

赴日本研習「因應氣候變遷調適作物病蟲害 管理模式之研究」

廖君達

摘要

氣候變遷對於作物生產及病蟲害均造成極大的衝擊。本次研習為執行科技計畫100年「因應氣候變遷調適作物病蟲害管理模式之研究」，於100年9月4日~15日間前往日本九州、沖繩地區包括九州大學、九州沖繩農業研究中心、沖繩縣病害蟲防除技術中心及國際農林水產業研究中心等研究單位交換資訊與研習。九州大學研習重點包括氣候變遷對日本昆蟲影響之研究及發展攜帶抗飛蟲基因之水稻近同源系。九州沖繩農業研究中心研習重點包括水稻飛蟲類於東亞遷飛研究進展、九州沖繩地區近年來水稻育種發展趨勢、氣候環境對水稻生產影響研究、水稻耐熱性篩檢育種系統及應用植物工廠達成作物周年生產模式等。沖繩縣病害蟲防除技術中心研習重點為沖繩縣瓜、果實蠅監測及滅絕計畫。借鏡日本在氣候變遷的相關研究，建議國內應統合研究資源，規劃重點研究方向，建立能夠代表臺灣的作物生產及病蟲害管理模式。

前言

農業生產經常受到環境條件的改變而隨之變動，其中，以氣候條件的變化對農業的生產力、穩定性及耕作制度產生重大的影響。近年來，全球氣候變遷過程加劇，聯合國跨政府氣候變遷小組(IPCC)表示，若全球年均溫升高、高濃度的溫室氣體(二氧化碳，甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物)、極端氣候頻繁、病蟲害猖獗，將減緩全球糧食供給能力，最終導致糧食價格的上漲。氣候變遷會改變作物有害病蟲的分布、生物學特性及其危害程度等；新侵入的病蟲害由於氣候條件的改變而得以立足；長距離遷移性昆蟲得以擴張它的領域，使得作物生產環境遭逢新的威脅。臺灣氣候高溫多濕，病蟲草害經常發生，近年來氣象資料顯示臺灣為暖化的高危險區，預期未來病蟲害之發生程度將更形嚴重。日本九州、沖繩地區的氣候條件與臺灣較為相近，作物病蟲害相在地緣上容易產生互動。且日本在氣候變遷的相關研究起步甚早，諸多的研究成果可以作為我方的借鏡。本次研習前往日本九州、沖繩地區相關研究單位交換資訊與研習。期望透過研習其在氣候變遷對作物病蟲害影響的研究成果、研究進程、評估技術、模式探討及預警作為等，以協助國內因應氣候變遷採取必要的作為，並持續雙邊的科技合作與交流。

一、氣候變遷對日本昆蟲影響之研究

九州大學農業研究院昆蟲研究室退休教授 湯川淳一博士(Dr. Junichi Yukawa)

及准教授 紙谷聰志博士(Dr. Satoshi Kamitani)在氣候變遷對日本昆蟲分布範圍變化有長期性的研究。日本100年來(1898~2010年)年平均氣溫上升 1.15°C ，較全球100年來(1891~2010年)年平均氣溫上升 0.68°C 為高。昆蟲分布範圍的趨向性是研究全球暖化常探討的課題。與日本有關昆蟲向北擴張範圍的研究對象包括蝴蝶、椿象等。其中南方綠椿象(*Nezara viridula*)是危害水稻、大豆、萵苣、柑橘等的重要農業害蟲，其分布範圍的擴張特別受到重視。南方綠椿象的分布範圍與新侵入地區1月份的月平均溫度超過 5°C 的呈現一致性。日本自1963年開始記錄南方綠椿象的分布範圍，迄2008年它的分部北界於45年內擴張85公里，即南方綠椿象每10年向北遷移約19公里。此外，南方綠椿象有極佳的生殖能力，當其分布範圍的擴張會造成原有東方稻綠椿象(*Nezara antennata*)族群的滅絕。

