

利用無人機影像進行臺灣藜株高之高通量表現型繪測

賴俊傑*、盤境期*、林汶鑫、林素汝**

國立屏東科技大學 農園生產系

前言

臺灣藜(*Chenopodium formosanum*)為臺灣原生種植物，是臺灣原住民耕作百年以上的傳統作物，其種子具有優質的營養與機能性成分，且具有大多穀類作物所欠缺之人體必需胺基酸；同時富含極高之膳食，營養價值高。但因栽培年代久遠，且現有地方品系尚未經品種純化、呈高度異質性，植株性狀如生長速度、轉色與成熟時間不整齊等缺點，仍需加以進行育種改良。先前已有研究證實臺灣藜生長速度快、光合作用潛力高等特性，在臺灣南部秋作種植時，植株高度可達220公分，育種人員人力量測困難。另外，過高的植株可能會造成植株間彼此遮陰，且面對強風豪雨侵襲時，易造成倒伏或莖桿斷裂，進而影響穀粒產量。此外，現有地方品系因植株過高，且參差不齊(最高可長至3公尺)，不利於大規模種植與機械化採收，進而阻礙台灣藜之穩定量產。近年來，搭載影像偵測技術之無人飛行載具(unmanned aerial vehicle, UAV)發展漸趨成熟，應用領域越來越廣。以UAV空拍影像，可以快速精準地掃描與測量物體的大小及高度，大幅節省人力與時間。故本試驗擬以無人機進行臺灣藜株高之表現型鑑定。

材料與方法

本試驗地點為國立屏東科技大學實習農場，於2021年1月1日播種。種植栽培過程中以Mavic 2 Pro (28 mm, f/2.8 - f/11, 2000 MP) (DJI, Shenzhen, China) 進行空中拍攝，其飛行高度為20公尺，影像前後與側邊重疊率大約為70%，相機仰角90度與70度取得空拍影像；同時，實驗人員於田間人工測量臺灣藜植株之自然株高(Plant Height, PH)、拉伸株高(Plant Length, PL)、莖直徑(Stem Diameter)及花穗長度(Panicle Length)，另以PL扣除PH評估植株頂部下垂幅度(PL-PH)。利用田間蒐集之性狀進行主成分分析(Principal component analysis, PCA)。利用PCA進行非監督分群，並進一步探討各性狀於前三項主成分之權重，以此評估該品種之主要分群依據。

無人機拍攝之影像以Pix4D (Pix4D SA, Switzerland) 拼接並生成數值表面模型(Digital surface model, DSM)與數值地面模型(Digital terrain model, DTM)。將圖層匯入QGIS (Open Source Geospatial Foundation)操作，以DSM扣除DTM取得作物表面模型(Crop surface model, CSM)(Fig. 1)並提取感興趣區域內之圖層數據。爾後，以CSM與各田間性狀進行線性回歸分析，評估未來以CSM取代田間量測性狀之可行性。

本實驗以R軟體(CRAN project)進行資料分析，並搭配SigmaPlot (Systat Software, USA)進行資料視覺化呈現。

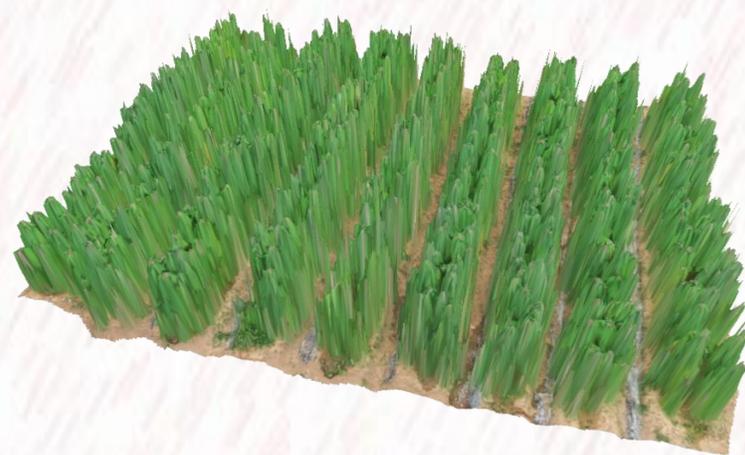


Fig. 1. Schematic diagram of crop surface model (CSM).

