水稻害蟲防治之省思

鄭清煥[1*]、黃守宏[1]

[1]嘉義市 農業試驗所嘉義分所植物保護系

摘 要

鄭清煥、黃守宏. 2009. 水稻害蟲防治之省思. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 65-82 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

病原、寄主及環境被視爲植物病害三角，這一理論亦適用於蟲害的發生。許多病、蟲害之病原或蟲原均與田間衛生有密切關係，而寄主作物的品種及其耕作方式則不僅影響寄主作物對病害或蟲害的抗性（或容忍性）、營養及棲息環境的微氣候，因此除自然氣候環境是無法人爲左右外，其他均可藉人爲之操作改善。在水稻蟲害方面，田間衛生主要指收穫後稻稿及稻樁的處理，翻土曝曬及田邊雜草與中間寄主的剷除等。此等措施可促使許多害蟲，如二化螟、三化螟及黑尾葉蟬等之發生明顯式微。另一方面，由於水稻主要害蟲大多爲喜愛潮濕微氣候的環境，半矮性、穗數型水稻品種，生長在密植、重肥及湛水的情況下，不但能提供潮濕環境吸引害蟲前往棲息，並可提供豐富的營養，促進害蟲快速增殖，而導致若干以海外遷入爲主要蟲源之害蟲，如褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟蟲等之嚴重發生。是故改變栽植稻種或栽培及管理方式，應有有助於「防」蟲之猖獗發生。此外，在「治」蟲方面，無論單獨採用生物防治或藥劑防治均有其極限，若能以病、害蟲之生態爲依據，調整施藥方法及時期，使天敵族群得能增長發揮其效能，協同達到經濟治蟲的效果。最後吾人需體認〝水稻有害生物綜合管理〞是〝水稻綜合管理系統〞之一小系統，在水稻管理系統內之諸小系統之間需有更多聯繫整合，才能整併出一套符合促進水稻生產價值，而非僅是產量的追求。

（關鍵詞：水稻、害蟲、管理、預防）

*通訊作者。E-mail: chcheng@dns.caes.gov.tw

前　言

水稻是國人主要糧食作物，並兼具安定社會民生、維持農村景觀、環境生態以及地上與地下水之貯存等功能。在水稻生長過程，可遭受多種病、蟲、草危害，而導致農業損失，其中以遭受蟲害之損失爲最大；按 1973 至 1975 年在台灣西部之北、中、南 6 地區之農民田調查，在無防治情況下，一期作稻穀損失平均達 15.4%，二期稻爲 29.9%[33]；不除草之稻田產量損失在直播稻及移植稻分別可達 16%及 62%[38]；而病害對稻穀產量之損失變異甚大，估計每年損失平均達 6%左右[49]。但事實上，水稻主要病、蟲、草害之發生種類及發生危害之嚴重性，常隨稻品種、耕作制度及田間管理而有很大變異。病原、寄主及環境被稱爲病三角，其實這些因子亦適合於蟲害與草害。本文僅就此等因子對水稻害蟲發生之影響，就個人之體驗略加申述，或許對來日應用有所助益。

水稻害蟲的來源

喜歡在水稻上棲息及危害的主要害蟲，大多數屬於喜愛潮濕環境的害蟲、亦即所謂半水生昆蟲類 (semiaquatic insects)[48]。此類昆蟲除螟蟲類在稻桿內越冬外，其他害蟲如黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps* (Uhler))、椿象類、鐵甲蟲 (*Dicladispa armigera* (Oliver))、白背飛蝨 (*Sogatella furcifera* (Horváth))、斑飛蝨 (*Laodelphax striatella* (Fallen))、瘤野螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée)) 等大多在水溝兩岸或田埂雜草上越冬，越冬蟲就成爲第一期稻的蟲源。然而在過去 10~20 年來稻田灌溉溝渠及田埂大多水泥化，已少能成爲越冬害蟲棲地，但取而代之的是休耕稻田或於冬作禾本科作物，如玉米、高粱、小麥及筊白筍等地區，則可提供該等害蟲之越冬棲地，其附近發生情況可能高於其他地區。二化螟蟲 (*Chilo suppressalis* (Walker)) 因最後一代之幼蟲約有三分之二在稻稿越冬，三分之一在稻椿越冬[3]；至於三化螟 (*Scirpophaga incertulas* Walker) 則有 90%以上幼蟲在稻椿地面下基部第一節中越冬[18, 20]，在稻田作業機械化後，不再堆積稻稿供作耕牛飼料，收穫後的稻稿不是被焚燒就是被收穫機切成片段晒乾，並於曳引機翻土耕作時攪入土中當基肥。因此，除若干地區於冬季裡作尚利用稻稿鋪置於畦面種植園藝作物外，很少有機會讓二化螟或三化螟再行猖獗發生。綜觀上述，本土害蟲在已往曾被列爲主要害蟲者，如黑尾葉蟬、黑椿象、鐵甲蟲、二化螟及三化螟等之發生均已逐漸式微，此與耕作環境改變而破壞其越冬場所，有很大的關連。

近年來水稻害蟲以褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stål))、白背飛蝨及瘤野螟最爲重要。以台灣冬季溫度（在中部地區 1–2 月，月均溫約在 15–18℃間），若有適當寄主植

