

水稻黑尾葉蟬對常用藥劑之抗藥性現狀研究¹ II

古 德 業² 王 順 成³

(接受日期：民國67年1月27日)

摘要：本省防治黑尾葉蟬主要以化學藥劑為主，藥劑使用的種類及用量逐年增加，為明瞭黑尾葉蟬對常用藥劑產生抗藥性之實際變動情形，本中心農藥毒理乃於1975至1977年間就中部地區之田間採樣進行試驗，繼續偵測其對藥劑抗性發展趨勢。由三年來試驗比較結果，胺基甲酸鹽劑對黑尾葉蟬之 LC_{50} 值呈上升趨勢的計有 BPMC, Carbaryl, CPMC, Furadan 及 MIPC，而 LC_{50} 值呈遞減者有 Hokbal, Lannate 及 Uden。至於有機磷劑對黑尾葉蟬之 LC_{50} 值除 Malathion 呈顯著上升外，其餘藥劑之 LC_{50} 值則呈不規則波動；但如以 LC_{95} 值之變化作比較，顯示所有供試之有機磷劑在 1975 至 1977 年三年之測試期間其抗性均有上升傾向。由於黑尾葉蟬對有機磷劑及部分胺基甲酸鹽劑之抗性已有增加現象，因此本省田間常用於防治黑尾葉蟬藥劑之藥效務須重加慎重篩選。在供試胺基甲酸鹽劑中，雄性黑尾葉蟬除對 BPMC 及 Uden 較雌性黑尾葉蟬有較高忍受性外，雄蟲對其餘藥劑均較雌蟲為敏感，換言之，大部分胺基甲酸鹽系之藥劑在同樣使用濃度下，對雄蟲具有較高之毒性。此種差別同樣存在於有機磷劑（除 Orthene 外），雌個體對其他供試藥劑均較雄個體有較高劑量之忍受性。

前 言

1960年屏東地區首次發現嚴重的水稻黃葉病以後，多年來媒介該病之黑尾葉蟬日形猖獗，成為本省稻作主要害蟲之一，據1972年黃氏⁽⁷⁾調查本省黑尾葉蟬之媒介病毒所引起之稻作發病面積已由1967年的31,000公頃增至1971年的45,000公頃⁽⁷⁾，四年間為害面積增加之比例約在45%左右，所造成損失可謂相當嚴重，因此引起農民及政府對其防治之重視，幾年來施用了大量殺蟲藥劑防治此蟲，政府更推廣以空中噴藥方式，期能有效降低此蟲之棲羣密度，防止毒素病蔓延。然因殺蟲藥劑大量使用結果，致使本省之黑尾葉蟬已對有些藥劑發生抗藥性^(1,2)。稍早時，日本方面的研究亦曾指出黑尾葉蟬對大利松 (Diazinon)、馬拉松 (Malathion) 及甲基巴拉松 (Methyl-parathion) 已產生抗藥性^(11,13)。由於在日本有機磷劑對黑尾葉蟬之防治效果降低，導致逐漸以胺基甲酸鹽系劑取代，以防治葉蟬，到了1965年日本 Shizuoka 地區發現黑尾葉蟬對胺基甲酸鹽系之賽文 (Carbaryl) 產生抗藥性，就當時而言，情況還不嚴重，然至1969年，日本四國大部分地區⁽¹¹⁾ 因抗胺基甲酸鹽系之黑尾葉蟬大量發生，此等藥劑已不能有效控制該害蟲，正因抗藥性之黑尾葉蟬不斷在日本其他地區擴大，因此在日本各地對如何來對付黑尾葉蟬的抗藥性問題日益受到關切^(11,14,15,16)。

本省地處熱帶及亞熱帶，自然環境適宜黑尾葉蟬之滋生繁衍，加以大量施用殺蟲劑防治黑尾葉蟬，因此是否導致黑尾葉蟬於田間普遍發生抗藥性，宜做持續性全面調查。

於1969年方氏⁽⁶⁾曾就本省黑尾葉蟬以 r-BHC, Sevin 及 Malathion 處理，初步測試本省黑尾

1. 臺灣植物保護中心農藥毒理組研究報告第16號。本研究部分經費承農復會研究計劃 77-A11-A-2595 之補助，謹此誌謝。
2. 中國農村復興聯合委員會植物生產組技正。
3. 臺灣植物保護中心農藥毒理組研究助理。

葉蟬抗藥性情形，1975年據古、王氏等^(1,2,3,4)就本省中部地區之調查，以常用殺蟲藥劑測試對黑尾葉蟬之毒效與聯合國世界糧農組織之報告比較⁽¹⁾，發現本省中部地區之葉蟬對胺基甲酸鹽或有機磷系之藥劑，其 LD₅₀ 均較糧農組織高出數倍乃至數百倍之多^(1,2)。由於黑尾葉蟬對抗藥性之機制相當複雜^(9,17)，為瞭解以化學藥劑防治黑尾葉蟬在每年中發生抗藥性的趨勢變化以及逐年間抗藥性增加之幅度，做為今後防治此蟲用藥之參考，並尋求防治黑尾葉蟬更有效的對策，本實驗即以過去兩年之累積調查結果與本年(1977) 4—5月間，臺中地區採集測試結果做一比較，期進一步瞭解黑尾葉蟬對藥劑抗藥性之動態。

