

南華大學科技學院資訊管理學系

碩士論文

Department of Information Management

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

使用無人機噴藥之影響因素—農藥代噴業者之觀點

Factors Influencing the Use of Drones to Spray Pesticides

--The Perspective of Pesticide Sprayer

簡柏僑

Bo-Ciao Jian

指導教授：洪銘建 博士

Advisor: Ming-Chien Hung, Ph.D.

中華民國 111 年 5 月

May 2022

南 華 大 學
科技學院資訊管理學系
碩 士 學 位 論 文

使用無人機噴藥之影響因素-農藥代噴業者之觀點
Factors Influencing the Use of Drones to Spray Pesticides
-The Perspective of Pesticide Sprayer

研究生：簡 栢 倚

經考試合格特此證明

口試委員：謝定助
洪 宗 彥
洪 銘 建

指導教授：洪 銘 建

系主任(所長)：陳 信 良

口試日期：中華民國 111 年 5 月 14 日

南華大學資訊管理學系碩士論文著作財產權同意書

立書人：簡柏僑之碩士畢業論文

中文題目：使用無人機噴藥之影響因素-農藥代噴業者之觀點

英文題目：Factors influencing the use of drones to spray
pesticides - The perspective of pesticide sprayer

指導教授：洪銘建博士

學生與指導老師就本篇論文內容及資料其著作財產權歸屬如下：

- 共同享有著作權
- 共同享有著作權，學生願「拋棄」著作財產權
- 學生獨自享有著作財產權

學生：簡柏僑 (請親自簽名)

指導老師：洪銘建 (請親自簽名)

中華民國 111 年 5 月 30 日

致謝

首先要先感謝我的指導老師，在這兩年的時間給我良好的學習環境與指導，讓我們恣意的發想研究，藉此有機會接觸到不同領域的知識，讓我有各方面的嘗試，過程提供許多專業建議，讓我們能夠及時反思與精進，百忙之餘，總是擠出時間與我們討論論文，協助我解答研究路途當中遇見的種種疑惑，透過每次與老師討論論文走向，如同醍醐灌頂，讓我逐漸釐清自己的盲點，引領我將自己抽離寫論文的情境，用更客觀的角度審視並反思自己的研究，非常感謝老師的教導與鼓勵讓我能夠順利完成論文。

感謝兩位口試委員：定助老師、萬富老師，不吝於給予寶貴建議，是您們讓我的論文更加嚴謹，研究結果更加完善。學習過程有人陪伴可以增添許多動力，班上同學的互相激勵，陪伴著我完成了這篇論文。同學間氣氛融洽，讓學習過程有著許多歡笑。當時種種的一切，在我現在回想起來，特別讓人懷念。感謝你們國隆、瑞娟、信樺及棠鑫，在碩士班期間可以一同成長、學習，讓我在學習的道路上不會只是孤單一人。遇到了許多美好的人、事、物，有幸能夠在充滿溫暖與鼓勵的氛圍中學習。研究所生涯暫時告一段落了，希望能將在學期間所學習到的一切化為自己的動力，更勇敢的往自己理想的生活邁進。

最後，感謝我的家人一直以來的支持，一路上無條件之付出，讓我專注於論文上，無任何後顧之憂，十分感動。如今終於要告別研究生的身份，在而立之年立下一個新的里程碑，願這份喜悅與祝福能給予那幫助過我的人，平安喜樂。

使用無人機噴藥之影響因素—農藥代噴業者之觀點

學生：簡柏僑

指導教授：洪銘建博士

南華大學資訊管理學系碩士班

摘要

本研究採用質性研究中的紮根理論，探討農藥代噴業者使用無人機噴藥之影響因素，並以有使用無人機進行農藥噴灑的代噴業者為研究對象，透過深度訪談中發掘研究因素，使用編碼程序逐步分析訪談內容，其中包含了開放編碼，主軸編碼跟選擇編碼來分析樣本。本研究共訪談 8 位農藥代噴業者，以深度訪談方式，並同時錄音紀錄，探究其對使用無人機噴藥的影響因素。透過分析因素歸納整理，有 30 項開放編碼，22 項主軸編碼和 10 項選擇編碼。

以深度訪談蒐集資料建立成訪談資料庫，以開放性編碼、主軸性編碼、選擇性編碼逐級分析訪談資料庫形成命題，並將命題與已知理論及國內相關研究做比對，以了解農藥代噴業者對於使用無人機噴藥之影響因素，最後彙整所有受訪者之主題關聯圖，成果形成一架構圖與 16 個研究命題。

本研究透過農藥代噴業者之實際觀點，分析使用無人機噴灑農藥之影響因素。藉此研究，可提供農藥噴灑相關工作者導入無人機應用之建議參考，期望本研究結果對未來在農藥噴灑方面上能有所助益。

關鍵詞：紮根理論、無人機、農噴無人機

Factors Influencing the Use of Drones to Spray Pesticides

--The Perspective of Pesticide sprayer

Student: Bo-Ciao Jian

Advisor: Ming-Chien Hung, Ph.D.

Department of Information Management

Nanhua University

Master Thesis

Abstract

This study uses the grounded theory that from qualitative research, and it is a study about that explore the influencing factors of the use of drone spraying by pesticide substitute sprayers. This study takes the spraying industry who use drones for pesticide spraying as the research object, and explores the research factors through in-depth interviews, and uses coding procedures to analyze the interview content step by step, it includes open coding, spindle coding and selection coding to analyze the samples. In this study, a total of 8 perspective of pesticide sprayer were interviewed, and in-depth interviews were conducted and recorded at the same time, and to explore their influencing factors on the use of drones for spraying. Through the analysis of factors, we are able to sort out 30 opening codes, 22 axial codes and 10 selective codes.

The study establishes the interview information database by interview and collects case university's material. And progressive analysis the interviews to forms the propositions by open coding, axial coding, selective coding, and compare the proposition with documents, theories and researches. To understand the factors that affect the use of drones to spray pesticides, and to compile the subject correlation map of all respondents, the results form a framework map and 16 research propositions.

This study analyzes the influencing factors of the use of drones to spray pesticides, it through the practical viewpoints of pesticide substitute sprayers. This study can provide suggestions for pesticide spraying-related workers to introduce drone applications. It is hoped that the results of this study will be helpful for pesticide spraying in the future.

Keywords: Grounded Theory, Drones, Drones to Spray Pesticides



目錄

著作財產權同意書	I
致謝	II
摘要	III
Abstract	IV
目錄	VI
表目錄	VIII
圖目錄	X
第一章、緒論	1
第一節、研究背景與動機	1
第二節、研究目的	3
第三節、研究問題的重要性	3
第四節、研究流程	4
第二章、文獻探討	6
第一節、農業自動化與智能化的發展	6
第二節、無人機於農業應用發展	8
第三節、無人機在噴藥上的應用	11
第四節、紮根理論	13
第三章、研究方法	17
第一節、樣本選擇與資料蒐集	17
第二節、資料分析原則	19
第三節、訪談大綱	20

第四節、研究信度與效度.....	21
第四章、研究過程與結果.....	22
第一節、個案背景介紹.....	22
第二節、開放性編碼.....	23
第三節、主軸性編碼.....	42
第四節、選擇性編碼.....	52
第五節、影響使用之因素.....	73
第五章、結論與建議.....	75
第一節、研究發現.....	75
第二節、研究限制與未來建議.....	83
參考文獻.....	84
附錄 訪談內容.....	91

表目錄

表 1 我國農業發展進程	6
表 2 使用無人機噴藥人員採訪名單	22
表 3 資料標籤與其概念說明	23
表 3 資料標籤與其概念說明(續 1).....	24
表 3 資料標籤與其概念說明(續 2).....	25
表 4 開放性編碼結果	26
表 4 開放性編碼結果(續 1).....	27
表 4 開放性編碼結果(續 2).....	28
表 4 開放性編碼結果(續 3).....	29
表 4 開放性編碼結果(續 4).....	30
表 4 開放性編碼結果(續 5).....	31
表 4 開放性編碼結果(續 6).....	32
表 4 開放性編碼結果(續 7).....	33
表 4 開放性編碼結果(續 8).....	34
表 4 開放性編碼結果(續 9).....	35
表 4 開放性編碼結果(續 10).....	36
表 4 開放性編碼結果(續 11).....	37
表 4 開放性編碼結果(續 12).....	38
表 4 開放性編碼結果(續 13).....	39
表 4 開放性編碼結果(續 14).....	40
表 4 開放性編碼結果(續 15).....	41
表 4 開放性編碼結果(續 16).....	42

表 5 開放編碼—環境影響叢聚後之結果	43
表 6 開放編碼—配置成本叢聚後之結果	43
表 7 開放編碼—使用功能叢聚後之結果	44
表 8 開放編碼—提升安全性叢聚後之結果	44
表 9 開放編碼—噴藥成本叢聚後之結果	44
表 10 開放編碼—作業效率叢聚後之結果	45
表 11 開放編碼—使用益處叢聚後之結果	45
表 12 開放編碼—提升施藥效果叢聚後之結果	45
表 13 開放編碼—無人機效能叢聚後之結果	46
表 14 開放編碼—提升續航力叢聚後之結果	46
表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果	47
表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果(續 1).....	48
表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果(續 2).....	49
表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果(續 3).....	50
表 16 選擇性編碼之核心類別製表	52
表 16 選擇性編碼之核心類別製表(續 1).....	53
表 16 選擇性編碼之核心類別製表(續 2).....	54
表 16 選擇性編碼之核心類別製表(續 3).....	55

圖目錄

圖 1 年農業就業人口	2
圖 2 研究流程圖	5
圖 3 主軸編碼網絡關係圖	51
圖 4 環境影響因素	55
圖 5 配備成本因素	57
圖 6 使用功能因素	60
圖 7 使用益處因素	62
圖 8 作業效率因素	63
圖 9 噴藥成本因素	66
圖 10 提升安全性因素	69
圖 11 提升施藥效果因素	70
圖 12 無人機效能因素	71
圖 13 提升續航力因素	73
圖 14 無人機噴藥使用影響因素之架構	74

第一章、緒論

本研究旨在探討使用無人機噴藥之影響因素，以農藥代噴業者觀點之研究。本章共分四節做說明，分別為研究背景與動機、研究目的、研究問題的重要性及研究流程。

第一節、研究背景與動機

農業勞動力短缺和人口老齡化逐漸成為世界各國存在的常態問題，為了改善勞力不足的問題，政府積極鼓勵青年農民投資農業生產，推廣智慧設備以提高農業生產的工作效率和農產品的安全質量。近年來，農用無人機的硬體設備越來越完善，許多國家相繼投資研發了無人機農藥應用的各種相關科技，無人機似乎已成為輔助農業的重要工具。

臺灣隨著經濟發展，面臨著人口老化及農業從業人口減少的現象，依據 1978 年至 2022 年行政院主計總處人力資源調查結果，就業人數由從 1978 年的 623 萬人，逐步增加至 2022 年的 1,147 萬人，但農林漁牧業(以下簡稱農業)就業人數卻由 1978 年的 155 萬 3 千人，逐漸減少，尤其從 1990 年代初期開始，農業的就業人數開始逐年遞減，直至 2022 為止，農業就業人數為 53 萬 7 千人，從 1978 年至 2022 年，農業就業人數共減少超過約 102 萬人，減少幅度約 65%。農業就業人數占整體就業人數的比例，由 1978 年的 13%，下降至 2022 年的 4.22%，另外，農業就業人數中 65 歲以上的人數，在近年間呈現增加趨勢，從 1993 年的 6.6 萬人增加 2022 年的 11.5 萬人。由圖 1 可看出：

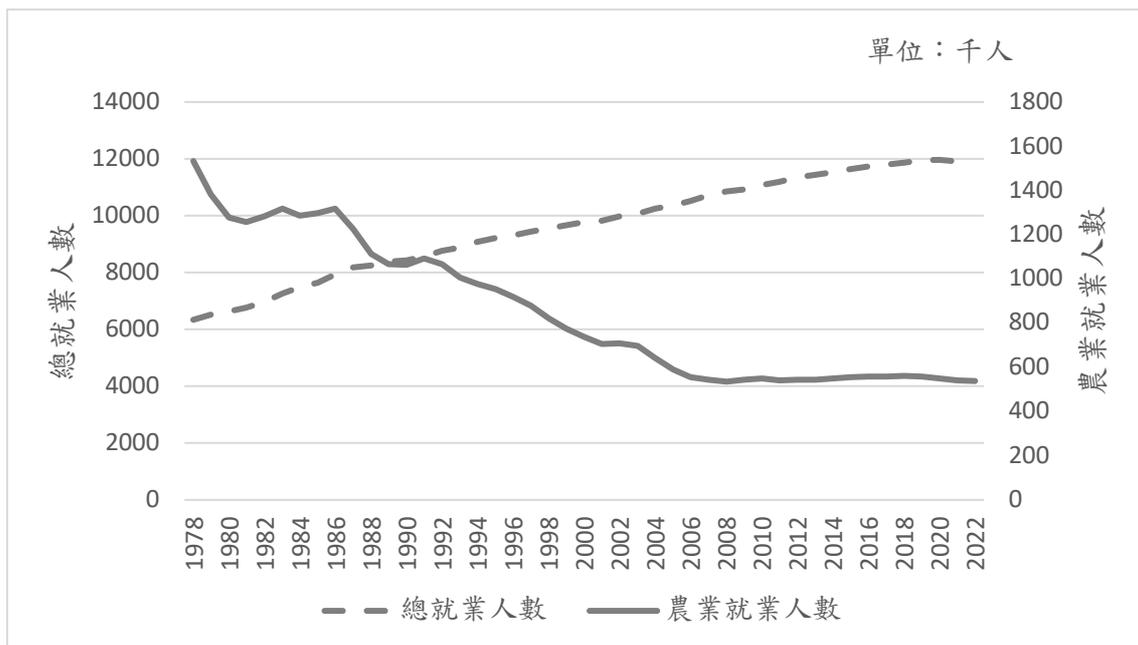


圖 1 年農業就業人口

資料來源：行政院主計處人力資源調查(2022)

行政院農業委員會農業試驗所(2019)指出無人機輔助農民種植作物，可掌握敏感作物的生產動態和災害造成的農業損失調查，除了拍攝和監控，無人機還可以應用於農業噴灑業務，期望用無人機代替人員噴灑，降低農藥造成噴灑操作員人體的危害。目前通過農業試驗所的植物病蟲害專家的合作，建立了無人機噴灑的優化運行試驗。為提供無人機噴灑的合規性，同時農藥減量並達到了相同的病蟲害防治效果，未來將在無人機上整合監控和農藥噴灑功能，使無人機能夠自動發現作物症狀，以進行噴灑防治，對於人力缺乏、環境友好及食品安全等問題，使用無人機噴灑農藥方式將是最合適的解決之道。

隨著現代化農業發展及都市化的加速，農業勞動力持續萎縮，農業生產機械化、集約化程度提高，為發展安全、節約、高效的精準農業，同時各式科技產品的問世及進化，更加提升了農業的生產力；其中無人機在精準農業發展中具有非

常重要的利用價值，將無人機引入到農業生產中可以大幅提高農業現代化水平與生產效率。

當市場上有新科技或新形態服務出現時，代噴業者採用後的意向與態度，常常是業者所極欲關心的重點，相關業者投入資源進行開發應用的技術，免除農業上人力的缺乏，並提供代噴業者更便利的科技，讓無人機噴藥成為市場的焦點。本研究將以無人機噴藥的使用者為對象，以質性研究的紮根理論為架構之基礎進行研究，期望得出使用無人機噴藥之影響因素。

第二節、研究目的

臺灣從事農業人口數正在快速的縮減及老化，從事農業人力大幅短缺，對農業生產力受到相當衝擊，未來提供農民更便利的科技發展，對解決農業勞動力不足的問題是有其必要性。

本研究利用紮根理論作為本研究架構之基礎，以進一步探討使用無人機噴藥之影響因素，了解是否影響代噴業者未來在無人機噴藥使用的重要因素。本研究之主要目的可列舉出以下三點：

- (一) 運用紮根理論探討代噴業者對無人機噴藥使用影響因素。
- (二) 瞭解並區分出代噴業者對無人機噴藥使用影響因素中之主要類別。
- (三) 探討代噴業者對無人機噴藥使用影響因素，做為對代噴業者作業效率提高參考。

第三節、研究問題的重要性

農作物噴灑農藥對於耕作者來說健康風險高且耗時又費力，以耕種水稻作物而言，以往傳統後背式手工噴藥噴灑一公頃田地需要花費半天的時間，而相較傳統後背式手工噴藥方法，使用無人機噴灑農藥一公頃僅需 20 分鐘即可完成。根據

農傳媒游昇俯(2021)報導指出，無人機施藥相較傳統施藥可提高作業效率，減少施藥人員農藥暴露風險。藥毒所助理研究員江致民表示，一塊 5 分地，拉管式噴藥需要 3 個人噴施 40 分鐘，使用無人機只要 2 人噴灑 10 分鐘，效率大幅提升。無人機飛行在作物上空 1 至 3 公尺高，易有飄散鄰田疑慮，防檢局已訂定陸面上 1.5 公尺處之風速於 3m/sec 以下才能執行施藥規範，另外代噴業者施作時，在田區邊緣做好適當隔離等措施，即可確保不造成鄰田汙染。

無人機高效率施藥有助於解決農業人口老齡化及缺工問題，導入安全、省工又省力的無人機噴藥模式，建立正確的施藥技術，為後續農噴無人機發展的關鍵技術，無人機施用的農藥必須經適當的安全評估才能被推薦使用，未來應針對不同種類的農作物設計施藥指引，藉此規範施藥者遵循規定用藥，減少施藥者暴露風險外，又兼顧環境及農產品安全與環保。

第四節、研究流程

代噴業者使用無人機噴藥，究竟有何影響因素是本研究之主要意旨，本研究以質性研究中的深度訪談法作收集研究數據的方式，再使用紮根理論編碼分析，探析代噴業者對無人機噴藥實際作業與成效上的看法。

根據以上背景與動機，使用無人機噴藥之影響因素，是農藥噴灑作業人力缺乏及吸引年輕人投入農業的重要科技，具有非常高的經濟價值存在，究竟無人機噴藥輔助上有何幫助？其價值何在？各價值間又有何序列關係？乃本研究興趣所在。期許本研究結果能具體認知無人機噴藥之影響所在，進而提倡使用無人機噴藥，並藉此降低農藥對施藥者健康危害。研究流程圖參閱圖 2 所示。

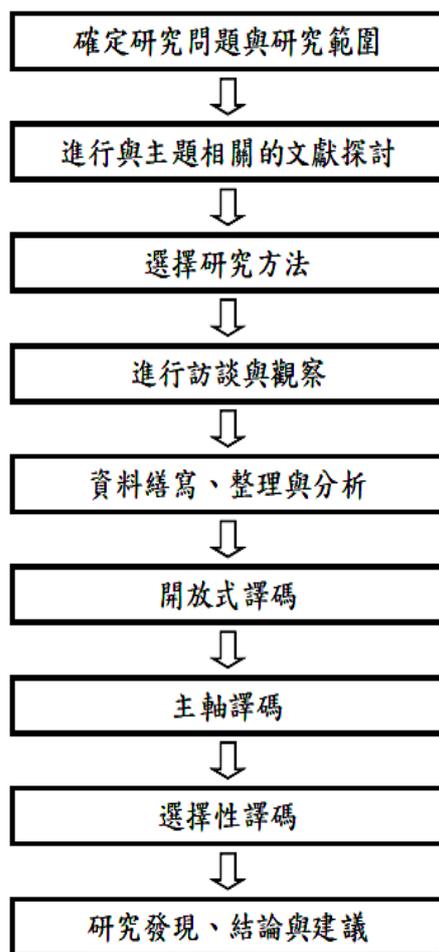


圖 2 研究流程圖

資料來源：本研究整理

第二章、文獻探討

智慧農業通過創新技術的引入，引導傳統農業從經驗轉向數據和科技導向，促進臺灣農業轉型，有效降低勞動力成本，改善農業就業環境的發展。透過投資研發智慧農業創新技術，並綜合農業生產所需的系統化智慧農業機械和科技，讓未來農業的生產將以省時、省力、精緻化、資源再利用的智慧農耕模式為導向，建立安全便捷的農業環境，使臺灣農業年輕化。

第一節、農業自動化與智能化的發展

農業如今已與以往農民頂著烈日播種插秧的農田意象有所不同，農業開始走向機械化、自動化及智能化發展，將農業機具帶入田間進行農事操作，從種植前的翻土耕耘、施肥中耕、到熟成後的採收，皆能使用機具協助，節省人力及時間，緩解臺灣農業目前面臨因農村人口外流、老化及少子化的影響，所引發的農業人口高齡化與人力短缺問題(江彥政 2019)。根據行政院農業委員會政策，我國農業發展進程如下表 1。

表 1 我國農業發展進程

我國農業發展進程		
階段	型態	產業發展目標
農業 1.0	勞力密集、 經驗密集	採慣行種植模式，以簡單器具輔助人力作業的小農生產-確保基本產出的時代
農業 2.0	技術密集、 機械化	建立栽培技術搭配資材改良與機械化之農業生產-追求產量最大化的時代
農業 3.0	知識密集、 自動化	藉由生物科技、資通訊科技與自動化機械的農業規模生產-講求精準、提升產值，重視品質的時代
農業 4.0	智慧化、 數位化	藉由感測、智能裝置、物聯網、巨量資料，建構智農產銷與數位服務體系

資料來源：行政院農業委員會(2014)

農業生技產業季刊指出我國農業發展已逐漸從講求勞力密集與經驗密集的農業 1.0，邁入講求技術密集與機械密集的農業 2.0，再邁入講求知識密集與自動化密集的農業 3.0。我國農業由 1.0 發展至 3.0，農業產業人均產值也從每人 28 萬元，上升至農業 2.0 的 41 萬元，再上升至農業 3.0 的 145 萬元。然而，農業 3.0 中仍需許多人工的投入，對於已高齡化的農業人力，成為未來農業發展急需面對的課題(余祁暉、周孟嫻，2015)。

未來農業 4.0 的課題 Romeo(2015)在探討智慧農業的文中提到，與過去依靠自己的經驗和直覺做出決策的方式相比，數據在智慧農業時代更為重要，這樣可以更準確地瞭解農作物的實際生長情況、動物行為和農場的情況，進一步做出更好的決策，從而減少浪費，以最大程度提高生產效率。文中亦提到，數據是智慧農業中最重要元素；對於影響作物生長的所有因素，包括土壤、天氣、肥料、動植物健康，只有通過收集和分析這些數據，我們才能瞭解各種因素對產量的影響，並對該因素加以管理。楊智凱(2016)指出面對全球性的農業專業化提升，先進國家邁向以工程技術跨領域整合資源之創新農業相關技術、重視農產品衛生安全與營養需求，以及全球化與電子商務模式推陳出新等趨勢。

周天穎、陳彥宏(2020)指出在人口持續成長的時代，如何避免糧食危機的發生，除了政策扶植、產業升級、智慧管理外，更重要的是必須面對從業人口老齡化以及吸引年輕人願意投入農業生產的行列，並配合各種面向的提升，實現永續農業的願景。除了政策面外，也可積極透過科技的輔助，包含硬體的 IoT 物聯網感測、軟體的 ICT 資通訊技術，導入大數據分析，加入智慧化的生產技術與生產管理，創造智慧農業的應用環境，改善農業的發展環境，提升農業的產值效益，吸引年輕人投入創意的生產與行銷模式，提供高品質的農產品，進一步發展成為具有國際競爭力的輸出產業。

Pablo et al. (2014) 在探討智慧農業在歐盟發展機會的文章中討論了歐盟智慧農業的發展機遇，從成本和效益的角度出發，指出在分析智慧農業的經濟效益時，不僅要評估效益，還要考慮農民的投入成本。成本包括特定設備或機械的租賃或建造成本、資料分析軟件、服務的成本以及學習的時間成本。效益部分包括提高作物產量、優化投資和提高管理質量。

第二節、無人機於農業應用發展

近年來隨著人口老化使得農業缺少勞動力與環保意識抬頭等諸多議題之產生，讓精準農業需求增加且被重視，遙測技術儀器將是精準農業之施作有一項技術是必要，且不可或缺(廖泰杉，2019)。

