響番茄的風味和口感。為評估番茄採收後的品質，可溶性固形物含量(Soluble solids)及可滴定酸總量係為重要評量依據。近年來，隨著光譜訊息擷取技術的進步，許多報告指出，利用可見光和近紅外光(Vis/NIR)的反射光譜訊息，可以在無損植株或果實的情況下，即時的進行植株監測或果實品質的評估，並且可與相關統計模式或機器學習方法互相結合，建立預測模式。前人研究指出，在600nm-700nm與NIR的光譜波段，可用以檢測番茄植株氮含量，並證實該波段與葉綠素含量有關。因此，常見的葉綠素計SPAD-502(Konica-Minolta, Tokyo, Japan)即利用650nm及940nm的光譜波段進行設計。本試驗利用與SPAD-502相仿的650nm及940nm光譜波段，透過擷取完整葉的光譜反射值，欲建立複回歸模式，進行小果番茄果實品質的預測及評估。

材料與方法

試驗地點位於國立屏東科技大學實習農場溫室，種植之番茄品種為玉女小番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)。試驗肥料等級處理為三種氮肥處理(NH_4NO_3 , $7.5\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$, $15\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$, $30\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$)及三種鉀肥(K_2SO_4 , $10\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$, $20\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$, $40\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$)處理，每組10重複。試驗栽培使用以色列滴灌系統並以網籃式栽培，將番茄種植於長60cm、寬40cm、高24cm的百合籃中，株距為30cm。定植前施基肥(台肥39號)，定植後每25天施一次不同肥料處理的追肥，並依植株生長狀況適當給水。定植一週後，以手持式光譜儀SpectraPen SP 100 NIR(PSI, spol. s r.o., Drásov, Czech Republic)搭配光纖線圈進行植株葉片光譜收集，待果實成熟後進行果實品質測定，品測項目為可溶性固形物含量(Soluble solids)、色彩濃度(Chroma)、可滴定酸總量(Total titratable acidity, TTA)。利用R統計分析軟體(CRAN project)建立複回歸模式，檢視植株光譜指數650nm與940nm波段與果實品質之間的相關性。

結果與討論

透過收集葉片反射光譜中的650nm與940nm波段之反射率，與果實品質測定項目建立多元回歸模式。試驗結果指出，在各週的光譜組合間，以第13週光譜數值推測第15週果實品質，在可溶性固形物與色彩濃度中有較高的模式效能 ($R^2_{\text{Soluble solids}}=0.6751$ 、 $R^2_{\text{Chroma}}=0.3458$)(Fig. 1a, b)。而在可滴定酸總量中，利用第13週光譜數值推測第20週果實品質，有較佳的模式效能($R^2=0.4532$)(Table 1)。文獻指出高葉綠素濃度可吸收較多光能，促進光合作用進行，因此葉綠素濃度與光合效率呈正相關。在650nm波段中，可溶性固形物含量、可滴定酸總量及色彩濃度，皆以高氮處理(HN)的反射率較低(Fig. 2a, b, c)，與上述文獻結果相符；在Fig. 2b中可以看出650nm處光譜波段與可滴定酸總量為負相關。在940nm處以高氮處理(HN)的反射率較低(Fig. 2d, e, f)，而可滴定酸總量與940nm處光譜反射成負相關趨勢(Fig. 2e)。

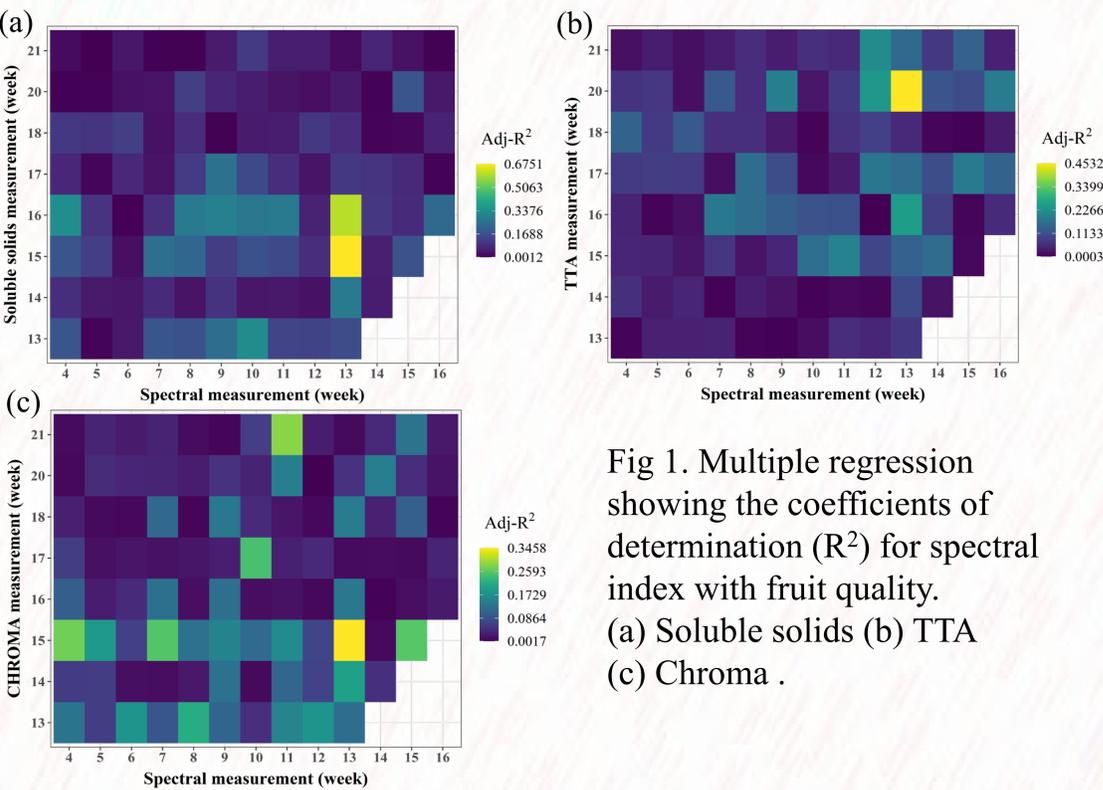


Fig 1. Multiple regression showing the coefficients of determination (R^2) for spectral index with fruit quality. (a) Soluble solids (b) TTA (c) Chroma .