日本選擇容易觀察到或容易聽得到的昆蟲種類作為長期監測的對象，調查它們在每年首次被觀察到的時間或首次鳴叫的時間，據以評估氣候變遷對這些昆蟲呈現正面或負面的影響。比較1961~1965年及2001~2005年的調查資料，紋白蝶(*Pieris rapae*)初次被記錄的時間向後延遲2~24天不等，且2月份的平均溫度提高 $0.9\sim 3.0$ 度。另比較1966~1970年及1988~2002年的調查資料，發現高砂熊蟬(*Cryptotympana facialis*)初次鳴叫的時間提早10~17天不等，且6月份的平均氣溫提高 $0.7\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。此外，全球暖化對於昆蟲的寄主植物與昆蟲間是否能夠維持同時性，將造成昆蟲改變寄主植物或邁向滅絕，也是常被探討的課題。

二、發展攜帶抗飛蝨基因之水稻近同源系

日本飛蝨類害蟲為水稻主要蟲害，往往造成稻田發生蝨燒，嚴重影響稻作生產。然飛蝨類害蟲於日本無法過冬，多由海外遷飛日本，其繁殖能力強，往往造成遷入地區稻作之嚴重損失，九州地區位處日本南端，受飛蝨為害較日本其它地區嚴重。日本早在1967年即進行水稻抗飛蝨類害蟲之育種工作，但因與遷出地區使用相同之抗蟲基因進行品種選育及推廣，生物小種(biotype)急速篩選、適應，進而大量危害推廣之抗蟲品種，於害蟲遷入地區之所謂抗蟲品種面臨失效威脅。九州大學農學院作物育種研究室助理教授安干井秀(Dr. Hideshi Yasui)利用野生種(*Oryza punctata*)及粳型水稻(*Oryza sativa*)品種(ADR52等)的抗飛蝨特性進行抗飛蝨基因的選殖，定位出抗飛蝨基因後，並將相關抗性基因(BPH25、BPH26、Grh1、Grh2、Grh3、Grh4、Grh5 and Grh6)以分子標誌輔助之方式，快速且確實的導入水稻臺中65號平台，提供日本水稻育種單位使用，期能減緩飛蝨生物小種產生所帶來之威脅。水稻臺中65號為臺灣育成之品種，然該品種於日本南北狹長的地理環境下及全世界稻米生產區均可生育良好並抽穗成熟，有利於將試驗選獲之抗飛蝨基因導入日本全國的優良品種並與世界接軌。此外，該研究進行抗飛蝨基因選殖研究時，進行不同水稻生育期的抗飛蝨外表型檢定，結果發現常用的幼苗期抗蟲檢定雖然簡單快速，但幼苗期檢定具有飛蝨抗性，於孕穗期則未必，且孕穗期最容易區分稻株是否受害。其原因可能於孕穗期至抽穗前之稻株營養生長停止(劍葉已抽出)，此時儲存於莖稈及葉鞘的非構造型碳水化合物最多，最適合飛蝨吸取汁

液為害，抽穗後該類非構造成碳水化合物則開始往穀粒轉運而降低。然而孕穗期抗飛蟲檢定耗時費力，因此該研究室利用幼苗期進行初步篩檢，再將抗性株系於孕穗期確認其抗蟲性。

三、沖繩縣瓜實蠅、果實蠅監測及滅絕計畫

市瀨克也博士(Dr. Katsuya Ichinose)為九州沖繩農業研究中心的系滿駐在，類似該研究中心在沖繩縣的最高層級，協助本次在沖繩縣及石垣島的研習行程。市瀨博士的研究經驗豐富，涵蓋水稻福壽螺、柑橘黃龍病(citrus greening disease)及甘藷蟻象等，與臺灣學界有多次的交流。市瀨博士協助我方參訪沖繩縣農業研究中心、沖繩縣病害蟲防除技術中心、國際農林水產業研究中心之熱帶農業研究處點及沖繩縣農業研究中心/石垣支所等。其中，沖繩縣病害蟲防除技術中心肩負著沖繩縣瓜實蠅、果實蠅監測及滅絕計畫。拜會該中心所長西村真先生，並由久場(Kuba)先生導覽。該中心於1979年啟動瓜實蠅滅絕計畫，建立人工餌料結合自動化大量繁殖瓜實蠅，並導入鈷60放射線滅雄技術，在1984年起每周可產出3千萬隻以上的不孕性雄蠅。大量釋放後，經過10年的時間，沖繩縣本島及所屬島嶼於1993年已確認瓜實蠅完全滅絕。1994年迄今，該中心仍然持續釋放不孕性瓜實蠅雄蠅至沖繩縣本島及所屬島嶼，避免瓜實蠅的再度入侵。