Sinha et al. (2016) 在探討無人機技術應用在農業生產管理文章中有提到無人機的發展一開始是應用於軍事偵察上，隨著科技的發展無人機日漸廣泛，逐漸受到各界關注，甚至有擴展至天災農業災損勘查、搜救行動、森林監測及農業生產之上。無人機監測技術可以在農業生產上的作物生長關鍵時期獲取重要數據，並利用獲得資料進行田間管理，故能更精準的利用在作物生長調查、病蟲害調查及田間管理監測，此外無人機亦可利用在田間噴灑農藥及施肥，並且在施作過程中，能精準的均勻噴灑、減少農藥及肥料的浪費。由於無人機比較不受地形影響，使用時靈活度高，且能減少勞動需求，使農務更加輕鬆。王宥琢 (2018) 指出無人機在農業發展中，不僅可以提高產量，還可以提高作業效率，讓農業帶更多效益。由於目前無人機有諸多技術正處於瓶頸且無法突破，無人機的續航力便是其中之一，據研究顯示市面上有 50% 的無人機的電池續航力不足以支撐 30 分鐘的飛行，這對於日後無人機的應用有諸多的限制。

江彥政(2019)指出未來利用雲端影像處理技術的田間監控網，解決農耕人力不足與精進精準農業等問題，進一步結合實務經驗之專家系統，以及運用 AI 技術於

快速影像辨識、農作物生長情況辨知與決策系統等，將以利於發展高效施肥、蟲害防治、產量預估與災損評估之人工智慧農業栽培與管理系統。

一、農損勘災

近年來農試所結合了衛星圖、航照圖，搭配 3D 技術來分辨農作分布，可快速預測產量，協助政府制定相對應決策(李建興，2015)。使用無人機影像拍攝，可應用於林政案件蒐證、漂流木、森林火災初步探勘、森林資源及堰塞湖監控等業務。此外衛星影像配合無人機進行空間資訊蒐集，可提供影像增值應用，利用空拍影像所產製之 DSM 成果，經影像處理後，配合相關圖資進行比對，以提供初步分析判釋，可用於山坡地水土保持查報違規應用等(王仕賢等學者，2020)。另外透過 GIS 影像分析與影像處理系統的開發，增加無人機航拍影像的光譜分類、物件辨識及地面紋理分類的運算能力，將能針對不同作物進行災損影像判釋，產出農損面積估算及農損嚴重度圖資，提供農損查報所需之空間輔助圖資，協助地方人員進行勘災作業並加速災後復耕(周巧盈等學者，2018)。近年嘉義縣積極使用無人機輔助轄區內的農情行政作業，大大提升決策效率與準確度。嘉義縣政府農業處長林良懋指出像是水稻倒伏、設施損壞都可以用空拍機去輔助調查，很快就能判定。以無人機空拍輔助農業天然災害勘查，除了減少時間人力耗損，透過影像判讀技術也可以快速且較客觀了解災損程度，還能縮短農民復耕時程(林宜潔，2018)。

二、植物保護

據農傳媒洪嘉鎰(2018)報導指出，農委會藥物毒物試驗所從無人機噴藥實驗發現，無人機噴灑農藥的使用量僅需傳統用藥量的一半即可達成效果，主因與施藥路徑設計、噴頭流量控制有關。農委會藥物毒物試驗所副所長何明勳表示，過去農民自行噴藥可能會發生調配稀釋農藥只能噴灑一半種

植面積，若再配製農藥就是推薦用藥量兩倍，這是嚴重的施藥誤差，若使用無人機可透過智慧化計算多項數據，達到安全用藥範圍，大幅降低農藥殘留問題(江彥政，2019)。此外無人機配備的儲槽，不僅可裝設農藥，在裝設肥料上，亦更具成本效益，因其能完成自主按時程及路線編排運行，對於大面積種植區域，無人機噴灑可在更短時間內完成，減少花費及人力成本。在農作物管水與栽培分析方面，無人機可用來獲得農作物生長週期的相關數據，透過影像建模方法取的農地 3D 地圖，觀測影響作物之土質、養分、水分生長因子，掌握管理關鍵。高頻率從空中監測灌溉狀況，如接收過少或過量的水分之區域，可使其更好利用水資源管理，達節水與高效率栽培之目標(楊明德等學者，2019)。

三、農業生產管理監控

透過整合無人機監測和人工智慧分析技術，建立 UAV 監測之智慧農業栽培支援系統，應對現今農業管理面臨經驗流失和人力短缺，為此提出解決方案，包含無人機多源影像資料庫、AI 農作物影像分析及無人機影像分析雲端平台。此外使用無人機監測作物完整生命生長週期影像，收集多源影像數據，影像數據包含可見光譜、多光譜及熱影像，卷積神經網路和田間整合邊緣計算的深度神經網路，可應用於紀錄秧苗定位計數、葉色分析、植株高度分析、綠覆率分析、產量預測、最佳收穫時期含水量評估及災損評估等，另外農業航拍分析的雲端平台，提供如影像鑲嵌、營養分析、植生指數分析和災損分析等功能(楊明德等學者，2019)。以水稻為例，全世界稻作栽培區域中，由真菌類病原所引起的稻熱病是諸多水稻病害種類中最為普遍且嚴重的問題，每年約造成 30%產量的歉收，臺灣每年平均發病面積約 2 萬公頃，嚴重影響產量及農民收益。因此，近年進行相關防治研究，以無人機進行田區微氣候觀測，推測稻熱病發病熱區，並配合團隊研究特

定預警光譜，進行稻熱病罹病預警，以及早進行精準防治(王仕賢等學者，2020)。

第三節、無人機在噴藥上的應用

一、無人機施藥特性

無人機在作物上快速移動，具有高機動性，結合正確的 GPS 定位系統，可完成自動化飛行，減少遠距離操作不良的誤差(王仕賢，2020)。在農業用藥安全上，無人植保機帶來革命性的發展，依據聯合國專家於 2017 年提交給聯合國人權理事會的報告指出，每年約有 20 萬人死於急性農藥中毒，農業藥物毒物試驗所曾指出，無人植保機相較地面施藥，優點包括提高施藥作業效率，減少施藥者農藥暴露風險，也能解決病蟲害發生期間缺工問題(葉小慧，2022)。

陳盈丞等學者(2020)指出無人機的使用不但大大減少了藥液的用水量與縮短作業時間，人力也減少 50%，傳統施藥需要一人拉管，另一人駕駛噴藥車，無人植保機施藥僅需一人獨自作業，以水試紙評估無人植保機噴灑藥劑霧滴的分布情形。結果顯示霧滴附著度於不同方位間沒有顯著差異，但葉面附著度顯著優於葉背。配合荔枝椿象聚集於新梢或花穗上取食特性，於荔枝椿象若蟲大量發生期防治可達較高防治率，經過兩次噴藥處理後可達到 99%防治率。

無人機施作時，可配備大型儲槽，裝設除草劑或殺蟲劑，以便使用無人機進行作物噴灑，不僅對人體更安全，亦更具成本效益，因其能完全自主按時程及路線編排運行，對於大面積種植區域，無人機噴灑可在更短時間內完成，減少花費及人力成本。周明儀等學者(2020)指出人工慣行施藥每公頃 1000 公升水量比較，使用無人飛行載具減少賜諾特與達特南之使用量分別達到 17%及 60%；與人工操作所需工時相比亦至少縮短 50%以上，且不被雨季所造成田間

泥濘影響操作，提供高效率操作模式。如墨西哥無人機公司 AGRODRONE 以改裝後之無人機幫助農民施肥和殺蟲，一架無人機可在 1 天內完成 20 畝農田的施肥和殺蟲工作，並降低平均作物損失率(由 20-28%減至 15%)，大幅提高生產力。另外，位於山坡多的茶園，不利機具噴肥，故須以人力施肥、噴藥成本重，農用無人機可負載約 7.5 公升液肥，電腦軟件可根據施肥面積換算液肥需求量，再由 GPS 定位，使無人機可定時、定量自動飛行噴灑，故以無人機協助大面積茶園管理極具效益(楊明德等學者，2019)。

二、無人機施藥之藥劑需求

農委會藥物毒物試驗所副所長何明勳表示，過去農民自行噴藥可能會發生調配稀釋農藥只能噴灑一半種植面積，若再配製農藥就是推薦用藥量兩倍，這是嚴重的施藥誤差，若使用無人機可透過智慧化計算多項數據，達到安全用藥範圍，降低農藥殘留問題(江彥政，2019)。由於無人機施藥的限制因子為載體負荷量較低，一般慣用的農噴無人機約可載重 10~16 公斤，而目前臺灣無人機慣用的總用水量約為每公頃 20~40 公升，相較於水稻傳統地面施藥之每公頃用水總量為 800~1,200 公升(視作物大小而定)。然而，通常無人機採用較為細小的噴頭以達到較大的噴灑範圍，而細微的霧滴條件下必須注意其霧滴揮發及飄移的問題，低稀釋倍數施用條件下的固體顆粒粒徑、溶液黏度以及是否產生沉澱或結晶等不溶性固體，避免無人機施藥時噴頭堵塞及藥劑不均的問題，透過檢測可初步篩選去除不適當的藥劑。藥毒所近期對無人機的適用藥劑的特性進行探究，研究低蒸發速率增加藥劑反應時間、降低分層與不均勻性，並依蒸氣壓及表面張力等特性評估，以利建立無人機田間藥劑施用條件之安全性評估(江致民等學者、2018)。以噴藥技術的觀點而言，無人機的關鍵需求為噴灑「均勻性」，包含作物類型、噴灑劑量、噴灑劑型、噴嘴的選擇及改進、霧滴大小

及飄散、飛行高度及速度、噴灑均勻度、效果評估皆會影響其均勻性(郭鴻裕等學者，2020)。

第四節、紮根理論

「紮根理論」的方法論，定義是在如何從資料中發展理論，而這就稱之為紮根理論。紮根理論並非是一個特別的方法或技能，它是進行質化分析的一種方式，它包含了一些區分的特徵，例如理論性樣本(theoretical sampling)；某種方法論的引導，例如持續的比較及使用一譯碼的典範(coding paradigm)，確立一概念化發展 (Strauss，1987)。亦即是紮根理論強調在社會研究中經由系統化的施行與分析以獲得理論。國內對紮根理論法的介紹及程序不多，《質性研究概論》作者徐宗國將 Strauss 和 Corbin 於 1990 年撰寫的”Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedure and Techniques.”一書譯成中文。書中描述紮根理論是用歸納的方式，對現象加以分析整理所得的結果。換言之，紮根理論是經由系統化的資料蒐集與分析，而發掘、發展，並已暫時地驗證過的理論。因此，資料的蒐集和分析，與理論的發展是彼此相關、彼此影響的。發展紮根理論的人，不是先有一個理論然後去證實它；而是他先有一個待研究的領域，然後自此領域中萌生出概念和理論(徐宗國，1996)。《質性研究入門：紮根理論研究方法》作者則將 Strauss 和 Corbin 於 1998 年撰寫的”Basics of Qualitative Research”第二版中關於紮根理論法，翻譯為中文，定義上認為是透過有系統的蒐集和分析資料的研究歷程之後，從資料所衍生而來的理論，有關紮根理論的文獻，都來自於 Glaser 和 Strauss 兩人的協同合作(吳芝儀、廖梅花，2001)。如果將資料看成土壤的話，就是建立在資料的土壤或基礎上，意旨紮實地將其根基釘牢在資料上的理論(林本炫，2005)。紮根理論法中，資料的蒐集、分析和最終形成的理論，彼此間具有密切的關係，研究者在開展其研究案時，心中並不存在一個預先構想好的理論(除非它的目的是要推衍和擴充現

有的理論)。研究者從一個研究的領域開始，並允許理論逐漸從資料中浮現出來。理論衍生於資料，比僅是透過經驗、推測就將一系列的概念聚合在一起，更為接近「現實」。由於紮根理論係從資料所建立起來的，更能提供洞察、促進理解，並對行動提供有意義的引導(吳芝儀、廖梅花，2001)。陳曷麟(2000)撰寫「社會科學質化研究之紮根理論實施程序及實例之介紹」，針對紮根理論如何實施有特別說明：紮根理論是「紮根」於實地所搜集的資料之上，將零碎片段的資料歸納、分析、統整為某些類別或主題，再經由持續不斷的更多個案資料搜集，以求理論的飽和，而得出一紮根於實地資料的理論。

一、紮根理論的定義

Strauss 和 Corbin(1990)認為透過有系統地蒐集和分析資料的研究歷程之後，從資料所衍生而來的理論就是紮根理論。透過針對某一種現象的發展和歸納，引導出紮根理論之系統化程序，就是紮根理論的策略。紮根理論研究法所構成的理論是一個泛行動的系統，此一分析方法可以讓研究者檢視事件的互動性質。紮根理論研究法用譯碼典範來分析社會實體，而行動及互動是這個典範的核心(徐宗國，1997)。所以紮根理論研究方法的概念著重在於結合歸納與演繹，並持續的使用比較與分析的方法。也就是說，紮根理論研究法的原則可以運用在本研究之參與觀察和深度訪談的資料蒐集和資料分析等研究過程(林本炫，2005)。

二、紮根理論的基本原則

紮根理論必須要有經驗證據的支持，它的特點是從實作經驗中抽象出來新的概念和思想。從實作中產生理論是紮根理論特別強調的地方，從實作者的角度建構理論，理論來源一定自資料產生，與資料間有互相互應的關係。陳向明(2002)認為紮根理論有六個基本原則，以下說明之：

1. 從資料產生理論的思想：紮根理論特別強調從資料中提升理論，透過對資料深入分析，理論框架才會逐步形成。理論一定要能追溯到其產生的原始資料，必須要有經驗事實作為依據。
2. 理論敏感性：紮根理論的主要目的為建構理論，特別強調研究者對理論的高度敏感性。無論是在研究設計階段，還是資料收集和分析階段時，研究者都應注意對自己現有的理論、前人的理論及資料中呈現的理論保持警覺，注意捕捉新的建構理論的線索。
3. 不斷比較的方法：透過在資料和資料間、理論和理論間不斷進行比較，之後根據資料與理論之間的相關關係發展出有關的類屬及其屬性。這就是不斷比較的方法，它的步驟首先是根據概念的類別對資料進行比較，再來將有關概念類屬與它們的屬性整合進行比較，找出存在的關係並將它們聯繫起來，之後勾勒出初步呈現的理論並確定該理論的內涵與外延，最後對理論進行陳述。
4. 理論樣本的方法：在不斷的將資料內容建立假設前提下，研究者透過資料和假設之間的輪迴比較生成理論後，使用這些理論對資料進行編碼，即理論編碼。
5. 文獻運用的方法和準則：研究者在進行理論建構時，在必須與本研究所蒐集的原始資料及其理論相匹配前提下，才可以使用前人的理論或者自己原有的理論。前人的研究成果、原始資料及研究者個人的理解三者之間的關係，是三角互動的。當運用文獻時必須結合原始資料的性質及研究者的判斷。
6. 檢驗與評價：標準有四條，第一條標準：概念必須來源於原始資料，深深紮根於原始資料之中；第二條標準：理論中的概念應該得到充分的發展，密度比較大與內容也比較豐富；第三條標準：每個概念都應該與其他概念

有系統的聯繫；第四條標準：由成套概念聯繫起來的理論應該具有較強的實用性，使用範圍比較廣，也具有較強的解釋力。

三、紮根理論的編碼方式

Strauss 和 Corbin(1990)認為分析資料的層次，分為開放式編碼(open coding)、主軸編碼(axial coding)和選擇編碼(selective coding)等過程。說明如下：

1. 開放性編碼(Open coding)：將資料分解、檢視、比較、概念化，和類別化的過程(徐宗國，1997)用以界定資料中所發現之概念(concepts)，其屬性(properties)和面向(dimensions)的分析歷程(吳芝儀、廖梅花，2001)。也就是首先將所蒐集的資料予以概念化(conceptualizing)，然後再加以分類別(categorizing)(陳曷麟，2001)。
2. 主軸編碼(coding)：關聯類別(category)與次類別(sub-category)的歷程，稱為「主軸」，因編碼系圍繞著某一類別的軸線來進行，並在屬性和面向的層次上來連結類別(吳芝儀、廖梅花，2001)。也就是主軸編碼的分析程序主要在建立類別與次類別之間的聯結，尋找出類別間的因果關係，以建立理論架構(陳曷麟，2001)。
3. 選擇性編碼(selective coding)：統整(integrating)與精鍊(refining)理論的歷程(吳芝儀、廖梅花，2001)。也就是指找出核心類別(core category)，把它有系統地和其他類別予以聯繫，驗證其間的關係，並把概念化尚未發展完全齊備的範疇補充完整的過程。所謂「核心類別」是指所有其他類別以之為中心，而結合在一起的中心現象(徐宗國，1997)。

第三章、研究方法

此章節主要介紹本篇之研究方法及流程，並說明本研究資料樣本原則、研究蒐集原則，以及資料分析原則。由於農業導入無人機噴藥使用時都會有其出發點或動機，即期望從這項科技中獲得預期的效果，例如：提昇效率、增加成效等，不過導入過程常不如預期般的美好，甚至可以看出同一個科技導入到不同的農民所產生的效益卻各不相同。本章共分為三節，第一節說明本研究之研究樣本及資料蒐集；第二節說明本研究之資料分析原則；第三節說明本研究之訪談大綱。

第一節、樣本選擇與資料蒐集

質性研究的目的，是為了更深入理解人們的行為和理由，通常從過去的經驗和理論的角度出發，理論的理解是研究者選擇樣本的第一步。該研究方法著重於樣本資料的豐富內涵，對研究對象的經驗有比較深入的解釋性理解，因此使用者的數量一般比較小，對於量化研究，質量研究專注於更小而集中的樣本，從而產生特定研究案例的資訊和知識。本研究採用了質性方法中最科學的研究方法紮根理論，研究人員從實際社會收集資料，在資料中自然萌生出的內容和類別，之後不斷通過驗證、測試、比較、相互作用產生相互關係，逐漸構成理論的基礎。資料的收集是通過進化中的理論概念匯出的，基於重要理論架構的潛在特徵和代表性，從事件、生活片段或人物中進行採樣，並依據持續比較的原則進行的，採樣事件是根據以往資料的收集和分析內容進行的。

本研究以使用無人機噴藥相關人員來確認研究的對象及範圍，故樣本對象設定為使用無人機代噴農藥業者，對使用者進行深度訪談與資料的分析之後，再根據紮根理論中之理論性樣本的概念來進行，直到飽和為止。

一、研究對象

無人機噴藥使用影響因素相關性到底包含哪些？本研究以此思維來確認研究的對象及範圍。本研究主要以使用過無人機噴藥者訪談為主，蒐集的資料做編碼分析，以達到理論飽和。

二、研究收集資料

質化研究的主要且最常用的資料蒐集方式有觀察、實務分析與訪談這三種(陳向明, 2002)。以下簡單說明：

1. 觀察法：可以選擇參與觀察或不參與觀察方式來進行觀察記錄。參與觀察(participant observation)是指在調查過程中，研究者在自然的環境中，與人所組成的團體建立並維持多方面且相對長期的關係，以期能夠發展出該團體的科學理解(Lofland 和 Lofland, 1995)。
2. 實物分析法：任何實物都是一定文化的產物，都是在一定情境下某些人對一定事物的看法體現；因此這些實物可以被蒐集起來，作為特定文化中特定人群所持觀念的物化形式進行分析(陳向明, 2002)。
3. 訪談法：訪談是藉由口頭對話方式，從被研究者那裡蒐集第一手資料的研究性交談，亦是一種研究的方法。就研究者對訪談結構的控制程度而言，訪談可以分成三種類型：封閉型、開放型和半開放型。這三種類型也分別被稱為結構型、無結構型和半結構型(Bernard, 1988; Fontana 和 Frey, 1994)。
 - (1).封閉型(結構型)：研究者主導了整個訪談的趨勢和步驟，規範了訪談過程，並提前設計了一份固定結構的統一問卷。
 - (2).開放型(無結構型)：沒有固定的訪談問題，鼓勵受訪者發表自己的看法，訪談的形式不拘，訪談者可以根據當時的情況隨機應。

(3).半開放型(半結構型)：研究者對訪談的結構具有一定的控制作用，但同時也允許受訪者積極參與。

研究者根據自己的研究設計，事前設定訪談大綱，當在對受訪者提問的當下，同時鼓勵受訪者提出自己的問題，並且根據當時訪談情況適時調整訪談項目與內容。由於研究者同時為參與者與觀察者，本研究採用半開放型訪談方式，事先製作好訪談內容大綱予受訪者，使受訪者預先瞭解訪談內容方向，以期正式訪談時，能夠順利並取得較完整的資料。為了真實正確的紀錄訪談內容，在正式訪談過程中，採用錄音的方式來紀錄完整的訪談內容，之後再轉為逐字稿內容。

第二節、資料分析原則

資料的整理和分析之目的是對文字資料進行意義解釋，首要步驟是根據研究的目的對所獲得的原始資料進行系統化、條理化，最終使用逐步集中和濃縮的方式將資料反映出來(陳向明，2002)。資料的整理和分析是相互交叉、重疊發生、同步進行的過程。在質的研究之中，關於資料的整理與分析是沒有一套固定的且適用於所有情境的規則跟程序。因此，每一個質性研究的分析方式是會有存在差異的情形。

本研究將蒐集而來的資料根據 Strauss(1990)在紮根理論中提出的開放編碼(open coding)、主軸編碼(axial coding)及選擇編碼(selective coding)三種質性資料編碼登入法進行編碼登錄。資料分析的過程中，由研究者檢視資料，藉由檢視編碼內容，以確保受訪者訪談內容在編碼使用上的適切性與正確性，並可藉由此過程，避免研究者的主觀意識而影響研究的結果。而本研究首先對 8 位受訪者的訪談逐字稿做開放編碼，再將完成的開放編碼歸納成概念，在編碼的過程中，不停的反

覆檢視編碼的內容與適切性，在對編碼內容進行精修，之後再透過選擇編碼選出核心範疇，最後才發展出理論架構。

第三節、訪談大綱

提問的基本原則就是盡可能自然地、結合受訪者當時的現場情況開始談話，透過聊天，藉以減少或消除雙方心理上的隔閡。當一定程度的人際關係建立起來後，訪談者就可以開始正式提問。

本研究主要採用半開放性訪談方式來進行研究資料之蒐集，並與專家學者討論後，設定無人機使用相關議題為訪談內容，已達資料蒐集的完整性與正確性，提問的一至四題在確認受訪者是否瞭解使用無人機噴藥之影響或與傳統式使用差異以符合本研究的樣本，接著問題五至九題為找出受訪者應用無人機噴藥的影響因素，以下是本研究主要的提問問題：

- 一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？
- 二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？
- 三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？
- 四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同，請您大略說明一下。
- 五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？
- 六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？
- 七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？
- 八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等……有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

第四節、研究信度與效度

透過對個別受訪者深入訪談方式，讓受限於研究範圍內的該研究，達到更具有高深度與開放性並可以做到詳盡周密的優點。但與過往講求實證的量化分析相形比較下，質化研究過程中運用了使用影響因素，在對不同經驗下，來建構出一些事實。每位代噴業者的主觀意識下，對於同一研究問題有不同回答結果的狀況是有機會會發生的，因此質化研究信度與效度的評估方法將會不同於講求統計的量化研究。

本研究信度部分，使用多種資料蒐集方法、多種資料來源和多位研究者之三角驗證方式，研究資料的蒐集採用訪談、觀察、書籍和報導等多種資料蒐集方法，以及針對同一主題訪談不同的對象，交叉比對同一類別及範疇在不同資料間的一致性。此外，在資料的轉錄以及資料的檢核部分，邀請其他研究人員參與，以多位研究者之三角驗證，提高資料的可信賴度。

本研究的效度部分，透過樣本研究主題的合適受訪者，在無壓力的環境與受訪者在真誠自然的情況下，在其同意後，以擬定好的訪談大綱來進行訪談，在訪談結束後將錄音檔轉成文字稿，然後再拿給受訪者確認資料的正確性，以期能達到研究效度之目的。

第四章、研究過程與結果

本章在說明運用紮根理論進行分析之研究成果，使用無人機噴藥之影響因素為何，將透過以訪談內容為基礎來進行深入分析。分析內容主要分為四大部分：開放性編碼、主軸性編碼、選擇性編碼及透過編碼過程所獲得理論飽和的研究結果。

