

國立臺灣大學生物資源暨農學院農業經濟學研究所

碩士論文

Department of Agricultural Economics

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master's Thesis

機械化栽培農法與木瓜產出之關聯性分析

The Association between Mechanized Cultivation

Management Methods and Papaya Production

陳奕儒

Yi-Ru Chen

指導教授：楊豐安 博士

Feng-An Yang, Ph.D.

中華民國 113 年 07 月

July, 2024



誌謝辭

本論文由楊豐安教授悉心指導完成，感謝豐安教授如此辛苦指導，豐安教授傳授我許多論文寫作技巧，也在專業知識上教導我許多，此外也特別感謝張宏浩系主任在這兩年的碩士課程中，在專業領域課程及選修課程上教導我既實務又不失學術的知識，也介紹許多農產業界的人脈給我認識，都讓學生我受益良多，在此必須對宏浩教授及豐安教授獻上深深謝意。

感謝我的家人支持，讓我可以放心就讀，每週北上學習，更感謝台大農經十六屆同學們，給予我如此難忘的學習回憶，一晃兩年的時間結束了，從小就不愛讀書的我沒想到有天居然還能重返校園，有榮幸可以來到台大農經與大家一起學習，兩年日子以來的歡笑與共同學習的過程都是我心中很重要的回憶，時間飛逝，兩年也即將結束，心中更是無限不捨。

最後還要感謝臺灣大學，謝謝臺大提供給我們如此完美的校園環境、硬體設備及優秀的師資與課程設計，才能讓我順利的完成碩士學位。

陳奕儒 謹致於

國立台大農業經濟學系研究所

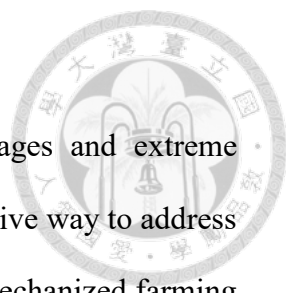
中華民國 113 年 7 月

摘要

農業正面臨勞動力短缺及極端氣候的嚴峻挑戰，農業的機械化成為應對這類問題的一種有效途徑。本研究旨在探討機械化農法對木瓜園經濟效益的影響，研究將木瓜園區分為實驗組和對照組，實驗組採用機械化栽培農法，而對照組則使用傳統栽培農法。並以迴歸模型分析採用機械化栽培農法與木瓜產出之關聯性，研究結果顯示採用機械化栽培農法對木瓜出貨數有顯著影響，但對價格沒有顯著影響。本篇研究結果對於木瓜農民了解機械化栽培農法的效益，以及促進臺灣農業機械化的推廣具有重要意義。

關鍵字：機械化栽培、網室、木瓜產業、經濟效益。

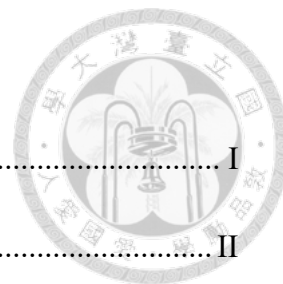
Abstract



Agriculture is facing severe challenges due to labor shortages and extreme weather conditions. Mechanization of farming has become an effective way to address these issues. This study aims to explore the economic benefits of mechanized farming in papaya orchards. The papaya orchards were divided into an experimental group and a control group, with the experimental group adopting mechanized farming methods while the control group used traditional cultivation methods. A regression model was employed to analyze the relationship between mechanized farming and papaya yield. The results showed that the adoption of mechanized farming significantly impacted the quantity of papaya yield but had no significant effect on the price. These findings are crucial for papaya farmers to understand the benefits of mechanized farming and to promote the mechanization of agriculture in Taiwan.

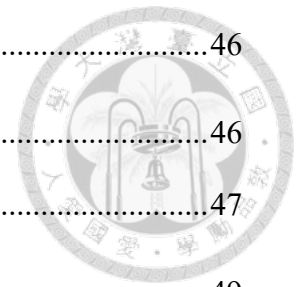
Keywords: mechanized cultivation, greenhouse, papaya industry, economic benefits.

目次



誌謝辭.....	I
摘要.....	II
ABSTRACT.....	III
目次.....	IV
圖次.....	VI
表次.....	VII
第一章 前言.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究目的與方法.....	2
第三節 研究架構與流程.....	3
第二章 產業現況與文獻回顧.....	5
第一節 木瓜產業概況.....	5
第二節 網室栽培.....	9
第三節 機械化栽培管理介紹.....	24
第四節 文獻回顧.....	29
第三章 資料來源及實證方法.....	35
第一節 資料來源.....	35
第二節 實證方法.....	36
第四章 實證分析.....	38
第一節 敘述統計分析.....	38
第二節 迴歸分析實證結果.....	42

第五章 結論.....	46
第一節 結論.....	46
第二節 建議.....	47
參考文獻.....	49



圖次



圖 1-3-1 研究實驗流程圖	4
圖 2-2-1 網室型態圖	12
圖 2-2-2 木瓜矮化型態圖	13
圖 2-2-3 木瓜輪點病毒及木瓜網室	14
圖 2-2-4 木瓜葉蟬危害狀況	16
圖 2-2-5 木瓜秀粉介殼蟲	18
圖 2-2-6 木瓜疫病危害狀況	20
圖 2-3-1 木瓜栽種機械化及傳統栽培所需田地規劃圖	25
圖 2-3-2 木瓜栽培流程表	26
圖 2-4-1 試驗期間每月木瓜與其他作物稅前累計淨利潤變化	31
圖 4-1-1 機械化與人工種植月收入比較圖	40
圖 4-1-2 機械化與人工種植全年出貨批發價格比較圖	41

表次



表 2-1-1 全台木瓜栽培面積	6
表 2-1-2 全球木瓜出口國統計	7
表 2-1-3 全球木瓜進口國統計	9
表 2-2-1 蚜蟲防治藥劑表	15
表 2-2-2 葉蟬防治藥劑表	17
表 2-2-3 秀粉介殼蟲防治藥劑表	19
表 2-2-4 木瓜疫病防治藥劑表	21
表 2-4-1 設施水果經濟效益試算	30
表 3-1-1 本研究被解釋變數	35
表 3-1-2 本研究解釋變數	36
表 4-1-1 實驗組與對照組成本差異	39
表 4-2-1 機械化栽培農法對木瓜銷售的影響	42
表 4-2-2 機械化栽培農法對木瓜銷售的影響（百分比）	43
表 4-2-3 機械化栽培農法與傳統栽培對木瓜收益比較	45

第一章 前言

第一節 研究背景



在臺灣，農業一直是國家經濟的重要支柱之一，其中木瓜是當地一種具有重要經濟價值的作物。然而，隨著農業勞動力的逐漸減少以及氣候變遷等因素的影響，木瓜產業面臨著諸多挑戰。臺灣農業正面臨勞動力短缺和氣候變遷的雙重壓力，這些問題在木瓜種植業中尤為突出。隨著社會發展和農村人口結構的變化，國民對需要繁重勞動傳統農業興趣不斷降低，導致農業勞動力的供應不足。同時，極端天氣事件的頻繁發生，如颱風、豪雨和乾旱等，對木瓜生產造成了嚴重影響，亦導致降低了木瓜的產量和品質。

為了應對這些挑戰，許多農民開始轉向機械化栽培。機械化栽培不僅可以減少對勞動力的依賴，從而緩解勞動力短缺問題，還能夠提高生產效率和降低生產成本。此外，機械化栽培能夠改善農民的作業環境，減少農業勞動的強度，並提高木瓜的產量和品質。然而，目前對於機械化栽培農法與木瓜產出之間的具體關聯性研究仍然有限。因此，本研究旨在深入探討機械化栽培農法對木瓜產出的影響，進一步分析機械化栽培在提高木瓜產量和品質方面的具體效果，並提出相應的建議，以促進臺灣木瓜產業的可持續發展。

通過本研究的深入分析，我們期能夠提供關於機械化栽培在木瓜生產中具有應用價值的證據，並提出促進臺灣木瓜產業可持續發展的具體建議。期望本研究成果能夠為政策制定者、農業技術推廣機構及農民提供有力度的參考依據，便於推動木瓜產業走向現代化和可持續發展。隨著技術的不斷進步和應用，臺灣的木瓜產業將有望克服目前面臨的挑戰，實現更高的生產效率和更好的產品品質。

第二節 研究目的與方法



面對全球氣候越發不穩定，病蟲害防治難以壓制，使得農藥使用量越來越高，造成農民防治成本增加，環境汙染，並且田間整體的病蟲害危害程度仍在上升，然後即便如此在缺工的情況下，並除害無法快速有效進行防治作業，就算是有再多的仙丹也於事無補。

農業部於 2017 年宣示「農藥十年減半」，要在 2027 年將國內化學農藥用量減半。農藥用量要在 2027 年從基期年的 9,139 公噸下降至 4,570 公噸，達到減半目標。但國內農藥用量自 2017 年後的各年度皆未明顯下降，去年用量約 9,392 公噸，甚至高於基期年，減半目標遙遙無期。臺灣要在十年內減少一半的農藥用量，臺灣高溫多濕，病菌容易滋生，而近年天乾少雨，又讓蟲害嚴重攀升，「薊馬、粉蝨、蚜蟲數量暴增」。許多農民反映作物收成不佳或賣相不好，不得已只能多噴農藥。

專職農民是以營利為優先的生產工作，因此農民需要思考如何節約成本及增加產量與產值，並施行各項整合工作來達工作最大效率化。在經濟中的考量，必須考慮病蟲害及天然災害發生後，施行各項防治工作是否符合生產成本，因此每位專職農民都必須自行精算工作項目，收支是否平衡並且穩定營利。另外，氣候亦是影響農產品價格的重要因素，農民不但要估算農作物病蟲害防治、勞力、雜項支出等成本結構，同時還須評估受氣候影響後的產量及後續的價量關係，以確保農作物利益最大化。

本研究設計網室木瓜園導入機械化栽培農法，目的就是降低生產成本、農藥使用量及工作時數為主軸，機械化栽培農法與傳統栽培農法在果園設計上，除須改變走到使機械能通行外，不會有太多的改變，但在減少的工作時數及效率提升表現上差異非常大。而本研究的機械化栽培農法，不但可以增加農民收入，減少

各項資材及勞力付出外，還可兼顧木瓜穩定產量，減緩環境汙染，符合世界永續環境的趨勢。



第三節 研究架構與流程

在臺灣，傳統農業面臨著基層勞動力短缺的嚴峻挑戰，許多農民為了求生存，不得不依賴失聯移工來填補勞動力缺口。根據統計，目前在台的失聯移工人數已經超過 7 萬人，這些失聯移工成了臺灣農業的隱形勞動力，支撐起了整個農業產業。儘管如此，臺灣目前僅有約 20% 的水果種植和 5% 的蔬菜種植實現了機械化。未來，為了應對勞動力短缺問題，必須大力發展農業機械化，否則即使有更多的人力投入，也難以滿足需求。因此，本研究針對網室木瓜果園進行整合性機械化測試，評估其在經濟效益和工作效率方面的表現。

為了測試木瓜園機械化管理與傳統栽培法在產值上的差異，本研究選擇了實驗園區和對照園區進行比較測試。研究流程如圖 1-3-1。兩個試驗田區的栽培面積均為 1 公頃，地點皆位於臺南市善化區茄拔，並且兩塊田區的位置相鄰，地理環境及氣候條件相同。所選用的木瓜種苗均來自同一苗場，品種為台農二號，土壤性質均為砂質壤土。栽種過程中，兩者採用了相同的栽培方法，並選用相同的肥料和農藥，以確保栽培管理的一致性。唯一的不同點在於田區設計規劃方式和灌溉設備的差異。通過對比產出的產值結果，來測試和比較木瓜園機械化管理與傳統栽培法的效果差異。

在實驗過程中，採收的木瓜果實均販售至連鎖超市，而超市對木瓜果實的品規要求為 600 公克以上才予以驗收。因此，本實驗以能夠販售至連鎖超市的木瓜果實數量來評定實驗結果，其他不符合規格的果實則不計入研究範圍。這樣的設計旨在確保研究結果具有實際應用價值，反映市場對木瓜品質的真實需求。

