

氣象因子對農林害蟲發生的影響

朱耀沂*¹、鄭清煥²

¹國立台灣大學昆蟲學系

²行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所植保系

E-mail: chu@ccms.ntu.edu.tw

摘要	2
一、前言	2
二、氣象因子在沙漠飛蝗的遷移、大發生上扮演的角色	3
三、氣象因子經過植物成分及天敵的活動對害蟲發生量的影響	4
四、昆蟲對溫度變化之反應	6
五、結語	8
六、引用文獻	8
ABSTRACT	10

氣象因子對農林害蟲發生的影響

朱耀沂*¹、鄭清煥²

¹ 國立台灣大學昆蟲學系

² 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所植保系

E-mail: chu@ccms.ntu.edu.tw

摘要

由於氣象因子對農林害蟲發生影響所涵蓋的範圍甚廣，本文只就下列三個顯著的例子進行討論。(1)以沙漠飛蝗為例，介紹大氣候條件對飛蝗大發生及遷移方向及大螳螂產卵場所與降雪量的關係，進一步討論古代記錄、民間口碑在此方面的參考價值。(2)從山毛櫸天社蛾之發生，介紹氣象因子對森林害蟲之發生規律與寄主植物成分變化的關係；並討論斜紋夜盜、舞蛾的捕食性天敵的活動經由氣象因子所致的間接性影響。(3)以人們遺棄物中的溫度變化為例，說明此等遺棄物如何影響昆蟲棲所的微氣候條件進而影響昆蟲的發育、活動，並從此略提地球溫暖化如何影響昆蟲的分布範圍。

關鍵詞：沙漠飛蝗、山毛櫸天社蛾、大螳螂、蛹寄生菌、誘導性化學反應、斜紋夜盜、小盤蛛、舞蛾、微氣候、七星瓢蟲、條肩花椿象。

一、前言

氣象因子與害蟲發生的關係自古為眾多農業專家、昆蟲生態學者致力探討的大問題。然有關此問題的首篇綜合性論述可能為Uvarov(1931)的「Insects and Climate(昆蟲與氣候)」。書中他引用了 1150 篇的試驗報告討論此間的相關問題。此後的七十餘年間，在許多研究人員的努力下更瞭解許多的事實。尤其近年來全球溫暖化及氣候的變遷，使得此問題成為熱門研究題材。就台灣最近的研究概況而言；鄭曾於 1998 發表一篇標題附有「氣候變遷」字眼的論述，其內容介紹氣候因子對台灣產害蟲發生上的影響。此後朱及趙(2000)更把

重點放在氣候變遷方面的問題及將來的展望上。然氣象因子和昆蟲發生的關係含蓋的範圍太大，為了避免與上述兩篇報告內容重複，在此特就下列三項目再次論述氣象因子對昆蟲發生的影響。1)以沙漠飛蝗(*Schistocerca gregaria*)為例談氣象因子對害蟲之長距離遷移與大發生的影響，2)從山毛櫸天社蛾(*Quadricalcarifera punctutella*)的周期性大發生，介紹氣象因子透過寄主植物成分的改變對牠的間接影響。由於多種氣象因子中，溫度對昆蟲的影響尤為明顯，因此在 3)詳細介紹昆蟲對溫度變化的反應。

二、氣象因子在沙漠飛蝗的遷移、大發生上扮演的角色

於臺灣，飛蝗早已成了許久未見的農業害蟲。據口碑，1865 年左右在蘭陽地區曾遭大群飛蝗的侵襲。此後陸續在 1896、1897、1900、1905、1914、1923、1924 年等，都有遭從菲律賓入侵的飛蝗成災的記錄(中村及朱，1975)。那麼為何後來沒有飛蝗之成群遷入？而以前來襲的飛蝗也只能維持一、兩年的為害後即消失無踪？其原因雖仍不詳。據推測在菲律賓北部以禾本科雜草為主的大草原，經過人為開墾後使得蝗蟲的發生地消失(Zang and Li, 1999)。再者，於入侵地之台灣島國更缺乏大片草原讓遷入的飛蝗生存，所以使得遷入後的飛蝗族群逐漸變小終致消失。但此現象與氣候因子的關聯較小，在此就暫不談台灣的飛蝗問題。