第一節、個案背景介紹

本研究共訪談 8 位使用無人機噴藥業者，首先說明 8 位業者的基本資料，其包含性別、從事農業年數、教育程度、使用無人機噴藥年數以及是否有無使用無人機代噴，詳列於表 2 所示：

表 2 使用無人機噴藥人員採訪名單

受訪者	性別	從事農業年數	教育程度	使用無人機噴藥年數	有無使用無人機代噴
A	男	12	專科	3	有
B	男	15	專科	3	有
C	男	8	大學	3	有
D	男	40	國中	4	有
E	男	7	專科	3	有
F	男	20	國中	2.5	有
G	男	2	專科	2	有
H	男	12	專科	1	有

第二節、開放性編碼

根據訪談的逐字稿來進行開放編碼，將原始訪談資料中的每一個段落開始，來進行逐行分析(Strauss, 1990)，找出主題並且指派最初的符號或標籤，把大量的資料濃縮成數個類別(朱柔若, 2000)。類別即是概念，擷取自資料中，代表著現象，現象是從我們的資料中所顯露出來的重要分析意涵。這種分析過程中，資料被分解成獨立的部分後，再被詳細的檢驗與比較其中的異同，在性質上發現概念相似性和意義有關聯性的情況下，即以更抽象的概念集中，這些更抽象的概念是類別，通過再次驗證資料中的異同，可以判別類別之間的差異。再從這些差異中找出重要的訊息。在研究初期，逐行分析顯得特別重要，是因為它可以讓分析者很快地產生類別，並且透過對類別的一般屬性做進一步樣本，並發展更多類別。

本研究透過開放編碼進行過程中，將原始資料給予的資料標籤及其概念說明，如表 3 所示：

表 3 資料標籤與其概念說明

項次	資料標籤	概念說明
1	環境屬性	代噴業者使用無人機噴藥對農田所在地點之特性。
2	飄散污染	代噴業者使用無人機噴藥對鄰田作物及生物影響。
3	土地污染	代噴業者使用無人機噴藥農藥自動定量精準控制噴灑，有效提高了農藥的利用率，降低農藥流失至土壤。
4	噴藥效果好	代噴業者使用無人機噴藥提高農作物收成率。
5	噴藥效率高	代噴業者使用無人機噴藥所需要的花費時間短。
6	噴藥的精準性	代噴業者使用無人機噴藥，降低遠距離人為操控不良的誤差。

表 3 資料標籤與其概念說明(續 1)

項次	資料標籤	概念說明
7	減少農藥接觸風險	使用無人機遠距農噴，降低代噴業者接觸農藥風險。
8	高溫作業風險	使用無人機遠距農噴，降低代噴業者中暑風險、霧化農藥蒸發。
9	噴頭選擇	指代噴業者可依作物特性、氣候及個人習慣選擇噴頭種類。
10	依地形型態選擇機型	指代噴業者可依地形、噴灑區域大小及障礙物多寡選擇適合使用機型。
11	飛行參數可調性	指代噴業者可以氣候、作物型態及農藥特性調整飛行參數。
12	農藥選擇	代噴業者對使用無人機噴藥，藥劑選擇上需有利噴頭噴灑。
13	用水量	代噴業者使用無人機噴藥，降低所需要調配農藥水量比例。
14	節省藥劑	代噴業者使用無人機噴藥，均勻噴灑降低農藥量的使用。
15	減少人工	代噴業者使用無人機噴藥，兩人即可進行施藥作業。
16	不受地形限制	無人機噴藥為高空作業受地形和高度限制的影響不大。
17	面積愈大效率愈快	代噴業者使用無人機噴藥，施作面積越大，相對效率越高。
18	減少漏噴機率	代噴業者使用無人機農噴，搭配精準的 GPS 定位系統，搭配路徑規劃，可記錄已噴灑地區。

表 3 資料標籤與其概念說明(續 2)

項次	資料標籤	概念說明
19	噴霧範圍精準	使用無人機農噴行距比較穩定，設定行距與有效噴幅等同。
20	霧化效果佳	採用細小霧滴噴霧對農作物病蟲害能夠取得更好的作業效果。
21	作物農藥附着性佳	使用無人機農噴，霧滴越細覆蓋面積更大。
22	藥劑均勻分布於作物	高壓噴出細微藥劑再經由機翼下旋氣流帶至作物各部位，藥劑分布均勻不浪費。
23	作物均勻吸收	藥劑分布均勻，滲透性強，讓作物吸收均勻。
24	電磁容量	代噴業者使用無人機噴藥，飛行續航能力。
25	乘載量	代噴業者使用無人機噴藥，飛行乘載量。
26	平均偏移量	代噴業者使用無人機噴藥，各降落點位與標定點位之偏移量。
27	有效遙控	代噴業者使用無人機噴藥，遙控遠端設定飛行路徑。
28	噴出水量均勻度	代噴業者使用無人機噴藥，每一噴嘴之噴霧出水量平均。
29	平均有效噴幅	代噴業者使用無人機噴藥，進行噴霧時，霧化農藥落點範圍精準。
30	作業能力	代噴業者使用無人機噴藥，大幅縮短噴藥作業時間。

資料來源：本研究整理

本研究根據表 3、表 4 及表 5 的概念對原始資料賦予資料標籤後，完成本階段的編碼成果，開放編碼之內容與資料來源訪談列舉於表 6 所示：

表 4 開放性編碼結果

編號	開放編碼	受訪內容
1	環境屬性	<p>B：以植保機來說最佳噴藥時間為早晨無風狀態為最佳，不僅可以避免農藥亂飛也可降低葉面上的濕度，因植保機的調配水量較少，若是太陽大時噴灑及以附著在作物葉面上的農藥，會容易有農藥蒸發情形。</p> <p>C：噴藥主要是視作物生長情況下去防治預防，而逢多雨後稻作適合噴灑預防性農藥，故其防治預防重於治療，但噴灑至一半，若逢下大雨，須停止噴灑，在視雲飄方向或停雨間隙，盡快將農藥噴灑完成，因泡完後的藥以四小時內為最佳施藥時間，但若是雨沒有停或是下更大，可能就要放至隔天噴灑。</p> <p>F：最佳噴灑時間為清晨，因清晨風小且可順勢將作物上附有露水吹散以降低稻熱病感染。</p> <p>G：當天天氣側風風量較大時，必須再從新定位，假如說今天的農田是適合走南北向，若遇到東西向的側風，就必須將航線往東風的方向做調整。</p>
2	飄散污染	<p>A：無人機飛行噴灑速度，飛太快的話，無人機頭會有前傾姿態，造成氣流往後捲，容易把噴灑出的藥捲起，再經過日曬及側風面影響，農藥因此而蒸發及飄散。</p> <p>B：在噴灑時傳統拉管式的水比例較高也比較容易亂飄，</p>

表 4 開放性編碼結果(續 1)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>而植保機在噴灑時，水比例低，農藥較濃稠，降低亂飄情形。</p> <p>E：注意農藥飄散，例如施藥範圍四周是否有敏感性作物、人、養殖場等，及風雨量。</p> <p>H：農藥是否對臨田污染，避免噴到別人的農作物導致賠償。</p>
3	土地污染	<p>C：管噴方式噴完後整個葉面水分會很多甚至會滴水，而滴落的水容易造成土地污染。</p> <p>D：使農藥附著於葉片上不易滑落，相對減少土地污染的機率。</p>
4	噴藥效果好	<p>D：若遇施肥適期施肥後，需要間隔三天才可實施農藥噴灑作業，採收時期與傳統式噴藥無異，若無嚴重天災影響，稻米收穫量明顯可提高 20%。</p> <p>F：提高稻米收穫量。</p>
5	噴藥效率高	<p>A：機動性高，容易取代管噴，以前使用管噴方式噴藥，若遇腳受傷或請不到工人，則要去找代噴業者，但因為是臨時性的跟代噴業者預約噴藥，安排配合的時間往往與農作物最佳</p> <p>藥的時機落差，而農作物錯過用藥最佳時機常常導致病徵更加嚴重。</p> <p>B：在生長情形上，以植保機農噴而言，防蟲效果較佳，</p>

表 4 開放性編碼結果(續 2)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>因機動性高，一旦發現有病蟲害時，可即時噴灑。</p> <p>C：無人機一天早上四點開工十一點結束，至少可以噴灑六至七甲地，曾經以兩人一組方式噴灑同一地區農田，一個早上有過噴十二甲地的紀錄。</p> <p>D：一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)，以一公頃來說，差不多需要兩個小時來噴灑農藥，現在使用無人機噴灑，差不多三十分鐘就好了。</p> <p>F：因作物病蟲害時間不一定要性，以傳統拉管式噴藥缺乏人力噴灑，若請人以傳統拉管式代噴，會因為代噴人員時間安排不一定要性，而錯過病蟲害有效除病蟲害時間，噴灑農藥時也容易暴露在農藥環境，所以自行使用無人機噴藥，不需請人代噴，讓水稻突發性遭遇病蟲害時，能適時噴灑農藥防護。</p> <p>G：時間上作業效率比一般傳統拉管式快。</p>
6	噴藥的精準性	<p>C：剛入手時會使用打點模式去設定，以正方形的農地來說，就是以四個點下去做點位，而三角形的農地，則需要從邊角處開始來回打點，均勻噴灑至每個作物，而越不規則形農地需調整點位就會越多，但熟悉使用無人機後，模式則會改為 A-B 點飛航模式，因遙控器螢幕會顯示無人機飛行路徑，加上肉眼觀察，可以很容易找出未噴灑到的區域。</p>

表 4 開放性編碼結果(續 3)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>D：無人機設定航點主要使用 A-B 點作業模式，使用智能模組進行設定飛行高度（2.5 公尺），可啟動雷達散避障礙和自動繞障，噴灑時可使用用戶可在 App 界面適時調節作業效率（包含飛行器速度與噴灑用量）。該模式適合在近似三角形或四邊形的大面積區域進行作業。</p> <p>E：本身使用的是大疆的 T16 植保機，在介面操作模式可以選擇規劃地圖模式、A-B 點模式、手動模式，目前是使用 A-B 點模式做操作，在飛行高度上設定 2.5~3 米，飛行速度上設定 2.5~3m/s，流速部分以噴頭孔徑大小做調整，飛行路徑使用 GPS 自動定位，選擇噴灑農地方位後，設定 A-B 點來回噴藥。</p> <p>F：飛行姿態由 GPS 自動鎖定，也可調整為手動控制，飛行高度主要設定在 2.5 公尺，藥劑流量設定為精準噴灑模式以每 1 公頃 20 公升做設定，必要時可調至 40 公升，流速部分每分鐘(l/min)數以噴頭孔徑大小做調整。</p> <p>G：在 GPS 規劃路線及固定飛行速率的輔助下，無人機噴灑農藥時較不易重疊。H：主要以無人機設定模組飛行，飛行速度為 3 米，也可調整至 2 米，2 米的話就是飛行速度較低，飛行較低同區作物受藥容度會相對變高，故飛行時若速度快，下壓氣流會變小，需將飛行高度降低，飛行航點設定主要使用 A-B 點作業模式。</p>

表 4 開放性編碼結果(續 4)

編號	開放編碼	受訪內容
7	減少農藥接觸風險	<p>A：操作者可以減少接觸農藥。</p> <p>D：操作時可避免暴露於濃度高的農藥環境中。</p> <p>F：操遠距操作大幅度減少農藥對施藥者的危害。</p> <p>H：使用監看遙控器螢幕可預測噴灑路徑，施藥者容易迴避農藥上身，減少自身勞力付出及農藥對身體危害，而使用傳統拉管式噴藥，遇到較大的風量時，容易讓農藥吹往施藥者的身上，容易附著於施藥者的毛細孔上，不易沖洗。</p>
8	降低高溫作業風險	<p>A：日曬及側風面影響，農藥因此而蒸發及飄散，所以飛行速度也是很重要的，以及施藥時間目前覺得早上四點為最佳噴撒時間。</p> <p>G：水稻穎花期正常情況下，一般會持續一週，主要在中午左右開始穎花，正中午開因溫度較高，有利於水稻穎花開放，所以水稻穎花期間盡量避免使用無人機農噴，必要時須避開中午開花時間。</p>
9	噴頭選擇	<p>B：使用的無人機原本為四噴頭，現在在各噴頭處加裝 Y 型噴頭架，改成八噴頭，所以噴灑出水量較多，再者粉劑型及水懸劑型農藥有時候加較多時，會使用類似麵粉濾網去過濾大顆粒，避免農藥噴灑行進間有噴頭阻塞及導管不流暢的情況。</p> <p>C：將四噴頭的無人機加上 Y 型桿，改裝成八噴頭，改成八噴頭的好處，在於若遇到農民自行準備的農藥有凝結像</p>

表 4 開放性編碼結果(續 5)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>豆花型狀時，因水量填加至一倍可有效的噴出農藥，不讓農藥阻塞在噴頭裡。</p> <p>G：噴頭種類為圓錐噴頭，因圓錐噴頭噴出的範圍較扇形噴頭噴出的霧狀較狹隘，所以必須飛的高一點讓寬幅變大，因改了八噴頭出水量增加，不會因為飛高後農藥量降低，飛行速度方面只要依噴頭種類設定流量，無人機遙控器會自動幫你計算速度。</p> <p>H：為了要讓無人機霧狀效果好，會在無人機上面加裝離心噴頭，一組約一萬多元，可噴灑 500 甲地左右。</p>
10	依地形選擇機型	<p>B：機型模式是八噴頭搭配圓錐型噴頭，出水量可設定噴頭種類，無人機控制器可自動調節出水量。</p> <p>C：在代噴作業上會因客戶需求，將無人機出水量改裝加大水量也就是加多噴頭，讓無人機噴起來的出水量類似傳統拉管式，此方式可以增加農民的接受度，視覺上及落藥均勻上效果都比較好。</p> <p>E：目前農噴無人機都有做收摺機翼，所以不必擔心無法載運。</p> <p>F：目前是使用速創牌農用無人機載具噴藥機，選擇四螺旋槳型的原因是下壓氣流較優，而未選擇八螺旋槳型每支多軸旋翼是以間隔一正一反不同旋轉方向的氣旋所以下壓氣流較為薄弱。</p>

表 4 開放性編碼結果(續 6)

編號	開放編碼	受訪內容
11	飛行參數可調性	<p>B：當水稻進入生育期至抽穗期，會因作物分蘗多寡及作物高低進行植保機飛行高度微調，利用植保機風壓將農藥吹至稻葉茂盛的水稻根部。</p> <p>C：目前 2021 市面上最新型的農噴無人機，只要大約設定一個數據後，當無人機開噴灑時，無人機會自動校正噴頭流量，調整至最適合該噴頭之流量。飛行高度得設定可分為大疆大台 t16 及小台 mg-1p，以大台而言高度約在 2.3~2.5 米，但如果起風時會因風量大小去調整，最低會將高度降至 1.8 米，小台的話高度設定在 2.0 米，起風時最低將至 1.7 米。噴灑時須注意飛安問題，以目測方式觀察噴灑路徑上是否有障礙物，無人機本身也必須開啟內建避障雷達。</p> <p>D：風量提高後風壓過強，但使得水稻植株容易垂頭，影響水稻在自體授粉時，雄蕊上的花藥會破裂，此時的花粉相當細小，會因為垂頭植株花粉掉落，以及風壓過強吹散花粉導致授粉率降低。</p> <p>F：生長情形需注意過大的風壓造成作物伏倒情形，以及花粉飛走而降低稻米生產量。</p>
12	農藥選擇	<p>A：農藥泡藥的順序以粒劑優先，再來是粉劑、溶液、水懸劑、乳劑，主要是以農藥內含顆粒大小做排序。使用混合農藥時，注意不同成分的農藥是否發生化學變化，混合</p>

表 4 開放性編碼結果(續 7)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>後產生分層、絮結沉澱、乳劑破壞、懸浮率降低甚至有結晶狀態的都不太適合使用在無人機上，容易照成噴頭阻塞，若必要時須使用兩種容易化學變化之農藥，建議在混藥後短時間內把農藥噴灑至作物上。</p> <p>B：農藥挑選上，為了保持出水量固定，應盡量避免粉劑型農藥，以乳劑型及水懸形、可濕性粉劑、可濕性粒劑，為主要農藥選擇，再來第一個要注意基本泡藥順序，還有藥與藥之間是否有相剋的問題，同一種病蟲害農藥有分乳劑型或水懸劑型，有少數乳劑型農藥倒至泡藥桶裡不管搭配任何農藥，很容易形成凝結，型狀像豆花的樣子，所以要很注意此類農藥，避免無人機噴頭及管線造成阻塞。泡完後的農藥因已接觸水分，所以盡量在當天使用完畢。</p> <p>C：需要注意維安及泡藥順序的問題，維安的部分是無人機降落時需要注意附近有沒有人及物品，而配藥還是最重要，配藥如果配不好會導致農藥形成凝結狀態，類似豆花的樣子，造成起化學變化的原因，最主要是泡藥順序錯誤、配到劣質農藥、鹼性與酸性的農藥混合及乳劑或水懸劑比例太多，都可能造成農藥凝結，凝結像豆花的農藥，使用在無人機上很容易使噴頭阻塞。使用農藥基本上選擇適水性農藥，此農藥又細分為乳劑、水懸劑、其他是水性農藥，而泡藥順序主要以較濃稠的乳劑優先。在收成部分</p>

表 4 開放性編碼結果(續 8)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>基本上還是以作物生長狀態為主，比如說作物得病蟲害，需要在 9/1 號噴藥，拖到 9/7 後才噴灑農藥，因為有些農友會將原本必須一期噴灑四次農藥的稻作，拖到一期噴灑三次農藥，所以農民在判別作物的病蟲害上，對收成有較大的影響。傳統拉管式噴藥噴到農田有葉稻熱病時，噴藥管子若去觸碰到稻作葉面，容易造成下一塊無葉稻熱病的田地，也同時去感染到該病菌，而使用無人機時因離作物有一定的距離，不會噴藥工具去感染作物的情形。</p> <p>D：傳統噴灑方式容易使作物重複用藥造成作物藥傷。</p> <p>E：各種噴頭都必須注意哪些農藥混合後產生絮聚及凝集的狀況，未注意的話在農藥噴灑行進間容易會有阻塞及出霧量不穩定現象，粉劑農藥也不能添加太多避免太過濃，選擇每一種病蟲害選擇的農藥都要注意各農藥的酸鹼值，泡藥後的農藥最好在當天使用，避免藥效降低。傳統拉管式噴藥因人工及時間效益上會選擇一次性施藥，且一次就要達到效果，而無人機噴藥則可以依作物生長情形，施加肥料、除害及預防，可分開進行，假如說作物目前發生紋枯病、二化螟及稻熱病的話，可先以各一支藥劑施藥，觀察三至四天後若未達到除害效果，可在噴第二次，很輕鬆，如果以傳統拉管式噴藥，若遇到未達除害效果，必須要再付一次工錢請人協助噴藥，所以傳統拉管式噴藥</p>

表 4 開放性編碼結果(續 9)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>勢必要有一次根除病害的打算，相對的藥量必須加重。</p> <p>F：農藥的選擇性主要還是以水懸劑為主，水懸劑的有點是顆粒細小，不容易使得噴頭阻塞。依農藥種類所規定之使用方法及適用範圍，進行農藥稀釋泡藥，調配後的農藥於四小時內噴灑於水稻上，確保藥效的時效性。</p> <p>G：在泡藥時，可以添加營養劑，而營養劑有分鈣跟氮磷鉀，氮磷鉀比較不會發生混入藥桶後發生凝固的問題，但含鈣的營養劑就容易使混藥後的農藥產生凝固問題，所以農噴時，若要同時使用營養劑時，會把有含鈣的液態肥剔除。泡藥時較常使用的農藥型分別有粒劑、粉劑、水懸劑、可濕性粉劑及乳劑五種型態，而這五種型態的農藥，以顆粒最粗及不容易溶於水的農藥優先調配，需要依順序調配的原因是避免農藥混藥後，有化學作用的反應，要常見的就是混藥後產生類似豆花型態。</p>
13	用水量	<p>A：有些專職代噴業者會因為農民的觀感及消費者的需求，而去改裝離心噴頭，強化流量及流速，使得噴起來視覺效果與傳統管噴式相仿，讓消費者容易接受，但改裝過的機器往往沒有原裝機器妥善率來得高，以 10 公升載水量來說，正常可以噴五分地，有改離心噴頭的只能噴二分半的地，就要回填農藥桶。</p> <p>B：機型模式是八噴頭搭配圓錐型噴頭，用水量約一分地</p>

表 4 開放性編碼結果(續 10)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>五公升的水。</p> <p>C：每分地使用水量會因為無人機的大小做調整，以 16 公升的無人機一分地約四公升水量，傳統拉管式的約需使用 500 公升的水量。</p> <p>D：以每公頃一樣的劑量，傳統管噴所需用水量每公頃約 500 公升的水量，而無人機噴藥所需用水量每公頃約 50 公升的水量。</p> <p>F：以傳統管噴方法噴灑於水稻所需用水量每公頃至少約 500 公升的水量，而無人機噴藥所需用水量每公頃約 50 公升的水量，大幅減少勞力及農業用水量。</p> <p>G：使用離心噴頭農噴的話，因噴頭會大量出水，需要的水量相對的就要比較多，容易造成噴灑期間增加換桶的次數，降低時間上的效率，風大時容易使霧化農藥亂飄。然而為何會選擇使用離心噴頭，主要是因為顧客的關係，因使用離心噴頭噴灑農藥，噴灑出的水量大，霧化型態看起來較細小密集，顧客因傳統式拉管型的影響較容易接受此型態的農噴。</p>
14	節省藥劑	<p>C：以前傳統管式噴藥，必須要三個人以上才能作業，以大藥桶方式泡藥，水量與農藥量比例一次至少要泡五分地的藥量，因為噴到最後大桶子底下的農藥會不易抽出，所以會多泡藥去做準備。</p>

表 4 開放性編碼結果(續 11)

編號	開放編碼	受訪內容
15	減少人工	<p>A：以傳統拉管式的最少要三人以上進行作業，而無人機一人既可進行作業，所以植株若有突發病蟲害或鄰田有發生病蟲害現象，立即可以使用無人機噴灑農藥。</p> <p>B：省工。</p> <p>C：方便、省工、省時、省錢，省錢的部分是後續噴藥成本降低，再者是可以用人機賺錢，傳統拉管噴藥方式以自己的田地就很費時了，也沒有餘力去幫農民噴灑農藥，而現在無人機融入農業後，有購買無人機的農民在噴灑農藥的時間大幅減短，多餘的時間可以用無人機去幫其他農民做代噴。</p> <p>D：無人機取代人力及降低勞力。</p> <p>E：不用那麼多人力，可人力縮減。</p> <p>F：有利於人力不足時使用。</p> <p>G：效率上優於傳統拉管式噴藥，只需要二人既可以完成噴藥作業且比傳統式的省力。</p> <p>H：使用無人機施藥所需勞力，僅需要一至二人，而傳統拉管式農噴至少需要三至四人，在農業人力缺少的狀態下，無人機有利農民減輕勞力及時間且對稻作可以最佳噴藥時機。</p>
16	不受地形限制	<p>B：在每期農作的第一次用藥，田間屬於淹水期，以傳統是噴藥的話，需要把田間的水放乾，否者在田間行走不</p>

表 4 開放性編碼結果(續 12)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>易，而植保機在農藥噴灑上較均勻，且不用將田間的水放掉，在分蘗期的水稻可避免因放掉水而造成土地乾裂進而讓作物降低分蘗率，因為一旦錯過分蘗期，水稻就不會在進行分蘗了。</p> <p>D：無人機可於田間上方移動及閃避障礙物，搭配精準的航點設定及智能模組，降低遠距離地方操控不良的誤差。</p>
17	面積愈大效率愈快	<p>B：使用大型植保機可提高載運量，寬幅也可以變寬及風壓變大，大型植保機的好處在一甲地以上大面積農地，可以大幅提申作業速度，而小型的無人機較適合使用在不規則形及有障礙物多的農田上，操作上較有優勢，也避免無人機受損。</p>
18	減少漏噴機率	<p>C：屏幕上的飛行數據及電量，噴灑完可回來看無人機遙控屏幕上是否有未噴灑區域，在去做補噴的動作。</p>
19	噴霧範圍精準	<p>C：像田間土比較容易黏著、塌陷或作物太茂密時，在使用傳統拉管式的噴藥上，田間行走不易，容易造成同區域作物噴灑藥量過多的情形。</p> <p>D：一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)噴灑時容易於同區域停留或重複用藥，容易造成該區域水稻藥傷，影響產量減少，使用無人機噴藥可準確噴灑每個區域並且可記錄灑過的區域不造成重複用藥。</p> <p>F：很容易發生同區域重複施藥的問題，導致稻米收穫量</p>

