

國立中興大學水土保持學系

碩士學位論文

坡地社區台灣銜蠓防治之研究

The Study of Biting Midges, *Forcipomyia taiwana* on Slope Land Community



指導教授：梁 昇 博士

研 究 生：鄧勝軒 撰

中華民國九十四年六月

國立中興大學
水土保持學系

碩士論文

坡地社區台灣缺蠓防治之研究

研究生：鄧勝軒 撰

民國九十四年六月

誌 謝

本論文承蒙指導老師梁昇博士於研究方向上諸多指導，兩年的學習過程中，指導老師處事態度之嚴謹與治學態度之培養，獲益良多，銘記於心，僅此表達由衷之感激與敬意。

小黑蚊防治研究工作之推動，承蒙【雅都營造公司】有鑑於台灣目前之小黑蚊問題越來越嚴重，故本於愛鄉土，期待下一代有更美好的生活環境，希望拋磚引玉鼓勵青年學子研究小黑蚊防治相關問題，特設立第一類以台灣各大學碩士或博士研究生為對象，並以小黑蚊相關問題為畢業論文並經該校口試通過者之獎學金，以及第二類以台灣各級學校為對象，並以台灣缺蠓（小黑蚊）為研究主題之獎學金，故要在此特別感謝雅都營造公司熱心公益之義舉。此外，更要感謝本人在研究試區苗栗縣新開國小師生及佛陀山照明功德會之人力、財力協助，使得研究工作得以順利並如期完成。

最後，要感謝家人體諒因為在職進修犧牲很多陪家人時間，兩年期間得以無後故之憂，專注於論文及學業上，並獲得指導老師及系上老師之肯定。

中文摘要

坡地社區內雌成蟲在交配後伺機吸取人血才是其一生中侵擾人類的階段，是以在此階段的棲地條件與社區環境條件間有何密切關係，正式防治工作關心的論題。一旦找到二者吻合有成蟲的棲地條件，針對該條件予以改造，勢必造成棲地之破壞。過去環保署以噴藥方式進行防治，不但效果有限，且會對環境造成二次公害，本文利用清水清除坡地社區內的喬、灌木樹葉樹幹上風積某階段分解有機物作為清除食源之試驗假說，處理區選定苗栗縣新開國小試區，試驗分為兩階段進行，第一階段經清洗後所誘捕小黑蚊數量由原未清洗時之 5.6 隻減為 1.1 隻，第二階段所誘捕之數量減為 3.6 隻，對照試區苗栗縣明德國小試區所誘捕小黑蚊成蟲數為 11 隻，經無母數統計分析結果，處理試區經清洗後改造效果十分顯著。

關鍵詞：坡地社區，小黑蚊，棲地改造

Abstract

The life stage of *Forcipomyia taiwana* concerned was the period of biting and bloodsucking of human body due to it o.k. the time for *Forcipomyia taiwana* interfered with human activities. The coincidence between habitat conditions and community circumstances was sought. Once this coincidence was existed, any reformation on the circumstance means the ruin of the habitat. In this paper, washing the leaves and barks of trees and grasses removed the food resources of habitats of *Forcipomyia taiwana*. The adults *Forcipomyia taiwana* had significantly escaped from the interfered habitats.

Key Words: Slope land community, *Forcipomyia taiwana*, habitat reformation

目 次

誌 謝	i
中文摘要	ii
Abstract	iii
目 次	iv
圖目次	vii
表目次	ix
壹 前言	1
貳 前人研究	5
一、 小黑蚊生態史之研究.....	5
二、 小黑蚊棲地之研究.....	10
三、 小黑蚊生物地理相關研究	12
四、 小黑蚊各種誘捕方法之研究	14
參 研究材料與方法	18
一、 研究流程.....	18
二、 處理試區選定與環境特性	19
三、 處理試區結構不良成為小黑蚊棲地調查	23

三、	試驗與驗證之假設.....	26
四、	高壓清洗方法防治方式介紹	27
六、	小黑蚊之誘捕時間及方式	31
七、	無母數統計 K-S 檢定法	32
八、	對照試區選定與環境特性	33
九、	對照試區結構不良小黑蚊棲地調查	35
肆	結果分析與討論	39
一、	野外誘捕結果.....	39
二、	氣象與清洗統計.....	42
三、	小黑蚊出現比率分析.....	43
四、	無母數統計分析.....	49
五、	小黑蚊型態與飼養觀察.....	49
六、	討論.....	52
伍	結論與建議	56
一、	結論.....	56
二、	建議.....	56
陸	參考文獻	57
附錄 A	新開國小試區第一階段誘捕小黑蚊數量統計表 (處理組)	61
附錄 B	新開國小試區第二階段誘捕小黑蚊數量統計表 (處理組)	62

附錄 C 明德國小試區誘捕小黑蚊數量統計表（對照組）	63
附錄 D 鯉魚潭水庫氣象資料表	64
附錄 E 中央氣象局苗栗氣象站氣象資料統計表	65
附錄 F 新開國小試區清洗時間及用水量統計表（處理組）	66

圖目次

圖 1-1 台灣地區小黑蚊分布圖	1
圖 1-2 小黑蚊叮咬人體後呈現紅腫狀況.....	2
圖 2-1 小黑蚊之卵(行政院環境保護署, 2002).....	6
圖 2-2 小黑蚊之幼蟲(行政院環境保護署, 2002)	7
圖 2-3 小黑蚊之蛹(行政院環境保護署, 2002).....	8
圖 2-4 小黑蚊之雄成蟲(李學進, 2000).....	9
圖 2-5 小黑蚊之雌成蟲(李學進, 2000).....	9
圖 2-6 生態氣候指數 (Sutherst 及 Maywald (1985))	13
圖 3-1 本研究流程圖	20
圖 3-2 新開國小試區地點.....	21
圖 3-3 新開國小試區 A、B、C、D 點位置分布圖	22
圖 3-4 教室附近之喬灌木、花圃等疑為小黑蚊成蟲之棲地	23
圖 3-5 學校操場內之百年茄苳樹、榕樹等疑為小黑蚊成蟲棲地..	24
圖 3-6 校門北側喬木等疑為小黑蚊成蟲棲地	24
圖 3-7 百年茄苳樹之樹幹長有青苔疑為小黑蚊幼蟲食物來源.....	25
圖 3-8 於試驗點 C 點附近之操場排水溝排水不良	25
圖 3-9 於試驗點 A 點附近水塘水光場所疑為小黑蚊交配棲地.....	26

圖 3-10 本研究所使用之高壓清洗機.....	27
圖 3-11 新開國小試區清洗各區塊分布圖	29
圖 3-12 校園 4 公尺以下範圍之喬灌木樹葉樹幹進行清洗作業	31
圖 3-13 明德國小試區地點	34
圖 3-14 明德國小試區小黑蚊誘捕位置圖	35
圖 3-15 明德國小教室前之喬、灌木疑為小黑蚊成蟲棲地	36
圖 3-16 明德國小南側喬、灌木疑為小黑蚊成蟲棲地	36
圖 3-17 明德國小東側長滿青苔疑為小黑蚊幼蟲棲地	37
圖 3-18 明德國小南側長滿青苔疑為小黑蚊幼蟲棲地	37
圖 3-19 明德國小東側試點喬灌木疑為小黑蚊成蟲棲地	38
圖 4-1 新開國小試區第一階段誘捕小黑蚊數量直方圖（處理組）	40
圖 4-2 新開國小試區第二階段誘捕小黑蚊數量直方圖（處理組）	41
圖 4-3 明德國小試區誘捕小黑蚊數量直方圖（對照組）	42
圖 4-4 小黑蚊成蟲標本	50
圖 4-5 使用 CCD 低倍顯微鏡觀察小黑蚊	51
圖 4-6 放大 40 倍顯微鏡下之雌成蟲	51
圖 4-7 小黑蚊飼養觀察	52

表目次

表 3-1 各區塊清洗用水量表.....	30
表 4-1 新開國小試區第一階段小黑蚊出現比率分析表 (1/2)	45
表 4-1 新開國小試區第一階段小黑蚊出現比率分析表 (2/2)	46
表 4-2 新開國小試區第二階段小黑蚊出現比率分析表.....	47
表 4-3 明德國小試區小黑蚊出現比率分析表	48

壹 前言

台灣缺蠓 (*Forcipomyia taiwana*)，俗稱「小黑蚊」、「黑頭微」或「黑微仔」，為目前台灣地區為害最嚴重的一種小黑蚊，根據環保署 2002 年所調查資料顯示台灣由北而南都有小黑蚊之足跡，並以台北縣、宜蘭縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、花蓮縣等 12 縣最為嚴重，詳如圖 1-1 所示。小黑蚊自從 1913 年在台灣被 Shiraki 發現至今已經超過九十年，小黑蚊危害區由以往的偏僻鄉鎮逐漸擴散至都會區；小黑蚊飛翔能力不強，發生地區通常成塊狀分布，一般在山區邊緣或山腳下。

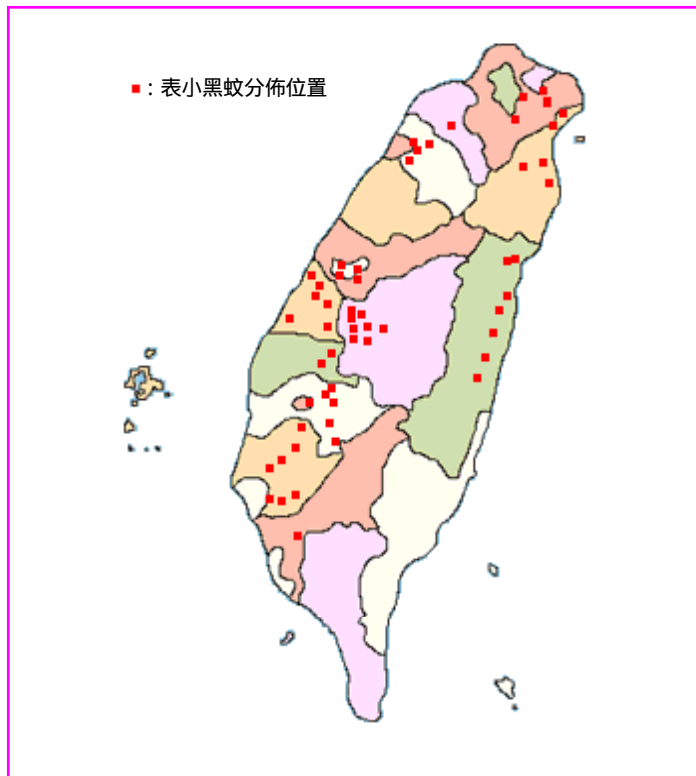


圖 1-1 台灣地區小黑蚊分布圖

Fig.1-1. The distribution of *Forcipomyia taiwana* in Taiwan

小黑蚊個體很小產卵前叮咬人血，不容易被察覺，在白天戶外活動時極具滋擾性，學童居民與一般觀光客深受其擾，不但在野外甚至居家由一般防蚊紗窗進入屋內吸人血，受害者手腳出現紅腫包，詳圖 1-2 所示，奇癢無比，嚴重者可能需要送醫治療；在美國紐澤西州里犬沙東（Merck）曾報導在非洲有一種小黑蚊叮人時，可使人寄生線蟲（Onchocerciasis），如線蟲轉移到眼球時，會造成失明，約有一億兩千萬人受害（Merck，2004）。



圖 1-2 小黑蚊叮咬人體後呈現紅腫狀況

Fig.1-2. The swollen part bitten by *Forcipomyia taiwana*

梁與曾（2004）曾對小黑蚊棲地進行研究認為工程結構不良成為小黑蚊之棲地場所，當人類進行坡地開發同時，坡地社區排水溝巨細靡遺內外相通，小黑蚊卵順利趁機進入社區，貼近人類，且人類進行坡地開發之同時，原有之生態平衡可能因而被破壞，造成食物鏈不見了，又小黑蚊產卵前吸人血以繁衍後代，所以小黑蚊是與人類同在，人類創造了小黑蚊之棲地，雖然目前並無相關文獻記載有傳染性或致

命危險問題，但是目前政府正發展觀光倍增計畫同時，無疑會受到相當程度負面影響，例如莊等（1984）曾調查過去在南投縣鹿谷鄉清水溪沿岸一帶之魚蝦保護區發現小黑蚊活動相當猖獗，雖然當時每年由民眾募款購買大批魚苗放養溪中免費工人垂釣，欲藉此吸引遊客及垂釣來重振當地之觀光事業，但是遊客及垂釣者乘稱興而來，卻由於小黑蚊活動肆虐敗興而歸，甚至不敢到此遊玩；建商若從事坡地社區開發，恐怕亦會對其銷售產生負面之影響；在坡地社區學校可能因為終年師生不敢穿裙子及短袖，夏天非常炎熱困擾，因此小黑蚊危害為廣義坡地災害之一種，屬於其它生態系對於人類之危害，傳統坡地災害為自然界力量或人為不當開發造成之土石流、山崩等坡地災害。

小黑蚊雖然在台灣發現至今雖超過九十年，但是由於小黑蚊個體相當小，其棲地行為不易觀察，且進行研究可能必須被叮咬，故從事此方面之研究人員寥寥可數。過去環保署對於小黑蚊防治方式大都採用成蟲之藥劑進行防治，單次施藥之效果並無法持久，一般約僅能持續 5-7 天而已（侯及李，1993，1994），故其效果未見反有引起抗藥性，以及藥害殘毒之慮。故本研究在於提出以棲地改造為防治基礎，著眼於生態工法方式，期能達到治本並兼顧生態之效果。