然反觀世界上的其他地區就不那麼幸運了，在許多地區人們一進入農耕生活時代就已受蝗災之苦。談到飛蝗最早的記錄，常被引用的應是「舊約聖經、出埃及記第十章第十三節至第十五節」的一段；「摩西就向埃及地伸杖，那一晝一夜，耶和華使東風颳在埃及的地上，到了早晨，東風把蝗蟲颳了來。蝗蟲上來落在埃及的四境，甚是厲害，以前從沒有這樣過，以後也必沒有。因為這蝗蟲遮灑地面，甚至地都黑暗了。又喫地上一切的菜蔬，菜蔬和水電所剩樹上的果子。埃及遍地，無論是樹木、田間的菜蔬，連一點色的也沒有留下」。

上述所指的即是分佈在北非、中東、印度西部等地沙漠飛蝗成災情形。此後沙漠飛蝗不但常反覆大發生成災，就在最近的 1988 年 4 月在中非的馬利觀察到的沙漠飛蝗是一群覆蓋 120 公里長、25~30 公里寬，約有 3500 平方公里面積的巨大蝗群。由於每平方公里中就有 4000 萬至 8000 萬隻的飛蝗，形成整個蝗群

的飛蝗數達 2000 億隻的天文數字(Wellington et al., 1999)。由於一隻飛蝗一天可取食與牠體重相同量的植物體約 2.3g，於是遭到蝗蟲入侵的地區，每一平方公里一天就消失 80~240 噸的植物，相當於 8 萬個人一天的食物量。幸好此次飛蝗的大發生受到接著而來的嚴重乾旱所影響致使植物枯死而終止。

牠們為何大發生而形成如此龐大的蝗群？又如聖經所述的一天之內突然出現於埃及？這和氣象因子有密切的關係。就 1988 年度的大發生而言，此前數年的非洲各地遇到相當嚴重的乾旱，到了 1985 年夏天至 1986 年各地才獲得甘霖，引起多年來產在地中未孵化的大量成熟蝗蟲卵同時孵化，在此形成巨大的蝗蟲若蟲(螞)(Farrow, 1990)。接者，已變成成蟲的飛蝗隨著降雨而遷移的習性，並一年中在春、夏、冬季三次產卵，雖然產在乾旱土壤中的卵不易長期存活，然如上述成蟲跟著會帶來降雨的氣流遷移而產卵，而土中的卵受到潮濕土壤的刺激後立刻且同時孵化，然後取食降雨後萌芽的植物而發育。如此長大的蝗螞有成群爬行移動的習性，至成蟲更有成群飛翔到適合產卵之地的習性。此時飛蝗的乘風而遷移的速度和距離相當可觀。通常一天遷移一百公里，尤其 1988 年大發生時，10 月間部分蝗群從西非跟著時速 60 公里的東風橫越大西洋，出現在離非洲 5000 公里的加勒比海島嶼上。

如此看來，飛蝗的發生與帶雨氣流的動態有密切的關係。由於飛蝗利用帶雨的氣流遷移而尋找食物及適宜繁殖的地方，類似的現象雖於其他昆蟲也可觀察到，但飛蝗的遷移範圍及族群規模特別之大。

在此再回憶上述聖經中之一節；這段話看起來有點荒誕，毫無科學根據，但若把其中的「耶和華」改為「熱帶收斂帶」，就甚有意義。因為在赤道非洲地區產生熱帶收斂帶時，東風向此吹進來，收斂帶的空氣隨著吹進來的東風

