

利用無人機正射影像建立稻熱病監測指標之研究

楊崧滄^{1,*}，賴俊傑^{1,*}，胡智傑²，林汶鑫^{1,**}

¹國立屏東科技大學農園生產系

²行政院農業委員會高雄區農業改良場

前言

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界上重要的穀物之一，主要種植於熱帶與亞熱帶區域，全球約一半人口以水稻為主食，更是亞洲最主要的糧食作物。稻熱病是水稻主要病害之一，嚴重危害水稻收成。因此，稻熱病的即時判斷與監控，對田間的防治管理至關重要。隨著生長期間的氣候差異，稻株對稻熱病的感性亦不盡相同，而隨著氣候變遷，使傳統的栽培曆之病害管理策略漸漸失效。雖然稻熱病仍可透過經高度訓練的專業人員或經驗豐富的農民於田間進行判斷，但此方式耗時費力，且難以應用於大面積栽培模式。現代科技的興盛，無人機(unmanned aerial vehicle, UAV)、遙測，以及定位等電子設備迅速發展，提供更低成本、高解析、高彈性、快速，及低操作門檻的方式，執行精準農業相關的數據蒐集工作，再輔以資料科學相關分析技術，精準農業的實踐得以逐漸普及。本研究嘗試以無人機快速蒐集全面的田間植冠正射影像，配合地理資訊系統(geographic information system, GIS)圖層操作，並以主成分分析(principal component analysis, PCA)建立稻熱病的監測指標(monitored index, Mi)。

材料與方法

本實驗地點位於國立屏東科技大學實習農場，種植之水稻品種為台農71號(TNG71)。栽培過程中以Mavic 2 Pro (28 mm, f/2.8 - f/11, 2000 MP) (DJI, Shenzhen, China) 取得空拍影像，飛行高度20公尺，前後與側邊重疊率皆為50%，相機仰角90度進行垂直拍攝。無人機拍攝之影像以Pix4D (Pix4D SA, Switzerland) 進行拼接與生成正射鑲嵌圖層(orthomosaic)，再匯入QGIS (Open Source Geospatial Foundation)進行圖層操作與數據提取。稻熱病嚴重程度分為四個等級(0為正常、1為輕度、2為中度、3為重度)，各等級提取20個ROI (region of interest)，並提取各別紅(red band, R)、綠(green band, G)、與藍(blue band, B)波段的DN值(digital number)進行後續分析 (Fig. 1)。此外，各嚴重等級之三種波段DN值更以PCA進行降維，生成新的監測指標(Mi)，並比較各單一RGB波段與Mi於判別稻熱病嚴重程度之表現。數據分析與視覺化圖形均以R軟體 (CRAN project)進行。

結果與討論

PCA結果顯示，三個主成分即可解釋近100%的變異 (Fig. 2)。此外，以PC1與PC2進行非監督分群(unsupervised clustering)，如Fig. 3所示。各嚴重程度在PC1(57.82%)具有分群的效果，正常程度(0)可明顯與重度程度(3)區隔。而由於第一主成分(PC1)符合Kaiser's rule (eigenvalue > 1)，因此本研究選取PC1之eigenvector建立監測指標函數($Mi = 0.68R + 0.43G + 0.60B$)。

分別以R、G、B，與Mi進行不同嚴重程度之間的LSD分析，結果顯示R波段與Mi指數於各嚴重程度皆有顯著差異，G波段僅於重度程度顯著較高，B波段於中度與重度有顯著差異 (Fig. 4)。隨著病害程度提高，R與B波段反射隨之增加，主要是因為病株枯萎，ROI內的R與B波段的吸收者—葉綠素減少，而導致植體表面反射量提高。值得注意的是，G波段在正常、輕度，與中度的反射量差異並不顯著；而重度程度則顯著高於其他程度。然而，在嚴重程度中，葉綠素減少的情況下，ROI內的G波段反射量應會有降低現象。根據Clark (1999)對新鮮與乾燥葉片光譜反射的研究，推測G波段與NIR波段可能原理相同，重度程度病株可能很接近“乾燥”的狀態，細胞壁—水界面改變，反射量增加。

