

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

佳作

052207

田間昆蟲幼蟲鑑種及手機 App 檢索建立

學校名稱：國立關西高級中學

作者： 高三 劉名翰 高三 洪振豪	指導老師： 呂建興 曹朱榜
-------------------------	---------------------

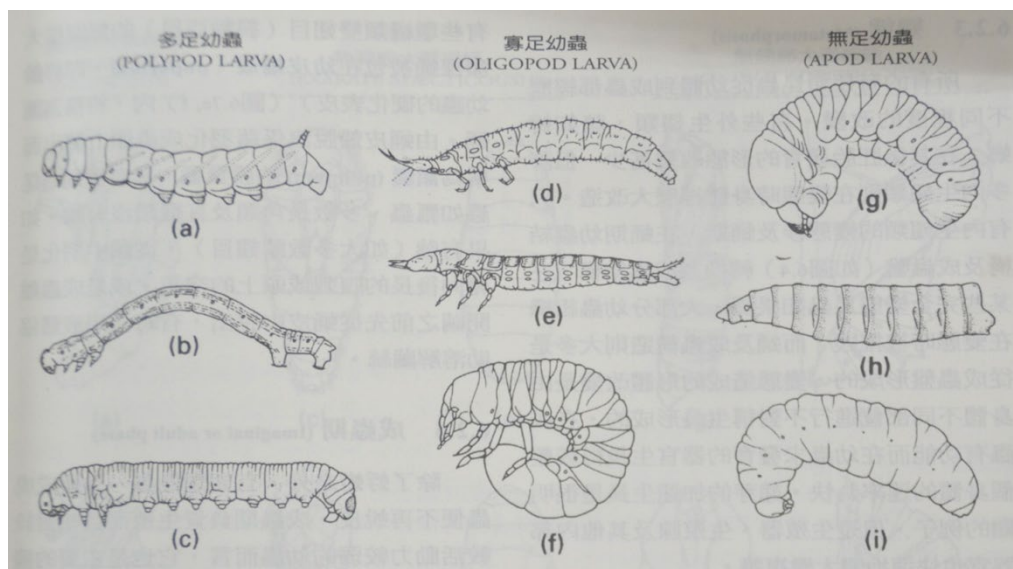
關鍵詞：雞母蟲、檢索特徵、App 檢索

摘要

田間昆蟲幼蟲會危害蔬果。藉由田間昆蟲幼蟲外部型態觀察測量，找出可供鑑別檢索的特徵，包括銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高(>1)，其餘均 ≤ 1 ；青銅金龜幼蟲的大顎長/頭長比值最高(比值 >0.55)，其餘4種幼蟲比值均 ≤ 0.55 ；銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量 ≤ 10 根/ mm^2 ，其餘的尾毛數量 ≤ 10 根/ mm^2 ；姬兜蟲幼蟲尾毛長度(mm)最長($>2\text{mm}$)，其餘的尾毛長度均 $\leq 2\text{mm}$ 。並根據幼蟲外部型態觀察及測量及尾毛分布特徵等實驗節中可明確地找出檢索的特徵，建立田間昆蟲害蟲幼蟲的檢索表，並能成功的完成田間幼蟲檢索鑑種分類檢索 APP。並擴大建立更多田間昆蟲幼蟲檢索 APP，及早鑑別危害的昆蟲種類，及早預防或撲滅害蟲達到田間防疫害蟲之目的，避免或減少農損。

壹、研究動機

農業與人類息息相關，為了生存我們去種植農作物，而當我們在田間種植時一定會發生一些蟲害，在這些蟲害有分地上部和地下部，地上部較容易處理可用生物來防治、化學藥物或直接徒手抓掉，但地下部就沒這麼簡單了。地下部在我們認知的害蟲當中大概為切根蟲或雞母蟲而已，而且並非所有雞母蟲都是害蟲，但有那麼多種的雞母蟲或是地下昆蟲，我們要怎麼知道誰利誰害呢？所以如果可以在昆蟲幼蟲時期就有一些特徵，來協助我們做一些辨識，就可以提早做防禦以免災情擴大。就好比台灣首例發現秋行軍蟲現身，是一名遊客在飛牛牧場拿青割玉米餵羊時，突然發現葉片上有隻蟲。但他並沒有大叫，而是仔細觀察並拍照，然後去找飛牛牧場工作人員告知可能是秋行軍蟲。由此可知在幼蟲時期防範是非常重要的。



圖一、昆蟲幼蟲中常見的三種類行為多足幼蟲(a)(b)(c)、寡足幼蟲(d)(e)(f)、無足幼蟲(g)(h)(i)。(徐等，2015)

在形形色色的昆蟲幼蟲中最常見的三種類行為多足、寡足、無足幼蟲。鱗翅目昆蟲中是最常見的多足幼蟲，它們的特徵是有圓筒狀的身體，在配上短胸足及復原足(或偽足)。大部分為膜翅目幼蟲及大多數長翅目幼蟲，這類幼蟲不活潑而多為植食性的。再來是寡足幼蟲，他們欠缺偽足但擁有功能完備的胸足。多為捕食性的，他們移動速度緩慢，棲於土中的腐蝕者或植食者，這種幼蟲形式出現在大多數目中的一部分，但不在鱗翅目、長翅目、雙翅目、蚤目、撚翅目等。無足幼蟲沒有真正的足，呈現蠕蟲或蛆狀，常棲息在土、泥、糞、死去的動物及腐敗的植物中(圖一)(徐等，2015)。

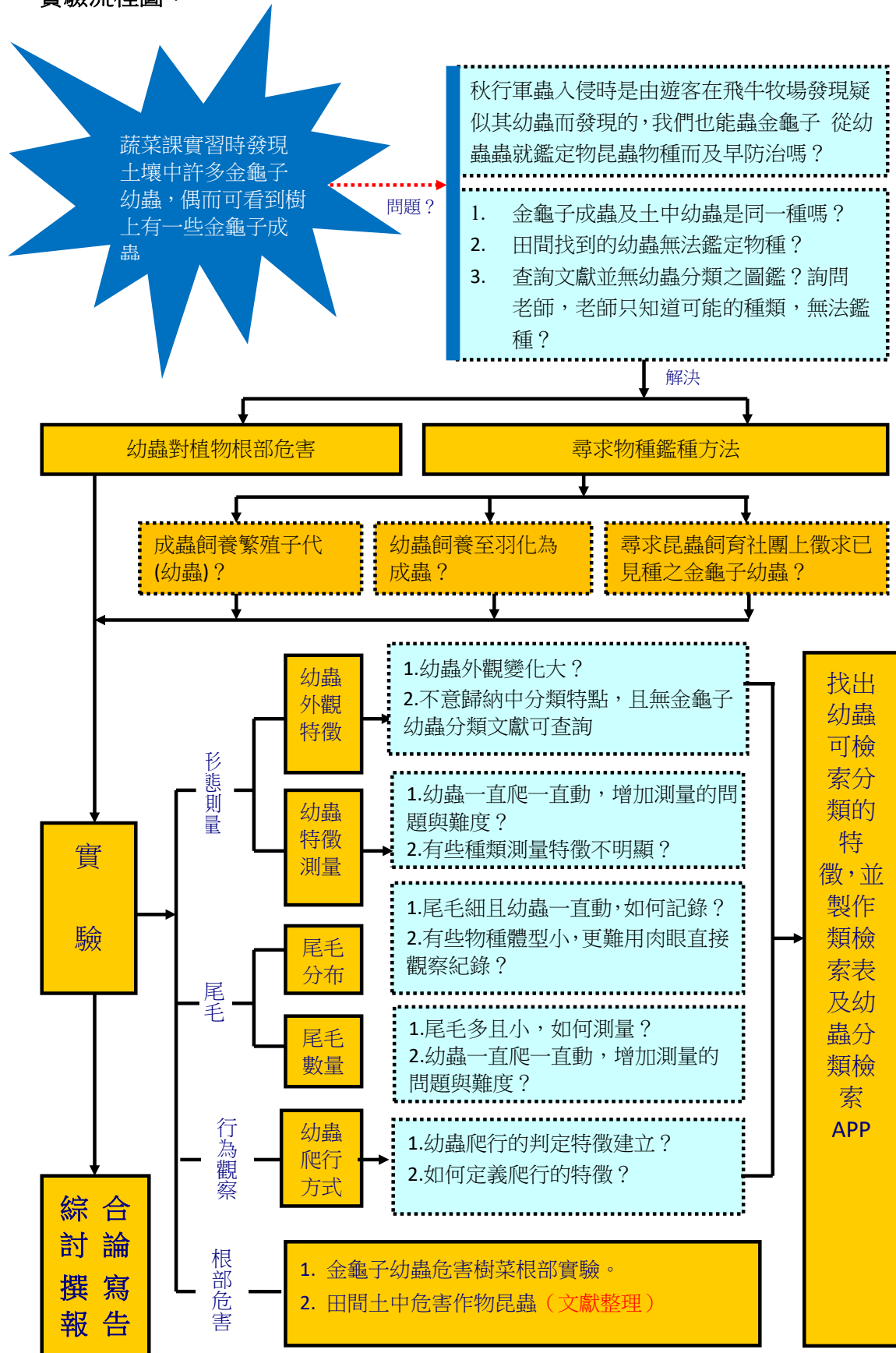
在田間有許多的害蟲，我們單論地下部的也不少，就我們所知就有：1.切根蟲，又稱地老虎，幼蟲喜咬斷作物幼苗，造成植株死亡。2.金針蟲，他是叩頭蟲的幼蟲，多以植物的地下部分為食。3.金龜幼蟲，這些害蟲的食性廣泛，有時在土中的根、塊莖、幼苗、莖等，甚至剛播種的種子都逃不出他們的手掌心 4.根蛆，他是種蠅、蔥蠅等的幼蟲的統稱，喜食種子或幼苗的地下組織，引致植株腐爛死亡。而我們田間的土中又有哪些危害植物(作物)根部的害蟲呢?有辦法在幼蟲階段就鑑定出物種嗎?有辦法有簡易的 APP 檢索方式嗎?因此開始了我們的實驗!!

貳、研究目的

- 一、了解田間土中昆蟲幼蟲種類？
- 二、了解田間昆蟲幼蟲對田間作物是否危害？
- 三、了解田間土中昆蟲幼蟲種類及其爬行行為差異？
- 四、了解田間土中昆蟲幼蟲種類外部型態差異差異？
- 五、建立田間昆蟲幼蟲分類檢索特徵檢索表。
- 六、依據田間昆蟲幼蟲分類檢索特徵建立快速田間昆蟲幼蟲快速檢索分類 APP。

參、研究方法

一、實驗流程圖：



二、實驗物種

選擇田間土中會看到的昆蟲幼蟲及常見的幼蟲為土棲地金龜子幼蟲為實驗樣本，包括獨角仙(*Allomyrinadichotoma*)、銅點花金龜(*Protaetiaacultaculta*)、青銅金龜(*Anomalaexpansa bates*)、犀角金龜(*Oryctesnasicornis*)、角圓金龜(*Dipelicusdeiphobusloi*)、姬兜蟲(*Xylotrupesphilippinensis peregrinus*)、犀角金龜(*Oryctesnasicornis*)、台灣紋白蝶(*Pieriscanidia*)、黑水虻 (*Hermetiaillucens*)(圖二)。



圖二、田間土中會看到的昆蟲幼蟲及常見的幼蟲為土棲地金龜子幼蟲為實驗樣本，包括 A: 青銅金龜(*Anomalaexpansa bates*)、B 銅點花金龜(*Protaetiaaculta culta*)、C:獨角仙(*Allomyrina dichotoma*)、D:角圓金龜(*Dipelicus deiphobusloi*)、E:姬兜蟲(*Xylotrupes philippinensis peregrinus*)、F:犀角金龜(*Oryctes nasicornis*)、G:台灣紋白蝶(*Pieris canidia*)、H:黑水虻 (*Hermetia illucens*)。

