

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032905

蠹絕引酒—探討自製誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

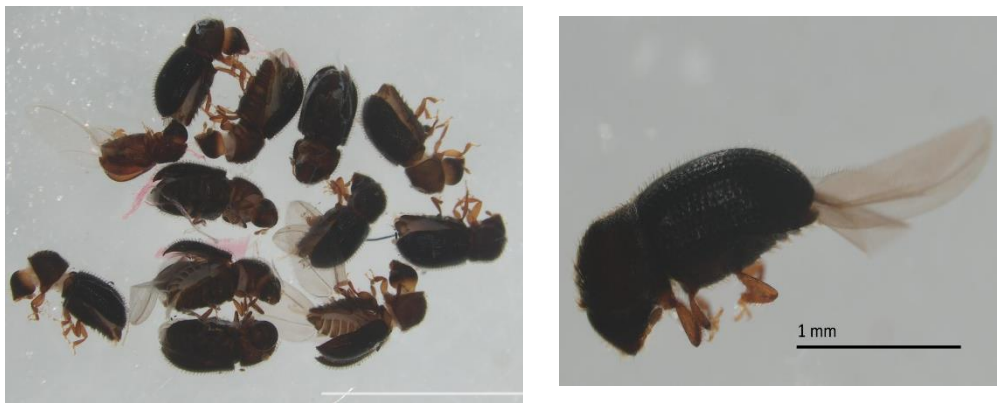
學校名稱：南投縣立北梅國民中學

作者： 國二 顏葦錡 國二 高子寧 國二 林昀萱	指導老師： 許碧蕙 曾伯郎
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：咖啡果小蠹、酒麴菌、誘引劑

摘要

近來咖啡樹種植面積擴大，使得以咖啡豆維生的咖啡果小蠹迅速擴散，此蟲幾乎在咖啡豆中完成生命史，因此防治不易。閱讀文獻發現此蟲容易受甲醇乙醇氣味引誘，我們自製誘引瓶及研發酒麴菌液+甲醇乙醇的方式進行實驗。結果發現：1..紅色誘引瓶抓到較多咖啡果小蠹，推論此蟲易受紅色(波長 620 - 750 nm)吸引；2.相同成分發酵液體添加 3：1 甲醇乙醇混合後的誘引劑有較佳的誘引效果；3.比較酒麴菌在不同液體發酵效果，發現糖水酒麴菌+3：1 甲醇乙醇 > 咖啡豆液酒麴菌+3：1 甲醇乙醇 > 單純甲醇乙醇(3：1)；4.同一成分的誘引劑在海拔較低時誘引效果較佳；5.酒麴菌誘引劑會隨著溫度升高而逐漸提升誘引效果。未來可搭配農改場誘引劑使用，提升咖啡果小蠹的防治。



透過自製咖啡豆酒麴菌誘引劑誘引咖啡果小蠹

壹、研究動機

近年來咖啡消費人口大增，咖啡種植面積不斷擴大，但是咖啡產量卻沒有大增，主要在於咖啡果小蠹入侵造成商品價值下跌。咖啡果小蠹自 2007 年在臺灣的咖啡首度發現其蹤跡(林等，2010)，隨著國內咖啡產業的快速發展，此蟲隨著咖啡的種植而分布至國內各個產區。由於咖啡果小蠹的生態習性特殊，除雌蟲會在繁殖期飛到咖啡果外，其餘生長階段均躲在咖啡果實中，雄成蟲壽命約為 20-87 天，雌成蟲壽命可達 157 天，加上 25 天至 60 天即可完成一個生長週期，因此一般防治害蟲的化學藥劑噴灑效果有限，使得咖啡果小蠹防治遇到瓶頸，造成咖啡的生產陷入了困境。

為了更加了解咖啡果小蠹的防治方法，我們上網查閱了各種文獻資料，發現對咖啡園較友善的方式是懸掛紅色誘引瓶，並在其中添加甲醇+乙醇成分，藉此誘引飛行中的雌成蟲，降低園內的咖啡果小蠹的族群。我們查閱了各種有關誘引瓶設計的文獻，發現國外用紅色、綠色、透明的誘引瓶，因此我們設計了紅色及透明的誘引瓶，想要了解兩種誘引瓶對咖啡果小蠹的誘引效果是否有差異。我們也從文獻中閱讀到甲醇乙醇(1:1)和甲醇乙醇(3:1)兩種比例對咖啡果小蠹都具有吸引力，因此我們也在實驗中設計甲醇乙醇不同比例，進一步確認哪種甲醇乙醇比例的誘引效果較好。



市售誘引瓶

此外，以前的學長姐進行咖啡果小蠹相關研究時，發現咖啡果小蠹身上帶有茄镰刀菌，因此我們很好奇若在甲醇乙醇中加入茄镰刀菌，會不會提高咖啡果小蠹誘引率？另外咖啡果小蠹會在綠色咖啡果開始發育時即鑽入果實中，我們猜測果實應該有散發吸引果小蠹的氣味，因此我們也根據學長姐的研究，將咖啡果皮上的酵母菌發酵後加入甲醇乙醇中，看看這樣混合的誘引劑氣味是否能提升誘引效果？最後文獻提及咖啡果小蠹喜歡酒精的氣味，我們就以市售酒麴菌分別加入糖水、咖啡液或米飯發酵，再加入甲醇乙醇，想藉此看看這樣的誘引效果是否能提升？

實驗探究的過程很有趣，我們到不同海拔的咖啡園放誘引劑，並在收回計數時學會辨認咖啡果小蠹與其他蠹蟲的差異。雖然有時候遇到寒流低溫而使得誘引瓶幾乎都是空的，但是更多時候誘引到許多咖啡果小蠹。一隻隻計數咖啡果小蠹造成肩頸痠痛及眼睛疲勞，但是看到自製誘引劑可以抓到咖啡果小蠹時，我們就忘記這些辛苦。實驗時遇到困難想辦法解決，靠著堅持到底的精神一步一步地克服，永不放棄的實驗下去!



自製誘引瓶懸掛於咖啡園中

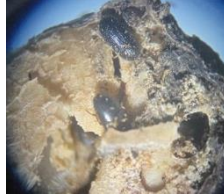
貳、研究目的

- 一、了解咖啡果小蠹的身體特徵及生活習性。
- 二、實驗室中確認自製誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形。
- 三、經由野外咖啡園實驗探討不同變項對咖啡果小蠹的誘引情形。
 - (一)不同顏色誘引瓶對咖啡果小蠹的誘引情形。
 - (二)不同甲醇乙醇比例對咖啡果小蠹誘引情形。
 - (三)不同成分及不同甲醇乙醇比例誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形。
- 四、比較不同條件下酒麴菌誘引劑在野外咖啡園對咖啡果小蠹的誘引情形。
 - (一) 酒麴菌在不同液體發酵後的誘引情形。
 - (二) 酒麴菌誘引劑在不同區域(海拔)的誘引情形。
 - (三) 酒麴菌誘引劑在不同月份(溫度)的誘引情形。

參、研究設備及器材

一、實驗生物

1.咖啡果小蠹：從距離學校約9公里，海拔600~900公尺左右的咖啡園中取得。



二、實驗器材

(一) 咖啡果小蠹生態觀察

新鮮或乾燥咖啡豆、解剖刀、鑷子、解剖顯微鏡、手機、紀錄紙。



(二) 誘引劑培養

1.培養菌種：馬鈴薯培養基(PDA)、馬鈴薯培養液、壓力鍋、接種環、玻璃平塗棒、試管、無菌操作台。

2.培養誘引劑：玻璃瓶、砂糖水、恆溫培養箱。



壓力鍋



接種環



三角玻璃平塗棒



無菌操作台



恆溫培養箱



培養誘引劑玻璃瓶

(三)氣味選擇實驗

玻璃 Y 型管、棉花、自製誘引劑、市售甲醇乙醇、農改場誘引劑、紅色塑膠盆、紙板、紗網、塑膠瓶蓋。

		
<p>玻璃 Y 型管</p>	<p>紅色塑膠盆</p>	<p>自製氣味盒</p>

(四)田間咖啡果小蠹誘引實驗

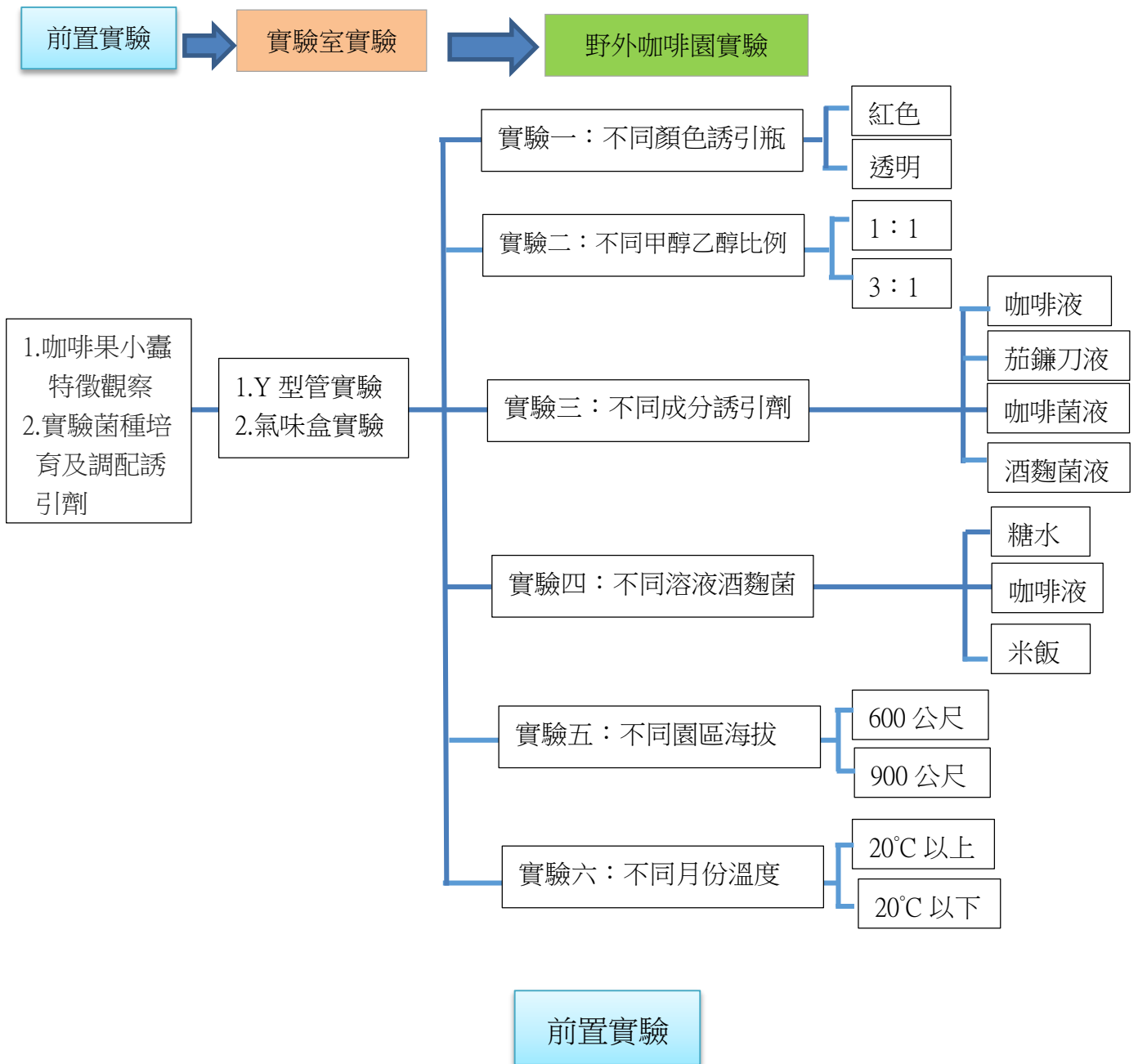
自製誘引瓶(1500C.C.透明寶特瓶*2)、100C.C.小型塑膠瓶*1、美工刀、剪刀、紅色膠帶、自製誘引劑、市售甲醇、市售乙醇、農改場誘引劑。

		
<p>1500C.C.透明寶特瓶</p>	<p>100C.C.小型塑膠瓶</p>	<p>自製咖啡液誘引劑</p>
		
<p>自製酒麴菌誘引劑</p>	<p>市售甲醇、市售乙醇</p>	<p>農改場誘引劑</p>

(五)咖啡果小蠹計數

玻璃培養皿、塑膠滴管、解剖顯微鏡、咖啡果小蠹圖片、紀錄紙。

肆、研究過程及方法



一、咖啡果小蠹的特徵觀察

為了對咖啡果小蠹有更深入了解，我們從閱讀文獻、實際觀察及專家請益三方面進行。

(一)閱讀文獻：查詢有關咖啡果小蠹的電子資料和書面資料，進行閱讀和整理。

(二)實際觀察：從學校附近的咖啡園進行觀察和紀錄。

1.了解咖啡果小蠹身體構造

A.將咖啡園取得的咖啡果小蠹放到解剖顯微鏡下觀察。



B.將解剖顯微鏡看到的果小蠹樣態與圖片進行比對。

2.了解咖啡果小蠹生活習性

A.將取得的咖啡果放置於培養皿中，以解剖刀切開後觀察果實中的咖啡果小蠹。

B.觀察咖啡果小蠹覓食行為及不同階段外觀特徵。

(三)專家請益

請教農改場專家有關咖啡果小蠹與其他蠹蟲外觀特徵的差異，以便後續計數時能更精確辨別。

二、實驗菌種培育及調配誘引劑

(一)培養不同菌液

- 1.準備茄镰刀菌、咖啡豆酵母菌、市售酒麴菌以及市售酵母菌。
- 2.將市售酒麴菌以及市售酵母菌加水稀釋成 1/100 倍後，以微量滴管取 1ml 滴於馬鈴薯培養基中，並用三角玻璃平塗。
- 3.另外以接種環將茄镰刀菌、咖啡豆酵母菌接種於馬鈴薯培養基(PDA)中。
- 4.經過 2~3 天確認上述四種菌在 PDA 中順利生長後，即以接種環分別將四種菌培養於馬鈴薯培養液中。

(二)調配誘引劑

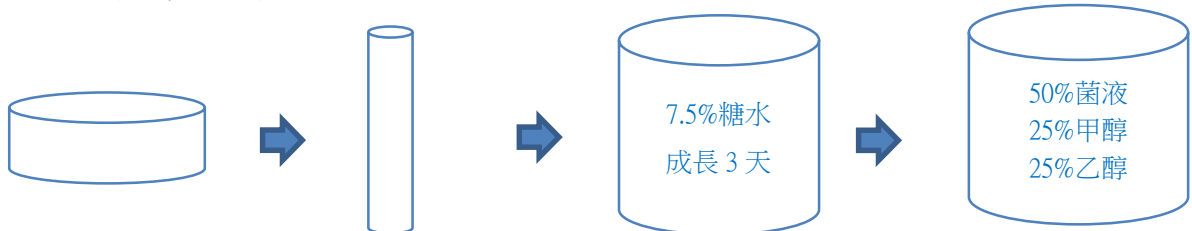
1.準備高溫蒸煮消毒過後的 7.5%糖水 100ml，並分成 4 份倒入玻璃瓶中。

