

林下栽植咖啡環境監測評估計畫 成果報告書



委託機關：農業部林業及自然保育署屏東分署

代辦機關：農業部林業試驗所

計畫主持人：塗三賢 副研究員兼主任

中華民國 113 年 12 月 10 日

摘要

本研究在監測高雄市六龜區寶來段 83 地號造林地內種植咖啡之栽培方式對林木生長、土壤及生態環境造成之影響。並依據監測結果來評估咖啡是否適合納入林下經濟栽植的品項。分別於種植咖啡及無種植咖啡之林地內，各設置 3 個 10 m x 20 m 的長方格樣區，於樣區內進行植物相調查、土壤分析及病蟲害監測。結果顯示調查樣區內共有 15 種樹木：欖木(*Zelkova serrata*)、白雞油(*Fraxinus griffithii*)、臺灣欒樹(*Koelreuteria elegans*)、皸桐(*Aleurites montana*)、阿拉比卡咖啡(*Coffea arabica*)、梅(*Prunus mume*)、芭樂(*Psidium guajava*)為人工種植；九芎(*Lagerstroemia subcostata*)、土密樹(*Bridelia tomentosa*)、小梗木薑子(*Litsea hypophaea*)、山柚(*Champereia manillana*)、朴樹(*Celtis sinensis*)、龍眼(*Euphoria longana*)、無患子(*Sapindus saponaria*)、黃連木(*Pistacia chinensis*)為天然更新。樣區內主要造林樹種為欖木，計 62 株；咖啡樹共 167 株，胸高直徑(1.8 ± 0.7 cm)、樹高(1.7 ± 0.2 m)、枝下高(0.2 ± 0.2 m)、樹冠幅 X(1.6 ± 0.2 m)、樹冠幅 Y(1.6 ± 0.2 m)，因經營管理措施植株的形質相當一致性。以 T 檢定結果顯示濕季時染病與蟲害明顯高於乾季。地被植物共計 92 種，濕季的咖啡樣區多樣性最高。種植咖啡區的全氮含量、硝酸態氮、鉀含量、電導度、磷及銅的含量皆高於無種植咖啡區；無種植咖啡區的土壤細菌群聚的活性及功能多樣性略高於種植咖啡區。咖啡病蟲害計有咖啡炭疽病(*Colletotrichum coffeanum*)、咖啡銹病(*Hemileia vastatrix*)、小綠葉蟬(*Jacobiasca formosana*)、潛葉蛾(*Phyllocnistis citrella*)等；欖木病蟲害則計有欖木炭疽病(*Colletotrichum* spp.)、欖木銹病(*Nyssospora* spp.)、煤煙病(*Asterina sponiae*)、灰斑病(*Cristulariella moricola*)、角斑病(*Pucciniospora tremae*)、褐斑病(*Spondylocladium tremae*)、小綠葉蟬、潛葉蛾、藍綠金花蟲(*Hemipyxis flaviabdominalis*)、欖木蚜(*Tinocallis zelkowae*)等，兩者皆以炭疽病危害最為嚴重，危害最甚月份為 8 月及

10 月，無論是病害或是蟲害，此林地的咖啡種植並沒有增加櫟木上病蟲害發生。

依據監測的結果，建議咖啡不適合納入林下經濟栽種的品項，理由如下：

- 1.咖啡為外來種且族群具有擴張性，長期將減少地被植物多樣性。
- 2.咖啡果實成熟期會吸引野生動物來取食，易造成人類與野生動物的衝突。
- 3.為確保咖啡收成，需施以高頻度及高強度的經營管理方式，不符合林下經濟政策的規範。
- 4.雖然病蟲害之監測結果，在有種植咖啡及無種植咖啡區皆無顯著差異，但若在造林地內種植咖啡則會增加造林木感染炭疽病的風險。
- 5.種植咖啡林地的土壤微量、巨量元素都明顯比無種植咖啡區林地要高，顯示施肥噴藥會造成林地土壤組成的改變，長期會使土壤酸化或硬化。
- 6.無種植咖啡之林地的微生物(細菌)多樣性高於種植咖啡之林地，意謂種植咖啡會干擾微生物的群聚，進而影響林地的養分循環及土壤活性與生態功能。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	III
圖目錄.....	IV
表目錄.....	V
壹、前言.....	1
貳、研究方法.....	2
一、設置監測樣區及植物相調查.....	2
二、土壤分析.....	3
三、病蟲害監測.....	4
參、結果.....	5
一、設置監測樣區及植物相調查.....	5
二、土壤分析.....	14
三、病蟲害監測.....	22
肆、討論.....	28
伍、建議.....	30
陸、參考文獻.....	31
附錄一、寶來林下咖啡栽植試驗樣區的維管束植物名錄.....	33
附錄二、期中報告意見回覆表.....	40
附錄三、期末報告意見回覆表.....	42

圖目錄

圖 1、監測樣區位置圖	2
圖 2、採取土壤樣本(A：種植咖啡，B：無種植咖啡).....	3
圖 3、咖啡區及無咖啡區的微生物群聚層級生理圖譜	22
圖 4、種植咖啡樣區病蟲害種類及其平均危害率情形	24
圖 5、無種植咖啡區病蟲害種類及其平均危害率情形	24
圖 6、病害。A.咖啡炭疽病 (<i>Colletotrichum coffeanum</i>)、B. 檳木炭疽病 (<i>Colletotrichum spp.</i>)、C.咖啡銹病 (<i>Hemileia vastatrix</i>)。.....	25
圖 7、蟲害。A.藍綠金花蟲 (<i>Hemipyxis flaviabdominalis</i>)、B.檳木上的小綠葉蟬 (<i>Jacobiasca formosana</i>)、C.咖啡葉上的潛葉蛾 (<i>Phyllocnistis citrella</i>)、D.非六龜區寶來樣區的咖啡木蠹蛾 (<i>Polyphagozerra coffeae</i>)。	26

表目錄

表 1、監測樣區的基本資料	5
表 2、阿拉比卡咖啡樹植株(n = 167)的現況	6
表 3、阿拉比卡咖啡植株乾、濕季染病葉片相對值的成對樣本 T 檢定	7
表 4、欖木(n = 62)植株的現況	7
表 5、監測樣區在乾、濕季的地被植物重要值表	9
表 6、監測樣區在乾、濕季的地被植物的多樣性指數	12
表 7、112 年 12 月 19 日採樣的土壤反應(pH)、電導度(E.C)、銨態氮 (NH ₄ ⁺ -N)、硝酸態氮(NO ₃ ⁻ -N)含量	14
表 8、113 年 8 月 23 日採樣樣區的土壤反應(pH)、電導度(E.C)、銨態 氮(NH ₄ ⁺ -N)、硝酸態氮(NO ₃ ⁻ -N)含量	15
表 9、112 年 12 月 19 日樣區採樣土壤的巨量元素	16
表 10、113 年 8 月 23 日樣區採樣土壤的巨量元素	17
表 11、112 年 12 月 19 日樣區採樣土壤的微量元素	18
表 12、113 年 8 月 23 日樣區採樣土壤的微量元素	19
表 13、兩次調查土壤樣本中的全氮、銨態氮及硝酸態氮	20
表 14、兩次調查土壤樣本中的電導度(EC)、鉀(K)、鈣(Ca)及鎂(Mg)	20
表 15、兩次調查土壤樣本中的磷(P)、銅(Cu)、鐵(Fe)、錳(Mn)及鋅(Zn)	21

壹、前言

評估高雄市六龜區寶來段 83 地號租地造林地種植咖啡之栽培方式對林木生長、土壤及生態環境造成之影響。對咖啡樹高頻度施以有機肥料、生物防治與施以波爾多液及益生菌等經營管理方式，與現行林下經濟栽植粗放的經營管理方式不同，長期以如此栽培方式是否對造林木的生長、土壤及生態環境造成影響。

計畫目標：

- 一、監測高雄市六龜區寶來段 83 地號造林地內種植咖啡之栽培方式對林木生長、土壤及生態環境造成之影響。
- 二、依據監測結果說明栽植咖啡對於林地之影響，並評估咖啡是否適合納入林下經濟栽植的品項。

重要工作項目：

- 一、設置監測樣區及植物相調查。
- 二、土壤取樣及試驗分析。
- 三、動態樣區病蟲害監測。
- 四、依據監測結果說明栽植咖啡對於林地之影響，並評估咖啡是否適合納入林下經濟栽植的品項。

貳、研究方法

一、設置監測樣區及植物相調查

分別於種植咖啡及無種植咖啡之林地內，各設置 3 個 10 m x 20 m 的長方格樣區(圖 1)，調查樣區內給予每株咖啡及造林樹木 1 個鋁牌編號，測量咖啡樹的胸徑、樹高、枝下高、冠幅及位置，並於乾季與濕季時記錄生長狀況及是否有病蟲之情形；造林樹木則量測胸徑、樹高、枝下高，冠幅及位置。此外，於乾季與濕季記錄地被植物的種類進行多樣性分析。



圖 1、監測樣區位置圖(種植咖啡：C1、C2、C3，無種植咖啡：P1、P2、P3)。

在 2024 年 3 月 14 日(乾季)及 2024 年 8 月 20 日(濕季)，調查種植咖啡區(C1、C2、C3)的 3 個監測樣區及無種植咖啡區的 3 個監測樣區(P1、P2、P3)，共 6 個樣區的地被植物覆蓋度。將各監測樣區分成 8 個 5 m x 5 m 小區，紀錄樣區內除了栽植的咖啡樹及胸徑 ≥ 1 cm 的其它樹木的所有維管束植物名稱，並估算該物種於小區內的覆蓋度。計算 6 個監測樣區出現的所有維管束植物的重要值(Importance value, IV)，計算方式如下：

重要值 = (相對覆蓋度+相對頻度)/2

相對覆蓋度 = (樣區中某維管束植物的覆蓋度/某維管束植物覆蓋度的總和) x 100

相對頻度 = (某種維管束植物出現在某樣區中小區的次數/8) x 100

二、土壤分析

本區的岩性以板岩為主，砂岩含量較少；土壤質地中細質地之壤性土，主要為粘質壤土(CL)，含石量在 40% 以上。於 112 年 12 月 19 日及 113 年 8 月 23 日於監測樣區內進行 2 次土壤樣本採集(圖 2)，分別在監測樣區內的 0-15 cm、15-30 cm 二個深度各採 3 個樣點土壤返回實驗室進行分析。分析項目：土壤反應 (pH)、電導度 (E.C)、總碳 (TC)、氮含量 (TN)、銨態氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、硝酸態氮 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$)、磷 (P)、鉀 (K)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、鐵 (Fe)、錳 (Mn)、鋅 (Zn) 等；112 年 12 月 19 日亦採樣進行土壤微生物群落功能性歧異度(functional diversity)分析。



圖 2、採取土壤樣本(A：種植咖啡區、B：無種植咖啡區)。

三、病蟲害監測

分別在種植咖啡區(C1、C2、C3)與無種植咖啡區(P1、P2、P3)的每個樣區內隨機抽樣 30 株樹木，共計 180 株，進行病蟲害調查。於 2023 年 10 月 4 日、2024 年 1 月 6 日、2024 年 4 月 16 日、2024 年 8 月 27 日完成 4 次調查。以每一樣區內的樣樹為獨立取樣，檢視頂梢當季新生葉片，判定病蟲害發生情形，記錄其上所有的病蟲害種類，以受害葉片數除以新生葉片之取樣數後，為該樣木其中一項病蟲害的危害率，不同病蟲害種類分別計算，30 株樣木危害率合計並平均後為病蟲害之為害率，做為種植咖啡區與無種植咖啡區 2 類樣區病蟲害交叉感染問題探討之依據。