小黑蚊成蟲活動受到風速 2.2m/s 之限制，侯與李（1994）曾調查中南部地區，該年 4 至 5 月與 7 至 10 月二個高峰期，筆者查 1993 年 1994 年二年均有梅雨，全島此二區的降雨量高達 400mm 左右。梁與曾（2005）在民國 93 年 7 至 9 月調查潭子鄉新興國小校園雌蟲分布，在七二水災之後至 8 月中旬形跡稀少。梁與范（2005）將校園內可能成為成蟲棲所的水生植物移走後，該點附近小黑蚊活動為之接近絕跡。

由上觀之，棲所有適宜與不適宜之問題。無水生植物即少有小黑蚊棲息，沖洗葉片也造成小黑蚊急速減少。是以，本研究以水沖洗葉

片、樹幹降低小黑蚊活動之關係特別感到興趣。從過去前人研究可推測連續梅雨可能是造成小黑蚊成蟲食源斷絕而絕跡，是以此原因，本研究以清洗樹葉樹幹上風積某階段分解之有機物，以斷絕成蟲食源達到控制為假說，利用高壓水滴清洗 4m 高度以下樹幹、樹枝與葉片可能成蟲食源，即作為本研究棲地改造之手段。

貳 前人研究

一、 小黑蚊生態史之研究

- (一) 瞭解過去前人對小黑蚊生態史之研究有助於防治之研究。蠓科 (*Ceratopogonidae*), 至少有六十屬, 其中庫蠓屬 (*Culicoides*) 銜蠓屬 (*Forcipomyia*) 勒蠓屬 (*Leptoconops*) 及裸蠓屬 (*Austroconops*) 四個屬已知會取食溫血脊椎動物之血液 (Linley et. , 1983), 在台灣則以臺灣銜蠓 (*Forcipomyia taiwana* (Shiraki)) 又稱為小黑蚊, 屬雙翅目 (*Diptera*), 並以雌蚊會嗜人血, 並與雄蚊群舞交配產生後代, 對於人類危害最為嚴重。
- (二) 小黑蚊最早之研究記錄是由日本昆蟲學家 Shiraki (1913) 在台灣中北部所發現。
- (三) Tokunaga (1937) 則加以描述小黑蚊成蟲。
- (四) 1967 年起孫克勤等由試驗室之飼養描述卵、幼蟲、蛹期之各期形態, 並開始著手對小黑蚊之生態進行初步研究。
- (五) 1991 年止已知台灣蠓蠓亞屬之種類共發現有 24 種之多, 其中僅台灣銜蠓及山地銜蠓二種會吸人血 (連, 1989), 兩者又以小黑蚊為害最為嚴重, 因體型極小, 體長約 1.4mm (Sun, 1967)。
- (六) 陳等 (1980) 曾於試驗室飼養臺灣銜蠓之各齡期, 再以電子顯微鏡觀察做為分類研究之依據。
- (七) 莊 (1994) 成功的在試驗室大量繁殖, 對小黑蚊各齡期的生活史均有較詳盡的敘述。

(八) 梁與曾 (2004) 曾將補捉後之雌小黑蚊成蟲放大 40 倍發現前端有一黑色針狀之口器長約 0.2mm，此為雌小黑蚊成蟲依賴人血之原因，其它之溫血脊椎動物則因皮膚較厚不易吸血。此點證明了小黑蚊棲地與人類同在，即沒有人類居住地方或到達則無小黑蚊。

(九) 綜觀以往之研究，小黑蚊之生活史包含卵期、幼蟲期、蛹期及成蟲期等四個階段，大部份卵產下 3 日後即孵化，幼蟲期 16~18 日，蛹期 3~5 日，整個生活史從卵至成蟲約須 21~26 日，而飼育出之雌蟲最久可活 26 日 (Sun, 1967)。茲將此四階段分述如後分述如下：

1. 卵期：

剛生出之卵為淡黃色，後逐漸變為褐黑色，呈紡錘形，長約 0.3mm (葉和王, 1997)，如圖 2-1 所示。卵孵化成幼蟲約需 2-3 日 (Sun, 1967)，孵化時卵殼自三分之一處裂開，形成一拖鞋狀 (葉和王, 1997)。



圖 2-1 小黑蚊之卵(行政院環境保護署, 2002)

Fig.2-1. Eggs of *Forcipomyia taiwana*

2. 幼蟲期：

卵約經過三天後即孵化為幼蟲，共分為四齡，初齡體長約 0.35mm，呈透明狀較不易察覺，2-4 齡後逐漸變為黃褐色，體長約 2.5mm，如圖 2-2，具負趨光性。小黑蚊幼蟲在田間若能找到適當食物與合適的孳生場所，在台灣之氣溫下，溫度對其影響而言，一年四季中幼蟲都可能以相當高之存活率發育，完成其生活史。

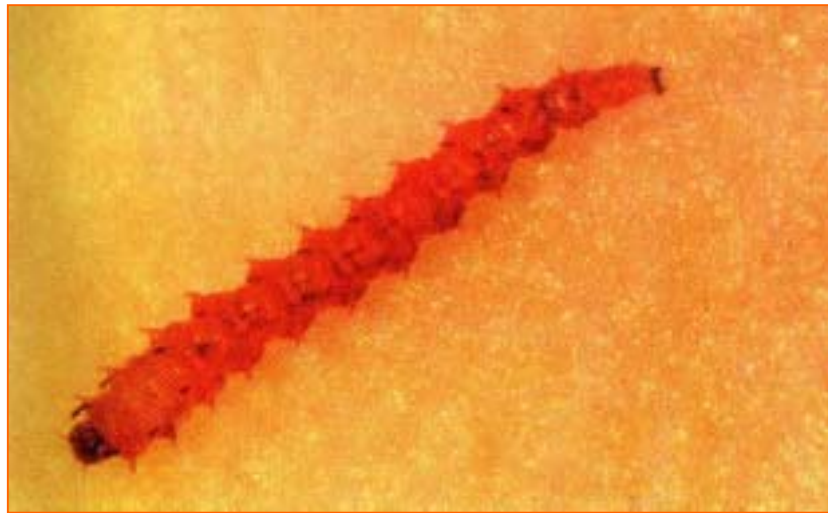


圖 2-2 小黑蚊之幼蟲(行政院環境保護署，2002)

Fig.2-2. Larva of *Forcipomyia taiwana*

3. 蛹期：

裸蛹長約 2.1 mm，黃褐色，前胸兩側有一對呼吸管，頭粗尾細呈錐形狀，末齡幼蟲脫皮之蛻仍粘附在蛹的尾端以利羽化(裘及榮，1979)，如圖 2-3。蛹經過 3~5 天之發育即羽化成蟲(Sun，1967)，蛹發育至成蟲的時間和溫度有關，在 15 時約需 20 日、30 時約需 6 日，但溫度過高

(35) 或過低 (10) 則無法生存。



圖 2-3 小黑蚊之蛹(行政院環境保護署，2002)

Fig.2-3. Pupa of *Forcipomyia taiwana*

4. 成蟲期：

根據本研究飼養觀察成蟲之壽命約二到六週，與過去文獻所記錄相當吻合。羽化之成蟲於各種溫度下飼育，發現成蟲壽命隨溫度之降低，壽命愈長，於 20 及 25 下，雌蟲壽命分別為 41.1 日及 37.1 日，雄蟲壽命則無顯著差異，分別為 19.7 日及 19.5 日（莊，1994）。只有雌蟲會吸人血，吸飽血之雌蟲二至三天後約可以產出 30 35 粒卵（譚等，1989；莊，1994），每隻最多可產 65 粒卵。莊（1994）於試驗室中飼育時，發現雌蟲於羽化第二天即可被人體手臂誘引而進行吸血，因此推測田間雌蟲於羽化後 1~2 日即已完成交尾。小黑蚊雌成蟲

通常於吸血產卵後即死亡或是否會再叮取人血再次下卵否？尚待進一步之研究。雌雄不同如圖 2-4 與圖 2-5。



圖 2-4 小黑蚊之雄成蟲(李學進, 2000)

Fig.2-4. Male adult of *Forcipomyia taiwana*



圖 2-5 小黑蚊之雌成蟲(李學進, 2000)

Fig.2-5. Female adult of *Forcipomyia taiwana*

二、 小黑蚊棲地之研究

由前節小黑蚊發育過程有四個階段，在過去相關研究中其棲地各有不同，藉由小黑蚊棲地之瞭解，可以對照本研究試區之環境現況，其中成蟲之棲地是為本研究防治必須特別加以瞭解的發育階段，將過去相關之研究報告整理如下：

- 一、 卵期：多產於陰暗潮濕生有青苔或藍綠藻之濕潤土壤表層上（譚等，1989），如茶園茶樹下、竹林土堆上、蔬菜園畦邊、溪水邊淤泥土面、檳榔園下、屋簷下、牆邊等。
- 二、 幼蟲期：幼蟲個體小，在土面上肉眼難以辨識，對其孳生地及棲息地之調查相當困難。柳等（1964）利用飽和鹽水飄浮法檢查可能孳生地土壤樣本，結果認為以樹蔭度較高之疏鬆土壤最高，其次為牆腳下之青苔處，發現小黑蚊幼蟲之陽性率最高，完全向陽之土壤則未發現。幼蟲以周圍之藍綠藻為食，發育至蛹的日數隨溫度升高而減少，例如 15 時約需 34 日、 20 時約需 19.5 日、 30 時約需 9.4 日，但溫度過高（35 度）或過低（10 度）幼蟲就會死亡。且水份太多也會將幼蟲淹死，故排水不良地區較少發現蟲體。此期常孳生於住家或建築物附近枝葉茂密之樹下、竹籬下或瓜棚下有相當濕度而沒有雜草孳生之遮陰、潮濕含砂質及腐植質生有青苔或藍綠藻等之表土層，其次為花生田、甘藷田、旱田、蔗田等，再其次為土牆及石牆之裂縫及水溝旁邊等；較硬的土面與完全向陽的場所則未發現有幼蟲孳生（柳等，1964；Lien and Lin, 1966；周等，1988）。陳等（1979）於花蓮縣秀林村，以直接觀察法及利用毛筆採集法調查幼蟲棲地，調查並記錄陽性地點之土壤特性，包含含水量、pH 值、土壤結構及及棲地之遮蔭情形，發現土壤含水量介於 10~20% 之環境最適合，太溼或太乾均

不適合幼蟲孳生，且與土壤 pH 值較無直接相關性，其發現幼蟲之棲地大都為房屋四周及樹蔭之土壤表面。

大多數幼蟲分布距離土表 1cm 之土中，並且其孳生與降雨有關（柳等，1964）。葉和王（1997）以綠色眼鏡加上探照燈，在可疑之幼蟲棲地直接以肉眼觀察，調查發現幼蟲孳生源大多位於住家周圍半徑 10m 之範圍，靠近水源、腐質土的地方，包括排水溝、圍牆上、屋簷下，且大部分生長在藍綠藻及青苔上，但在乾燥的泥土、砂地及水泥地上則沒有發現。翻動土壤深度約 10 公分可破壞其孳生地；種植被地雜草或朝鮮草可抑止小黑蚊產卵及幼蟲孳生；整治排水溝亦可減少幼蟲生存。中國大陸學者裘和榮（1979）分別以不同飼料飼育臺灣缺蠓幼蟲，觀察其發育時間，認為藍綠藻對臺灣缺蠓幼蟲營養影響最大，有不少文獻均指出其幼蟲以藍綠藻為生，孳生場所為濕潤土壤及長青苔處。

三、蛹期：幼蟲歷經二到三週（Sun, 1967；莊，1994）之發育生長後，會爬到水分較少之容器壁、土表、或草莖部化蛹。

四、成蟲期：張及葉（1997）利用小黑蚊雌蟲吸血特性，研究溫度、CO₂ 等物理因素對小黑蚊之誘引效果，結果以溫度 39 較吸引小黑蚊成蟲，CO₂ 則以人體呼出之 CO₂ 較吸引蟲隻，其次為乾冰及 CO₂ 鋼筒釋出之 CO₂。陳等（1979）漁業間利用真空吸集器（D-Vac vacuum sweep net）調查花蓮縣秀林村之小黑蚊成蟲棲地，發現以灌木林及雜草堆之陽性率最高（本研究採噴水方法之對象），並且在 2 公尺以下（本研究以喬灌木為 4 公尺以下為噴水之高度），雌雄比例為 0.45。虞和劉（1982）經過長期間觀察小黑蚊之飛行活動，認為此種行為是為短暫而有定向性的，並非持續進行，因而

大部分之時間大多棲息於孳生地附近之草叢中，等供血寄主靠近而加以取食。至於成蟲交配後是否需要食物？雌雄是否有所分別？雌蚊是否多次交配或一次交配多產？則不得而知。另外，小黑蚊成蟲其之群落行為與食物鏈是否有關亦不得而知，如有其防治對策自然迎刃而解。

