

透過空拍影像點雲生成技術於水稻株高繪測之探討

蔡欣潔*，賴俊傑*，林汶鑫**

國立屏東科技大學農園生產系

前言

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界三大糧食作物之一，為亞洲人民的主食。隨著人口不斷增長，為滿足當前與未來糧食的需求，育種家對作物進行大量表型重複性測量，以開發適地適種與高產的品種。而在作物外表性狀中，株高常被用以估計產量與生物量。然而，在育種過程中，如遇候選品系眾多，面對株高性狀測量時，則需使用大量人力，且效率不彰。因此，本研究欲採用具低成本、高解析、高彈性、快速及低操作門檻方式等特性的無人機(unmanned aerial vehicle, UAV)，再輔以點雲生成技術與資料科學相關分析技術，評估從空拍影像繪測水稻株高的方法。期待未來水稻育種中株高性狀的測量，可以利用UAV取代人工測量，提供育種人員快速且大量的收集高通量性狀資料，以大幅提高育種過程中的勞動效率。

材料與方法

本試驗以水稻品種高雄147號(KH147)為材料，地點位於國立屏東科技大學實習農場，總裁培面積為0.01778公頃。調查日期為民國110年3月18日至4月29日，共調查7週。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度及70度進行垂直拍攝。人工測量方式則以捲尺測量葉片自然高度(plant height, PH) 與伸展之最高(plant length, PL)高度紀錄。無人機拍攝之影像以Pix4D (Pix4D SA, Lausanne, Switzerland) 進行拼接與生成帶有空間訊息的點雲，通過real-time kinematic(RTK)全球定位系統(Emlid Reach RS, Emlid Ltd, Saint Petersburg, Russia)，於田區制定7個地面控制點(ground control point, GCP)，獲得準確的空間(x,y,z axis)坐標，使誤差縮小至公分尺度，再經過三角定位生成圖層—數值表面模型(digital surface model, DSM)，最後匯入R studio(CRAN)軟體，提取圖層之目標區域(region of interest, ROI)的高度訊息並進行統計分析。

結果與討論

透過UAV以仰角拍攝作物側面影像，進行拼接與生成帶有空間訊息的點雲，估算地表上之數值地面模型(digital surface model, DSM)，並探討最適合估計株高的百分位數點雲，由Fig.1得知，小於20百分位數的模式表現不佳($R^2 < 0.5$)。使用大於第20百分位數的模式表現，則隨著點雲數據使用的百分位數提升，其與實測株高PH、PL的模式表現效能亦提高。此外，使用趨近第一百的百分位數時，其 R^2 則漸趨下降，此與前人研究有相似的結果，因雜訊或雜草干擾容易出現在最大值。Fig.2表示由繪測株高DSM之表現較佳的4個不同百分位數與實測株高PH的內部驗證結果，分別為Fig.2(a)第80百分位數、(b)第90百分位數、(c)第96百分位數(d)第100百分位數。

分析結果指出，使用第96百分位數，在PH的繪測株高具有較佳的模式表現($R^2=0.849$)，PL亦有相似的結果($R^2=0.856$) (Fig.2(c))，但以使用第100百分位數的模式表現最低(Fig.2(d))。再將第96百分位數繪測株高與實測株高進行相關分析，結果如Fig.3所示。其繪測株高與實測株高PH的相關性高且預測誤差小 ($r=0.90, RMSE=6.82$)，繪測株高與實測株高PL亦有相似結果，($r=0.91, RMSE=6.51$)。如Fig.2、Fig.3所示，繪測株高DSM使用第96百分位數將更準確預估PH與PL，較適用於未來評估植株高度。另外，從Fig.3可知，在105公分以下的株高，繪測株高較多低估情況，105公分以上的株高，繪測株高則有較多高估的情況，而本試驗實測株高平均在105公分左右時，水稻開始進入生殖生長期，開始抽穗。