往上昇，並帶來降雨。沙漠飛蝗也乘此東風從阿拉伯半島入侵埃及。另一方面，降雨也促進適當沙漠飛蝗食物的植物發育，出現適合沙漠飛蝗繁殖的場所。

氣候因子對飛蝗活動的影響尚不止如此，已變成蟲具備翅膀的飛蝗，夜間在日夜溫差甚大的沙漠、草原裡，由於體溫的降低被迫休息，但到了早晨隨著太陽升起，體溫逐漸升高而開始起飛，這正是到了早晨東風帶來飛蝗的原因。雖然飛蝗在適宜的氣象條件下，形成如此成千上億隻的族群遷移尋找新天地，但在如此密集的行爲中，萬一發生一些疾病時也容易蔓延致使整個族群中的成員罹病而死。如1986年，日本九州南方的小離島“馬毛島”，亞州飛蝗(*Locusta migratoria*)大發生，到了次年初夏時，由於一種白殭菌(*Entomophaga grylii*)的蔓延，該飛蝗的大發生遂終止(桐谷及田中，1987)。話回到非洲的沙漠飛蝗，由於在非洲沙漠地區通常是寡雨乾旱，而沙漠飛蝗卵的抗旱性不強，因此，只有少數的蝗卵孵化，低密度生活的飛蝗——“獨居相飛蝗”——白天多躲在草叢裡，只在夜間或被驚動時飛起來，但飛個十多公尺就會降落。可見獨居相飛蝗的行爲、活動性與成群的“群居相”飛蝗有明顯的差異。如前述，偶而發生的降雨才是引起在土中待雨的蝗卵同時孵化，成爲群居相飛蝗大發生的開始(Farrow, 1990)。

雖然飛蝗在台灣已不常見，然在世界各地仍是偶發性的大害蟲。再者，人類很早就注意到飛蝗的大發生，所以已有許多有關大發生誘發機制的調查、研究，也提供我們在探討氣象或氣候因子與昆蟲發生關係時不少參考資料。另從聖經引用的內容得知；乍看毫無科學性的民間傳述、舊記錄，若是略加改變角度去分析，也可找到一些解決問題的線索。例如，在日本北部下雪量較多的地區，有一種大螳螂

(*Tenodera aridifolia*)可預測當年的降雪量的說法，若大螳螂在高處造卵囊而產卵時，即將有豪雪。雖然未知大螳螂以何種機制預測當年的降雪量，但知螳螂的卵囊雖具良好保溫作用，卻缺乏防水效果。因此當融雪而卵囊泡水時，裡面的卵必被淹死，故母螳螂在秋季產卵時必須配合將來的積雪量調整製作卵囊的高度，才能保護後代的生命。經過實際野外調查發現，製造卵囊的高度超過110cm時的最大積雪高達100cm，卵囊高度在80~110cm時最大積雪高度爲60cm，卵囊高度80~60cm時的積雪高度爲30cm，卵囊高度60~40cm時的積雪高度20cm，顯見卵囊高度與積雪量間有明顯的相關(酒井及湯澤，1997)。至於昆蟲產卵處與降雪量的關係，在下一則也有所介紹。無論如何，如前述雖未知大螳螂的預測機制，但由民間口述(碑)、自然觀察的資料，無疑地提供不少探討氣象、氣候因子與昆蟲發生關係上的題材與啓示。

三、氣象因子經過植物成分及天敵的活動對害蟲發生量的影響

此問題要從山毛櫸天社蛾與山毛櫸談起較清楚。山毛櫸天社蛾雖未分布於臺灣，在日本北部的山毛櫸造林地，大致以8~11年爲一週期的大發生而成爲山毛櫸的大災害。在大發生時天社蛾的族群密度常達平常的一萬倍以上，且在許多處造林地同時發生。顯示氣象因子極可能與該天社蛾的大發生有密度關連。

由於山毛櫸天社蛾未分布於臺灣，在討論其與氣象因子的關係前，還是簡單的介紹該天社蛾的生活習性。山毛櫸天社蛾成蟲爲翅展開4cm的中型蛾類，牠灰白色的體色與山毛櫸的樹幹顏色相映呈保護色。雄蛾觸角呈羽毛狀，雌蛾則是單純的絲狀。成蟲羽化期在六至七月，一年只發生一代。羽化後雌蛾將由數十粒

卵組成的卵塊，產在山毛櫸的葉片上。孵化幼蟲群居取食葉片，但到了第三齡期慢慢開始分散，到了七月下旬至八月底，原來黃綠色的身體逐漸帶紅色，此時體長也長至 4cm 左右。老熟幼蟲從樹冠部掉下來，潛入地面的落葉下化蛹，如此越冬至翌年初夏羽化。

