



熱帶果樹產業議題及挑戰

果樹循環經濟—纖維篇

李文立

Wen-Li, Lee,

Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch
Taiwan Agricultural Research Institute (TARI-Fengshan)

wenlly@tari.gov.tw

CH Biotech, Taiwan, 09th January 2025





Wen-Li, Lee Ph. D.

✧ Educational Background



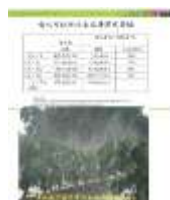
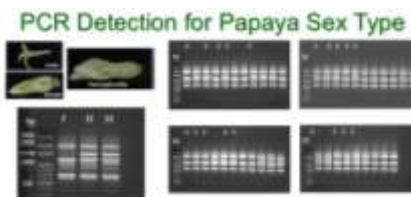
Academic Degree	School Name / Academic Subject	Date (<u>Year</u> / <u>Month</u>)
Associate degree	National Chiayi Institute of Technology, Taiwan	1989/6
Bachelor degree	Chinese Cultural University, Taiwan	1992/6
Master degree	National Taiwan University, Taiwan	1997/6
Doctor degree	National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan	2012/7



Wen-Li, Lee Ph. D.

Work Experience

Name of Institute	Job Title	Date (Year/Month)
Taiwan Agricultural Research Institute, Fengshan Branch.	Assistant	1997-2001
Taiwan Agricultural Research Institute, Fengshan Branch.	Assistant Horticulturist	2001-2009
Taiwan Agricultural Research Institute, Fengshan Branch.	Associate Horticulturist and head	2009-2019
Taiwan Agricultural Research Institute, Fengshan Branch.	Horticulturist and director	2019-Now
Fruit Science and Technology Promotion Team	Executive Secretary	2011-Now
Papaya Technical Service Group	Convener	2008-Now
Mango Technical Service Group	Convener	2009-Now