雖然研究結果顯示利用單一R波段或本研究提出之Mi指數都有效偵測輕度的稻熱病，但是Mi的變異係數(coefficient of variation, C.V.)在各個嚴重程度等級皆為最低 (Fig. 5)，意即利用Mi判斷稻熱病的發生或嚴重程度之判讀結果較為準確與穩定。

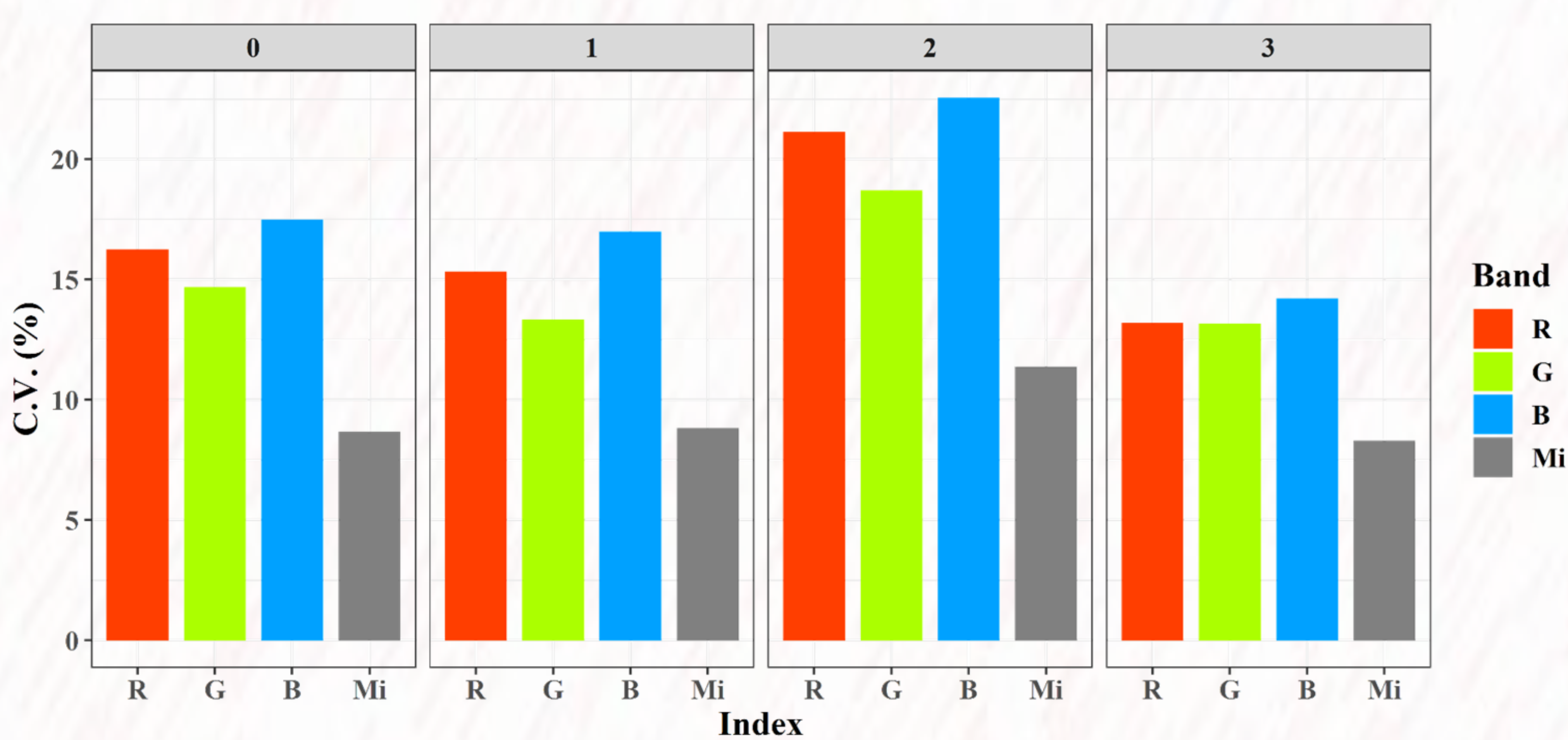


Fig. 5. 單一RGB波段與Mi指數於各嚴重程度之變異係數分析。

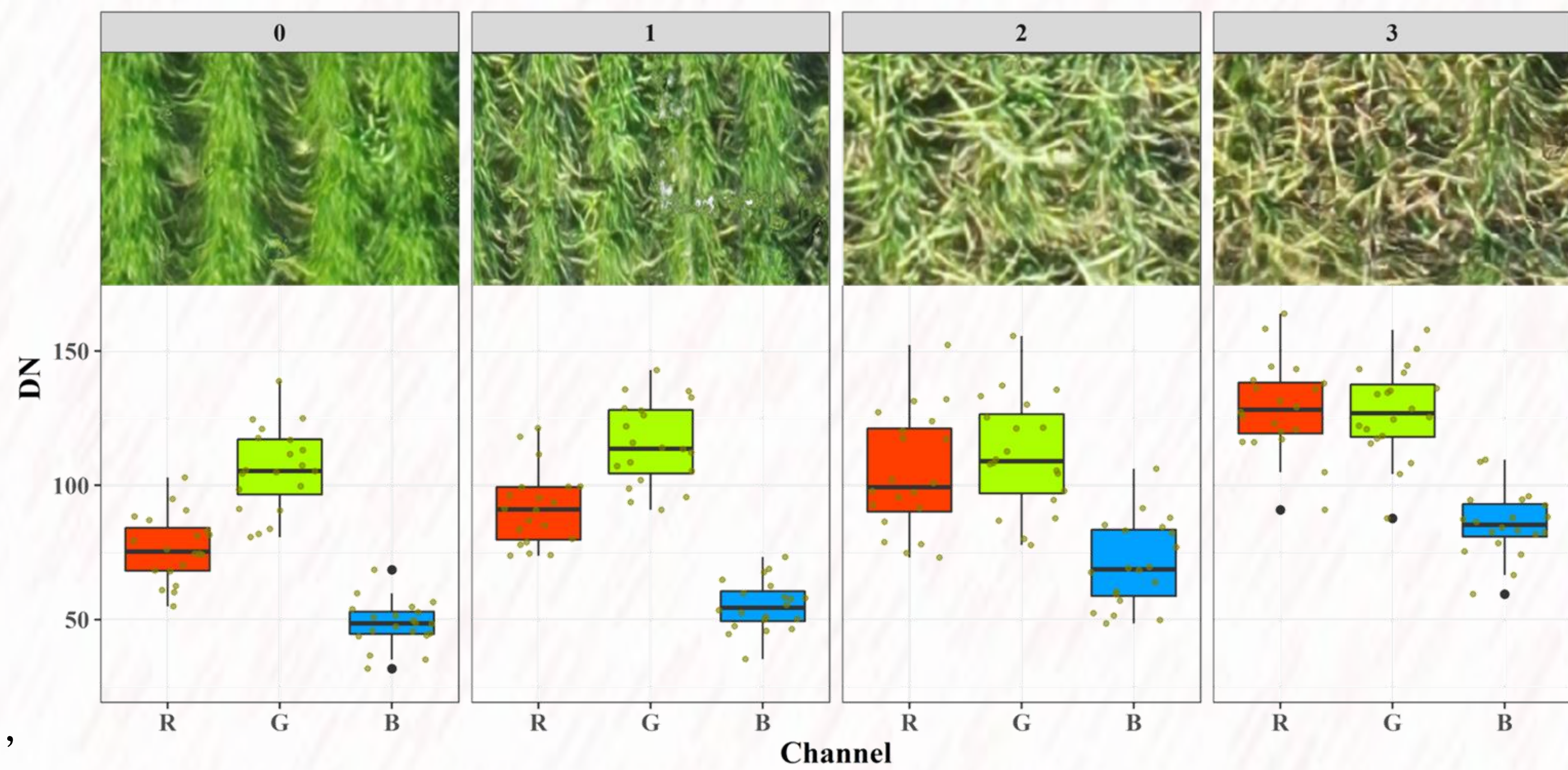


Fig. 1. 上部分為四種嚴重等級之稻熱病ROI (0為正常、1為輕度、2為中度、3為重度)，下部分盒須圖為