

農用無人機與智慧工具應 用於作物的病蟲害管理

行政院農業委員會農業試驗所
郭鴻裕 張翊庭、古婷云、賴俊融

109.11.06

農委會各單位無人機應用發展

- 1) 農試所七股鹽分地分布調查(農試所--76年)
- 2) 農村及道路崩落、土石流災區勘災(水保局—85年起)；
- 3) 栽培面積調查與農情預警等(農試所-103年起敏感作物面積、農糧署-106年全鄉性調查)；
- 4) 農民災損調查與保險賠損估測(農糧署--103年西瓜流失；農試所-105年台東釋迦災損、水稻倒伏、科技處-105年蚵架災損)；
- 5) 協助田間試驗調查作物生長狀態的收集(農試所-102年起大蒜、大宗蔬菜、林試所--102年林相調查)；
- 6) 田間噴藥與施肥(農試所--104年、藥毒所、高雄場---108年)；
- 7) 農田巡查:精準的農田田區監測與雜草管理(科技處--106年瓜瓜園)；
- 8) 逆境監測分析(農試所-106年高光譜)
- 9) 大面積水稻噴藥示範作業(農試所--107年、108年)。

UAV Development Roadmap (TARI 2015)

Developing the application of spectral imaging analysis, pest early warning system, RTK 3D position system and spraying system by an unmanned aerial systems (UAS) platform to serve PA application.

UAV病害防治應用路徑



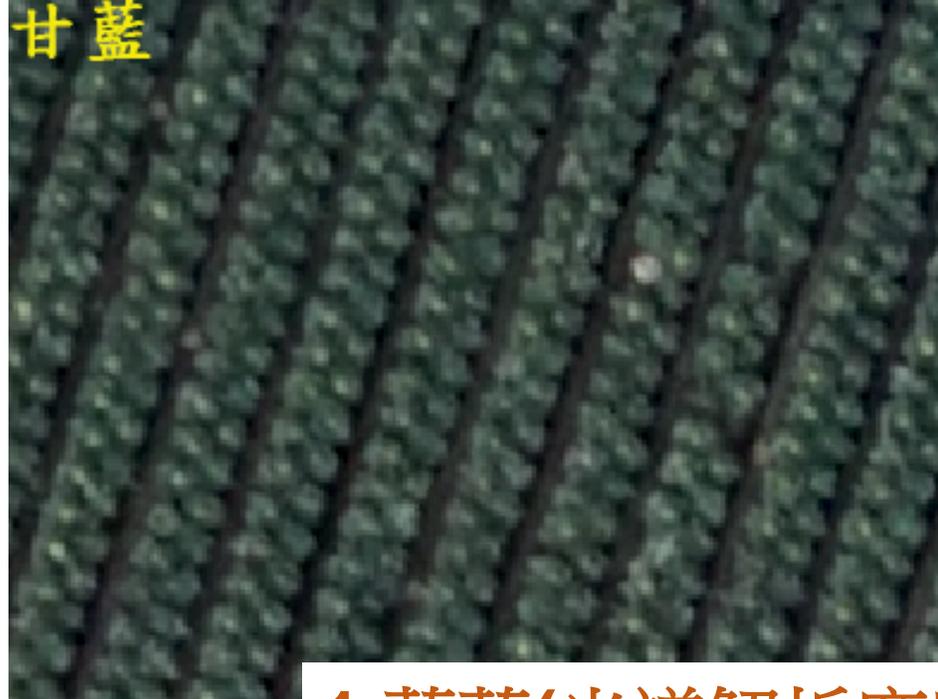
UAV

扮演的角色

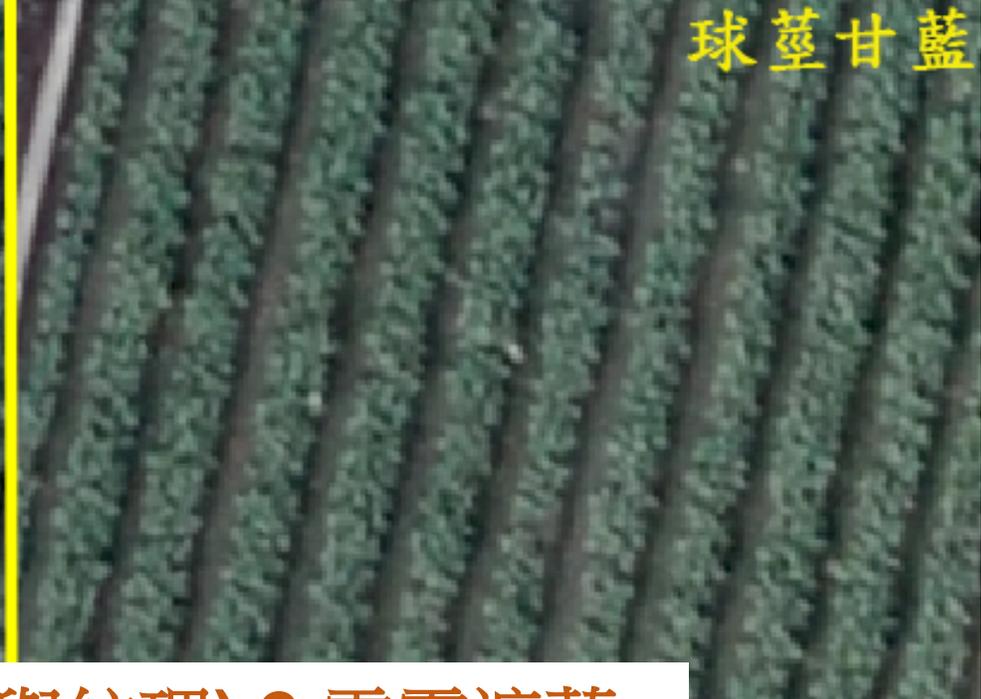
農業活動監測鏈
的一環，衛星影
像判釋驗證



甘藍

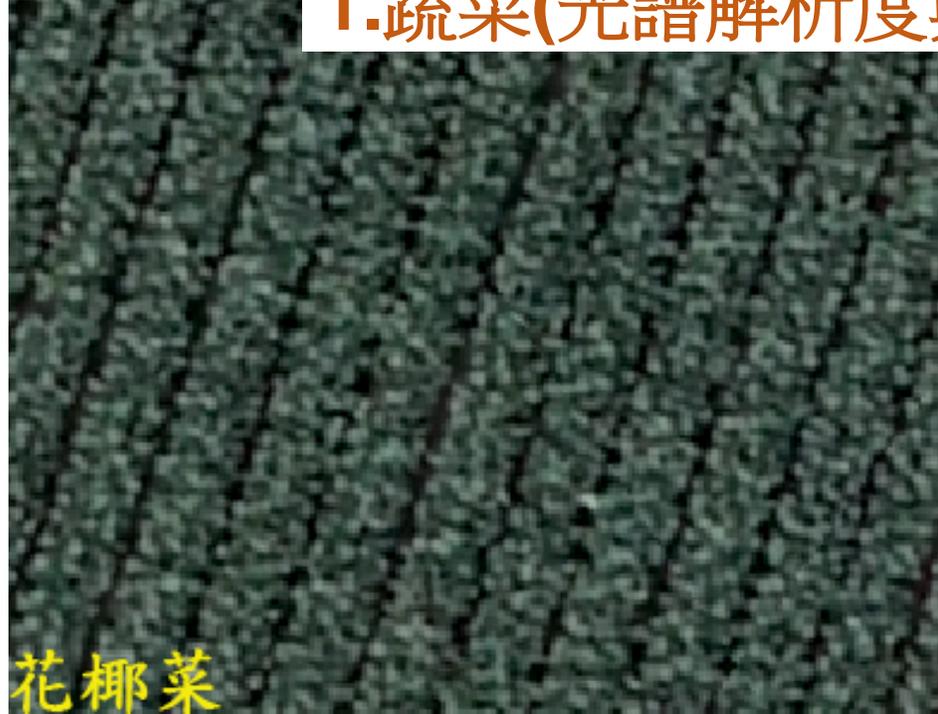


球莖甘藍



1.蔬菜(光譜解析度與紋理) 2.雲霧遮蔽

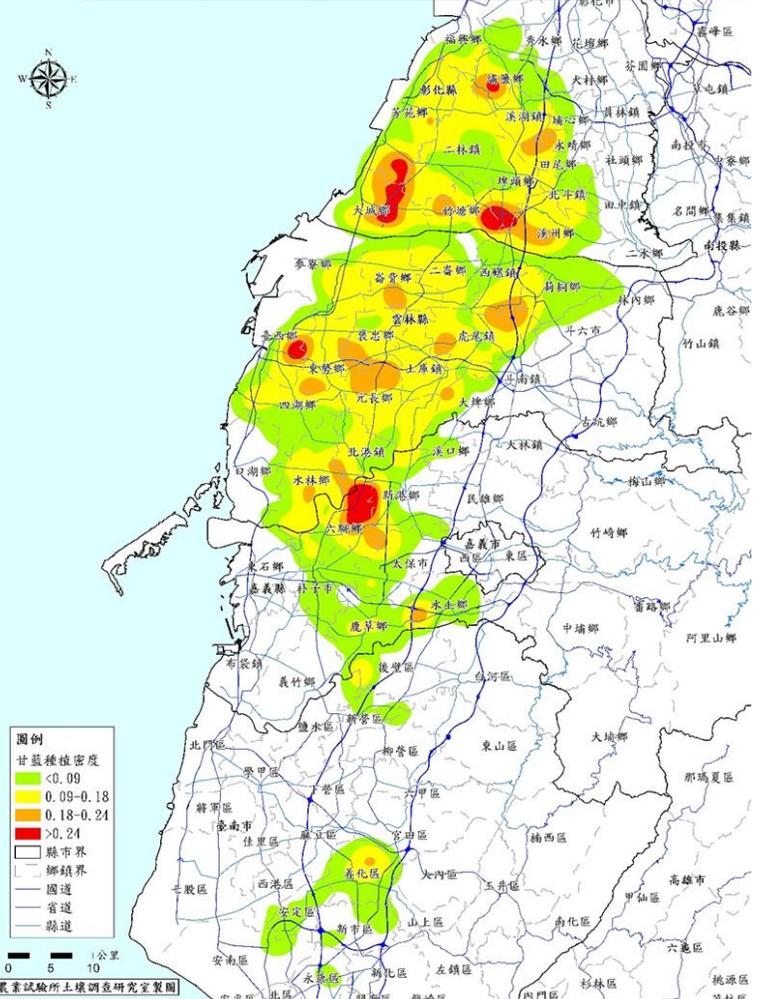
花椰菜



葉用芥菜

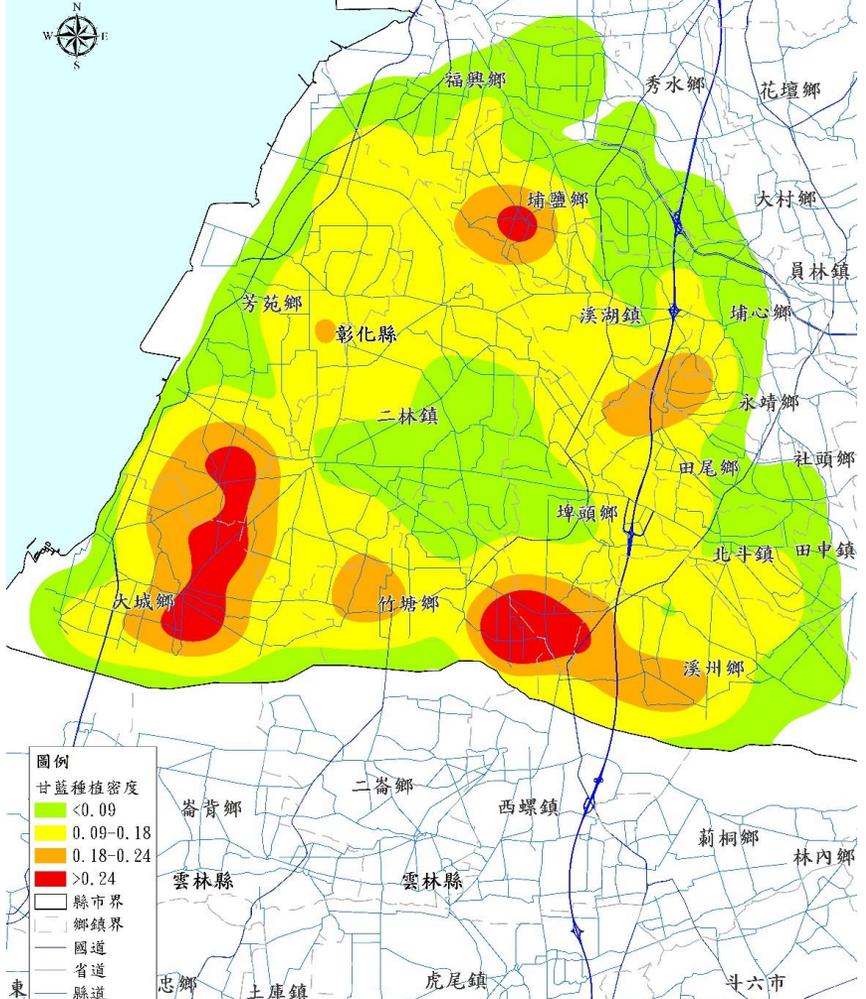


2016年-2018年裡作甘藍密度分布圖



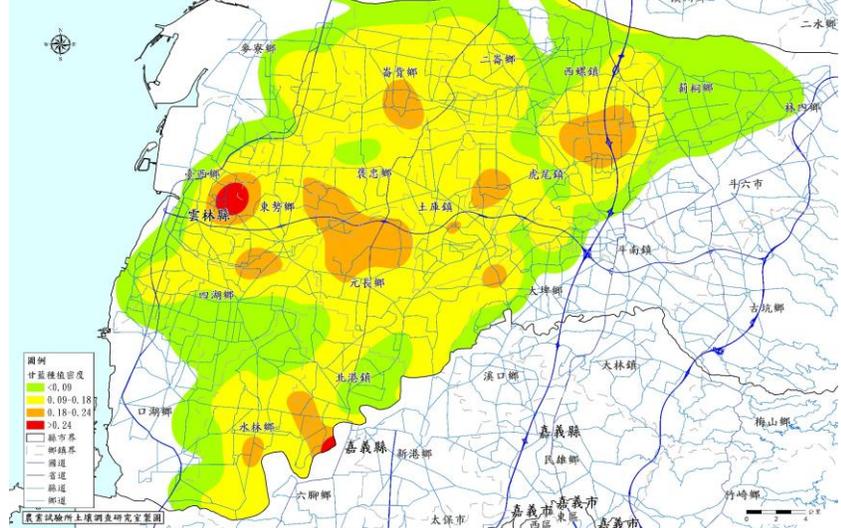
圖例
甘藍種植密度
 <math>< 0.09</math>
 0.09-0.18
 0.18-0.24
 >0.24
 縣市界
 鄉鎮界
 國道
 省道
 縣道
 鄉道
 0 5 10 公里
 農業試驗所土壤調查研究室製圖

彰化 2016年-2018年裡作甘藍密度分布圖



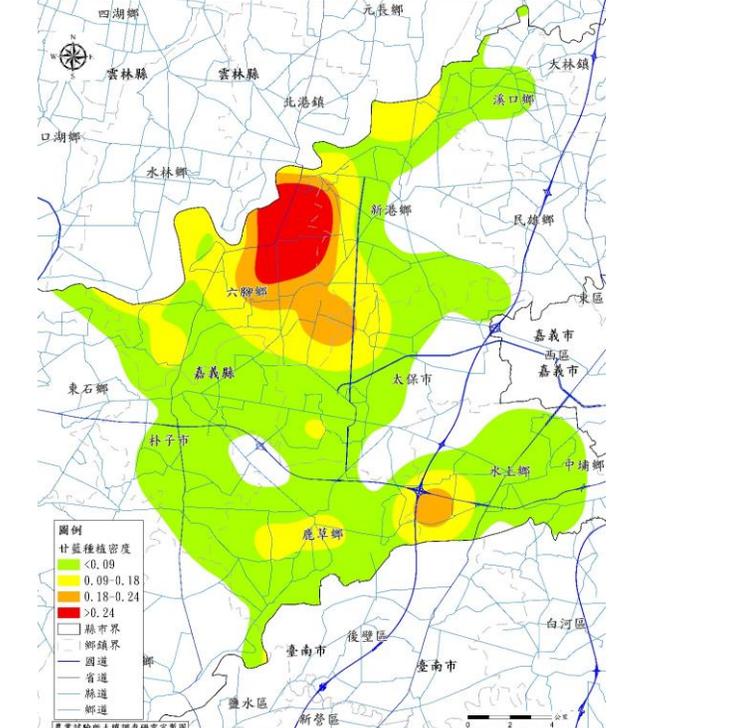
圖例
甘藍種植密度
 <math>< 0.09</math>
 0.09-0.18
 0.18-0.24
 >0.24
 縣市界
 鄉鎮界
 國道
 省道
 縣道
 鄉道
 0 2 4 公里
 農業試驗所土壤調查研究室製圖

雲林 2016年-2018年裡作甘藍密度分布圖



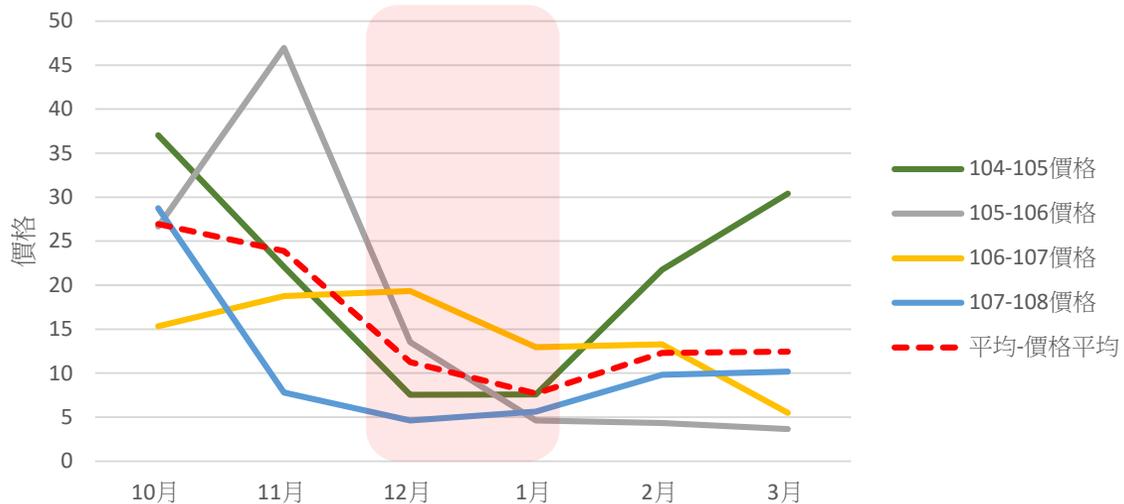
圖例
甘藍種植密度
 <math>< 0.09</math>
 0.09-0.18
 0.18-0.24
 >0.24
 縣市界
 鄉鎮界
 國道
 省道
 縣道
 鄉道
 農業試驗所土壤調查研究室製圖

嘉義 2016年-2018年裡作甘藍密度分布圖

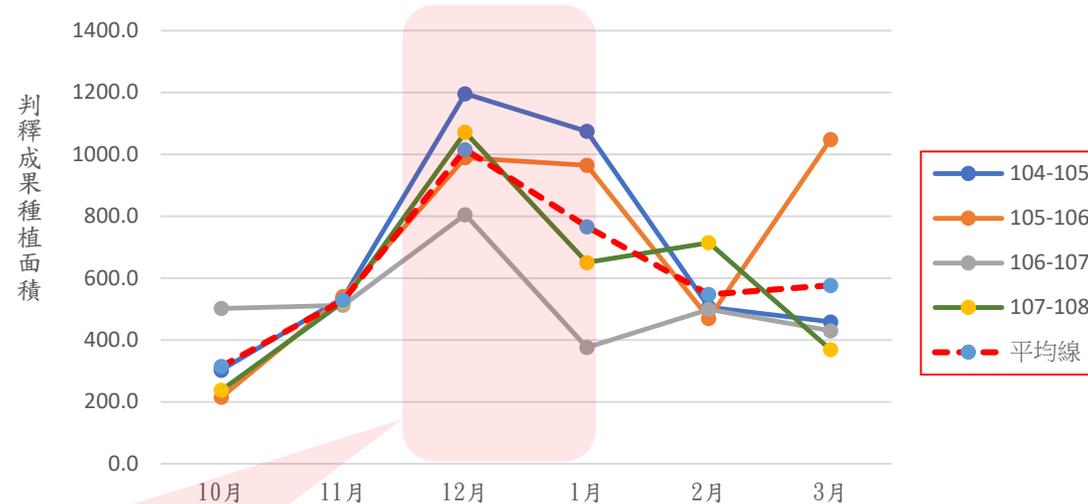


圖例
甘藍種植密度
 <math>< 0.09</math>
 0.09-0.18
 0.18-0.24
 >0.24
 縣市界
 鄉鎮界
 國道
 省道
 縣道
 鄉道
 0 2 4 公里
 農業試驗所土壤調查研究室製圖

10月至隔年3月—月平均價格



10月至隔年3月—判釋成果預測面積

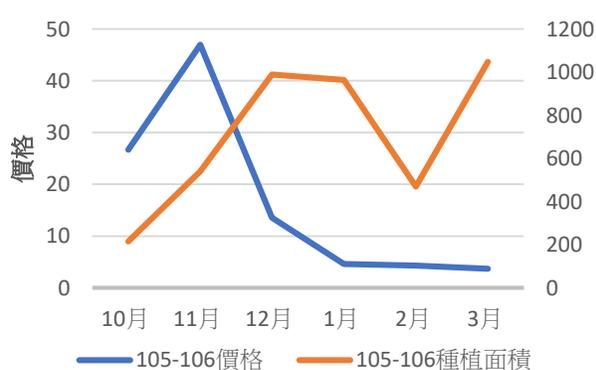


11月下旬至12月為每年甘藍收穫高峰，其種植時間約在9月底至10月(以種植70-80天收穫推論)