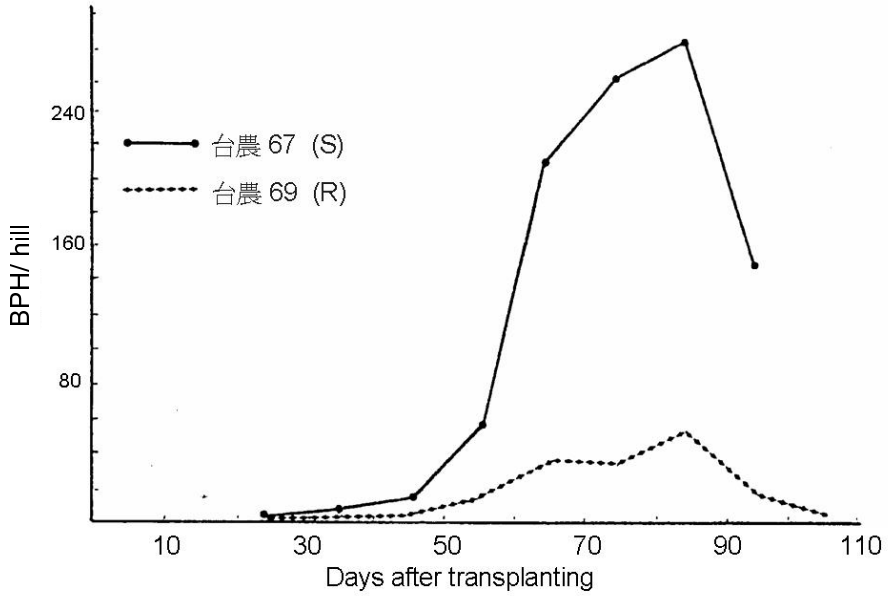
物可供取食，三種害蟲均應可順利越冬。但是在中南部冬季乾燥少雨，且大部分稻田於二期作收穫後即使用曳引機翻土曝曬或種植短期蔬果，田間少有再生稻供其維生。有時雖然可在大排水溝堤岸上的雜草上，發現被瘤野螟幼蟲危害的葉片，但尚未能發現有存活的幼蟲或蛹體，推測其密度應該甚低。在一期稻，一般於水稻移植後至 4 月間，在田間很難發現上述三種害蟲之幼蟲，但在 4 月下旬至 5 月間，其成蟲卻可斷斷續續地出現於誘蟲燈。經多年偵查，發現該等成蟲大多由海外遷入者，遷入蟲之出現與綜觀氣象條件，如鋒面或颱風等過境有密切關聯[37]，且遷入蟲之特性（如入侵害蟲的消長、生物小種以及抗藥性等）均與東亞地區該等害蟲之消長與特性的演變一致。此部分將成爲台灣稻蟲今後之研究重點，在本研討會中，由本文第二作黃守宏先生另文介紹。

影響水稻害蟲發生之環境因素

影響水稻害蟲發生豐度及產量之環境因素，可謂錯綜複雜，大體上可分爲物理因子和人爲環境因子兩大類，以及兩者之相互作用。另在物理因子方面，除如大氣溫度、暴風雨等無法爲人力所左右外，害蟲棲地之微氣候則可藉稻田管理方式調整。人爲環境因子方面，概括地又可分爲稻品種、水稻生長特性及肥、水管理方式，病、害蟲發生種類及防治效果等等。茲將各項因素之可能影響簡要介紹如下：

一、稻品種：

在過去傳統水稻被種植於田間，因受防治資材所限，經多年病、蟲之自然汰選，大多具若干程度之抗（耐）病、蟲特性；其後因合成殺蟲藥劑問世，水稻改良大多偏重產量與米質，對於病蟲問題則拋給植物保護人員，爲此抗病、抗蟲特性逐漸消失。其後，在東亞地區（含台灣）雖有抗褐飛蝨等害蟲水稻品種之育成並推廣農民栽植，對褐飛蝨族群之抑制效果相當明顯（圖一），但在大多數地區僅經 3~5 年之大面積栽培，就發生有害生物小種 (virulent biotype)，而使原本之抗蟲性崩潰[29, 42, 46]。可見抗蟲育種不能走捷徑，僅利用單主效抗蟲（病）基因，很容易被有害生物小種所適應而崩潰，而必須將兩個以上之抗性基因結合於同一品種，才能使抗性持久[44]。但此項工作工程浩大，在目前現實社會的情況下，不易引起相關人員的興趣。今欲利用不具抗蟲耐病品種於所謂的「有機栽培」，風險之大不言可喻。此外，栽培品種之改變，亦常導致不同種類害蟲發生更迭，如穗重型（或莖粗型）水稻易遭受二化螟蟲危害；而雜交稻易引起白背飛蝨的大發生[14, 30]



圖一、褐飛蝨在中等抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較

Fig 1. Comparison between the population of lBPH on resistant (TN 69) and susceptible (TN67) varieties.

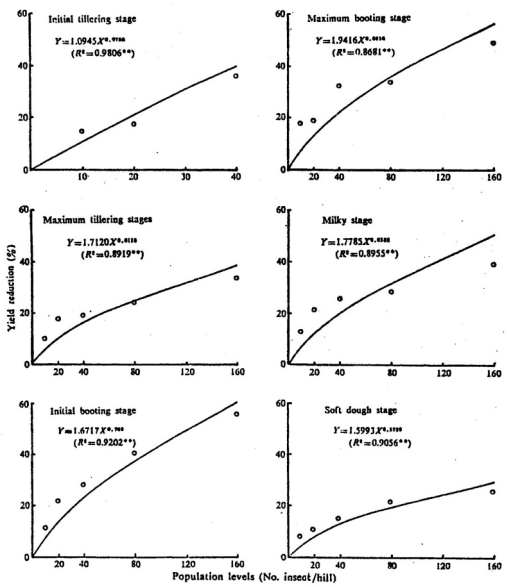
二、水稻各生長期對蟲害之容忍程度

水稻的一生一般可分營養生長期 (vegetative phase)（由萌芽至分蘗終止期）、繁殖生長期 (reproductive phase)（由幼穗分化至開花期）及成熟期 (ripening phase)（由開花受孕至種子黃熟期）等三期。通常稻穀產量由單位面積穗數、每穗充實穀粒數及千粒重所構成；單位面積穗數決定於營養生長期，而每穗粒數及千粒重則分別決定於繁殖生長期及成熟期[51]。

水稻在營養生長期是爲水稻最活躍時期，每叢稻之分蘗數、株高與葉片數以及稻株重量均快速增長，直至最高分蘗終止期。其後無效分蘗枝可能枯萎死亡，每叢分蘗枝數稍降，但植株因節間伸長而增長，株重亦持續增加；接著進入營養生長期，稻穗於稻桿最上一節之葉鞘內開始分化、成長而膨脹，稱爲孕穗期，然後稻穗由最上節之葉鞘中抽出，謂之抽穗期；接著開花授粉，穀粒開始發育而進入水稻成熟期，其間按穀粒之發育程度又分爲乳熟期、糊熟期、黃熟期及完熟期等。由移植至分蘗終止期在夏季約歷時 6–7 週，繁殖生長期歷時 4 週左右，成熟期亦約 4 週左右[51]。