各嚴重等級20個ROI各波段之DN數據分佈。

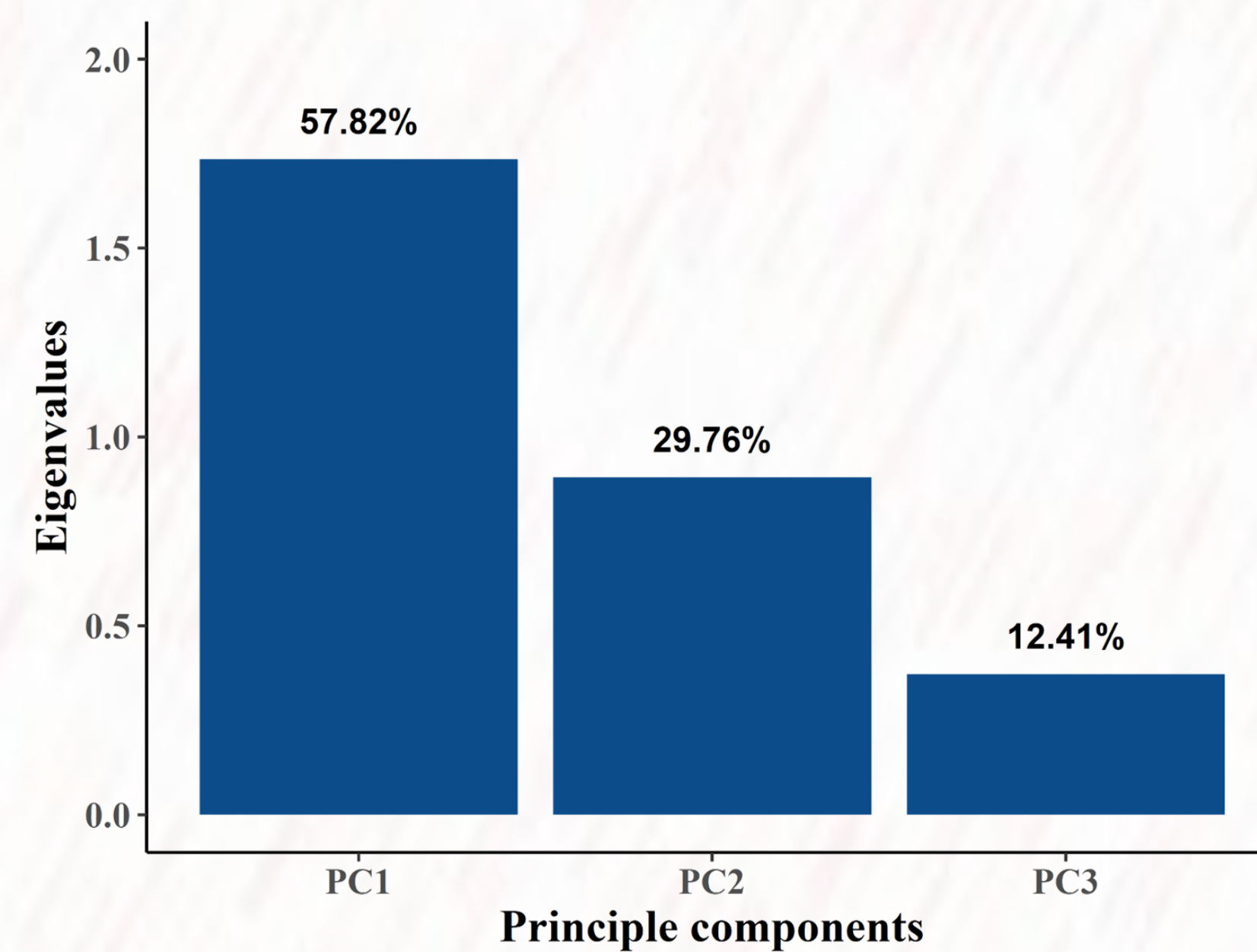


Fig. 2. 長條圖形為PCA三個主成分之 eigenvalues，上方對應之百分比為該主成分的PVE (proportion of variance explained)。

