

아메리카잎굴파리 (*Liriomyza trifolii*)에 대한 살충활성과 방제효과

김길하* · 이영수 · 박선영 · 박용석¹ · 김정화

충북대학교 농과대학 농생물학과, ¹아벤티스크롭사이언스코리아 (주)

요약 : 본 연구에서는 시판되고 있는 33종의 살충제에 대한 아메리카잎굴파리 (*Liriomyza trifolii*)의 발육단계별 약제감수성을 조사하고, 약제를 선발하여 침투이행성, 잔효성 및 방제효과를 평가하였다. 아메리카잎굴파리 알에 대해서는 spinosad가 70%의 살충률을 보인 것 외에 대부분의 약제들은 살충활성이 낮았다. 갓 부화한 유충에 대해서는 abamectin, cartap, emamectin benzoate, diflubenzuron + chlorpyrifos, milbemectin이 90%이상의 높은 살충활성을 보였다. 유충 (2~3령)에 대해서는 abamectin, cartap, cyromazine, emamectin benzoate, diflubenzuron + chlorpyrifos가 95% 이상의 살충활성을 나타내었다. 번데기에 대해서는 cartap + buprofezin이 98.6%의 높은 살충활성을 나타내었고, 성충에 대해서는 모든 약제가 70% 이하의 살충활성을 나타내었다. 알에 대해서 emamectin benzoate와 milbemectin은 각각 53.3, 47.9%로 중간정도의 엽면침투이행성을 보였으며, 나머지 약제들은 낮았다. 유충과 성충에 대한 침투이행효과는 시험한 6약제 모두 30% 이하이었다. Abamectin, emamectin benzoate, milbemectin의 잔효성은 약제처리 후 10일째까지 각각 91.4, 90.4, 91.9%의 살충활성을 나타내었으며, 14일째에도 85%이상의 살충활성을 나타냈다. 방제효과 시험에서 abamectin, cyromazine, emamectin benzoate, milbemectin은 약제처리후 14일째까지 각각 96.0, 97.4, 94.5, 95.4%의 높은 방제가를 나타냈다. Cartap과 cartap + buprofezin이 강남콩잎에 약해를 나타내었으나 그 외 약제들은 약해가 없었다. 이상의 결과에서 abamectin, emamectin benzoate, milbemectin은 아메리카잎굴파리의 방제에 이용될 수 있을 것으로 생각된다.(2000년 12월 24일 접수, 2001년 3월 3일)

Key words : *Liriomyza trifolii*, systemic effect, residual effect, control efficacy, phytotoxicity.

서 론

아메리카잎굴파리 (*Liriomyza trifolii*)는 1994년 1월 전남 광주광역시 서구 구림동에서 최초로 발생이 확인된 이래 지금은 전국 시설하우스내에서 심각한 피해를 주고 있다 (Han 등, 1996; Park, 1996; Park 등, 2000). 본종의 기주는 7과 22종이 보고되었다 (Han 등, 1996; Park, 1996). 이 해충의 피해양상은 크게 둘로 나눌 수 있는데, 암컷성충이 있을 직접 섭식하거나 유충이 갱도를 형성하면서 엽육조직을 섭식한다. 또한, 유충이 갱도를 형성함에 따라 기주식물의 광합성을 저해하고 조기낙엽을 초래한다 (Bethke와 Parrella, 1985; Nagata 등, 1998).

아메리카잎굴파리의 약제방제에는 몇 가지 어려운 점이 있다. 첫째, 발육기간이 짧고, 온실에서 연중 발생하여 저항성 개체군의 출현과 밀접한 관련이 있다 (Broadbent와 Pree, 1989; Miller와 Isgar, 1995; Saito 등, 1992). 둘째, 성충은 몸이 작고 움직임이 빠르며 번식력이 높다. 셋째, 번데기 기간이 길고 토양 속에 존재하며 (Park, 1996; Tanaka 등, 2000), 알과 유충은 잎조직 속에서 지내 약제의 직접적인 접촉을 피할 수 있다. 그러나 잎굴파리의 방제는 주로 화학적방제에 의존하여 왔으며, 다양한 합성살충제의 사용으로 해충의 밀도를 더욱 증가시키는 결과를 가져왔다 (Ozawa 등, 1999).

아메리카잎굴파리는 1970년대이후 유기염소제, 유기인제, 합성피레스로이드제 등 각종 살충제에 대한 저항성 발달이

보고되었다 (Schuster와 Everett, 1983; Parrella와 Keil, 1984; Robb와 Parrella, 1984; Mason 등, 1987; Broadbent와 Pree, 1989; Parrella와 Trumble, 1989; Keil와 Parrella, 1990; Leibe와 Capinera, 1995).

