

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：最佳化的蜘蛛普查方法

一、摘要：

我們想要在校園進行系統性的蜘蛛採集，在蒐集與比較相關文獻後，沒有發現在台灣針對蜘蛛採集法的研究，僅在各研究中說明使用的採集方法。3 月份，我們在校園中草原、灌叢與樹林分析目視法、掃網法及掉落式陷阱採集的最佳化設置。共採集 386 隻個體，可辨別 13 科 34 種，其中長腳蛛科、金蛛科、狼蛛科為校園中最普遍的科。據研究結果，掃網法為最有效率的方法，能在單位時間捕捉最多種類，掃網法及目視法在各棲地或跨棲地捕捉時，我們建議至少進行五分鐘的調查，能達到該地區百分之七十的物種量。此研究展示了調查法在不同努力量間的成本與效益，同時提供未來台灣蜘蛛調查研究中，在採集蜘蛛上的重要參考資料。

二、探究題目與動機

學校的蜘蛛隨處可見，然而台灣蜘蛛的研究卻非常少，目前紀錄的蜘蛛約有 44 科 511 種(TaiCoL, 2021)，且有許多蜘蛛還沒有被發現及紀錄，因此我們希望透過此研究能夠更了解蜘蛛的多樣性。蜘蛛是良好的指標生物，同時也是地球上最多樣化且數量最大的一般性掠食者(蘇建禎、周文敏，2014)，能夠控制其他節肢動物的數目，具有重要的生態系統功能，蜘蛛的多樣性也能間接反映獵物的多樣性，在農業生態中能夠有效控制植物的昆蟲數量，從幼蟲到成蟲都包含在內(Marco, 2020)。我們回顧多篇台灣蜘蛛基礎調查的研究中(表一)，捕捉方式多為掃網法(5 分鐘)、目視法(5 分鐘)及掉落式陷阱(7 個整天)，但沒有研究說明這樣設計的原因。因此我們想要透過此實驗找出哪一種捕捉法最有效率且在最短時間內捕捉到具有代表性的蜘蛛種類。我們將透過更精細的時間尺度設計各捕捉方法，使未來的長期監測能兼顧時間與空間取樣的代表性。

三、探究目的與假設

探究假設：透過文獻回顧以及前測觀察，發現科學家普遍在各樣點採用掃網五分鐘、掉落式陷阱七天；在不同棲地的研究中，也多使用相似的方法，我們假設這樣的實驗設計會有最佳的成本效益。

探究目的：(1)找出各調查法在各棲地的最佳捕捉方法；(2)分析調查法在跨棲地間的應用

四、探究方法與驗證步驟

(一)、探究方法

1、文獻回顧：統整過去蜘蛛普查的調查法

我們一共回顧了十四篇台灣調查的文獻(表一)，採集方法一共有掃網法、目視法、掉落式陷阱、坡道式陷阱和擊落法等。大多數的研究都是以掃網法和掉落式陷阱為主，比較少採用目視法，坡道式陷阱和擊落法幾乎很少使用。掃網法採集時間約為五分鐘到十分鐘，大部分都是採集五分鐘，而目視法則是採集五分鐘到二十分鐘，大部分都是採集五分鐘，掉落式陷阱兩到七天收一次，每個樣點採集次數約三到二十次，平均採集次數為十二次，但是都沒有說明這樣設計實驗的原因。

2、文獻回顧：統整過去蜘蛛調查法的相關研究

在巴西熱帶雨林的雨季研究中(Azevedo *et al.*, 2013)，採集的成果要達 70%的地區總物種量為目標，作者建議將夜間總採集時間的 55%用在夜間目視法、29%用在掉落式陷阱和 16%用於擊落法(Beating tray)，如果只能採用一種方法，就選擇夜間目視法。而需要超過 70%的物種紀錄，需要大量的成本且增加的採樣工作可能是非常無效的，所以認同過去研究所訂出的 70%物種閾值作為調查的建議。澳洲塔斯馬尼亞島東北部的石楠荒原(heathland)蜘蛛取樣研究中(Churchill, 1999)，掉落式陷阱能收集 94%的物種，掃網法 25

