

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

第三名

040712

勝敗兵家吾可期

—探討蟋蟀之勝者效應及影響蟋蟀打鬥的因子

學校名稱：國立新竹女子高級中學

作者： 高二 許育蓁 高二 洪季嬋 高二 王 馨	指導老師： 林冠慧 鄭惠文
---	-----------------------------

關鍵詞：黃斑黑蟋蟀、勝者效應

摘要

為了生存，動物之間存在著競爭關係。其中，某些物種會透過打鬥分配有限資源，而打鬥的方式又隨物種不同而有所差異。根據先前研究顯示^[1]，打鬥的過程及結果的勝敗，容易受到個體對敵方或自身打鬥能力評估的影響。本研究以黃斑黑蟋蟀作為實驗對象，發現體型差異會改變打鬥的勝敗機率，年齡大小則會影響打鬥的激烈指數及持續時間，故進一步控制上述兩項變因，發現勝者效應會隨時間而消退，並推測其形成強弱會受到是否具有勝利經驗、打鬥經驗及體能耗損的影響。

壹、研究動機

族群中的個體會為了各種生存資源，彼此互相競爭，而同種的雄性個體之間，常因護衛領域或爭取交配機會而互相打鬥。國人先前的研究發現，擁有打鬥勝利經驗之紅樹林鱗魚 (*Kryptolebias Marmoratus*)和無打鬥經驗者相比，具有較高的勝利機率^[2]；而國外亦有相關研究指出，擁有打鬥勝利經驗之蟋蟀和無經驗者相比，具有較強烈的打鬥意願，稱為 **Winner Effect**，可翻譯為「勝者效應」^[3]。然而，我國目前尚未出現蟋蟀勝者效應之相關研究，故我們將以黃斑黑蟋蟀作為研究對象，先確認蟋蟀的體型及年齡是否會影響打鬥的勝敗結果，再驗證勝者效應是否存在黃斑黑蟋蟀之打鬥中，並進一步探討影響蟋蟀打鬥勝敗機率之因子。

貳、研究目的

- 一、探討體重與蟋蟀打鬥勝率之相關性。
- 二、探討體長與蟋蟀打鬥勝率之相關性。
- 三、探討年齡大小與蟋蟀打鬥行為之相關性。
- 四、驗證打鬥勝者效應之存在性。
- 五、測定勝者效應之消退時機。
- 六、探討勝者效應之形成原因。

參、研究器材及設備

一、實驗對象：黃斑黑蟋蟀 (*Gryllus bimaculatus*)的介紹

 <p>圖 1：黃斑黑蟋蟀 (上圖為雄蟲，下圖為雌蟲)</p>	中文名稱	黃斑黑蟋蟀
	學名	<i>Gryllus bimaculatus</i>
	分類	昆蟲綱 (<i>Insecta</i>)、直翅目 (<i>Orthoptera</i>)、蟋蟀科 (<i>Gryllidae</i>)、蟋蟀屬 (<i>Gryllus</i>)
	外觀特色	體長約 24-28mm，體色為黑褐色，翅膀前端有黃斑。雄蟲翅膀花紋成不規則形狀，可用摩擦發音，有求偶、警示、領域宣示等作用。雌蟲翅膀成規則性的網狀，尾端具有產卵管，不會鳴叫。
	棲息地	本種分布於平地或低海拔山區，棲息在草叢或落葉、石瓦縫隙裡
	分布	廣泛分布於全球各地
	生活史	卵期(約 13 天) 若蟲期(約 67 天，需經 8 次蛻皮蛻變為成蟲) 成蟲期(雄蟋蟀約 43 天，雌蟋蟀約 37 天，經過打鬥之雄蟋蟀壽命會縮短至約 7 天)

資料來源：台灣生物多樣性資訊入口網—黃斑黑蟋蟀 <http://taibif.tw/zh/namecode/348349>
楊平世等(1994)。黑蟋蟀之生活史及若、成蟲行為之觀察。台大農學院研究報告。

圖片來源：晁陽綠能園區 <http://www.solarfarm.com.tw/News-Content.aspx?ID=53>

二、設備與器材

本研究所使用的器材與設備如下表所示。

設備或器材	用途	數量	圖示編號
自製打鬥場 (30×7×7cm)	限定蟋蟀打鬥區域，提供場所方便觀測數據	3 座	2a、2b
貓勒	模擬敵方之觸角，使蟋蟀產生打鬥意願	3 支	2c
方格紙	測量蟋蟀之體長	1 張	--
尺	測量蟋蟀之體長	1 把	--
500ml 燒杯	蟋蟀隔離飼養之場所	200 個	2d
紗布	防止蟋蟀離開燒杯	5 盒	2d
舊報紙	提供蟋蟀住所之抓地力	50 份	2d
電子天平	測量蟋蟀之體重	1 臺	2e
數位相機	拍攝蟋蟀之打鬥過程	2 臺	--
恆溫飼養箱	控制蟋蟀之生長條件	2 臺	2f
電腦	儲存及分析數據	3 臺	--

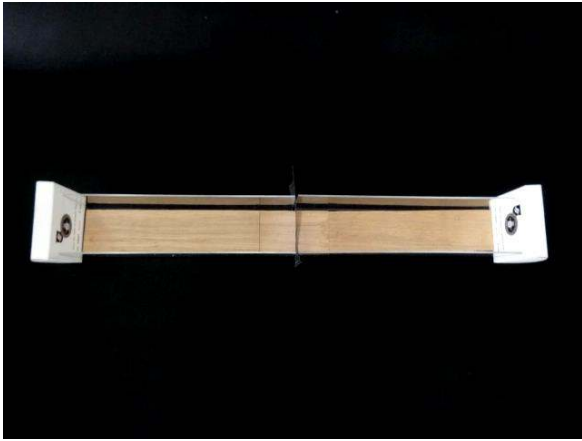


圖 2a：自製打鬥場(俯視圖)

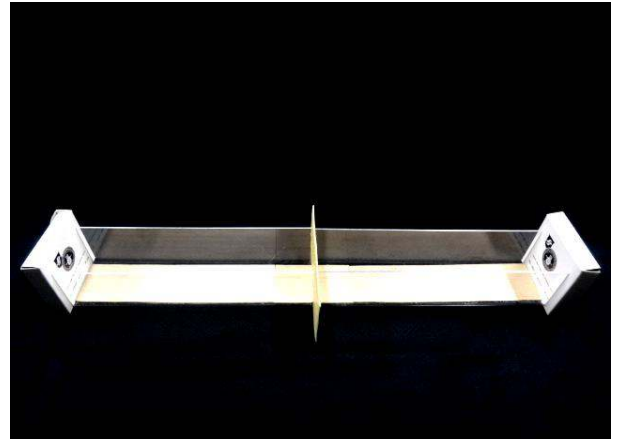


圖 2b：自製打鬥場(側視圖)