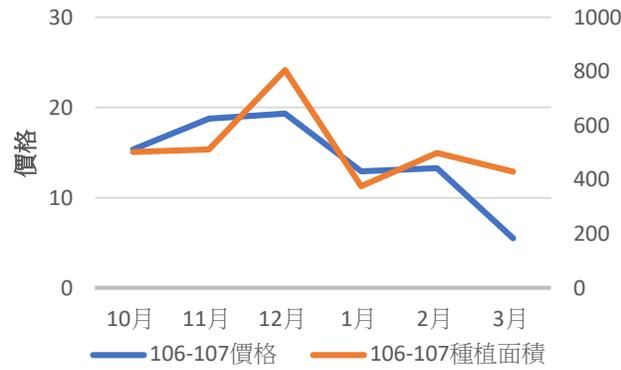
104-105年價格與種植面積



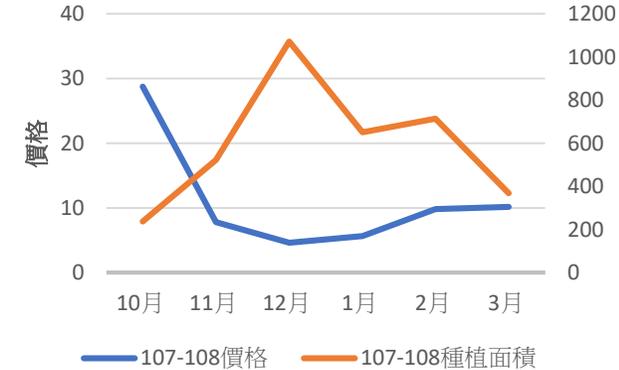
105-106年價格與種植面積



106-107年價格與種植面積



107-108年價格與種植面積



無人飛機影像-雲林縣褒忠鄉養鵝場



台東縣番荔枝受損情形分布圖



農業 災害圖



106.06.03

嘉義大林西結里



摘錄自中國時報

108.05.21無人機(UAV)之農業勘災技術

3. 協助農糧署及地方政府應用於勘災，以減少勘災時間及人力，縮短復耕時程
- 小面積可行
 - 大面積→多層次遙測與GIS技術較佳

水稻倒伏UAV空拍照片



108.05.21美濃

行政院農業委員會
COUNCIL OF AGRICULTURE, EXECUTIVE YUAN

首次無人機勘災

災前 大數據分析歷史資訊
災後 使用無人機進行勘災

倒伏稻田 ✓ 快速災損判讀 ✓ 保留災損資訊
套疊地籍資料 ✓ 協助公所補助認定

5/21 迅即公告美濃、旗山、杉林為稻米救助地區

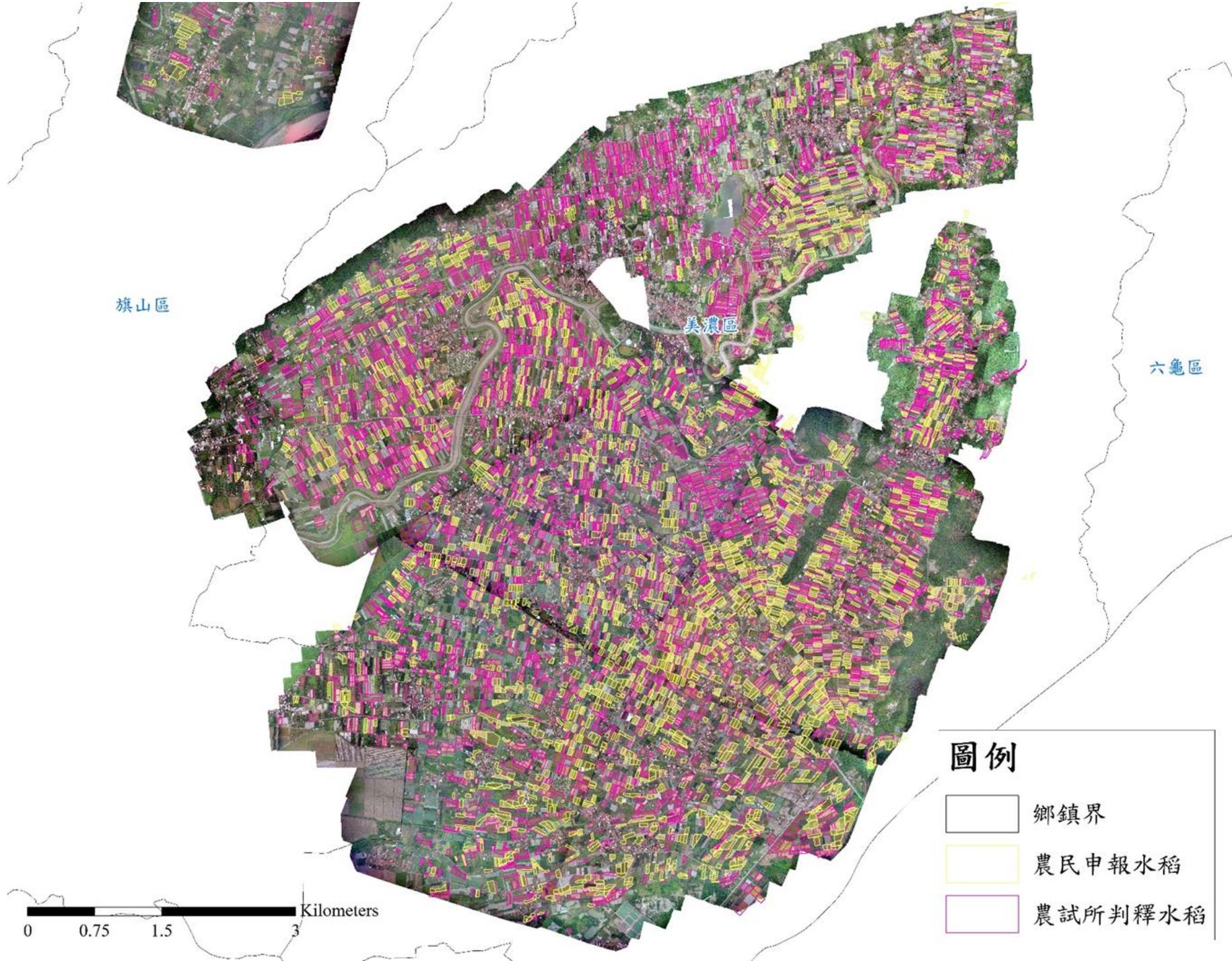




20160614水稻倒伏航照展示

航高250公尺





水稻倒伏網頁畫面

高雄水稻倒伏電子地圖

Find address or place

地圖比例尺

座標顯示

點按 可選擇兩種顯示模式

按一下地圖以取得坐標

移動滑鼠以取得坐標

可點按地圖會出現標示並固定座標經緯度

座標經緯度隨滑鼠移動而動

應用程式狀態
按一下以選擇離開時的地圖縮圖和圖層可見度

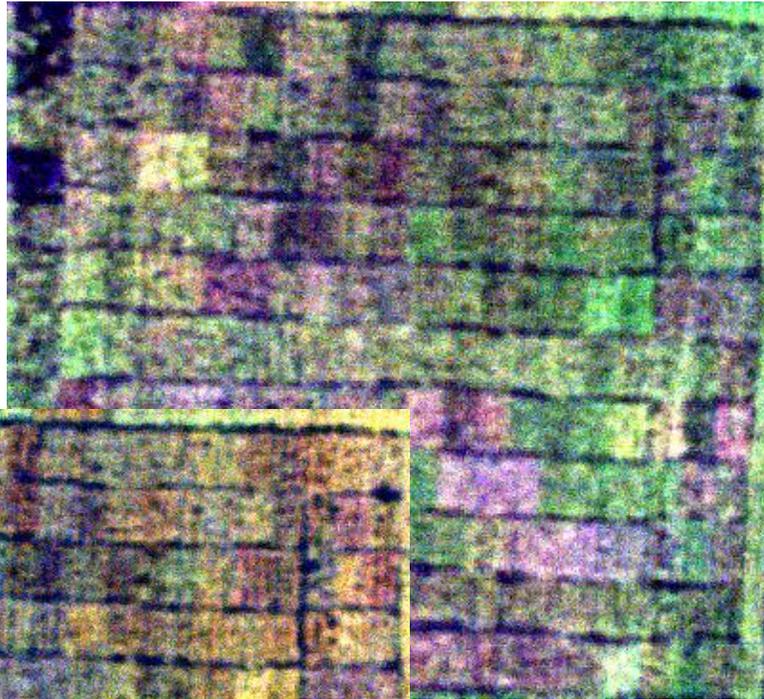
http://12.23.049 度

高通量作物外表型評估技術

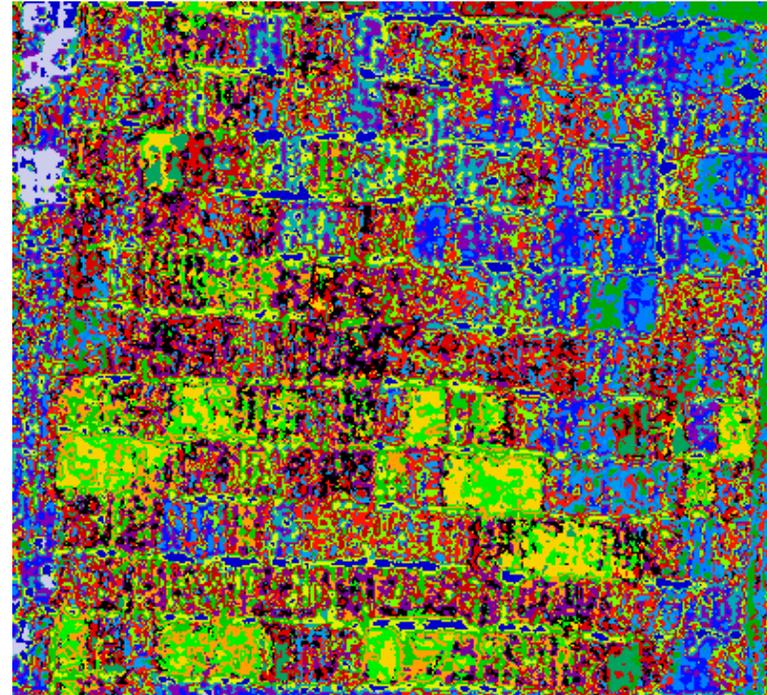
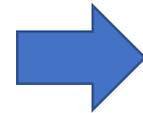
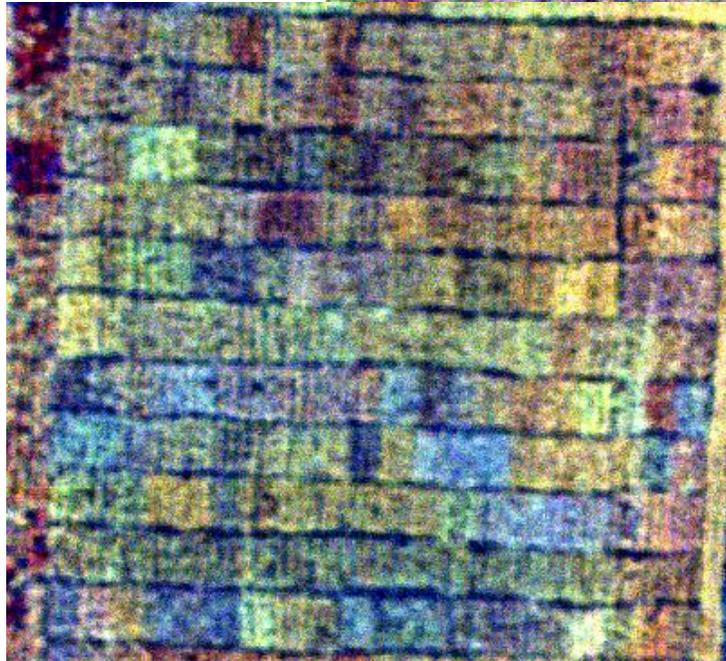


K means un-supervisor classification (20 class)

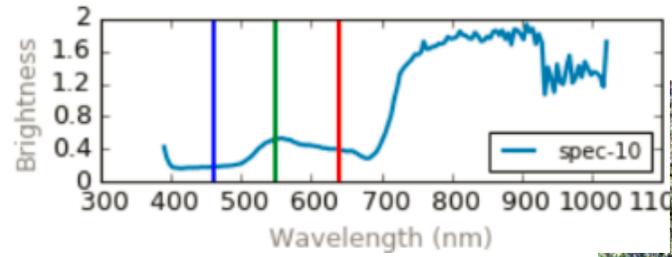
True color



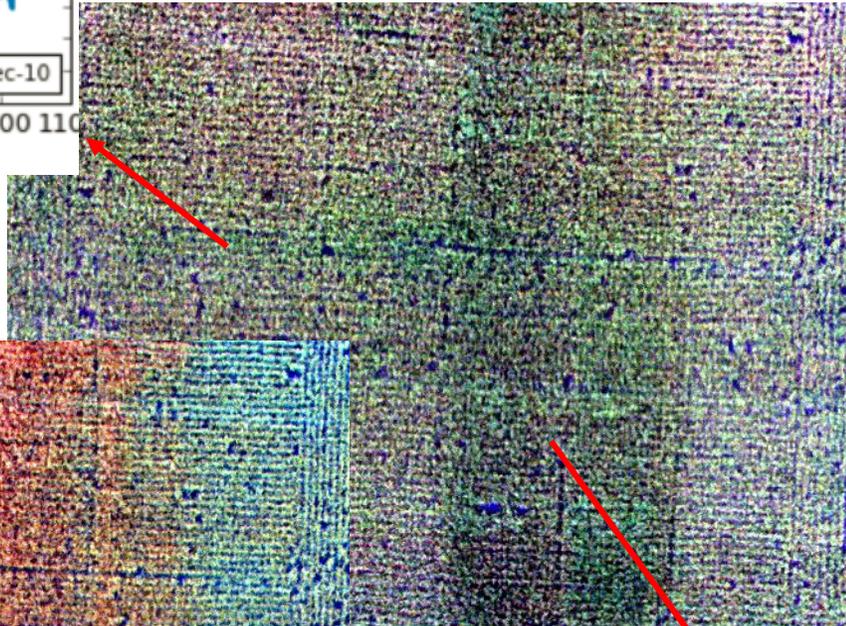
Fake color



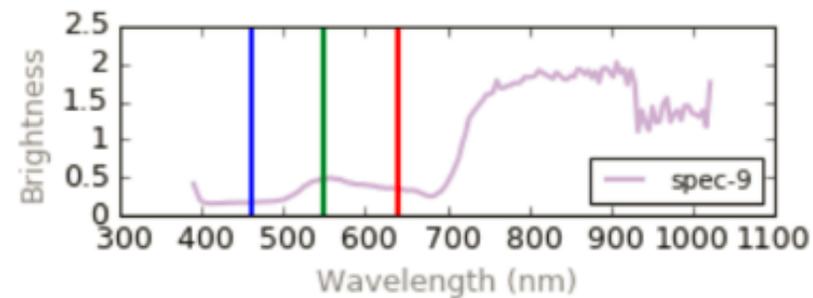
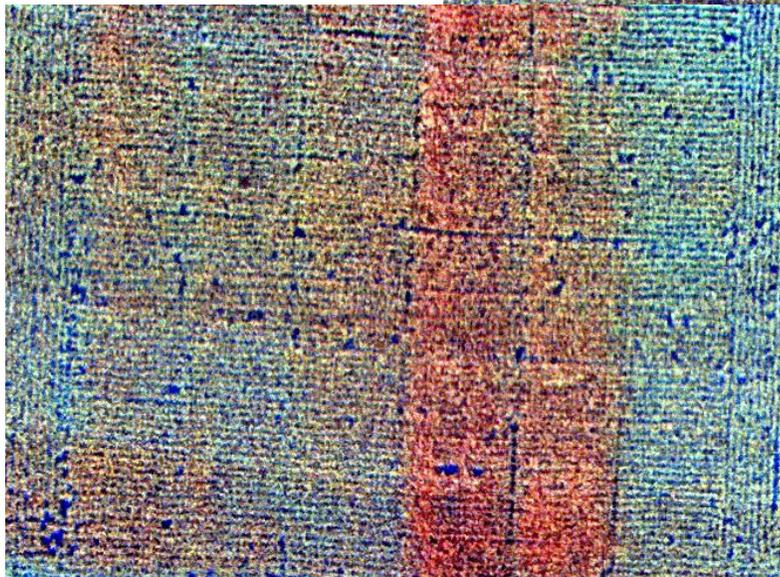
K means un-supervisor classification (3 class)



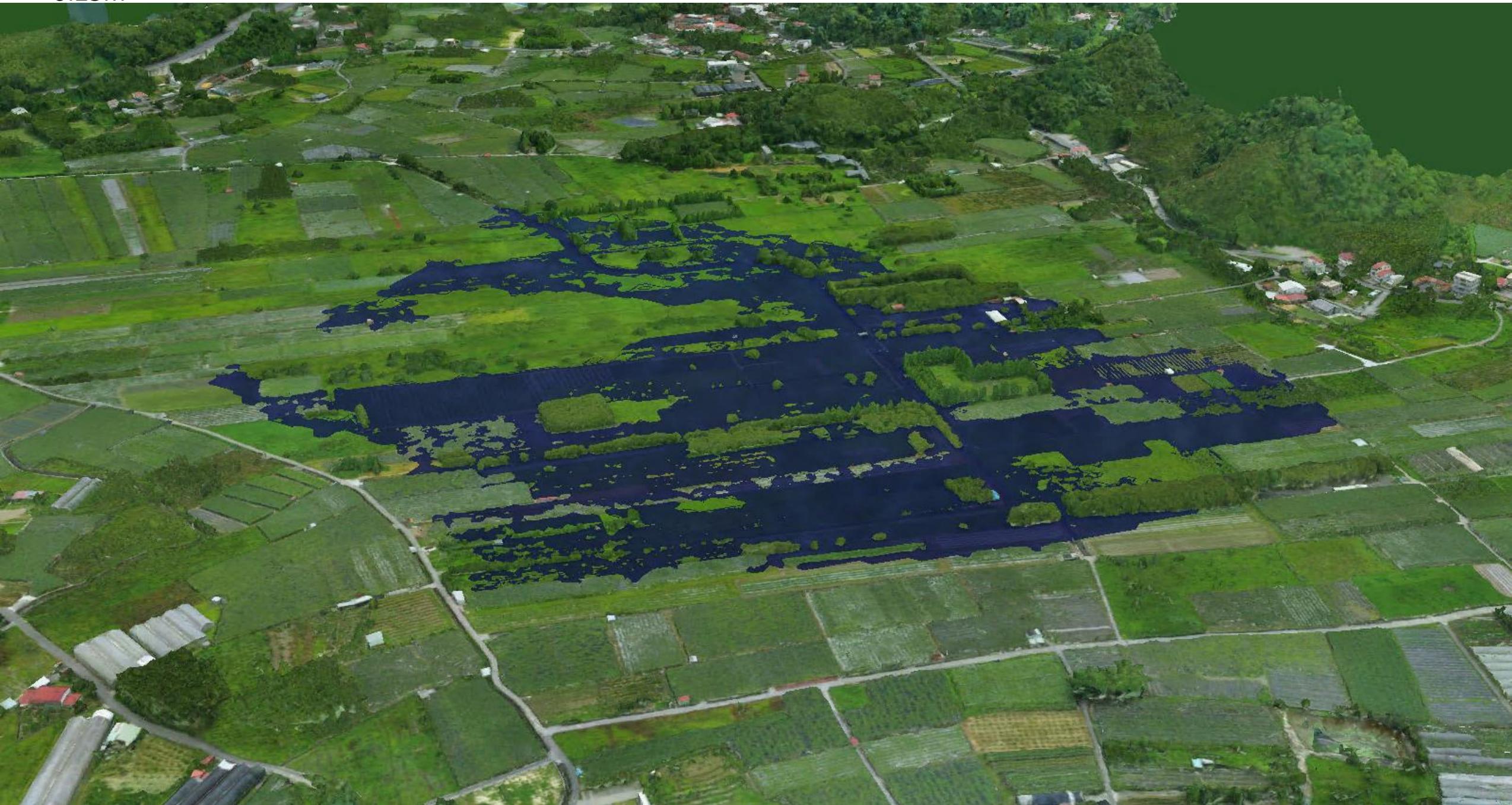
True color



Fake color



0.25m



光達技術導入智慧農業

- UAV LiDAR 資料

- 果樹體積

- 單株果樹體積 (m³)

- 背包式光達資料

- 3D渲染圖

- 熱感應影像判釋

光達(LiDAR)技術

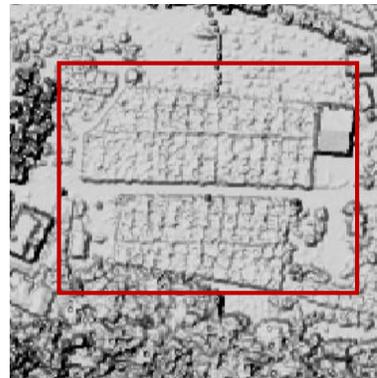
- 三維空間數據
- 估算株數、樹高、樹寬、葉面積、幹徑與體積
- 監測網室果樹
- 水果產量估算
- 荔枝椿象防治
- 柑桔類黃龍病熱區偵測

光達資料優勢

網室
濾除



木瓜果園航照圖



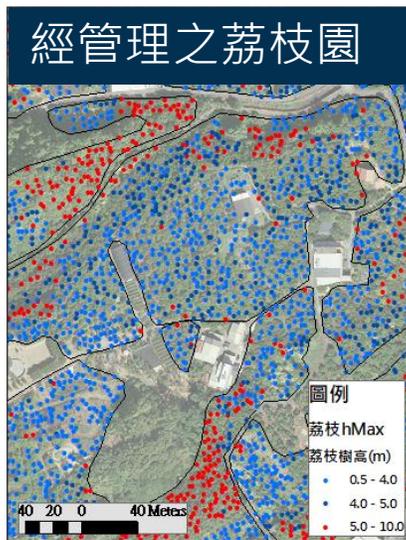
過濾紗網前



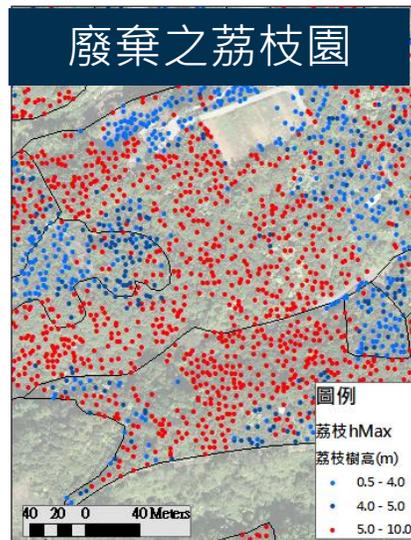
過濾紗網後



管理
監測



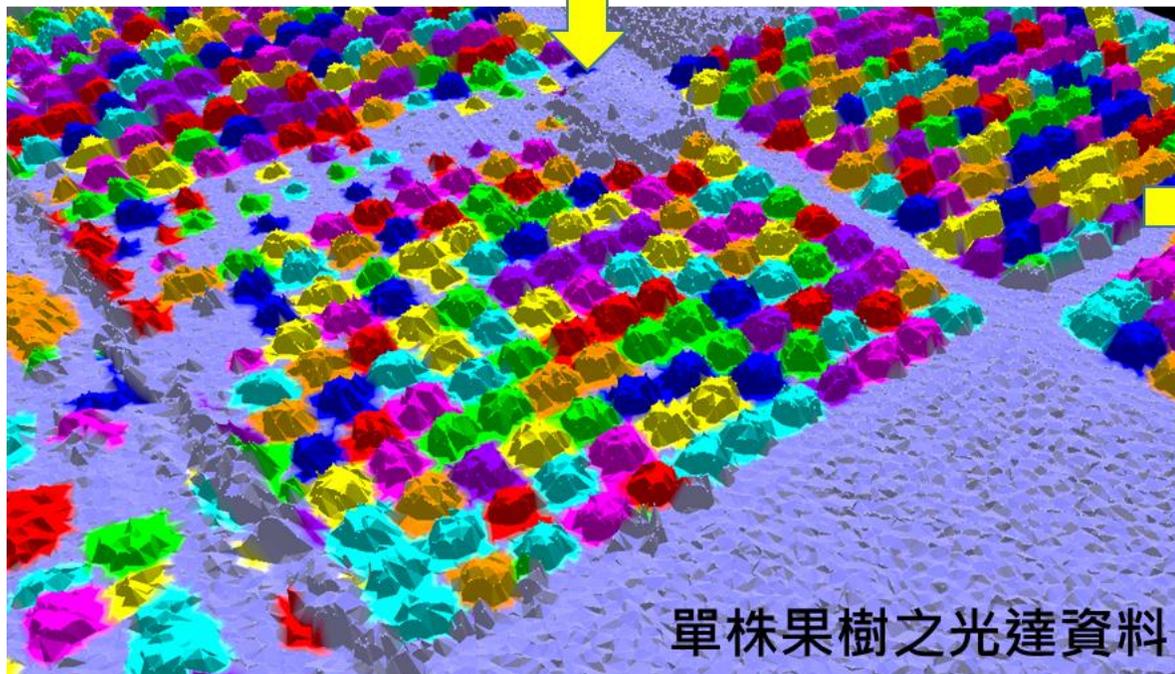
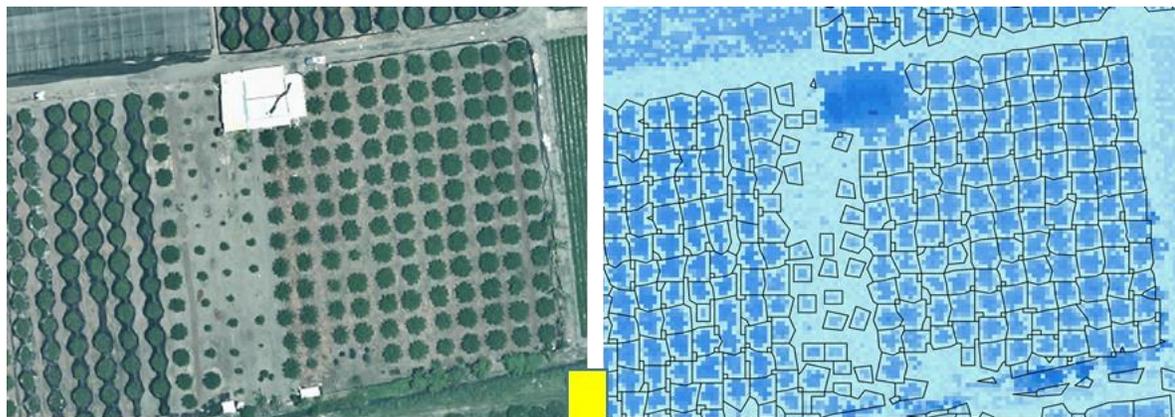
病蟲害防治應用