%，目視法 41%。掃網和掉落式陷阱具有顯著不同的空間分布，掉落式陷阱則能隨時間反映強烈的變化 (temporal variation)。然而，分析時的空間與時間尺度皆會影響統計結果。作者建議該樣點除了掉落式陷阱外，不使用掃網法，以目視法為主，因為目視法是一種快速調查多樣性的方法，可以增進調查效率。在德國的圖林根實驗中比較了兩種不同口徑的掉落式陷阱(Markus Lange *et al.*)，分別直徑是 4.5 公分和 9 公分，隨著掉落式陷阱的口徑增加，所捕捉到的種類和數量也會隨著增加，直徑 9 公分的陷阱能夠捕捉到直徑 4.5 公分陷阱的兩倍數量，但是物種數並沒有太大的差異。因此，我們的研究選擇 100ml 的燒杯，大於一般蜘蛛掉落式陷阱普遍使用的離心管；在印度的研究(Vena Kapoor, 2006)，學者則是在討論中提出擊落法與穿越線調查法(transect sampling)的差異；他提出擊落法相較與穿越線調查法過於激烈，可能影響的蜘蛛的捕捉。擊落法相較於目視法最大的差別是目視法需人為觀察。當需要人為觀察時，就可能讓數據的變數變多。擊落法的變數相比於目視法更加的少，得到的數據較為穩定；而在匈牙利的馬特勞山(Mátra Mountains)實驗中(Szmatona-Túri *et al.*, 2019)把草原的灌木去除掉之後發現蜘蛛的多樣性增加了，因為灌木去除之後微型氣候會產生變化，使蜘蛛的多樣性提升，當灌木長回來的時候，蜘蛛的多樣性又會降低。我們盡量找了五篇針對蜘蛛採樣的研究報告，兩篇有關採集的努力量、一篇採集器材、一篇採集法的研究，但結果皆不太一致，可能因為地區差異、環境與蜘蛛組成等因素都會造成實驗結果的不同，這些也都與台灣亞熱帶的環境不同，所以不一定能應用在台灣或我們校園的蜘蛛採集上。

表一、文獻回顧

研究題目	作者，年份	棲地數量	樣點數量	採集頻度 (幾個月)	各樣點採集總次數	掃網法 (分鐘)	目視法 (分鐘)	掉落式陷阱數量	掉落式時間 (天)
本研究	本研究	3	3	2天	3	10	10	4	7
陽明山國家公園不同類型棲地蜘蛛多樣性及群聚結構之比較	卓逸民，2003年	7	42	1	9	5	5	3	7
陽明山國家公園不同地區蜘蛛多樣性之比較	卓逸民、曾伶、莊智元、鄭任鈞，2005	7	42	1	12	5	5	3	7
金門地區蜘蛛相調查	卓逸民，2004年	5	30	4	4	5	無	3	6
人工林疏伐作業對微棲地環境及蜘蛛多樣性之影響	卓逸民，2010年	2	48	4	16	5	無	4	7
台灣中部能高越嶺道五種不同植被類型蜘蛛多樣性之比較	楊典諺、陳世煌，2012年	5	40	1	11	30次	無	20	7
急水溪與朴子溪紅樹林蜘蛛群聚研究	翁義聰、陳泰豪，2019年	2	18	4	6	30次	無	無	無
嘉義縣紫雲濕地群聚研究	翁義聰、林泰宇，2015年	4	20	1	13	30次	無	無	無
生境面積指數能否反應地景嵌塊的生物多樣性以中台灣都市公園作為調查對象	卓逸民、林承昊，2015年	25	255	3天	30	5	無	1	3
人工林疏伐後蜘蛛多樣性與微棲地環境之變化關係	林仲平、黃博森，2012年	4	36	3	12	5	無	4	7
雲林地區十所國小校園昆蟲相及蜘蛛相之調查	李惠洲，2006年	10	50	15天	28	無	無	3	2
雅美人森林經營對蜘蛛多樣性之影響	蔡宗穎，2004年	4	20	3	3	5	無	2	5
南仁山森林底棲性蜘蛛多樣性與其對落葉分解速率之影響	辜子修，2003年	1	16	1	12	無	無	1	1
蘭嶼蜘蛛多樣性:不同干擾程度棲地間之比較	陳冠州，2002年	3	12	6,2	3	10	20	1	5
墾丁高位珊瑚礁森林地區不同干擾程度棲地間底棲性蜘蛛多樣性之比較	謝玉龍，2001年	5	50	1	12	無	無	1	7