Table. 1 Multiple regression analysis with fruit quality and spectral wavelength at 650nm and 940nm.

Fruit quality	spectral collect (week)	predict fruit quality (week)	R^2
Soluble solids	13	15	0.6751 ***
Chroma	13	15	0.3458 ***
TTA	13	20	0.4532 **

, *: Statistical significance at $p \leq 0.01$; $p \leq 0.001$

結論

綜合上述結果，在小果番茄收穫的主要週次間，利用650nm及940nm波段的反射值，可初步預測並提早預知收穫時之果實品質(可溶性固形物含量及可滴定酸含量)。未來期望評估更多Red與NIR間的光譜波段反射訊息，並持續修正模式效能，期望可在小果番茄果實品質的預測上達到實質的落地應用。

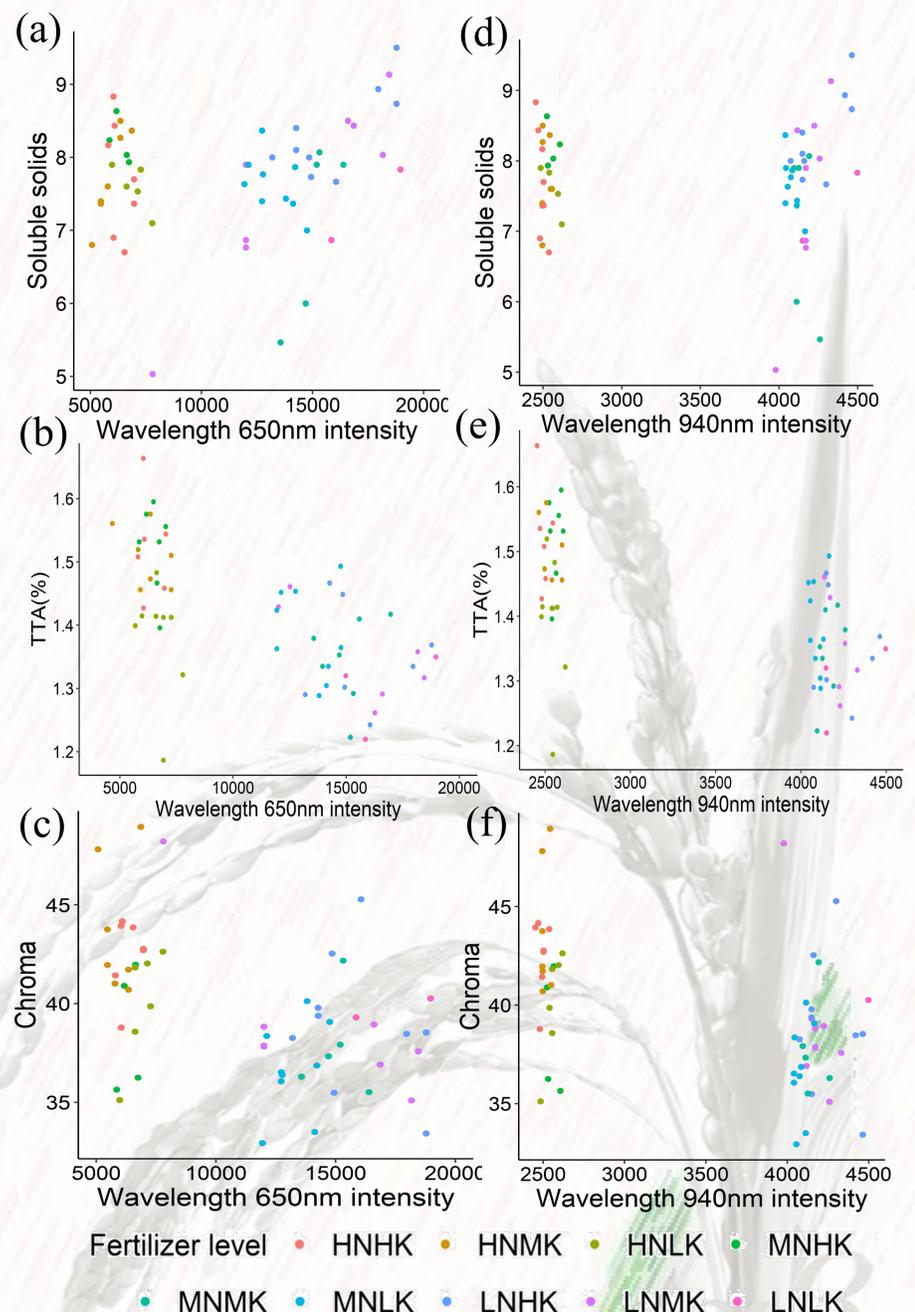


Fig 2. Tomato leaf wavelength reflectance distribution at 650nm and 940nm .(a) Soluble solids (b) TTA (c) Chroma (d) Soluble solids (e) TTA (f) Chroma