病害及產量監測

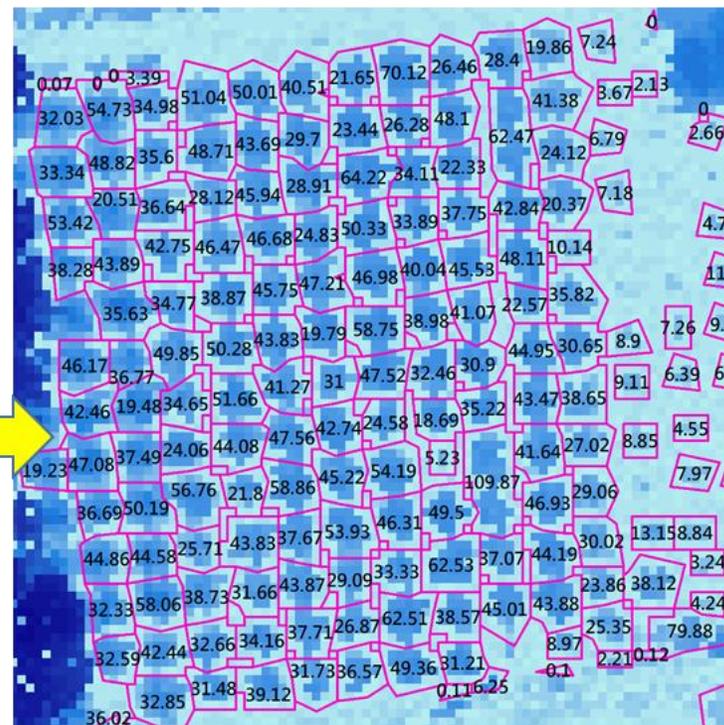
單株果樹體積計算

利用Marker controlled watershed segmentation 自動化分割單株果樹空間



單株果樹之光達資料

單株果樹體積 (m³)



小結

- 在**小面積農業災損區域**，應用UAV災損勘災，可減少農業災害後損害評估時間及人力，縮短輔導農民復耕的時程。
- **不同的工作方案考量**監測目標區的面積大小、災情的細膩需求(影像解析度)、資料的急迫性、拍攝天候與拍攝影像的技術的選擇(載具與感測器)、成本、判釋工時與方法等因素。
- **應用多層次遙測與地理空間技術**可能才是最佳的方法。

UAV 高光譜、熱顯影感測器 田間生物/非生物逆境偵測

應用 UAV 防治作物病蟲害的 2 大研發策略

1. 作物病蟲害之監測、預警、發生現況及影響程度與範圍

- 以不同感測器的數據，獲得各種田間資訊，確認病蟲害種類、位置
- 量化時間系列監測資料及以歷史資料及其他環境資訊，建立預警模式進行作物病蟲害的危害預測
- 為提供農民即時解決方案
- 以高/多光譜或主動式監測儀獲得田間資訊，確認防治結果

2. 噴藥技術技術

- 作物類型
- 噴灑劑量
- 噴灑劑型
- 噴嘴的選擇/改進
- 霧滴大小/飄散
- 飛行高度、速度
- 噴灑均勻度
- 效果評估

水稻白葉枯病

- 台灣二期稻作主要病害
- 於潮濕(相對濕度大於70%)及高溫(25-34° C)時嚴重發生。
- 在日本有全產量減少10% 之紀錄，在印度感病品種減產可達50% ，而菲律賓嚴重受害區可達30%之損失率，不只影響稻穀產量，亦影響稻米品質，使被害株不飽滿穀粒增加。



Hyperspectral camera Resonon Pika-L

RESONON Pika-L

Spectral Range	400 - 1000 nm
Spectral Resolution	2.1 nm
Spectral Channels	281
Dispersion per Pixel = Spectral Sampling	1.07 nm
Spectral Pixels	561
Spatial Channels	900
Max Frame Rate	249 fps
Signal-to-Noise Ratio (peak)	368 (2x bin) to 520 (4x bin)
Bit Depth	12
Connection Options	USB 3.0
Power Requirements	3.4W

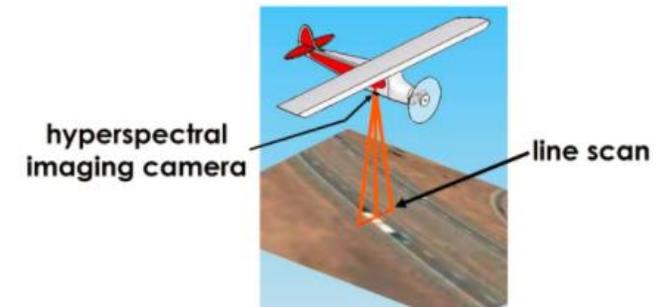
Weight	1.3 lbs, 0.6 kg
Dimensions (in)	3.9 x 4.9 x 2.2
Dimensions (cm)	10.0 x 12.5 x 5.3
Operating Temperature	41-104 F, 5-40 C

f / #	f / 2.4
Avg. RMS Spot Radius	6 μ m
Smile (peak to peak)	4 μ m
Keystone (peak to peak)	5 μ m
Pixel size	5.86 μ m



Complete Pika L Airborne Hyperspectral Imaging System, ready for installation.

Airborne system

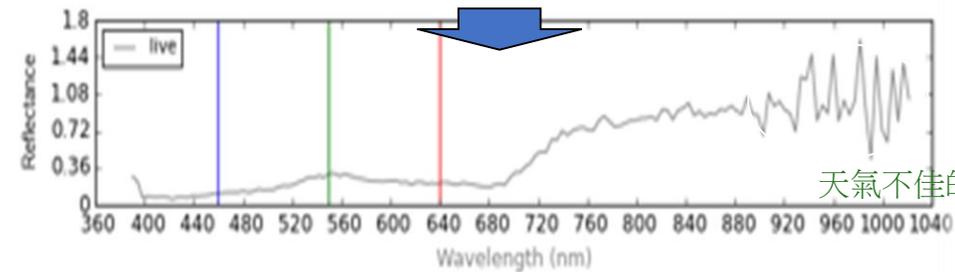
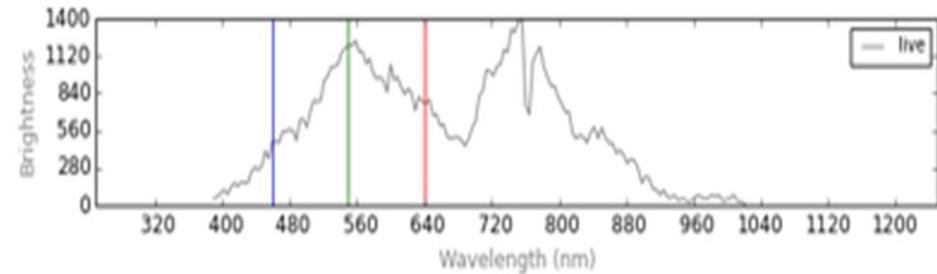
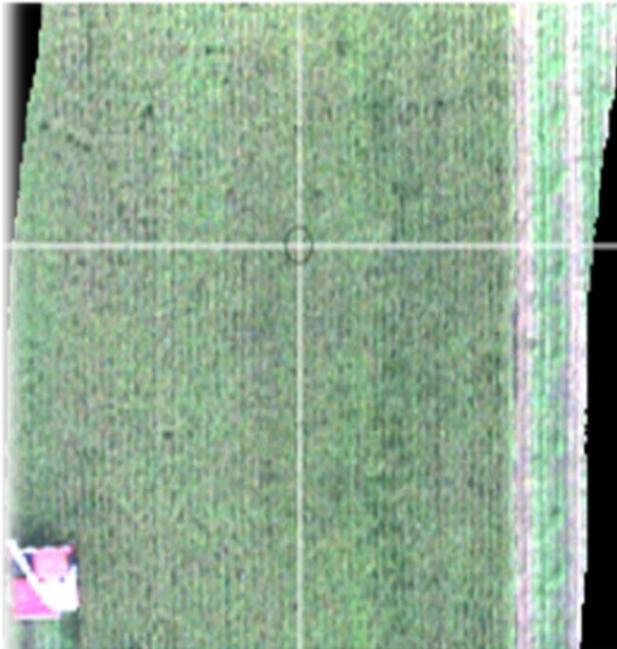


requires GPS correction of flight path and plane attitude

Hyperspectral data rate and data collection



$$R \% = \frac{(I - D)}{(W - D)} \times 36 \%$$

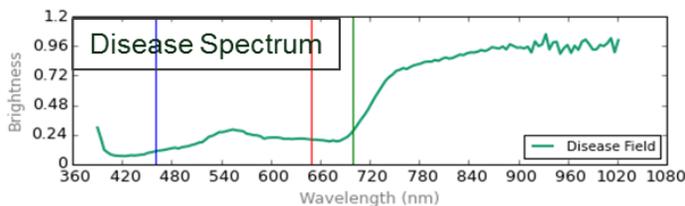


天氣不佳的Noise

Algorithm

- 光譜信息散度法 (Spectral Information Divergence, SID)

$$SID(r_i, r_j) = \sum_{l=1}^L p_l \log(p_l/q_l) + \sum_{l=1}^L q_l \log(q_l/p_l)$$



p_l 及 q_l 為參考光譜值與影像中 (r_i, r_j) 位置的目標光譜值轉換的機率向量

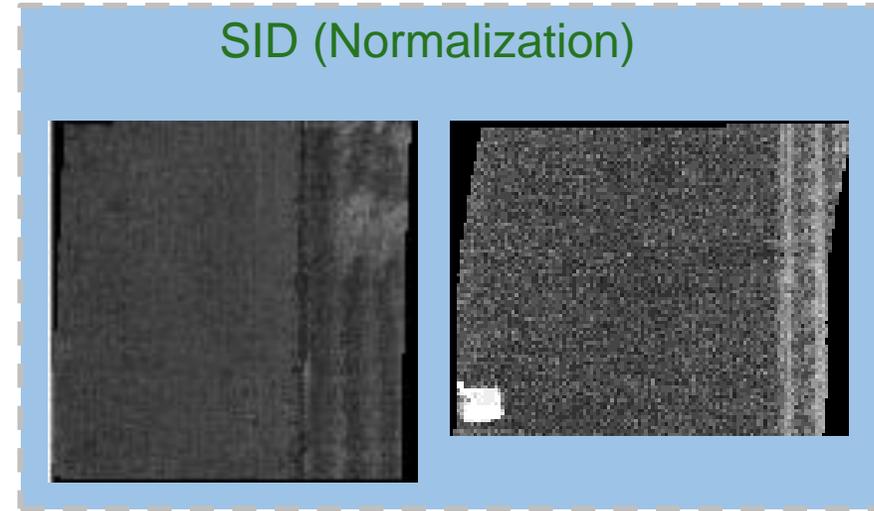
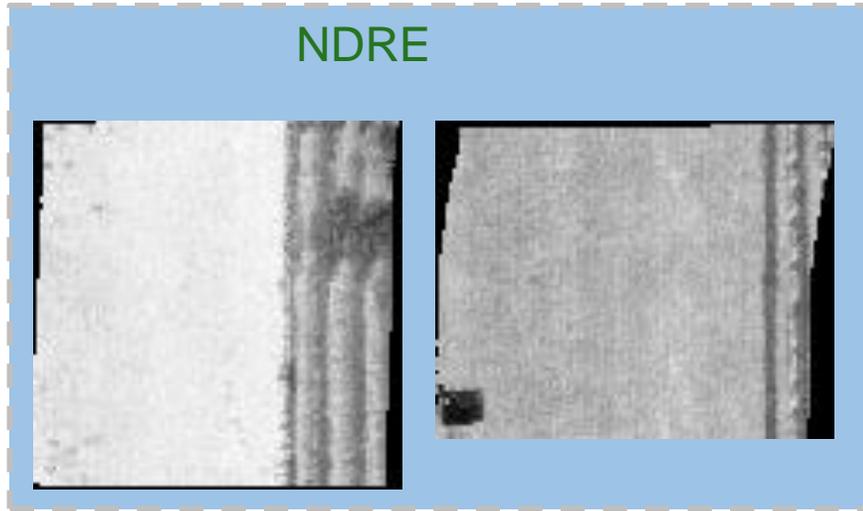
目標光譜越相似參考光譜, SID值越接近0
(找出與白葉枯病光譜的差異量)

- 常態化差值紅邊指標 (Normalized Difference Red Edge Index, NDRE)

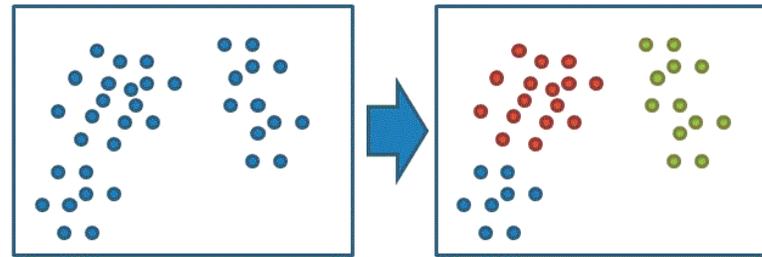
$$NDRE = \frac{NIR_{750} - RE_{680}}{NIR_{750} + RE_{680}}$$

NIR與RE反射率差異越大, NDRE越接近1
(可做為水稻健康指標)

高光譜分析方法



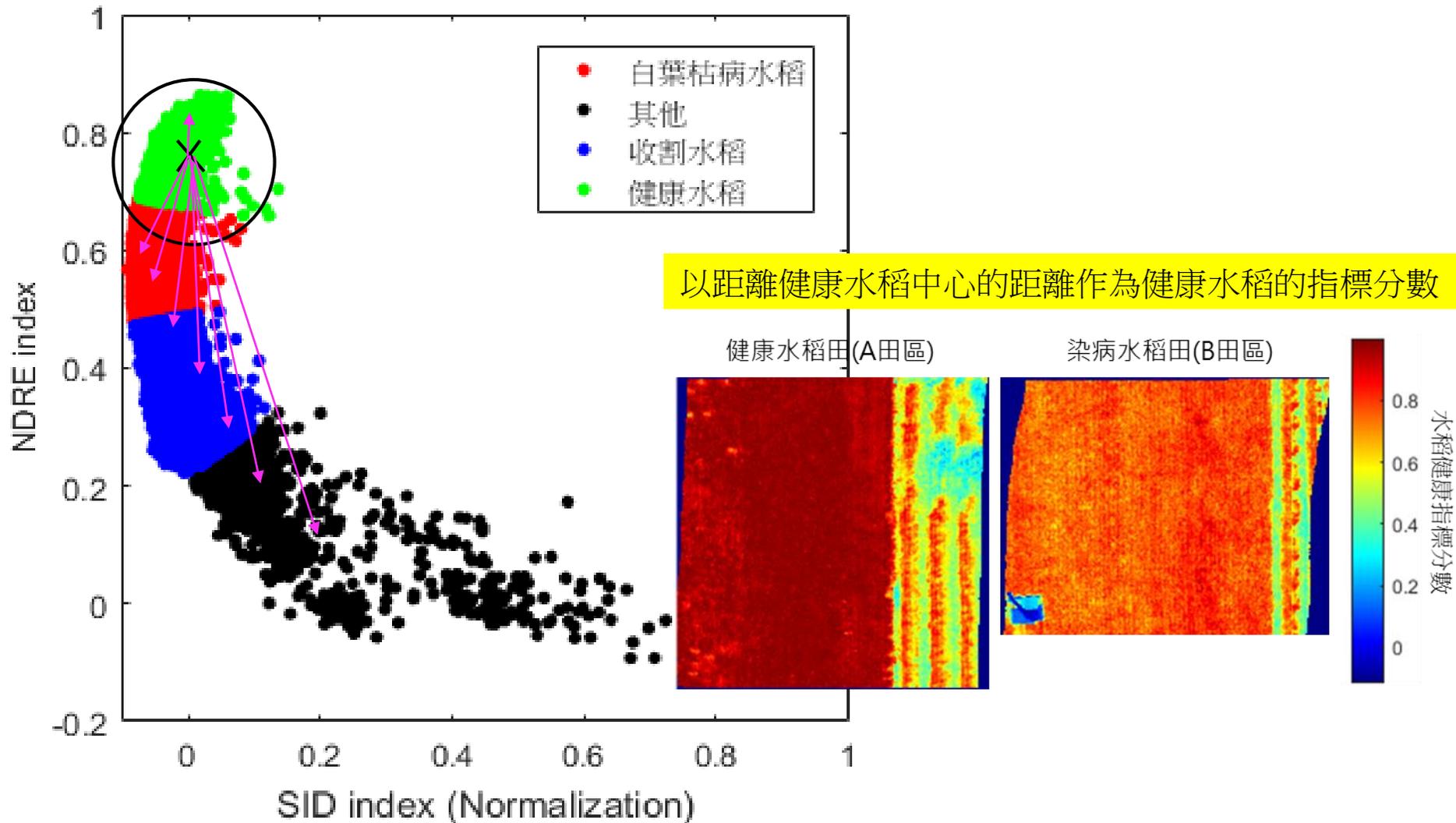
- K-means
 - 分類
 - 量化健康程度



$$J = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$$

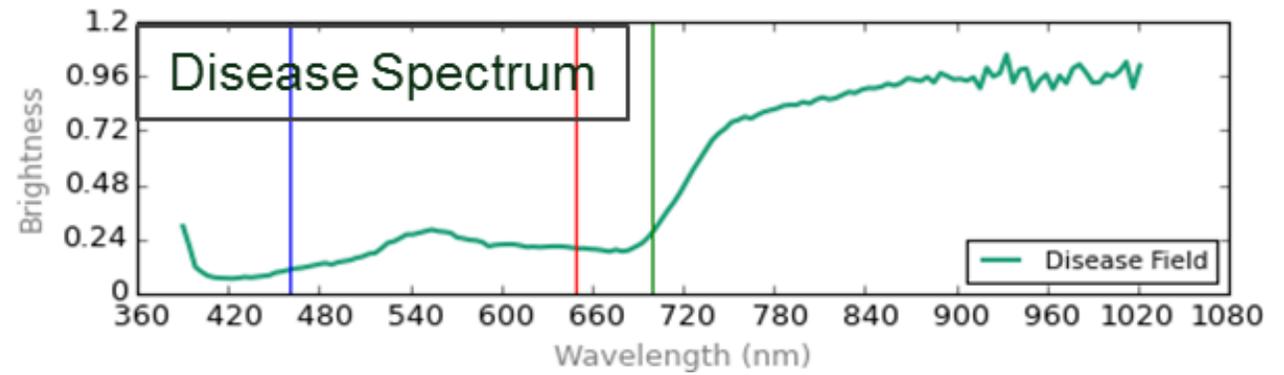
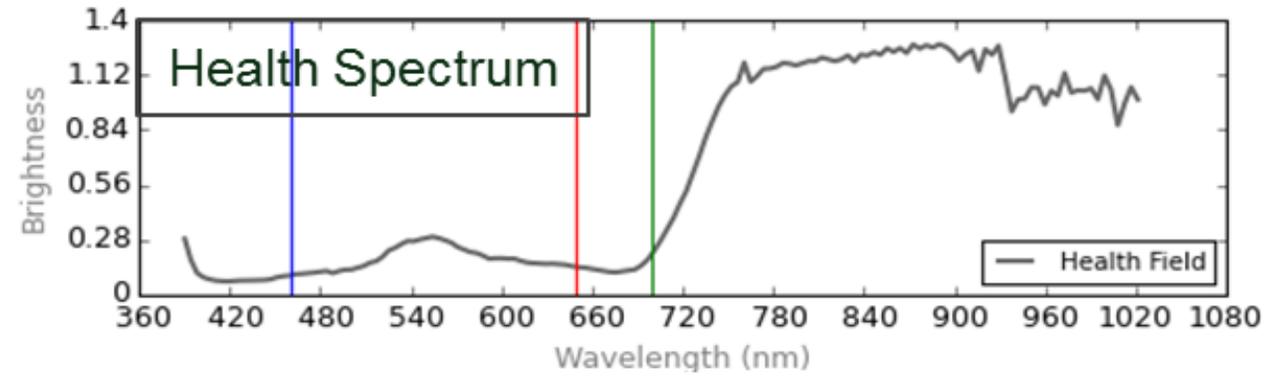
所有資料點 x_j 到其對應群中心 u_i 的距離總合是最小的
目的為找到最佳的群中心 u_i 及 x_j 所屬的群來符合要求

K-Means 健康程度量化結果

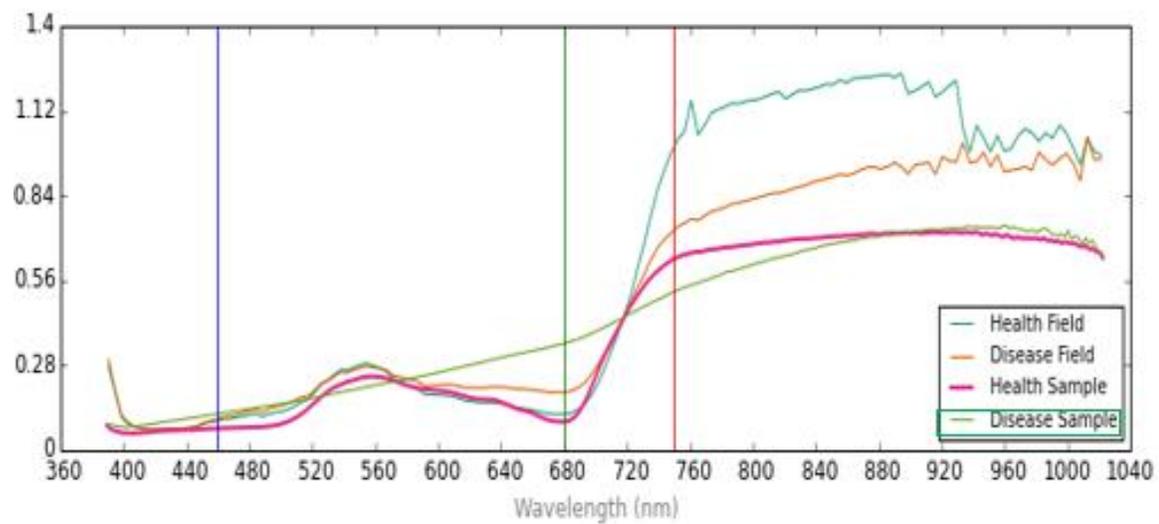
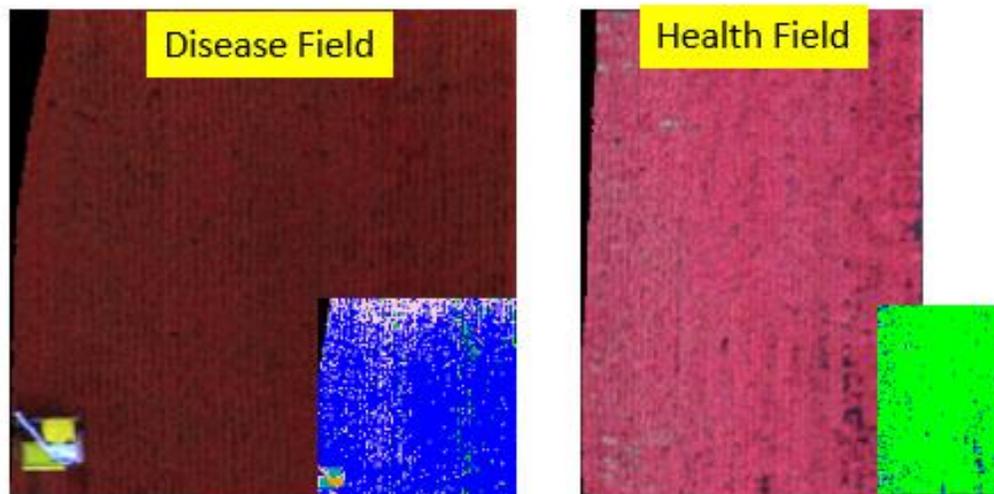


