中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組　動物與醫學學科

最佳創意獎

052015

磁場變動對生物的效應

學校名稱：臺中市立臺中第二高級中等學校

作者：	指導老師：
高一 廖冠羿 高一 黃彥碩 高一 陳培鈞	賴冠名

關鍵詞：磁場變動、身體表型、擇偶

摘要

許多文獻顯示磁場可以控制特定生物的發育，但一般文獻僅有固定磁場對生物的影響，極少數操作變化磁場的生物實驗。因此我們選用家蠶 Bombyx mori (Linnaeus, 1758)作為實驗動物，將蛹先以固定磁場、轉動磁場、變動磁場處理後，測量蛾的生體表型參數，同時進行不同磁場的擇偶和生殖表現[5]實驗。我們發現牠們會選擇具相同磁化方式的蛾交配[9]。生命週期在固定磁場及轉動磁場下依序會縮短 26%及變長 26%[13][14]。產卵量依序降低 48%、23%及增加 27%[1][14]。且固定磁場雄性孵化比例增加 31%[2]。本研究發現磁場改變能夠產生明顯的效應。因此可能可以利用來控制昆蟲的族群結構。

壹、研究動機

近來全球暖化或是氣候變動的情形日益明顯，包含了暴雨的增多及極端氣候的普及，造成許多傳染病媒昆蟲增加，許多益蟲(如蜜蜂)族群數量大減，造成嚴重經濟和生態損失，我們希望能找到一些方式或技術來控制特定昆蟲的數量，但多數的方式是利用會影響健康和環境的藥物，或是使用危險的輻射，我們猜測磁場可以改變動物的發育和成長，是較為安全價廉的方式，希望透過磁場處理，改變特定昆蟲的發育和成長，並達到管理昆蟲數量的目的。而一般文獻僅進行固定磁場對動植物的實驗，極少數操作變化磁場的生物實驗。所以我們模擬所有磁場可能的外加方式，整理出固定、轉動、變動磁場，我們使用 arduino 驅動步進馬達旋轉長條紙板上的強力磁鐵操作轉動磁場，用突然翻轉磁極的方式操作變動磁場。根據參考資料[17]:從考古學家在吳越發現的絲綢實物來看，在 5000 年前的江南地區就有桑蠶業，相傳早於西元前三千多年，黃帝的妻子嫘祖就開始「養蠶取絲」，而中國絲綢的秘密，後來隨移民傳播至朝鮮、印度等地，傳說在公元六世紀拜占庭的基督教僧侶從中國偷運蠶蛹，養蠶技術才傳到了歐洲。這更說明了，蠶是對人類貢獻最久且最大的昆蟲之一。所以本實驗選用重要經濟昆蟲 家蠶 Bombyx mori (Linnaeus, 1758)，作為實驗模型動物來進行磁場實驗，而我們的蠶蛾來自泉明蠶寶寶生態教育農場。希望能找到創新且安全的控制方式，達到抑制害蟲、保育益重的目標。

貳、研究目的

一、設計和裝置變化磁場

1. 固定磁場(N 極和 S 極)
2. 轉動磁場(每 6hr、12hr、24hr 轉動一周)
3. 變動磁場(每 6hr、12hr、24hr 變動一次)

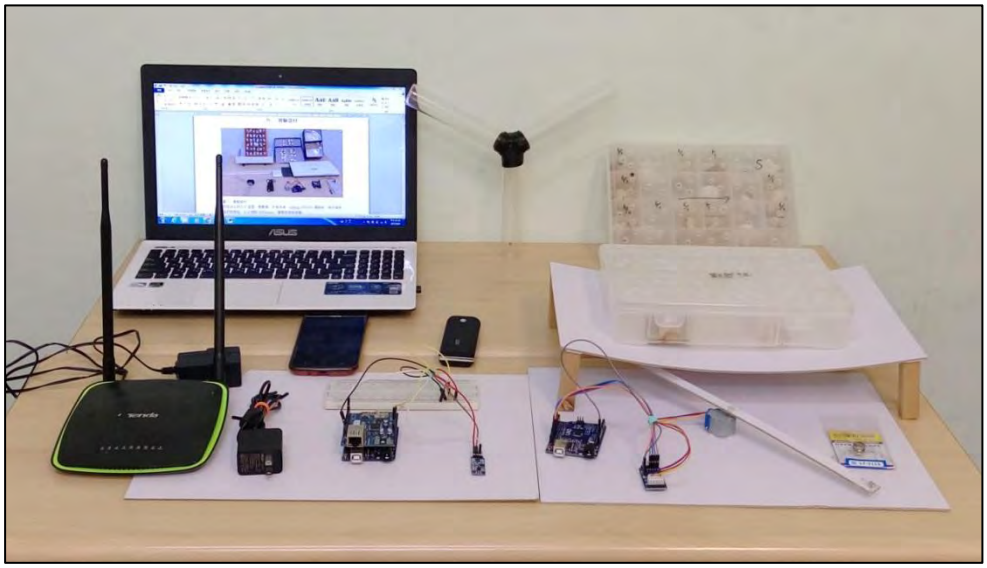
二、測量對照組(無處理)和各變化磁場處理下羽化成蛾的生體表型(體長、腳長、鬚長)

三、觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配時間、排卵量

四、觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配選擇

五、探討變化磁場處理對家蠶的影響

叁、實驗器材



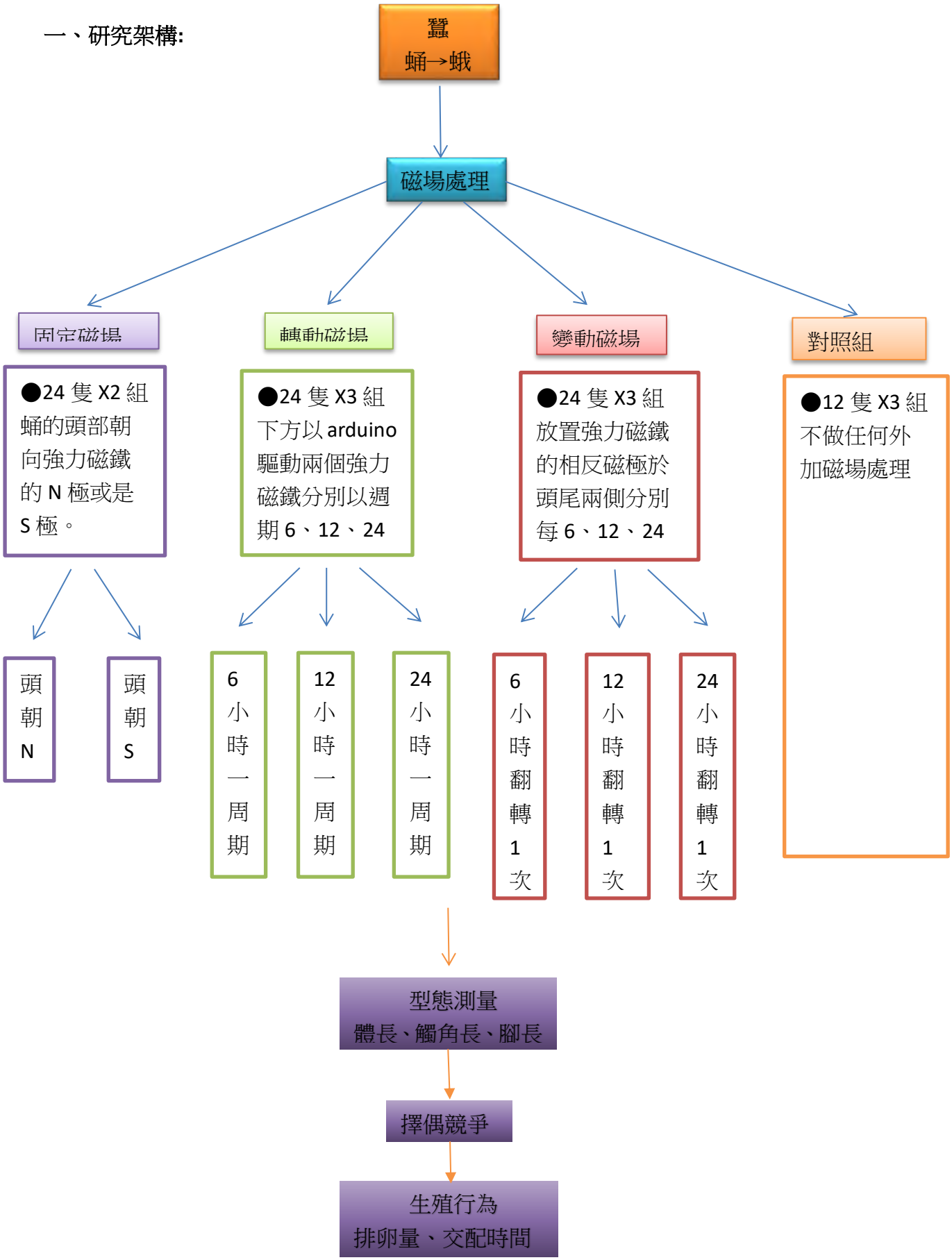
前排由左到右:網路基地台、變壓器、麵包版、以太網路卡(Ethernet)、霍爾磁場感測器、Arduino UNO R3 電路板、與步進馬達控制模組、旋轉桿、強力磁鐵

中排由左到右: 智慧型手機(相機、遠端監控)、厚紙板、支架、塑膠盒

後排由左到右:電腦、Y 型管、塑膠盒

肆、 研究方法與過程

一、研究架構:



二、研究方法:

(一)、蠶的飼養與照顧

為了確保家蠶的品質和穩定持續供應，本研究採用泉明蠶寶寶生態教育農場的卵，觀察其生活史。從卵開始孵化，飼養 100 隻蟻蠶，將蠶放入飼養箱或紙箱，以固定時間酌量餵食桑葉(圖一)，至三、四齡時，會有細菌及病毒感染，感染種類如實驗一之疾病介紹，應進行隔離並使用酒精消毒，以免擴散感染。

圖一 蠶放入飼養箱或紙箱　　圖二 蛹

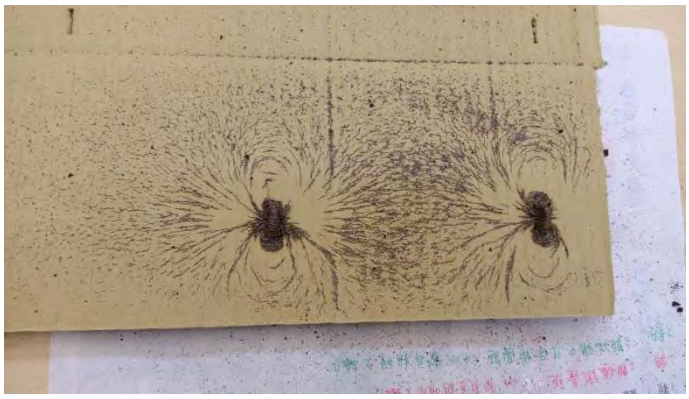
(二)、蛹的挑選及實驗準備

在所有實驗的蛹為採用泉明蠶寶寶生態教育農場的蛹(圖二)。實驗前選擇健康的蛹，並選擇蛹周期已到第七天(在第七天，蛹才真正靜止不動)；接下來進行分別加入固定磁場、轉動磁場(6hr、12hr、24hr)，變動磁場(6hr、12hr、24hr)，進行中，每日固定時間檢視蛹的健康狀態，有發黑發臭應進行隔離。實驗準備時，將結繭後第七天的繭剪開，以便判別其性別及頭部方向，依性別分開磁化。

(三)、變化磁場的設計與裝置

1. 磁場影響範圍測試[12]

