

『카바메이트』系 殺虫劑의 效力 增進을

爲한 協力劑의 이용과 抵抗性해충 防除

교 수 崔 承 允
서울대학교 농과대학

1. 서 언

Carbamate系 살충제는 유기염소제나 유기인제에 비하여 늦게 개발된 살충제이지만 속효성이고 약제의 종류에 따라서는 침투성과 잔효성을 갖추고 있으며 다른살충제에 비하여 選擇毒性을 지니고 있어 천적에 미치는 영향이 적고 유기인제 저항성 해충방제에 탁월한 살충력을 나타내는 등 여러가지 장점을 지니고 있기 때문에 새로운 살충제로서 각광을 받게 되었다.

그러나 Carbamate系 살충제에 있어서도 抵抗性系 해충의 출현으로 살충제의 효과 저하문제가 따르기 때문에 효력증진을 위한 혼합제의 개발 또는 협력제의 加用으로 살충제의 효력증진을 목적으로 이에 관한 연구가 활기를 띠게 되었다.

일반적으로 농약을 혼용하는 이유는 농약살포에 꺾이는 노력의 절감, 잔효력과 작용특성의 보완 및 單用에 비하여 효력이 증진된다는데 있다. 그러나 무턱대고 두가지 이상의 약제를 혼용하였다고 해서 소기의 목적에 달성할수 있는 것은 아니다. 왜냐하면 일반적으로 약제의 혼용은 단용에 비하여 효력이 증진되는 경우와 저하되는 경우가 있기 때문이다. 아무리 노력이 절감되고 잔효력

이나 작용특성을 보완한다고 하더라도 혼용함으로써 그 효력이 저하된다고 하면 그들 농약은 혼용할 수 없게 된다. 그러므로 농약의 혼용 또는 혼합제의 개발은 보다 효력이 증진된다는 실험적 근거하에서 이루어져야 한다.

이와같은 약제의 혼용 또는 혼합제에서 효력 증진작용은 혼합비율의 妙에 따라 약제의 개량, 노력의 절감 및 근래 살충제에 의한 해충방제에서 크게 문제시되고 있는 약제 저항성 해충방제와 나가서 다른 저항성계 해충발생의 억제라는 측면에서 볼때 크게 기대해 볼만한 분야라 생각한다. 이 기회를 통해 Carbamate系 살충제의 협력제와 협력작용 및 그들에 의한 저항성 해충방제의 가능성에 관하여 고찰해 보고자 한다.

2. 協力작용과 拮抗작용

2종 이상의 살충제를 혼용하였을 때 그들 個個의 單用에 비하여 효력이 증진되는 현상을 協力작용(Synergism)이라 하고 반대로 효력이 저하되는 현상을 拮抗작용(Antagonism)이라 한다.

살충제의 효력 증진을 위하여 사용된 약제를 協力劑(Synergist) 또는 共力劑(Activator)라 하는데 協

力劑는 두 약제의 단용에서 한쪽의 약제는 살충력을 지니고 있으나 다른 한쪽의 약제는 살충력을 지니지 않는 경우와 두 약제가 살충력을 지니는 경우가 있다. 前者의 한가지 예로서는 제충국제와 피페로닐 부톡사이드(Piperonyl butoxide P.b.)의 혼합제에서 볼 수 있다. 즉 제충국 자체는 살충력을 나타내지만 P.b. 그 자체만으로는 살충력을 기대할 수 없다. 그리고 後者の 한 예로서는 Sevin과 γ -BHC를 혼합하였을 때 協力작용을 나타내는 경우인데 이때 Sevin과 γ -BHC는 個個 一두 살충력을 지니면서 그들의 單用에 비하여 혼용함으로써 효력이 보다 크게 증진되는 경우이다.

이들 협력작용은 살충제의 종류, 協力劑의 종류 그들의 혼합비율 및 대상곤충의 종류에 따라 달라지는 것이 보통이다. 그러므로 어떠한 살충제에 어떠한 협력제를 혼합한 것으로 협력작용이 나타나는 것은 아니다.

3. Carbamate系 살충제의 協力劑와 協力작용

살충제의 효력증진을 위한 각종 협력제의 이용성에 관한 연구는 Pyrethroids, DDT, 각종 유기인제와

Carbamate계 살충제들에서 많이 이루어졌지만 여기에서는 Carbamate계 살충제에 관한 대표적인 예를 들면서 고찰해 보기로 한다.