LED燈光照度與產量之關係

處理	光譜 (nm)	光強 (μmol/m²/s)	產量 (kg/m²)
LED	660/730	100/100	1.5/1.5
LED	660/730	150/150	1.8/1.8
LED	660/730	200/200	2.1/2.1
LED	660/730	250/250	2.4/2.4
LED	660/730	300/300	2.7/2.7
LED	660/730	350/350	3.0/3.0
LED	660/730	400/400	3.3/3.3
LED	660/730	450/450	3.6/3.6
LED	660/730	500/500	3.9/3.9
LED	660/730	550/550	4.2/4.2
LED	660/730	600/600	4.5/4.5
LED	660/730	650/650	4.8/4.8
LED	660/730	700/700	5.1/5.1
LED	660/730	750/750	5.4/5.4
LED	660/730	800/800	5.7/5.7
LED	660/730	850/850	6.0/6.0
LED	660/730	900/900	6.3/6.3
LED	660/730	950/950	6.6/6.6
LED	660/730	1000/1000	6.9/6.9
LED	660/730	1050/1050	7.2/7.2
LED	660/730	1100/1100	7.5/7.5
LED	660/730	1150/1150	7.8/7.8
LED	660/730	1200/1200	8.1/8.1
LED	660/730	1250/1250	8.4/8.4
LED	660/730	1300/1300	8.7/8.7
LED	660/730	1350/1350	9.0/9.0
LED	660/730	1400/1400	9.3/9.3
LED	660/730	1450/1450	9.6/9.6
LED	660/730	1500/1500	9.9/9.9
LED	660/730	1550/1550	10.2/10.2
LED	660/730	1600/1600	10.5/10.5
LED	660/730	1650/1650	10.8/10.8
LED	660/730	1700/1700	11.1/11.1
LED	660/730	1750/1750	11.4/11.4
LED	660/730	1800/1800	11.7/11.7
LED	660/730	1850/1850	12.0/12.0
LED	660/730	1900/1900	12.3/12.3
LED	660/730	1950/1950	12.6/12.6
LED	660/730	2000/2000	12.9/12.9
LED	660/730	2050/2050	13.2/13.2
LED	660/730	2100/2100	13.5/13.5
LED	660/730	2150/2150	13.8/13.8
LED	660/730	2200/2200	14.1/14.1
LED	660/730	2250/2250	14.4/14.4
LED	660/730	2300/2300	14.7/14.7
LED	660/730	2350/2350	15.0/15.0
LED	660/730	2400/2400	15.3/15.3
LED	660/730	2450/2450	15.6/15.6
LED	660/730	2500/2500	15.9/15.9
LED	660/730	2550/2550	16.2/16.2
LED	660/730	2600/2600	16.5/16.5
LED	660/730	2650/2650	16.8/16.8
LED	660/730	2700/2700	17.1/17.1
LED	660/730	2750/2750	17.4/17.4
LED	660/730	2800/2800	17.7/17.7
LED	660/730	2850/2850	18.0/18.0
LED	660/730	2900/2900	18.3/18.3
LED	660/730	2950/2950	18.6/18.6
LED	660/730	3000/3000	18.9/18.9
LED	660/730	3050/3050	19.2/19.2
LED	660/730	3100/3100	19.5/19.5
LED	660/730	3150/3150	19.8/19.8
LED	660/730	3200/3200	20.1/20.1
LED	660/730	3250/3250	20.4/20.4
LED	660/730	3300/3300	20.7/20.7
LED	660/730	3350/3350	21.0/21.0
LED	660/730	3400/3400	21.3/21.3
LED	660/730	3450/3450	21.6/21.6
LED	660/730	3500/3500	21.9/21.9
LED	660/730	3550/3550	22.2/22.2
LED	660/730	3600/3600	22.5/22.5
LED	660/730	3650/3650	22.8/22.8
LED	660/730	3700/3700	23.1/23.1
LED	660/730	3750/3750	23.4/23.4
LED	660/730	3800/3800	23.7/23.7
LED	660/730	3850/3850	24.0/24.0
LED	660/730	3900/3900	24.3/24.3
LED	660/730	3950/3950	24.6/24.6
LED	660/730	4000/4000	24.9/24.9
LED	660/730	4050/4050	25.2/25.2
LED	660/730	4100/4100	25.5/25.5
LED	660/730	4150/4150	25.8/25.8
LED	660/730	4200/4200	26.1/26.1
LED	660/730	4250/4250	26.4/26.4
LED	660/730	4300/4300	26.7/26.7
LED	660/730	4350/4350	27.0/27.0
LED	660/730	4400/4400	27.3/27.3
LED	660/730	4450/4450	27.6/27.6
LED	660/730	4500/4500	27.9/27.9
LED	660/730	4550/4550	28.2/28.2
LED	660/730	4600/4600	28.5/28.5
LED	660/730	4650/4650	28.8/28.8
LED	660/730	4700/4700	29.1/29.1
LED	660/730	4750/4750	29.4/29.4
LED	660/730	4800/4800	29.7/29.7
LED	660/730	4850/4850	30.0/30.0
LED	660/730	4900/4900	30.3/30.3
LED	660/730	4950/4950	30.6/30.6
LED	660/730	5000/5000	30.9/30.9
LED	660/730	5050/5050	31.2/31.2
LED	660/730	5100/5100	31.5/31.5
LED	660/730	5150/5150	31.8/31.8
LED	660/730	5200/5200	32.1/32.1
LED	660/730	5250/5250	32.4/32.4
LED	660/730	5300/5300	32.7/32.7
LED	660/730	5350/5350	33.0/33.0
LED	660/730	5400/5400	33.3/33.3
LED	660/730	5450/5450	33.6/33.6
LED	660/730	5500/5500	33.9/33.9
LED	660/730	5550/5550	34.2/34.2
LED	660/730	5600/5600	34.5/34.5
LED	660/730	5650/5650	34.8/34.8
LED	660/730	5700/5700	35.1/35.1
LED	660/730	5750/5750	35.4/35.4
LED	660/730	5800/5800	35.7/35.7
LED	660/730	5850/5850	36.0/36.0
LED	660/730	5900/5900	36.3/36.3
LED	660/730	5950/5950	36.6/36.6
LED	660/730	6000/6000	36.9/36.9
LED	660/730	6050/6050	37.2/37.2
LED	660/730	6100/6100	37.5/37.5
LED	660/730	6150/6150	37.8/37.8
LED	660/730	6200/6200	38.1/38.1
LED	660/730	6250/6250	38.4/38.4
LED	660/730	6300/6300	38.7/38.7
LED	660/730	6350/6350	39.0/39.0
LED	660/730	6400/6400	39.3/39.3
LED	660/730	6450/6450	39.6/39.6
LED	660/730	6500/6500	39.9/39.9
LED	660/730	6550/6550	40.2/40.2
LED	660/730	6600/6600	40.5/40.5
LED	660/730	6650/6650	40.8/40.8
LED	660/730	6700/6700	41.1/41.1
LED	660/730	6750/6750	41.4/41.4
LED	660/730	6800/6800	41.7/41.7
LED	660/730	6850/6850	42.0/42.0
LED	660/730	6900/6900	42.3/42.3
LED	660/730	6950/6950	42.6/42.6
LED	660/730	7000/7000	42.9/42.9
LED	660/730	7050/7050	43.2/43.2
LED	660/730	7100/7100	43.5/43.5
LED	660/730	7150/7150	43.8/43.8
LED	660/730	7200/7200	44.1/44.1
LED	660/730	7250/7250	44.4/44.4
LED	660/730	7300/7300	44.7/44.7
LED	660/730	7350/7350	45.0/45.0
LED	660/730	7400/7400	45.3/45.3
LED	660/730	7450/7450	45.6/45.6
LED	660/730	7500/7500	45.9/45.9
LED	660/730	7550/7550	46.2/46.2
LED	660/730	7600/7600	46.5/46.5
LED	660/730	7650/7650	46.8/46.8
LED	660/730	7700/7700	47.1/47.1
LED	660/730	7750/7750	47.4/47.4
LED	660/730	7800/7800	47.7/47.7
LED	660/730	7850/7850	48.0/48.0
LED	660/730	7900/7900	48.3/48.3
LED	660/730	7950/7950	48.6/48.6
LED	660/730	8000/8000	48.9/48.9
LED	660/730	8050/8050	49.2/49.2
LED	660/730	8100/8100	49.5/49.5
LED	660/730	8150/8150	49.8/49.8
LED	660/730	8200/8200	50.1/50.1
LED	660/730	8250/8250	50.4/50.4
LED	660/730	8300/8300	50.7/50.7
LED	660/730	8350/8350	51.0/51.0
LED	660/730	8400/8400	51.3/51.3
LED	660/730	8450/8450	51.6/51.6
LED	660/730	8500/8500	51.9/51.9
LED	660/730	8550/8550	52.2/52.2
LED	660/730	8600/8600	52.5/52.5
LED	660/730	8650/8650	52.8/52.8
LED	660/730	8700/8700	53.1/53.1
LED	660/730	8750/8750	53.4/53.4
LED	660/730	8800/8800	53.7/53.7
LED	660/730	8850/8850	54.0/54.0
LED	660/730	8900/8900	54.3/54.3
LED	660/730	8950/8950	54.6/54.6
LED	660/730	9000/9000	54.9/54.9
LED	660/730	9050/9050	55.2/55.2
LED	660/730	9100/9100	55.5/55.5
LED	660/730	9150/9150	55.8/55.8
LED	660/730	9200/9200	56.1/56.1
LED	660/730	9250/9250	56.4/56.4
LED	660/730	9300/9300	56.7/56.7
LED	660/730	9350/9350	57.0/57.0
LED	660/730	9400/9400	57.3/57.3
LED	660/730	9450/9450	57.6/57.6
LED	660/730	9500/9500	57.9/57.9
LED	660/730	9550/9550	58.2/58.2
LED	660/730	9600/9600	58.5/58.5
LED	660/730	9650/9650	58.8/58.8
LED	660/730	9700/9700	59.1/59.1
LED	660/730	9750/9750	59.4/59.4
LED	660/730	9800/9800	59.7/59.7
LED	660/730	9850/9850	60.0/60.0
LED	660/730	9900/9900	60.3/60.3
LED	660/730	9950/9950	60.6/60.6
LED	660/730	10000/10000	60.9/60.9