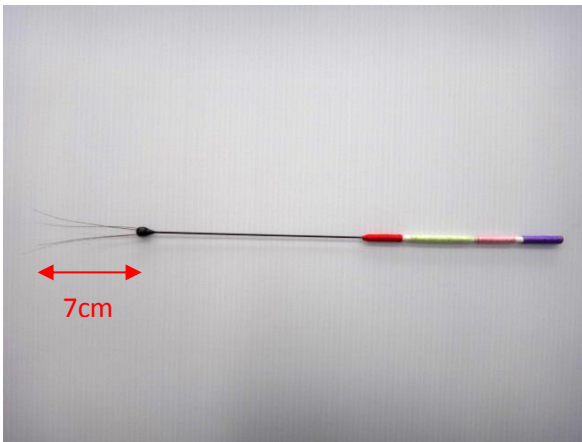


圖 2c：貓勒



圖 2d：蟋蟀隔離飼養之場所



圖 2e：電子天平

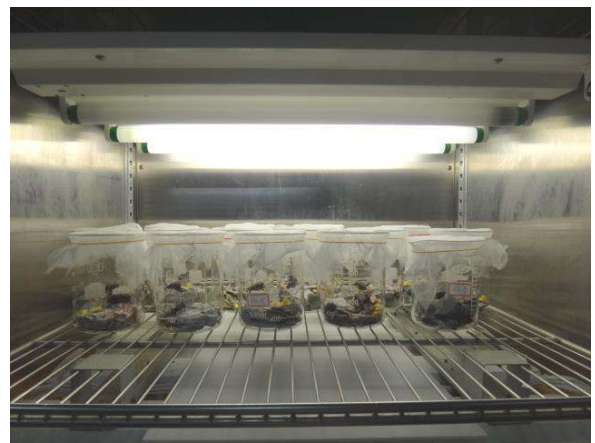


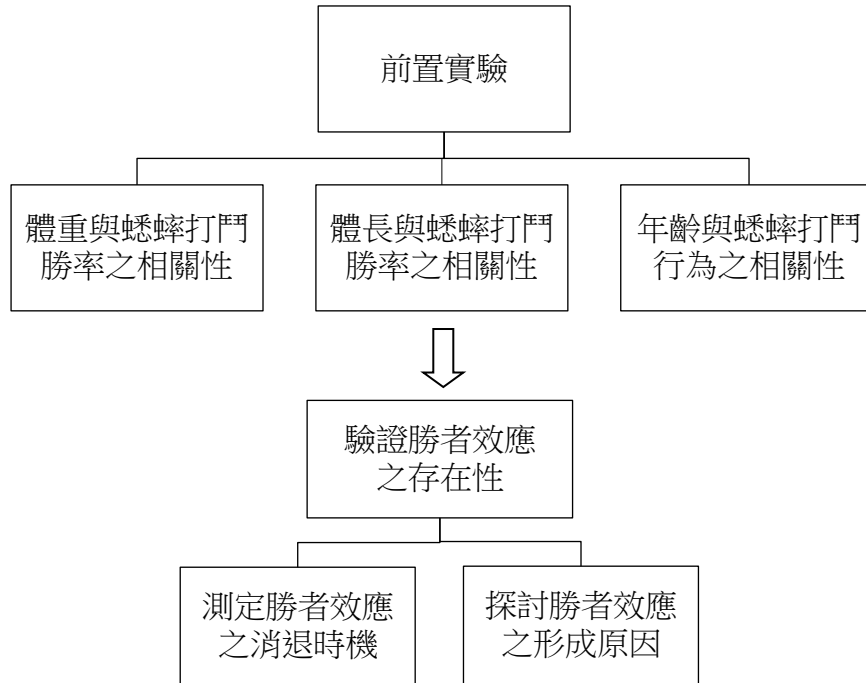
圖 2f：恆溫飼養箱

三、數據分析

(一) 以 Excel 建檔資料、計算平均值及標準偏差

肆、研究過程或方法

一、實驗流程圖



二、實驗定義

(一) 定義名詞

名詞	定義
N	指羽化後第 7-12 天，與對手之體重差異值在 0.2g 以內，體長差異值在 0.3cm 以內且無打鬥經驗之蟋蟀。
W	指原本無打鬥經驗之蟋蟀(N)，經一次打鬥後，擁有一次勝利經驗者。
WWF	即只具勝利經驗而無打鬥經驗之蟋蟀，產生方法見實驗介紹。
FWW	即只具打鬥經驗而無勝利經驗之蟋蟀，產生方法見實驗介紹。
打鬥配對	以「A-B」表示，A 及 B 代表此蟋蟀具有何種打鬥經驗。例如：「N-N」為無打鬥經驗的二隻蟋蟀對打。若打鬥配對為 W-W，後加註括弧代表蟋蟀分別獲得一次勝利經驗後，等待多久時間才發生第二場打鬥。例如：「W-W(5min)」為只擁有一次勝利經驗之蟋蟀，歷經 5 分鐘後與另一相同條件之蟋蟀產生對打。

(二)打鬥行為的定義

先發生「打鬥開始」之行為(參照下方「打鬥開始與結束的定義」)，歷經至少第一級之打鬥激烈指數分級，再發生「打鬥結束」之行為，稱之為打鬥。

(三)打鬥開始與結束的定義：

1. 打鬥開始：蟋蟀雙方頭部距離小於一隻蟋蟀之頭部長度(約 0.7cm)時，定義為打鬥開始(見圖 3a)。
2. 打鬥結束：當其中一隻蟋蟀發出叫聲或有明顯逃跑的行為時，定義為打鬥結束(見圖 3b)。

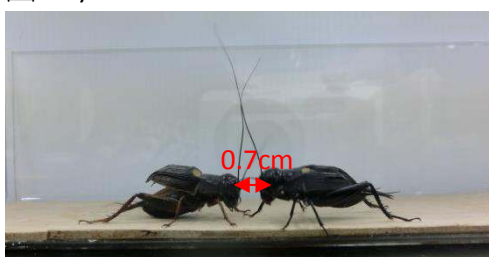


圖 3a：打鬥開始



圖 3b：打鬥結束

(四)打鬥激烈指數(依肢體接觸之強度)：

指數等級	定義	圖示編號
1	兩隻蟋蟀在打鬥過程中，皆有張開下顎或振動翅膀的動作。	4a
2	兩隻蟋蟀的下顎互相咬合，且單一蟋蟀個體在打鬥中，最多有兩隻腳離開地面。	4b
3	兩隻蟋蟀的軀體互相接觸，表現出明顯的纏鬥行為，此時單一蟋蟀個體在打鬥中，有至少三隻腳離開地面，且纏鬥時間在 3 秒內。	4c
4	兩隻蟋蟀的軀體互相接觸，表現出明顯的纏鬥行為，此時單一蟋蟀個體在打鬥中，有至少三隻腳離開地面，且纏鬥時間在 3-5 秒內。	4c
5	兩隻蟋蟀的軀體互相接觸，表現出明顯的纏鬥行為，此時單一蟋蟀個體在打鬥中，有至少三隻腳離開地面，且纏鬥時間在 5 秒以上。	4c



圖 4a：第 1 級



圖 4b：第 2 級



圖 4c：第 3~5 級

(五)定義打鬥後蟋蟀雙方的勝敗：

1. 勝者：完成打鬥後，發出勝利叫聲或非明顯逃跑者稱為勝者。
2. 敗者：完成打鬥後，未發出勝利叫聲或明顯逃跑者稱為敗者。

(六)定義蟋蟀的羽化日期與年齡：

1. 羽化日：在飼養蟋蟀的過程中，固定於每日中午 12 時檢查每隻蟋蟀之羽化情形，若此時已羽化或正在羽化者，定義該日為該蟋蟀之羽化日。
2. 年齡：蟋蟀之年齡定義為蟋蟀羽化後到進行打鬥實驗的天數，且將該蟋蟀之羽化日定義為第一天，並以阿拉伯數字表示，如下公式：

$$\text{蟋蟀之年齡} = \text{進行打鬥的實驗日期} - \text{羽化日期} + 1$$

三、實驗介紹

(一)準備實驗：養殖蟋蟀的方式及定義蟋蟀打鬥的流程。

1. 養殖蟋蟀方式

- (1) 至蟋蟀養殖場 (晁陽綠能園區)採買蟋蟀 (八齡時期若蟲)。
- (2) 在實驗室將每隻蟋蟀分裝至單一燒杯中。
- (3) 飼養於恆溫箱 (溫度 28°C，濕度 40%，進行隔離飼養，餵食及清理時間為每日中午 12 時)。
- (4) 每日中午 12 時觀察蟋蟀生長情形，在羽化成蟲後，於燒杯上標示羽化時間。

2. 蟋蟀打鬥流程

- (1) 將兩隻蟋蟀同時放入自製打鬥場兩側，中間以隔板將雙方隔離。
- (2) 以貓勒同時激怒兩隻蟋蟀，使蟋蟀產生打鬥意願。
- (3) 確認蟋蟀已進入備戰狀態後，將隔板抽離，使蟋蟀互相接近並開始打鬥。
- (4) 以數位相機記錄打鬥全程。
- (5) 確認勝者及敗者後，結束雙方的打鬥，實驗結束。

(二)前置實驗：每隻蟋蟀的體長、體重及年齡不同皆可能影響打鬥的勝敗結果或過程，因此在測試勝者效應前，探討上述因素對蟋蟀打鬥勝敗之影響。

【實驗一】體重與蟋蟀打鬥勝率之相關性

1. 實驗目的：探討體重在相同差距內對打鬥勝敗之影響。
2. 實驗步驟：
 - (1) 利用電子天平秤量每隻蟋蟀的體重。
 - (2) 將蟋蟀按照體重，配對出體重差距介於 0-0.2g、0.2-0.4g、0.4-0.6g 之組別。
 - (3) 將同組別之蟋蟀進行打鬥實驗，確認勝者及敗者。
 - (4) 分析不同體重差異，對蟋蟀打鬥之勝敗是否有影響。

【實驗二】體長與蟋蟀打鬥勝率之相關性

1. 實驗目的：探討體長在不同差距內對勝敗之影響。
2. 實驗步驟：
 - (1) 利用尺及方格紙計算每隻蟋蟀的體長。
 - (2) 將蟋蟀按照體長，配對出體長差距在 0-0.3cm、0.3-0.6cm、0.6-0.9cm 區間之組別。
 - (3) 將同組別之蟋蟀進行打鬥實驗，確認勝者及敗者。
 - (4) 分析不同體長差異，對蟋蟀打鬥之勝敗結果是否有影響。

【實驗三】年齡大小與蟋蟀打鬥行為之相關性

1. 實驗目的：探討不同年齡對蟋蟀打鬥行為之影響。
2. 實驗步驟：
 - (1) 依蟋蟀的羽化日計算蟋蟀的年齡(計算方式參照實驗定義)。
 - (2) 將蟋蟀按照年齡分為 7-8 天、9-10 天、11-12 天、13-14 天、15-16 天、17-18 天等六種區間之組別。
 - (3) 將同組別之蟋蟀進行打鬥實驗。
 - (4) 測量其打鬥激烈指數及持續時間。
 - (5) 就測量之數據與對照組(又名「7-8 天」、「N-N」，以下所提及之對照組皆為此意)進行比較。