表 4 開放性編碼結果(續 13)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>減少。</p> <p>H：無人機因固定飛速，所以比人工拉管事的均勻，因人工拉管式的主要是雙腳下去田間行走，遇到土壤濕潤時不易行走及團隊的配合度也會影響噴灑時，同區域農藥過多造成植物藥傷情形。</p>
20	霧化效果佳	<p>D：因為無人機霧化效果好，以高濃度方式用 50 公升水量下去調配農藥，落點於稻作葉面上覆蓋面積相當足夠，所以霧化效果越好的噴頭，使用的調配水量相對於可以降低，在蟲害方面以高濃度霧化農藥，搭配螺旋槳風壓，提高對蟲害致死劑量。</p> <p>H：使用水量比例較高的農藥噴灑至作物上均勻性較佳，農藥水量多霧狀效果就會越好。</p>
21	作物農藥附著性佳	<p>D：在預防蟲害上面效果優異，藥效可比傳統試管噴多十天。</p> <p>G：附著性上也優於傳統。</p>
22	藥劑均勻分布於作物	<p>A：剛插秧後的植株短小且尚未分蘗與臨株距離較大且無過多葉片遮擋，下藥時有利將藥劑噴灑至根部，以大疆 MG-1P 四噴頭無人機為例，飛行高度設定 2.5 m 下，流量設定 2 L/min 飛行速度可調至最快 3 m/s 進行農噴，當幼穗形成期時因株距密度高，無人機設定飛行高度及流量不</p>

表 4 開放性編碼結果(續 14)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>變，飛行速度則需調降至 2.5 m/s，增加下旋氣流吹開植株葉片，且利用此氣流風壓將農藥推散至植株莖部。</p> <p>B：保機的原理是利用多數噴頭將農藥分流，再利用風壓把農藥降至作物根部。</p> <p>C：無人機在噴灑農藥時，螺旋扇風壓可以將葉片吹開，把農藥吹向作物根部，農藥再順著氣流再往上捲，除了根部有噴灑到藥外，葉子正反面也可以均勻附著農藥。</p> <p>D：因無人機霧化後農藥以及風壓帶動下，能準確及均勻噴灑於稻葉及稻梗上。</p> <p>F：在螺旋槳產生向下的氣流，煽動水稻葉片，讓藥液更容易均勻分散於水稻上，達到最佳噴藥效果，有效提高作業效率，同時也更加有效的預防殺蟲效果。</p> <p>H：使用無人機作業時，因螺旋槳帶動機子往上飛，在機子下方會產生風壓，此風壓的優點在於可以使下雨後或清晨的稻作上的水分吹散，有利於農藥均勻附著。</p>
23	作物均勻吸收	<p>C：植保機在噴灑農藥上，農藥濃度較高，噴在作物葉面上較均勻，比較快吸收，約十至二十分鐘就會開始發揮藥效。</p> <p>G：防蟲效果的部分使用無人機農噴均勻性上效果比傳統拉管式噴藥來的好。</p>
24	電磁容量	<p>A：希望電池可以提高續航力，也可減少換電池的時間。</p>

表 4 開放性編碼結果(續 15)

編號	開放編碼	受訪內容
		<p>B：一天電磁至少要準備十顆出門，以噴灑面積多寡做調整，曾經一天最多帶十四顆出門，鋰電磁用量在飛行高度、速度及來回面積寬長，都有一定的影響。</p> <p>H：無人機的乘載重量有限，在替換電磁上面會耗掉不少時間，所以無人機如果可以提高電磁耐電性提高並減輕電磁重量，可以大幅提高無人機農噴速度。</p>
25	乘載量	<p>A：希望載重提高，依原廠設定以 10 公升噴五分地，假如載重提高，可以減少中途停機回原地加藥。</p> <p>E：建議可政府開放總重 25 公斤以上的無人機。</p> <p>F：提升無人機載運量，但會造成風壓過大，導致收成減少。噴嘴出霧量優化，提高飛行速度及噴灑寬幅，能大大提升工作效率。</p>
26	平均偏移量	<p>C：人機噴藥可以一個人去針對病蟲害地區實施小面積農噴，在飛行航線上，第一行及第二行的飛行路徑，有可能會發生邊線重疊或是漏噴狀況，因氣候及氣流的不穩定性，多數無人機使用者，會選擇重疊方式去做，以寧願多噴，也不要漏噴的方式作業。</p>
27	有效遙控	<p>G：無人機遙控器定位及規劃飛行路線，高度的部分以無人機型態及噴頭種類做調整。</p> <p>H：以遙控方式作業，機子噴灑路徑與施藥者的距離可以掌握。</p>

表 4 開放性編碼結果(續 16)

編號	開放編碼	受訪內容
28	噴出水量均勻度	<p>D：定量噴灑飛行。</p> <p>F：噴灑於田地間均勻度佳，防蟲效果佳。</p> <p>G：一分地需噴灑四公升，模組既會將飛行速度調整至每秒2米6左右。</p> <p>H：因各區域氣候不一，以風大地區來說，農藥容易受風影響飄走，所以飛行高度設定十分重要。</p>
29	平均有效噴幅	<p>B：設定介面的部分，寬幅約4米且來回時寬幅邊緣有些許重複噴灑。</p> <p>E：目前大疆T16噴灑寬幅約4至4.5米，若開放25公斤以上的無人機載具，噴灑寬幅可達5米以上。</p>
30	作業能力	<p>B：植保機廠商有做過兩者比較，相較之下附著的密集度上，無人機明顯優於傳統拉管式。</p> <p>F：農藥附著力上，無人機霧化後效果為佳。</p> <p>G：藥劑的附著性上更好。</p>

第三節、主軸性編碼

主軸編碼的目的，是為了將關於無人機噴藥論述初探的內容達到理論飽和，並以主軸編碼(axial coding)的方式，將在開放編碼中被分割的資料，再加以類聚起來。在主軸編碼中，將類別與次類別相互關聯，以對現象形成更精確且更複雜的解釋(吳芝儀，廖梅花，2001)，必要時得進行類別與次類別的調整，讓研究產生的理論架構更完整，更有主軸性。抽樣方式為關係性抽樣(relational)或變異性抽樣

(variational)，因此除了訪談的 8 個樣本外，還蒐集一些對無人機噴藥看法的文章，務求在研究者之時間、能力範圍內，尋求最大的理論飽和。本研究架構主軸編碼將透過兩個階段，分別為：叢聚相同概念的開放編碼形成主類別與再將相同概念的主類別細分為次類別形成主軸編碼。

(1) 階段一：叢聚相同概念的開放編碼形成主類別，編碼列式如下：

編碼 1：將受訪者所提及「環境影響」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 5 所示：

表 5 開放編碼—環境影響叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
環境影響	環境屬性	B、C、F、G
	飄散污染	A、B、E、H
	土地污染	C、D

資料來源：本研究整理

編碼 2：將受訪者所提及「配置成本」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 6 所示：

表 6 開放編碼—配置成本叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
配置成本	噴頭選擇	B、C、G、H
	依地形型態選擇機型	B、C、E、F

資料來源：本研究整理

編碼 3：將受訪者所提及「使用功能」概念的開放編碼叢聚之結果，如表 7 所示：

表 7 開放編碼—使用功能叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
使用功能	霧化效果佳	D、H
	噴藥效果好	D、F
	飛行參數可調性	B、C、D、F

資料來源：本研究整理

編碼 4：將受訪者所提及「提升安全性」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 8 所示：

表 8 開放編碼—提升安全性叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
提升安全性	減少農藥接觸風險	A、D、F、H

資料來源：本研究整理

編碼 5：將受訪者所提及「噴藥成本」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 9 所示：

表 9 開放編碼—噴藥成本叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
噴藥成本	用水量	A、B、C、D、F、G
	節省藥劑	C
	減少人工	A、B、C、D、E、F、G、H
	農藥選擇	A、B、C、D、E、F、G

資料來源：本研究整理

編碼 6：將受訪者所提及「作業效率」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 10 所示：

表 10 開放編碼—作業效率叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
作業效率	噴藥效率高	A、B、C、D、F、G
	噴藥的精準性	C、D、E、F、G、H
	不受地形限制	B、D
	面積愈大效率愈快	B
	降低高溫作業風險	A、G

資料來源：本研究整理

編碼 7：將受訪者所提及「使用益處」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 11 所示：

表 11 開放編碼—使用益處叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
使用益處	減少漏噴機率	B、C
	噴霧範圍精準	C、D、H

資料來源：本研究整理

編碼 8：將受訪者所提及「提升施藥效果」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 12 所示：

表 12 開放編碼—提升施藥效果叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
提升施藥效果	作物農藥附著性佳	D、G
	藥劑均勻分布於作物	A、B、C、D、F、H
	作物均勻吸收	C、G

資料來源：本研究整理

編碼 9：將受訪者所提及「無人機效能」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 13 所示：

表 13 開放編碼—無人機效能叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
無人機效能	平均偏移量	C
	有效遙控	G、H
	噴出水量均勻度	D、F、G、H
	平均有效噴幅	B、E
	作業能力	B、F、G

編碼 10：將受訪者所提及「提升續航力」概念的開放編碼叢聚後的結果，如表 14 所示：

表 14 開放編碼—提升續航力叢聚後之結果

叢聚類別	開放編碼	受訪者代碼
提升續航力	電磁容量	A、B、H
	乘載量	A、E、F

(2) 階段二：將相同叢聚的資料進行分類，形成屬於相同概念的類別，再對類別加以命名，賦予這些類別更抽象的名稱，而這些名稱的由來可能來自於過去文獻所發展出的類別，或是由研究者根據原始資料之概念本身獨創而來(胡幼惠,1996)。經由各類別的歸納與抽象化命名後的結果，如表 15 所示：

表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果

主軸編碼	內容解釋	叢聚類別	開放編碼
氣候對使用無人機影響性	代噴業者使用無人機時，必須注意當天氣候是否對飛行及噴灑農藥有影響。	環境影響	環境屬性
使用無人機對環境影響性	代噴業者使用無人機時，必須注意環境是否影響污染。		飄散污染
			土地污染
噴頭多樣性	代噴業者使用無人機時，依雇主要求、作物特性、環境狀態及個人習慣做調配。	配置成本	噴頭選擇
配合地形選擇機型			依地形型態選擇機型
使用無人機提升收成	代噴業者使用無人機時，農藥均勻分布於作物提高病蟲害預防及修復，增加收成量。	使用功能	霧化效果佳
			噴藥效果好

表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果(續 1)

主軸編碼	內容解釋	叢聚類別	開放編碼
依作物型態調整飛行參數	代噴業者使用無人機時，依作物型態做無人機參數調整。	使用功能	飛行參數可調性
使用無人機遠距農噴	代噴業者操作時避免暴露在高濃度的農藥環境中。	提升安全性	減少農藥接觸風險
降低農噴成本	代噴業者使用無人機農噴調配用量降低。	噴藥成本	用水量
			節省藥劑
降低人力成本	代噴業者使用無人機，最少可一人執行農噴作業。	噴藥成本	減少人工
產品配合	代噴業者使用無人機時，降低噴頭堵塞。		農藥選擇
使用無人機的便利性	代噴業者使用無人機時，作業方式為凌空型態，減少地形不佳影響，霧化均勻、固定流	作業效率	噴藥效率高

表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果(續 2)

主軸編碼	內容解釋	叢聚類別	開放編碼
無人機定速定 量設定	量及路徑紀錄，降低漏噴情性，可大幅減少時間成本。施藥速度快，也可避免施藥時間拖延，造成中午高溫影響。	作業效率	噴藥的精準性
無人機凌空作 業型態			不受地形限制
			面積愈大效率愈快
			降低高溫作業風險
航線軌跡紀錄	無人機精準 GPS 定位飛行，航線軌跡不偏移，全區等速均勻精準施藥。	使用益處	減少漏噴機率
藥劑分布情形			噴霧範圍精準
農藥附著性	高壓噴出霧化藥劑，經由機翼下旋氣流帶至作物各部位，藥劑分布均勻。	提升施藥效果	作物農藥附著性佳
施藥均勻度			藥劑均勻分布於作物
			作物均勻吸收
無人機農噴作 業效能	作業時需進行相關作業環境及作物調查：溫度、相對濕度、風速、風向、作物品項及植株高度、栽植密度及行株距等。	無人機效能	平均偏移量
操控距離度			作業能力
無人機噴幅及 流速量設定			有效遙控
			平均有效噴幅
			出水量均勻度

表 15 開放編碼歸納抽象化命名後之主軸編碼結果(續 3)

主軸編碼	內容解釋	叢聚類別	開放編碼
電磁使用時間	於施藥現場實際操作連續飛行時間。	提升續航力	電磁容量
飛行乘載量			乘載量

將各類別以網絡關係圖的方式，合併構成主軸編碼圖。以較抽象化的概念命名，整理出核心類別，建構系統性脈絡，並繪製出主軸編碼網絡關係圖，如圖 3 所示。



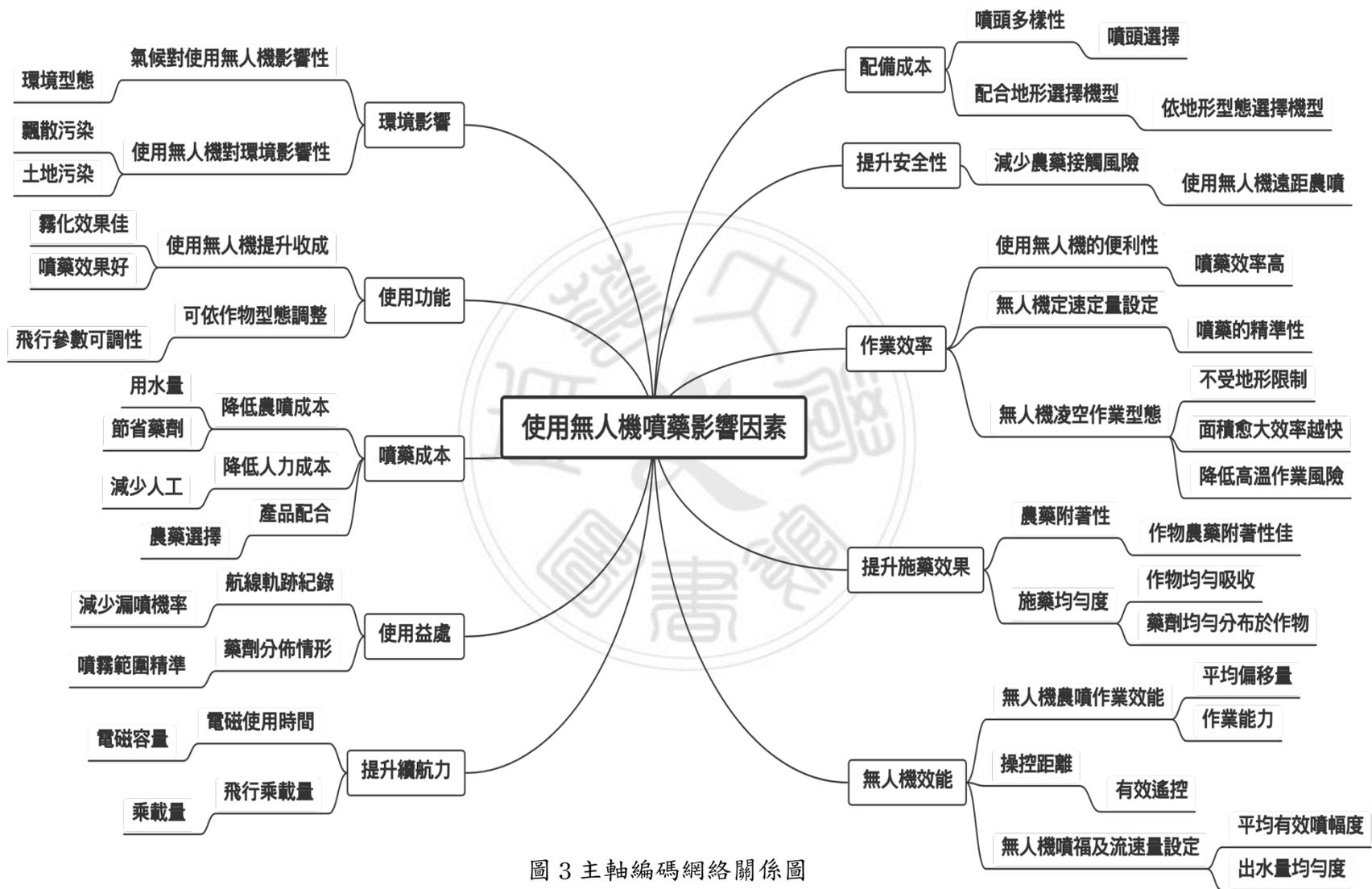


圖 3 主軸編碼網絡關係圖

第四節、選擇性編碼

在完成主軸編碼後，本研究將理論飽和的主軸編碼，進行統整與精鍊，這時要再確認一次主題是噴業者對無人機噴藥論述的初探，在確認目的下，用區別性抽樣(discriminate sampling)的方式找出與主題相符的核心類別(core category)。這階段會再重新確認一次主軸編碼的類別、次類別及概念與主題關係的深淺，並且用更抽象但適當的核心類別來區分及命名，區別性抽樣正式以此為目的運用，但仍該保持彈性，必要時重新確認原本採訪內容與文章內容及脈絡，或找到新的內容補進去，研究者在主觀性、客觀性的評估下，區別出的核心類別製表，將各概念進行歸類，加上說明以表示為何如此進行。本階段的選擇性編碼可分成：環境影響、配備成本、使用功能、使用益處、作業效率、噴藥成本、提升安全性、提升施藥效果、效能、提升續航力，以下將以表 16 為基礎來分別做詳細的說明。

表 16 選擇性編碼之核心類別製表

核心類別 (core category)	說明(Instructions)	概念(concepts)
環境影響	在訪談及資料整理的過程中，環境影響因素是對農噴前置勘查農田的重要環節，主要為評估是否適合使用無人機作業。	氣候對使用無人機影響性
		使用無人機對環境影響性
配備成本	在訪談過程中，代噴業者依雇主要求、作物特性、環境狀態及個人習慣做調配。這說明對於無人機噴藥多以謹慎的態度	噴頭多樣性
		配合地形選擇機型

表 16 選擇性編碼之核心類別製表(續 1)

核心類別 (core category)	說明(Instructions)	概念(concepts)
	來觀察新種產品的發展及客戶接受度。	
使用功能	將概念做個整合，將霧滴大小及飄散將噴灑劑量、噴灑劑型、噴嘴的選擇與改進及飛行高度與速度，以上可調整功能部分皆會影響其均勻性。	使用無人機提升收成
		可依作物型態調整
使用益處	在訪談及資料整理的過程中，代噴業者在使用無人機噴藥作業時，無人機結合 GPS 定位系統，完成自動化飛行，減少超出範圍及重複噴灑情形。	航線軌跡紀錄
		藥劑分布情形
作業效率	這部分是以代噴業者在使用無人機噴藥作業過程中，可在作物上快速移動，具有高機動性提升便利性及精準性，進而大幅提高作業效率，因此無人機噴灑可在更短時間內完成噴藥作業。	使用無人機的便利性
		無人機定速定量設定
		無人機凌空作業型態

表 16 選擇性編碼之核心類別製表(續 2)

核心類別 (core category)	說明(Instructions)	概念(concepts)
噴藥成本	噴藥作業成本上由訪談對象談到，無人機與傳統拉管式的施作成本差異的地方。	降低農噴成本
		降低人力成本
		產品配合
提升安全性	訪談過程中，使用無人機與傳統拉管式噴藥差異，無人機在施作過程中，明顯降低農藥對代噴業者接觸危害。	減少農藥接觸風險
提升施藥效果	將概念做個整合，將使用無人機提升收成、作物農藥附着性佳、藥劑均勻分布於作物、作物均勻吸收，以上因素皆明顯提升施藥效果，因此將概念因素歸類為提升施藥效果類別。	農藥附着性
		施藥均勻度
無人機效能	訪談過程中，透過無人機所附加帶來的新科技功能，操作簡單高效，綜觀概念所敘之因素，類別歸類為效能。	無人機農噴作業效能
		操控距離度
		無人機噴幅及流速量設定

表 16 選擇性編碼之核心類別製表(續 3)

核心類別 (core category)	說明(Instructions)	概念(concepts)
提升續航力	訪談過程中，用無人機因載重量大，高耗能下，電池續航能力不足問題，因此提升作業續航力也為影響使用之因素。	電磁使用時間
		飛行乘載量

一、環境影響

代噴業者使用無人機時，通常對於氣候變化以及環境影響因素必須要有一定的應變能力，當氣候影響對飛行及噴灑農藥必須適時調整無人機飛行姿態及精準噴灑範圍，且注意環境是否受到農藥污染程度，確定無風險後，再進行噴藥作業，因此代噴業者會受到環境影響相關影響使用的因素。江彥政(2019)使用無人機可透過智慧化計算多項數據，達到安全用藥範圍，降低農藥殘留問題，請參閱圖 4。

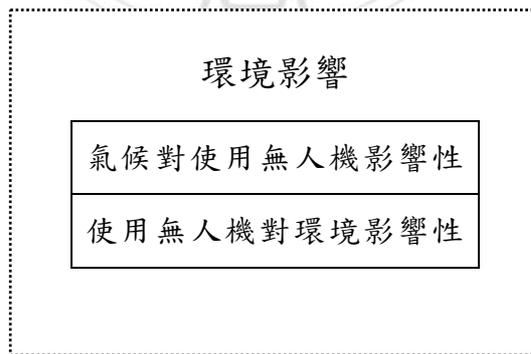


圖 4 環境影響因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者A)：「無人機飛行噴灑速度，飛太快的話，無人機頭會有前傾姿態，造成氣流往後捲，容易把噴灑出的藥捲起，再經過日曬及側風面影響，農藥因此容易蒸發及飄散。」

(受訪者B)：「以植保機來說噴藥時間為早晨無風狀態為最佳，不僅可以避免農藥亂飛也可降低葉面上的濕度。另在使用傳統拉管式噴灑時，水比例較高也比較容易亂飄，而植保機在噴灑時，水比例低，農藥較濃稠，降低亂飄情形。」

(受訪者C)：「管噴方式噴完後整個葉面水分會很多甚至會滴水，而滴落的水容易造成土地污染。噴藥主要是視作物生長情況下去防治預防，而逢多雨後稻作適合噴灑預防性農藥，故其防治預防重於治療，但噴灑至一半，若逢下大雨，須停止噴灑，在視雲飄方向或停雨間隙，盡快將農藥噴灑完成，因泡完後的藥以四小時內為最佳施藥時間。」

(受訪者D)：「使農藥附著於葉片上不易滑落，相對減少土地污染的機率。」

(受訪者E)：「注意農藥飄散造成環境問題，例如施藥範圍四周是否有敏感性作物、人及養殖場等。」

(受訪者F)：「最佳噴灑時間為清晨，因清晨風小且可順勢將作物上附有露水吹散，以降低稻熱病感染。」

(受訪者G)：「當天天氣側風風量較大時，必須再從新定位，假如說今天的農田是適合走南北向，若遇到東西向的側風，就必須將航線往東風的方向做調整。」

(受訪者H)：「農藥是否對臨田污染，避免噴到別人的農作物導致賠償。」

二、配備成本

代噴業者使用無人機時，對於農用無人機要接受付出的配備成本，包括無人機飛行參數調整功能、客戶要求類型噴頭，以及代噴業者習慣使用噴頭。因此，代噴業者多以謹慎的態度來觀察新種產品的發展及客戶接受度，要沒有疑慮後才予以使用，進而影響使用意願，綜觀這些因素如圖 5 所示。