Wen-Li, Lee Ph. D.

Research Topics:

- Pomology, especially papaya, passion fruit and mango
- Biotechnology, including plant tissue culture





Special flavor fruit and vegetable varieties

Variety innovation, diversification and promotion

Breeding

New
technology

Development of new technologies in response to
climate change

Improvement of cultivation technology and
research on stress physiology

Disease and
pest control

Safe and healthy integrated pest control

Pest detection technology, management strategies,
development of biological control

Innovation
and value
added

Development of new processing technologies

Research on innovative processing of special
crops and assist farmers in developing small-scale
agricultural product processing

International
cooperation

Promote international agricultural research

Connecting tropical crop R&D resource in the Asia-Pacific region

Goals
and Research
Projects



Brief introduction





鳳山熱帶園藝試驗分所



什麼是循環農業？

循環農業是將循環經濟及永續發展概念導入農業生產模式中，將資源利用效益最大化，形成農業循環經濟模式。利用植物性及動物性之農業廢棄物，如玉米桿、稻稈、稻穀、米糠、蔗渣、粕類、菇蕈生產後之太空包等，以及禽畜糞便、內臟、血水、殘體、蝦蟹蚵殼、魚鱗、農業下腳料等，利用農業廢棄物之營養成分，如蛋白質、醣類、油脂，以及有機碳、氮、磷、鈣與微量礦物質等，提供循環再利用，將農業廢棄物轉化為可循環再利用的物質，減少農業資源的浪費。