雖然山毛櫸天社蛾的生活史如此單純，然為何發生具週期性且發生量有時達一萬倍之差距？從氣象資料的分析，可發現在引起大發生前數年的 6 至 8 月間，於幼蟲生長期間的降雨量較少，此明顯地對該天社蛾幼蟲的存活有正面效果。因為多雨對幼蟲的發育、存活有下列三種的負面影響；1) 豪雨淹死或沖走葉片上的若齡幼蟲，也影響幼蟲的取食活動使蛹小型化；2) 少雨時山毛櫸葉片的含氮量相對地昇高，促進幼蟲的發育，使蛹大型化，羽化後成蟲的體型增大，雌蛾的產卵量隨之增加；3) 棲息於土壤中蛹的寄生菌(*Cordyceps militaris*) 在少雨季節發育不良，對天社蛾蛹的感染率也低，如此可增加羽化的成蟲數。然與第二項理由配合時更是提高天社蛾族群的總產卵量以致大發生的主因。

山毛櫸天社蛾的天敵有鳥類、寬肩步行蟲(*Calosoma* spp.) 等種類不少，但此等廣食性捕食者平常多以其他獵物為食，到了天社蛾大發生時多數捕食者群起而捕食天社蛾幼蟲，其捕食量到底有限，無法有效地控制天社蛾族群的繼續發生。反而前述蛹寄生菌平常對天社蛾蛹的寄生率並不高，然當天社蛾大發生時，它的寄生率急速昇高，常超過 90%，並且在此後的三、四年仍維持 75% 以上的寄生率，對天社蛾的發生有較長期控制的效果。從此可知，氣象因子經由蛹寄生菌的發育、活動而影響天社蛾發生量是不可忽略的因素。

另一對山毛櫸天社蛾的發生量有長期抑制效果的是山毛櫸本身的誘導性化學反應。當模擬山毛櫸天社蛾幼蟲的大發生，從一棵山毛

櫸摘下大量葉片時，第二年葉片中的含氮量明顯降低，而丹寧的含量相對地提高，而且取食此種葉片的幼蟲不但發育甚差，且只能形成小型蛹，嚴重時甚至出現不少死亡蟲。當連續兩年摘葉時，在第二年的葉片，出現更強烈的成分變化。在野外，因天社蛾的大發生受到嚴重被害的山毛櫸葉片至第三年確分析出大量的丹寧，而造成天社蛾幼蟲發育上的劣化。在此後的數年間，丹寧的含量雖逐漸降低而含氮量開始增加，變成原來適合天社蛾幼蟲發育的葉片。尤其遇到連續數年炎熱且乾燥的夏天時，葉片中含氮量的增加更是明顯。由此可知，山毛櫸受害時所導致植物體內成分的變化，可抑制其後數年天社蛾幼蟲的大發生，顯示控制山毛櫸天社蛾大發生的近因、遠因均和氣象因子有關連。

如上所述乾燥水分缺乏是引起山毛櫸天社蛾大發生之主因。其實似此在乾旱氣候下，由於植物體內氨基酸濃度的昇高，增加或提升害蟲的產卵數及存活率而誘發害蟲大發生的案例並不少。由於陷於水分不足的植物為了維持植物體內正常的生理狀態，犧牲它原有的抗蟲機制而導致害蟲的大發生。例如，多種小蠹蟲的猖厥發生多在乾旱的氣候或因颱風而導致的吸水功能受損時出現(鎌田，1996)。

至於因天敵的活動間接地對害蟲發生的影響，由斜紋夜盜(*Spodoptera litura*)與小盤蛛(*Oedothorax* spp.)的關係中可見一般。由於斜紋夜盜為在台灣多種農作物上極為常見的害蟲，在此就不再敘述其形態、生活習性等。至於小盤蛛在臺灣已知者共有 3 種，多為體長 2 mm 左右的小型蜘蛛，通常活動在草原或草本農作物上。因此，斜紋夜盜的孵化幼蟲易成小盤蛛的良好獵物。惟斜紋夜盜雌蛾通常可產下含有 300~700 粒卵的卵塊，由此可孵化出上百隻的第一齡幼蟲。經由室內試驗結果，可知一隻小盤蛛對斜紋夜盜第一齡幼蟲一天的最

大取食量最多為 20~30 隻。雖然如此，但在小盤蛛活動的蔬菜田裡，由數百隻而成的斜紋夜盜孵化幼蟲群聚常在一夜間完全消失。這是因為受到小盤蛛攻擊的幼蟲群聚，雖然真正被捕食的不到其中之十分之一，而其他未被捕食者在小盤蛛的干擾下紛紛走避。由於斜紋夜盜的孵化幼蟲體小且群聚性強，牠們離開群聚後幾無生機，如此由一隻小盤蛛的騷擾，一天之內即可消滅數百隻的斜紋夜盜幼蟲，而使田裡農作物的受害大為減少。由於小盤蛛喜歡在潮濕環境下活動，當遇到少雨乾燥的氣候時多遷移到附近的草叢或稻田裡，而使生長乾旱環境的蔬菜變成斜紋夜盜幼蟲順利發育的天堂 (Nakasuji *et al.*, 1973)。