(三)勝者效應相關實驗：根據文獻記載^[3]，黃斑黑蟋蟀在打鬥時會產生「勝者效應」，依據該文獻，設計實驗驗證勝者效應之存在性，並探討其消退時機與形成原因。

【實驗四】：驗證勝者效應之存在性

1. 實驗目的：驗證勝者效應存在於蟋蟀的打鬥行為之中。
2. 實驗步驟：
 - (1) 取 N 兩兩對打以產生勝者（代號 W）。
 - (2) 間隔 5 分鐘後，使 W-W 進行打鬥。
 - (3) 測量其打鬥激烈指數及持續時間。
 - (4) 就測量之數據與對照組進行比較。

【實驗五】測定勝者效應之消退時機

1. 實驗目的：測定蟋蟀打鬥勝者效應之消退時機。
2. 實驗步驟：
 - (1) 取 N 兩兩對打以產生 W。
 - (2) 取各組之 W，經不同時間間隔後，使 W-W 進行打鬥。時間間隔共取六種：1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、7 分鐘、9 分鐘、11 分鐘。
 - (3) 測量其打鬥激烈指數及持續時間。
 - (4) 就測量之數據與對照組進行比較。

【實驗六】探討勝者效應之形成原因

1. 實驗目的：本實驗設計分為兩種：「不戰而勝」及「戰而不勝」，以探討勝者效應在打鬥過程中形成的時間點與原因。
2. 實驗步驟：
 - 不戰而勝(Winning Without Fighting，以下稱為 WWF)
 - (1) 取二隻 N 同置於打鬥場。
 - (2) 隨機選擇其中一方以貓勒激怒，另一方不做任何處置。
 - (3) 以貓勒誘使被激怒方靠近另一方，造成後者退避；若後者未退避且與前者進行打鬥，則該筆數據不採計。
 - (4) 間隔 5 分鐘後，使該被激怒之蟋蟀與另一作相同處理之蟋蟀進行打鬥。

(5) 測量其打鬥激烈指數及持續時間。

(6) 就測量之數據進行比較。

● 戰而不勝(Fighting Without Winning，以下稱為 FWW)

(1) 取二隻 N 同置於打鬥場。

(2) 以貓勒激怒雙方使其開始打鬥，並在開始打鬥時立即將雙方分離，使兩者並無分出勝負。

(3) 間隔 5 分鐘後，將被分離之個體分別與另一作相同處理之蟋蟀進行打鬥。

(4) 測量其打鬥激烈指數及持續時間。

(5) 就測量之數據進行比較。

伍、研究結果

【實驗一】體重對蟋蟀打鬥勝敗之影響

圖 5 與圖 6 之體重差定義為：「打鬥雙方的體重差異值」。而「相差組數占總組數的比例」則為「體重較重者獲勝的組數減體重較輕者獲勝的組數占總組數的比例」，其公式如下：

$$\text{相差組數占總組數的比例} = \frac{\text{體重較重者獲勝組數} - \text{體重較輕者獲勝組數}}{\text{總組數}} \times 100\%$$

圖 5 之體重差距以 0.2g 為間距，圖 6 則以 0.05g 為間距進行分析。

由圖 5 可知，若兩隻蟋蟀的體重差距在 0.2g 以內，其重者獲勝比例與輕者獲勝比例相似，代表在此間距內，體重對打鬥之勝負並無顯著影響。然而，體重差距在 0.2g 以上(包括體重差距在 0.2-0.4g 及 0.4-0.6g)之組別，重者獲勝比例較輕者來得高。此結果顯示，若體重差距在 0.2g 以內，對於蟋蟀打鬥之勝負並無顯著影響。因此，以下所使用之蟋蟀打鬥實驗中，皆將兩隻蟋蟀的體重差距控制在 0.2g 以內。

另外，由圖 6 可知，當兩打鬥之個體的體重差距在 0.05-0.1g 以內時，其相差組數占總組數的比例最低。因此以下的實驗中，會以將兩隻蟋蟀的體重差距控制在 0.2g(原標準)及 0.1g(新標準)以內進行分析，並比較兩者結果是否不同。

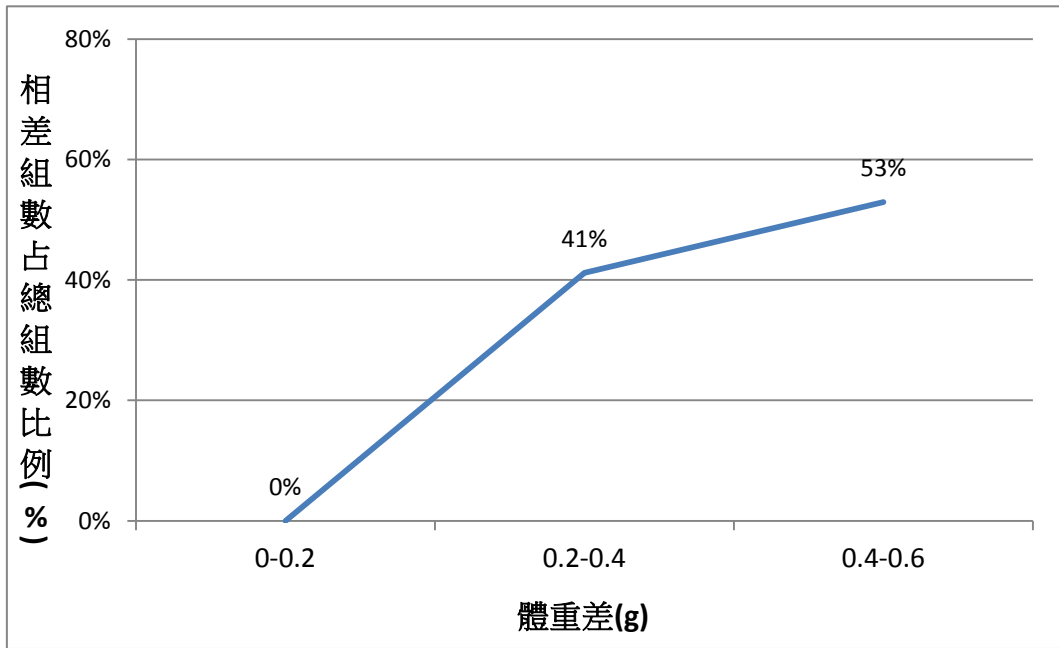


圖 5：不同體重差距對蟋蟀打鬥勝敗之影響(以 0.2g 為間距)

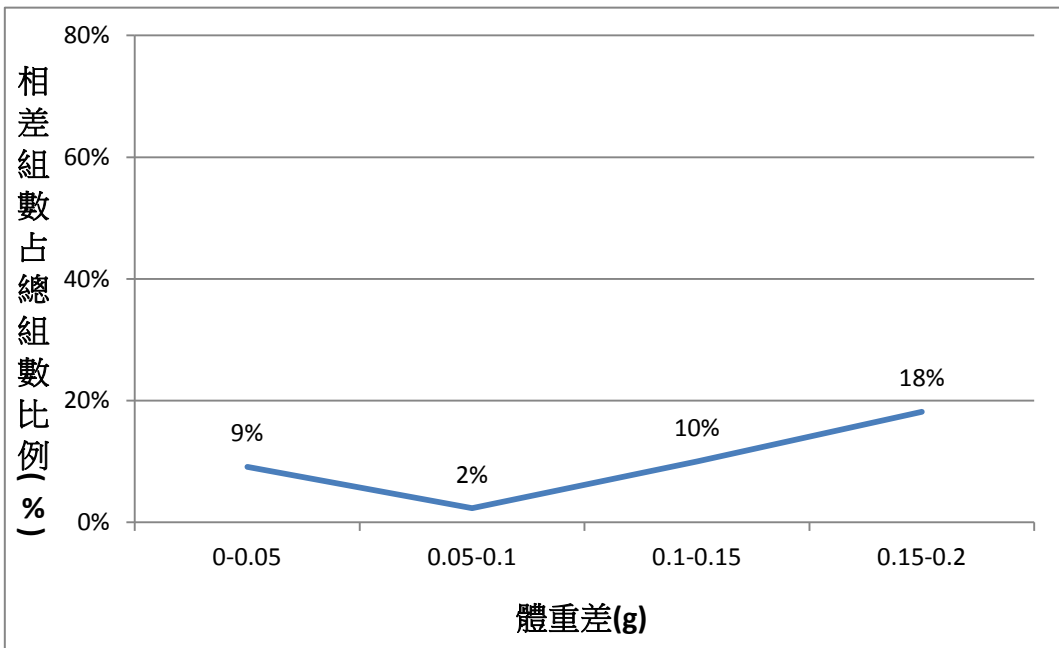


圖 6：不同體重差距對蟋蟀打鬥勝敗之影響(以 0.05g 為間距)

【實驗二】體長對蟋蟀打鬥勝敗之影響

圖 7 與圖 8 之體重差定義為：「打鬥雙方的體長差異值」。而「相差組數占總組數的比例」則為「體長較長者獲勝的組數減體長較短者獲勝的組數占總組數的比例」，其公式如下：

$$\text{相差組數占總組數的比例} = \frac{\text{體長較長者獲勝組數} - \text{體長較短者獲勝組數}}{\text{總組數}} \times 100\%$$