稻熱病

107.03.12 屏東崁頂高改場病圃

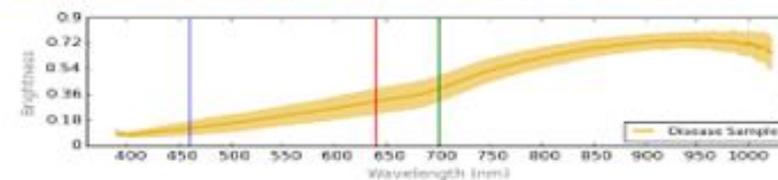
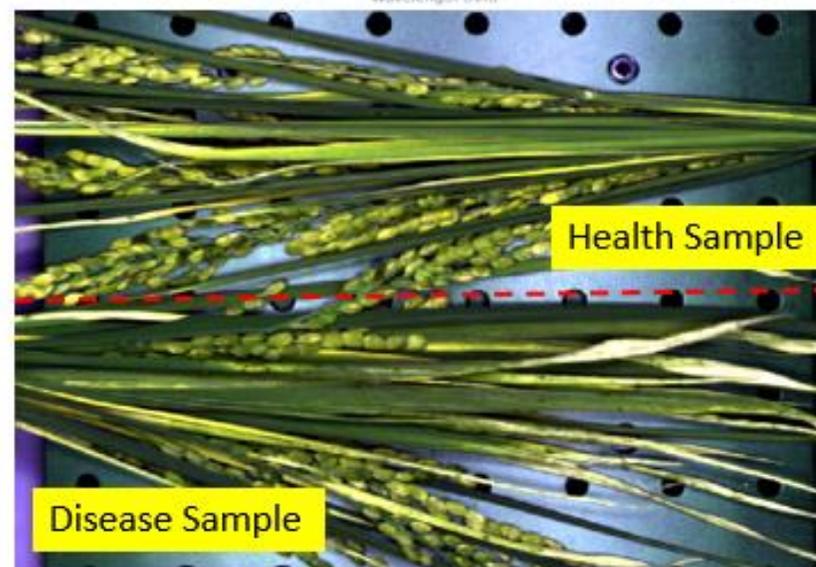
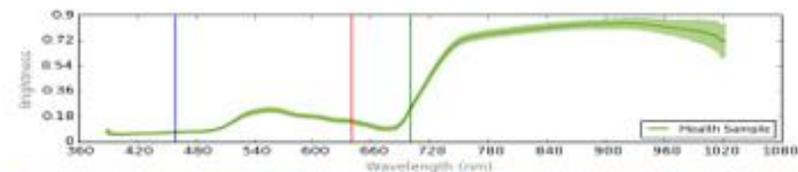


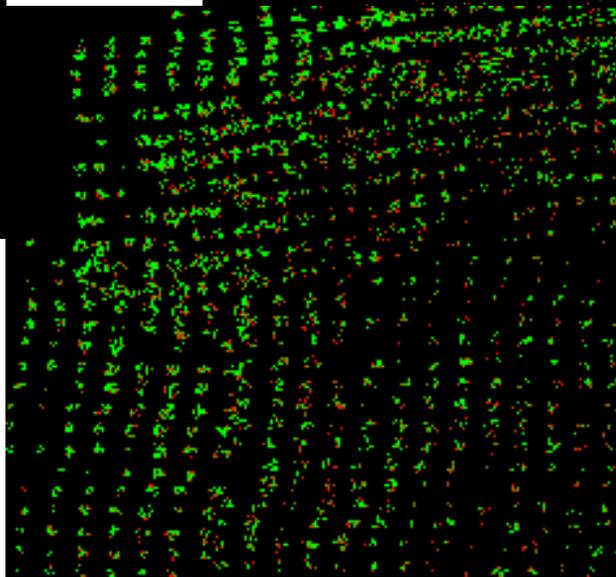
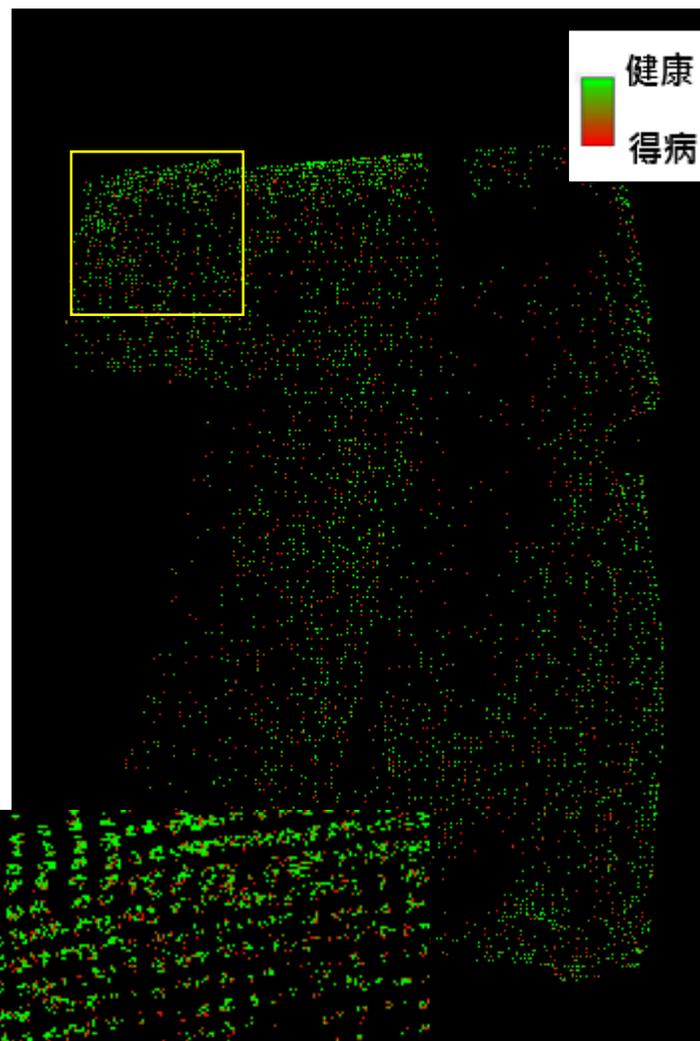
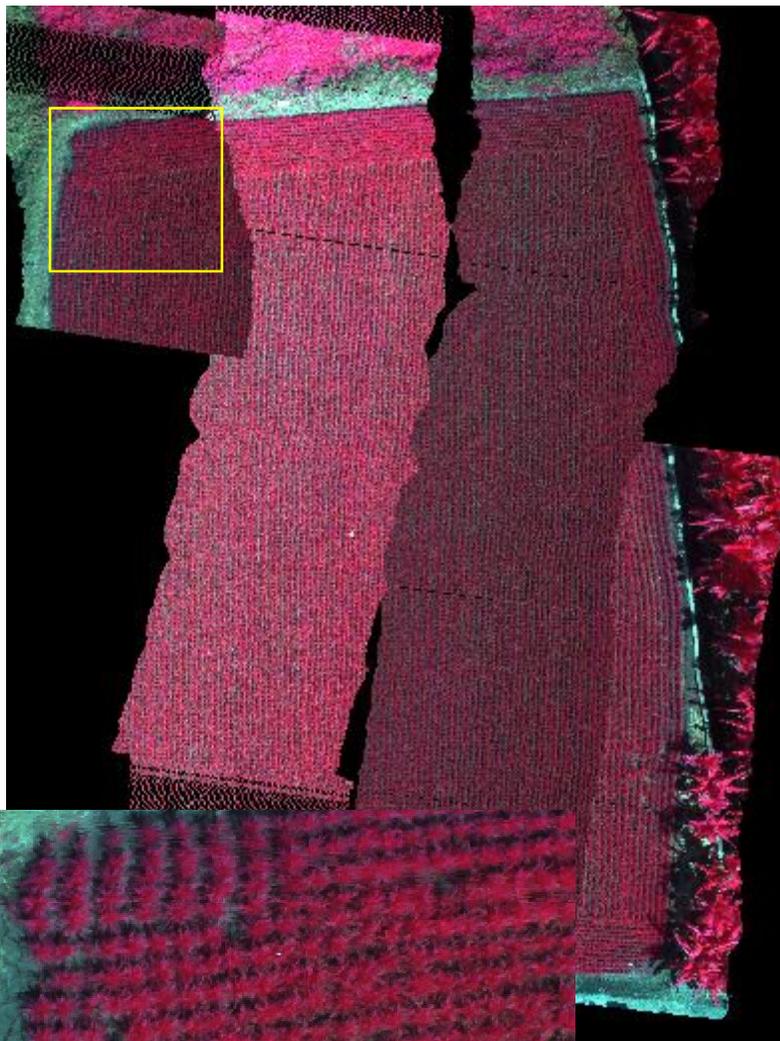
NIR and Red-Edge False Color Image

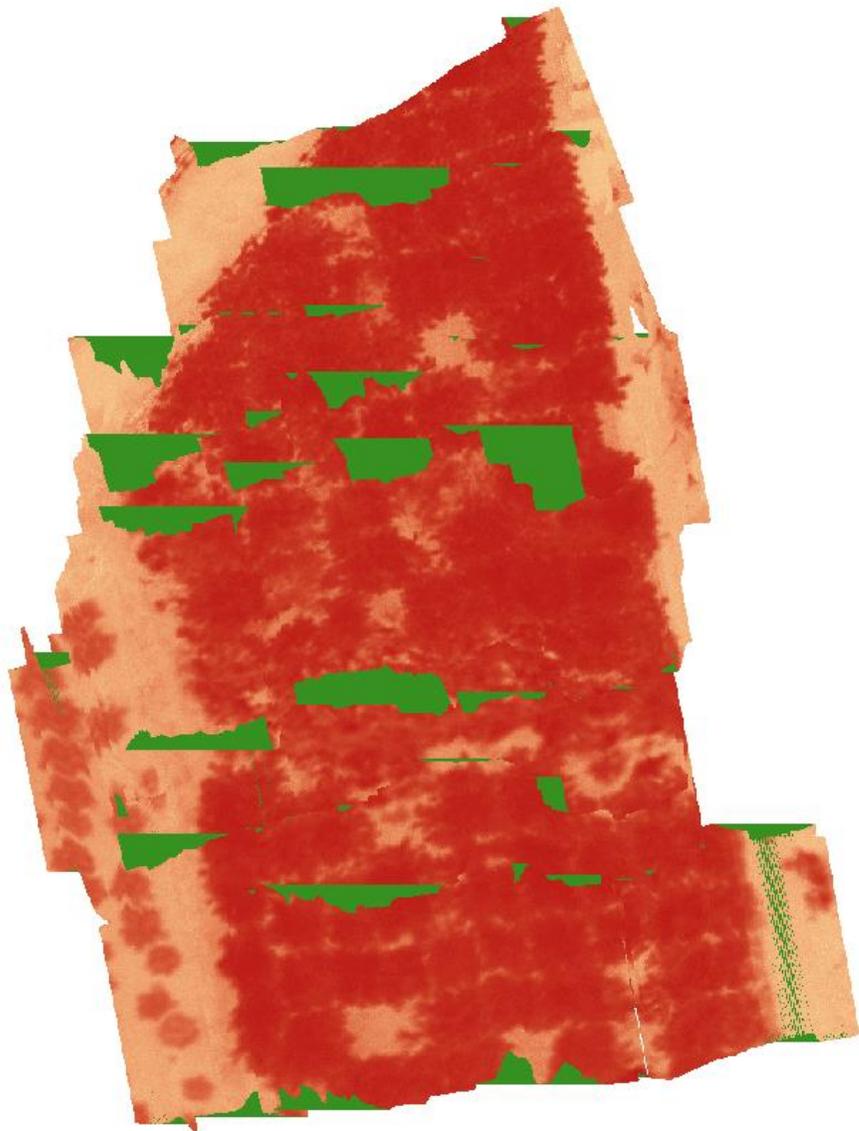


False Color Image:

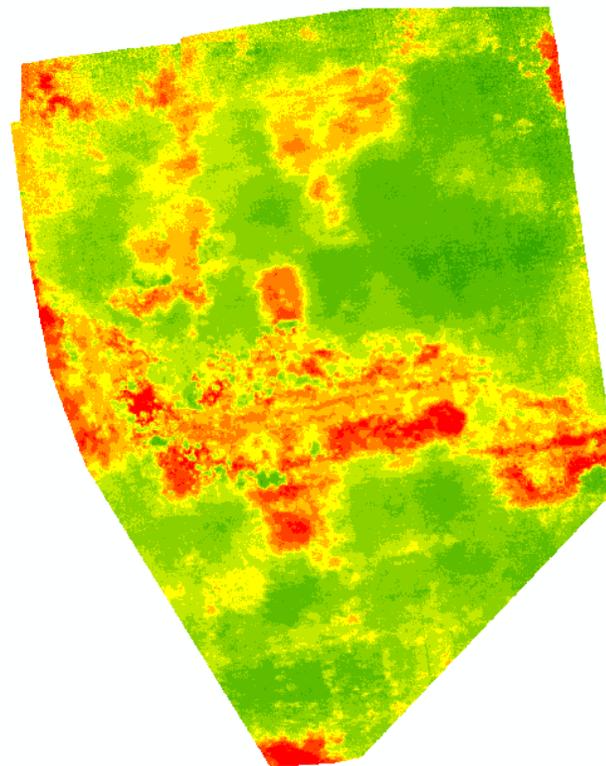
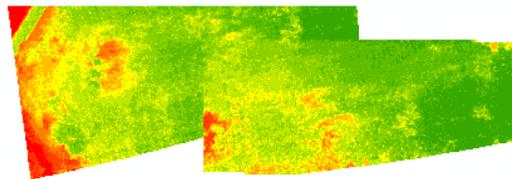
- R: NIR (750)
- G: Red-Edge (680)
- B: Blue (460)



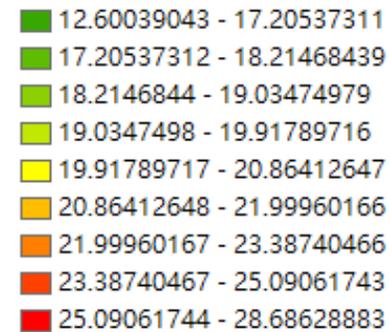




2019/04/15_南投名間_珍珠芭樂
NDVI 1013m²



2019/04/15_南投名間_珍珠芭樂
熱顯影 521m²

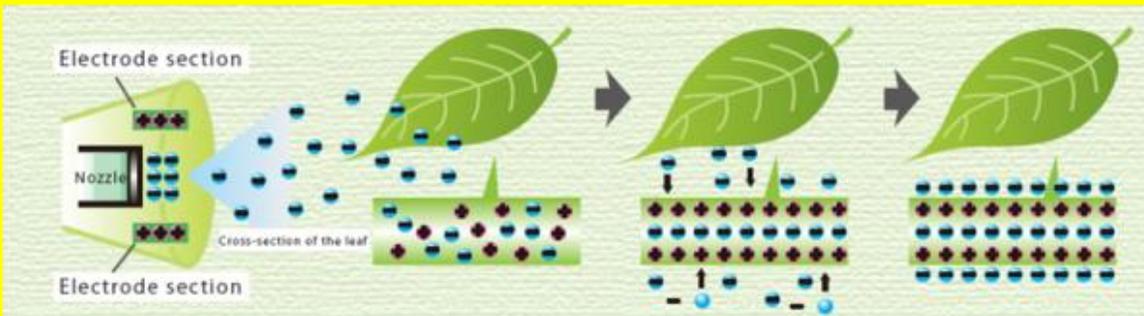
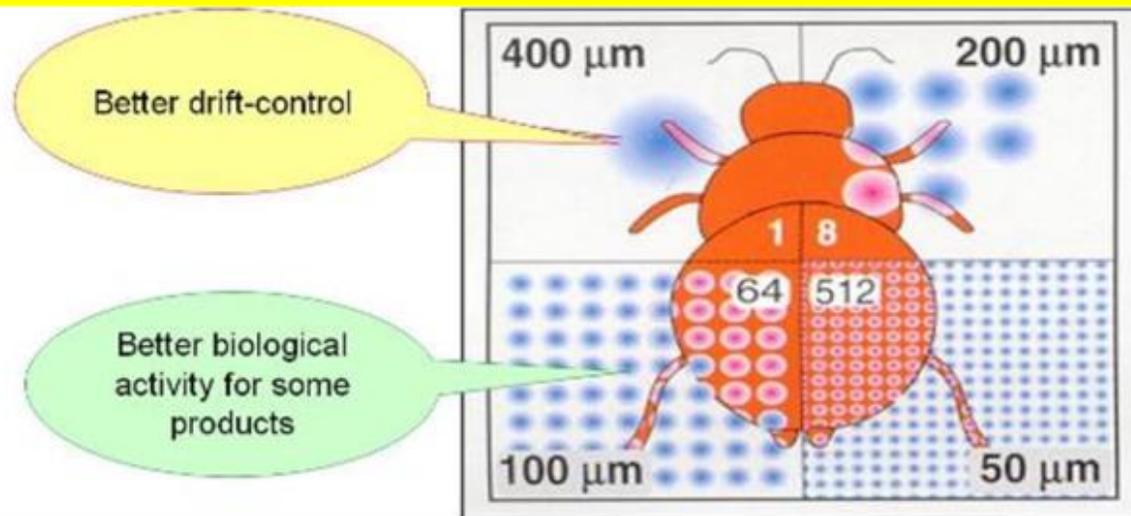


小結

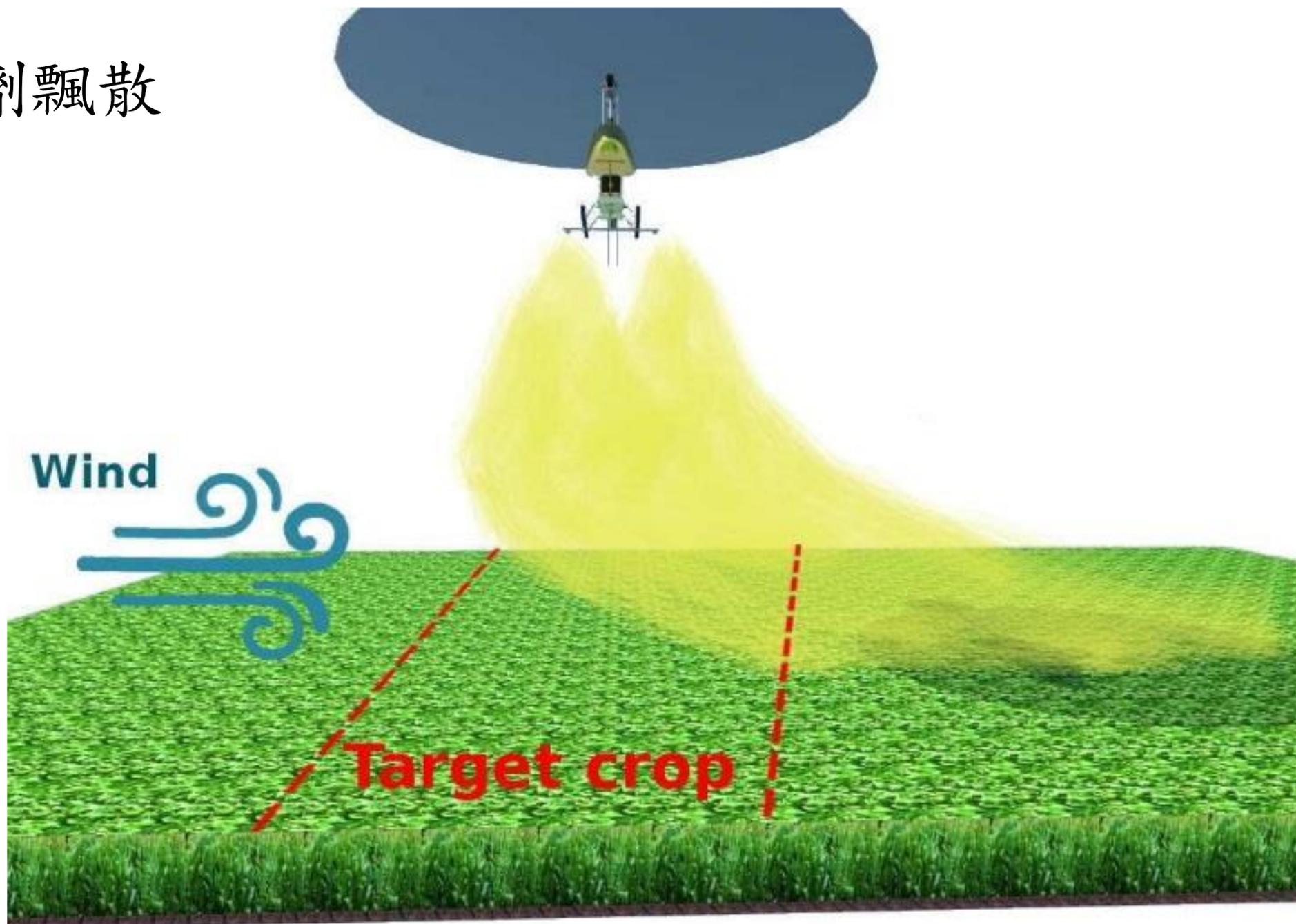
- **生理狀況量化**：配合田間資料蒐集，以估算具有生理意義之量化指標
- **初期監測**：蒐集不同物候期水稻染病的高光譜資訊，發展發病初期監測方法
- **處置時機**：結合病害量化資料，以定義最有效噴藥之時機
- **綜合監測**：綜合水稻好發病蟲害，發展適用水稻健康化評估的早期預警機制

UAV 噴藥技術改進

Column 1	2	3	4	5	6								
					GPA								
					4 MPH	5 MPH	6 MPH	8 MPH	10 MPH	12 MPH	15 MPH	20 MPH	
PSI	DROP SIZE BO-T10	CAPACITY ONE NOZZLE IN GPM	CAPACITY ONE NOZZLE IN OZ./MIN.	20'									
XRC8001S (100)	15	M		0.092	12	6.8	5.5	4.6	3.4	2.7	2.3	1.8	1.4
	20	M		0.11	14	8.2	6.5	5.4	4.1	3.3	2.7	2.2	1.6
	30	F		0.13	17	9.7	7.7	6.4	4.8	3.9	3.2	2.6	1.9
	40	F		0.15	19	11.1	8.9	7.4	5.6	4.5	3.7	3.0	2.2
	50	F		0.17	22	12.6	10.1	8.4	6.3	5.0	4.2	3.4	2.5
XRC8002 XRC11002 (50)	15	M	M	0.12	15	8.9	7.1	5.9	4.5	3.6	3.0	2.4	1.8
	20	M	F	0.14	18	10.4	8.3	6.9	5.2	4.2	3.5	2.8	2.1
	30	M	F	0.17	22	12.6	10.1	8.4	6.3	5.0	4.2	3.4	2.5
	40	F	F	0.20	26	14.9	11.9	9.9	7.4	5.9	5.0	4.0	3.0
	50	F	F	0.22	28	16.3	13.1	10.9	8.2	6.5	5.4	4.4	3.3
XRC11002S (50)	15	M	M	0.15	19	11.1	8.9	7.4	5.6	4.5	3.7	3.0	2.2
	20	M	M	0.18	23	13.4	10.7	8.9	6.7	5.3	4.5	3.6	2.7
	30	M	F	0.22	28	16.3	13.1	10.9	8.2	6.5	5.4	4.4	3.3
	40	F	F	0.25	32	18.6	14.9	12.4	9.3	7.4	6.2	5.0	3.7
	50	F	F	0.28	36	21	16.6	13.9	10.4	8.3	6.9	5.5	4.2
XRC8003 XRC11003 (50)	15	M	M	0.18	23	13.4	10.7	8.9	6.7	5.3	4.5	3.6	2.7
	20	M	M	0.21	27	15.6	12.5	10.4	7.8	6.2	5.2	4.2	3.1
	30	M	F	0.26	33	19.3	15.4	12.9	9.7	7.7	6.4	5.1	3.9
	40	M	F	0.30	38	22	17.8	14.9	11.1	8.9	7.4	5.9	4.5
	50	M	F	0.34	44	25	20	16.8	12.6	10.1	8.4	6.7	5.0
XRC8004 XRC11004 (50)	15	C	M	0.24	31	17.8	14.3	11.9	8.9	7.1	5.9	4.8	3.6
	20	C	M	0.28	36	21	16.6	13.9	10.4	8.3	6.9	5.5	4.2
	30	M	M	0.35	45	26	21	17.3	13.0	10.4	8.7	6.9	5.2
	40	M	M	0.41	51	30	24	19.8	14.9	11.9	9.9	7.9	5.9
	50	M	F	0.45	58	33	27	22	16.7	13.4	11.1	8.9	6.7
XRC8005 XRC11005 (50)	15	C	M	0.31	40	23	18.4	15.3	11.5	9.2	7.7	6.1	4.6
	20	C	M	0.35	45	26	21	17.3	13.0	10.4	8.7	6.9	5.2
	30	C	M	0.43	55	32	26	21	16.0	12.8	10.6	8.5	6.4
	40	M	M	0.50	64	37	30	25	18.6	14.9	12.4	9.9	7.4
	50	M	M	0.56	72	42	33	28	21	16.6	13.9	11.1	8.3
XRC8006 XRC11006 (50)	15	C	C	0.37	47	27	22	18.3	13.7	11.0	9.2	7.3	5.5
	20	C	C	0.42	54	31	25	21	15.6	12.5	10.4	8.3	6.2
	30	C	M	0.52	67	39	31	26	19.3	15.4	12.9	10.3	7.7
	40	C	M	0.60	77	45	36	30	22	17.8	14.9	11.9	8.9
	50	C	M	0.67	86	50	40	33	25	19.9	16.6	13.3	9.9
60	C	M	0.73	93	54	43	36	27	22	18.1	14.5	10.8	