舞蛾 (*Lymantria dispar*) 又名叫吉普賽蛾，雖未分布於台灣，卻是溫帶地區很重要的森林害蟲之一。據東浦(1986)，在日本舞蛾一年只發生一代，雌蛾一生中只產一個約由 500 粒卵而成的卵塊，並以卵期越冬，到了翌年春季孵化的幼蟲開始取食樹葉而為害。但舞蛾在樹幹上的產卵高度、山雀等鳥類對卵塊的啄食率及當年積雪量間有個值得探討的三角關係。其中卵塊的平均被啄食率為 39%，最低 4%，最高 71%，積雪量(高度)與被啄食率間有正相關的關係。但在融雪後的被啄食率則顯著降低，其原因並非因卵塊所剩不多，而是鳥類因有其他食物已不願啄食卵塊所致。換句話說，舞蛾之卵塊對鳥類而言，不過是食物缺乏時過渡期的救命性食物，因此在積雪期暴露於積雪上的卵塊多為鳥類所食，但埋在雪中的卵塊則未受鳥類攻擊而於融雪後順利孵化。由於積雪量每年不同，只憑此點，好似產卵在樹幹愈低處對舞蛾後代的繁衍愈有利。但問題並不單純，由於就幼蟲而言，孵化在接近枝條的愈高處只要爬行短距離即得到食物，以後存活的機會較高，因此積雪程度會影響舞蛾在樹幹上的產卵高度。惟就一般趨勢，舞蛾卵於鳥類

只不過是過渡時期的替代食物，為了躲開積雪，在不致引起鳥類食物缺乏的地方，舞蛾大多將卵塊產在近枝條分叉部的較高處，但在降雪量較多的地區，約有 25% 的卵塊產在較低的根際部，而其他約四分之三的卵塊就在近枝條分叉部，以分散孵化幼蟲的冒險度。如此，舞蛾的發生量即依當年積雪量、鳥類食物的豐度，以及舞蛾母蛾對產卵場所的選擇性而定。

雖然我們為了瞭解害蟲大發生的機制，進行以氣象因子為主的各種原因的分析。然事實上，所利用的分析資料往往只限於大發生前一、兩年的氣象因子，而忽略了經過氣象因子而變動的間接因子的存在。此為我們所得的結果，理論上雖得某一程度的相關關係，但在實際應用時之準確度仍低，甚或未能產生實用價值。從上述例子，可明白長期的調查資料及多方向的考慮對研究蟲害大發生機制是如何地重要。

四、昆蟲對溫度變化之反應

所謂氣象因子包括溫度、濕度、降雨、降雪、風、氣流等等，其中溫度對變溫動物的昆蟲具有最大的影響力，因此就此問題所得的研究成果比其他氣象因子為多。對於變溫動物之一的昆蟲，牠最大特徵之一就是體型小，這是我們探討昆蟲對溫度變化的反應是必須考慮的基本觀念。例如，於體溫 40°C 而與人相同體積的恆動物，在 30°C 的氣溫下，一分鐘內無法降低 1°C 的體溫。然體重 100 mg 的熊蜂僅在一秒鐘內即可降下 1°C 的體溫，其體溫的下降的速度大致為恆溫動物的約 100 倍。但相反地，當外部溫度高於體溫時昆蟲也急速吸收外部溫度而升高體溫。如前述的飛蝗之類，當太陽上升後，吸收陽光後在一分鐘內即可升高 5~6°C 的體溫而起飛。但於每種昆蟲都有適合牠活動及發育的體溫範圍，為了防止體溫超出

此範圍，牠們也有巧妙調節體溫的機制。關於此點已有 Heinrich(1996)之詳細介紹，並多屬於昆蟲生理的領域，在此不做進一步的介紹。雖然昆蟲以各種策略調整自己體溫，其中幾乎所有昆蟲所使用的方法就是自行移動到對自己適合溫度的場所而生活。因此，我們平常所利用的溫度資料——氣溫——不一定代表該種昆蟲棲所的溫度條件，由此可知“微氣候概念”對研究害蟲生理、生態的重要性。