參、結果

一、設置監測樣區及植物相調查

(一)、樹木的組成

在 2023 年 12 月 1 日，於種植咖啡區(C)及無種植咖啡區(P)林地內各設置 3 個 10 m x 20 m 的監測樣區，基本資料如表 1 所示。共記錄 15 種樹木，欖木(*Zelkova serrata*)、白雞油(*Fraxinus griffithii*)、臺灣欒樹(*Koelreuteria elegans*)、皸桐(*Aleurites montana*)、阿拉比卡咖啡(*Coffea arabica*)、梅(*Prunus mume*)、芭樂(*Psidium guajava*)為人工種植；九芎(*Lagerstroemia subcostata*)、土密樹(*Bridelia tomentosa*)、小梗木薑子(*Litsea hypophaea*)、山柚(*Champereia manillana*)、朴樹(*Celtis sinensis*)、龍眼(*Euphoria longana*)、無患子(*Sapindus saponaria*)、黃連木(*Pistacia chinensis*)為天然更新。

表 1、監測樣區的基本資料。(GPS 採取 TWD 97 系統)

編號	設置日期	X	Y	海拔高(m)	坡度	坡向
P1	2023/12/1	221659	2557062	734	28	162
C1	2023/12/1	221632	2557045	728	22	240
P2	2023/12/1	221664	2557032	720	34	151
C2	2023/12/1	221625	2556996	713	18	137
P3	2023/12/1	221671	2556988	698	33	133
C3	2023/12/1	221632	2556972	705	10	121

(二)、阿拉比卡咖啡的現況

在種植咖啡區的 3 個 10 m x 20 m 的監測樣區內共種植了 167 株的阿拉比卡咖啡樹(以下簡稱咖啡樹)，植株的現況如表 2 所示。胸高直徑(1.8 ± 0.7 cm)、樹高(1.7 ± 0.2 m)、枝下高(0.2 ± 0.2 m)、樹冠幅 X(1.6 ± 0.2 m)、樹冠幅 Y(1.6 ± 0.2 m)。由各介量之標準差皆小於 1 可知，

每株咖啡樹植株的現況都很標準化，採取的經營管理措施相當一致性。

此外，於乾季(2023年12月19日)調查染病葉片數(4.9 ± 0.7)及蟲咬葉片數(6.4 ± 5.1)的比例相當低，顯示咖啡樹植株的健康情況良好，這可能與乾季時高頻度施以有機肥料、生物防治與施以波爾多液及益生菌等經營管理方式有關。濕季時於2024年08月21日，調查咖啡樹植株的病蟲害情形，結果顯示染病葉片數(10.9 ± 12.1)及蟲咬葉片數(15.1 ± 8.7)明顯增加。為了解咖啡樹在乾季與濕季的染病、蟲咬痕的葉片數是否有明顯差異，我們隨機挑選10株咖啡樹計算平均葉片數作為基準葉片數，將乾、濕季的各單株咖啡植株染病、蟲咬痕調查的葉片數資料轉換為相對值，再進行成對樣本T檢定。

成對樣本T檢定結果(表3)顯示，染病與蟲咬痕的相對葉片數，在乾季及濕季的P值皆小於0.01，表示咖啡植株在濕季時染病與蟲害情形與乾季時有顯著差異。

表2、阿拉比卡咖啡樹植株(n = 167)的現況。

	平均值(Mean)	標準差(SD)
胸高直徑(cm)	1.8	0.7
樹高(m)	1.7	0.2
枝下高(m)	0.2	0.2
樹冠幅 X(m)	1.6	0.2
樹冠幅 Y(m)	1.6	0.2
乾季染病葉片數	4.9	2.9
濕季染病葉片數	10.9	12.1
乾季蟲咬葉片數	6.4	5.1
濕季蟲咬葉片數	15.1	8.7

表 3、阿拉比卡咖啡植株乾、濕季染病葉片相對值的成對樣本 T 檢定。

Alpha	0.05	
假設的平均數差異	0	
	乾季%	雨季%
平均數	1.07	2.45
變異數	0.42	7.08
樣本數	164	164
皮爾森相關係數	0.36	
觀察的平均數差異	-1.37	
差異的變異數	6.25	
df	163	
t 統計	-7.04	
P (T<=t) 單尾	2.51275E-11	
t 臨界單尾	1.65	
P (T<=t) 雙尾	5.0255E-11	
t 臨界雙尾	1.97	

(三)、主要造林木的現況

在人工種植的樹種當中，以欖木數量最多，在 6 個監測樣區(10 m x 20 m)內共種植了 62 株的欖木，植株的現況如表 4 所示。胸高直徑(10.5 ± 5.4 cm)、樹高(8.5 ± 2.7 m)、枝下高(2.5 ± 1.4 m)、樹冠幅 X(4.9 ± 1.7 m)、樹冠幅 Y(5.2 ± 1.9 m)。

表 4、欖木(n = 62)植株的現況。

	平均值(Mean)	標準差(SD)
胸高直徑(cm)	10.5	5.4
樹高(m)	8.5	2.7
枝下高(m)	2.5	1.4
樹冠幅 X(m)	4.9	1.7
樹冠幅 Y(m)	5.2	1.9

(四)、地被植物的多樣性

監測樣區在乾、濕季的地被植物重要值如表 5 所示。乾季時全區最優勢的前 5 名地被植物為：弓果黍(*Cyrtococcum patens*)、大黍(*Panicum maximum*)、馬纓丹(*Lantana camara*)、阿拉比卡咖啡、竹葉草(*Oplismenus compositus*)；種植咖啡樣區為：弓果黍、阿拉比卡咖啡、酢漿草(*Oxalis corniculata*)、威靈仙(*Clematis chinensis*)、耳葉鴨跖草(*Commelina auriculata*)；無種植咖啡樣區則為：大黍、馬纓丹、龍眼、月桃(*Alpinia zerumbet*)、竹葉草。濕季時種植咖啡樣區的前 5 名優勢地被植物為：弓果黍、阿拉比卡咖啡、酢漿草、竹葉草、耳葉鴨跖草；無種植咖啡樣區為：大黍、馬纓丹、竹葉草、龍眼、土密樹(*Bridelia tomentosa*)。全年在種植咖啡區最優勢的前 5 名地被植物為：弓果黍、咖啡、酢漿草、耳葉鴨跖草、威靈仙；無種植咖啡樣區為：大黍、馬纓丹、龍眼、竹葉草、月桃。

表 5、監測樣區在乾(2024 年 3 月 14 日)、濕季(2024 年 8 月 20 日)的地被植物重要值表

植物中文名	乾季						濕季					
	C1	C2	C3	P1	P2	P3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
弓果黍	23.9	2.3	25.7	0.0	5.0	3.8	32.3	6.4	26.1	0.0	5.0	6.0
大黍	0.0	0.0	0.0	23.1	17.6	5.9	0.0	2.9	0.0	23.8	21.5	5.3
馬纓丹	0.0	0.8	0.0	9.4	15.0	14.6	0.0	0.6	0.0	10.2	14.0	24.2
咖啡	6.1	7.3	9.8	0.0	5.9	3.2	7.1	8.4	12.7	3.7	4.2	3.5
竹葉草	4.7	2.7	1.2	4.9	6.4	4.5	6.2	7.1	0.5	6.5	6.0	4.1
威靈仙	4.2	5.4	7.4	2.8	0.8	3.8	2.7	4.3	4.3	2.3	1.0	2.4
土密樹	0.7	3.1	1.2	0.8	7.4	4.0	0.6	2.9	4.1	0.9	8.5	5.7
龍眼	0.0	0.0	0.0	13.9	4.0	2.8	0.0	0.0	0.0	10.5	3.5	2.5
海金沙	2.8	2.3	3.7	3.5	1.3	3.8	2.4	1.9	5.0	2.9	1.1	3.4
酢漿草	5.6	5.4	6.2	0.0	0.0	0.6	4.5	4.4	6.1	0.0	0.6	0.4
黃荊	1.4	3.0	0.0	6.3	4.3	2.3	1.3	2.8	0.0	6.6	3.3	1.9
月桃	0.0	0.0	0.0	0.8	6.7	8.8	0.0	0.0	0.0	0.8	6.0	7.0
臺灣欒樹	4.9	6.1	2.5	3.2	0.0	0.0	4.1	4.5	1.9	2.4	0.0	0.0
耳葉鴨跖草	3.5	7.0	4.9	0.0	0.0	0.0	3.6	4.5	5.4	0.0	0.0	0.0
香澤蘭	0.7	6.1	3.7	0.0	1.6	2.1	0.4	4.6	2.3	0.0	0.9	1.6
成功白花菜	1.0	8.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.6	4.9	3.6	0.0	0.0	0.0
九芎	1.4	4.6	0.0	2.8	1.1	0.0	1.4	3.9	0.0	2.7	1.2	1.7
月橘	0.0	0.0	0.0	2.4	4.0	4.9	0.0	0.0	0.0	2.2	2.5	3.3
小梗木薑子	0.7	0.0	0.0	0.8	3.2	6.1	0.4	0.0	0.0	0.6	2.1	4.4
串鼻龍	4.2	1.6	0.0	1.6	0.0	0.6	4.0	2.5	0.0	1.4	0.7	1.4
白匏子	1.4	3.8	3.7	0.0	0.0	0.0	1.1	3.2	1.6	0.0	0.0	0.0
一枝香	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.6	1.7	0.6	5.0	0.0	0.0	0.4
天門冬	2.8	1.6	1.2	0.8	0.8	0.6	1.9	1.7	0.5	0.5	0.6	0.9
磚子苗	0.7	0.0	2.5	0.8	1.6	0.6	0.6	1.1	1.4	1.8	1.1	0.5
白花草	2.1	0.8	2.5	0.0	0.0	0.6	1.5	0.6	3.4	0.0	0.0	1.0
兩耳草	1.7	2.3	0.0	0.0	0.0	1.3	2.6	1.8	0.9	0.0	0.0	1.0
藿香薊	4.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
山素英	0.0	0.8	0.0	2.4	0.0	1.9	0.0	0.6	0.0	3.2	0.6	1.2
金午時花	1.4	3.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.8	2.8	0.5	0.0	0.0	0.0
三角葉西番蓮	0.7	1.6	0.0	2.4	0.0	1.3	0.6	1.5	0.0	1.9	0.0	0.8
南美蟛蜞菊	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
毛細花乳豆	1.4	0.8	1.2	0.0	2.4	0.0	0.8	0.3	0.5	0.0	1.9	0.0
多花油柑	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	1.1	2.7	2.5	0.6	0.0
木防已	0.7	0.8	0.0	1.6	0.8	1.3	0.4	0.6	0.0	1.1	0.6	0.8

續表 5

植物中文名	乾季						濕季					
	C1	C2	C3	P1	P2	P3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
無患子	0.7	0.8	0.0	0.0	1.1	0.8	1.1	0.6	0.0	0.6	1.8	0.5
中華金午時花	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
細葉饅頭果	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	1.3	0.9	0.0	0.7	2.2
海島鷓鴣	2.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.6	1.7	0.0	0.9	0.0	0.6	0.5
白花牽牛	0.0	0.0	2.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.0	0.0	0.0
大花咸豐草	0.7	0.8	0.0	1.6	0.0	0.0	0.4	0.3	0.9	1.0	0.0	0.0
長穗木	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.6	0.0	0.0	0.6	1.8
地膽草	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
山柚	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0
薄葉金午時花	0.7	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
軟毛柿	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
鞭葉鐵線蕨	0.0	0.0	0.0	1.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.4	0.0
石蟾蜍	0.0	0.8	1.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.3	0.5	0.0	0.4	0.0
凹葉野萵菜	0.0	1.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0
黑心蕨	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.2	0.0	0.0
箭葉鳳尾蕨	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.0	0.0	0.6	0.5
昭和草	1.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
娥房藤	0.0	0.0	1.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0
五節芒	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
大葉桃花心木	0.7	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5
朴樹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.6	0.0
疣果葉下珠	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.8	0.0	0.0	0.0
小葉桑	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
盤龍木	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.5
山棕	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
假川牛膝	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
欖木	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	0.0
剛莠竹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
高雄卷柏	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
芭樂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0
淡竹葉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7
漢氏山葡萄	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
貓腥草	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
榔榆	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
戟葉田薯	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0