果實蠅的滅絕計畫早於瓜實蠅，果實蠅的滅絕技術採用懸掛含毒誘餌的纖維板，從1968年啟動至1986年確認完全滅絕果實蠅。然而，最近幾年的監測資料發現，每年仍可捕獲個位數的東方果實蠅，日方推測這些零星的果實蠅可能依循著氣流，由臺灣宜蘭縣遷入石垣島。由於目前尚無積極的證據可以支持這個論述，日本於2011年已組成研究小組，希望能夠借鏡水稻褐飛蟲及白背飛蟲在東亞的遷飛模式。

瓜實蠅滅絕計畫在沖繩縣執行的非常成功，目前仍持續繁殖及釋放一定數量的不孕性雄蠅，但無可避免出現設備閒置的情形。因此，開始著手甘藷蟻象(sweet potato weevil)不孕性雄蟲技術的建立，期望能夠複製瓜實蠅滅絕的成功經驗。由於甘藷蟻象照射鈷60放射線的生育階段為成蟲，體表有較厚的幾丁質，測試結果需要較高的輻射劑量才能造成不孕。此外，甘藷蟻象的大量繁殖技術仍在改進，不孕性雄蟻象的釋放技術、釋放條件的試驗研究均在起步階段。

四、水稻飛蟲類於東亞地區遷飛研究進展

危害水稻重要的飛蟲種類包括褐飛蟲(*Nilaparvata lugens*, BPH)、白背飛蟲(*Sogatella furcifera*, WBPH)及斑飛蟲(*Laodelphax striatellus*, SBPH)等。褐飛蟲偏好棲息稻叢基部危害，可造成稻株枯萎倒伏，稱為蟲燒的徵狀；此外，褐飛蟲會媒介草狀矮化病(Grassy stunt viruses)及皺縮矮化病(Ragget stunt viruses)。白背飛蟲偏好棲息稻叢中、上部位危害，可造成稻株直立性枯萎，還會媒介新崛起的南方水稻黑條矮縮病(Southern Rice Black Streaked Dwarf Virus, SRBSDV)。至於斑飛蟲偏好群集於劍葉及穗部危害，造成稻穗汗損及影響充實，還會媒介縞葉枯病。

九州沖繩農業研究中心生產環境領域之難除害蟲研究團隊有9名研究專家，其

中包括上席研究員松村正哉博士(Dr. Masaya Matsumura)、主任研究員 大塚彰博士(Dr. Akira Otuka)及研究員真田幸代博士(Dr. Sachiyo Sanada)等3名組成亞洲地區水稻飛蟲研究團隊。他們的調查足跡遍及日本、韓國、中國大陸、臺灣、菲律賓及越南等地，透過現地採集、遷入地飛蟲蟲量監測、飛蟲類對藥劑的抗藥性差異性及變遷、低層噴射氣流導引遷飛研究等來釐清水稻飛蟲類在東亞地區的遷飛及建立遷飛預測模式等。相關重要研究成果如下：

1. 透過低層噴射導引氣流的研究，大量的褐飛蟲及白背飛蟲族群每年6~7月雨季時，由它們的越冬地點—越南北部及中國大陸廣西南部地區向北進行長距離的遷移，遷入大陸東南沿海省分及臺灣，最終抵達日本及韓國。
2. 白背飛蟲媒介的南方水稻黑條矮縮病於2009年在越南北部及中國大陸東南沿海分別造成42,000及200,000公頃的危害，日本首次的紀錄為2010年8~10月間，在本州及九州西部8個縣，主要危害作為飼料稻的私稻品種，並不危害私稻品種。
3. 東亞及中國大陸的褐飛蟲族群對益達胺藥劑產生抗藥性，然而菲律賓的族群沒有相同的情形。白背飛蟲對於芬普尼藥劑的抗藥性，普遍出現在東亞、中國大陸及東南亞地區。此外，越南南部的益達胺抗藥性族群的增長顯著地高於越南北部。
4. 由於斑飛蟲可在溫帶地區越冬，因此不同於褐飛蟲及白背飛蟲等具有長距離遷移的現象。2008年由遷入地監測資料及低層噴射導引氣流的研究，發現斑飛蟲可由中國大陸江蘇省透過短距離的遷移，遷入日本九州的鹿兒島市(Kagoshima)。探討中國大陸及日本的斑飛蟲族群對益達胺及芬普尼藥劑的抗藥性，發現中國大陸的斑飛蟲族群僅對益達胺具有抗藥性，而日本2008年以前的斑飛蟲族群僅對芬普尼具有抗藥性。2008年6月於日本已可採集到對益達胺具有抗藥性的斑飛蟲族群，這些族群與日本當地的族群進行雜交後，可產生同時對益達胺及芬普尼具有抗藥性的斑飛蟲族群。顯示昆蟲的遷飛特性可能影響到跨國界的昆蟲抗藥性情形。
5. 該研究團隊建立的水稻飛蟲類遷移預測模式，已經與日本各縣農業研究中心連線，搭配縣農業研究中心當地的監測資料，發展成可實際應用的預測機制，可即時呈現水稻飛蟲類遷入的訊息，以供農民進行田間管理。