談到昆蟲對溫度條件之反應，生理零點及有效積溫是不能忽略的兩大因子。前者為昆蟲能夠開始發育的最低溫度。換句話說，低於此溫度，昆蟲即停止發育進入休眠或滯育狀態。雖然依昆蟲種類而有不同的生理零點，且同種昆蟲也依卵、幼蟲、蛹、成蟲等之發育期有不同的生理零點。不但如此，從低緯度至高緯度地區廣泛分布的昆蟲，也按其棲息地的緯度生理零點常有地理上的變異。然而大部分昆蟲的生理零點多在 10~15°C 之間。但也有如斑蚊 (*Aedes* spp.)、刺蚊 (*Culiseta* spp.) 等生理零點為 5°C 等的例外性超低生理零點。

有效積溫乃一隻昆蟲自卵至成蟲成熟期完成其發育所需的溫度量，並以超出生理零點的氣溫攝氏度數乘以日數表示。因此有效積溫依昆蟲的生物特性，尤其依一年發生代數而有很大的差異。只就鱗翅目野螟科 (Pyraustidae) 而言，5 種溫帶分布性的種類調查結果其有效積溫為 617±93 日度，於 10 種熱帶分布性的野螟為 422±177 日度，八種自溫帶分佈至熱帶的廣泛分布性種類為 393±177 日度 (桐谷，1997)。

綜合以上之說明，可知真正影響昆蟲發育、發生之溫度條件乃昆蟲棲息場所的微氣候或更詳細地說在微棲所中的溫度條件。據櫻谷 (1997)，七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata*) 為有名的食蚜性瓢蟲之一，在溫帶地區多以卵期越冬，至翌年春天孵化幼蟲開始捕食多種植

物上吸汁的蚜蟲。然據日本大阪郊區冬季的調查，在草地上被遺棄而已生鏽變黑色的空罐裡可發現許多七星瓢蟲的卵塊，雖然此時外面的氣溫只有 14°C，但空罐子裡的溫度卻為 27~28°C，溫差竟達 20°C 以上。此時通常認為是七星瓢蟲產卵場所的附近雜草葉片上之溫度為 16~17°C，但也比大氣氣溫略高 3~4°C。如此只就氣溫考量時，大阪地區七星瓢蟲卵期之發育甚為緩慢，幾到翌年早春才能孵化。但該瓢蟲母蟲竟利用如生鏽變成黑褐色易吸收陽光的空罐子產卵，這些瓢蟲的卵不久即可孵化，而孵化幼蟲爬到附近雜草上捕食蚜蟲。

由於蚜蟲與其瓢蟲類天敵的生理零點與有效積溫分別為 5.8°C 與 137 日度，及 11.1°C 與 257 日度，兩者之間有相當的差距。因此在早春蚜蟲開始繁殖時，瓢蟲受到低溫的影響未能繁殖。此可能為溫帶地區，在冬天較為寒冷的年度，瓢蟲無法抑制蚜蟲的猖獗，但於暖冬時瓢蟲就能夠發揮其控制蚜蟲的功効的原因。但從上述調查結果可知，在人為造成如空罐子般高溫微棲所存在的環境下，會完全改變過去的一些概念。

曹氏花椿象 (*Orius sauteri*) 和條肩花椿象 (*O. strigicollis*) 是最近崛起的大害蟲薊馬、葉蟻類的重要捕食性天敵。據 Ohta(2001)，兩種皆分佈於日本中部以南的地區，分佈範圍包括台灣。兩種花椿象的生理零點大致在 12.5°C，在東京附近一年發生三代，於冬季以成蟲進入休眠越冬，但在沖繩，條肩花椿象冬天並不休眠。進一步調查發現，僅是東京附近，就有條肩花椿象的棲息及未棲息的地點，而兩種地點與緯度、海拔無關，卻與一月份最低氣溫、日最低溫到攝氏零度以下的冬天日數及年最低氣溫有顯著的相關。更具體的說，條肩花椿象能夠棲息的地方雖為同一緯度，冬天日數少於 50 天，一月的日最低氣溫在 -1°C 以上的沿海部與都市區為主，而且條肩花椿象的分布北限