材料與方法

一、供試藥劑：

(A) 胺基甲酸鹽類：

1. BPMC, *o*-sec-Butylphenylmethylcarbamate, 95% 原體溶液。
2. Carbaryl, 1-Naphthyl-N-methylcarbamate, 85% 可濕性粉劑。
3. CPMC, *o*-Chlorophenyl-methylcarbamate, 95% 粉原體。
4. Ficam, 2,2-Dimethyl-1,3-benzodioxol-4-yl-N-methylcarbamate, 80% 可濕性粉劑。
5. Furadan, 2,3-Dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl-methylcarbamate, 75% 可濕性粉劑。
6. Hokbal, {2-sec-Butylphenyl-N-methylcarbamate, (32%)
2-tert-Butylphenyl-N-methylcarbamate, (8%)} 40% 乳劑。
7. Lannate, S-Methyl-N-[(methylcarbamoyl)-oxy]-thioacetimidate, 24% 溶液。
8. MIPC, 2-Isopropylphenyl-N-methylcarbamate, 20% 乳劑。
9. MTMC, *m*-Tolyl-N-methylcarbamate, 95% 粉原體。
10. Unden, *o*-Isopropoxyphenyl-N-methylcarbamate, 99% 粉原體。

(B) 有機磷系類：

1. Azodrin, Dimethylphosphate of 3-hydroxy-N-methyl-cis-Crotonamide, 55% 乳劑。
2. Bidrin, 3-(Dimethoxyphosphinyloxy)-N,N-dimethyl-cis-Crotonamide, 24% 乳劑。
3. Diazinon, 0,0-Diethyl-0-(2-isopropyl-6-methyl-4-pyrimidinyl)-phosphorothioate, 60% 乳劑。
4. Dimethoate, 0,0-Dimethyl-S-(N-methylcarbamoyl)phosphorodithioate, 50% 乳劑。
5. Disyston, 0,0-Diethyl-S-(2-ethylthio)-ethylphosphorodithioate, 50% 乳劑。
6. Ethyl-parathion, 0,0-Diethyl-0-p-nitrophenylthiophosphate, 47% 乳劑。
7. Kilval, 0,0-dimethyl-S-(methylcarbamoyl-ethylthioethyl)-phosphorothiolate, 40% 溶液。
8. Malathion, S-[1,2-Dicarboethoxyethyl]-0,0-dimethyl-phosphorodithioate, 50% 乳劑。
9. Methyl-parathion, 0,0-Dimethyl-0-p-nitrophenylthiophosphate, 50% 乳劑。
10. Orthene, 0,S-Dimethyl-N-acetylphosphoramidothioate, 75% 可溶性粉劑。

二、黑尾葉蟬之採集及藥劑處理：

黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps* Uhler) 採自本省中部地區之水稻田，携回溫室，稍經時日俟其適應後，再選雌或雄成蟲試驗。

所有供試藥劑除 Orthene 外，其餘均以丙酮 (Acetone) 作為溶劑 (供試 Orthene 為水溶性粉劑，不溶於有機溶劑)。藥劑先以丙酮配成 1% (W/V) 濃度之標準貯存溶液 (Stock Solution)，再依 1:1/2 之比例，參照1975年田間採樣所得之黑尾葉蟬對不同藥劑之 LC_{50} 值，依次稀釋成一系列之各種濃度稀釋液處理昆蟲，此外對照組除不加添藥劑外，其操作處理方法和實驗組相同。每組處理蟲數20~30隻，每種處理至少做三次以上重覆。

本實驗採用乾膜法 (Residue film) 處理昆蟲，應用此種藥劑處理方法，蟲體對藥劑之接觸與田間實際噴藥之情形類似，此等結果與田間試驗用藥較有直接關係。

試驗時將稻苗浸泡於預先調配好之各種適當濃度的供試藥液中，為使藥劑與水充分混合，在調配藥劑水溶液中酌量添加少量乳化劑 (Triton 114, 由美商羅門哈斯公司供給)。本試驗所使用之稻苗為臺南 5 號，稻苗株高約10公分左右。稻苗自栽培皿取出後，使其根部粘附少許泥土，並每五株稻苗為一束，以濕棉花包裹根部，再將每束稻苗倒浸於預先配好之藥劑溶液中，然後稍加旋轉，經30秒鐘後取出，將多餘之藥液滴盡，再置於觀察瓶中風乾，然後引入黑尾葉蟬，以紗布覆蓋瓶口並以橡皮筋縛緊，於24小時後觀察記錄其死亡率，再經統計分析求出各種藥劑對此種害蟲之半致死量 (LC_{50}) 值，並與聯合國糧農組織及已發表資料相互比較，以明瞭抗藥性發生趨勢^(12,19,20)。

結果與討論

一、推廣藥劑對1977年自田間採集之雌黑尾葉蟬的毒效值與死亡率迴歸線之關係 (Log dosage probit mortality line).