透過對栽培管理與田間設計的改進，加上農機具的輔助，本研究嘗試了許多前人未實測過的栽培方式。在合理的成本計算基礎上，觀察和記錄農作物的成效，從而為相關單位提供更多寶貴的實驗數據和結果，以推廣更具便利性和安全性的栽培方式。同時，這些改進也有助於農民更容易地掌握新技術，學習到更好更方便且具有經濟效益的田間管理方法。這不僅能實現友善環境、減少農藥使用，還能延緩勞動力短缺問題，降低生產成本，增加收入。

總結來說，本研究通過對機械化栽培與傳統栽培方式的對比，提供了實踐性的數據和建議，期望能夠推動臺灣木瓜產業的現代化和可持續發展。研究的具體流程如下圖所示。

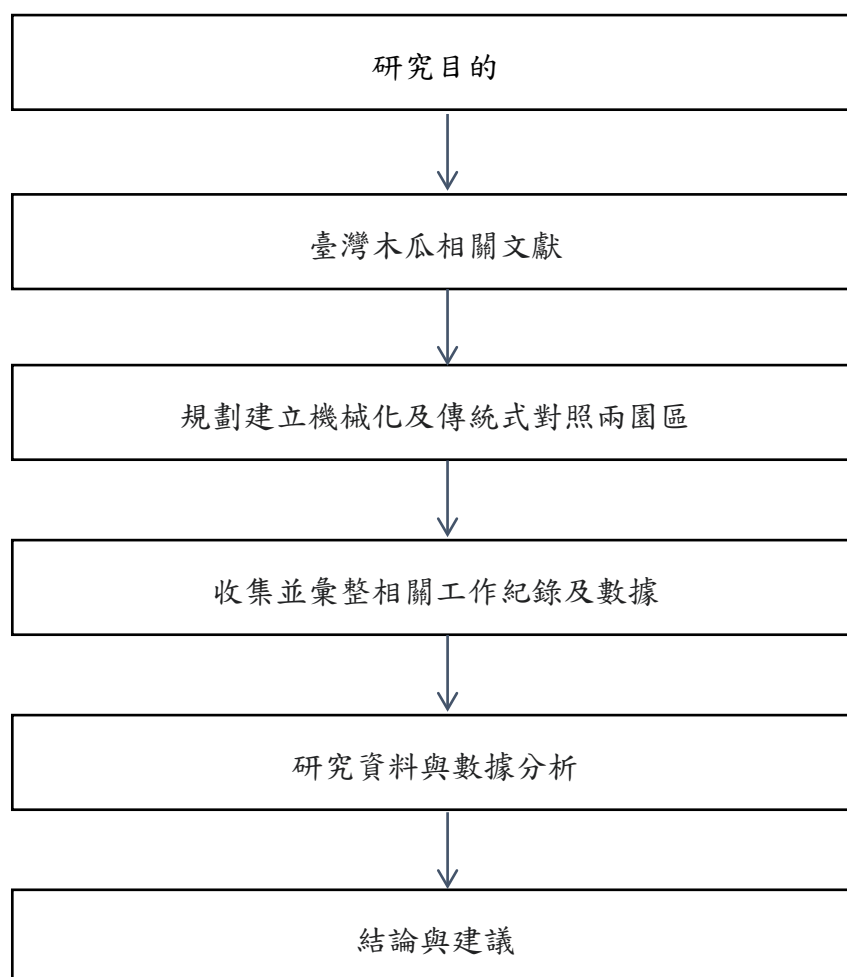


圖 1-3-1 研究實驗流程圖

資料來源：本研究整理

第二章 產業現況與文獻回顧



第一節 木瓜產業概況

臺灣木瓜種植始於清朝末年，由大陸引進，目前種植面積約 3,000 公頃，產量約 15 萬公噸。為防止木瓜輪點病毒病的危害，95%以上臺灣木瓜種植採用採網室栽培。臺南為最大產區，次為屏東、高雄、雲林、嘉義及南投等地。木瓜主要栽培品種為臺農 2 號，可全年生產，產量高，產期長，是具外銷潛力的經濟果樹。此外，雲林、花蓮及台東縣也有零星的木瓜栽培，儘管面積較小，但仍對整體產量有一定貢獻（吳寶芬，2013）。

臺灣北回歸線以南適合栽培木瓜。早期在屏東、高雄和台南是臺灣的主要產區，但在 1975 年開始在高雄阿蓮鄉及燕巢鄉首次發現輪點病毒以後，災情迅速擴大，使臺灣西部淪陷。因此木瓜栽培已到台東和花蓮。後來一直到網室栽培的技術推廣成功之後，臺灣西部的木瓜產業才又回復生機。網室栽培能有效降低病蟲害的風險，並且全年生產木瓜，使得市場供應穩定（王德男等，2006）。

台農 2 號是由鳳山熱帶園藝實驗分所於 1971 年以泰國種和日陞種雜交育成的新一代品種。於 1982 年命名為台農 2 號。此品種木瓜的成長性強，開花的比較早，果實結果的部位也比較低，方便採收。其果皮濃綠，果肉呈現紅色，氣味芳香而水分也多，糖度可以達到 12 度以上。但是後熟的速度快，儲存能力相對較弱，需要提早採收（李又立、王德男，2013）。

全臺木瓜栽培面積如表 2-1-1。臺灣木瓜產業通過不斷的品種改良和栽培技術的提升，逐漸克服了各種生產問題，提升了木瓜的產量和品質，這不僅滿足了國內市場的需求，也提高了臺灣木瓜在國際市場的競爭力。隨著科技的進步和農業技術的發展，臺灣的木瓜產業將有望在未來取得更大的突破和進展。

表 2-1-1 全台木瓜栽培面積



縣市鄉鎮名稱	種植面積 公頃	結實面積 公頃	每公頃收量 公斤	收量 公斤
基隆市	0.04	0.04	10,800	432
臺北市	3.2	3.2	15,309	48,989
新北市	3.46	3.36	20,309	68,237
桃園市	7.08	6.99	17,809	124,482
新竹縣	5.57	5.57	40,774	227,113
新竹市	0.11	0.11	49,891	5,488
苗栗縣	35.72	35.72	34,068	1,216,915
臺中市	16.36	16.14	42,185	680,870
彰化縣	38.84	38.54	37,830	1,457,956
南投縣	430.34	374.48	49,672	18,601,128
雲林縣	196.09	186.04	49,504	9,209,762
嘉義縣	270.61	243.61	49,607	12,084,693
嘉義市	10.02	10.02	46,028	461,196
臺南市	639.02	624.75	49,791	31,106,672
高雄市	291.05	289.57	54,739	15,850,812
屏東縣	698.06	683.76	51,243	35,037,949
宜蘭縣	5.78	5.78	24,337	140,665
花蓮縣	22.03	21.13	25,423	537,194
臺東縣	55.28	51.78	28,401	1,470,623
金門縣	0.27	0.27	21,148	5,710
澎湖縣	1.08	1.08	5,256	5,676

資料來源：農業知識入口網（2024）

全球貿易數據顯示，2023 年全球木瓜出口量減少，至約 36.5 萬噸。全球最大的木瓜出口國墨西哥的出口量預計全年將下降約 4%，至約 19 萬噸，原因是不利的天氣條件，據報道包括初秋幾個月缺乏陽光，阻礙了木瓜的出口。幾乎所有墨西哥木瓜出口都銷往美國，根據目的地貿易數據顯示，美國是全球最大的木瓜進口國，佔 2023 年上半年全球進口總量的一半以上（FAO，2024）。

全球市場第二和第三大木瓜供應商仍將是瓜地馬拉和巴西，預計到 2023 年它們的出口量可能分別為 5 萬噸和 4.2 萬噸。如表 2-1-2，為全球木瓜出口國統計。由於 2022 年 10 月熱帶風暴過後，產量繼續受到損害，危地馬拉的木瓜出口預計將在 2023 年減少 4%（FAO，2024）。

2023 年馬來西亞的木瓜出口量 14,000 噸左右。來自馬來西亞的供應幾乎全部運往新加坡，這種水果在新加坡很受歡迎。據馬來西亞的木瓜運輸繼續受到高生產成本和對細菌性植物病影響的擔憂的阻礙，這促使農民轉而種植其他經濟作物（FAO，2024）。其他出口國家還包含美國、荷蘭、菲律賓和葡萄牙等國（Tridge，2024a; Tridge，2024b）。

表 2-1-2 全球木瓜出口國統計

	2017–2021	2022	2023
	(...tonnes...)		
Asia	56 351	61 894	58 231
Malaysia	20 953	16 767	14 402
Africa	9 059	5 880	5 922
Central America and the Caribbean	232 087	260 722	250 893
Guatemala	57 104	50 994	49 015
Mexico	167 070	203 168	194 167
South America	44 827	40 181	42 458
Brazil	44 005	39 834	41 760
Oceania	223	159	211
World	347 248	375 024	365 702

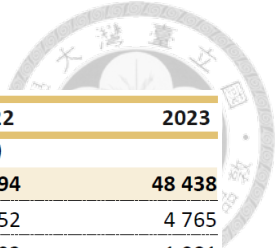
資料來源：FAO （2024）

初步數據顯示，2023 年全球進口量應基本穩定在 35 萬噸左右，其中美國仍將是全球最大進口國。如表 2-1-3，為全球木瓜出口國統計。美國對木瓜的需求依然強勁，2023 年進口量份額為 62% 萬噸左右，年進口額度達 1.655 億美元，5 年內成長率約 32.16%。木瓜因其富含維生素 C 的聲譽而受益。2023 年頭 10 個月，美國木瓜平均批發價格保持在較高水平，特別是在夏季，6 月達到每公斤 9.48 美元的峰值。儘管此後價格回到每公斤 9 美元以下，2023 年 8 月至 10 月期間平均價格為每公斤 8.82 美元，但 10 個月平均價格為每公斤 8.48 美元，仍顯著高於大流行前十年的平均價格。加拿大在 2023 年進口約 2380 萬美元，5 年內成長率約 10.89% (Tridge, 2024c)。

全球第二大進口國仍將是歐盟，預計到 2023 年僅為 9%。在 2023 年，其中葡萄牙進口約 2910 萬美元，5 年內成長率約 15.43%；德國進口約 2290 萬美元，5 年內成長率約-18.5%；荷蘭進口約 1220 萬美元，5 年內成長率約-26.4% (Tridge, 2024c)。

歐洲木瓜品種多為 FormosaPapaya、GoldenPapaya，產地多來自巴西。在南歐，木瓜視為異國情調的禮物。Formosa 木瓜價格較低，Golden 木瓜價格高但量少，每公斤價格在 4 美元左右 (Freshplaza, 2024)。

表 2-1-3 全球木瓜進口國統計



	2017–2021	2022	2023
	(...tonnes...)		
Asia	51 833	52 894	48 438
China	4 006	4 852	4 765
Japan	999	1 002	1 081
Saudi Arabia	1 849	363	109
Singapore	20 281	19 570	15 232
United Arab Emirates	13 104	18 897	16 793
Africa	10 040	11 229	8 762
Namibia	247	106	139
Central America and the Caribbean	20 939	19 801	16 166
El Salvador	19 761	18 623	14 752
South America	3 642	4 672	3 778
Northern America	197 894	220 892	236 894
Canada	18 068	19 004	19 302
United States of America	179 824	201 887	217 589
Europe	46 050	40 234	38 161
European Union	40 526	32 415	30 550
Oceania	619	788	918
World	331 016	350 510	353 117

資料來源：FAO （2024）

預計 2022 年至 2027 年全球木瓜市場規模將以 3.61 % 的複合年增長率成長。2022 至 2023 年產量成長率約在 3.01 %。而全球最大的木瓜產區則在印度，2023 年產量約 530 萬公噸，但似乎沒有外銷數據（Technavio， 2023）。

第二節 網室栽培

臺灣的木瓜產業因為必須採用網室栽培，面臨著獨特的限制與挑戰，這也導致了臺灣在木瓜栽培方法上與世界其他地區有所不同。特別是在網室、矮化技術，與灌溉方式上，臺灣發展出了多種獨特的栽培方法，其中以矮化木瓜技術在全球獨具特色。

在亞熱帶條件下，溫室栽培木瓜可全年收穫，在溫網室種植獲木瓜可得更高品質的產品。（Gunes & Gubbuk, 2011）即使在地中海氣候下土耳其種植熱帶作物，溫網室技術還提高了產量並改善了水果的品質。（Gunes, Oziyici, & Gubbuk,