備註: 1 為成蟲；2 為幼蟲。

三、使用器材與設備

整理箱、飼養箱、塑膠盒、噴水器、基礎土、腐植土、枯木樹枝、甲蟲果凍、甲蟲皿、珍珠板、單眼相機、游標尺、標籤紙、灑水噴霧器、酒精

四、實驗樣本採集方法

- (一)燈光採集/成蟲：利用成蟲的趨光性在夜晚點燈使成蟲飛向這裡進行採集，或是在夜晚時到田間的路燈下進行採集。
- (二)水果陷阱/成蟲：將香蕉、鳳梨皮切碎，泡入米酒中一晚，隔天利用絲襪、濾網包覆住發酵後的水果，到田間、山路設置於樹上，放約一天即可採收。
- (三)田間採集/成蟲、幼蟲：有時在玉米田或蔬菜田可以發現牠們的蹤跡。
- (四)挖土採集/幼蟲：使用鋤頭、鏟子在腐植土中挖掘。
- (五)上網訂購/成蟲、幼蟲：在社團看有沒有人賣實驗所需的蟲體。

五、繁殖環境佈置及幼蟲飼養

(一) 繁殖容器的選擇

兜蟲與植食性金龜可依照雌蟲體長的 8~10 倍當作基本標準去選擇，(例如:雌蟲體長 2 公分，容器至少要準備 $2*8=16$ 公分)，但因兜蟲的雌蟲體型較為肥胖、所以選的容器高度也需要一併考慮，最好有 30 公分以上較為適合。

(二) 布置繁殖環境

- 1.先放入少許適當濕度(只要在捏時成團不滴水即可)的腐植土於容器內(大部分兜蟲與植食性金龜都可用基礎土布置產卵環境)，將腐植土平鋪於容器底部壓緊(壓緊後可將容器倒置，腐植土不會到出來即可)，壓緊後腐植土厚度約 5~10 公分厚。重複上述步驟，在鋪放 5~10 公分厚腐植土。
- 2.在壓緊的腐植土上在鋪上部分腐植土輕壓，最後腐植土的高度約為容器的 4/5。
- 3.在腐植土上放置樹根攀爬樹枝或木片，提供兜蟲與植食性金龜攀爬，避免其翻倒。
- 4.以灑水噴霧器噴濕繁殖環境的表面。
- 5.放入果凍皿後放入昆蟲飼養專用果凍或水果。
- 6.放入以交配的兜蟲或植食性金龜雌蟲。
- 7.蓋上蓋子並在蓋子上貼上標籤，標明繁殖的兜蟲或植食性金龜名稱、繁殖置入日期，以利日後的飼養紀錄與管理。
- 8.每 2~3 天依照環境濕度酌量灑水於繁殖環境表面以保持濕度，並更換果凍或水果。

9.約 15~20 天後可倒出腐植土，檢視是否蟲卵(植食性金龜的卵幾乎用肉眼看不到，所以等至幼蟲孵化即可)檢視完成後再依繁殖環境布置的步驟重新布置產卵環境，讓雌蟲繼續產卵。

(三)繁殖環境中取卵

- 1.取出輔助物，倒出繁殖環境
- 2.檢視腐植土，取出雌蟲，並檢視是否有蟲卵

(四)布置卵孵化環境

- 1.先選擇好適當的容器，裝入適當濕度的腐植土並壓實。
- 2.再腐植土上方以竹筷或其他工具壓出幾個小洞。
- 3.用小湯匙(最好先用 70%酒精消毒過)將蟲卵移至小凹洞內(不可直接用手觸碰)。
- 4.蓋上蓋子並在蓋子上貼上標籤，標明飼養物種名稱、至入卵日期等，以利將來幼蟲飼養管理。

六、幼蟲外部型態測量：

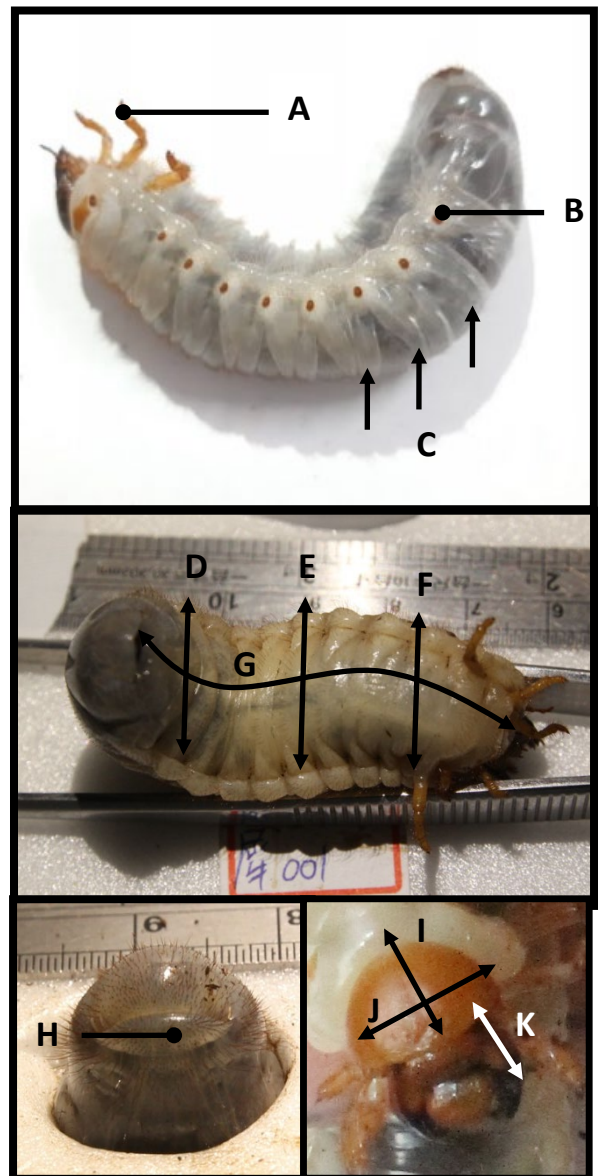
- (一)田間昆蟲幼蟲外部型態觀察紀錄；觀察紀錄幼蟲足數量，分節數、氣門數量
- (二)椅電子式游標尺(有效數字至小數點後 1 位)測量體全長(mm)、頭長、頭寬、大顎長、體寬長(包括身體前 1/3，中 1/3 處及後 1/3 處)
- (三)紀錄並繪製田間幼蟲尾毛分布圖
- (四)計算田間幼蟲尾毛數量(根/mm²)

七、幼蟲爬行行為觀察記錄

觀察紀錄幼蟲爬行方式並記錄，紀錄幼蟲是腹部著地爬行或是背部著地爬行

八、田間昆蟲幼蟲對植物危害：

- (一)育菜苗測試幼蟲取食植物根部狀況，觀察紀錄幼蟲行為及危害(取食植物根部狀況)

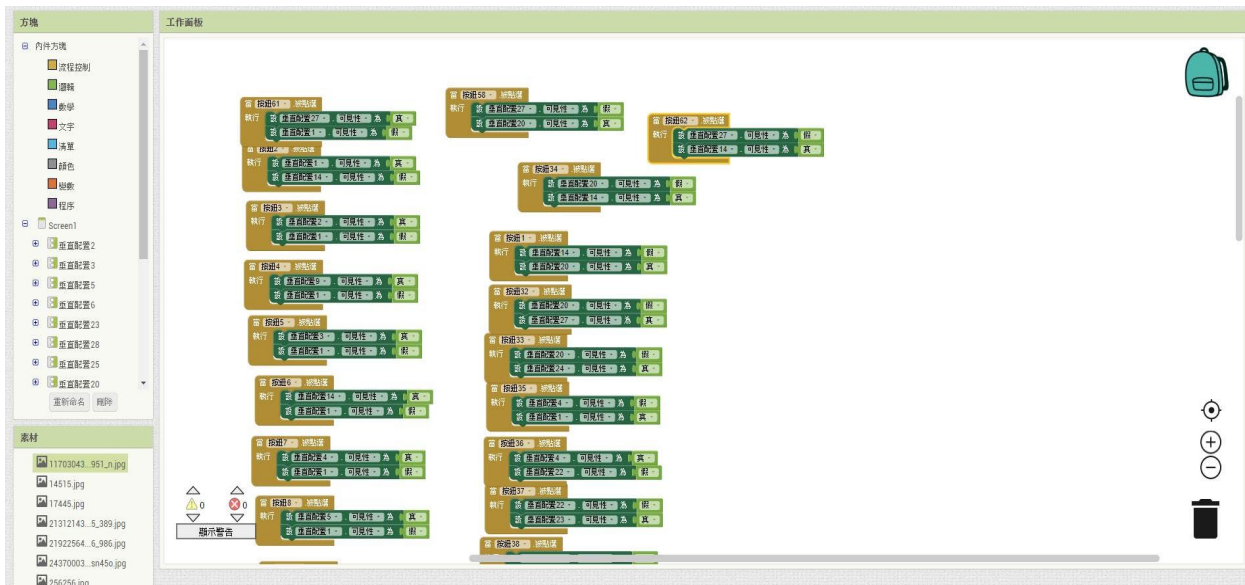


圖二、田間昆蟲幼蟲外部型態觀察紀錄；觀察紀錄幼蟲 A:足數量，C:分節數、B:氣門數量，I:頭長、J:頭寬、K:大顎長、G:測量體全長(mm)、體寬長(包括身體 D:前 1/3，E:中 1/3 處及 F:後 1/3 處)。H:紀錄並繪製田間幼蟲尾毛分布圖及計算田間幼蟲尾毛數量(根/mm²)。

九、依檢索分類 APP 製作

(一)程式編寫:

我們用 Mit APP 軟體編寫田間幼蟲檢索分類 APP，以圖八建立的幼蟲檢索特徵為分類檢所依編寫檢索程式。使用大量按鍵做出是、返回、回到首頁等功能的 block，並鍵入幼蟲的特徵說明及分類特徵。



圖三、程式設計頁面(Mit APP 軟體)。

(二)操作、測試與修改:

檢索畫面會根據檢索頁面時的選項出現該有的檢索結果，幼蟲檢索特徵為分類檢所依編寫檢索程式編寫完成後，可藉由編寫頁面轉換至操作頁面進行測試，再依測試結果回到程式頁面修改或重新編寫。



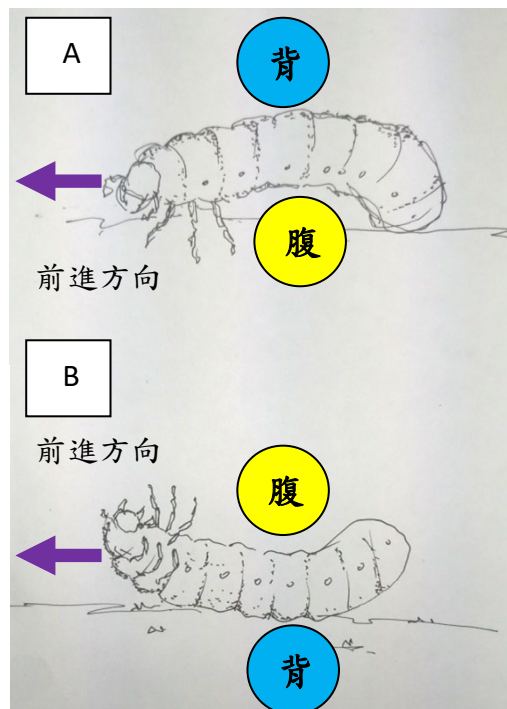
圖四、轉換至操作頁面進行測試，再依測試結果回到程式頁面修改或重新編寫。

肆、實驗結果

一、田間幼蟲爬行行為(圖五)觀察紀錄
從表一實驗結果中可發現在土內時，所有種類的幼蟲均為腹部朝下，以足爬行前進。而在土表時，只有銅點金龜背部朝下，以腹節收縮爬行前進，其他七種幼蟲在土表時均為腹部朝下，以足爬行前進。

表一、田間 8 種實驗樣本昆蟲幼蟲爬行方式。

種類	爬行方式	
	土表	土內
銅點金龜	背爬式	腹爬式
獨角仙	腹爬式	腹爬式
姬兜蟲	腹爬式	腹爬式
犀角金龜	腹爬式	腹爬式
青銅金龜	腹爬式	腹爬式
角圓金龜	腹爬式	腹爬式
黑水虻	腹爬式	腹爬式
紋白蝶	腹爬式	腹爬式