昆蟲對化學藥劑產生抗藥性，原因相當複雜，不僅與殺蟲劑使用之頻率、殺蟲劑本身之結構及藥劑對昆蟲之作用機制有關係，同時對同一藥劑使用次數及使用量等之選汰壓力 (Selection Pressure) 與昆蟲抗藥性之產生均有直接或間接之影響⁽¹³⁾。1959~1969 年間在日本曾於同一地區、季節及時期進行採集調查，發現在10年之間，黑尾葉蟬對有機磷劑及胺基甲酸鹽系之藥劑產生10倍至 100 倍之抗藥性，而且抗藥性之地區正逐漸擴大，使稻作之產量受到極大之威脅^(8,13)。臺灣之農業生態系 (Agroecosystem) 雖與日本迥然不同，但稻作密植制度及農藥使用情形，則與日本類似，加以本省氣候因子更適宜葉蟬之滋生繁衍，田間害蟲抗藥性之產生更應重視。自1975年筆者即著手調查黑尾葉蟬對本省推廣藥劑之毒效資料^(2,5)，及偵測田間黑尾葉蟬族群對藥劑毒性之反應情形。此項工作並於1976~1977繼續進行，以臺中附近相同地區所採集之雌性黑尾葉蟬建立1976、1977年田間此蟲對推廣藥劑之毒效值；由此毒效之變化趨勢，做為推斷黑尾葉蟬抗藥性變化之基礎資料。表一顯示1977年田間採集之黑尾葉蟬對推廣藥劑之 LC_{50} 值相互比較時，胺基甲酸鹽系藥劑的 LC_{50} 值由低而高依次為 BPMC (25 ppm), Lannate (31.6 ppm), Hokbal (32.4 ppm), MTMC (33.1 ppm), Furadan (38.5 ppm), Ficam (51.4 ppm), Uden (52.5 ppm), MIPC (83.2 ppm), Carbaryl (93.3 ppm), CPMC (240 ppm), 由此可知黑尾葉蟬對供試胺基甲酸鹽系之藥劑，其 LC_{50} 除 CPMC 濃度稍高外，其餘胺基甲酸鹽系之藥劑對黑尾葉蟬之 LC_{50} 值均在 100 ppm 下；若以1977年防治黑尾葉蟬之藥效觀點看，胺基甲酸鹽系藥劑在此低濃度下，大致仍可接受。但一種藥劑之優良與否除藥劑對害蟲之 LC_{50} 之測定外，更需考慮 LC_{95} 值及多年間害蟲對藥劑之毒效斜率變化，因此胺基甲酸鹽系藥劑若綜合 LC_{50} 及 LC_{95} 討論，黑尾葉蟬對 Carbaryl, CPMC, MIPC 之 LC_{50} 及 LC_{95} 值已較其他供試胺基甲酸鹽系藥劑為高。由於 Carbaryl, CPMC 及 MIPC 是本省較早引進之三種胺基甲酸鹽

系之藥劑⁽⁶⁾，長年累月之使用，是否因而導致葉蟬對這些藥劑已產生抗藥性，並且由於胺基甲酸鹽系之藥劑已廣泛使用，是否這些藥劑之間已引起交互抗性 (Cross resistance)⁽¹⁰⁾，目前正進一步探究中。表一中值得一提的 Ficam 藥劑，Ficam 為新引進之胺基甲酸鹽系藥劑，其對雌黑尾葉蟬之藥效屬中等 (LC₅₀ 為 51.4 ppm)，但此種藥劑之藥效期較長，在防治黑尾葉蟬之藥效及人畜安全上，有進一步田間應用試驗價值。表一及表二所列係有機磷系藥劑在1977年偵測對黑尾葉蟬藥效結果，綜合以 LC₅₀ 值及 LC₉₅ 值比較，知若以1977年為準，除 Azodrin, Bidrin, Diazinon, Orthene 其毒效值仍甚低外，其餘有機磷劑，如 Ethyl parathion, Methyl parathion, Dimethoate, Kilval, Malathion 及 Disyston 之 LC₅₀ 及 LC₉₅ 值均相當高；其中有部分之 LC₉₅ 值已接近或超過推廣濃度之上的，有 Ethyl parathion, Methyl parathion, Disyston 及 Malathion 等，因此推論在田間施藥防治時，此等藥劑之用量必須要比推廣濃度增加，方能發揮其藥效。由於有機磷劑在本省之使用時間較胺基甲酸鹽系為早，因此田間黑尾葉蟬對有機磷劑產生高幅度之抗藥性 (或交互抗藥性)

表一、1977年間水稻黑尾葉蟬對推廣藥劑之毒效
Table 1. Status of insecticidal toxicity for green rice leafhopper in 1977.*

藥劑種類 Insecticides	半致死量 LC ₅₀ (ppm)	半致死量信賴限界 Confidence limit for LC ₅₀ (ppm)		95%致死量 LC ₉₅ (ppm)	斜率 Slope
		Lower	Upper		
BPMC	25.0	22.6	27.5	78	3.50
Carbaryl	93.3	79.6	110.8	490	2.37
CPMC	240.0	204.2	263.0	940	2.70
Ficam	51.4	45.9	57.6	170	3.15
Furadan	38.5	33.4	44.1	160	2.61
Hokbal	32.4	29.5	35.5	130	2.84
Lannate	31.6	27.5	36.3	115	3.11
MIPC	83.2	55.0	125.9	1400	1.21
MTMC	33.11	28.8	38.0	160	2.38
Unden	52.5	47.9	57.5	120	4.57
Azodrin	7.5	6.3	9.2	150	1.25
Bidrin	24.5	22.8	26.3	96	2.57
Diazinon	37.2	31.1	42.7	160	2.59
Dimethoate	173.8	151.4	199.5	880	2.42
Disyston	560	449.2	676.1	1750	3.27
Ethyl parathion	841.2	6969.3	10153.4	40000	2.52
Kilval	112	99.5	126.5	540	2.41
Malathion	274.2	246.9	304.4	1000	2.74
Methyl parathion	7673.6	6573.6	8865.8	52000	1.98
Orthene	7.1	6.2	8.1	40	2.24

*. Femal green rice leafhoppers collected from paddy fields in central Taiwan were used throughout the investigation.

