た。

すなわち紋枯病、いもち病の本年の発生は平年並かやや少なかったため、防除効果についてはじゅうぶん検討できなかったが、ヘリ区で水稻の収量に影響するような紋枯病、いもち病の被害がなかったことから、本年のような平常発生であれば紋枯病、いもち病に対しても、ヘリ防除で支障ないようである。

む す び

農業者の減少に伴う水稻病虫害の防除方法の1つとして、ヘリコプタによる通年防除を実施したが、その効果について、慣行区でのそれと比較し、次のようなことを明らかにし得た。

(1) ウイルス病予防のために、苗代期のウンカ・ヨコバイを対象としてのヘリコプタによる広域防除は、非常に効果的であった。

(2) 本田初期の7月3日に、ヘリコプタで広域防除を行なったが、ウンカ・ヨコバイの密度回復は早く、7月31日の防除ではおそすぎ、このためニカメイチュウと縞葉枯病の多発生をきたしたので、7月20日前後にもう1回防除の必要をみとめた。

(3) 紋枯病、ニカメイチュウのように比較的水稻の基部に発生する病虫害に対するヘリコプタによる防除効果は、水稻の草丈が大きくなる8月以降ではどうなるかということが従来から云々されていたが、本年程度の平常発生であれば、実用的な防除効果が期待できるようである。

ヘリコプタによる普通栽培水稻病虫害の通年防除は、予防的に実施する必要がある。しかし、水稻の病虫害は年によって発生時期、量が変化するので、ヘリコプタによる貫防除の実施については、なお試験を継続する必要があると認めた。

ウンカ・ヨコバイ類に対するキタジン・スミチオンの連合殺虫作用

坪井 武夫・井上 忠彦・近藤 和信 (イハラ農薬菊川実験農場)

INSECTICIDAL JOINT ACTION OF KITAZIN AND SUMITHION ON PLANTHOPPERS

Takeo Tsuboi, Tadahiko Inoue, and Kazunobu Kondo
(Ihara Agricultural Chemicals Institute)

1) Joint toxicological studies of Kitazin, 0,0-diethyl-S-benzyl-thiophosphate (EBP), which is a new fungicide for rice blast, were conducted in combination with Sumithion, 0,0-dimethyl-O-(3-methyl-4-nitrophenyl) thiophosphate (MEP), for the small brown planthopper (*Laodelphax striatellus* FALLÉN), the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* STÅL), and the green rice leafhopper (*Nephotettix cincticeps* UHLER) by the leaf-dipping method in laboratory.

2) From statistical analysis of dose-probit regression lines, the mixture of Kitazin and Sumithion at a ratio of 1:1 in active ingredients shows synergistic action for any of all insects tested.

3) Depending upon the hypothesis of similar joint toxic action between the two chemicals, the toxicity of mixture for *L. striatellus*, *N. lugens*, and *N. cincticeps* were 2.84, 4.47, and 6.36 times higher respectively than those which calculated from the toxicity of component separately.

いもち病防除薬剤キタジン (0,0-diethyl-S-benzyl-thiophosphate, EBP) とスミチオン (0,0-dimethyl-O-(3-methyl-4-nitrophenyl) thiophosphate, MEP) のヒメトビウンカ、トビイロウンカ、およびツマグロヨコバイにたいする連合殺虫作用を室内試験で検討したので報告する。

報告にさきだち、本研究に示唆を賜った全購連農業技術センター橋爪文次博士、ならびに統計処理を教示いただいた当研究所長沢純夫博士に深い感謝の意を表する。

材料および方法

供試昆虫: ヒメトビウンカ (1962年12月, 高知県南国市大坪で採集), トビイロウンカ, ツマグロヨコバイ

(1965年10月, 静岡県小笠郡菊川町菊川実験農場内ほ場で採集)。いずれも採集後は温室内で飼育を継続した。

供試薬剤および薬液の調製: 供試した薬剤はキタジン48%乳剤およびスミチオン50%乳剤で、いずれも市販処方のものである。混合薬液の調製は両剤の有効成分比を1:1と定め、単剤と同様に倍量希釈を順次すすめて供試した。

薬剤処理法: いわゆる leaf-dipping 法によった。展着剤を加用した薬剤希釈液に、根元から切取った水稻の葉部を浸漬し、風乾後金網円筒を覆い、茎部は管瓶に挿して水を与えた。金網円筒内には供試虫12~15頭を放って24時間 (ツマグロヨコバイ18時間) 後に生死虫数を調査した。

各昆虫にたいする試験は、キタジン、スミチオンおよび混合剤の薬液調製および処理の時期を一致させ、2～3回の反復を行なった。

実・験 結 果

実験的にえられた薬剤濃度と死亡率の関係は第1表のとおりである。

統計学的吟味

薬剤濃度と死亡率との関係は、通常プロビット法にもとづき、対数濃度—プロビット回帰直線として表現される。第2表はこれを最尤法によってもとめたもので、 χ^2 検定の結果はいずれも直線性をしめす、すなわち濃度の対数と死亡率のプロビットは正規分布に従っているとみてよいことを知った。