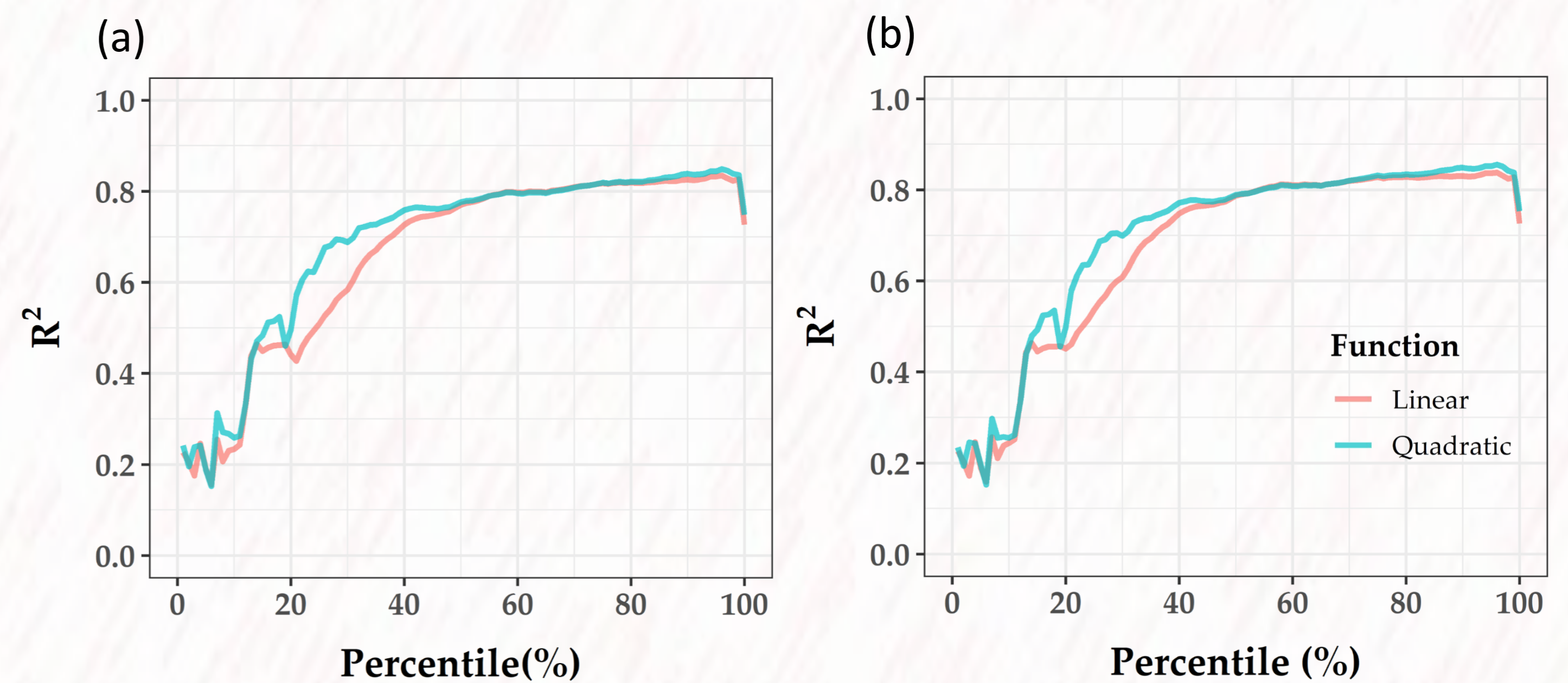


Fig.1 The relationships of different percentile estimated height for rice and (a) plant height (PH), (b) plant length (PL) coefficient of determination.