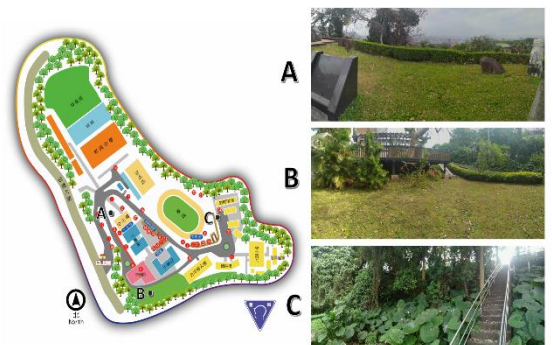
3、蜘蛛捕捉

(1)、樣點選擇

在學校的草原、灌叢和樹林各設有樣點一個。我們參考過去學校科展研究每個棲地的四個樣點(施詠凱、林語謙，2021)，從 3 個棲地中各選擇物種最豐富的 1 個樣點，當作這次的研究樣點進行實驗。所有實驗集中在 3/16~3/26 完成。

(2)、捕捉方法：掉落式陷阱

掉落式陷阱捕捉法(pitfall trap)是在設定的樣點區域內，在土地上鏟出一個與燒杯(100ml)同高(4cm)的洞，將燒杯放進去後先後倒入酒精(約 90ml)及甘油



圖一、校園棲地樣點位置及各棲地實地照片

(約 10ml)，避免酒精蒸發太快。首先設定一個中心點，在距離中心點燒杯，30cm 處，再設置另一個燒杯，一點總共 4 杯，每組間距不少於 30cm。每兩天收一次，三個地方同時進行。在收取掉落式燒杯中的蜘蛛時，用鑷子夾出蜘蛛樣本再裝進樣本瓶。收集完後將所有的燒杯放回原本鏟出的洞，補上甘油及酒精，最後蓋上枯枝落葉。

(3)、捕捉方法：目視法

目視法兩天採集一次，和掃網法交錯進行，避免相互干擾。目視法是在區域內由固定的三到四人組成小組，兩人負責肉眼尋找蜘蛛，由一人負責計時，最後一人協助尋找蜘蛛的兩人捕抓蜘蛛。在同一區域內，兩天尋找一次，一次進行十分鐘。採集分為一到十分鐘，每次計時一分鐘，在尋找蜘蛛的兩人找到蜘蛛時，將會暫停時間，將蜘蛛放進樣本瓶後再繼續計時以及尋找，換一個樣本瓶再繼續捕抓，持續十分鐘。

(4)、捕捉方法：掃網法

掃網法適用於捕捉植被上的蜘蛛，同一人進行共十分鐘的的掃網採集，以八字形揮動捕蟲網，另一人負責計時，以一分鐘為單位，將每分鐘搜集捕蟲網內的蜘蛛放到裝有酒精的樣本瓶中。掃網法和目視法日期交錯進行，兩天進行一次，掃網法能夠捕捉到肉眼看不到或是漏看的蜘蛛。

3、蜘蛛鑑定

我們會將已裝到樣本瓶的蜘蛛帶回實驗室，根據圖鑑檢索表來分類蜘蛛。體型較大，特徵較明顯可判別的蜘蛛將會當場分類進紀錄表。帶回的蜘蛛會先從瓶中取出，以解剖顯微鏡觀察蜘蛛的眼式排列、外觀型態、毛的分布以及生殖器外觀特徵差異。並利用蜘蛛檢索表，配合圖鑑分類出科屬種。