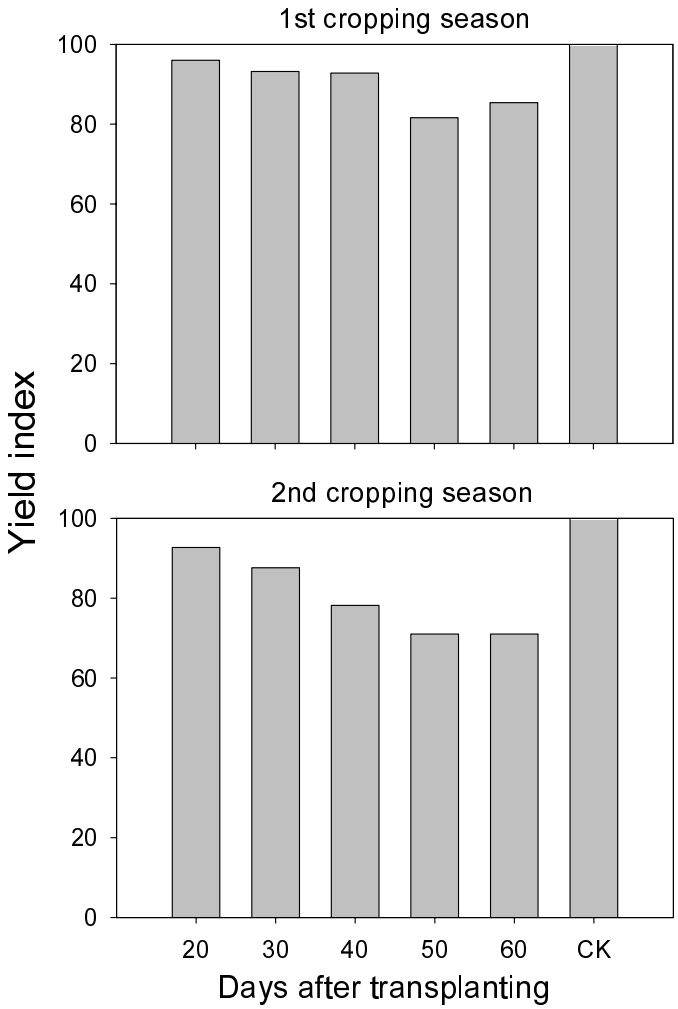
在水稻生長過程中，任何一生長期遭受蟲害，因破壞其組織及掠奪其養分，均可影響水稻之生長與稻穀產量。但由過去許多試驗，可發現水稻在不同生長時期對稻蟲具不同之誘引力，且對害蟲之容忍程度亦有很大差異。首先就水稻不同生長期對害蟲

之誘引程度而言，在水稻分蘗期前及抽穗期後無論對咀嚼式口器昆蟲（如瘤野螟、鐵甲蟲等）或刺吸式口器昆蟲（如褐飛蝨、白背飛蝨等）之誘引力均較其他時期爲低[6, 21]。不同生長期水稻遭受危害對產量之影響，許多報告研究褐飛蝨對水稻之危害顯示，以分蘗初期遭受危害之容忍程度最差，其次依序爲幼穗分化、孕穗、乳熟、糊熟、分蘗盛期及完熟期[33, 34, 41]。但實際上，在田間於水稻分蘗初期褐飛蝨發生密度尚頗低，不至於構成災害，因此影響產量最大的生長期應由幼穗分化期至乳熟期（圖二），在這其中若遭受危害將可導致極顯著的損失；糊熟期以後再遭受危害，損失明顯下降。遭受咀嚼式口器昆蟲取食葉片或剪葉試驗，結果顯示水稻在分蘗期葉片被剪除 20-30%，稻穀產量略爲下降，但與以後剪除者產量並無顯著差異；然而在孕穗期至乳熟期剪除 5-20%的葉片，均可使水稻產量明顯下降（圖三），可能因在分蘗期剪葉，具有較強的補償作用，而在孕穗期後，葉片停止生長，失去補償生理基礎，故爲受害的敏感時期[13, 31]；瘤野螟及其他嚙食葉片之害蟲通常最喜歡危害稻株上部較嫩之三片葉，而該三片葉被剪對稻穀產量之影響，同樣在孕穗期初剪除之損失(7.5%)，明顯地高於分蘗期(4.8%)[11, 26]。



圖二、盆栽台南 5 號水稻遭受褐飛蝨不同棲群密度爲害(X)與稻谷損失率(Y)之相關

Fig. 2. Relationship between the BPH population levels (X) and percentage of yield reduction (Y) of Tainan 5 in potted cultural conditions.



圖三、水稻不同生育期切除 30%葉片對產量之影響（福田，1937）。

Fig 3. The effect of pruning 30% of leaves at different stage of rice on the grain yield production.

研究測定稻葉遭受瘤野螟幼蟲危害後的光合強度，顯示下降幅度與被害葉之葉位、被害程度及被害後之時間呈密切關係[23]；受害程度愈重，光合強度下降愈大；劍葉受害，光合程度下降幅度比最後第二或第三葉片被害之下降幅度爲大。但測定劍葉被害後，最後二片葉片的葉面積、葉綠素含量、光合程度及呼吸強度均明顯增強，對劍葉被害具一定程度的補償效應[9, 23]。同樣現象亦發現於水稻遭受螟蟲類的危害，在分蘗期被害枯心率達 10%左右，稻穀產量損失只達 3.2%，但在孕穗期後稻莖被害補償機制大幅下降，當白穗率達 2–3%時，即可使稻穀損失達 5%左右[39]。

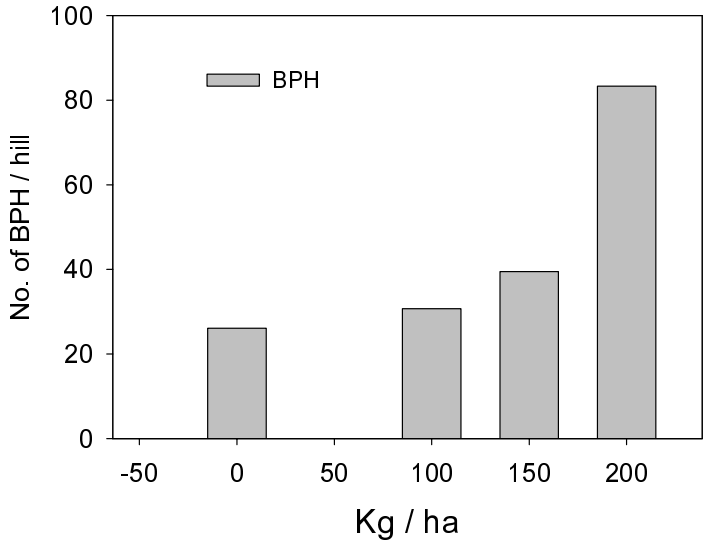
三、水稻種植行株距

水稻種植的行、株距隨時代而有變動，日據時期爲 24×24 或 24×27 cm，台灣光復後，於 1950 年代後因種植高產品種（穗重型），實施深耕、多肥及分施，多採密植，行、株距一般在 22.5×21 cm、24×15 cm 或 25×20 cm 不等；1970 年代改用機械插秧，行、株距改爲 30×16 cm 或 28×16 cm 之寬行密植方式[25]。由於危害水稻之重要害蟲和重要病害如稻熱病 (*Pyricularia oryzae* Cavara)、紋枯病 (*Rhizoctonia solani* J. G. Hühn) 及白葉枯病 (*Xanthomonas campestris* pv. *Oryzae* (Ishiyama) Dye 1978) 等，均喜愛潮濕環境下發生[48, 24]，密植、多肥及湛水均爲構成該種微氣候條件之重要因素。讓稻田內通風良好，陽光可透入稻叢間，構成不潮濕環境，害蟲自然不喜歡在該種環境下棲息繁衍，就可降低遭受主要病、蟲害危害的風險。但降低栽植密度及低肥，稻穀單位面積產量可能較密植多肥者爲低，如何取得經濟上的平衡點，則需與農藝專家共同努力。