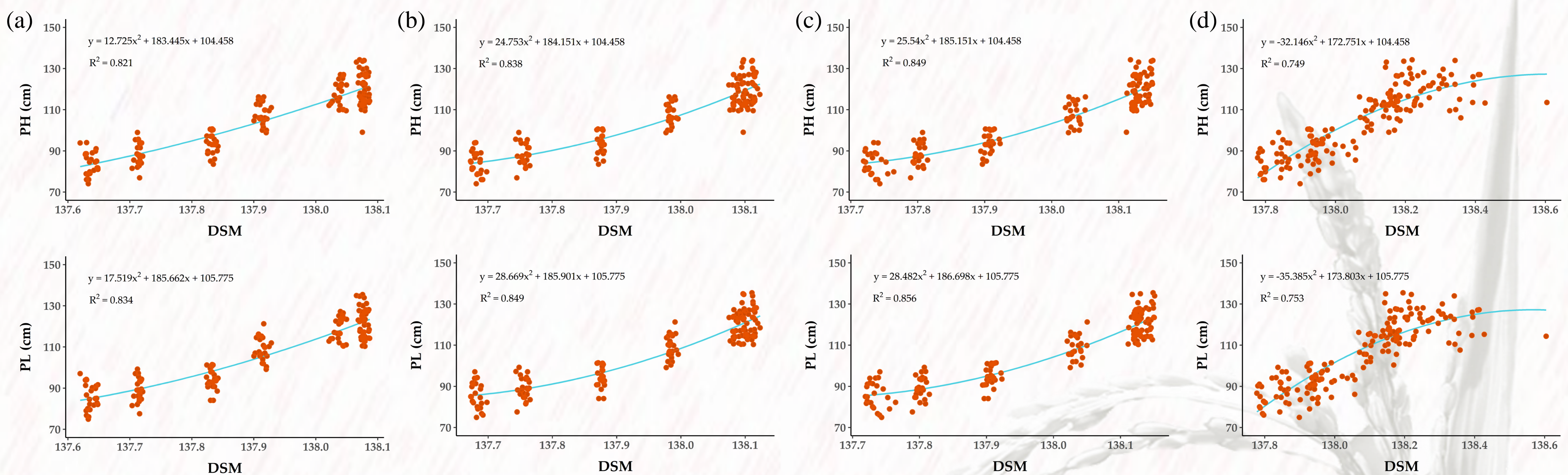


Fig.2 The rice yield prediction models were non-linear regression between DSM from UAV (a) P₈₀ (b) P₉₀ (c) P₉₆ (d) P₁₀₀ and plant height (PH), plant length (PL) from measured in human.

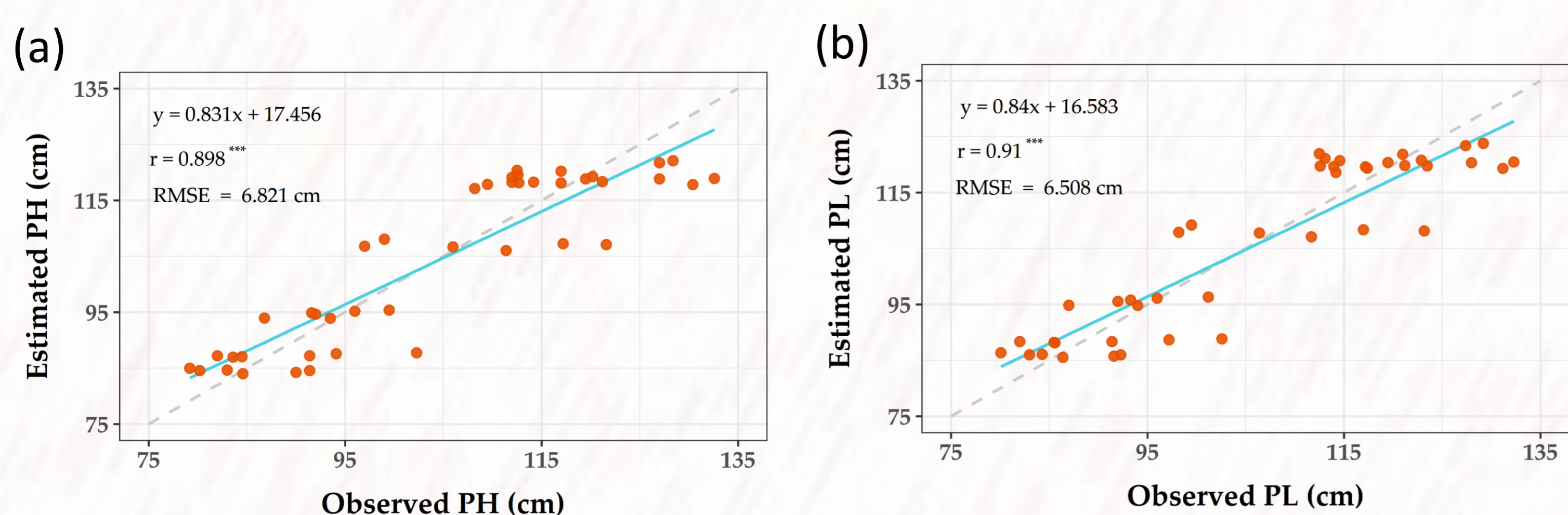


Fig.3 Relationships between observed (a) plant height (PH), (b) plant length (PL) and estimated height during validation from UAV. The solid lines are fit lines, the dashed lines are 1:1 lines.

結論

綜合以上結果，第96百分位數的點雲適合用於估計高雄147號水稻之株高。然而，水稻品種不同其株型表現亦有不同，冠層結構上也有變化。經由本研究結果指出，針對水稻育種中株高性狀的測量，可利用UAV取代人工測量，提供育種人員快速且大量的收集高通量性狀資料，以大幅提高育種過程中的勞動效率。並發現於點雲受作物冠層結構與分布影響，若欲增加模型的預估能力與穩定性，可依照水稻生育期，以劃分成兩部分，營養生長期及生殖生長期，分別建立模型，或是持續研究進行多年試驗，以改進模型對此品種的適應性。未來期望於大田試驗且朝多種品種水稻進行發展，透過更多參數及品種間之差異，改進估算模型，以確保模型的可行性與品種之間的通用性。