續表 5、

植物中文名	乾季						濕季					
	C1	C2	C3	P1	P2	P3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
白飯樹	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
酸藤	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
矮摺唇蘭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4
雞屎藤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
紅仔珠	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
日本金粉蕨	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
姑婆芋	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
山珠豆	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
毛白前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
棕葉狗尾草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
華南鱗蓋蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
飛揚草	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
假酸漿	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
小花蔓澤蘭	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
白雞油	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5
海州常山	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
麥門冬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
華茜草樹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
馬蹄金	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
馬唐	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
紫花藿香薊	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
皺桐	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
木鼈子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

以重要值指數為介量計算，計算乾、濕季各樣區的 α 及 β 多樣性指數，結果如表 6。地被植物的多樣性以濕季的咖啡樣區 C2 最高 (Simpson's index=0.0396，Shannon-Wiener's Index = 3.4666) 植物種類為 48 種。無種植咖啡樣區樣區 P2 在濕季時種類最多 (43 種)，多樣性則是乾季時的 P3 最高 (Simpson's index=0.0568，Shannon-Wiener's Index = 3.1986)。

表 6、監測樣區在乾、濕季的地被植物的多樣性指數。

樣區	Simpson	Shannon	物種數
C1	0.0816	3.1094	39
C2	0.0433	3.3633	40
C3	0.1017	2.7530	25
乾季 P1	0.0979	2.8097	29
P2	0.0819	2.8871	31
P3	0.0568	3.1986	38
C1	0.1254	2.8973	42
C2	0.0396	3.4666	48
C3	0.1057	2.8050	33
濕季 P1	0.0951	2.8740	33
P2	0.0899	2.9676	43
P3	0.0840	3.0881	42

(五)、維管束植物名錄與組成

本研究範圍共有 92 種維管束植物(44 科 80 屬)，包含 7 種蕨類植物，85 種被子植物(附錄 1)。從習性來看，喬木 15 種，灌木 17 種，草本植物 39 種，蔓藤植物 21 種。原生植物有 66 種(71.7%)，包括 2 種特有變種：毛細花乳豆(*Galactia tenuiflora* var. *villosa*)、小梗木薑子，台灣維管束植物紅皮書名錄中列為易危等級的有 1 種：石蟾蜍(*Stephania tetrandra*)，接近受脅者 2 種：毛白前(*Cynanchum mooreanum*)、榔榆(*Ulmus parvifolia*)。外來種植物共 26 種。其中有 24 種(26.1%)僅出現在無種植咖啡樣區中，分別為：龍眼、月桃、月橘(*Murraya paniculata*)、山柚、軟毛柿(*Diospyros eriantha*)、鞭葉鐵線蕨(*Adiantum caudatum*)、檫木、剛莠竹(*Microstegium ciliatum*)、高雄卷柏(*Selaginella repanda*)、芭樂、淡竹葉(*Lophatherum gracile*)、榔榆、白飯樹(*Flueggea suffruticosa*)、矮摺唇蘭(*Tropidia somae*)、雞屎藤(*Paederia scandens*)、日本金粉蕨(*Onychium japonicum*)、山珠豆(*Centrosema pubescens*)、毛白前、棕葉狗尾草(*Setaria palmifolia*)、白

雞油、海州常山(*Clerodendrum trichotomum*)、麥門冬(*Liriope spicata*)、華茜草樹(*Randia sinensis*)、皺桐；僅出現在咖啡樣區有 28 種(30.4%)：耳葉鴨跖草、成功白花菜(*Cleome rutidosperma*)、白匏子(*Mallotus paniculatus*)、藿香薊(*Ageratum conyzoides*)、金午時花(*Sida rhombifolia*)、中華金午時花(*Sida chinensis*)、地膽草(*Elephantopus mollis*)、薄葉金午時花(*Sida mysorensis*)、凹葉野苧菜(*Amaranthus lividus*)、昭和草(*Crassocephalum crepidioides*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)、疣果葉下珠(*Phyllanthus hookeri*)、小葉桑(*Morus australis*)、山棕(*Arenga tremula*)、假川牛膝(*Cyathula prostrata*)、漢氏山葡萄(*Ampelopsis brevipedunculata* var. *hancei*)、貓腥草(*Praxelis clematidea*)、酸藤(*Ecdysanthera rosea*)、紅仔珠(*Breynia officinalis*)、姑婆芋(*Alocasia odora*)、華南鱗蓋蕨(*Microlepia nepalensis*)、飛揚草(*Euphorbia hirta*)、假酸漿(*Trichodesma calycosum*)、小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)、馬蹄金(*Dichondra micrantha*)、馬唐(*Digitaria sanguinalis*)、紫花藿香薊(*Ageratum houstonianum*)、木鼈子(*Momordica cochinchinensis*)。

二、土壤分析

(一)、土壤的各項分析結果

1. 兩次採樣各樣區的土壤反應(pH)、電導度(E.C)、銨態氮(NH₄⁺-N)、硝酸態氮(NO₃⁻-N)分析如表 7 及表 8 所示。

表 7、112 年 12 月 19 日採樣的土壤反應(pH)、電導度(E.C)、銨態氮(NH₄⁺-N)、硝酸態氮(NO₃⁻-N)含量

類別	深度	樣區	pH	EC1:5 μ S/cm	NH ₄ ⁺ -N mg kg ⁻¹	NO ₃ ⁻ -N
咖啡區	0-15 cm	C3	6.3±0.6	67.04±23.7	3.42±0.88	5.13±1.32
		C2	6.4±0.2	63.89±20.11	3.15±1.03	4.73±1.94
		C1	6.7±0.5	86.89±15.93	3.43±0.11	7.22±4.24
		平均	6.5±0.2	72.61±12.47	3.33±0.16	5.69±1.34
無咖啡區	0-15 cm	P3	6.4±0.3	41.36±10.29	6.38±2.04	4.78±3.58
		P2	6.1±0.2	32.28±13.42	4.19±1.75	4.04±3.41
		P1	5.9±0.3	34.88±10.25	6.76±0.51	3.24±1.63
		平均	6.2±0.3	36.17±4.68	5.78±1.39	4.02±0.77
咖啡區	15-30 cm	C3	5.5±0.6	45.17±17.93	2.47±0.9	10.89±9.07
		C2	5.5±0.1	61.02±21.9	2.95±0.86	10.94±5.81
		C1	5.9±0.9	48.49±14.64	2.66±0.63	5.39±4.35
		平均	5.6±0.2	51.56±8.36	2.69±0.24	9.07±3.19
無咖啡區	15-30 cm	P3	5.7±0.4	20.17±7.91	3.73±1.91	2.14±1.64
		P2	5.7±0.2	20.5±4.55	3.62±1.43	2.34±2.16
		P1	5.5±0.2	23.55±4.08	4.25±0.77	2.39±1.75
		平均	5.6±0.1	21.41±1.86	3.87±0.34	2.29±0.13

表 8、113 年 8 月 23 日採樣樣區的土壤反應(pH)、電導度(E.C)、銨態氮(NH₄⁺-N)、硝酸態氮(NO₃⁻-N)含量

類別	深度	樣區	pH	EC1:5 μ S/cm	NH ₄ ⁺ -N mg kg-1	NO ₃ ⁻ -N mg kg-1
咖啡區	0-15 (cm)	C3	6.6±0.8	65.15±46.05	6.79±2.28	10.84±5.8
		C2	6.8±0.7	79.48±34.85	4.95±2.63	10.46±1.55
		C1	6.5±0.3	58.27±4.87	4.19±0.85	14.52±4.75
		平均	6.6±0.2	67.63±10.82	5.31±1.34	11.94±2.24
無咖啡區	0-15 (cm)	P3	5.8±0.1	44.03±3.05	7.69±1.52	11.62±1.96
		P2	5.9±0.2	38.52±4.39	6.23±0.68	9.21±1.28
		P1	6.2±0.5	49.68±8.63	4.54±1.15	13.16±3.05
		平均	6±0.2	44.08±5.58	6.15±1.58	11.33±1.99
咖啡區	15-30 (cm)	C3	5.7±0.2	54.96±49.39	6.64±1.8	4.52±3.39
		C2	5.9±0.5	53.95±21.08	5.89±2.94	6.27±1.69
		C1	6±0.3	38.85±7.06	5.61±3.19	6.19±1.53
		平均	5.8±0.2	49.25±9.02	6.05±0.53	5.66±0.99
無咖啡區	15-30 (cm)	P3	5.3±0.1	27.92±4.42	5.14±0.33	5.82±2.05
		P2	5.6±0.3	23.36±3.7	6.52±2.09	3.85±1.22
		P1	5.9±0.5	36.33±2.47	4.48±1.35	8.41±1.32
		平均	5.6±0.3	29.2±6.58	5.38±1.04	6.03±2.29

2. 樣區中土壤的巨量元素總碳、氮含量(TC、TN)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)等含量如表 9 及表 10 所示。

表 9、112 年 12 月 19 日樣區採樣土壤的巨量元素

類別	深度	樣區	TN	TC	P	K	Ca	Mg
			g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		
咖啡區	0-15 (cm)	C3	3.24±0.62	32.28±5.66	54.1±34.28	247.34±34.33	2300.4±728.72	457.89±82.32
		C2	3.11±0.21	28.96±2.57	42.68±12.68	311.82±195.77	1950.17±53.4	554.58±64.29
		C1	4.21±0.82	42.01±11.51	154.3±61.15	422.05±99.02	2672.98±575.49	574.81±93.31
		平均	3.52±0.6	34.42±6.78	83.69±61.41	327.07±88.35	2307.85±361.46	529.1±62.49
無咖啡區	0-15 (cm)	P3	3.75±0.29	38.6±3.42	31.65±3.79	344.65±8.6	2420.94±446.05	432.34±53.34
		P2	3.32±0.92	33.71±13.78	27.33±6	205.86±47.64	2311.51±790.68	367.81±48.84
		P1	3.36±0.49	33.62±7.2	15.86±5.15	307.74±107.28	1714.16±613.54	393.74±88.55
		平均	3.48±0.24	35.31±2.85	24.95±8.16	286.08±71.89	2148.87±380.42	397.96±32.47
咖啡區	15-30 (cm)	C3	2.83±0.49	26.78±5.59	18.36±14.38	145.73±97.11	1341.31±611.43	293.85±85.18
		C2	2.95±0.12	26.24±2.09	13.15±3.19	169.75±108.48	1293.04±139.24	357.12±20.45
		C1	3.11±0.44	27.56±2.9	72.75±39.5	284.56±102.33	1595.56±605.11	383.18±117.22
		平均	2.96±0.14	26.86±0.66	34.75±33.01	200.01±74.2	1409.97±162.53	344.72±45.94
無咖啡區	15-30 (cm)	P3	2.66±0.2	23.45±2.89	18.9±5.38	140.53±63.14	1463.03±534.02	302.05±51.59
		P2	2.26±0.47	18.66±5.71	14.84±4.96	115.55±8.58	1509.21±287.13	274.35±24.62
		P1	2.83±0.29	25.02±3.1	8.39±4.23	210.05±85.38	960.34±367.26	237.24±84.66
		平均	2.59±0.29	22.38±3.31	14.04±5.3	155.38±48.96	1310.86±304.44	271.21±32.52