* 供試雌性黑尾葉蟬採自臺中地區稻田

表二、以迴歸方程式表示1977年間水稻雌性黑尾葉蟬對推廣藥劑之毒效
Table. 2. Toxicity response of green rice leafhoppers tested during 1977 in Tawan to commonly used insecticides as expressed by slope of the dosage mortality regression line.*

藥劑種類 Insecticides	斜率 Slope	迴歸程式 Regressionline $Y=a+b(X-\bar{X})$	相關係數 Correlation coefficient
BPMC	3.50	$Y=3.85+3.4(X-1.35)$	0.9329
Carbaryl	2.37	$Y=4.54+2.43(X-0.78)$	0.9649
CPMC	2.70	$Y=5.26+2.63(X-1.46)$	0.9906
Ficam	3.15	$Y=4.86+2.84(X-0.66)$	0.9729
Furadan	2.61	$Y=4.71+2.5(X-1.468)$	0.9628
Hokbal	2.84	$Y=5.08+2.82(X-1.54)$	0.9514
Lannate	3.11	$Y=4.9+3.05(X-1.47)$	0.9640
MIPC	1.21	$Y=4.42+1.18(X-1.42)$	0.9539
MTMC	2.38	$Y=4.77+2.34(X-1.42)$	0.9429
Unden	4.67	$Y=5.18+14.5(X-0.76)$	0.9310
Azodrin	1.25	$Y=4.94+1.24(X-0.83)$	0.9672
Bidrin	2.57	$Y=4.52+2.7(X-1.21)$	0.9314
Diazinon	2.59	$Y=4.88+2.53(X-1.52)$	0.8930
Dimethoate	2.42	$Y=4.8+2.26(X-1.15)$	0.9520
Disyston	3.27	$Y=4.99+3.3(X-1.74)$	0.9864
Ethyl parathion	2.52	$Y=5.5+2.27(X-1.15)$	0.9654
Kilval	2.41	$Y=5.1+2.39(X-1.07)$	0.9275
Malathion	2.74	$Y=4.8+2.72(X-1.36)$	0.9946
Methyl parathion	1.98	$Y=4.91+2.00(X-0.84)$	0.9338
Orthene	2.24	$Y=5.28+2.17(X-0.98)$	0.8647

*. Female green rice leafhoppers collected in paddy fields in central Taiwan were used throughout the investigation.

* 供試雌性黑尾葉蟬採自臺中地區稻田

之機會，似較胺基甲酸鹽系之藥劑為多。此論點在日本黑尾葉蟬發生極烈之 Naragawa 地區亦先後有類似的報告⁽¹⁷⁾。1977 年在臺中採集黑尾葉蟬之地區曾遍及埔里、東勢及豐原、田中地區，由掃網之觀察所得，似較 1976 及 1975 年同時期為多，同時所測得之 LC_{50} 及 LC_{95} 值大部分均提高（表五），是否田間之敏感品系及抗性品系所產生之異質羣（heterogenous population）已趨於均一抗藥性同質羣（Homogenous population）現仍進一步繼續求證中。

二、推廣藥劑對1977年間採集之雌性黑尾葉蟬毒效之比較：

黑尾葉蟬雌雄個體在外形上有顯著差異，雌個體一般均較雄個體為大，且生命期也較長，依體重與藥劑劑量（Dose）之間的關係推論，雌黑尾葉蟬應較雄黑尾葉蟬對藥劑有較高劑量之忍受性。然而雌雄黑尾葉蟬對各種常用推廣藥劑毒效間差異幅度是否有一定之規則，此種規則是否與藥劑之種類或結構有關，不得而知。為探究此點，乃將自中部地區田間採集之雌雄黑尾葉蟬分別以乾膜法處理，以比較各種常用藥劑對雌雄成蟲的毒效反應之異同，其結果分別列於表三及表四。

表三、雌雄黑尾葉蟬對推廣藥劑毒效之差異

Table 3. Difference of insecticidal toxicity between female and male green rice leafhoppers.

藥劑種類 Insecticides	半致死量		半致死量信賴限界 Confidence limit for LC ₅₀ (ppm)				95%致死量		半致死量 量比值	95%致死 量比值
	LC ₅₀ (ppm)		Lower		Upper		LC ₉₅ (ppm)		$\frac{\text{♀ LC}_{50}}{\text{♂ LC}_{50}}$	$\frac{\text{♀ LC}_{95}}{\text{♂ LC}_{95}}$
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀		
BPMC	34.6	25.0	30.2	22.6	39.8	27.5	140	78	0.72	0.56
Carbaryl	42.7	93.3	37.2	79.6	49.0	110.8	190	490	2.19	2.58
Furadan	37.2	38.5	32.3	33.4	42.7	44.1	200	160	1.03	0.80
Hokbal	9.8	32.4	8.5	29.5	11.1	35.5	44	120	3.30	2.73
Lannate	15.9	31.6	14.5	27.5	17.4	36.3	56	115	1.99	2.05
MIPC	24.5	83.2	22.1	55.0	27.3	125.9	92	1400	3.40	15.22
MTMC	26.9	33.1	22.4	28.5	32.4	38.0	120	160	1.23	1.33
Uden	160	52.5	98.3	47.9	261.8	57.5	2500	120	0.33	0.048
Azodrin	4.0	7.5	3.4	6.3	4.8	9.2	30	150	1.88	5.0
Diazinon	14.4	37.2	13.2	33.1	15.9	42.7	50	160	2.58	3.2
Dimethoate	160.0	173.8	141.7	151.4	139.8	199.5	660	880	1.09	1.33
Disyston	20.7	550	18.33	449.2	23.39	676.1	76	1750	27.05	23.02
Ethyl parathion	1698	8412	1413	6969.3	2042	10153.4	11000	40000	4.95	3.63
Kilval	79.5	112.2	71.0	99.5	89.1	126.5	290	540	1.21	1.86
Malathion	160.2	274.2	144.8	246.9	177.3	304.4	580	1000	1.71	1.72
Methyl parathion	4887.6	7573.6	4544.3	6573.6	5256.5	8865.8	34000	52000	1.57	1.53
Orthene	12.6	7.1	11.5	6.2	13.8	8.1	47	40	0.56	0.85

