

民國六十七年五月十五～十六日
中央研究院動物研究所舉辦
「昆蟲生態與防治」研討會講稿集 81～93 頁

水稻褐飛蟲棲羣管理之生態基礎

陳 秋 男

臺灣植物保護中心

一、緒 言

褐飛蟲 (*Nilaparvata lugens*) 是目前本省水稻關鍵害蟲 (Key insect-pest) 之一，其為害水稻面積自 1960 年代以後有逐年增加的趨勢。據 1975 年估計，本省約有 17% 的水稻田蒙受其害，結果導致每年損失 6,500 公噸的稻谷。一般而言，其為害以二期作較為嚴重，中南部平均每年每公頃約損失 2,000 公斤，全省平均也達 1,000 公斤⁽⁴⁶⁾。這項估計是防治後尚遭受的損失，若防治不當或不防治，則損失當更慘重。目前之防治費 (藥費加工資) 約在每公頃新臺幣 2,000 元左右。

褐飛蟲之防治一向全賴殺蟲劑，1973 年雖有抗性水稻品系嘉農 11 號之推廣，惜因其他性狀不盡理想，仍未廣受栽植。因此，本蟲之管理有賴結合下列數項於一體系中：(一)栽植抗性水稻品系；(二)明智地選用對天敵比較安全的藥劑；(三)改進耕作方法。而在藥劑的選用時應配合：1. 以本蟲之經濟為害限界 (Economic threshold, ET) 為用藥之基準；2. 選用安全的藥劑；3. 把握適期防治；4. 改進施藥技術或改變藥劑劑型；5. 研訂可靠易行的田間害蟲監視 (Surveillance) 方法與技術，以便預測員能採用⁽⁴⁶⁾。

本文* 擬從現代害蟲棲羣管理 (Management of insect-pest population) 的基本理論 (特別是生態的基礎) 來支持上述的論點，並檢討過去吾人對此蟲生態的認識及將來亟待努力的事項。

二、害蟲棲羣管理之基本認識

(一) 蟲害管理之體系

蟲害管理除了經濟上的考慮之外，以生態的原理為基礎，綜合應用適當的防治技術於一農業生態系 (Agroecosystem) 中，企圖調節 (或抑制) 作物關鍵害蟲棲羣於一容許的限度下，並盡量使因防治措施所引起的不良影響減到最低限度⁽³⁰⁾。着眼在管理而不在防治或消滅害蟲。蟲害管理是人類應用生態原則來管制害蟲棲羣的舉動。

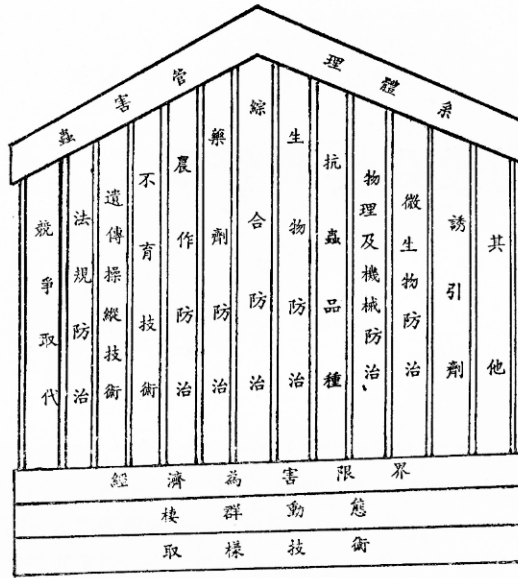
若把建立完善的蟲害管理體系比喻為建造房子，則防治技術猶如支柱，要如何選擇與配合才能適用於某一體系，則需視對象害蟲而定。但其支柱均奠基於該蟲的經濟為害限界，其棲羣動態 (Population dynamics) 的特性，及適當的取樣技術 (Sampling techniques) 等三大基石上 (圖一)⁽¹⁸⁾。亦即防治技術如何選擇及配合才最為恰當，則端賴吾人對於對象害蟲之三項主要知識瞭解透徹的程度而定。

(二) 蟲害管理之基本原則

1. 考慮農業生態系並維持其適當的複雜度

一般而言，欲真正瞭解一害蟲棲羣的動態，則應站在更高的一層——即羣聚 (Community) 或生態系 (Ecosystem)——來看其棲羣，如此才不致於有見木不見林的缺憾。所以欲管理一害蟲棲羣，則先考慮其存在之農業生態系乃勢所必然。

* 臺灣植物保護中心昆蟲組綜合論述第 18 號。



圖一 蟲害管理的基礎與架構⁽¹⁹⁾。

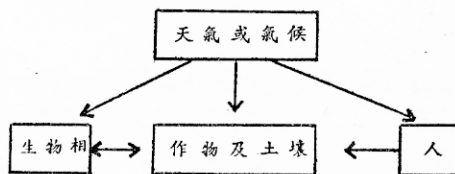
農業生態系之主要構成因子可簡單表示如圖二⁽⁸⁾。害蟲只是生活於此體系中之一份子，所以任何加諸於此體系的人為因素(包括耕作及植物保護活動等)，均或多或少會影響到整個體系之任一部份。任何一生態系由於其內在生物棲羣之彼此制衡，都有某種程度的穩定性。穩定的生態系之特點是其構造較複雜，較能抗拒外加的干擾，當受到干擾時其波動幅度不大，且常能較快地回復到原來的狀態，而其穩定狀態也持續較久^(24,25,32,44)。害蟲的大發生乃是系統不穩的一種指標。藥劑施用不當亦常迫使生態系失去平衡而呈現不穩。所以認識生態系中原有的制衡力量，探求可能引起系統趨向不穩的外加因素，設法彌補其制衡力量是蟲害管理中首重的原則^(37,39)。