三、 小黑蚊生物地理相關研究

小黑蚊既是吸人血以繁衍後代，無疑是一種侵人類性 (anthropic) 之昆蟲，如同蚊子、蟑螂一樣，它們基本上隨著人類到任何人類活動之地方。本研究觀察坡地社區種植喬、灌木及花叢等，其上風積某階段分解之有機物，正為坡地以此等喬灌木構成不良造景吻合小黑蚊自我組構

(self-configuration) 或自我設計 (self-design) 能力，是提供小黑蚊生存成蟲棲地之主因。

這些自我設計的棲地受到何種條件因素影響，根據 Sutherst 及 Maywald (1985) 以氣象資料加上物種對於溫、濕度與日長變化反應所測得以年度計算之「生態氣候指數」 (ecoclimatic index, EI) 可以描述永久據有一地某蟲類之氣候適宜度，如圖 2.6 所示。在過去文獻調查中小黑蚊每年以四月至十月間為出現最頻繁之季節，日活動則以白天為主，與溫度、人類作息活動有關，並以上午十時至下午三時出現最多，故小黑蚊屬外溫性 (poikilothermic) 昆蟲。因此熱指數是當食物不短缺時之驅動力，在合適範圍內溫度上升可以加速小黑蚊代謝，致使其發育率加快，一般小黑蚊適宜之發育溫度為 10 至 35 範圍，這也是小黑蚊在熱天出現頻率較高原因之一。陳等 (1982) 連續四年 (1976-1979) 調查花蓮地區小黑蚊族群之季節消長時，將族群變動情形配合氣象因子，以路徑分析法測定，認為獨

立因子之影響程度依序為日照時數 > 雨量 > 濕度 > 溫度。在統計學上基於相關而非因果之關係，可能影響因素是為食源或活動尚待進一步確認。

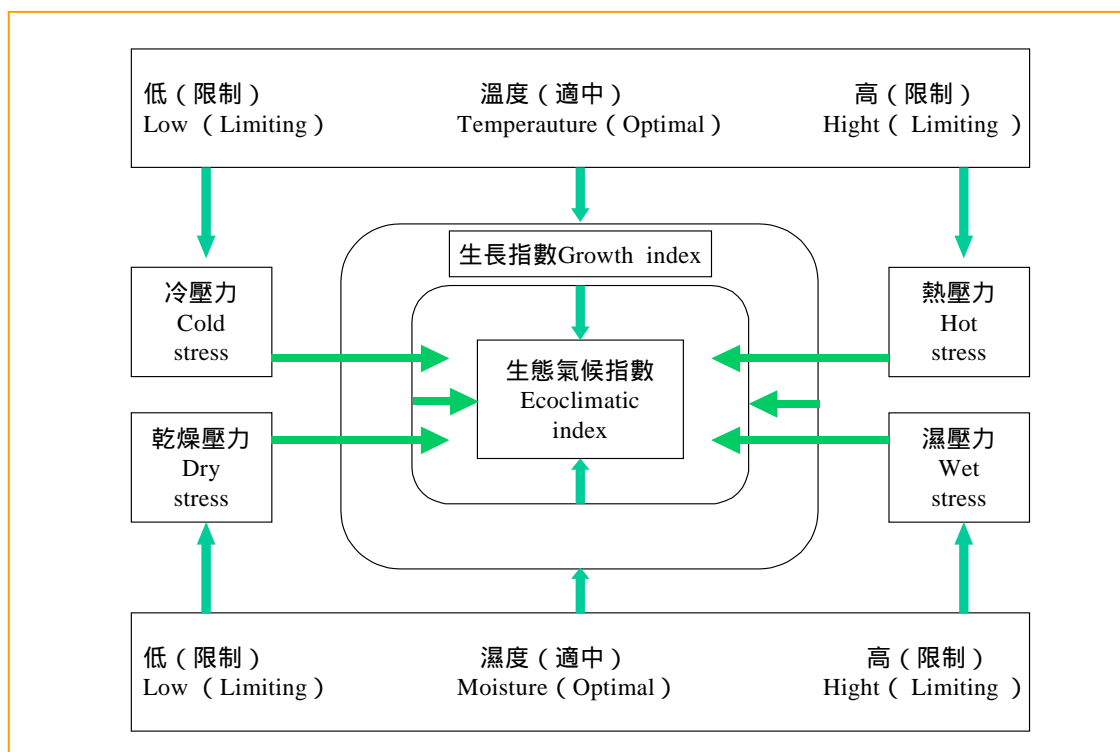


圖 2-6 生態氣候指數 (Sutherst 及 Maywald (1985))

Fig.2-6. Ecoclimatic index (Sutherst 及 Maywald (1985))

小黑蚊活動除熱指數外，對於風速大小亦會影響其活動。張(1997)於實施田間調查時當風速超過 2.2m/s 則誘集器誘捕不到任何蟲，而小於 0.5m/s 則蟲數明顯較多。

四、 小黑蚊各種誘捕方法之研究

(一) 根據環保署委託中央研究院之小黑蚊防治實務研究

(1996-1997), 野外以人餌誘集法觀察其吸血活動及紫外光捕蚊燈對牠的誘引效果比較說明如下：

1. 野外人餌誘集法：

在日間之吸血情形，自上午八時開始逐漸增多，至中午時分達最高峰，至黃昏時完全消失。

2. 紫外光捕蚊燈誘引法：

以紫外光捕蚊燈誘捕小黑蚊，發現在白天誘得蟲數與人餌誘得者呈現相同的趨勢。但紫外光捕蚊燈的捕獲數目非常少，當與無紫外光之對照捕蚊燈比較時，捕獲數差異很小，可見紫外光對小黑蚊不具誘引效果。

(二) 張伯熙、葉金彰(1997)比較不同的影響因子來誘捕小黑蚊，包括下列各項試驗：

1. 室內 CO₂ 氣體誘引試驗。
2. 溫度氣味及顏色因子之影響試驗。
3. 誘集種類之鑑定與性比率。
4. 不同 CO₂ 來源對小黑蚊誘集之影響。
5. 加熱電器溫度與 CO₂ 協力作用對小黑蚊誘集之影響。
6. 朝下之風扇板顏色對小黑蚊誘集之影響。
7. 風扇板離地面高度對小黑蚊誘集之影響。
8. CO₂ 釋放率及釋出口與抽風風扇板的距離對小黑蚊誘集之影響。
9. 風速的大小對誘集效果之影響。
10. 誘集器連續誘集對小黑蚊的誘集效果比較。

11. 比較以人之小腿及誘集器調查小黑蚊之日週期。

初步發現 CO₂ 氣體對小黑蚊具有一定程度之誘集效果。

(三) 視覺或嗅覺訊號 (factory cues) 誘引 (attraction) 之機制研究：

Takken (1991) 認為寄主對於雌蚊之誘引可分為兩類，一種屬於長距離之誘引，主要是寄主本身具有可被雌蚊是視覺或嗅覺訊號找到特殊體型、顏色或味道所致，另一種為被寄主誘引至寄主周圍後之短距離誘引，包括寄主周圍溫度與濕度之變化等。並從寄主體內散發出能引起雌蚊定向飛行 (orientation) 反應之物質分為三類，一為體表散發物 (skin emanation): 為汗腺及皮脂腺之分泌物，其中主要成分為乳酸及氨基酸。二為呼出之氣體 (exhaled air): 主要為 CO₂、octenol、酚類及醇類等。三為尿液 (urine)，與呼出之氣體同樣包括酚類及醇類等，此外多種化學誘因所產生之協力作用 (synergism)，可能會增加單獨因子時之誘集效果。Bidlingmayer (1994) 也認為大多數被誘引產生飛行，最初是為視覺與嗅覺訊號所控制。Ahmadi and Mcclelland (1985) 認為雌蟲能夠輕易尋求寄主得到血源，主要藉由特殊感覺器寄主發出之開落蒙 (Kaironmones)，而趨向這刺激源，此為重要被誘引之原因。由以往之研究經驗，故本研究採用「人餌誘集法」方式進行誘捕，雖然以此法誘捕因為個人體質不同分泌乳酸、CO₂ 等不同，但是本研究採較長時間噴洗，並超過小黑蚊之一般生態史一個月時間，故仍具有相當客觀性。

(五) 小黑蚊過去防治方式之研究

小黑蚊分布越廣則防治成效越會受到重視，依據環保署九十年九月出版的台灣小黑蚊防治手冊及國立中興大學李學進教授提出之防治方式，除未見生物防治法及天敵防治外，綜整摘要如下之防治方法，惟各種方法乃採併用方式說明如下：

1. 社區環境整頓方法

包括清除遮陰處潮濕之青苔土塊、腐植質、翻土、清除雜草、灌木叢、疏伐樹枝及疏通排水溝，整頓清除小黑蚊成、幼蟲之棲息及孳生場所。此防治方式可以瞭解坡地社區小黑蚊之可能棲地，此種防治方式是屬於棲地環境改造之另一種方式，比較符合生態之防治方法，從此點防治方式亦可以幫助瞭解未來進行坡地規劃時應避免造成上述之不良造景，提供小黑蚊自我設計流程之主因。

2. 個人防護

穿著長袖衣服、長褲，減少身體裸露之部位，以避免小黑蚊之叮咬，並於身體裸露部位塗抹防蚊液，可預防小黑蚊為害達數小時之久。本研究於試區誘捕試驗時，同時暴露雙腿，一腳有擦防蟲液，另一腳則無擦防蟲液，結果發現有擦防蟲液之腳無小黑蚊叮咬。此外，小黑蚊出現在每年四月至十月期間密度較高，若長期於熱天穿著長袖長褲會讓居民或學童苦不堪言，故此種防治方法是屬於治標方法，應從棲地改造之治標方法方為良策。

3. 物理防治

一般之紗窗僅對蚊子具有阻隔作用，但小黑蚊體積小

一般紗窗無阻隔作用，小黑蚊出入自如，故可裝置細孔之紗門、紗窗，阻隔小黑蚊飛入室內。採用此種方法可能導致室內之通風性及採光性較差，故此法亦屬治標方法。

4. 藥劑防治

使用藥劑可以立即發生功效，但小黑蚊個體小不易察覺必須全面噴灑才會有效果，若沒有小黑蚊處也進行噴灑，則易造成空氣或土壤危害。此種方法是不得已之作法，亦屬治標之方法。

由上觀知，過去之防治方法除了第一點是比較接近本研究樓地改造之方法外，其餘方法僅能治標不能治本。

參 研究材料與方法

小黑蚊與人類既非坡地社區之原住成員，人類與關社區成為小黑棲地場所，在過去不少文獻中均指出其幼蟲以藍綠藻為主，梁與曾（2004）在南投縣埔里鎮愛蘭國小及虎頭山兩地進行排水溝各種不同積水狀況下小黑蚊出現試驗，提供工程不良與小黑蚊間關係，在本研究進一步提出防治之對策，其防治之方法首先必須瞭解小黑蚊之自我設計（self-design）能力，因勢利導坡地社區結構消除小黑蚊生存之自我設計能力。在有瑕疵之工程，如排水不良處，或不良造景處，提供小黑蚊自我組構（self-configuration）或自我設計

（self-design）能力，是提供小黑蚊棲地之主因，因此談小黑蚊之防治可由兩方面之防治觀念著手，其一是藉由對於小黑蚊生態瞭解，進而進行坡地社區規劃時設法減少可能造成棲地之機會，以改變坡地社區景觀結構為防治基礎，並減少可能之不良結構物，形成小黑蚊棲地之生存媒介，其二為當坡地社區不良造景已經存在事實則採取高壓噴水方式處理，尤其在高、中育成棲地設法阻斷棲地之食物來源與清除棲地，比傳統噴藥方式要能收到立竿見影之效，且可以避免對環境之傷害。

一、 研究流程

本研究主要針對小黑蚊成蟲防治進行探討，首先搜集小黑蚊生態相關資料，包含小黑蚊可能存在棲地之資料加以研判，幼蟲階段主要為坡地整治工程構造不良之處，諸如擋土牆及排水溝積水潮溼易長青苔處，成蟲階段則主要於不良造景之處，例如喬灌木、花叢等，藉由清水清洗方式根絕其棲地成蟲食源，並於研究樣區以人體小腿誘捕法進行驗證，並選定對照試區進行對照，同時由於目前對於小黑蚊之生

態研究仍有諸多不詳之處，對於田間試驗設計作了部分合理之假說，整個研究流程詳如圖 3-1 所示。

二、處理試區選定與環境特性

本試區位於苗栗縣大湖鄉鯉魚潭集水區新開國小，距離鯉魚潭不到五十公尺處，沿台 3 線即可到達，詳圖 3-1 所示，試區約略成長方形南北向分布，標高約 400 公尺左右，坡度約為 45° ，試區附近土地利用大都以果園、竹林、檳榔及位於樣區西側緊鄰有十幾戶之村落，樣區面積約 1.2 公頃，師生約七十人左右，學校建築成 U 字形二樓 RC 建築，靠鯉魚潭為操場，試區種植茄苳樹、榕樹、橄欖樹、花圃等，由於此試區經查訪該校師生後表示經常為小黑蚊叮咬所苦，尤其每當夏天來臨時，小黑蚊活動相當活絡，師生上課情緒影響甚大，一直苦無對策，經與校長溝通後同意配合本防治之研究。