次に、これらの直線から薬剤の効果を比較する方法として平行線法を考えた。比較する薬剤の直線の回帰係数

の間に有意な差がみとめられないことが本法の前提であるので、各昆虫別に3剤の回帰係数の差を吟味した。その結果は第3表のとおりである。

第3表より明らかなように、各昆虫に対する3剤の回帰係数の間に有意な差は認められなかった。

ここで効果の比較を行なうに当たり、連合作用の概念を導入したい。

(1) 類似連合作用

FINNEY(1952)によれば、平行とみなしうる回帰直線をもつ薬剤同志の混合は、各薬剤の作用機構が類似であるという仮定のもとに混合剤の理論的回帰式を算出することができ、実験上得られた回帰式と比較できる。

いま、各昆虫ごとに算出した共通勾配 b を第2表の実験回帰式に代入整理した、キタジン、スミチオンの各単剤、およびその混合剤それぞれの回帰式を

$$Y_k = a_k + bX \quad (\text{キタジン回帰式})$$

Table. 1 Relations between concentrations and mortalities.

Chemicals	Small brown plant-hopper			Brown planthopper			Green rice leafhopper		
	Conc.	No. of insects tested	Mortality	Conc.	No. of insects tested	Mortality	Conc.	No. of insects tested	Mortality
	p. p. m.		%	p. p. m.		%	p. p. m.		%
Kitazin	200	53	5.7	100	48	6.3	50	48	4.2
	400	47	19.3	200	46	23.9	100	46	4.3
	800	49	59.2	400	45	66.7	200	47	19.1
	1600	49	85.8	800	45	88.9	400	44	54.6
Sumithion	1	63	9.5	1	42	4.8	12.5	42	11.9
	2	54	25.9	2	53	17.0	25	41	17.1
	4	47	34.1	4	47	40.4	50	36	33.0
	8	42	71.4	8	55	53.9	100	38	55.2
	16	57	94.8	16	56	80.4	200	44	77.3
Mixture*				32	46	95.6	400	41	85.0
	1	60	13.3	1	48	14.6	12.5	34	29.4
	2	53	32.1	2	54	38.9	25	46	37.0
	4	63	61.9	4	43	55.8	50	39	59.0
	8	46	84.8	8	44	90.9	100	44	75.0
	16	47	93.6	16	49	97.9	200	47	91.5

* Concentrations of mixture are shown by totals of its components.

Table. 2 Log-concentration/probit regression equations and thier probabilities in χ^2 -tests.

Insects	Chemicals	Regression equation	D. f.	χ^2	Pr.
Small brown planthopper	Kitazin	$Y = 4.798 + 3.363 (X - 2.814)$	2	3.355	0.192
	Sumithion	$Y = 4.958 + 2.271 (X - 0.616)$	3	5.185	0.161
	Mixture	$Y = 5.067 + 2.253 (X - 0.514)$	3	2.555	0.472
Brown planthopper	Kitazin	$Y = 4.941 + 3.148 (X - 2.479)$	2	0.565	0.778
	Sumithion	$Y = 4.989 + 2.067 (X - 0.774)$	4	1.814	0.768
	Mixture	$Y = 5.132 + 2.770 (X - 0.475)$	3	5.585	0.137
Green rice leafhopper	Kitazin	$Y = 4.344 + 2.353 (X - 2.330)$	2	4.070	0.132
	Sumithion	$Y = 4.971 + 1.624 (X - 1.897)$	4	1.226	0.871
	Mixture	$Y = 5.232 + 1.584 (X - 1.680)$	3	1.590	0.666

Table. 3 Parallel line assays.

Insects	Factors	D. f.	Sum of squares	Mean square	F
Small brown planthopper	Parallelism of regressions	2	6.462	3.231	$2.33 < 4.74$ F (0.05)
	Residual heterogeneity	8	11.095	1.387	
	Total	10	17.557		
Brown planthopper	Parallelism of regressions	2	7.642	3.821	$4.32 \approx 4.26$ F (0.05)
	Residual heterogeneity	9	7.963	0.885	
	Total	11	15.605		
Green rice leafhopper	Parallelism of regressions	2	2.575	1.288	$1.68 < 4.26$ F (0.05)
	Residual heterogeneity	9	6.886	0.766	
	Total	11	9.461		

$$Y_s = a_s + bX \quad (\text{スミチオン回帰式})$$

$$Y_{ks} = a_{ks} + bX \quad (\text{混合剤回帰式})$$

とすれば、キタジン、スミチオンの回帰式より相加効果を考えた理論上の混合剤の回帰式は

$$Y'_{us} = a_k + b \log \{0.5(1 + \rho)\} + bX$$

である。〔但し $\rho = \log^{-1}(a_s - a_k)/b$ 〕

ここで

$$a'_{ks} = a_k + b \log \{0.5(1 + \rho)\}$$

とおけば、混合剤の実験回帰式および理論回帰式の差は

$$\Delta_s = Y_{ks} - Y'_{ks} = a_{ks} - a'_{ks}$$

となる。

Δ_s が正の値を示せば相乗作用、負の値を示せば拮抗作用の方向にあると推定できる。第2表の結果についての以上の計算の過程を第4表に表わした。これをみればいずれの昆虫にたいしても相乗的な方向にあることがわかる。