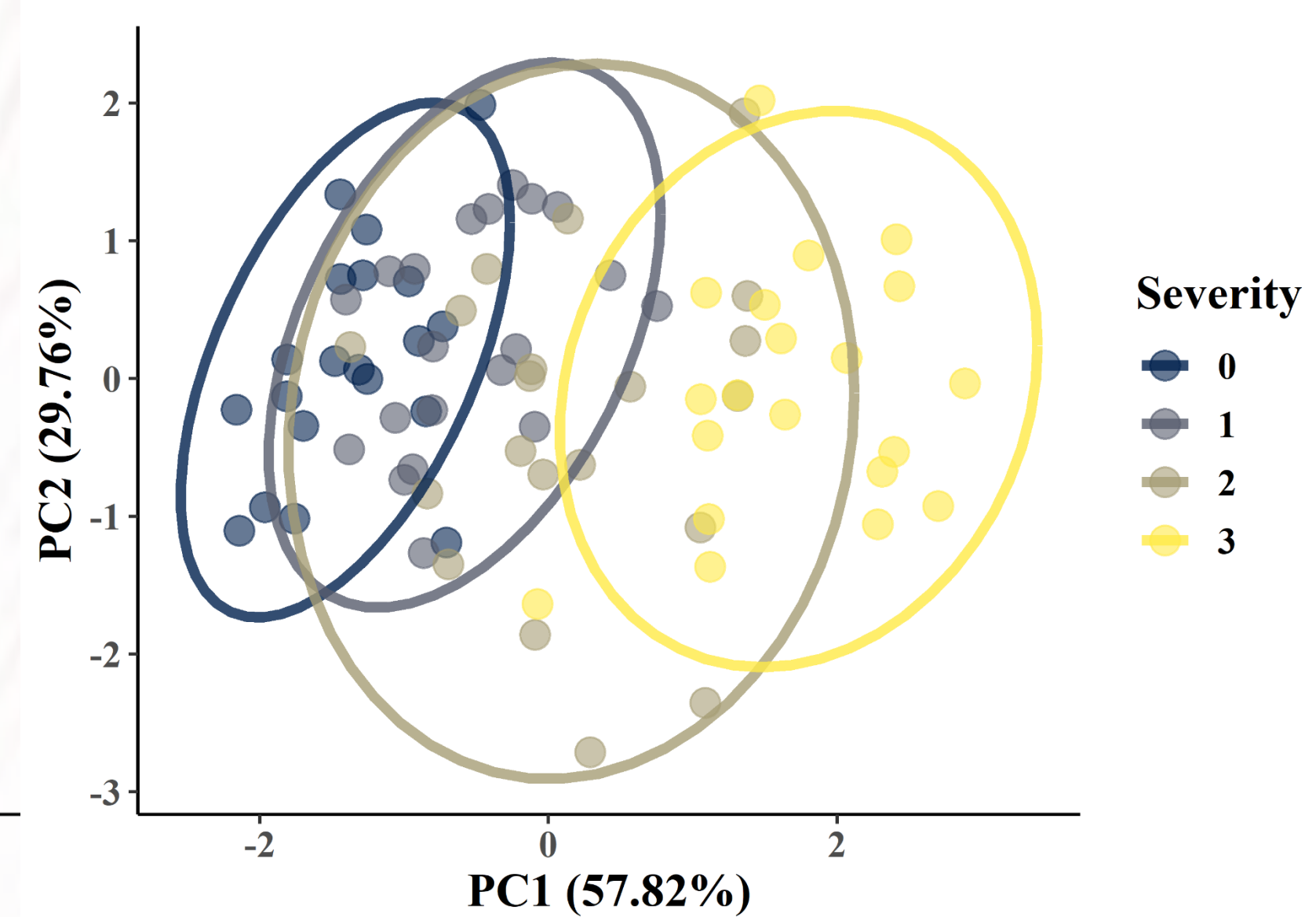


Fig. 3. 觀測值之第一與第二主成分分數投影。紅色點為0 (正常)，綠色點為1 (輕度)，以此類推。各顏色相對應之圓圈為該嚴重等級主成分分數點之95%信賴區間。