表 10、113 年 8 月 23 日樣區採樣土壤的巨量元素

類別	深度	樣區	TN	TC	P	K	Ca	Mg
			g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		
咖啡區	0-15 cm	C3	3.52±0.51	34.87±5.89	138.94±109.03	353.21±186.19	2739.13±1041.57	635.65±215.83
		C2	3.81±0.25	36.75±3.74	284.92±305.17	486.47±198.13	2644.07±987.18	719.9±164.43
		C1	3.54±0.3	34.08±4.78	117.86±49.89	338.99±111.12	2152.14±52.56	485.01±31.05
		平均	3.62±0.16	35.23±1.38	180.57±90.98	392.89±81.35	2511.78±315.06	613.52±118.99
無咖啡區	0-15 cm	P3	3.45±0.19	34.17±2.04	15.06±6.25	336.56±53.43	1863.44±94.61	455.15±41.31
		P2	3.45±0.12	33.43±2.15	28.4±3.41	241.51±48.8	2133.3±359.55	399.7±34.63
		P1	4.18±0.51	43.32±6.01	36.58±2.88	275.85±21.72	2518.61±395.01	494.14±48.25
		平均	3.69±0.42	36.97±5.51	26.68±10.86	284.64±48.13	2171.78±329.28	449.66±47.46
咖啡區	15-30 cm	C3	2.97±0.6	29.59±5.15	77.65±45.78	302.49±165.57	1598.91±182.37	386.67±66.48
		C2	3.29±0.11	30.06±1.1	137.41±135.34	537.19±340.67	1412.98±285.2	449.07±69.1
		C1	2.94±0.35	26.79±5.16	46.49±17.55	347.03±249.89	1642.62±216.04	403.6±56.6
		平均	3.07±0.19	28.81±1.77	87.18±46.21	395.57±124.65	1551.5±121.94	413.12±32.27
無咖啡區	15-30 cm	P3	2.78±0.33	23.86±3.63	7.07±3.81	266.5±14.57	1063.48±268.22	286.34±79.55
		P2	2.7±0.28	23.74±3.51	16.77±1.59	144.14±25.29	1558.53±389.68	296.92±13.45
		P1	3.38±0.09	33±1.62	27.47±7.05	190.87±26.45	1867.88±448.18	406.07±60.31
		平均	2.95±0.37	26.87±5.31	17.1±10.21	200.5±61.75	1496.63±405.76	329.78±66.28

3. 各樣區之微量元素含量如表 11 及表 12 所示。

表 11、112 年 12 月 19 日樣區採樣土壤的微量元素

類別	深度	樣區	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg kg ⁻¹			
咖啡區	0-15 (cm)	C3	7.11±4.6	229.98±35.53	39.76±23.59	3.73±2.35
		C2	6.52±1.95	200.92±1.93	23.15±5.08	2.32±0.64
		C1	16.58±11.73	204.83±47.38	31.86±16.44	8.3±3.8
		平均	10.07±5.65	211.91±15.77	31.59±8.31	3.29±0.66
		P3	1.6±0.09	198.11±25.46	39.42±6.26	4.78±3.12
無咖啡區	0-15 (cm)	P2	1.07±0.37	211.05±11.43	27.5±7.34	2.9±0.64
		P1	2.61±3.3	200.09±25.55	31.91±8.58	1.89±0.32
		平均	1.76±0.78	203.09±6.97	32.95±6.02	1.3±0.61
		C3	2.03±1.02	190.48±18.95	16.28±5.49	2.69±0.72
咖啡區	15-30 (cm)	C2	2.25±0.51	190.97±9.6	15.03±3.87	1.26±0.3
		C1	2.79±1.14	204.3±42.89	14±0.34	2.01±0.31
		平均	2.36±0.39	195.25±7.84	15.11±1.14	1.33±0.16
		P3	1.56±0.31	205.21±21.29	22.12±4.49	1.53±0.42
無咖啡區	15-30 (cm)	P2	1.38±0.8	205.24±4.7	19.87±6.74	1.36±0.5
		P1	1.45±1	184.43±18.9	19.1±8.54	1.13±0.32
		平均	1.46±0.09	198.29±12.01	20.37±1.57	1.27±0.13

表 12、113 年 8 月 23 日樣區採樣土壤的微量元素

類別	深度	樣區	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg kg ⁻¹			
咖啡區	0-15 (cm)	C3	25.13±28.93	307.81±45.01	45.58±39.3	9.04±6.34
		C2	12.17±6.02	272.43±29.6	49.51±26.42	8.62±5.69
		C1	12.8±5.37	293.75±19.54	47.11±25.33	5.17±0.31
		平均	16.7±7.31	291.33±17.81	47.4±1.98	7.61±2.13
		P3	3.16±3.08	227.36±26.53	46.69±12.81	3.24±0.83
無咖啡區	0-15 (cm)	P2	1.77±0.34	315.67±15.06	42.78±7.36	4.7±1.03
		P1	3.13±1.86	274.2±22.21	74.37±38.56	5.78±0.93
		平均	2.69±0.8	272.41±44.18	54.62±17.22	4.57±1.27
		C3	6.73±5.49	347.4±48.55	23.17±10.57	2.94±1.13
		C2	4.09±1.38	240.71±34.22	25.17±8.91	3.18±0.88
咖啡區	15-30 (cm)	C1	4.33±1.23	273.25±46.28	27.19±9.27	2.73±0.14
		平均	5.05±1.46	287.12±54.68	25.18±2.01	2.95±0.22
		P3	1.79±0.63	227.47±49.33	31.65±9.24	2.44±1.45
		P2	1.64±0.12	293.75±18.26	30.68±3.09	2.41±0.49
		P1	2.92±1.31	270.5±22.61	60.79±41.21	3.76±0.98
無咖啡區	15-30 (cm)	平均	2.12±0.7	263.91±33.63	41.04±17.11	2.87±0.77

(二)、利用 T-test 比較分析種植咖啡區與無種植咖啡區土壤兩次土壤採樣各分析項目含量

1.比較兩次調查土壤樣本中的全氮(TN)、銨態氮(NH₄⁺-N)及硝酸態氮(NO₃⁻-N)，結果如表 13，兩次的調查中除了 113 年 8 月 23 日調查時的 0-15 cm 無種植咖啡區有較大的值，無論 0-15 cm 或 15-30 cm 種植咖啡區皆高於無種植咖啡區，惟皆不顯著。硝酸態氮亦呈現同樣情形，但只在 112 年 12 月 19 日調查時的 15-30 cm 呈顯著差異；但銨態氮在 0-15 cm 無咖啡區有較大的值，且 112 年 12 月 19 日調查時呈顯著，而 15-30 cm 卻是種植咖啡區大於無種植咖啡區，惟皆不顯著。

表 13、兩次調查土壤樣本中的全氮、銨態氮及硝酸態氮

調查時間	深度	平均	NH ₄ ⁺ -N		NO ₃ ⁻ -N		TN	
			mg kg ⁻¹				g kg ⁻¹	
			咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡
112.12.19	0-15 (cm)	mean	3.33	5.78	5.69	4.02	3.52	3.48
		<i>p</i> 值	0.019*		0.067		0.462	
113.08.23		mean	3.62	3.69	35.23	36.97	9.71	9.99
		<i>p</i> 值	0.401		0.312		0.139	
112.12.19	15-30 (cm)	mean	2.52	3.51	7.53	1.97	2.89	2.55
		<i>p</i> 值	0.072		0.017*		0.099	
113.08.23		mean	3.07	2.95	28.81	26.87	9.40	9.03
		<i>p</i> 值	0.328		0.290		0.241	

* < 0.05 顯著

2.比較兩次調查土壤樣本中的電導度(EC)、鉀(K)、鈣(Ca)及鎂(Mg)，結果如表 14，兩次的調查無論是 0-15 cm 及 15-30 cm 種植咖啡區皆有較高的值，且電導度(EC)無論是 0-15 cm 及 15-30 cm 的含量都呈現顯著的差異，而鉀(K)含量於 113.08.23 調查時亦呈顯著的差異。

表 14、兩次調查土壤樣本中的電導度 (EC)、鉀 (K)、鈣 (Ca)及鎂 (Mg)

調查時間	深度	平均	EC1:5		K		Ca		Mg	
			μ S/cm				mg kg ⁻¹			
			咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡
112.12.19	0-15	mean	72.61	36.17	327.07	286.08	2307.85	2148.87	529.10	397.96
		<i>p</i> 值	0.005*		0.283		0.314		0.016*	
113.08.23		mean	67.63	44.08	16.70	2.69	291.33	272.41	392.89	284.64
		<i>p</i> 值	0.014*		0.015*		0.265		0.06	
112.12.19	15-30	mean	48.14	19.89	181.44	143.61	1407.55	1327.55	339.34	269.48
		<i>p</i> 值	0.012*		0.297		0.359		0.063	
113.08.23		mean	49.25	29.20	5.05	2.12	287.12	263.91	395.57	200.50
		<i>p</i> 值	0.018*		0.017*		0.28		0.036*	

* < 0.05 顯著

3.比較兩次調查土壤樣本中的磷(P)、銅(Cu)、鐵(Fe)、錳(Mn)及鋅(Zn)，結果如表 15，兩次的調查中除了鐵(Fe)及錳(Mn) 外，種植咖啡區的磷(P)、銅(Cu)及鋅(Zn)皆有較高的值，且銅(Cu)在 112.12.19 調查的含量無論是 0-15 cm 及 15-30 cm 都顯著。

表 15、兩次調查土壤樣本中的磷(P)、銅(Cu)、鐵(Fe)、錳(Mn)及鋅(Zn)

調查時間	深度	平均	P		Cu		Fe		Mn		Zn	
			mg kg ⁻¹									
			咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡	咖啡	無咖啡
112.12.19	0-15 (cm)	mean	83.69	24.95	10.07	1.76	211.91	203.09	31.59	32.95	4.78	2.69
		p 值	0.088		0.032*		0.213		0.415		0.161	
113.08.23	0-15 (cm)	mean	2511.78	2171.78	613.52	449.66	47.40	54.62	180.57	26.68	7.61	4.57
		p 值	0.133		0.046*		0.255		0.022*		0.051	
112.12.19	15-30 (cm)	mean	32.06	14.88	2.28	1.51	191.98	198.21	14.50	20.53	1.42	1.28
		p 值	0.227		0.034*		0.278		0.003*		0.327	
113.08.23	15-30 (cm)	mean	1551.50	1496.63	413.12	329.78	25.18	41.04	87.18	17.10	2.95	2.87
		p 值	0.417		0.061		0.093		0.031*		0.435	

* < 0.05 顯著

(三)、土壤微生物功能群分析

微生物群聚層級生理圖譜 (Community level physiological profiling, CLPP) 評估土壤細菌群聚的活性及功能多樣性如圖 3。分析結果顯示種植咖啡區及無種植咖啡區的細菌物種豐富度及總體活性 (AWCD) 相差不大，惟兩林地利用型的 Shannon-Wiener index 略有差異 (p = 0.079)，無種植咖啡區 (P) 的細菌多樣性略高於種植咖啡區 (C)，分別為 2.71 ± 0.83 及 1.89 ± 1.01 。