예를 들면 캘리포니아에서 permethrin을 사용한지 2년 후에 약 20배의 감수성저하가 확인되었고, 캐나다에서는 pyrazophos에 대한 감수성이 사용개시 다음해에 156배로 낮아졌다 (Parrella와 Keil, 1984; Broadbent와 Pree, 1989). 이와 같은 결과는 플로리다에서도 1975년 이후에 사용하기 시작한 살충제에서도 나타나, 그 유효기간이 평균 3년 이내로 아주 짧았다 (Parrella와 Keil, 1984). 또한 Leibe와 Capinera (1995)는 1962년에 diazinon, naled가 아메리카잎굴파리의 방제에 우수한 효과가 있음을 보고하였으나, 1974년에는 방제효과가 없다고 보고하였다. 일본에서도 본 종에 대한 52종 살충제의 효력을 비교하였는데 전반적으로 살충제 감수성이 낮았다 (Saito 등, 1992). 한편 국내에 보고된 이 해충도 이미 외국에서 저항성이 발달한 상태에서 유입된 것으로 추정되며, 따라서 기존 약제들에 대해서 방제효과가 떨어질 것으로 예상되어 방제에 어려움이 따를 것으로 생각된다.

이에 본 연구는 국내에 등록된 33종의 살충제를 아메리카잎굴파리의 발육단계별 (알, 유충, 번데기, 성충) 약제감수성을 조사하여 살충활성이 높은 살충제를 선발하고, 침투이행성과 잔효성 및 방제효과시험을 통하여 이 해충의 방제약제 선발에 기초자료로 제공하고자 실시하였다.

*연락처

시험곤충

아메리카잎굴파리 (*Liriomyza trifolii*)는 청주 인근 농가에 서 채집 (2000년 6월)하여 사각형 아크릴 사육상 (30 × 30 × 30 cm)에서 강남콩을 기주로 3~4세대 사육하면서 시험에 이용되었다. 실내실험 조건은 온도 25~28℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60%로 하였다.

시험약제

이 시험에 사용된 살충제는 시판제로서 유기인제 2종, 카바메이트제 2종, 피레스로이드제 4종, IGR제 5종, 네오니코티노이드제 2종, 향생제 3종, 혼합제 7종, 기타 8종으로 모두 33종이며, 이들의 일반명, 상품명, 제형, 유효성분량 및 추천농도는 표 1과 같다.

Table 1. Insecticides used in the study of toxicity

Common name	Trade name	AI ^{a)} (%) &	formulation	Recommended conc. (ppm)
Organophosphates				
Fenitrothion	Sumithion	50	EC	500
Fenthion	Lebaycid	50	EC	500
Carbamates				
Benfuracarb	Oncol	30	EC	300
Pirimicarb	Pirimor	25	WP	162.5
Pyrethroids				
Deltamethrin	Deltarin	1	EC	10
Esfenvalerate	Joksita	1.5	EC	15
λ-cyhalothrin	Halothrin	1	EC	10
ζ-cypermethrin	Fury	3	EC	30
Insect Growth Regulators				
Cyromazine	Trigard	75	WP	370.5
DBI-3204	-	10	SC	100
Flufenoxuron	Cascade	5	EC	50
Pyriproxyfen	Shingiru	10	EC	100
Tebufenozide	Mimic	8	WP	80
Neonicotinoids				
Acetamiprid	Mospilan	8	WP	40
Thiamethoxam	Actara	10	WG	50
Antibiotics				
Abamectin	All star	1.8	EC	2.34
Emamectin benzoate	Affirm	2.15	EC	10.8
Milbemectin	Milbeknock	1	EC	10
Mixtures				
Acetamiprid + ethofenprox	Manjangilchi	2.5 + 8	WP	25 + 80
Cartap + buprofezin	Dagal	50 + 10	WP	500 + 100
Chlorfenapyr + bifenthrin	Pabalma	2 + 1	WP	20 + 10
Diflubenzuron + chlorpyrifos	Yamuzin	7 + 20	WP	70 + 200
Ethofenprox + diazinon	Dduksim	8 + 25	WP	80 + 250
Furathiocarb + diflubenzuron	Daivin	9 + 7	WP	90 + 70
Methiocarb + imidacloprid	Pabila	20 + 3	WP	200 + 30
Others				
Acequinocyl	Kanemite	15	SC	150
Bifenazate	Acramite	23.5	SC	110.8
Cartap	Seda	4	WP	40
Clothianidin	-	8	WP	40
Etoxazole	Zoom	10	SC	25
Fipronil	Regent	5	SC	50
Pymetrozine	Chess	25	WP	55.8
Spinosad	Boomerang	10	WG	50

a) Active ingredient.