2. 確立關鍵害蟲之經濟為害界限以為採取防治措施之基準

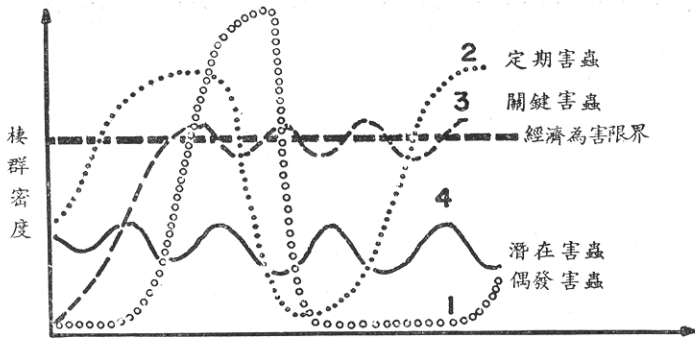
在一農業生態系中，有些昆蟲是常見的 (Common) 有些則為罕見 (Rare) 種類。昆蟲由其數目之多寡、分佈的廣窄、為害部位及是否傳播病原而造成人類無法容忍的損失等，而可約略區分為關鍵害蟲、次要害蟲 (包括偶發的及定期害蟲) 及潛在害蟲等三大類 (圖三)⁽⁴⁵⁾。但其評判標準應以該蟲之經濟為害界限為準^(36,40,42,45)。

經濟為害界限的涵意簡單的說即是，當一害蟲密度 (或其為害程度) 達到防治與收益剛好扯平 (即投資/收益=1) 時，即謂該蟲已達經濟為害界限，未達此界限則防治得不償失。一種昆蟲是否具有備害蟲的身份，全憑人類主觀的經濟利益來衡量。關鍵害蟲之密度時常在 ET 的上下波動，每年一定會造成作物嚴重的損失。偶發害蟲僅偶爾會達到 ET，定期害蟲則在較規則的時段其密度會達到 ET，但一般此二類害蟲造成的損失遠比關鍵害蟲輕。至於潛在害蟲，因其數目一直被調節在很低很稀少的情況，其平衡點也很低，其取食無足輕重，所以應該不算是害蟲。

一農業生態系儘管會同時或先後有幾十種或上百種害蟲為害該作物，但關鍵害蟲却只有少數幾



圖二 農業生態系構成因子⁽⁸⁾。



圖三 害蟲的類型——其棲群密度變動與經濟為害限界之關係⁽⁴⁵⁾。

種⁽³⁰⁾。例如全世界水稻上總共有 20 種左右關鍵害蟲，但在臺灣很少超過 5 種⁽⁶⁾。這些關鍵害蟲應被列為主要管理對象。但關鍵害蟲相經過一段時期後會有更迭的現象。例如臺灣的水稻關鍵害蟲在 1960 年代以前，主要為三化螟 (*Tryporyza incertulas*)、鐵甲蟲 (*Diclodispa armigera similis*)、負泥蟲 (*Oulema oryzae*)、黑棒象 (*Scotinophora lurida*) 及白背飛蝨 (*Sogatella furcifera*) 等。1960 年代以後三化螟即逐漸減少，至今連標本都不易採到。而目前的主要害蟲為褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens*)、黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps*)、二化螟 (*Chilo suppressalis*)、縱捲葉蟲 (*Cnaphalocrocis medinalis*) 及稻心蠅 (*Hydrellia philippina*) 等⁽⁸⁾。近年來稻細蟎 (*Steneotarsonemus madecassus* = *S. spinki*) 似有崛起的趨勢。三化螟所以頻臨絕跡邊緣，可能與殺蟲劑濫用破壞原有生態平衡，且棲所管理不利其生存，譬如灌溉充裕致幼蟲無法越冬等有關。

ET 除了用以評定害蟲的身份之外，最重要的乃是用來作為害蟲是否必需防治的基準。當任一時期之害蟲密度已達此 ET 值，或確信在當時的天敵及氣候之壓力下害蟲棲羣有達到 ET 的可能時，則應即刻採取適當防治措施。再者，ET 亦可用於評判某一防治方法（如藥劑或生物防治）是否有效的可靠指標。亦即，當一防治法能把該蟲壓抑在 ET 之下，則該法即為有效。所以訂定一害蟲之 ET 乃現代蟲害管理中不可或缺的一項。

不過，應該注意的是，ET 會因產品價值、作物抗性、受害部位等等之不同而改變（表一），而產品價值又受供需的平衡情況、時間及地域之相對價值等等影響。這些因子在決定 ET 時均應適當地加以考慮^(5, 19, 31, 41)。

3. 利用生態系中天然之抑制力並設法補助其不足

前面提到，農業生態系中之生物棲羣彼此間有互相牽制而達到某種限度的制衡現象，而蟲害管理之目標乃在設法管理害蟲棲羣使其保持在 ET 之下。是故，吾人若能探究生態系中原有存在的制衡力量，再配合人為方法補助其不足而達到抑制害蟲棲羣於 ET 之下，則為理想的管理辦法。

為了達到上述目的，深入瞭解害蟲之棲羣動態乃為必經的步驟。最近關於此方面的瞭解已有突破性的發現。例如 May 指出⁽²⁷⁾，一昆蟲之棲羣不止只有一平衡點（圖四）（平衡點乃棲羣之增殖率等於 0 之點），其可能有一低的平衡點 B，當棲羣增加至某一程度時會突破一棲羣成長的臨界點 C（即 Southwood & Comins 之解除點 R——release point⁽³⁸⁾；或 Kiritani 之逃脫臨界 Escape threshold⁽²¹⁾），棲羣再度上升，當其趨近棲所之載荷量時，會因種內競爭而達到另一高的平衡點 A。天敵可左右害蟲棲羣之平衡點 B 及解除點 C。當天敵抑制力大時可把 B 點向下壓而把 C 點往上提⁽²¹⁾。是故，在蟲害管理中吾人應當研明一害蟲棲羣之低的平衡點及解除點，看看其與 ET 之關係。若害蟲棲羣已突破 C 點，則勢必非用藥劑加以防治不可。

