



公開  
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：070101e602

## 行政院農業委員會林務局110年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**氣候變遷下高易危生態系調適、監測與保育之研究-以台灣水青岡與槲櫟森林的昆蟲為例(3/3)** (第3年/全程3年)

(英文名稱) Study on adjustment, monitoring, and conservation of fragile and endangered ecosystems under climate changes: cases on insect fauna associated with *Fagus hayatae* and *Quercus aliena* (3/3)

計畫編號： 110農科-7.1.1-務-e6(2)

全程計畫期間： 自 108年1月1日 至 110年12月31日  
本年計畫期間： 自 110年1月1日 至 110年12月31日

計畫主持人： 徐堉峰  
研究人員：王立豪、黃智偉、陳光耀、林育綺、林容諄、陳璋臨  
執行機關： 國立臺灣師範大學



1101116



## 一、執行成果中文摘要：

依據我國目前氣候變遷相關計畫之研究成果，認為臺灣降水強度與頻率有逐漸增加趨勢，且趨於兩極化，即雨季越濕、乾季越乾。極端氣象事件之發生頻率與強度將與日俱增，使本島山區自然環境在氣候變遷與極端事件衝擊下益形脆弱。

植食性昆蟲的多樣性能夠反映森林生態系的優劣程度，在全球氣候變遷與極端氣候的威脅之下，進行冰河孑遺物種的研究與相關保育措施的擬定顯得刻不容緩。本研究擬藉由進行臺灣水青岡樣區的昆蟲調查，建立各個樣區的昆蟲相資料，進而探討各個臺灣水青岡的現生地是否可能由於持續暖化造成的氣候異常或是人為開發的影響，導致物種滅絕或是棲地消失的危機。此外並針對新竹地區槲櫟植群的昆蟲進行研究與監測，建立物種資料，並監測境外復育區的植株蟲害情形。本計畫將持續於北部地區臺灣水青岡森林與新竹地區槲櫟植群進行昆蟲相調查和監測，增進對冰河孑遺物種的了解，並研究、測試個別指標物種的監測方法，最後建立監測流程。以期針對此等珍貴孑遺森林生態系進行更完善的生物多樣性保育。

本計畫已完成臺灣水青岡各樣區三年的採樣，以及槲櫟原生地與復育區的調查，並針對所獲得的資料進行分析討論，最後根據調查結果提出相關建議。

## 二、執行成果英文摘要：

Recent projects on climate changes all demonstrate rainfall in Taiwan has increased considerably in terms of intensity and frequency, with a tendency of wetter wet season and drier dry season. The occasions of extreme weather have occurred in higher frequency with increased strength, making natural environments of Taiwan more and more vulnerable under the deteriorated climate. It is urgent to evaluate forest health under the threat of extreme weather. As phytophagous insects may serve as indicators for forest health, we will continue to investigate insects associated with Taiwan beech *Fagus hayatae*, to understand if extinctions and diversity of these beech-associated insects are subject to climate changes or anthropogenic developments. We also will continue to perform survey on phytophagous insects associated with *Quercus aliena*. Moreover, survey on phytophagous insects associated with *Quercus aliena*. Moreover, we expect to establish monitoring scheme for insect species candidate to serve as indicator species for the health of both forest communities. The results of the study may allow us to achieve better understanding of the biodiversity of these plant communities, and to establish effective conservation for these vulnerable ecosystems.

## 三、計畫目的：

全球氣候變遷及氣候的極端化的衝擊除了生物多樣性的流失之外，最大的影響可能是稀有、特有及脆弱的生物族群及生態體系結構受到破壞 (IPCC, 2007; Joyce *et al.*, 2014)。先進國家已展開許多研究，企圖瞭解物種、族群、動植物社會等對氣候變遷的敏感程度、脆弱度、及反應能力；此外，為了避免特稀有物種及其棲地的滅絕消失，亦已依據現有知識基礎及風險程度，針對評估屬氣候變遷影響之高風險物種及族群，擬定適宜之保育策略，並進行保育工作的實質推動 (Staudinger *et al.*, 2012)。

我國目前氣候變遷相關計畫之研究成果，顯示極端氣象事件之發生頻率與強度將與日俱增，使本島山區自然環境在氣候變遷與極端事件衝擊下益形脆弱 (許晃雄等, 2011)。為減緩氣候變





選對於生物多樣性之衝擊，研究建議應根據暴露度、敏感度及調適能力，先依照物種或地區的狀況評估其脆弱度，再針對所產生的衝擊程度與脆弱度進行政策、社會或法令上的調適以減緩、降低或預先防止災害的產生，並永續的維持整個社會或生態系（童慶斌，2012）。