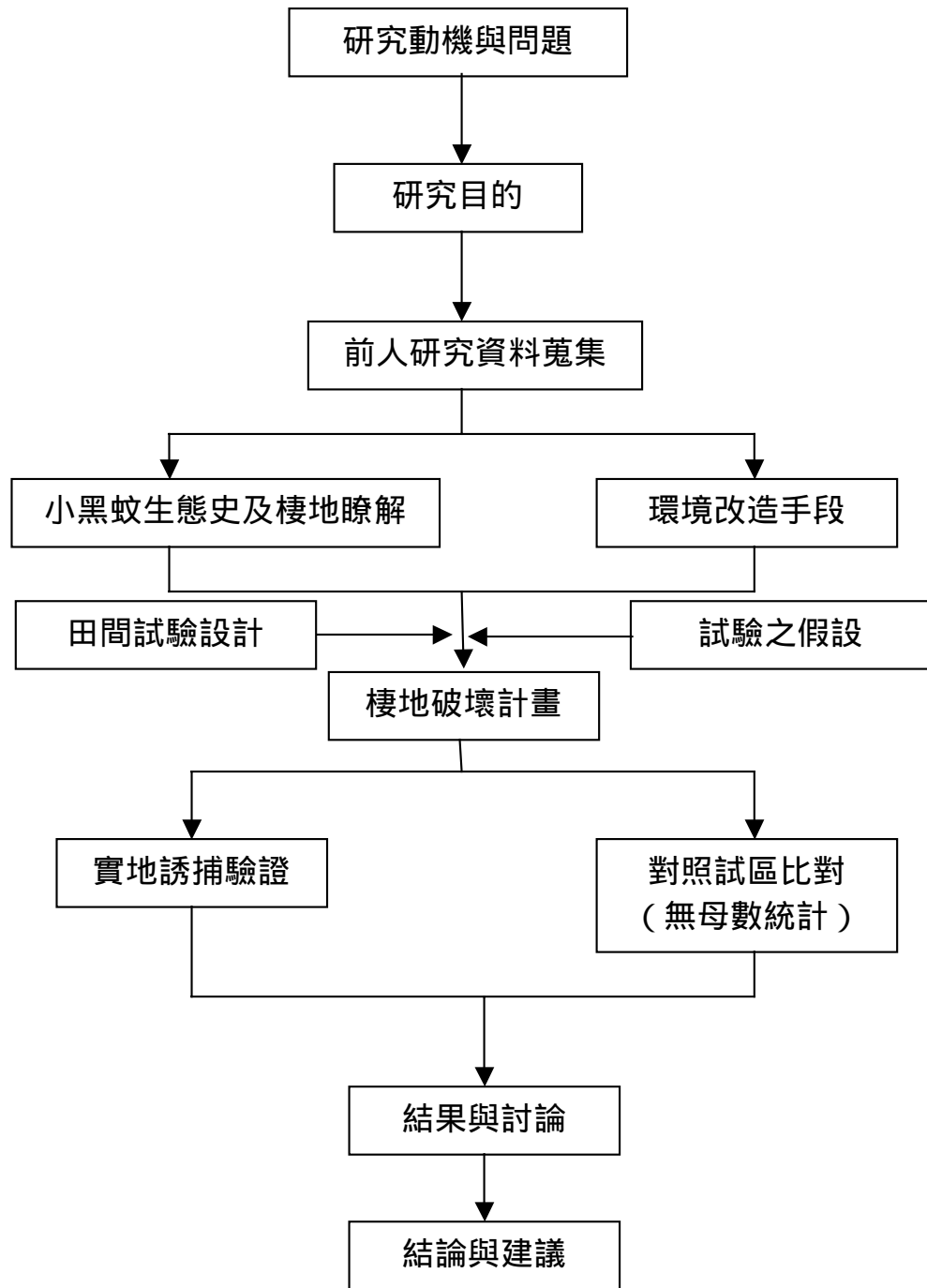


圖 3-1 本研究流程圖

Fig.3-1. The flow chart of study



圖 3-2 新開國小試區地點

Fig.3-2 . Location of Hsin-Ki primary school

本試區選定四點進行小黑蚊誘捕試驗驗證，誘捕試驗包括背景資料調查及試驗後之資料調查。考量一般小黑蚊可能飛行距離為 50 公尺左右，故試驗點與試驗點間距離設定約 40 至 60 公尺左右，詳圖 3-2 所示。各分布點之環境特性說明如下：



圖 3-3 新開國小試區 A、B、C、D 點位置分布圖

Fig.3-3. Location of sites A,B,C,D of Hsin-Ki primary school campus

A 點：位於教室附近，屬學童師生活動地點，附近有教室排水溝，花園種植喬灌木、花草、養魚水池等，地坪鋪面種植草皮，此點因喬木不多且不高，故向陽性高。此試驗點北側有數棵大榕樹造成風擋效果，故風力影響應不大。此點距離 B 試驗點約 40 公尺左右。

B 點：位於教室附近，屬學童師生活動地點，附近有教室排水溝，花園種植喬灌木、花草等，與 A 點相距約 40 公尺，此點因喬木不多且不高，向陽性高。

C 點：位於操場跑道附近，附近有百年老樹及操場之排水溝，附近有數棵大榕樹陰涼日照較少，距 A、B 點約 40 公尺。惟較靠近操場地區較為空曠，故風力影響較大。

D 點：位於位於操場司令台附近，附近種植喬木，與 D 點相距約 60 公

尺，距離教室等學生人群聚集處較遠，但是距離附近村落僅 10 公尺左右，本試驗點因有數棵喬木具有遮蔭效果，亦較接近迎風面。

三、處理試區結構不良成為小黑蚊棲地調查

梁與曾（2004）曾就坡地整治工程區位與小黑蚊之關係進行研究，在有瑕疵之工程，如排水不良處，或不良造景處，提供小黑蚊自我組構（self-configuration）或自我設計（self-design）能力，對照本試區成蟲可能棲所，包括學校之喬灌木、花叢等間接造景提供食源與直接提供棲地，即由風積於樹葉、樹皮上某階段分解之有機物、真菌、露水等為其食物來源，詳圖 3-3 至 3-5 所示。幼蟲可能棲地包括百年茄苳樹長藍綠藻，排水溝排水不良等，詳圖 3-6 至 3-8 所示。



圖 3-4 教室附近之喬灌木、花圃等疑為小黑蚊成蟲之棲地

Fig.3-4. The habitates near classrooms



圖 3-5 學校操場內之百年茄苳樹、榕樹等疑為小黑蚊成蟲棲地

Fig.3-5. The habitates near gym



圖 3-6 校門北側喬木等疑為小黑蚊成蟲棲地

Fig.3-6. The habitates located in the northern camps



圖 3-7 百年茄苳樹之樹幹長有青苔疑為小黑蚊幼蟲食物來源

Fig.3-7. Algeas at the tree could be the food source



圖 3-8 於試驗點 C 點附近之操場排水溝排水不良

Fig.3-8. Dead water retained in ditches of site C



圖 3-9 於試驗點 A 點附近水塘水光場所疑為小黑蚊交配棲地

Fig.3-9. Matching habitates of site A

三、試驗與驗證之假設

小黑蚊成蟲前之卵期、幼蟲期、蛹期或成蟲後其體積小不易察覺，由於過去對於小黑蚊生態之瞭解仍有諸多不詳之處，且田間試驗變異性不若試驗室試驗容易控制，在本試驗設計上除假設清洗樹葉、樹幹風積某階段分解之有機物為成蟲食源外，也忽略於人體分泌乳酸、 CO_2 不同之影響，以及小黑蚊交配後雌雄蚊是否仍各自存活且雌小黑蚊一次交配多產或雌小黑蚊多次交配之相關問題，分別說明如下：

一、忽略人體分泌乳酸、 CO_2 不同對小黑蚊成蟲誘引之不同：

根據 Takken (1991) 認為寄主對於雌蚊之誘引可分為兩類，一種屬於長距離之誘引，主要是寄主本身具有可被雌蚊是視覺或嗅覺訊號找到特殊體型、顏色或味道所致，另一種為被寄主誘引至寄主周圍後之短距離誘引，包括寄主周圍溫度與濕度之變化等。而人體散發出之乳酸、 CO_2 等反應物質能引起雌蚊定向飛行，惟因每個人之體質不

同會而影響調查或驗證結果，故在每次進行試驗誘捕小黑蚊時，每一試驗點誘捕人員必須以隨機方式分派，且必須連續以一小時，及至少一個月小黑蚊生態史時間並每週進行二次誘捕，以消除此項可能產生誤差之影響來進行試驗設計。

- 二、小黑蚊交配後雌雄蚊是否各自存活且雌小黑蚊一次交配多產或雌小黑蚊多次交配等相關問題：以往小黑蚊之生態研究仍有諸多狀況不詳之處，例如雌小黑蚊交配後仍繼續各自存活且雌小黑蚊一次交配多產（一次交配多產）或雌小黑蚊多次交配但每次僅一產；亦或者是雌小黑蚊交配後仍繼續存活但雄小黑蚊死亡，或者是雌小黑蚊交配後死亡但雄小黑蚊繼續存活。

四、 高壓清洗方法防治方式介紹

一、 清洗設備介紹：

採用噴洗設備包括 13HP 之高壓清洗機乙台、高壓清洗管線約 60 公尺長、噴槍、50 公升容量塑膠水桶乙只等，詳圖 3-10 所示。



圖 3-10 本研究所使用之高壓清洗機

Fig.3-10. High pressure compressor used in the study

二、清洗原理：

採清洗方法之原理主要觀念模擬空中雨滴落下打擊至樹葉、樹幹之衝擊力道，由動能 $(T) = (1/2)(m)(v^2)$ ，動能為速度之平方，所以選購之高壓清洗機必須有足夠之馬力進行清洗(此清洗力量並不致損傷樹葉)，將 4 公尺以下範圍喬灌木、花叢等上面因為風積有某階段分解之有機物等；此外，小黑蚊個體相當小，其翅膀沾附清水無法飛翔因而死亡。

三、清洗之水量：

清洗之水量到底要多水、多少之頻率才能將樹葉樹幹因為風積某階段分解之有機物等沖洗乾淨，是試驗設計重要之考慮，本試驗在第一、二階段設定一週採兩次進行並連續一個月進行較密集之清洗工作，期間則每週進行一次清洗工作，作為環境之控制。清洗工作乃分區進行，由於高壓噴洗機噴出之水量設定為固定(最大輸出量)，所以每次噴洗之時間是以固定時間來進行，將試區區分為 A、B、C、D、E、F、G、H、I 等區塊，詳圖 3-11 及表 3-1 所示。

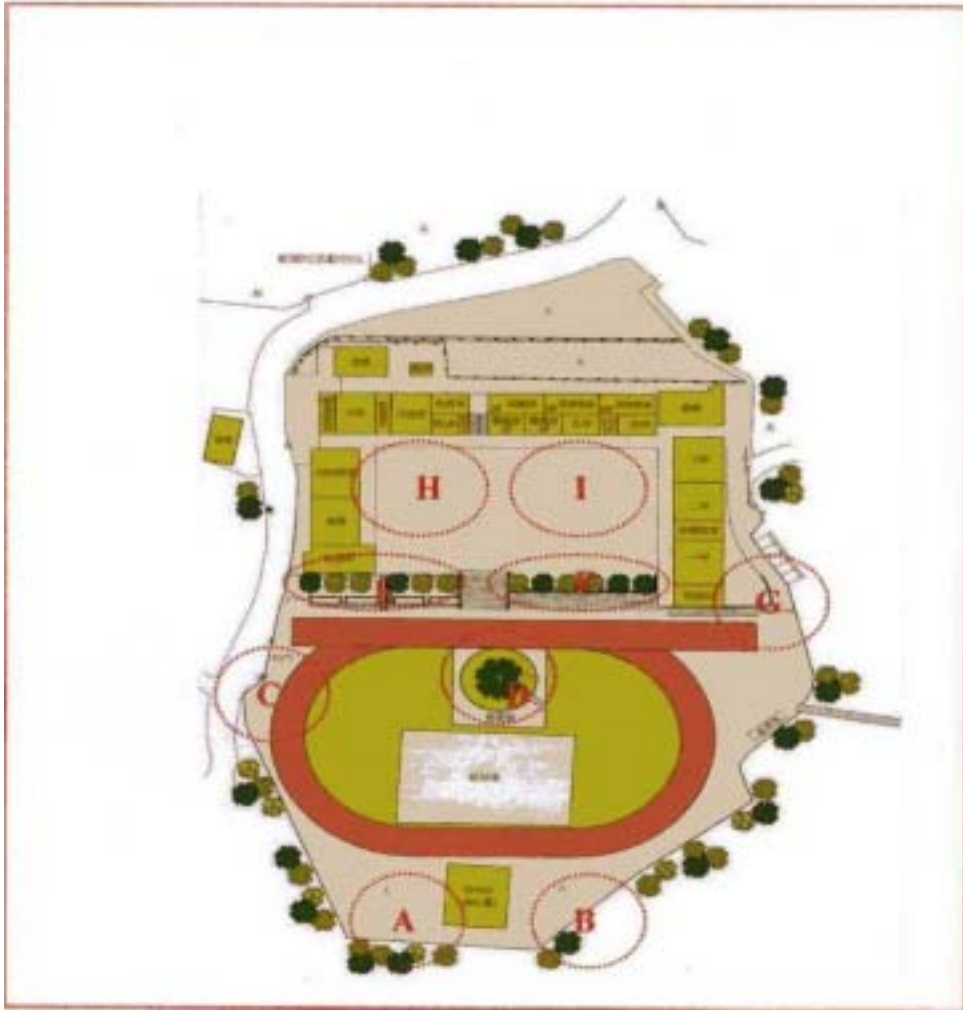


圖 3-11 新開國小試區清洗各區塊分布圖

Fig.3-11. Sketch of Hsin-Ki primary school campus

表 3-1 各區塊清洗用水量表

Table. 3-1 The amount of water used

分區	樹名	用水量 (公升)	高壓清洗時間 (分鐘)
A	麵包樹	200	10
B	麵包樹	200	10
C	杉木	200	10
D	百年茄苳樹	200	10
E	榕樹	200	10
F	榕樹	300	15
G	橄欖樹	300	15
H	椰子、柳樹、榕柏等	300	15
I	椰子、花叢、榕柏等	400	20
合計		2,300	115