圖 7 之體長差距以 0.3cm 為間距，圖 8 則以 0.05cm 為間距進行分析。

由圖 7 可知，若兩隻蟋蟀的體長差距在 0.3cm 以內，體長較長者獲勝比例與較短者獲勝比例相似，代表在此間距內，體長對打鬥之勝負並無顯著影響。然而我們發現，體長差距在 0.3cm 以上(包括體長差距在 0.3-0.6cm 及 0.6-0.9cm)之組別，體長較長者獲勝比例比體長較短者來得高。此結果顯示，若體長差異在 0.3cm 以內，對於蟋蟀打鬥之勝負並無顯著影響。因此，以下所使用之蟋蟀打鬥實驗中，皆將兩隻蟋蟀的體長差距控制在 0.3cm 以內。

另外，由圖 8 可知，當兩打鬥之個體的體長差距在 0.15~0.2cm 以內時，其相差組數占總組數的比例最低。因此以下的實驗中，會以將兩隻蟋蟀的體長差距控制在 0.3cm(原標準) 及 0.2cm(新標準)以內進行分析，並比較兩者結果是否不同。

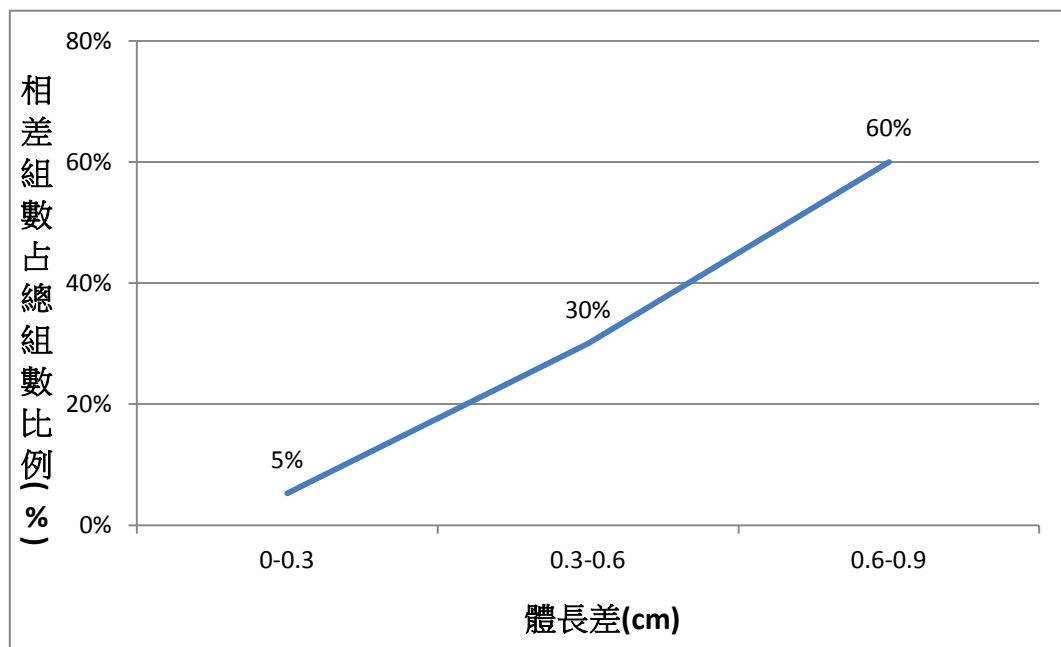


圖 7：不同體重差距對蟋蟀打鬥勝敗之影響(以 0.3cm 為間距)

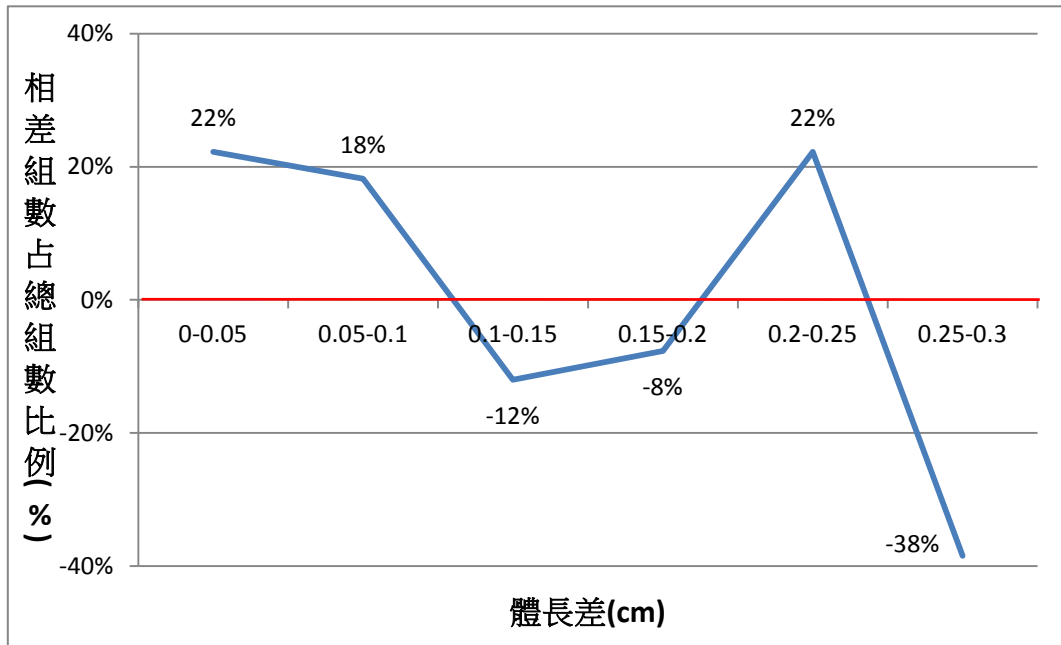


圖 8：不同體重差距對蟋蟀打鬥勝敗之影響(以 0.05cm 為間距)

【實驗三】 探討年齡對蟋蟀打鬥行為之影響

圖 9 和圖 10 之年齡大小定義為：「羽化後天數」，例如 9-10 天指兩隻羽化後第 9-10 天無打鬥經驗之蟋蟀對打。

由圖 9 和圖 10 可知，與 7-8 天的蟋蟀組別相比，13-14 天之蟋蟀組別打鬥持續時間有提高的趨勢，而在 15 天後的蟋蟀，打鬥激烈指數及持續時間則開始下降。由此實驗得知，年齡差異對蟋蟀打鬥行為有相當影響，故以下實驗皆將蟋蟀的年齡控制在 7-12 天。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。

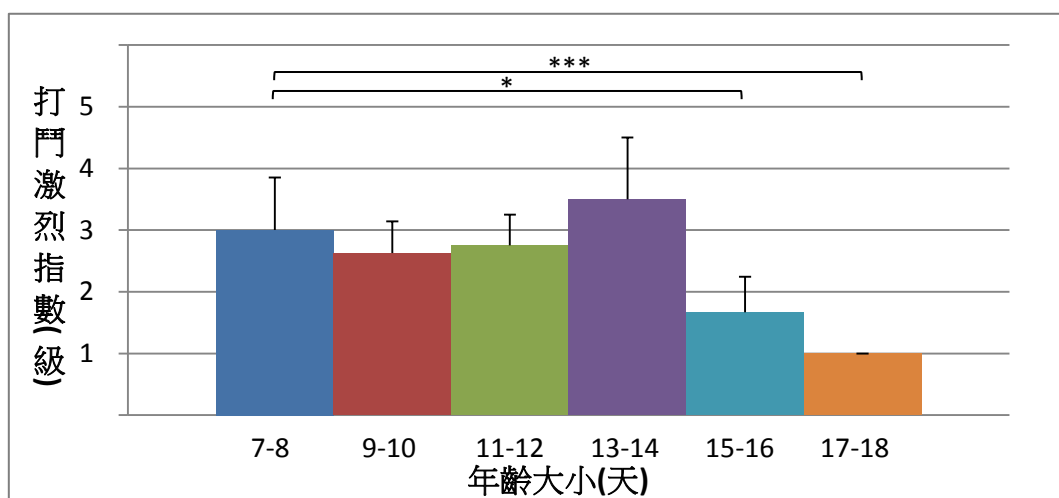


圖 9：不同年齡對蟋蟀打鬥激烈指數之影響

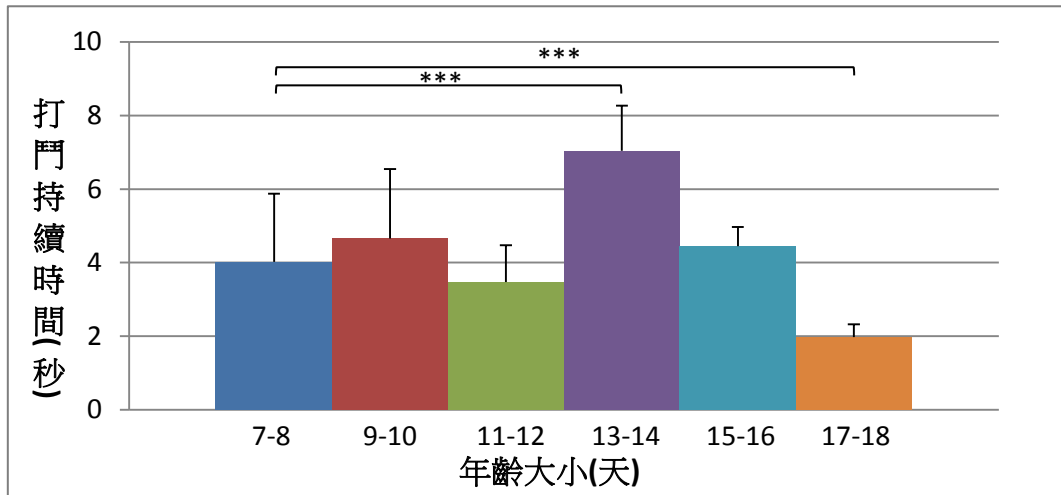


圖 10：不同年齡對蟋蟀打鬥持續時間之影響

【實驗四】驗證勝者效應之存在性

圖 11 與圖 12 中，「N-N」為無打鬥經驗之兩隻蟋蟀進行打鬥；「W-W (5min)」為各別具有一次勝利經驗的兩隻蟋蟀，於獲勝後 5 分鐘再進行打鬥。(樣本數：「N-N」=13 組；「W-W (5min)」=13 組)