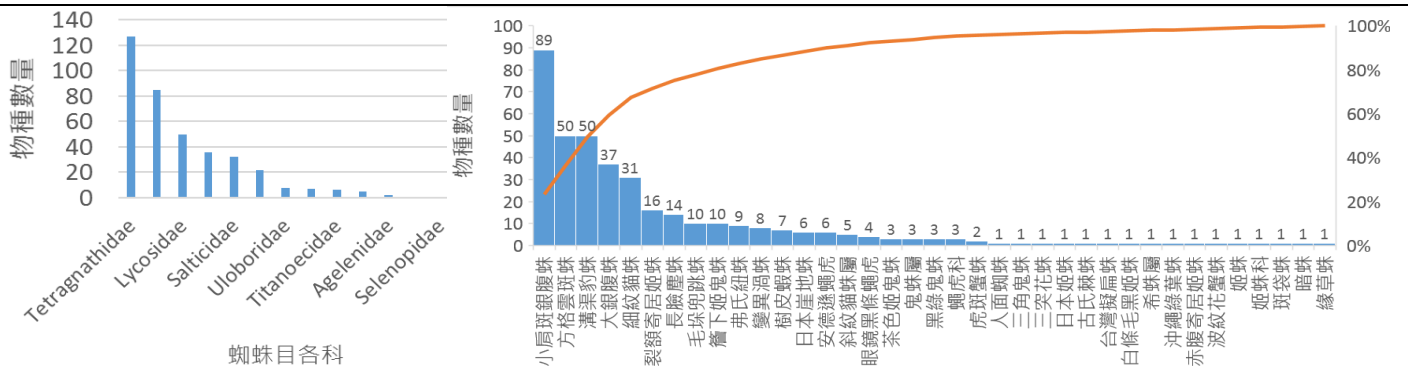
4、探究架構圖



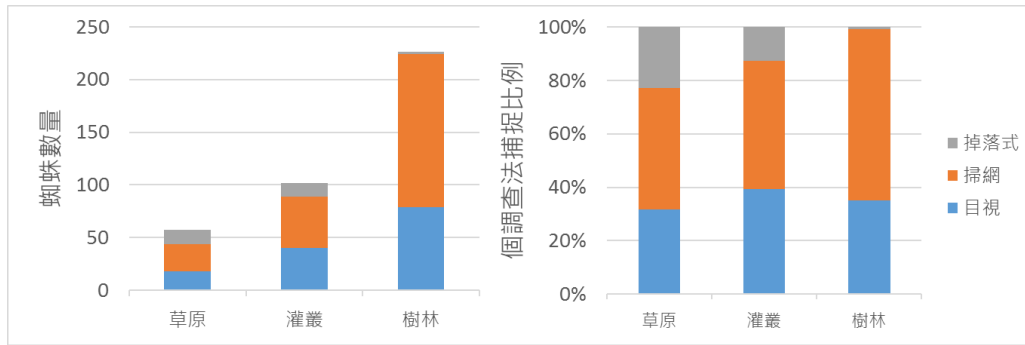
圖二、探究架構圖

(二)、研究結果

隨著時間增加，我們捕捉到的物種也跟著遞增，在 10 天的實驗中，共捕捉 386 隻個體，包含 13 科 34 種，還有 3 個未知的形態種(圖三)。其中長腳蛛科(Tetragnathidae)125 隻、金蛛科(Araneidae)85 隻、狼蛛科(Lycosidae)50 隻(圖三)，佔整體 68%，特定物種以小肩斑銀腹蛛、方格雲斑蛛、溝渠豹蛛最多(圖三)，可見此三種的蜘蛛在校園中相當常見。掃網法在三個棲地中均捕捉了較多蜘蛛(圖四)，棲地方面，樹林捕捉的蜘蛛最多，且幾乎沒有利用掉落式陷阱捕捉到。