棲羣動態研究之另一功用，在於研明那些對棲羣變動具有預測價值的關鍵因子 (Key factors)，以有助於害蟲發生趨勢之短期或長期的預測⁽³⁰⁾。

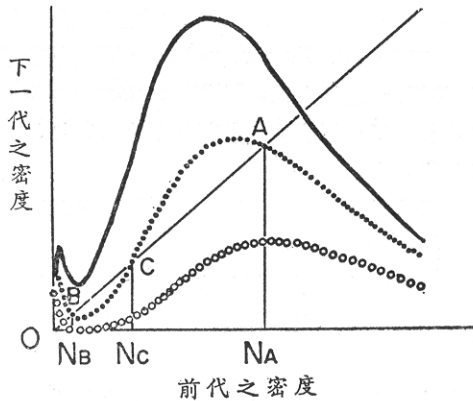
表一 決定害蟲經濟為害界限 (Economic threshold, ET) 之一些因素*

變因	ET 高	ET 低
1. 產品價值	低	高
2. 管理成本	高	低
3. 作物品系	抗性	感性
4. 品質要求	低	高
5. 為害特性	局部性 (如局限在葉部)	系統性 (如莖幹蛀蟲或刺吸性病媒昆蟲)
6. 為害部位與產品之差距**		
(1)時間差距	大	小
(2)空間差距	大	小

* ET 高表示能容許較大的損失 (或較高的害蟲密度), 反之則相反。

** 時間差距 (Time gap) 指為害時期至產品成熟的時間, 愈近則差距愈小。

空間差距 (Site or spatial gap) 指為害部位與產品之距離; 例如, 為害稻葉者其差距比為害稻穗者大; 為害花椰菜外圍葉片者比為害花球者差距大⁽¹⁶⁾。



圖四 在不同捕食程度下, 害蟲前後兩代間密度之關係 (曲線由上至下之捕食程度依序為低、中、高三級)。圖中 45° 直線為前後兩代相等之平衡線。B 是密度低時之平衡點 (受天敵之控制), C 是密度上升之臨界點 (或解除點), A 則為密度高時之另一平衡點 (種內競爭之結果)。N_A, N_B, N_C 分別為各點時之密度⁽²⁷⁾。

4. 利用嚴密的田間監視以研判蟲情作為管理的指針

因為田間害蟲密度變動不居, 所以唯有密切注意田間蟲情, 才能隨時採取適當的防治措施。害蟲田間監視猶如戰爭中敵情之偵察與收集, 是決定戰爭成敗的重要因素。近年來幾乎每個國家對此問題均甚表重視⁽⁷⁾。

適當的偵測儀器與設備以及可靠易行的田間取樣技術是在研究棲羣動態, 作物損失估計及防治效益評估等均為不可或缺者。這些技術與方法均可納入監視網中成為正常作業的一部份, 以為發佈全國性作物病蟲害發生情報之依據。

5. 儘可能利用抗蟲性作物品系

不同品系的作物, 通常對同種害蟲之為害顯示不同程度的反應, 從敏感性、容忍性、抵抗力到免疫性者都有。篩選或育成具容忍性或抵抗性的品系, 是發展一完善的害蟲綜合管理系統最理想的方法。害蟲在抗性作物上生活比在感性品系生活者, 一般其取食量較少, 個體較小, 存活率較低, 生

殖系統發育較差，導致產卵量少，所以棲羣增殖率也較緩慢，自然對作物造成的損害就相對地減輕^(22,30,33,34)。加上前面提過，天敵有可能當對象害蟲密度尚低時把它抑制在一較低的平衡點範圍；亦即多數天敵僅在害蟲密度尚低時才能發揮調節的功能。所以往往結合抗性品系及天敵的力量即可不用藥而達到管理的目的，當然在必要時用藥亦是可行的綜合防治方法。

不過，因為害蟲與作物的關係是一種動態的關係，兩者同時在演化，所以自然界中往往也出現新的生物小種 (Biotypes) 來取食為害抗性品系作物，所以篩選與育種是永無休止的，這是利用抗蟲品種時應該認識的⁽⁸⁾。

6. 認識 r 型害蟲與 K 型害蟲

昆蟲在一生態系中適應生存的生態策略 (Ecological strategy)，可劃分為 r 型策略 (r-strategy) 及 K 型策略 (K-strategy) 兩大類⁽³⁵⁾。但是由於策略的運用只是程度上的差異，所以實際上是從 r 端至 K 端的連續 (r-K continuum)。據此，害蟲亦可區分為 r 型害蟲 (r-pest) 及 K 型害蟲 (K-pest)^(25,26,37)。

r 型或 K 型策略之觀念導自於物種棲羣成長的推理曲線方程式：

$$dN/dt = r \left(1 - \frac{N}{K} \right) N$$

式中 dN/dt 是單位時間 t 後之棲羣增加率； r 是種的內在增殖率 (Intrinsic rate of natural increase)； N 是棲羣個體數，而 K 是該棲所之最大載荷量 (Carrying capacity)。

r 型害蟲的一些重要特性為^(35,36)：(1)體小，發育快速，世代短；(2)生殖前期短，生殖能力高，且卵通常在一短期內一次產完；(3)常具遷移習性；(4)在短期間內其棲羣常增加而超過棲所之載荷量；(5)棲羣密度常受非密度依變因子 (Density-independent factor)——如惡劣天氣——所左右，以致變動幅度甚大，天敵控制力常微不足道。所以 r 型害蟲能適應極為不穩定的環境，如棲所短時期即消失及天氣變幻莫測之環境。