발육단계별 약효 시험

알에 대한 시험은 강남콩 유묘 (파종 후 1주)에 1일 동안 받은 알 (8~12개/반복)을 잎과함께 소정약액에 30초간 침지한 후 부화율을 조사하여 사충율을 구하였다.

유충에 대해서는 1일 동안 강남콩 유묘에 받은 알을 갖 부화한 (28~49마리/반복) 유충과 2~3령 유충 (6일째)으로 나누어 (30~40마리 유충/반복) 잎과 함께 소정약액에 30초간 침지한 후 번데기수를, 그리고 번데기 (10마리/반복)에 대해서는 소정약액에 30초간 침지한 후 10일째에 우화 성충수를 조사하여 사충율을 구하였다.

성충에 대해서는 토마토 유묘를 소정약액에 30초간 침지하고 음건한 후 사각형 아크릴 사육상 (30×30×30 cm)에 넣고, 성충 10마리를 접종하고 12시간 경과 후에 사충율을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다.

침투이행효과 시험

아메리카잎굴파리의 알, 유충 (2~3령), 성충에 대하여 실시하였다. 잎침투이행성 시험은 강남콩 유묘 (파종 후 1주)의 한쪽잎에 약액을 30초간 침지하고 24시간 후 처리잎을 제거하였으며, 무처리잎에 20~30마리의 성충을 접종하고 24시간 알을 받은 후 부화수를 조사하였고, 유충의 경우는 번데기수를 조사하여 사충율을 구하였으며, 성충은 12시간 후에 사충율을 구하였다.

뿌리침투이행시험은 약액 (10 mL)을 강남콩 유묘가 식재된 포트 (직경 7.0×6.5 cm)내 토양에 관주처리하였다. 그리고 24시간 방치 후 강남콩 유묘를 사각형 아크릴 사육상 (30×30×30 cm)에 넣고 성충의 경우는 20마리를 접종하여 12시간 후에 사충율을, 알과 유충은 각각 부화수와 번데기수를 조사하고 사충율을 구하여 침투이행 여부를 검정하였다. 모든 시험은 3반복으로 하였다.

잔효성 시험

포트에 파종 후 3~4주된 강남콩 유묘잎을 소정의 약액으로 살포하여 온실에 방치하였다. 또, 수분 공급시 약액을 처리한 잎이 물에 닿지 않도록 관주하였으며, 약액처리 1, 3, 7, 10, 14일 후에 유묘를 사각형 아크릴 사육상 (30×30×30 cm)에 넣고 성충 20~30마리를 접종하여 24시간 동안 산란시킨 후 성충을 제거하고 산란된 알의 번데기수를 조사하여 사충율을 구하였다.

잔효성은 무처리구의 번데기수를 기초로 처리구의 번데기수를 보정하고 이를 다시 무처리에 대한 보정사충율로서 환산하였다 (Abbott, 1925). 모든 시험은 3반복으로 하였다.

방제효과 시험

준비된 사육상내에 파종 후 3~4주된 강남콩에 성충을 5일간 노출시킨 뒤 약제를 분무하였다. 약제처리 3, 7, 14일 후에 번데기수를 조사하여 방제가를 구하였다.

방제가는 무처리구의 밀도를 기초로 처리구의 밀도를 보정하고 이를 다시 무처리에 대한 보정사충율로서 환산하였다 (Abbott, 1925).

모든 시험은 10주를 1반복으로 5반복 난괴법으로 실시하였다.

약해 시험

약해 (기준량과 배량농도)를 분무법으로 강남콩 유묘 (파종 후 4주)와 토마토 유묘 (파종 후 4주)에 처리하고 10일 후에 약해를 조사하였다. 약해판정 기준은 농약관련법령 및 고시·예규집 (2001)에 준하였다. 모든 시험은 3반복으로 하였다.