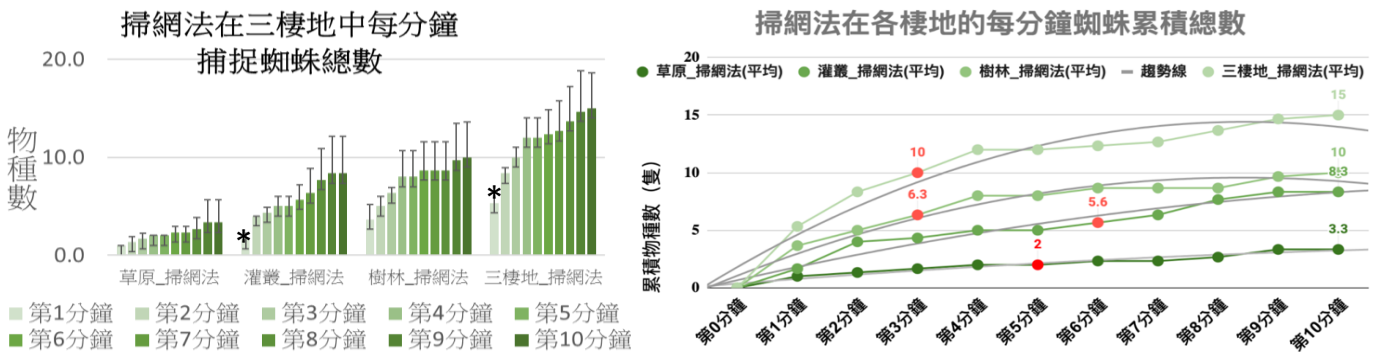
圖三、各科蜘蛛捕捉數量及物種數量累積圖



圖四、調查法在三棲地所捉到的蜘蛛種樹及種比例圖

1、掃網法研究成果

從結果可以看出在灌叢與三棲地(跨棲地)使用掃網法僅在第一分鐘會與第十分鐘有明顯差異(圖 5)，折線圖是利用三次調查的物種數計算平均值作圖，約在第 4 分鐘起趨勢線(二次多項式)趨近於平緩，而掃網法在樹林的每分鐘物種累積數均大於其它兩個棲地。表(二)呈現了兩種捕捉法(掃網法和目視法)在三種棲地(草原、灌叢和樹林)的各捕捉三次的實際結果，掃網法在草原與灌叢達到閾值的平均時間約為 5 分鐘，但是在三次間變異比較大，在樹林則是 3.6 分鐘，三次調查中階呈現相似結果。在各棲地達到閾值的平均需要 5 分鐘。表(二)也能看出棲地物種數量的多寡並不代表需要時間的多寡，樹林物種多，反而所需時間較少。



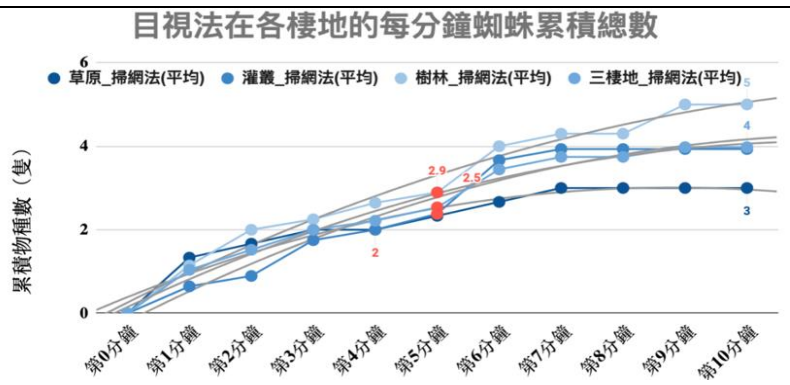
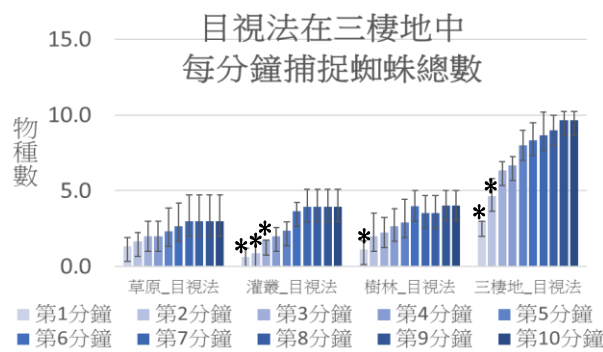
圖五、掃網法在三棲地每分鐘捕捉蜘蛛總累積圖

2、目視法研究成果

目視法在灌叢、樹林、三棲地(跨棲地)在前幾分鐘會與第十分鐘捕捉有明顯差異(圖六)，約在第 5 分鐘起物種累積折線圖的趨勢線趨近於平緩，而三種棲地間每分鐘累積的物種數平均值接差不多。三種棲地在達到閾值的平均時間也非常接近，約為 4-5 分鐘(表二)，跨棲地的目視法建議為 4.4 分鐘。