圖五、昆蟲幼蟲爬行方式示意圖：
(A)腹部朝下，以足爬行前進。(B)背部朝下，以腹節收縮爬行前進。

二、田間幼蟲足型態與外部型態觀察紀錄

從表二中可以看出幼蟲足的數量、型態與外部型態，觀察結果中可以看出黑水虻幼蟲無足，而紋白蝶幼蟲為多足型態的幼蟲，其餘六種的實驗對象

(青銅金龜、銅點花金龜、獨角仙、角圓金龜、姬兜蟲、犀角金龜)均為寡足類幼蟲。

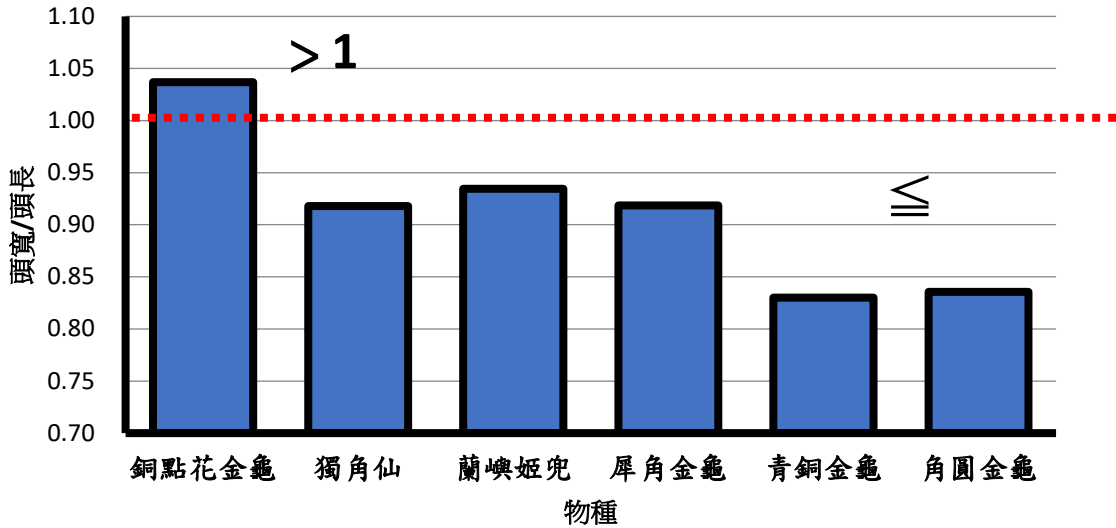
表二、田間 8 種實驗樣本昆蟲幼蟲足型態與外部型態觀察紀錄。

種類	氣門	節數	附肢	幼蟲類型
銅點花金龜	18	12	6	寡足型
獨角仙	18	13	6	寡足型
蘭嶼姬兜	18	13	6	寡足型
犀角金龜	18	13	6	寡足型
青銅金龜	18	13	6	寡足型
角圓金龜	18	13	6	寡足型
黑水虻	無數據	11	0	無足型
紋白蝶	無數據	13	14	多足型

三、田間幼蟲外部型態測量

(一)田間幼蟲頭長/頭寬比值

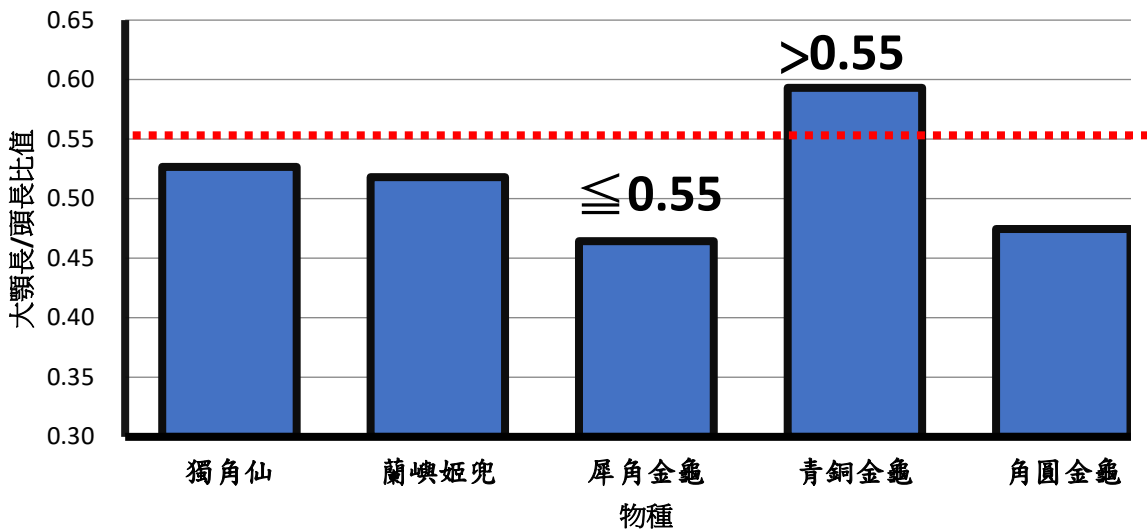
我們從圖六中可以看出銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高(> 1 ;
 1.04 ± 0.03), 其餘 5 種幼蟲比值均 ≤ 1 , 比值由大到小分別為: 姬兜蟲(0.93 ± 0.01)
 $>$ 犀角金龜(0.92 ± 0.03) $>$ 獨角仙(0.92 ± 0.07) $>$ 角圓金龜(0.84 ± 0.02) $>$ 青銅金龜
(0.83 ± 0.01)。



圖六、田間幼蟲頭長/頭寬比值，銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高。

(二) 田間幼蟲大顎長/頭長比值：

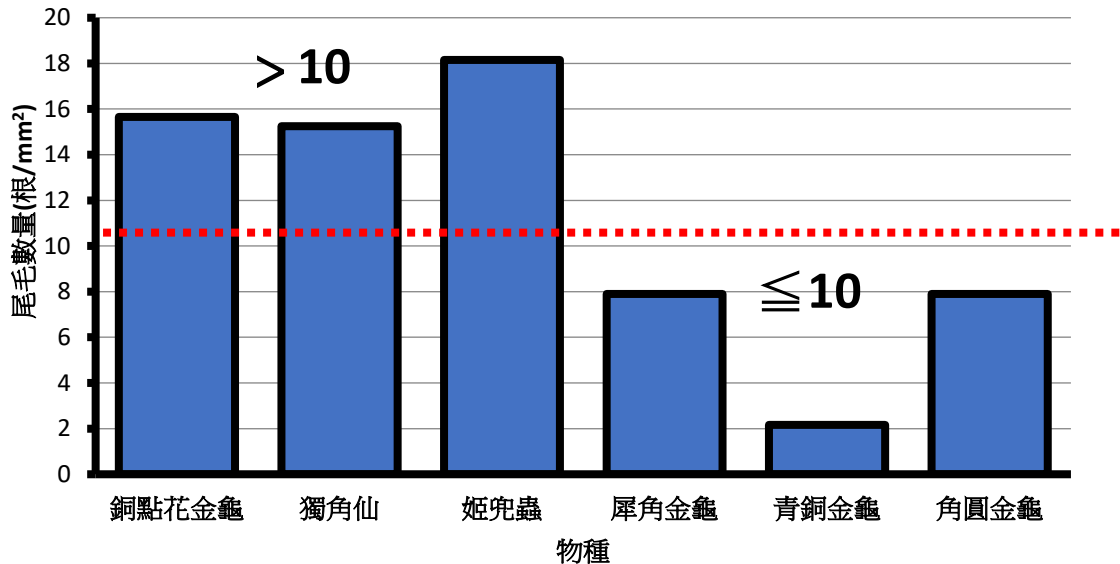
我們從圖七中可以看出田間幼蟲中青銅金龜幼蟲的大顎長/頭長比值比
值最高(0.59 ± 0.04), 其餘 4 種幼蟲比值均 ≤ 0.55 , 比值由大到小分別為: 獨角仙
(0.53 ± 0.04) $>$ 蘭嶼姬兜 (0.52 ± 0.02) $>$ 角圓金龜 (0.47 ± 0.03) $>$ 犀角金龜
(0.46 ± 0.06)。



圖七、田間幼蟲大顎長/頭長比值，青銅金龜幼蟲大顎長/頭長比值最高。

(三) 局部尾毛(根/mm²)比值：

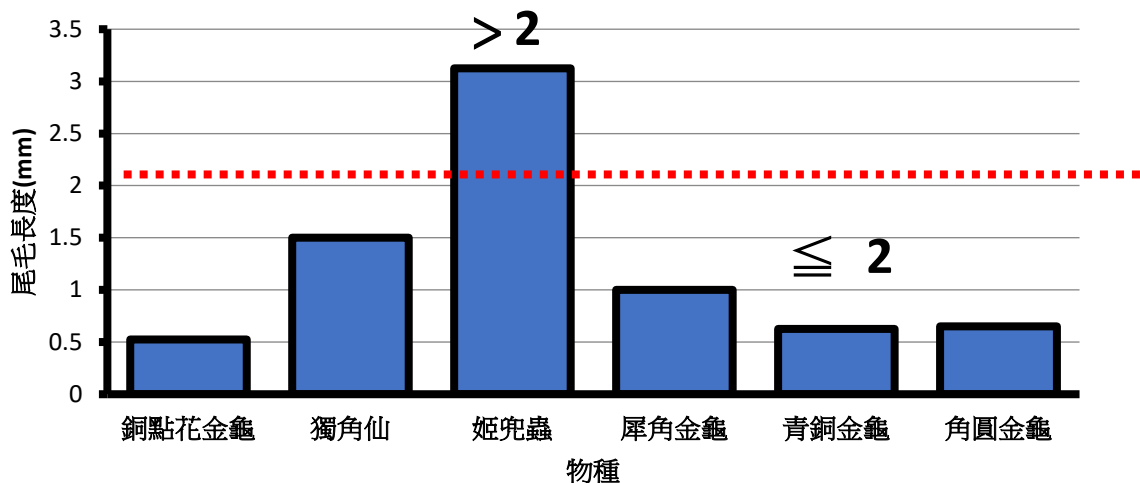
我們從圖八中可以看出田間幼蟲尾毛數量(根/mm²)，銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量>10 根/mm²，其餘的尾毛數量≤10 根/mm²。比值由大到小分別為：銅點花金龜(0.53±0.13)>獨角仙(1.50±0.42)>犀角金龜(1.00±0.41)>角圓金龜 0.65(±0.06)>青銅金龜(0.62±0.25)。



圖八、田間幼蟲尾毛數量(根/mm²)，銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量>10 根/mm²。

(四) 田間幼蟲尾毛長度(mm)：

我們從圖九中可以看出田間幼蟲尾毛長度(mm)，而最高者為蘭嶼姬(3.13 ±1.00)>2mm，其餘的尾毛長度≤2mm。比值由大到小分別為：獨角仙(1.50±0.42)>犀角金龜(1.00±0.41)>角圓金龜 (0.65±0.06)>青銅金龜(0.63±0.25)>銅點花金龜(0.53±0.13)。