由圖 11 可知，「W-W(5min)」之打鬥激烈指數顯著高於「N-N」對照組($p < 0.01$)；圖 12 顯示，「W-W(5min)」之打鬥持續時間顯著高於「N-N」對照組($p < 0.05$)。由此結果可知，具有一次勝利經驗的蟋蟀，在下次打鬥中的打鬥激烈指數與持續時間皆較無打鬥經驗的蟋蟀來得高。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。因此，推論勝利經驗會影響蟋蟀的打鬥，在蟋蟀打鬥中「勝者效應」確實存在。

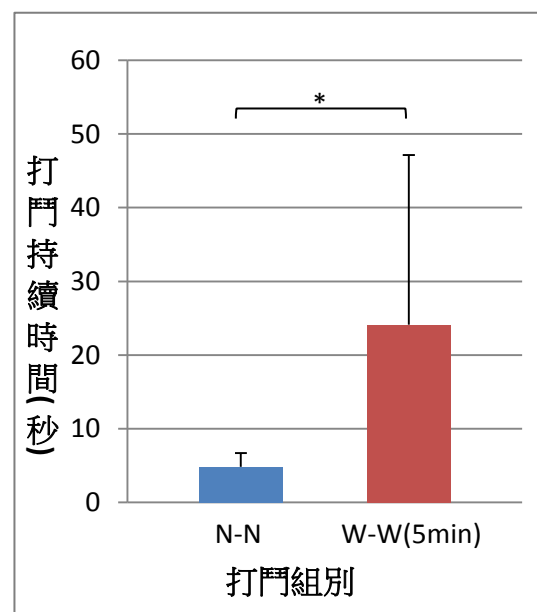
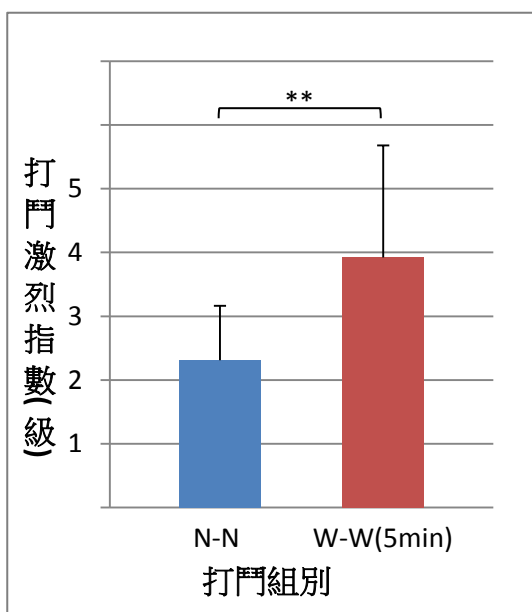


圖 11：N-N 與 W-W(5min)之打鬥激烈指數比較 圖 12：N-N 與 W-W(5min)之打鬥持續時間比較

【實驗五】測定勝者效應之消退時機

圖 13 中，「N-N」為無打鬥經驗的兩隻蟋蟀打鬥；「W-W」為具有一次勝利經驗的兩隻蟋蟀打鬥，括弧內表示再度進行打鬥前的等待時間。(樣本數：「N-N」=13 組；「W-W (1min)」=10 組；「W-W (3min)」=14 組；「W-W (5min)」=13 組；「W-W (7min)」=10 組；「W-W (9min)」=10 組；「W-W (11min)」=9 組)

由圖 13 可知，打鬥激烈指數維持在 1-2 級，在「N-N」所占比例最多，「W-W (1min)」及「W-W (3min)」及「W-W (5min)」所占的比例則逐漸下降，而「W-W (7min)」及「W-W (9min)」及「W-W (11min)」所占的比例又逐漸上升。另外，打鬥激烈指數維持在 3-5 級，「N-N」所占的比例最少，「W-W (3min)」及「W-W (5min)」所占的比例則逐漸上升，而在「W-W (7min)」及「W-W (9min)」及「W-W (11min)」所占的比例又逐漸下降。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。

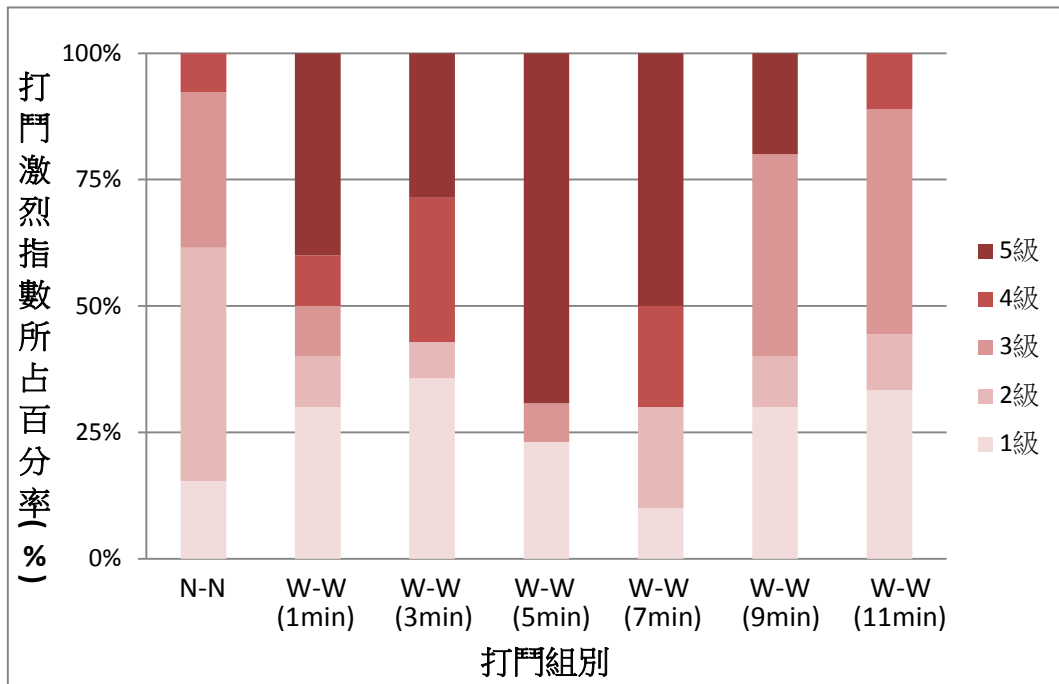


圖 13：兩次打鬥間等待時間長短對「W-W」打鬥激烈指數之影響

若以打鬥過程中是否出現纏鬥行為為分界，作進一步分析，可得結果如圖 14 與 15。

由圖 14 可知，在未出現纏鬥行為的打鬥中，除「W-W (3min)」之打鬥激烈指數較「N-N」為低外，其他打鬥過程中未發生纏鬥之組別，其打鬥激烈指數與「N-N」相比之下並無顯著差異或具特殊趨勢。由圖 15 可知，有發生纏鬥行為的打鬥中，「W-W (1min)」($p < 0.05$)、「W-W (3min)」($p < 0.001$)、「W-W (5min)」($p < 0.001$)、「W-W (7min)」($p < 0.001$)之打鬥激烈指數皆顯著高於「N-N」。此結果證明，在獲得第一次勝利經驗後，第二次打鬥發生在 7 分鐘內，發生之打鬥激烈指數皆較「N-N」高，而在 9 分鐘後，打鬥激烈指數與「N-N」則無顯著差異。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。此結果顯示勝者效應對於蟋蟀打鬥激烈指數的影響可持續 7-9 分鐘，即消退時機在第 7-9 分鐘內。