根據邱祈榮（2013）及林務局2013至2015年「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫成果，已初步瞭解全臺灣維管束植物在長期氣候變遷影響下可能的殘存分布地點，亦初步提出風險較高且應積極保育之物種與族群；小尺度方面，則已針對臺灣水青岡及南仁山植群等案例地點，對於生物社會以至物種層級可能遭受氣候變遷之衝擊與影響部分，完成初步的研究與評估。

生物的棲息環境除了受到大尺度氣候影響以外，由於局部地形或區域的微氣候條件差異，使得某些小尺度地點可能出現暖化趨勢較緩的現象，例如陡峻山區的谷地、冷涼的迎風地點或高原的冷袋（cold-air drainage）地形等，生物在這些地點有較高的機會躲避暖化威脅、降低滅絕風險（Skov and Svenning, 2004）。此現象與第四紀冰河時期古生物學研究提出之「生物避難所（refugia）」概念極為相近，因此，科學界將暖化架構下的潛在冷涼棲地稱為「間冰期避難所（interglacial refugia）」或「微避難所（micro refugia）」（Rull, 2009, 2010; Stewart, *et al.*, 2010; Ashcroft *et al.*, 2012; Tzedakis *et al.*, 2013; Kimura *et al.*, 2014; Shimokawabe *et al.*, 2015）。美國學者 Lee Hannah 及澳洲學者 Gunnar Keppel 分別於2014及2015年更進一步指出，暖化趨勢下的生物微避難所可再細分為「微避難所（micro refugia）」、「堅守點（holdouts）」及「遷徙跳石（steppingstones）」。Hannah與Keppel認為，微避難所面積與規模相對為大，這些地點在暖化情境下仍可維持較為長久的冷涼微氣候，避難物種有機會在此處靜待下一次地球冷期循環的來臨。在保育機關（構）資源有限的條件下，堅守點與遷徙跳石地區應該受到更密切的保護，保護的作法則包含現生族群保護、協助就地繁衍、減低物種競爭或遷地保存等。

「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫係以「殘存地點」作為基礎概念，殘存族群多蝸居於較小地理尺度之局部棲地內，此一棲地環境多具備地形複雜、微環境偏於冷涼、生物競爭作用較不明顯等特性，類似於生物地理學所稱之「避難所」，亦與Kepple等人所提之研究概念有極高相似之處。

國際研究認為，保育策略必須依據已知生態系及物種所暴露之風險程度進行擬定，再根據應受保護對象之特性，選擇就地保護、廊道規劃、協助遷徙及遷地保育等不同對策（Dawson *et al.*, 2011）。2015年Keppel等人以澳洲塔斯馬尼亞（Tasmania）為案例，提出一系列研究架構，進行氣候變遷下微避難所之尺度與位置判定、避難容納量（capacity）分析，最終達成各避難所風險程度與保育優先次序評估之目標。該團隊認為，避難所之容納量由環境穩定度、微氣候異質性、棲地面積與可到達性等因子共同決定。

本計畫認為，Kepple及Hannah等人發展之研究架構與「殘存地點」概念頗為近似，且澳洲團隊已完成氣候變遷下的微避難所之案例研究，證實該架構具有實務應用性。臺灣相關研究方面，於「因應氣候變遷之生物多樣性脆弱度評估與風險管理研究」計畫完成架構建立，推動適合臺灣氣候環境之本土性分析與評估，並且持續推動相關研究如「因應氣候變遷生物多樣性回復力之研究」，經由各時期的氣候情境變遷比較，找出可能遭受衝擊的生態系與地點，綜合不同氣候變遷情境的預測結果，針對易受氣候變遷衝擊的森林類型，找出未來可能的避難所或遷徙廊道位置，以及可行的保育措施建議。此外，本計畫依據「國家因應氣候變遷行動綱領」（行政院106年2月23日院臺環字第 1060003687號函核定）持續發展對稀有的生態系與物種發展指標性的評估與監測方式，以小區域的現地資訊，充實氣候監測上模式的不足。

根據Michael and Elsa（2001）指出許多當前的生物多樣性回復措施存有缺漏，對目標生物基礎資料的了解不夠完全，包括物種多樣性與物種分布情形、生態過程、以及目前環境對當地生態系的威脅程度及生物面對環境的衝擊調適方式等等。因此，針對高易危生態系進行監測與保育之研究，就先前研究篩選之臺灣水青岡指標物種與容易對臺灣水青岡、槲櫟造成危害的雜食性害蟲進行監測與研究，再針對這些目標生物的數量變化與偏好棲息的環境、雜食物種好發季





