

影像辨識系統於水稻 (*Oryza sativa* L.) 種子發芽檢測的應用

Application of Image Recognition System on Paddy (*Oryza sativa* L.) Seed Germination Test

陳易徵¹、鄭若蘋²、謝鈞諭²、蔡維中³、羅仕傑³、黃國益⁴

一、前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 為我國主要糧食作物，2017 年全球栽培面積為 1 億 6 千 7 百萬公頃，產量為 7 億 7 千萬公噸，栽培面積以印度 4 千 4 百萬公頃為最大，總產量則以中國 2 億 1 千 3 百萬公噸為最高。民國 107 年臺灣水稻收穫面積約為 27 萬公頃，產量為 195 萬公噸。我國年出口量約 3 千公噸糙米量，出口地區以香港、中國、澳洲、新加坡為主。本場種子檢查室每年執行近 2,000 件之種子檢查案件。其中水稻為種子檢查室最主要之檢測作物，107 年水稻種子檢查樣本數為 863 件，約有四成為一期稻作，且因氣候因素，85% 之原原種及原種種子集中於一期作生產及檢查。我國水稻產期集中，一期作種子調製後常直接使用於二期作，作業時程緊湊，但為符合我國良種繁殖制度規範，其發芽率原則須於 14 日內達 85%，因樣本集中送達及檢測人力限制，完成所有檢測需至

少 30 日，影響農民第二期作之栽培時程甚鉅。另因目前種子幼苗檢測完全依賴人力目視方式，因疲勞誤判或其他因素造成試驗誤差及不足變異 (underdispersion)，即檢測者會因先前調查結果影響後續幼苗評鑑判別，進而影響檢測結果。

影像辨識技術已廣泛利用於農業上，包含種子胚根發生 (radicle emergence) 自動測定、根系生長模擬、幼苗及植株病害檢測、雜草種子鑑別、品種辨識、產品分級等，本研究則擬導入機器視覺及類神經網路分類器，輔助種子幼苗辨識。

二、利用影像辨識系統輔助發芽檢測

為將機器視覺及類神經網路分類器，導入輔助線進全由人工進行種子幼苗辨識，需以新設計之發芽容器使幼苗外觀呈現利於機器取像及辨識，並以使用人為判讀訓練類神經網路分類器，提升機器辨識結果與人為判讀之一致性，相關細節分述如下：

¹ 種苗改良繁殖場種苗經營課 助理研究員

² 種苗改良繁殖場種苗經營課 臨時人員

³ 國立中興大學生物產業機電工程學系 碩士生

⁴ 國立中興大學生物產業機電工程學系 教授

1. 種子發芽容器及試驗條件：

以 3D 列印技術設計並製作種子發芽容器如圖 1，使種子可以於固定位置生長以便影像辨識系統定位及調查，水稻種子於 20-30℃ 之生長箱中進行發芽試驗，並於第 10 日 (國內水稻發芽試驗第一次調查日數) 進行幼苗取像。

2. 系統架構：系統包含平面掃描器、Arduino 控制器、與個人電腦 (圖 2)。

3. 系統操作流程：

系統操作時先種子生長盤放置於機台之平台上，按下上升按鈕使平台上升並貼近掃描器，Arduino 控制器同時與電腦通訊傳遞訊號，觸發取像動作並進行辨識，完成取像後平台下降，於辨識完畢後，軟體介面將顯示幼苗之判斷結果。此時可以移除種子生長盤，並重新開始下一個操作流程。