藥劑飄散



UAV噴灑效果效果評估



圖 7 農試所內試驗內玉米小苗噴藥試驗及水試紙分布位置及環境資訊

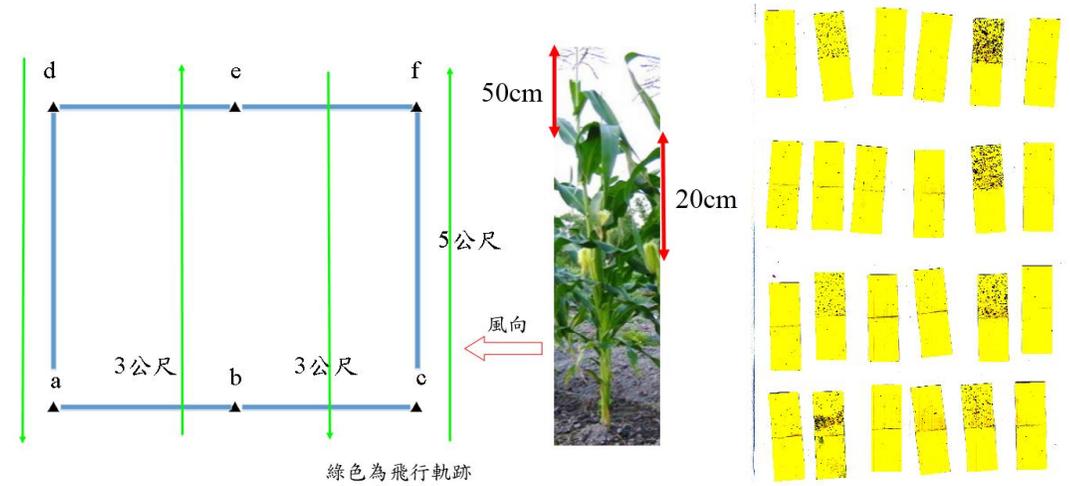


圖 8 智能飛行下水試紙別在距離作物頂端 50 公分及 70 公分處

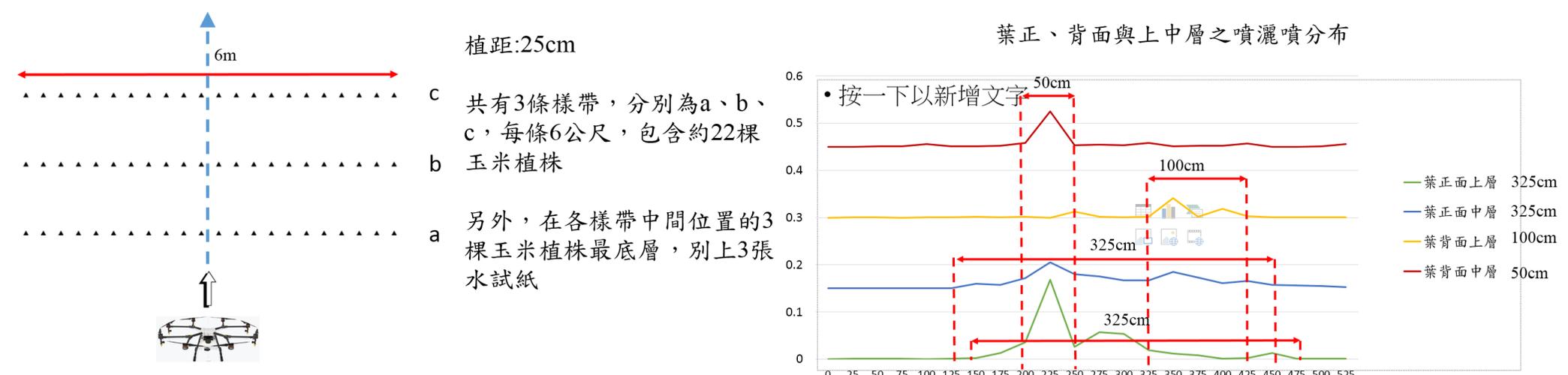
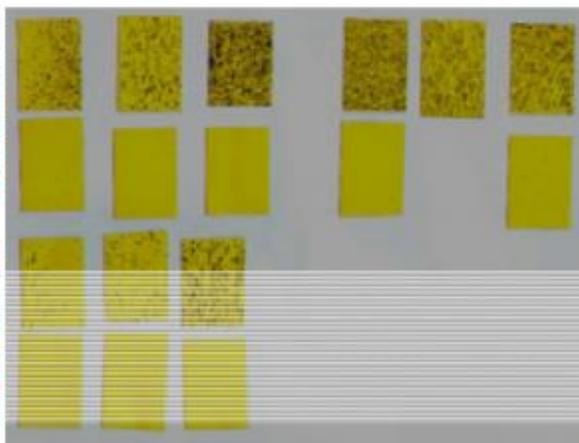


圖 9 UAV 噴藥在玉米不同高度位置下噴灑的幅寬

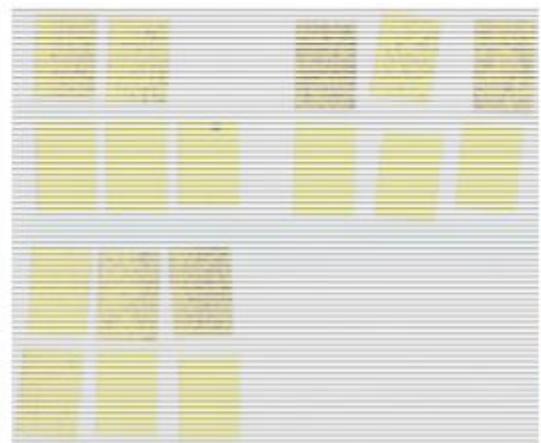
相同噴頭 VS. 不同施藥高度



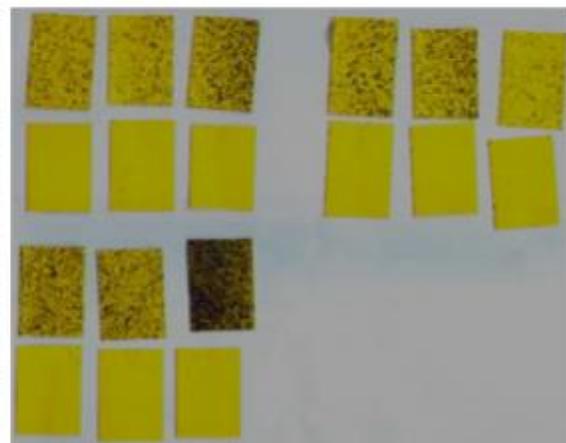
正面
背面
正面
背面



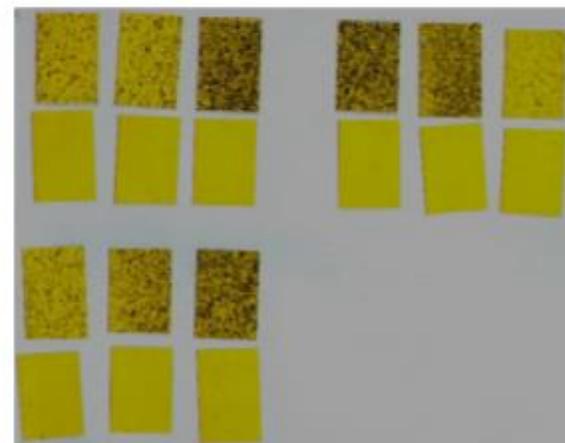
100cm 1號噴頭



150cm 1號噴頭



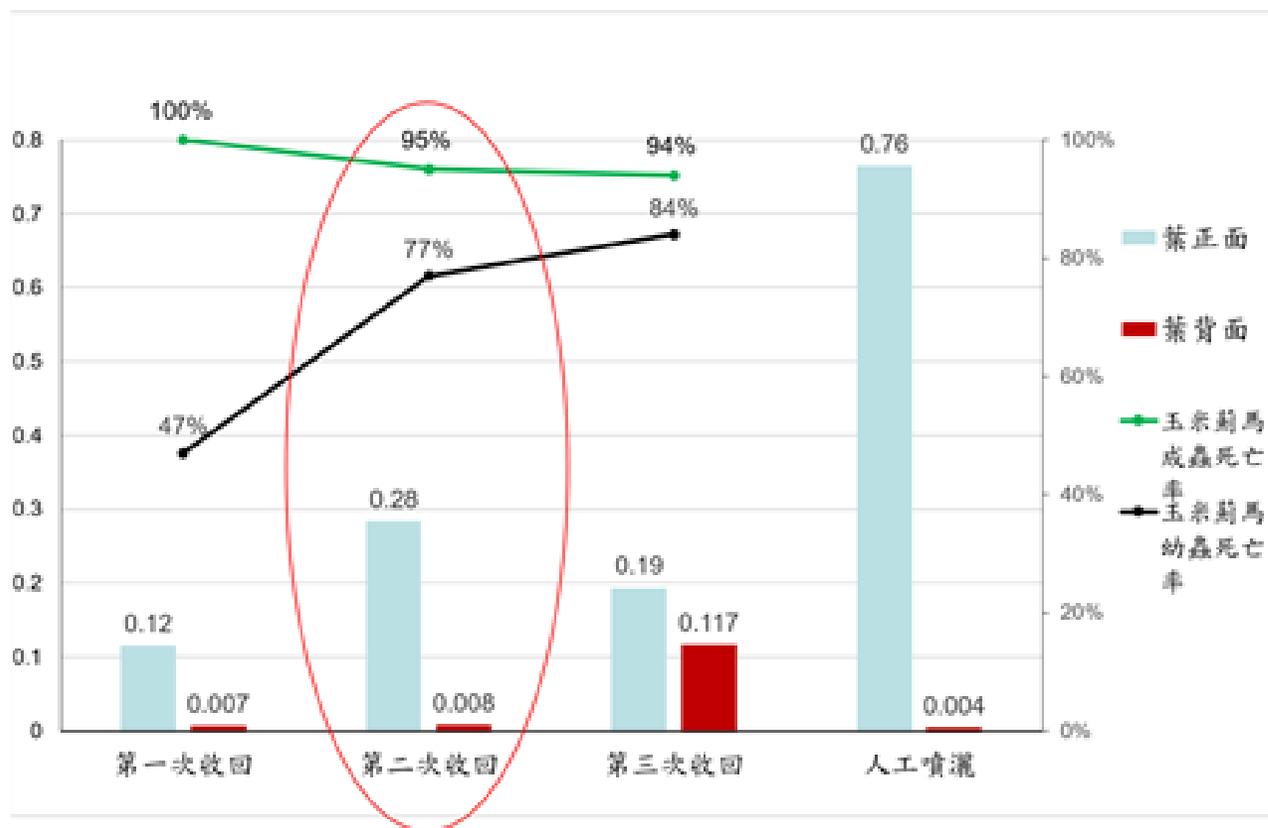
200cm 1號噴頭



250cm 1號噴頭

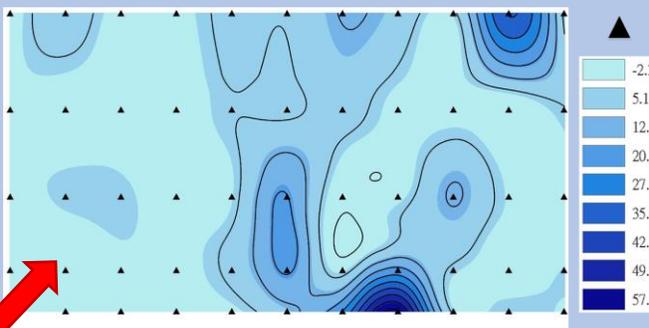
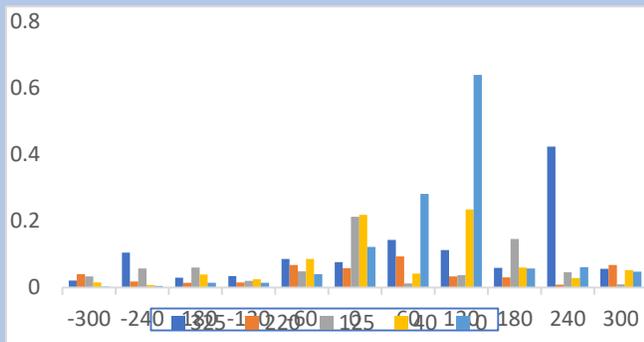
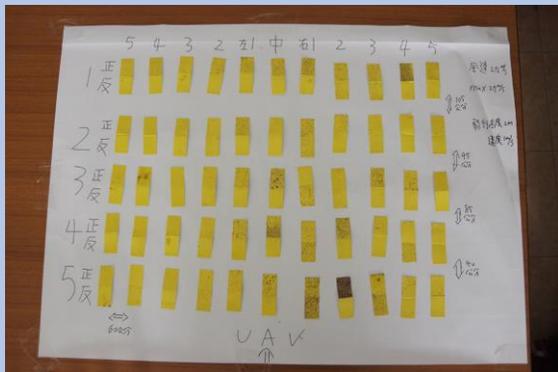
噴灑後

- 2-3天後病蟲害調查結果與噴灑效益比較



2. 開發噴灑控制與自動飛行控制的協同作業系統

本所第一次噴藥效果試驗



飄散試驗-風向影響

國外葡萄園的噴藥試驗



UAS噴藥效率

UAS噴霧應用可以實現2.0至4.5 ha/h的工作速率，同時施加 14.0至39.0 L/ha的藥物體積速率。噴施在葡萄葉上的霧滴隨著施用體積速率增加。

UAS噴藥與地面的噴霧比較

地面噴藥量以935 L/hr，與以UAS的葡萄樹冠中47 L/ha的沉降量是相似的。

影響飄移量的兩個因素中，側風風速的作用大於無人機的飛行高度。在側風風速在1~3 m/s時，需要預留8~10 m的緩衝區（安全區），以避免藥液飄移所造成的危害。

玉米試驗



A
UAV 飛3架次
賜諾特

緩衝區

B
人工施藥1次

A區 - 蘇力菌、賜諾特配置成30公升(L)，分3趟無人機(MG-1)噴灑

B區 - 人工施藥以背負式自動施藥16公升，兩趟施藥約30公升

* 將水試紙隨機設置在15株玉米葉面上，並在每一趟噴灑後收回5株進行蟲數及水試紙覆蓋率調查。

無人噴藥機在幾種作物病蟲害防治效果

Evaluation of Pest Control on Some Crops by Using UAVs

UAV以現行農藥使用規範噴灑效果初步評估---玉米試驗

The difference of pest control effects between UAV spraying and traditional treatment ---maize

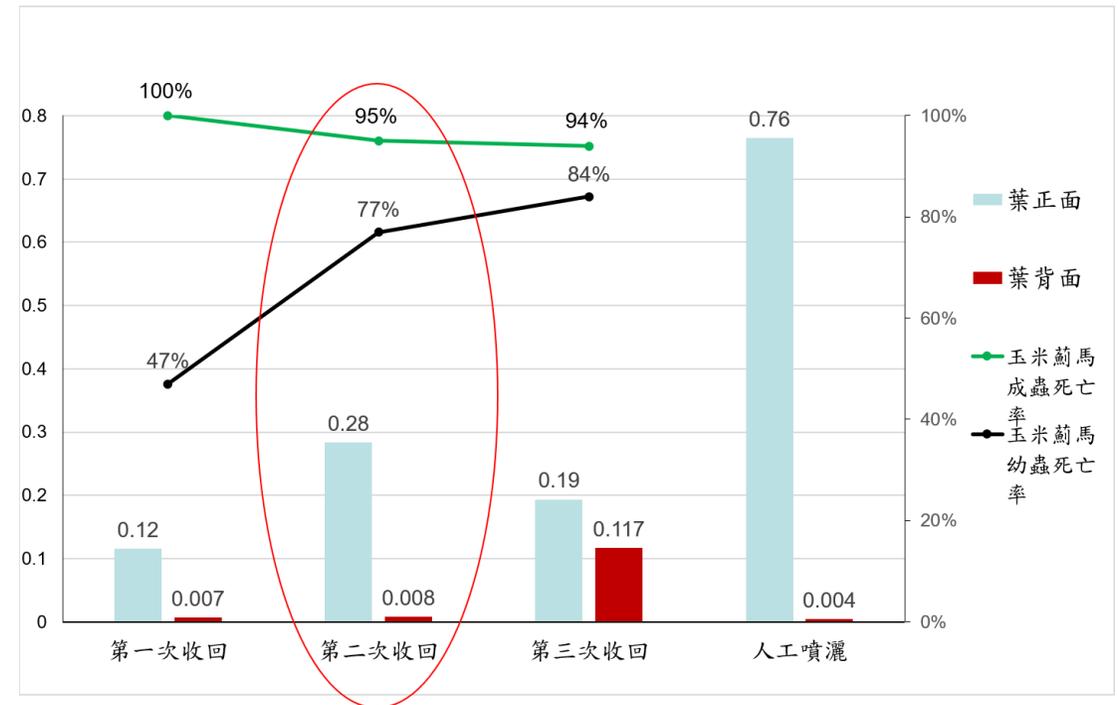
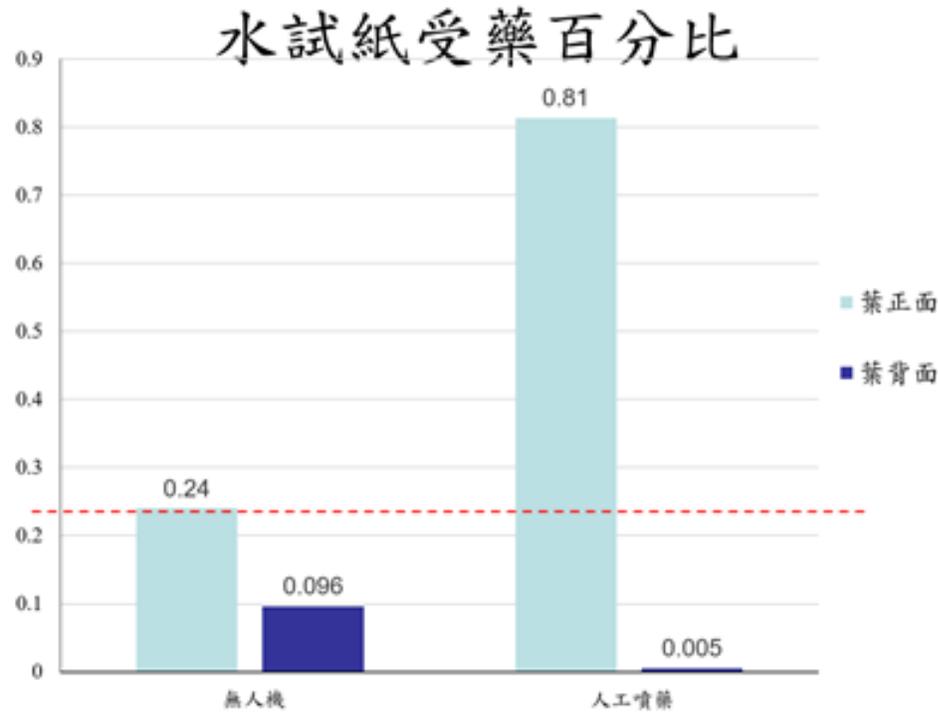
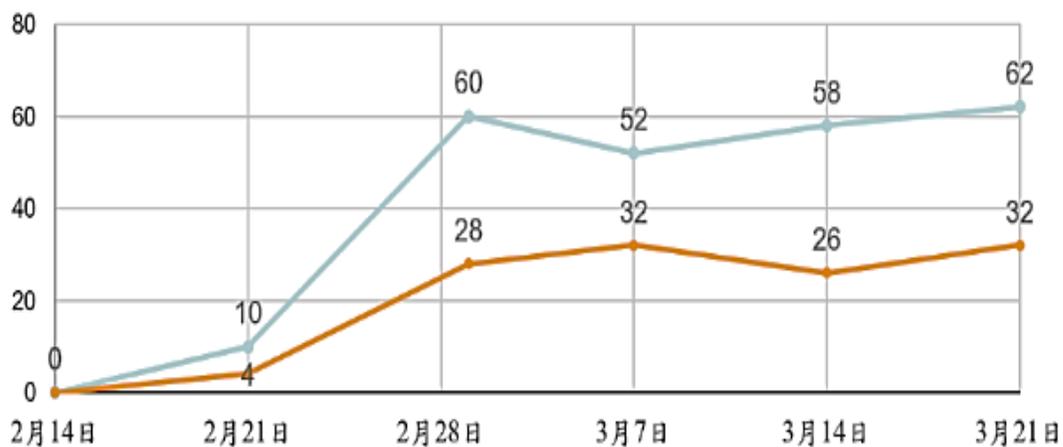


圖 18 2017.03.01-無人機與人工噴灑比較

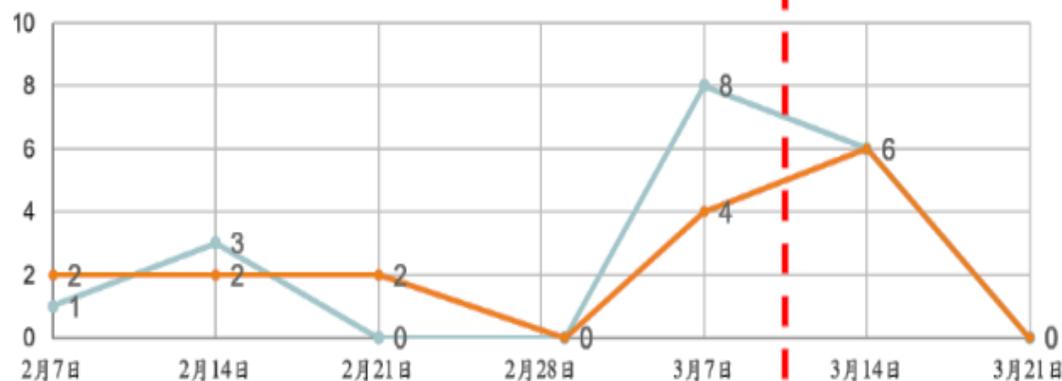
UAV以現行農藥使用規範噴灑效果初步評估---玉米試驗

The difference of pest control effects between UAV spraying and traditional treatment ---maize

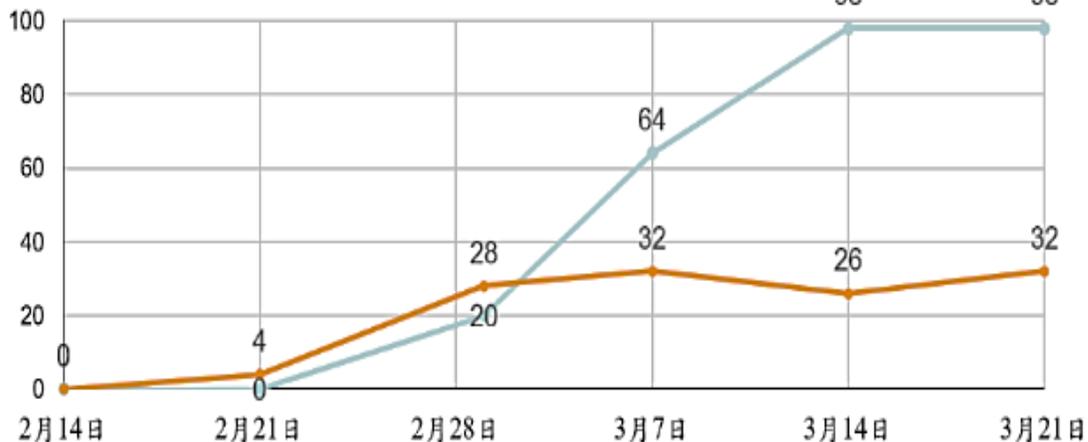
病毒病發生率(%)