節與危害程度等訊息詳加了解，以補充大尺度氣候變遷監測模式之不足。本細部計畫負責之部分為持續進行各個臺灣水青岡森林樣區、新竹槲櫟樣區及其境外復育區的昆蟲物種調查與監測，持續建立臺灣水青岡林與槲櫟森林的昆蟲物種清單，發展這些敏感區域的保育平台，將所獲得的成果整合到所轄之林區管理處；落實對高易危生態系及脆弱物種的保育與經營管理。

#### 四、重要工作項目及實施方法：

##### 3.1 研究地區

水青岡植物在全世界約有12種，分佈於北半球溫帶地區，臺灣水青岡是本類植物在北半球分布之南緣，也是臺灣最具代表性的冰河孑遺植物。由地下花粉的分析結果，證明臺灣水青岡在冰河時期曾分布到臺灣北部的低海拔地區，目前只殘存在北部幾個山頭及主稜上，包括北插天山、拉拉山、銅山、大白山、蘭崁山、阿玉山及鳥嘴山，海拔1,225-2,000 m。這說明了臺灣水青岡在冰期結束後，氣候變暖，整個族群往較高海拔遷移，使得原先分布廣闊之族群逐步退縮，而呈現片斷化分佈。因此現在全球氣候的暖化，將加速臺灣水青岡的衰退，最後從這些山頭消失（陳子英等，2011）。

目前在臺灣東北部的臺灣水青岡森林分布於數個地區：

- 1(1)A(A) 蘭崁山：位於宜蘭縣南澳鄉山區，在海拔1,450 m的一座山頭上，沿著稜線生長約呈Z字型，覆蓋範圍約為0.3 ha，族群稀少僅有38棵。
- (B) 大白山：位於宜蘭縣南澳鄉山區，海拔約1,350 m，沿著狹長的山頭稜線生長，覆蓋範圍約為30 ha。
- (C) 銅山地區：位於宜蘭縣南澳鄉山區，海拔約1,800 m，分布於望洋山至銅山、下銅山並延伸至鹿皮山之稜線上，覆蓋範圍約1,154 ha，為最大的分布地區。
- (D) 阿玉山：位於宜蘭縣與新北市交界處山區，海拔約1,420 m，族群極少，僅有零星數棵。
- (E) 插天山：位於桃園縣與新北市交界處山區，海拔約1,450至1,700 m，分布於北插天山至拉拉山一帶，覆蓋範圍約有300多公頃，現已劃設為「插天山自然保留區」。

臺灣的槲櫟天然族群分布局限於新竹縣新豐鄉坑子口靶場周邊，全區隸屬於國軍管轄範圍。臺灣水青岡與槲櫟可說是臺灣地區研究氣候變遷對生物多樣性衝擊與回復的最佳對象，從遺傳多樣性、物種多樣性、及生態系多樣性的角度均可加以探討。

##### 3.2 研究方法

將臺灣水青岡森林依照族群大小分成二型來探討：（1）為銅山及插天山地區目前較大區域的森林與（2）為目前殘存或孑遺的小片森林，如蘭崁山、大白山、阿玉山、鳥嘴山地區。槲櫟樣區則以普查的方式針對原生地以及境外復育區進行昆蟲調查與雜食性物種監測。

###### 1. 重要工作項目為：

- (1) 持續調查鱗翅目昆蟲多樣性之研究，建立各研究樣區的昆蟲相資料。
- (2) 依序建立各個樣區指標昆蟲物種的監測方法，以小區域的現地動態資訊，提供為氣候監測模式上選擇的判斷。
- (3) 記錄嫩葉時期的雜食性昆蟲發生情形，以及數量是否爆發，對稀有物種或生態系造成影響。
- (4) 針對境外復育區的槲櫟蟲害情形進行監測。
- (5) 試驗各個指標物種的監測方法，最後建立監測流程。