2021) 西班牙是歐洲熱帶水果作物的主要生產國。在西班牙，木瓜種植集中在加那利群島 (Canary Islands) 與西班牙東南部，以簡易網室種植，與臺灣類似，也是目的防治病蟲害。(Hueso et al., 2019) 在西班牙有研究表明，溫室中配備主動氣候控制 (ActiveClimateControl, ACC) (透過冷卻和加熱系統) 種植的木瓜與配備被動氣候控制 (PassiveClimateControl, PCC) (只有溫室) 的溫室中種植木瓜相比，成長速度有所提高。其中 ACC 和 PCC 種植方法下，產量分別為 33.5 和 14.1Kg/m²，成本分別為 0.9 與 0.6 歐元/公斤。(Salinas, Hueso, & Cuevas, 2021) 網室栽培的番木瓜，在高溫的夏天常見後熟不正常，出現「橡皮肉」的現象。也會出現在低溫天氣 (趙筱倩、林慧玲、謝慶昌，2011)。

在臺灣的木瓜產業中，為了因應氣候變遷和病蟲害帶來的挑戰，網室技術被廣泛應用於果園管理中。不同類型的網室在保護木瓜植株免受自然災害和病蟲害方面各具特點。以下將深入探討木瓜產業中常見的網室型態及其特性，並討論其在提高果園生產效率和品質方面的應用與挑戰。

一、網室型態概述：

在木瓜產業中，主要的網室型態包括：

(一) 傳統簡易 32 目平織網室

特性：造價低廉，易於維護，通常在鋼索結構上覆蓋一層 32 目平織網子。

挑戰：對抗颱風能力有限，能有效防止蚜蟲，減少輪點病毒的風險

(二) 簡易針織網室

特性：造價較低，比較耐風，不易破損。

挑戰：不能完全阻止蚜蟲入侵，容易受到輪點病毒的影響。

(三) 針織綁附加強型網室

特性：耐風性較好，使用年限較長。

挑戰：造價較高，仍無法完全阻止蚜蟲入侵，風險存在。

(四) 32 目平織綁附加強型網室如圖 2-2-1

特性： 具有良好的耐風性和較長的使用年限。

優勢： 能有效防止蚜蟲，減少輪點病毒的風險。



這些網室型態各有其適用的場景和限制，果農們在選擇時需根據當地的氣候條件、預算和對病蟲害的防控需求進行合理的評估和選擇。

二、網室對木瓜產業的重要性：

(一) 保護作用與氣候適應性

網室不僅在保護木瓜植株免受自然災害如風災、雨淋等方面發揮著重要作用，也能有效降低極端氣候事件對果園的損害。特別是在臺灣的多颱風季節，適當的網室可以減少因強風而造成的果實損失和植株破壞，從而確保穩定的產量。

(二) 病蟲害防治效果

對於木瓜產業而言，病蟲害是一個長期存在且嚴重影響產量和品質的問題。不同型態的網室在防止蚜蟲等害蟲進入果園中的效果各異，這直接影響到是否能有效減少病毒和其他病害的傳播，進而降低農藥的使用量和環境風險。

(三) 網室的維護和管理

除了選擇合適的網室型態外，果農們還需要注重網室的定期維護和管理。這包括維修網室結構、定期更換老化的網子、清理果園周圍的雜草以及及時處理病蟲害的跡象等。良好的管理能夠延長網室的使用壽命，確保其持續發揮最佳的保護效果。

(四) 技術創新與未來發展

隨著農業技術的不斷發展，網室技術也在不斷進步和創新。未來的發展方向可能包括更為耐久和高效的網室材料、智能化的網室管理系統

以及更精準的病蟲害監測技術。這些創新將進一步提升木瓜產業的生產力和可持續性，使其能夠更好地應對全球變遷帶來的各種挑戰。

網室作為現代木瓜產業不可或缺的一部分，不僅為果園提供了必要的保護，還在提升生產效率和果品品質上發揮著重要作用。通過選擇合適的網室型態、有效的管理和持續的技術創新，我們有信心能夠促進木瓜產業的健康發展，同時保護環境和提升農民的生活質量。

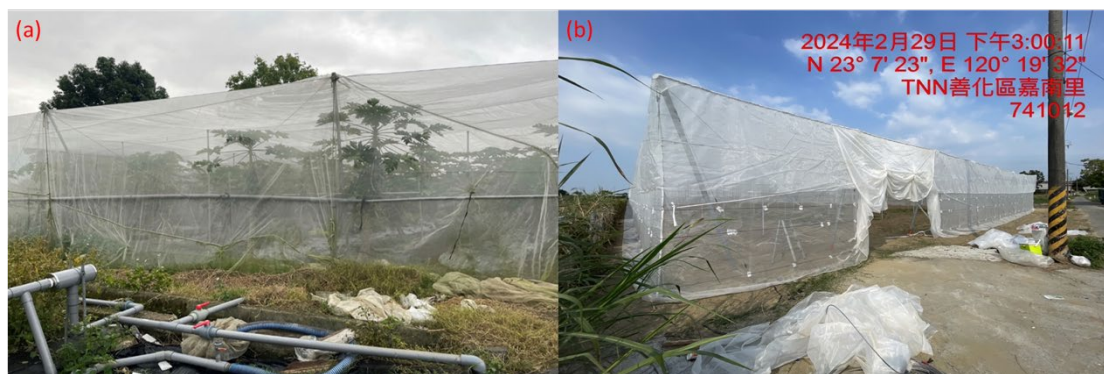


圖 2-2-1 網室型態圖

資料來源：本研究整理

三、矮化技術：

木瓜的矮化技術是通過控制植株的生長，使其保持較低的植株高度，便於管理和收穫。在臺灣，常見的矮化技術包括拉倒法、剖頭法和扭轉法，這些方法不僅能夠提高木瓜的產量和品質，還能節省生長空間和資源的使用。

（一） 拉倒法：

拉倒法是一種通過大量澆灌水分使土壤鬆軟，然後將木瓜苗直接拉倒至約 45 度角，再用繩子固定的技術。這種方法對木瓜樹的損傷最小，恢復速度也最快，且有利於木瓜快速開花。如圖 2-2-2 木瓜矮化型態圖所示。

（二） 剖頭法：

剖頭法則是在木瓜樹生長至約 100 公分高時，利用刀具將樹幹劃開，

然後慢慢將樹倒至 45 度角，並使用繩子固定，如圖 2-14 所示。雖然剖頭法是目前木瓜產業中使用最多的方法之一，但對木瓜樹勢的損害較大，恢復時間也較長，且在雨季容易導致樹基部腐病。如圖 2-2-1 圖 b 所示

（三） 扭轉法：

扭轉法通常在木瓜樹幹直徑約 20-30 公分時開始進行。這種方法利用雙手力量，順勢將木瓜樹幹扭轉至約 45 度角，然後用繩子固定住。相比於拉倒法，扭轉法對木瓜樹的損傷較小，但比剖頭法稍大。其恢復速度屬於中等，是一種受到農民較少使用的矮化方式。然而，在雨季時使用扭轉法容易造成樹基部腐病的問題。如圖 2-2-2 圖 c 所示



圖 2-2-2 木瓜矮化型態圖

資料來源：本研究整理

四、木瓜病蟲害

木瓜（*Carica papaya* L.）常受到多種病蟲害的威脅，這些病蟲害對木瓜的生長、品質和產量造成不同程度的影響，以下分別就木瓜病蟲害及防治策略做說明。

（一） 木瓜病蟲害簡介

1. 輪點病毒（Papaya ringspot virus，PRSV）

目前全世界木瓜主要以全露天栽培為主，唯獨臺灣木瓜生產主要以網

室栽培為主，主因是西元 1975 年在高雄縣燕巢鄉發現首例木瓜輪點病毒（Papaya ringspot virus，PRSV），之後幾年臺灣各地區陸續淪陷，重創臺灣木瓜產業。木瓜輪點病毒葉片呈斑點狀，如圖 2-2-3。輪點病毒主要是由有翅蚜蟲和機械傳播，因此臺灣農政單位後來推行以搭設網室種植木瓜，其網子間細皆為 32 目網，有效防止蚜蟲進入木瓜果園內，也因有此方式推行臺灣木瓜產業得以復甦，也有效防止木瓜輪點病毒的擴散。

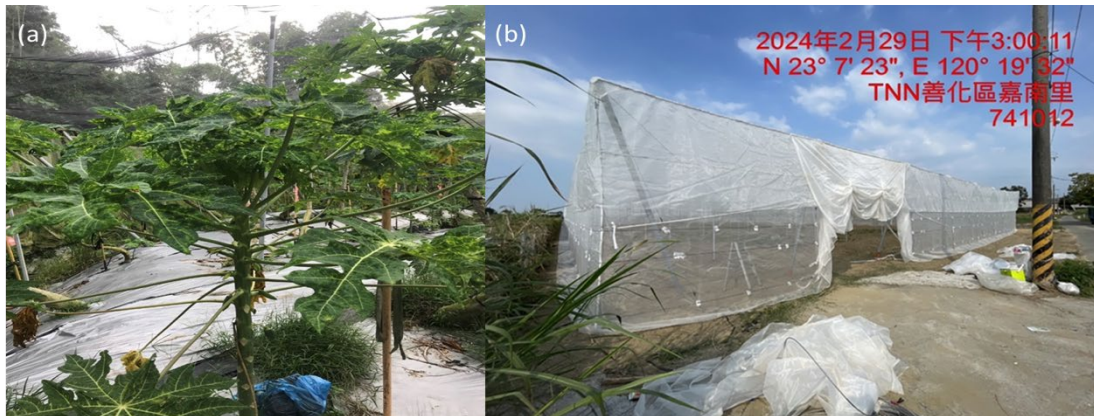


圖 2-2-3 木瓜輪點病毒及木瓜網室

資料來源：本研究整理

表 2-2-1 蚜蟲防治藥劑表

藥劑名稱	稀釋倍數（倍）	安全採收期（天）	容許量（ppm）
18.2%益達胺水懸劑	8,000	6	0.5
9.6%益達胺溶液	4,000	6	0.5
9.6%益達胺水懸劑	4,000	6	0.5
28.8%益達胺溶液	12,000	6	0.5
10%賽速安水溶性粒劑	3,000	21	0.4
25%賽速安水溶性粒劑	7,500	21	0.4
1%賽洛寧可溼性粉劑	700	6	1.0
2.5%賽洛寧微乳劑	2,000	6	1.0
2.8%賽洛寧乳劑	2,000	6	1.0
2.8%賽洛寧水懸劑	2,000	6	1.0
5%賽洛寧水分散性粒劑	3,500	6	1.0

資料來源：台南區農業改良場（2014）

2. 木瓜葉蟎（red spider mite）：

臺灣採行網室栽培的木瓜產業面臨著嚴重的蟲害問題，其中以木瓜葉蟎為最大的病蟲害之一，如圖 2-2-4 所示。由於網室內通風不良且缺乏天敵，這些網室成了葉蟎繁殖的溫床。主要的葉蟎害物包括二點葉蟎（*Etranychus urticae* Koch）和神澤式葉蟎（*Etranychus kanzawai* Kishida），它們通常隨風被吹動或攀附在農民身上，由農民進出果園間接傳播。這些葉蟎以木瓜葉片為食，吸食葉片內的細胞液，破壞葉綠素，導致葉片出現黃化和斑點，。這嚴重影響了木瓜的光合作用，導致葉片大量泛黃

掉落如，直接影響了果實的產量。由於葉蟥繁殖速度快，農民常常來不及進行有效的防治。

葉蟥特別喜愛炎熱乾燥的環境，因此夏季是它們活躍的季節。常見的化學藥劑如表 2-2-2 所列，用於防治這些害蟲。因此，在木瓜栽培中，特別需要注意管理網室內的環境，加強葉蟥的監測和防治措施，以保證木瓜的健康生長和良好的果實品質。