2.將茄镰刀菌、咖啡豆酵母菌(簡稱咖啡菌)、市售酒麴菌以及市售酵母菌的菌液分別培養於糖水玻璃瓶中。



3.四種菌液培養 3 天後再分別加入 1:1 的甲醇乙醇，當作實驗室實驗的誘引劑。

4.另外以糖水+甲醇乙醇當作對照組的誘引劑。

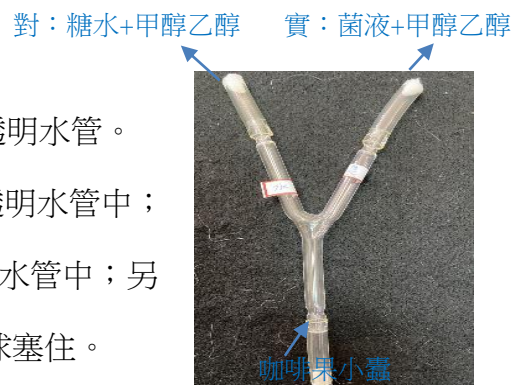


- 1.不同菌培養於 PDA 中
- 2.不同菌培養於馬鈴薯液中
- 3.不同菌培養於 7.5%糖水三天
- 4.加入甲醇乙醇成為誘引劑

實驗室實驗

一、Y 型管實驗

1. 準備 5 個玻璃 Y 型管，並在三個開口分別接上 3cm 透明水管。
2. 將棉球沾滿菌液+甲醇乙醇液體，塞入 Y 型管右上方透明水管中；棉球沾滿糖水+甲醇乙醇液體，塞入 Y 型管左上方透明水管中；另外將 1 隻咖啡果小蠹放入 Y 型管下方水管中，並以棉球塞住。
3. 觀察咖啡果小蠹爬行方向並做紀錄。



二、氣味盒實驗

1. 準備 5 個紅色密林盆(26*18*10cm)。
2. 中間以 PVC 版分隔，並於下方挖洞放置塑膠蓋，放置 10 隻咖啡果小蠹。
3. 設置五個密林盒，左右邊放入寶特瓶蓋，並分別加入實驗組(實 1:咖啡豆液+甲醇乙醇、實 2:咖啡菌液+甲醇乙醇、實 3:茄镰刀液+甲醇乙醇、實 4:酒麴菌液+甲醇乙醇、實 5:市售酵母液+甲醇乙醇)和對照組誘引劑，再以細紗網覆蓋。
4. 重複上述步驟進行二重複實驗。

對：糖水+甲醇乙醇

實 1:咖啡豆液+甲醇乙醇
實 2:咖啡菌液+甲醇乙醇
實 3:茄镰刀液+甲醇乙醇
實 4:酒麴菌液+甲醇乙醇
實 5:市售酵母液+甲醇乙醇



野外咖啡園實驗

一、不同顏色誘引瓶對咖啡果小蠹的誘引情形

台灣文獻上主要建議以紅色誘引瓶誘引，然而其他國家也有用透明瓶或綠色顏色的瓶子誘引，因此我們設計了紅色及透明誘引瓶，瞭解不同顏色的誘引瓶效果是否有差異。

(一)準備 1500c.c.的兩個寶特瓶瓶子。

(二)我們分成瓶 A 和瓶 B，在瓶 A 距瓶口的 3 分之 1 處切開。瓶 B 的尾部切開 2 個 10*5 的長方形的開口，其中底部不切開，再將切開的兩部分往外翻摺，成為通風口。

(三)把切開的瓶 A 和瓶 B 使用膠帶捆在一起。

- (四)把瓶 B 的瓶底穿上鐵絲，再把誘引器的瓶口綁上鐵絲掛在瓶 B 瓶底的鐵絲上。
- (五)將 100c.c.小型塑膠瓶以鑽孔器進行鑽孔，使其可以放入誘引劑。
- (六)將寶特瓶的瓶身打兩個洞，小型塑膠瓶以鋁線纏繞，吊在寶特瓶內。
- (七)於小型塑膠瓶內倒入實驗用的誘引劑，並於大寶特瓶底部倒入稀釋後的洗碗精。
- (八)將自製紅色或透明誘引瓶懸掛於咖啡園間用來誘殺咖啡果小蠹。
- (九)另外放置市售甲醇乙醇及農改場誘引劑當對照組，在田間誘引時同時懸掛對照組誘引劑，並與兩種誘引瓶比較。

		
寶特瓶切割	寶特瓶切開通風口	寶特瓶貼紅色膠帶
		
誘引瓶切孔備用	放置誘引劑及洗碗精	懸掛咖啡園中進行實驗

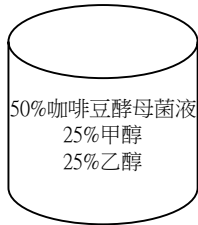
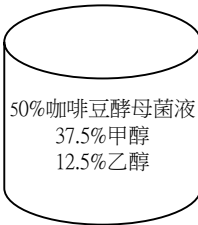
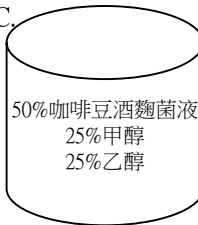
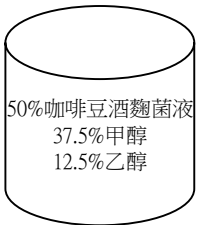
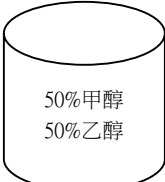
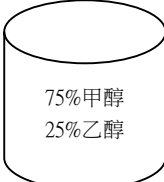

二、不同甲醇乙醇比例對咖啡果小蠹的誘引情形

依據氣味盒誘引的結果，針對誘引效果較好的咖啡豆酵母菌及酒麴菌液進一步加入咖啡豆液中發酵，並分別添加不同甲醇乙醇比例(1:1 及 3:1)來進行實驗。

- 1.咖啡豆液：把 600 公克的咖啡豆跟 600 公克的水放果汁機裡打碎，變咖啡豆液備用。
- 2.兩種菌液：用 7.5%的糖水培養咖啡豆酵母菌、市售酒麴菌，並放於恆溫培養箱中培養 3 天，等待其生長。
- 3.混合發酵：將上述咖啡豆液分別加入咖啡豆酵母菌液、市售酒麴菌液，放入恆溫培養箱培養 7 天，等待其發酵。

- 調製誘引劑：將上述發酵後的 2 種變項分別添加甲醇乙醇(1：1)及甲醇乙醇(3：1)，做成不同誘引劑(如表 4-1 中 A、B、C、D 所示)。
- 準備對照組：準備市售甲醇乙醇(1：1)當對照組 a，市售甲醇乙醇(3：1)當對照組 b、農改場誘引劑當對照組 c，在田間誘引時同時懸掛這些誘引劑，並與實驗組的 2 種誘引劑比較。
- 將上述 2 種實驗組及對照組誘引劑分別倒入 4 個誘引瓶中，底部加入稀釋洗碗精懸掛。
- 每 1~2 星期到田間以玻璃瓶取回誘引的樣本，計數每個誘引瓶中咖啡果小蠹數量。
- 重複上述 1~7 步驟，進行四重複實驗。

表 4-1 不同甲醇乙醇比例的誘引劑

說明	酵母菌液 (咖啡豆上)		酒麴菌液 (市面販售)		
	甲醇：乙醇=1：1	甲醇：乙醇=3：1	甲醇：乙醇=1：1	甲醇：乙醇=3：1	
實驗組	A.  50%咖啡豆酵母菌液 25%甲醇 25%乙醇	B.  50%咖啡豆酵母菌液 37.5%甲醇 12.5%乙醇	C.  50%咖啡豆酒麴菌液 25%甲醇 25%乙醇	D.  50%咖啡豆酒麴菌液 37.5%甲醇 12.5%乙醇	
對照組	a.50%甲醇+50%乙醇  50%甲醇 50%乙醇			b.75%甲醇+25%乙醇  75%甲醇 25%乙醇	c.100%農改場誘引劑  100%農改場 誘引劑

三、不同成分誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

(一)不添加甲醇乙醇

- 咖啡豆液：把 300 公克的咖啡豆跟 300 公克的水一起放進果汁機裡打碎，變成咖啡豆液，並放於恆溫培養箱中 3 天，等待其自然發酵。
- 三種菌液：用 7.5%的糖水培養茄镰刀菌、咖啡豆酵母菌、市售酒麴菌，並置於恆溫培養箱中培養 7 天，等待其生長。
- 準備對照組：準備市售甲醇乙醇((3：1)當對照組，在田間誘引時同時懸掛此誘引劑，並與自製的 4 種誘引劑進行比較。
- 將上述四種實驗組及對照組誘引劑分別倒入每種 4 個誘引瓶中，誘引器底部加入稀釋

洗碗精，懸掛於咖啡園中(如表 4-2 中 A、B、C、D 所示)。

5.每 1~2 星期到田間以玻璃瓶取回誘引的樣本，計數每個誘引瓶中咖啡果小蠹數量。

6.重複上述 1~5 步驟，進行二重複實驗。



(二)添加甲醇乙醇

A.單一變項誘引劑

1.咖啡豆液：把 300 公克的咖啡豆跟 300 公克的水一起放進果汁機裡打碎，變成咖啡豆液，並放於恆溫培養箱中 3 天，等待其自然發酵。

2.三種菌液：用 7.5%的糖水培養茄镰刀菌、咖啡豆酵母菌、市售酒麴菌，並放於恆溫培養箱中培養 3 天，等待其生長。

3.調製誘引劑：將上述咖啡豆液、茄镰刀菌液、咖啡豆酵母菌液、市售酒麴菌液分別添加甲醇乙醇(3：1)，做成單一變項誘引劑(如表 4-2 中 E、F、G、H 所示)。

4.準備對照組：準備市售甲醇乙醇(3：1)當對照組，在田間誘引時同時懸掛這種誘引劑，並與單一變項的 4 種誘引劑比較。

5.將上述四種實驗組及對照組誘引劑分別倒入每種 4 個誘引瓶中，誘引器底部加入稀釋洗碗精，懸掛於咖啡園中。

6.每 1~2 星期到田間以玻璃瓶取回誘引的樣本，計數每個誘引瓶咖啡果小蠹數量。

7.重複上述 1~6 步驟，進行二重複實驗。

B.兩種變項誘引劑

1.咖啡豆液：把 600 公克的咖啡豆跟 600 公克的水放果汁機裡打碎，變成咖啡豆液備用。

2.二種菌液：用 7.5%的糖水培養咖啡豆酵母菌、市售酒麴菌，並放於恆溫培養箱中培養 3 天，等待其生長。





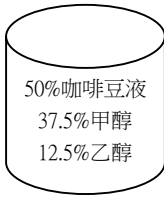
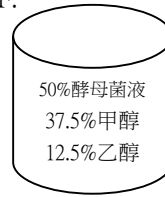
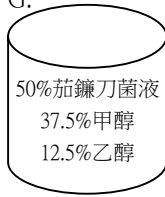
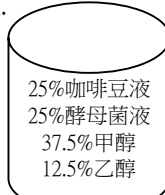
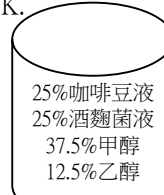
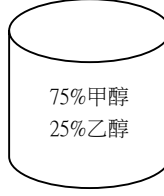
3.混合發酵：將上述咖啡豆液分別加入咖啡豆酵母菌液、市售酒麴菌液，放入恆溫培養箱培養 7 天，等待其發酵。

4.調製誘引劑：將上述發酵後的 2 種液體分別添加甲醇乙醇(3：1)，做成兩種液體誘引劑(如表 4-2 中 I、K 所示)。



- 5.準備對照組：準備市售甲醇乙醇(3：1)當對照組，在田間誘引時同時懸掛這種誘引劑，與兩種液體的 2 種誘引劑比較。
- 6.將上述 2 種實驗組及對照組誘引劑分別倒入每種 4 個誘引瓶中，誘引器底部加入稀釋洗碗精，懸掛於咖啡園中。
- 7.每 1~2 星期到田間以玻璃瓶取回誘引的樣本，計數每個誘引瓶中咖啡果小蠹數量。
- 8.重複上述 1~7 步驟，進行二重複實驗。

表 4-2：不同成分誘引劑

組別	實驗變項		咖啡豆液	酵母菌液 (咖啡豆上)	茄镰刀菌液 (果小蠹身上)	酒麴菌液 (市面販售)
	添加成分					
實驗組	不添加 甲醇乙 醇	單純變項	A. 	B. 	C. 	D. 
		添加 甲醇 乙醇	單一變項 誘引劑	E. 	F. 	G. 
	兩種變項 誘引劑		I. 	J. 茄镰刀菌液+甲 醇乙醇誘引效果 不佳，故不再進 行兩種變項實驗	K. 	
對照組	100% 甲醇 乙醇	75% 甲醇+25% 乙醇 				



100% 咖啡豆液



50% 咖啡豆液+50% 甲醇乙醇液



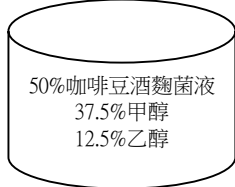
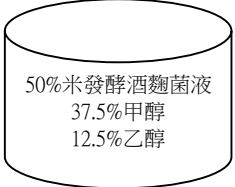
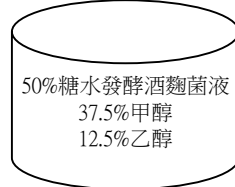
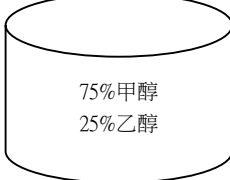
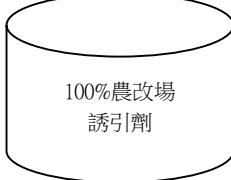
50% 酒麴菌液+50% 甲醇乙醇液

四、酒麴菌在不同物質發酵後對咖啡果小蠹的誘引情形

在野外咖啡園進行不同成分誘引劑實驗時，我們發現酒麴菌誘引劑的效果較其他三者佳(咖啡豆液、咖啡酵母菌液、茄鐮刀菌液)，因此我們想要進一步探究酒麴菌在不同物質發酵後，對咖啡果小蠹的誘引效果是否也會有差異。

1. 咖啡豆液：把 300 公克的咖啡豆跟 300 公克的水放進果汁機打碎，變咖啡豆液備用。
2. 培養菌液：用 7.5% 的糖水培養酒麴菌，並放於恆溫培養箱中培養 3 天，等待其生長。
3. 混合發酵：將培養 3 天的酒麴菌液分別加入咖啡豆液、米飯、糖水中，放入恆溫培養箱培養 7 天，等待其發酵。
4. 調製誘引劑：將上述發酵後的三種液體分別添加甲醇乙醇(3：1)，做成誘引劑。
5. 兩種對照組：準備市售甲醇乙醇(3：1)當對照組 a，農改場果小蠹誘引劑當對照組 b，
在田間誘引時同時懸掛這兩種誘引劑，並與上述的 3 種誘引劑比較。
6. 將上述三種實驗組及兩種對照組誘引劑分別倒入誘引瓶中，底部加入稀釋洗碗精。
7. 每 1~2 星期到田間以玻璃瓶取回誘引的樣本，計數每個誘引瓶中咖啡果小蠹數量。
8. 實驗時正值寒冷 12 月~隔年 2 月，果小蠹數量變少，重複 1~7 步驟，進行七重複實驗。