具體工作如下：

- (1) 於各個臺灣水青岡森林樣區進行昆蟲相調查，並進行新竹地區槲櫟植群樣區與境外復育區的調查。





(2) 監測夸父矽灰蝶與專食性裳蛾、水青岡舟蛾等專食性昆蟲種類於各個樣區的差異與變化情形。

(3) 記錄嫩葉時期的雜食性昆蟲發生情形。

(4) 臺灣水青岡的開芽物候、族群內開芽率的同步性對於專食性物種的存續可能具有關鍵性的影響，因此在進行春季昆蟲調查的同時，將同時估算記錄各次調查開芽情形。

1. 研究方法：主要研究對象為直接取食與利用臺灣水青岡與榲欖的昆蟲，以鱗翅目昆蟲為主進行物種調查。採集取食、棲息於各部位的昆蟲，包括：

(1) 幼嫩葉片：觀察採集並記錄取食的成蟲與幼蟲，幼蟲帶回飼養以確定種類。（可能多為一年一世代之種類，需細心照顧）

(2) 花序：開花季節採集、觀察花序，若有幼蟲取食則帶回飼養，以確定種類。

(3) 果實、種子：若遇有結實情形則觀察記錄是否有昆蟲利用，利用昆蟲種類及利用情形。

(4) 老熟葉片：觀察採集並記錄取食的成蟲與幼蟲，幼蟲帶回飼養以確定種類。（幼蟲有可能為雜食性，必須想辦法釐清）

(5) 樹皮、樹枝、倒木：觀察是否有昆蟲利用棲息，並記錄種類。

1. 採樣方法：參考臺灣野生動物調查昆蟲資源調查手冊（楊平世等，1996），擬定採樣方法如下。

(1) 寄主植物翻察法：檢視翻察葉片、花序、果實，搜尋可能棲息的昆蟲幼蟲或是成蟲。

(2) 樹冠採樣：利用高枝剪隨機剪取樹冠枝條，以找尋卵粒及幼蟲。

(3) 定量標準：各樣區隨機選取10棵樹，每棵樹的取樣數量為10個長度30公分的枝條。

(4) 夜間燈光誘集：主要目的為調查各個臺灣水青岡樣區專食性裳蛾族群量的差異，於成蟲活動季節進行。

1. 採樣頻度：分別於植物開花展葉期與葉片成熟期進行採樣，至少1至2次。棲息於樹皮與倒木、樹枝的昆蟲種類，於研究採樣期間若有遭遇則觀察記錄種類與利用方式。

2. 幼蟲飼養記錄：將帶回室內飼養的幼蟲分別拍照、編號，依照採集日期將幼蟲飼養記錄歸檔整理，累積物種資料以便後人進行相關研究。

3. 成蟲標本：飼養所得之成蟲，統一整理、鑑定，鑑定參照井上寬等（1982）；施禮正（2008）；張保信（1989a）；張保信（1989b）；張保信（1990a）；張保信（1990b）；張保信（1991）；傅建明、左漢榮（2002）；傅建明、左漢榮（2004）；矢田脩（2007）；岸田泰則（2011a）；岸田泰則（2011b）；岸田泰則（2013a）；岸田泰則（2013b）；日本産の蛾のWEB図鑑（2003）。

1. 各樣區的昆蟲種類資料以Sørensen相似度指數(Sørensen, 1948)進行分析，比較台灣水青岡各樣區間之鱗翅目昆蟲種類組成之相近程度，其公式如下：

Sørensen相似性係數： $SO=W(a+b)/2$

上述公式的a = 樣區A的物種數，b = 樣區B中的物種數，W = 樣區共有的物種數。SO 為1時表示在這兩個樣區間物種的組成式相似值為最大；SO 為0時表示樣區間物種無相同種類出現。

## 五、結果與討論：

本年度持續進行臺灣水青岡與榲欖的鱗翅目昆蟲調查，臺灣水青岡的調查以昆蟲相較豐富的區域為主，分別為銅山、北插天山、鳥嘴山等地區。榲欖的調查樣區分別為新豐坑子口靶場附近的原生育地以及三個復育區，分別為明新科大旁邊的林班地、位於楊梅太平靶場附近的雜木林、竹北市婦幼館北側的國際環境教育園區（婦幼公園）等地。此外，2019年新發現之生育地（苗栗營頭頂）也同時進行探勘性調查。

1(1) 以臺灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲調查：





研究團隊自三月初開始前往各個樣區進行春季調查，目前共計進行9次調查，採獲以臺灣水青岡葉片為食的昆蟲幼蟲14科33種169隻次，其中銅山採獲7科12種48隻次、北插天山9科21種62隻次、鳥嘴山12科15種59隻次，各樣區採樣情形比較如圖5.1。與往年相比，今年鱗翅目調查之幼蟲數量依然較少且採獲種數也偏少的情形，今年銅山與鳥嘴山少量結實，並未調查到蛀實捲蛾利用的情形。

本年度調查共發現3種新記錄種類，其中冠潛蛾科 *Tischeria* sp. 與捲蛾科 *Tortricidae* sp. 14 為專食種；天蛾科的 *Sphingidae* sp. 1 可能為狹食性的物種。

本年度記錄春季各樣區之臺灣水青岡即時開芽情形如表5.3。春季調查發現各樣區之地被環境異常乾燥，臺灣水青岡普遍由於缺水而開芽狀況不佳。其中北插天山樣區的稜線尤其乾燥，休眠芽苞由於缺水而遲遲未展，該區有部分臺灣水青岡的尾端枝條枯落而衰弱，有部分植株已經死亡；同時期位於中坡或是山凹處較能保水，生長於此處之植株葉片則已經平展。