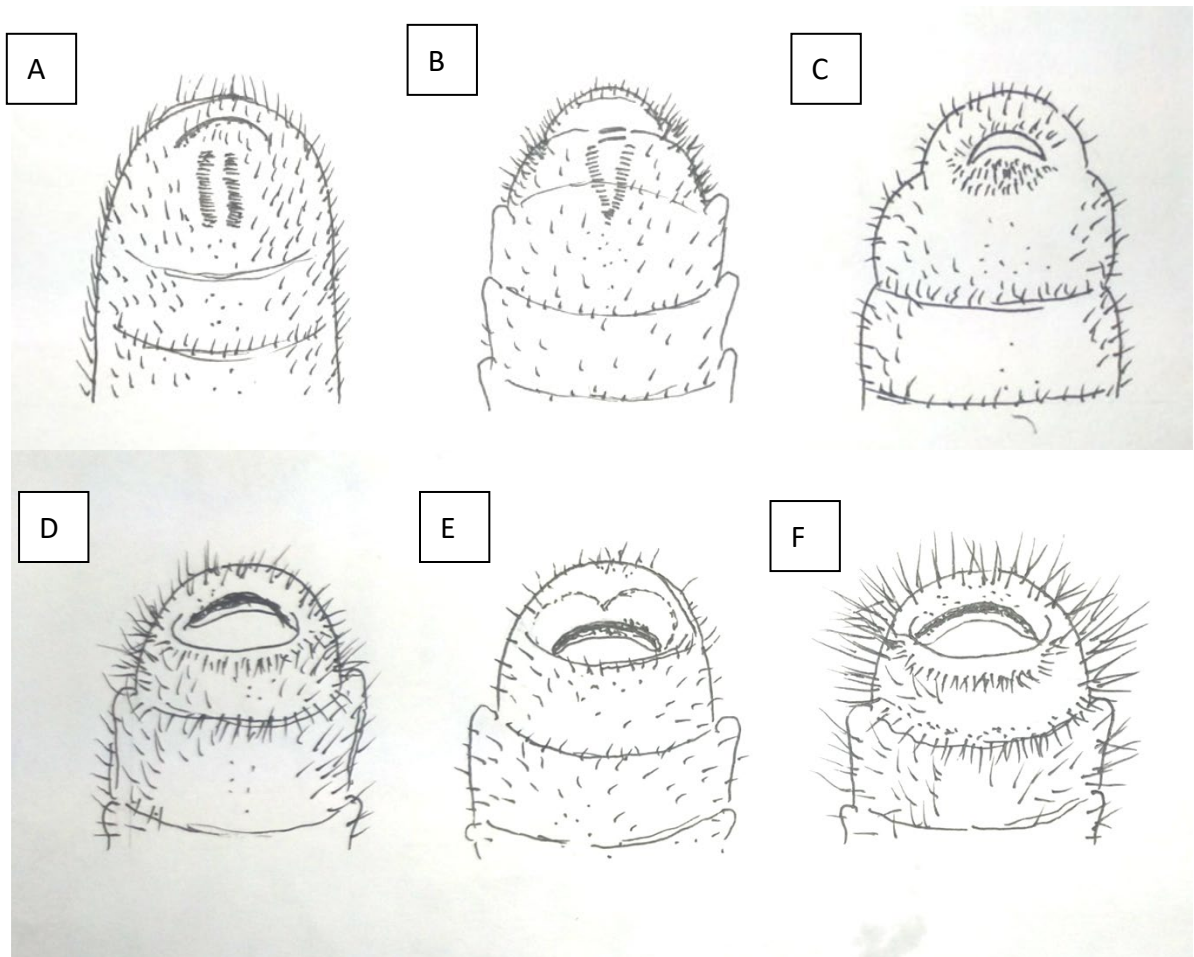


圖九、田間幼蟲尾毛數量(根/mm²)，蘭嶼姬兜蟲尾毛長度>2mm²。

四、幼蟲尾毛分布與型態

我們從圖十金龜子幼蟲尾毛分布與型態繪圖中可以看出圖十 A~C 的金龜子幼蟲尾毛分布類型較為相似，分別為銅點花金龜幼蟲、青銅金龜幼蟲的尾毛分布類型。而圖十 D~F 的金龜子幼蟲尾毛分布類型較為相似，分別為獨角仙幼蟲、犀角金龜幼蟲及姬兜蟲幼蟲的尾毛分布類型。

圖十 A~C 的金龜子幼蟲尾毛分布類型雖然較為相似，但仍有明顯特徵足以分析其差異：銅點花金龜近肛門處密毛排列有如「=」，青銅金龜幼蟲近肛門處密毛排列有如「V」，而角圓金龜近肛門處密毛排列有如「●」。而五 D~F 的金龜子幼蟲尾毛分布均勻，但從圖中亦可明顯看出三者差異：姬兜蟲尾毛屬於均勻長的類型，犀角金龜尾毛屬於均勻短的類型，而獨角仙尾毛長度則介於二者之間，屬於分布均勻且中度長度的類型。



圖十、幼蟲尾毛分布與型態。(A)「=」尾毛分布類型：銅點花金龜幼蟲(B)「V」尾毛分布類型：青銅金龜有蟲(C)「●」尾毛分布類型：角圓金龜幼蟲(D)「均勻且中等長度」尾毛分布類型：獨角仙幼蟲(E)「均勻且短的長度」尾毛分布類型：犀角金龜幼蟲(F)「均勻且長的長度」尾毛分布類型：姬兜蟲幼蟲。

五、犀角金龜不同齡期幼蟲外部特徵比較分析

從表三中可以看出，二齡及三齡的犀角金龜幼蟲在土內的爬行方式均為腹爬式，在土表的爬行方式也是腹爬式，不因不同齡期而有差別。

表三、犀角金龜不同齡期幼蟲爬行方式觀察紀錄。

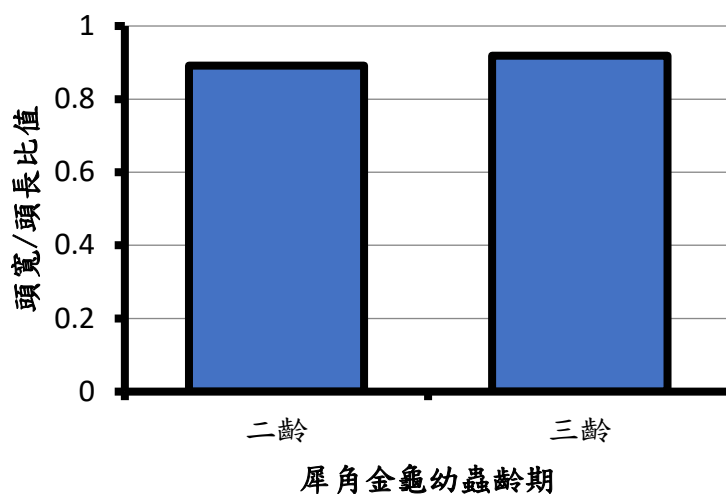
	齡期	爬行方式	
		土表	土內
犀角金龜	一齡	腹爬式	腹爬式
犀角金龜	二齡	腹爬式	腹爬式
犀角金龜	三齡	腹爬式	腹爬式

從表四中可以看出，二齡及三齡的犀角金龜幼蟲在土在外部特徵觀察結果中，可以看出二齡及三齡幼蟲的氣門都是 18 個，體節均為 13 節，且都有 3 對附肢，幼蟲也都是寡足型幼蟲的型態，並沒有因為幼蟲齡期不同而有差別。

表四、犀角金龜不同齡期幼蟲足型態與外部型態觀察紀錄。

種類	齡期	氣門	節數	附肢	幼蟲類型
犀角金龜	一齡	18	13	6	寡足型
犀角金龜	二齡	18	13	6	寡足型
犀角金龜	三齡	18	13	6	寡足型

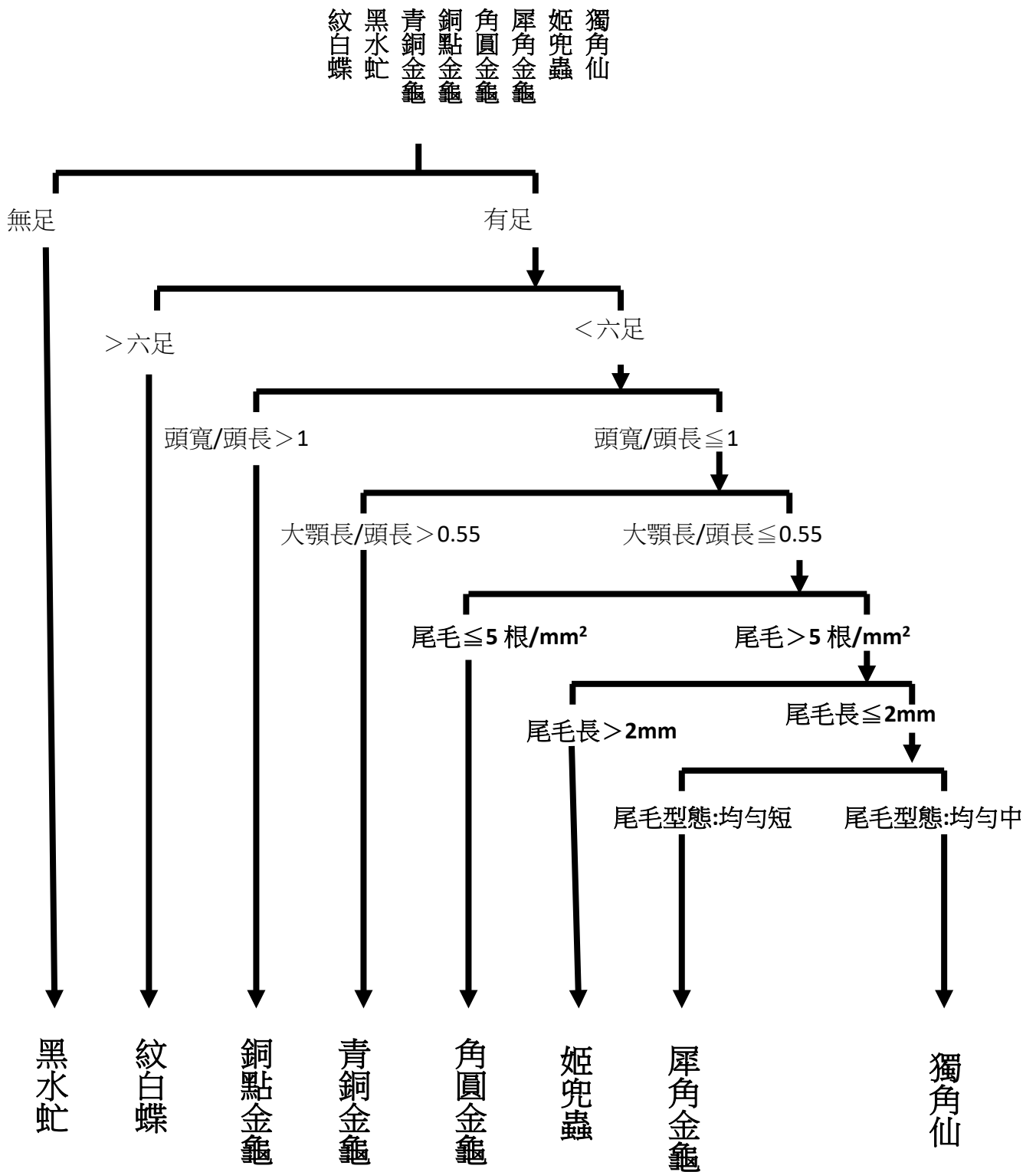
從圖十一中可以看出，二齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值為 0.89 ± 0.10 ，三齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值為 0.92 ± 0.03 ，二齡及三齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值相似，並沒有因為幼蟲齡期不同而有差別。