表 4-3：酒麴菌在不同物質發酵後的誘引劑

誘引劑	咖啡豆酒麴菌	米發酵酒麴菌	糖水發酵酒麴菌
實驗組	A.  50% 咖啡豆酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇	B.  50% 米發酵酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇	C.  50% 糖水發酵酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇
對照組	a. 75% 甲醇 + 25% 乙醇  75% 甲醇 25% 乙醇		b. 100% 農改場誘引劑  100% 農改場 誘引劑



50% 咖啡豆酒麴菌液 + 50% 甲醇乙醇



50% 米發酵酒麴菌液 + 50% 甲醇乙醇



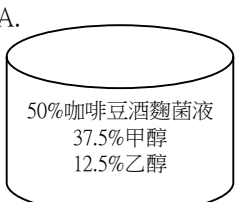
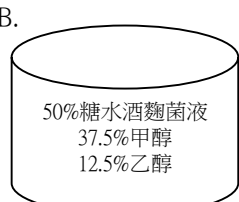
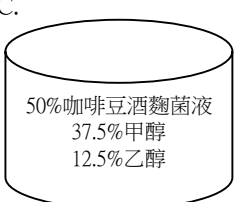
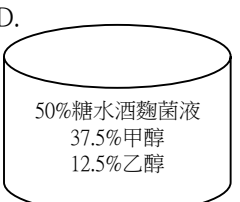

50% 糖水發酵酒麴菌液 + 50% 甲醇乙醇

五、酒麴菌誘引劑在不同海拔下對咖啡果小蠹的誘引情形

為了進一步了解自製酒麴菌誘引劑的效果，我們尋找 600 公尺左右的咖啡園以及 900 公尺左右咖啡園進行研究。

1. 咖啡豆液：把 300 公克咖啡豆跟 300 公克的水放進果汁機裡打碎，變成咖啡豆液備用。
2. 培養菌液：用 7.5% 的糖水培養酒麴菌，並放於恆溫培養箱中培養 3 天，等待其生長。
3. 混合發酵：培養 3 天酒麴菌液分別加入糖水、咖啡豆中，放入恆溫培養箱培養 7 天。
4. 調製誘引劑：將上述發酵後的兩種液體分別添加甲醇乙醇(3：1)，做成誘引劑。
5. 準備對照組：準備農改場果小蠹誘引劑當對照組，在田間誘引時同時懸掛對照組誘引劑，並與上述的 2 種誘引劑比較。
6. 將上述 2 種實驗組及對照組誘引劑分別倒入誘引瓶中，誘引器底部加入稀釋洗碗精，分別懸掛於 600 公尺海拔及 900 公尺海拔的咖啡園中。
7. 每 1~2 星期到田間以玻璃瓶取回誘引的樣本，計數每個誘引瓶中咖啡果小蠹數量。
8. 重複上述 1~7 步驟，進行四重複實驗。

表 4-4：酒麴菌誘引劑放置於不同海拔咖啡園

組別	600 公尺海拔咖啡園		900 公尺海拔咖啡園	
說明				
誘引劑	咖啡豆酒麴菌	糖水酒麴菌	咖啡豆酒麴菌	糖水酒麴菌
實驗組	A.  50% 咖啡豆酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇	B.  50% 糖水酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇	C.  50% 咖啡豆酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇	D.  50% 糖水酒麴菌液 37.5% 甲醇 12.5% 乙醇
對照組	100% 農改場誘引劑  100% 農改場 誘引劑			

六、酒麴菌誘引劑在不同溫度下對咖啡果小蠹的誘引情形

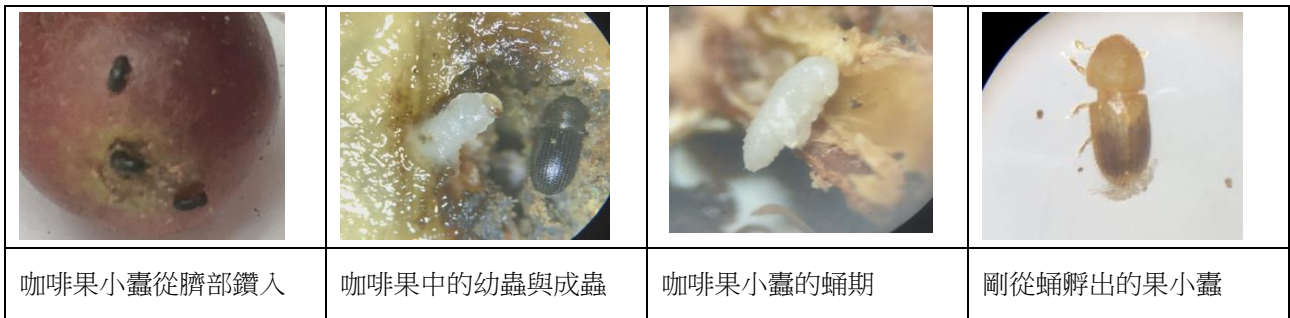
將上述酒麴菌誘引劑與對照組的誘引結果加入實驗時的溫度數據，了解不同月份及不同溫度下酒麴菌誘引劑的效果。

伍、研究結果

一、咖啡果小蠹外型呈暗褐色到黑色之間，帶有光澤，背有剛毛，體長約 1.6mm

(一)解剖咖啡果的情形

我們解剖了新鮮咖啡豆以及乾燥咖啡豆，仔細觀察被蛀蝕的咖啡豆，發現雌蟲多從咖啡臍部鑽小圓孔進入果實內部。仔細觀察咖啡果內部，發現豆中有幼蟲、蛹、成蟲等不同齡期，有時一顆咖啡果上可以找到 20~30 隻不同齡期的咖啡果小蠹，將咖啡果蛀食的十分嚴重，造成果實滿佈蛀孔，使咖啡豆無法成為商品的情形。

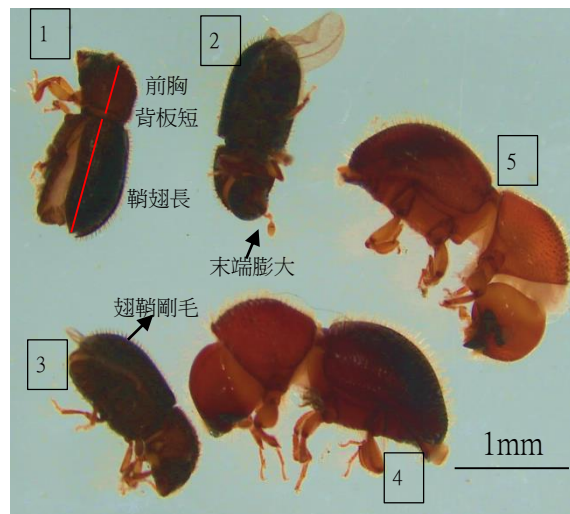


(二)咖啡果小蠹的身體特徵

放置誘引劑實驗收回來後，我們發現誘引到多樣生物，例如螞蟻、飛蛾、蚱蜢、蜘蛛、甲蟲等等，其中大部分誘引到蠹蟲。因為野外有多種蠹蟲，我們想確認誘引的是咖啡果小蠹，還是其他的蠹蟲，所以我們閱讀資料及昆蟲專家請益後，將咖啡果小蠹的特徵以圖片標示，並在計數有疑惑時，以解剖顯微鏡及圖片進一步確認。圖 5-1 中編號 1~3 為咖啡果小蠹，4~5 為其他蠹蟲，咖啡果小蠹與其他蠹蟲的身體特徵如下：

1~3：咖啡果小蠹

1. 長度：1.62±0.06mm
2. 整體呈圓柱形
3. 外表呈暗褐色到黑色之間
4. 背部殼帶有光澤
5. 翅鞘邊明顯有粗短的剛毛
6. 前胸背板比鞘翅短
7. 觸角末端明顯膨大



4~5：其他蠹蟲

1. 體型大
2. 整體成圓胖型
3. 外表為紅褐色
4. 背部殼帶有光澤
5. 背部剛毛較細長
6. 前胸背板差異不大
7. 觸角末端不明顯

圖 5-1：咖啡果小蠹與其他蠹蟲的身體特徵

二、在氣味盒實驗中，酒麴菌發酵液吸引到較多咖啡果小蠹

(一)Y 型管實驗

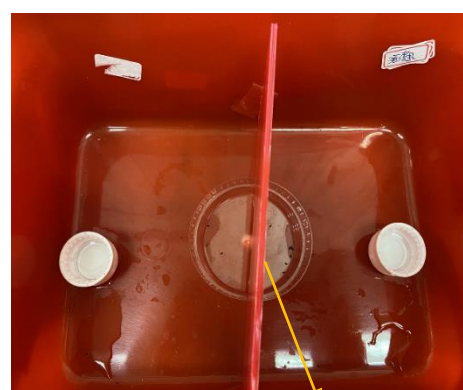
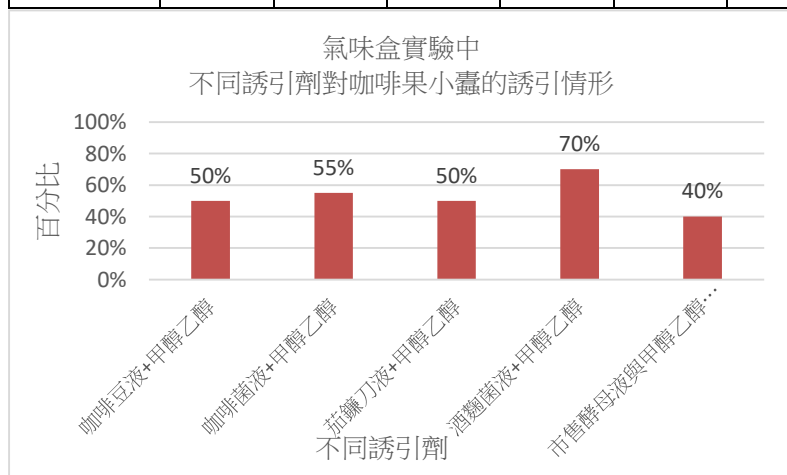
我們設計 Y 型管實驗要讓咖啡果小蠹進行氣味選擇，24 小時後發現 10 個 Y 型管中有 2~3 隻咖啡果小蠹死亡，其餘的停留在原點不動。經過討論後，我們認為 Y 型管空間過小，加上三個出口都被棉花塞住，通風不佳，造成誘引劑氣味強烈，因此咖啡果小蠹無法順利選擇，所以我們改用氣味盒進行實驗。

(二)氣味盒實驗

表 5-2-1 結果顯示，在氣味盒 1 及氣味盒 3 的實驗組與對照組中咖啡果小蠹的選擇都是 50%：50%；在氣味盒 2 實驗組與對照組中咖啡果小蠹的選擇是 55%：45%；在氣味盒 4 實驗組與對照組中咖啡果小蠹的選擇是 70%：30%；在氣味盒 5 實驗組與對照組中咖啡果小蠹的選擇是 40%：60%，五個結果顯示咖啡果小蠹選擇酒麴菌誘引劑比例較高。

表 5-2-1 不同誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

名稱	氣味盒 1		氣味盒 2		氣味盒 3		氣味盒 4		氣味盒 5	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組
菌液成分	咖啡豆液+甲醇乙醇	糖水+甲醇乙醇	咖啡菌液+甲醇乙醇	糖水+甲醇乙醇	茄鎌刀液+甲醇乙醇	糖水+甲醇乙醇	酒麴菌液+甲醇乙醇	糖水+甲醇乙醇	市酵母液+甲醇乙醇	糖水+甲醇乙醇
第一次	5	5	6	4	5	5	6	4	4	6
第二次	5	5	5	5	5	5	8	2	4	6
合計	10	10	10	10	11	9	14	6	8	12
百分比	50%	50%	55%	45%	50%	50%	70%	30%	40%	60%



8 隻咖啡果小蠹移動至右邊酒麴菌誘引劑

圖 5-2-1 氣味盒實驗中不同誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

三、在不同顏色誘引瓶中，紅色誘引瓶抓到較多咖啡果小蠹

表 5-3-1 顯示，紅色咖啡酒麴菌液+甲醇乙醇誘引瓶平均誘引了 14.94 隻咖啡果小蠹；透明咖啡酒麴菌液+甲醇乙醇誘引瓶平均誘引了 11.25 隻咖啡果小蠹；紅色市售甲醇乙醇誘引瓶平均誘引了 5.5 隻咖啡果小蠹；透明市售甲醇乙醇誘引瓶平均誘引了 8.69 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑誘引瓶平均誘引了 26.69 隻咖啡果小蠹。

表 5-3-1 不同誘引劑不同顏色誘引瓶對咖啡果小蠹的誘引情形

組別	咖啡豆酒麴菌液+甲醇:乙醇(1:1)		市售甲醇乙醇(1:1)		農改場誘引劑
	紅色瓶	透明瓶	紅色瓶	透明瓶	
第一次	34	10	4	10	118
第二次	38	13	12	8	102
第三次	69	54	35	33	147
第四次	98	100	37	88	160
合計	239	180	88	139	427
平均(N=16)	14.94	11.25	5.5	8.69	26.69