結論

日本九州、沖繩地區的氣候條件與臺灣較為相近，栽培作物的種類頗多相近，且作物病蟲害的種類及行為在地緣上容易產生互動，所面臨的問題及未來的研究方向有許多相似之處。此外，日本在氣候變遷對作物生產及病蟲害影響的相關研究起步甚早，諸多的研究成果可以作為我方的借鏡。因此，持續加強雙方研究人員技術交流管道，除可擴展國內研究人員的國際觀，對於氣候變遷的策略因應將有所助益。日本中央農業研究機構與地方研究機構之間聯繫與合作關係良好，相互支援及資源共享。國內各試驗研究單位間或與大學院校在人力及資源逐

漸減少之際，宜強化合作深度，擴大研發能量並互補不足。臺灣在氣候變遷對作物病蟲害的研究處於起步階段，對於相關研究計畫的研提，應邀集學校及試驗改良場所研究人員闢室研商，捐棄成見，並統合研究資源，研擬數個長期共同合作及待釐清的課題，以建立能夠代表臺灣的作物生產及病蟲害管理模式

參考文獻

1. Bale, J. S., G. J. Masters, I. D. Hodkinson, C. Awmack, T. M. Bezemer, V. K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J. C. Coulson, J. Farrar, J. E. G. Good, R. Harrington, S. Hartley, T. H. Jones, R. L. Lindroth, M. C. Press, I. Symrnioudis, A. D. Watt, and J. B. Whittaker. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biol.* 8: 1-16.
2. Coakley, S. M., H. Scherm, and S. Chakraborty. 1999. Climate change and plant disease management. *Annu. Rev. Phytopath.* 37: 399-426.
3. Coviella, C., and J. Trumble. 1999. Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect plant interactions. *Conserv. Biol.* 13: 700-712.
4. Fujita, D., A. Yoshimura, and H. Yasui. 2010. Development of near-isogenic lines and pyramided lines carrying resistance genes to green rice leafhopper (*Nephotettix cincticeps* Uhler) with the Taichung 65 genetic background in rice (*Oryza sativa* L.). *Breed. Sci.* 60: 18-27.
5. Garret, K.A., S. P. Dendy, E. E. Frank, M. N. Rouse, and S. E. Travers. 2006. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. *Annu. Rev. Phytopath.* 44: 489-509.
6. Musolin, D. L., D. Tougou, and K. Fujisaki. 2010. Too hot to handle? Phenological and life-history responses to simulated climate change of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). *Global Change Biol.* 16: 73-87.
7. Yukawa, J., K. Kiritani, N. Gyoutoku, N. Uechi, D. Yamaguchi, and S. Kamitani. 2007. Distribution range shift of two allied species, *Nezara viridula* and *N. antennata* (Hemiptera: Pentatomidae), in Japan, possibly due to global warming. *Appl. Entomol. Zool.* 42: 205-215.
8. Yukawa, J., K. Kiritani, T. Kawasaki, Y. Higashiura, N. Sawamura, K. Nakada, N. Gyotoku, A. Tanaka, S. Kamitani, K. Matsuo, S. Yamauchi, and Y. Takematsu. 2009. Northward range expansion by *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) in Shikoku and Chugoku districts, Japan, possibly due to global warming. *Appl. Entomol. Zool.* 44: 429-437.
9. Ziska, L. H. 2003. Evaluation of the growth response of six invasive species to past, present, and future atmospheric CO₂. *J. Exp. Bot.* 54: 395-406.