圖十一、犀角金龜二齡及三齡幼蟲頭寬/頭長比值。

六、田間幼蟲特徵檢索鑑種探討

我們依照田間幼蟲測量外部特徵、尾毛數量及尾毛特徵之差異等，選擇適合的特徵（數值差異大且無重疊，足以區別物種的特徵），建立分類檢索表（圖十二）。



圖十二、田間金龜子幼蟲測量特徵建立分類檢索表。

七、檢索分類 APP 製作

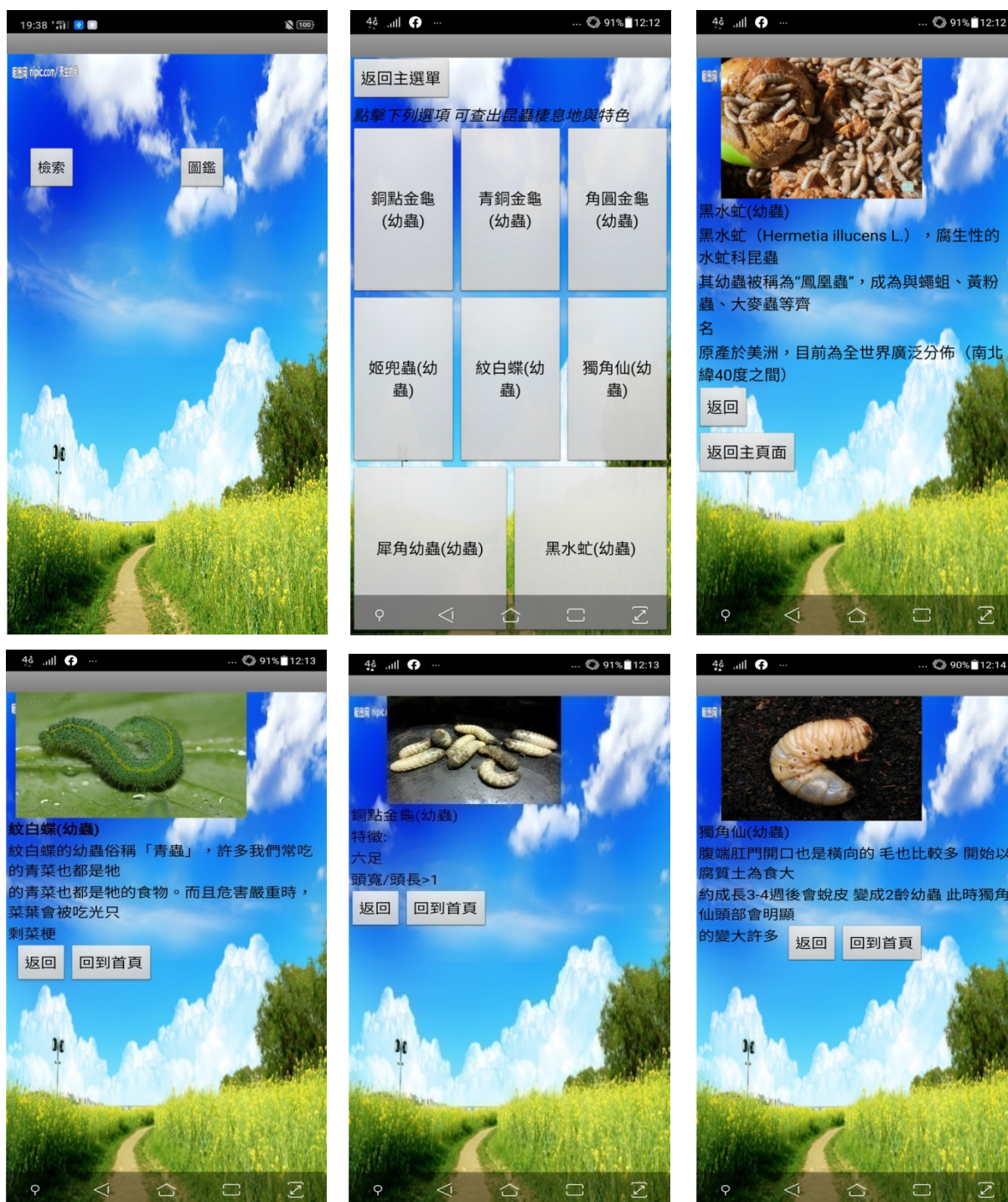
(一)編寫好的程式連結及 QR code 連結:

https://drive.google.com/file/d/1FrVbQwx5ZxyLi8HXCaT1ux_lknBMxonj/view?usp=drivesdk

(二)執行程式與實際檢所測試:



我們將編寫好的田間幼蟲檢索 APP 傳輸至手機上安裝並實際執行檢測(圖十三), 找出不在圖鑑說明與幼蟲特徵檢索上均能實際達成分類檢索而找出幼蟲種類。









圖十三、編寫好的田間幼蟲檢索 App 傳輸至手機上安裝並實際執行檢測。


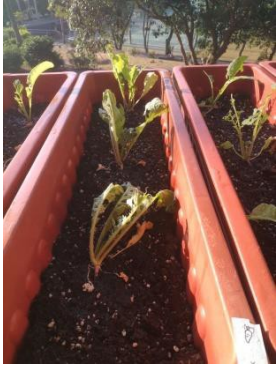






八、危害蔬菜根部實驗

從表五實驗結果中發現獨角仙和銅點花金龜幼蟲均會取食蔬菜的根，尤其大型的獨角仙幼蟲把切葉白菜和蘿蔔的根都吃掉了，導致地上植株死。而銅點花金龜體型小，但仍會危害蔬菜的根系。

表五、獨角仙和銅點花金龜幼蟲危害蔬菜根部實驗結果。

物種	切葉白菜(5 株)	蘿蔔(5 株)	備註
獨角仙(5 隻幼蟲)	根全被吃	根全被吃	地面植株死亡
銅點金龜(5 隻幼蟲)	根部分被吃	根少部分被吃	地面植株未死

	作物	對照組	獨角仙	銅點金龜
疏苗後第 1 天	切葉白菜			
	蘿蔔			
10/24 白菜與蘿蔔已疏完苗並放入幼蟲，且區分為對照組及兩組實驗組。				

第 20 天	切葉白菜			
	蘿蔔			
11/11，葉片遭受蟲害，幼蟲尚未危害作物根部，實驗組蘿蔔（獨角仙）因移植失敗，一株蘿蔔已死亡。				
第 37 天	切葉白菜			
	蘿蔔			
11/28，葉片蟲害狀況減少，實驗組白菜（獨角仙）因根部被幼蟲啃咬，將根部截斷，造成植株死亡。				

伍、討論

一、田間土中昆蟲幼蟲取樣

在田間土中昆蟲幼蟲取樣時會發現紋白蝶和黑水虻等非主要活動於土中的昆蟲幼蟲，主要是因為紋白蝶幼蟲受到干擾時會捲曲掉落至地面，而造成採樣時會在土壤表面發現，而黑水虻會產卵於腐爛植物根部，因此也有機會在土壤表面發現黑水虻幼蟲。但後續的文獻閱讀及探討中均發現此二種幼蟲均不會危害植物根系，紋白蝶幼蟲主要是危害十字花科的植物莖葉部分，而黑水虻主要是取食腐爛植物對田間農作物並無造成危害之發現。但查閱文獻中鱗翅目的幼蟲也是有危害植物根部之例子：例如俗稱切根蟲的球菜夜蛾(*Agrotis ypsilon*)及蕪菁葉蛾(*Agrotis segetum*)幼蟲會危害作物根部。而跟黑水虻一樣是雙翅目的根蛆(蠅、蔥蠅等的幼蟲的統稱)，喜食種子或幼苗的地下組織，引致植株腐爛死亡。其他如金針蟲(鞘翅目叩頭蟲幼蟲)在這次實驗中並沒有發現，未來若有發現再進行實驗探討研究。

二、田間金龜子外部型態觀察及測量：

在田間金龜子外部型態觀察及測量中，只對氣門、節數、附肢、頭寬、頭長、大顎長、體寬(前)、體寬(中)、體寬(後)、體長、單位、局部毛數等數據測量，可大致分出幼蟲差異，但並沒有更詳細的數據了，主因是要配合幼蟲的生長進行觀察及測量，導致時間緊迫，無法追加更多項目，未來可積極利用時間，來彌補這個問題。從外部觀察及測量中可先粗分為多足類幼蟲：鱗翅目昆蟲幼蟲等(實驗對象：紋白蝶，切根蟲類：球菜葉蛾及蕪菁葉蛾幼蟲等)、寡足類幼蟲(實驗對象：金龜子幼蟲及金針蟲等)、無足類幼蟲(實驗對象：黑水虻及根蛆等)。

在寡足類金龜子幼蟲的特徵中：1.幼蟲頭長/頭寬比值。2.大顎長/頭長比值。3.局部尾毛(根/mm³)比值。4.尾毛長度(mm)。5.尾毛分布型態。均可找摺可明顯分類之可提供檢索之特徵，用以建立明確分類之檢索表。

三、尾毛分布特徵

尾毛分布結果中除了可找出兩大類(金龜子類：圖十 A ~ C 與兜蟲類：圖十 D ~ F)，且 6 種金龜子均有明顯的差異特徵足供區別檢索，而仔細分析一發現尾毛的分布與其金龜子總科的親緣關係亦相似：其中近肛門處密毛排列的金龜子(銅點花金龜幼蟲、青銅金龜有蟲及角圓金龜幼蟲)均為金龜子亞科的鞘翅目昆蟲，而另一尾毛分布平均類型(獨角仙幼蟲、犀角金龜幼蟲及姬兜蟲幼蟲。)均為兜亞科(Dynastinae)的鞘翅目昆蟲，具有親緣較近之關聯性，型態差異與親緣關聯相符合。

四、不同齡期幼蟲外部特徵比較分析：

從犀角金龜二及三齡又蟲外部形態特徵分析發現氣門、體節、附肢及幼蟲的型態，並沒有因為幼蟲齡期不同而有差別。二齡及三齡的犀角金龜幼蟲在土內及土表

的爬行方式也都相同。二齡及三齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值相似，並沒有因為幼蟲齡期不同而有差別。因此在田間發現幼蟲時，在做外部形態特徵檢索時，就不會因為昆蟲幼蟲齡期的差異而造成檢索錯誤的情形發生。

五、田間幼蟲特徵檢索鑑種及檢索分類 APP 建立

從田間金龜子外部型態觀察及測量及尾毛分布特徵等實驗節中可明確地找出檢索的特徵，建立田間昆蟲害蟲幼蟲的檢索表，並能成功的完成田間幼蟲特徵檢索鑑種及檢索分類 APP。未來若能擴大建立更多田間害蟲的幼蟲檢索系統及 APP，不但能及早鑑別危害的昆蟲種類，及早預防或撲滅害蟲達到田間防疫害蟲之目的，避免或減少農損，因此，昆蟲幼蟲時期建種防範是非常重要的。

六、田間金龜子對農作物的危害

在實驗的過程中，由於實驗區域是在土壤中，無法進行較細微的觀察，只能由地上部的生長情形進行判斷，但是植株較細的根系可能有被幼蟲危害，但是因為危害區域小而無影響作物生長，無法被判斷出來，未來可能使用透明壓克力製造出細長型栽培盆，以便觀察地下部的生長狀況。

陸、結論

- 一、田間金龜子外部型態觀察及測量中，銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高(>1)，其餘均 <1 。
- 二、田間金龜子外部型態觀察及測量中，青銅金龜幼蟲的大顎長/頭長比值最高(比值 >0.55)，其餘 4 種幼蟲比值均 <0.55 ，
- 三、田間金龜子外部型態觀察及測量中，田間幼蟲田尾毛數量(根/ mm^2)，銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量 >10 根/ mm^2 ，其餘的尾毛數量 <10 根/ mm^2 。
- 四、田間金龜子外部型態觀察及測量中，田間幼蟲田尾毛長度(mm)，而最高者為蘭嶼姬(3.13 ± 1.00) $>2\text{mm}$ ，其餘的尾毛數量 $<2\text{mm}$ 。
- 五、從田間金龜子外部型態觀察及測量及尾毛分布特徵等實驗節中可明確地找出檢索的特徵，建立田間昆蟲害蟲幼蟲的檢索表，並能成功的完成田間幼蟲特徵檢索鑑種及檢索分類 APP。
- 六、犀角金龜二齡及三齡幼蟲外部形態特徵相似，外部形態特徵檢索時，不會因為昆蟲幼蟲齡期的差異而造成檢索錯誤的情形發生。
- 七、獨角仙和銅點花金龜幼蟲均會取食蔬菜的根，危害蔬菜的根系。

柒、參考文獻

- 一、徐堉峰、林宗岐 2015 昆蟲學概論。合計出版社。
- 二、王派鋒、呂建興、高瑞卿 2008 甲蟲飼養與觀察。晨星出版有限公司。
- 三、余清金、小林裕和，植食性金龜，木生昆蟲有限公司。
- 四、邱冠菱、張恩瑞、葉純寧、溫亞捷民，國 95 年，落葉歸根”餽”主意~探討落葉及廚餘堆肥技術及環保生態循環之可行性。
- 五、余竣堯、盧雯柔、買玟雁，民國 104 年，甲蟲聖戰士—廢棄太空包堆肥化小尖兵。
- 六、昆蟲論壇，如何分辨獨角仙、鍬形蟲、犀角金龜的幼蟲？；
<http://insectforum.no-ip.org/gods/cgi-bin/view.cgi?forum=1&topic=21069>
- 七、田間土中害蟲-<https://kknews.cc/zh-tw/agriculture/e3vmkpr.html>
- 八、嘎嘎昆蟲網，金龜子和獨角仙幼蟲怎麼分？<http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in5.htm>
- 九、Yahoo 奇摩知識，幼蟲稱做”雞母蟲”的昆蟲之間怎麼分辨呢?<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060519000013KK10847>