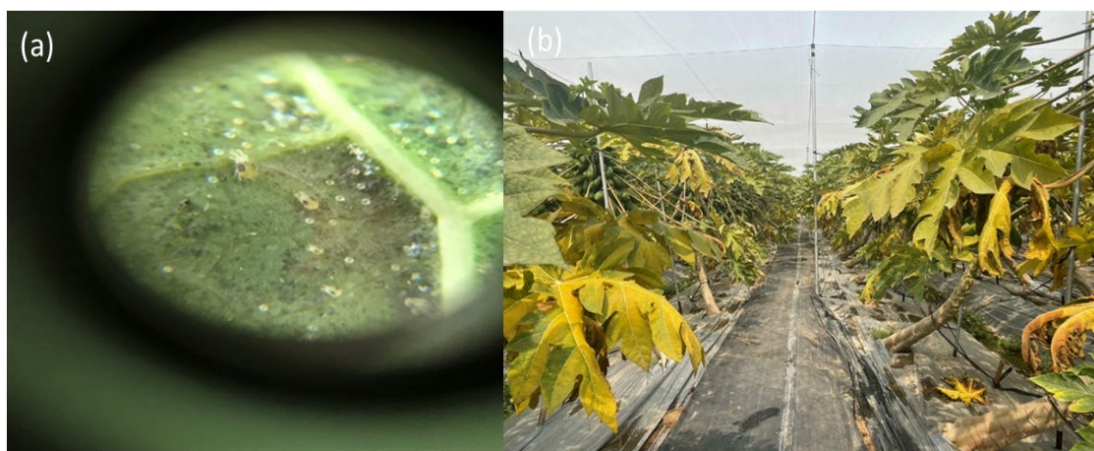


圖 2-2-4 木瓜葉蟥危害狀況

資料來源：本研究整理

葉蟥的生長週期極短，僅需 7 至 10 天，這使得它們很快就能繁殖並發展抗藥性。這些因素導致葉蟥族群迅速擴散，往往超過了經濟危害的界限，給農民帶來嚴重的經濟損失。

表 2-2-2 葉蟬防治藥劑表

藥劑名稱	稀釋倍數 (倍)	安全採收期 (天)	安全容許 (ppm)
4%畢汰芬水懸劑	3,000	6	0.1
42%克芬蟎水懸劑	4,000	15	2.0
20%賽芬蟎水懸劑	2,000	12	1.0
10%得芬瑞可溼性粉劑	2,000	6	0.5
30%賜派芬水懸劑	2,500	6	0.5
5%合芬寧膠囊懸著劑	500	6	0.5
18.3%芬殺蟎水懸劑	3,000	12	0.5
10%依殺蟎水懸劑	3,500	3	0.2
1%密滅汀乳劑	1,500	6	0.2
10%芬普寧水懸劑	1,000	9	1.0
10%芬殺蟎乳劑	1,500	12	0.5
15%芬殺蟎水懸劑	2,500	12	0.5
30%賽派芬水懸劑	2,500	3	0.3
30%賜派芬水懸劑	2,500	6	0.5
18.3%芬殺蟎水懸劑	3,000	12	0.5
15%芬殺蟎水懸劑	2,500	12	0.5
10%芬殺蟎乳劑	1,500	12	0.5
24%賜滅芬水懸劑	2,000	7	1.0
15%亞醃蟎水懸劑	1,500	14	1.0

資料來源：台南區農業改良場（2014）

3. 木瓜粉介殼蟲 (*Pseudococcus cryptus*)：

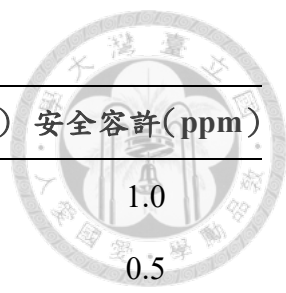
是木瓜栽培中的一種重要害蟲，屬於介殼蟲科 (Pseudococcidae)。這類害蟲以吸食植物的汁液為生，主要寄生於木瓜的葉片、嫩枝及果實表面，並且會分泌出一層白色粉末狀的保護殼，以保護自身及卵。木瓜粉介殼蟲的寄生會導致木瓜植株葉片變黃、枯萎，嚴重時甚至影響果實的生長和品質。木瓜粉介殼蟲 (*Pseudococcus cryptus*) 是木瓜栽培中的一種重要害蟲，屬於介殼蟲科 (Pseudococcidae)。這類害蟲以吸食植物的汁液為生，主要寄生於木瓜的葉片、嫩枝及果實表面，並且會分泌出一層白色粉末狀的保護殼，以保護自身及卵。木瓜粉介殼蟲的寄生會導致木瓜植株葉片變黃、枯萎，嚴重時甚至影響果實的生長和品質如。



圖 2-2-5 木瓜粉介殼蟲

資料來源：本研究整理

表 2-2-3 秀粉介殼蟲防治藥劑表



藥劑名稱	稀釋倍數 (倍)	安全採收 (天)	安全容許(ppm)
20%亞滅培水溶性粒劑	2,500	7	1.0
21.8%速殺氟水懸劑	3,000	14	0.5
50%速殺氟水分散性粒劑	7,500	14	0.5
20%亞滅培水溶性粉劑	2,500	7	1.0
15% 賜派滅水分散性油懸劑	2,500	10	0.4
99%礦物油乳劑	200	0	0.0
20%達特南水溶性粒劑	2,000	15	1.0
10%賜派滅水懸劑	1,500	10	0.4

資料來源：台南區農業改良場（2014）

4. 木瓜疫病

木瓜疫病菌是一種通過土壤傳播的病原體，通常以菌絲或厚膜孢子的形式生存在木瓜的根系和土壤中，或者寄生在其他寄主植物上。當灌溉或降雨導致土壤濕度達到飽和時，病菌會產生孢囊和游走子，這些游走子成為初次感染的來源。游走子能在水中游動，通過水流四散傳播。此外，孢囊和游走子還可以通過風雨的吹送或被小動物（如蝸牛、蛞蝓和螞蟥等）攜帶到木瓜樹幹和果實表面，進而侵入並引發感染，導致木瓜病害的發生。

木瓜的根腐病和果腐病如圖 2-2-6 都具有潛伏期，這意味著病害在初期階段並不容易被發現。特別是在通風不良的環境下，這些病害會迅速蔓延並造成嚴重危害。當農民發現病害時，往往已經到了相當嚴重的階段。木瓜果實的病變通常在出貨到消費者手中後才會顯現，這導致雨季期間木瓜的價格普遍不佳，且品質下降，對農民的經濟收益造成負面影響。

為了應對這一問題，本研究在雨季來臨前採取了一系列預防措施。首先，我們會施用蝸牛防治藥劑，以減少蝸牛等小動物對病原體的攜帶和傳播。其次，我們會噴灑預防性資材，以抑制病菌的生長和擴散。這些預防措施的目的在于減少木瓜疫病的發生，提高木瓜在雨季期間的質量和市場價格。

此外，為了進一步控制木瓜疫病，我們加強田間管理，保持土壤的適當排水性和通風性。可以通過合理的灌溉方式避免土壤長期過濕，並定期進行田間巡查，及時發現和處理病害。對於已經受到感染的植株，應及時清除並妥善處理，以防止病害的進一步蔓延。

總結來說，木瓜疫病的防治需要綜合採取多種措施，包括藥劑防治、預防性噴灑和田間管理。只有這樣，才能有效減少木瓜病害的發生，提高木瓜的產量和品質，保障農民的經濟利益。通過科學的病害防治策略，我們可以在雨季來臨時仍然保持木瓜的高品質和市場競爭力。



圖 2-2-6 木瓜疫病危害狀況

資料來源：本研究整理

表 2-2-4 木瓜疫病防治藥劑表

藥劑名稱	稀釋倍數（倍）	安全採收（天）	容許量
60.8%氟比拔克水懸劑	1,000	14	2.0
700PCU/g 純白鏈黴菌素水 溶性粉劑	800	0	-
27.12%三元硫酸銅水懸劑	800	0	-

資料來源:台南區農業改良場（2014）

(二) 木瓜病蟲害防治與管理

當談到木瓜產業的防治與管理策略時，我們不得不深入探討各種有效的方法和技術，以應對病蟲害對木瓜生產的潛在威脅。這些策略不僅包括選育抗病品種和綜合防治方法，還涉及到合理施肥、灌溉管理、病毒監控與檢測等多方面的操作。以下將對這些策略進行深入分析和討論，以探索如何最大程度地提升木瓜產業的生產效率和產品質量。

1. 選育抗病品種的重要性

選育抗病品種是防治木瓜病蟲害的重要策略之一。傳統育種技術和現代生物技術的結合，使得科學家們能夠針對性地培育出具有抗病性的木瓜品種。例如，對抗木瓜褐斑病毒（PRSV）的抗性品種，能夠有效降低病毒的傳播風險和植株的感染率。這些抗病品種不僅在木瓜產業中具有重要的應用價值，還能夠減少對化學防治藥劑的依賴，從而降低農業生產的環境風險。

2. 綜合防治策略的應用

綜合防治策略是一種綜合利用多種防治方法，以最大限度地減少病蟲害對木瓜生長的影響。這包括定期的病蟲害監測和早期識別、合理施用化學防治藥劑、引入天敵等生物防治措施，以及果園衛生管理等。這些策略的有效應用能夠顯著減少病蟲害的擴散和損害，進而保護木瓜產業的持續發展。

3. 合理施肥和灌溉管理的重要性

施肥和灌溉管理直接關係到木瓜植株的健康狀態和生長效果。適當的施肥可以提高木瓜植株的營養狀態，增強其抗病能力，從而減少病蟲害的發生機率。同樣地，良好的灌溉管理能夠確保木瓜植株的水分供應

充足，有助於提升其生長的抵抗力和免疫力。這些管理措施不僅改善了木瓜的產量和品質，還有助於減少農業生產中的浪費和資源消耗。



4. 病毒監控與檢測技術的應用

隨著科技的進步，病毒監控與檢測技術在木瓜產業中的應用也越來越重要。定期進行病毒和病蟲害的監測，能夠及早發現潛在的病害源，並進行有效的隔離和防控。現代的檢測技術如 PCR（聚合酶鏈式反應）和 ELISA（酶聯免疫吸附法）等，能夠快速、準確地檢測出木瓜植株中的病毒和病原體，為防治策略的制定提供科學依據和支持。

總結來說，有效的防治與管理策略是保障木瓜產業生產穩定和增長的關鍵。從選育抗病品種到綜合防治策略的應用，從合理施肥和灌溉管理到病毒監控與檢測技術的採用，每一項策略都在不同層面上貢獻著。未來的研究需要進一步深入探索和優化這些策略，特別是在應對氣候變遷和全球化挑戰的過程中。透過持續的技術創新和農業管理的提升，我們有信心能夠推動木瓜產業向更高效、更可持續的方向發展，從而為全球農業貢獻更多正能量。

臺灣的木瓜產業在面對栽培限制和挑戰時，通過不斷的創新和研究，開發出多種專屬的栽培技術，這些技術大大提升了木瓜的生產效益和抗病蟲害能力。未來，隨著技術的不斷進步，木瓜的機械化栽培和管理將會進一步優化，這不僅有助於提高生產效率和產品品質，還能有效應對全球農業可持續發展的挑戰。

目前，臺灣木瓜的栽培方式主要包括不同型態的網室栽培。這些網室各有其適用情境和特定的優缺點。例如，封閉式網室能有效隔絕外界病蟲害，但可能會導致通風不良，影響木瓜的正常生長。而開放式網室雖然通風條件較好，但對於病蟲害的防禦效果相對較弱。因此，農民在選擇網室類型時，需要綜合考慮當地

的氣候條件、病蟲害狀況以及經濟成本等因素，才能確保木瓜的產量和品質穩定。

此外，隨著氣候變遷和全球市場需求的變化，臺灣木瓜產業需要不斷適應新挑戰。政府和科研機構應加大對木瓜栽培技術的支持力度，包括提供資金、技術培訓和政策支持，鼓勵農民採用先進的機械化設備和管理方法。通過這些措施，不僅能提升木瓜的生產效率，還能減少對環境的負面影響，實現可持續的農業發展目標。

在未來，臺灣的木瓜產業將持續探索和應用新技術，如智能農業和數字化管理系統，這些技術能夠實時監測和調控木瓜的生長環境，精準施肥和灌溉，從而進一步提升木瓜的產量和品質。同時，加強與國際農業科研機構的合作，共享最新的研究成果和技術經驗，也將為臺灣木瓜產業的發展帶來新的機遇。