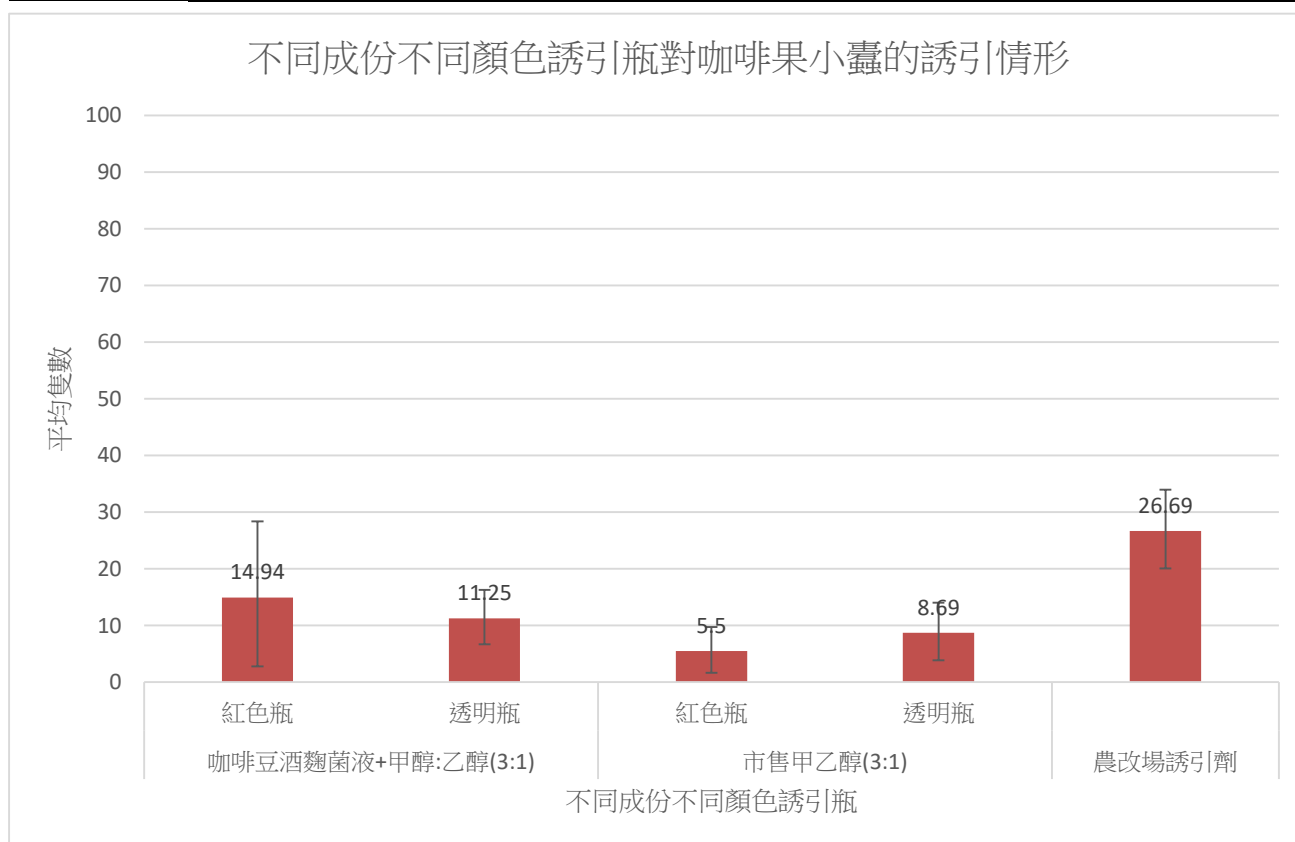


圖 5-3-1 不同成份不同顏色誘引瓶對咖啡果小蠹的誘引情形

四、相同成分菌液添加甲醇乙醇(3:1)的誘引效果較佳

表 5-4-1 顯示，咖啡酵母菌液+甲醇乙醇(1:1)誘引劑平均誘引了 2.19 隻咖啡果小蠹；咖啡酵母菌液+甲醇乙醇(3:1)誘引劑平均誘引了 4.06 隻咖啡果小蠹；咖啡酒麴菌液+甲醇乙醇(1:1)誘引劑平均誘引了 13.6 隻咖啡果小蠹；咖啡酒麴菌液+甲醇乙醇(3:1)誘引劑平均誘引了 17.56 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇(1:1)誘引劑平均誘引了 5.50 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇(3:1)誘引劑平均誘引 2.88 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引 3.88 隻咖啡果小蠹。

表 5-4-1 不同甲醇乙醇比例誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

組別	咖啡豆酵母菌液		咖啡豆酒麴菌液		市售甲醇乙醇		農改場誘引液
	甲醇乙醇=1:1	甲醇乙醇=3:1	甲醇乙醇=1:1	甲醇乙醇=3:1	甲醇乙醇=1:1	甲醇乙醇=3:1	
第一次	5	11	20	37	1	5	13
第二次	20	25	59	98	13	41	27
第三次	4	23	72	87	17	9	31
第四次	6	6	67	59	15	7	17
合計	35	65	218	281	46	62	88
平均(N=16)	2.19	4.06	13.63	17.56	5.50	2.88	3.88

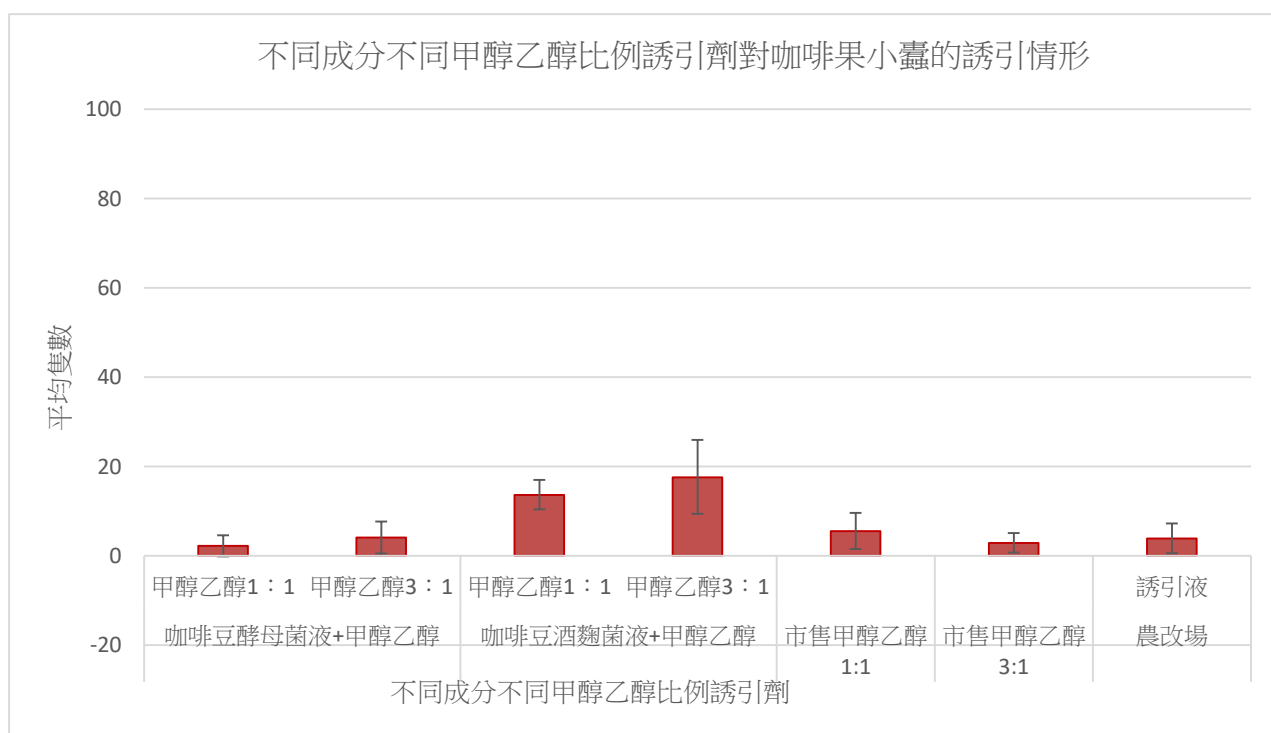


圖 5-4-1 不同成份不同甲醇乙醇比例誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

五、單純酒麴菌液、單一液體酒麴菌液、兩種液體酒麴菌液皆可誘引到較多的咖啡果小蠹

在咖啡園中進行不同成分誘引劑對咖啡果小蠹的誘引實驗中，不管是單純酒麴菌、單一液體酒麴菌液、兩種液體酒麴菌液都有較佳的誘引效果。

(一)單純液體

表 5-5-1 顯示，咖啡豆液誘引了 0 隻咖啡果小蠹；咖啡酵母菌液誘引了 7 隻咖啡果小蠹；茄鎌刀菌液誘引了 1 隻咖啡果小蠹；酒麴菌液誘引了 8 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇誘引了 4 隻咖啡果小蠹。

表 5-5-1 不同液體誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

菌液成份	咖啡豆液	咖啡酵母菌液	茄鎌刀菌液	酒麴菌液	市售甲醇乙醇
第一次	0	6	1	6	4
第二次	0	1	0	2	0
合計	0	7	1	8	4

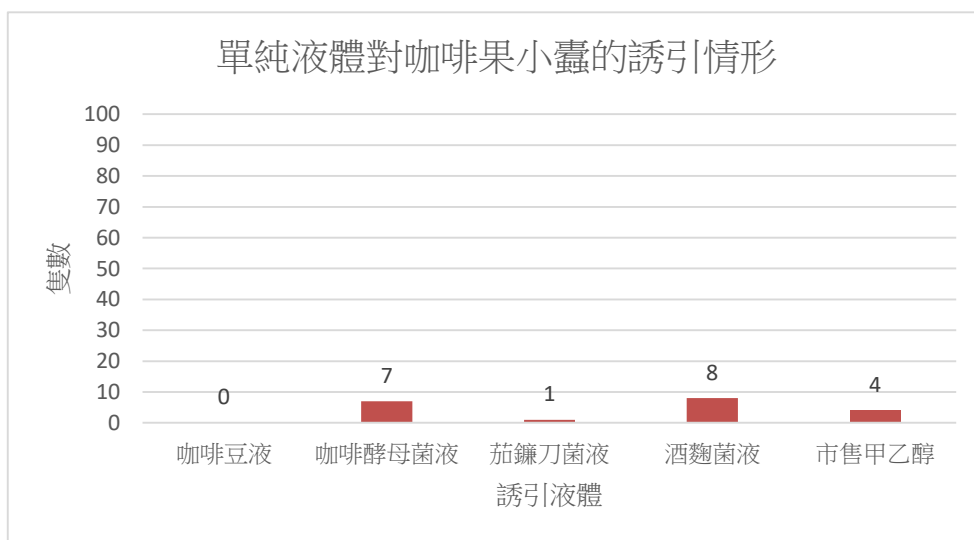


圖 5-5-1 單純液體對咖啡果小蠹的誘引情形

(二)添加 50%甲醇乙醇

A.單一變項誘引劑

表 5-5-2 顯示，50%咖啡豆液+50%甲醇乙醇誘引了 2 隻咖啡果小蠹；50%咖啡酵母菌液+50%甲醇乙醇誘引了 9 隻咖啡果小蠹；50%茄鎌刀菌液+50%甲醇乙醇誘引了 1 隻咖啡果小蠹。

蠹；50%酒麴菌液+50%甲醇乙醇誘引了 20 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇誘引了 4 隻咖啡果小蠹。

表 5-5-2 單一變項誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

菌液成份	50%咖啡豆液+50%甲醇乙醇	50%咖啡酵母菌液+50%甲醇乙醇	50%茄鎌刀菌液+50%甲醇乙醇	50%酒麴菌液+50%甲醇乙醇	市售甲醇乙醇
第一次	1	5	0	1	0
第二次	1	4	1	19	4
合計	2	9	1	20	4

B.兩種變項誘引劑

表 5-5-3 顯示，50%咖啡豆酵母菌液+50%甲醇乙醇誘引了 34 隻咖啡果小蠹；50%咖啡豆酒麴菌液+50%甲醇乙醇誘引了 91 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇誘引了 13 隻咖啡果小蠹。

表 5-5-3 兩種變項誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

菌液成份	50%咖啡豆酵母菌液+50%甲醇乙醇	50%咖啡豆酒麴菌液+50%甲醇乙醇	市售甲醇乙醇
第一次	20	44	6
第二次	14	47	7
合計	34	91	13

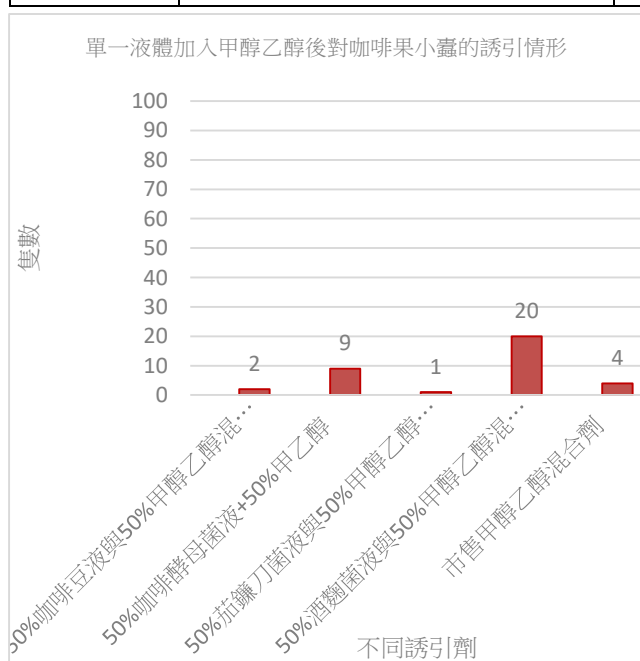


圖 5-5-2 單一液體誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

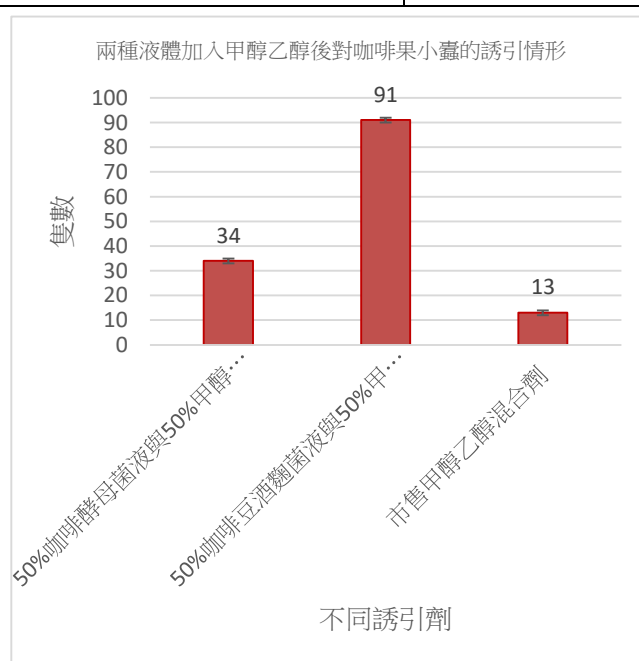


圖 5-5-3 兩種液體誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

六、單純糖水發酵的酒麴菌液誘引劑對咖啡果小蠹的誘引效果較佳

表 5-6-1 顯示，咖啡豆酒麴液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 1.54 隻咖啡果小蠹；米發酵酒麴菌液+甲醇乙醇(3:1)誘引劑平均誘引了 0.75 隻咖啡果小蠹；糖水酒麴菌液+甲醇乙醇(3:1)誘引劑平均誘引了 2.25 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇(3:1)誘引劑平均誘引了 1.39 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 6.07 隻咖啡果小蠹。

表 5-6-1 酒麴菌在不同物質發酵後的誘引劑後咖啡果小蠹的誘引情形

菌液成份	咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)	米發酵酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)	糖水酒麴菌液+甲醇乙醇(3:1)	市售甲醇乙醇(3:1)	農改場誘引劑
第一次	0	0	0	0	0
第二次	8	2	8	1	21
第三次	7	4	10	4	45
第四次	17	12	19	12	68
第五次	3	0	2	5	6
第六次	0	1	2	1	13
第七次	8	2	22	16	17
合計	43	21	63	39	170
平均(N=28)	1.54	0.75	2.25	1.39	6.07