核心概念



資源循環利用

將農業剩餘資源，如稻稈、禽畜糞、牡蠣殼等轉化為飼料、肥料、能源及材料化。



生態永續 友善環境

減少化學肥料及農藥施用，保護土壤及水資源，維護生態平衡。



創造經濟效益

開發農業剩餘資源再利用的產品和技術，拓展農業附加價值，增加農民收入。



政府推動循環農業目標



促進農業永續發展

實現農業剩餘資源有效循環利用，推動高值化技術研發及落地應用。



提升農業競爭力

透過創新技術及商業模式，提升產品附加價值及競爭力。



改善農村環境

減少農業廢棄物對環境污染，打造永續宜居農村。



增加農民收入

開拓農業剩餘資源跨域應用商機，提升農民收入。



我們如何協助您



政策支持

透過法規調適、公私協力及相關政策推動，鼓勵農民及業者投入循環農業。



技術輔導媒合

協助農民導入循環農業技術，提升生產效率及品質。



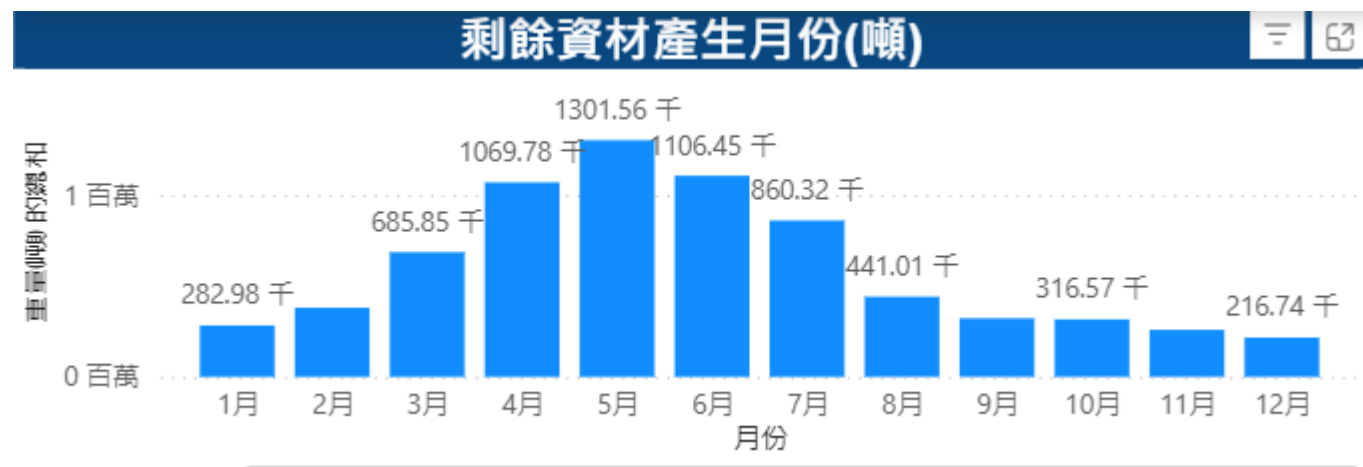
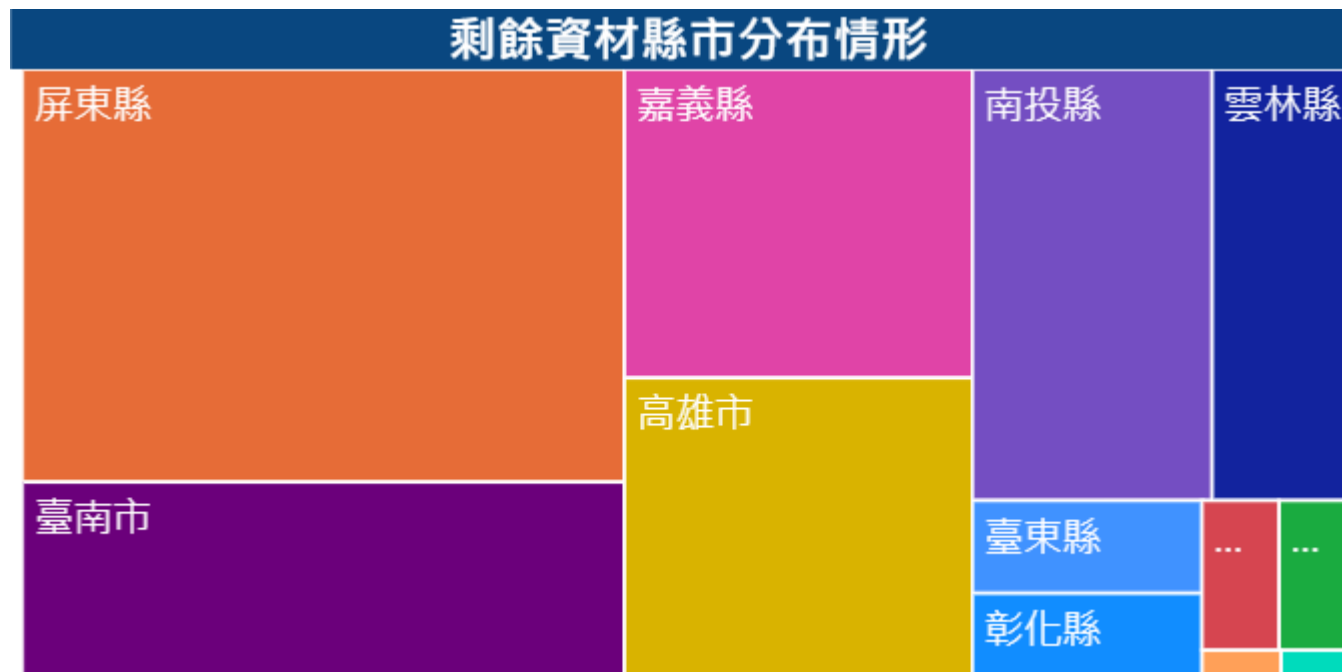
示範場域建立