比較2016-2021年的資料發現鱗翅目昆蟲數量有變少的趨勢，銅山樣區的變化較北插天山及鳥嘴山明顯（圖5.2）。春季為臺灣水青岡開始萌芽的時期，許多昆蟲也在此時結束休眠，開始取食利用臺灣水青岡的嫩芽與葉片，這段期間也是臺灣水青岡昆蟲採樣的重要時期。嫩葉富含昆蟲生長發育所需的養分，短時間內從芽體生長抽長到葉片質地的變化也提供昆蟲眾多的生態棲位，此等特性供養許多配合植物物候而特化的專食性種類，因此嫩葉相較於成熟葉片而言提供了更多昆蟲種類取食和利用。春季臺灣水青岡森林昆蟲數量減少的現象可能對森林生態系造成影響，研究團隊將持續監測觀察後續發展與變化。

將2016-2021年，每年所獲得之台灣水青岡鱗翅目昆蟲的調查資料進行分年度兩兩比較 (Sørensen, 1948)，得到Sørensen相似性係數。

若以2016與2017年的年間相似度當作基準值(=0.54)，則2016與2018年的年間相似度與之甚近(=0.53)，表示年度環境差異不大。由歷年之相似性指數比較可發現2016、2017、2018年三年的昆蟲種類相似度較高，而2016與2020、2021年以及2017與2020、2021年的年間相似度最低(=0.24)。

實驗室內飼養幼蟲的經驗得知水分與溫度為飼養能否成功的關鍵因素，每個昆蟲物種對於水氣、溫度均有不同的需求與耐受性，因此若是自然環境發生改變，昆蟲相也會隨之變化。田野調查發現2019、2020、2021年連續三年春季水氣較為不足，降水與霧氣減少，可能導致昆蟲相發生改變，與2016、2017年的昆蟲相似度因此降低。

春季乾燥缺水不利於臺灣水青岡嫩葉開展，可能導致這幾年嫩葉期的鱗翅目幼蟲與往年相比種類與數量較少。對於植食性昆蟲而言，缺乏充足的嫩葉做為食物導致幼蟲無法順利長成，同時缺乏霧氣導致環境乾燥等逆境因素也讓其生存面臨挑戰。

調查發現銅山、鳥嘴山與北插天山樣區的林底層玉山箭竹持續枯亡的情形，由於箭竹枯亡空出的棲地有被其他草本或是灌叢取代的情形。先前銅山與鳥嘴山、北插天山區調查發現的的當年生幼苗大部分已不復見。以上訊息已提供給水青岡植群研究團隊參考。

#### 1(1) 榲欖植群樣區與境外復育區昆蟲調查：

榲欖與臺灣水青岡同為冰河孑遺植物，臺灣水青岡生育地位於較高海拔，插天山自然保留區為其存續設下了阻隔人為干擾的屏障，然而榲欖目前的原生育地面積狹小，雖然位於軍事管制區內可阻隔多數人為干擾，然而位處低海拔丘陵，周圍伴生樹種競爭激烈，在全球暖化持續的情況下族群恐難長久維持，因此境外復育區的設置為必要的保育措施之一。復育區的榲欖個體的生長狀況、是否遭受昆蟲危害必須受到後續的觀察與監測。

目前研究團隊除了新豐的榲欖原生育地之外，尚有三處榲欖復育區的調查監測樣區；分別為明新科技大學旁邊的林班地、桃園楊梅區的太平靶場附近，以及新竹婦幼公園，除此之外，也同時進行苗栗營頭頂地區之探勘性調查。





本年度自二月中旬前往檫欖原生地與境外復育區進行採樣，共記錄以檫欖為食鱗翅目昆蟲幼蟲12科31種157隻次。其中新豐（原生地）記錄6科13種30隻次、太平靶場7科15種42隻次、婦幼公園1科1種40隻次、明新科大5科5種10隻次，營頭頂地區則調查有6科8種35隻次。

本年度檫欖鱗翅目昆蟲調查發現6種新記錄種類，其中頂斑圓掌舟蛾（*Phalera assimilis formosicola*）為狹食性物種，螟蛾科的*Sacada* sp.為廣食種，其餘四種食性尚待更多資料收集後確認。太平靶場檫欖調查到的鱗翅目昆蟲種數最多，有15種鱗翅目昆蟲利用，然而大多為雜食性種類，其中青黃枯葉蛾較為優勢。值得一提的是春季調查在復育區-婦幼公園發現有數棵植株遭受為數眾多的小白紋毒蛾啃食嫩葉與花序危害，幸好該區所植檫欖環境陽光充足而樹勢強健，小白紋毒蛾的啃食並未造成太大的影響。