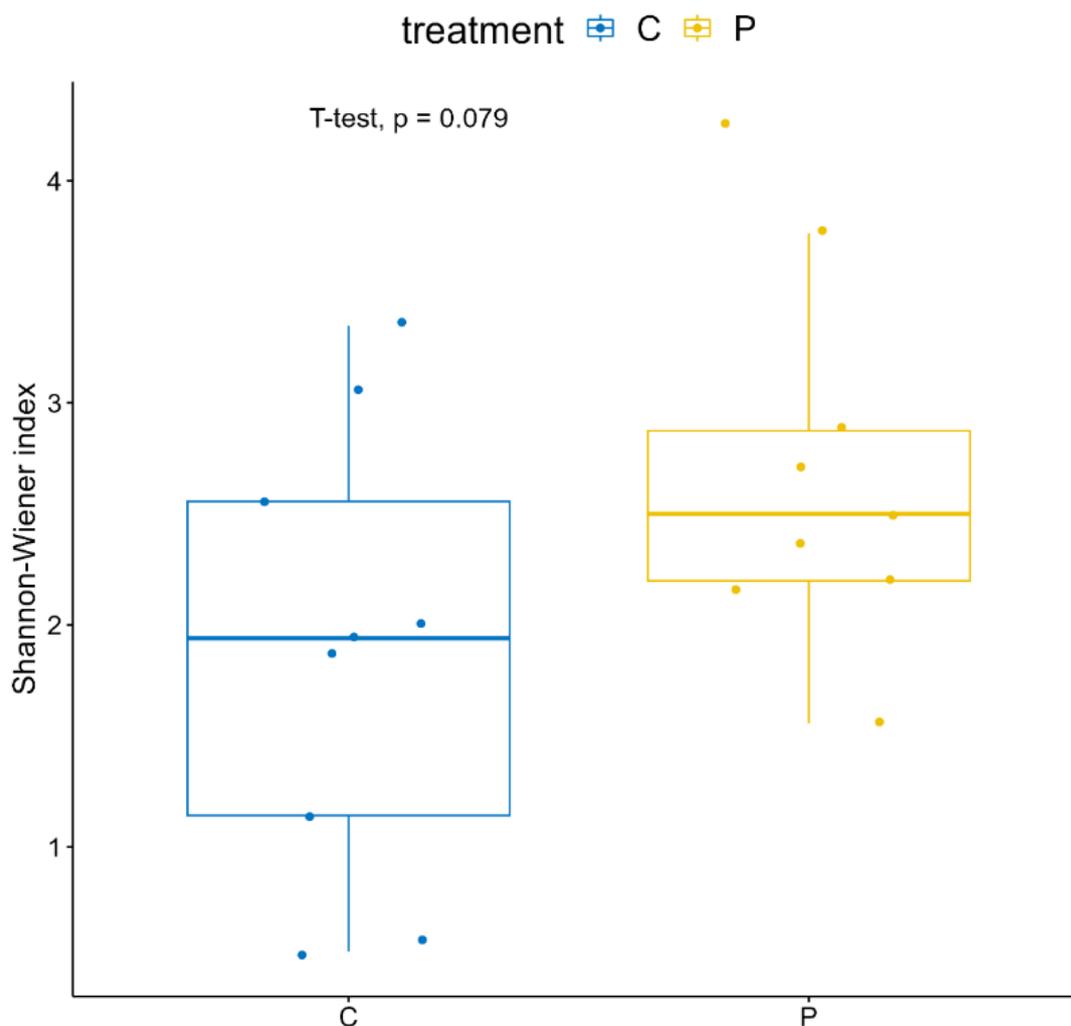


圖 3、咖啡區及無咖啡區的微生物群聚層級生理圖譜

三、病蟲害監測

(一)、於 2023 年 10 月 4 日，2024 年 1 月 6 日，2024 年 4 月 16 日及 2024 年 8 月 27 日完成 4 次調查，咖啡病蟲害計有咖啡炭疽病 (*Colletotrichum coffeanum*)、咖啡銹病 (*Hemileia vastatrix*)、小綠葉蟬 (*Jacobiasca formosana*)、潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella*) 等，以炭疽病危害最為嚴重，4 次調查危害率分別為 93%、51%、49% 及 76% (圖 4)。檫木病蟲害則計有檫木炭疽病 (*Colletotrichum* spp.)、檫木銹病 (*Nyssospora* spp.)、煤煙病 (*Asterina sponiae*)、灰斑病 (*Cristulariella moricola*)、角斑病 (*Pucciniospora tremae*)、褐斑病 (*Spondylocladium*

tremae)、小綠葉蟬、潛葉蛾、藍綠金花蟲(*Hemipyxis flaviabdominalis*)、檫木蚜(*Tinocallis zelkowae*)等，同樣以炭疽病危害最為嚴重，4次調查危害率分別為91%、1%、40%及62%(圖5)。

(二)、從圖4及圖5的結果來看，於咖啡及檫木受害最嚴重為炭疽病(圖6A、6B)，危害最甚月份為8月及10月，咖啡危害率為76%及93%，檫木危害率則為62%及91%，進入冬季節後受到氣溫下降而減緩，檫木的冬季落葉，更能將受感染葉片脫離，達到自然防治的效果。另外，咖啡銹病(圖6C)與檫木藍綠金花蟲(圖7A)亦有受到氣候改變而危害下降的現象。咖啡及檫木受害最嚴重的病蟲害皆為炭疽病，4次調查的平均危害率分別達67.25%及48.5%，由於這2種炭疽病為不同寄主的種類，其感染時具有其專一性，故咖啡及檫木的炭疽病之間沒有交互感染的問題；同樣的，咖啡及檫木的銹病亦是不同病害種類，沒有互相感染的疑慮；至於其他共同的病蟲害尚有小綠葉蟬(圖7B)及潛葉蛾(圖7C)，但危害率都低於10%並不嚴重，只有零星的危害，對於林木的生長及健康沒有影響。

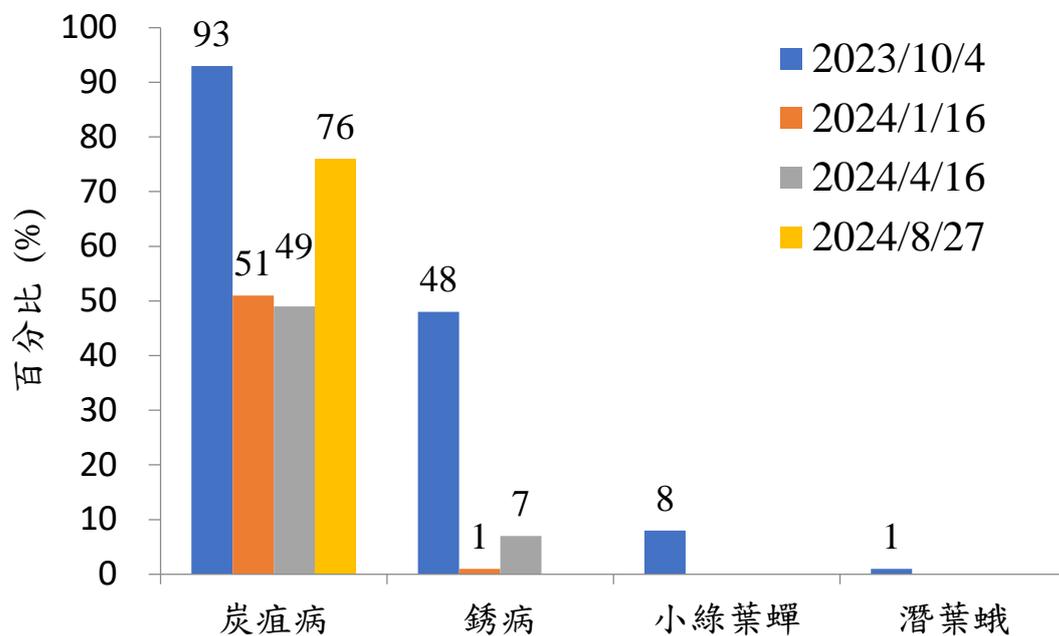


圖 4、種植咖啡樣區病蟲害種類及其平均危害率

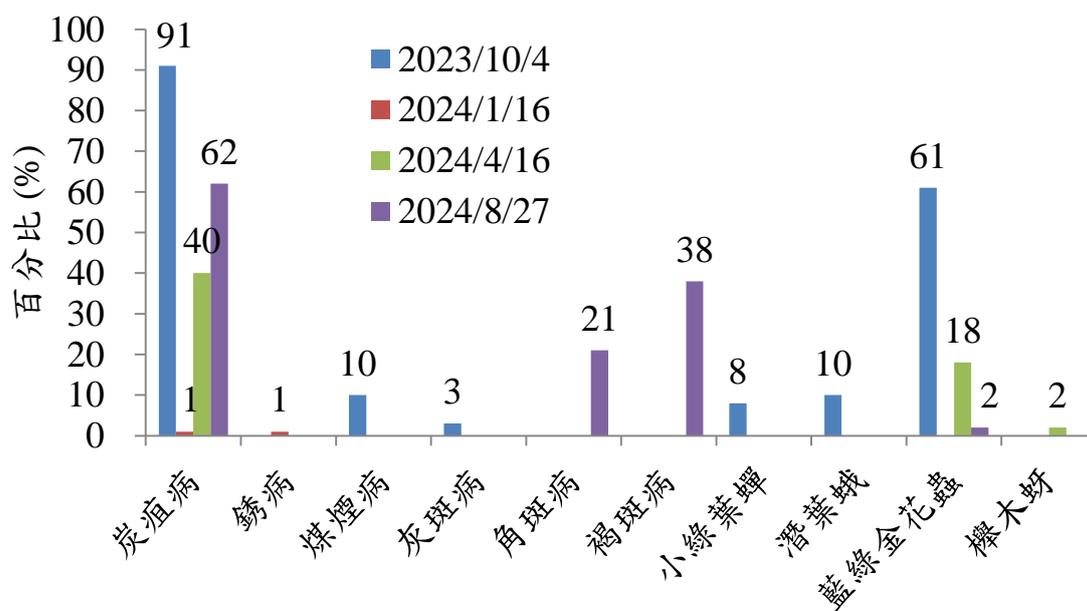


圖 5、無種植咖啡區病蟲害種類及其平均危害率

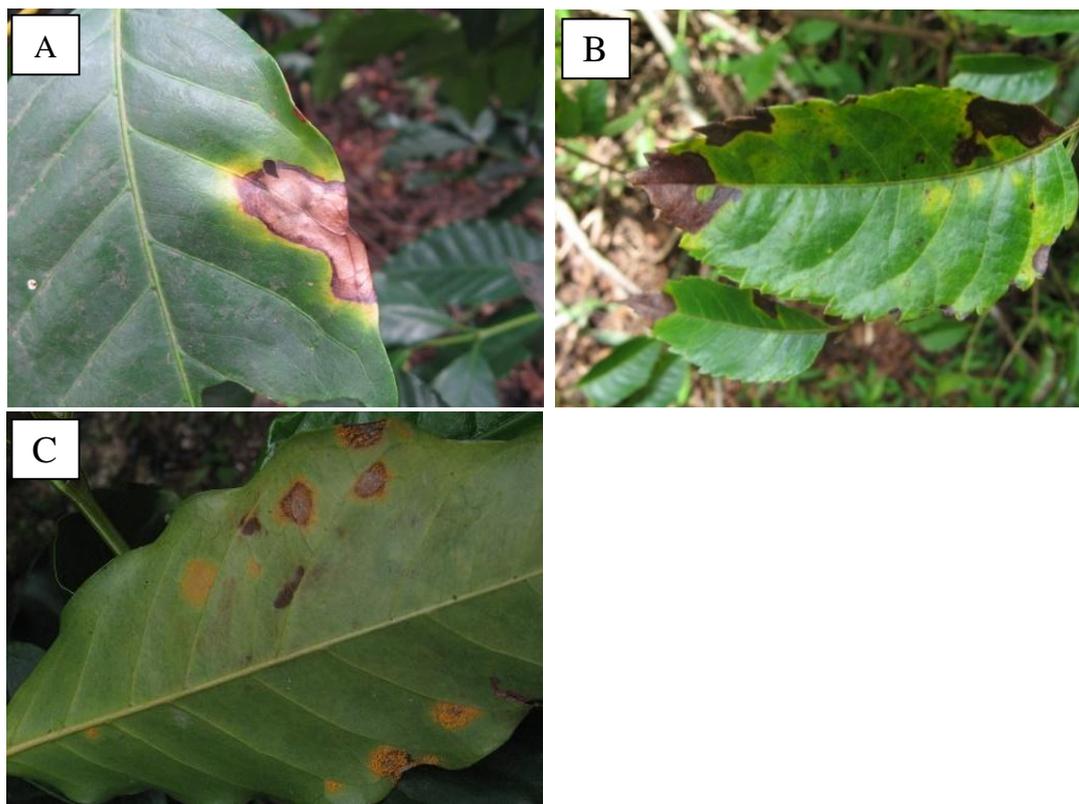


圖 6、病害。A.咖啡炭疽病(*Colletotrichum coffeanum*)、B. 欖木炭疽病(*Colletotrichum* spp.)、C.咖啡銹病(*Hemileia vastatrix*)。