透過創新技術及商業模式，提升產品附加價值及競爭力。



推廣教育訓練

辦理循環農業相關宣導訓練，強化大眾及農民對循環農業認知與實踐。





常見循環農業應用方式

2-4 黑水虻去化農業剩餘資源

循環技術

黑水虻生長週期約 40 天，在幼蟲時期能大量去化農牧剩餘資源，經過生物轉化不僅重量會減少 1/3，體積也只剩下原本的 45% 左右，大量減少清運成本。消化後排出的虻糞富含有機質，可做為有機質堆肥，長大的蟲體能飼養家禽、水產養殖，經加工製成水虻乾粉並符合法規規定，能作為飼料原料等，解決農業生產所產生的農業剩餘資源並發會循環應用價值。

輔導單位

農業部資源永續利用司、農業部畜牧司 02-23812991

農業部農糧署 049-233-2380

農業部畜產試驗所 06-5911211





常見循環農業應用方式

2-5 果樹枝條竹木破碎處理

循環技術

果園或竹園修剪枝經由碎枝機破碎後，可作為燃料顆粒或堆肥之原料，回歸農田敷蓋抑制雜草生長。

輔導單位

農糧署 (049)233-2380



小型碎木機



農業剩餘資源再利用場域

3-2 鳳梨葉自動取纖循環場域

場域

屏東縣九如農會 08-7392224

剩餘資源種類

鳳梨葉片

處理量能

每年去化約 400 公噸鳳梨葉

再利用過程

- 一、鳳梨植株採收機採收鳳梨植株後再將植株莖葉分離。
- 二、鳳梨葉片經自動化取纖機進行取纖。
- 三、乾燥後的鳳梨纖維，可做為紡織、造紙及生質材料充填料，製成含鳳梨纖維之織品服飾。

輔導單位

農業部農糧署 049-233-2380



鳳梨植株莖葉分離機





農業剩餘資源再利用場域

3-4 農膜(農業塑膠)清洗循環場域

場域

嘉義縣東石合作農場 05-3799817

剩餘資源種類

農膜(農業塑膠)