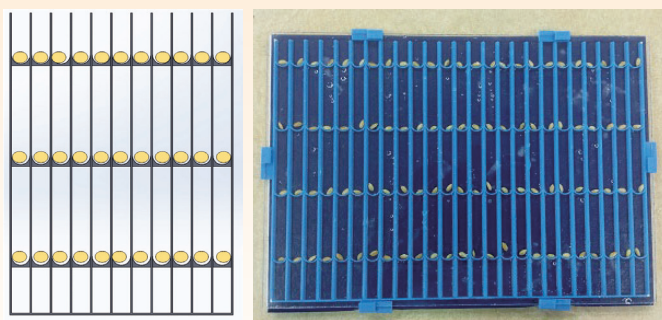


圖 1. 以 3D 列印技術製作之種子發芽容器

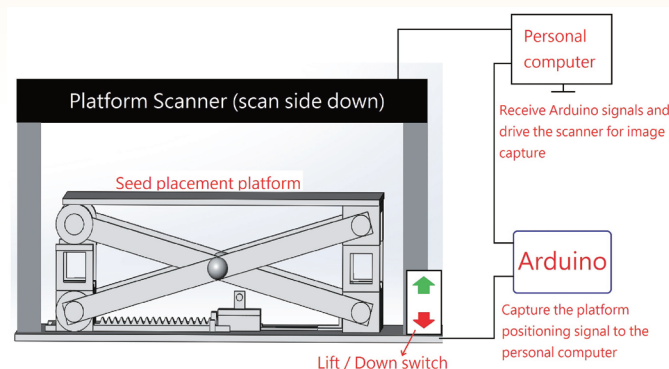


圖 2. 水稻幼苗影像辨識系統架構

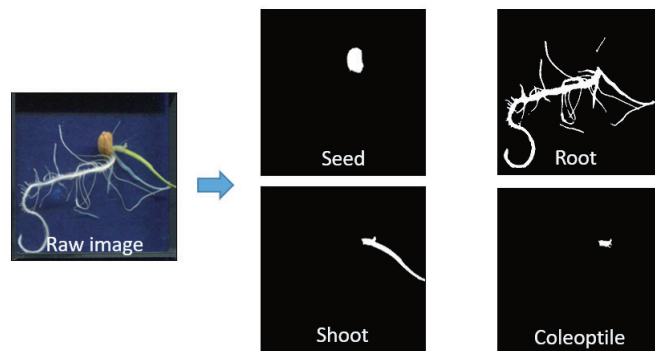


圖 3. 水稻種子幼苗影像分割情形

研究成果

4. 分類：

針對原始影像進行 RGB 圖層分離，並以 RGB 灰階值作為特徵，利用貝氏分類法進行水稻幼苗之構造分割成種子、胚軸、根系、鞘葉等部分 (圖 3)。此系統應用人工神經網路分類器並使用四項特徵進行生長狀態判斷，特徵分別為初生根長度、初生根寬度、胚軸長度、胚軸彎曲度。

5. 影像辨識系統輔助發芽檢測之正確性：

以類神經網路分類器對水稻苗進行正常苗與不正常苗之判斷，輸入使用四項特徵分別為初生根長度、初生根寬度、胚軸長度、胚軸彎曲度，用於訓練與測試樣本數量如表一所示，使用特徵萃取正確之樣本進行訓練與測試，正常苗與不正常苗分別使用 1,000 筆數據做為訓練樣本，並且將剩餘之樣本作為測試樣本，測試結果，

分類器總正確率達 88.9%。

針對水稻發芽種子影像進行特徵萃取，並測試主根長度、主根寬度、莖部長度及莖部彎曲度等四個特徵，針對 6335 個樣本進行特徵萃取測試正確率為 88.4%(表二)，特徵萃取錯誤原因與數量如表三所列。特徵萃取失敗的原因可以分為三大項，根部萃取失敗、取像環境和其他少數非典型錯誤：(1) 側根重疊：如圖 4 所示，主根上的側根因為互相重疊導致在去除側根步驟將主根切斷；(2) 主根繞圈與重疊：如圖 5 所示，主根並未向外生長而在小範圍內繞圈且重疊而形成複雜的生長狀態；(3) 次生根較長：如圖 6 所示，若次生根的長度大於主根則會判斷錯誤；(4) 影像不完整：如圖 7 所示，根部靠近方框陰影處導致無法取得完整的影像；(5) 其餘為數量不多的