平均每分鐘約使用 20 公升水量 (沖洗設備能量)

四、清洗時間及清洗方式：

本試驗分為兩階段，第一階段試驗期間乃於九十三年十月份連續四周時間，針校園 4 公尺以下範圍之喬灌木之樹葉、樹幹以每週進行二次之強力噴水機將棲地食物來源予以清除，詳圖 3-12 所示。第一階段進行當中每週進行小黑蚊誘捕試驗驗證，驗證方法如後敘；第一階段之後每週仍繼續一次之強力噴水機進行清洗工作，直至九十四年四月份為第二階段試驗，以利環境之控制，進行之方式亦同第一階段情形。



圖 3-12 校園 4 公尺以下範圍之喬灌木樹葉樹幹進行清洗作業

Fig.3-12. Clearing event for upper 4 meters above ground

六、 小黑蚊之誘捕時間及方式

以往之研究相關文獻資料，由於人體分泌之乳酸或 CO_2 等物質有相當誘引效果，且雌小黑蚊急於嗜人血產卵以繁衍後代，故採以往相關研究誘捕小黑蚊效果較佳之「人體誘捕法」，即於試區試驗點採座姿不動且不出聲方式（以減少可能干擾）暴露人體小腿部位，如圖3-13所示；待小黑蚊前來叮咬小腿部位約5至8秒鐘時，以透明塑膠袋口封蓋其上予捕捉或打死方式捕捉，每次誘捕時間接於中午12時30至13時30分，觀察60分鐘內每一分鐘分別誘捕之數量並記錄之。此外，成蟲誘捕亦可以採用吸蟲管吸補之。



圖3-13 暴露小腿以人體誘捕法誘捕小黑蚊成蟲

Fig.3-13. Attract *Forcipomyia taiwana* with crus

七、無母數統計 K-S 檢定法

一、無母數統計理論

一般統計方法上，我們通常假設母體分配為已知，而採用樣本資料進行母體母數推估或檢定，然而無法符合檢定的母體假設時，亦即，當兩母體不是常態也不是對稱，我們可以使用符號檢定，因為符號檢定不需要先前的母體假設。此種不需要關於母體分配假定之檢定，我們稱為自由分配 (Distribution-free) 的檢定，亦稱為無母數檢定 (Nonparametric test)。

二、K-S 檢定法

設 X_1, X_2, \dots, X_m 為第 1 族群之隨機樣品

Y_1, Y_2, \dots, Y_n 為第 2 族群之隨機樣品

兩樣品互為獨立，且觀測值依大小順序排列。

假設檢定：

H_0 ：兩族群分布相同，即 $F(X) = F(Y)$

H_1 ：兩族群分布不同，即 $F(X) \neq F(Y)$

統計分析：

將兩樣品資料 X, Y 按觀測值大小次序分成幾組，每組計算各樣品觀測值發生次數及其累積次數，且計算各樣品各組之相對累積次數，分別以 $S_m(X)$ 及 $S_n(Y)$ 表示之，若各組 $S_m(X)$ 及 $S_n(Y)$ 差距小，則表示兩族群之分布可能相同。然後求各組 $S_m(X)$ 與 $S_n(Y)$ 中的最大差距 D 如下式：

$$D = \max |S_m(X) - S_n(Y)| \quad (2.1 \text{ 式})$$

結論：

當實測 $D < D_{\alpha/2, m, n}$ (查表，參考文獻 27)，則接受 H_0 ，反之則接受 H_1 。當 m, n 均大於 40 時，可利用下式求 D 之臨界值

$$D(5\%) = 1.36 \left[\frac{(m+n)}{mn} \right]^{1/2} \quad (2.2 \text{ 式})$$

$$D(1\%) = 1.63 \left[\frac{(m+n)}{mn} \right]^{1/2} \quad (2.3 \text{ 式})$$

Goodman (1954) 提出大樣品資料單尾卡方近似值檢定值為

$$\chi^2 = 4D^2 \left[\frac{(m+n)}{mn} \right] \quad (2.4 \text{ 式})$$

上式卡方值服從自由度 $\nu = 2$ 之卡方分配

八、對照試區選定與環境特性

為利於比較處理組(新開國小試區)有清水與否之差別，選定同樣位於苗栗縣明德水庫附近之明德國小試區進行小黑蚊誘捕，其地理位置及校園誘捕位置詳圖 3-13 及 3-14。本試區位於苗栗縣明德國小，距離明德水庫不到 500 公尺處，沿 176 線縣道即可到達，試區約

略成東西向長方形分布，標高約 150 公尺左右，試區附近土地利用大都以果園、檳榔及位於試區東、西側緊鄰有數十戶之鄉村村落，試區面積約 0.7 公頃，師生約 90 人左右，學校建築成 L 字形二樓 RC 建築，校園內種植榕樹、橄欖樹、花園等，由於此試區經查訪該校師生後表示經常為小黑蚊叮咬所苦，尤其每當夏天來臨時，小黑蚊活動相當活絡，師生上課情緒影響甚大。



圖 3-13 明德國小試區地點

Fig.3-13. Location of Min-Der primary school

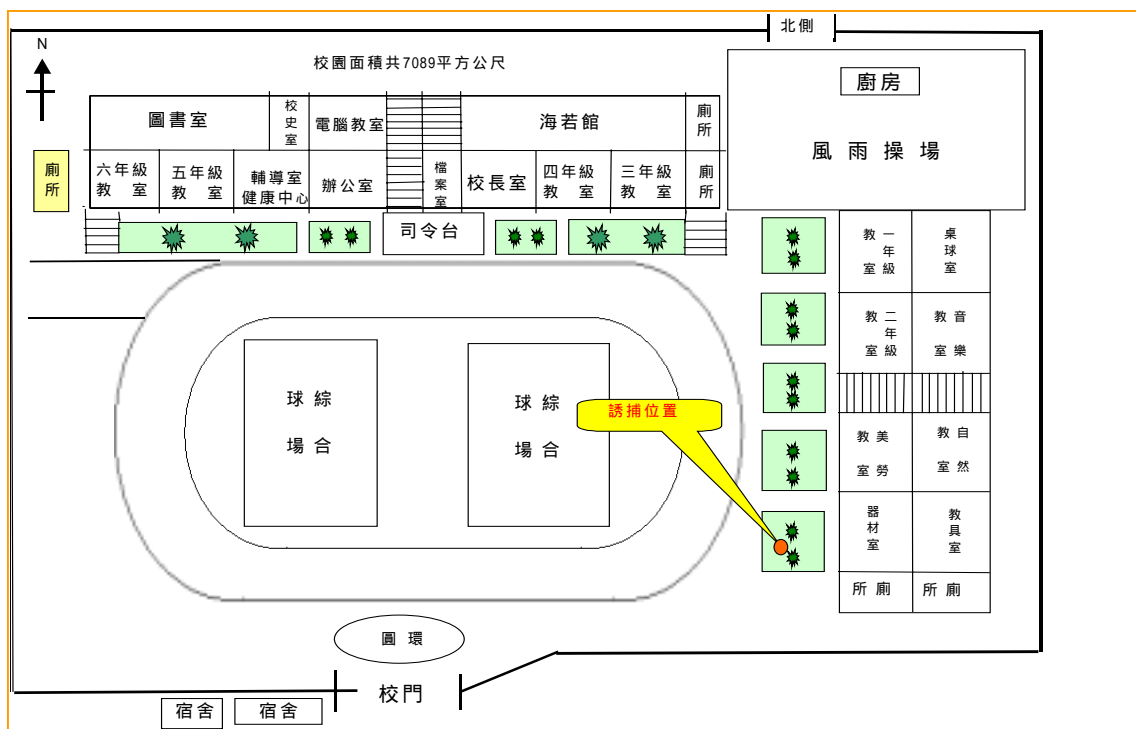


圖 3-14 明德國小試區小黑蚊誘捕位置圖

Fig.3-14. Location of sites of Min-Der Primary school campus

九、 對照試區結構不良小黑蚊棲地調查

對照試區成蟲可能棲所，包括學校之喬、灌木等間接造景提供食源與直接提供棲地，即由風積於樹葉、樹皮上某階段分解之有機物、真菌、露水等為其食物來源，詳圖 3-15 至 3-16 所示。幼蟲可能棲地包括百年茄苳樹長藍綠藻，排水溝排水不良等，詳圖 3-17 至 3-19 所示。



圖 3-15 明德國小教室前之喬、灌木疑為小黑蚊成蟲棲地
Fig.3-15. The habitates appeared in Min-Der primary school campus



圖 3-16 明德國小南側喬、灌木疑為小黑蚊成蟲棲地
Fig.3-16. The habitates located in southern of Min-Der primary

school campus



圖 3-17 明德國小東側長滿青苔疑為小黑蚊幼蟲棲地

Fig.3-17. The habitates located in eastern of Min-Der primary school campus



圖 3-18 明德國小南側長滿青苔疑為小黑蚊幼蟲棲地

Fig.3-18. The habitates located in southern of Min-Der primary

school campus



圖 3-19 明德國小東側試點喬灌木疑為小黑蚊成蟲棲地

Fig.3-19. The habitates located in eastern of Min-Der primary school campus

肆 結果分析與討論

一、 野外誘捕結果

本試驗設計區分為處理組與對照組，處理組選定苗栗縣大湖鄉鯉魚潭新開國小試區，對照組則選定與處理組環境類似之苗栗縣頭屋鄉明德水庫附近明德國小試區，處理組於未進行清洗處理前之背景數量為 5.4 隻，清洗之後誘捕結果區分第一、二階段平均數量各為 1.1、0.4 隻，如附錄 A、B 所示，對照組誘捕結果詳如附錄 C 所示，誘捕結果平均數量為 12.7 隻。處理組第一、二階段誘捕小黑蚊數量以直條圖分析，詳圖 4-1 及 4-2 所示；對照組誘捕小黑蚊數量直線圖如圖 4-3 所示。

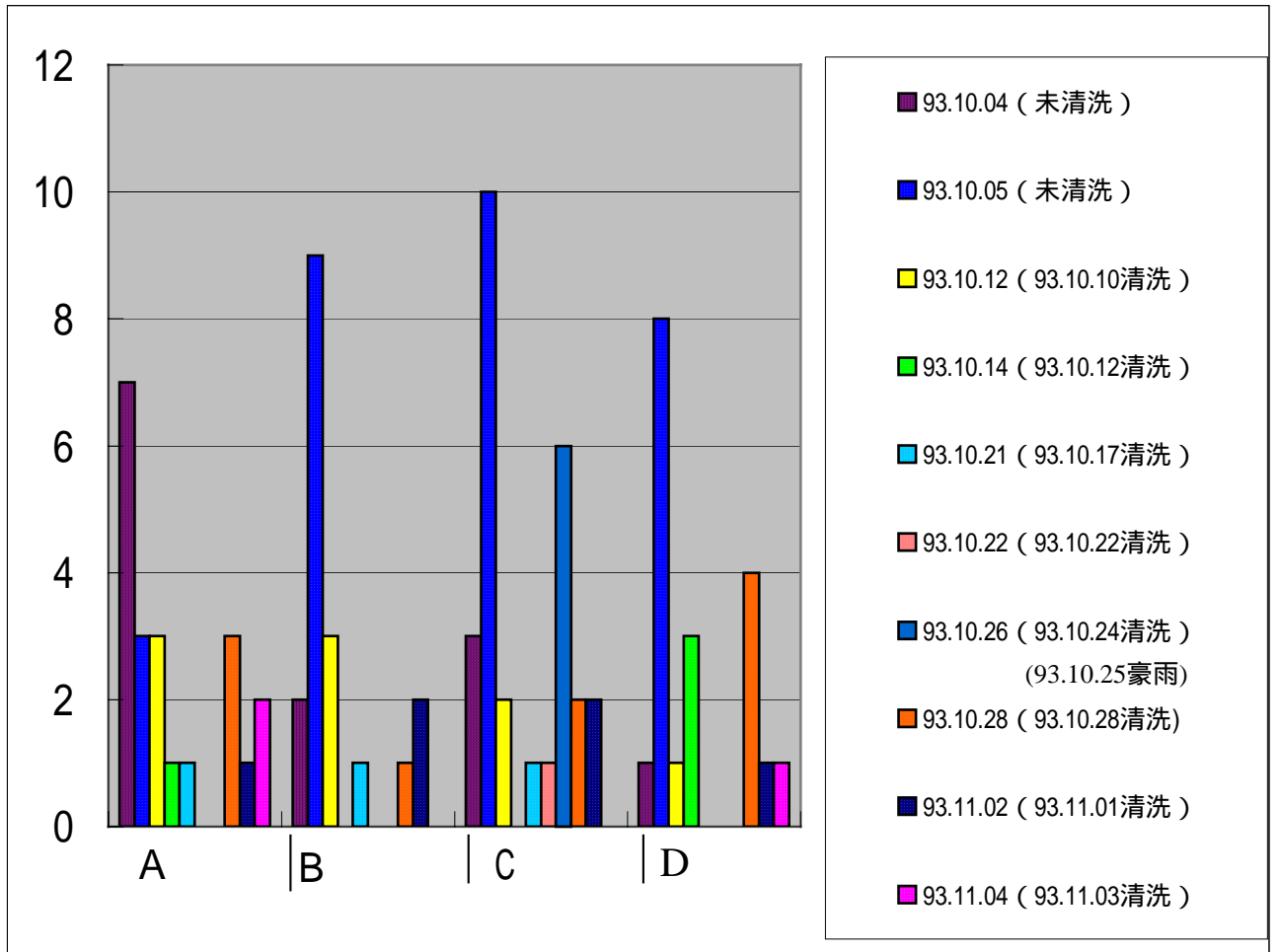


圖 4-1 新開國小試區第一階段誘捕小黑蚊數量直方圖 (處理組)