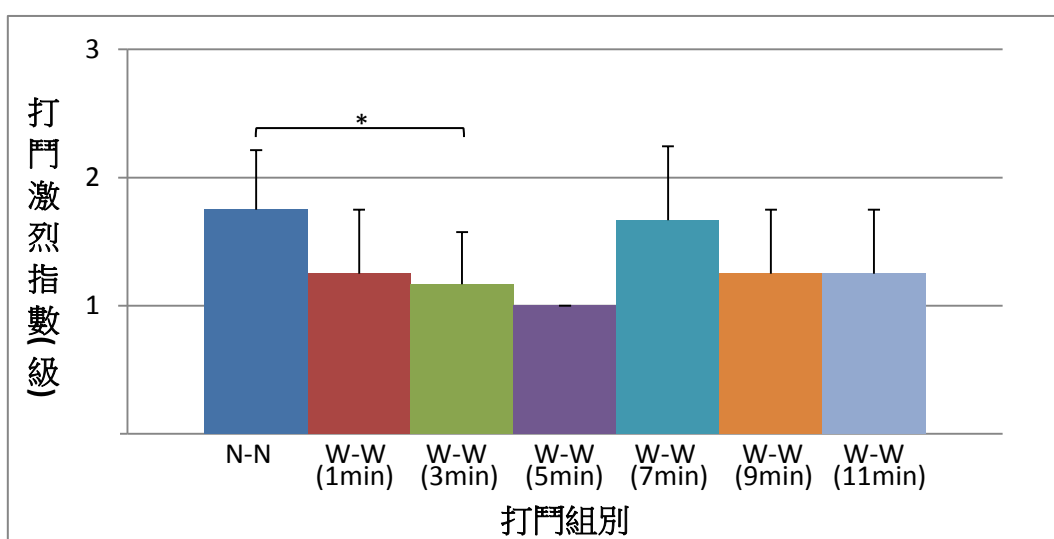


圖 14：兩次打鬥間等待時間長短對「W-W」打鬥(不具纏鬥行為)之影響

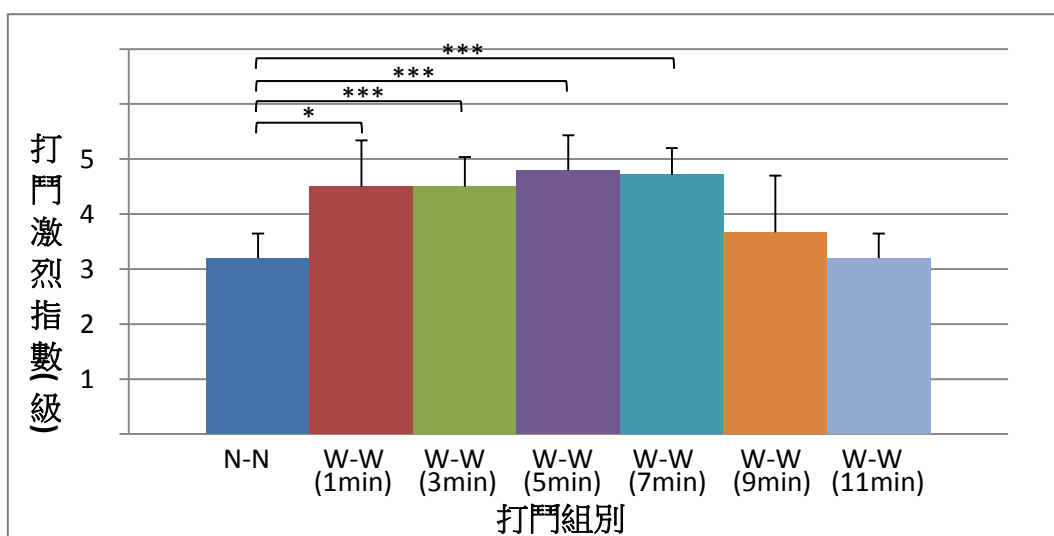


圖 15：兩次打鬥間等待時間長短對「W-W」打鬥(具纏鬥行為)之影響

圖 16 中，「N-N」為無打鬥經驗的兩隻蟋蟀打鬥；「W-W」為具有一次勝利經驗的兩隻蟋蟀打鬥，括弧內表示進行打鬥的等待時間。由於打鬥持續時間的差異性很大，另將打鬥持續時間區分為 0-5 秒、5-15 秒、15-30 秒和 30 秒以上，以作後續分析之用。(樣本數：「N-N」=13 組；「W-W (1min)」=10 組；「W-W (3min)」=14 組；「W-W (5min)」=13 組；「W-W (7min)」=10 組；「W-W (9min)」=10 組；「W-W (11min)」=9 組)

由圖 16 可知，打鬥持續時間為 0-5 秒，在「N-N」所佔的比例最多，在「W-W (1min)」、「W-W (3min)」及「W-W (5min)」所佔比例則逐漸下降，而在「W-W (7min)」及「W-W (9min)」及「W-W (11min)」所佔的比例又逐漸上升。另外，只有「W-W (1min)」及「W-W (3min)」發生打鬥持續時間在 30 秒以上，其中又以「W-W (5min)」最多。

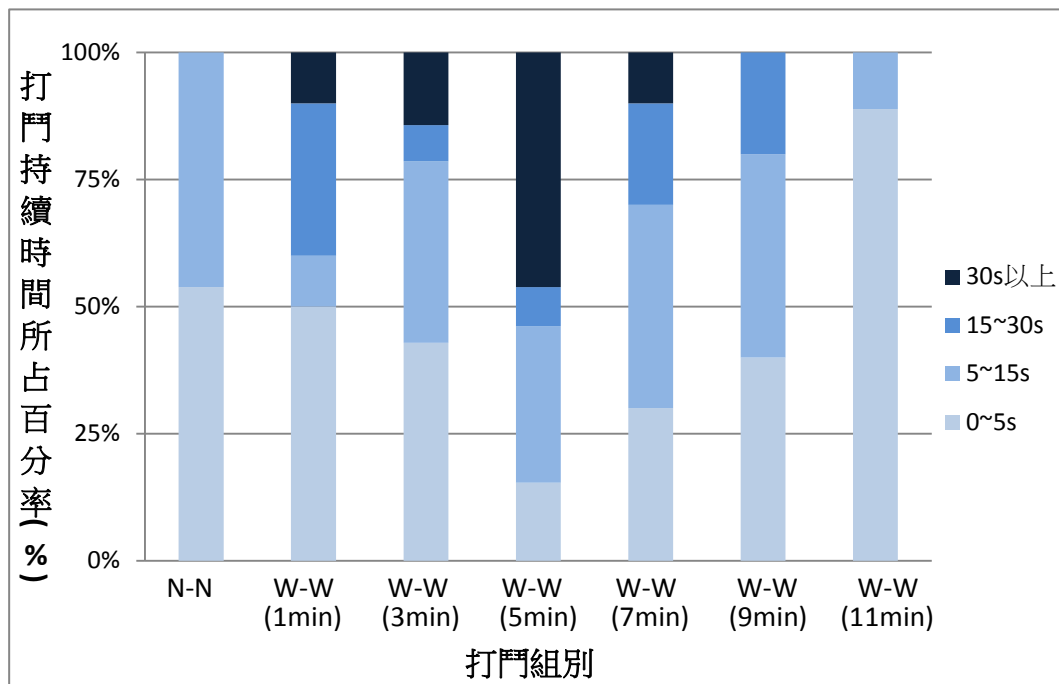


圖 16：兩次打鬥間等待時間長短對「W-W」打鬥持續時間之影響

若以打鬥持續時間是否達到 15 秒作為分界，作進一步的分析，結果如圖 17 與 18。

由圖 17 可知，打鬥持續時間在 15 秒內，其不同組別間之數值並無明顯差異。由圖 18 可知，除了「N-N」與「W-W (11min)」兩者無數據外，其餘組別的打鬥持續時間皆有增加的趨勢。此實驗結果證明，在獲得第一次勝利經驗後，第二次打鬥發生在 9 分鐘內，其打鬥持續時間皆較「N-N」高，而在 11 分鐘後，打鬥持續時間與「N-N」則無顯著差異。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。顯示勝者效應對於蟋蟀打鬥持續時間的影響可持續 9-11 分鐘，即消退時機在第 9-11 分鐘內。