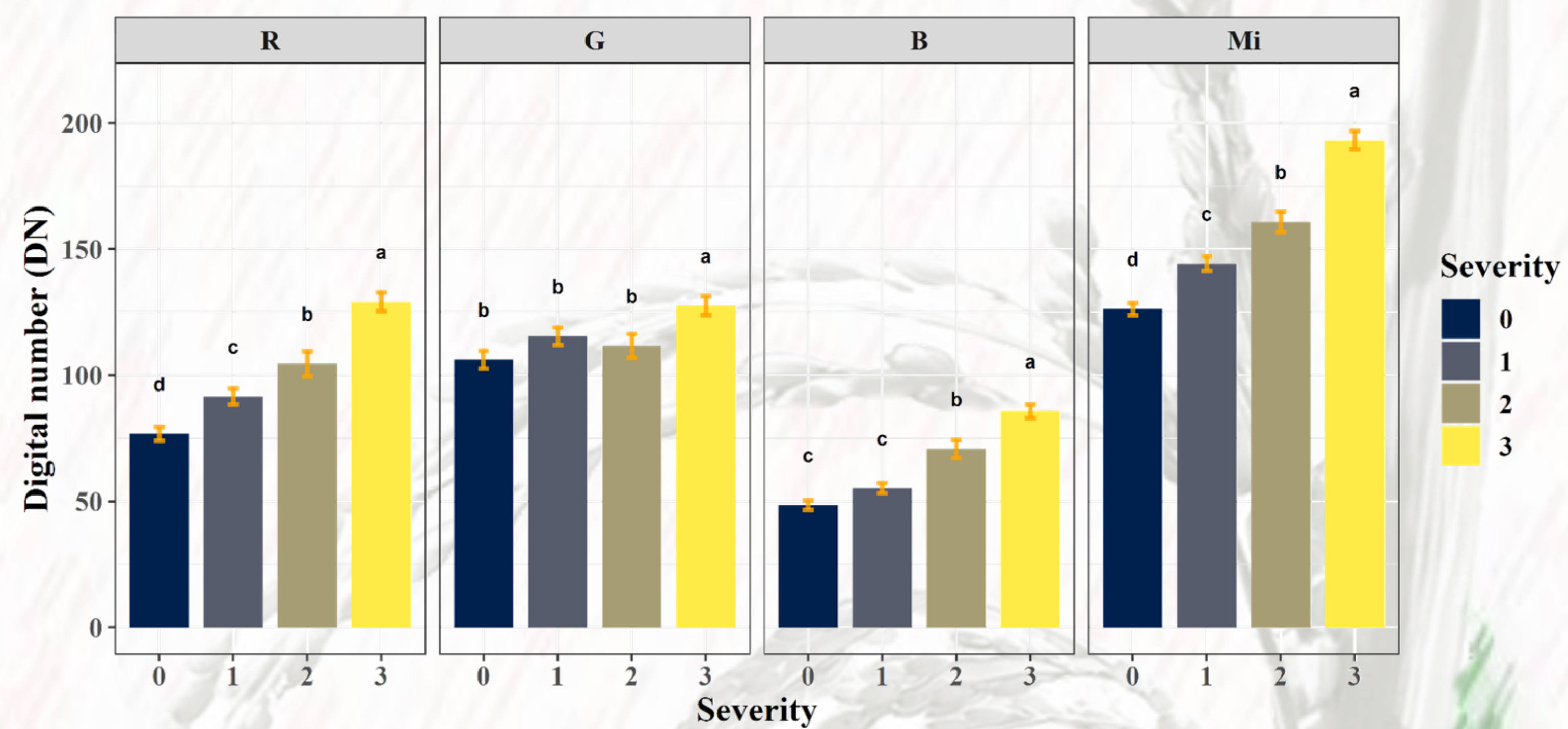


Fig. 4. 各單一RGB波段與Mi指數於各嚴重程度之LSD分析。Mean followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

結論

研究結果指出，透過PCA所建立新的Mi指標比單獨使用RGB波段的DN值更加穩定，且可精確的區隔各嚴重等級程度。基於Mi於輕度發病程度即已顯著高於正常稻株，未來或可透過Mi的變化，在稻熱病發生早期提供預警參考，提早進行相關農藥防治。除此之外，依照不同稻熱病的嚴重程度，可直接提供無人植保機進行特定區域不同的防治方法，既可防止稻熱病的加劇，保障農民收益，亦可精確且減少農藥使用，降低生產成本並對環境更友善，有利於農業之永續發展。