Moorfield (1958, 1960)는 집파리에 대한 Sevin (Carbaryl)外 4종의 Carbamate系 살충제를 供試하여 Piperonyl butoxide (P.b.), Sesoxan, Sulfoxide, n-propyl-isome, Sesamine 등 Methylene dioxyphenyl基를 갖춘 협력제들이 우수한 協力작용이 있음을 보고한데 이어 Speirs(1960)는 Sevin-Sesoxan의 혼합제가 거저리類 (*Tribolium* spp.)에 대한 협력작용

이 나타난다고 보고하였다. 그리고 Georghiou等 (1961)은 pyrethrin의 협력제로 알려진 Octachlorodipropyl ether를 몇가지 Carbamate系 살충제들과 혼합하였을 때 집파리에 대하여 강력한 협력작용이 있음이 보고되면서 Carbamate계 살충제에 관한 협력작용 연구가 활발해졌다.

Shorey (1961)는 밤나방의 一種인 Cabbage looper (*Trichoplusia ni*)를 供試하여 Carbamate系殺虫劑 Sevin, Hercules 5727 및 Zectran에 대한 협력제 P. b.와 Monsanto 16226의 협력작용을 보고하였다. (表 1 參照)

<表 1> 밤나방의 一種 Cabbage looper(*Trichoplusia ni*)에 對한 Carbamate계 살충제 1-piperonyl butoxide(P.b.)의 協力作用(Shorey, 1961)

殺 虫 劑	混合比率 (殺虫劑 : P.b.)	LD ₅₀ (ug/虫)		協 力 度 (A/B)
		殺虫劑(A)	殺虫劑+P.b.(B)	
Sevin	1 : 0	4.76		
	1 : 1		0.46	10.3
	1 : 3		0.47	10.1
	1 : 10		0.27	17.6
	10 : 1		2.89	1.6
Zectran	1 : 0	0.022		
	1 : 1		0.022	1.0
Hercules 5727	1 : 0	0.19		
	1 : 1		0.073	2.6

Sevin: 1-Naphthyl n-methylcarbamate

Hercules 5727: m-Isopropylphenyl n-methyl Carbamate

Zectran: 4-Dimethyl amino-3,5 xylyl-n-methylcarbamate

표 1에서 보는 바와 같이 Sevin+ P.b.혼합에서 높은 협력작용을 나타내고 있다. 즉, Sevin : P.b.의 비가 1 : 1에서 10.3배, 1 : 3에서 10.1배, 1 : 10에서 17.6배의 協力度를 나타내고 있다. 그러나 Zectran이나 Hercules 5727에 대한 협력도는 Sevin의 경우에 비하여 대단히 낮으며 이것은 같은 Carbamate系 살충제라 하더라도 약제의 종류에 따라 협력작용에 차이가 있음을 제시해 주고 있다. 또한 Matsubara(1963)는 모기의 幼虫(*Culex pipiens*)에 대하여 Sevin : 5種의 협력제의 比를 각각 1 : 8로 하였을 때 n-propylisome은 4.9배, Sulfoxide는 4.3배, Safroxan은 3.5배, P.b.는 3.3배, MGK-F 5026은 1.7배로서 협력제의 종류에 따라 협력도에 차이가 있음을 보고

하였다. 한편 Kato(1965)는 Sevin에 대한 p-Chloro phenyl-p-chlorobenzene sulfonate(CPCBS)의 협력작용을 검토하였다. 즉 Sevin : CPCBS의 比를 1 : 4로 하였을 때 집파리에 대하여 7.5배, 바퀴에 대하여 5.9배, 담배거세미나방 유충에 대하여 1.8배, 끝동매미충에 대하여 1.1배의 협력작용이 있음을 보고하였고 한편 집파리와 팔바구미에 대한 Sevin : CPCBS의 혼합비 시험에 있어서도 표 2에서 보는 바와 같이 1 : 4의 비에서 각각 52.8%, 73.3%로서 가장 높은 살충율을 얻을 수 있었다고 報告하였다. Kato(1965)는 이 시험을 통해서 협력작용이 나타나는 機作은 살충제의 곤충표피 透過性의 차이 보다는 곤충體內에 있어서 酵素的 解毒의 阻害度 차이때문이라 推論하