表一、類神經網路分類器於訓練及測試樣本測試結果

	訓練樣本	測試樣本
正常苗數量 (個)	1,000	1,416
不正常苗數量 (個)	1,000	1,078
總正確率	88.8%	88.9%
正常苗判斷正確率	91.2%	90.5%
不正常苗判斷正確率	86.4%	86.9%

表二、水稻幼苗影像特徵萃取結果

	樣本總數	萃取正確
數量 (個)	6,335	5601
百分比	100%	88.4%

表三、水稻幼苗影像特徵萃取結果

錯誤原因	數量 (個)	所占比率
根部特徵萃取失敗	501	7.91%
取像環境造成失敗	133	2.10%
其他非典型錯誤	100	1.58%

非典型錯誤，非典型錯誤是指種類多且數量少，難以歸類的錯誤。

三、結語

影像辨識系統應用於發芽試驗調查遭遇最大的挑戰在於對複雜生長型態的根部進行特徵萃取分析，占特徵樣本總數之 7.91%，根部特徵萃取失敗主要因素是由於重疊繞圈等形態導致根長度在計算上有所損失，在根部生長早期的情況下特徵萃

取發生錯誤率較低，本研究累計使用 6,335 個水稻幼苗影像，經該系統進行幼苗評鑑，判斷結果與人為判定結果達 86.0% 一致 (表四)。為達應用於實際幼苗評鑑之目標，除須持續訓練類神經網路分類器，使判斷結果與人為判定一致性達 90% 以上之外，改善影像擷取系統提升取像成功率、機械化樣本製備及自動化進出料系統亦為後續改善之重點。

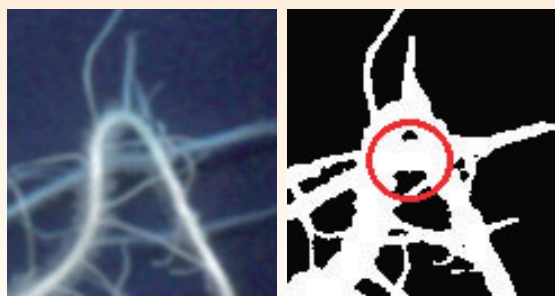


圖 4. 幼苗側根重疊

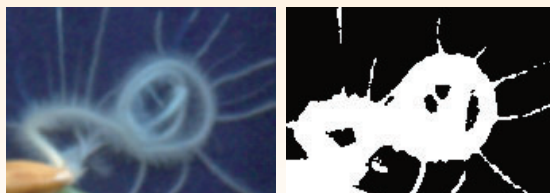


圖 5. 幼苗主根繞圈與重疊

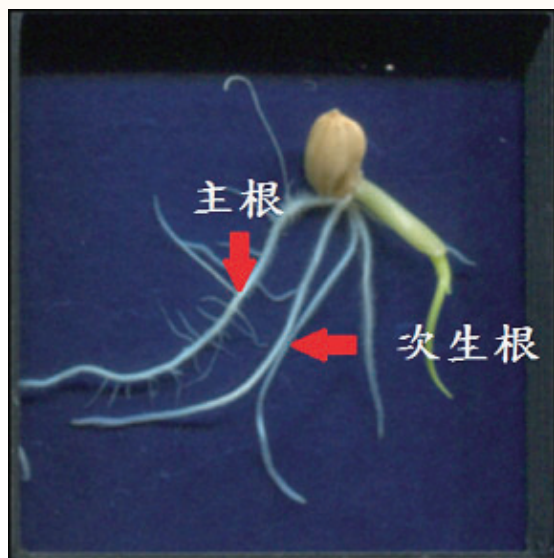


圖 6. 水稻幼苗次生根較主根長



圖 7. 取像環境造成的錯誤

表四、影像辨識系統對於水稻正常苗、不正常苗及所有影像與人為判定之一致性

	正常苗影像一致性	不正常苗影像一致性	全部影像一致性
百分比 (%)	82.4	91.1	86.0