【評語】 052207

1. 本研究自田間採集 8 種昆蟲幼蟲，並藉由外部型態觀察與測量、尾毛分布等表型特徵中，找出可應用於檢索的特徵，並建立檢索表及可應用於檢索分類之 APP。另以栽培實驗測試幼蟲的危害，結果觀察到獨角仙和銅點花金龜幼蟲均會取食蔬菜的根，危害蔬菜的根系。
2. 本研究開發之 APP 軟體，可讓使用者快速由昆蟲幼蟲型態辨識其種類，具有未來應用之潛力。
3. 實驗方法及結果分析之量化科學性較為不足。建議應述明昆蟲的採集來源與實驗中使用之昆蟲樣本數量，以提高實驗結果之正確性與參考價值。

作品簡報



田間昆蟲幼蟲鑑種 及手機App檢索建立

摘要

田間昆蟲幼蟲會危害蔬果。藉由田間昆蟲幼蟲外部型態觀察測量，找出可供鑑別檢索的特徵，包括銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高(>1)，其餘均 <1 ；青銅金龜幼蟲的大顎長/頭長比值最高(比值 >0.55)，其餘4種幼蟲比值均 <0.55 ；銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量 >10 根/ mm^2 ，其餘的尾毛數量 <10 根/ mm^2 ；姬兜蟲幼蟲尾毛長度(mm)最長(>2 mm)，其餘的尾毛長度均 <2 mm。並根據幼蟲外部型態觀察及測量及尾毛分布特徵等實驗節中可明確地找出檢索的特徵，建立田間昆蟲害蟲幼蟲的檢索表，並能成功的完成田間幼蟲檢索鑑種分類檢索APP。並擴大建立更多田間昆蟲幼蟲檢索APP，及早鑑別危害的昆蟲種類，及早預防或撲滅害蟲達到田間防疫害蟲之目的，避免或減少農損。

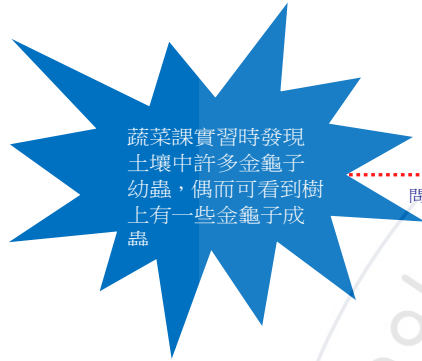
研究目的

- 一、了解田間土中昆蟲幼蟲種類？
- 二、了解田間昆蟲幼蟲對田間作物是否危害？
- 三、了解田間土中昆蟲幼蟲種類及其爬行行為差異？
- 四、了解田間土中昆蟲幼蟲種類外部型態差異？
- 五、建立田間昆蟲幼蟲分類檢索特徵檢索表？
- 六、依據田間昆蟲幼蟲分類檢索特徵建立快速田間昆蟲幼蟲快速檢索分類APP。

實驗流程圖

研究材料與設備

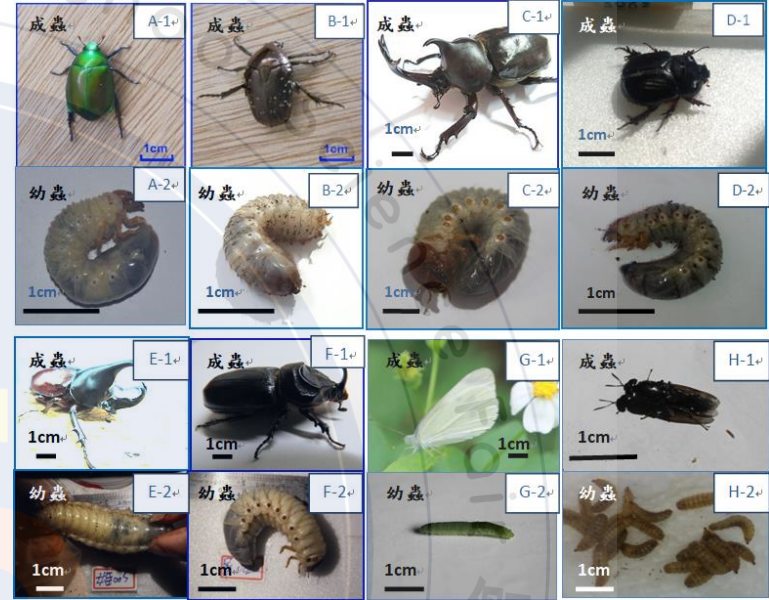
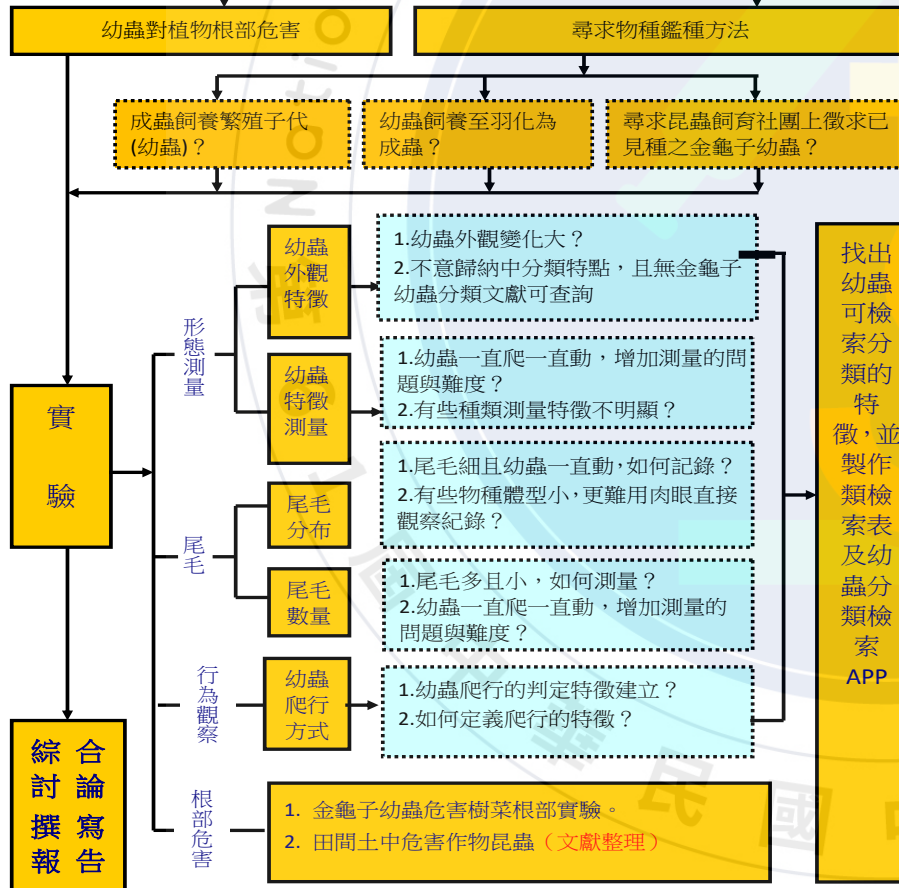
實驗物種



秋行軍蟲入侵時是由遊客在飛牛牧場發現疑似其幼蟲而發現的，我們也能蟲金龜子 從幼蟲蟲就鑑定物昆蟲物種而及早防治嗎？

- 問題？
1. 金龜子成蟲及土中幼蟲是同一種嗎？
 2. 田間找到的幼蟲無法鑑定物種？
 3. 查詢文獻並無幼蟲分類之圖鑑？詢問老師，老師只知道可能的種類，無法鑑定？

解決



編號	名稱&學名
A-1、A-2	青銅金龜(<i>Anomalaexpansa bates</i>)
B-1、B-2	銅點花金龜(<i>Protaetia cultra cultra</i>)
C-1、C-2	獨角仙(<i>Allomyrina dichotoma</i>)
D-1、D-2	角圓金龜(<i>Dipelicus deiphobusloi</i>)
E-1、E-2	姬兜蟲(<i>Xylotrupes philippinensis peregrinus</i>)
F-1、F-2	犀角金龜(<i>Oryctes nasicornis</i>)
G-1、G-2	台灣紋白蝶(<i>Pieris canidia</i>)
H-1、H-2	黑水虻 (<i>Hermetia illucens</i>)

*註:編號1為成蟲，編號2為幼蟲

研究方法

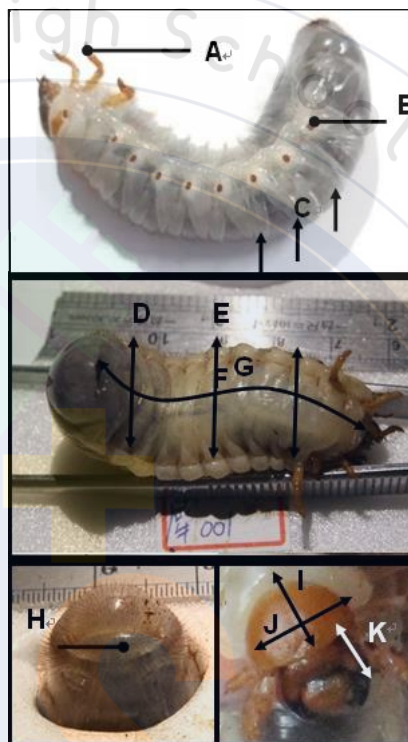
昆蟲幼蟲樣本採集

(一)燈光採集/成蟲：利用成蟲的趨光性在夜晚點燈使成蟲飛向這裡進行採集，或是在夜晚時到田間的路燈下進行採集。

(二)水果陷阱/成蟲：將香蕉、鳳梨皮切碎，泡入米酒中一晚，隔天利用絲襪、濾網包覆住發酵後的水果，到田間、山路設置於樹上，放約一天即可採收。

(三)田間採集/成蟲、幼蟲：有時在玉米田或蔬菜田可以發現牠們的蹤跡。(四)挖土採集/幼蟲：使用鋤頭、鏟子在腐植土中挖掘。

(五)上網訂購/成蟲、幼蟲：在社團看有沒有人賣實驗所需的蟲體。



昆蟲幼蟲樣本測量記錄

田間昆蟲幼蟲外部型態觀察紀錄；觀察紀錄幼蟲A:足數量，C:分節數、B:氣門數量，I:頭長、J:頭寬、K:大顎長、G:測量體全長(mm)、體寬長(包括身體D:前1/3，E:中1/3處及F:後1/3處)。H:紀錄並繪製田間幼蟲尾毛分布圖及計算田間幼蟲尾毛數量(根/mm²)。

幼蟲爬行行為及育菜苗測試

使用幼蟲&數量	使用植物數量
獨角仙(5 隻幼蟲)	切葉白菜(10 株)
銅點金龜(5 隻幼蟲)	蘿蔔(10 株)

觀察紀錄幼蟲爬行方式並記錄，紀錄幼蟲是腹部著地爬行或是背部著地爬行。觀察紀錄昆蟲幼蟲行為及危害(取食植物根部狀況)。

研究方法

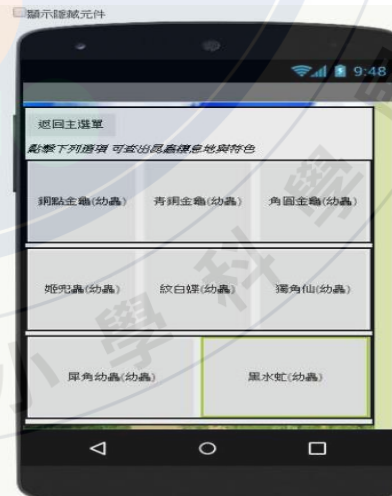
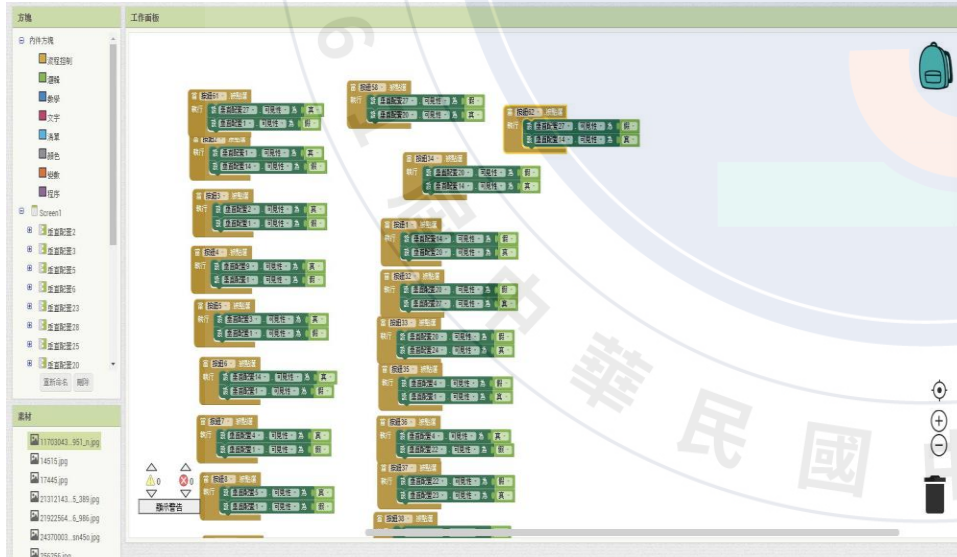
昆蟲幼蟲依檢索分類APP製作