反之，K 型害蟲之特性為：(1)體較大，發育較緩慢，世代較長；(2)生殖前期較長，生殖力低，但生殖期存活率較高，壽命較長，且卵分數次產完；(3)通常不太遷移；(4)棲羣之平衡點常甚低，但競爭能力較強，所以常能利用 K 所剩餘空間而求得生存；(5)棲羣密度常受密度依變因子 (Density-dependent factor) 如天敵所控制。所以 K 型害蟲一般生活於棲所及天候較穩定的環境，其密度一般甚低。

大多數作物關鍵害蟲均為 r 型害蟲，少數為中間型；而潛在害蟲均為 K 型害蟲，次要害蟲大都為中間型害蟲。就圖一中的防治技術來看，對付 r 型害蟲最可靠方法捨藥劑與抗蟲品系別無他途可求，而密切的田間監視乃為其管理中不可缺少者。對付 K 型害蟲則以維持棲所的穩定為上策，他如雄性不育技術及費洛蒙 (Pheromone) 之應用亦被認為可行。至於對付多數中間型害蟲，則應儘量利用天敵以維持害蟲棲羣於低的平衡點，或不突破解除點 (圖四)。所以生物防治是優先考慮項目。當然，利用抗蟲性作物仍是對付所有害蟲最佳方法⁽³⁷⁾。

7. 審慎選用較安全的農藥或採用較安全的施藥方式

明智的選用農藥應從其生理的及生態的選擇性來加以評選。前者可由農藥本身對於對象害蟲之毒性，專一性或廣效性，其系統性及對非標的生物 (Non-target species) 的相對安全性，如對哺乳類、鳥類、魚類、蜜蜂或天敵之安全性來判斷。另外藥劑在土中的持久性亦應一併考慮，其客觀而合理的評選方法可參考 Metcalf 的建議^(5,28)。

至於農藥的生態選擇性可經由下述考慮而獲得。例如把握適當時機，施於適當部位或處所，改用適當劑型 (如粉衣、粒劑、膠囊劑等) 或處理方式 (如隔行施藥、根際施藥、ULV、種子消毒，或配合食物誘餌或費洛蒙等) 以減少處理面積⁽²⁹⁾。而用藥時應把握：(1)在害蟲生活史中最脆弱的一環用藥，如棲羣即將急速上升的緊要時期，或害蟲對藥劑最敏感時期；(2)害蟲一天當中出現活動之高峯期；(3)避免授粉昆蟲或天敵活躍時期或作物敏感期 (如花開授粉時) 用藥⁽⁸⁾。

8. 在發展一綜合防治系統之前應先評估每一防治技術（或方法）之實際配合的可行性

有些技術在理論上或實驗證明是有效的，但在應用上却是行不通的，有些則與其他方法配合運用時會產生增效，不增不減，或反效的結果，所以在推廣之前應客觀地評估其實用性。Chiang 提出一套評估方法，其準據包括下列數項⁽¹⁷⁾：

(1)震撼力 (Impact)：即該法之防治效力，可分為(a)小、(b)中、(c)大三種程度。

(2)可行性 (Feasibility)：即該法是否切實可行，亦可分為(a)可能可行，(b)實際可行及(c)切實實用等三級。

(3)執行單位：即該法在執行時應該以什麼單位為有效的執行單位，亦可分為三級；即(a)政府，(b)社區，及(c)個人。任何技術能由農友自己執行是最方便最易行的，共同防治則往往要地區性的配合才行，而空中噴藥則需政府的補助與督導才容易執行。

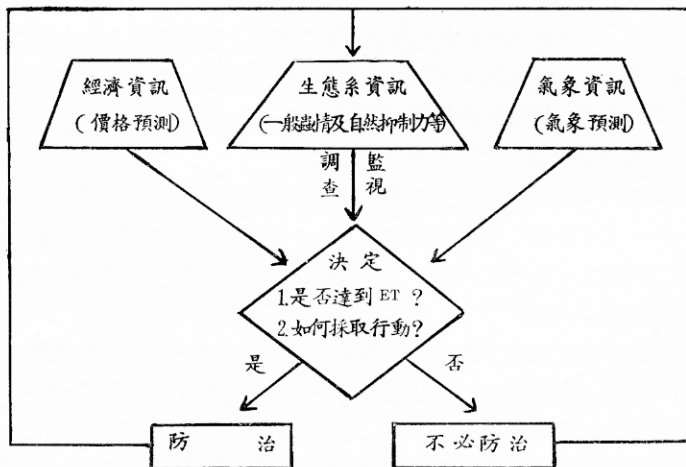
(4)融洽性 (Compatibility)：即該法與其他方法或正常的生產作業能否和諧地配合運用，亦分三級；即(a)不相容，(b)中立，(c)可相容。例如藥劑間彼此混合的考慮即為一例。

以上各法之評分按(a)、(b)、(c)順序給予 1、2、3 分，累計得分愈高的方法，表示該法不但有效且經濟而實用，即可考慮採用於一綜合防治系統中。但是，當綜合防治法已經確立之後，最好能在各代表性區域從事實際的推廣性試驗或作示範觀摩，一則確證其推廣價值，二則取信於農友，並讓農友知道如何執行，藉收推廣之效。

(三) 蟲害管理之執行

蟲害管理之執行猶如醫師之行醫，管理人員管理之對象為農業生態系，他先需詢問（或瞭解）生態系之病歷，診斷其病情，研判其病因，綜合考慮其他因素之後才能決定需不需要治療，以及如何治療，然後還需追查治療結果，才能確知病患是否康復。其執行過程如圖五。

決定防治的需要性至少要考慮三項資料⁽¹⁷⁾，第一項資訊來自於農業生態系本身，包括瞭解當時的害蟲發生期，其密度及為害情形，作物的生長期，以及自然抑制力（尤其是天敵）等，這些資訊要透過定期性密切的田間監視加以收集。第二項資訊為氣象預測資料，以便預測害蟲及天敵密度消長的趨勢。第三項資訊為產品價格預測，這項資訊對 ET 值之及時修訂甚為重要。有此三項資訊即可經過適當的研判或分析（如借助於電腦）而下決定：(1)若預測害蟲有達到 ET 之可能或已達到 ET 時，則應採取適當的防治措施；(2)若仍低於 ET 則不必防治。但是無論防治或不防治均應繼續嚴密監視其動態。