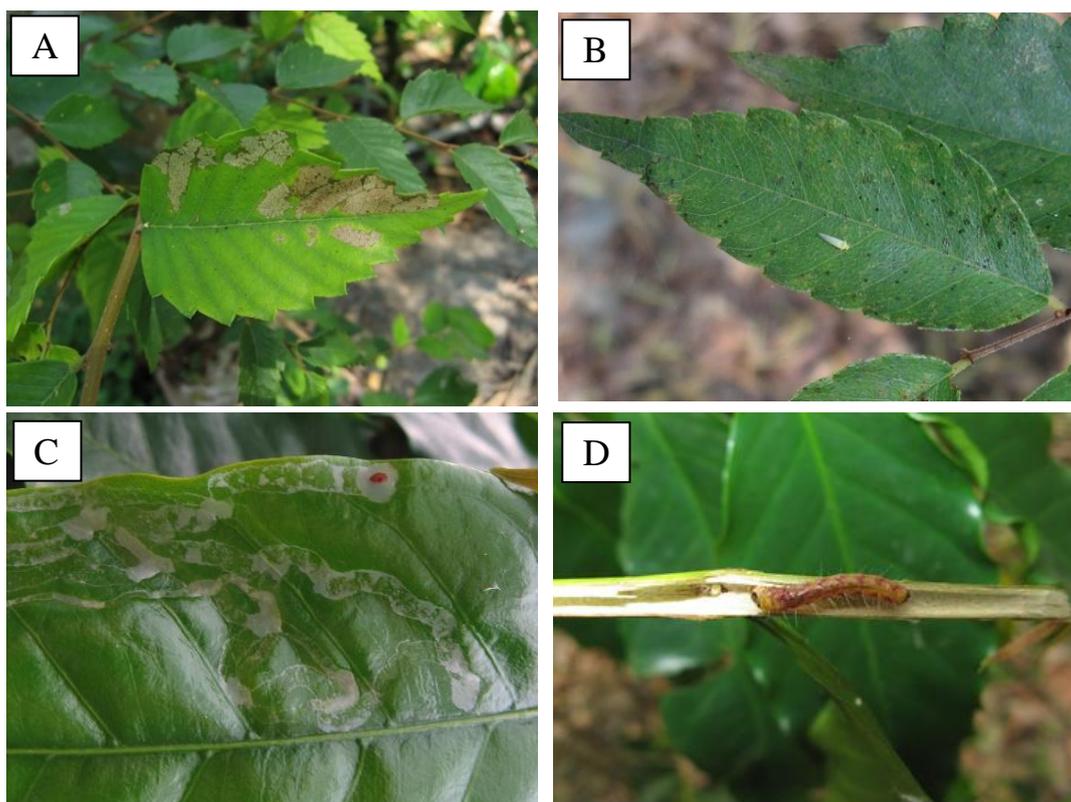


圖 7、蟲害。A.藍綠金花蟲(*Hemipyxis flaviabdominalis*)、B.欖木上的小綠葉蟬(*Jacobiasca formosana*)、C.咖啡葉上的潛葉蛾(*Phyllocnistis citrella*)、D.非六龜區寶來樣區的咖啡木蠹蛾(*Polyphagozerra coffeae*)。

(三)、病害調查顯示，咖啡於欖木林下種植的混農林地內，最嚴重的病害為是炭疽病，表示 2 種炭疽病於同一氣溫濕度環境下，具有同步感染其寄主的生長步調，看似存在著交互感染的風險，但其實不然。炭疽病為各種樹木常見的病害，像是樟科、殼斗科的炭疽病更是普遍，其寄主具有專一性，彼此之間並無法交互感染。

(四)、蟲害調查顯示，除欖木上的藍綠金花蟲於 2023 年 10 月有 61% 危害率外，咖啡或欖木其他蟲害種類小綠葉蟬、潛葉蛾及欖木蚜危害情形都屬輕微，亦無咖啡害蟲的發生而增加欖木蟲害的可能。

(五)、本計畫目標為探討咖啡於林下種植時，是否增加櫟木病蟲害發生的風險，4次調查結果，無論是病害或是蟲害，此林地的咖啡種植並沒有增加櫟木上病蟲害發生。但就過往的研究顯示，咖啡在其他種植地區，主要的病蟲害為咖啡炭疽病、銹病、咖啡果小蠹蟲及木蠹蛾(圖 7D)，不過本計畫調查期間沒有發現這 2 種蟲害，若有咖啡木蠹蛾的存在，會因木蠹蛾為木本植物廣泛性害蟲，對於櫟木的危害更甚於病害，將增加櫟木蟲害的發生，進而影響造林木的健康。

肆、討論

一、設置監測樣區及植物相調查

- (一)、咖啡植株的胸高直徑(1.8 ± 0.7 cm)、樹高(1.7 ± 0.2 m)、枝下高(0.2 ± 0.2 m)、樹冠幅 X(1.6 ± 0.2 m)、樹冠幅 Y(1.6 ± 0.2 m)。由各介量之標準差皆小於 1 顯示，每株咖啡樹植株的形質都很標準化，採取的經營管理措施相當一致性。
- (二)、濕季時咖啡樹染病與蟲害明顯高於乾季，推測可能原因是雨季時雨水將葉面的藥劑沖洗掉，導致病蟲害較易發生。
- (三)、無論在咖啡種植區或無種植咖啡區的林地內，都出現許多咖啡的小苗，顯示其族群具有擴張性，因為在咖啡果實成熟期會吸引野生動物來取食，藉由動物將咖啡種子散播至其他地區。因此，若在林地內種植咖啡，易造成人類與野生動物的衝突。
- (四)、咖啡族群因具有擴張性，長期將減少地被植物多樣性。

二、土壤分析

- (一)、由於種植咖啡區有施用有機肥鐵牛牌-催甜甜 426 及五葉肥料-混合有機質肥料 5-12，全氮含量兩者皆為 4%，故種植咖啡區有較高的全氮；銨態氮及硝酸態氮在兩次的調查中呈現不同的狀況，可能因採樣季節或距離施肥時間有關。
- (二)、因硝酸態氮會轉變成一氧化氮及氧化亞氮，一氧化氮吸收長波輻射的能力是二氧化碳的 300 倍，會使溫室效應更形惡化，而氧化亞氮會破壞大氣中的臭氧層；且這兩個氣體會與水反應形成硝酸，易形成酸雨。此區在 0-30 cm 的土壤深度中，種植咖啡區之硝酸態氮皆大於無種植咖啡區土壤，是否會有上述現象需要另行進行長期之監測。
- (三)、種植咖啡區土壤的鉀含量及電導度較無種植咖啡區高，種植咖啡區施用的有機肥(內含全氧化鉀 6% 及 3%)應是主要的原因；

至於鈣及鎂含量之增加是否亦為施肥之影響，尚待釐清肥料之成分。

- (四)、種植咖啡區施用的有機肥內含全磷酐 2% 及 3%，應是導致其土壤磷含量高的原因；且種植咖啡區施用介猛(波爾多)為殺菌劑，波爾多液主要成分為硫酸銅(CuSO_4)和熟石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)，種植咖啡區的銅(Cu)含量會高於無種植咖啡區。因銅的累積會造成環境的污染；硝酸態氮會轉變成一氧化氮及氧化亞氮，將使溫室效應更形惡化且易形成酸雨，此皆對環境有負面之影響。而施肥會造成與林地不同的土壤養分狀況，對於林地微生物多樣性乃至於群聚產生影響，進而影響養分循環及其他重要的生態功能或過程。林下栽植咖啡確會對環境造成影響。
- (五)、有關林下栽植咖啡環境監測土壤部分，目前看來種植咖啡區的全氮含量、硝酸態氮、鉀含量、電導度、磷及銅的含量皆高於無種植咖啡區，使用波爾多液應是造成栽植咖啡區銅含量高於無栽植咖啡區的主因。

三、病蟲害監測

- (一)、咖啡與檫木主要的病害都是炭疽病，雖然炭疽病不會在此兩種樹木之間互相傳染，但若在林地內種植咖啡樹，則會增加檫木感染炭疽病的風險。
- (二)、雖然此林地種植咖啡樹並沒有增加檫木上病蟲害發生，但就過往的研究顯示，咖啡在其他種植地區，主要的病蟲害為咖啡炭疽病、銹病、咖啡果小蠹蟲及木蠹蛾，雖然本計畫調查期間沒有發現這 2 種蟲害，但若有咖啡木蠹蛾的存在，會因木蠹蛾為木本植物廣泛性害蟲，對於檫木的危害更甚於病害，將增加檫木蟲害的發生，進而影響造林木的健康。

伍、建議

依據監測的結果，建議咖啡不適合納入林下經濟栽種的品項，理由如下：

- 一、咖啡為外來種且族群具有擴張性，長期將減少地被植物多樣性。
- 二、咖啡果實成熟期會吸引野生動物來取食，易造成人類與野生動物的衝突。
- 三、為確保咖啡收成，需施以高頻度及高強度的經營管理方式，不符合林下經濟政策的規範。
- 四、雖然病蟲害之監測結果，在有種植咖啡及無種植咖啡區皆無顯著差異，但若在造林地內種植咖啡則會增加造林木感染炭疽病的風險。
- 五、種植咖啡林地的土壤微量、巨量元素都明顯比無種植咖啡區林地要高，施肥噴藥會造成林地土壤組成的改變，長期則會使土壤酸化或硬化。
- 六、無種植咖啡之林地的微生物(細菌)多樣性高於種植咖啡之林地，意謂種植咖啡會干擾微生物的群聚，進而影響林地的養分循環及土壤活性與生態功能。

陸、參考文獻

- 李娟、趙秉強、李秀英。2008。長期有機無機肥料配施對土壤微生物學特性及土壤肥力的影響。中國農業科學 41(1):144-152。
- 林駿奇、蔡恕仁、周泳成。2013。臺東地區咖啡病蟲害非農藥防治技術。行政院農業委員會臺東區農業改良場。13-15 頁。
- 姜桂華。2004。銨態氮在土壤中吸附性能探討。長安大學學報：建築與環境科學版 21(2):32-34。
- 馬紅亮、王傑、高人、尹雲鋒、孫傑。2011。施用銨態氮對森林土壤硝態氮和銨態氮的影響。土壤 43(6):910-916。
- 曹樹欽、葉世娟、陳倫壽。1996。土壤肥力監測與培肥。中國農業大學學報 1(1):61-66。
- 黃小紅、張磷、肖妙玲、謝曉麗、馮曄、陳少芬、趙立峰。2010。施肥制度對土壤肥力的影響。中國農學通報 (13):200-206。
- 黃振聲。2005。咖啡木蠹蛾。植物保護圖鑑系列 16。23-25 頁。
- 楊光盛、洪崑煌。1992。Mehlich No.3 抽出法對台灣土壤的適用性 1. 土壤有效磷、鉀、鈣與鎂抽取試驗。中華農業化學會誌 30(2):396-412。
- 蔡雲鵬。1991。臺灣植物病害名彙修訂 3 版。中華植物保護學會。115-116 頁。
- Aber, J., McDowell, W., Nadelhoffer, K., Magill, A., Berntson, G., Kamakea, M., Fernandez, I. (1998). Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems: hypotheses revisited. *BioScience* 48(11):921-934.
- Mehlich, A. (1984). Mehlich No.3 soil test extractant : A modification of Mehlich 2 extractant. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 15(12) : 1409-1416。
- Jones, J. (2018). *Soil analysis handbook of reference methods*. CRC

press.