四、稻田之肥、水管理

1.肥料

化學肥料之使用對稻穀之增產效應最爲顯著，其中氮肥可促進水稻生長、增進株高及分蘗數，以及葉片及穀粒的大小與蛋白質含量[15, 16, 54]；磷肥則可誘導根的生長，促進植株快速生長及成熟，以及誘導開花及種子形成；而鉀肥則可增加水稻之生長活力，幫助根的發育及對病虫害的抵抗力，幫助植株蛋白質之生成，強化稻桿之硬度，誘導穀粒快速發育以及澱粉、醣及油脂的形成與轉移[51]。在三要素中，以氮肥對水稻之生產影響最爲明顯；但施用氮肥過多亦可使稻株產生大量揮發性物質，誘引多種害蟲前往危害[1, 12, 45]，且施肥後，嫩而養份高的寄主可增加害蟲的存活率、取食量、生長速度及繁殖量，而繁茂生長的稻田提供高溫高濕環境，亦極適合水稻害蟲棲息繁殖（圖四）[17, 32, 48]；過度施用氮肥亦使水稻容易感染稻熱病、紋枯病、小粒菌核病 (*Nakataea sigmoidea* (Cavara) Hara var. *sigmoidea*) 及白葉枯病等病害，以及水稻倒伏，而導致減產[24]。氮肥施用過多在水稻生育初期雖可因此增加葉面積指數 (LAI)，而增加光合效率，但到分蘗盛期後因葉片遮蔽效應增加，下位葉光合作用效率下降，但呼吸作用之消耗仍然存在，反使光合作用之產物的儲存下降，不利於稻穀產量[54]；更甚者穀粒含較高之蛋白質，亦影響米之食感品質[4, 5]。因此如何重新思考合理施肥量及施肥法，尤其是氮肥，使其使用除能適當地提高產量外，亦同時能考慮到對病、蟲害及環境的衝擊，才不致其招惹的一些後果，再花更大的力量去收拾，那並不合乎經濟原則。



圖四、施用不同氮肥對二期稻褐飛蝨第三世代棲群密度之影響（徐，1975）。

Fig 4. The effect of nitrogenous fertilizer on the population of the third generation of BPH in the second cropping rice.

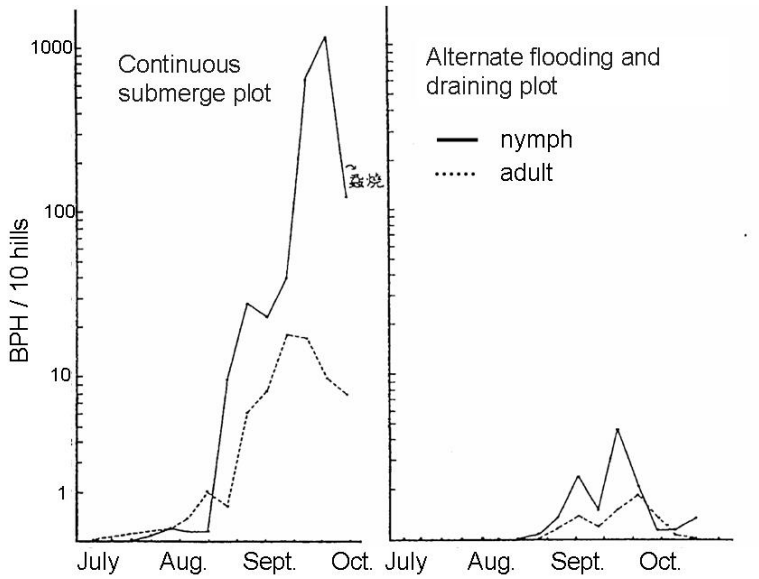
2.灌、排水管理

稻田之灌、排水方式在亞洲各地區並不完全相同，如於國際稻米研究所水稻終生生長於湛水狀態；在台灣則依先人經驗，日據時期以及台灣光復後之改進，已發展出一套適於這一地區稻田之灌排水管理方法，除於插秧後需淺水灌溉，在最高分蘖期（一期稻約 40 天，二期約爲 30 天）後排水曬田 10 天左右，其後自幼穗形成至花芽分化完成期（一期稻約植後於 60 天，二期約爲 40 天）和抽穗開花期（一期稻約植後 90 天，二期約爲 70 天）需深灌外，其他生長期則以採取輪流淺灌、曬田，可以排除有害物質，促進稻株之根部發育及植株生長和稻穀產量[7, 8, 25]。就害蟲管理立場而言，在水稻生育初期遷入蟲的數量是影響其後害蟲族群豐度的重要因素，若於插秧時保持水位 1~2 cm 左右，然後就讓稻田自然乾枯至土面微裂，再行交替淺灌與曬田，如此一方面可阻礙福壽螺 (*Pomacea canaliculata* (Lamarck)) 危害甫插秧之幼株水稻[28, 55]。另一方面，早期斷水亦可減少高溫致使土壤還原，產生對水稻發育之有毒氣體，並可促使稻根往下生長，增加往後對養分的吸收。最重要的是由於斷水曬田可降低田間濕度，且水稻分蘖稍晚，就可明顯地減少許多害蟲的遷入（表一），以及其後之族群增長[36]（圖五）。此種措施對降低害蟲遷入二期稻之效果甚爲明顯。

表一、直播稻田水份管理對害蟲族群之影響

Table 1. Effect of water management on the insect pest populations in direct-seeding rice, 2nd cropping season, Minshung, Chiayi.