已達東北方 300~400 公里處。但從以上氣象資料回溯，在五十年前東京附近冬天日數不到 50 天的只限於東京南方的三浦半島與房總半島南端。但其後因地球氣候的變遷，都市的溫暖化，加上各種人造遺棄物造成的高溫微棲所的出現，使肩條花椿象急速向北方擴大分布範圍(Shimizu & Kawasaki, 2001)。因此昆蟲與氣象因子的關係中往往還考慮人為因子所造成的溫度變化。

五、結語

氣象因子與害蟲發生的關係是包羅各種局面的龐大題目。關於此問題已有如 Cammell and Knight (1992)、Harington and Stork (1995)、Kareiva *et al.*(1993)、Uvarove(1931) 及 Wellington (1999) 等的詳細介紹。本文若就此現象全貌性的重新介紹，於時間及個人能力而言幾是不可能的事。又倘若為篇幅所限只對全局做走馬看花式的簡介，亦不甚妥當，反使討論重點更加模糊。有鑑於此，筆者於是將本文重點縮小於臺灣過去鮮少為人所注意的三點完成此篇論述。

在一些較舊的資料中，如高野、柳原(1939)關於甘蔗害蟲與氣象因子的關係有如下的記述；在平均氣溫 20~23°C 的臺南以北地區，甘蔗櫛角叩頭蟲(*Melanotus tumsuyensis*)成蟲至 3 月後才能羽化，在臺南以南平均氣溫更高的地區，自 10~11 月左右至翌年 2~3 月皆有該蟲的羽化。又於冬季多雨的東部及北部未見蔗龜、犀角金龜等之發生，然在冬季少雨的中南部蔗龜的發生卻極為嚴重。又在台灣南部自 4~5 月間開始降雨後，明顯降低綿蚜、黃螟、蔗龜等的發生。雖然現在甘蔗的經濟價值大不如前，但上述資料本身對於探討氣象因子與害蟲發生關係時仍不失其參考價值。然要提高此等資料的參考價值及在害蟲發生預測上的準

確度，仍須進一步探討其所以然，並要同時考慮其他氣象因子的影響度，如此把它連貫後在農業氣象學及害蟲防治學上才有真正的進步。

目前我們已從第一線退居第二線了，亦即身處旁觀看戲的位置。但回憶起當初仍在第一線打拼時，臺灣農業正處「以農業養工業」的口號下，此時也正是台灣農業的黃金時代。此時期對於從事植物保護工作的我們來說，可能是一生中最幸運的事。反觀現在，農業持續的走下坡、邊緣化，甚至無人可臆測農業將走向何處。然如何阻止農業繼續往下走，撥亂反正之路就完全靠各位後生的努力了。

為達成此項任務最重要的課題乃是致力於農業研究上，使農業的研究上產生更大的實用價值。因此，要避免為了研究而做研究，而應想辦法把基礎研究結果利用在實際或田間的應用上。另一方面，為了印證田間所得資料的準確性，如何利用基礎研究的成果才是重要。在台灣已完成不少害蟲的生理零點、有效積溫的研究，但卻少見這些資料利用於害蟲之發生預測、分布範圍的檢討上。如此基礎研究與應用研究的脫節，是目前研究工作上的一項缺失。著者有感於此種缺失，特撰文探討。

六、引用文獻

- 中村慎吾、朱耀沂。1975。臺灣昆蟲學史話(九)。昆蟲。自然 10(3):23-27。
- 朱耀沂、趙榮台。2000。全球變遷對昆蟲之影響。p.341-366。應用昆蟲學。王清澄、吳文哲編。
- 東浦安友。1989。マイマイガの産卵場所えらび。インセクタリアム 26:204-211。
- 桐谷圭治。1997。日本産昆蟲、ダニ、線虫の發育零卓と有效積算溫度・農業環境技術研究所資料 21 號，72pp。
- 桐谷圭治、田中章。1987。馬毛島で大發生し