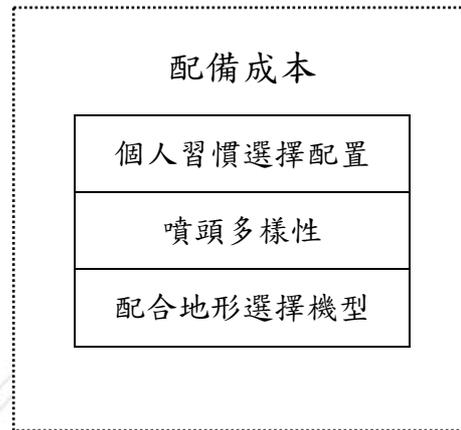


圖 5 配備成本因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 A)：「有些專職代噴業者會因為農民的觀感及消費者的需求，而去改裝離心噴頭，強化流量及流速，使得噴起來視覺效果與傳統管噴式相仿，讓消費者容易接受，但改裝過的機器往往沒有原裝機器妥善率來得高，以 10 公升載水量來說，正常可以噴五分地，有改離心噴頭的只能噴二分半的地，就要回填農藥桶、以傳統拉管式的最少要三人以上進行作業，而無人機一人既可進行作業。」

(受訪者 B)：「使用的無人機原本為四噴頭，目前於各噴頭處加裝 Y 型噴頭架，改成八噴頭，所以噴灑出水量較多，再者粉劑型及水懸劑型農藥有時候加較多時，會使用類似篩麵粉濾網去過濾大顆粒，避免農藥噴灑行進間有噴頭阻塞及導管不流暢的情況。機型模式是八噴頭搭配圓錐型噴頭，出水量可設定噴頭種類，無人機控制器可自動調節出水量。當水稻進入生育期至抽穗期，會因

作物分藥多寡及作物高低進行植保機飛行高度微調，利用植保機風壓將農藥吹至稻葉茂盛的水稻根部。」

(受訪者 C)：「將四噴頭的無人機加上 Y 型桿，改裝成八噴頭，改成八噴頭的好處，在於若遇到農民自行準備的農藥有凝結像豆花型狀時，因水量填加至一倍可有效的噴出農藥，不讓農藥阻塞在噴頭裡。在代噴作業上會因客戶需求，將無人機出水量改裝加大水量也就是加多噴頭，讓無人機噴起來的出水量類似傳統拉管式，此方式可以增加農民的接受度，視覺上及落藥均勻上效果都比較好。目前 2021 市面上最新型的農噴無人機，只要大約設定一個數據後，當無人機開噴灑時，無人機會自動校正噴頭流量，調整至最適合該噴頭之流量。飛行高度得設定可分為大疆大台 t16 及小台 mg-1p，以大台而言高度約在 2.3~2.5 米，但如果起風時會因風量大小去調整，最低會將高度降至 1.8 米，小台的話高度設定在 2.0 米，起風時最低將至 1.7 米。噴灑時須注意飛安問題，以目測方式觀察噴灑路徑上是否有障礙物，無人機本身也必須開啟內建避障雷達。」

(受訪者 D)：「風量提高後風壓過強，但使得水稻植株容易垂頭，影響水稻在自體授粉時，雄蕊上的花藥會破裂，此時的花粉相當細小，會因為垂頭植株花粉掉落，另外風壓過強也會吹散花粉導致授粉率降低。」

(受訪者 E)：「目前農噴無人機都有做收摺機翼，所以不必擔心無法載運。傳統拉管式噴藥因人工及時間效益上會選擇一次性施藥，且一次就要達到效果，而無人機噴藥則可以依作物生長情形，施加肥料、除害及預防可分開進行，假如說作物目前發生稻熱病、紋枯病及二化螟的話，可先以各一支藥劑施藥，觀察三至四天後若未達到除害效果，可以很輕鬆在噴第二次，但如果以傳統拉管式噴藥，若遇到未達除害效果，必須要再付一次工錢請人協助噴藥，所以傳統拉管式噴藥勢必要有一次根除病害的打算，相對的藥量必須加重。各種噴頭都

必須注意哪些農藥混合後產生絮聚及凝集的狀況，未注意的話在農藥噴灑行進間容易會有阻塞及出霧量不穩定現象。」

(受訪者 F)：「目前是使用速創牌農用無人機載具噴藥機，選擇四螺旋槳型的原因是下壓氣流較優，而未選擇八螺旋槳型每支多軸旋翼是以間隔一正一反不同旋轉方向的氣旋所以下壓氣流較為薄弱。生長情形需注意過大的風壓造成作物伏倒情形，避免花粉飛走而降低稻米生產量。」

(受訪者 G)：「噴頭種類為圓錐噴頭，因圓錐噴頭噴出的範圍較扇形噴頭噴出的霧狀較狹隘，所以必須飛的高一點讓寬幅變大，因改了八噴頭出水量增加，不會因為飛高後農藥量降低，飛行速度方面只要依噴頭種類設定流量，無人機遙控器會自動幫你計算速度。在泡藥時，可以添加營養劑，而營養劑有分鈣跟氮磷鉀，氮磷鉀混入藥桶後比較不會發生凝固的問題，但含鈣的營養劑就容易使混藥後的農藥產生凝固問題，所以農噴時，若要同時使用營養劑時，會把有含鈣的液態肥剔除。」

(受訪者 H)：「為了要讓無人機霧狀效果好，會在無人機上面加裝離心噴頭，一組約一萬多元，可噴灑 500 甲地左右。」

三、使用功能

代噴業者者在使用無人機農藥時，對於該使用功能內容的瞭解程度進而產生使用意願。代噴業者可能因為使用無人機提升收成並依作物型態調整設定參數之效果影響使用意願，因此代噴業者會受到使用功能相關影響的因素。王仕賢(2020)無人機結合 GPS 定位系統，完成自動化飛行，減少遠距離操作不良的誤差，請參閱圖 6。



圖 6 使用功能因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 A)：「剛插秧後的植株短小且尚未分蘖與臨株距離較大且無過多葉片遮擋，下藥時有利將藥劑噴灑至根部，以大疆 MG-1P 四噴頭無人機為例，飛行高度設定 2.5m 下，流量設定 2L/min 飛行速度可調至最快 3m/s 進行農噴，當幼穗形成期時因株距密度高，無人機設定飛行高度及流量不變，飛行速度則需調降至 2.5m/s，增加下旋氣流吹開植株葉片，且利用此氣流風壓將農藥推散至植株莖部。」

(受訪者 B)：「植保機的原理是利用多數噴頭將農藥分流，再利用風壓把農藥降至作物根部。」

(受訪者 C)：「目前 2021 市面上最新型的農噴無人機，只要大約設定一個數據後，當無人機開噴灑時，無人機會自動校正噴頭流量，調整至最適合該噴頭之流量。飛行高度得設定可分為大疆大台 t16 及小台 mg-1p，以大台而言高度約在 2.3~2.5 米，但如果起風時會因風量大小去調整，最低會將高度降至 1.8 米，小台的話高度設定在 2.0 米，起風時最低將至 1.7 米、噴灑時須注意飛安問題，以目測方式觀察噴灑路徑上是否有障礙物，無人機本身也必須開啟內建避障雷達、無人機在噴灑農藥時，螺旋扇風壓可以將葉片吹開，把農藥吹向作物根部，農藥再順著氣流再往上捲，除了根部有噴灑到藥外，葉子正反面也可

以均勻附著農藥、植保機在噴灑農藥上，農藥濃度較高，噴在作物葉面上較均勻，比較快吸收，約十至二十分鐘就會開始發揮藥效。」

(受訪者D)：「風量提高後風壓過強，但使得水稻植株容易垂頭，影響水稻在自體授粉時，雄蕊上的花藥會破裂，此時的花粉相當細小，會因為垂頭植株花粉掉落，以及風壓過強吹散花粉導致授粉率降低、因為無人機霧化效果好，以高濃度方式用 50 公升水量下去調配農藥，落點於稻作葉面上覆蓋面積相當足夠，所以霧化效果越好的噴頭，使用的調配水量相對於可以降低，在蟲害方面以高濃度霧化農藥，搭配螺旋槳風壓，提高對蟲害致死劑量、在預防蟲害上面效果優異，藥效可比傳統試管噴多十天、因無人機霧化後農藥以及風壓帶動下，能準確及均勻噴灑於稻葉及稻梗上。」

(受訪者F)：「生長情形需注意過大的風壓造成作物伏倒情形，以及花粉飛走而降低稻米生產量、在螺旋槳產生向下的氣流，煽動水稻葉片，讓藥液更容易均勻分散於水稻上，達到最佳噴藥效果，有效提高作業效率，同時也更加有效的預防殺蟲效果。」

(受訪者G)：「附著性上也優於傳統、防蟲效果的部分使用無人機農噴均勻性上效果比傳統拉管式噴藥來的好。」

(受訪者H)：「使用無人機作業時，因螺旋槳帶動機子往上飛，在機子下方會產生風壓，此風壓的優點在於可以使下雨後或清晨的稻作上的水分吹散，有利於農藥均勻附著、防蟲效果的部分使用無人機農噴均勻性上效果比傳統拉管式噴藥來的好、使用水量比例較高的農藥噴灑至作物上均勻性較佳，農藥水量多霧狀效果就會越好。」

四、使用益處

代噴業者在使用無人機時，對於該使用益處因素的瞭解程度進而產生使用意願。代噴業者可能因為對於無人機使用上可以減少漏噴機率、噴霧範圍精準、藥害降低之加深影響使用意願，代噴業者會受到使用益處相關影響的因素。郭鴻裕等學者(2020)以噴藥技術的觀點而言，無人機的關鍵需求為噴灑「均勻性」，包含作物類型、噴灑劑量、噴灑劑型、噴嘴的選擇及改進、霧滴大小及飄散、飛行高度及速度、噴灑均勻度、效果評估皆會影響其均勻性，請參閱圖 7。



圖 7 使用益處因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 C)：「屏幕上的飛行數據及電量，噴灑完可回來看無人機遙控屏幕上是否有未噴灑區域，在去做補噴的動作、像田間土比較容易黏著、塌陷或作物太茂密時，在使用傳統拉管式的噴藥上，田間行走不易，容易造成同區域作物噴灑藥量過多的情形、傳統拉管式噴藥噴到農田有葉稻熱病時，噴藥管子若去觸碰到稻作葉面，容易造成下一塊無葉稻熱病的田地，也同時去感染到該病菌，而使用無人機時因離作物有一定的距離，不會噴藥工具去感染作物的情形。」

(受訪者 D)：「一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)噴灑時容易於同區域停留或重複用藥，容易造成該區域水稻藥傷，影響產量減少，使用無人機噴藥可準確噴灑每個區域並且可記錄灑過的區域不造成重複用藥、傳統噴灑方式容易使作物重複用藥造成作物藥傷。」

(受訪者F):「很容易發生同區域重複施藥的問題,導致稻米收穫量減少。」

(受訪者H):「無人機因固定飛速,所以比人工拉管事的均勻,因人工拉管式的主要是雙腳下去田間行走,遇到土壤濕潤時不易行走及團隊的配合度也會影響噴灑時,同區域農藥過多造成植物藥傷情形。」

五、作業效率

代噴業者在使用無人機時,對於該作業過程的瞭解程度進而產生使用意願,在無人機使用上可以提升噴藥的便利性及精準性,進而大幅提高作業效率,因此代噴業者會受到作業效率相關影響使用的因素。無人機在作物上快速移動,具有高機動性(王仕賢,2020),於大面積種植區域,無人機噴灑可在更短時間內完成(楊明德等學者,2019),請參閱圖8。

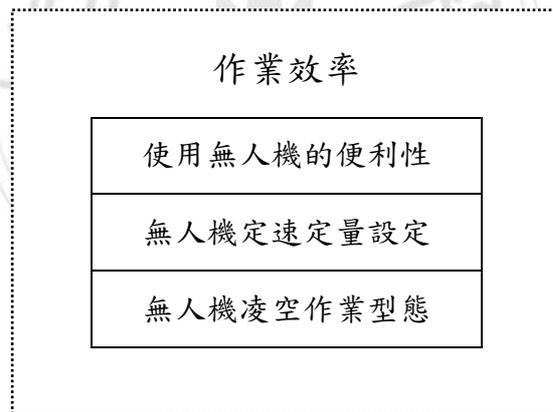


圖8 作業效率因素

(資料來源:本研究整理)

參照受訪者回答內容:

(受訪者A):「機動性高,容易取代管噴,以前使用管噴方式噴藥,若遇腳受傷或請不到工人,則要去找代噴業者,但因為是臨時性的跟代噴業者預約噴藥,安排配合的時間往往與農作物最佳藥的時機落差,而農作物錯過用藥最佳

時機常常導致病徵更加嚴重、日曬及側風面影響，農藥因此而蒸發及飄散，所以飛行速度也是很重要的，以及施藥時間目前覺得早上四點為最佳噴撒時間。」

(受訪者B)：「在生長情形上，以植保機農噴而言，防蟲效果較佳，因機動性高，一旦發現有病蟲害時，可即時噴灑。在每期農作的第一次用藥，田間屬於淹水期，以傳統是噴藥的話，需要把田間的水放乾，否者在田間行走不易，而植保機在農藥噴灑上較均勻，且不用將田間的水放掉，在分蘖期的水稻可避免因放掉水而造成土地乾裂進而讓作物降低分蘖率，因為一旦錯過分蘖期，水稻就不會在進行分蘖了、使用大型植保機可提高載運量，寬幅也可以變寬及風壓變大，大型植保機的好處在一甲地以上大面積農地，可以大幅提申作業速度，而小型的無人機較適合使用在不規則形及有障礙物多的農田上，操作上較有優勢，也避免無人機受損。」

(受訪者C)：「無人機一天早上四點開工十一點結束，至少可以噴灑六至七甲地，曾經以兩人一組方式噴灑同一地區農田，一個早上有過噴十二甲地的紀錄、剛入手時會使用打點模式去設定，以正方形的農地來說，就是以四個點下去做點位，而三角形的農地，則需要從邊角處開始來回打點，均勻噴灑至每個作物，而越不規則形農地需調整點位就會越多，但熟悉使用無人機後，模式則會改為A-B點飛航模式，因遙控器螢幕會顯示無人機飛行路徑，加上肉眼觀察，可以很容易找出未噴灑到的區域。」

(受訪者D)：「一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)，以一公頃來說，差不多需要兩個小時來噴灑農藥，現在使用無人機噴灑，差不多三十分鐘就好了。無人機設定航點主要使用A-B點作業模式，使用智能模組進行設定飛行高度(2.5公尺)，可啟動雷達散避障礙和自動繞障，噴灑時可使用用戶可在App界面適時調節作業效率(包含飛行器速度與噴灑用量)。該模式適合在近似三

角形或四邊形的大面積區域進行作業、無人機可於田間上方移動及閃避障礙物，搭配精準的航點設定及智能模組，降低遠距離地方操控不良的誤差。」

(受訪者 E)：「本身使用的是大疆的 T16 植保機，在介面操作模式可以選擇規劃地圖模式、A-B 點模式、手動模式，目前是使用 A-B 點模式做操作，在飛行高度上設定 2.5~3 米，飛行速度上設定 2.5~3m/s，流速部分以噴頭孔徑大小做調整，飛行路徑使用 GPS 自動定位，選擇噴灑農地方位後，設定 A-B 點來回噴藥。」

(受訪者 F)：「因作物病蟲害時間不確定性，以傳統拉管式噴藥缺乏人力噴灑，若請人以傳統拉管式代噴，會因為代噴人員時間安排不確定性，而錯過病蟲害有效除病蟲害時間，噴灑農藥時也容易暴露在農藥環境，所以自行使用無人機噴藥，不需請人代噴，讓水稻突發性遭遇病蟲害時，能適時噴灑農藥防護，飛行姿態由 GPS 自動鎖定，也可調整為手動控制，飛行高度主要設定在 2.5 公尺，藥劑流量設定為精準噴灑模式以每 1 公頃 20 公升做設定，必要時可調至 40 公升，流速部分每分鐘(l/min)數以噴頭孔徑大小做調整。」

(受訪者 G)：「時間上作業效率比一般傳統拉管式快、在 GPS 規劃路線及固定飛行速率的輔助下，無人機噴灑農藥時較不易重疊、水稻穎花期正常情況下，一般會持續一週，主要在中午左右開始穎花，正中午開因溫度較高，有利於水稻穎花開放，所以水稻穎花期間盡量避免使用無人機農噴，必要時須避開中午開花時間。」

(受訪者 H)：「主要以無人機設定模組飛行，飛行速度為 3 米，也可調整至 2 米，2 米的話就是飛行速度較低，飛行較低同區作物受藥容度會相對變高，故飛行時若速度快，下壓氣流會變小，需將飛行高度降低，飛行航點設定主要使用 A-B 點作業模式。」

六、噴藥成本

由於無人機跟傳統拉管式的噴藥很大的不同是，傳統拉管式的除了必需要噴請工人外，傳統式噴頭屬大量出水型，使用水量相對大量，為調配比例農藥量因此也增加，對此減少聘請工人的費用、降低稀釋過多的藥劑量問題以及不會容易產生凝結的農藥選擇，進而影響使用意願相關之因素，請參閱圖 9。

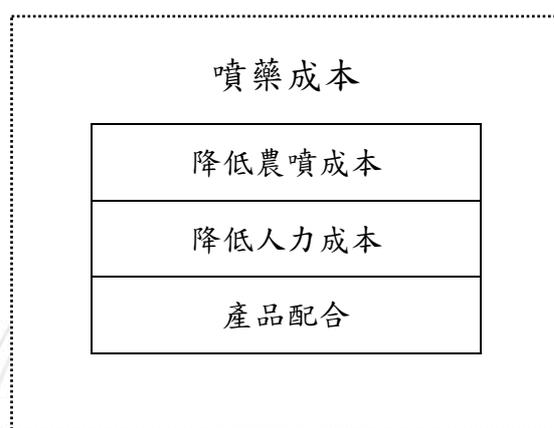


圖 9 噴藥成本因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 A)：「使用混合農藥時，注意不同成分的農藥是否發生化學變化，混合後產生分層、絮結沉澱、乳劑破壞、懸浮率降低甚至有結晶狀態的都不太適合使用在無人機上，容易造成噴頭阻塞，若必要時須使用兩種容易化學變化之農藥，建議在混藥後短時間內把農藥噴灑至作物上。農藥泡藥的順序以粒劑優先，再來是粉劑、溶液、水懸劑、乳劑，主要是以農藥內含顆粒大小做排序。無人機一人既可進行作業，所以植株若有突發病蟲害或鄰田有發生病蟲害現象，立即可以使用無人機噴灑農藥。」

(受訪者 B)：「機型模式是八噴頭搭配圓錐型噴頭，用水量約一分地五公升的水

、減少用水量可省下人工。農藥挑選上，為了保持出水量固定，應盡量避免粉劑型農藥，以乳劑型及水懸形、可濕性粉劑、可濕性粒劑，為主要農藥選擇。另外要注意基本泡藥順序，還有藥與藥之間是否有相剋的問題，同一種病蟲害農藥有分乳劑型或水懸劑型，有少數乳劑型農藥倒至泡藥桶裡不管搭配任何農藥，很容易形成凝結，型狀像豆花的樣子，所以要很注意此類農藥，避免無人機噴頭及管線造成阻塞。泡完後的農藥因已接觸水分，所以盡量在當天使用完畢。」

(受訪者C)：「需要注意維安及泡藥順序的問題，維安的部分是無人機降落時需要注意附近有沒有人及物品，而配藥還是最重要，配藥如果配不好會導致農藥形成凝結狀態，類似豆花的樣子，造成起化學變化的原因，最主要是泡藥順序錯誤、配到劣質農藥、鹼性與酸性的農藥混合及乳劑或水懸劑比例太多，都可能造成農藥凝結，凝結像豆花的農藥，使用在無人機上很容易使噴頭阻塞。使用農藥基本上選擇適水性農藥，而泡藥順序主要以較濃稠的乳劑優先。在收成部分基本上還是以作物生長狀態為主，比如說作物得病蟲害，需要在9/1號噴藥，拖到9/7後才噴灑農藥，因為有些農友會將原本必須一期噴灑四次農藥的稻作，拖到一期噴灑三次農藥，所以農民在判別作物的病蟲害上，對收成有較大的影響。而每分地使用水量會因為無人機的大小做調整，以16公升的無人機一分地約四公升水量，傳統拉管式的約需使用500公升的水量、以前傳統管式噴藥，必須要三個人以上才能作業，以大藥桶方式泡藥，水量與農藥量比例一次至少要泡五分地的藥量，因為噴到最後大桶子底下的農藥會不易抽出，所以會多泡藥去做準備、方便、省工、省時、省錢，省錢的部分是後續噴藥成本降低，再者是可以用人機賺錢，傳統拉管噴藥方式以自己的田地就很費時了，也沒有餘力去幫農民噴灑農藥，而現在無人機融入農業後，有購買無人機

的農民在噴灑農藥的時間大幅減短，多餘的時間可以用無人機去幫其他農民做代噴。」

(受訪者D)：「以每公頃一樣的劑量，傳統管噴所需用水量每公頃約500公升的水量，而無人機噴藥所需用水量每公頃約50公升的水量、無人機取代人力及降低勞力。」

(受訪者E)：「不用那麼多人力，可人力縮減。另外粉劑農藥也不能添加太多避免太過濃，選擇每一種病蟲害選擇的農藥都要注意各農藥的酸鹼值，泡藥後的農藥最好在當天使用，避免藥效降低」

(受訪者F)：「以傳統管噴方法噴灑於水稻所需用水量每公頃至少約500公升的水量，而無人機噴藥所需用水量每公頃約50公升的水量，大幅減少勞力及農業用水量、有利於人力不足時使用。農藥種類依規定之使用方法及適用範圍，進行農藥稀釋泡藥，調配後的農藥於四小時內噴灑於水稻上，確保藥效的時效性。農藥的選擇性主要還是以水懸劑為主，水懸劑的有點是顆粒細小，不容易使得噴頭阻塞。」

(受訪者G)：「使用離心噴頭農噴的話，因噴頭會大量出水，需要的水量相對的就要比較多，容易造成噴灑期間增加換桶的次數，降低時間上的效率，風大時容易使霧化農藥亂飄。然而為何會選擇使用離心噴頭，主要是因為顧客的關係，因使用離心噴頭噴灑農藥，噴灑出的水量大，霧化型態看起來較細小密集，顧客因傳統式拉管型的影響較容易接受此型態的農噴、效率上優於傳統拉管式噴藥，只需要二人既可以完成噴藥作業且比傳統式的省力。」

(受訪者H)：「使用無人機施藥所需勞力，僅需要一至二人，而傳統拉管式農噴至少需要三至四人，在農業人力缺少的狀態下，無人機有利農民減輕勞力及時間且對稻作可以最佳噴藥時機。泡藥時較常使用的農藥型分別有粒劑、粉劑、水懸劑、可濕性粉劑及乳劑五種型態，而這五種型態的農藥，以顆粒最粗

及不容易溶於水的農藥優先調配，需要依順序調配的原因是避免農藥混藥後，有化學作用的反應，要常見的就是混藥後產生類似豆花型態。」

七、提升安全性

代噴業者對於新種產品的接受程度通常是以安全性為重要因素，因此，代噴業者多以謹慎的態度來觀察，要沒有疑慮後才接受及使用。對此使用無人機農噴，屬於遠距操控可以降低施藥者接觸霧化後的農藥，而在遠距操作介面設定更為便利易懂，能讓施藥者精準控制，也是影響使用的因素之一。王仕賢(2020)無人機遠距離操作，減少施藥者暴露農藥的風險，請參閱圖 10。

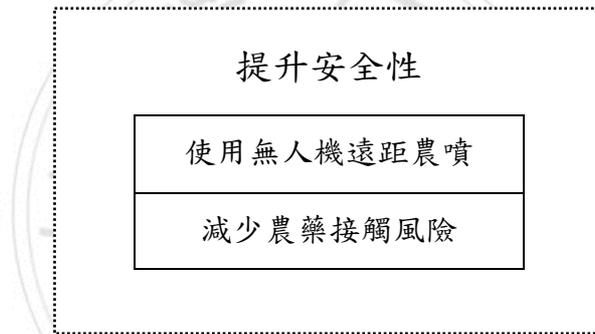


圖 10 提升安全性因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 A)：「操作者可以減少接觸農藥。」