Water management	Variety	The highest population density						
		BPH 100 hills	WBPH 20 swps	SBPH 20 swps	GLH 20 swps	ZLH 20 swps	Injuried leaf by LF (%)	Infested stem by SB (%)
1st cropping season								
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	-	-	27	12	-	0.3	1.2
	TK 8 (S)	-	-	43	16	-	0.3	1.4
Continuous submerge	TK 8 (S)	-	-	142	41	-	1.3	3.2
2nd cropping season								
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	19.6	2	13	21	1	6.3	0
	TK 8 (S)	34.2	1	19	23	1	6.9	0.14
Continuous submerge	TK 8 (S)	143.0	16	94	160	17	12.0	0.13



圖五、直播田淺灌晒田區及長期灌水區褐飛蝨族群之發生密度差異比較

Fig 5. Comparison between the populations of BPH in the continuous submerge and alternate flooding and drain fields.

五、病、蟲、草害管理

水稻與病原、害蟲、雜草都是稻田生態系裡的一員，相互間有競爭，也有依靠的作用。稻田及其四周生長的雜草，可能成爲水稻之病原、害蟲及害蟲之天敵的寄主植物及棲息場所。如田埂或田邊水溝禾本科雜草中，許多種類爲瘤野螟、黑尾葉蟬、白翅葉蟬 (Thaia rubiginosa (Motschulsky))、電光葉蟬、斑飛蝨、白背飛蝨、負泥蟲 (*Oulema oryzae* (Kuwayama))、稻苞蟲 (*Parnara guttata* Bremer et Grey)、稻薊馬 (*Stenchaetothrips biformis* (Bagnall))、長角麥蚜 (*Sitobion akobiae* Shinji) 及稻熱病、白葉枯病、黃萎病 (*Phytoplasma*)、黃葉病 (*Rice transitory yellowing virus*) 等之中間寄主，而黑尾葉蟬則可將黃葉病及黃萎病等病毒傳播至水稻。防除田埂或灌排水溝裡的雜草，雖可減少了部份害蟲或病原的中間寄主，但同時亦使害蟲天敵無棲身之地。因此在從事病、蟲、草害防治時，將所使用之防治策略，需盡可能地考慮對其他物種產生之副作用。但迄至目前，水稻保護與其他作物一樣，病、蟲、草害管理仍各吹各的調，三者間之交互作用如何，有待進一步究明，以利防治策略之整合。

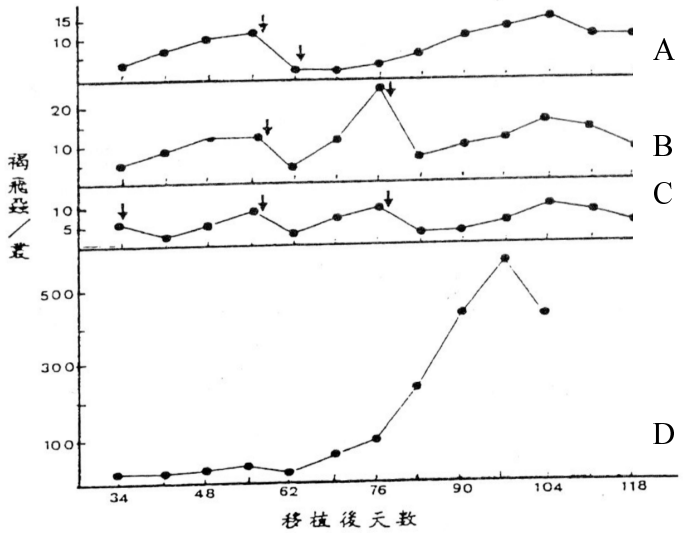
水稻害蟲防治在日據時期因藥劑防治資材之缺乏，著重於耕作及生物防治，效果有限[2]；1950 年後因合成化學殺蟲劑問世，並推陳出新，使用方法簡便、效果快速明確，廣受農民接受。但因過度使用後導致害蟲產生抗藥性 (resistance)、再猖獗 (resurgence, 藥劑處理區害蟲發生程度反較無處理區爲高之現象) 及殘留 (residue) 之毒害人畜及對環境造成衝擊等問題。因而有所謂害蟲綜合管理 (integrated pest management) 之倡議。該項管理策略是一種以生態爲基礎，以經濟爲目的的害蟲管理策略；主張利用各種環境（包括生物、物理環境）阻力，降低害蟲族群增殖，並隨時加以監視，於害蟲可能超越容許界限時，再採取必要之防治措施[22, 53]。雖然此一防治策略已提出 40 餘年，但世界上大多數國家仍然以藥劑防治爲主。主要理由包括下列幾點：

(1)藥劑資材取得容易，使用方法簡便，效果顯著。

(2)害蟲之經濟危害基準（或稱容許危害基準） (economic threshold) 是一種浮動的基準，受到水稻品種、各發育期對害蟲危害之容忍度、防治成本（資材及人工費用），稻穀收量及市場價格等因素之影響而變動，若有兩種以上害蟲同時發生，各種族群之比例如何，更難釐定；另一方面，測定一種害蟲或兩種以上害蟲危害對稻穀之損失，無論採用盆栽或田間小區接蟲，容易受其他生物或物理環境因子影響，必須設置重複，多次試驗驗證，頗爲費時費力；若採用害蟲達到某一基準始採取防治，在各地區（國內、外）有不同標準出現之現象。以往在水稻害蟲上，我們對各主要害蟲雖然各訂有經濟危害基準，但實際上很難於害蟲剛好達到該基準時採取防治[35]。

目前我們採取的策略是依據害蟲在特定地區多年的田間族群消長數據，發現主

要害蟲經常在水稻某一生長期，其族群密度最可能達到經濟危害基準，若於該時期沒防治處理，則下一世代就有可能遭受經濟危害。如褐飛蝨爲水稻主要害蟲，建議於孕穗期中徹底防治（藥劑處理 1-2 次，視藥劑種類及施藥方法而定），瓦解其族群增長，就可有效避免於水稻抽穗後遭受危害而造成經濟損失（圖六）[33]；其後陸續研究發現，白背飛蝨、斑飛蝨、黑尾葉蟬、瘤野螟及二化螟等，因族群增長模式或危害時期與褐飛蝨頗爲類似，於該時期選用適當藥劑併同防治，亦可獲得同樣避免水稻抽穗期後遭受嚴重危害之效果。將來若能與水稻病害整合，只需在水稻某一、二個生長期保護，即可免於遭受經濟損失，將是最大的期望。



圖六、於不同時期施藥處理對褐飛蝨族群之抑制效果

Fig 6. Effect of timing application of insecticide on the population of brown planthopper.
A: Two sprays during the nymphal stage and 2nd generation with on interval of 7 days,
B: Spray at the maximum nymphal stage of the 2nd and 3rd generation,
C: Spray at the maxium nymphal stages of the 1st, 2nd and 3ed generations,
D: Untreated control.