- たトノサマバツタ。Insectarium 24:44-54.
- 酒井與喜夫、湯澤 昭。1997。「カマキリが高い所に産卵すると大雪」は本当か。日經サイエンス 1997年5月號:44-53.
- 高野秀三、柳原政之。1939。臺灣甘蔗害益蟲篇。臺灣蔗作研究會。311pp.
- 鄭清煥。1998。全球氣候變遷對臺灣地區蟲害發生影響及因應對策。p.74-85。氣候變遷對農作物生產之影響。林俊義、楊純明、主編。臺灣省農業試驗所特刊 71 號，臺中縣。
- 鎌田直人。1996。ブナアオシヤチホコの大發生と個體群動態(I)、(II) インセクトarium, 33:32-37, 33:80-86.
- 櫻谷保之。1997。冬に産卵するナナホシテントウとその産卵戦略。インセクトarium, 34:308-313。
- Cammell, M.E. and J.D. Knight. 1992. Effect of climatic change on the population dynamics of crop pests. *Advances in Ecological Research* 22:117-162.
- Farrow, R. A. 1990. Flight and migration in aridoids. p.227~314. *In: Biology of grasshoppers*. F. Chapman and A. Joern, eds. John Wiley & Sons, New York.
- Harrington, R. and N.E. Stork. 1995. *Insects in a Changing Environment*. Academic press Ltd., New York. 535pp.
- Heinrich, B. 1996. *The Thermal Warriors: Strategies of Insect survival*. Harvard Univ. Press, Boston. 250pp.
- Kareiva, P. M. *et al.* 1993. *Biotic Interactions and Global Changes*. Sinauer Associates Inc. Publishers. 559pp.
- Nakasuji, F. *et al.* 1973. The disturbing effect of microphantid spiders on the larval aggregation of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Kontyu* 41(2):220-227.
- Ohta, I. 2001. Effect of temperature on development of *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) fed on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Appl. Entomol. Zool.* 36(4):483-488.
- Shimizu, T and K. Kawasaki. 2001. Geographic variability in diapause response of Japanese Orius species. *Entomol. Exp. Appl.* 98:303-316.
- Uvarov, B. P. 1931. Insects and climate. *Trans. Entomol. Soc. Lond.* 79:1-274.
- Wellington, W. G. *et al.* 1999. Weather and Insects. p.313-353. *In: Ecological Entomology*. C.B. Huffaker and A. P. Gutierrez, eds. John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Zhang, Z. and D. Li. 1999. A possible relationship between outbreak of the oriental migratory locust (*Locusta migratoria manilensis* Meyen) in China and the El Nino episodes. *Ecol. Res.* 14:267-270.

The Influence of Meteorological Factors on the Abundance of Agro-Forest Insect

Chu, Yau-I*¹ and Ching-Huan Cheng²

¹ Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

² Chiayi Agricultural Experiment Station, Agricultural Research Institute, COA, Chiayi, Taiwan, ROC

E-mail: chu@ccms.ntu.edu.tw

ABSTRACT

The present paper composed of the following 3 topics. (1) The role of meteorological factors on the long distance migration and the formation of phase gregaria of the desert migratory locust (*Schistocerca gregaria*) are discussed by the outbreak of the locust which observed during 1988 to 1989. The relation between the ovipositing position by the preying mantis (*Tenodera acridifolia*) and the snowfall is also introduced. Through those phenomena, the applicability of ancient or traditional record on the forecasting of insect abundance is discussed. (2) The meteorological factors which through the influence of biological characters of host plant and activity of the natural enemies to affect the outbreak or population change of the beech saturniid caterpillar (*Quadricalcarifera punctella*), tobacco cutworm (*Spodoptera litura*) and gypsy moth (*Lymantria dispar*) are described. (3) Among several meteorological factors, the temperature is recognized as the most influential one especially to the poikilo thermal animals such as insect. The effects of temperature condition at the microhabitat of the insect are discussed on the over-wintering lady beetle (*Coccinella septempunctata*). Besides, the influence of global change which induce the expansion of the distribution to the northern-ward of anthocorid bug (*Orius strigicollis*) is also described.

Key word: Desert migratory locust (*Schistocerca gregaria*), Preying mantis (*Tenodera acridifolia*), Beech saturniid caterpillar (*Quadricalcarifera punctella*), Caterpillar vegetable worm (*Cordyceps militaris*), Tobacco cutworm (*Spodoptera litura*), Microphantid spider (*Oedothorax* spp.), Gypsy moth (*Lymantria dispar*), Lady beetle (*Coccinella septempunctata*), Anthocorid bug (*Orius strigicollis*), Micro-climate, Induced chemical reaction.