(受訪者 D)：「操作時可避免暴露於濃度高的農藥環境中。」

(受訪者 F)：「操遠距操作大幅度減少農藥對施藥者的危害。」

(受訪者 H)：「使用監看遙控器螢幕可預測噴灑路徑，施藥者容易迴避農藥上身

，減少自身勞力付出及農藥對身體危害，而使用傳統拉管式噴藥，遇到較大的風量時，容易讓農藥吹往施藥者的身上，容易附著於施藥者的毛細孔上，不易沖洗。」

八、提升施藥效果

代噴業者因為對於使用無人機農噴，噴灑農藥密度高，於作物上均勻分布，對此讓作物平均吸收，提升作物對病蟲害的防護性而影響使用意願，代噴業者會受到施藥效果相關影響使用的因素，楊明德等學者(2019)指出墨西哥無人機公司 AGRODRONE 以改裝後之無人機幫助農民施肥和殺蟲，一架無人機可在 1 天內完成 20 畝農田的施肥和殺蟲工作，並降低平均作物損失率(由 20-28%減至 15%)，大幅提高生產力，請參閱圖 11。

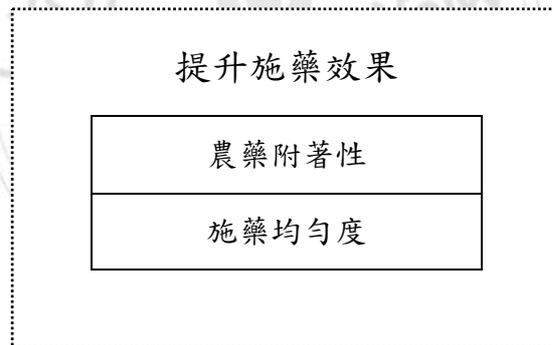


圖 11 提升施藥效果因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 D)：「若遇施肥適期施肥後，需要間隔三天才可實施農藥噴灑作業，採收時期與傳統式噴藥無異，若無嚴重天災影響，稻米收穫量明顯可提高 20%。」

(受訪者 F)：「提高稻米收穫量。」

九、效能

使用無人機的代噴業者，通常具有一定水準的施藥技術，也能接受透過無人機所附加帶來的新科技功能，無人機不僅飛行穩定，採用高準度智能控制，與飛行速度同步。在自動化模式的作業下，可定速、固定高飛行及固定流量噴灑，配合各種地形要求調整，無需事先規劃農田，在飛行中直接規劃路線，即可進入自行噴灑狀態，操作簡單高效進而影響使用意願相關之因素，郭鴻裕等學者(2020)以噴藥技術的觀點而言，關鍵為無人機的效能、噴嘴的選擇及改進、霧滴大小、飛行高度及速度、噴灑均勻度皆會影響，如圖 12 所示：

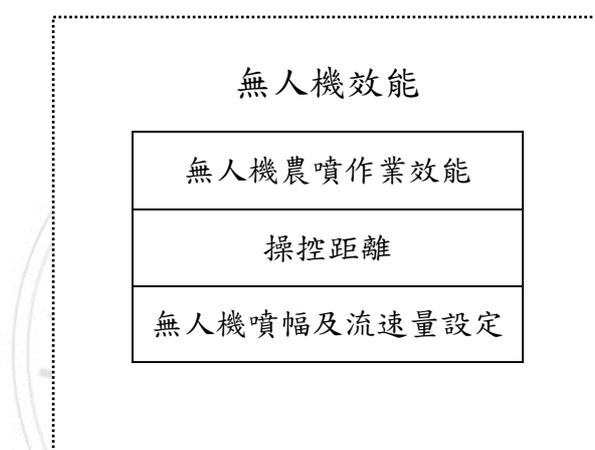


圖 12 無人機效能因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 B)：「設定介面的部分，寬幅約 4 米且來回時寬幅邊緣有些許重複噴灑。」

植保機廠商有做過兩者比較，相較之下附著的密集度上，無人機明顯優於傳統拉管式。

(受訪者 C)：「人機噴藥可以一個人去針對病蟲害地區實施小面積農噴，在飛行航線上，第一行及第二行的飛行路徑，有可能會發生邊線重疊或是漏噴狀況，因氣候及氣流的不穩定性，多數無人機使用者，會選擇重疊方式去做，以

寧願多噴，也不要漏噴的方式作業，人機噴藥可以一個人去針對病蟲害地區實施小面積農噴，在飛行航線上，第一行及第二行的飛行路徑，有可能會發生邊緣重疊或是漏噴狀況，因氣候及氣流的不穩定性，多數無人機使用者，會選擇重疊方式去做，以寧願多噴，也不要漏噴的方式作業。」

(受訪者D)：「定量噴灑飛行。」

(受訪者E)：「目前大疆 T16 噴灑寬幅約 4 至 4.5 米，若開放 25 公斤以上的無人機載具，噴灑寬幅可達 5 米以上。」

(受訪者F)：「農藥附著力上，無人機霧化後效果為佳、噴灑於田地間均勻度佳，防蟲效果佳。」

(受訪者G)：「無人機遙控器定位及規劃飛行路線，高度的部分以無人機型態及噴頭種類做調整，一分地需噴灑四公升，模組既會將飛行速度調整至每秒 2 米 6 左右、藥劑的附著性上更好。」

(受訪者H)：「以遙控方式作業，機子噴灑路徑與施藥者的距離可以掌握，因各區域氣候不一，以風大地區來說，農藥容易受風影響飄走，所以飛行高度設定十分重要。」

十、提升續航力

農用無人機因載重量大，高耗能下，電池續航能力存在的不足也是大問題，於田間操作時，因為電池續航時間短，每天需要多攜帶電池做備用，目前農用無人機投入成本比較高，折舊率也高，是不可忽略的部分，這些因素都會影響代噴業者對無人機影響使用意願之因素，請參閱圖 13。



圖 13 提升續航力因素

(資料來源：本研究整理)

參照受訪者回答內容：

(受訪者 A)：「希望電池可以提高續航力，也可減少換電池的時間、希望載重提高，依原廠設定以 10 公升噴五分地，假如載重提高，可以減少中途停機回原地加藥。」

(受訪者 B)：「一天電磁至少要準備十顆出門，以噴灑面積多寡做調整，曾經一天最多帶十四顆出門，鋰電磁用量在飛行高度、速度及來回面積寬長，都有一定的影響。」

(受訪者 E)：「建議可政府開放總重 25 公斤以上的無人機。」

(受訪者 F)：「提升無人機載運量，但會造成風壓過大，導致收成減少。噴嘴出霧量優化，提高飛行速度及噴灑寬幅，能大大提升工作效率。」

(受訪者 H)：「無人機的乘載重量有限，在替換電磁上面會耗掉不少時間，所以無人機如果可以提高電磁耐電性提高並減輕電磁重量，可以大幅提高無人機農噴速度。」

第五節、影響使用之因素

依照紮根理論選擇編碼的定義，藉由這幾個核心範疇，本研究統整出無人機噴藥使用影響因素之架構，其所形成的架構如圖 14 所示。

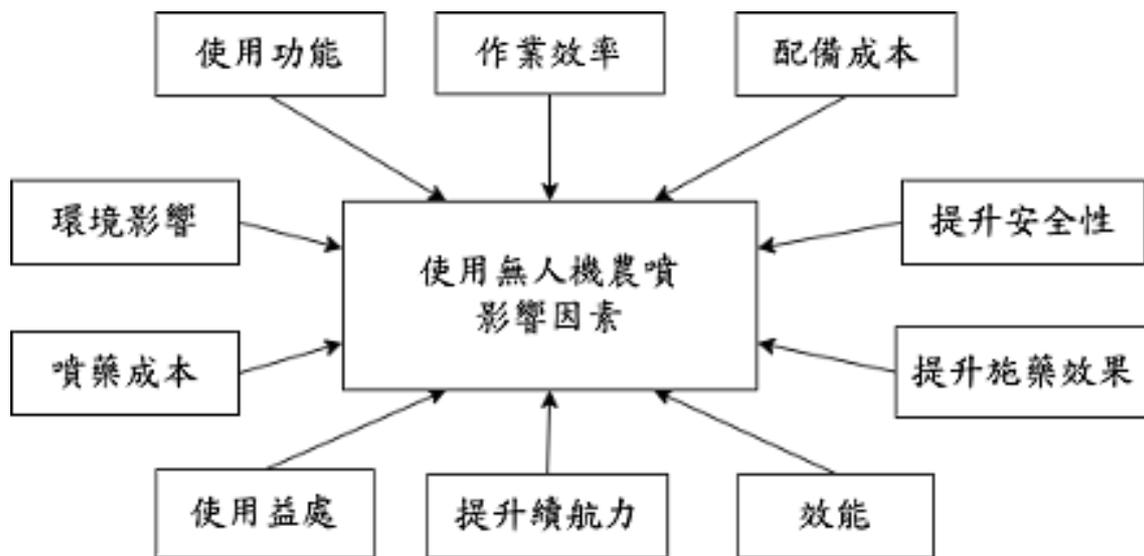


圖 14 無人機噴藥使用影響因素之架構



第五章、結論與建議

本章節分為三個部分，第一部分為結論：訪談當中發現蒐集著實不易，並且各種談論中，整理出代噴業者使用無人機之影響因素為何，第二部分為提供未來使用無人機噴藥的建議方向，希望藉由本研究分析結果能提供農藥代噴業者，未來在使用無人機噴藥上能有所幫助，第三部分為研究限制與未來建議。

第一節、研究發現

本研究目的在於探討代噴業者使用無人機之影響因素，透過質化紮根理論的三種編碼，分別是開放編碼、主軸編碼與選擇編碼，分析後得出以下幾項影響代噴業者對於使用無人機的影響因素：

一、環境影響

由於每個業者的農田環境的差異，在面對新種事物時，反應的程度也會有所不同。其中又細分為對農田中之氣候對使用無人機影響性及使用無人機對環境影響性。

(一)、氣候對使用無人機影響性

當代噴業者在工作前，需要注意農田環境是否影響無人機作業。

(二)、使用無人機對環境影響性

當代噴業者在執行工作時，依風向及風量大小適時調整避免飄散與降低農藥流失至土壤造環境污染。

根據本研究發展下列命題：

命題一：農藥噴灑區域之環境影響，會影響代噴業者使用無人機噴藥的意願。

指霧化農藥對環境影響與過去使用無人飛行載具防治包心白菜害蟲之藥劑霧滴分佈、飄散距離及藥效評估（周明儀、葉仲基，2020）發現的飄散影響相比較後，發現是有雷同的部分。

二、配備成本

業者訪談中在配備成本有提及的部分，主要分為個人習慣選擇配置、噴頭多樣性及配合地形選擇機型。

（一）、個人習慣選擇配置

指代噴業者在使用無人機農噴時，會選擇適合該農地作物及地形型態做使用。

（二）、噴頭多樣性

指代噴業者在使用無人機農噴時，會依客戶觀感去做噴頭替換。

（三）、配合地形選擇機型

指代噴業者在使用無人機農噴時，會依地形規則度來選擇大小機型使用。

根據本研究發展下列命題：

命題二：無人機功能及配備實用性，會影響代噴業者使用的意願。

命題三：無人機噴藥能配合客製化噴頭霧化型態調整，會影響其使用的意願。

本研究發現使用無人機噴藥，對於配備成本之影響相關因素，與為過去相關研究未提出研究因素。

三、使用功能

業者在面對新型農藥噴灑用具時，通常首要考量該用具對於農藥噴灑是否使無人機提升收成、噴灑效果好、可調整飛行參數後，並讓業者容易瞭解與操作。

(一)、使用無人機提升收成

指代噴業者在使用無人機時，噴頭霧化農藥後搭配螺旋槳的下壓氣流，使霧化效果佳，噴灑農藥上的效果提升收成，會影響使用之因素。

(二)、可依作物型態調整

指代噴業者在使用無人機時，可依據作物與地形型態做調整。

根據本研究發展下列命題：

命題四：當代噴業者使用無人機噴藥後，相較於傳統手工拉管噴藥，收成量有增加。

命題五：代噴業者對無人機可依作物型態調整飛行參數的方便性，會影響持續用的意願。

指無人機使用功能與過去使用無人飛行載具防治包心白菜害蟲之藥劑霧滴分佈、飄散距離及藥效評估（周明儀、葉仲基，2020）發現的藥劑霧滴分佈相比較後，發現是有雷同的部分。

四、使用益處

在接受訪談的業者提到關於使用益處的部分裡，包含了航線軌跡紀錄及藥劑分布情形的部分，會影響業者的使用因素。

(一)、航線軌跡紀錄

指使用無人機農噴，搭配無人機內建 GPS 功能，可記錄噴灑路徑。

(二)、藥劑分布情形

指使用無人機農噴後，可降低同一區域重複噴灑農藥情形。

根據本研究發展下列命題：

命題六：代噴業者對無人機凌空作業及路徑紀錄的便利性，會影響代噴業者使用的意願。

命題七：代噴業者對無人機噴藥均勻附著於作物上的效果，會影響持續使用的意願。

航線軌跡紀錄及藥劑分布情形與無人機於精準農業之應用(楊明德，2019)，發現定量自動飛行噴灑相比較後，發現是有雷同的部分。

五、作業效率

業者在使用無人機噴藥時，會因為透過作業效率因素之影響而產生使用意願。其中又細分為使用無人機的便利性、無人機凌空作業型態及無人機定速定量設定。

(一)、使用無人機的便利性

指使用無人機噴藥，若遇作物生長有異況時，可即時安排噴灑工作時間，穩定且效率好的情況，可降低中午高溫作業風險機率。

(二)、無人機凌空作業型態

指使用無人機噴藥，凌空作業方式，大幅降低噴藥時間。

(三)、無人機定速定量設定

指使用無人機噴藥，可以針對噴灑後路徑，檢視漏噴之區域，進行補噴。

根據本研究發展下列命題：

命題八：代噴業者對於無人機噴藥作業之機動程度，會影響其使用的意願。

命題九：代噴業者對於無人機噴藥作業之精準噴灑，會影響其使用的意願。

使用無人機的便利性、無人機凌空作業型態及無人機定速定量設定與當老農遇上新科技—以無人機解決農業缺工問題(王仕賢，2020)無人機在作物上快速移動，具有高機動性相比較後，發現是有雷同的部分，而面積愈大效率愈快與無人機與 AI 於農藥監測與應用(楊明德，2019)於大面積種植區域，無人機噴灑可在更短時間內完成，是相同的部分。

六、噴藥成本

在接受訪談的業者提到關於噴藥成本的部分裡，包含了降低人力成本、降低農噴成本及產品配合的部分，會影響代噴業者的使用因素。

(一)、降低人力成本

指透過無人機噴灑可在更短時間內完成，減少人力成本。

(二)、降低農噴成本

指代噴業者使用無人機噴藥後，調配比例農藥量可減少，降低稀釋過多的藥劑量問題，相對成本降低。

(三)、農藥產品配合

指代噴業者在使用無人機農噴時，會避免農藥產生不良固體沉澱之農藥造成噴頭堵塞。

根據本研究發展下列命題：

命題十：代噴業者對於無人機噴藥作業可免僱工，會影響其使用的意願。

命題十一：代噴業者對於無人機噴藥可降低用水量，會影響其使用的意願。

命題十二：使用無人機噴藥需挑選避免造成凝結之藥劑，會影響代噴業者使用的意願。

無人機與 AI 於農藥監測與應用(楊明德, 2019), 與本研究的減少人工是相同的部分。洪嘉鎰(2018)報導指出, 農委會藥物毒物試驗所從無人機噴藥實驗發現, 無人機噴灑農藥的使用量僅需傳統用藥量的一半即可達成效果, 與本研究的降低農噴成本是相同的部分。江致民(2018)報導指出無人機施藥之藥劑問題探討當農藥以低稀釋倍數配置時容易產生結晶沉澱, 可以透過適當輔助劑的添加, 改善這些農藥產生不良固體沉澱的問題, 避免造成無人機噴頭阻塞的困擾, 優化無人機施藥流程的效果與本研究的農藥產品配合是相同的部分。

七、提升安全性

業者在面對新農務用具時, 通常首要考量為安全性, 風險降低後, 才會願意嘗試, 因此業者在使用無人機遠距農噴提升安全性, 將農藥接觸風險降到最低, 會影響業者的使用意願。

(一)、使用無人機遠距農噴

指使用無人機農噴, 在遠距操控上, 可大幅減少農藥接觸情形。

根據本研究發展下列命題:

命題十三: 代噴業者對於無人機噴藥遠距作業之安全性, 會影響其使用的意願。

無人植保機防治荔枝椿象之研究(陳盈丞、黃慈閔、張淳淳, 2019)研究中發現操作人員可遠端操控, 可遠離農藥暴露風險, 與本研究的提升安全是相同的部分。

八、提升施藥效果

代噴業者因為對於使用無人機農藥噴灑附著性高，讓作物均勻吸收，提升作物對病蟲害的防護性而影響使用意願。

(一)、農藥附著性

指使用無人機噴藥，可選擇較小噴霧角噴嘴，增加物體表面附著性。

(二)、施藥均勻度

使用無人機噴藥，沉降量均勻可平均分佈於作物，滲透性強，附著於作物上的效果，會影響持續使用的意願。

根據本研究發展下列命題：

命題十四：代噴業者對於無人機噴藥可提高作物防護性，會影響其使用的意願。

與無人機於精準農業之應用(楊明德，2019)發現無人機幫助農民施肥和殺蟲，一架無人機可在1天內完成20畝農田的施肥和殺蟲工作，並降低平均作物損失率(由20-28%減至15%)，大幅提高生產力，與本研究的提升施藥效果是相同的部分。

九、效能

由於每個業者的無人機品牌及效能有所差異，在面對新種事物時反應的程度也會有所不同，呈現出不一樣的接受程度。

(一)、無人機農噴作業效能

指無人機用於農噴飛行中直接規劃路線，即可進入自行噴灑狀態，操作簡單高效。

(二)、操控距離

指無人機噴藥為遠距操控，在無干擾、無阻擋狀況下，信號有效距離

可至 3 公里。

(三)、無人機噴幅及流速量設定

指無人機噴頭可設定噴灑速率，噴霧應用可依工作速率及藥物體積，做立即性調整狀態，使無人機出霧量均勻及穩定操作，可於設定範圍內噴灑。

根據本研究發展下列命題：

命題十五：無人機噴藥對於代噴業者能提供工作效能，會影響其使用的意願。

與農用無人機與智慧工具應用於作物的病蟲害管理(郭鴻裕等學者，2020)研究發現的應用 UAV 防治作物病蟲害的 2 大研發策略比較，本研究的平均偏移量、有效遙控距離、噴嘴出水量均勻性、平均有效噴幅及作業能力是相同的部分。

十、提升續航力

業者在考量使用無人機時，會因為該連續作業能力而影響其採用的意願。影響提升續航力又可分成電磁容量與乘載量。

(一)、電磁使用時間及飛行乘載量

無人機乘載量與搭載之電磁耐電力提升，讓農作時無人機的續航力更持久。

根據本研究發展下列命題：

命題十六：無人機農噴提升系統的乘載量與電磁的續航性，會影響代業業者使用的意願。

本研究發現使用農用無人機，對於提升續航力因素，與過去無人機續航力技術的技術發展，以專利觀點分析(王宥琢，2018)研究發現的續航力技術狀況比較，本研究的提升續航力是相同的部分。

第二節、研究限制與未來建議

一、研究限制

本研究在研究過程中，以慎重的研究態度進行這項研究，雖儘量克服困難，但由於研究者本身所擁有的時間、財力上的限制，只針對八名代噴業者進行深度訪談。後續研究者，可依個人時間及財力，與使用無人機農噴各端的角色進行訪談分析。而關於地區限制，本次的研究主要是鎖定臺灣雲嘉區的代噴業者來做為研究對象，因此後續研究者可以針對雲嘉區以外的代噴業者做相關的探討，這可以用來觀察不同地區是否會有不同的影響因素。

二、未來建議

本研究由於議題及產業的限制，無法以量化的方式而選擇以個案研究來進行，因此建議後續研究者可以對變數的衡量與以量化，並以大規模的樣本資料，來對本研究所提出的 15 項命題做驗證。

參考文獻

中文文獻

1. 王仕賢、黃文意、楊舒涵(2020)，當老農遇上新科技—以無人機解決農業缺工問題，國土及公共治理季刊 2020 年 03 月第八卷第一期，p.98-103。
2. 王宥琢(2018)，無人機續航力技術的技術發展，以專利觀點分析。
3. 朱柔若(譯)(2000)，社會研究方法：質化與量化取向(原作者 Neuman, Lawrence.W)。臺北市：揚智。(原著出版年：2000)
4. 江彥政(2019)，無人機在農業調查之應用。嘉大農林學報第 16 卷第 2 期，p.155-169。
5. 江致民、謝奉家、何明勳(2018)，無人機施藥的科技研發成果與展望，農政與農情 2018 年 11 月 317 期，p.115-120。
6. 行政院主計處(2013)，以農業普查探討全球化下我國農業生產力。
7. 行政院主計處人力資源調查(2022)，就業人口數及農業就業人數，線上檢索日期：2022 年 3 月 23 日，網址：<https://ebook.dgbas.gov.tw>
8. 行政院生產力 4.0 發展方案(2014)，線上檢索日期：2021 年 4 月 6 日，網址：https://www.nchu.edu.tw/~class/bulletin/MOE/105_MoE_re_allr.pdf
9. 行政院農業委員會(2020)，109 年年報(國內外農業發展情勢)，線上檢索日期：2021 年 3 月 5 日，網址：<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2512599>
10. 余祁暉、周孟嫻(2015)，從國際生產力 4.0 案例前瞻未來農業，農業生技產業季刊 2015 年第 44 卷，p.6-14。
11. 吳芝儀、廖梅花(譯)(A.Strauss&J.Corbin 著)(2001)，質化研究入門-紮根理論研究方法，嘉義：濤石文化。

12. 李建興(2015)，不用出門，農試所靠圖資大資料掌握全臺農業情報。
13. 李建興(2015)，不用出門，農試所靠圖資大資料掌握全臺農業情報。iThome。
14. 杜宇(2020)，杜宇觀點：台灣農業數位化的腳步遲緩。線上檢索日期：2021年3月23日，風傳媒，網址：<https://www.storm.mg/article/3262109>
15. 周天穎、陳彥宏(2020)，智慧化科技於農業與環境資源調查之應用與加值分析。
16. 周巧盈、巫思揚、陳琦玲、郭鴻裕、姚銘輝、蔡惠文、吳永培、廖大經、張雅玲(2018)，應用無人飛機協助農業勘災技術研發。農政與農情 2018 年 1 月第 307 期，p.113-117。
17. 周明儀、葉仲基(2020)，使用無人飛行載具防治包心白菜害蟲之藥劑霧滴分佈、飄散距離及藥效評估之研究。
18. 林本炫(2005)，紮根理論研究法評介。載於齊力、林本炫(主編)，質性研究方法與資料分析。第二版，p.189-218。
19. 林宜潔(2018)，噴藥施肥勘災樣樣行，臺無人機應用推展有望。線上檢索日期：2021年3月5日，農傳媒，網址：<https://www.agriharvest.tw/archives/22715>
20. 洪嘉鎰(2018)，農委會將訂定無人機適用農藥實驗，將有助農藥減量。線上檢索日期：2021年3月10日，農傳媒，網址：<https://www.agriharvest.tw/archives/16232>
21. 胡幼慧(1996)，質性研究的分析與寫成。臺北:巨流。
22. 徐宗國(1994)。紮根理論研究法：淵源、原則、技術與涵義。香港社會科學學報。第 4 期，p.194-221。
23. 徐宗國(譯)(1997)，質性研究概論。臺北：巨流。
24. 郭鴻裕、張翊庭、古婷云、賴俊融(2020)，農用無人機與智慧工具應用於作物的病蟲害管理。

25. 陳向明(2002)，社會科學質的研究。臺北市：五南。
26. 陳昺麟(2001)，社會科學質化研究之紮根理論實施程序及實例之介紹 2001 年 12 月第 19 卷，p.327-342。
27. 陳盈丞、黃慈閔、張淳淳(2019)，無人植保機防治荔枝椿象之研究。
28. 陳駿季、楊智凱(2017)，推動智慧農業-翻轉臺灣農業。國土與公共治理季刊 2017 年 12 月第 5 卷 4 期，p.104-111。
29. 曾子銘(2017)，以紮根理論探討陸軍基層連隊官兵留營意願因素-以新竹某軍事單位為例。
30. 游昇俯(2021)，解決農業缺工、農藥減用好幫手無人機農噴雙證飛手逾 500 人，2021/04/14，取至農傳媒，線上檢索日期：2022 年 01 月 12 日，網址：
<https://www.agriharvest.tw/archives/58197>
31. 程文郁(2002)，以質性研究方法探討消費者選擇行動電話服務業者之行為。
32. 黃名揚(2018)，智慧農業技術對香蕉生產之成本效益分析：以無人機應用為例。
33. 楊明德(2019)，無人機與 AI 於農藥監測與應用。智慧農業研究中心。
34. 楊明德、許鈺群、曾信鴻、曾偉誠(2019)，無人機於精準農業之應用。科儀新知 2019 年 9 月第 220 期，p.20-39。
35. 楊智凱、施瑩艷(2016)，以智慧科技邁向臺灣農業 4.0 時代，農政與農情 2016 年 7 月第 289 期，p.6-11。
36. 楊智凱、葉有順、王乙涵、張祥傑、陳偉豪、方理、蘇建升、林韋至、吳耿睿、蕭崇宇、王獻民、歐陽彥杰、吳昭正、歐陽盟、劉滄琴、張建禕(2019)，智慧農業機具與輔具之應用。科儀新知季刊 2019 年 9 月第 220 期，p.4-19。
37. 葉小慧(2022)，無人植保機智慧升級，讓你少吸農藥多做 10 年。線上檢索日期：2021 年 3 月 23 日，農傳媒，網址：<https://www.agriharvest.tw/archives/77140>

38. 廖泰杉(2019)，植生指標之單 / 雙影像模組發展探討。科儀新知季刊 2019 年 9 月第 220 期，p.62-73。
39. 劉迎、潘波、姜蕾、王冰潔、林勇(2018)，添加飛防助劑對無人機防治水稻病害的影響。
40. 盧筱柔(2018)，陸軍基層連隊志願役士兵無延役意願分析之紮根理論研究—以新竹某軍事單位為例。



西文文獻

1. Ayn, J. D. (2019). Drones for Agriculture—Current Applications. EMERJ.
2. Bernard, H. R. (1988). Research methods in cultural anthropology. Newbury Park, CA: Sage.
3. Bzowska-Bakalarz, M. Bulak, P. Bereś, P.K. Czarnigowska, A. Czarnigowski, J. Karamon, B. Pniak, M. Bieganski, Andrzej. (2020). Pest Management Science Volume 76, Issue 6.
4. Fontana, A. and Frey, J. H. (1994). Interviewing: The art of science. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), The handbook of qualitative research p.361-376. Thousand Oaks, CA: Sage
5. Horler, D.N.H. Dockray, M. and Barber, J. (1983). The red edge of plant leaf reflectance (273).
6. Jo, D. and Kwon, Y. (2019). Development of Autonomous VTOL UAV for Wide Area Surveillance. World Journal of Engineering and Technology Vol.7 No.1.
7. Jung, C. and Kim, S. (2017) Comparison of the Damaged Area Caused by an Agricultural Dam-Break Flood Wave Using HEC-RAS and UAV Surveying. Agricultural Sciences, Vol.8 No.10.
8. Kaneko, K. and Nohara, S. (2014) Review of Effective Vegetation Mapping Using the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Method. Journal of Geographic Information System, 6, p.733-742.
9. Kiat, C.T. and Son, H. and Chai, P.Y. (2013) UAV Flight Path Control Using Contraction-Based Back-stepping Control," Open Journal of Applied Sciences, Vol. 3 No. 2B, 2013, p.65-70.