Fig.4-1. Histogram of adults at the first stage of Hsin-Ki primary school campus (treated)

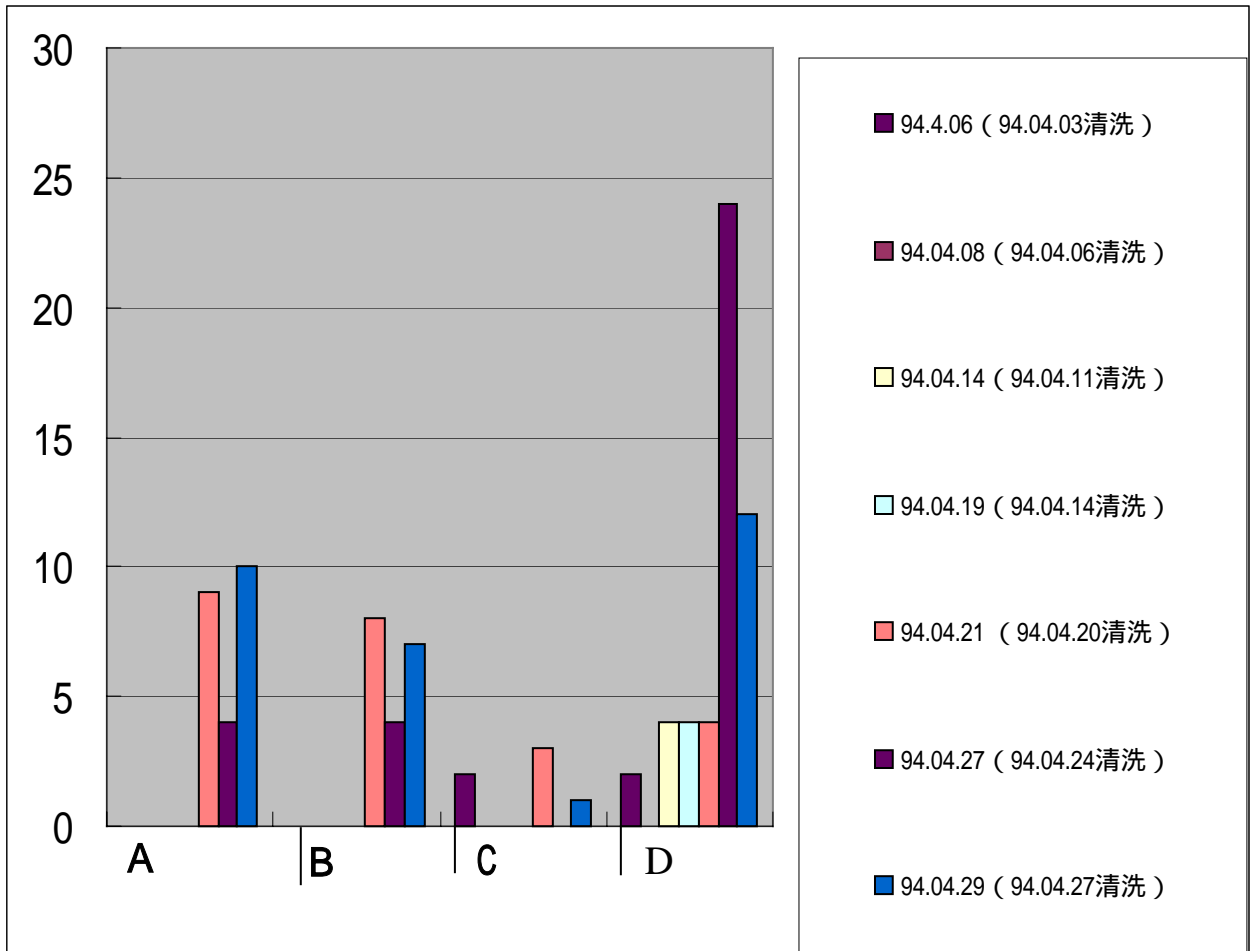


圖 4-2 新開國小試區第二階段誘捕小黑蚊數量直方圖 (處理組)

Fig.4-2. Histogram of adults at the second stage of Hsin-Ki primary school campus (treated)

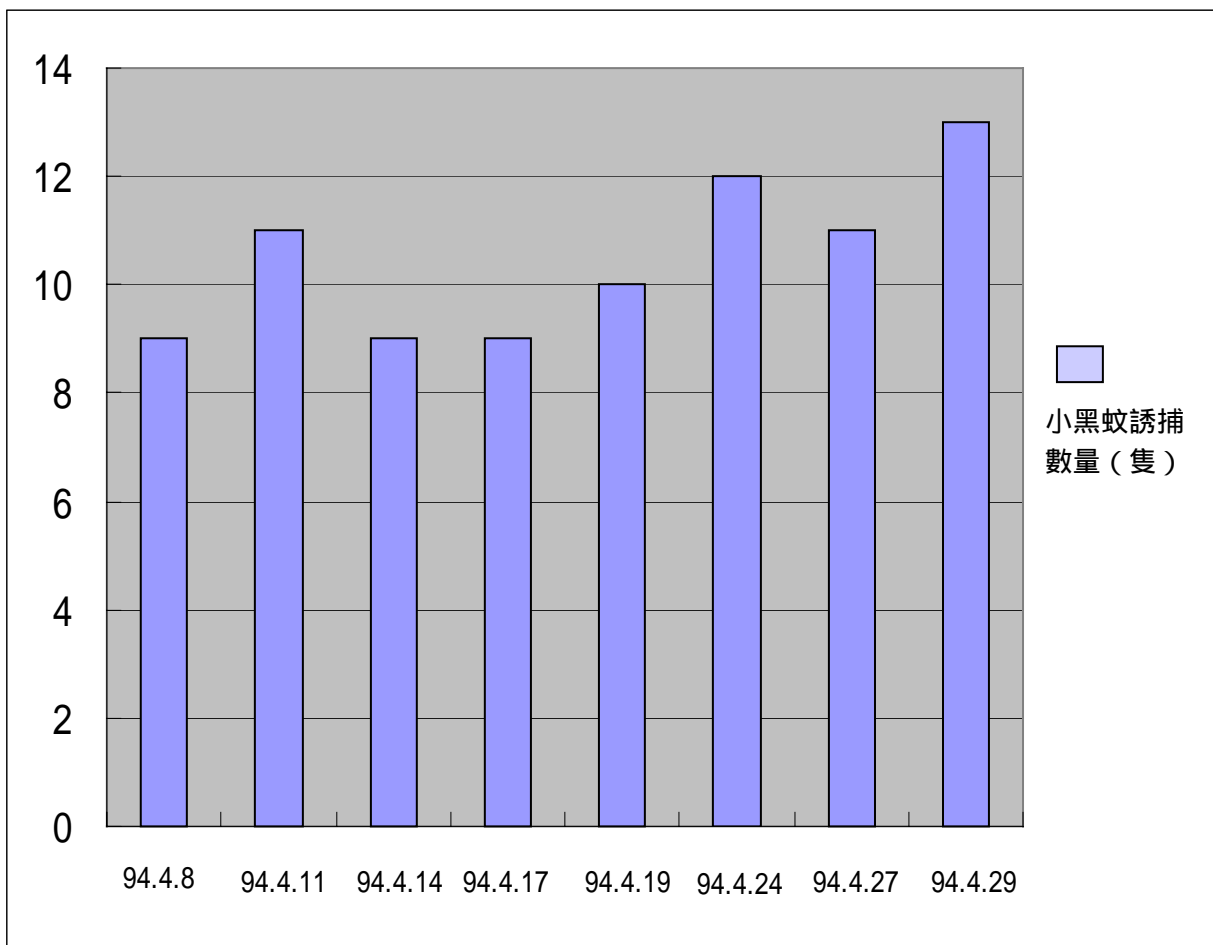


圖 4-3 明德國小試區誘捕小黑蚊數量直方圖 (對照組)

Fig.4-3. Histogram of adults on Min-Der primary school campus (control)

二、 氣象與清洗統計

本研究試驗設計之清洗頻率係不考慮當地氣象因素，惟為了解當地氣象因子對於當地小黑蚊出現影響，蒐集水利署鯉魚潭氣象站資料及中央氣象局苗栗氣象站資料，如附錄 D 及附錄 E 所示，試驗期間

以 93 年 10 月 25 日及 94 年 2 月份有較大雨勢。至於清洗時間部分，於 93 年 10 月份第一階段針對新開國小樣區（處理組），共進行 7 次清洗，於 93 年 11 月份至 94 年 3 月份共進行 20 次之清洗，屬環境控制部分，於 94 年 4 月份共進行 8 次清洗，如附錄 F 所示。

三、 小黑蚊出現比率分析

以誘捕 60 分鐘結果進行前 30 分鐘與後 30 分鐘出現比率，其結果無論有無進行清洗與否，以前 30 分鐘出現比率較高，此點與梁與曾 (2004) 之誘捕結果蠻吻合。處理組（新開國小試區）第一、二階段小黑蚊出現比率詳表 4-7、4-8 所示，對照組（明德國小試區）小黑蚊出現比率詳表 4-9 所示。

表 4-1 新開國小試區第一階段小黑蚊出現比率分析表 (1/2)

Table 4-1. Quotes for the adults at the first stage experiment in Hsin-Ki primary school campus (1/2)

誘捕日期	前30分鐘出現數量	後30分鐘出現數量	累計出現數量 (60分鐘)	前30分鐘出現比率	平均前30分鐘出現比率	後30分鐘出現比率	平均後30分鐘出現比率
A	3	4	7	43%	52%	57%	48%
B	0	2	2	0%		100%	
C	2	1	3	67%		33%	
D	1	0	1	100%		0%	
A	2	1	3	67%	74%	33%	26%
B	7	2	9	78%		22%	
C	10	0	10	100%		0%	
D	4	4	8	50%		50%	
A	0	4	4	0%	42%	100%	58%
B	4	2	6	67%		33%	
C	1	0	1	100%		0%	
D	0	1	1	0%		100%	
A	3	0	3	100%	92%	0%	8%
B	2	1	3	67%		33%	
C	2	0	2	100%		0%	
D	1	0	1	100%		0%	
A	1	0	1	100%	33%	0%	67%
B	0	0	0	0%		0%	
C	0	0	0	0%		0%	
D	1	2	3	33%		67%	
A	0	1	1	0%	50%	100%	50%
B	1	0	1	100%		0%	
C	1	0	1	100%		0%	
D	0	0	0	0%		0%	
A	0	0	0	0%	0%	0%	100%
B	0	0	0	0%		0%	
C	0	0	0	0%		0%	
D	0	0	0	0%		0%	
A	0	0	0	0%	25%	0%	75%
B	0	0	0	0%		0%	
C	1	0	1	100%		0%	
D	0	0	0	0%		0%	

表 4-1 新開國小試區第一階段小黑蚊出現比率分析表 (2/2)

Table 4-1. Quotes for the adults at the first stage experiment in Hsin-Ki primary school campus (2/2)

A	10/28	3	0	3	100%	100%	0%	0%
B		1	0	1	100%		0%	
C		2	0	2	100%		0%	
D		4	0	4	100%		0%	
A	11/2	1	0	1	100%	75%	0%	25%
B		2	0	2	100%		0%	
C		0	2	2	0%		0%	
D		1	0	1	100%		0%	
A	11/4	1	1	2	50%	37.5%	50%	62.5%
B		0	0	0	0%		0%	
C		0	0	0	0%		0%	
D		1	0	1	100%		0%	
					平均	53%		47%

表 4-2 新開國小試區第二階段小黑蚊出現比率分析表

Table 4-2. Quotes for the adults at the second stage experiment in Hsin-Ki primary school campus (1/2)