總之，臺灣木瓜產業在面對栽培限制和挑戰時，通過創新和技術進步，不斷提升生產效率和產品品質。在未來，隨著技術的不斷優化和應用，臺灣的木瓜機械化栽培與管理將繼續進步，為全球農業可持續發展作出貢獻。同時，農民需要根據當地的具體條件，選擇適合的網室栽培模式，以確保木瓜產量和品質的穩定，並應對各種環境和市場的挑戰。

第三節 機械化栽培管理介紹

木瓜的機械化栽培管理方面，通常涉及多項技術和策略，以提高生產效率和果實品質。本研究將探討木瓜機械化栽培的主要方面，包括栽培技術、管理措施和技術工具的應用。

一、栽培技術

木瓜的機械化栽培技術包括適當的植株配置、行間距和行距設計，以便機械設備可以有效操作並達到最佳產量。例如，與傳統栽培技術相比較下機械化栽培畦寬為 14 台，水溝為 4 台尺；而傳統栽培畦寬為 18 台尺，水溝寬為 2 台尺，兩者株距都為 7 台尺，每公頃栽培顆數皆為 1,500 棵木瓜樹（圖 2-3-1）。選擇適合的品種也是成功栽培的關鍵因素，例如耐病害、高產量和優質果實的品種。此外，栽培過程中的灌溉管理和肥料施用也是影響生長發育的重要因素，這些技術可以通過機械化系統精確地實施和調控，從而提高生產效率和節省成本。

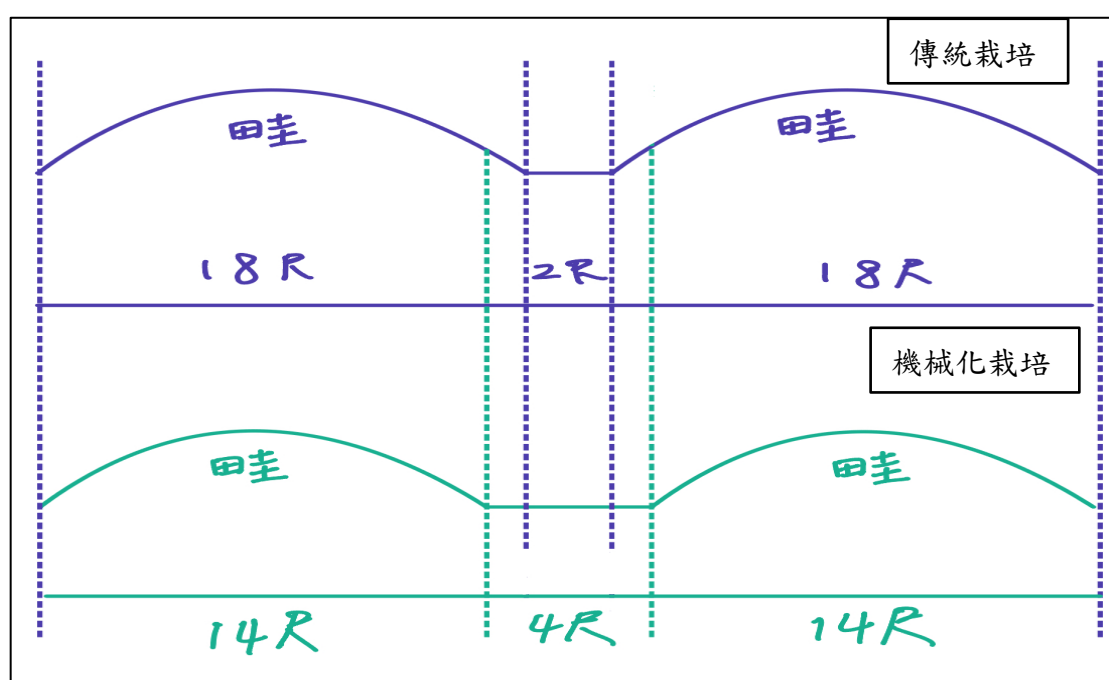


圖 2-3-1 木瓜栽種機械化及傳統栽培所需田地規劃圖

資料來源：本研究整理

二、管理措施

在機械化栽培管理中，從整地如圖 2-3-1 規劃開始種種環節與及時的病蟲害防治和疾病監測是至關重要的。利用機器設備進行病蟲害施藥，能夠快速響應和控制病害的擴散，減少農藥的使用量並保證果實的安全和品質。此外，定期的田

間管理操作如修剪和採收也可以通過機械化設備進行，提高勞動效率和作業品質。

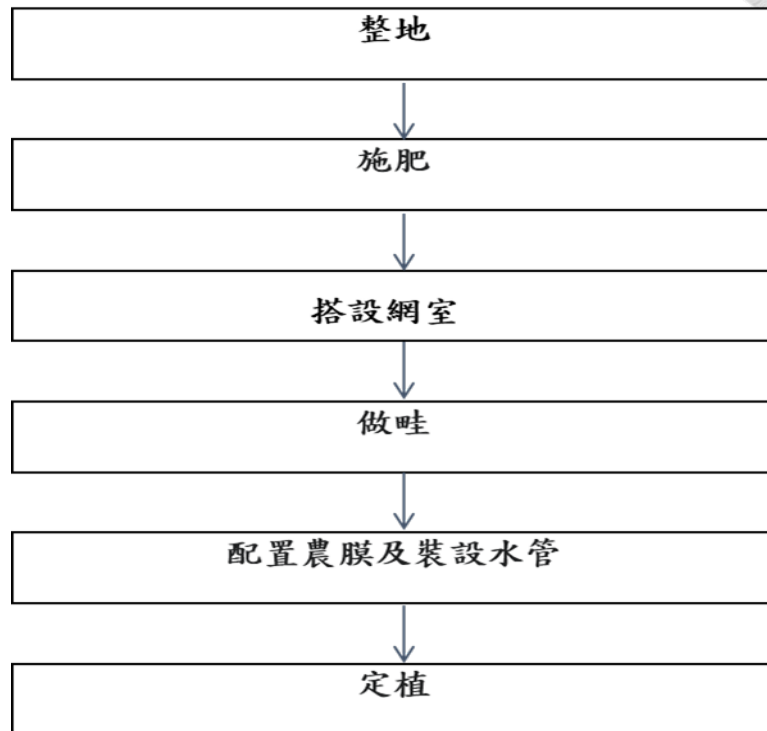


圖 2-3-2 木瓜栽培流程表

資料來源：本研究整理

目前的研究致力於在臺灣木瓜產業中引入各種先進的省工技術，這些技術主要包括自走式噴藥車、田間搬運車的應用，以及木瓜果園灌溉設施的改良。這些技術的引入旨在提高生產效率、改善作物品質，同時降低勞動力成本，有效應對農業勞動力短缺的挑戰，並促進農業的可持續發展。

三、自走式噴藥車的應用與效果

自走式噴藥車作為現代農業管理的重要工具，具備高度自動化和精準的操作特性，對於木瓜產業的發展影響深遠。這些先進的農業機械不僅能夠精確控制農

藥的施用量和範圍，從而有效防治病蟲害，同時還能夠減少農藥的使用量，降低環境污染的風險。過去的研究已經充分證明，自走式噴藥車在木瓜產量提升和作物品質改善方面的效果顯著。這些技術不僅提高了木瓜的抗病性和生長速度，還增強了農業生產的安全性和可持續性。

四、田間搬運車的角色與貢獻

在木瓜果園的日常管理中，田間搬運車扮演了不可或缺的角色。這些現代化的農業機械不僅應用於播種、灌溉和收穫等主要作業，還通過提高作業效率和降低勞動成本，顯著改善了農業生產的整體效益。田間搬運車的普及使用不僅促進了木瓜的快速運輸和集中處理，還確保了木瓜的新鮮度和品質，這對於提升產品市場競爭力至關重要。

五、改良的灌溉設施對生產的影響

隨著農業技術的不斷進步，灌溉設施的改良已成為提升農作物生長和發展的關鍵因素。本研究引入了 PVC 水管噴頭等先進的灌溉技術，這些技術改進顯著提高了水資源的利用效率和土地的水分管理能力。改良後的灌溉系統不僅能夠實現水資源的均勻分佈，還能根據木瓜的生長需求進行精確灌溉，從而促進土壤的健康和作物的全面生長。這些技術的應用不僅增強了土壤的肥力和氧氣含量，還有效提升了木瓜的抗逆性和生產力。

六、綜合效果與社會影響

總結來說，自走式噴藥車、田間搬運車和改良的灌溉設施等技術的綜合應用，為臺灣木瓜產業帶來了顯著的改進和提升。這些技術不僅提高了木瓜的生產效率和市場競爭力，還減少了生產成本和環境負擔，從而實現了生產、環境和社會效

益的多贏局面。未來的研究將繼續探索和優化這些技術的應用，以應對全球變遷和市場需求的挑戰，促進農業可持續發展和繁榮。



七、未來展望與挑戰

然而，面對氣候變遷、自然災害和市場變動等多重挑戰，我們仍需進一步研究和創新，以應對農業面臨的各種挑戰。特別是在技術創新和管理模式方面，持續改進和提升將是未來研究的重要方向。透過更深入的技術應用和推廣，我們期待能夠實現更高效、更環保的農業生產模式，從而推動臺灣木瓜產業的長期發展和繁榮。

第四節 文獻回顧



農業在臺灣面臨多樣的氣候挑戰，如高溫、潮濕、颱風和寒害等，這些因素常導致作物病蟲害、災損和供需不平衡。隨著全球氣候變遷的加劇，長期乾旱或突然強降雨更加增加了農業生產的不確定性和損失。為了應對這些挑戰，臺灣積極推動發展適合其氣候特性的溫室系統和其他設施栽培技術，以降低氣候風險，解決農業面臨的困境，同時開拓新的農業發展機會（王蕙婷，2019）。

一、農業設施化種植效益

設施栽培被廣泛認為是穩定農業生產和提高農產品品質的有效方法。臺灣自 30 年前開始使用各種溫室和網室，近年更引入智能型溫室，這些設施的種類繁多，其建造和運維成本差異很大。主要的蔬菜、水果和花卉作物通常使用簡易的塑膠布或網室。在臺灣不同的地區和氣候條件下，農民根據不同作物的需求和環境特點，選擇不同類型的設施栽培，以提高生產效率和投資回報率。

根據 2018 年的調查資料，以木瓜、葡萄和草莓三種水果為例，這些作物的投資回報率均為正值。其中，草莓的投報率達到最高的 80.38%，葡萄和木瓜分別為 69.82%和 60.63%。在木瓜的栽培中，使用水平棚架可以獲得較高的粗收益（22.56 萬元／分地），如表 2-4-1 所示，而投資回報率最高的是簡易固定型溫室，達到 82.61%。不同類型的設施栽培技術能夠有效提高作物的產量和品質，並增加農民的經濟收益。

總結而言，臺灣農業的設施栽培技術不僅能夠應對氣候變化帶來的挑戰，還能夠提高農業的永續性發展，為農民創造更多的就業和經濟機會。未來的研究和實踐應進一步優化設施栽培技術，以滿足不斷變化的市場需求和環境條件（萬鍾汶等，2018）。

表 2-4-1 設施水果經濟效益試算

作物項目	全部樣本	態樣別			
		水平棚架網室	簡易塑膠布網室	簡固型溫室	鋼骨結構型溫室
樣本數（戶）	32	19	12	1 [*]	0
木 粗收益（千元/分地）	2,110.9	2,256.5	1,881.2	2,100.0	-
瓜 成本（千元/分地）	1,314.1	1,320.6	1,317.6	1,150.0	-
投報率（%）	60.63	70.87	42.78	82.61	-
樣本數（戶）	20	0	16	4	0
葡 粗收益（千元/分地）	3,349.5	-	2,419.3	7,070.0	-
萄 成本（千元/分地）	1,972.4	-	2,038.6	1,707.6	-
投報率（%）	69.82	-	18.68	314.02	-
樣本數（戶）	16	5	6	5	0
草 粗收益（千元/分地）	5,935.2	8,217.6	4,035.1	5,933.0	-
莓 成本（千元/分地）	3,290.3	3,369.7	2,888.0	3,693.8	-
投報率（%）	80.38	143.87	39.72	60.62	-

備註：^{*} 不納入

資料來源：萬鍾汶等（2018）

根據研究，臺灣農業在面對氣候變遷和市場需求的挑戰時，越來越重視設施化種植的應用。在台中地區，栽培類型包括設施栽培和露天栽培，其中設施栽培的生產成本結構顯示，人工費用是最高的部分。這是因為在設施內的收穫過程需要大量人力投入，然而隨著鄉村人口老化和雇工供應不足，農民不敢輕易擴大經營規模（陳世芳，2012）。