10. Li,X. Giles,K.D. Andaloro,T.J. Long,R. lang,B.E. Watson,J.L.and Qandah,I. (2021). Comparison of UAV and fixed-wing aerial application for alfalfa insect pest control: evaluating efficacy, residues, and spray quality. *Pest Management Science* Volume 77, Issue 11.
11. Romeo,S. (2015). "Overview on Smart Farming - Technology, Application Areas, Market Landscape and Entrepreneurship," Beecham Research Press.
12. Sinha,J.P. Kushwaha,H.L. Kushwaha,D. Singh,N., and Purushottam,M. (2016).Prospect of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology for Agricultural production," Management," International Conference on Emerging Technologies in Agricultural and Food Engineering .
13. Strauss, A. and Corbin, J.(1998).Basics of Qualitative Research : Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory. Newbury Park,CA:Sage.
14. Strauss, A. and Corbin,J.(1990). Basic of Qualitative Research: Grounded theory procedures & techniques. Thous &s Oaks, CA: Sage.
15. Strauss, A.L. (1987). Qualitative analysis for social scientists. Cambridge, England: Cambridge University Press.
16. Wang,G. Lan,Y. Qi,H. Chen,P. Hewitt,A.and Han,Y(2019). Field evaluation of an unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer: effect of spray volume on deposition and the control of pests and disease in wheat. *Pest Management Science* Volume 75, Issue 6.
17. Xiao,J. Chen,L. Pan,F. Deng,Y. Ding,C. Liao,M Su,X. and Cao.H (2019). Application method affects pesticide efficiency and effectiveness in wheat fields.*Pest Management Science* Volume 76, Issue 4.

18. Yan,X. Yuan,H. Chen,Y. Shi,X. Liu,X. Wang,Z. Liu,Y. and Yang.D. (2021). Broadcasting of tiny granules by drone to mimic liquid spraying for the control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). *Pest Management Science* Volume 78, Issue 1.
19. Zarco-Tejada,P.J. Hubbard,N. and Loudjani,P. (2014). *Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers - Potential Support with the CAP 2014-2020*. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission.



附錄 訪談內容

A 受訪者（日期：2021/9/13、地點：民雄鄉、訪談長度 17 分鐘 38 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：大概 12 年，使用無人機農噴約 3 年多。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：第一步驟是看植株的病徵，假如是稻熱病的話就是以修復稻熱病的藥為主，但若當下作物一次遇到稻熱病及紋枯病，則需購買兩種藥劑下去混泡。通常藥毒所有建議使用單一藥劑效果會較佳，可是一般農民不會這樣做，同時遇兩種以上病源時，會把各種病原菌的農藥統一次噴灑，以降低勞力、金錢及時間成本，但在使用混合農藥時，注意不同成分的農藥是否發生化學變化，混合後產生分層、絮結沉澱、乳劑破壞、懸浮率降低甚至有結晶狀態的都不太適合使用在無人機上，容易照成噴頭阻塞，若必要時須使用兩種容易化學變化之農藥，建議在混藥後短時間內把農藥噴灑至作物上。第二步驟是農藥泡藥的順序以粒劑優先，再來是粉劑、溶液、水懸劑、乳劑，主要是以農藥內含顆粒大小做排序。第三步驟是看植株的高低下去設定飛行高度及速度，剛插秧後的植株短小且尚未分蘖與臨株距離較大且無過多葉片遮擋，下藥時有利將藥劑噴灑至根部，以大疆 MG-1P 四噴頭無人機為例，飛行高度設定 2.5 m 下，流量設定 2 L/min 飛行速度可調至最快 3 m/s 進行農噴，當幼穗形成期時因株距密度高，無人機設定飛行高度及流量不變，飛行速度則需調降至 2.5 m/s，增加下旋氣流吹開植株葉片，且利用此氣流風壓將農藥推散至植株莖部，流速部分以噴頭孔徑大小做調整。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：省工、機動性高，容易取代管噴，以前使用管噴方式噴藥，若遇腳受傷或請不到工人，則要去找代噴業者，但因為是臨時性的跟代噴業者預約噴藥，安

排配合的時間往往與農作物最佳藥的時機落差，而農作物錯過用藥最佳時機常常導致病徵更加嚴重。直到遇見使用無人機代噴業者，也試圖請無人機代噴業者噴灑作物，試試看是否優於管噴方式，嘗試效果不錯的話，會考慮自己買一台回來使用。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？請您大略說明一下。

受訪者：傳統管噴式噴藥因可搭載多顆噴頭，流量大、流速快，噴灑上觀感佳，未使用過無人機的農民會覺得管噴式的噴起來整個霧茫茫的，無人機農噴效果一定沒有管噴來的好，而有些專職代噴業者會因為農民的觀感及消費者的需求，而去改裝離心噴頭，強化流量及流速，使得噴起來視覺效果與傳統管噴式相仿，讓消費者容易接受，但改裝過的機器往往沒有原裝機器妥善率來得高，以 10 公升載水量來說，正常可以噴五分地，有改離心噴頭的只能噴二分半的地，就要回填農藥桶。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：操作者可以減少接觸農藥，且機動性高，以傳統拉管式的最少要三人以上進行作業，而無人機一人既可進行作業，所以植株若有突發病蟲害或鄰田有發生病蟲害現象，立即可以使用無人機噴灑農藥。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：便利，且機動性高。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：希望載重提高，依原廠設定以 10 公升噴五分地，假如載重提高，可以減少中途停機回原地加藥。再者希望電池可以提高續航力，也可減少換電池的時間。而目前使用大疆 MG-1P 八軸四噴，配用扇型噴頭，也有人使用大疆 T16 六軸四 Y

型八噴，一支Y型外側搭載扇型噴頭與內側搭載圓錐噴頭，使用起來主要也是要看每個人的需求。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等.....有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：以無人機噴藥來說，需要注意螺旋槳風壓過強會造成植株的彎折，像是改善無人機載重量或加快噴灑速度高度設定過低。若提高鉀肥比例可使植株莖幹強健，提高抗風害作用，但此效果改變植株原有的生長情形有可能會抑制稻苗高度及造成稻苗提早出穗，所以必須去了解植株每段時期需要實施的肥料，像是初期使用氮肥、中期使用磷肥、後期使用鉀肥，而後期使用鉀肥可使出穗的果實形成更好，所以若初期就使用鉀肥抑制他生長，到了後面它可能會覺得我是不是該出穗了，造成植株長不高，而提早出穗。

防蟲效果上主要是看植株病蟲害狀態，來實施防治及撲滅，另外無人機飛行噴灑速度，飛太快的話，無人機頭會有前傾姿態，造成氣流往後捲，容易把噴灑出的藥捲起，再經過日曬及側風面影響，農藥因此而蒸發及飄散，所以飛行速度也是很重要的，以及施藥時間目前覺得早上四點為最佳噴撒時間。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：目前未遭遇困難，只要病蟲害即時發現即時治療及預防，相對在防止病蟲害上效果都很好，若等到病蟲害好發，再去噴灑農藥，效果就會很差。

B 受訪者：（日期：2021/9/13、地點：民雄鄉、訪談長度 35 分鐘 47 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：約 15 年，使用 mg-1p 無人機噴藥 3 年左右。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：第一個要注意基本泡藥順序，還有藥與藥之間是否有相剋的問題，同一種病蟲害農藥有分乳劑型或水懸劑型，有少數乳劑型農藥倒至泡藥桶裡不管搭配任何農藥，很容易形成凝結，型狀像豆花的樣子，所以要很注意此類農藥，避免無人機噴頭及管線造成阻塞。泡完後的農藥因已接觸水分，所以盡量在當天使用完畢。以目前本人使用的無人機原本為四噴頭，現在在各噴頭處加裝 Y 型噴頭架，改成八噴頭，所以噴灑出水量較多，再者粉劑型及水懸劑型農藥有時候加較多時，會使用類似麵粉濾網去過濾大顆粒，避免農藥噴灑行進間有噴頭阻塞及導管不流暢的情況。在無人機操作方面，首先登入遙控器的帳號密碼，以大疆無人機設定此登入必須每週連上線一次，避免遙控器遭竊盜的保護機制，若竊盜者輸入非該遙控器之帳密，大疆總公司會回傳故障碼，提醒遙控器原使用者，再來設定界面的部分，飛行速度設定為 2.7 米到 3.0 米、寬幅約 4 米且來回時寬幅邊緣有些許重複噴灑、高度設定為 1.6 米到 2.0 米，以原廠未改八噴頭的四噴頭 mg-1p 無人機，飛行速度為 2.7 米到 3.0 米、寬幅約 4.5 米到 5 米、高度約 2.3 米至 2.6 米，會改機子的原因主要是要讓飛行高度降低，避免颳風時農藥降落不易及農藥飄散情形，而植保機的原理是利用多數噴頭將農藥分流，再利用風壓把農藥降至作物根部。流速部分依個人一分地要噴說水量自行設定，再者以機型、噴頭數量及噴頭種類下去調整，而我機型模式是八噴頭搭配圓錐型噴頭，用水量約一分地五公升的水，流速等於是設定 2.5，出水量可設定噴頭種類，無人機控制器可自動調節出水量。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：主要是缺工，在每期農作的第一次用藥，田間屬於淹水期，以傳統是噴藥的話，需要把田間的水放乾，否者在田間行走不易，而植保機在農藥噴灑上較均勻，且不用將田間的水放掉，在分藥期的水稻可避免因放掉水而造成土地乾裂進而讓作物降低分藥率，因為一旦錯過分藥期，水稻就不會在進行分藥了。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？請您大略說明一下。

受訪者：當水稻進入生育期至抽穗期，會因作物分藥多寡及作物高低進行植保機飛行高度微調，利用植保機風壓將農藥吹至稻葉茂盛的水稻根部，另外在噴灑時傳統拉管式的水比例較高也比較容易亂飄，而植保機在噴灑時，水比例低，農藥較濃稠，降低亂飄情形，植保機廠商有做過兩者比較，相較之下附著的密集度上，無人機明顯優於傳統拉管式。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：使用上方便、省時，但農藥挑選上，為了保持出水量固定，應盡量避免粉劑型農藥，以乳劑型及水懸形、可濕性粉劑、可濕性粒劑，為主要農藥選擇。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：省時、省工、輕鬆、方便，但電磁貴，以一台無人機來說，一天電磁至少要準備十顆出門，以噴灑面積多寡做調整，曾經一天最多帶十四顆出門，鋰電磁用量在飛行高度、速度及來回面積寬長，都有一定的影響，鋰電磁充電器一次可同時充四顆鋰電磁，以各顆鋰電磁剩餘電流多寡，由較低量鋰電磁依序充電，直到每顆鋰電磁電量大致相同時，充電器以平均電量充電至每顆鋰電池，至電量充滿，鋰電磁在飛行使用時會顯示該電磁內的十二顆電芯電量，每顆電芯會平均耗電，若有一顆電芯未與其他電芯耗電翔同時，恐代表電芯即將損壞。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：電磁壽命希望能改進，另外使用大型植保機可提高載運量，寬幅也可以變寬及風壓變大，大型植保機的好處在一甲地以上大面積農地，可以大幅提申作業速度，而小型的無人機較適合使用在不規則形及有障礙物多的農田上，操作上較有優勢，也避免無人機受損。在準備農藥上有兩種方式，一種是代噴者協助準備，另一種是農民自行準備，但以戴噴業者的角度會比較傾向協助準備農藥，以避免當天施藥時發現農民自行準備的農藥起化學變化形成凝結，但並不是每個農民都會接受別人泡的藥，而戴噴手應對的方式是把四噴無人機改為八噴，以分散方式盡量讓農藥噴出，降低噴頭阻塞情形。噴藥業者通常會把自家田地的作期提早，鄰田農民自然就會聯繫代噴業者安排噴藥。每台無人機不管是多少葉片，都會有氣流影響，但主要還是在飛行高度及速度上可以做改善。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等……有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：在生長情形上，以植保機農噴而言，防蟲效果較佳，因機動性高，一旦發現有病蟲害時，可即時噴灑。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：以植保機來說最佳噴藥時間為早晨無風狀態為最佳，不僅可以避免農藥亂飛也可降低葉面上的濕度，因植保機的調配水量較少，若是太陽大時噴灑及以附著在作物葉面上的農藥，會容易有農藥蒸發情形。配藥如果沒問題，基本上不會有什麼困難。假如要防止稻熱病來說，有一種是已經得稻熱病作物後要下去做治療，另一種是稻熱病好發時期或者發現鄰田有稻熱病初期癥狀，可以盡快實施預防性之農藥。有時農民會覺得說自己的田地就未得病為什麼要去噴農藥，以及稻熱病好發時期得了紋枯病，會建議農民噴灑時，同時噴灑預防稻熱病及修復紋枯病兩種藥。有時遇到農民說無人機沒有效果，很常是因為農民自己配藥有問題，

另外還有農藥行協助戴噴手的噴法也會與有稻作基礎的代噴手有所不同，因本人從種植到採收的機具都有，再加上以前也有用過傳統管噴式農噴，農藥噴灑有效沒效在割稻時就會明顯知道，曾經注意過噴灑較多次會比少噴藥的作物，在根頸部位會比較青綠色且割稻時會比較脆，而農藥行代噴手的有些只是把農藥帶過而已，沒有去注意農藥有沒有因風壓把農藥帶至作物根部，根頸部就會比較髒，且割稻時會明顯發現作物比較韌性。



C 受訪者：（日期：2021/9/13、地點：民雄鄉、訪談長度 39 分鐘 58 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：以從事農業 7~8 年，近 3 年開始使用無人機農噴。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：需要注意維安及泡藥順序的問題，維安的部分是無人機降落時需要注意附近有沒有及物品，而配藥還是最重要，配藥如果配不好會導致農藥形成凝結狀態，類似豆花的樣子，造成起化學變化的原因，最主要是泡藥順序錯誤、配到劣質農藥、鹼性與酸性的農藥混合及乳劑或水懸劑比例太多，都可能造成農藥凝結，凝結像豆花的農藥，使用在無人機上很容易使噴頭阻塞。使用農藥基本上選擇適水性農藥，此農藥又細分為乳劑、水懸劑、其他是水性農藥，而泡藥順序主要以較濃稠的乳劑優先。每分地使用水量會因為無人機的大小做調整，以 16 公升的無人機一分地約四公升水量，傳統拉管式的約需使用 500 公升的水量。飛行模式設定，剛入手時會使用打點模式去設定，以正方形的農地來說，就是以四個點下去做點位，而三角形的農地，則需要從邊角處開始來回打點，均勻噴灑至每個作物，而越不規則形農地需調整點位就會越多，但熟悉使用無人機後，模式則會改為 A B 點飛航模式，因遙控器螢幕會顯示無人機飛行路徑，加上肉眼觀察，可以很容易找出為噴灑到的區域，另外在控制器上可選擇各噴頭型號，輸入後會依據噴頭型號，自動調整對應的數據，像是噴起來是散型的會歸類在 0.1 流量，噴起來像圓錐形的會歸類在 0.02 流量，但目前 2021 市面上最新型的農噴無人機，只要大約設定一個數據後，當無人機開噴灑時，無人機會自動校正噴頭流量，調整至最適合該噴頭之流量。飛行高度得設定可分為大疆大台 t16 及小台 mg-1p，以大台而言高度約在 2.3~2.5 米，但如果起風時會因風量大小去調整，最低會將高度降至 1.8 米，小台的話高度設定在 2.0 米，起風時最低將至 1.7 米。噴灑時須注意飛安問題，以目測方式觀察噴灑路徑上是否有障礙物，無人機本身也必須開啟內建避

障雷達，另外還要注意屏幕上的飛行數據及電量，最後噴灑完再回來看無人機遙控屏幕上是否有未噴灑區域，在去做補噴的動作。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：方便、省工、省時、省錢，省錢的部分是後續噴藥成本降低，再者是可以用人機賺錢，傳統拉管噴藥方式以自己的田地就很費時了，也沒有餘力去幫農民噴灑農藥，而現在無人機融入農業後，有購買無人機的農民在噴灑農藥的時間大幅減短，多餘的時間可以用無人機去幫其他農民做代噴，也成為了所謂的無人機代噴業者。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同，請您大略說明一下。

受訪者：以傳統拉管式的噴藥，此噴藥方式最少必須有三個以上的人力，而現今要請人來協助噴藥越來越困難，一天早上四點開工十一點結束，最多僅能噴四甲地，另外還要負擔工人的薪資費用、費力、速度又慢且容易造成人體危害，而無人機一天早上四點開工十一點結束，至少可以噴灑六至七甲地，曾經以兩人一組方式噴灑同一地區農田，一個早上有過噴十二甲地的紀錄。噴藥主要是視作物生長情況下去防治預防，而逢多雨後稻作適合噴灑預防性農藥，故其防治預防重於治療，但噴灑至一半，若逢下大雨，須停止噴灑，在視雲飄方向或停雨間隙，盡快將農藥噴灑完成，因泡完後的藥以四小時內為最佳施藥時間，但若是雨沒有停或是下更大，可能就要放至隔天噴灑，農藥有可能會產生化學變化或藥效降低，植保機在噴灑農藥上，農藥濃度較高，噴在作物葉面上較均勻，比較快吸收，約十至二十分鐘就會開始發揮藥效，而管噴方式噴完後整個葉面水分會很多甚至會滴水，而滴落的水容易造成土地污染，必須等待至一個小時才會發揮藥效。

傳統拉管式噴藥噴到農田有葉稻熱病時，噴藥管子若去觸碰到稻作葉面，容易造成下一塊無葉稻熱病的田地，也同時去感染到該病菌，而使用無人機時因離作物

有一定的距離，不會噴藥工具去感染作物的情形。像田間土比較容易黏著、塌陷或作物太茂密時，在使用傳統拉管式的噴藥上，田間行走不易，容易造成同區域作物噴灑藥量過多的情形。代噴價格管噴及無人機價格是一樣。若在清晨噴藥時，稻葉上會有露水吸附，以老一輩的觀念會覺得是優點，原因是傳統管噴式噴灑時，不會像無人機有風壓將農藥往根部吹，當農藥落至稻葉上時農藥會隨著較重的露水流至根部，而有些農民在使用無人機時，一分地約噴兩公升，農藥的水比例較少，稻葉上有清晨的露水較不會藥傷。目前使用無人機噴藥的農民多使用一分地噴四公升農藥，所以有露水沒露水，效果沒有太大的差異，且因無人機有風壓的關係，飛過稻葉上方後，稻葉上的水份就會被吹散。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：無人機在噴灑農藥時，螺旋扇風壓可以將葉片吹開，把農藥吹向作物根部，農藥再順著氣流再往上捲，除了根部有噴灑到藥外，葉子正反面也可以均勻附著農藥。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：使用起來好用方便，除此之外，在疑似發現稻作有病蟲害初期現象或是噴灑農藥後病蟲害未改善，都可以即時做除害及治療。以前傳統管式噴藥，必須要三個人以上才能作業，以大藥桶方式泡藥，水量與農藥量比例一次至少要泡五分地的藥量，因為噴到最後大桶子底下的農藥會不易抽出，所以會多泡藥去做準備，而無人機噴藥可以一個人去針對病蟲害地區實施小面積農噴。在飛行航線上，第一行及第二行的飛行路徑，有可能會發生邊線重疊或是漏噴狀況，因氣候及氣流的不穩定性，多數無人機使用者，會選擇重疊方式去做，以寧願多噴，也不要漏噴的方式作業。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：在代噴作業上會因客戶需求，將無人機出水量改裝加大水量也就是加多噴頭，讓無人機噴起來的出水量類似傳統拉管式，此方式可以增加農民的接受度，視覺上及落藥均勻上效果都比較好，另外將四噴頭的無人機加上Y自桿，改裝成八噴頭，改成八噴頭的好處，在於若遇到農民自行準備的農藥有凝結像豆花型狀時，因水量填加至一倍可有效的噴出農藥，不讓農藥阻塞在噴頭裡，以四噴頭而言，一分地農藥比例上使用二公升的水，而八噴頭為四~五公升的比例。另外在無人機噴藥前必須注意該田間是否有影響無人機時可能會碰撞到的障礙物，另外無人機本身有內建避障雷達，可以避免碰撞到障礙物前停止向前飛行，但遇到類似水管型障礙物，雷達會有誤判的可能，所以飛行時還是要注意田間是否避障雷達可能會偵測不到的物品，避免造成無人機在噴藥作業時發生掉落及故障，建議可以讓無人機避障之後還可以繼續執行噴灑作業。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等……有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：生長情形主要是跟肥料較有關係，稻作養得越肥沃，越容易得病，肥沃的稻作因稻葉茂密，所需使用的藥量也必須較重。在收成部分基本上還是以作物生長狀態為主，比如說作物得病蟲害，需要在9/1號噴藥，拖到9/7後才噴灑農藥，因為有些農友會將原本必須一期噴灑四次農藥的稻作，拖到一期噴灑三次農藥，所以農民在判別作物的病蟲害上，對收成有較大的影響。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：安全性高，對人的危害大幅降低，效率快，效果佳。