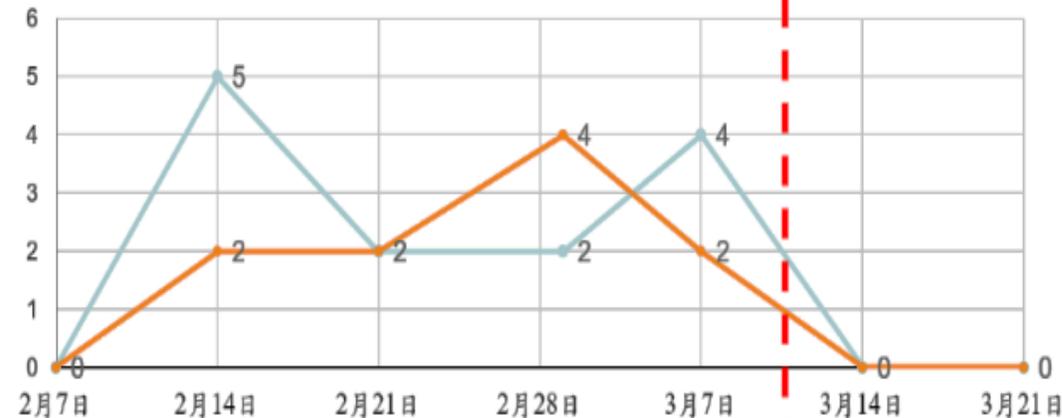
青蟲類發生率(%)



葉斑病發生率(%)



蛀心蟲類發生率(%)



人工

無人

人工

無人機

玉米無人機施藥病蟲害調查

粘板數：人工噴藥區 15 張、無人噴藥機區 15 張

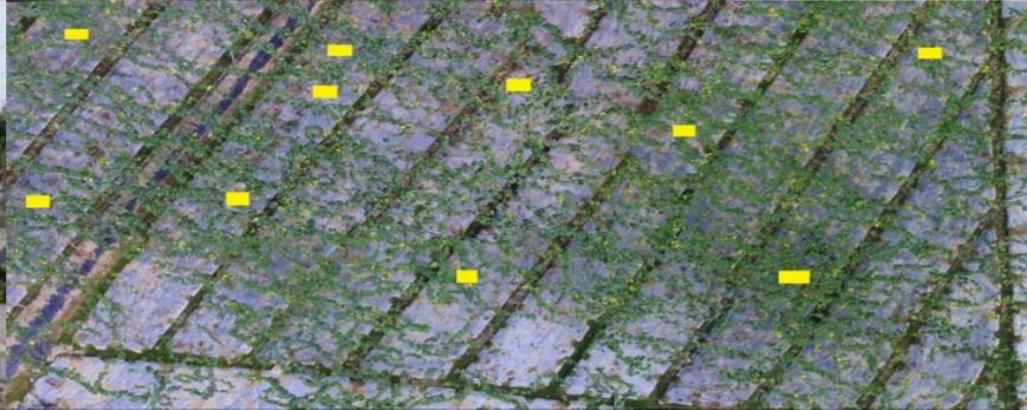
病蟲害調查：隨機調查 50 株玉米病蟲害發生情形

2017	玉米薊馬				病害發生率(%)				螟蛾類發生率(%)				植株高度 (cm)	生長期	處理
	粘板密度 (蟲數/粘板)		植株上蟲數平均 (蟲數/株)		病毒病		葉斑病		青蟲		蛀心蟲				
日期	人工	無人機	人工	無人機	人工	無人機	人工	無人機	人工	無人機	人工	無人機			
1/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	直播	
1/24													2~5	幼苗 (二葉)	開始調查插牌。1/25 施藥。賜諾特 11.7%水懸劑 1200 倍對照：人工施藥 40 公升，試驗：無人機 30 公升。
1/31															農曆年節。調查暫停一次
2/7	0.5	0.3	100% (帶蟲率)	100% (帶蟲率)					1.0	2.0			10~15	幼苗期	2/10 施藥。賜諾特 11.7%水懸劑 1200 倍對照：人工施藥 30 公升，試驗：無人機 30 公升
2/14	0.7	0.5	3.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	5.0	2.0	15~20	幼苗期	
2/21	0.6	0.4	10.9	5.1	10.0	4.0	0.0	4.0	0.0	2.0	2.0	2.0	20~30	幼苗期	
3/1	0.7	0.3	8.3	4.6	60.0	28.0	20.0	8.0	0.0	0.0	2.0	4.0	30~60	幼苗期	賜諾特 11.7%水懸劑 1200 倍，蘇力菌 85%水分散性粒劑 3000 倍。對照：人工施藥 30 公升，試驗：無人機 30 公升(3/1)
3/7	1.2	0.4	1.0	1.1	52.0	32.0	64.0	32.0	8.0	4.0	4.0	2.0	40~70	幼苗期	賜諾特 11.7%水懸劑 1200 倍，蘇力菌 85%水分散性粒劑 3000 倍。對照：人工施藥 30 公升，試驗：無人機 30 公升(3/10)
3/14	0.5	0.6	0.0	1.7	58.0	26.0	98.0	92.0	6.0	6.0	0.0	0.0	60~80	生長期	3/8 日中耕
3/21	1.0	1.3	13.1	4.1	62.0	32.0	98.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70~90	生長期	有細菌性葉斑病

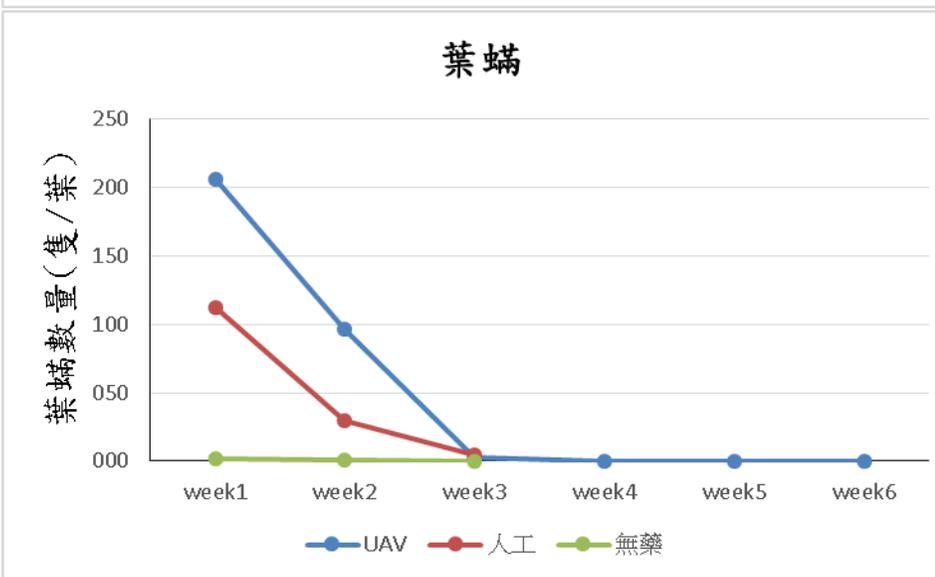
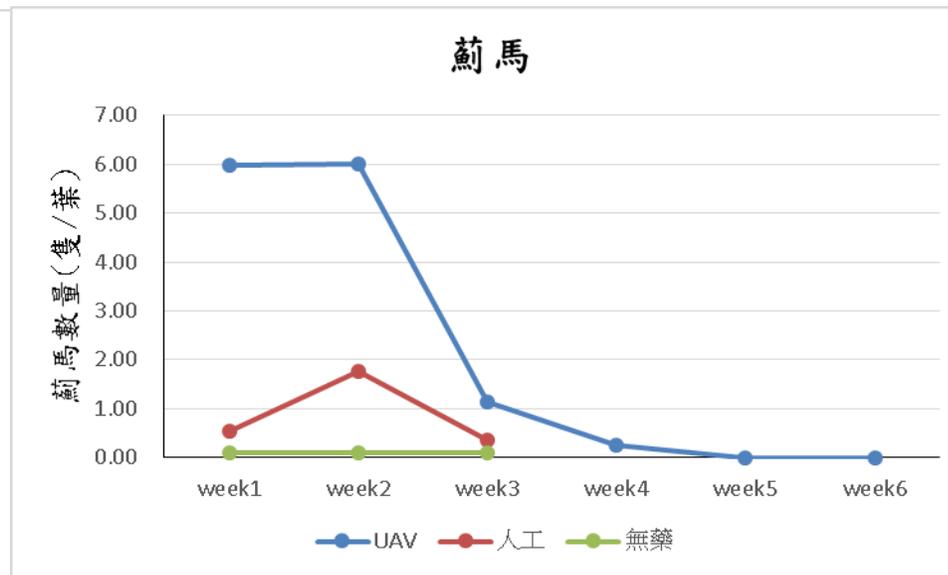
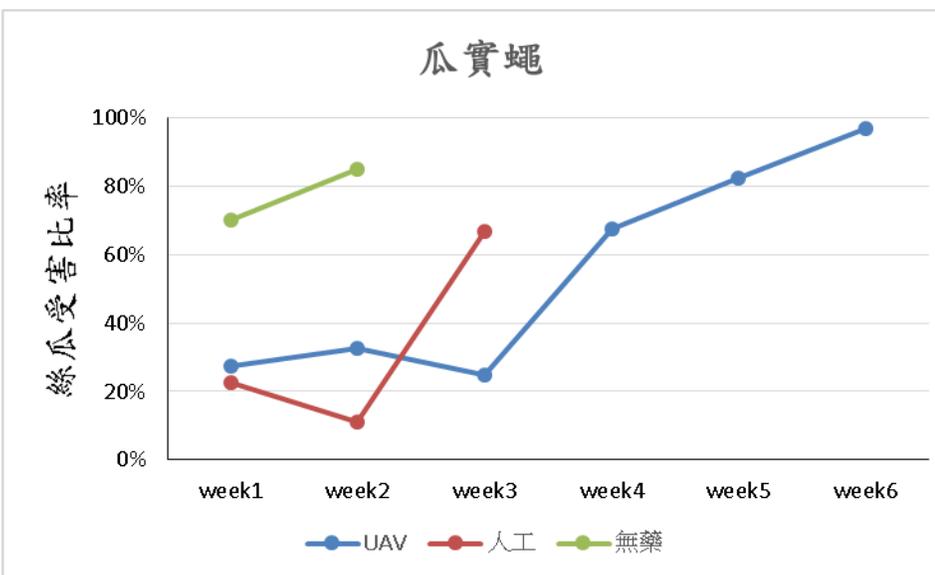
絲瓜試驗



試驗樣區



蟲害調查結果



害蟲調查結果

- 萵苣 - 鱗翅目幼蟲為主要害蟲，零星薊馬
- 花椰菜 - 鱗翅目幼蟲及蚜蟲為主要為害者，零星發現粉虱
- 青椒 - 蚜蟲為主要害蟲

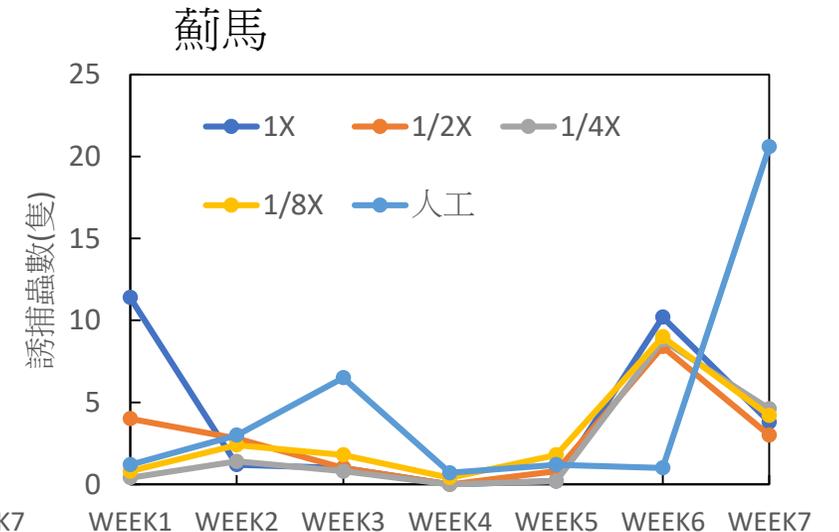
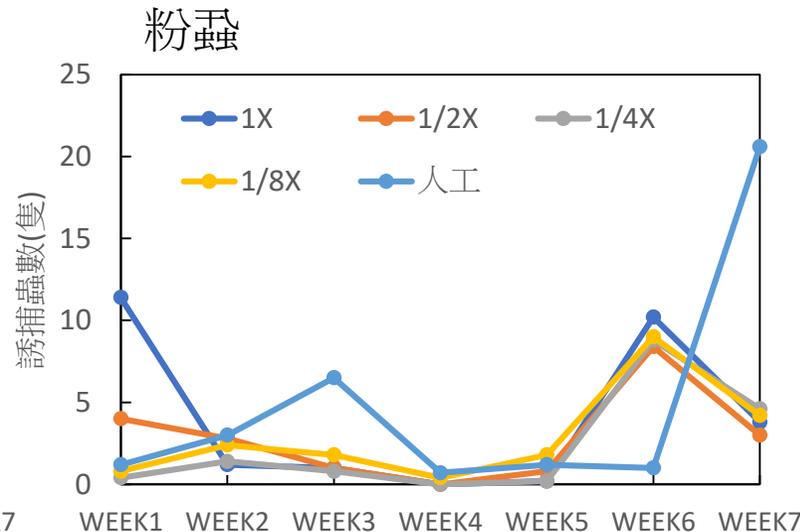
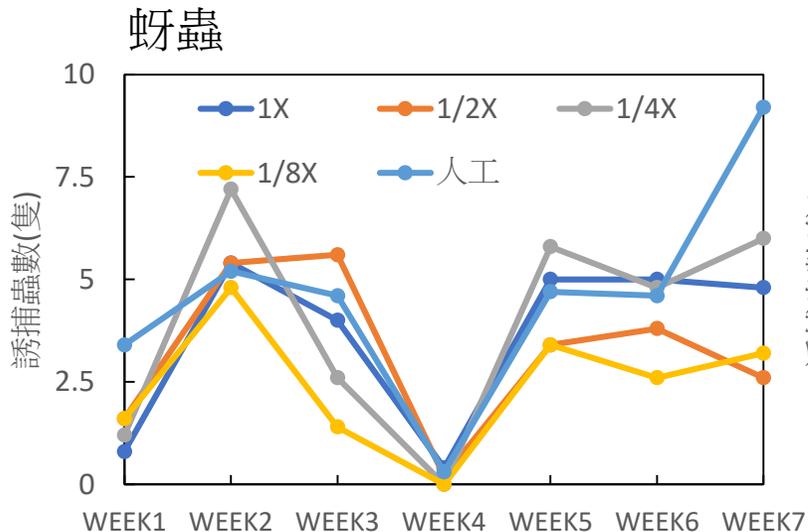


麥寮試驗區害蟲密度監測結果

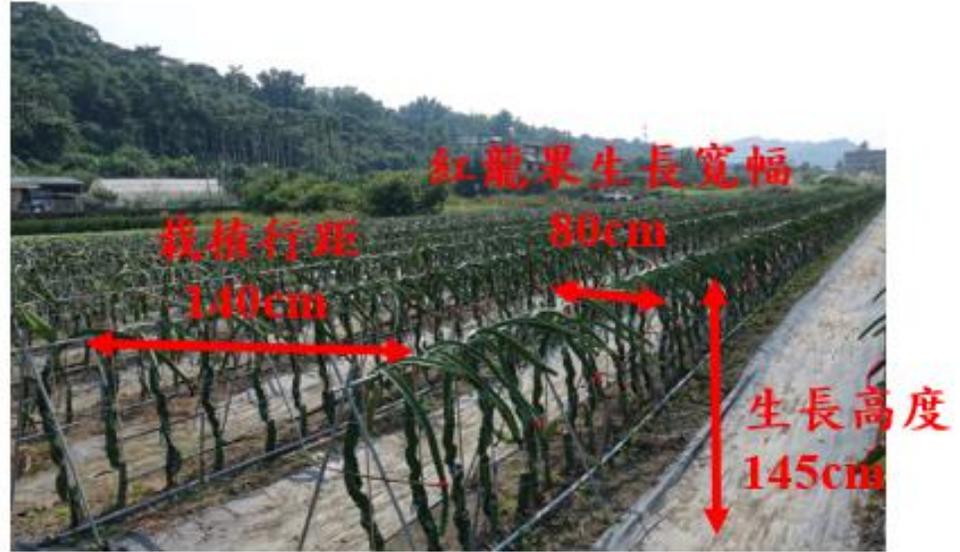
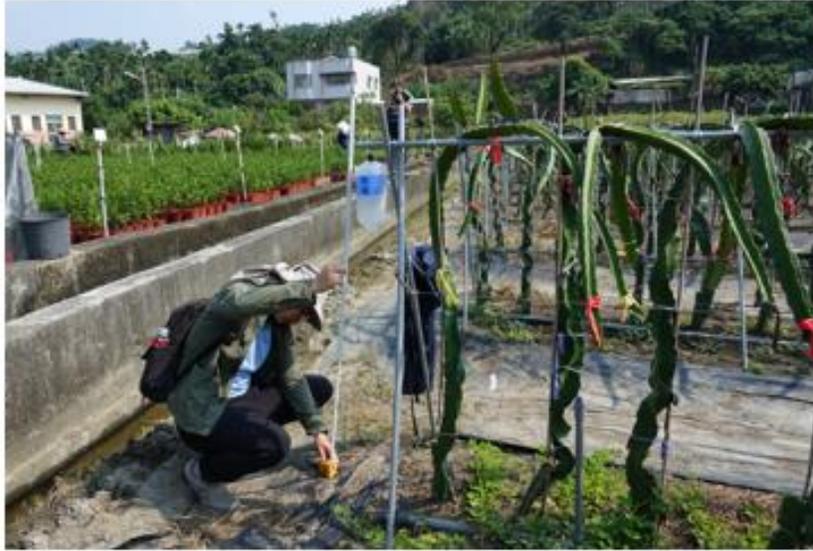
處理	蚜蟲平均密度	粉蝨平均密度	薊馬平均密度
人工噴藥	4.57±4.40 ^a	6.80±10.24 ^a	6.14±8.23 ^a
1/4X 施藥量	3.94±3.32 ^{ab}	4.23±5.44 ^b	3.97±5.74 ^{ab}
1X施藥量	3.63±3.13 ^{ab}	3.80±5.98 ^b	2.91±3.38 ^b
1/2X施藥量	3.23±3.87 ^{ab}	2.89±5.12 ^b	2.86±3.30 ^b
1/8X施藥量	2.43±2.56 ^b	2.00±2.65 ^b	2.31±3.55 ^b

依整季生產期、不同害蟲之監測蟲數經統計分析結果如下：

1. 蚜蟲：人工與UAV無差異，1/8倍施藥量處理蟲數最少
2. 粉蝨：人工與UAV無差異，1/8倍施藥量處理蟲數最多
3. 薊馬：人工與UAV有差異，不同施用藥量間無差異

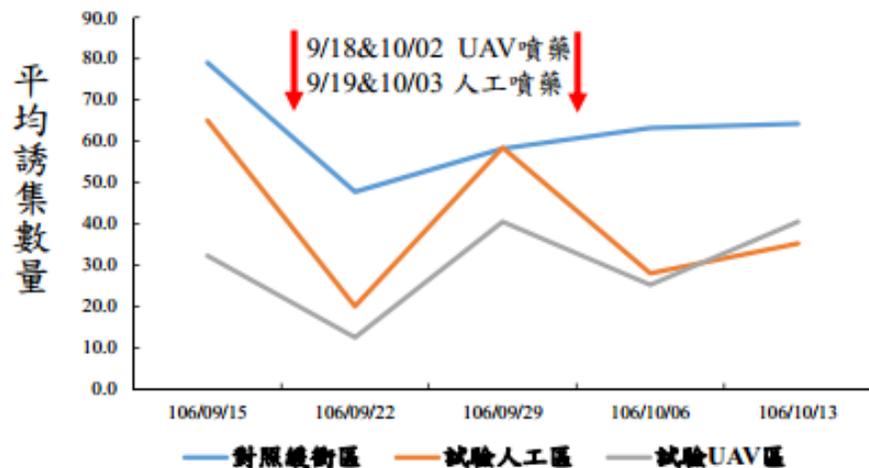


紅龍果試驗

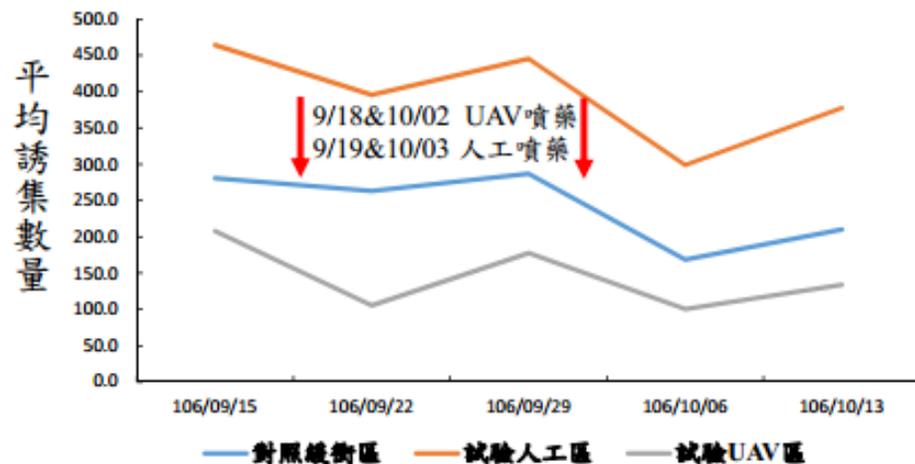


紅龍果蟲害調查

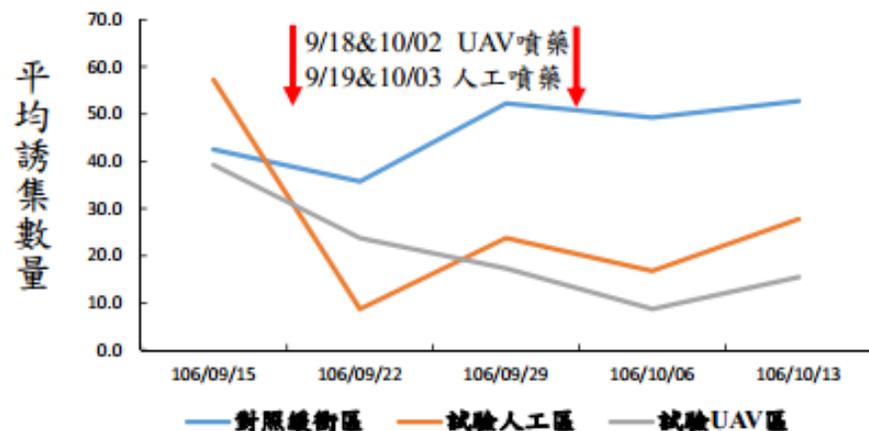
草屯試驗區 果實蠅(甲基丁香油)



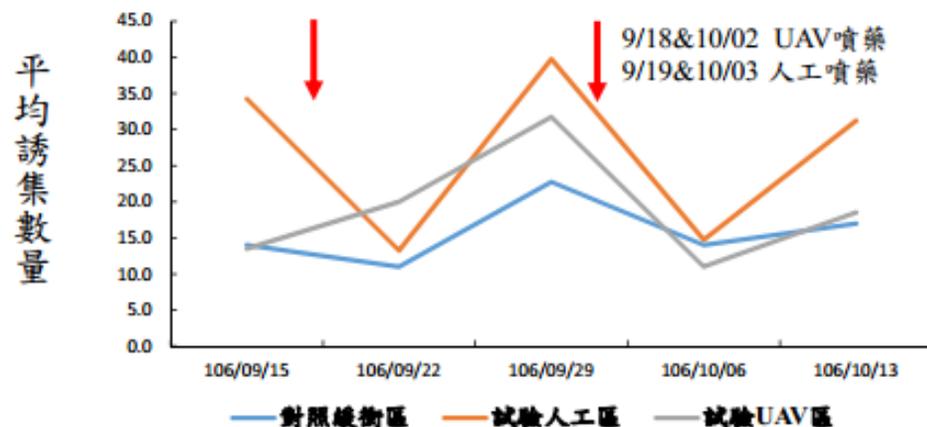
名間試驗區 果實蠅(甲基丁香油)



草屯試驗區 斜紋夜蛾



名間試驗區 斜紋夜蛾



UAV以現行農藥使用規範噴灑效果初步評估---紅龍果試驗

The difference of materials and time consumptions of pest control management between UAV spraying and traditional treatment –Pitaya trials