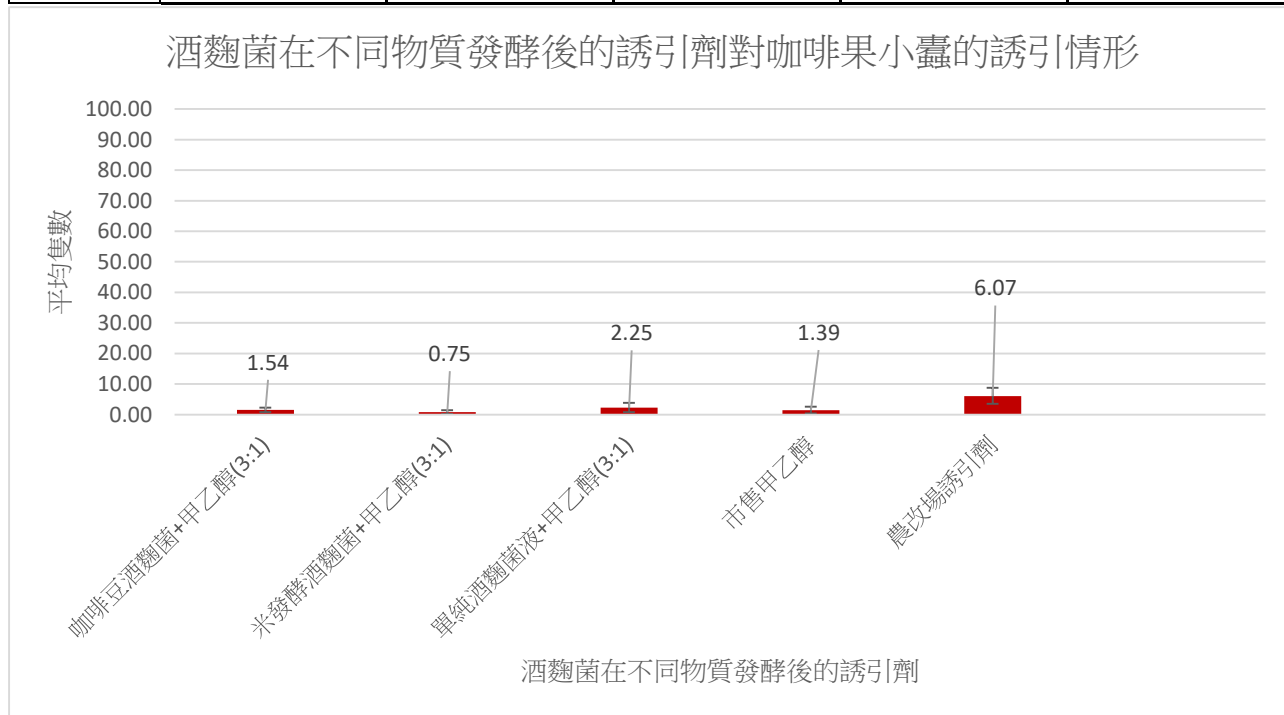


圖 5-6-1 酒麴菌在不同物質發酵後的誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

七、同一誘引劑在海拔愈低時誘引效果愈佳

表 5-7-1 顯示，在 600 公尺咖啡園咖啡豆酒麴液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引 27.35 隻咖啡果小蠹；糖水酒麴菌液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 63.25 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引 96.05 隻咖啡果小蠹。在 900 公尺咖啡園中，咖啡豆酒麴液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 2.6 隻咖啡果小蠹；糖水酒麴菌液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引 3.95 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 20.05 隻咖啡果小蠹。

表 5-7-1 相同誘引劑在不同區域中對咖啡果小蠹的誘引情形

組別	600 公尺 咖啡園			900 公尺 咖啡園		
	咖啡豆酒麴菌+ 甲醇乙醇(3:1)	糖水酒麴菌+ 甲醇乙醇(3:1)	農改場誘引劑	咖啡豆酒麴菌+ 甲醇乙醇 (3:1)	糖水酒麴菌+ 甲醇乙醇(3:1)	農改場誘引劑
12 月	44	124	407	2	2	0
1 月	99	135	386	2	1	87
2 月	125	289	386	3	4	50
3 月	137	266	200	7	9	51
4 月	142	451	542	38	63	213
合計	547	1265	1921	52	79	401
平均 (N=20)	27.35	63.25	96.05	2.6	3.95	20.05

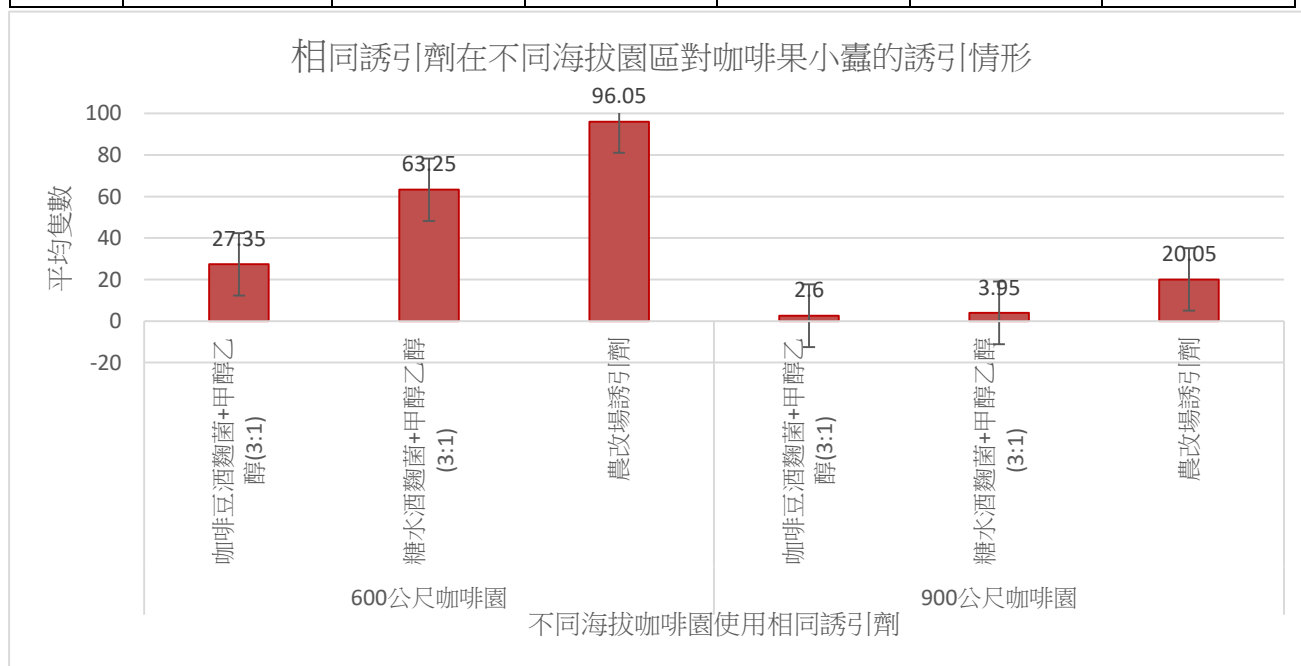


圖 5-7-1 相同誘引劑在不同海拔咖啡園中對咖啡果小蠹的誘引情形

八、酒麴菌誘引劑受溫度影響而產生不同誘引效果

表 5-8-1 顯示，在 10 月平均溫度高於 20°C 下，咖啡豆酒麴液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 17.56 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 3.88 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 5.50 隻咖啡果小蠹。在 11 月平均溫度低於 20°C 下，咖啡豆酒麴液+甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 14.94 隻咖啡果小蠹；市售甲醇乙醇(3：1)誘引劑平均誘引了 5.50 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 26.69 隻咖啡果小蠹。

表 5-8-1 10 月及 11 月不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

時間	咖啡豆酒麴菌 +甲醇乙醇(3:1)		市售甲醇乙醇 (3:1)		農改場誘引液		平均溫度
	總計	平均	總計	平均	總計	平均	
9 月 29 日	37	9.25	5	1.25	13	3.25	21.53
10 月 06 日	98	24.5	41	10.25	27	6.75	22.14
10 月 13 日	87	21.75	9	2.25	31	7.75	22.11
10 月 20 日	59	14.75	7	1.75	17	4.25	19.54
合計	281		62		88		85.32
平均(N=16)	17.56		3.88		5.50		21.33
11 月 10 日	34	8.5	4	1	118	29.5	17.64
11 月 17 日	38	9.5	12	3	102	25.5	15.24
11 月 24 日	69	17.25	35	8.75	147	36.75	16.44
12 月 01 日	98	24.5	37	9.25	60	15	16.03
合計	239		88		427		65.35
平均(N=16)	14.94		5.50		26.69		16.34

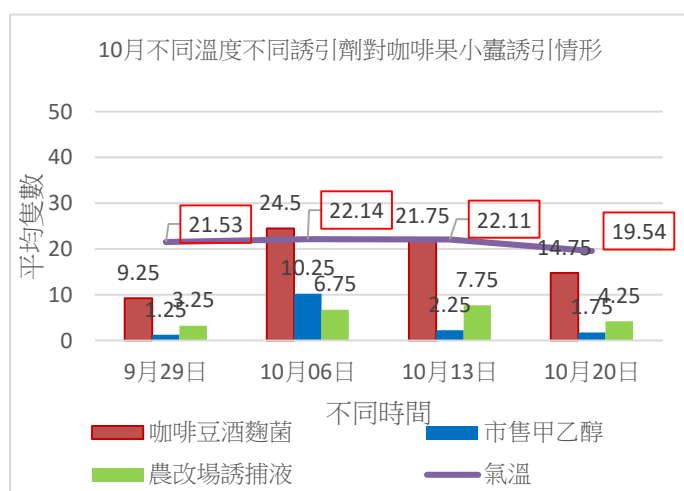


圖 5-8-1 10 月不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹誘引情形

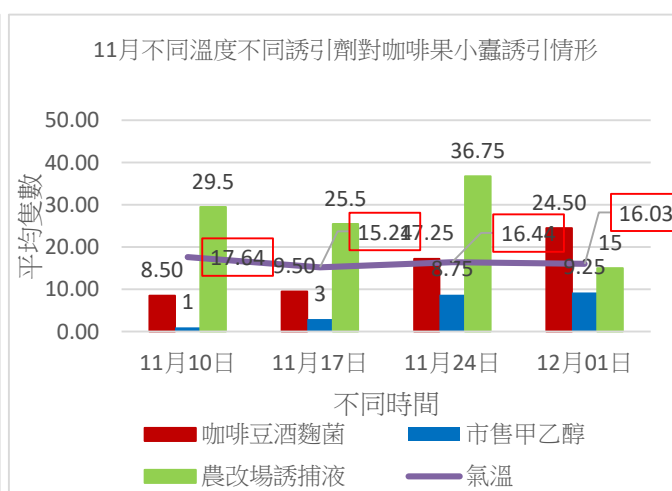


圖 5-8-2 11 月不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹誘引情形

九、隨著溫度升高，酒麴菌誘引劑誘引到更多咖啡果小蠹

表 5-9-1 顯示，在 12 月平均溫度 17.8°C 下，實驗組一誘引劑平均誘引了 11 隻咖啡果小蠹；實驗組二平均誘引了 31.00 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 76.75 隻咖啡果小蠹。在 1 月平均溫度 18.2°C 下，實驗組一誘引劑平均誘引了 24.75 隻咖啡果小蠹；實驗組二平均誘引了 33.75 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 96.5 隻咖啡果小蠹。在 2 月平均溫度 19.1°C 下，實驗組一誘引劑平均誘引了 31.25 隻咖啡果小蠹；實驗組二平均誘引了 72.25 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 96.5 隻咖啡果小蠹。在 3 月平均溫度 21.2°C 下，實驗組一誘引劑平均誘引了 34.25 隻咖啡果小蠹；實驗組二平均誘引了 66.5 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 50.00 隻咖啡果小蠹。在 4 月平均溫度 23.5°C 下，實驗組一誘引劑平均誘引了 35.50 隻咖啡果小蠹；實驗組二平均誘引了 112.75 隻咖啡果小蠹；農改場誘引劑平均誘引了 135.5 隻咖啡果小蠹。

表 5-9-1 不同月份不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

組別	實驗組一		實驗組二		對照組		平均溫度
	咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)		糖水酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)		農改場誘引劑		
12 月	44	11	124	31.00	307	76.75	17.8
1 月	99	24.75	135	33.75	386	96.5	18.2
2 月	125	31.25	289	72.25	386	96.5	19.1
3 月	137	34.25	266	66.5	200	50.00	21.2
4 月	142	35.50	451	112.75	542	135.50	23.5
合計	547		1265		1921		
平均(N=20)	27.35		63.25		96.05		

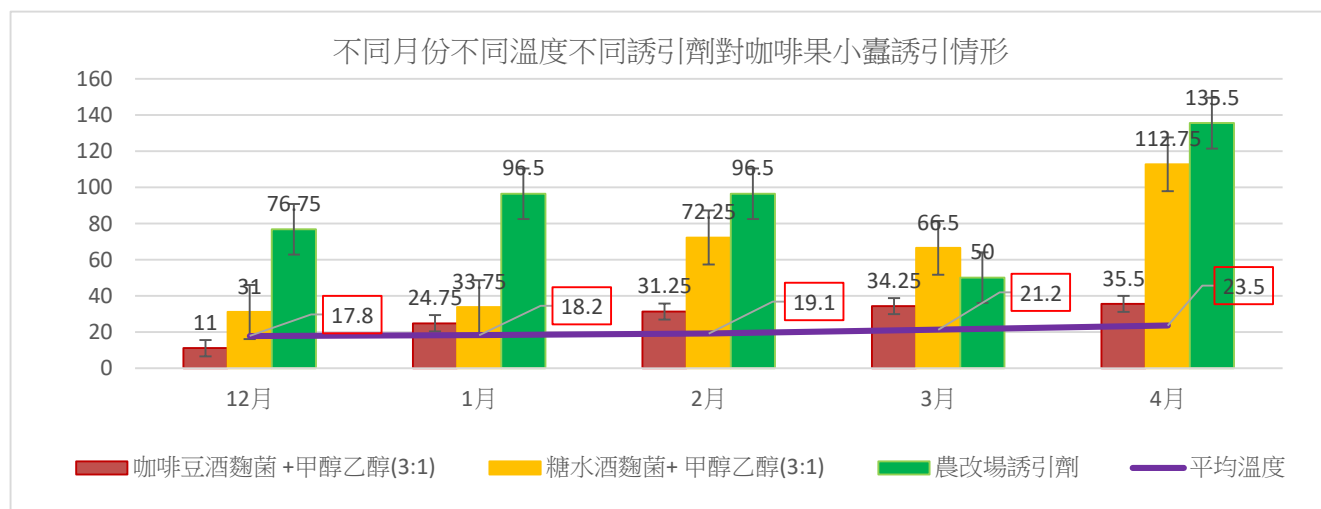


圖 5-9-1 不同月份不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹誘引情形

陸、討論

咖啡果小蠹生活史均躲藏在咖啡果實內，牠可以行有性生殖，也可以孤雌生殖，加上熱帶地區氣溫條件適宜，造成它一年可以高達 8 次繁殖週期，因此防治困難。林明瑩(2015)研究中提出培丹及陶斯松達在蟲體上直接噴施藥液可達到 100%死亡率，但是由於咖啡果小蠹幾乎躲在果實內，因此此害蟲不會死亡，無法達到防治的目的。本研究透過自製誘引瓶、調配不同誘引劑、進行不同海拔園區實驗，進一步探討咖啡果小蠹防治的可能性。

一、紅色誘引瓶與透明誘引瓶對咖啡果小蠹的誘引差異

實驗一研究發現相同成分誘引劑中，紅色誘引瓶較透明誘引瓶抓到更多咖啡果小蠹，這個結果與 Dufour and Frerot 在 2008 年的研究(引自林明瑩等，2015)相符。昆蟲對特定光色具有趨光性，透過不同顏色誘引裝置可吸引害蟲接近誘引物，達到捕捉誘殺效果。經由本研究可以推論咖啡果小蠹易受紅色(波長 620 - 750 nm，頻率 400 - 484 THz)吸引。