D 受訪者：（日期：2021/8/28、地點：太保市、訪談長度 27 分鐘 37 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：從事農業大約 40 多年，已使用四年速創科技農噴無人機噴藥於水稻上。

二、請問在農噴工作流程大概要注意要點哪些？

受訪者：無人機噴藥主要選擇使用水懸劑型農藥進行泡藥，每公頃使用 1 公升藥劑以 50 倍的水稀釋，調配後裝入無人機藥桶內，無人機設定航點主要使用 A-B 點作業模式，使用智能模組進行設定飛行高度（2.5 公尺），可啟動雷達散避障礙和自動繞障，噴灑時可使用用戶可在 App 界面適時調節作業效率（包含飛行器速度與噴灑用量）。該模式適合在近似三角形或四邊形的大面積區域進行作業。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：工作效率更高，解決人力短缺問題，操作時也不用暴露在高濃度的農藥環境中。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？

請您大略說明一下。

受訪者：以每公頃一樣的劑量，傳統管噴所需用水量每公頃約 1000 公升的水量，而無人機噴藥所需用水量每公頃約 50 公升的水量，因為無人機霧化效果好，以高濃度方式用 50 公升水量下去調配農藥，落點於稻作葉面上覆蓋面積相當足夠，所以霧化效果越好的噴頭，使用的調配水量相對於可以降低，在蟲害方面以高濃度霧化農藥，搭配螺旋槳風壓，提高對蟲害致死劑量。使農藥附著於葉片上不易滑落，相對減少土地污染的機率。一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)優點：噴藥機具成本較低且容易操作，相較背負式噴霧機勞動強度減低;缺點：作業人數需求高且操作人員易暴露於農藥之中。農噴無人機優點：無人機可定速、定高及定量噴灑飛行，作業效率為人工噴藥四分之一時間，操作人員可遠端遙控，遠離農藥，並可減少農業用水量;缺點：噴藥機械成本高，動力成本高，操作門檻高。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：無人機可於田間上方移動及閃避障礙物，搭配精準的航點設定及智能模組，降低遠距離地方操控不良的誤差，並減少施藥者暴露農藥的危害風險。使用水懸劑是一種可流動、具有一定粘度的液體農藥劑型，該劑型是以水為分散介質，使用時需以水稀釋調配，優點：顆粒極細，不易造成噴頭阻塞；溶劑含量低不易污染環境及造成藥害。若有搭配助手協助泡藥程序，可更快速完成田間噴藥，節省作業時間。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)，以一公頃來說，差不多需要兩個小時來噴灑農藥，現在使用無人機噴灑，差不多三十分鐘就好了，人比較輕鬆，作業時間也縮短了。在成效上面使用一般傳統噴藥高壓動力噴霧機(拉管)噴灑時容易於同區域停留或重複用藥，容易造成該區域水稻藥傷，影響產量減少，而使用無人機噴藥可準確噴灑每個區域並且可記錄灑過的區域不造成重複用藥，僅需要注意螺旋槳風量，既可達到比傳統式 20%成效。目前農村人口老化程度嚴重，在日新月異的科技下，無人機取代人力及降低勞力，科技的進步讓下一代更願意留在農村幫忙，現在也漸漸轉交給下一代去做無人機農噴。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

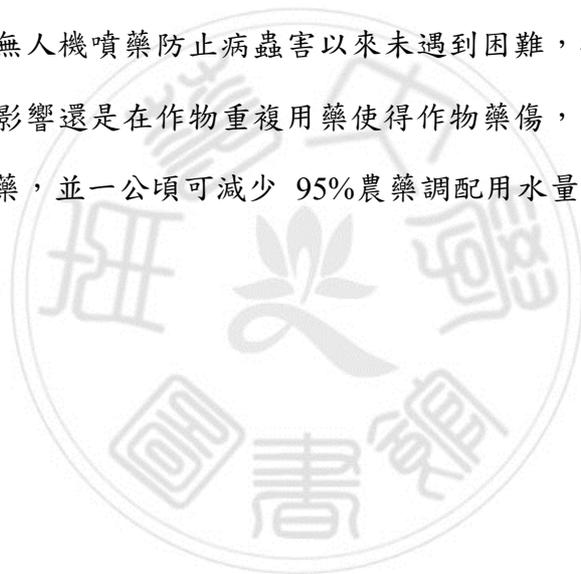
受訪者：提高無人機承載重量，以減少泡藥次數，遇大面積田地時，可簡化流程並快速完成噴灑作業，但欲提高無人機承載重量，螺旋槳風量就必須提高，風量提高後風壓過強，但使得水稻植株容易垂頭，影響水稻在自體授粉時，雄蕊上的花藥會破裂，此時的花粉相當細小，會因為垂頭植株花粉掉落，以及風壓過強吹散花粉導致授粉率降低。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等.....有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：若遇施肥適期施肥後，需要間隔三天才可實施農藥噴灑作業，採收時期與傳統式噴藥無異，若無嚴重天災影響，稻米收穫量明顯可提高 20%。因無人機霧化後農藥以及風壓帶動下，能準確及均勻噴灑於稻葉及稻梗上，在預防蟲害上面效果優異，藥效可比傳統試管噴多十天。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：目前使用無人機噴藥防止病蟲害以來未遇到困難，病蟲害部分與傳統噴灑方式無異，主要影響還是在作物重複用藥使得作物藥傷，以及作業效率提高、操作人員可遠離農藥，並一公頃可減少 95%農藥調配用水量，而代噴費用與傳統式差異不大。



E 受訪者：（日期：2021/9/13、地點：民雄鄉、訪談長度 35 分鐘 47 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：目前從事農業 7 年，已用無人機農噴約 3 年多。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：注意無人機不要碰撞到，再來就是注意農藥飄散，例如施藥範圍四周是否有敏感性作物、人、養殖場等，及風雨量。泡藥時不要讓混藥時的農藥產生化學變化，一旦起化學變化農藥會產生凝結狀態，在噴灑時容易造成噴頭阻塞現象，所以選擇每一種病蟲害選擇的農藥都要注意各農藥的酸鹼值，泡藥後的農藥最好在當天使用，避免藥效降低，再來本身使用的是大疆的 T16 植保機，在介面操作模式可以選擇規劃地圖模式、A B 點模式、手動模式，目前是使用 A B 點模式做操作，在飛行高度上設定 2.5~3 米，飛行速度上設定 2.5~3m/s，流速部分以噴頭孔徑大小做調整，飛行路徑使用 G P S 自動定位，選擇噴灑農地方位後，設定 A B 點來回噴藥。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：便利，在農藥噴灑是作物的均勻度上，無人機因固定飛速，所以比人工拉管事的均勻，因人工拉管式的主要是雙腳下去田間行走，遇到土壤濕潤時不易行走及團隊的配合度也會影響噴灑時，同區域農藥過多造成植物藥傷情形，但人工拉管式的有一優點，就是看到某一區的作物病蟲害較嚴重時，該區可是情況提高藥量。在手工拉管式的所需要的人力比較多，在農藥時會因配合每一個工人的時間，而容易錯失最佳噴灑時間。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？

請您大略說明一下。

受訪者：不用那麼多人力，可人力縮減，機動性高，用藥量減少，而減少藥量的主要原因是作物若遇到營養不足或是病蟲害發生時，傳統拉管式噴藥因人工及時

間效益上會選擇一次性施藥，且一次就要達到效果，而無人機噴藥則可以依作物生長情形，施加肥料、除害及預防，可分開進行，假如說作物目前發生稻熱病、紋枯病及二化螟的話，可先以各一支藥劑施藥，觀察三至四天後若未達到除害效果，可在噴第二次，很輕鬆，如果以傳統拉管式噴藥，若遇到未達除害效果，必須要再付一次工錢請人協助噴藥，所以傳統拉管式噴藥勢必要有一次根除病害的打算，相對的藥量必須加重。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：各種噴頭都必須注意哪些農藥混合後產生絮聚及凝集的狀況，未注意的話在農藥噴灑行進間容易會有阻塞及出霧量不穩定現象，粉劑農藥也不能添加太多避免太過濃稠，以十公升為例，農藥種類越多，水佔的比例就會降低，可能因農藥濃度過高造成藥害或高殘留的問題。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：目前使用大疆 T16 六螺旋槳植保機，覺得需特別注意鋰電池充電及儲放位置是否通風及避免溫度過高的區域。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：建議改善鋰電池使用壽命，以及政府開放總重 25 公斤以上的無人機，載重量增加相對也會增加，目前大疆 T16 噴灑寬幅約 4 至 4.5 米，若開放 25 公斤以上的無人機載具，噴灑寬幅可達 5 米以上，目前農噴無人機都有做收摺機翼，所以不必擔心無法載運。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等.....有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：曾經有一期稻作遭遇褐飛蝨，以噴灑 2 至 3 次，效果還未達預期，褐飛蝨主要長在作物根部，因當時作物已結穗，要將農藥完全噴灑至作物根部不易，

而第一期稻作與第二期稻作，會發生的病蟲害些微不同，每期噴藥的多寡，取決於作物病蟲害種類下去做防治動作。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：使用無人機飛了三年（六期稻作），有一期遭遇褐飛蟲噴灑無效情況，有可能是水量過少，但解決方式還是用無人機多噴灑幾次，未曾回去使用傳統拉管式下去施藥，因無人機農噴，安全性高、作業效率快，但個人覺得無人機農噴效果僅達到傳統拉管式農噴的 90%。



F 受訪者：（日期：2021/8/29、地點：新港鄉、訪談長度 32 分鐘 54 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：從事農業 20 多年，已使用無人機噴藥兩年半。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：依農藥種類所規定之使用方法及適用範圍，進行農藥稀釋泡藥，調配後的農藥於四小時內噴灑於水稻上，確保藥效的時效性，完成後裝入無人機搭載藥桶內，再來設定控制器連結網路，選擇操作模式為速創液晶螢幕遙控器，也可連結手機座控制，螢幕數據會顯示飛行速度、飛行高度、藥劑流量、噴灑流速，而飛行姿態由 GPS 自動鎖定，也可調整為手動控制，飛行高度主要設定在 2.5 公尺，藥劑流量設定為精準噴灑模式以每 1 公頃 20 公升做設定，必要時可調至 40 公升，流速部分每分鐘(l/min)數以噴頭孔徑大小做調整。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：噴灑於田地間均勻度佳，防蟲及除雜草效果佳，並有利於人力不足時使用，因作物病蟲害時間不確定性，以傳統拉管式噴藥缺乏人力噴灑，若請人以傳統拉管式代噴，會因為代噴人員時間安排不確定性，而錯過病蟲害有效除病蟲害時間，噴灑農藥時也容易暴露在農藥環境，所以自行使用無人機噴藥，不需請人代噴，讓水稻突發性遭遇病蟲害時，能適時噴灑農藥防護，且因遠距操作大幅度減少農藥對施藥者的危害。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？

請您大略說明一下。

受訪者：傳統的噴藥採人工手持移動速度慢、效率低，很容易發生同區域重複施藥的問題，導致稻米收穫量減少，以傳統管噴方法噴灑於水稻所需用水量每公頃至少約 500 公升的水量，而無人機噴藥所需用水量每公頃約 50 公升的水量，大幅減少勞力及農業用水量，無人機噴藥比傳統噴藥技術作業效率更高，在螺旋槳產

生向下的氣流，煽動水稻葉片，讓藥液更容易均勻分散於水稻上，達到最佳噴藥效果，有效提高作業效率，同時也更加有效的預防殺蟲效果，也大幅提高稻米收穫量。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：使用速創牌農用無人機載具噴藥機時，農藥的選擇性主要還是以水懸劑為主，水懸劑的有點是顆粒細小，不容易使得噴頭阻塞，而噴藥實施時，因螺旋葉片產生下壓氣流可將藥劑推散至稻米根莖部，對稻熱病防治有絕佳效果。現有速創牌農用無人機載具噴藥機僅單一農噴使用，而目前已有推出可搭載肥料、粉性農藥及影像回傳之機型，大幅提高無農機在農用上更有更多可行性。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：目前是使用速創牌農用無人機載具噴藥機，選擇四螺旋槳型的原因是下壓氣流較優，而未選擇八螺旋槳型每支多軸旋翼是以間隔一正一反不同旋轉方向的氣旋所以下壓氣流較為薄弱，且容易造成霧化農藥隨著行駛後氣流尾端形成集中收尾，使得水稻葉片互相向內傾斜，集中後的霧化農藥會互相結合使得因氣流向內傾倒的水稻藥量附著過多，會產生農藥傷害作物情形。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：提升無人機載運量，但會造成風壓過大，導致收成減少，噴嘴出霧量優化，提高飛行速度及噴灑寬幅，能大大提升工作效率。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等.....有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：生長情形需注意過大的風壓造成作物伏倒情形，以及花粉飛走而降低稻米生產量，農藥泡藥後需注意時效性，而最佳噴灑時間為清晨，因清晨風小且可順勢將作物上附有露水吹散以降低稻熱病感染，防蟲效果的部分，主要還是以噴

灑藥劑種類為主，對症下藥下與傳統是拉管噴藥無明顯差別，但在農藥附著力上，還是以無人機霧化後效果為佳。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：尚未遇到困難，使用無人機噴藥，安全性高，作業效率快，效果佳。



G 受訪者：（日期：2021/9/11、地點：嘉義市、訪談長度 34 分鐘 41 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：因無人機而從事農業，目前已做 2 年左右，主要使用大疆 mg1p 型。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：第一步驟是泡藥，泡藥時較常使用的農藥型分別有粒劑、粉劑、水懸劑、可濕性粉劑及乳劑五種型態，而這五種型態的農藥，以顆粒最粗及不容易溶於水的農藥優先調配，需要依順序調配的原因是避免農藥混藥後，有化學作用的反應，要常見的就是混藥後產生類似豆花型態，另外在泡藥時，最後一個步驟可以添加營養劑，而營養劑有分鈣跟氮磷鉀，氮磷鉀比較不會發生混入藥桶後發生凝固的問題，但含鈣的營養劑就容易使混藥後的農藥產生凝固問題，所以農噴時，若要同時使用營養劑時，會把有含鈣的液態肥剔除，另行噴灑。泡藥後，開始使用無人機遙控器定位及規劃飛行路線，高度的部分以無人機型態及噴頭種類做調整，我的話是使用原四噴頭改八噴頭，噴頭種類為圓錐噴頭，因圓錐噴頭噴出的範圍較扇形噴頭噴出的霧狀較狹隘，所以必須飛的高一點讓寬幅變大，因改了八噴頭出水量增加，不會因為飛高後農藥量降低，飛行速度方面只要依噴頭種類設定流量，無人機遙控器會自動幫你計算速度，假如一分地需噴灑四公升，模組既會將飛行速度調整至每秒 2 米 6 左右，但當天天氣側風風量較大時，必須再從新定位，假如說今天的農田是適合走南北向，若遇到東西向的側風，就必須將航線往東風的方向做調整，障礙物得部分可以在規劃航線將其繞開。噴灑過程中，需注意周遭有沒有障礙物、加藥及更換電磁，最後再使用手動飛行，將未噴灑到的地方補齊即可。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：可以減省勞力與人力成本，藥劑的附著性上更好，使用水量也可以減少，時間上作業效率比一般傳統拉管式快。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？請您大略說明一下。

受訪者：較不同的地方是在使用傳統拉管式噴藥時，不必去注意混藥的農藥是否會產生化學變化，因為傳統式拉管農噴水量比例較多，形成類似豆花的農藥也可以隨著大量的水噴出，但如果無人機噴頭有改成離心噴頭的話就可以像傳統式一樣，不用擔心會阻塞的問題。在勞力上有大幅減少，且以圓錐噴頭及扇型噴頭來使用的話，可以大幅增加農噴上的效率。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：無人機因有螺旋槳下壓氣流，可吹開作物葉片，讓農藥可以均勻噴灑到整顆作物，甚至是根部，附著性上也優於傳統。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：效率上優於傳統拉管式噴藥，只需要二人既可以完成噴藥作業且比傳統式的省力。在農藥上的挑選，還是要注意有些農藥顆粒不易溶解，有類似狀況的農藥都必須要避開，避免造成噴頭阻塞，而影響工作效率。每一個品牌的無人機做出來的構造會有些差異，像槳葉位置不一樣，所推動的氣流也會不同，有一些是為了要穩定，沒有顧慮到農民藥噴灑於作物上附著力的情況，有些無人機會造成農藥亂飄，目前所知雅拓的無人機，農藥隨著下壓氣流導至作物上的附著力是最好的。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：在GPS規劃路線及固定飛行速率的輔助下，無人機噴灑農藥時較不易重疊，但其中使用離心噴頭農噴的話，因噴頭會大量出水，需要的水量相對的就要比較多，時間上會比傳統拉管噴藥長，因飛越快用的量就越少，飛的慢用的量就要越多，但藥不可能增加，只能增加水，而無人機乘載有限，使用離心噴頭時

容易造成噴灑期間增加換桶的次數，降低時間上的效率，風大時容易使霧化農藥亂飄。然而為何會選擇使用離心噴頭，主要是因為顧客的關係，因使用離心噴頭噴灑農藥，噴灑出的水量大，霧化型態看起來較細小密集，顧客因傳統式拉管型的影響較容易接受此型態的農噴。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等……有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：生長情形部分在水稻穎花期正常情況下，一般會持續一週，主要在中午左右開始穎花，正中午開因溫度較高，有利於水稻穎花開放，所以水稻穎花期間盡量避免使用無人機農噴，必要時須避開中午開花時間，以老一輩的說法是上午十點前農噴結束，下午兩點後開始作業，此外主要還是以天氣為主，再者為施藥及施肥的即時性，防蟲效果的部分使用無人機農噴均勻性上效果比傳統拉管式噴藥來的好。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：目前本身使用的無人機電腦模組操作上尚未達到自身的期望，主要是電腦模組操作靈活度有限及屏幕尚未顯示想要的數據，但以目前新款及高單價無人機已有更貼近人性化的趨勢。

H受訪者：（日期：2021/9/7、地點：朴子市、訪談長度 1 小時 02 分鐘 03 秒）

一、請問您從事農業大約幾年？是否採用過無人機噴藥？

受訪者：從事農業 12 年，從去年開始使用，約已用一年。

二、請問在農噴工作流程大概要注意哪些？

受訪者：第一個要注意農藥是否對臨田污染，避免噴到別人的農作物導致賠償，第二點注意每一分地所需要的藥量跟水量，一般來說幼穗形成時，施藥次數 0 至 2 次，若逢多雨或多濕，雨後需即時下藥，否則容易產生稻熱病或紋枯病，所以若逢多雨，施藥次數會增加至 3 至 5 次。已泡藥之農藥需四小時內使用，以免揮發導致藥效降低，若以至田間準備施藥遇到下雨，可使用密封式儲存農藥，但再次倒入無人機使用時，因存放時容易造成農藥沈澱，故需加濾網過濾，避免噴頭阻塞。主要以無人機設定模組飛行，飛行速度為 3 米，也可調整至 2 米，2 米的話就是飛行速度較低，飛行較低同區作物受藥容度會相對變高，故飛行時若速度快，下壓氣流會變小，需將飛行高度降低。飛行航點設定主要使用 A-B 點作業模式，流量部分因無人機有另外改裝離心噴頭，一分地約噴灑 12 公升調配好農藥，以正常 3 公尺高度做飛行噴灑，若遇風大時，則須將高度降低 1.8 至 2 公尺高度，避免農藥飛散，再來確定好所要噴的農地大小，假如說 3 分地的話，則預先準備好 36 公升泡好之農藥至施藥農田噴灑，加快施藥速度。

三、請問當初使用無人機噴藥的考量因素為何？

受訪者：早期傳統式的負重量大，且費工費力，現在使用無人機農噴，一方面比傳統省時省力，另一方面可讓下一代有興趣承接家業。在實作上使用無人機農噴可以免下去泥濘中，可加快施藥的速度，經濟效益上因工資上漲效益降低，降低後提高薪水也找不到工人，氣候上的影響是遇到下雨天，可以等雨停後既可施藥，不必等到田地乾，再者使用無人機可降低農藥噴灑農藥吸入體內的問題及降低勞力。

四、請問使用無人機噴藥時，有哪些方面和您所接觸過的一般傳統噴藥較為不同？

請您大略說明一下。

受訪者：比較不一樣的地方在於使用無人機作業時，因螺旋槳帶動機子往上飛，在機子下方會產生風壓，此風壓的優點在於可以使下雨後或清晨的稻作上的水分吹散，有利於農藥均勻附著。下雨後的田地，因潮濕且鬆軟，傳統拉管式噴藥使用上難以行走，噴藥者若腳陷入泥濘中卡住，容易使同一區域稻作施藥量較重。使用無人機施藥所需勞力，僅需要一至二人，而傳統拉管式農噴至少需要三至四人，在農業人力缺少的狀態下，無人機有利農民減輕勞力及時間且對稻作可以最佳噴藥時機。以傳統拉管式噴藥一分地約使用五十公升噴藥量，而本人使用已改裝上離心噴頭的無人機農噴需十二公升噴藥量，約減少七成的噴藥量，另外以無人機來說，在搬運上面只需要小貨車既可運送，而傳統拉管式噴藥則需要大貨車才可運送。

五、無人機在噴藥時有甚麼特性？或有甚麼需求？

受訪者：正常無人機農噴方式是飛得越慢，相對下旋氣流變大，你就必須飛得高一點，飛得越快，下旋氣流變小，高度必然需要向低，因各區域氣候不一，以風大地區來說，農藥容易受風影響飄走，所以飛行高度設定十分重要，會因各個地區氣候，而使用上藥量有所不同。在農藥選擇上面較長選擇粉劑農藥，以本身經驗而言，作物較容易吸收粉劑農藥，但粉劑農藥泡藥後，底部容易有顆粒狀不易溶解，故再加入無人機藥桶時，必須使用過濾網過濾農藥顆粒，以避免噴灑時阻塞在管道及噴頭上，導致農藥出霧量不均勻。

六、請大略說明在無人機噴藥使用的感想、心得？

受訪者：使用水量較高的方式噴灑農藥的原因，主要是因為太濃縮的農藥，噴灑至作物上容易會有藥傷的情形發生，再者使用水量比例較高的農藥噴灑至作物上均勻性較佳，農藥水量多霧狀效果就會越好。而為了要讓無人機霧狀效果好，會

在無人機上面加裝離心噴頭，一組約一萬多元，可噴灑 500 甲地左右。使用無人機主要是為了可以一己之力顧自己的田地，不必為了農噴再去雇用工人，並減少自身勞力付出及農藥對身體危害。在使用傳統拉管式噴藥，若遇到較大的風量，容易讓農藥吹至農噴者的身上，噴到後會附著於施藥者的毛細孔內，不易沖洗，而使用無人機農噴，監看遙控器螢幕可預測噴灑路徑，施藥者容易迴避農藥上身。

七、對於使用無人機噴藥在運作上，有沒有甚麼想法建議，是可以改進的，可以改善使用成效？

受訪者：目前主要是因以遙控方式作業，噴灑路徑及機子與施藥者的距離可以掌握，施藥者較容易閃避霧化農藥，故安全性高，再者因不必要請工人協助噴藥，噴藥時間安排上效率提高且能讓作物得到即時防護，但因無人機的乘載重量有限，在替換藥桶及電磁上面會耗掉不少時間，所以無人機如果可以提高農藥乘載重量及電磁耐電性提高並減輕電磁重量，可以大幅提高無人機農噴速度。

八、以目前使用無人機噴藥方式來看，對於農作物的生長情形、防蟲效果等……有什麼想法，好或不好，為什麼？能不能舉例說明一下？

受訪者：噴灑農藥後，遇到下雨時，必須等雨停後再去重噴，對作物而言對病蟲害較有抗體。防蟲效果的部份，主要是用藥技術及噴藥技術較有關係，另外就是作物種類，像葉面較茂密及根部容易感染病蟲害的作物，使用無人機農噴會比傳統拉管式農噴效果佳。

九、目前使用無人機噴藥防止病蟲害，有遭遇甚麼困難？這樣的方式您認為對於防止病蟲害上幫助程度如何？

受訪者：目前使用無人機噴藥至今無遇到困難，主要是因為每天都會去田裡巡視，只要有發現作物有病蟲害初期現象或者是鄰田有病蟲害感染，會立即使用無人機去做預防及除害。