誘捕日期	前30分鐘出現數量	後30分鐘出現數量	累計出現數量 (60分鐘)	前30分鐘出現比率	平均前30分鐘出現比率	後30分鐘出現比率	平均後30分鐘出現比率
A	0	0	0	0%	50%	0%	50%
B	0	0	0	0%		0%	
C	2	0	2	100%		0%	
D	2	0	2	100%		0%	
A	0	0	0	0%	0%	0%	100%
B	0	0	0	0%		0%	
C	0	0	0	0%		0%	
D	0	0	0	0%		0%	
A	1	1	2	50%	38%	50%	63%
B	0	0	0	0%		0%	
C	0	0	0	0%		0%	
D	4	0	4	100%		0%	
A	3	0	3	100%	92%	0%	8%
B	2	1	3	67%		33%	
C	2	0	2	100%		0%	
D	1	0	1	100%		0%	
A	7	2	9	78%	94%	22%	6%
B	8	0	8	100%		0%	
C	3	0	3	100%		0%	
D	4	0	4	100%		0%	
A	3	1	4	75%	66%	25%	34%
B	4	0	4	100%		0%	
C	0	0	0	0%		0%	
D	21	3	24	88%		13%	
A	4	6	10	40%	85%	60%	15%
B	7	0	7	100%		0%	
C	1	0	1	100%		0%	
D	12	0	12	100%		0%	
				平均	61%		39%

表 4-3 明德國小試區小黑蚊出現比率分析表

Table 4-3. Quotes for the adults experiment in Min-Der primary school campus

區分	前30分鐘出現數量	後30分鐘出現數量	累計出現數量 (60分鐘)	前30分鐘出現比率	平均前30分鐘出現比率	後30分鐘出現比率	平均後30分鐘出現比率
4/8	8	1	9	89%	86%	11%	14%
4/11	9	2	11	82%		18%	
4/14	9	0	9	100%		0%	
4/17	6	3	9	67%		33%	
4/19	10	0	10	100%		0%	
4/22	8	4	12	67%		33%	
4/27	10	1	11	91%		9%	
4/29	12	1	13	92%		8%	
				平均	86%		14%

四、無母數統計分析

依據無母數統計分析方法 Kolmogorov-Smirnov 檢定法 (K-S 法), 兩樣區互為獨立, 且觀測值依大小順序排列。

假設檢定:

H0: 表處理組 (B 試區) 對照組 (A 試區) 兩試區小黑蚊族群分布相同

H1: 表處理組 (B 試區) 對照組 (A 試區) 兩試區小黑蚊族群分布不同

將組距 (Class interval) 定為 2 隻, 則進行無母數統計分析如表 4-6。

表 4-6 處理組與對照組無母數檢定表

Table 4-6 Nonparametric test between treated & control sets

誘捕隻數	A試區次數	B試區次數	Sa (X)	Sb (X)	D = {Sa - Sb}
0 2	0	4	0%	57%	57%
3 4	0	0	0%	0%	0%
5 6	0	1	0%	14%	14%
7 8	0	2	0%	29%	29%
9 10	4	0	50%	0%	50%
11 12	3	0	38%	0%	38%
13 14	1	0	13%	0%	13%
	8	7	100%	100%	

實測 $D = \max \{ S_a (X) - S_b (X) \} = 57 \% = 0.57 > D_{0.025,8,7} = 0.486$ (查表, 參考文獻 27 附表 7), 故可接受 H1, 表示兩試區小黑蚊分布不同, 以 A 試區較高, 表示未經噴水處理之小黑蚊族群密度較高。

五、小黑蚊型態與飼養觀察

以人體誘捕法捕捉而得之小黑蚊雌成蟲, 經密封塑膠袋關閉 24hr 死亡後放置於標本盒上, 如圖 4-3, 並放至 40 倍影像顯微鏡 (CCD) 下觀察其型態, 如圖 4-4。各部位特徵如下:

(一) 頭部: 由許多紅褐色圓形小眼排列成六角形構成複眼,

前端有一對觸角長約 0.7mm 及黑色針狀之口器長約 0.5mm。如圖 4-5~4-6。

(二) 腹部：橢圓形有褐色環紋，有一對透明翅膀長約 1.2mm 寬約 0.4mm，前腳較長約 1mm。

另外，將吸血後誘捕小黑蚊雌成蟲，裝置於小黑蚊飼養罐內進行飼養觀察，並以雌成蟲會在飼養罐內產卵，數天內即得幼蟲，幼蟲餵以藍綠藻、糖水為飼養材料，如圖 4-7 所示。



圖 4-4 小黑蚊成蟲標本

Fig.4-4. Adult specimen of *Forcipomyia taiwana*



圖 4-5 使用 CCD 低倍顯微鏡觀察小黑蚊

Fig.4-5. Autopsy *Forcipomyia taiwana* with CCD microscope



圖 4-6 放大 40 倍顯微鏡下之雌成蟲

Fig.4-6. *Forcipomyia taiwana* under x40 microscope

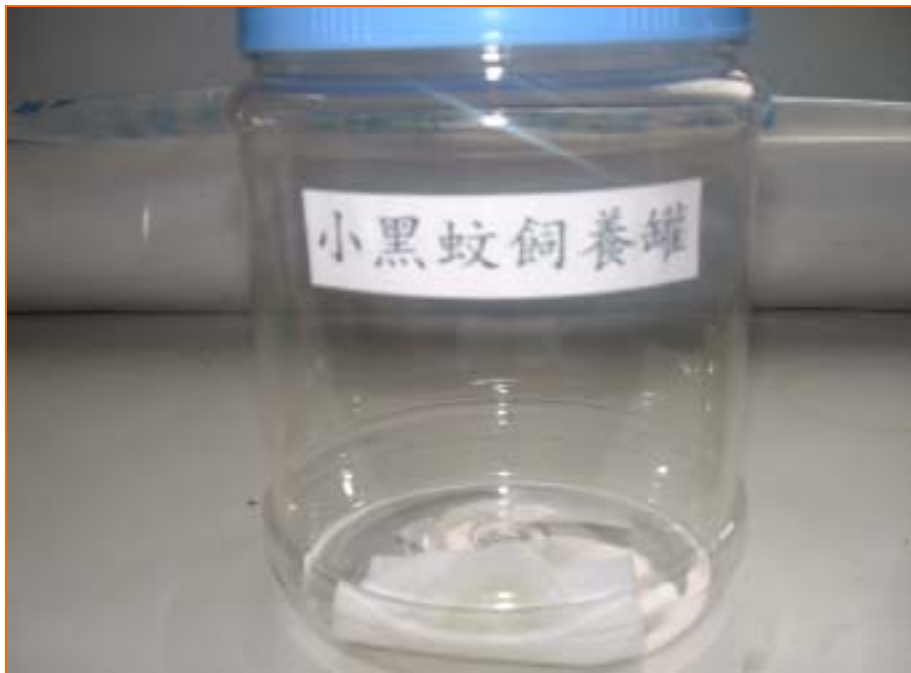


圖 4-7 小黑蚊飼養觀察

Fig.4-7. *Forcipomyia taiwana* breded indoor

六、討論

- (一) 從環保署 2002 年對於小黑蚊分布調查資料中，可以看出小黑蚊分布幾乎涵蓋台灣各個縣市，而小黑蚊氣候溫度生存範圍在 10 至 35 之間，台灣一年四季除了高山地區及靠近沿海平原外，在此合適範圍內溫度上升可以加速小黑蚊代謝，台灣的氣候環境非常適合小黑蚊生存，而小黑蚊之生存溫度範圍正也是人類適合的活動範圍，小黑蚊口器過短又屬吸允式昆蟲類，只有裸皮部分或裸皮皮膚方能吸取血液，其它之溫血脊椎動物則因皮膚較厚不易吸血，這也是以人為主的坡地社區存在小黑蚊那麼嚴重的原因。
- (二) 人類興建坡地社區造成原有之自然生態系破壞，引入諸多人工之設施，破壞原有之生態系平衡，根據成大建築研究所調查發現，台灣之國民中小學校園喬木種類只有 13 種，甚至有些國

民中小學校園中只種有 3 4 種的喬木與 2 3 種灌木而已，如此亦造成生物多樣性弱化現象。從生態觀點來看，原生植物是非常珍貴的，擁有最珍貴的遺傳基因寶庫，原生植物常是本土性昆蟲的食物，這些植物與當地生物形成生物鏈共生關係，故有可能原有之小黑蚊天敵不見了。尋此理論，人類興建社區之同時，造成生物多樣性弱化現象，若其環境條件吻合小黑蚊生存空間，則小黑蚊則可能據為棲地。故防治規念似可以改變景觀結構之棲地改造思維進行考量。

- (三) 從處理試區及對照試區發現，對於擋土牆、駁坎、排水溝不良、陰涼地表腐質土等處所，容易生長藍綠藻青苔，小黑蚊幼蟲期常以藍綠藻為食物，坡地社區規劃應減少此類之景觀結構及維護排水溝暢通。
- (五) 小黑蚊成蟲在每年春夏4月至10月之育成期間，約有五世代之繁衍；一對小蟲蚊一年內最高可能有16,000群落，小黑蚊個體小，採用噴藥防治方式時，若小黑蚊不存在，即無殺死小黑蚊之效，且藥劑對環境仍有危害，亦有可能產生抗藥性，經常遭受民怨。
- (六) 本研究針對坡地校園社區清洗 4 公尺以下喬灌木風積某階段分解之有機物食源，小黑蚊雌成蟲誘捕結果在第一階段平均數量為 1.1 隻，比在未清洗之前平均數 5.4 隻少，並在連續環境控制 5 個月後，在第二階段所誘捕到之小黑蚊平均數 3.6 隻少。對照未清水清洗之坡地校園社區，經無母數統計分析結果顯示，在經清水處理之坡地社區校園，其小黑蚊成蟲密度大為降低。過去莊(1994)曾對南投地區小黑蚊生活史及其在南投地區季節消長，五月時小黑蚊特別少之原因，以及侯與李(1994)在台南地區大規模調查結果，小黑蚊出現密度為 3-4 月，7-10 月雙峰，如果對當時降雨記錄，可以解釋為受梅雨連續降雨之影響，有可能造成小黑蚊食物來源斷絕或小黑蚊產卵處被大雨沖毀，因而該段時間小黑蚊出現密度特別少。雖然過去陳

(1992)依路徑分析法求得獨立環境因子為日照時數 > 雨量 > 濕度 > 溫度，惟此等於統計分析上基於相關非因果關係，可能影響因素為食源或活動難以確定。

- (七) 本研究第一階段進行每週進行二次之清洗，每次清洗完隔 2 至 4 天內進行誘捕，可以發現在 10 月 28 日誘捕在下午清洗之前，且當日感覺無風狀態，其誘捕到之小黑蚊成蟲數稍高，但亦比背景資料為低。在連續 10 月 24 日清洗及 10 月 25 日降豪雨後，於 10 月 26 日所誘捕到之小黑蚊成蟲數量較低，顯示清洗與降豪雨後均可將樹葉、樹皮上風積某階段之有機物清除，對於控制小黑蚊成蟲數是顯著有效的。
- (八) 本研究第二階段 D 點所誘捕到成蟲數比其他點位為多，該點位最靠近鯉魚潭，校園外之喬木無法進行清洗，所以該點所誘捕到成蟲數稍多，但是整體而言採用清洗方式對於小黑蚊成蟲密度控制是顯著有效的。
- (九) 成蟲雌小黑蚊以坡地社區校園內樹木、花、草、水池等間接造景提供食源或提供棲地，小黑蚊成為第一級消費者，若能在結構上維持清潔、近地通風或提供阻擾小黑蚊棲息方有防治效果，而小黑蚊可能因為這些樹木造景而有不同之好惡，此尚待進一步釐清。
- (十) 無論處理試區或對照試區小黑蚊雌成蟲出現比率整體而言，以前 30 分鐘出現比率比後 30 分鐘出現比率為高，又再處理區之小黑蚊群落相當多，但各個群落數並不多，顯示棲地有被破壞狀況，此資訊說明進行環境清洗可以破壞小黑蚊成蟲棲地，亦可知小黑蚊之活動距離就在人類活動範圍內不遠處，不超過 50 公尺範圍。
- (十一) 處理區共選定 A、B、C、D 四點同時間進行誘捕，其中 D 點為靠鯉魚潭側（北向）為迎風面處，但經誘捕驗證結果顯示仍有小黑蚊存在，可見氣象因子中風力因素並非小黑蚊活動與否

之絕對主因，可能為坡地社區不良造景間接提供小黑蚊食源或提供棲地。

(十二) 處理組(新開國小試區)在試驗驗證期間，並未對環境有大規模破壞，藍綠藻多在積水處或有機物豐富潮濕之地生長，坡地校園社區之操場排水溝因為落葉堆積於排水溝內，使得排水溝排水不良長有藍綠藻青苔，以及百年茄苳樹樹幹年久樹皮長滿藍綠藻青苔，小黑蚊據此為棲地，此等不良造景成為小黑蚊自我設計流程得以生存主因，因此未來似可考慮以改變坡地社區景觀結構之棲地改造方式為防治對策。

伍 結論與建議

一、 結論

- (一) 以噴水處理將坡地社區內 4 公尺以下範圍之樹葉及樹皮上風積某階段分解之有機物予以清除，對於坡地社區減少小黑蚊成蟲數顯著有效。
- (二) 坡地社區規劃應避免環境不良造景，直接或間接提供成蟲可能食源或優良棲地，成為小黑蚊自我設計流程主因，審慎考量環境素材配置與結構物不良瑕疵，減少陰涼裸露土表，以防止濕潤土壤成為卵及幼蟲棲地，喬木植栽造景不要過於密集，以減少過多之陰涼空間，並保持近地通風，減少成蟲聚集機會，以達防蟲防菌功效。