處理量能

每年可去化 2,000 公噸以上農業塑膠資材。

再利用過程

- 一、將農膜等農業塑膠進行粗破碎及細破碎。
- 二、將破碎後的塑膠進行漂洗及烘乾。
- 三、烘乾後的塑膠成品，可提供再利用機構作為產製塑膠顆粒之原料。

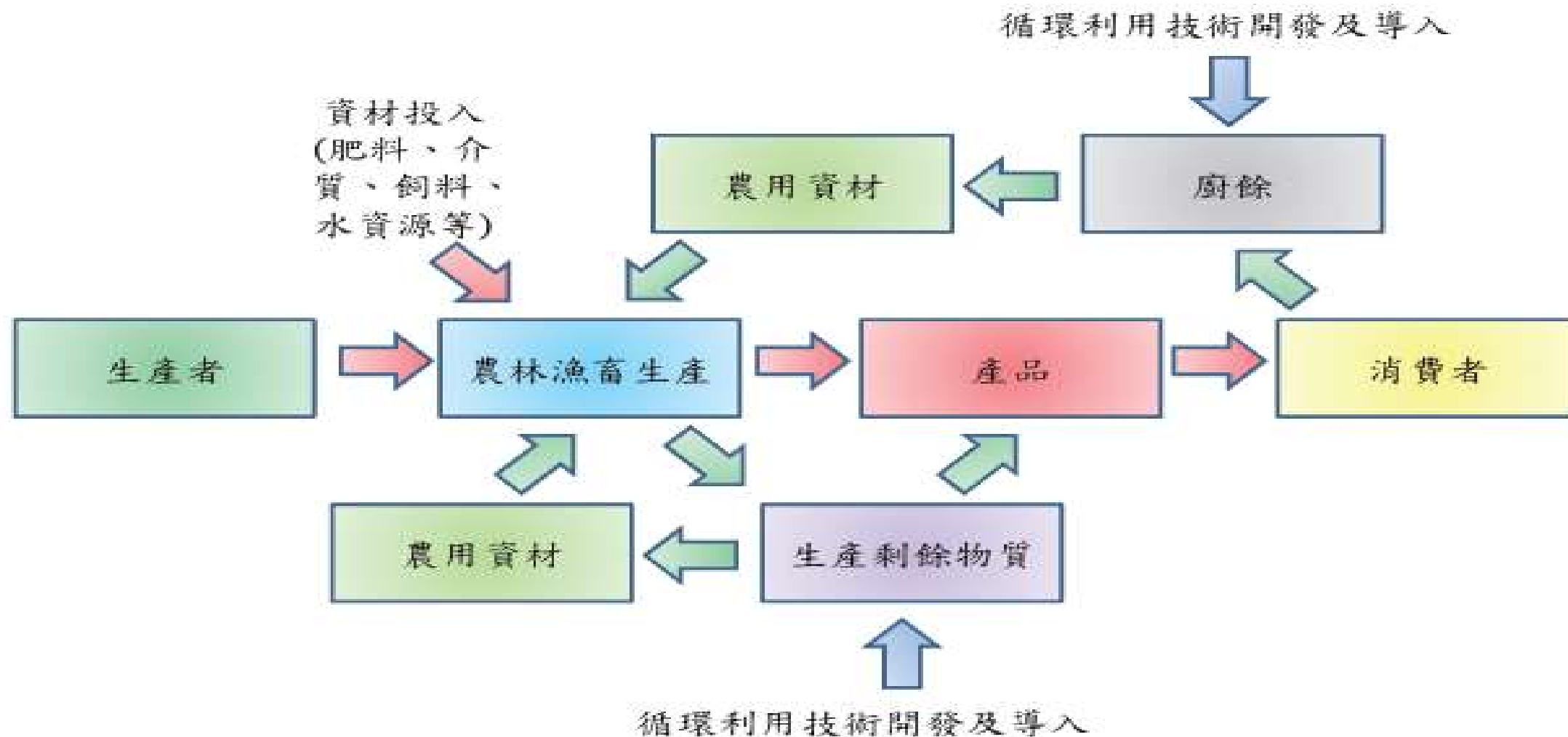
【農膜回收三原則】

- 一、天氣好且土壤乾燥時回收。
- 二、清除殘株、石子及抖落砂土等異物。
- 三、捆好、摺疊整齊並依材質分類。



破碎及清洗





農業循環生產示意圖



無獨有偶，台灣農林股份有限公司在其2021年的企業永續報告書中，揭露其綠色環境的作為包括：土地場域及農區闢建時強化水土保持設施的量能，並在環境開發利用時導入專家學者諮詢機制；導入高效節水系統，透過每公頃布建的1萬4,000個滴孔精準注入茶苗所需液肥與水源，達到精準施肥；在植樹減碳的部分，公司自營造林成果面積已達約475公頃。另外對應當前趨勢，落實減碳措施及綠色供應鏈。台灣蓋婭社會企業則因其不用犁耕與翻耕，且無農藥的溫室農業，成為許多創投公司洽談ESG合作的對象，可窺見其他企業的ESG需求。