檢索分類APP程式編寫

我們用Mit APP 軟體編寫田間幼蟲檢索分類APP，以圖八建立的幼蟲檢索特徵為分類檢所依編寫檢索程式使用大量按鍵做出是、返回、回到首頁等功能的block，並鍵入幼蟲的特徵說明及分類特徵。

操作、測試與修改實驗

檢索畫面會根據檢索頁面時的選項出現該有的檢索結果，幼蟲檢索特徵為分類檢所依編寫檢索程式編寫完成後，可藉由編寫頁面轉換至操作頁面進行測試，再依測試結果回到程式頁面修改或重新編寫。



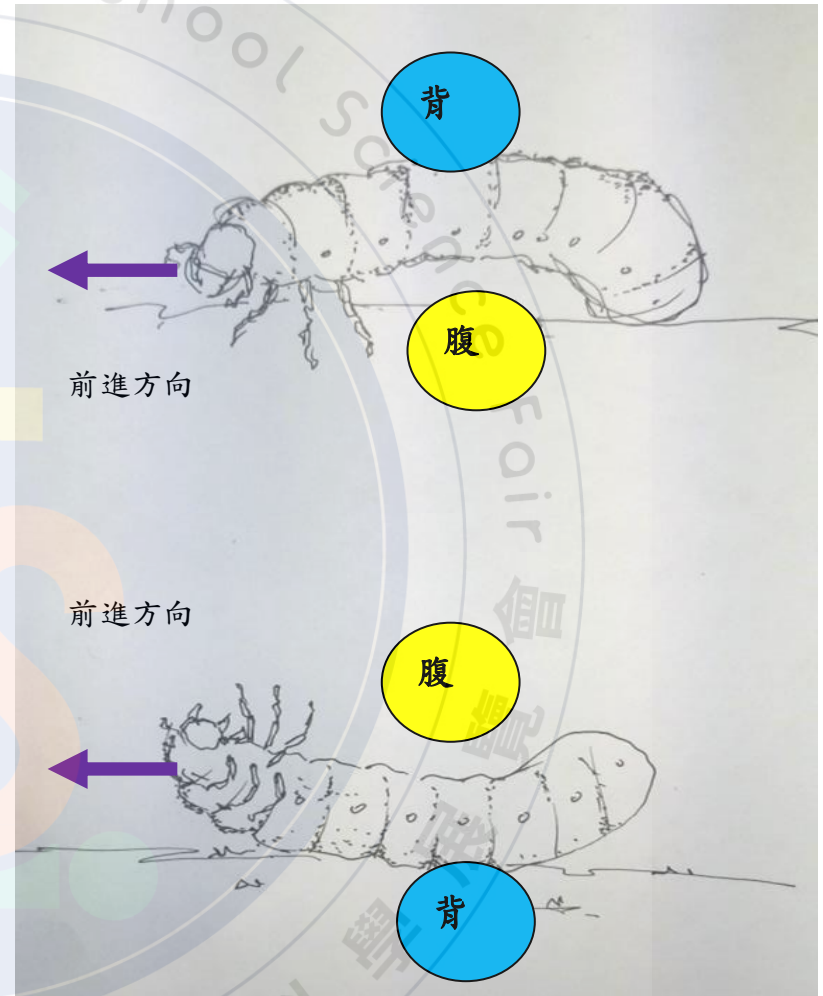
實驗結果

田間幼蟲爬行行為

從表一實驗結果中可發現在土內時，所有種類的幼蟲均為腹部朝下，以足爬行前進。而在土表時，只有銅點金龜背部朝下，以腹節收縮爬行前進，其他七種幼蟲在土表時均為腹部朝下，以足爬行前進。

表一、田間 8 種實驗樣本昆蟲幼蟲爬行方式。

種類	爬行方式	
銅點金龜	背爬式	腹爬式
獨角仙	腹爬式	腹爬式
姬兜蟲	腹爬式	腹爬式
犀角金龜	腹爬式	腹爬式
青銅金龜	腹爬式	腹爬式
角圓金龜	腹爬式	腹爬式
黑水虻	腹爬式	腹爬式
紋白蝶	腹爬式	腹爬式



*註:(A)腹部朝下，以足爬行前進。(B)背部朝下，以腹節收縮爬行前進。

實驗結果

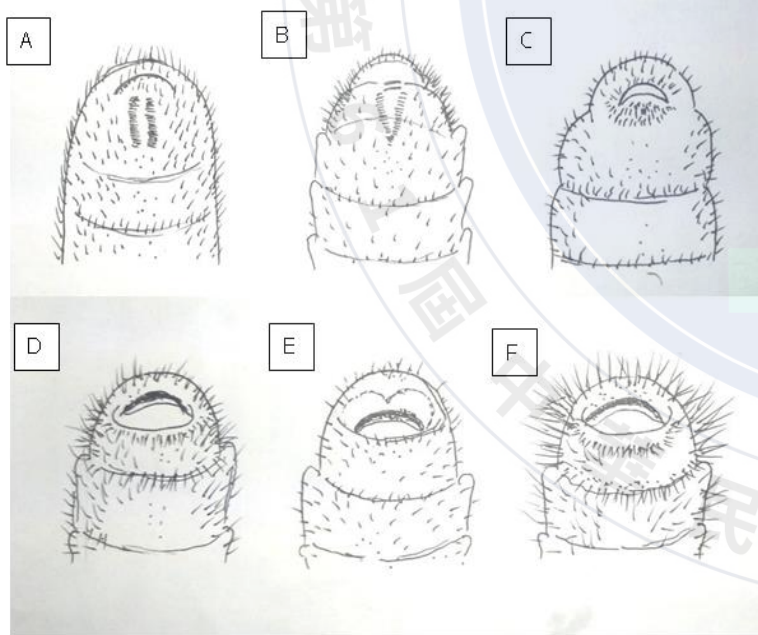
田間幼蟲足型態與外部型態觀察

從表二中可以看出幼蟲足的數量、型態與外部型態，觀察結果中可以看出黑水虻幼蟲無足，而紋白蝶幼蟲為多足型態的幼蟲，其餘六種的實驗對象(青銅金龜、銅點花金龜、獨角仙、角圓金龜、姬兜蟲、犀角金龜)均為寡足類幼蟲。

表二、田間 8 種實驗樣本昆蟲幼蟲足型態與外部型態觀察紀錄。

種類	氣門	節數	附肢	幼蟲類型
銅點花金龜	18	12	6	寡足型
獨角仙	18	13	6	寡足型
蘭嶼姬兜	18	13	6	寡足型
犀角金龜	18	13	6	寡足型
青銅金龜	18	13	6	寡足型
角圓金龜	18	13	6	寡足型
黑水虻	無數據	11	0	無足型
紋白蝶	無數據	13	14	多足型

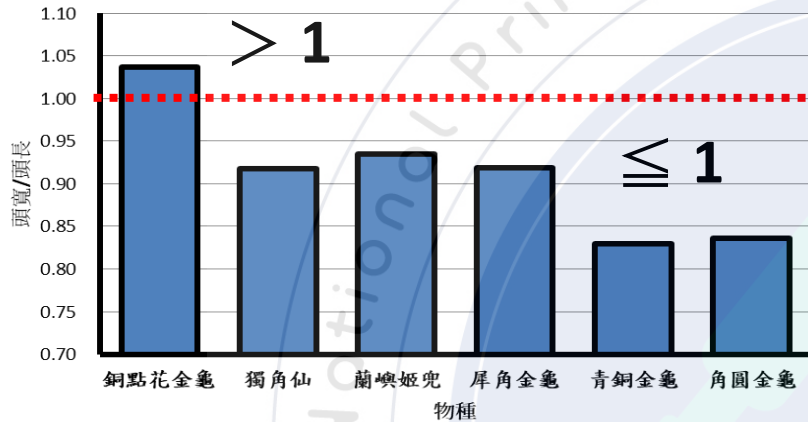
幼蟲尾毛分布與型態



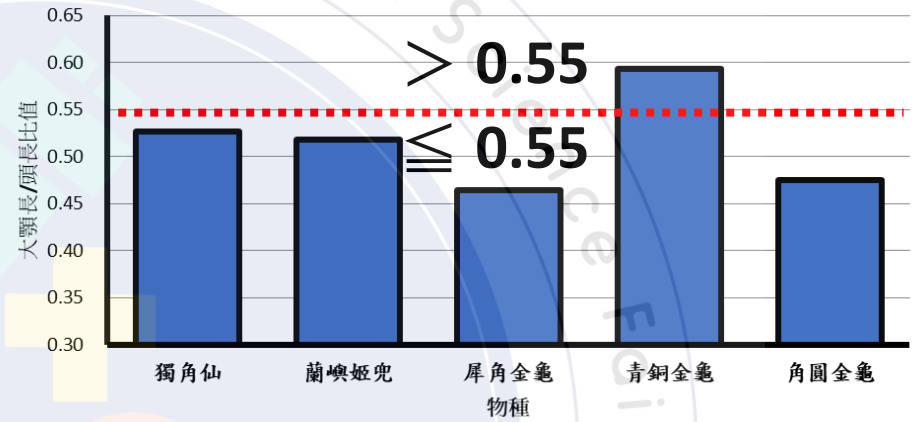
A~C 的金龜子幼蟲尾毛分布類型雖然較為相似，但仍有明顯特徵足以分析其差異：銅點花金龜近肛門處密毛排列有如「=」，青銅金龜幼蟲近肛門處密毛排列有如「V」，而角圓金龜近肛門處密毛排列有如「●」。而五 D~F 的金龜子幼蟲尾毛分布均勻，但從圖中亦可明顯看出三者差異：姬兜蟲尾毛屬於均勻長的類型，犀角金龜尾毛屬於均勻短的類型，而獨角仙尾毛長度則介於二者之間，屬於分布均勻且中度長度的類型。