<表 2> 집파리와 팔바구미에 對한 Sevin+CPCBS*의 混合比에 따른 協力作用效果(Kato, 1965)

집파리 ($\mu\text{g/g}$) e vin: CPCBS*	殺 虫 率 (%)	팔바구미 ($\mu\text{g/cm}^2$)		살 虫 율 (%)
		Sevin:	CPCBS*	
100 : 0 (1 : 0)**	5.6	0.11 : 0 (1 : 0)**		0.0
100 : 50 (1 : 0.5)	10.5	0.11 : 0.055(1 : 0.5)		16.7
100 : 100 (1 : 1)	24.4	0.11 : 0.11 (1 : 1)		50.0
100 : 400 (1 : 4)	52.8	0.11 : 0.44 (1 : 4)		73.3
100 : 1000 (1 : 10)	52.2	0.11 : 1.1 (1 : 10)		71.2
0 : 1000 (0 : 10)	0.0	0 : 1.1 (0 : 10)		0.0

*CPCBS: p-chlorophenyl-p-chlorobenzene sulfonate

**괄호내 숫자는 Sevin: CPCBS의 混合比率

였다.

이와같은 협력작용은 2종의 살충제를 혼합하였을 때에 나타나는 경우도 있다. Nagasawa(1964)는 Lindane

과 Hercules 5727(Carbamate系 살충제)를 혼합하였을 때 집파리에 대하여 협력작용이 있음을 보고하였다. (表 3 參照)

<表 3> 집파리에 對한 Lindane-Hercules 5727 混合比에 다른 協力作用(Nagasawa, 1964)

混 合 比 (Lindane: Hercules)	殺 虫 率(%)					
	0.0315	0.0625	0.125	0.25	0.5	1.0(ug/%)
6:0	12	28	45		91	98
5:1	26	21	63	81	96	100
2:1	15	49	67	91	99	100
1:1	0	33	69	90	99	100
1:2	10	41	48	86	99	100
1:5	3	21	32	78	90	100
0:6	—	6	22	38	83	91

그 밖에 Maebana(1964)는 γ -BHC: Sevin 3:1의 혼합제가 꿀동매미충, 1.5:1의 혼합제가 가루깍지벌레, 1:1.5의 혼합제가 이화명충, 1:1의 혼합제가 벼멸구, 꿀동매미충, 배추테두리진딧물에 대하여 협력작용이 있음을 보고하였다.

Brattsten과 Metcalf(1970)는 8目, 37科, 54種의 곤충에 대한 Carbaryl (Sevin): P.b. 1:5의 혼합제의 LD₅₀ 値로서 協力度를 비교한바 곤충의 종류에 따라 協力度에 큰 차이가 있음을 보고하였는데 그 이유는 곤충의 종류에 따라 P.b.에 의하여 阻害를 받기 쉽고 여러가지 기능을 갖는

酸化酵素 解毒 活性的의 차이가 있기 때문이라 하였다.

4. 살충제의 협력작용을 이용한 저항성 해충방제

살충제간의 혼합 또는 살충제와 협력제의 혼합으로서 그들의 협력작용에 의한 저항성 해충방제의 가능성에 대해서는 이미 많은 연구보고가 있지만 여기서는 Carbamate系 살충제와 협력제의 혼합에 의한 몇가지 저항성 해충들에 대한 방제의 가능성 및 그의 효과에 관하여 고찰해 보고자 한다.

<表 4> DDT, Parathion 抵抗性 집파리에 對한 Sevin-sesoxan의 協力作用效果
(Eldefrawi, et al 1959)

Sevin($\mu\text{g}/\text{fly}$) (A)	Sesoxan($\mu\text{g}/\text{fly}$) (B)	混 合 比 (A : B)	殺 虫 率 (%)
<DDT 抵抗性系統>			
5.0	0	5 : 0	20
10.0	0	10 : 0	40
30.0	0	30 : 0	60
1.0	0	1 : 0	10
1.0	1.0	1 : 1	100
1.0	5.0	1 : 5	100
0.1	5.0	0.1 : 5	100
<Parathion 抵抗性系統>			
5.0	0	5 : 0	10
10.0	0	10 : 0	10
30.0	0	30 : 0	10
1.0	0	1 : 0	0
1.0	1.0	1 : 1	60
1.0	5.0	1 : 5	100
1.0	10.0	1 : 10	100
<感 受 性 系 統>			
0.5	0	0.5 : 0	10
1.0	0	1 : 0	20
2.0	0	2 : 0	55
5.0	0	5 : 0	67
0.1	0	1 : 0	0
0.1	0.1	1 : 1	40
0.1	0.3	1 : 3	80
0.1	0.5	1 : 5	95
0.5	0.1	5 : 1	95