圖五 害蟲管理作業模式圖。

三、本省褐飛蝨棲羣管理之生態基礎

關於褐飛蝨之生態，最近已有詳細的綜合評述⁽⁹⁾，現僅將與其棲羣管理有關的部份提出討論。

(一) 基本考慮

褐飛蝨具有 r 型害蟲的特性：1. 其個體小，發育甚快，且世代短。 12°C 為其發育臨界，發育溫度範圍在 15°C 至 35°C 之間，當 15°C 至 28°C 時發育速率與溫度呈直線上升關係。一般言之，在臺灣卵期在春秋、夏及冬季分別為 8、6 及 12 天；若蟲期為 16~20，12~15 及 30~36 天。在新竹以北地區一年約有 8~9 代；中部地區 9~10 代；而嘉南高屏地區可達 10~11 代之多。在每一期稻作上可完成 3~4 代。2. 生殖能力强，每一雌蟲一生可產下 250~600 粒卵，卵通常在一週內產完。3. 個體小而輕，隨風擴散的能力甚強。4. 能忍受高度擁擠狀態，其高的平衡點約在 570 隻/叢左右（所以遠在 ET 之上）。5. 能適應短暫（100~120 天）的棲所，且常在短期間內棲羣高過環境的載荷量而引起「蝨燒」（Hopperburn）。

基於上述基本認識，褐飛蝨之管理應以抗蟲水稻品種為主，而輔以適當的藥劑防治。關於本省抗飛蝨水稻品系之研究請看鄭清煥氏的研究報告^(10,14,15)。

(二) 褐飛蝨藥劑防治之生態基礎

1. 藥劑施用適期之判斷

藥劑施用適期之判斷準據之一是要在害蟲為害時期之棲羣急速上升時（或稍前）及時防治。日本的研究認為當褐飛蝨短翅雌蟲開始出現時，即是用藥適期⁽²⁰⁾。在本省一般從過去各地累積誘蟲燈的資料及田間的經驗，來推算老齡若蟲之高峯期，以此高峯期為防治之焦點。其結果如表二。

一般而言，在一期作時中北部地區只需藥 0~1 次，南部地區則需 1~2 次；但二期作在中北部約需施藥 2~3 次，在南部則 3~6 次不等。但無論一期或二期作，用藥時期約略集中在孕穗末期至糊熟期之間^(4,15,46)。

2. 藥劑之選擇及防治之基準

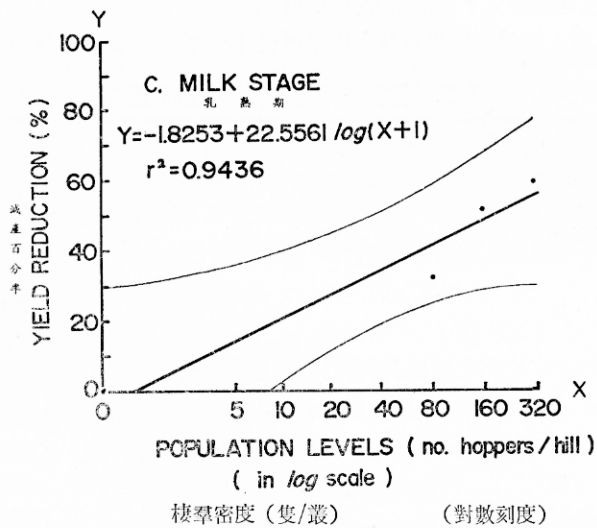
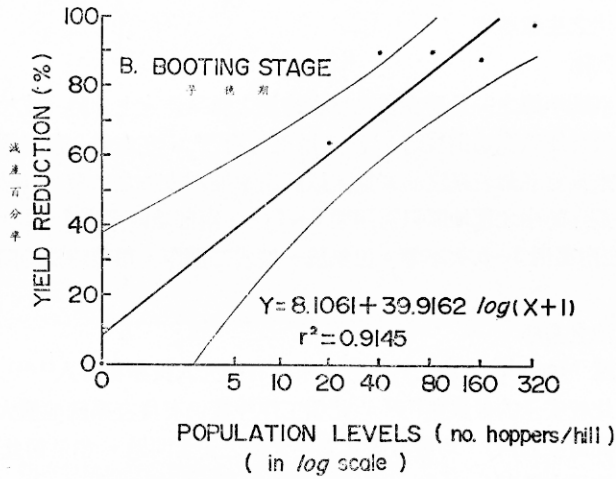
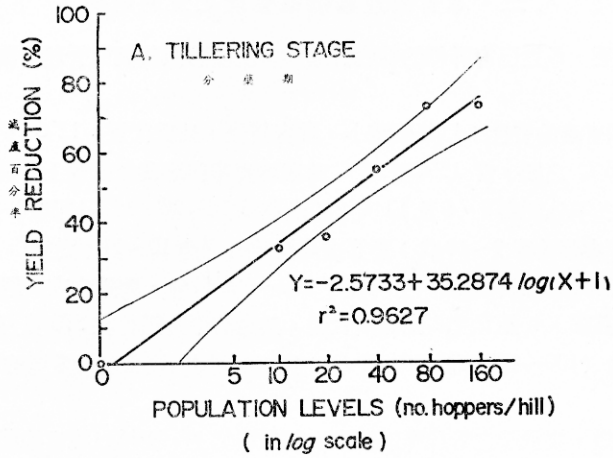
藥劑之選擇除前述 Metcalf 方法之外，近年來本省研究人員亦步日人^(1,43)之後，從事篩選對褐飛蝨天敵狼蛛及盤蛛比較安全的殺蟲劑^(2,3)。此項工作今後仍有待有系統地擴大舉行，凡是用於水稻田之任何藥劑（不論其對象為何），均應考慮其主要天敵之安全問題。相信循此發展，將來必能選出適合於褐飛蝨綜合防治用之藥劑。