(3)各地區害蟲發生種類不同，防治方法之選擇與整合需要因地制宜：

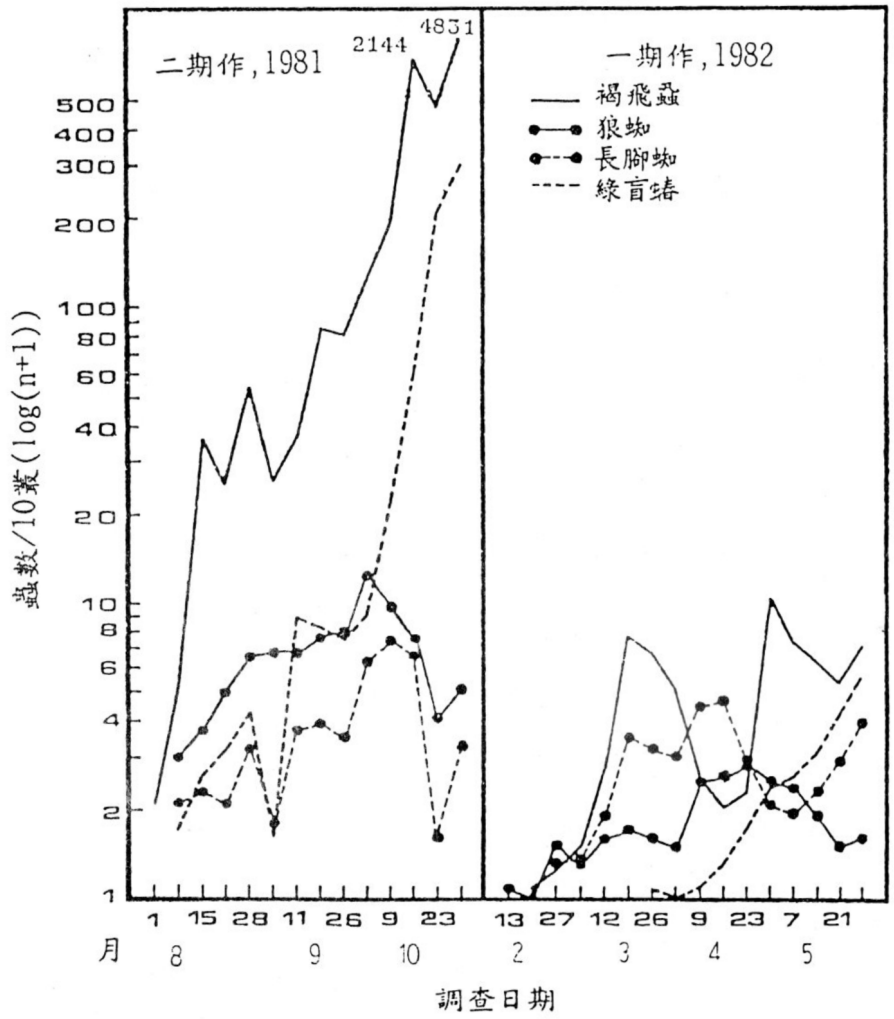
水稻主要害蟲發生種類及危害時期在台灣北、中、南及東部略有差異，直播稻、再生稻及正規稻亦稍有不同。如何選擇與整合不同防治方法於一體，有賴各地區研究推廣單位費神，才易於推廣農友實施應用。害蟲防治方法一般可分爲耕作防治法、生物防治法、物理防治法及藥劑防治等。各種防治法均有其優、缺點，如前面所述之耕作防治法，選擇稻種、調整行株距、肥水管理，以及收穫後之殘株管理等，均屬於此防治害蟲之「防」的措施。「防」的工夫做得好，也許可能影響產量或品質，但也可能因而使一種主要害蟲之發生爲之式微；如二化螟及三化螟之式微，部分固受使用藥劑

防治之結果，但主要原因應是受二期稻收穫後，稻稿及稻樁之處理，導致越冬蟲銳減所致；另外，如栽植抗褐飛蝨稻種，即使只有中等抗性，至少亦可減少 50%以上用藥頻率。

在「治」蟲方面，一般人都以生物防治爲首選，這是一種以生物相互制衡的策略，應是害蟲防治最高原則。在台灣已被紀錄之水稻害蟲天敵多達一百多種，其中三化螟、瘤野螟、褐飛蝨等各佔 20 餘種，種類相當豐富，若能好好保育利用，應可發揮相當程度的治蟲效果[10, 19, 42]。已有許多報告指出，天敵的確可阻礙害蟲族群的成長，如三化螟之卵被卵寄生蜂寄生率可達 48.3%至 60%[18]；褐飛蝨卵遭受寄生者可達 80%以上[10]；而瘤野螟卵被寄生者可達 52.9%[19]，然而由於天敵族群或寄生率經常是隨著害蟲族群密度而增加，當寄生率高峰出現時，水稻往往已遭受嚴重危害（圖七），顯示在水稻上單靠生物防治並無法達到經濟而有效地抑制害蟲危害的目的[42]。

此外，由於大部份寄生性或捕食性天敵在本能上受寄主專一性及尋找寄主能力之限制，即使在完全不使用農藥之日據時代，單靠天敵也是無法完全抑制害蟲的危害[2]。在目前於台灣許多稻田田埂及排水溝渠已被水泥化，於空田期，天敵很難找到棲地及食物，加以機械化耕作，增加天敵的死亡[47]，其種類及數量已大不如從前，若於水稻生育初期再噴佈殺蟲劑，將進一步降低天敵的存活空間。在這種情況下，期望利用天敵控制害蟲的可能性更加渺茫。但無論如何，害蟲天敵是自然界賜與人類珍貴的治蟲利器，善加保育並與其他治蟲方法配合運用，當能發揮一定程度之治蟲效果[52]。但現今情況下，若能在水泥田埂旁留 10cm 左右的土堤，或在稻田首尾留 1-1.5m 草地，作爲天敵在空田期的棲地，以豐富其族群，並在水稻移植後，於稻田施用一些腐植質，誘引中性昆蟲入侵，補充捕食性天敵的營養，或有可能壯大其族群；此外在水稻分蘗期中，若非絕對需要，不輕易使用殺蟲劑；如必須使用時，亦應盡量使用生物性殺蟲劑（如蘇力菌）或選擇性殺蟲劑，以免傷害天敵之增殖[48]。以耕作防治配合生物防治法於水稻害蟲防治，在現今鼓吹有機農業或永續農業之時，將更加受到重視。

其次在「治蟲」方面最常被應用的手段，就是殺蟲劑的使用。「殺蟲藥劑」廣泛地應包括所有能抑制、消滅、忌避或減少對作物、人類及家畜等有害昆蟲之物質，不管它是生物、礦物或爲有機合成化學物質。殺蟲劑廣受農民青睞，主要是治蟲效果快速，使用方法簡便。至於在大量使用後所引起的諸多副作用，可能與治蟲學者及使用者對稻作整體性之生態系統的知識缺乏或不足有關，以致無法判斷何時需要施藥？該選擇什麼藥劑？如何施用？才能治得了害蟲，而不致對環境構成重大衝擊[40]。事實上葯劑若能使用得當，不盲目濫用，它應是害蟲綜合防治體系中，不可或缺的重要資材[52]。



圖七、捕食性天敵之族群變動與褐飛蝨族群發生密度之關係

Fig 7. Effect of predatory spiders and mired-bug on the population of brown planthopper.