Eldefrawi等 (1959)은 DDT, Parathion 感受性, 抵抗性 집파리를 供試하여 Sevin + Sesoxan의 협력효과

에 關하여 시험한바 협력제를 가용함으로서 낮은 약량수준에서도 살충력이 크게 증진되어 저항성 해충방

제의 가능성을 시사하였다. 즉 표 4에 나타낸바와 같이 Sevin 單用에 비하여 협력제 sesoxan을 가용함으로써 Sevin의 약량을 크게 줄이면서 살충효과는 보다 높게 나타나고 있는데 이는 感受性系統에서 뿐만 아니라 DDT, Parathion 抵抗性 집파리에서 더욱 그 효과가 현저함을 알 수 있다.

또한 Eldfrawi等 (1960)은 DDT, Parathion 抵抗性, 感受性 집파리를 供試하여 Carbamate系 殺虫劑 Sevin Dimetilan, Isolan, Pyrolan과 協力劑 Sesamex, Benzen sulfonate ester (BSE)의 혼합비에 따른 살충율로서 협력작용을 검토한바 感受性 집파리에서 뿐만 아니라 DDT, Parathion 抵抗性 집파리에 대하여 高度의 협력작용이 있음을 보고하였다.

또한 Shorey(1961)는 Sevin外 4종의 Carbamate系 살충제를 供試하여 感受性, 抵抗性, 집파리에 대한 협력제 Octachloro propyl ether(OCE)의 협력작용을 검토한바 OCE는 供試살충제에 대하여 우수한 협력작용을 나타냈고 3,5-Dimethyl-n-methyl Carbamate와 3-Tert-butylphenyl-n-methyl carbamate에 대하여 저항성인 집파리에 대해서도 협력제 OCE를 혼용함으로써 살충력이 크게 증대하였음을 보고하였다.

Matsubara等 (1964)은 협력제를 혼용하는 것은 저항성 곤충에 대한 交叉抵抗性의 감소와 동시에 높은 協力度를 나타내는데 있으므로 저항성계통의 해충을 방제하려 할 경우에는 단순히 協力度值만으로서 평가하는 것은 위험하므로 저항성 곤충에 대한 協力度와 협력제 가용에 따른 交叉抵抗性 減少度와의 積, 即 저항성계통의 協力度 A와 協力度比 A/B(B는 感受性系統의 協力度)와의 積인 A.A./B로 산출함이 타당함을 지적하였다. 表 5에서 보는 바와 같이 Diazinon 抵抗性, 感受性 두 계통에 있어서 Sevin 협력제의 混合比 1:1과 1:4 어느 組合에서나 1.0 이상으로서 저항성계통에 대한 協力度가 큼을 알 수 있다. 특히 Sevin : Safroxan 混合比 1:1에서 2.2배, 1:4에서 1.5배로서 協力度值가 컸다. 이를 저항성계통에 대한 協力度의 積(A.A/B)으로 보면 Sevin : Safroxan 1:1에서 1890, 1:4에서 2656이었고 다음은 Sevin : P.b. 1:1에서 280, 1:4에서 517이므로 他 協力劑에 비하여 抵抗性 집파리의 防除劑로서 優秀性이 크게 認定됨을 指摘하고 있다.