表三顯示供試之胺基甲酸鹽系藥劑中有4種藥劑，即 Carbaryl, Hokbal, Lannate 及 MIPC，對雌性黑尾葉蟬較雄性個體有較高劑量之忍受性，其幅度以 LC₅₀ 及 LC₉₅ 為標準比較時，雌蟲較雄蟲高出1至3倍左右，唯 MIPC 若以 LC₉₅ 為比較標準時，雌性個體則較雄性個體對 MIPC 之忍受性高出15倍之多，換言之雄黑尾葉蟬對 MIPC 是極度敏感的，亦即 MIPC 對雄蟲具有很好的防治效果。至於 Furadan 及 MTMC 而言，此二藥劑對雌雄個體大抵毒性相同，其比例接近於1。值得一提的是 BPMC 及 Uden 兩種藥劑分別處理雌雄黑尾葉蟬時，結果發現雄蟲却較雌蟲有較高濃度之忍受性，尤其是 Uden，若以 LC₉₅ 為比較標準，雄性黑尾葉蟬其 LC₉₅ 值幾為雌蟲的20倍。

雌雄黑尾葉蟬對有機磷劑之反應情形，除 Orthene 及 Disyston 兩種藥劑情況較不一致外，其餘有機磷劑對雌雄黑尾葉蟬之毒效值以 LC₅₀ 及 LC₉₅ 比較，雌蟲均較雄蟲為高，其倍數約高出1.5至5倍之間(表三)。更有甚者 Disyston，雌蟲較雄蟲之差異更大，約在23~27倍左右。但同樣的在有機磷系中雄蟲對 Orthene 却較雌蟲有較高濃度之忍受性。祇是其間濃度範圍相差不大，其比例接近於1。由以上實驗之結果顯示，黑尾葉蟬對所有供試藥劑，並非雌蟲均較雄蟲有較強之忍受性，例如目前普遍推廣使用之 Orthene 則對雌蟲具有較高之毒效。

三、1975至1977年間自由田間採集之黑尾葉蟬對供試藥劑之毒效值比較：

表五列舉1975至1977三年間黑尾葉蟬對常用推廣藥劑之毒性反應及抗藥性變化幅度之比較。就 LC₅₀ 值及相對抗性比而言，黑尾葉蟬對胺基甲酸鹽系之藥劑在此三年間，其變化似有一定之趨勢。

表四、以迴歸方程式表示1977年間水稻雄性黑尾葉蟬對推廣藥劑之毒效

Table 4. Toxicity response of male green rice leafhopper to commonly used insecticides as expressed by slope of the dosage mortality regression line.*

藥劑種類 Insecticides	斜率 Slope	迴歸程式	相關係數 Correlation coefficient
		Regression line $Y=a+b(X-\bar{X})$	
BPMC	2.66	$Y=5.07+2.62(X-1.57)$	0.9913
Carbaryl	2.51	$Y=5.21+2.25(X-0.71)$	0.9368
Furadan	2.19	$Y=4.67+2.16(X-1.42)$	0.9375
Hokbal	2.29	$Y=4.93+2.34(X-0.96)$	0.9048
Lannate	3.09	$Y=5.05+3.37(X-1.21)$	0.9663
MIPC	3.00	$Y=4.92+3.14(X-1.37)$	0.9877
MTMC	2.33	$Y=5.01+1.97(X-1.43)$	0.9345
Uden	1.22	$Y=4.36+1.17(X-1.66)$	0.9269
Azodrin	1.89	$Y=5.30+1.88(X-0.76)$	0.9443
Diazinon	3.10	$Y=4.84+3.01(X-1.11)$	0.9875
Dimethoate	2.79	$Y=4.77+2.72(X-1.12)$	0.9218
Disyston	2.93	$Y=4.58+3.1(X-1.18)$	0.9702
Ethyl parathion	2.10	$Y=5.44+1.94(X-1.54)$	0.9897
Klival	2.90	$Y=5.23+2.95(X-0.98)$	0.9128
Malathion	3.06	$Y=5.15+3.26(X-1.25)$	0.9851
Methyl parthion	1.90	$Y=5.21+1.93(X-0.80)$	0.9933
Orthene	2.86	$Y=4.98+2.82(X-1.09)$	0.1739

*. Male green rice leafhoppers collected in paddy fields in central Taiwan were used throughout the investigation.