另一方面，設施栽培的生產成本中，次高的是設施折舊費用，其次是肥料費和材料費。雖然每公斤的生產成本比露天栽培高出 40%，但設施栽培的平均價格

卻高出 60%。這表明設施栽培不僅能提高生產品質，還能調節產期，增加耕種面積，調配人力，穩定供應量，對於農民的收益有穩定的提升效果（陳世芳，2012；楊上禾等，2018）。

在 2019 的研究報告中，西班牙東南部的溫網室木瓜，顯現設施化與較高經濟作物選擇的優勢，在獲利上優於該地其他作物，如圖 2-4-1。溫網室成本的主要組成部分之一是溫室結構、灌溉施肥設備和氣候控制投資的攤銷。但是溫室農業企業必須要注意的成本控制在於：（1）勞動成本比例高，常佔年度成本的 25%-40%，（2）溫室結構、灌溉系統和水池的每年折舊成本 Honoré et al.(2019)。

總結而言，臺灣農業設施化種植的發展不僅能夠應對氣候變遷和自然災害的風險，還能提高農產品的品質和市場競爭力。未來的研究和實踐應進一步優化設施栽培技術，降低成本，提高效益，推動農業的永續發展。

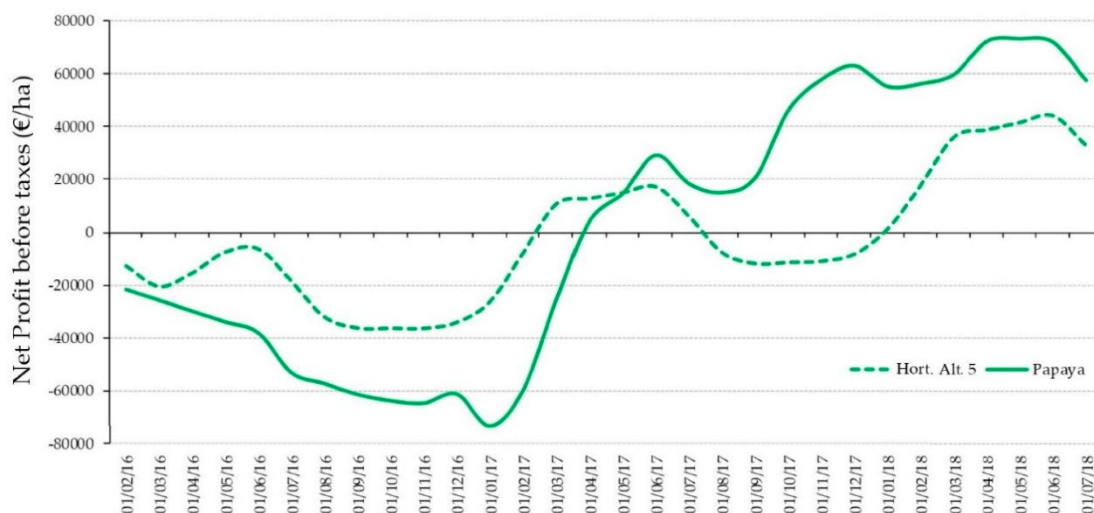


圖 2-4-1 試驗期間每月木瓜與其他作物稅前累計淨利潤變化

資料來源：Honoré，2019

二、省工設施的問題

前文提到，勞動成本會吃掉收益。所以，節省勞動力的技術對勞動力的供需產生相當大的影響。從政策角度來看，機械化技術可能會導致勞動力需求減少和

企業集中度增加。考慮到對經濟主體的影響，採用節省勞動力的技術是因為可以帶來下列優勢，包括：（1）增加產量、（2）降低成本、（3）提高品質、（4）降低風險、（4）加強環境保護和（5）延長保質期。但是，新的技術與省工產品為了確保採用，必須在經濟上可行的，也就是符合收益的預期。技術只要被證明是可行，就會不斷地複製，其中影響擴散模式的因素，包括：（1）與農業活動相關的內在風險、（2）投資成本、（3）圍繞創新績效和（4）可靠性的不確定性、（5）特定農業經營的適宜性以及（6）環境條件...等（Sunding and Zilberman，2000）。

宏觀經濟方面也會影響節省勞動力的技術的採用和傳播。而且，省工技術的發展在農業產業中其實並不一致。對於大多數一年生作物（例如：穀物）而言，採用和推廣節省勞動力的機械是成功的，但對於特種作物（例如：新鮮果蔬）則不然。有時候，系統性技術創新（如：改進種子、肥料、害蟲管理等）所帶來的生產力提高，反而會導致對勞動力的需求增加（Sunding et al，2000；蔡致榮，2022）。

勞動力短缺的問題和機械化所提供的可行解決方案都很重要。從表面上看來，某些程度的機械化似乎應該有助於緩解勞動力短缺，並且可成為誘發創新。但相反的，如果機械化導致成本上漲並導致資本不足，那麼過度依賴勞動力投入的問題可能會持續存在。農業機械輔助技術推廣速度會更緩慢（Hamilton et al.，2022）。

發展農業機械化服務（Agricultural Mechanization Services，AMS）被普遍認為是小農現代化的重要一步。將農業生產的一些勞動密集與高成本環節部份外包，可以減少小農難以管理成本的問題。由於機械化投入通常很昂貴，因此提供專業服務被認為是前進的最佳途徑。小農從事農業生產的成本非常高，這也將會促使他們遷移、出租或放棄耕地（Qiu et al.，2021）。

農業領域的勞動節省技術必須克服投資風險和回報率較低的挑戰，因為農業產出通常價格較低且具有季節性。農業技術革命的結果直覺地認為會導致生產力的提高，包括：生產成本的降低、對勞動力的依賴的減少、農業產出品質的提高以及環境控制的改善。但是，最後還是要考慮到對實施主體的影響，可能增加收入並降低勞動力的同時，還是要承擔投入成本...等的相關風險(Gallardo, 2018)。所以，新的技術要搭配適時的條件，才能帶來改變。農業機械化是現代農業發展的重要趨勢，旨在通過引入各類農業機械設備，提高生產效率、降低生產成本，以應對全球氣候變遷和農業勞動力不足的挑戰。根據王明勇（2020）的研究，農業機械化不僅可以減少人力需求，尤其是在勞動力成本上升的情況下，更能顯著提升農產品的市場競爭力。例如，林榮松等人（2021）的研究指出，在木瓜栽培中機械化作業不僅能提高產量和品質，還能有效控制成本，增強農民的收益。

從勞動力成本與收益的角度來看，節省勞動力的技術在農業中具有重要意義。這些技術不僅有助於增加產量、降低成本和提高品質，還能減少農業經營面臨的風險，同時有助於環境保護和延長產品的保質期。然而，實施這些節省勞動力技術必須克服投資風險和回報率較低的挑戰，尤其是農業產品價格較低且具有季節性的情況下（Sunding and Zilberman, 2000；蔡致榮等，2022）。

宏觀經濟因素對於農業機械化技術的採用和推廣也有重要影響。一般而言，對於一年生作物如穀物而言，節省勞動力的機械技術較易成功推廣；然而對於特種作物如新鮮果蔬，系統性技術創新可能會增加對勞動力的需求(Hamilton et al., 2022)。

總結來說，發展農業機械化服務（AMS）被視為小農現代化的重要一步，通過外包部分勞動密集和高成本的農業生產過程，有助於解決小農管理成本高的問題。然而，由於農業機械化投入通常成本高昂，因此提供專業服務被認為是推動農業現代化的最佳途徑，有助於提升農業的永續發展性和整體效率(Qiu et al., 2021；Gallardo and Sauer, 2018)。

目前臺灣的木瓜產業相對於農業機械化的應用研究尚屬不足，本研究旨在引進自走式噴霧車和田間搬運車等機械設備，以協助農事工作，並改良原有的灌溉設施。

噴霧車是一種農業機械設備，目的在減輕陳耀管理作業的勞力負荷、減少身體接觸藥物、提高目標作物之霧力附著。附著（陳令錫，2007）高效率的施藥機械，適合大面積糧食作物生產的噴藥防治作業，在設施內使用就必須考慮。

第三章 資料來源及實證方法



第一節 資料來源

本研究旨在探討機械化栽培農法對木瓜產出的影響，資料來源為位於台南市善化區茄荖段的木瓜農場，實驗中涵蓋了兩塊不同栽培農法的田地，每塊地皆為一公頃，分別採用機械化栽培農法及慣行栽培農法。研究期間包括了 2022 年和 2023 年的木瓜出貨訂單資料。每筆訂單包含了以下訊息：每批次出貨顆數、每公斤木瓜價格以及栽培方式。這些訂單資料提供了研究所需的實際生產數據，能夠準確反映不同栽培農法下木瓜的產量和價格情況。除此之外，本研究亦加入了天氣狀況作為解釋變數之一，其中包含該月平均氣溫及該月平均降雨量，資料來源取自是中央氣象局。在研究機械化栽培農法對木瓜產出影響的過程中，加入天氣狀況的變數是非常重要的。天氣狀況會直接影響了農作物的生長和發育過程，透過納入天氣狀況的變數，使我們能夠更全面地評估機械化栽培農法對木瓜產量的實際影響，也可以提高估計結果的準確性。詳細的被解釋變數與解釋變數定義如表 3-1-1 及表 3-1-2 所示。

表 3-1-1 本研究被解釋變數

被解釋變數	定義	備註
每筆訂單出貨粒數	木瓜達 600 克出貨標準每筆數量	單位：600 克／粒
價格	超市收購木瓜價格	單位：元／粒

資料來源：本研究整理

表 3-1-2 本研究解釋變數



解釋變數	定義	備註
機械化栽培農法	當使用機械化栽培農法	
溫度	木瓜出貨搭月月平均氣溫	單位：攝氏
雨量	木瓜出貨當月平均雨量	單位：毫米/平方公尺
2023 年	當為 2023 年時	

資料來源：本研究彙整

第二節 實證方法

複迴歸分析是一種廣泛應用於研究中的統計方法，特別適合探討多個解釋變數對被解釋變數的影響，它能夠量化每個解釋變數對被解釋變數的影響程度。在本研究中，以複迴歸分析機械化栽培農法對木瓜產量的影響，同時將溫度、降雨量和年份等因素作為解釋變數，這些變數可能影響到木瓜的生長和發育過程。透過這個方法，使本研究可以有效量化每個解釋變數，清楚了解機械化栽培農法對木瓜產量是否具有正面影響效果，更能夠彰顯機械化栽培農法所代表意義。這種方法的優勢之一是能夠控制其他潛在的影響因素，從而提高研究的解釋能力。複迴歸模型如下所示：

$$y_{itd} = \beta_0 + \beta_1 MC_{itd} + \beta_2 Temperature_{itd} + \beta_3 Rainfall_{itd} + \beta_4 Year2023_t + \lambda_m + \varepsilon_{itd}$$

其中被解釋變數 y_{itd} 表示在第 i 筆訂單在 t 年 d 日的每批次木瓜出貨顆數或平均木瓜價格，除此之外，本研究亦使用對數線性回歸來分析各解釋變數對被解釋變數影響的百分比； MC_{itd} 為虛擬變數，表示該筆訂單之木瓜採用機械化栽培農法； $Temperature_{itd}$ 及 $Rainfall_{itd}$ 分別表示氣溫及雨量， $Year2023_t$ 為虛擬變數，表示 2023 年之訂單，其控制年度的整體時間趨勢； λ_m 為月份固定效果，其控制

木瓜出貨的季節性變化； ε_{idt} 為隨機誤差項。 β_1 為本研究感興趣的係數，其表示機械化栽培農法對每批次木瓜出貨顆數或木瓜平均價格的影響。

除此之外，本研究進一步將被解釋變數做對數轉換後，使用對數線性迴歸模型來估計機械化栽培管理方式對木瓜產量的影響。模型的解釋變數依然包括機械化栽培管理方式、溫度、降雨量和年份等因素，而被解釋變數則為產量的自然對數。在此模型下，係數表示機械化栽培管理方式對木瓜出貨顆數或木瓜平均價格的影響的百分比。