結　語

害蟲管理是作物有害生物管理 (integrated pest management，簡稱 IPM) 的一個子系統，除了害蟲外，另外還包括病害管理、草害管理及其他有害動物管理等子系統。目前這幾個子系統尚各自獨立運作，所使用措施有否相互牴觸，或可共同應用，有待協調整合成一個體系，才方便農民應用。但 IPM 是作物整合管理體系 (integrated crop management，簡稱 ICM) 的子系統之一，在 ICM 中同樣含有許多子系統，如品種、栽

培技術、肥、水管裡、有害生物管理等等，各個子系統間相互影響甚爲密切，而其目的均在追求作物生產的最大經濟價值，而非最高產量[27]。然而在水稻上，因各子系統之聯繫不足，往往各自站在自己系統的崗位上追求水稻之最高產量，致於其使用的措施所引起之副作用，如引起病害蟲的大發生，就留給有害生物管理系統去解決。問題是使用措施的增產價值，與解決由該措施所引起的問題之經濟價值是否平衡，則不得而知。稻作病蟲害與稻品種、種植密度、肥、水管裡、田間衛生及期作栽培期之整齊度等等息息相關。如在 1970 年代，由於東南亞大面積種植半矮性、對氮肥高感應之豐產稻種後，引起褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟等害蟲的大發生，而這些害蟲又具長距離遷移特性，致使整個東南亞及東亞地區的水稻均遭受其威脅；其後中國華南地區與越南大面積種植雜交稻，導致白背飛蝨的入侵量取代了褐飛蝨[6, 30, 43]；另一方面，在印尼則簡單地藉調整凌亂的栽植期，使地區之期作間有空田期，打破害蟲在鄰近的稻田遷移危害，而明顯地改善褐飛蝨在該地區的肆虐危害問題[50]，而在台灣則藉處理二期稻收穫後之稻稿及稻桿，降低了二化螟及三化螟的發生危害[35]。由此可見若在作物管理系統內各子系統間能多交流聯繫，並將不利於有害生物發生之環境因子，在不致明顯影響作物的收益情況下，盡量融入作物管理體系中，則可節省其後諸多「治」蟲的耗費了。

引用文獻

1. 小畑登紀夫、金武祚、高行植、深海浩。1981。水稻對稻飛蝨之誘引作用。日本應動昆 25: 47-51。（日文附英文摘要）
2. 朱耀沂、鄭清煥。1996。台灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38: 79-98。
3. 何火樹、劉達修。1970。台中地區水稻三化螟虫之生態研究。台灣農業 6: 7-14。
4. 宋勳。1980。施肥法影響水稻碾米品質之研究。台中區農業改良場研究彙報 3: 20-24。
5. 宋勳、洪梅珠、許愛娜 編。1991。台灣稻米品質之研究。台中區農業改良場特刊第 24 號。彰化。101 頁。
6. 那波邦彥。1991。在近年白背飛蝨之多發生傾向及其增殖方式。植物防疫 45: 41-45。（日文）
7. 林文龍、張學琨。1979。台中地區二期作增產之措施及其成效。台灣二期作稻低產及其解決方法研討會專輯，第 245-253 頁。謝順景、劉大江編。行政院國家科學委員會發行。台北。
8. 林文龍、侯福分。1986。稻作栽培法改進。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，

第 129-140 頁。黃正華先生農學獎學金基金會出版。台中。
9. 金德銳。1984。水稻對縱卷葉螟危害補償之測定。植物學報 11: 1-7。
10. 邱瑞珍。1978。水稻僞黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵。水稻病蟲害：生態與流行學，第 47-82 頁。邱人璋編。中國農村復興聯合委員會印。台北。
11. 馬巨法、胡國文。1992。中國水稻縱卷葉螟爲害損失和防治研究指標進展。中國稻縱卷葉螟的治理，第 18-23 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
12. 洪淑彬、朱耀沂。1992。肥料施用與作物害蟲防治之探討。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊，第 121-128 頁。中華植物保護學會編印。台中。
13. 胡國文、陳忠孝、劉光杰、馬巨法、潘群威。1992。雜交晚稻對人工剪葉的動態補償反應模型研究。中國稻縱卷葉螟的治理，第 95-100 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
14. 胡國文、唐健、馬巨法、宋松強。1990。四種雜交稻組合對白背飛蝨族群的影響。植物保護學報 17: 145-148。
15. 連深。1986。台灣稻作肥陪管理之發展。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，第 238-249 頁。黃正華先生農學獎學金基金會出版。台中。
16. 連深。1999。稻田之肥培及土壤管理改進。台灣稻作發展史，第 379-388 頁。張彩泉編。中華農藝學會、豐年社編印。台中。
17. 徐國勇。1975。施用不同氮肥量對褐飛蝨棲群密度之影響。台灣省政府農林廳所屬試驗研究機關技術人員 63 年度試驗研究報告摘要，第 181-182 頁。台灣省農林廳編。南投。
18. 素木得一。1919。在台灣之一點大螟蛾。台灣農試報 13: 228-233, 13: 292-302, 13: 362-367, 13: 409-415, 13: 488-492, 13: 554-560.（日文）
19. 陳健忠、邱瑞珍。1983。台灣水稻縱捲葉蟲天敵之調查。中華農業研究。32: 286-291。
20. 陶家驊。1966。台灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業 14: 273-288。
21. 深町三郎。1980。瘤野螟蛾之棲息場所及產卵。九州蟲害研究彙報 26: 93-126。（日文附英文摘要）
22. 深谷昌次、桐谷圭治。1977。總合防除。株式會社講談社出版。東京。415 頁。
23. 張俊平。1991。水稻對稻縱卷葉螟爲害的損失及生理補償效應分析。植物保護學報 12: 1-6。
24. 張義璋。2002。台灣水稻病害之綜合管理。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 39-60 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。

