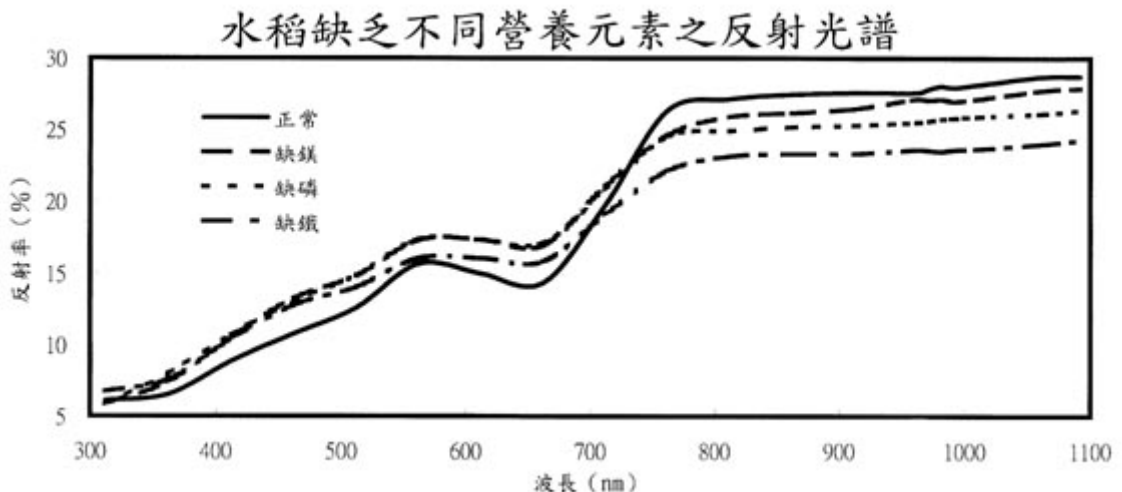


水稻養分逆境之光譜分析

前言

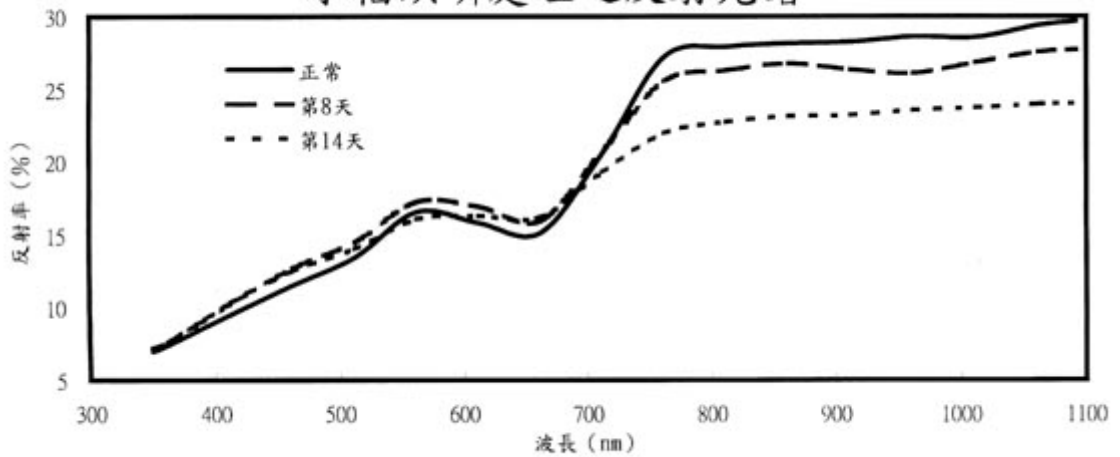
水稻所需的各種營養成份，包括大量元素的氮、磷、鉀、鈣、鎂，或微量元素鐵、錳、銅、鋅等，皆與色素的形成及生理反應有直接或間接的關係，缺乏這些元素將影響水稻正常的生長，在外表的特徵上通常呈現黃化或生長不良，在生理上則是造成光合作用或生化反應受到阻礙。傳統上對水稻生長狀況的診斷就是利用顏色及形狀的改變來做依據，但這些資訊很難被定量，而且精準度不高，因人類眼睛所能感受到的可見光僅是所有電磁光波的一小部分，所以利用高解析度的光譜分析技術，讓我們可以作更精密的分析，將這些表徵經由植物特性光譜的變化而加以檢測，作為水稻養分逆境缺乏的診斷工具，提供對水稻生長狀況更精確的掌握資訊。