Hayashi와 Fujimura(1972)는 協力劑 GD-11, 2-[2-(N, N-diethyl amino) ethoxy]ethoxy} bornane와

<表 5> Diazinon 抵抗性 집파리에 對한 Sevin+協力劑의 協力作用效果
(Matsubara, et al, 1964)

力 劑	混 合 比 (Sevin: 協力劑)	協力度(倍數)		協 力 度 (A/B)	協力有效度 (A.A./B)
		抵抗性(A)	感受性(B)		
Piperonyl butoxide	1 : 1	140	70	2.0	280
Sulfoxide	1 : 1	46	46	1.0	46
n-propylisome	1 : 1	24	13	1.9	44
Safroxan	1 : 1	853	385	2.2	1,890
MGK-F 5026	1 : 1	14	9	1.6	22
Pip. but.	1 : 4	405	317	1.3	517
Sulfoxide	1 : 4	196	150	1.3	256
n-propylisome	1 : 4	120	63	1.9	229
Safroxan	1 : 4	1,817	1,243	1.5	2,656
MGK-F-5026	1 : 4	66	63	1.1	69

*協力度 : Sevin 單用時 LD_{50} /Sevin+協力劑 LD_{50} .

NAC(Sevin)外 3種의 Carbamate系 殺虫劑를 供試하여 5個系統의 有機磷系抵抗性 집파리에 對한協力作用을 研究報告한바 있다.

表 6에서 보는 바와 같이 협력제 GD-11을 혼용함으로써 보다 높은 협력작용이 나타나고 있는데 특히 LD_{50} 值가 높은(저항성정도가 높은) NAC(Sevin)에서 그 효과는 가장 두드러지게 나타나는 일은 대단히 흥미 있는 사실이다. 그런가 하면 PHC單用은 다른약제에 비하여 효과가 높으나 협력제의 효과는 현저하지 못하였고 CPMC는 각 집파리계통에 대해서 PHC보다 LD_{50} 值가 높으면서 협력제의 효과는 크게 인정

되지 않고 있다. 이와같은 현상은 약제의 종류, 협력제의 종류, 그들의 혼합比等에 따라 미묘한 관계가 있으므로 어느 한 Carbamate系 살충제에 대하여 우수한 협력작용을 나타내는 협력제라 해도 Carbamate系 살충제 전반에 걸쳐 같은 정도의 협력작용을 기대할 수 없음을 제시해 주고 있는 것으로 생각된다.

5. 맺는 말

Carbamate系 살충제는 유기염소제나 유기인제에 비하여 몇가지 유리한 특성을 지닌 살충제이지만 다른 계통의 살충제 또는 협력제를

<表 6> 5個 有機磷系抵抗性 집파리 系統들에 對한 Carbamate系 殺虫劑+GD-11*의 協力作用效果(Hayashi Fujimura, 1972)

殺虫劑	混 合 比 (殺虫劑:GD11*)	LD ₅₀ (ug/g)과 協力度**(括弧內數值)				
		Ko系統	Sa系統	153系統	C系統	La系統
NAC	1:0	262,950	41,085	267,725	138,775	267,725
	1:5	2,046 (129)	0.456 (90)	3,505 (76)	0.339 (409)	3,225 (83)
	1:10	1,663 (158)	0.430 (96)	2,942 (91)	0.191 (727)	1,119 (239)
P H C	1:0	0.455	0.372	1,843	0.652	0.697
	1:5	0.246 (2)	0.330 (1)	0.445 (4)	0.217 (3)	0.177 (4)
	1:10	0.252 (2)	0.250 (2)	0.223 (8)	0.132 (5)	0.139 (5)
CPMC	1:0	2,639	2,623	3,379	3,584	3,577
	1:5	0.957 (3)	0.615 (4)	0.830 (4)	0.495 (7)	0.582 (6)
	1:10	1,099 (3)	0.594 (4)	1,817 (2)	0.699 (5)	0.535 (7)
MP MC	1:0	12,764	2,167	53,545	5,181	14,857
	1:5	1,352 (9)	1,255 (2)	3,625 (15)	0.965 (5)	1,629 (9)
	1:10	1,297 (10)	1,814 (1)	3,264 (16)	0.921 (6)	1,732 (9)

*GD-11: 2-[2-(N, N-diethyl amino)ethoxy]ethoxy] bornane

**協力度: 各藥劑單用時 LD₅₀值/GD-11 加用時 LD₅₀值

加한 혼합제를 제조하여 사용함으로써 보다 살충력을 증진시킬 수 있으며 나아가서는 유기염소제, 유기인제 또는 Carbamate系 살충제들에 대하여 저항성이 유발된 해충들을 보다

유효하게 방제할 수 있는 충분한 가능성이 있기 때문에 혼합제의 제조 또는 개발면에서 좀더 구체적인 연구 검토가 있어야 될 것으로 본다.