二、 建議

- (一) 小黑蚊為第一級消費者，目前尚未發現天敵，故小黑蚊成蟲期之群落行為與食物鏈之關係有待進一步釐清，充分瞭解，防治對策自然迎刃而解。
- (二) 坡地社區之環境造景素材於近人群處如採用香茅草、薄荷隔離帶，或種植不利於小黑蚊棲所樹種等方式，以改造社區景觀結構，惟這些香茅草、薄荷或某些樹種等對於人體是否也有害處仍須進一步確認。
- (二) 由於經費有限，田間試驗之變異性因素甚多，本研究係清水清除樹葉、樹幹等風積某階段分解之有機物為小黑蚊成蟲食源為假說，是否真正以此為食源尚待進一步確認。

陸 參考文獻

1. 莊益源、葉金彰 (1984) : 台灣缺蠓之生活史及其在南投地區之季節消長, 碩士論文, 國立中興大學昆蟲學系。
2. 陳錦生、連日清與徐世傑(1980) : 台灣缺蠓之形態及掃描電子顯微鏡觀察, 國立中興大學昆蟲學報 15 : 頁 211-226。
3. 李學進(1996) : 小黑蚊的生態及綜合防治, 第八屆病媒防治技術研討會論文集, 頁 15-23。
4. 侯豐男、李學進(1994) : 小黑蚊之綜合防治, 登革熱病媒及重要害蟲監視與綜合防治計畫, 行政院環境保護署, 頁 1-13。
5. 葉金彰、王凱淞 : 台灣缺蠓之生態與防治, 國立中興大學昆蟲學系, (2003), 取自 : <http://www.nchu.edu.tw/~aesc/22-1.htm>。
6. 行政院環境保護署 (2002) : 台灣缺蠓 (小黑蚊) 防治。
7. 張伯熙 (1997), 台灣缺蠓之殺蟲劑篩選及其誘集研究, 碩士論文, 國立中興大學昆蟲學系, 頁 37。
8. 王惠鵬 (1997), 南投地區台灣缺蠓之化學防治, 碩士論文, 國立中興大學昆蟲學系。
9. 王惠鵬、葉金彰、莊源益 (1997), 台灣缺蠓之田間防治實務, 行政院環境保護署第九屆病媒防治研討會論文集, 151-175。
10. 黃杏英 (2000), 台灣缺蠓過敏機轉之研究, 第一部分 : 小黑蚊型態之研究, 碩士論文, 私立中山醫學院生物化學研究所。
11. 張伯熙、葉金彰 (1997), 十九種環境衛生用藥對台灣缺蠓之藥效, 行政院環境保護署第九屆病媒防治研討會論文集, 177-184。
12. 柳忠婉、丁爾成、蔡連來、梁玉寬 (1964), 台灣缺蠓孳生地調查, 中國昆蟲學報 13 (5) : 757-760。

13. 周延鑫等 (1997), 小黑蚊防治實務研究 小黑蚊的誘引防治試驗, 行政院環境保護署, 研究計劃 EPA-86-E3J1-09-04。
14. 葉金彰等 (1997), 台灣中南部地區小黑蚊之綜合防治, 行政院環境保護署, 研究計劃 EPA-86-J103-09-06。
15. 葉金彰等 (1998), 台灣缺蠓發生地區之防治示範及指導研究計畫, 行政院環境保護署, 研究計劃 EPA-87-J103-03-12。
16. 裘明華、榮雲龍 (1979), 台灣缺蠓生活史研究 (雙翅目: 蠓科)。中國昆蟲學報 22 (4): 437-442。
17. 林善雄 (2000), 梅峰小宇宙/苔蘚植物世界, 國立台灣大學農學院附設山地實驗農場。
18. 陳錦生、徐世傑、連日清 (1982), 花蓮地區臺灣之缺蠓季節消長研究。國立臺灣大學植物病蟲害 9:68-91。
19. 陳錦生、連日清、徐世傑 (1980), 臺灣缺蠓之形態及掃描電子顯微鏡觀察。興大昆蟲學報 15:211-226。
20. 陳錦生、連日清、林義男、徐世傑 (1981), 臺灣缺蠓吸血活動之觀察。中華微免 14(1):54-56。
21. 林憲德等 (2004), 2004 生態工法案例編選集, 行政院公共工程委員會。
22. 國立彰化師範大學生物學系 (2003), 取自:
<http://macro.bio.ncue.edu.tw/whitesand/algae/common-alg/algae-index.htm>。
23. P. .J. Gullan & P. S. Cranston (2004)原著: 昆蟲學概論, 合記圖書出版社。

- 24.梁昇、曾俊傑 (2004), 坡地整治工程區位與台灣缺蠓之關係, 水土保持學報, 36 (4): 307-318。
- 25.梁昇、鄧勝軒 (2005): 坡地社區小黑蚊成蟲棲地改造觀, 坡地防災學報 (印刷中)。
- 26.經濟部中區水資源局鯉魚潭水庫管理局 93 年 10 份至 94 年 4 月份逐日降雨資料。
- 27.沈明來 (1997): 實用無母數統計學與計數資料分析, 九州圖書文物有限公司。
- 28.梁昇、李玉貞 (2005): 坡地社區小黑蚊棲地特性研究 (尚未發表)。
- 29.梁昇、范國良 (2005): 坡地不良工程區位之修正對小黑蚊活動之影響 (尚未發表)。
30. Chuang, Y. Y., C. S. Lin, C. H. Wang, and C. C. Yeh, 2000, " Distribution and seasonal occurrence of *Forcipomyia taiwana* in Nantou area in Taiwan, " J. Med. Entomol. 37(2)205-209.
31. Sun, W. K C. 1967. Study of a biting midge, *Foripomyia* (*Lasiohelea*) *taiwana* (Shiraki) (Diptera : Ceratopogonidae). I. Description of the complete life cycle of the midge reared in the laboratory. Biol. Bull. Tunghai Univ. Taiwan, Taichung 29:1-10.
32. Sun, W. K. C., H. P. Chang, and H. M. Chang. 1971. Study of a biting midge, *Forcipomyia* (*Lasiohelea*) *taiwana* (Shiraki) II. The immature stages of the midge. Chinese Bioscience 1:36-40.
33. Chuang, Y. Y., C. S. Lin, C. H. Wang, and C. C. Yeh, (2000), " Distribution and seasonal occurrence of *Forcipomyia taiwana* in Nantou area in Taiwan, " J. Med. Entomol. 37(2):205-209.
34. Chen, C. S., Y. N. Lin, C. L. Chung, and H. Hung. 1979.

Preliminary observations on the larval breeding sites and adult resting places of a bloodsucking midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae) . Bull. Soc Entomol. Nat ' I. Chung Hsing Univ. Taiwan 14 (1) : 51-59.

35. Yeh, C. C. and I. Y. Chuang. 1996. Colonization and Bionomics of *Forcipomyia taiwana* (Diptera: Ceratopogonidae) in the Laboratory. J. Med. Entomol. 33:445-448.

附錄 A 新開國小試區第一階段誘捕小黑蚊數量統計表 (處理組)

誘捕日期	溫度F	A試點	B試點	C試點	D試點	合計	平均
93.10.04	80-82	7	2	3	1	13	3.3
93.10.05	83-85	3	9	10	8	30	7.5
背景值 (隻)							5.4
93.10.12	83-84	3	3	2	1	9	2.3
93.10.14	80-88	1	0	0	3	4	1.0
93.10.21	81-90	1	1	1	0	3	0.8
93.10.22	80-84	0	0	0	0	0	0.0
93.10.26	80-88	0	0	1	0	1	0.3
93.10.28	78-80	3	1	2	4	10	2.5
93.11.02	82-84	1	2	2	1	6	1.5
93.11.04	80-89	2	0	0	1	3	0.8
清洗後(隻)							1.1

附錄 B 新開國小試區第二階段誘捕小黑蚊數量統計表 (處理組)

誘捕日期	溫度 F	A	B	C	D	合計	平均	清洗日
94.04.06	80-82	0	0	2	2	4	1.0	94.04.03
94.04.08	83-85	0		0		0	0.0	94.04.06
94.04.14	78-78	2	0	0	4	6	1.5	94.04.11
94.04.19	80-88	0	0	0	4	4	1.0	94.04.17
94.04.21	80-89	9	8	3	4	24	6.0	94.04.20
94.04.27	80-80	4	4	0	24	32	8.0	94.04.24
94.04.29	82-82	10	7	1	12	30	7.5	94.04.27
清洗後 (隻)							3.6	

附錄 C 明德國小試區誘捕小黑蚊數量統計表（對照組）

誘 捕 日 期	溫 度 F	誘 捕 數 量
9 4 . 0 4 . 0 8	7 9	9
9 4 . 0 4 . 1 1	8 0	1 1
9 4 . 0 4 . 1 4	8 0	9
9 4 . 0 4 . 1 7	8 2	9
9 4 . 0 4 . 1 9	8 3	1 0
9 4 . 0 4 . 2 4	8 2	1 2
9 4 . 0 4 . 2 7	8 3	1 1
9 4 . 0 4 . 2 9	8 4	1 3
平 均 (隻)		1 1 . 0

附錄 D 鯉魚潭水庫氣象資料表

日期	雨量統計 (豪米)							
	93年9月	93年10月	93年11月	93年12月	94年01月	94年02月	94年03月	94年04月
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.18	1.48
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	49.10	1.74
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.94	0.00
4	1.42	0.00	28.85	28.85	2.39	0.50	1.48	0.00
5	8.31	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00
7	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	40.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	41.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	3.23	0.00	0.00	0.00	4.38	0.00	1.98	0.00
11	4.11	0.00	0.00	0.00	6.77	0.97	0.74	0.00
12	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.56	2.07
13	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.45	5.45
14	18.86	0.48	0.00	0.00	19.56	0.00	0.00	0.02
15	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	7.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.98	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.64	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.89	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.34	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.74	0.00	0.00
22	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.48	0.00
23	0.90	0.00	0.00	0.00	6.39	0.47	2.69	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	103.67	0.02	0.00
25	0.00	30.04	0.48	0.48	0.00	76.73	0.00	0.00
26	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	35.87	0.98	0.00
27	0.00	5.27	0.00	0.00	0.00	13.48	0.99	10.53
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.42	4.20	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	257.78	28.24	3.38
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.04	29.29	0.00
31		0.00		0.00	0.00		19.51	0.00
總計	156.30	36.73	29.33	29.33	39.96	693.88	226.74	24.67

附錄 E 中央氣象局苗栗氣象站氣象資料統計表

日期	雨量統計 (豪米)							
	93年9月	93年10月	93年11月	93年12月	94年01月	94年02月	94年03月	94年04月
1	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	1.00
2	0.00			0.00	0.00	0.50	6.00	1.50
3	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
4	0.00			0.00	0.00	1.00	6.00	0.00
5	14.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
6	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
7	87.00			7.50	0.00	0.00	6.00	0.00
8	25.50			24.00	0.00	0.00	6.00	0.00
9	22.00			0.00	0.00	0.50	6.00	0.00
10	20.00			0.00	0.00	0.00	6.00	2.00
11	51.50			0.00	9.50	0.00	6.00	5.00
12	88.50			0.00	1.50	0.00	6.00	0.00
13	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
14	0.50			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
15	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
16	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
17	0.00			0.00	0.00	12.00	6.00	0.50
18	0.00			0.00	0.00	20.50	6.00	0.00
19	6.50			0.00	0.00	11.50	6.00	0.00
20	13.00			2.50	0.00	5.50	6.00	0.00
21	1.00			0.00	0.00	4.50	6.00	0.00
22	0.00			0.00	2.50	0.50	6.00	0.00
23	17.00			0.00	0.00	1.00	6.00	0.00
24	104.50			0.00	0.00	22.50	6.00	0.00
25	280.00			0.00	0.00	17.50	6.00	0.00
26	0.50			0.00	0.00	12.50	6.00	4.00
27	3.50			0.00	0.00	13.50	6.00	0.00
28	35.50			0.00	0.00	12.00	6.00	6.50
29	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
30	0.00			0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
31	1.50			0.00	0.00		6.00	0.00
總計	772.00			34.0	13.5	135.5	6.00	20.50

附錄 F 新開國小試區清洗時間及用水量統計表（處理組）

階段	清洗日	合計（次數）	清洗用水量（2300公升/次）	清洗時間（3小時/次）
第一階段	93.10.12	7	16,100	21
	93.10.17			
	93.10.20			
	93.10.24			
	93.10.28			
	93.10.31			
	93.11.03			
環境控制	93.11.07	20	46,000	60
	93.11.14			
	93.11.20			
	93.11.27			
	93.12.04			
	93.12.11			
	93.12.19			
	94.01.02			
	94.01.09			
	94.01.16			
	94.01.22			
	94.01.29			
	94.02.05			
	94.02.13			
	94.02.20			
	94.02.27			
	94.03.06			
	94.03.13			
	94.03.20			
	94.03.27			
第二階段	94.04.03	8	18,400	24
	94.04.06			
	94.04.08			
	94.04.11			
	94.04.14			
	94.04.20			
	94.04.24			
94.04.27				