3、掉落式陷阱研究成果

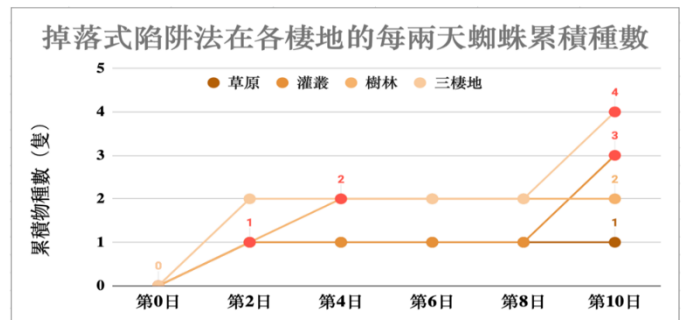
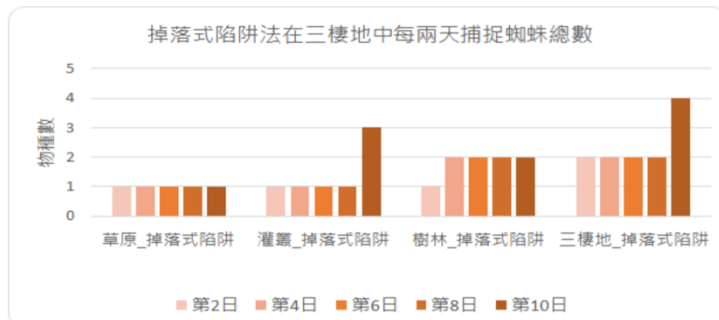
掉落式陷阱在三個棲地中兩天的捕捉數量呈遞增且每兩天均與第十天沒有顯著差異。草原和樹林樣點在第一天就能夠達到該地區物種的百分之七十；在灌叢中，第十日才能捕捉到該地區物種的百分之七十；掉落式陷阱在三個棲地中第一次採集和最後一次皆無顯著差異，而且所採集到的物種遠比其他兩種方法少(圖八)。



圖六、目視法在三棲地每分鐘捕捉蜘蛛總累積圖

表二、掃網法和目視法達閾值時間統計

方法	棲地	日期	第 10 分鐘物種數 (物種數)	閾值 (達 70% 總物種) (物種數)	每次調查達到閾值時間(分鐘)	各棲地平均達到閾值時間(分鐘)	調查法在跨棲地平均達到閾值時間(分鐘)
掃網法	草原	3/18	2	1.4	2	5 分鐘	4.7 分鐘
		3/20	6	4.2	9		
		3/23	2	1.4	4		
	灌叢	3/18	4	2.8	2	5.3 分鐘	
		3/20	11	7.7	8		
		3/23	10	7	6		
	樹林	3/18	9	6.3	4	3.6 分鐘	
		3/20	7	4.9	3		
		3/23	14	9.8	4		
目視法	草原	3/19	1	0.7	1	4 分鐘	4.4 分鐘
		3/21	4	2.8	5		
		3/24	4	2.8	6		
	灌叢	3/19	6	4.2	7	5 分鐘	
		3/21	4	2.8	6		
		3/24	4	2.8	2		
	樹林	3/19	4	2.8	6	4.3 分鐘	
		3/21	5	3.5	2		
		3/24	6	4.2	5		



圖八、掉落式陷阱在三棲地每分鐘捕捉蜘蛛總累積圖

(三)、討論

1、最佳的採集方法

掃網法在三種棲地效率都最高，可能是因為掃網法可以捕捉到我們肉眼無法看到的蜘蛛，有些蜘蛛可能躲在樹葉之間，我們很難以肉眼去發現，因此掃網法會最有利於捕捉蜘蛛。但這與熱帶雨林的(Azevedo *et*

al., 2013) 提出最有效率的捕捉方式為夜間目視法不同，而我們實驗發現目視法效率低於掃網法。推測為大多數的蜘蛛是夜行性，在夜間使用目視法的優勢較高；擊落法類似於掃網法，捕捉的面積更為廣泛但可能驚擾蜘蛛，是我們未來可以加入分析的方法；掉落式陷阱為被動式調查，推測因實驗不夠多天而無法得到較完整的數據，也是相對適合放置多個陷阱，長時間調查的方法。目視法與掃網法皆為主動式調查，因此捕捉者會因為觀察、掃網次數增加而經驗越多，導致的捕捉者技巧增加，是可能的變因。