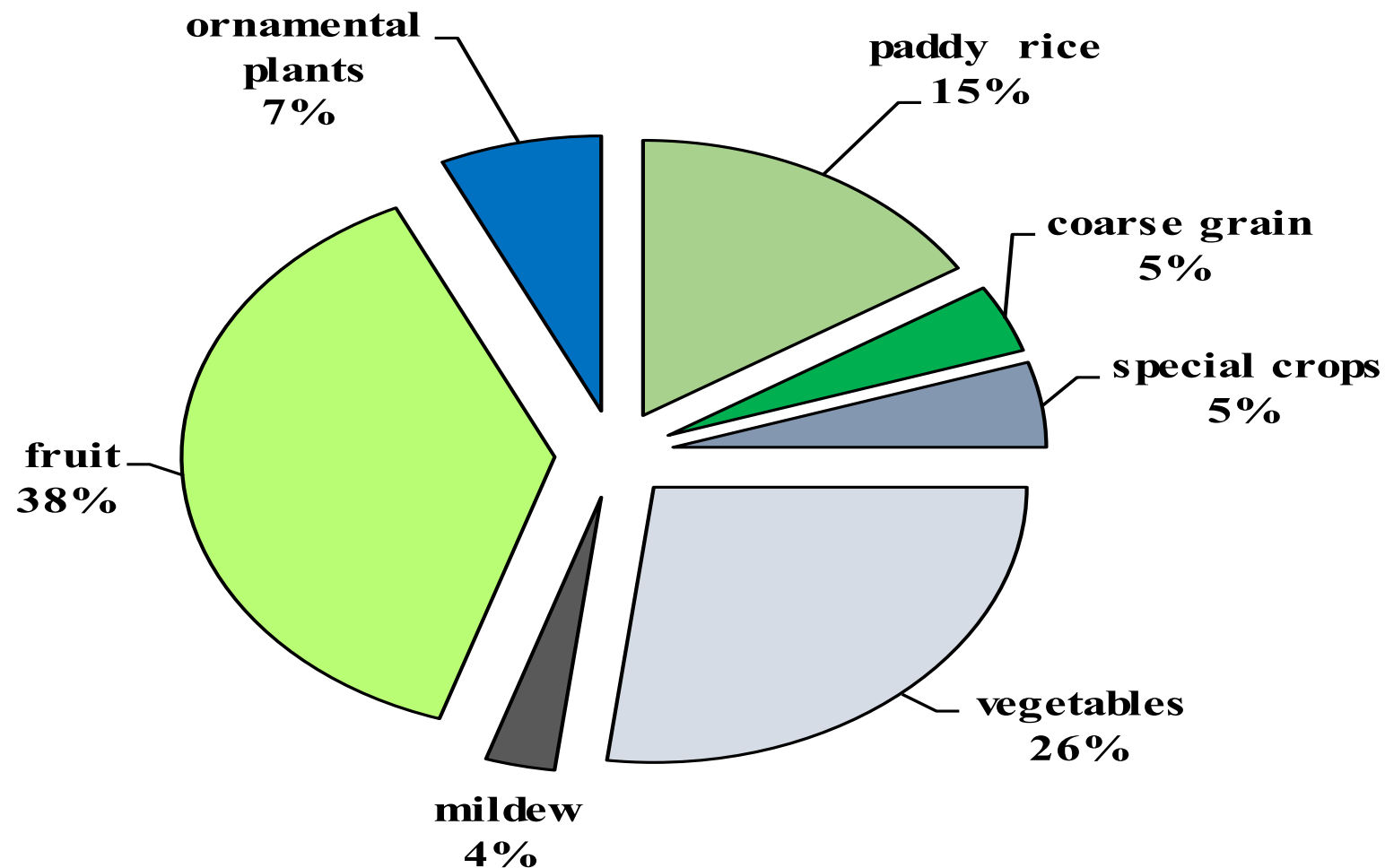


熱帶果樹適合發展循環經濟的原因有以下幾點

- ❧ 資源的可持續利用：熱帶果樹如香蕉、芒果、鳳梨等，不僅能提供果實，還有樹葉、樹皮、果核、果皮等副產品。這些副產品可以被回收利用，轉化為有價值的產品，如天然纖維、食品添加劑、藥用成分等。因此，整體產業鏈可循環利用，減少浪費。
- ❧ 減少環境影響：循環經濟強調資源的高效利用與環境保護。熱帶果樹的種植與加工過程中，通過回收和再利用各種農業廢料，可以減少化學肥料和農藥的依賴，減少對土地和水源的污染，實現更環保的農業模式。多樣化的副產品利用：熱帶果樹所產生的多種副產品可以開發成有價值的商品，從而創造更多的經濟效益。例如，果皮可以製作為天然化妝品原料或食品包裝材料；果核可用來製作燃料或工藝品。這不僅增加了農產品的附加值，還推動了地方經濟發展。
- ❧ 促進地方經濟發展：熱帶果樹的種植對於熱帶地區的農民來說是一個穩定的收入來源。透過循環經濟模式，農民不僅可以通過售賣水果獲得收益，還能通過其他副產品的再利用創造更多的收入機會，提高整體的經濟效益。
- ❧ 創新與技術發展：為了實現熱帶果樹的全面循環利用，需要開發創新的技術和流程，如高效的加工技術、資源回收技術等。這些技術的發展不僅能提高產業的綠色競爭力，還能帶動科技創新，進一步推動產業升級。總結來說，熱帶果樹通過發展循環經濟，能夠充分發揮其資源價值，減少浪費，保護環境，並且帶動經濟增長，具有很大的發展潛力。



Percentages of Agri. Production Values by Crops



Source: Council of Agriculture of Taiwan, 2021



Top Eight Fruits in Taiwan

2021	Fruit	Area planted	Average yields	Value
		(ha)	(kg/ha)	(million, \$)
1	Mango	16,369	10,619	9,181
2	Banana	15,773	22,412	6,522
3	Pineapple	11,525	51,666	8,009
4	Longan	10,517	5,706	3,184
5	Lychee	9,667	6,005	3,675
6	Guava	7,930	23,787	3,858
7	Ponkan	5,102	20,697	3,726
8	Orange	4,889	23,705	3,128



Fruits' Areas and Seasons in Taiwan

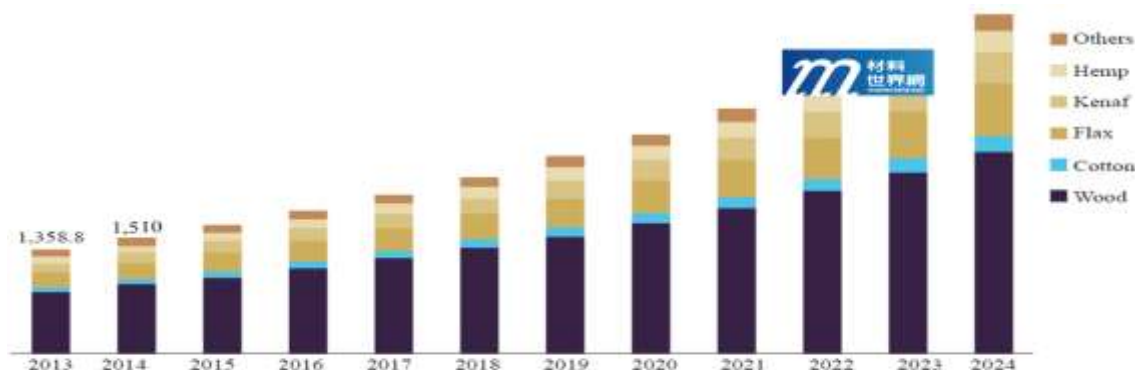
Fruit	Major growing area	Harvesting Time
Mango	Tainan City	3~10
Lychee	Kaohsiung City	5~7
Banana	Pingtung County	annual
Longan	Tainan City	6~10
Pineapple	Pingtung County	annual
Orange	Yunlin County	10~2
Guava	Kaohsiung City	annual
Ponkan	Chiayi County	10~1
Sugar apple	Taitung County	7~4
Dragon fruit	Changhua County	6~10
Papaya	Tainan City	annual
Passion fruit	Nantou County	6~12