結果與討論

利用各性狀進行PCA發現，此試驗品系約可分成兩群集(Fig. 2a)。PC1顯示各性狀皆具鑒別力，其中以PL與PH具較高權重，且群集A之PL與PH較群集B為低；PC2顯示PL-PH、莖直徑，以及花穗長具較高權重，推測PC2是花穗相關主成分；PC3顯示PH與PL-PH具較高權重，推測PC3是株型相關主成分(Fig. 2b)。從原始資料得知，群集A之植株相較於群集B，株高較矮、下垂幅度較小、莖直徑較細，且花穗較短。除了莖直徑較細，其他性狀皆是以群集A為優。由於本試驗之育種目標主要為篩選矮莖台灣藜，加上此品種之群集劃分亦以株高為重要因素，因此考慮以無人機繪測CSM取代人力量測，提高篩選效率。

CSM與PL、PH及PL-PH三者皆具顯著正相關性(Fig. 3a)。其中以PL與CSM相關程度最高($r=0.9294^{***}$)；PH次之($r=0.8798^{**}$)；PL-PH較差($r=0.8057^*$)。未來試驗中，將於採收時將進一步測量穗鮮乾重，並預期將與拉伸高度呈高度相關性，有望可同時推估產量，並預期將與PL-PH呈高度相關性；於此，未來可望透過UAV同時監測株高並推估穗重。

此外，CSM與莖直徑及穗長相關性皆不顯著(Fig. 3b)。由於莖直徑變化幅度為毫米級，以公分級之CSM探測其變化略為不佳。然而，CSM與莖直徑仍具一定程度之等比趨勢，不排除未來蒐集之數據增加而建模成功之可能。另一方面，CSM與穗長之相關性或受離群值之影響；若將之剔除，則CSM與穗長呈顯著正相關($r=0.8158^*$)。

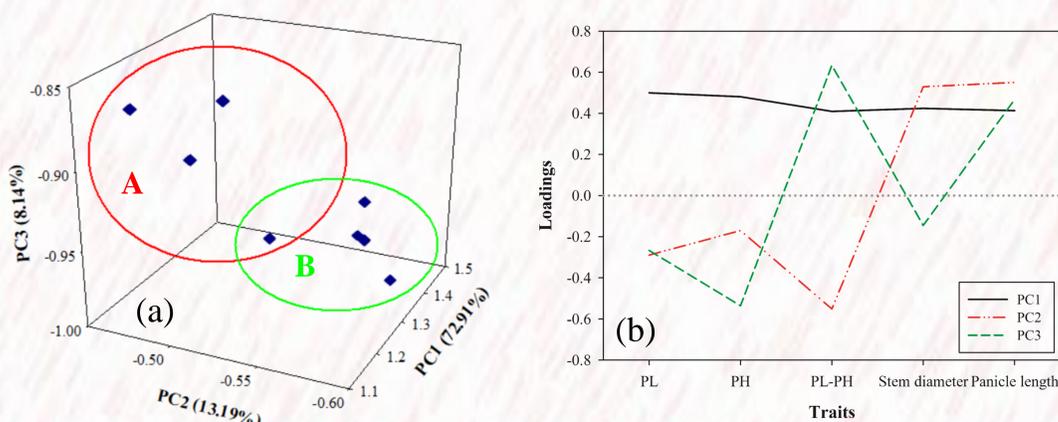


Fig. 2. Coordinate projection of each tested plants (a). The red and green circles indicate possible clusters (A and B) within the variety. Loadings of each collected plant traits (b).

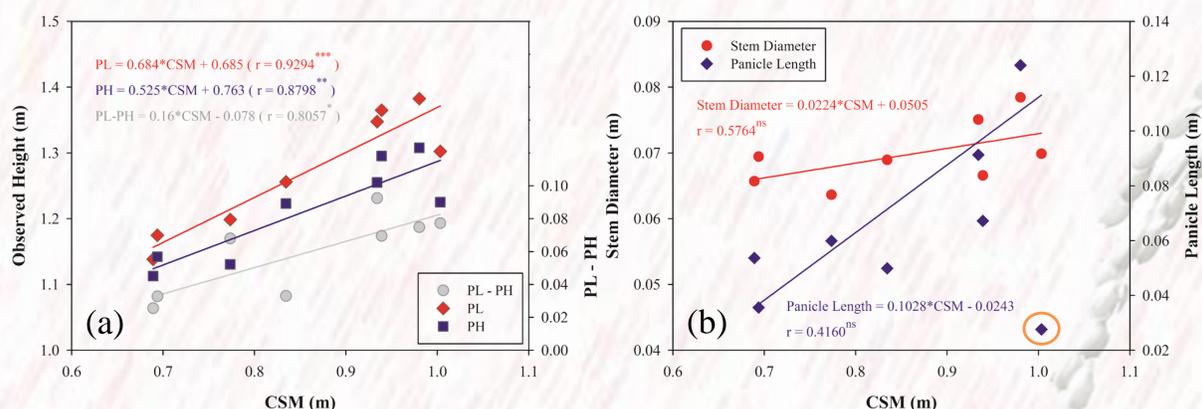


Fig. 3. Correlation between CSM, PL, and PH (a); and CSM, stem diameter, and panicle length (b). The orange circle indicates a possible outlier. ***: $p < .001$; **: $p < .05$; ns: non-significant.

結論

以無人機進行臺灣藜株高之表現型繪測為一可行之高效方式。透過此技術篩選大量育種品系後代，期望可減少人為誤差，提高育種效率。未來將加入即時動態定位技術(Real Time Kinematic, RTK) 以提高地理圖層之準確性。