二、添加甲醇乙醇(1:1)與甲醇乙醇(3:1)的誘引效果不同

實驗二比較自製咖啡豆酒麴菌誘引劑添加甲醇乙醇(1:1)或甲醇乙醇(3:1)的誘引效果時，**發現自製咖啡豆酒麴菌誘引劑添加 3 : 1 甲醇乙醇的誘引效果較佳，咖啡豆酒麴菌誘引劑平均誘引 17.56 隻，是市售甲醇乙醇(2.88 隻)的 6.10 倍，農改場誘引劑(3.88 隻)的 4.53 倍**，這與 Dufour and Frerot 在 2008 年的研究中認為甲醇乙醇(1:1)最具誘引力(引自林明瑩等，2015)的結果不符，推究其原因應該是將咖啡豆液與酒麴菌液混合加入後，使得添加 3 : 1 甲醇乙醇的誘引效果更加突顯。

三、四種自製誘引劑誘引效果的差異

經由實驗三中發現不管是單純的誘引劑(咖啡豆液、咖啡酵母菌液、茄镰刀菌液、酒麴菌液)，添加 50%甲醇乙醇的單一變項誘引劑((咖啡豆液+甲醇乙醇、咖啡酵母菌液+甲醇乙醇、茄镰刀菌液+甲醇乙醇、酒麴菌液+甲醇乙醇)，還是兩個變項誘引劑(咖啡豆酵母菌液+甲醇乙醇、咖啡豆酒麴菌液+甲醇乙醇)，都是以添加酒麴菌液誘引劑的效果較其他誘引劑佳，這結果與咖啡果小蠹易受酒精吸引相符。未來酒麴菌酒精氣味濃度與咖啡果小蠹防治相關性，有待進一步研究驗證。

四、自製誘引劑吸引咖啡果小蠹與其他蠹蟲的情形

在進行不同誘引劑在咖啡園誘引實驗中，我們發現偶爾會出現體型較大的蠹蟲，經由文獻比對及專家請益後，我們確認它不是咖啡果小蠹。我們也發現自製的咖啡豆誘引劑、咖啡酵母菌誘引劑、咖啡豆酒麴菌誘引劑都會誘引到其他蠹蟲，但是市售甲醇乙醇或是農改場誘引劑則不會。推測原因應該是自製



咖啡果小蠹與其他蠹蟲

誘引劑添加了咖啡豆液，間接也吸引了其他蠹蟲。**自製咖啡豆酒麴菌誘引劑不但能吸引 95% 以上的咖啡果小蠹，也能吸引園間其他蠹蟲**，真是一舉數得。

五、同一種成分的誘引劑在不同海拔園區進行誘引時的差異

在實驗四中我們發現同一成分誘引劑在 600 公尺咖啡園及 900 公尺咖啡園有不同誘引效果，例如糖水酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)誘引劑在 600 公尺咖啡園誘引的平均隻數是 63.25 隻，而在 900 公尺咖啡園誘引的平均隻數是 3.95 隻；農改場誘引劑在 600 公尺咖啡園誘引的平均隻數是 96.05 隻，而在 900 公尺咖啡園誘引的平均隻數是 20.05 隻。這結果與咖啡果小蠹生活習性有關。咖啡果小蠹偏好溫暖潮濕的熱帶環境，在低於 20°C 和 90 % RH 的濕度下，其出現機率較低 (Baker et al., 1992)，而其存活限界溫度在 15-32°C 之間 (Jaramillo et al., 2009)。我們查閱實驗時 600 公尺咖啡園的溫度介於 17°C~23°C 之間，而 900 公尺咖啡園的溫度介於 15°C~21°C 之間，因此咖啡果小蠹在 600 公尺咖啡園的活動力較佳，相對誘引隻數也較多。

六、酒麴菌在不同溶液發酵後的誘引差異

實驗四、實驗五顯示從 12 月至隔年 4 月，咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)平均誘引了 27.35 隻咖啡果小蠹，糖水酒麴菌+甲醇乙醇(3:1) 平均誘引了 63.25 隻咖啡果小蠹，農改場誘引劑平均誘引了 96.05 隻，由糖水發酵的酒麴菌誘引劑誘引隻數是由咖啡豆液發酵的 2.31 倍，農改場的 0.66 倍。推測糖水酒麴菌誘引劑比咖啡豆液酒麴菌誘引效果較好的原因在於單純的糖水比咖啡豆液更容易利用，可以讓酒麴菌快速增生，進而提升誘引劑中的酒精氣味。

七、酒麴菌誘引劑在不同溫度下誘引的差異

比較 10 月與 11 月不同溫度下咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)的誘引效果，發現溫度高於 20°C 時咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)誘引劑的平均誘引隻數是 17.56 隻，市售甲醇乙醇的平均誘引隻數是 3.88 隻，農改場誘引劑的平均誘引隻數是 5.50 隻，**自製咖啡豆酒麴菌液誘引效果是市**

售甲醇及農改場誘引劑的 3~5 倍。溫度低於 20°C 時咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)誘引劑的平均誘引隻數是 14.94 隻，市售甲醇乙醇的平均誘引隻數是 5.50 隻，農改場誘引劑的平均誘引隻數是 26.69 隻。比較 12 月至隔年 4 月不同溫度下，咖啡豆酒麴菌+甲醇乙醇(3:1) 平均誘引隻數是 27.35 隻，糖水酒麴菌+甲醇乙醇(3:1)平均誘引隻數是 63.25 隻，農改場誘引劑平均誘引隻數是 96.05 隻。查閱酒麴菌的資料時發現，溫度 20°C~30°C 之間較能發揮效用，因此自製咖豆酒麴菌誘引劑未來可以放在較溫暖的咖啡園，相信更能發揮其效益。

柒、結論

近年來咖啡成為受歡迎的飲品，然而咖啡果小蠹的危害，使得咖啡產量銳減。本研究以自製誘引劑方式進行咖啡果小蠹的防治，實驗結果發現自製酒麴菌誘引劑可以達到一定的防治效果，以下為我們的實驗結論：

- 一、以肉眼判斷咖啡果小蠹與其他蠹蟲的差異時，主要在於咖啡果小蠹較一般蠹蟲小，體長約 1.6mm 外型呈暗褐色到黑色之間，帶有光澤，背有剛毛。
- 二、紅色誘引瓶抓到較多咖啡果小蠹，推論此蟲易受紅色(波長 620 - 750 nm，頻率 400 - 484 THz)吸引。
- 三、相同成分發酵液添加 3：1 甲醇乙醇或 1：1 甲醇乙醇混合成誘引劑時，以添加 3：1 甲醇乙醇的誘引劑效果較佳。
- 四、野外咖啡園實驗時，咖啡果小蠹與其他蠹蟲會受自製誘引劑吸引，其中自製誘引劑有效吸引咖啡果小蠹的比例達 95%以上。
- 五、單純酒麴菌液、單一變項酒麴菌液、兩種變項酒麴菌液皆可誘引到較多的咖啡果小蠹。
- 六、比較不同物質發酵後製成的誘引劑效果，糖水酒麴菌+3：1 甲醇乙醇 > 咖啡豆液酒麴菌 +3：1 甲醇乙醇 > 米發酵酒麴菌+3：1 甲醇乙醇。
- 七、同一種成分的誘引劑在海拔愈低時誘引效果愈佳，這與咖啡果小蠹喜愛溫暖潮，低海拔活動力較佳有關。
- 八、酒麴菌誘引劑受溫度影響而產生不同誘引效果，10 月及 11 月自製咖啡豆酒麴菌誘引劑在氣溫 20°C 以上時誘引效果是市售甲醇及農改場誘引劑 3~5 倍。12 月至隔年 4 月，糖水發酵的酒麴菌誘引劑誘引隻數是由咖啡豆液發酵的 2.31 倍，農改場的 0.66 倍，隨

著氣溫升高，糖水酒麴菌液引劑誘引效果逐漸(由 12 月的平均 31.00 隻提升至 4 月的 112.75 隻，提升了 3.64 倍。

九、添加酒麴菌發酵的自製誘引劑誘引效果較文獻建議的單純甲醇乙醇誘引效果更好，亦即糖水酒麴菌+甲醇以醇(3：1)>咖啡豆液酒麴菌+甲醇以醇(3：1)>單純甲醇乙醇(3：1)。

未來展望

近年來咖啡果小蠹的危害持續擴大，化學藥劑防治也無法根本解決此問題。本研究透過自製誘引劑的方式誘捕咖啡果小蠹，了解咖啡果小蠹的身體特徵及生活史外，也發現**自製糖水酒麴+甲醇乙醇(3:1)誘引劑或咖啡豆酒麴+甲醇乙醇(3:1)誘引劑在不同溫度、不同海拔的咖園園，其誘引效果皆比文獻建議的 1：1 市售甲醇乙醇誘引效果佳**。未來應用上可以搭配農改場誘引劑，提升咖啡果小蠹誘捕效果，逐漸降低咖啡果小蠹的危害。

參考資料

- 王泰權、梁鈺平(2019)。咖啡果小蠹發生生態與綜合防治策略簡介。農試所技服季刊 119:7-10。
<http://azai.tari.gov.tw/AIsearch/datasheet.html?id=173>
- 林明瑩、吳雅芳、陳昇寬(2010)。咖啡果小蠹之監測及田間誘殺試驗。臺南區農業改良場研究彙報 56: 35-44。
- 林明瑩、陳寬昇(2009)。咖啡的重要害蟲-咖啡果小蠹。台南區農業專訊 69 期，2009.09，PP.15-17。
- 林明瑩、陳昇寬(2015)。咖啡果小蠹之防治藥劑研究。臺南區農業改良場研究彙報 65：38-44。
<http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/10719/2/30-3-2.pdf>
- 金建成、林世珍、許智逸(2020)。益生菌或抑生菌~探討茄镰刀菌影響咖啡果小蠹生長的情形。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 張淑芬、張哲瑋、倪蕙芳、陳甘澍(2019)。咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所。
- 羅品勛、劉子妍、曾冠翔(2021)。談「酵」「風」生~探討酵母菌影響咖啡風味的情形。南投縣第 61 屆中小學科學展覽會作品說明書。

【評語】 032905

實驗設計完整，值得鼓勵。本作品自製對咖啡果小蠹的誘引劑，探討瓶色、甲醇乙醇比例、成分、海拔與溫度等對野外咖啡果小蠹的誘引計量的影響。本作品的研究主題頗具趣味、實驗設計的科學適切性佳、實驗數據展示及寫作表達能力優、成果有實用價值。另實驗結果自製的蠹蟲誘捕劑對與咖啡果小蠹具有專一性的吸引，不會誘捕其他的昆蟲，實為不易。

作品簡報

蠹絕引酒

~探討自製誘引劑對咖啡果小蠹的誘引情形

國中組 生活與應用科學科(二)

動機與目的

化學
藥劑

- 咖啡果小蠹特性
- 藥劑效果限制

現有
誘引劑

- 市售甲醇乙醇
- 農改場誘引劑

本實驗
誘引劑

- 不同菌種發酵
- 不同成分比例



咖啡果小蠹蛀食咖啡果
造成咖啡果損害30%~60%以上

誘引劑
菌種

誘引劑
比例

誘引劑
時間

生物
農藥



自製誘引劑懸掛咖啡園

流程與方法

一、前置實驗

咖啡果小蠹
體表特徵



培養不
同菌液



調配
誘引劑

50%菌液
25%甲醇
25%乙醇

二、實驗室實驗

Y形管實驗



氣味盒實驗



三、野外咖啡園實驗

不同顏色
誘引瓶



不同甲醇
乙醇比例



不同成分
誘引劑

25%咖啡豆液
25%酒麴菌液
37.5%甲醇
12.5%乙醇

不同條件
酒麴菌
誘引效果



流程與方法

一、不同甲醇乙醇比例

(一) 甲醇：乙醇=1：1

V.S.

(二) 甲醇：乙醇=3：1

自製發酵液+甲醇乙醇

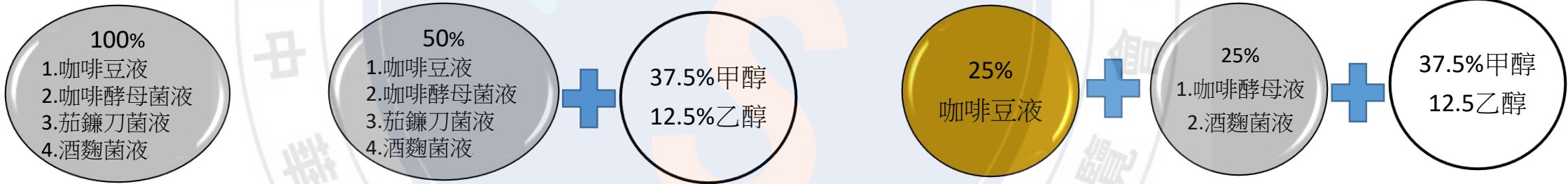


二、不同成份誘引劑

(一) 單一發酵液

→ (二) 50% 發酵菌液+50% 甲醇乙醇

→ (三) 50% 咖啡豆發酵菌液+50% 甲醇乙醇



三、發酵酒麴菌

(一) 咖啡豆發酵

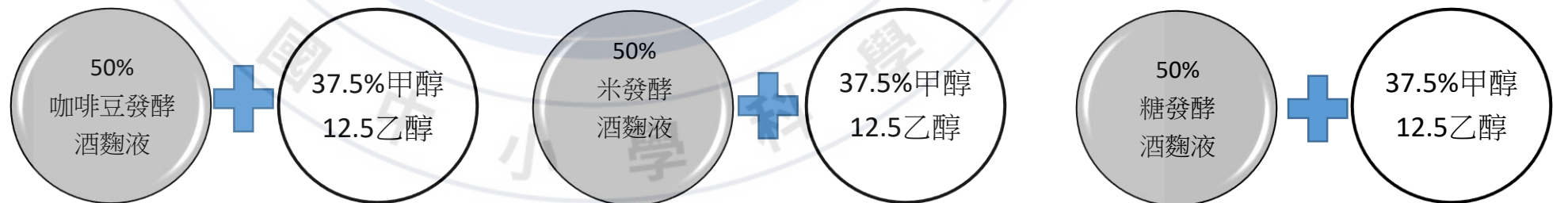
V.S.

(二) 米飯發酵

V.S.