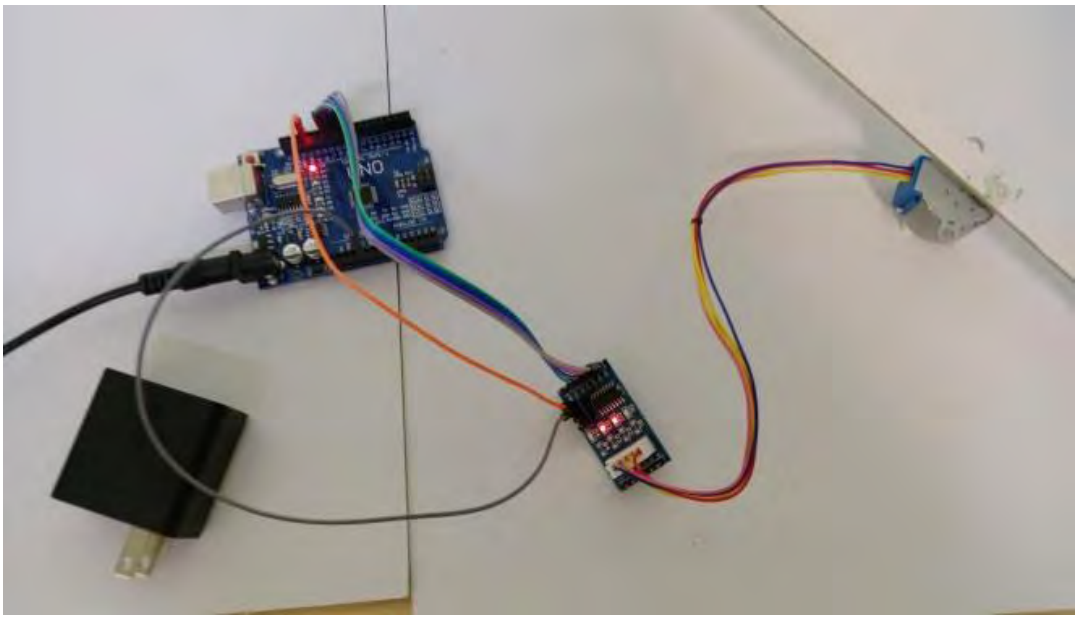
在所有實驗中，因不了解磁場的範圍，所以我們進行了本項測試(圖三)。將兩顆 0.28T 的強力磁鐵分別放置在紙板兩側，在強力磁鐵周圍撒上鐵粉，測量其中間之最大距離，經過測量後，我們發現 0.28T 的強力磁鐵間距離可達 21cm



圖三 磁力線分佈圖

2.步進馬達程式與電路接腳[8]

在轉動磁場中，需要使用 arduino UNO R3 板子六組，其線路接腳



圖四 步進馬達裝置圖

轉動磁場實驗中，本實驗需 6 小時轉一圈的步進馬達兩組、12 小時轉一圈的步進馬達兩組、24 小時轉一圈的步進馬達兩組(圖四)。

6 小時設計的程式如下，其他 12 小時和 24 小時的程式第二行數字僅修改為 180、90(圖五)。

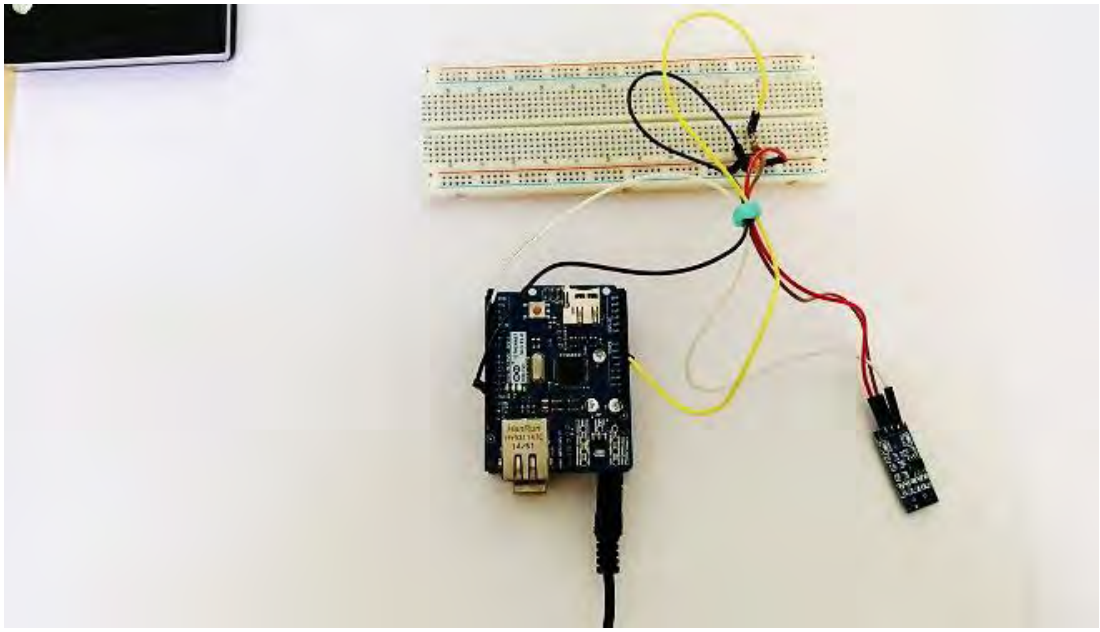
```
sketch_dec31a   step_motor §
#include <Stepper.h>
#define STEPS 360 // 這裡設置步進馬達旋轉一圈是多少步
Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11); // attached to設置步進馬達的步數和引腳
int previous = 0; // 定義變數用來存儲歷史讀數
void setup(){
  Serial.begin(9600);  //設定串列傳輸速率為9600
  stepper.setSpeed(1); // 設置電機每分鐘的轉速為0.3步
}
void loop(){
  int val = analogRead(0); // 獲取感測器讀數
  Serial.println(val);  //輸出模擬值，並將其列印出來
  stepper.step(val - previous);// 移動步數為當前讀數減去歷史讀數
  previous = val;// 保存歷史讀數
}
```

圖五 步進馬達程式

2. 手機遙控確定步進馬達旋轉[8]

為了確保步進馬達旋轉速率是否正確並監測，本實驗使用霍爾磁場感測器，霍爾磁場感測器可感測周圍是否有磁場，有磁場時則亮燈。

本實驗由 Arduino Uno R3 板子加入以太網路卡(Ethernet)再將霍爾磁場感測器裝置好，加入以太網路卡是為了方便把數據傳入手機中，以有磁場，手機便會接收到。接法如圖(圖六)，而連結程式設計如圖(圖七)(圖八)後所示。



圖六 網路監控裝置圖

```
sketch_jun03a §
#include "SPI.h"
#include "Ethernet.h"
#include "WebServer.h"
#include "Streaming.h"   )
int Led = 13;
int buttonpin = 3;
static byte mac[] = { 0xF0, 0x7B, 0xCB, 0x4B, 0x7C, 0x9F };
IPAddress ip(192, 168, 0, 178);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
IPAddress gateway(192, 168, 0, 1);
WebServer webserver("", 5000);
P(htmlHead) =
  "<!doctype html><html>"
  "<head><meta charset=\"utf-8\">"
  "<title>Arduino 磁場感測</title>"
  "</head><body>" ;
P(htmlFoot) = "</body></html>";
void defaultCmd(WebServer &server, WebServer::ConnectionType type, char *, bool)
{
  server.httpSuccess();
  int chk = digitalRead(3);
  if (type != WebServer::HEAD) {
    server.printP(htmlHead);
    if (chk == 0) {
      server << "<h1>MS receive</h1>";
```

圖七 網路監控程式

```
sketch_jun03a §
{
  server.httpSuccess();
  int chk = digitalRead(3);
  if (type != WebServer::HEAD) {
    server.printP(htmlHead);
    if (chk == 0) {
      server << "<h1>MS receive</h1>";
      server << "<p>感應磁場：" << !chk << "</p>";
    } else {
      server << "<h1>沒有感應到磁場(測試)</h1>";
    }
    server.printP(htmlFoot);
  }
}
void setup() {
  Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);
  webserver.setDefaultCommand(&defaultCmd);
  webserver.begin();
  pinMode(Led, OUTPUT);
  pinMode(buttonpin, INPUT);
}
void loop() {
  webserver.processConnection();
}
```

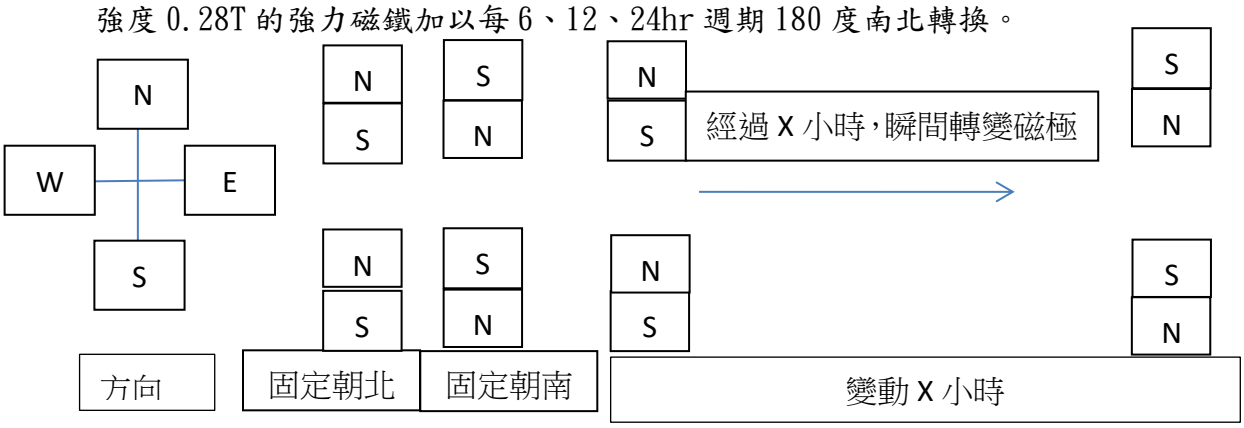
圖八 網路監控程式

然而步進馬達帶著支架與磁鐵，將霍爾磁場感測器至於支架以下，當支架轉到感測器時，感測器會偵查到，發出訊號傳入手機中，就確認轉動速率是否正確。

3. 各種磁場的施加

本實驗有**固定磁場、轉動磁場、變動磁場**，**固定磁場**為以強度 2T 強力磁鐵

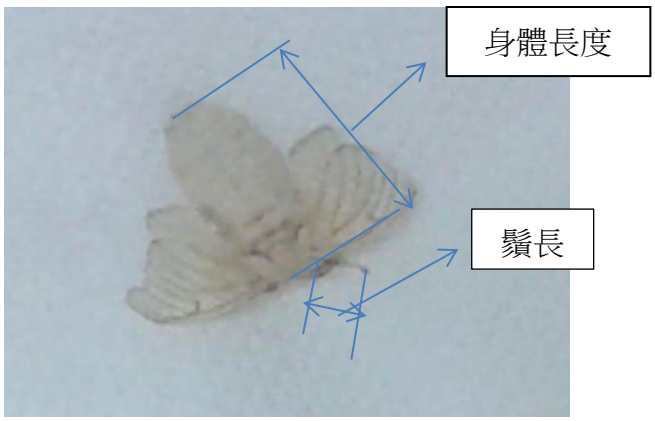
加以朝南與朝北的磁場，**轉動磁場**為以強度 2T 強力磁鐵至於旋桿上並依照研究方法(四)、研究方法(五)加以每 6hr、12hr、24hr 週期轉動磁場，**變動磁場**為以強度 0.28T 的強力磁鐵加以每 6、12、24hr 週期 180 度南北轉換。



(四) 測量對照組(無處理)和各變化磁場處理下羽化成蛾的數據

1. 外表型態(體長、腳長、鬚長)

測量方式如圖所示(圖九)：



圖九 蛾生體表型參數測量示意圖

2. 觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配時間、排卵量

交配時間定義：紀錄第一次雌雄蛾從尾部接觸到尾部分開的時間

排卵量定義：紀錄雌蛾從第一顆卵排到不排或死亡的顆數

3. 觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的蛹週期、蛾生命週期

蛹週期定義:從蠶結蛹日起至蛾破蛹蛾出的日期

蛾生命週期定義: 蛾破蛹蛾出的日期

(五)、 觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配選擇

目的:須配合實驗八擇偶競爭所需的 Y 型管(圖十)，以便了解擇偶競爭的比較

圖十 Y 型管

三、研究過程

實驗一、身體長度的比較

實驗目的:了解各種磁化方式的身長比較

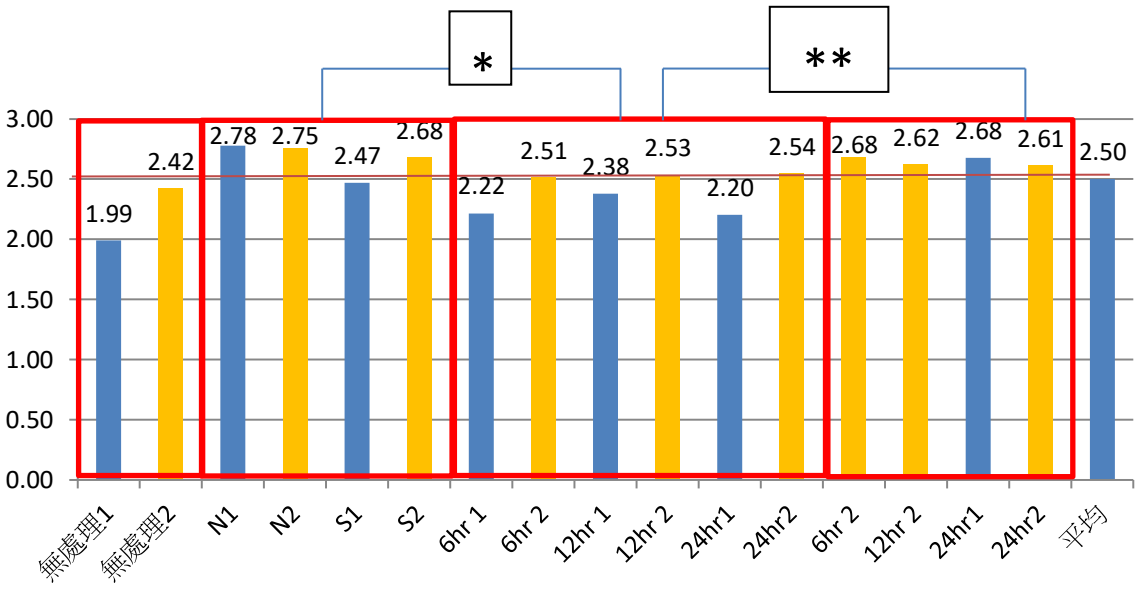
實驗過程:二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻

六月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻

依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

1. 夏季(五月)蛾之體長絕大部分高於冬季(二月)蛾之體長
2. 二月時身體長度:
   固定朝北>變動 24hr>固定朝南>轉動 12hr>轉動 6hr>轉動 24hr>無處理(對照組)
3. 五月時身體長度:
   固定朝北>固定朝南=變動 6hr>變動 12hr>變動 24hr>轉動 24hr>轉動 12hr>轉動 6hr>無處理(對照組)(圖十一)



圖十一 體長比較圖 二月 五月

實驗結論:

1.身體長度無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與變動磁場**無差異性**(p 值分別為: 0.28938、0.549978、0.291191、0.759564)但固定磁場與轉動磁場**有差異性**(p 值: 0.023644)，轉動磁場與變動磁場**有顯著差異**(p 值: 0.009562)。[15][16]

2.五月體長大於二月體長(但不顯著，因 p 值: 0.107384)

3.固定磁場體長大於變動磁場大於轉動磁場大於無處理(對照組)

實驗二、腳長度的比較

實驗目的: 了解各種磁化方式的腳長比較

實驗方法:二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻

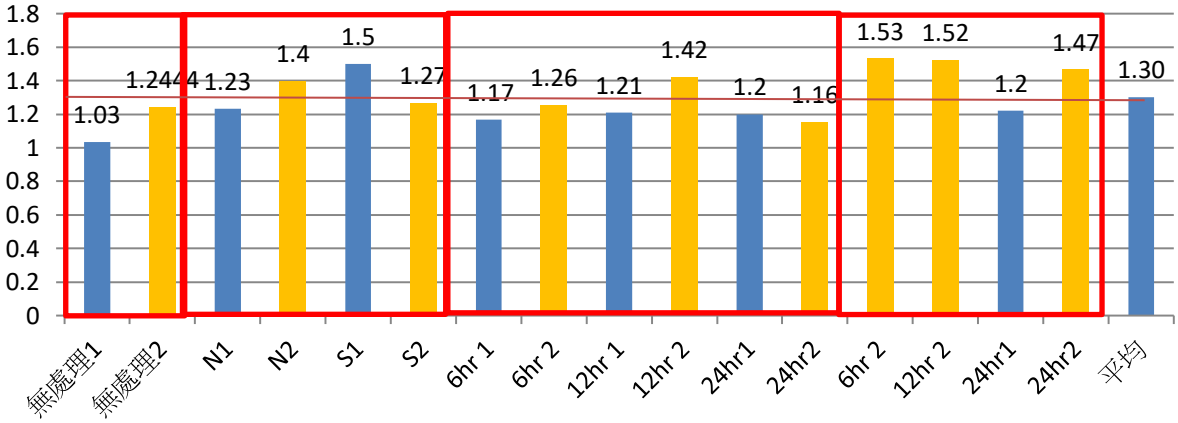
六月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻

依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

1. 夏季(五月)蛾之腳長絕大部分高於冬季(二月)蛾之腳長
2. 二月時身體長度:
   固定朝南>變動 24hr>固定朝北>轉動 12hr>轉動 24hr>轉動 6hr>對照組
3. 五月時身體長度:
   變動 6hr>變動 12hr>變動 24hr>轉動 12hr>固定朝北>固定朝南>轉動 6hr>轉動 24hr>對照組(圖十二)

腳長



圖十二 腳長比較圖 二月 五月

實驗結論:

1.身體長度無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與變動磁場和固定磁場與轉動磁場和轉動磁場與變動磁場**無差異性**(p 值分別為: 0.225858、0.550841、0.145917、0.179102、0.401282、0.060256、)。

2.五月體長大於二月體長(但不顯著，因 p 值: 0.293855)

3.固定磁場體長大於變動磁場大於轉動磁場大於無處理(對照組)

實驗三、鬚長度的比較

實驗目的: 了解各種磁化方式的鬚長比較

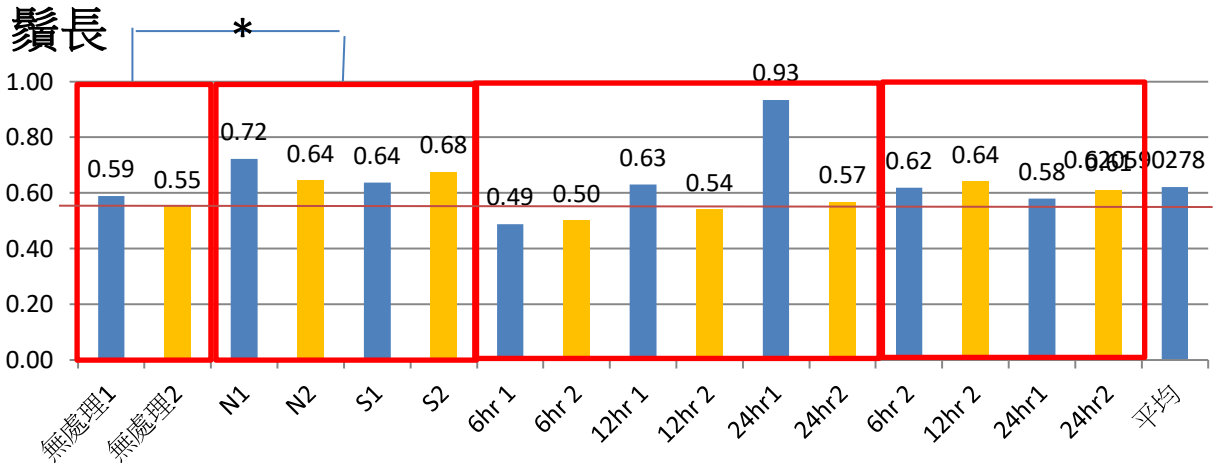
實驗方法:二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻

六月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻

依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

1. 夏季(五月)蛾之腳長絕大部分高於冬季(二月)蛾之腳長
2. 二月時身體長度:
   固定朝南>變動 24hr>固定朝北>轉動 12hr>轉動 24hr>轉動 6hr>對照組
3. 五月時身體長度:
   變動 6hr>變動 12hr>變動 24hr>轉動 12hr>固定朝北>固定朝南>轉動 6hr>轉動 24hr>對照組(圖十三)



圖十三　鬚長比較圖　二月　五月

實驗結論:

1. 身體長度無處理(對照組)與轉動磁場、變動磁場和固定磁場與變動磁場和固定磁場與轉動磁場和轉動磁場與變動磁場**無差異性**(p 值分別為:0.586968、0.203556、0.42759、0.055235、0.972537)。
2. 身體長度無處理(對照組)與固定磁場有差異(p 值: 0.032318)
3. 五月體長大於二月體長(但不顯著，因 p 值: 0.319351)
4. 固定磁場體長大於變動磁場大於轉動磁場大於無處理(對照組)(但無明顯差異)

實驗四、交配時間的比較

實驗目的: 了解各種磁化方式的交配時間比較

實驗方法: 二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻

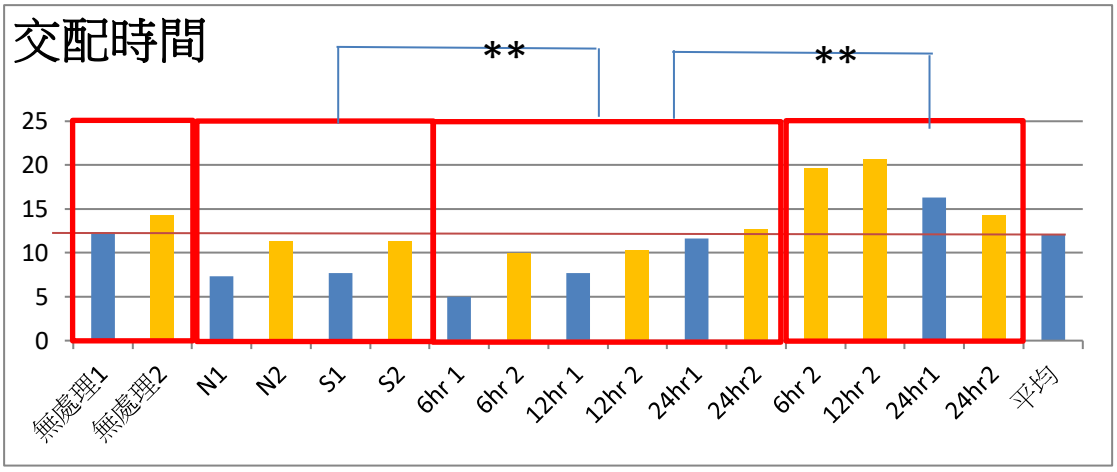
五月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻

依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

1. 夏季(五月)蛾之交配時間絕大部分高於冬季(二月)蛾之交配時間
2. 二月時交配時間:
   變動 24hr>無處理(對照組)>轉動 24hr>固定朝南>固定朝北>轉動 12hr>轉動 6hr
3. 五月時交配時間:

變動 12hr>變動 6hr>變動 24hr>無處理(對照組) >轉動 24hr>固定朝南 =固定朝北>轉動 12hr>轉動 6hr(圖十四)



圖十四　交配時間比較圖　二月　五月

實驗結論:

1.交配時間無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與與轉動磁場**無差異性**
(p 值分別為:0.032318、0.586968、0.203556、0.42759、0.055235、0.972537)。

2.變動磁場和固定磁場與轉動磁場與變動磁場**有顯著差異**(p 值分別為:0.003976、0.004554)

3.五月交配時間大於二月交配時間(但不顯著，因 p 值:0.055096)

4.變動磁場交配時間大於無處理(對照組)大於轉動磁場大於固定磁場(但無明顯差異)

實驗五、排卵量的比較

實驗目的: 了解各種磁化方式的排卵量比較

實驗方法: 二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻

六月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻

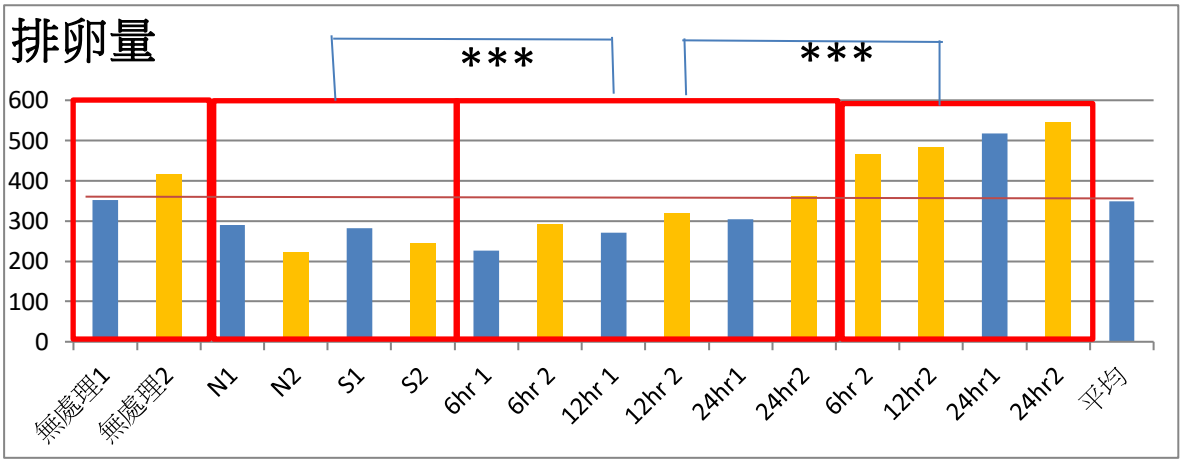
依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