2、時間與空間取樣的取捨

我們研究顯示掃網與目視約在 5 分鐘能達到每次調查的閾值(表二)，和我們文獻回顧中的結果相同(表一)。因此如果我們能夠節省在單一樣點採集的時間，我們就能夠將節省下來的努力量換取更多樣點空間，能夠採集到更多蜘蛛種類。我們原本在設定閾值是使用每個第三次調查所累積的總物種量，但後來討論還是認為每一次調查所能抓到的蜘蛛皆不同，也有一次剛好特別冷，皆會影響蜘蛛的組成，因此使用個別調查在第 10 分鐘的物種量的 70%作為閾值。

3、多久採集一次與每次樣點的採集次數

多久採集一次是我們研究目前無法確定的，我們目前只解決一次需要採集多久。根據我們所回顧的文獻，可以看到每個作者所做的頻度均有不同(表一)，從一個月抓一次到半年一次都有，可能因為經費及時限的不同所以決定實驗方法不同。我們以後的實驗將於加大時間與空間的尺度，希能提出能應用更廣泛的採集建議。

4、沒有顯著差異的原因

掃網和目視各有一次天氣太冷、微雨、使累積物種相比其他兩次低，在總共三次的採集中，將使標準差變大，使統計上幾乎沒有顯著差異(圖五、圖六)。目前，我們只有在春季做調查，將實驗的這 10 日作為控制變因，但是根據文獻回顧，蜘蛛在不同季節會有不同的蜘蛛組成(卓逸民，2003)，如果我們要應用在全年的蜘蛛捕捉，我們將來會需要在不同季節做類似的實驗，找出個季節最適合的蜘蛛捕捉方式。

五、結論與生活應用

掃網法與目視法在單一樓地與跨樓地採集時，我們建議 5 分鐘的採集時間能有最佳的成本效益，而掃網法在校園中能捕捉到最多物種；使用掉落式陷阱時，我們建議參考多數研究的設置，至少捕捉七天。此類研究在台灣不常見，可給予未來需要捕捉蜘蛛等無脊椎動物設計實驗的參考。

六、參考資料

1. Azevedo, G. H., Faleiro, B. T., Magalhães, I. L., Benedetti, A. R., Oliveira, U., Pena-Barbosa, J. P., . . . Santos, A. J. (2013). Effectiveness of sampling methods and further sampling for ACCESSING SPIDER diversity: A case study in a Brazilian Atlantic Rainforest fragment. *Insect Conservation and Diversity*, 7(4), 381-391. doi:10.1111/icad.12061
2. Checklist of Taiwanese Species. (2003, January 1). Retrieved April 05, 2021, from https://taibnet.sinica.edu.tw/home_eng.php
3. Churchill, T. B., & Arthur, J. M. (1999). Measuring Spider Richness: Effects of Different Sampling Methods and Spatial and Temporal Scales. *Journal of Insect Conservation*, 287-294.
4. Kapoor, V. (2006). An assessment of Spider sampling methods in tropical rainforest fragments of the Anamalai hills, Western Ghats, India. *Zoos' Print Journal*, 21(12), 2483-2488. doi:10.11609/jott.zpj.1520.2483-8
5. Lange, M., Gossner, M. M., & Weisser, W. W. (2010). Effect of pitfall TRAP type and diameter on Vertebrate BY-CATCHES and Ground beetle (Coleoptera: CARABIDAE) and Spider (araneae) sampling. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(2), 185-190. doi:10.1111/j.2041-210x.2010.00062.x
6. Marco Antonio, B. P. (2020). The importance of spider diversity in agroecosystems and the effect of pesticides. *Global Journal of Ecology*, 060-061. doi:10.17352/gje.000022
7. Szmátóna-Túri, T., Vona-Túri, D., Urbán, L., Weiperth, A., & Magos, G. (2019). How grassland management methods affect spider diversity. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*, 11(1), 23-37. doi:10.2478/ausae-2019-0003
8. 施詠凱、林語謙(2021)。校園蜘蛛相的群聚分析。台北市第五十四屆中小學科展。
9. 卓逸民 (2003)。陽明山國家公園不同類型樓地蜘蛛多樣性及群聚結構之比較。內政部陽明山國家公園管理處。
10. 卓逸民(2010)。人工林疏伐作業對微棲地環境及蜘蛛多樣性之影響。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 99-00-5-02
11. 李惠州 (2006)。雲林地區十所國小校園昆蟲相及蜘蛛相之調查。國立嘉義大學生物資源學系研究所碩士論文。