

作物影像在農業生產上的應用

文圖 | 臺南區農業改良場嘉義分場 陳榮坤

一、前言

在農作物的生產過程中，隨著生育進展、施肥管理、氣象因子以及病蟲危害等因素的影響，作物植體將會呈現出形態及結構上的差異。為了釐清栽培技術及環境因子對於作物生產的影響，監測作物的生育狀態、病蟲害感染、雜草干擾及災害損害等，將有助於擬定後續田間管理的因應策略，以獲取作物生產的最大利益。顯然，作物生育狀態的監測相當重要，而最常使用的監測工具通常仰賴人類視覺的觀測。然而，人類視覺觀測無法數量化及資訊化，可以觀察的面積範圍也相當有限，在人力資源日益昂貴的趨勢下，發展快速、大面積可量化及資訊化的監測工具勢在必行。

近年來無人飛行載具（unmanned aerial vehicle, UAV）或稱無人飛機的發展日趨成熟，其體積小、機動性高，可快速、大面積的取得田間作物影像，將有效取代人類視覺的觀測工作。田間作物影像可以藉由影像分析與數據化，精確掌握作物生育資訊，提供施肥、病蟲害及水分管理等的田間操作依據，有效降低人力需求，並且提高生產效率。

二、作物影像的種類

太陽光包含各種不同光線，例如X光、紫外光、可見光、紅外光等，人類視覺能夠看到的是可見光。就作物的綠色葉片而言，因為綠色葉片含有大量葉綠素，葉綠素可以吸收大部分的可見光，但是反射較多的綠光，因此當太陽光照射到綠色葉片之後，大部分的可見光被葉綠素吸收了，吸收量較少的綠光則反射到人類眼睛，而呈現綠色葉片的視覺感受（圖1）。由於不同農作物植體的色澤、形態及植株結構隨著生育進展而異，同時亦受到土壤條件、氣象環境、水分管理及病蟲害管理等差異的影響，此一結果勢必改變田間作物對於太陽光不同光線的吸收、反射等光學特性，並且綜合反應在田間作物影像的多樣變化（圖2），此即判識農作物生育狀態的依據。



一般認知的可見光可以分為紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫 7 種顏色的光，然而這只是簡單的量化方式，就利用感測儀器（例如數位相機）擷取的可見光作物影像而言，通常是接收紅光、綠光及藍光 3 種原色，而轉換細分成 256 種色階，並且組合成 16,777,216 種顏色，形成類似人類視覺的影像。影像感測儀器除了可以擷取可見光影像之外，也能夠拍攝其它人類視覺無法感受到的光線影像，就農業生產上常應用的還有近紅外光影像。另外，亦可綜合可見光影像與近紅外光影像分析計算後所轉換的影像，其中以標準差植被指數（normalized difference vegetation index, NDVI）影像受到最廣泛的研究與應用。以下就不同光源類型影像介紹如下：

（一）可見光影像

可見光影像類似人類視覺看到的影像，屬於最常用也是最容易取得的影像（圖 3）。高空拍攝的可見光影像可以提供大面積田區作物生產的紋理、顏色變化及作物覆蓋土壤的程度等，例如不同作物種類採用不同的行株間距、缺株狀況，以及肥料施用均勻度差異造成的葉色或覆蓋率變化等。作物可見光影像的顏色變化大部分決定於葉片光合作用色素的種類及多寡，當光合色素濃度愈高、活性愈強，對可見光的吸收率愈高、反射率愈低（圖 2）。然而可見光影像不容易呈現作物生長狀態的細微變化，例如發生窒息病