1. 夏季(五月)蛾之交配時間絕大部分高於冬季(二月)蛾之交配時間
2. 二月時排卵量:

變動 24hr>無處理(對照組)>轉動 24hr>固定朝南>固定朝北>轉動 12hr>轉動 6hr

3. 五月時排卵量:
變動 12hr>變動 6hr>變動 24hr>無處理(對照組) >轉動 24hr>固定朝南 =固定朝北>轉動 12hr>轉動 6hr(圖十五)



圖十五 排卵量比較圖 二月 五月

實驗結論:

1.排卵量無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與與轉動磁場**無差異性**
(p 值分別為:0.032318、0.586968、0.203556、0.42759、0.055235、0.972537)。

2.變動磁場和固定磁場與轉動磁場與變動磁場**有極顯著差異**(p 值分別為:5.66e-05、4.35e-05)

3.五月交配時間大於二月排卵量(但不顯著，因 p 值:0.562035)

4.變動磁場排卵量大於無處理(對照組)大於轉動磁場大於固定磁場(但無明顯差異)

實驗六、蛹週期的比較

實驗目的: 了解各種磁化方式的蛹週期比較

實驗方法: 二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻
六月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻
依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

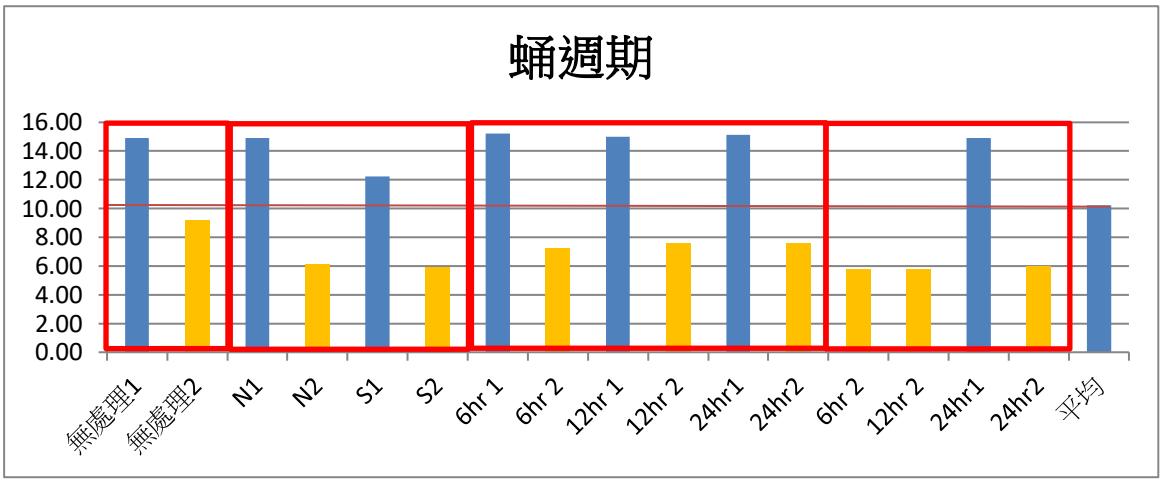
1. 冬季(二月)蛾之蛹週期絕大部分高於夏季(五月)蛾之蛹週期
2. 二月時蛹週期:

   變動 24 磁場=固定朝北=固定朝南>對照組=轉動(6、12、24hr)

   五月時蛹週期:

   變動(6、12、24)磁場=固定朝北=固定朝南>對照組=轉動(6、12、24hr)

   (圖十六)



圖十六 蛹週期比較圖 二月 五月

實驗結論:

1.蛹週期無處理等於轉動磁場大於固定磁場大於變動磁場

2.季節的影響有極顯著差異(p 值:0.0009563)

實驗七、蛾週期的比較

實驗目的: 了解各種磁化方式的蛾週期比較

實驗方法: 二月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動 24hr 24 隻、無處理(對照組)12 隻

六月:固定磁場(朝 N、S)各 24 隻、轉動(6hr、12hr、24hr)各 24 隻、變動(6hr、12hr、24hr) 24 隻、無處理(對照組)12 隻

依研究方法完成，並測量與觀察。

實驗結果:

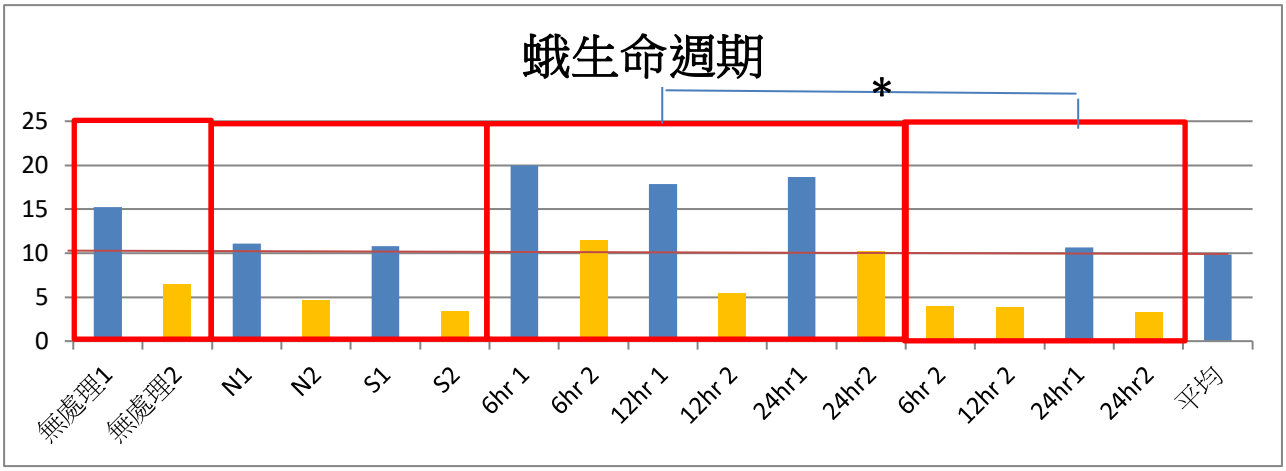
1. 冬季(二月)蛾之蛾週期絕大部分高於夏季(五月)蛾之蛾週期
2. 二月時蛾週期:

   轉動 6hr 磁場>轉動 24hr 磁場>轉動 12hr 磁場>對照組>固定朝北=固定朝南>變動 24hr 磁場

   五月時蛾週期:

   轉動 6hr 磁場>轉動 24hr 磁場>對照組>固定朝北=固定朝南>轉動 12hr

磁場>變動 6hr 磁場>變動 12hr 磁場>變動 24hr 磁場(圖十七)



圖十七 蛾生命週期比較圖 二月 五月

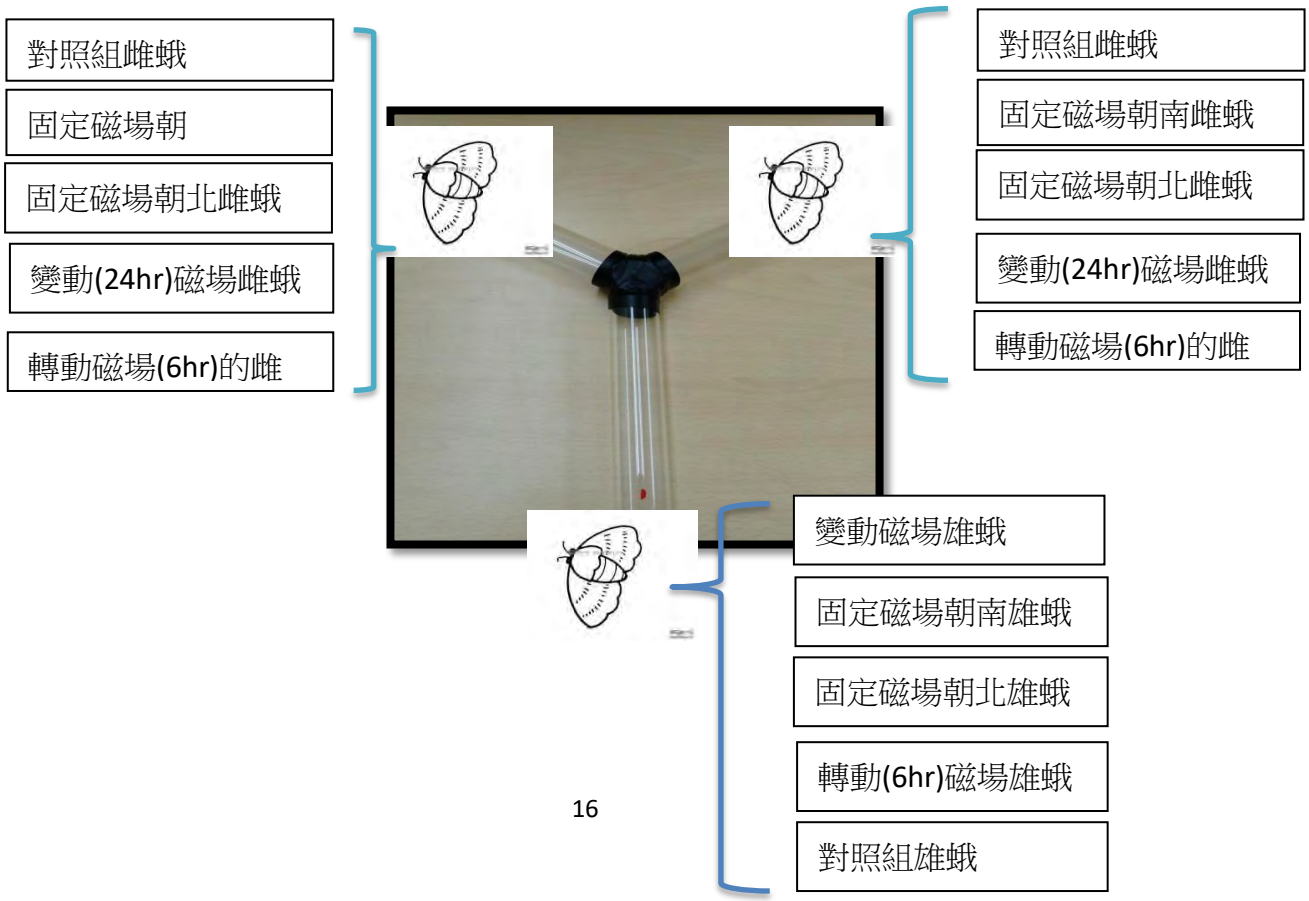
實驗結論:

1. 轉動磁場與變動磁場**有差異**(p 值:0.019877)
2. 季節變化**有極顯著差異**(p 值:0.000454)

實驗八.不同磁化方式下蛾擇偶行為

實驗目的:探討不同雌蛾對雄蛾的吸引力

實驗步驟:



1.依研究方法，如上圖三管口五個選項分別選一隻，觀察並記錄雄蛾趨向哪一種磁化的雌蛾。

2.重複步驟 1 五次，每次雄蛾及雌蛾都要更換，

3.重複步驟 1~2 完成下列實驗。

實驗結果:

可知變動磁場雌蛾較容易吸引每種磁化方式雄蛾，若排除變動磁場，則固定場 N 極雄蛾會找固定磁場 N 極雌蛾，相對的，固定磁場 S 極雄蛾會找固定磁場 S 極雌蛾。

實驗九、死亡率及雌雄比

實驗目的:探討季節及不同磁化方式對蠶蛾的死亡率及雌雄比之影響

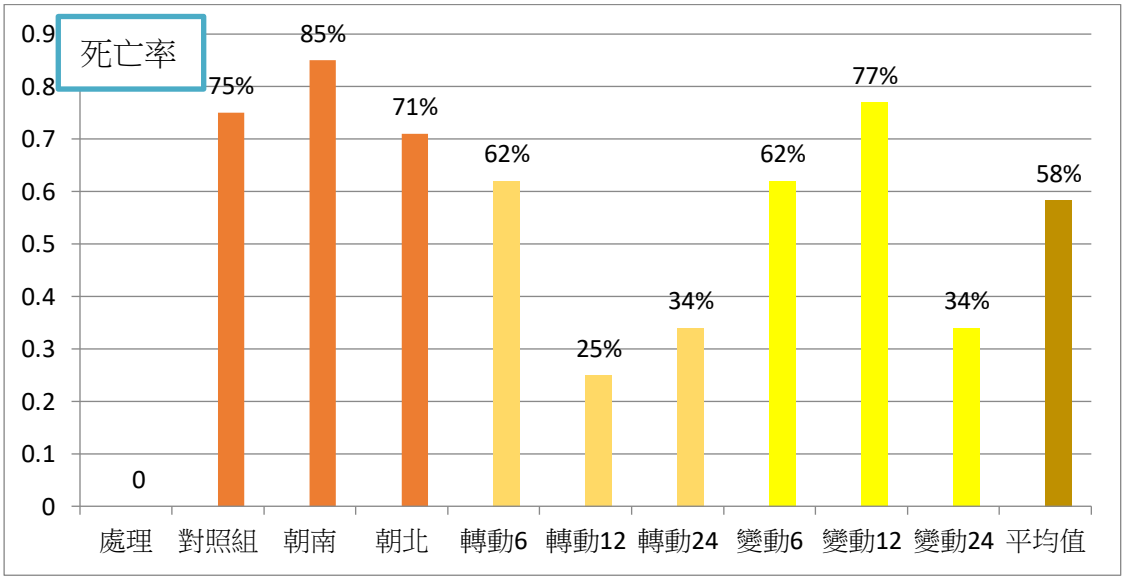
實驗結果: 死亡率 1. 2 月份死亡率為 0 ，5 月份死亡率高，季節影響遠大於磁場處理

2. 變化磁場處理死亡率多半小於未處理和固定磁場

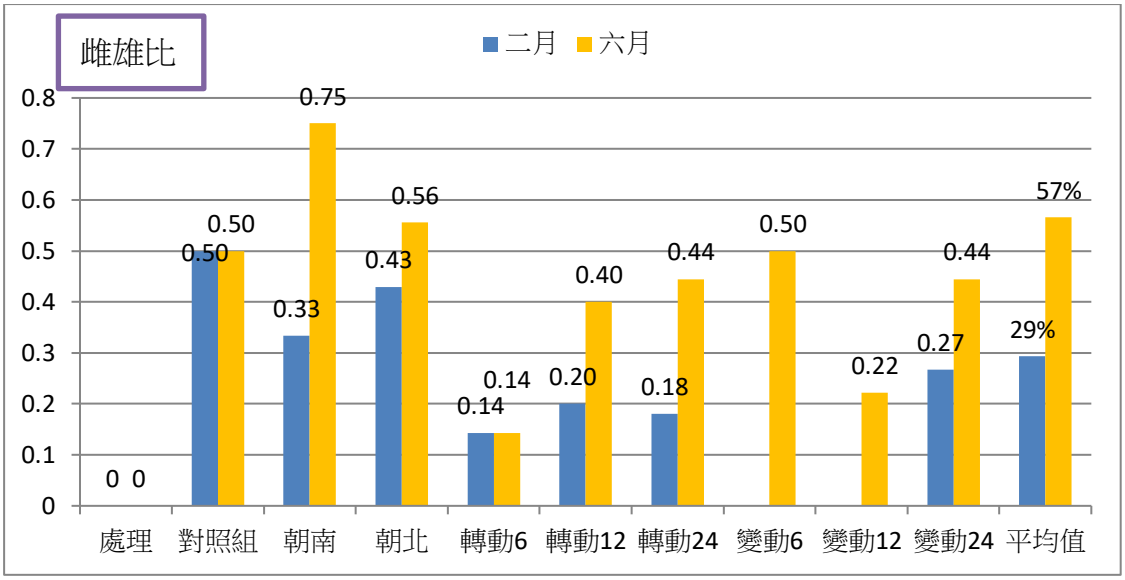
雌雄比 1. 雌雄比 2 月均比 5 月小，呈現冬季雌蛾數量少

2. 變化磁場(變動、轉動磁場) 處理比未處理、固定磁場處理的平均雌雄比高兩倍，顯示不論死亡率高低，變化磁場處理會有較多的雌蛾孵化

實驗結論:季節及不同的磁化方式均會影響死亡率及雌雄比，但死亡率受季節影響較顯著的多，而變化磁場處理死亡率多半小於未處理和固定磁場。雌雄比 2 月均比 5 月小，呈現冬季雌蛾數量少。顯示不論死亡率高低，變化磁場處理會有較多的雌蛾孵化(圖十八 圖十九)



圖十八 蛾死亡率比較圖(二月皆為 0)



圖十九 蛾雌雄比比較圖

伍、綜合討論

1.本實驗證實磁場的改變，確實或多或少影響了身長、蛹週期、蛾週期、排卵量、交配時間、雌雄比及費洛蒙變化，而總體實驗二月較五月顯著，二月顯著為:身長、蛹週期、蛾週期，五月顯著為:排卵量、交配時間、雌雄比。季節溫暖程度會影響。

2.身長主要以固定磁場(較對照組大 21%)>變動磁場(大 20.6%)>轉動磁場(大 8.7%)>對照組。

3.交配時間:

二月:變動 24hr(大 23%)>對照組>轉動 24hr(小 8%)>轉動 12hr(小 38%)>固定朝 S>固定朝 N(小 46%)

六月:變動 12hr(大 62%)>變動 6hr(大 46%)>轉動 24hr(大 8%)>變動 24hr(0.1)%>對照組(0%)>固定朝南(小 14%)>固定朝北>轉動 6hr(小 23%)>轉動 12hr

4.排卵量:

二月:變動 24hr(大 46%)>對照組>轉動 24hr(小 14%)>朝北(小 17%)>朝南(小 20%)>轉 12hr(小 20%)>轉動 6hr(小 37%)

六月:變動 24hr(大 26%)>變動 12hr(大 14%)>變動 6hr(大 2%)>對照組>轉動 24hr(小 14%)>轉動 12hr(小 23%)>轉動 6hr(小 30%)>固定朝南(小 40%)>固定朝北(小 50%)

5.死亡率:季節及不同的磁化方式均會影響死亡率及雌雄比，但死亡率受季節影響較顯著的多，而變化磁場處理死亡率多半小於未處理和固定磁場。

6.雌雄比:雌雄比 2 月均比 5 月小，呈現冬季雌蛾數量少。顯示不論死亡率高低，變化磁場處理會有較多的雌蛾孵化

7.蛾生命週期:

轉動>對照組>固定磁場>變動磁場

8.由上述實驗我們發現費洛蒙變化[6]:變動磁場>固定磁場朝 S>固定磁場朝 N>轉動磁場>對照組。

陸、結論

我們發現只要有磁場變動，都會對蠶蛾的外觀、交配時間、排卵量、蛾生命週期、擇偶、死亡率與雌雄比造成影響[10][11]，如果自然界中磁場改變，可能會逐漸影響生態圈[13]。然而本實驗將家蠶的蛹放進不同類型磁場，不同磁場羽化的成蛾進行擇偶實驗以及生殖表現。結果呈現磁場處理後孵化的蛾，身長在固定、轉動、變動磁場下依序變大 21%、8.7%、20.6%[1][4] ，生命週期在固定磁場及轉動磁場下依序會縮短 26%及變長 26% [13][14]，根據實驗結果，轉動磁場會讓生物生命週期提升，且只會選擇具轉動磁場磁化方式的蛾進行交配，在固定、轉動、變動磁場操作下產卵率依序 降低 48%、23%及增加 27%[1][14]，這與諸多研究結果一致，所以我們推測經過磁場作用下的一個生物族群會有分化的趨勢。

柒、未來展望

根據實驗結果，磁場變動對於蛾的費洛蒙分泌造成一定的影響，推之有可能造成蠶蛾蛋白質的表現差異，也許未來可以用 G.C-Mass 判別不同磁化方式的雌蛾釋放之氣體的蛋白質結構是否有差異，也發現變化磁場能夠控制家蠶的交配選擇和體型大小，希望將來能夠在各種相同的磁場環境下繼續養殖他們的子代，使用基因定序確認是否會影響後代造成基因變異。

捌、參考資料

[1] N.M. Grefner, T.L. Yakovleva, I.K. Boreysha, Effects of electromagneticradiation on tadpole development in the common frog (Ranatemporaria L.), Russ. J. Ecol. 29 (1998) 133–134.

[2] A. Balmori, Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (Ciconia ciconia), Electromagn. Biol. Med. 24 (2005) 109–119.

[3] A. Firstenberg, Microwaving Our Planet: The Environmental Impact of the Wireless Revolution, 11210.

[4] Animals exposed to electromagnetic fields can suffer a deterioration of health and changes in behavior . There was proof of frequent death in domestic animals; such as, hamsters and guinea pigs, living.
[5] 逗樂鬧，昆蟲論壇 2017 年 2 月 14 日〉蠶蛾交配行為:
http://insectforum.no-ip.org/gods/cgi-bin/view.cgi?forum=2&topic=16801
[6] 荷爾蒙:https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BF%80%E7%B4%A0
[7] 【維基百科，無作者】維基百科，自由的百科全書〈2017 年 1 月 18 日
https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%8.E4%BC%A0%E6%84%9F%E5%99%A8
[8]【一本書】(一). Arduino 互動設計入門第 2 版 14、15 章，作者趙英傑 2014.4.11 (二). 原著 NEIL A.CAMPBEL JANE B.REECE〈2012 年 11 月〉 CAMPBEL REECE 生物學
[9] Wang & Chang, 2011

[10] LIFE TABLE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF APHID *SITOBION AVENAE* (HOMOPTERA: *APHIDIDAE*) NYMPHS EXPOSED TO A STATIC MAGNETIC FIELD *Arch. Biol. Sci.*, Belgrade, 65 (4), 1415-1422, 2013
[11] Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife Alfonso Balmori Direccion General del Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla y Leon, C/Rigoberto Cortejoso, 14, 47014 Valladolid, Spain Received 10 August 2008; received in revised form 28 August 2008; accepted 30 January 2009
[12]高斯轉特斯拉
https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%AB%98%E6%96%AF_(%E5%8D%95%E4%BD%8D)
[13]] W.C. Levengood, A new teratogenic agent applied to amphibian embryos, J. Embryol. Exp. Morphol. 21 (1969) 23–31.
[14] I. Magone, The effect of electromagnetic radiation from the Skrunda Radio Location Station on Spirodela polyrhiza (L.) Schleiden cultures, Sci. Total Environ. 180 (1996) 75–80.
[15] p-value、顯著水準
http://blog.xuite.net/metafun/life/82541806-p-value%E3%80%81%E9%A1%AF%E8%91%97%E6%B0%B4%E6%BA%96%E3%80%81Type+I+error%2C+Type+2+error
[16]P值得使用與誤用，中興大學 生物系統工程研究室 陳加忠
http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_363.htm
[17]家蠶 https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9A%95 (2016 5 月)

【評語】052015

此參展作品以家蠶（Bomlyx mori）作為實驗動物模式，探討”變動磁場”對於蛾交配與產卵之效應。作者自行製作步進馬達驅動磁場裝置（固定、轉動及變動），並撰寫基礎韌體驅動程式，設計良好。分析蛾的表型參數，並分析其對擇偶和生殖表現，結果顯示蛾會選擇相同磁化方式的蛾交配，生命週期在固體磁場及轉動磁場會縮短 26%及增加 26%，產卵則降低 48%及增加 27%，並且固體磁場則雄性孵化率增加 31%，將可引用於磁場改變控制昆蟲之族群結構。建議：(1)數值收集大致符合統計作圖，惟應加入標準差；(2)進一步定量磁場強度與範圍之數值；(3)除了觀察與統計外，如果能加入分析蛾受影響之分子生化機制研究，會更好；(4)普遍來說，”季節變化”對蛾影響大於”磁場變化”，若能增加恆溫恆濕光照控制的養殖設備，可減少此季節變因，提升結果準確性。整體而言，研究動機與器材設置具有創意，研究結果也具有意義，若輔以生化方面研究，作品會更為完整。