行政院農業委員會試驗所 無人機空中噴灑試驗評估紀錄表				
施藥場所	南投草屯	南投草屯	南投名間	南投名間
施藥方式及機型	8 軸無人機 DJI Agras MG-1	人工 高壓噴藥機	8 軸無人機 DJI Agras MG-1	人工 高壓噴藥機
施藥日期	106/10/02	106/10/03	106/10/02	106/10/03
種植作物	紅龍果	紅龍果	紅龍果	紅龍果
使用農藥名稱、劑型及稀釋倍數	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速成-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速成-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速成-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速成-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)
使用之噴頭型式	Teejet 扇型噴頭 XR 11001 (橘色)		Teejet 扇型噴頭 XR 11001 (橘色)	
施藥面積	1.13分	1.2分	1.65分	1.5分
噴灑總量	20公升	200公升	20公升	300公升
UAV噴藥高度	植株正上方約 50-100公分		二行植株中間(走道)上方約150-200公分	
UAV 飛行速度	1 m/sec		1 m/sec	
UAV 藥劑輸出量	最大(第4等級)		最大(第4等級)	
噴灑工作時間	第一架次-6m 40s 第二架次-6m 23s	約1小時	第一架次-6m 56s 第二架次-7m 12s	約1.2小時
施藥時風向及風速	西北 2 m/sec		西北 3 m/sec	
施藥時平均氣溫	33°C		31°C	
施藥時相對濕度	39%		42%	
UAV 施藥沉降調查指標級數	葉上:A粒徑-7~8級 葉下:A粒徑-1~2級		葉上:A粒徑-7~8級 葉下:A粒徑-1~2級	

行政院農業委員會試驗所 無人機空中噴灑試驗評估紀錄表				
施藥場所	南投草屯	南投草屯	南投名間	南投名間
施藥方式及機型	8 軸無人機 DJI Agras MG-1	人工 高壓噴藥機	8 軸無人機 DJI Agras MG-1	人工 高壓噴藥機
施藥日期	106/09/18	106/09/19	106/09/18	106/09/19
種植作物	紅龍果	紅龍果	紅龍果	紅龍果
使用農藥名稱、劑型及稀釋倍數	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速成-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速成-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	1. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	1. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200黏滯品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)
使用之噴頭型式	Teejet 扇型噴頭 XR 11001 (橘色)		Teejet 扇型噴頭 XR 11001 (橘色)	
施藥面積	1.13分	1.2分	1.65分	1.5分
噴灑總量	20公升	200公升	20公升	300公升
UAV噴藥高度	植株正上方約 50-100公分		二行植株中間(走道)上方約150-200公分	
UAV 飛行速度	1 m/sec		1 m/sec	
UAV 藥劑輸出量	最大(第4等級)		最大(第4等級)	
噴灑工作時間	第一架次-9m 18s 第二架次-7m 39s	約1小時	第一架次-6m 48s 第二架次-7m 21s	約1.2小時
施藥時風向及風速	西北 3 m/sec		西北 3 m/sec	
施藥時平均氣溫	33°C		33°C	
施藥時相對濕度	46%		46%	
UAV 施藥沉降調查指標級數	葉上:A粒徑-7~8級 葉下:A粒徑-1~2級 葉側:A粒徑-2~3級		葉上:A粒徑-7~8級 葉下:A粒徑-1~2級 葉側:A粒徑-2級	

第一次噴藥

第二次噴藥

無人機(UAV)空中噴藥及人工噴藥試驗 農藥殘留比較表

施藥場所	南投草屯	南投草屯	南投名間	南投名間
施藥方式	8 軸無人機 DJI Agras MG-1	人工 高壓噴藥機	8 軸無人機 DJI Agras MG-1	人工 高壓噴藥機
農藥名稱、劑型及稀釋倍數	1. 62.5%賽普護汰寧水分散粒劑 2000x (速威-先正達) 2. 24.7%賽速洛寧膠囊水懸劑 2000x (響叮噹-先正達) 3. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200鮎澤品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)		1. 蘇力菌水分散粒劑 (NB-200鮎澤品系) 1000x (福祿寶-台灣住友)	
施藥日期	106/09/18	106/09/19	106/09/18	106/09/19
驗藥採樣時間	106/09/22	106/09/22	106/09/22	106/09/22
農藥殘留310品項檢驗結果	1. 護汰寧 0.03ppm (1.0)  2. 賽洛寧 0.17ppm (1.0) 3. 賽普洛 0.05ppm (1.0) 4. 護汰寧 0.43ppm (1.0) 5. 賽速安 0.20ppm (1.0)		ND (未檢出) 1. 護汰寧 0.04ppm (1.0)	

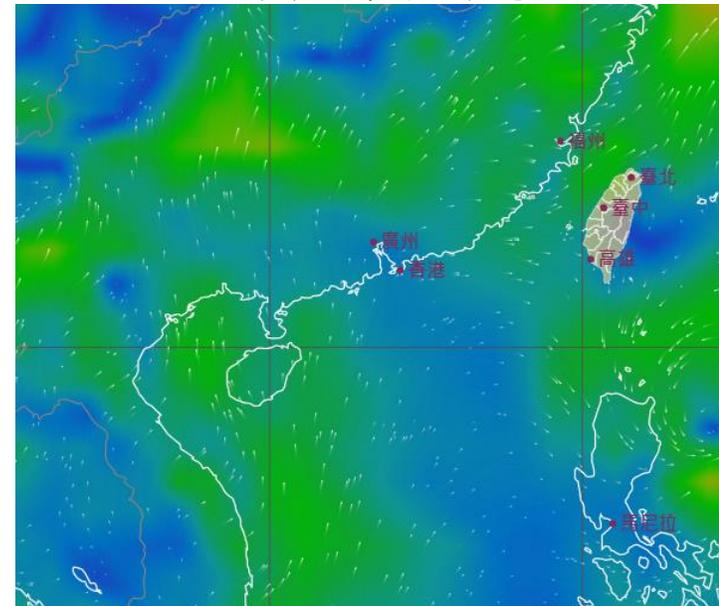
高空捕捉的昆蟲(動畫)



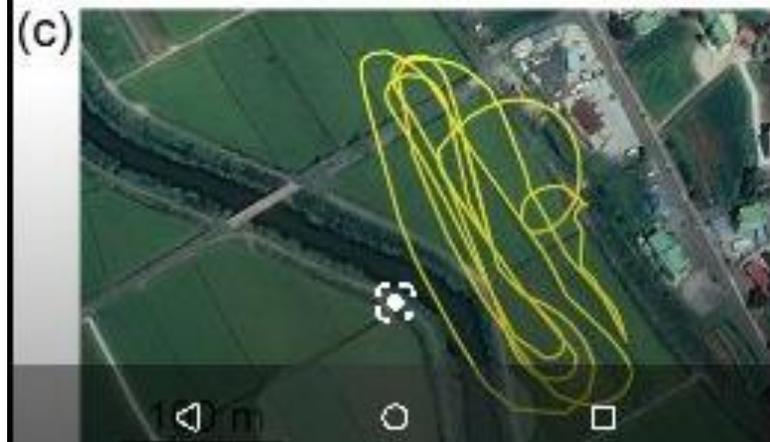
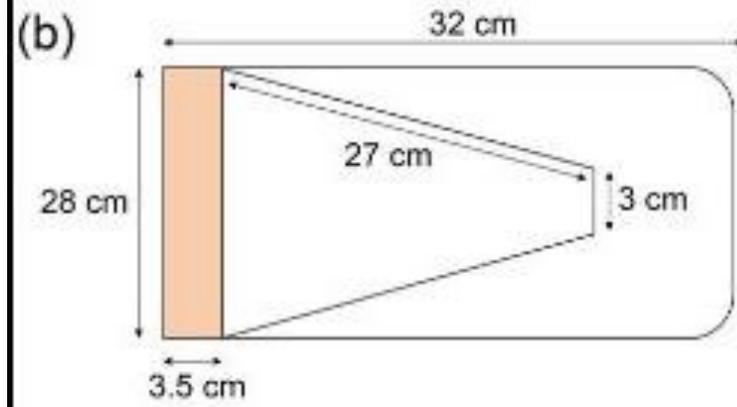
農試所嘉義分所溪口農場高空捕蟲網



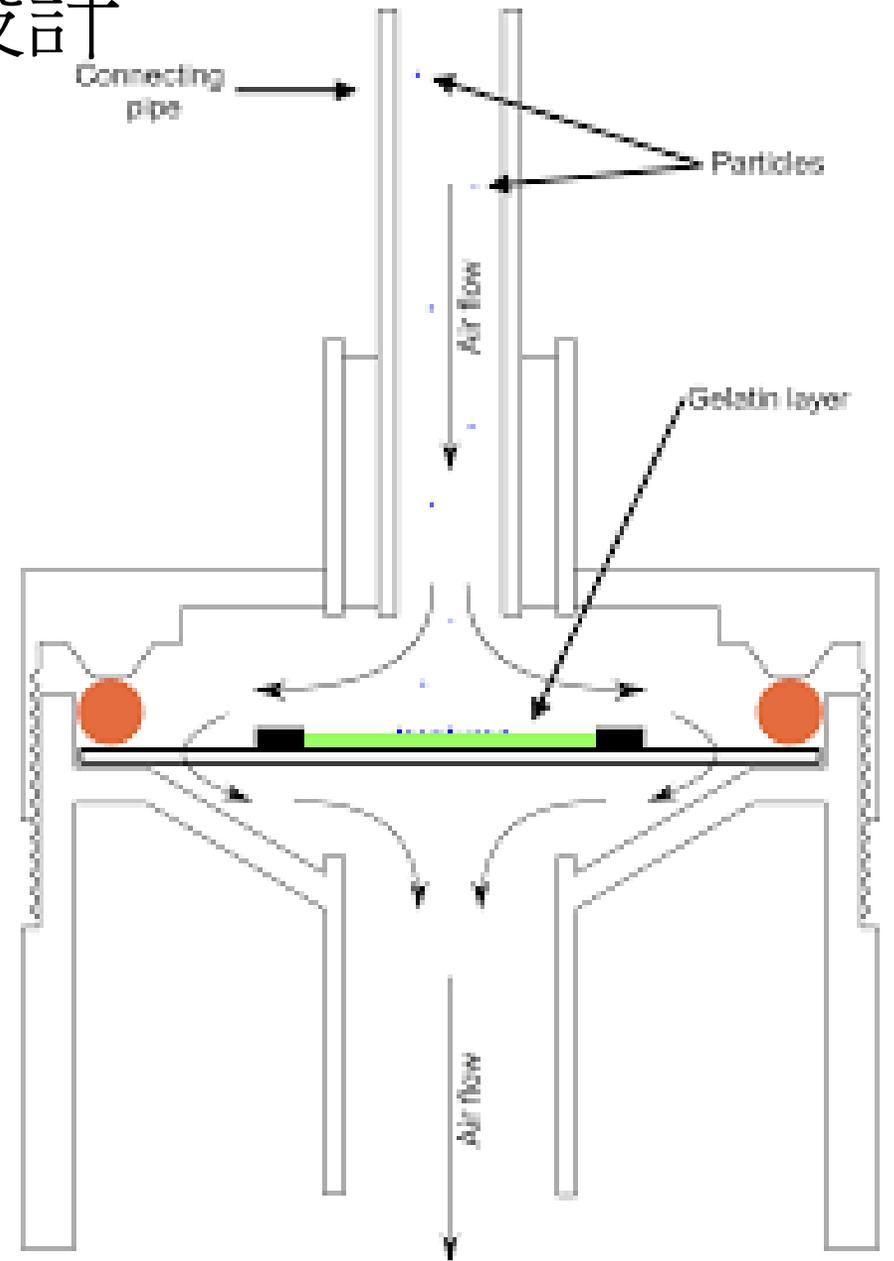
高空氣流動態



捕蟲網設計



空中孢子收集器設計



UAV噴藥試驗結論

- 在團隊多樣的噴藥試驗測試，以UAV噴藥方法在農業的噴藥操作，不論對勞力替代與節省、人體健康、用藥量的節省、殘毒的控制、食安的效益，都肯定其價值。
- 農試所團隊致力於在不改變現在農藥管理法規允許方法及用藥量下，進行各種作物的UAV噴藥標準作業方法(SOP)的建立，提供農民的操作規範參考。
- 作物的生長特性影響UAV噴藥的效果，目前的設備與技術仍有改進空間；團隊在智慧農業計畫支持下，短期內建立可依循、可推廣的技術。
- 團隊目前協助在鮮食玉米、外銷萵苣等農企業的UAV噴藥測試驗證皆獲業者肯定，並積極籌畫支援台南市府及行政院雲嘉南辦公室提出大規模面積的UAV噴藥試驗的監測技術。

建置農業RTK精密定位網絡及
農事服務管理平台
輔助智慧農業開發計畫
(無人機噴藥)

農業試驗所

109.08.18

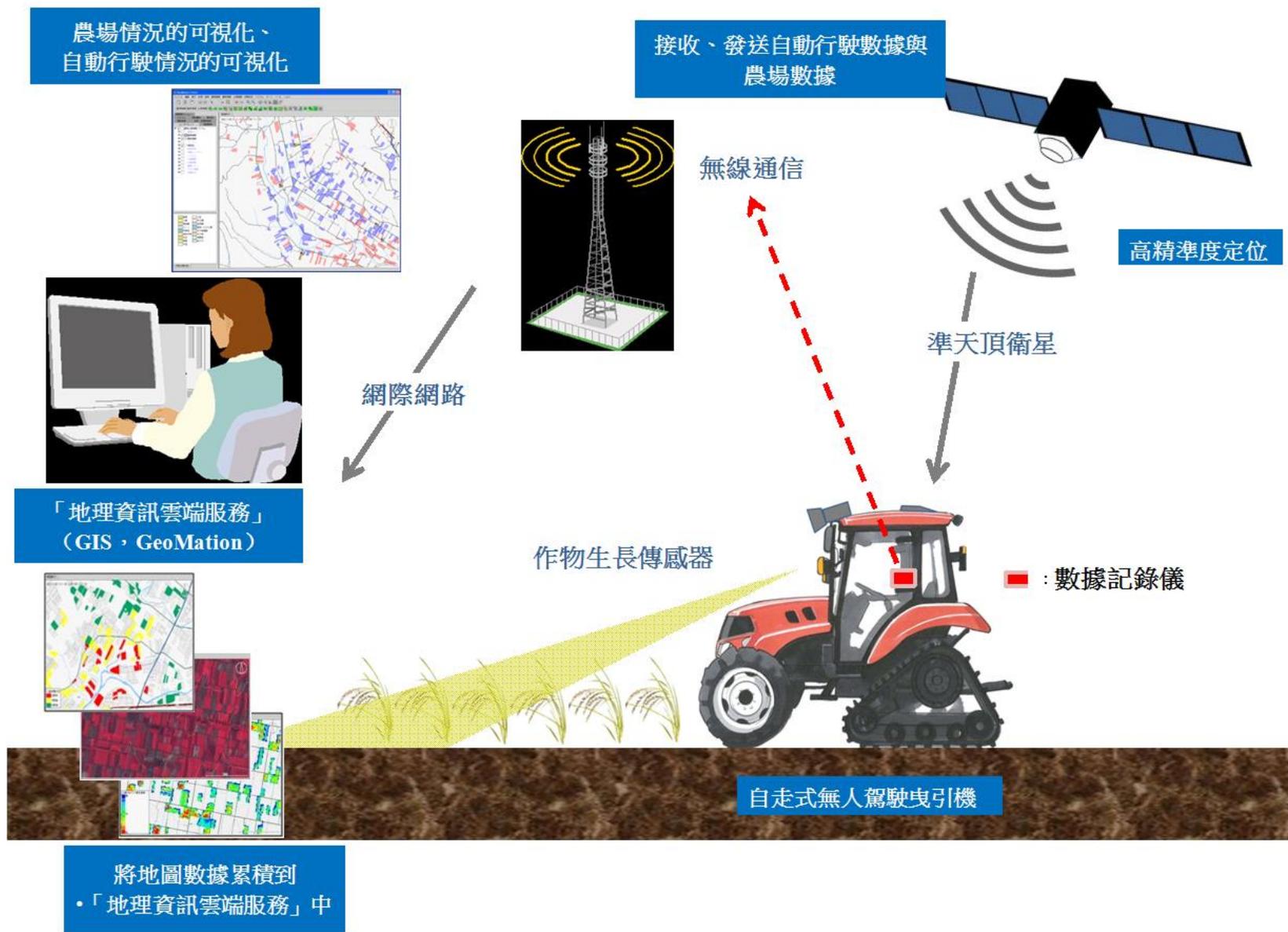
問題

1. 無人噴藥機屬於農機，由農委會主管
2. 民航法無人機專章法規: 規定要申報無人機噴藥作業(作業區、作業時間(報飛報離)、作業軌跡)。
3. 農藥管理法: 農藥使用申報。
4. 無人機噴藥飛手的技術需要協助(自動飛航協助、地形障礙)。

解決對策

1. 精準定位、圈畫農業區為飛行範圍、坵塊圖提供
2. 精準定位、自動飛航路線規劃、手機報飛報離及作業軌跡APP
3. 精準定位、農藥QR code、手機申報用藥APP
4. 民航局及防檢局兩者手續都完成才准飛、提供3D圖資、法人-農民帳單傳送

為什麼農業要高精度定位系統？



採用高精度定位方法。定位精度（水平及高程誤差為5 cm以內），進行大規模的農業生產。

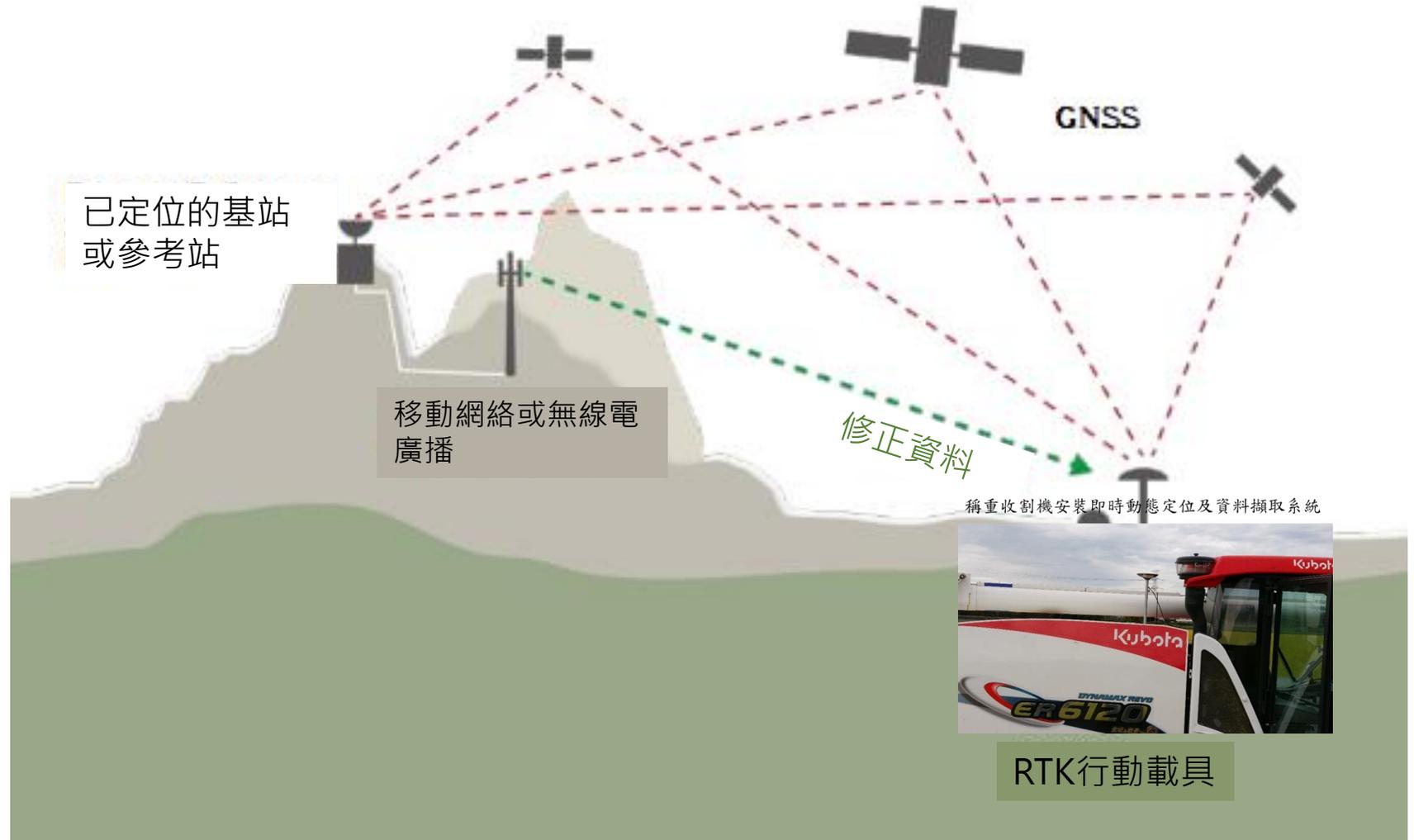
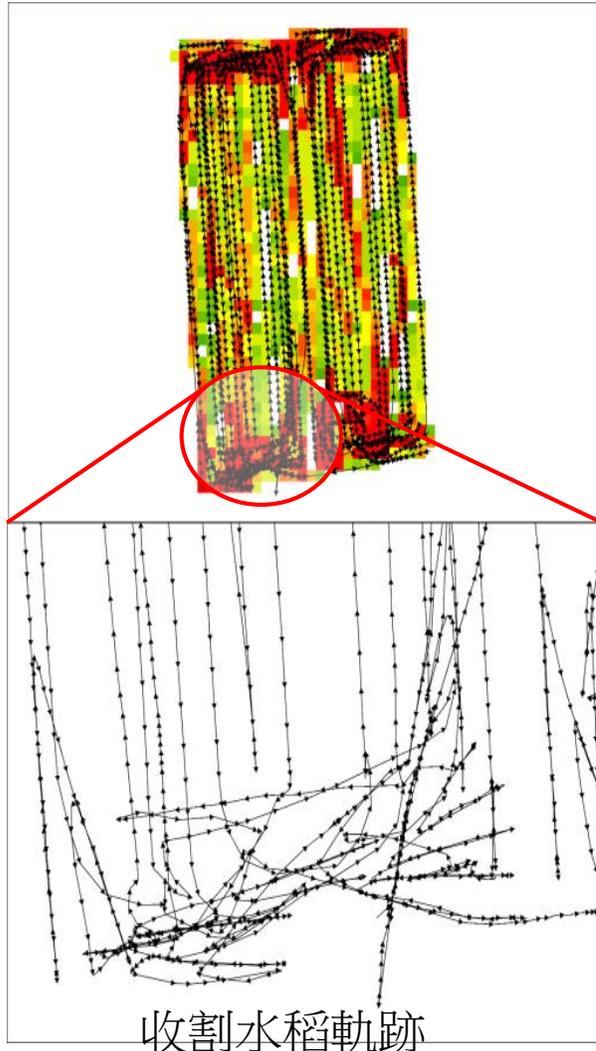
在這種精度可以增加機器人在農業實現的潛力，在大農或小農土地上進行高精度定位，可成為智慧農業強大的推動力量。農業的概念因此會發生巨大變化。

VRS-RTK GNSS (如:國土測繪中心 e-GNSS定位系統)

應用實例(農試所)