果樹纖維的永續潛力：從農業副產品到紡織創新

- 全球紡織產業面臨永續壓力：資源耗用、碳排放、污染
- 農業副產品升級利用的重要性
- 使用果樹纖維切入永續紡織的新契機



資料來源：Grand View Research (2018) Natural Fiber Composites (NFC) Market Size, Share & Trends Analysis Report By Raw Material, By Matrix, By Technology, By Application, And Segment Forecasts, 2018–2024.
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/natural-fiber-composites-market/segmentation>

表一、各類纖維的化學組成與機械性質

纖維種類	密度 (g/cm ³)	微纖維角度	纖維素 (%)	木質素 (%)	拉伸強度 (MPa)	伸長量 (%)	彈性模數 (GPa)
E-glass	2.5	—	—	—	—	2.4	70
Aramid	1.4	—	—	—	—	3.3~3.7	63~67
Carbon	1.7	—	—	—	4,000	1.4~1.8	230~240
Bagasse	1.3	10~22	55.2	25.3	290	3~7	17
Bamboo	0.6~0.8	2~10	60.8	32.2	140~800	1.3	11~30
Banana	1.4	11	65	5	500	5.9	12
Coir	1.3	30~49	32~43	40~45	131~200	15~40	4~6
Cotton	1.5	33	85~90	5.7	287~800	1.2~1.5	13~27
Curaua	1.4	—	73.5	7.5	500~1,150	3.7~4.3	11.8
Flax	1.5	5~10	64~71	2	345~1,100	2.7~3.2	27.6

資料來源：Fuqua, M. A., Huo, S., and Ulven, C. A. (2012) Natural fiber reinforced composites. Polymer Reviews 52(3):259-320.



果樹種類與纖維來源

- ❧ 鳳梨：葉纖維 → 合成皮革（如Piñatex）
- ❧ 香蕉：假莖纖維 → 手工編織布
- ❧ 椰子：外殼與纖維層（coir）→ 墊材、織品

中原大學學生於沖繩實地操作鳳梨葉纖維萃取機，將廢棄葉片轉化為有價值的天然纖維資源。





產品應用實例

- ❧ 鳳梨纖維皮革包 (Piñatex)
- ❧ 香蕉纖維布料 (印度/東南亞)
- ❧ 椰子纖維墊與裝飾織品





台灣推展潛力與困難

潛力：

- ☞ 果樹種類多：香蕉、鳳梨、文旦、芒果（假莖/皮）
- ☞ 易接受新事物
- ☞ 人口密集
- ☞ 結合地方創生、綠色產業、文創平台、環保意識

困難

- ☞ 人工高昂
- ☞ 小農栽培
- ☞ 地形複雜
- ☞ 病蟲害嚴重



可能的解方：移動式工廠

國際移動式果園加工實例總覽

國家/地區	目標果樹	加工形式	功能特色	效益
美國（華盛頓州）	蘋果	移動式蘋果汁工廠 (Mobile Cider Mill)	清洗、破碎、榨汁、 巴氏殺菌與灌裝	降低運輸損耗；推動 地產地銷
加拿大（卑詩省）	櫻桃、李子、蘋果、梨	移動果醬與果泥加工車 (Fruit Processing Trailer)	清洗、打漿、殺菌、 裝瓶；支援小農合作	共享資源、食品教育、 社區農業強化
南非	橘子、檸檬、葡萄柚	果乾與果皮粉乾燥真空包裝設備	乾燥、磨粉、真空包裝； 提升出口價值	減少浪費、提升附加 價值與環境友善
澳洲（塔斯馬尼亞）	蘋果、梨、藍莓	移動冷壓果汁機 (Mobile Cold Press Juicing)	現場壓榨、不須運回 加工廠；保留風味	有助建立農場品牌、 支援觀光農業



新的品項？





結語與Q&A

- ∞ 果樹纖維是一項值得投資與實驗的天然資源
- ∞ 永續紡織的契機正在發生