* 供試雄性黑尾葉蟬採自臺中地區稻田

以其 LC_{50} 值及相對抗性變化幅度大致可歸納為三種結果：其一為 LC_{50} 值及相對抗性值在三年中逐漸呈上升趨勢；屬於此類藥劑包括供試胺基甲酸鹽系之大部分，如 BPMC, Carbaryl, CPMC, Furadan 及 MIPC；其二為 LC_{50} 值及相對抗性值幾乎維持不變，如 MTMC；其三為 LC_{50} 值及相對抗性值呈逐年下降，此類藥劑包括 Hokbal, Lannate 及 Uden。屬於第一類之胺基甲酸鹽藥劑中 BPMC, Carbaryl, CPMC 及 MIPC 之 LC_{50} 值上升趨勢較為顯著，可能係因此等藥劑使用期間久，促成對黑尾葉蟬具有較高之選汰壓力所致。惟此三種藥劑中之 MIPC，其斜率在 1975 及 1976 兩年中幾乎沒有變動，但至 1977 測定時則急速下降至 1.21，若由抗藥性發展趨勢推測，黑尾葉蟬對 MIPC 產生抗藥性機會似較大。至於 Hokbal, Lannate 及 Uden 對黑尾葉蟬之 LC_{50} 值則逐年下降，按理黑尾葉蟬對此三種藥劑應愈來愈敏感，從其 LC_{50} 及 Slope 之變化言，這些藥劑對黑尾葉蟬較具防治潛力。至於在調查的三年期間， LC_{50} 值維持不變者如 MTMC，是否因黑尾葉蟬對此種藥劑不易產生抗性之結果，或因此種藥劑在本省使用量不够，仍繼續在偵測觀察中。

據 Iwata⁽¹¹⁾ 報告指出黑尾葉蟬對胺基甲酸鹽系抗藥性產生之可能原因為抗性品系之黑尾葉蟬體內含有對胺基甲酸鹽系藥劑較不具敏感性之膽固脂酶 (Insensitive cholinesterase)，是故此種酵素

表五、1975~1977年間水稻雌性黑尾葉蟬對推廣藥劑之毒效

Table 5. Comparison of toxicological data of some commonly used insecticides to female green rice leafhoppers as collected from rice paddies in central Tawan covering period from 1975 to 1977.

藥劑種類 Insecticides	半致死量 LC ₅₀ ppm			95%致死量 LC ₉₅ ppm			斜率 Slope			相對抗 Relative resistance ratio	
	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977	A ¹	B ²
Carbamate:											
BPMC	7	10	25	740	480	78	1.60	2.40	3.50	1.43	3.57
Carbaryl	50	66	93	445	350	490	1.76	2.25	2.37	1.32	1.86
CPMC	84	105	240	600	760	940	1.97	1.95	2.70	1.25	2.86
Furadan	16	24	38.5	78	310	160	2.35	1.47	2.61	1.50	2.41
Hokbal	120	103	32.4	610	580	120	2.34	2.31	2.84	0.86	0.27
Lannate	110	98	31.6	700	200	115	2.09	2.01	3.11	0.89	0.29
MIPC	19	23	83	310	98	1400	2.42	2.60	1.21	1.21	4.37
MTMC	32	30	33	480	140	160	2.50	2.51	2.38	0.94	1.03
Uden	200	180	53	4000	3800	120	1.52	1.50	4.61	0.90	0.27
Organophosphate:											
Azodrin	6.6	18	7.5	37	130	150	2.30	1.92	1.25	2.71	1.14
Bidrin	20	24	24.5	95	100	96	2.65	2.69	2.57	1.20	1.23
Diazinon	200	220	37.2	1300	1300	160	2.08	2.10	2.59	1.10	0.19
Dimethoate	96	130	173.8	360	470	880	2.86	2.83	2.42	1.35	1.81
Disyston	140	150	560	875	880	1750	2.04	2.07	3.27	1.06	4.00
E-parathion	2300	14000	7673	10500	300000	40000	2.41	1.28	2.25	6.09	3.34
Kilval	130	135	112.2	690	680	540	2.43	2.40	2.41	1.02	0.86
Malathion	90	105	274.2	245	620	1000	3.86	2.15	2.74	1.11	3.05
M-parathion	8400	8500	8412	38500	115000	52000	3.10	2.50	1.98	1.11	1.00
Orthene	4.6	10	7.1	26	44	40	2.47	1.55	2.24	2.27	1.54

$$A^1. \text{ Relative resistance ratio} = \frac{1976LC_{50}}{1975LC_{50}}$$

$$B^2. \text{ Relative resistance ratio} = \frac{1977LC_{50}}{1975LC_{50}}$$

$$A^1 \text{ 相對抗性比} : \frac{1976 \text{ 半致死量}}{1975 \text{ 半致死量}}$$

$$B^2 \text{ 相對抗性比} : \frac{1977 \text{ 半致死量}}{1975 \text{ 半致死量}}$$

較不容易被抑制，形成有利之抗藥性產生因素^(11,13,15)，同樣地此種對胺基甲酸鹽系不具敏感之膽固醇酯酶對有機磷系藥劑，如 Malathion, Malaaxon 及 Sumithion 亦具有類似之性狀。因此葉蟬對胺基甲酸鹽系及有機磷劑有形成交互抗性 (Cross resistance) 之可能。表五中 LC₅₀ 值及相對抗性隨年上升之胺基甲酸鹽藥劑中，其上升幅度以相對抗性值表示時，BPMC, Carbaryl, CPMC 及 Furadan 之 LC₅₀ 值每年約增加 1 倍，而 BPMC 在 1975~1976 LC₅₀ 值增 1 倍，但在 1976 至 1977 年

間則增加 2 倍左右。Shigeo 和 Maeda⁽¹⁷⁾ 曾報導日本地區黑尾葉蟬對 Carbaryl 之抗性在 10 年間約增加 9 倍，此與本省中部地區之黑尾葉蟬對胺基甲酸鹽系每年約增 1 倍抗藥性有類似之結果。