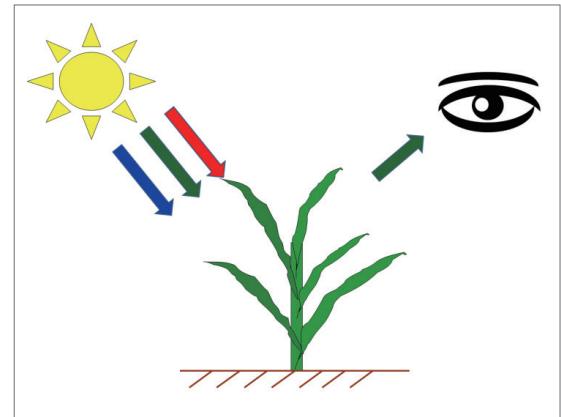


圖 1. 人類對於綠色植物的視覺感受。

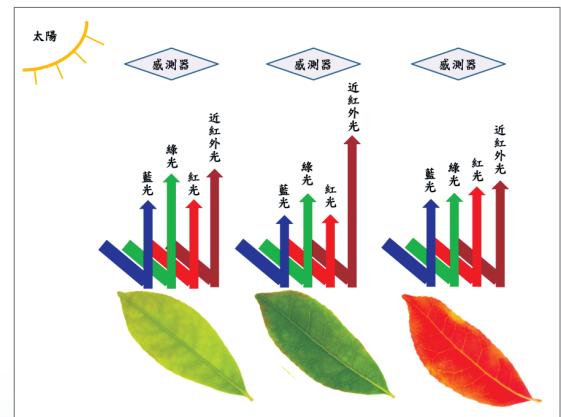


圖 2. 作物葉片不同生育狀態（幼葉、成熟葉、老葉）的對光源的反射情形。



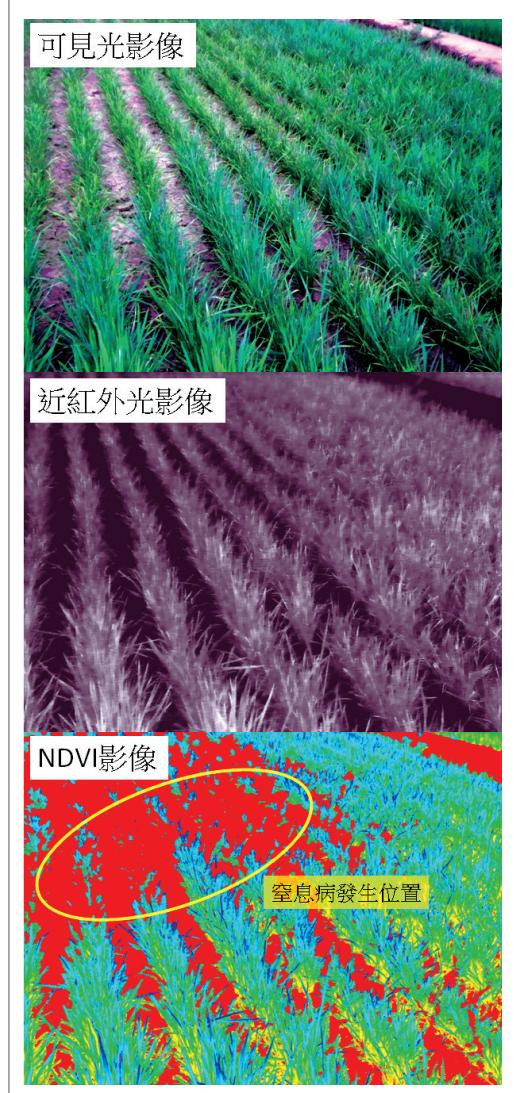


圖 3. 田間水稻窒息病之可見光（上）、近紅外光（中）及 NDVI（下）影像（模擬影像）。

的水稻田區不易自可見光影像獲知罹病區塊（圖 3）。通常在作物遭受嚴重的環境逆境或施肥極度不均時，才能自可見光影像觀察出田間作物生育的差異。

（二）近紅外光影像

由於人類視覺無法感受近紅外光，因此近紅外光影像通常以人為定義的顏色呈現（圖 3），屬於商業應用的影像，可於拍攝可見光影像時，一併擷取近紅外光影像。作物近紅外光影像的呈現，主要受到葉片構造及葉片層次的影響。當葉片愈厚、水分含量愈高，以及作物葉片上下相疊的層次愈多，則近紅外光的反射量愈高（圖 2），亦代表作物生長愈繁盛。而且當作物遭受逆境或病蟲害時，近紅外光影像可以比可見光影像容易觀察到作物的健康狀態（圖 3），透過田間作物健康狀態的監測，提供肥料施用的建議、水分灌溉及病蟲害防治的參考。

（三）NDVI 影像

由上述可知，作物的可見光影像可以觀察光合色素的差異，而近紅外光影像則能呈現作物生長的健康狀態；顯然健康的綠色植物會強烈吸收可見光，強烈反射近紅外光，因此綜合分析可見光影像及近紅外光影像後，則可獲取作物的 NDVI 影像（圖 3），可以同時監測作物的健康狀態與光合色素的活力，提供比可見光影像及近紅外光影像更清楚、細微的作物生長資訊，作為生產者施行田間管理的參考，例如圖 3 之 NDVI 影像可明顯顯現水稻窒息病的發生位置及嚴重程度。相較於可見光影像及近紅外光影像不易量化與標準化，NDVI 影像屬於標準化的數值影像，其顏色的呈現是人為所定義，數值介於 0 ~ 1 之間，當數值愈高，則作物活力愈強，可以建立田間作物生長的空間分布影像，特別適合作為評估作物生育狀態的差異，是監測田間作物健康、活力狀態的良好工具。