第四章 實證分析



第一節 敘述統計分析

一、成本結構比較：

綜合描述性統計如表 4-1-1 結果顯示，機械化栽培管理方式在提高木瓜產量和維持一致品質方面表現出色，同時能夠有效降低生產過程中的人力和時間成本。這些發現不僅對於農業生產的效率優化具有重要啟示，也為未來推廣機械化栽培技術提供了實證基礎和參考價值。

建立 1 公頃木瓜網室，使用機械化省工的工法與傳統栽培模式下，各自的建立成本如下：

- (一) 機械化栽培模式：總支出為 365 萬元每公頃，包含購買噴藥車和搬運車各一台。
- (二) 傳統栽培模式：總支出為 375.8 萬元每公頃，包含購買人力推車兩台和噴霧機。
- (三) 成本差異：機械化栽培模式相對於傳統栽培模式的成本優勢為每公頃節省 7.8 萬元。
- (四) 機械化栽培模式下，選用更有效率的機械系統與設計。灌溉的系統成本更低，與傳統相比，從 4.6 萬元降至 2.5 萬元；人工費用也下降，從 67 萬下降至 39 萬元。農機具的成本在機械化模式下，成本增加。
- (五) 兩個模式下，建立的成本其實是差不多的，可以說即使是機械化的網室種植，在效率化的設計與系統選用，成本是可以控制的。
- (六) 倘若最終批發售價相同情況下，機械化栽培農法也就同樣的有更多的利潤，同時也為未來推廣機械化栽培技術，提供實證基礎和參考價值。

表 4-1-1 實驗組與對照組成本差異

單位：萬元/每公頃

組別	整地	搭設網室	做畦	種苗	灌溉	農機具	總人工	總資材	合計
機械化	12	230	8	4.5	2.5	38	39	31	365
對照組	12	230	8	4.5	4.6	1.7	67	48	375.8

資料來源：本研究彙整

二、效益分析：

（一）如圖 4-1-1 使用機械化的木瓜田，因為品質佳，量也足夠，能夠銷售至多家超市。因此，和傳統的木瓜田相比，能夠出貨帶來的收入是更多的。從 2022 年 1 月到 2024 年 2 月，出貨超市的收入總額，機械化和傳統的收入分別是 5,827,138 元和 1,744,140 元。

（二）不能銷售到超市的木瓜，會銷售到傳統通路，價格就會較低。超市級的收購價格與傳統通路的收購價格 2 年的變化，顯示在圖 4-1-2。超市級的收購價格穩定在 30 元以上，而進入傳統市場，批發價格就有很大的落差。

（三）若以 26 個月總收入觀察，機械化栽培方式總的收入約在 700 萬元以內，傳統式約在 400 萬元以內。機械化收入顯著高於傳統栽培模式。

（四）還有其他設施維護成本以及運營人力成本沒有算入。

（五）機械化栽培農法栽種模式須在 5 月時砍株留側芽，所以在 5-9 月時機械化模式產量會呈現 0，而傳統栽培農法則以回應二次矮化為主，整年都有木瓜可採收，但依然可以從圖中明顯觀察到，機械化栽培農法整年度總產量還是明顯多於傳統栽培農法。

機械化/傳統種植月收入

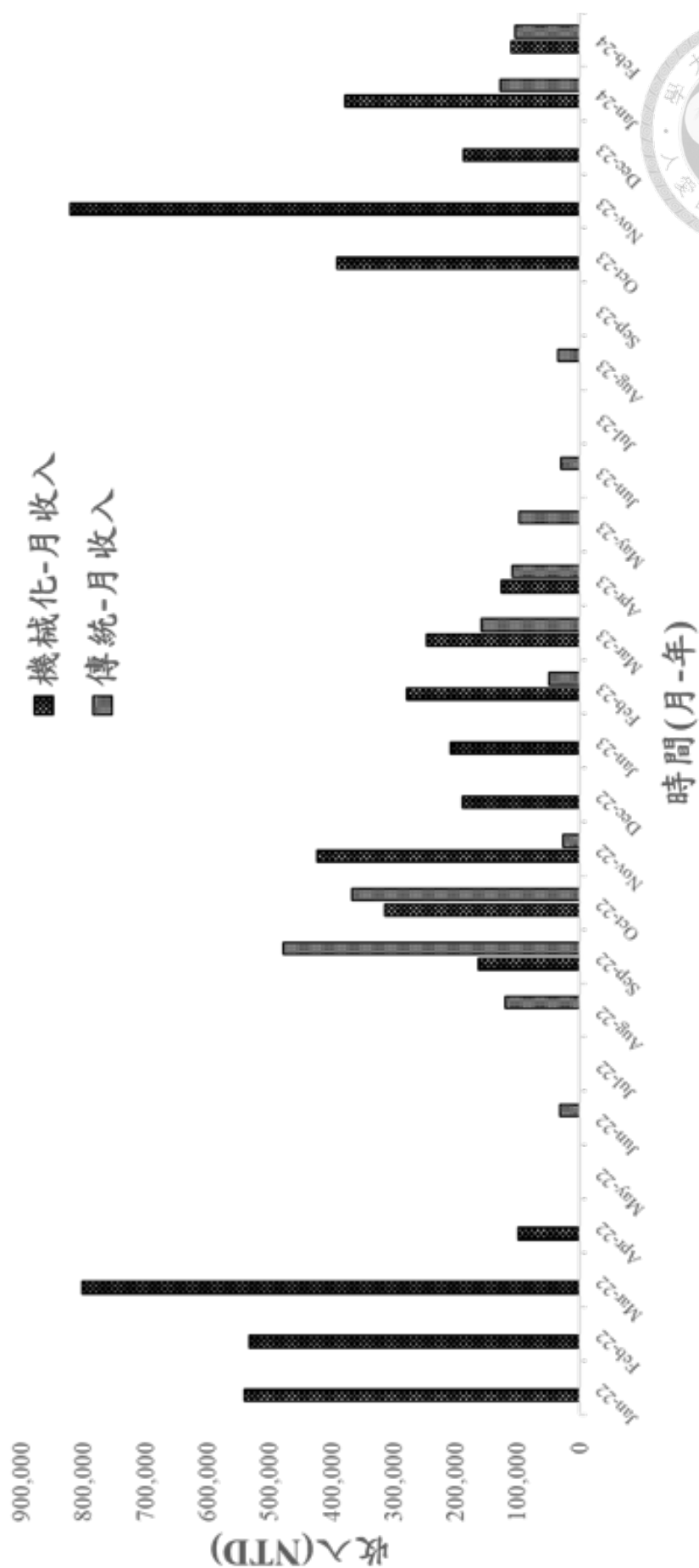


圖 4-1-1 機械化與人工種植月收入比較圖

資料來源：本研究整理



機械化/傳統種植出貨數量與全年出貨價格/批發價格比較

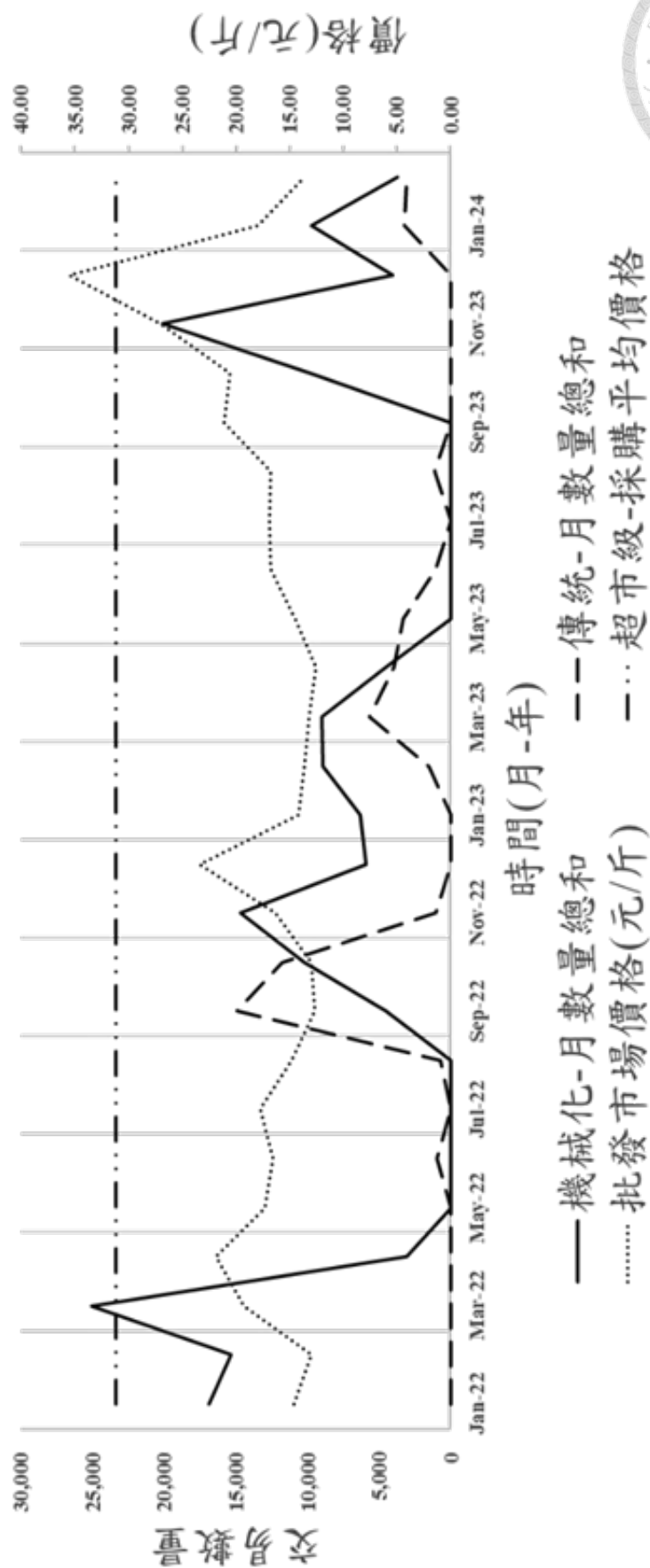


圖 4-1-2 機械化與人工種植全年出貨批發價格比較圖

資料來源：本研究整理



第二節 迴歸分析實證結果



為了進一步探討機械化栽培管理方式對木瓜產量和品質的影響，本研究使用迴歸分析方法進行實證分析。迴歸分析可以幫助我們理解變數之間的關係，並量化機械化管理方式對木瓜產量和品質的影響。

一、迴歸模型設計：

本研究建立了多元迴歸模型，以木瓜出貨顆數和每顆價格為依變數，機械化管理方式、溫度、濕度等為自變數。以每筆訂單出貨顆數與每顆價格對機械化場、溫度、雨量和年份進行分析。其中出貨顆數是以出貨至超市級買家，而非傳統市場，也未將傳統市場出貨納入統計。線性及對數線性的迴歸結果如表 4-2-1 及 4-2-1 所示。

表 4-2-1 機械化栽培農法對木瓜銷售的影響

變數名稱	每筆訂單出貨顆數			每顆價格		
			標準誤			標準誤
機械化栽培農法	626.11	**	287.68	1.05		0.649
溫度	-7.62		151.30	1.82	***	0.341
雨量	15.84	***	4.65	0.04	***	0.010
2023年	-732.93	**	302.09	5.77	***	0.681
常數項	1,482,714.00	***	610,400.60	-11,679.58	***	1,376.722
月固定效果	Yes					
判定係數	0.193			0.609		
樣本數	191					

註：***: $p < 0.01$ ；**: $p < 0.05$ ；*: $p < 0.1$ 。

資料來源：本研究彙整

表 4-2-2 機械化栽培農法對木瓜銷售的影響（百分比）

變數名稱	每筆訂單出貨顆數			每顆價格		
	係數		標準誤	係數		標準誤
機械化栽培農法	0.263	**	0.127	0.032	*	0.019
溫度	-0.068		0.067	0.048	***	0.010
雨量	0.006	***	0.002	0.001	***	0.000
2023年	-0.045		0.133	0.168	***	0.020
常數項	99.411		268.569	-337.055	***	40.114
月固定效果			Yes			
判定係數		0.145			0.597	
樣本數			191			