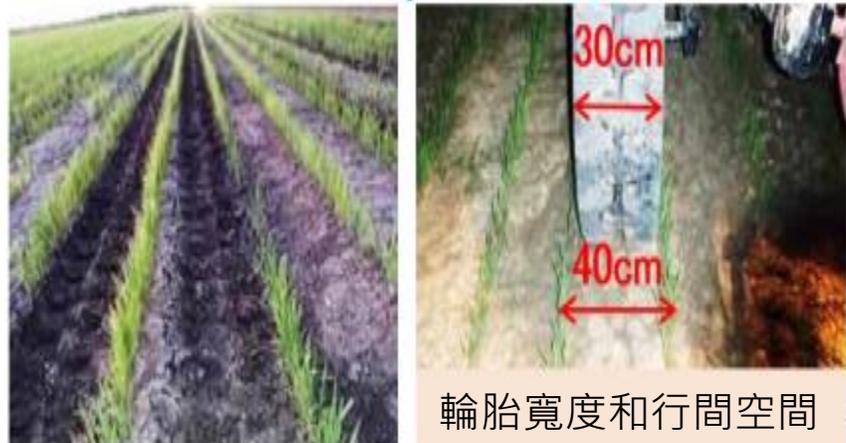
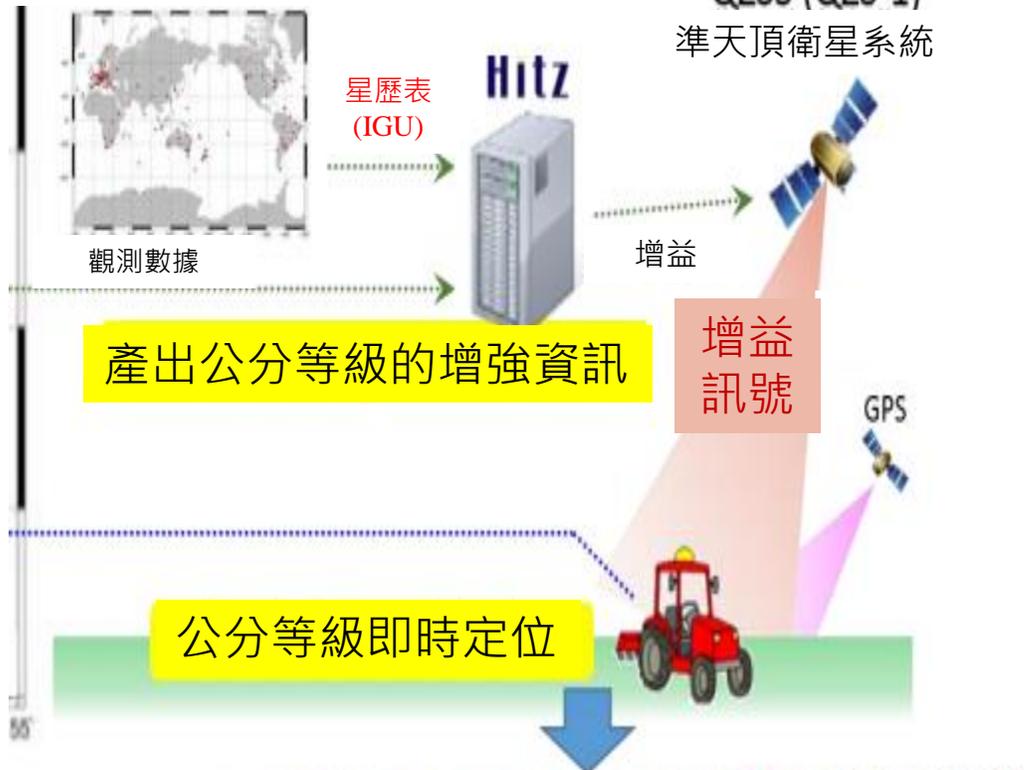
嘉義中埔

109年1期作水稻田間收量圖



由多個 GPS 基準站之間全天候連續地接收衛星資料，透過網路等通訊設備與控制計算中心連接並進行資料計算後得到虛擬主站模擬觀測量，進而求得移動站之點位坐標。

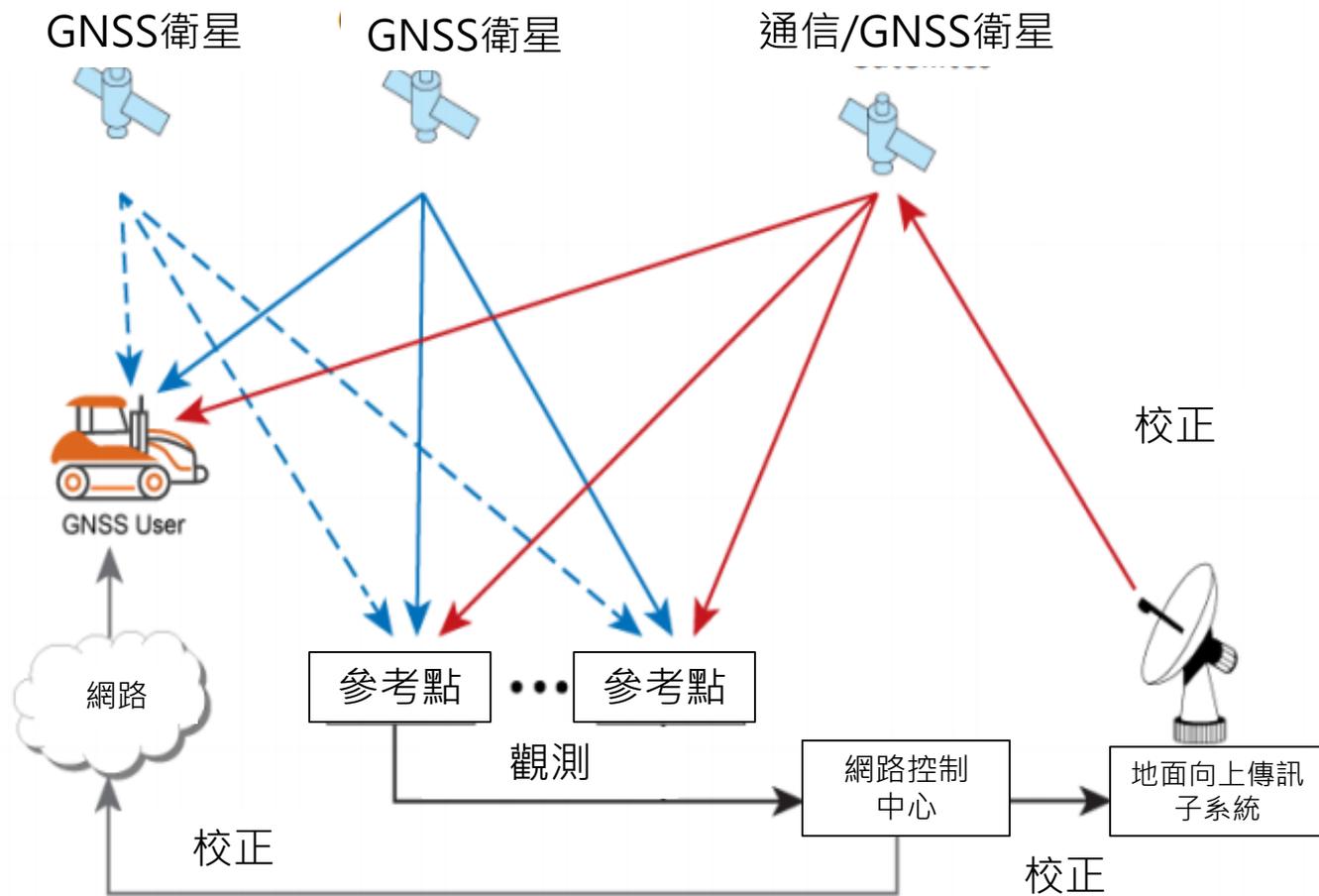
國際GNSS服務(IGS)



Multi-GNSS PPP

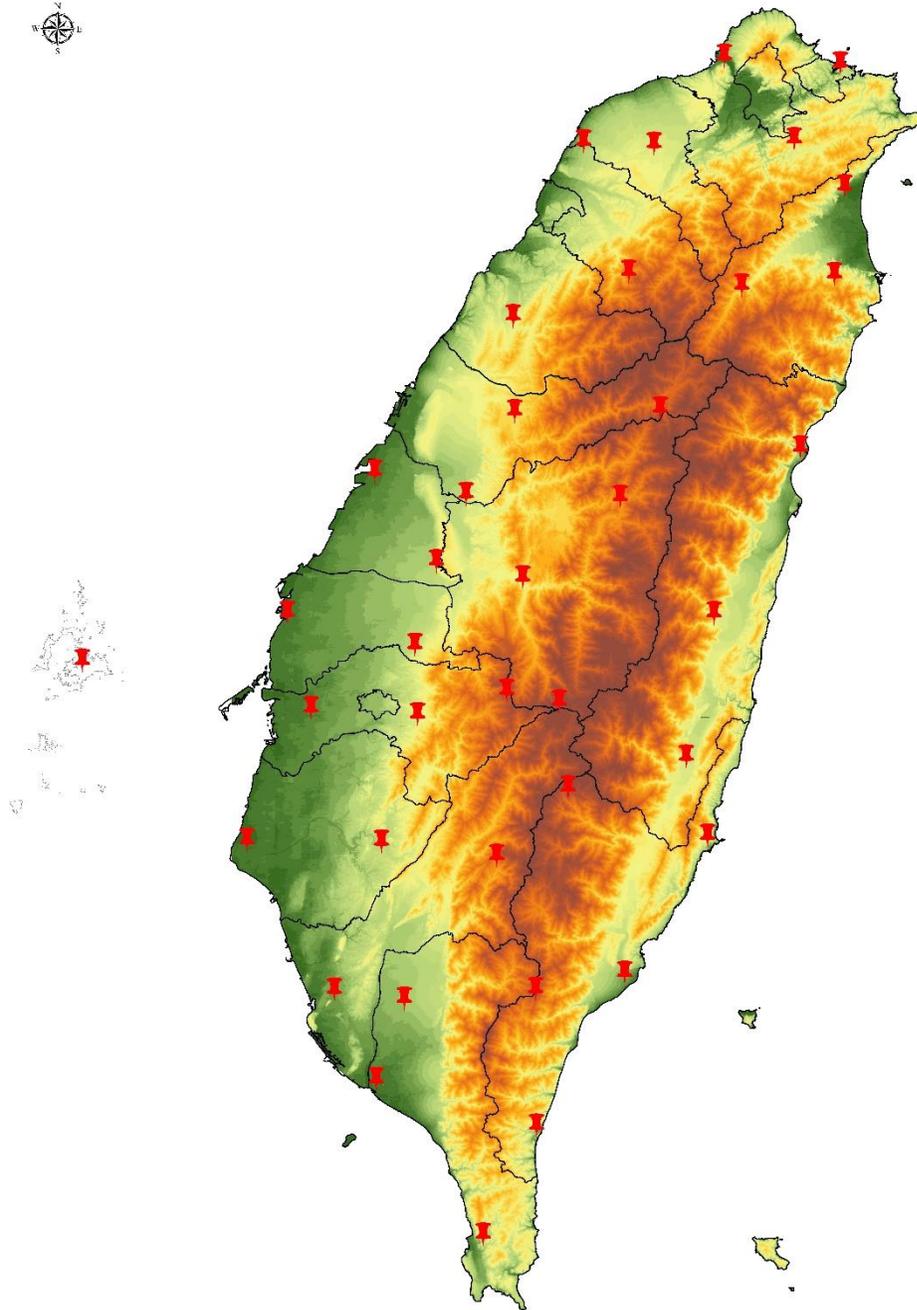
Precise point position

即時PPP系統



基站架構

1. 35 個基站，大多位於本會各單位。
2. 執行招標預告公告，12 月底前完成。
3. 公務單位財產移撥，私校單位為借用(全為本會或與國土測繪中心合作)。
4. 經營管理費用。



平台演示-地籍圖資平台

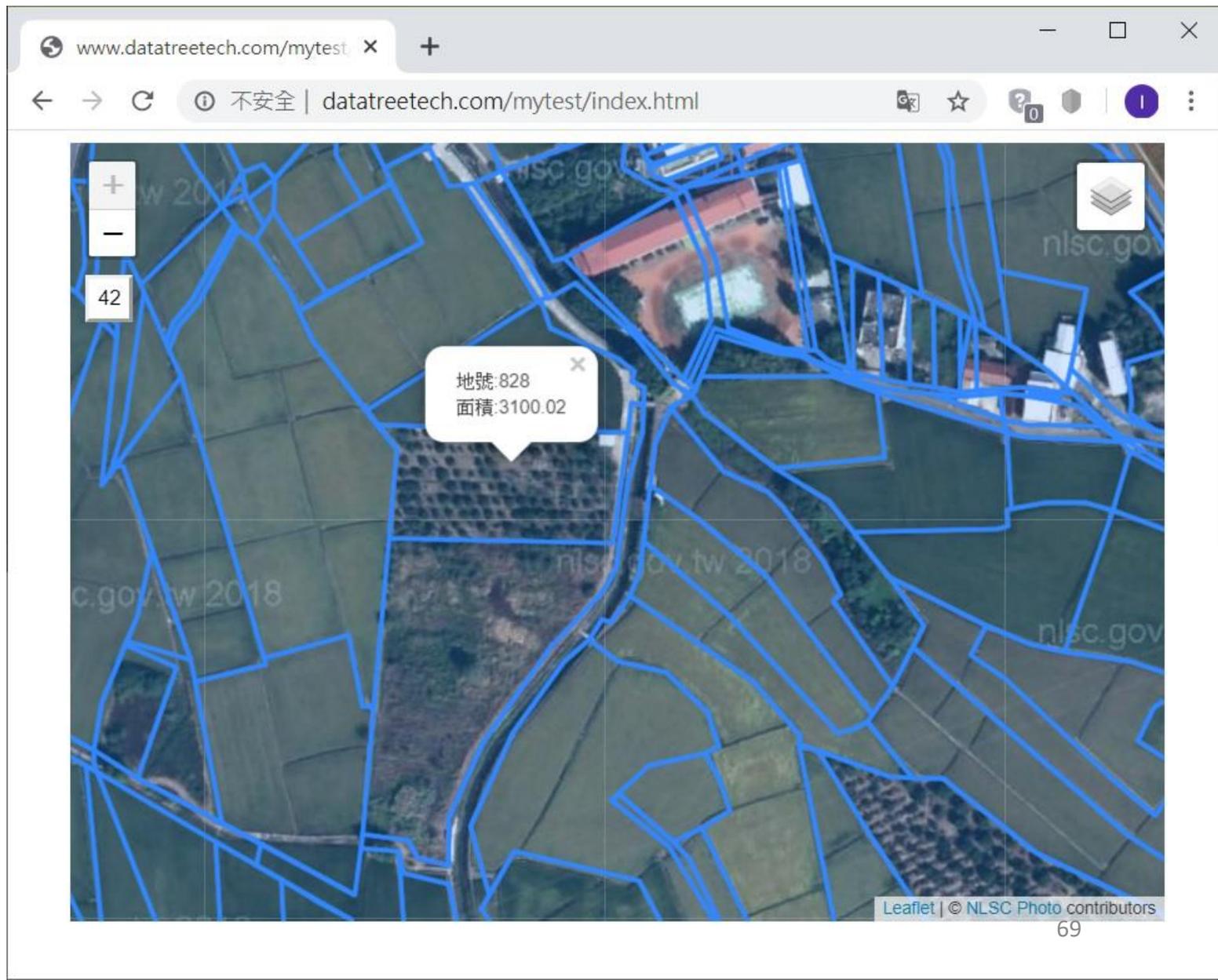
架構說明

web service-dt.網頁服務

• 管理介面圖資需支援以下格式:

- 1) 本所坵塊圖。
- 2) 內政部通用版電子地圖圖磚(WMTS)
- 3) 地籍圖。
- 4) SHP 型態GIS檔案。

E-GNSS 小幫手



平台-申請噴藥區RTK服務情境



系統須提供管理介面程式，除具帳號及密碼管理功能，並具備下列功能：

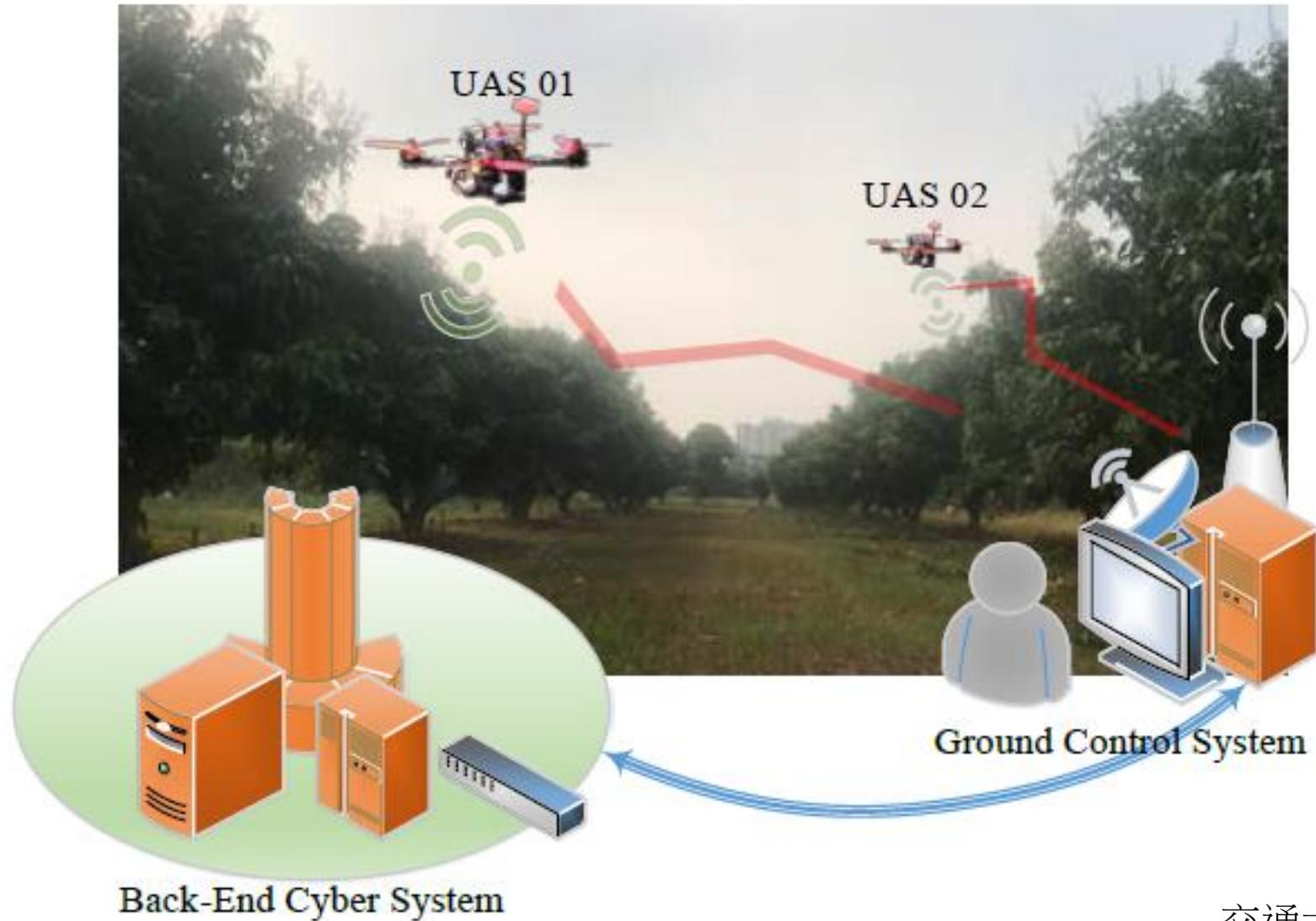
- 可圖形化顯示無人植保機用戶端(個別或群組)執行飛行任務之位置所在。
- 可視覺化顯示無人植保機(個別或群組)飛行參數，包含平面飛行軌跡、作物種類、農藥名稱與上傳之照片與說明。
- 於“ 植保小幫手中” 點選任務管理，進入植保管理平台區域。
- 於植保小幫手中申請RTK 定位服務
- 選擇噴藥區域
- 並輸入農藥總類及數量。
- 即完成申請，並回到Line 視窗。



無人機監測開發應用

- 作為地面採樣
- 影像和其他資料收集
- 即時監控和繪圖
- 感測器應用
- 便宜且易於處理的平台
- 3D模式下的自動飛行

果樹園 3D座標建模與載具RTK化的立體噴藥



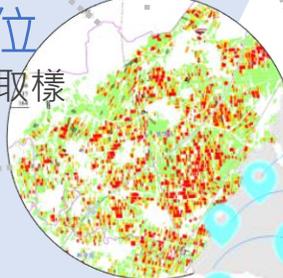
農作病蟲害早期預警與防治(IoT網絡建置)



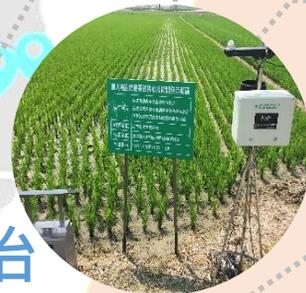
UAV精準定位

UAV拍攝、病蟲取樣
及噴藥機隊

決策圖



稻熱病 智慧監測與防治



IoT網佈點

IoT設置於彰化及台南試驗區(目前)
拓及全台農業區(本計畫)

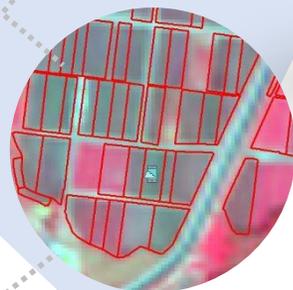
現地調查

水稻現場錄影紀錄



遙測影像

衛星、高光譜影像監測



大數據收集

擷取田間即時微氣象資料

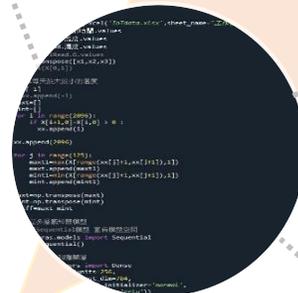
雲端整合服務

模式建立完備
啟動推播作業

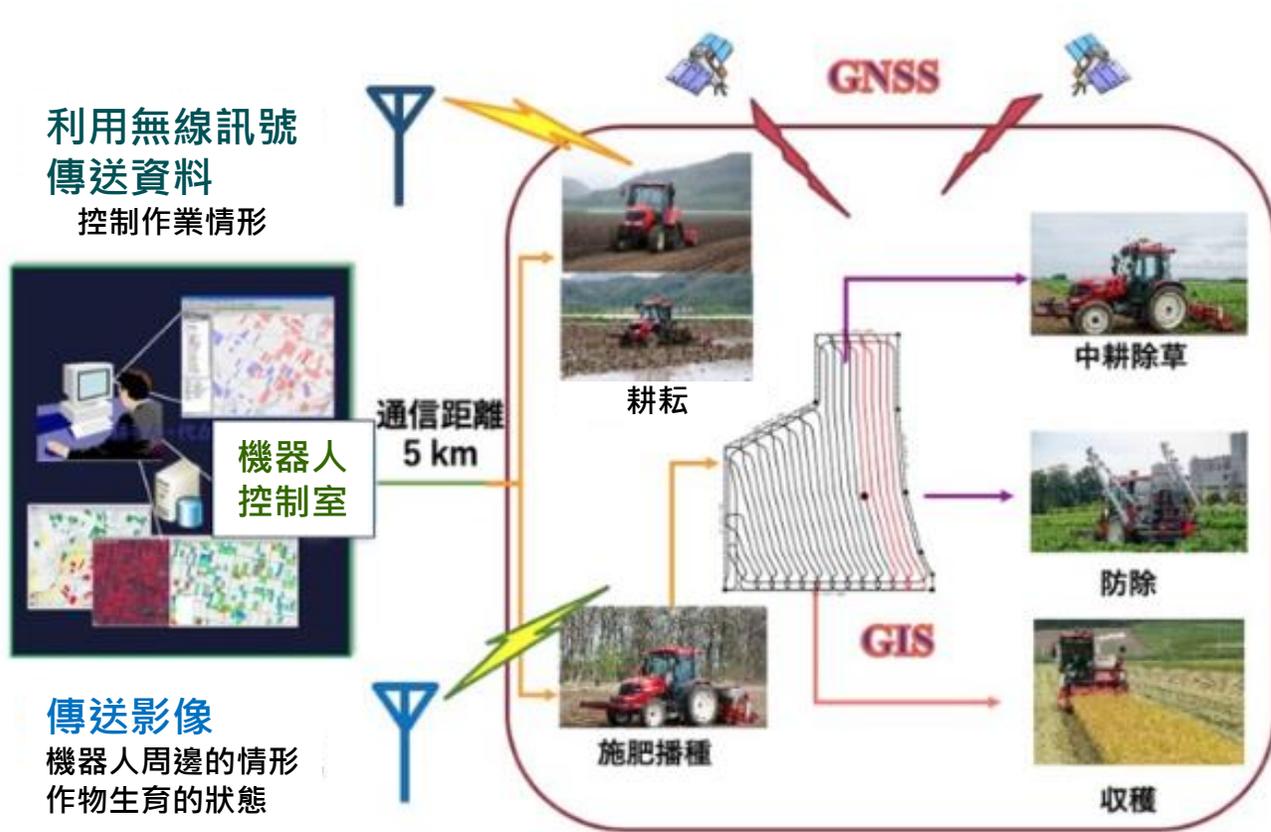


AI分析

區域病蟲害預測模型建立



進入管理田間每棵作物的時代



- 藉由機器人農業機械智能化實現精準農業。
- 使用多架次小型輕巧的農業機械的優勢。
- 配合使用精準定位系統與感測器來識別個別植株的位置、個體植物的生長狀況，落實農民執行個體作物管理。

2020年に無線による遠隔監視・操作が可能なロボット農機を実現（出典：北海道大学 野口 伸氏の資料「スマート農業の今後の展望」）

謝謝聆聽

敬請指教