三、作物影像在農業生產的應用

作物影像在農作物生產過程中可以應用的層面相當廣泛，例如作物種類的辨識、生育時期的追蹤、營養狀態分析、產量估測與預測、病蟲害感染評估，以及逆境災損評估等多元應用，可以達到評估作物生長狀態與改善作物生產環境的目的。就水稻生產上的應用為例，說明如下：

(一) 追蹤生長狀況：

監測不同生育時期的水稻生長健康狀態，並且預測收穫適期，作為栽培管理與收穫作業調節的依據。

(二) 降低田間施肥不均的差異：

監測水稻葉片氮素含量在田區的空間分布差異，提供農民施肥參考，避免施肥不均而影響稻米產量及品質。

(三) 病蟲害監測：

評估田間病蟲害發生狀況及分布，例如水稻白葉枯病的感染範圍、褐飛蝨的蟲燒面積等，提供病蟲害防治監測與精準管理。

(四) 倒伏風險的預防及倒伏面積的評估：

水稻倒伏以後，葉片光合作用效率低落，產量降低，尤其在降雨過後，還有穗上發芽的風險，而且機械收穫不易。利用作物影像進行生長分析與倒伏風險預測，控制施肥量，以降低倒伏狀況的發生。此外，亦可評估田間水稻倒伏面積，迅速提供颱風、豪雨過後的災害評估。

(五) 稻米品質管理：

由於稻米的蛋白質含量與米飯口感有高度相關性，因此藉由作物影像分析評估田間稻米蛋白質含量，改善水稻施肥管理，提升稻米品質。

(六) 產量預測：

評估田間水稻的生育狀況，配合氣象資料，進行稻米產量預測，提供政府決策的依據。

四、結語

農作物生長狀態的監測是作物田間栽培管理中重要的一環，適當的作物生長不但可以提升產量及品質，也可以降低生產成本及生態環境的污染。利用非破壞性的作物影像輔助田間栽培管理，將可以達到快速評估作物生長狀態及適時提供適當管理操作的目的。可以想像的未來，當無人飛機於農田上空拍攝作物影像，並將影像傳送到雲端，透過雲端運算後，農民只需要透過手機或電腦連接雲端資料庫，就能了解作物的生育狀況，輕鬆完成「巡田」任務。