Δ_s とその標準偏差 $s\Delta_s$ の商、 $\Delta_s/s\Delta_s$ が χ^2 分布することから Δ_s の有意性を検定した結果、危険率1%以下で有意と判定しうる数値がいずれの昆虫においても得られた。

Y軸における差 Δ_s をX軸における差 M_s とするために Δ_s/b を求め、その分散および実数変換値も第4表に示した。実数変換値より、実際の効力が、予想された相加的効力の何倍であったかを知ることができる。

各昆虫についての Y_k, Y_s, Y_{ks} の回帰直線は、第1図に示した。点線で表わした直線は Y'_{ks} に関するもので、ツマグロヨコバイにおける点線で表わした曲線は、後にのべる独立連合作用を想定した場合のものである。

(2) 独立連合作用

Bliss(1939) は、作用機構の異なる薬剤同志の、混合による効力発現方式として独立連合作用を考察した。本実験の場合にこの方式が該当すると仮定すれば、キタジン、スミチオンそれぞれ単独に x_0 の薬量で処理したと

Fig. 1. Log-concentration/probit regression lines of Kitazin, Sumithion and the mixture. Dotted line shows rational regression of the mixture.

きの殺虫率を P_k, P_s とするとき、混合剤の薬量 $2x_0$ の処理による殺虫率 P_{ks} は

$$P_{ks} = P_k + P_s(1 - P_k)$$

と表せる。

Table. 4 Analysis on the similar joint action.

		Smaller brown planthopper	Brown planthopper	Green rice leafhopper
Common slope	b	2.437	2.437	1.690
Experimental a				
Kitazin	a_k	-2.059	-1.097	0.407
Sumithion	a_s	3.457	3.103	1.764
Mixture	a_{ks}	3.832	3.975	2.392
Calculated a				
Mixture	a'_{ks}	2.729	2.389	1.363
$\Delta_s = a_{ks} - a'_{ks}$		1.103	1.585	1.358
$M_s = \Delta_s / b$		0.458	0.651	0.803
$V(M_s)$		0.006	0.006	0.010
Relative potency				
$10g^{-1} M_s$		2.84	4.47	6.36

Table. 5 LC-50 and its fiducial limits based on the regression equation replaced with the common slope.

Insects	Chemicals	Log (LC-50) $\pm V$	LC-50	Fiducial limits (Pr. 0.05)	
Small brown planthopper	Kitazin	2.897 ± 0.002	p.p.m. 789.2	p.p.m.	p.p.m.
	Sumithion	0.633 ± 0.001	4.3	5.1—	3.6
	Mixture	0.487 ± 0.001	3.1	3.3—	2.8
Brown planthopper	Kitazin	2.503 ± 0.002	318.2	395.1—	256.2
	Sumithion	0.779 ± 0.001	6.0	7.1—	5.1
	Mixture	0.421 ± 0.002	2.6	3.2—	2.2
Green rice leafhopper	Kitazin	2.731 ± 0.016	529.6	950.5—	304.8
	Sumithion	1.915 ± 0.003	81.3	105.6—	63.9
	Mixture	1.543 ± 0.004	35.0	45.9—	26.5

ヒメトビウンカ、トビイロウンカでは、回帰式の $x = 0$ における切片 a_s と a_k を比較するとき、 $a_s \gg a_k$ である。したがって薬量の低い部分はもちろん高い部分においても、混合剤の効果に寄与するキタジンの効果は殆ど無視でき、混合剤の回帰式は近似的に

$$Y_{ks} = a_s + b(X - \log 2)$$

となる。この回帰直線は類似連合作用における理論直線と軌を一にする。

ツマグロヨコバイでは a_s と a_k の差は大きくなく、両剤の混合による相加作用を想定した理論回帰線は曲線となる。いま生存率を $1 - \rho = Q$ とすれば、 P_{ks} の式を変型して

$$Q_{ks} = Q_k \cdot Q_s$$

任意の薬量 X におけるキタジン、スミチオンそれぞれの生存率より薬量 $X + \log 2$ における混合剤の致死率 Q_{ks} が求められる。この結果は第1図に曲線として表われている。

要 結

以上キタジンとスミチオンの混合比 1 : 1 における連合作用を、類似および独立連合作用の観点より吟味した。いずれの方式を考慮した場合も、実験的にえられた混合剤のヒメトビウンカ、トビイロウンカ、ツマグロヨコバイに対する殺虫効果は、相乗的であることが認められた。