位在新豐的檫欖原生地由於周圍雜木林生長茂盛而成鬱閉環境，近幾年雜食性昆蟲幸未造成檫欖嚴重危害，然而調查期間已有幾棵樣樹陸續死亡，急需管理單位注意與因應。除此之外，各個樣區均發現許多叢蛾科的利用痕跡，然而多為空巢而無法完全確定種類。

今年春季嫩葉期蟲害情形較少，但是青黃枯葉蛾的危害不可輕忽，青黃枯葉蛾的危害區域主要為太平靶場，青黃枯葉蛾的熟齡幼蟲體型與食量較大，研究團隊持續注意其族群量是否有異常增加。青黃枯葉蛾幼蟲與繭的外部具有毒毛，若不慎誤觸可能造成疼痛與皮膚潰爛，必須小心因應。

新豐的檫欖原生地今年持續發現鞘蛾科（*Coleophoridae*）的記錄，鞘蛾科的蛾類在臺灣資料甚少，目前僅有幾筆記錄。本研究發現之種類經比對研究後鑑定為臺灣新記錄蛾種*Coleophora melanographa*（暫稱為黑紋鞘蛾），該蛾種在其他地區已知是僅以落葉性櫟樹為寄主植物的狹食性蛾種，過去已知分布於日本（北海道與本州）及中國大陸（江蘇省），本研究之記錄是臺灣新記錄，且無疑是其位置最南的記錄（Baldizzone and Oku, 1990；廣渡等，2013）。

本年度臺灣水青岡普遍由於缺水而開芽狀況不佳，嫩葉期也較往年延後。其中北插天山樣區的稜線尤其乾燥，3月19日前往調查發現休眠芽苞由於缺水而遲遲未展，該區有部分山毛櫟的尾端枝條枯落而衰弱，有部分植株已經死亡；4月8日前往調查則發現大部分葉片已經硬化，與往年嫩葉期約持續一個月相較之下顯得很不尋常。雲霧繚繞、水氣豐沛本為臺灣水青岡生育地之常態，先前連續兩年春季調查期間樣區環境乾燥，今年初的乾旱使得春季生長期缺水情形更加嚴重。春季缺乏水氣與霧氣對於臺灣水青岡本身與賴以為生的植食性昆蟲而言無疑產生嚴重的影響與衝擊。

銅山、鳥嘴山與北插天山樣區的林底層玉山箭竹持續枯亡的情形，由於箭竹枯亡空出的棲地有被其他草本或是灌叢取代的情形，去年發現剛萌發的小苗已經不見蹤影。近幾年玉山箭竹續枯亡與地被植物相的改變說明臺灣水青岡的生育地環境可能已經發生變化。

檫欖的春季調查在復育區-竹北婦幼公園發現有數棵植株遭受為數眾多的小白紋毒蛾啃食嫩葉與花序危害，後續觀察幸未對植株造成重大影響，然而小白紋毒蛾雌蟲不擅飛行，羽化交尾之後將卵塊產於繭上，幼蟲具群聚性，經常對植物產生危害，因此仍須加以留意。多斑豹蠹蛾幼蟲為雜食性，取食部位為木質化的莖，受蛀食危害的莖呈現中空，輕微受力即斷裂，原生地與復育區的檫欖植株均受其危害而影響生長。

氣候變遷與極端氣候對於臺灣水青岡與檫欖族群造成存續上的壓力，為了將研究採樣對植物生長的影響減至最低，應避免大量的採剪枝葉造成植物傷害。因此本研究的昆蟲幼蟲採樣以寄主植物翻查法代替採剪法來進行調查，往後若有相關研究進行也建議採用此方法。

專食臺灣水青岡之兩種裳蛾日前已經於國際期刊（*Annals of the Entomological Society of America*）發表，分別為聖女裳蛾*Catocala seiohbo sanctocula* Hsu & Huang（新亞種）與雲霧裳蛾*Catocala nimboza* Hsu & Wang（新種）。發表期刊網頁最後所附之補充資料連結（saaa062\_suppl\_supplementary\_table\_s5）說明各個物種之詳細資料，包含幼蟲生態圖片、食性範圍、各個物種的參考文獻資料與附註說明等，可充作以臺灣水青岡為食的鱗翅目昆蟲資





料庫。未來第一線的調查人員可以藉由此豐富的資料進行以臺灣水青岡為食之鱗翅目物種資料索引與幼蟲初步鑑定。

## 六、結論：

### 結論與建議

#### 1. 榲欖

位在新豐的榲欖原生地由於周圍雜木林生長茂盛而成鬱閉環境，近幾年雜食性昆蟲幸未造成榲欖嚴重危害，然而調查期間已有幾棵樣樹陸續死亡，急需管理單位注意與因應。危害榲欖葉片主要的潛在物種為青黃枯葉蛾，幼蟲為聚生性而食量大，幼蟲與繭的外部具有毒毛，若不慎誤觸可能造成疼痛與皮膚潰爛，必須小心因應。