有機磷劑不論在本省或日本，均為較早被用為防治黑尾葉蟬之藥劑。日本於 1954 開始使用 Malathion⁽¹³⁾，1960 年時發現抗 Malathion 及 Methyl parathion 之黑尾葉蟬棲羣已遍佈日本各地^(14, 15)。同樣本省亦先使用有機磷劑防治黑尾葉蟬，葉蟬對有機磷之抗性偵測結果列於表五。三年間以 LC₅₀ 及相對抗性比值為比較標準時，其變動多數呈不規則；Malathion, Dimethoate 及 Disyston 三種有機磷劑對黑尾葉蟬之 LC₅₀ 值的變動呈上升之趨勢；Azodrin, Diazinon, Ethyl parathion, Kilval 及 Orthene 則先呈上升，在 1977(第三年)則呈下降的趨勢；而 Bidrin 及 Methyl parathion 則呈近乎不變。但若以有機磷劑之值觀之 LC₉₅，在各藥劑(除 Daizinon 外)多數有隨年增

表六、1975~1977 年間臺灣水稻黑尾葉蟬對藥劑之毒效資料
與聯合國糧農組織之抗藥性資料相比較

Table 6. Changing level of resistance of green rice leafhopper to commonly used insecticides in Taiwan, 1975-1977, as compared with data published by FAO.

藥劑種類 Insecticides	抗性倍數 Resistance factor ¹			抗性發生趨勢 Tendency of developing resistance within two years ²		
	1975	1976	1977	first year	second year	
Carbamate:						
BPMC	64	92	227.3	+	28	+ 135.3
Carbaryl	11	16	20.5	+	4	+ 4.5
CPMC	21	26	60.0	+	5	+ 34
Furadan	10	15	24.1	+	5	+ 9.1
Hokbal	160	144	43.2	-	16	- 100.8
Lannate	4	3	1.2	-	1	- 1.8
MIPC	10	12	43.8	+	2	+ 31.8
MTMC	24	23	24.9	-	1	+ 1.9
Unden	56	50	14.7	-	6	- 35.3
Organophosphate:						
Azodrin	6	16	6.8	+	10	- 9.2
Ethyl parathion	396	2246	1450.3	+	1850	- 785.7
Kilval	118	159	102	+	41	- 47
Malathion	88	97	274.2	+	11	+ 177.2
Methyl parathion	680	748	618.8	+	68	- 129.2

1. Resistance factor = $\frac{1975LC_{50} \text{ or } 1976LC_{50} \text{ or } 1977LC_{50}}{\text{FAO } LC_{50} \text{ for susceptible strain}}$

2. Tendency of developing resistance within two year indicates the difference of changing resistance level from 1975 to 1976 and 1976 to 1977. "+" denotes the increase of resistance and "-" the decrease.

1. 抗性倍數 = $\frac{1975 \text{ 或 } 1977 \text{ 之半致死量}}{\text{FAO 敏感品系之半致死量}}$

2. 自 1975 至 1977 兩年中黑尾葉蟬在臺灣對藥劑產生抗性之趨勢。

加之趨勢，這種規則性似可推論黑尾葉蟬對有機磷可能普遍產生抗藥性，尤其是 Malathion, LC_{50} , LC_{95} ，及相對抗藥性比值在三年中逐年增加。值得一提的是 Azodrin 在三年中其 LC_{50} 值變化範圍以防治觀點而言尚為有效藥劑，但 LC_{95} 值隨年不斷上升，而且其斜率逐漸下降，此種變化趨勢提示 Azodrin 用於防治黑尾葉蟬的使用量及方法宜早日加以改進，以防止在短期內產生高幅度之抗藥性。

四、黑尾葉蟬對供試藥劑之抗性發生趨勢：

黑尾葉蟬對供試藥劑之抗性發生趨勢以抗藥性倍數 (Resistance factor) 的表示法最為直接、簡單。表六所列為 1975 至 1977 三年間黑尾葉蟬對常用藥劑之抗性倍數，表中抗性倍數值的估計乃以本省田間採樣調查的結果與聯合國糧農組織 (FAO) 所發表的資料相比較所得的數值⁽¹⁾。抗性倍數具有下降趨勢者分別為胺基甲酸鹽類之 Hokbal, Lannate 及 Unden, 其中 Hokbal 與 Unden 在 1975 至 1976年間其抗性倍數降低約在 1 至 16 之間，但在 1976 與 1977 年之間其抗性下降倍數約在 30 至 100 之間；至於 MTMC 之抗性倍數則維持在 -1 與 +1 之間。其餘供試之胺基甲酸鹽系之藥劑 BPMC, Carbaryl, CPMC, Furadan 及 MIPC 之抗性倍數均現增加，如在 1975 至 1976 年增加幅度在 2 至 28 倍之間，但在 1976 至 1977 年增加幅度則提升至 2 至 135 倍之間；有機磷劑除 Malathion 為增加外 (1975 至 1976 增加 11 倍，1976 至 1977 增加 177.2 倍)，其餘藥劑之抗性倍數均下降，尤其甲基及乙基巴拉松之抗藥性略呈降低。惟在此特別強調表六所列僅為三年間抗藥性趨勢之偵測比較結果而已，黑尾葉蟬族群對藥劑抗藥性實際發生情形與藥劑的使用量、期間、種類有密切關係，尚有賴來日的累積試驗以建立其抗藥性在長期發展中的趨勢。