關於褐飛蝨防治基準的確立，目前研究仍在進行中，初步的結果發現，水稻在不同生長期受害，其可能的減產百分率（ \hat{Y} ）與為害時褐飛蝨之棲羣密度（ X ）之關係如圖六所示⁽¹³⁾。

表二 褐飛蝨在各水稻區之防治適期*

地 區	月 份	水 稻 生 育 期
I 北 部 新竹以北地區	10月~11月	二期作抽穗至乳熟期
II 中 部 臺 中 區	5月~6月 9月~10月	一期作抽穗至乳熟期 二期作孕穗至乳熟期
III 南 部 嘉 南 區	5月~6月 8月~10月	一期作孕穗期至乳熟期 二期作孕穗末期至糊熟期
高 屏 區	4月~5月 7月底~9月	一期作孕穗末期至乳熟期 二期作分蘖盛期至糊熟期

* 由若蟲高峯期來判斷。



圖六 褐飛蝨若蟲密度 (為害兩週) 與臺南 5 號水稻減產的關係。為害時期分別為(A)分蘖期; (B)孕穗期及(C)乳熟期⁽¹⁹⁾。

由圖六可知，水稻在孕穗期受害則損失最重，次為分蘗期，再次為乳熟期。而這些方程式是將來損失估計的基本資料，由於資料仍在累積中，關於其 ET 值的推斷，目前暫不下定論。但從本省過去從事水稻保護人員的經驗及初步研究結果來猜測，大約在乳熟期以前平均每叢 10 隻老齡若蟲及成蟲為其 ET；乳熟期以後則可提高到 20 隻若蟲（甚或更高）⁽¹²⁾。相信 ET 的確立必可大大減少不必要的用藥。

3. 以嚴密田間調查協助決定防治之需要性

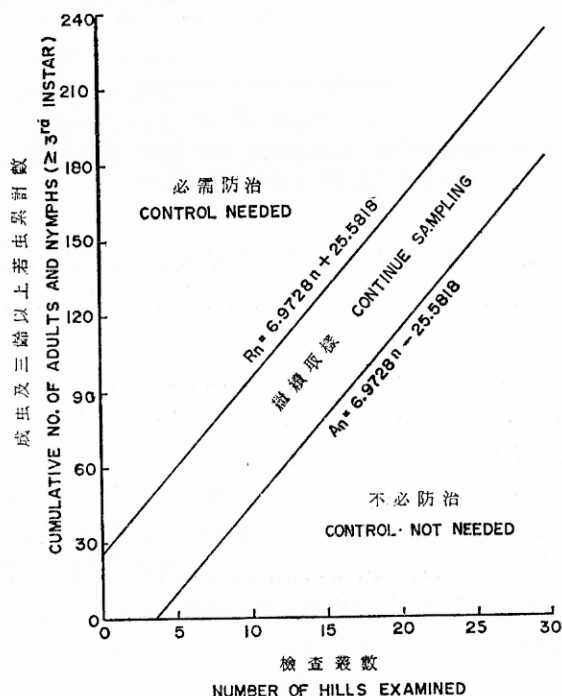
取樣方法是棲羣動態研究及害蟲管理執行的必備條件。本省褐飛蝨田間取樣調查，以每叢水稻為樣品單位，但在不同密度時由於精確度 (Precision) 之要求不同，其所需的取樣數可參考表三⁽¹²⁾。

表三 本省水稻褐飛蝨田間棲羣密度估計所需取樣叢數⁽¹²⁾

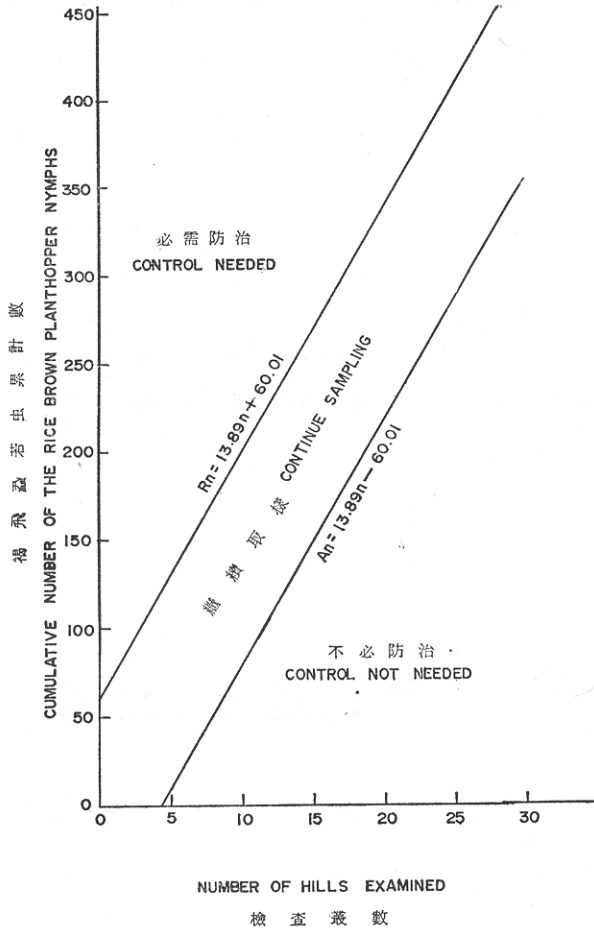
平均密度* (隻/叢)	要 求 精 確 度**		
	0.10	0.20	0.30
0.1	1,100	275	125
0.5	300	75	35
1	200	50	25
5	120	30	15
10	110	30	15
50	100	25	10
100	100	25	10