25. 張學琨。1999。台灣稻米移植栽培技術之演進。台灣稻作發展史，第 265-312 頁。張彩泉編。中華農藝學會、豐年社編印。台中。
26. 陸自強、沈國清。1992。稻縱卷葉螟爲害損失及經濟閥值的研究。中國稻縱卷葉螟的治理，第 34-38 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
27. 陳秋男。2002。有害生物管理的多層面思考。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 9-10 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。
28. 菖蒲信一郎。1996。福壽螺的生態及防治。植物防疫 50: 211-217。（日文）
29. 寒川一成。1993。褐飛蝨生物小種之變異及其季節遷移族群的遷出蟲源地之推測。植物防疫 47: 256-260。（日文）
30. 寒川一成。2001。中國雜交稻對害蟲之感受性。農業技術 56: 398-402。（日文）
31. 福田計。1937。水稻鐵甲蟲之調查。台灣總督府中央研究所農業部彙報 130: 1-24。（日文）
32. 鄭清煥。1971。施用氮肥對水稻抵抗褐飛蝨之影響。農業研究 20: 21-30。
33. 鄭清煥。1978。水稻褐飛蝨之防治。昆蟲生態與防治，第 95-112 頁。蘇仲卿、嚴奉琰、林飛棧編。中央研究院動物研究所印。台北。
34. 鄭清煥。1979。水稻褐飛蝨的經濟爲害水平之研究 II. 褐飛蝨棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7: 1103-1114。
35. 鄭清煥。1986。台灣稻作害蟲與防治。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，第 199-218 頁。黃正華先生農學獎學金基金會出版。台中。
36. 鄭清煥。2003。台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 11-38 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。
37. 鄭清煥、盧瑞良。1990。褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10: 301-324。
38. 蔣慕琰、呂理燊。1982。台灣稻田雜草及其危害。中華雜草學會刊 3: 18-46。
39. 劉達修。1977。台灣三化螟對水稻之危害觀察。科學月刊 5: 185-188。
40. 嚴奉瑛。1978。害蟲防治之生態觀。昆蟲生態與防治，第 123-130 頁。蘇仲卿、嚴奉琰、林飛棧編。中央研究院動物研究所印。台北。
41. Chen, C. N., and Cheng, C. C. 1978. The population levels of *Nilaparvata lugens* (Stål) in relation to the yield loss of rice. Pl. Prot. Bull. 20: 179-209.
42. Cheng, C. H. 1982. Studies on the integrated control of brown planthopper, *Nilaparvata*

lugens (*Stal*) in Taiwan. Thesis for Doctor of Agriculture, Tokyo University. 335 pp.

43. Dyck, V. A. and Thomas, B. 1979. The brown planthopper problem. pp. 1-17. *In*: Brown planthopper: threat to rice production in Asia. IRRI, Los Banõs, Philippines.
44. Heinrichs, E. A. 1994. Host plant resistance. pp.517-548. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
45. Murakata, K., Saito, S., Ogawa, T., and Ishii, S. 1959. Oryzanone, an attractant to the stem borer. Bull. Agric. Chem. Soc. Jpn. 23: 64-65.
46. IRRI. 1976. The International Rice Research Institute, Annual Report for 1975. IRRI, Los Banõs. Philippine.
47. Islan, Z., and Heong, K. L. 1999. Effect of tillage on arthropod predators of rice insect pests in irrigation rice, pp.198-208. *In*: D. X. Gu, C. Q. Zhou, and Y. Pang eds. Proceedings of the International Symposium on Integrated Pest Management in Rice-based Ecosystem, October 20-24, 1999. Guangzhou, China.
48. Litsinger, J. A. 1994. Cultural, mechanical, and physical control of rice insects. pp. 549-584. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
49. Lo, T. T. 1961. A brief report on the plant diseases and their control in Taiwan. JCRR, Plant Industry series 23: 1-52.
50. Oka, I. N. 1979. Cultural control of the brown planthopper. pp. 357-369. *In*: Brown planthopper: thread to rice production in Asia. IRRI, Los Banõs, Philippines.
51. Rice Information Cooperation Effort. 1967. Rice production manual. UPCA and IRRI, Los Banõs, Philippines.
52. Smith, C. M. 1994. Integration of rice insect control strategies and tactics. pp. 681-692. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
53. Smith, R. F., and Reynolds, H. T. 1966. Principles definitions and scope of integrated pest control. pp. 11-17 *In*: Proceeding of the FAO symposium on Integrated Pest Control. 11-15 Oct, 1966. Rome, Italy.
54. Tanaka, A., Kawano, K., and Yamaguchi, J. eds. 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. IRRI, Los Banõs, Philippines. 46 pp.
55. Wada, T., Ichinose, K., and Higuchi, H. 1999. Effect of drainage on damage to direct-sown rice by apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullaiidae). Appl. Entomol. Zool. 34: 356-370.

Abstract

Ching-Huan Cheng and Shou-Horng Huang. 2009. Reconsideration of the rice insect pests control in Taiwan. pp.65-82. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Department of Plant Protection, Chiayi Agriculture Experimental Station, ARI, Chiayi 600, Taiwan, ROC.)

Pathogenesis, host plant and environmental conditions have long been recognized as disease triangle, that concept is also adoptable to the insect pests. It was believed that abundance of pathogenesis and insect sources were highly correlated with the field's sanitation, while the cultivar, cultural practices might affect not only the plant tolerance (or resistance) to pests, but could also provide rich nutrition and suitable habitat to the pests. Therefore, it seems that most of factors affecting to the pest abundance can be changed to the conditions adverse to the pests to prevent the infestation. In case of rice insect pests, the infestation of rice stem borer (*Chilo suppressalis*), paddy borer (*Scirpophaga incertulas*) and the rice green leafhoppers (*Nephotettix cincticeps*) tending to negligible was considered due to the destruction of stubble, straw and weeds as soon as after harvest of the second cropping rice. Since the most major rice insect pests are semiaquatic insect, they prefer to inhabit in a highly moist conditions. Therefore, declining the microclimatic moisture through adjustment of cultural practices, such as lowering planting density, lowering fertilizer applications and adopting alternation of shallow flooding and dryness water management could be used to slowdown the population development, and accordingly the frequency of chemical application could be reduced. It is importance that these adjusted cultural practices should be also profitable to rice disease control but should not hamper the profit of rice production. Since the “integrated pest management” is one of branch system of the “integrated crop management”system, any change of a component in the system would affect to the function of other components. Therefore, strengthening the connection and consultation among branch systems, and uniting the branch systems to a practicable process for rice farmers is urgently needed.

(Key words: rice, insect pests, management, preventive)