註：***: $p < 0.01$ ；**: $p < 0.05$ ；*: $p < 0.1$ 。

資料來源：本研究彙整

三、模型解釋力：

本研究的迴歸模型具有較高的解釋力，能夠較好地解釋自變數對依變數的影響，提供了可靠的實證結果支持。

整理表 4-1-1 及表 4-1-2 其中可以發現：

（一）機械化廠：機械化管理方式對木瓜每筆訂單出貨顆數有顯著正向影響。出貨至超市與比出貨至傳統市場，可以有更高的價格，但超市級買家要求較高的品質。採用機械化管理方式與沒有機械化的木瓜區相比，平均每筆訂單出貨顆數多了 626 顆，約多出 26.3%，此表明能夠顯著提高木瓜出貨量到高價買家。每顆木瓜價格是因為木瓜符合超市級買家所開規格後，由超市級買家決定，其決定價格與市場供需相關。至於是否由機械化或非機械化區所產，則應不是考量範圍。

(二) 溫度：對木瓜產量有顯著負向影響，每增加 1 度，木瓜的平均出貨顆數減少約 8 顆，約下降 7%。價格則約多 5%。

(三) 雨量：雨量每增加 1mm，平均每筆訂單出貨顆數多了 16 顆。價格則波動不大，約多 0.1%。

(四) 2023 年：出貨量相較於 2022 年下降 4.5%，每顆價格上升約 16.8%。

三、收益分析：

除了迴歸分析以外，本研究進一步比較機械化和傳統型木瓜田兩年的收益差異，結果如表 4-2-3：

(一) 機械化與傳統型木瓜有銷售到超市通路和傳統通。在超市跟傳統通路的銷售收入是不同的，在機械化木瓜田在超市桐廬的收入遠勝於傳統型，而總收入也遠高於傳統型。

(二) 在變動成本方面，機械化的人工費用遠低於傳統型，傳統型的人工費用約為機械化的 2.5 倍。而一般消耗資材，在機械化跟傳統型的費用則差不多。

(三) 在銷貨毛利上，機械化的收入就以 4,388,282 元，遠高於傳統型 252,453 元。

(四) 固定成本中，攤提費用為表 4-1-1 中建場成本中分 5 年攤提。可以看到機械化跟傳統型固定成本費用是差不多的。

(五) 以總淨利而言，機械化木瓜田為賺 3,398,282 元，而傳統型木瓜田則虧 759,147 元。因此可以說，機械化管理的方式下，種植木瓜可以帶來有效利益。

表 4-2-3 機械化栽培農法與傳統栽培對木瓜收益比較



	機械化	傳統型
超市通路收入	5,827,138	2,462,400
傳統通路收入	817,144	1,750,053
(a)總收入	6,644,282	4,212,453
變動成本		
人工	1,008,000	2,520,000
資材	1,248,000	1,440,000
(b)總和	2,256,000	3,960,000
(c)銷貨毛利(a)-(b)	4,388,282	252,453
固定成本		
攤提	730,000	751,600
租金與其他	260,000	260,000
(d)總和	990,000	1,011,600
(e)淨利(c)-(d)	3,398,282	(759,147)

資料來源：本研究彙整

四、結論與建議：

根據迴歸分析結果，建議農民採用機械化栽培管理方式，以提高木瓜的銷量和品質，並有效應對氣候變遷帶來的挑戰。

綜合以上為本研究的描述性統計分析和迴歸分析實證結果。這些結果為推廣機械化栽培管理方式提供了有力的數據支持，有助於提升台灣木瓜產業的經濟效益和可持續發展。

第五章 結論

第一節 結論



在當今臺灣農業面臨著日益嚴峻的勞動力短缺問題，特別是傳統的人工噴灑農藥和採收方式已逐漸無法滿足需求的情況下，機械化栽培農法作為一種現代化解決方案顯得尤為重要。本研究深入探討了機械化技術在木瓜園中的應用及其對農業生產效率和經濟效益的具體影響。透過系統化的田間試驗和詳細的數據分析，我們揭示了機械化栽培農法如何在多個方面帶來顯著的改善。

機械化技術的導入明顯提升了木瓜的生產效率，半自動化機械種植和改良型灌溉系統不僅減少了人力投入，還有效地降低了生產過程中的勞動成本。機械化技術的應用不僅使得作業過程更加高效，同時也保證了生產的穩定性和可持續性。例如，每公頃種植面積在 1 人操作下，使用自走式噴藥車施水肥或噴灑農藥，僅需 40 分鐘；若使用傳統人力方式，則需 16 小時，不僅節省工作時長，還降低工人曝曬於烈日下時長。

除了生產效率方面的改善，機械化栽培農法還帶來了顯著的經濟效益。通過降低勞動成本和提高產量，農民可以在維持高水準生產的同時，獲得更穩定和可觀的經濟回報。這種經濟效益不僅增強了農民的收入，還加強了農業企業的競爭力，推動了農業現代化轉型的進程。

總結來說，機械化栽培農法作為一種現代化的農業生產模式，在解決勞動力短缺、提高產品產量和增加經濟效益方面表現出色。隨著技術的不斷進步和應用的擴展，機械化栽培農法將在未來成為臺灣農業的主流模式，為農民和全體農產業帶來可持續的發展和繁榮。未來的研究可以進一步深入探討不同機械化技術的

創新應用，以及其對農業生產效率和環境影響的長期影響，從而推動農業可持續發展的目標不斷向前邁進。



第二節 建議

一、推廣機械化栽培管理

機械化栽培農法被證實能夠顯著提升木瓜的生產效率，通過使用半自動化種植機械和改良型灌溉系統，不僅可以減少人力投入，還能夠提高作物的產量穩定性。這些技術的運用不僅在生產效率上有所提升，同時也為農民帶來了可觀的經濟效益。

二、政策支持與補助

為了加速機械化技術在農業中的普及，政府應當加大對機械化栽培技術的推廣力度，並提供相應的政策支持和經費挹注。這不僅包括補助農民購買和安裝機械化設備的費用，還應當建立完善的技术培訓和轉型升級計畫，以幫助農民順利轉型至機械化管理模式。政府的支持和鼓勵對於推動農業現代化轉型和提升全行業競爭力至關重要。

三、教育與培訓

除了政策支持外，教育和培訓對於農民有效掌握和應用機械化栽培技術同樣至關重要。農業教育機構和相關機構應該加強對農民的技術培訓，提供實際操作指導和技術支持。透過舉辦培訓班、工作坊和現場示範，農民能夠學習到最新的技術應用方法，並且深入了解機械化管理對於生產效率和經濟效益的具體貢獻。

四、研究與創新

持續的研究和創新投入對於機械化栽培技術的進步至關重要。農業機構和企業應當加大對機械化設備和技術的研究力度，不斷改進和優化現有的技術設施。特別是應該注重開發能夠適應不同作物和種植環境需求的創新技術，以提高技術

的適應性和廣泛應用性。這種持續的技術創新將有助於推動農業生產方式的革新，並為臺灣農業的可持續發展奠定堅實基礎。

五、總結

綜上所述，機械化栽培管理作為提升臺灣農業競爭力和應對勞動力短缺問題的重要策略，具有深遠的社會和經濟意義。通過推廣機械化技術、加強政策支持、提供有效的教育培訓和持續的研究創新，我們可以實現農業生產效率的提升，同時確保農民經濟效益的穩定增長。這些措施不僅能夠推動臺灣農業向現代化的轉型，還能夠為全球農業可持續發展作出示範和貢獻。期待未來進一步的研究和實踐，使得機械化栽培管理技術在臺灣農業發展中發揮更大的作用和效益。



參考文獻



- 王德男（1990）。本省木瓜優良品種簡介。臺灣省農業試驗所技術服，17-21。
- 王德男、劉碧鵬、李又立（2006）。臺灣木瓜產業之變遷。木瓜產業發展研討會專刊，1-20。
- 王蕙婷（2019）。傳統農業設施與金字塔型溫室之成本效益分析。國立臺灣大學農業經濟學研究所。
- 台南區農業改良場（2014）。木瓜病蟲害防治藥劑。
<https://www.tndais.gov.tw/upload/tndais/files/news/13739/papaya1030221.pdf>
- 李又立、王德男（2013）。臺灣木瓜育種之過去、現在與未來。臺灣果樹育種研討會專刊，25-36。
- 吳寶芬（2013）。臺灣木瓜產業發展與前瞻。農政與農情。253。
- 陳令錫（2007）。電動自走鼓風噴霧機介紹。臺中區農情月刊，98。
- 陳令錫（2019）。電動三輪自走式噴霧機之研發應用。臺中區農業改良場特刊，39，121-133。
- 陳世芳（2012）。臺中地區番茄生產中自走式噴藥車的應用研究。農業經濟研究，35，60-75。
- 陳世芳、戴登燦（2012）。台中地區不同栽培類型番茄與行銷通路之效益分析。臺中區農業改良場研究彙報，1161-13。
- 陳世芳、戴登燦（2012）。台中地區不同栽培類型番茄與行銷通路之效益分析。臺中區農業改良場研究彙報，1161-13。
- 楊上禾、陳海菁、萬鍾汶（2018）。臺灣設施農民擴建意願與採用決策分析，應用經濟論叢。103，241-273。
- 趙筱倩、林慧玲、謝慶昌（2011）。臺灣園藝，57:2。
- 農業知識入口網（2024）。農漁生產地圖/木瓜。
https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=production_map&id=107

萬鍾汶、吳柏青、萬一怒、楊上禾、黃文星、盧永祥、楊江益、陳海菁、高佳筠
(2018)。我國設施農業產業基礎資料建置與經濟效益推估。農業試驗所特
刊，No.214, 321-331。

蔡致榮、陳柏中、葉有順 (2022)。農業智慧省工。(2022) 中臺灣農業科技前
瞻論壇專刊，91-115。

Freshplaza.(2024)。Global Market Overview Papayas. Accessed at:

<https://www.freshplaza.com/north-america/article/9585769/global-market-overview-papayas/>

Gallardo, R. K., & Sauer, J. (2018). Adoption of labor-saving technologies in
agriculture. *Annual Review of Resource Economics*, 10, 185-206.

Gunes, E., & Gubbuk, H. (2011). Growth, yield and fruit quality of three papaya
cultivars grown under protected cultivation. *Fruits*, 67, 23-39.

Gunes, E., Oziyci, H. R., & Gubbuk, H. (2021). Quality of different papaya cultivars
grown in the greenhouse throughout the year in subtropical regions. *Food
Science and Engineering*.

Hamilton, S. F., Richards, T. J., Shafran, A. P., & Vasilaky, K. N. (2022). Farm labor
productivity and the impact of mechanization. *American Journal of Agricultural
Economics*, 104, 1435-1459.

Honoré, M. N., Ueña, L. J. B., Velasco, A. N., & Fere, F. N. (2019). Profit analysis of
papaya crops under greenhouses as an alternative to traditional intensive
horticulture in Southeast Spain. *International Journal of Environmental Research
and Public Health*, 16, 2908.

Hueso, J. J., Salinas, I., Pinillos, V., & Cuevas, J. (2019). Papaya greenhouse
cultivation in south-east Spain. *V International Symposium on Papaya*,
2406-6168.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2024). Major tropical fruit market review preliminary results 2023.
- Qiu, T., Shi, X., He, Q., & Luo, B. (2021). The paradox of developing agricultural mechanization services in China: Supporting or kicking out smallholder farmers? *China Economic Review*, 69, 101680.
- Salinas, I., Hueso, J. J., & Cuevas, J. (2021). Active control of greenhouse climate enhances papaya growth and yield at an affordable cost. *Agronomy*, 11, 378.
- Sunding, D., & Zilberman, D. (2000). The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector. In *Handbook of Agricultural Economics*.
- Technavio. (2023). Papaya market analysis APAC, Middle East and Africa, South America, North America, Europe - Mexico, India, Indonesia, Dominican Republic, Brazil - size and forecast 2023-2027.
- Tonkov, S. (2015). Papaya: Botany and taxonomy. In *Tropical Fruits - From Cultivation to Consumption and Health Benefits: Papaya* (pp. 3-8).
- Tridgea. (2024). Papaya intelligence - Netherlands. Access at:
<https://www.tridge.com/intelligences/papaya/NL/price>
- Tridgeb. (2024). Papaya price trends. Access at:
<https://www.tridge.com/price-trends/index/product/papaya>
- Tridgec. (2024). Papaya import intelligence. Access at:
<https://www.tridge.com/intelligences/papaya/import>