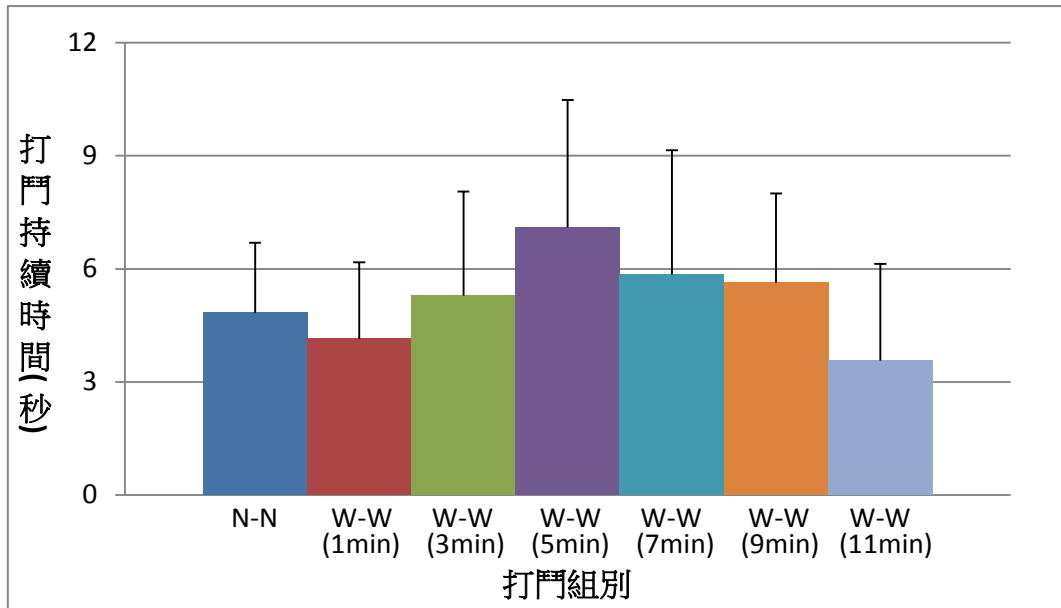


圖 17：兩次打鬥間等待時間長短對「W-W」打鬥持續時間(15 秒內)之影響

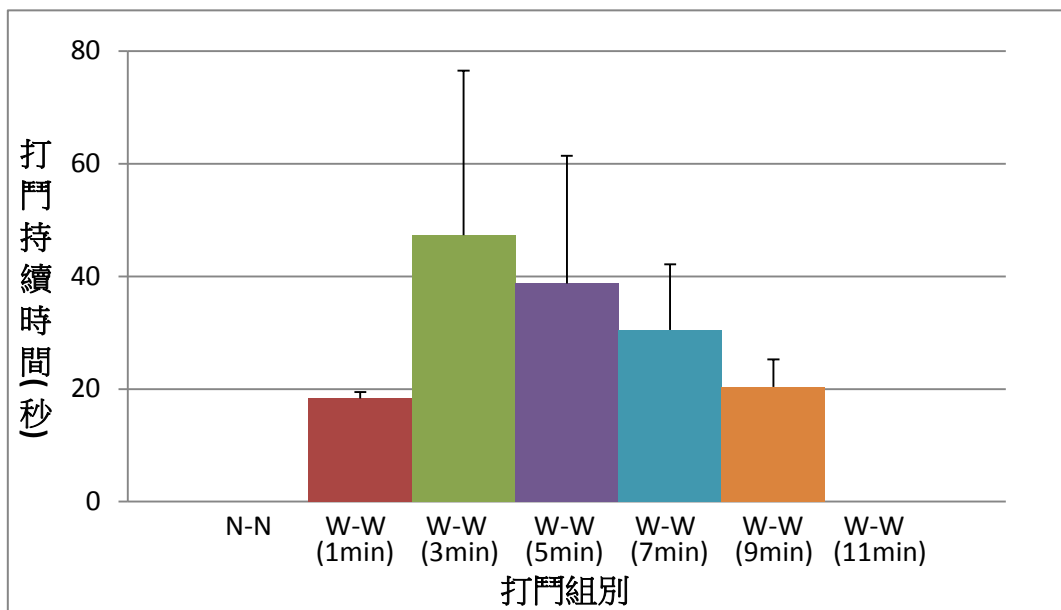


圖 18：兩次打鬥間等待時間長短對「W-W」打鬥持續時間(15 秒整或以上)之影響

【實驗六】探討勝者效應之形成原因

圖 19 中，「N-N」為無打鬥經驗的兩隻蟋蟀打鬥；「W-W (5min)」為具有一次勝利經驗(來自正常打鬥)的兩隻蟋蟀，等待 5 分鐘後再進行打鬥；「WWF-WWF」為具有一次勝利經驗(來自不戰而勝)的兩隻蟋蟀，等待 5 分鐘後再進行打鬥；「FWW-FWW」為具有一次打鬥經驗(來自戰而不勝)的兩隻蟋蟀，等待 5 分鐘後再進行打鬥。(樣本數：「N-N」=13 組；「W-W (5min)」=13 組；「WWF-WWF」=10 組；「FWW-FWW」=11 組)

由圖 19 可知，「W-W (5min)」($p < 0.01$)、「WWF-WWF」($p < 0.001$)及「FWW-FWW」($p < 0.001$)之打鬥激烈指數與「N-N」相比皆有顯著差異，表示只要具有一次勝利經驗(包括來自正常打鬥及不戰而勝)或是打鬥經驗(戰而不勝)，皆可增加下一次打鬥的激烈指數。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。

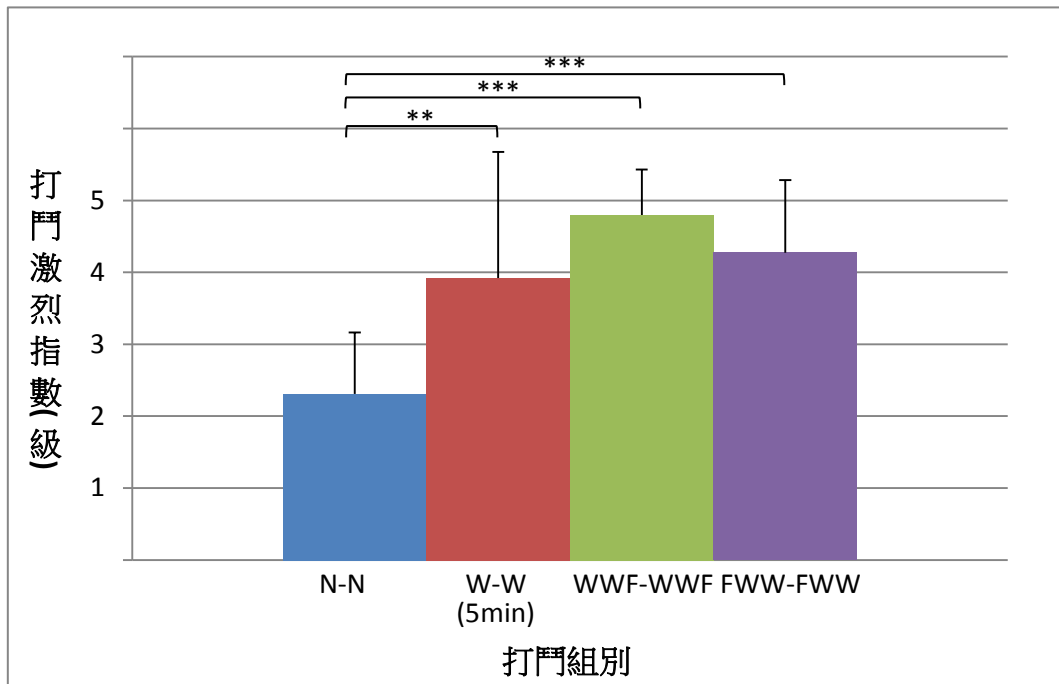


圖 19：不同打鬥方式對打鬥激烈指數之影響

圖 20 中，「N-N」為無打鬥經驗的兩隻蟋蟀打鬥；「W-W (5min)」為具有一次勝利經驗(來自正常打鬥)的兩隻蟋蟀，5 分鐘後再進行打鬥；「WWF-WWF」為具有一次勝利經驗(來自不戰而勝)的兩隻蟋蟀，5 分鐘後再進行打鬥；「FWW-FWW」為具有一次打鬥經驗(來自戰而不勝)的兩隻蟋蟀，5 分鐘後再進行打鬥。(樣本數：「N-N」=13 組；「W-W (5min)」=13 組；「WWF-WWF」=10 組；「FWW-FWW」=11 組)

由圖 20 可得知，「W-W (5min)」($p < 0.05$)、「WWF-WWF」($p < 0.05$)及「FWW-FWW」($p < 0.05$)之打鬥持續時間，與「N-N」相比皆有顯著差異。然而，若比較「WWF-WWF」與「FWW-FWW」，可發現「WWF-WWF」的打鬥持續時間較「FWW-FWW」長($p < 0.05$)。若以新標準重新進行分析，所得之結果與原結果具相同趨勢。

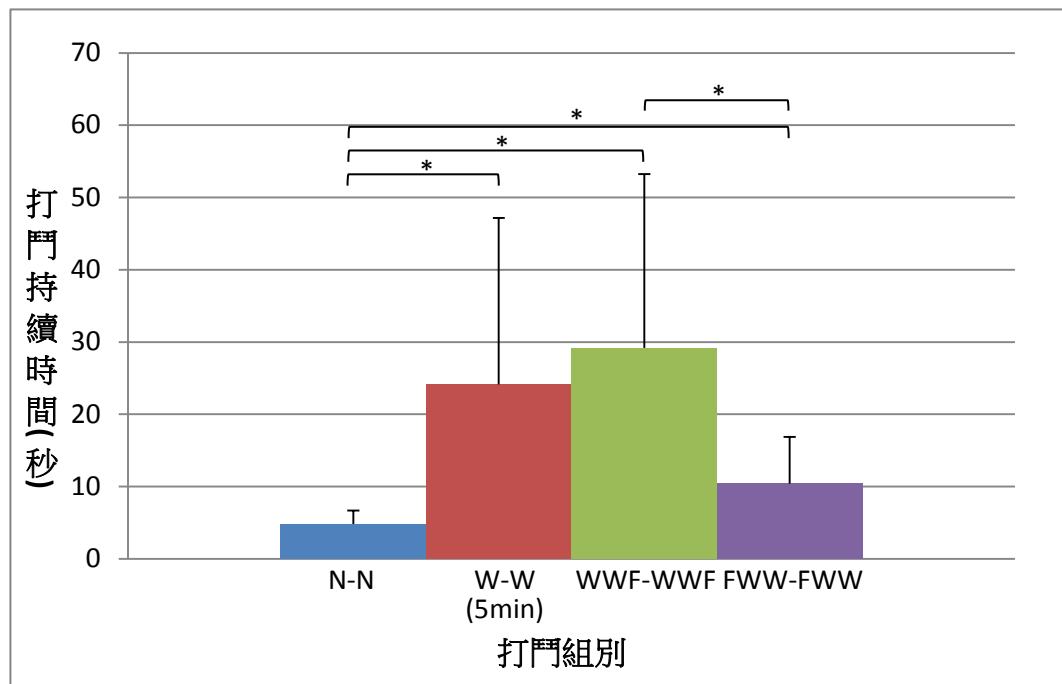


圖 20：不同打鬥方式對打鬥持續時間之影響

陸、討論

一、體型對打鬥勝敗之影響

由【實驗一】與【實驗二】可知，蟋蟀體重的差距在 0.2g、體長差距在 0.3cm 內，其體型對打鬥勝敗並無明顯影響，但若體長、體重超過此範圍，體型較大者則有明顯之獲勝趨勢。因此，推測體型較大的蟋蟀應具較佳之打鬥優勢，其可能原因為下顎較大、力道較強、壓制力較佳等，故當體型差異大於一定範圍，對於打鬥的勝負結果具有相當影響力。因此，本實驗之後採用之蟋蟀打鬥配對組別，體重、體長皆控制於 0.2g、0.3cm(原標準)內。