* 由初步概略抽查可知。

** 精確度 = 標準誤差 (S. E.) / 平均 (\bar{X})。



圖七 順序取樣判斷必需防治（即平均每叢 ≥ 10 隻成蟲及三齡以上若蟲）或不必要防治（每叢 ≤ 5 隻）的兩條決定線（適用於水稻乳熟期以前）⁽¹²⁾。



圖八 順序取樣判斷必需防治（即平均每叢 ≥ 20 若蟲）或不必防治（每叢 ≤ 10 若蟲）的兩條決定線（適用於水稻乳熟期以後）⁽¹²⁾。

表中 0.10~0.20 精確度是從事深入研究（如其棲羣動態）所應符合的標準，而 0.20~0.30 之水準即可符合一般推廣試驗或田間監視之要求。此項研究可改進田間估計之可靠性，並使預測員之取樣方法有所依據。

再者，鑑於順序取樣法 (Sequential sampling) 比一般取樣法可節省一半以上的人力與時間⁽⁵⁾，筆者根據前述暫定的 ET 值導出本省褐飛蝨田間順序取樣法⁽¹²⁾，其結果如圖七及圖八。

圖七適用於乳熟期以前，圖八則乳熟期以後。當逐次取樣累計的蟲數達到必需防治的迴歸直線（上限）以上時，則取樣即可停止而決定必需防治；同理落於不必防治區則停止取樣並決定暫時不必防治。但若累計數落在繼續取樣區（不確定區），則應繼續取樣直到能下達決定為止。通常當密度很高或很低時比較快而容易下決定，當密度中等時則往往要相對地取較多樣品之後才能作決定。

然而在田間執行時，參考直線圖來下決定不如參照數值表來得方便而明確，所以亦可把圖七及圖八相應地以數值來表達到，如表四及表五所示。

4. 施藥法之改進

在施藥方法的改進方面，最近的研究認為早期的一次根際施藥，配合孕穗末期至齊穗期另一次施用粒劑可得到最佳效果⁽¹¹⁾。關於此方面有待繼續探討。

表四 水稻乳熟期以前決定褐飛蝨防治需要性之順序取樣表 (計數老齡若蟲及成蟲數)⁽¹²⁾

樣 號	隻 / 叢	累 計 蟲 數	不 防 治	防 治
1			0	32
2			0	39
3			0	46
4			2	53
5			9	60
6			16	67
7			23	74
8			30	81
9			37	88
10			44	95
11			51	102
12			58	109
13			65	116
14			72	123
15			79	130
16			86	137
17			93	144
18			100	151
19			107	158
20			114	165
21			121	172
22			128	179
23			135	186
24			142	193
25			149	200

表五 水稻乳熟期以後決定褐飛蝨防治需要性之順序取樣表 (計數老齡若蟲數)⁽¹²⁾

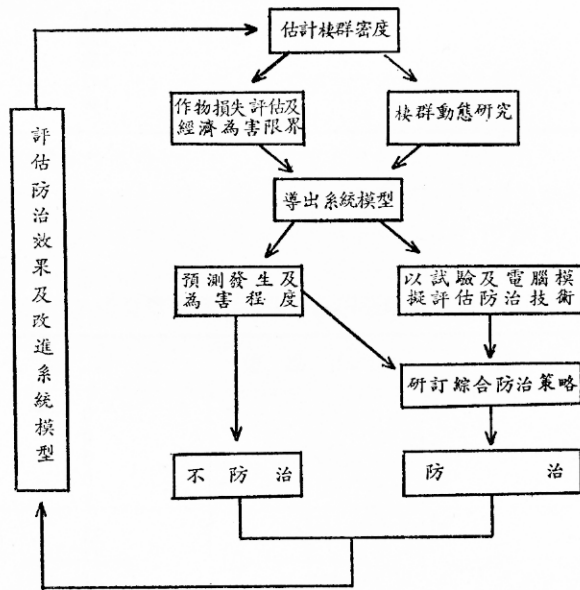
樣 號	隻 / 叢	累 計 蟲 數	不 防 治	防 治
1			0	74
2			0	88
3			0	102
4			0	116
5			9	129
6			23	143
7			37	157
8			51	171
9			65	185
10			79	199
11			93	213
12			107	227
13			121	241
14			134	254
15			148	268
16			162	282
17			176	296
18			190	310
19			204	324
20			218	338
21			232	352
22			246	366
23			259	379
24			273	393
25			287	407

(三) 加強棲所管理 (Habitat management)/改進耕作方法

一般而言，複雜的耕作制度（如插秧期的極端不一致及一年多期作），提供褐飛蝨經常不斷豐裕而適合棲羣成長的有利條件，因而導致褐飛蝨嚴重為害⁽²³⁾。在臺灣晚植的二期稻田往往由於鄰近水稻收割，大量飛蝨四處分散而侵入，而在水稻後期蒙受慘劇的損害。所以如何調整耕作時期使趨於一致及採用區域共同防治，是將來亟待改進的事項。再者，消除殘株或再生稻，或找尋飛蝨冬季水稻休閑期的過冬寄主並設法清除，也是防治本蟲很可行的方法。而且每年二期作發生嚴重之區域，應鼓勵種植抗性品系或試行輪作以切斷蟲源。再者，避免密植、促進通風、少施氮肥均可造成不利飛蝨繁殖的條件⁽⁹⁾。

四、結 語

褐飛蝨棲羣管理的成敗關鍵繫於吾人對其生態認識的深淺。Iwao (1971) 曾提出發展一完善蟲害管理體系可以遵循的研究途徑（圖九）⁽²⁰⁾，堪值吾人參考。圖中除了指出前述的基礎研究項目外，還特別強調電腦在蟲害管理中所扮演的角色：綜合基本研究資料成爲一完整的系統，經分析或模擬 (Simulation) 瞭解系統的行為以爲預測的基礎，並進而策劃最適當 (Optimal) 的防治策略。