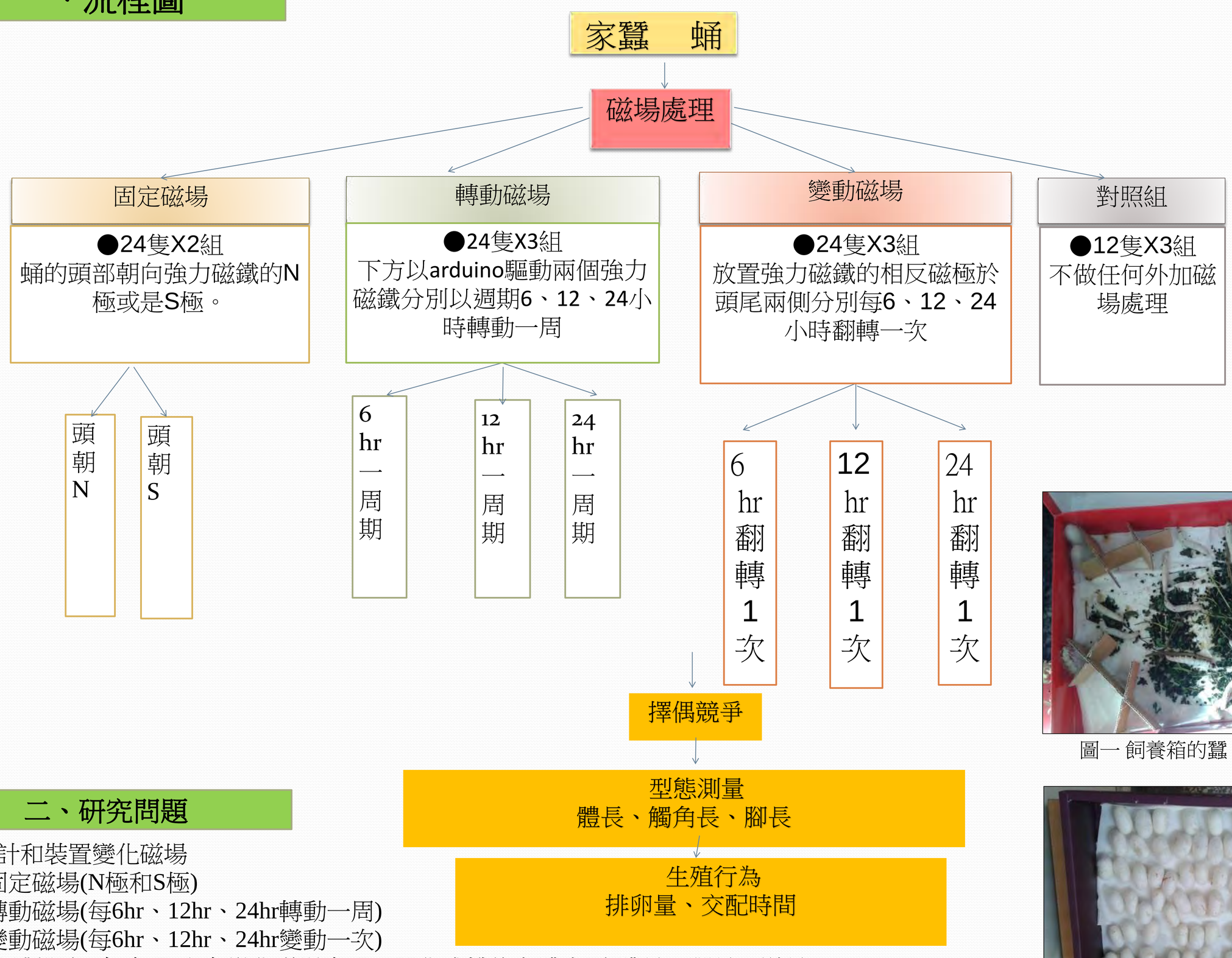
作品海報

壹、摘要

近來全球暖化或是氣候變動的情形日益明顯，造成許多傳染病媒蟲增加，許多益蟲族群數量大減，造成嚴重經濟和生態損失，**我們希望能找到一些方式或技術來控制特定昆蟲的數量**，我們猜測**磁場可以改變動物的發育和成長**，而許多文獻顯示確實如此，但一般文獻僅有固定磁場對生物的影響，極少數操作變化磁場的生物實驗。因此我們選用家蠶*Bombyx mori* (Linnaeus, 1758)作為實驗動物，將蛹先以固定磁場、轉動磁場、變動磁場處理後，測量蛾的身體表型參數，同時進行不同磁場的擇偶和生殖表現實驗。我們發現牠們會選擇具相同磁化方式的蛾交配。**生命週期在固定磁場及轉動磁場下依序會縮短26%及變長26%。產卵量依序降低48%、23%及增加27%。**且固定磁場雄性孵化比例增加31%。**本研究發現磁場改變能夠產生明顯的效應。因此可能可以以這種創新、有效且便宜的方式來控制昆蟲的族群結構。**

貳、研究過程及方法

一、流程圖



圖一 飼養箱的蠶

圖二 蛹

二、研究問題

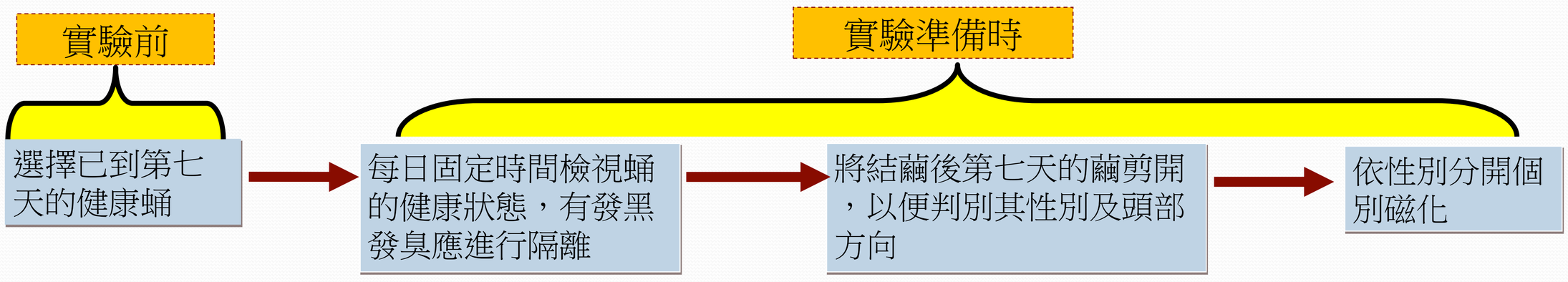
一、設計和裝置變化磁場
　1.固定磁場(N極和S極)
　2.轉動磁場(每6hr、12hr、24hr轉動一周)
　3.變動磁場(每6hr、12hr、24hr變動一次)
二、測量對照組(無處理)和各變化磁場處理下羽化成蛾的身體表型(體長、腳長、鬚長)
三、觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配時間、排卵量
四、觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配選擇
五、探討變化磁場處理對家蠶的影響

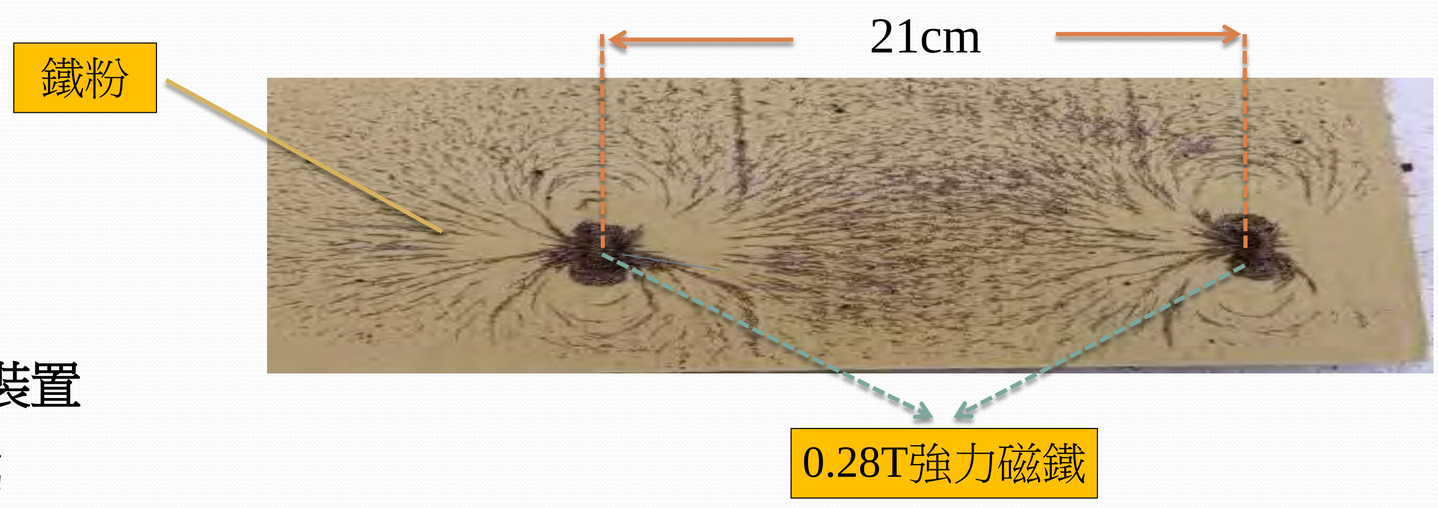
三、 研究方法

(一)、家蠶的飼養與照顧

為確保家蠶品質和穩定持續供應，採用泉明蠶寶寶生態教育農場的卵，觀察卵到孵化。孵出100隻蟻蠶飼養，將蠶放入飼養箱或紙箱，以固定時間酌量餵食桑葉(圖一)，至三、四齡時，若有細菌及病毒感染，感染種應進行隔離並使用酒精消毒，以免擴散感染。

(二)、蛹的挑選及實驗準備

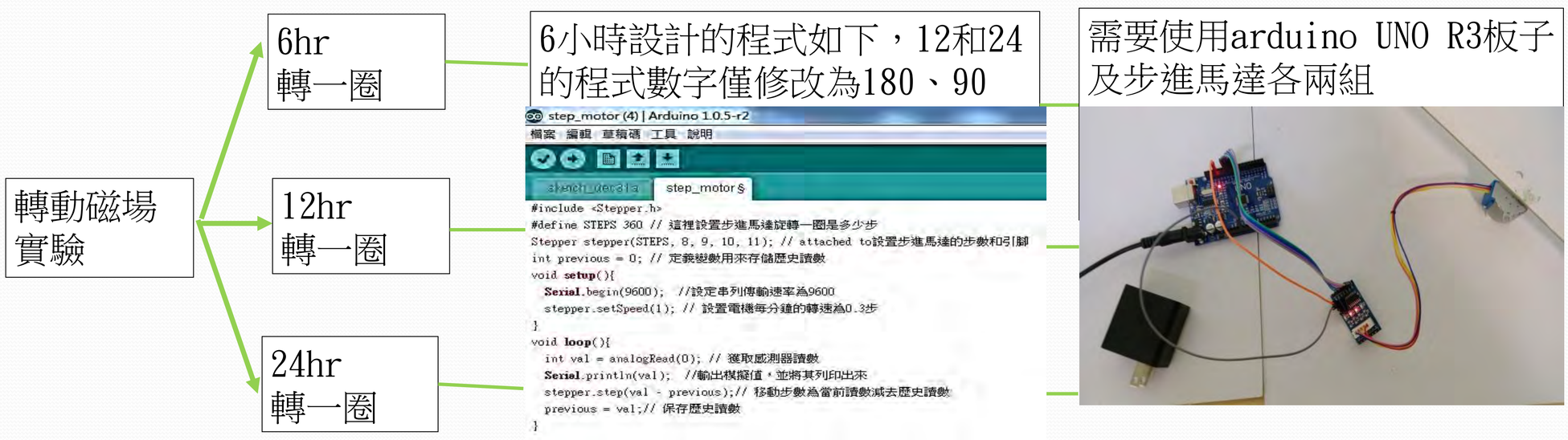




(三)、變化磁場的設計與裝置

1.磁場影響範圍測試

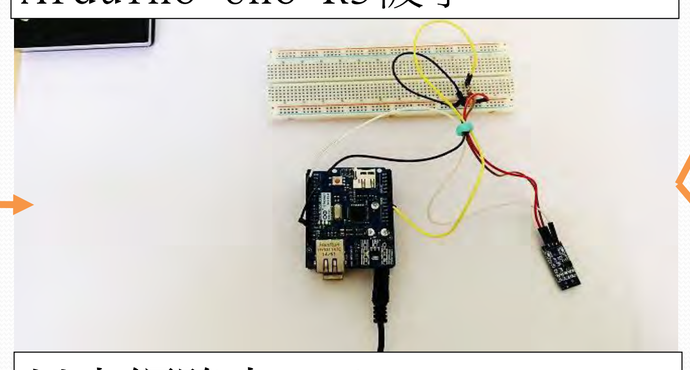
2.步進馬達程式與電路接腳



3.步進馬達程式與電路接腳

為了確保步進馬達旋轉速率是否正確 → 使用霍爾磁場感測器監測 →

Arduino Uno R3板子



以太網路卡(Ethernet)

霍爾磁場感測器

→ 有磁場時亮燈 / 無磁場時則不亮 → 傳至手機隨時監控

(四)、測量對照組(無處理)和各變化磁場處理下羽化成蛾的數據

1.外表型態(體長、腳長、鬚長)