(三) 糖水發酵

不同物質發酵酒麴菌



結果與討論

一、咖啡果小蠹生活習性與身體特徵



圖1~3為咖啡果小蠹，特徵如下

1. 長度： $1.62 \pm 0.06 \text{mm}$
2. 整體呈圓柱形
3. 外表呈暗褐色到黑色間
4. 背部殼帶有光澤
5. 翅鞘邊明顯有粗短剛毛
6. 前胸背板比鞘翅短
7. 觸角末端明顯膨大

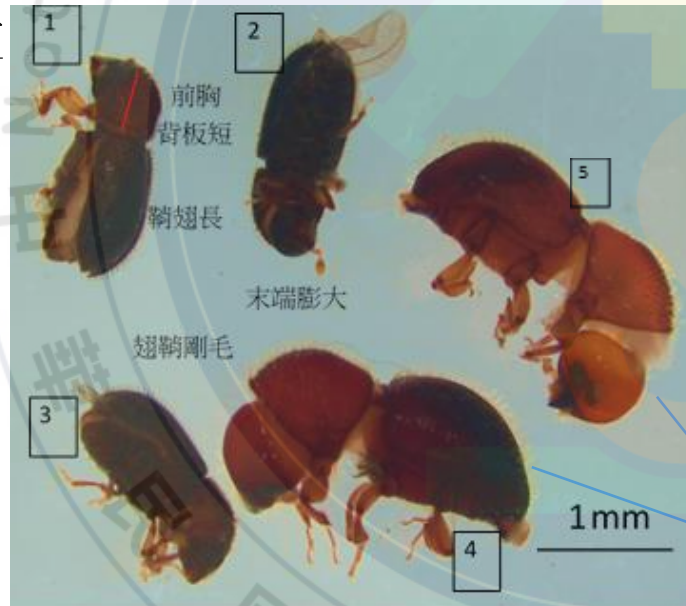


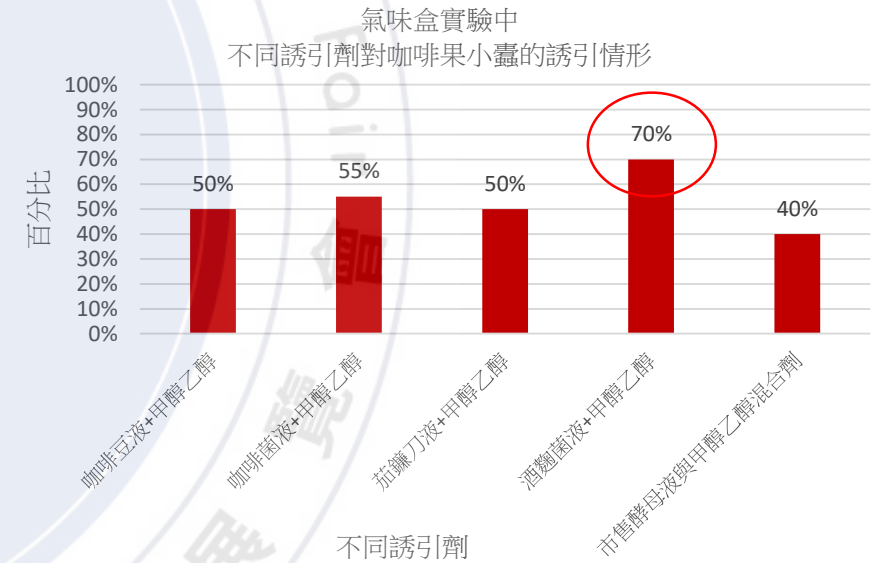
圖4圖5為其他蠹蟲

二、Y形管與氣味盒實驗

(一)Y形管

空間過小，通風不佳，果小蠹無法順利選擇

(二)氣味盒

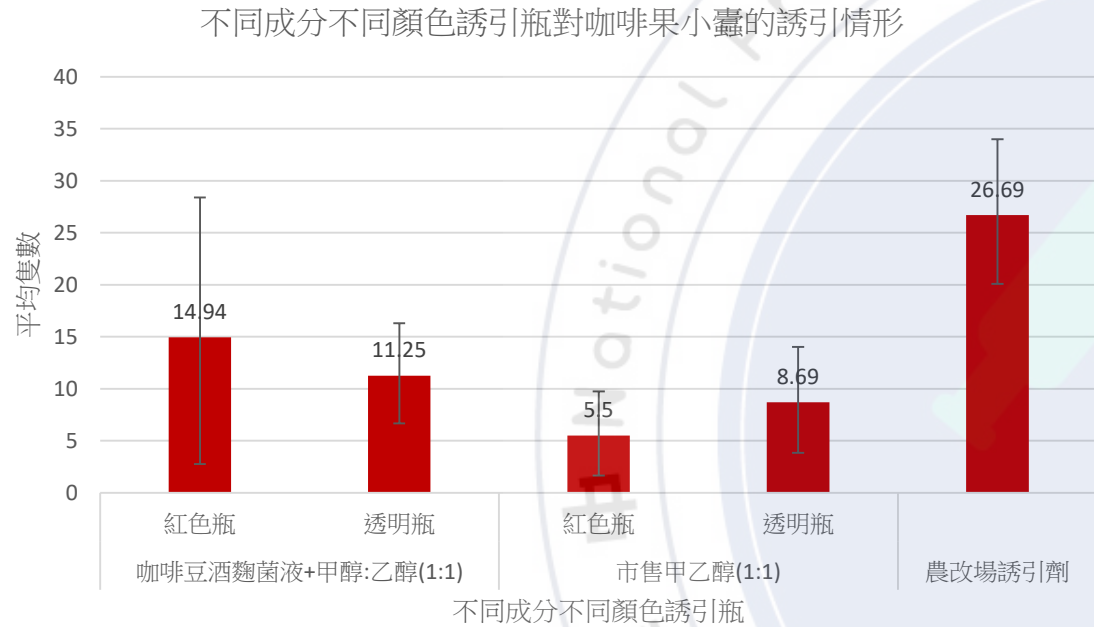


酒麴菌液+甲醇乙醇誘引比例為70%

1. 咖啡果小蠹生活史均躲藏在咖啡果實內，一年8次的繁殖期，造成防治困難。
2. 透過氣味和實驗了解咖啡果小蠹會受酒麴菌液與甲醇乙醇誘引劑的氣味吸引。

結果與討論

三、不同顏色誘引瓶實驗

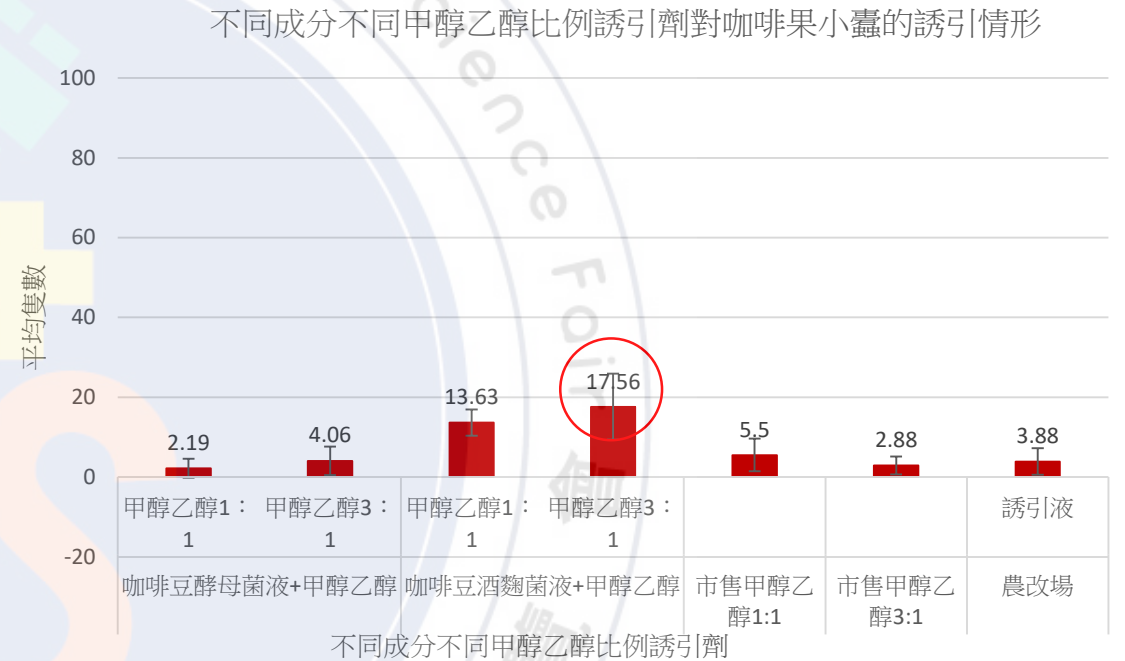


就平均數而言，紅色誘引瓶誘引隻數與透明誘引瓶誘引隻數不具顯著性差異($P > .05$)。

國外文獻提及紅色誘引瓶能抓更多咖啡果小蠹，本研究結果無法顯示此結果，推測原因為：

1. 樣本數少，需要增加實驗樣本。
2. 自製誘引劑效果佳，無法突顯紅色誘引瓶特性。
3. 國內外咖啡果小蠹具有種內差異。

四、不同甲醇乙醇比例實驗



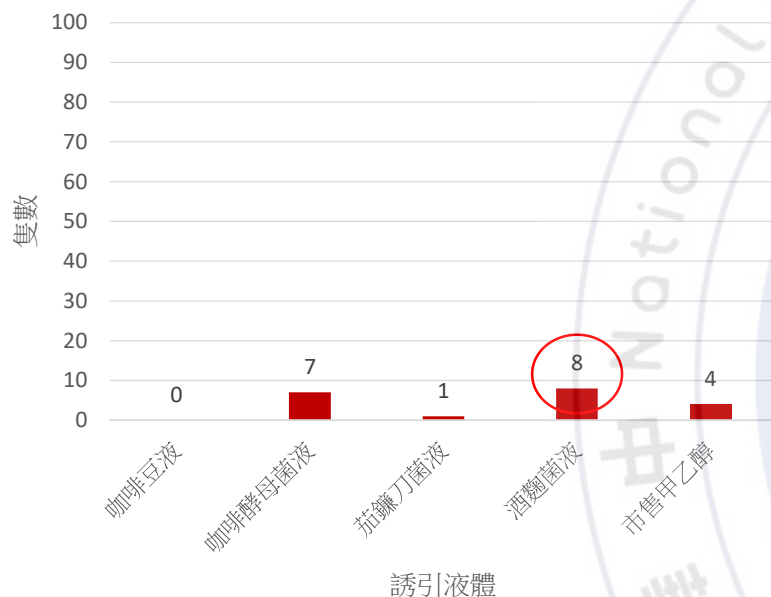
就平均數而言，自製咖啡豆酒麴液+3:1甲醇乙醇的誘引隻數是市售3:1甲醇乙醇的6.10倍，農改場誘引劑的4.53倍