實驗結果

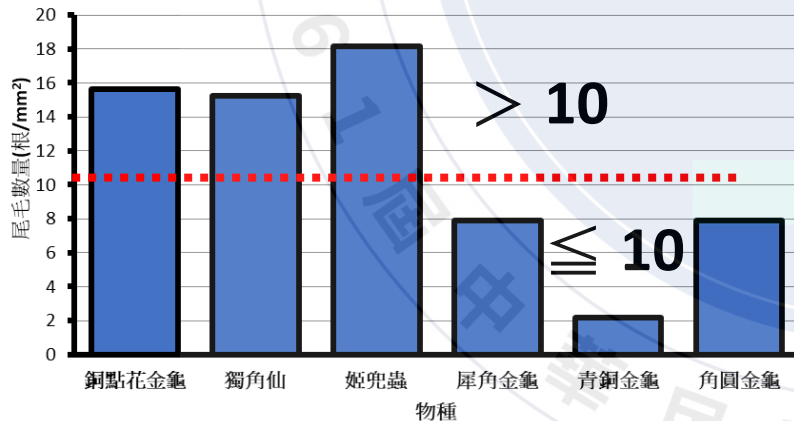
田間幼蟲各數據比值



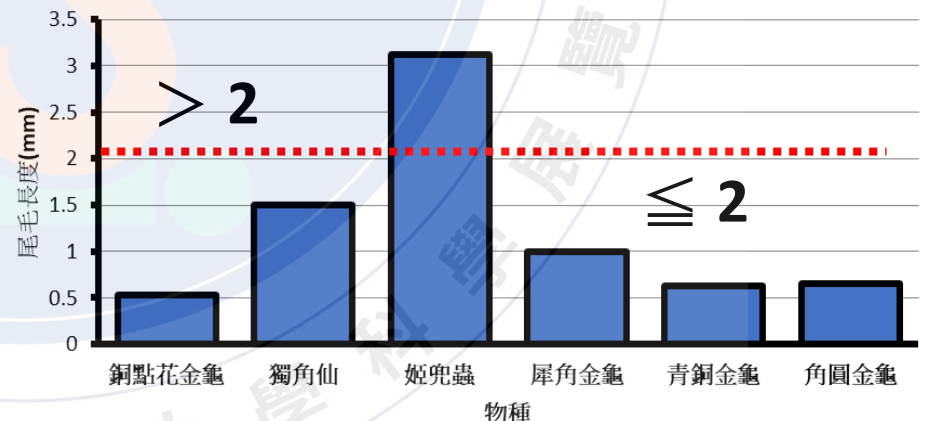
*註:銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高(> 1 ; 1.04 ± 0.03)，其餘5種幼蟲比值均 ≤ 1



*註:青銅金龜幼蟲的大顎長/頭長比值最高(0.59 ± 0.04)，其餘4種幼蟲比值均 ≤ 0.55



*註:尾毛數量(根/mm²)，銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量 > 10 根/mm²，其餘的尾毛數量 ≤ 10 根/mm²



*註:尾毛長度(mm)，而最高者為蘭嶼姬(3.13 ± 1.00) > 2 mm，其餘的尾毛長度 ≤ 2 mm

實驗結果

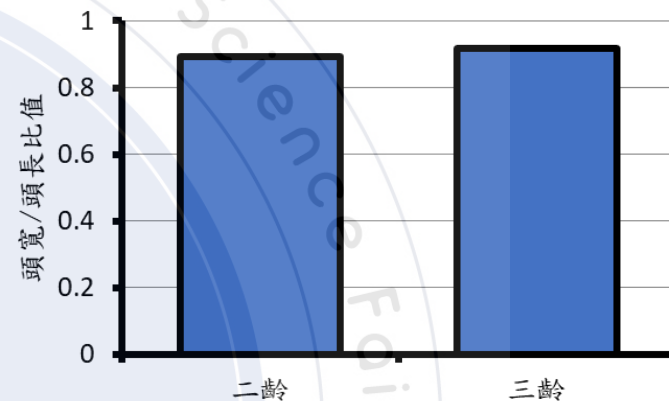
犀角金龜不同齡期幼蟲外部特徵比較分析

犀角金龜不同齡期幼蟲爬行方式觀察紀錄

	齡期	爬行方式	
		土表	土內
犀角金龜	一齡	腹爬式	腹爬式
犀角金龜	二齡	腹爬式	腹爬式
犀角金龜	三齡	腹爬式	腹爬式

*註:二齡及三齡的犀角金龜幼蟲在土內的爬行方式均為腹爬式，在土表的爬行方式也是腹爬式，不因不同齡期而有差別。

犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值



二齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值為 0.89 ± 0.10 ，三齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值為 0.92 ± 0.03 ，二齡及三齡的犀角金龜幼蟲頭寬/頭長比值相似，並沒有因為幼蟲齡期不同而有差別。

犀角金龜不同齡期幼蟲足型態與外部型態觀察紀錄

*註:二齡及三齡的犀角金龜幼蟲在土在外部特徵觀察結果中，可以看出二齡及三齡幼蟲的氣門都是18個，體節均為13節，且都有3對附肢，幼蟲也都是寡足型幼蟲的型態，並沒有因為幼蟲齡期不同而有差別。







種類	齡期	氣門	節數	附肢	幼蟲類型
犀角金龜	一齡	18	13	6	寡足型
犀角金龜	二齡	18	13	6	寡足型
犀角金龜	三齡	18	13	6	寡足型

實驗結果






獨角仙和銅點花金龜幼蟲危害蔬菜根部實驗結果

實驗結果中發現獨角仙和銅點花金龜幼蟲均會取食蔬菜的根，尤其大型的獨角仙幼蟲把切葉白菜和蘿蔔的根都吃掉了，導致地上植株死。而銅點花金龜體型小，但仍會危害蔬菜的根系。

物種	切葉白菜(5株)	蘿蔔(5株)	備註
獨角仙(5隻幼蟲)	根全被吃	根全被吃	地面植株死亡
銅點金龜(5隻幼蟲)	根部分被吃	根少部分被吃	地面植株未死

疏苗後第一天	作物	對照組	獨角仙	銅點金龜
	切葉白菜			
蘿蔔				
10/24 白菜與蘿蔔已疏完苗並放入幼蟲，且區分為對照組及兩組實驗組				

獨角仙和銅點花金龜幼蟲危害蔬菜根部實驗結果(序)

第 20 天	作物	對照組	獨角仙	銅點金龜
	切葉白菜			
	蘿蔔			
11/11, 葉片遭受蟲害, 幼蟲尚未危害作物根部, 實驗組蘿蔔(獨角仙), 因移植失敗, 一株蘿蔔已死亡。				

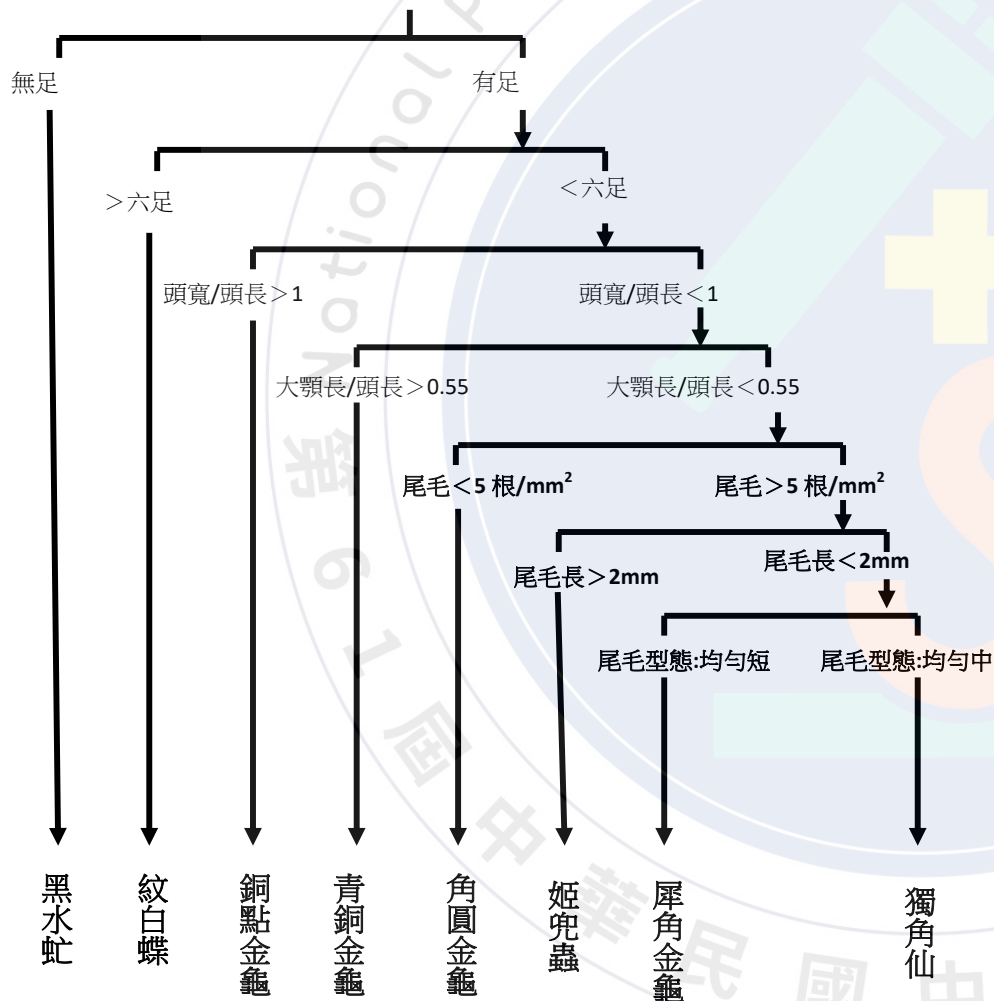
第 37 天	作物	對照組	獨角仙	銅點金龜
	切葉白菜			
	蘿蔔			
11/28, 葉片蟲害狀況減少, 實驗組白菜(獨角仙), 因根部被幼蟲啃咬, 將根部截斷, 造成植株死亡。				

實驗結果

田間幼蟲特徵檢索鑑種探討

檢索分類APP製作

獨角仙
姬兜蟲
犀角金龜
角圓金龜
銅點金龜
青銅金龜
黑水虻
紋白蝶



我們將編寫好的田間幼蟲檢索APP傳輸至手機上安裝並實際執行檢測，找出不在圖鑑說明與幼蟲特徵檢索上均能實際達成分類檢索而找出幼蟲種類。



編寫好的田間幼蟲檢索App傳輸至手機上安裝並實際執行檢測。

田間金龜子幼蟲測量特徵建立分類檢索表。

結論

- 一、田間金龜子外部型態觀察及測量中，銅點金龜幼蟲頭長/頭寬比值最高(>1)，其餘均 ≤ 1 。
- 二、田間金龜子外部型態觀察及測量中，青銅金龜幼蟲的大顎長/頭長比值最高(比值 >0.55)，其餘4種幼蟲比值均 ≤ 0.55 ，
- 三、田間金龜子外部型態觀察及測量中，田間幼蟲田尾毛數量(根/mm²)，銅點金龜、獨角仙及姬兜蟲尾毛數量 >10 根/mm²，其餘的尾毛數量 ≤ 10 根/mm²。
- 四、田間金龜子外部型態觀察及測量中，田間幼蟲田尾毛長度(mm)，而最高者為蘭嶼姬(3.13 ± 1.00) >2 mm，其餘的尾毛數量 ≤ 2 mm。
- 五、從田間金龜子外部型態觀察及測量及尾毛分布特徵等實驗節中可明確地找出檢索的特徵，建立田間昆蟲害蟲幼蟲的檢索表，並能成功的完成田間幼蟲特徵檢索鑑種及檢索分類APP。
- 六、犀角金龜二齡及三齡幼蟲外部形態特徵相似，外部形態特徵檢索時，不會因為昆蟲幼蟲齡期的差異而造成檢索錯誤的情形發生。
- 七、獨角仙和銅點花金龜幼蟲均會取食蔬菜的根，危害蔬菜的根系。

參考文獻

- 一、徐堉峰、林宗岐 2015 昆蟲學概論。合計出版社。
- 二、王派鋒、呂建興、高瑞卿 2008甲蟲飼養與觀察。晨星出版有限公司。
- 三、余清金、小林裕和，植食性金龜，木生昆蟲有限公司。
- 四、邱冠菱、張恩瑞、葉純寧、溫亞健民，國95年，落葉歸根”餽”主意~探討落葉及廚餘堆肥技術及環保生態循環之可行性。
- 五、余竣堯、盧雯柔、買玟雁，民國104年，甲蟲聖戰士—廢棄太空包堆肥化小尖兵。
- 六、昆蟲論壇，如何分辨獨角仙、鍬形蟲、犀角金龜的幼蟲？；<http://insectforum.no-ip.org/gods/cgi-bin/view.cgi?forum=1&topic=21069>
- 七、田間土中害蟲-<https://kknews.cc/zh-tw/agriculture/e3vmkpr.html>
- 八、嘎嘎昆蟲網，金龜子和獨角仙幼蟲怎麼分？<http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in5.htm>
- 九、Yahoo奇摩知識，幼蟲稱做”雞母蟲”的昆蟲之間怎麼分辨呢?<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060519000013KK10847>