2.觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配時間、排卵量

交配時間定義：記錄第一次雌雄蛾從尾部接觸到尾部分開的時間

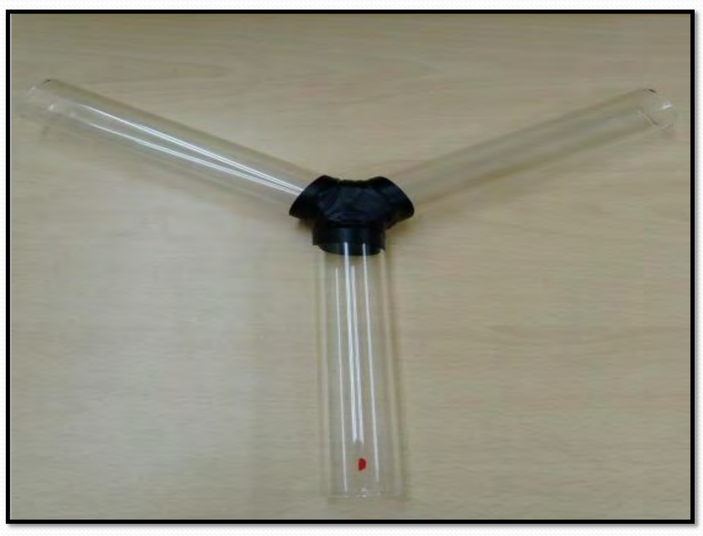
排卵量定義：記錄雌蛾排出卵的總顆數

3.觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的蛹週期、蛾生命週期

蛹週期定義:從蠶結蛹日起至蛾破蛹蛾出的日期

蛾生命週期定義: 蛾破蛹蛾出的日期至死亡的日期

(五)觀測對照組(無處理)和各變化磁場處理下成蛾的交配選擇



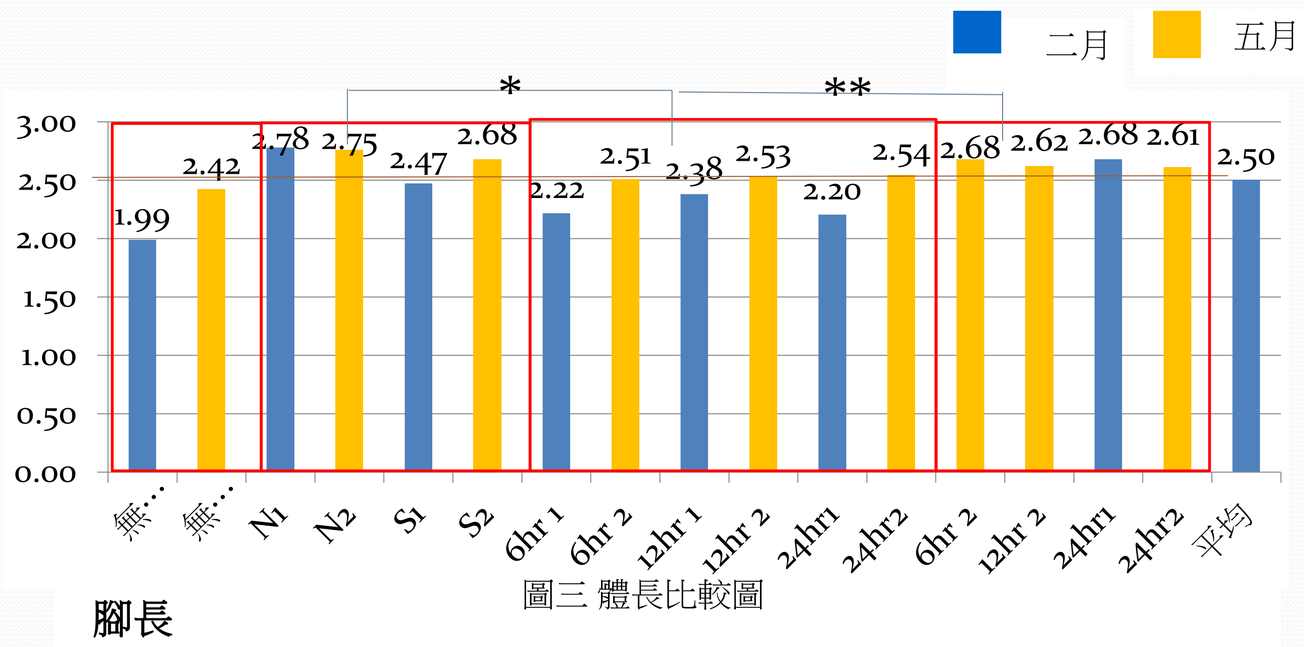
了解各種磁化方式的交配選擇

1.對照組雌蛾
2.固定磁場朝南雌蛾
3.固定磁場朝北雌蛾
4.變動(24hr)磁場雌場
5.轉動磁場(6hr)的雌蛾

1.對照組雌蛾
2.固定磁場朝南雌蛾
3.固定磁場朝北雌蛾
4.變動(24hr)磁場雌蛾
5.轉動磁場(6hr)的雌蛾

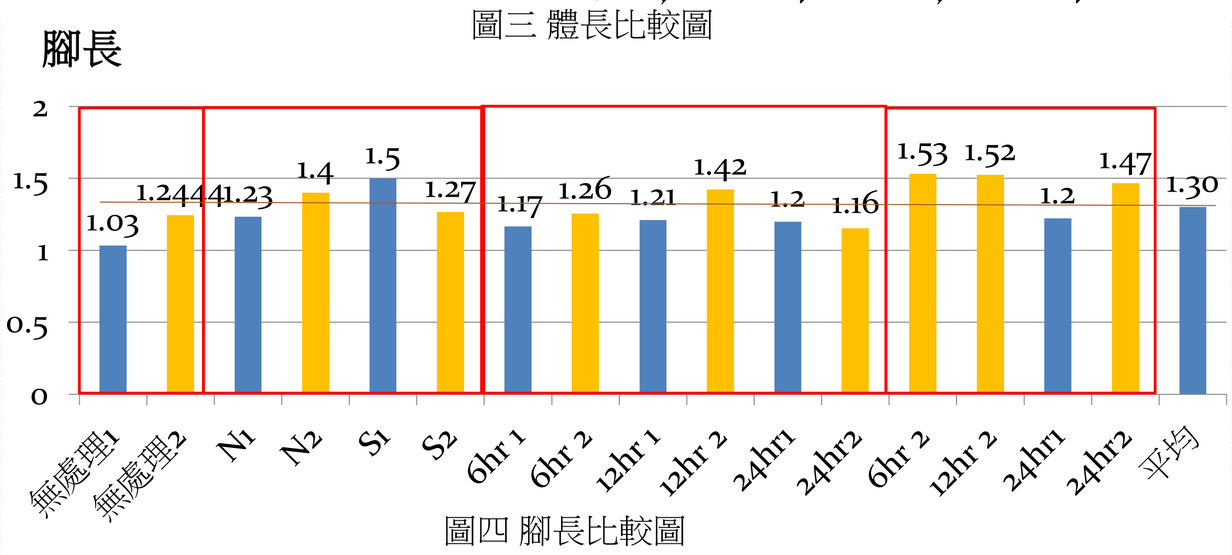
1.變動磁場雄蛾
2.固定磁場朝南雄蛾
3.固定磁場朝北雄蛾
4.轉動(6hr)磁場雄蛾
5.對照組雄蛾

參、 實驗結果與討論



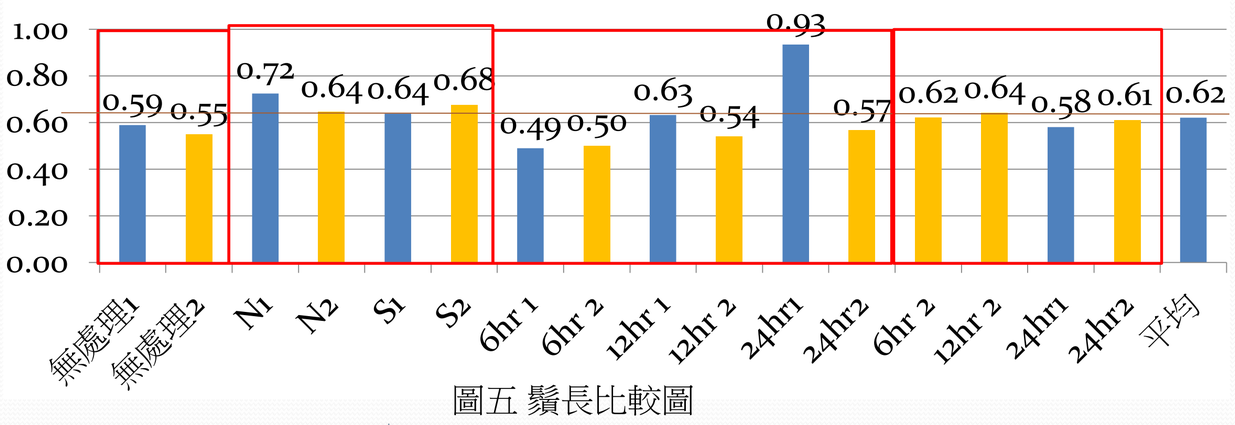
圖三 體長比較圖

實驗結論：
1.身體長度無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與變動磁場**無差異性**(p值分別為: 0.29、0.55、0.29、0.76)但固定磁場與轉動磁場**有差異性**(p值: 0.024)，轉動磁場與變動磁場**有顯著差異**(p值: 0.009)。
2.五月體長大於二月體長(但不顯著，因p值: 0.10)。
3.固定磁場體長大於變動磁場大於轉動磁場大於無處理(對照組)。（圖三）



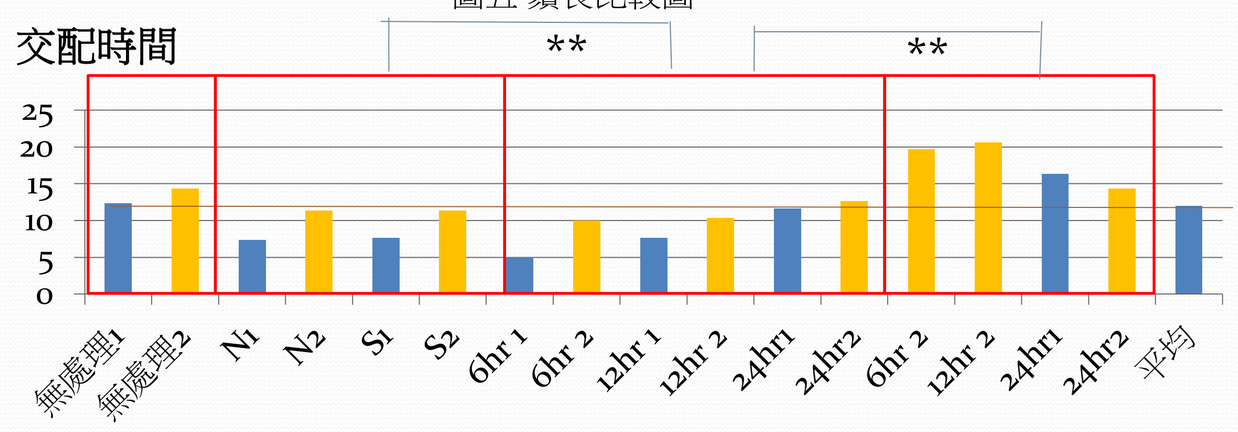
圖四 腳長比較圖

實驗結論：
1.身體長度無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與變動磁場和固定磁場與轉動磁場和轉動磁場與變動磁場**無差異性**(p值分別為: 0.23、0.55、0.15、0.18、0.40、0.06)。
2.五月體長大於二月體長(但不顯著，因p值: 0.29)。
3.固定磁場體長大於變動磁場大於轉動磁場大於無處理(對照組)。（圖四）