此結果與相關研究中甲醇乙醇(1:1)效果較佳不一致，推究原因應是添加咖啡豆液與酒麴菌液混合液，使3:1甲醇乙醇的誘引效果更加突顯。

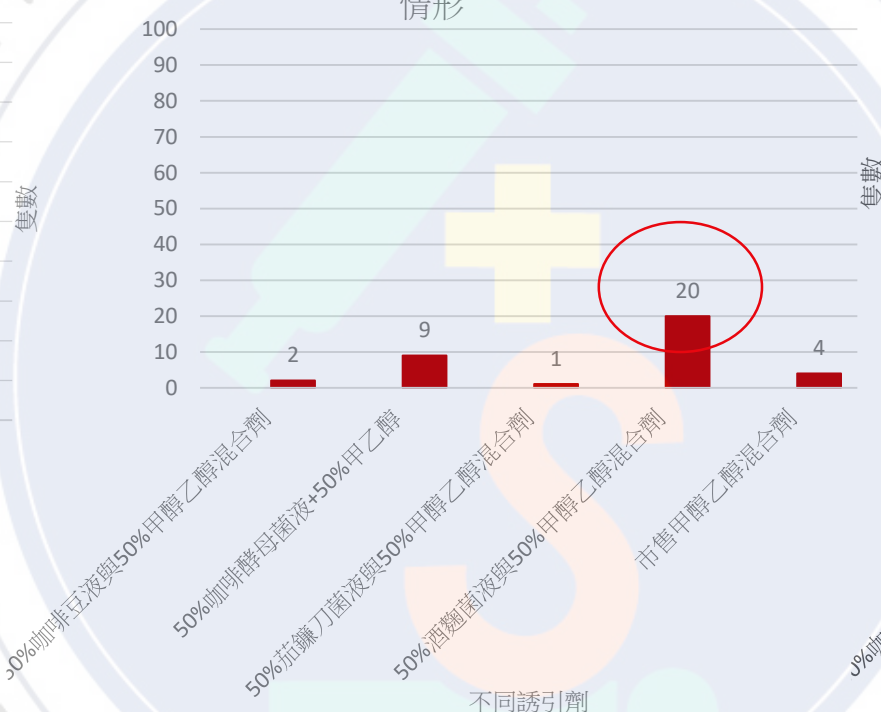
結果與討論

五、不同成分誘引劑實驗

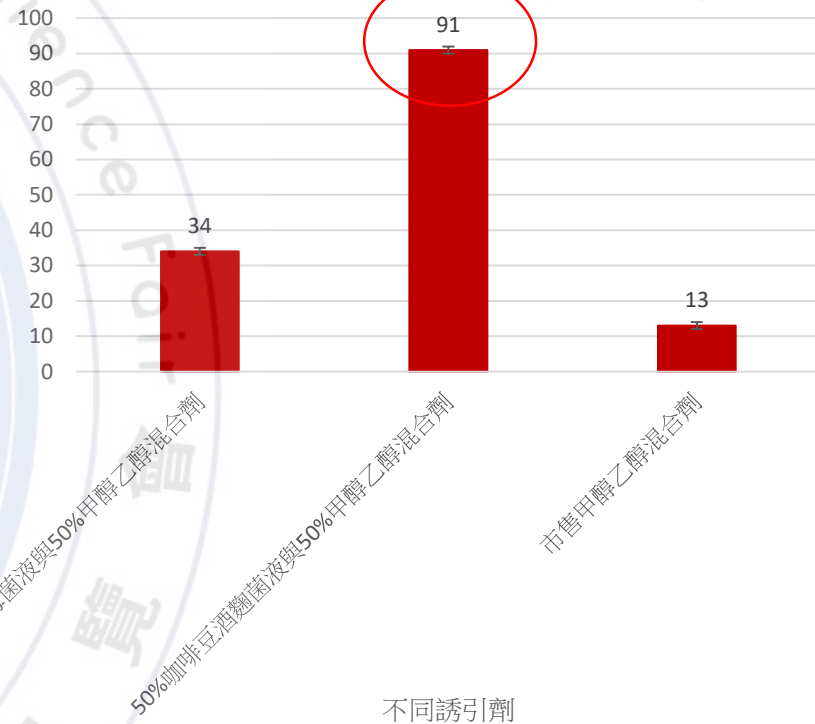
單純液體對咖啡果小蠹的誘引情形



單一液體加入甲醇乙醇後對咖啡果小蠹的誘引情形



兩種液體加入甲醇乙醇後對咖啡果小蠹的誘引情形



單純酒麴菌誘引劑效果是市售甲醇乙醇的2倍。

50%酒麴菌液+50%甲醇乙醇誘引劑效果是市售甲醇乙醇誘引劑的5倍

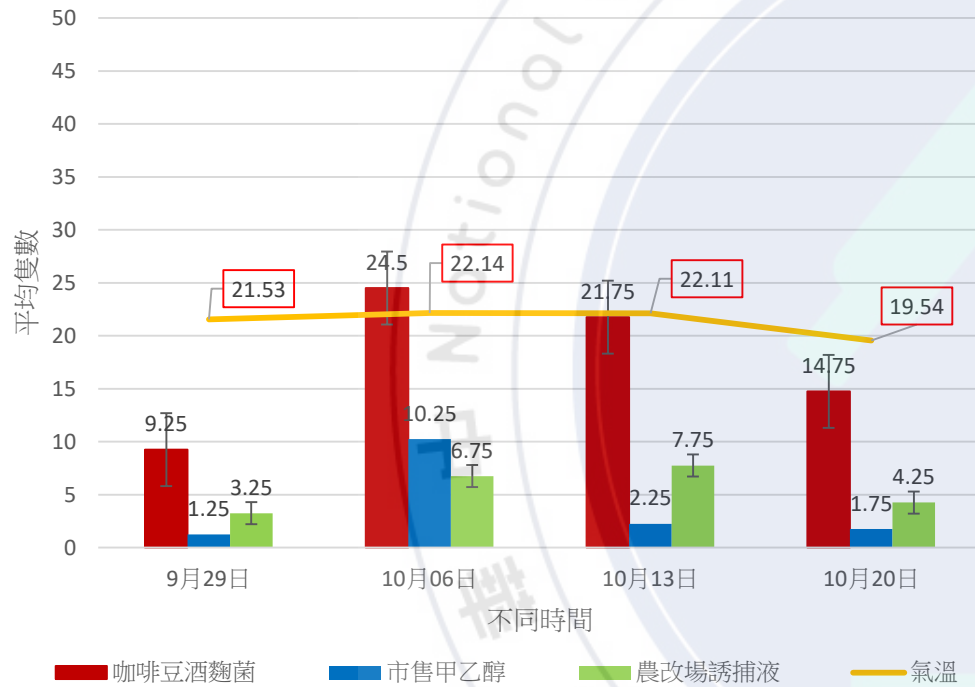
50%咖啡豆酒麴菌液+50%甲醇乙醇誘引劑效果是市售甲醇乙醇的7倍

1. 添加酒麴菌液誘引劑的效果較其他菌種誘引劑佳，這結果與咖啡果小蠹易受酒精氣味吸引相符。
2. 三種酒麴菌液誘引劑效果皆比市售甲醇乙醇誘引劑好，且50%咖啡豆酒麴菌液+50%甲醇乙醇 > 50%酒麴菌液+50%甲醇乙醇 > 100%酒麴菌液，推論添加咖啡豆發酵後的酒麴菌氣味更可吸引咖啡果小蠹。

結果與討論

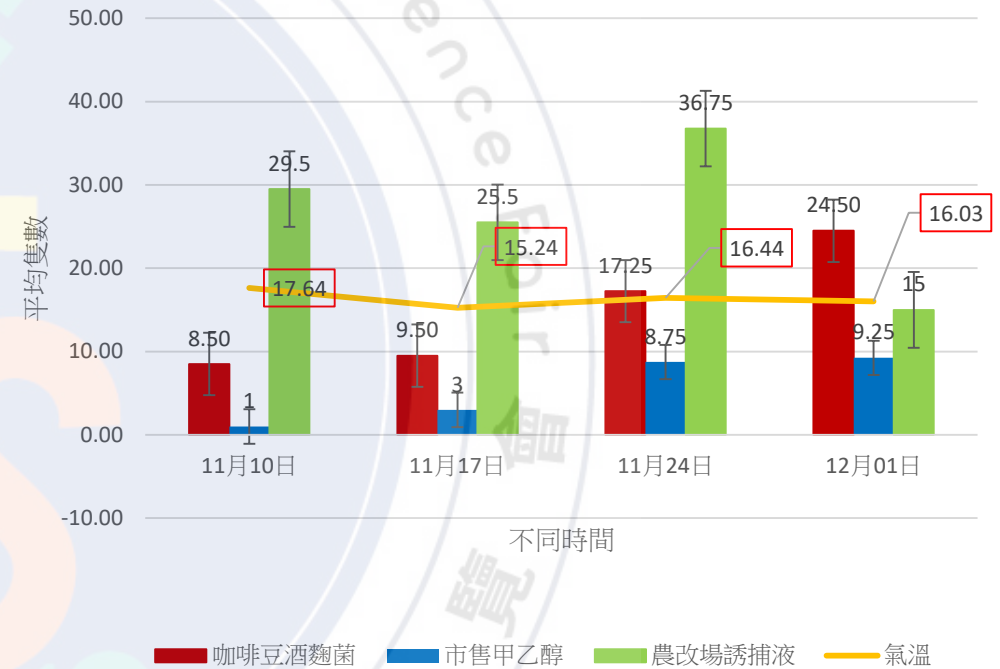
六、酒麴菌誘引劑在不同季節的誘引實驗

10月不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹誘引情形



溫度高於20°C時咖啡豆酒麴菌液誘引劑平均誘引隻數是市售甲醇誘引劑平均誘引隻數的4.53倍，農改場誘引劑平均誘引隻數的3.19倍。

11月不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹誘引情形

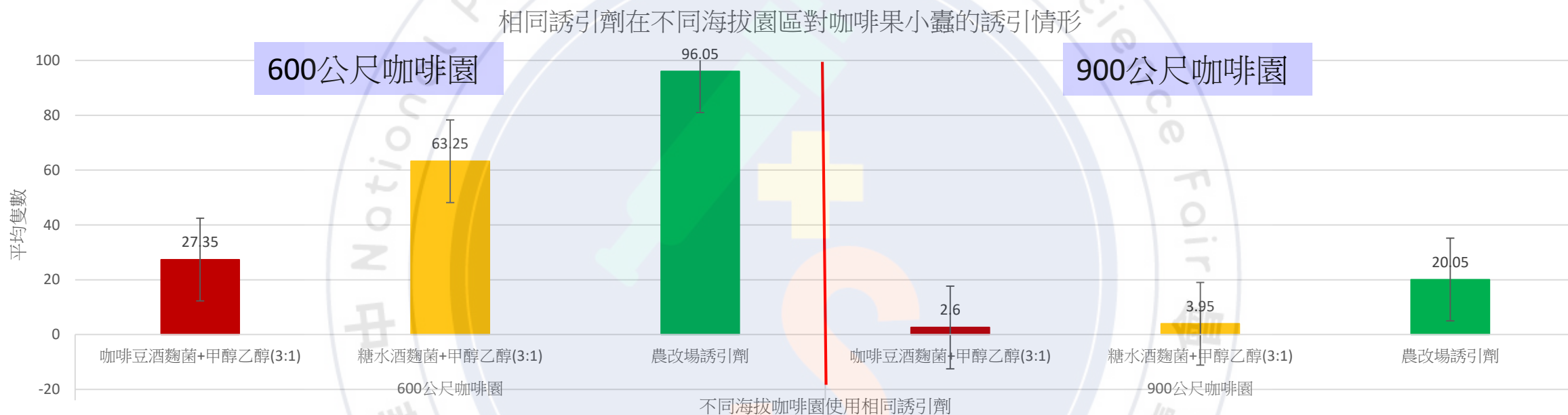


溫度低於20°C時咖啡豆酒麴菌液誘引劑平均誘引隻數是市售甲醇誘引劑平均誘引隻數的2.72倍，農改場誘引劑平均誘引隻數的0.56倍。

1. 咖啡豆酒麴菌誘引劑受季節影響而有不同誘引效果，推測溫度愈高，誘引效果愈佳。
2. 不論是高於20°C或低於20°C，**咖啡豆酒麴菌誘引劑效果皆比市售甲醇乙醇誘引劑效果佳。**

結果與討論

七、不同成份發酵的酒麴菌液及不同海拔的誘引實驗



糖水發酵的酒麴菌誘引劑平均誘引隻數是咖啡豆發酵誘引劑平均誘引隻數的**2.31**倍，農改場誘引劑的**0.66**倍。

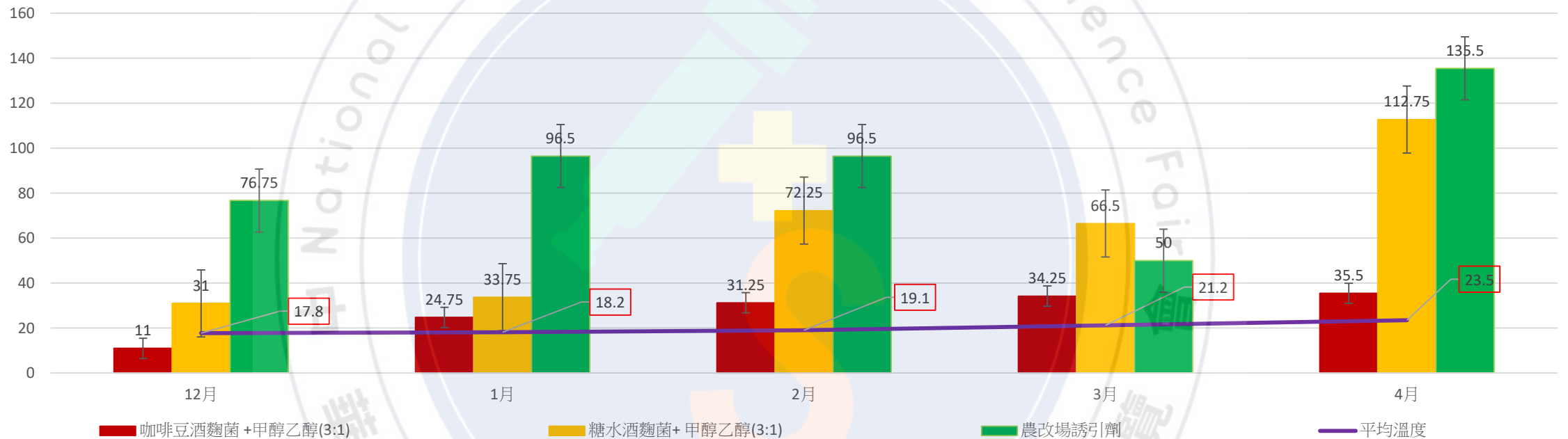
同一成份誘引劑在海拔**600公尺**時誘引效果較海拔**900公尺**佳($P < .001$)。

- 1.推測糖水酒麴菌誘引劑效果較好原因在於單純的糖水比咖啡豆液更容易利用，可以讓酒麴菌快速增生，進而提升誘引劑中的酒精氣味。
- 2.咖啡果小蠹偏好溫暖潮濕的熱帶環境，低於 20°C 和 $90\% \text{ RH}$ 的濕度下，其出現機率較低。實驗時600公尺咖啡園的溫度介於 $17^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$ 之間，900公尺咖啡園的溫度介於 $15^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$ 之間，因此咖啡果小蠹在600公尺咖啡園的活動力較佳，相對誘引隻數也較多。

結果與討論

八、酒麴菌誘引劑在不同月份的誘引實驗

不同月份不同溫度不同誘引劑對咖啡果小蠹誘引情形



1. 12月至4月時，咖啡豆酒麴菌誘引劑平均誘引27.35隻，是農改場誘引劑的0.28倍
2. 12月至4月時，糖水酒麴菌誘引劑平均誘引63.25隻，是農改場誘引劑的0.66倍。
3. 溫度上升，糖水酒麴菌誘引劑的誘引效果也提升。

此結果與10月-11月不同溫度下的實驗相符，亦即酒麴菌誘引劑在溫度高於20°C時較能發揮效用，隨著溫度上升，糖水酒麴菌液誘引劑由12月的平均31.00隻提升至4月的112.75隻，提升了3.64倍。

結論

- 一、以肉眼判斷咖啡果小蠹與其他蠹蟲的差異時，主要在於咖啡果小蠹較一般蠹蟲小，體長約1.6mm外型呈暗褐色到黑色之間，帶有光澤，背有剛毛。
- 二、國外文獻提及紅色誘引瓶能抓更多咖啡果小蠹，本研究結果無法顯示此結果，推測原因為：1.樣本數少，需要增加實驗樣本。2.自製誘引劑效果佳，無法突顯紅色誘引瓶特性。3.國內外咖啡果小蠹具有種內差異。
- 三、在相同成分發酵液中**添加3：1甲醇乙醇的誘引效果較添加1：1甲醇乙醇劑效果佳**。
- 四、單純酒麴菌液、單一變項酒麴菌液、兩種變項**酒麴菌液皆可誘引到較多的咖啡果小蠹**。
- 五、不同發酵酒麴菌誘引效果為：**糖水酒麴菌+甲醇乙醇** > 咖啡豆液酒麴菌+甲醇乙醇 > 米發酵酒麴菌+甲醇乙醇。
- 六、**自製誘引劑效果較市售甲醇乙醇效果佳**，亦即糖水酒麴菌+甲醇乙醇 > 咖啡豆液酒麴菌+甲醇乙醇 > 單純甲醇乙醇。
- 七、隨著溫度上升，自製糖水發酵的酒麴菌誘引劑誘引效果由12月平均31.00隻提升至4月112.75隻，提升了3.64倍。
- 八、同一種成分**誘引劑在海拔愈低，溫度愈高時誘引效果愈佳**，這與咖啡果小蠹喜愛溫暖潮濕環境，低海拔活動力較佳有關。
- 九、野外咖啡園實驗時，咖啡果小蠹與其他蠹蟲會受自製誘引劑吸引，自製誘引劑有效吸引咖啡果小蠹的比例佔捕捉蟲數達95%以上。



其他蠹蟲

咖啡果小蠹與其他蠹蟲

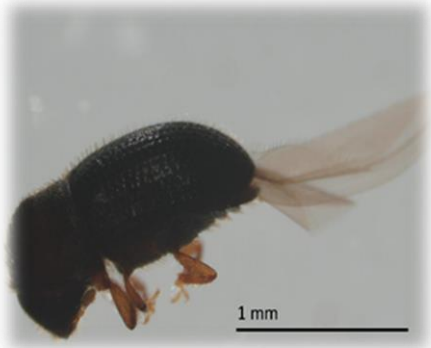
未來展望與參考資料

未 長期實驗

來 不同場域

展 不同比例

望 成本效益



參考資料

- 1.王泰權、梁鈺平(2019)。咖啡果小蠹發生生態與綜合防治策略簡介。農試所技服季刊 119:7-10。
<http://azai.tari.gov.tw/Alsearch/datasheet.html?id=173>
- 2.林明瑩、吳雅芳、陳昇寬(2010)。咖啡果小蠹之監測及田間誘殺試驗。臺南區農業改良場研究彙報 56: 35-44。
- 3.林明瑩、陳寬昇(2009)。咖啡的重要害蟲-咖啡果小蠹。台南區農業專訊69期，2009.09，PP.15-17。
- 4.林明瑩、陳昇寬(2015)。咖啡果小蠹之防治藥劑研究。臺南區農業改良場研究彙報 65：38-44。
<http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/10719/2/30-3-2.pdf>
- 5.金建成、林世珍、許智逸(2020)。益生菌或抑生菌~探討茄镰刀菌影響咖啡果小蠹生長的情形。中華民國第60屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 6.張淑芬、張哲瑋、倪蕙芳、陳甘澍(2019)。咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所。
- 7.羅品勛、劉子妍、曾冠翔(2021)。談「酵」「風」生~探討酵母菌影響咖啡風味的情形。南投縣第61屆中小學科學展覽會作品說明書。