圖九 發展蟲害管理系統的生態研究途徑⁽²⁰⁾。

本文在結束之前所要特別強調的是，關於褐飛蝨棲羣生態的研究，吾人除了繼續以旁觀者的立場「觀察大自然表演」外（如以不施藥或甚少人爲干擾的自然棲羣爲研究對象），今後應更積極地採取主動「向自然發問」，以便深入瞭解自然的真象。亦即，吾人應更加強田間的實驗生態，把人爲的管理因子加諸於觀察體系中，再探討害蟲棲羣動態。唯有採取實驗生態的研究方式，才能加速解決實際的田間蟲害問題。

再者，蟲害問題是一個不斷變動的問題，蟲害管理是永無休止的活動，所以任何綜合防治體系亦需考慮因應措施，隨著時代的進展不斷地加以適當的修改，才能順應「蟲」流。

誌謝：本文中作者的原始資料部份承國科會及農復會經費補助；本中心昆蟲組研究助理程建中先生協助圖表之製作，謹此一併致謝。

五、引用文獻

1. 川原幸夫、桐谷奎治、笹波隆文. 1971. 防蟲科學 36: 121.
2. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠. 1975. 植保會刊 17: 424.
3. 邱瑞珍、鄭清煥. 1976. 植保會刊 18: 254.
4. 洪汝煌、田春門. 1973. 臺灣農業 9(1): 68.
5. 陳秋男. 1975. 科學農業 23(7-8): 317.
6. 陳秋男. 1975. 植保會刊 17: 21.
7. 陳秋男. 1977. 作物有害生物監視研討會報告書 (未發表).
8. 陳秋男. 1978. 科學與技術 1(9): 93.
9. 陳秋男. 1978. 水稻褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stål) 之生態 (送農復會編印中).
10. 鄭清煥. 1975. 植保會刊 17: 81.
11. 鄭清煥、劉達修、邱明德. 1977. 臺灣農業 13(2): 99.
12. CHEN, C. N. 1977. Guidelines on rice crop surveillance methods for Arthropod pests (East-West Food Institute Workshop paper).
13. CHEN, C. N. and C. C. CHENG. 1978. (In preparation).
14. CHENG C. H. 1977. ASPAC, The Rice Brown Planthopper p. 214.
15. CHENG, C. H. 1977. Paper for 3rd Inter-congress Pacific Sci. Assn.
16. CHIANG, H. C. 1973. FAO Plant Protec. Bull. 21: 30.
17. CHIANG, H. C. 1976. Ibid. 24: 8.
18. GONZALEZ, D. 1970. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control Habitat Manage. 2: 83.
19. HEADLEY, J. C. 1972. In: U. S. NAS Pest Control Strategies for the Future. p. 100.
20. KIRITANI, K. 1972. Rev. Plant Protec. Res. 5: 76.
21. KIRITANI, K. 1976. Proc. XV Internl. Congr. Entomol. (Washington, D. C.): 591.
22. KOGAN, M. 1975. In: R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (eds.) Introduction to insect pest management. pp. 103-146. John Wiley and Sons.
23. MAC QUILLAN, M. J. 1974. Agro-Ecosystems 1: 339.
24. MAY, R. M. 1974. Proc. 1st Internl. Congr. Ecol.: 67.
25. MAY, R. M. 1975. Nature 257: 737.
26. MAY, R. M. 1976. Ibid. 264: 211.
27. MAY, R. M. 1977. Ibid. 269: 471.
28. METCALF, R. L. 1972. Proc. national extension insect pest management workshop (Prudue Univ.) pp. 74-97.
29. NAGATA, T., Y. MAEDA, S. MORIYA and R. KISIMOTO. 1973. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 17: 71.
30. National Academy of Sciences (U. S. A.) 1969. Insect Pest management and Control. Publ. 1695. Washington, D. C. 508 pp.
31. NISHIDA, T. 1975. In: Proc. Pest Mgt. Seminar Agr. Administrators (East-West Food Institute) pp. 33.
32. ORIAN, G. H. 1974. Proc. 1st Internl. Congr. Ecol.: 6465.
33. PAINTER, R. H. 1951. Insect resistance in crop plant. New York, Macmillan Co., 520 pp.
34. PAINTER, R. H. 1958. Ann. Rev. Entomol. 3: 267.
35. PIANKA, E. R. 1970. Amer. Nat. 104: 592.
36. SMITH, R. F. and H. T. REYNOLDS. 1966. Proc. FAO Symp. Integrated Pest Control 1: 11.
37. SOUTHWOOD, T. R. E. 1977. Amer. Scient. 65: 30.
38. SOUTHWOOD, T. R. E. and H. N. COMINS. 1976. J. Anim. Ecol. 45: 949.
39. SOUTHWOOD, T. R. E. and M. J. WAY. 1970. In: R. L. Rabb and F. E. Guthrie (eds.) Concepts of Pest management. North Carolina Sta. Univ. p. 6.
40. STERN, V. M. 1966. Proc. FAO Symp. Integrated Pest Control. 2: 41.
41. STERN, V. M. 1973. Ann. Rev. Entomol. 18: 259.
42. STERN, V. M., R. F. SMITH, R. VAN DEN BOSCH and K. S. HAGEN. 1959. Hilgardia 29: 81.
43. TAKAHASHI, Y. and K. KIRITANI. 1973. Appl. Ent. Zool. 8: 220.
44. VAN EMDEN, H. F. and G. F. WILLIAMS. 1974. Ann. Rev. Entomol. 19: 455.
45. WATERS, W. E. 1971. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control Habitat Manage. 3: 141.
46. YEN, D. F. and C. N. CHEN. 1977. In: ASPAC, The Rice Brown Planthopper. pp. 162-169.