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H. (Eds.). (2020).

Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods (Vol. 14). John Wiley & Sons.

Templer, P. H., Lovett, G. M., Weathers, K. C., Findlay, S. E., Dawson, T.

E. (2005). Influence of tree species on forest nitrogen retention in the Catskill Mountains, New York, USA. *Ecosystems* 8:1-16.

Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P.

A., Schindler, D. W., Tilman, D. G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological applications* 7(3):737-750.

附錄一、寶來林下咖啡栽植試驗樣區的維管束植物名錄

備註：習性:草本、灌木、喬木、藤蔓；原生：非特有的原生植物、特有：特有種或特有變種、栽培：栽培種、歸化：歸化種；依據2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄的保育等級：LC：暫無危機、VU：易危、NT：接近受脅、NA-n：歸化；出現樣區：C：咖啡栽植區、P：無種植咖啡區。

維管束植物組成、屬性、保育等級統計表

維管束植物門	分類群	科	屬	種(含種下分類群)
蕨類植物亞門		4	7	7
	石松綱	1	1	1
	水龍骨綱	3	6	6
種子植物亞門		40	80	85
被子植物超綱	木蘭植物綱	40	80	85
合計		44	80	92
原生種				
		40	64	66
	特有	2	2	2
	非特有	38	62	64
外來種				
		14	25	26
	歸化種	13	24	25
	栽培種	1	1	1
保育等級				
LC	暫無危機	40	61	65
VU	易危	2	2	1
NT	接近受脅	1	1	2
NA	不適用	14	26	24

PHYLUM TRACHEOPHYTA 維管束植物門

LYCOPODIOPSIDA 石松綱

1. SELAGINELLACEAE 卷柏科

1. *Selaginella repanda* (Desv. ex Poir.) Spring 高雄卷柏/草本, 原生, LC(P)

POLYPODIOPSIDA 水龍骨綱

2. DENNSTAEDTIACEAE 碗蕨科

2. *Microlepia nepalensis* (Spreng.) Fraser-Jenk., Kandel & Pariyar 華南鱗蓋蕨/草本, 原生, LC(C)

3. LYGODIACEAE 海金沙科

3. *Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw. 海金沙/藤蔓, 原生, LC(C, P)

4. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科

4. *Adiantum caudatum* L. 鞭葉鐵線蕨/草本, 原生, LC(P)
5. *Doryopteris concolor* (Langsd. & Fisch.) Kuhn 黑心蕨/草本, 原生, LC(C, P)
6. *Onychium japonicum* (Thunb.) Kunze 日本金粉蕨/草本, 原生, LC(P)
7. *Pteris ensiformis* Burm.f. 箭葉鳳尾蕨/草本, 原生, LC(C, P)

SUBPHYLUM SPERMATOPHYTINA 種子植物亞門

ANGIOSPERMAE 被子植物超綱

MAGNOLIOPSIDA 木蘭植物綱

1. AMARANTHACEAE 莧科

1. *Amaranthus lividus* L. 凹葉野莧菜/草本, 歸化, NA-n(C)
2. *Cyathula prostrata* (L.) Bl. 假川牛膝/草本, 原生, LC(C)

2. APOCYNACEAE 夾竹桃科

3. *Cynanchum mooreanum* Hemsl. 毛白前/草本, 原生, NT(P)
4. *Ecdysanthera rosea* Hook. & Arn. 酸藤/藤蔓, 原生, LC(C)
5. *Tylophora insulana* Tsiang & P. T. Li 海島鷓萇/藤蔓, 原生, LC(C, P)

3. ASTERACEAE 菊科

6. *Ageratum conyzoides* L. 藿香薊/草本, 歸化, NA-n(C)
7. *Ageratum houstonianum* Mill. 紫花藿香薊/草本, 歸化, NA-n(C)
8. *Bidens alba* (L.) DC. 大花咸豐草/草本, 歸化, NA-n(C, P)

9. *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob. 香澤蘭/藤蔓, 歸化, NA-n(C, P)
 10. *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore 昭和草/草本, 歸化, NA-n(C)
 11. *Elephantopus mollis* Kunth 地膽草/草本, 歸化, NA-n(C)
 12. *Mikania micrantha* Kunth 小花蔓澤蘭/藤蔓, 歸化, NA-n(C)
 13. *Praxelis clematidea* R. M. King & H. Rob. 貓腥草/草本, 歸化, NA-n(C)
 14. *Vernonia cinerea* (L.) Less. 一枝香/草本, 原生, LC(C, P)
 15. *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. 南美蟛蜞菊/草本, 歸化, NA-n(C, P)
4. BORAGINACEAE 紫草科
16. *Trichodesma calycosum* Collett & Hemsl. 假酸漿/灌木, 原生, LC(C)
5. CANNABACEAE 大麻科
17. *Celtis sinensis* Pers. 朴樹/喬木, 原生, LC(C, P)
6. CLEOMACEAE 白花菜 (醉蝶花) 科
18. *Cleome rutidosperma* DC. 成功白花菜/草本, 歸化, NA-n(C)
7. CONVULVULACEAE 旋花科
19. *Dichondra micrantha* Urban 馬蹄金/喬木, 原生, LC(C)
 20. *Ipomoea biflora* (L.) Persoon 白花牽牛/藤蔓, 原生, LC(C, P)
 21. *Jacquemontia paniculata* (Burm. f.) Hall. f. 娥房藤/藤蔓, 原生, LC(C, P)
8. CUCUBITACEAE 葫蘆 (瓜) 科
22. *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. 木鱧子/藤蔓, 原生, LC(C)
9. EBENACEAE 柿樹科
23. *Diospyros eriantha* Champ. ex Benth. 軟毛柿/灌木, 原生, LC(P)
10. EUPHOBIAEAE 大戟科
24. *Euphorbia hirta* L. 飛揚草/草本, 歸化, NA-n(C)
 25. *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg. 白匏子/喬木, 原生, LC(C)
 26. *Vernicia montana* Lour. 皺桐/喬木, 歸化, NA-n(P)
11. FABACEAE 豆科
27. *Centrosema pubescens* Benth. 山珠豆/藤蔓, 歸化, NA-n(P)

28. *Galactia tenuiflora* (Klein ex Willd.) Wight & Arn. var. *villosa* (Wight & Arn.) Baker 毛細花乳豆/藤蔓, 特有, LC(C, P)
12. LAMIACEAE 唇形科
29. *Clerodendrum trichotomum* Thunb. 海州常山/灌木, 原生, LC(P)
30. *Leucas chinensis* (Retz.) R. Br. 白花草/草本, 原生, LC(C, P)
31. *Vitex negundo* L. 黃荊/灌木, 原生, LC(C, P)
13. LAURACEAE 樟科
32. *Litsea hypophaea* Hayata 小梗木薑子/灌木, 特有, LC(C, P)
14. LYTHRACEAE 千屈菜科
33. *Lagerstroemia subcostata* Koehne 九芎/喬木, 原生, LC(C, P)
15. MALVACEAE 錦葵科
34. *Sida chinensis* Retz. 中華金午時花/草本, 原生, LC(C)
35. *Sida mysorensis* Wight & Arn. 薄葉金午時花/草本, 原生, LC(C)
36. *Sida rhombifolia* L. 金午時花/灌木, 歸化, LC(C)
16. MELIACEAE 楝科
37. *Swietenia macrophylla* King 大葉桃花心木/喬木, 歸化, NA-n(C, P)
17. MENISPERMACEAE 防已科
38. *Cocculus orbiculatus* (L.) DC. 木防已/藤蔓, 原生, LC(C, P)
39. *Stephania tetrandra* S. Moore 石蟾蜍/藤蔓, 原生, VU(C, P)
18. MORACEAE 桑科
40. *Malaisia scandens* (Lour.) Planch. 盤龍木/藤蔓, 原生, LC(C, P)
41. *Morus australis* Poir. 小葉桑/灌木, 原生, LC(C)
19. MYRTACEAE 桃金娘科
42. *Psidium guajava* L. 芭樂/灌木, 歸化, NA-n(P)
20. OLEACEAE 木犀科
43. *Fraxinus griffithii* C. B. Clarke 白雞油/喬木, 原生, LC(P)
44. *Jasminum nervosum* Lour. 山素英/藤蔓, 原生, LC(C, P)
21. OPILIACEAE 山柚科

45. *Champereia manillana* (Bl.) Merr. 山柚/灌木, 原生, LC(P)
22. OXALIDACEAE 酢漿草科
46. *Oxalis corniculata* L. 酢漿草/草本, 原生, LC(C, P)
23. PASSIFLORACEAE 西番蓮科
47. *Passiflora suberosa* L. subsp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex M.A.M.Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev. 三角葉西番蓮/藤蔓, 歸化, NA-n(C, P)
24. PHYLLANTHACEAE 葉下珠科
48. *Breynia officinalis* Hemsley 紅仔珠/灌木, 原生, LC(C)
49. *Bridelia tomentosa* Blume 土密樹/喬木, 原生, LC(C, P)
50. *Flueggea suffruticosa* (Pall.) Baill. 白飯樹/灌木, 原生, LC(P)
51. *Glochidion rubrum* Blume 細葉饅頭果/喬木, 原生, LC(C, P)
52. *Phyllanthus hookeri* Muell. -Arg. 疣果葉下珠/草本, 原生, LC(C)
53. *Phyllanthus multiflorus* Willd. 多花油柑/灌木, 原生, LC(C, P)
25. RANUNCULACEAE 毛茛科
54. *Clematis chinensis* Osbeck 威靈仙/藤蔓, 原生, LC(C, P)
55. *Clematis grata* Wall. 串鼻龍/藤蔓, 原生, LC(C, P)
26. RUBIACEAE 茜草科
56. *Coffea arabica* L. 咖啡/灌木, 栽培, NA-n(C, P)
57. *Paederia scandens* (Lour.) Merr. 雞屎藤/藤蔓, 原生, LC(P)
58. *Randia sinensis* (Lour.) Roem. & Schult. 華茜草樹/灌木, 原生, LC(P)
27. RUTACEAE 芸香科
59. *Murraya paniculata* (L.) Jack. 月橘/灌木, 原生, LC(P)
28. SAPINDACEAE 無患子科
60. *Euphoria longana* Lam. 龍眼/喬木, 歸化, NA-n(P)
61. *Koelreuteria henryi* Dummer 臺灣欒樹/喬木, 原生, LC(C, P)
62. *Sapindus mukorossii* Gaertn. 無患子/喬木, 原生, LC(C, P)
29. ULMACEAE 榆科
63. *Ulmus parvifolia* Jacq. 榔榆/喬木, 原生, NT(P)
64. *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino 欒木/喬木, 原生, LC(P)

30. VERBENACEAE 馬鞭草科

65. *Lantana camara* L. 馬纓丹/灌木, 歸化, NA-n(C, P)
66. *Stachytarpheta urticifolia* Sims 長穗木/灌木, 歸化, NA-n(C, P)

31. VITACEAE 葡萄科

67. *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Traut. var. *hancei* (Planch.) Re 漢氏山葡萄/藤蔓, 原生, LC(C)

32. ARACEAE 天南星科

68. *Alocasia odora* (Lodd.) Spach. 姑婆芋/草本, 原生, LC(C)

33. ARECACEAE 棕櫚科

69. *Arenga tremula* (Blanco) Becc. 山棕/喬木, 原生, LC(C)

34. ASPARAGACEAE 天門冬科

70. *Asparagus cochinchinensis* (Lour.) Merr. 天門冬/藤蔓, 原生, LC(C, P)
71. *Liriope spicata* (Thunb.) Lour. 麥門冬/草本, 原生, LC(P)