嘉義大學團隊於調查期間發現木蠹蛾幼蟲蛀蝕新鮮的榲欖枝條，危害甚鉅，後將樣本提供本團隊進行飼育確認種類。經飼養已羽化，鑑定後確認為多斑豹蠹蛾 (*Zeuzera multistrigata*) 建議後續可依本計畫之調查方法進行簡易監測與防治，監測流程如下圖。

婦幼公園種植的榲欖由於位在市區，為多日照的環境，鱗翅目昆蟲明顯較少，然而葉片每年由於鞘翅目昆蟲危害造成孔洞狀食痕，雖無立即危害影響，仍須加以觀察留意，若危害嚴重時建議公園周圍路燈設置避開植株附近應可改善鞘翅目昆蟲取食葉片的問題。

#### 1. 臺灣水青岡

臺灣水青岡昆蟲調查發現近三年嫩葉期的鱗翅目幼蟲與往年相比種類與數量較少，目前發現臺灣水青岡嫩葉期的鱗翅目昆蟲數量與當季環境的水氣有關，往年臺灣水青岡萌芽期大多適逢山區多雨的時節，雲霧繚繞、水氣豐沛為此時山區常態；然而這三年春季調查期間各樣區環境呈現較為乾燥，影響臺灣水青岡開芽期的一致性與葉片的品質，這對於鱗翅目昆蟲發育有不利的影響。

根據歷年來之觀察，每年二月底至三月初，臺灣水青岡樹冠上層之休眠芽會率先發育開展，花序也伴隨抽出。以專食性物種而言，在此時有一批鱗翅目昆蟲成蟲產卵後卵隨即孵化，另一批鱗翅目昆蟲則結束越冬而孵化。臺灣水青岡的嫩葉期持續約3周至1個月左右，這兩批食用嫩葉之幼蟲配合臺灣水青岡的物候迅速成長，在四月底之前化蛹，有些種類會在不久之後羽化成蟲，有些則進入休眠狀態，直至接下來的冬天或來年春天羽化。嫩葉期的專食性昆蟲多為一年一世代種類，少數為一年兩世代以上的種類。雜食性昆蟲的發生則每年皆有不同，由於臺灣水青岡一年僅有一次生長期（春季），因此針對臺灣水青岡嫩葉時期進行即時而持續的蟲害監測有其必要性。

前期計畫篩選出的指標物種，分別為夸父權灰蝶、雲霧裳蛾、聖女裳蛾、沈氏夙舟蛾以及太平山胯舟蛾。每一種指標物種的存在與否分別代表該地水青岡森林環境的健康程度，若是水青岡森林環境發生變化，原本存在該地的指標昆蟲將率先受到影響而減少或消失。本計畫試驗並規劃各個指標物種的監測方法，提供各個指標昆蟲的監測方法與監測流程SOP，由於疫情關係目前無法舉辦工作坊，日後若有需要可擇期辦理，提供第一線工作人員進行簡易監測。

## 七、參考文獻：

- 矢田脩 (2007) 新訂原色昆蟲大圖鑑I。460pp。  
岸田泰則 (2011) 日本產蛾類標準圖鑑I。352pp。  
岸田泰則 (2011) 日本產蛾類標準圖鑑II。416pp。  
廣渡俊哉、坂卷祥孝、那須義次、岸田泰則 (2013) 日本產蛾類標準圖鑑III。359pp。  
岸田泰則、坂卷祥孝、那須義次、廣渡俊哉 (2013) 日本產蛾類標準圖鑑IV。552pp。  
唐立正 (2000) 插天山自然保留區昆蟲相調查研究 (II)。農委會林務局新竹林區管理處。