水稻光譜的特性及應用

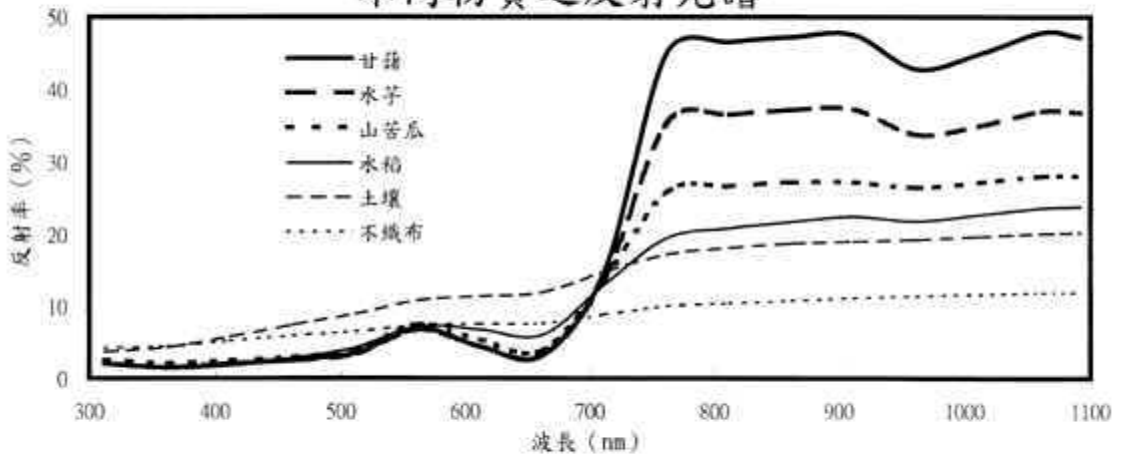
植物葉片的組織結構及生理反應狀況是影響其光譜特性的主要因子，健康的葉片因為含有葉綠體及其他色素（包括胡蘿蔔素、花青素及葉黃素等），因此在可見光區（400-700 nm）有超過 80% 的吸收率，而反射率和穿透率則只有 10% 左右，這是因為葉綠素 a 及葉綠素 b 的主要吸收峰是位於藍光區與紅光區（分別以 450 nm 及 670 nm 為中心），所以葉片在 550 nm 附近會有較強的反射值。此外，由於葉片色素與細胞壁在近紅外光區（700-1300 nm）幾乎不吸收，因此葉片的反射光譜在近紅外光區會出現一個高峰區，其反射率的高低則與葉肉細胞的厚度、大小、排列方式及細胞的內容物有關。

水稻缺磷處理之反射光譜



水稻葉片的反射光譜與一般植物的反射光譜相似,在紫外光區($< 400\text{ nm}$)及可見光區除了生育初期及成熟期外,其餘時期的反射率皆小於15%,在近紅外光區的反射率於整個生育期間內均維持在30-55%之間,而以生育初期及後期之反射率較低,但因水稻的葉片較為狹長且呈直立狀態,因此其反射率通常較其他闊葉植物低。

不同物質之反射光譜



國內將光譜分析技術應用於水稻生長的偵測尚在起步階段,一般以利用600-700 nm及700-800 nm波段的反射值來區分水稻的生長期,利用700-800

nm 波段的反射值區別粳稻、秈稻和糯稻，其他還有利用衛星影像結合各種波段及植被指數估算水稻栽培面積、產量、旱害等級、受災範圍區分與氟化物污染之逆境調查等。

水稻營養逆境之光譜變化

水稻營養要素缺乏的症狀以磷、鎂和鐵的缺乏症狀較為明顯並有顯著的差異；磷為核蛋白質之主要成分，其作用與氮相關，缺磷時則葉片變小，葉色暗綠，症狀遍及全株，通常老葉較新葉嚴重，嚴重缺乏時在莖葉會呈現紫紅色；鎂則多位於葉部，為構成葉綠素分子的重要金屬元素，缺鎂的特徵為老葉



葉肉黃化，與葉脈周圍之綠色形成明顯的對比，黃化的情形自下位葉逐漸擴及成熟葉，嚴重時新葉也會黃化。缺鐵的症狀為新葉黃化，老葉維持正常，缺鐵嚴重時新葉會呈現明顯的白化，是一個相當明顯的症狀。

當水稻缺乏磷、鎂及鐵後，因為葉綠素的形成及生理反應受阻，造成葉片之葉綠素濃度降低及組織崩解，於是呈現淡黃色或不綠的不正常色調，致使反射率及穿透率增加、吸光率降低，因此藍光區及紅光區兩個吸收帶對能量的吸收減少，反射率升高（特別是在紅光區）。因鎂及磷的缺乏症狀都先發生於老葉，其所佔的葉面積比率較大，因此在可見光區反射率上升的比率比缺鐵明顯。在近紅外光區，則因為葉肉細胞物質的流失，水分含量減少，或細胞層數降低，造成葉片吸收的能量減小，由於細胞壁和細胞間空隙折射率的改變，造成葉片在 700-1300 nm 間的反射率降低。



此外，當營養元素缺乏越嚴重時，這種現象也越明顯，在可見光區，反射率會因葉綠素濃度的降低而升高，在近紅外光區則因葉片組織架構的逐漸破壞而減少。

結 論

水稻是本省栽培面積最大且產值最高的糧食作物，以往對水稻生

長狀況的掌握只能透過土壤及植體的取樣及分析，不僅耗時費力，其時間性及準確性皆無法達到需要。而光譜分析在水稻養分逆境分析中的角色正如同人類的雙眼一樣，但卻比人眼更精準和迅速，所以可以對大面積的水稻田進行頻繁的觀測，快速提供水稻動態生育情形的資料。因此，如果能利用光譜分析技術收集及判斷水稻的生長狀況，迅速、即時且精確的掌握水稻生長資訊，適時提出有效的耕作策略，投入適當的資材與管理，則不僅可以節省許多人力及物力，提高經濟效益，在生態維護上亦能得到最佳效果。