圖五 鬚長比較圖

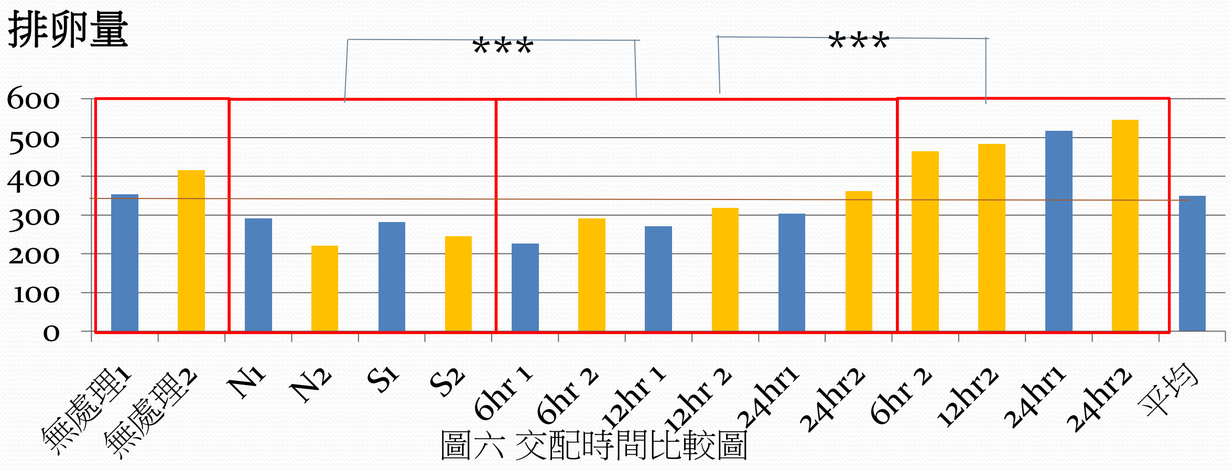
實驗結論：
1.身體長度無處理(對照組)與轉動磁場、變動磁場和固定磁場與變動磁場和固定磁場與轉動磁場和轉動磁場與變動磁場**無差異性**(p值分別為:0.59、0.20、0.42、0.06、0.97)。
2. 身體長度無處理(對照組)與固定磁場有差異(p值: 0.03)。
3. 五月體長大於二月體長(但不顯著，因p值: 0.32)
4. 固定磁場體長大於變動磁場大於轉動磁場大於無處理(對照組)(但無明顯差異)。（圖五）



圖六 交配時間比較圖

實驗結論:
1.交配時間無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與與轉動磁場**無差異性** (p值分別為:0.03、0.59、0.20、0.43、0.06、0.97)。
2.變動磁場和固定磁場與轉動磁場與變動磁場**有顯著差異**(p值分別為:0.003976、0.004554)。
3.五月交配時間大於二月交配時間(但不顯著，因p值:0.056)。
4.變動磁場交配時間大於無處理(對照組)大於轉動磁場大於固定磁場(但無明顯異)。（圖六)

排卵量



圖六 交配時間比較圖

實驗結論:

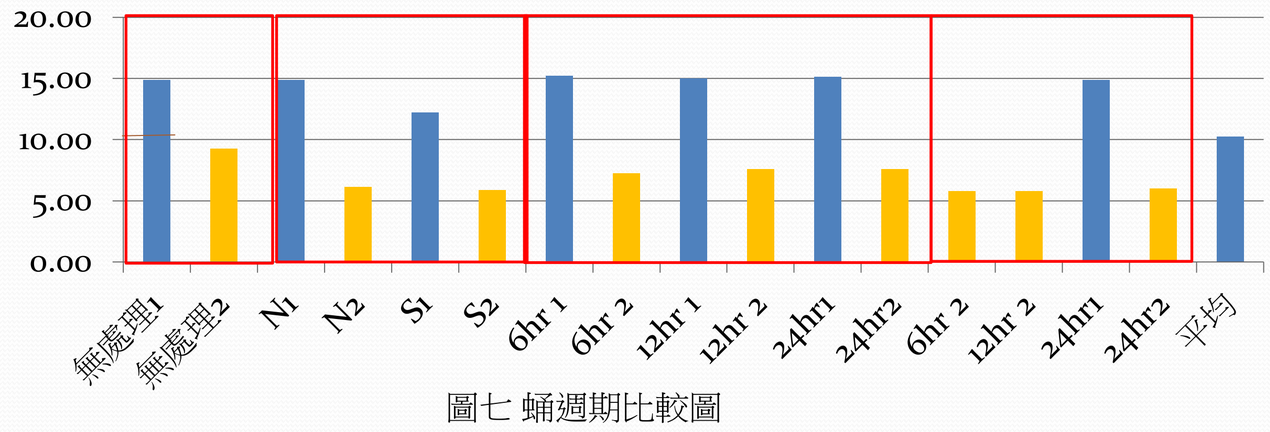
1.排卵量無處理(對照組)與固定磁場、轉動磁場、變動磁場和固定磁場與與轉動磁場**無差異性** (p值分別為:0.03、0.59、0.20、0.43、0.056、0.97)。

2.變動磁場和固定磁場與轉動磁場與變動磁場**有極顯著差異** (p值分別為:5.66e-05、4.35e-05)。

3.五月交配時間大於二月排卵量(但不顯著，因p值:0.56)。

4.變動磁場排卵量大於無處理(對照組)大於轉動磁場大於固定磁場(但無明顯差異)[4](圖六)

蛹週期



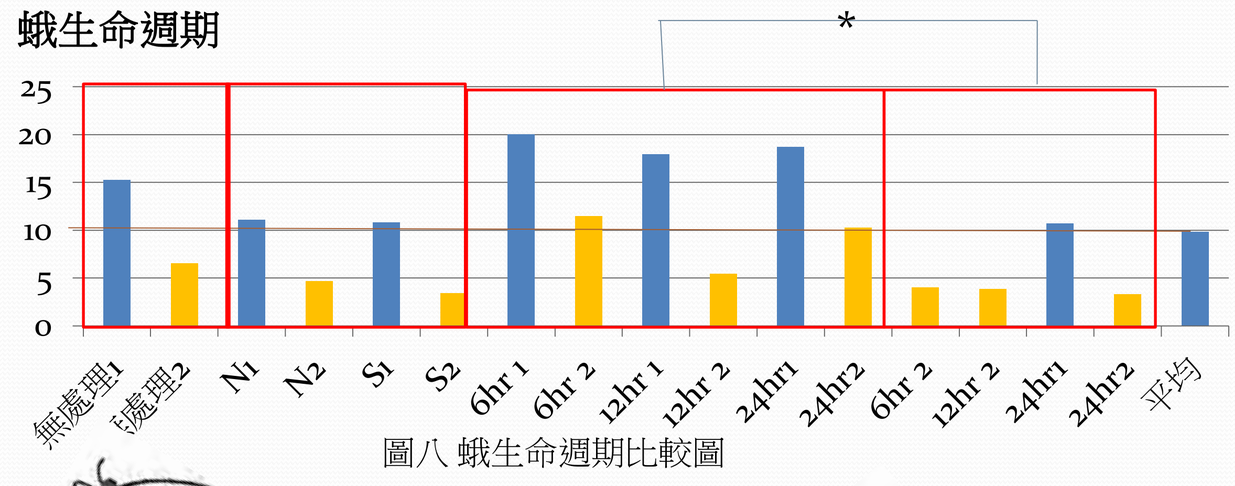
圖七 蛹週期比較圖

實驗結論:

1.蛹週期無處理等於轉動磁場大於固定磁場大於變動磁場。

2.季節的影響有極顯著差異(p值:0.00093)。(圖七)

蛾生命週期



圖八 蛾生命週期比較圖

實驗結論:

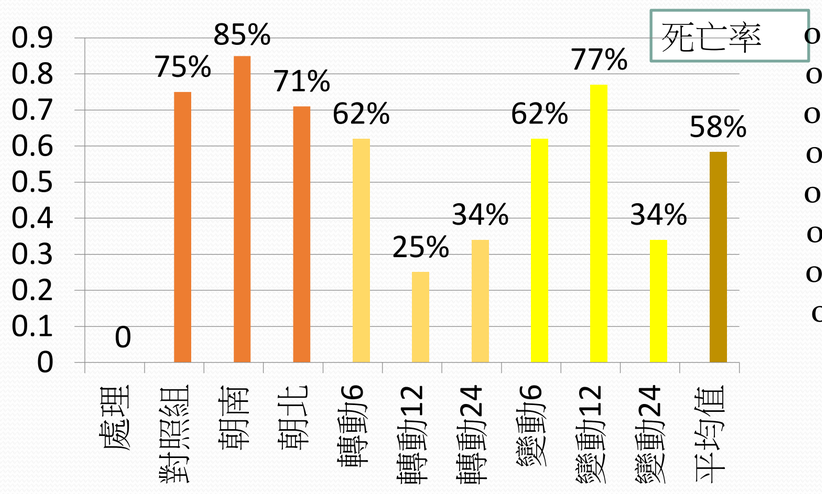
轉動磁場與變動磁場**有差異**(p值:0.02)

季節變化**有極顯著差異**(p值:0.00045)(圖八)。

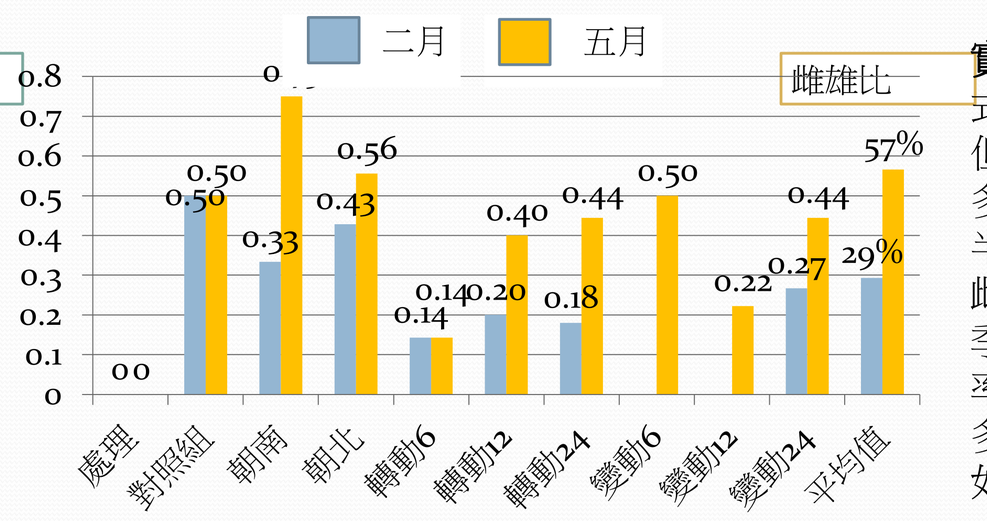
圖九 蛾交配選擇比較圖

實驗結論:

可知變動磁場雌蛾較容易吸引每種磁化方式雄蛾，若排除變動磁場，則固定磁場N極雄蛾會找固定磁場N極雌蛾，相對的，固定磁場S極雄蛾會找固定磁場S極雌蛾(圖九)。



圖十 蛾死亡率比較圖



圖十一 蛾雌雄比比較圖

實驗結論:季節及不同的磁化方式均會影響死亡率及雌雄比，但死亡率受季節影響較顯著的多，而變化磁場處理死亡率多半小於未處理和固定磁場。[1]

雌雄比2月均比5月小，呈現冬季雌蛾數量少。顯示不論死亡率高低，變化磁場處理會有較多的雌蛾孵化。[3]

如圖十、十一

結論

磁場變動 —影響→ 蠶蛾的外觀、交配時間、排卵量、蛾生命週期、擇偶、死亡率與雌雄比

推測 → 如果自然界中磁場改變，可能會逐漸影響生態圈

身長

固定磁場	變大21%
轉動磁場	變大8.7%
變動磁場	變大20.6%

生命週期

固定磁場	縮短26%
轉動磁場	變長26%

交配選擇

相同磁化方式的蛾 → 容易親近而交配
固定N極雄蛾易與固定N極雌蛾親近而交配
固定S極雄蛾易與固定S極雌蛾親近而交配

產卵量

固定磁場	降低48%
轉動磁場	降低23%
變動磁場	增加27%

推測能以磁場改變昆蟲發育、成長、存活率，達到有效、安全且便宜的方式來控制益害蟲的族群結構

參考資料

生物	磁場強度/時間	磁場型態	結果	作者
[1].青蛙	1T/ 數小時至數天	靜態磁場	死亡率上升	Balmori 2010
[2].果蠅	0.6T/24hr	靜態磁場	引起DNA損傷	Takao et al 1995
[3].沙門桿菌(蝴蝶)	0.9T/ 12天	靜態磁場	遺傳突變、細胞凋亡、(雌雄比)	Ghodbane et al 2013
[4].蚜蟲	0.176T 0.065T/ 11.7天	靜態磁場	生殖量下降	He et al 2013
[5].青蛙	1T/數小時至數天	靜態磁場	種族衰落	Balmori 2010
[6].蠶蛾	0.36T/7天	靜態、轉動、變動磁場	有交配選擇現象:可能產生生物種化	第57屆科展 地磁對生物的效應