- 徐堉峰、羅尹廷 (2001) 夸父綠小灰蝶之生態學研究 (一)。行政院農業委員會林務局新竹林區管理處。
- 徐堉峰、黃嘉龍 (2002) 夸父綠小灰蝶之生態學研究 (二)。行政院農業委員會林務局新竹林區管理處。
- 張保信 (1989a) 臺灣蛾類圖說 (一)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1989b) 臺灣蛾類圖說 (二)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1990a) 臺灣蛾類圖說 (三)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1990b) 臺灣蛾類圖說 (四)。臺灣省立博物館。
- 張保信 (1991) 臺灣蛾類圖說 (五)。臺灣省立博物館。
- 陳子英 (2009) 臺灣水青岡林生物多樣性調查及保育機制之研究 (1/3)。行政院農業委員會林務局。117頁。
- 陳子英 (2010) 臺灣水青岡林生物多樣性調查及保育機制之研究 (2/3)。行政院農業委員會林務局。132頁。
- 陳子英 (2011) 臺灣水青岡林生物多樣性調查及保育機制之研究 (3/3)。行政院農業委員會林務局。214頁。
- 陳子英、謝長富、毛俊傑、賴玉菁、林世宗、胡哲明、徐堉峰、楊正釗、林哲榮、孔祥璿、陳品邑、邱宗儀、巫智斌 (2011) 冰河孑遺的夏綠林-臺灣水青岡。行政院農業委員會林務局。271頁。
- 傅建明、左漢榮 (2002) 鞍馬山的蛾 (1)。台中縣鄉土自然研究會。
- 傅建明、左漢榮 (2004) 鞍馬山的蛾 (2)。台中縣鄉土自然研究會。
- 楊平世、吳文哲、洪淑彬 (1996) 臺灣野生動物調查昆蟲資源調查手冊。行政院農業委員會。227頁。
- 羅尹廷 (2001) 夸父綠小灰蝶之生態學初探。碩士論文。國立臺灣師範大學生物學系。72頁。
- 施禮正 (2008) 臺灣蛾訊 MOTHS of Taiwan。2019年1月16日，取自：<http://mothtaiwan.blogspot.com>
- Baldizzone, G. and T. Oku. (1990) Descriptions of Japanese Coleophoridae. III. Tyo to GA 41: 97-112.
- Krauss J., I. Steffan-Dewenter and T. Tscharntke (2003) Local species immigration, extinction, and turnover of butterflies in relation to habitat area and habitat isolation. *Oecologia* 137:591-602.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson (1963) An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17: 373-387.
- Michael J. Novacek and Elsa E. Cleland (2001). The current biodiversity extinction event: Scenarios for mitigation and recovery. *PNAS* 98: 5466-5470
- NHM (2019) Hosts: a Database of the World's Lepidopteran Hostplants. <http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/hostplants/search/index.dsml>; accessed: Jan. 16. 2019.)
- Opler, P. A (1974a) Biology, Ecology, and Host Specificity of Microlepidoptera Associated with *Quercus agrifolia* (Fagaceae). University of California Publications in Entomology 75:1-83, plates 1-7.
- Opler, P.A. (1974b) Oaks as Evolutionary Islands for Leafmining Insects. *American Scientist* 62:67-73.





- Opler P.A. and D.R. Davis(1981) The leafmining moths of the genus *Cameraria* associated with Fagaceae in California (Lepidoptera, Gracillariidae). *Smithsonian contributions to Zoology* 333: 58.
- Rey, J. R., McCoy, Earl D. and D.R. Strong (1981) Herbivore Pests, Habitat Islands, and the Species-Area Relation. *Am. Nat.* 1981. Vol. 117, pp. 611-622.
- Robinson, G.S., P.R. Ackery, I.J. Kitching, G.W. Beccaloni and L.M. Hernández (2001) Hostplants of the moth and butterfly caterpillars of the Oriental region. Natural History Museum in association with Southdene Sdn Bhd. 744 pp.
- Robinson, G.S., P.R. Ackery, I.J. Kitching, G.W. Beccaloni and L.M. Hernández (2002) Hostplants of the moth and butterfly caterpillars of America north of Mexico. *Memoirs of the American Entomological Institute* 69: 1-824.
- Roger, L. H. *Dennis*. (1993). *Butterflies and Climate Change*. Manchester University Press, Manchester, U.K. 302 pp.
- Sørensen, T. (1948) A Method of Establishing Groups of Equal Amplitudes in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, 5, 1-34.
- Wilson, E.O. (1988) The current state of biological diversity. In: Wilson, E.O. & F.M. Peter (eds.) *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C. Pp. 3-18
- Yu-Feng Hsu, Li-Hao Wang, Chia-Lung Huang, Michael F. Braby, Wen-Jie Lin, Rung-Juen Lin, and Yu-Ming Hsu. (2021) *Annals of the Entomological Society of America*, Volume 114, Issue 3, May 2021, Pages 338-354, <https://doi.org/10.1093/aesa/saaa062>
- 日本産の蛾のWEB図鑑An Identification Guide of Japanese Moths Compiled by Everyone (AIGJMCE)(2003). Retrieved 1. 16, 2019, from the World Wide Web: [http://www.jpmoth.org/Noctuidae/Catocalinae/Catocala\\_nubila.html](http://www.jpmoth.org/Noctuidae/Catocalinae/Catocala_nubila.html)