35. COMMELINACEAE 鴨跖草科

72. *Commelina auriculata* Blume 耳葉鴨跖草/草本, 原生, LC(C)

36. CYPERACEAE 莎草科

73. *Mariscus sumatrensis* (Retz.) J. Raynal 磚子苗/草本, 原生, LC(C, P)

37. DIOSCOREACEAE 薯蕷科

74. *Dioscorea doryphora* Hance 戟葉田薯/藤蔓, 原生, LC(C, P)

38. ORCHIDACEAE 蘭科

75. *Tropidia somae* Hayata 矮摺唇蘭/草本, 原生, LC(P)

39. POACEAE 禾本科

76. *Cyrtococcum patens* (L.) A. Camus 弓果黍/草本, 原生, LC(C, P)
77. *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. 馬唐/草本, 歸化, NA-n(C)
78. *Lophatherum gracile* Brongn. 淡竹葉/草本, 原生, LC(P)
79. *Microstegium ciliatum* (Trin.) A. Camus 剛莠竹/草本, 原生, LC(P)
80. *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. 五節芒/草本, 原生, LC(C)
81. *Oplismenus compositus* (L.) P. Beauv. 竹葉草/草本, 原生, LC(C, P)

82. *Panicum maximum* Jacq. 大黍/草本, 歸化, NA-n(C, P)

83. *Paspalum conjugatum* P. J. Bergius 兩耳草/草本, 歸化, NA-n(C, P)

84. *Setaria palmifolia* (J. König) Stapf 棕葉狗尾草/草本, 歸化, LC(P)

40. ZINGIBERACEAE 薑科

85. *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Smith 月桃/草本, 原生, LC(P)

附錄二、期中報告意見回覆表

曾委員喜育	委託團隊陳覆意見
<p>(一)本計畫為林下經濟栽植重要的技術調查，研究成果可以提供分署作林下栽種咖啡重要的參考。</p> <p>(二)本計畫作了相當多的環境因子分析，為了解林下栽植咖啡是否對造林木有影響，建議進行統計分析來檢定栽植過程後的差異性。</p> <p>(三)本計畫著重在栽植咖啡的環境監測，環環監測評估項目主要為土壤因子，造林地的造林年代、林分密度等資料建議現地測量補充。由於影響植物生長的環境因子非常多，林下微環境之光度、溫度與濕度等是影響植物的重要因素，若計畫經費許可，建議增加微環境監測器 datalog 或蒐集咖啡棲地的微環境資料，提供了解生育地環境對林下咖啡與造林木的影響。</p> <p>(四)因本研究為林下經濟栽植咖啡的重要技術調查報告，研究調查分析資料確實，目前為期中報告，為使研究成果更具體化，建議在報告書增加相關前人研究成果進行探討。</p>	<p>(一)謝謝委員的意見。</p> <p>(二)栽植咖啡前後的資料需詢問林農。</p> <p>(三)造林年代、林分密度等資料需詢問林農。</p> <p>(四)將收集相關前人研究成果進行探討。</p>
張委員耀聰	委託團隊陳覆意見
<p>(一)病蟲害調查建議留意咖啡果小蠹是否危害。</p>	<p>(一) 由於計畫核定時間為 112 年第 3 季，主要病蟲害危害季已過，往後調查持續監測，亦包括咖啡果小蠹。</p>

<p>(二)期中報告土壤分析部份說明前後需一致，表 4 表 6 內容有誤，請修正。</p> <p>(三)農業經營投入咖啡生產，已有初步看到銅有微量提升(累後)的情形，需再持續監測。</p> <p>(四)土壤分析有種植咖啡的土壤分析結果鉀的含量比農耕地還高原因為何？</p>	<p>(二)依委員意見修改。</p> <p>(三)持續監測。</p> <p>(四)可能與林農施肥有關。</p>
<p>張委員淑芬</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一)建議補充單位面積的種植咖啡樹資料，監測種植區域的光度、濕度。</p> <p>(二)建議瞭解咖啡種植品種，如為原始的 Typica 品種，可能發生的銹病問題率較高，建議加以瞭解，避免病害傳播。</p> <p>(三)種植咖啡的土壤檢測有銅的累積，施肥種類為何？</p>	<p>(一)謝謝委員的意見。</p> <p>(二)往後調查持續監測，包括咖啡銹病。</p> <p>(三)需詢問林農。</p>
<p>朱委員木生</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一)請檢附調查資料： 1.樣區之生長量調查(造林木、咖啡) 2.樣區內之植物種類(本本、草本地被)</p> <p>(二)請增加初步結果與討論。</p> <p>(三)病蟲害監測以有病蟲害之葉數或植株的葉數%率來表示會比較客觀。</p> <p>(四)請增加各種病蟲害照片。</p> <p>(五)請增加甘特圖。</p>	<p>(一)已檢附樣區調查的基本資料。將調查樣區內地被草本的資料。</p> <p>(二)依委員意見修改。</p> <p>(三)病蟲害危害以新生葉片為主，爾後以病蟲害危害新葉比率呈現。</p> <p>(四)依委員意見修改。</p> <p>(五)依委員意見修改。</p>
<p>楊委員瑞芬</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一)林下種植咖啡對於林木長遠的影響，後續是否可以寫在建議部分，對於未來經營管理很重要。</p>	<p>(一)將在期末報告呈現。</p>

附錄三、期末報告意見回覆表

曾委員喜育	委託團隊陳覆意見
<p>(一) 格式：內文中首次出現之物種請標示學名。</p> <p>(二) p11 表 5 表頭需重複，並建議於表格附上調查時間；表 5 與 p.13 的皺桐，在報告其餘地方寫廣東油桐，請統一名稱。</p> <p>(三) P13 建議標示附件的名錄以對照參閱；專有名詞請加上英文或縮寫 e.g. 易危等級(VU)、接近受脅(NT)。</p> <p>(四) p.25 圖 5 病蟲害請標示全名。</p> <p>(五) p.6 比較成對樣本 T 檢定前是否做檢測資料常態性？建議資料應進行常態分布檢定後，若符合常態分布再進行成對樣本 T 檢定。</p> <p>(六) p.11 重要值表示調查區域內各物種的優勢程度、佔比，此類資料常不符合常態分布，因此不適用成對樣本 T 檢定作分析；建議應使用降趨對應分析，或單純比較乾濕季的物種數/多樣性指數有無差異；或無母數分析。</p> <p>(七) p.20 表 15 為何到 113.08.23 調查時，種植咖啡、無種植咖啡的硝酸態氮(NO₃-N)都大量增加？研究區是否在調查期間進行施肥？</p>	<p>(一)已於內文中標示首次出現之物種的學名。</p> <p>(二)已重複表 5 的表頭，並附上調查時間。已將皺桐及廣東油桐的名稱統一。</p> <p>(三)造林年代、林分密度等資料需詢問林農。</p> <p>(四)已標示病蟲害的全名。</p> <p>(五)謝謝委員的建議。</p> <p>(六) 謝謝委員的建議，僅比較乾濕季的物種數/多樣性指數有無差異。</p> <p>(七) 113.08.23 調查時，種植咖啡、無種植咖啡的硝酸態氮(NO₃⁻-N)都大量增加，因無種植咖啡區並未進行施肥，故調查期間是否施肥應非其主要原因；而 113.08.05 凱米颱風襲臺帶來強風豪雨，造成氮元素增加原因應與整個氮循環有關，</p>

<p>(八) p.22 (四)討論。內文陳述「全氮含量兩者皆為 4%，故種植咖啡區有較高的全氮」，但 p.20 的結果中發現，兩者的全氮並無顯著差異。此外，硝酸態氮有同樣問題。建議請團隊再確認。</p> <p>(九) 本計畫分析檳木造林地種植咖啡對林下土壤環境的差異差異，研究討論兩者的土壤環境差異性主要是施作肥料成分、殺蟲劑等造成；但未推論說明施肥與殺蟲劑等對檳木造林地的生態環境造成影響為何？建議團隊依研究結果討論予以評估林下栽植咖啡環境監測結果。</p>	<p>需有更多項之監測資料(如土壤的微生物、動植物遺骸等)才能釐清。</p> <p>(八)種植咖啡區的全氮及硝酸態氮在兩次的調查中，除 113.08.13 調查的 0-15 cm 處外，平均值皆略大於造林地，惟皆不顯著；而造成此現象推測應與施用肥料有關。</p> <p>(九)有關林下栽植咖啡環境監測在土壤部分，於報告書肆、結論三、四、五、皆有提及，目前看來種植咖啡區的全氮含量、硝酸態氮、鉀含量、電導度、磷及銅的含量皆高於無種植咖啡區，使用波爾多液應是造成栽植咖啡區銅含量高於無栽植咖啡區的主因。</p>
<p>張委員耀聰</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一) P14 及 P19. $\text{NH}_4^{++}\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3\text{---N}$ 應為 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$</p> <p>(二)表 17.P 單位明顯錯誤，請修正</p> <p>(三)補充建議於成果報告書。</p> <p>(四)建議林下咖啡栽培採自然農法方式栽培，減少人為干擾。</p>	<p>(一)依委員意見修改。</p> <p>(二)依委員意見修改。</p> <p>(三)已將建議補充於成果報告書。</p> <p>(四)謝謝委員的建議。</p>
<p>張委員淑芬</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一)種植業者施用的肥料，不像一般咖啡業者的栽培模式，例如波爾多液，較少在咖啡種植上使用。</p>	<p>(一)謝謝委員意見。</p>

<p>(二)關於研究調查顯示濕季時染病與蟲害明顯較高，是因為水份與高濕度容易病害發生，通風不良情況下蟲害亦可能增加。</p> <p>(三)種植咖啡樹對土壤的顯著性差異，是否為全面性的影響。</p> <p>(四)微生物相的顯著性差異，在一般的咖啡種植，發生炭疽病時，有些農民使用光合菌類微生物施用，對咖啡炭疽有改善的情形，後續如有相關調查，可納入相關調查評估。</p> <p>(五)建議整理調查資料，論述咖啡作物在林下種植的缺點與影響，亦或是有其他影響趨勢，做成報告結論供參考。</p>	<p>(二)謝謝委員意見。</p> <p>(三)栽植咖啡因施肥及使用農藥的關係，對土壤環境產生之影響，除了銅元素外並其他分析項目並不顯著，而其影響程度是否持續或累積，尚待進一步且長久持續性的監測才能了解。</p> <p>(四)謝謝委員意見。</p> <p>(五)謝謝委員意見。</p>
<p>林委員湘玲</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一) 檫木，因調查時落葉，所以沒有調查蟲害，但樣區調查樣木有4次，這4次皆無法調查蟲害狀況嗎？</p> <p>(二)請就咖啡以現行的方式栽植，是否符合林下經濟的原則，是否建議持續研議可行的栽培方式？</p>	<p>(一)這4次都有調查檫木的病蟲害之種類，但因檫木的樹高達5 m 以上，無法定量。</p> <p>(二)就咖啡以現行的方式栽培並不符合林下經濟的原則。</p>
<p>朱委員木生</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>
<p>(一)為咖啡需光亮較高，所以種植時將上層立木移除。</p>	<p>(一)根據調查期間的觀察，並無移除上木的跡象。</p>
<p>楊委員瑞芬</p>	<p>委託團隊陳覆意見</p>

(二)林地植咖啡的環境監測結果對於相關環境問題應深入分析，包含對長期的環境影響，特別是在生態保護和林地使用上對生態的影響。例如施肥和使用農藥會對土壤造成的長遠影響？

(三)請於成果報告書撰擬監測結果、討論與建議，以利據以論述咖啡作為林下經濟的可行性。

(二)謝謝委員的意見，已在成果報告書中呈現。

(三)已在成果報告書中呈現監測結果、討論與建議，並據以論述咖啡不適合做為林下經濟栽植的品項。