參 考 文 獻

1. 古德業、辛竹英、王順成 1976 常用殺蟲劑對水稻褐飛蟲和黑尾葉蟬之抗藥性研究 臺灣農業 12(3): 148-164.
2. 古德業、王順成 1976 水稻黑尾葉蟬對常用殺蟲劑之抗藥性現狀研究 臺灣農業 12(4):99-109.
3. 古德業、王順成 1977 農藥混合使用對水稻主要害蟲之毒效研究 I. 殺蟲劑混合使用時對黑尾葉蟬及褐飛蟲之毒效影響 臺灣農業 13(2):84-98.
4. 古德業、王順成、洪需濃 1977 農藥混合使用對水稻主至害蟲之毒效研究 II. 殺蟲劑間混合使用和殺蟲劑與殺菌劑間混合使用對褐飛蟲之毒效影響 臺灣農業 13(4):29-48.
5. 古德業、王順成 1977 水稻褐飛蟲對常用殺蟲劑抗藥性現狀之研究 臺灣農業 13(4):9-18.
6. 方敏男 1972 臺中區黑尾浮塵子抗藥性之初步試驗觀測 臺灣農業 8(4):105-114.
7. 黃添盛 1972 臺灣稻飛蟲及浮塵子類發生猖獗可能之誘因 臺灣農業 8(3):133-137.
8. 浜弘司、岩田俊一 1972 昆蟲生態學 日本應用動物昆蟲學會大會講演要旨 16:101-102.
9. Asakawa, M. and H. Kazono. 1976 Resistance to carbamate insecticides in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. Rev. Plant Prot. Res. 9:101-123.
10. F.A.O 1970 Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. 5. Tentative method for adults of the green rice leafhopper. F.A.O. plant prot. Bull. 18:53-56.
11. Iwata, T. and H. Hama 1971 Green rice leafhopper *Nephotettix cincticeps* Uhler, resistant to carbamate insecticides. Botyu-Kagaku 36:174-179.
12. Kiritani, K. and T. Kono. 1975 Strategy of integrated control of rice insect pests in Japan. The 8th Int. plant. Cong. Rep. P:1-8.
13. Kobayashi, M; A. Tsuboi; and T. Hiramatsu 1973 Control countermeasure of resistant insect pests of rice plant in Okayama prefecture. Chugoku Agricultural Research No. 47:155-157.
14. Kuno, E. and N. Hokyō 1970 Comparative analysis of the population dynamics of rice leafho-

- ppers, *Nephotettix cincticeps* Uhler and *Nilaparvata lugens* Stal with special reference to natural regulation of their numbers. Res. Popul. Ecol. 12:154-186.
15. Miyata, T. and T. Saito 1976 Mechanism of malathion resistance in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Hemiptera: Deltocephalidae) J. Pestic. Sci. 1:23-29.
 16. Sasaki, Y. and K. Ozaki 1976 Pest on toxicity of mixture of two insecticides against insecticide-resistant green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. The Bulletin of Kagawa Agricultural Experiment Station 28:39-42.
 17. Shigeo M. and Y. Maeda 1976 Penetration and Metabolism of substituted phenyl methylcarbamates in green rice leafhopper *Nephotettix cincticeps* Uhler. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 20:198-202.
 18. Taka, T.H. Eiichi N. Eudeji and O. Shigeru. 1974 Studies on the resistance of green rice leafhoppers to insecticides Gumma-ken Nogyo. Shikenjo Hokoku 14:45-46.
 19. Toshikazu, I. and H. Hiroshi. 1971 Insensitivity of cholinesterase in *Nephotettix cincticeps* resistant to carbamate and organophosphorus insecticides. J. Econ. Entomol. 65(3):643-644.
 20. Yohzi, T. and K. Keizu, 1973 The selective toxicity of insecticides against insect pests of rice and their natural enemies. Appl. Entomol. Zool. 8(4):220-226.

FURTHER STUDIES ON THE RESISTANCE OF GREEN RICE LEAFHOPPERS TO INSECTICIDES¹(II)

T. Y. Ku² and S. C. Wang³

The use of synthetic organic insecticides has been our basic control strategy against green rice leafhoppers over the past decade, and the kinds and quantity of these chemicals used in Taiwan have been on the increase annually. From 1975 to 1977, laboratory tests with selected commonly used insecticides revealed that field-collected adult green rice leafhoppers, *Nephotettix cincticeps* from the central area of Taiwan have developed various degrees of resistance to the tested insecticides. Among the carbamate insecticides evaluated for their effectiveness against leafhoppers in terms of relative toxicity, BPMC, Carbaryl, CPMC, Furadan, and MIPC have shown increases of their LC₅₀ values over the 1975-77 monitoring period, whereas the LC₅₀ values of Hokbal, Lannate and Uden decreased during the same period. Except for Malathion, which increased significantly in its LC₅₀ value for green rice leafhopper during 1975-77, the other non-carbamate insecticides showed irregularity of their LC₅₀ values. When LC₉₅ values were employed as a basis for comparison the field-collected rice leafhopper has shown to have gradually developed its resistance to organophorus insecticides. In general, the susceptibility of rice leafhoppers to both organophosphorus and carbamate insecticides had decreased as the test progressed. The results also demonstrated that male leafhoppers were more sensitive to carbamate than females. Comparative trial with organophosphorus insecticides, except Orthene, corroborated these results, revealing that higher tolerance to the tested compounds occurred in female leafhoppers. The relationship of these results as to the development of resistance of green rice leafhoppers under the heavy selection pressure of insecticide application was discussed.

-
1. Research paper No. 16, Pesticide Toxicology Division, Plant Protection Center, Taiwan. This research was supported in part by funds from the Sino-American Joint Commission on Rural Reconstruction. Project code number 77-A-1.1-A-2595.
 2. Senior Specialist, Plant Industry Division, JCRR, Taipei, Taiwan, Republic of China.
 3. Research assistant, Plant Protection Center, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, Republic of China.