為追求實驗結果之精確性，本實驗追加了體重差異於 0.2g 內、體長差異於 0.3cm 內的勝率比較圖表，結果顯示體重差異於 0.1g 內、體長差異於 0.2cm 內(新標準)，體型影響打鬥勝率最小。然而，利用新標準將實驗結果重新進行分析，其實驗結果大都具有相同的趨勢，因此顯示本實驗結果的可信度極高。

二、年齡與蟋蟀打鬥之相關性

由【實驗三】的結果顯示，年齡 13-14 天的蟋蟀，相較於其他年齡的蟋蟀，其打鬥激烈指數及持續時間明顯較高。推測這是因黃斑黑蟋蟀雄性成蟲在年齡 13-14 天最為強壯成熟，可承受等級較激烈、持續時間較久的打鬥。

三、勝者效應存在性與持續時間

(一) 存在性

在【實驗四】中，蟋蟀獲得一次勝利經驗後，在下一場打鬥的激烈指數及持續時間，皆比未獲得一次勝利經驗的蟋蟀高出許多，推測是因蟋蟀獲得勝利經驗後，產生了勝者效應，具有比無打鬥經驗之蟋蟀更高的打鬥及纏鬥意願，故本實驗證明勝者效應確實存在於黃斑黑蟋蟀。

(二) 消退時間點

【實驗五】中，未發生纏鬥與打鬥持續時間在 15 秒以內之組別，其打鬥激烈指數與打鬥持續時間皆無顯著差異；有發生纏鬥與打鬥持續時間在 15 秒以上之組別，其打鬥激烈指數與打鬥持續時間皆明顯高於對照組，即有產生勝者效應，故本實驗主要取後者探討勝者效應之消退時機。

由圖 15 可知，「W-W (1min)」、「W-W (3min)」、「W-W (5min)」、「W-W (7min)」在有發生纏鬥行為的打鬥中，打鬥激烈指數明顯高於「N-N」，推測此為勝者效應之影響。然而，「W-W (9min)」之打鬥激烈指數與「N-N」相比，已無明顯差異，故推測，勝者效應對打鬥激烈指數之影響的消退時間點，應在獲得勝利經驗後的第 7-9 分鐘之間。

由圖 18 可知，除了「N-N」與「W-W (11min)」外，其餘的打鬥組別皆有打鬥持續時間超過 15 秒的數據，由此可知，「W-W」在 9 分鐘前皆有勝者效應，至「W-W (11min)」勝者效應則不再明顯。因此，推測勝者效應對打鬥持續時間之影響的消退時間點，應在獲得勝利經驗後的第 9-11 分鐘之間。

四、勝者效應之形成原因

(一) 前人研究之假設

本研究根據先前文獻^[3]，設計兩種蟋蟀互動之特殊情況：不戰而勝(WWF-WWF)與戰而不勝(FWW-FWW)，以驗證勝者效應形成之原因。「WWF-WWF」之假設為：看見對手退避而產生的勝利經驗，是促進勝者效應形成之原因；而「FWW-FWW」是假設：肢體接觸時產生的打鬥經驗，是勝者效應之形成原因。故【實驗五】主要探討上述兩種因素對勝者效應之影響。

(二) 打鬥激烈指數和持續時間

由【實驗六】的結果圖 19 與圖 20 可知，「W-W(5min)」、「WWF-WWF」、「FWW-FWW」之打鬥激烈指數及持續時間皆高於「N-N」，顯示皆存在勝者效應。然而，「W-W (5min)」雖同時具有勝利經驗及打鬥經驗，但其數據卻不會高於「WWF-WWF」，因此，推測可能還有其他因素會影響蟋蟀打鬥意願。在蟋蟀的打鬥過程中，可預期會有體力耗損及肢體受傷的情形，此可能為影響打鬥意願的原因之一。因此，推測影響蟋蟀打鬥意願的主要因素有三：勝利經驗、打鬥經驗和體能耗損，其中，勝利經驗和打鬥經驗會使蟋蟀更想打鬥，體能耗損則會削減蟋蟀的打鬥意願。將「N-N」、「W-W(5min)」、「WWF-WWF」和「FWW-FWW」各自受到的影響列於下表：

打鬥組別	勝利經驗	打鬥經驗	體能耗損
N-N	無	無	無
W-W(5min)	有	有	有
WWF-WWF	有	無	無
FWW-FWW	無	有	有

另外，因「FWW-FWW」的蟋蟀一接觸即刻將兩者分離，因此所受之體能耗損會比擁有完整打鬥經驗之「W-W(5min)」較輕微，甚至可以忽略。若將「WWF-WWF」與「FWW-FWW」相比較，則可推論，勝利經驗促進勝者效應的效果會比打鬥經驗佳。

打鬥組別	打鬥激烈指數(3 級以上次數比例)	打鬥持續時間(15 秒以上次數比例)
N-N	38%(最低)	0%(最低)
W-W	77%(再次之)	54%(次之)
WWF-WWF	100%(最高)	70%(最高)
FWW-FWW	91%(次之)	27%(再次之)

此時，總分越高代表勝者效應越強，由上表假設之數據顯示：「WWF-WWF」的排名皆為最高，然而「W-W(5min)」及「FWW-FWW」的排名則不一定，推測是因體能耗損的作用不同或其他因子所造成。

(三) 綜合討論

蟋蟀打鬥之激烈指數增加與否、持續時間延長與否，取決於該蟋蟀是否擁有勝者效應；增加及延長的幅度則取決於勝者效應的強弱。綜合所有結果，我們推測：是否擁有勝利經驗、打鬥經驗，以及打鬥過程中產生的體能耗損，皆是影響勝者效應的因素。勝利經驗和打鬥經驗會增強勝者效應，前者增強的幅度大於後者；體能耗損則會減弱勝者效應。若勝利經驗和打鬥經驗造成的效果大於體能耗損，則蟋蟀產生勝者效應，使打鬥激烈指數及持續時間上升。

柒、結論

- 一、體重差在 0.2g 內不影響蟋蟀打鬥之勝負；超過 0.2g 時，體重較重者獲勝比率較大。
- 二、體長差在 0.3cm 內不影響蟋蟀打鬥之勝負；超過 0.3cm 時，體長較長者獲勝比率較大。
- 三、與羽化後年齡皆為 7-8 天之蟋蟀相比，羽化後年齡 13-14 天之蟋蟀因體能相對強壯，其打鬥激烈指數與持續時間明顯較高，羽化後年齡 17-18 天則因體能衰退而明顯較低。
- 四、黃斑黑蟋蟀在打鬥過程中會因擁有勝利經驗而產生勝者效應。
- 五、勝者效應對打鬥激烈指數的影響，在獲得勝利經驗後第 7-9 分鐘之間開始消退。
- 六、勝者效應對打鬥持續時間的影響，在獲得勝利經驗後第 9-11 分鐘之間開始消退。
- 七、「擁有勝利經驗」、「擁有打鬥經驗」及「體能耗損」皆是影響勝者效應的因素。勝利經驗和打鬥經驗會增強勝者效應，前者增強的幅度大於後者；體能耗損則會減弱勝者效應。

捌、未來展望

- 一、探討敗者效應。因敗者經驗易導致蟋蟀死亡，故本研究並未討論。
- 二、賦予蟋蟀多重勝敗經驗，探討其導致之複合效應。
- 三、測定更精確之勝者效應消退時機。
- 四、探討其他影響勝者效應之因素。

玖、參考資料

- 【1】Mace A. Hack(1996). Assessment strategies in the contests of male crickets, *Acheta domesticus*. *Animal Behaviour*, 53(4).
- 【2】黃智男 (2006)。體型大小對打鬥行為的影響。國立臺灣師範大學生命科學研究所。
- 【3】Jan Rillich, & Paul Anthony Stevenson(2011). Winning Fight Induce Hyperaggression via the Action of the Biogenic Amine Octopamine in Crickets. *PLoS ONE*, 6(12).

【評語】 040712

本研究以黃斑黑蟋蟀做實驗，體型差異改變打鬥之勝敗、年齡大小影響打鬥激烈指數及持續時間，同時勝者效應會隨時間而消退，故推測強弱受到勝利的經驗、打鬥經驗及體能耗損影響。