결과 및 고찰

발육단계별 약제감수성

시판되고 있는 살충제를 추천농도 (ppm)로 희석하여 아메리카잎굴파리의 알, 유충, 번데기, 성충의 발육단계별로 처리한 후 살충활성을 비교한 결과는 표 2, 3과 같다. 아메리카잎굴파리 알에 대해서는 spinosad가 70%의 살충율을 보인 것 외에 대부분의 약제들은 살충활성이 낮았다. 2~3령유충에 대해서는 abamectin, cartap, cyromazine, emamectin benzoate, diflubenzuron + chlorpyrifos이 95% 이상의 살충활성을 나타내었다. 번데기에 대해서는 cartap + buprofezine이 98.6%의 높은 살충활성을 나타내었고, 성충에 대해서는 시험약제 모두 70%이하의 낮은 살충활성을 나타내었다 (표 2). 한편 부화유충에 7종의 살충제를 처리했을 때 용화억제율은 모두 90%이상이었다 (표 3). 특히 흥미 있는 것은 milbemectin이 2~3령유충에 처리되었을 때 용화억제율에 거의 효과가 없었으나 (표 2) 부화유충에서는 95.7%의 높은 용화억제율을 나타내어 이 약제는 특히 부화유충에 효과가 있음을 알 수 있었다 (표 3).

이상의 결과에서 33종의 약제 중 아메리카잎굴파리의 알, 유충, 번데기 그리고 성충 중 한 발육단계에 95%이상의 살충활성을 나타낸 약제는 abamectin, cartap, cyromazine, emamectin benzoate, milbemectin, cartap + buprofezine, diflubenzuron + chlorpyrifos의 7종이었다.

아메리카잎굴파리의 발육에 따른 살충제 감수성 차이는 몇몇 연구자가 보고하였다 (Schuster와 Everett, 1983; Saito 등, 1992). Saito 등 (1992)에 의하면 시판되고 있는 52종 살충제에 대한 아메리카잎굴파리 유충의 감수성은 전반적으로 낮았지만, 그 중 유충에 대해서 높은 살충력을 나타낸 것은 acephate, cartap, cyromazine, flufenoxuron, isoxathion, thiocyclam이고, 전용 (노숙유충)에 대해서는 isoxathion, cyromazine, flufenoxuron이었다. 그리고 성충에 대해서는 thiocyclam, cartap, ethofenprox이며, cyromazine과 flufenoxuron은 성충에 대해서 살충력은 전혀 없으나 강한 불임작용을 나타내었다고 보고하였다. 그러나 본 시험의 결과에서 flufenoxuron은 성충에 대해서 26.6%의 살충활성을 나타내었을 뿐 알, 유충, 번데기에 대해서 효과가 없는 것으로 나타났다. 또한 Ohno 등 (1999)은 아메리카잎굴파리에 2~3령 유충과 알에 대한 milbemectin의 효과는 낮았지만 (Saito 등, 1992), 부화유충에 대해서는 살충효과가 높았음을 보고하여 본 시험의 결과와 일치하였다.

침투이행성 효과

Abamectin, cartap, emamectin benzoate, milbemectin,

Table 2. Toxicities of 33 insecticides on egg, larva, pupa and adult of *Liriomyza trifolii* under laboratory condition

Common name	Mortality (%)			
	Egg ^{a)}	Larva ^{b)}	Pupa ^{c)}	Adult ^{d)}
Organophosphates				
Fenitrothion	2.3±2.0 kl ^{e)}	0 j	0 j	24.4±7.7 d-g
Fenthion	0 l	0 j	0 j	24.4±3.8 d-g
Carbamates				
Benfuracarb	12.2±9.2 e-i	2.5±2.5 g-j	22.4±4.4 cd	18.9±6.7 fgh
Pirimicarb	3.0±0.9 kl	0 j	0 j	7.8±4.8 j
Pyrethroids				
Deltamethrin	0 l	14.1±5.3 de	16.7±1.4 c-f	31.1±3.9 cd
Esfenvalerate	14.0±3.9 d-g	0 j	.1±2.0 ij	30.0±3.4 cde
λ-cyhalothrin	15.5±1.8 c-f	4.7±2.2 f-j	37.5±2.3 g-j	11.1±1.9 hij
ξ-cypermethrin	0 l	0.5±0.3 j	23.7±2.7 c	10.5±4.2 hij
Insect Growth Regulators				
Cyromazine	3.0±0.9 kl	95.8±1.5 a	0 j	3.9±3.4 j
DBI-3204	0.7±1.2 l	12.3±2.5 ef	8.8±3.8 f-j	22.7±6.7 d-g
Flufenoxuron	0 l	0 j	0 j	26.6±6.7 c-f
Pyriproxyfen	4.1±4.3 jkl	10.5±2.3 e-h	20.7±3.5 cde	25.0±9.3 c-g
Tebufenozide	2.8±2.8 kl	5.0±1.5 f-j	0 j	3.3±2.9 j
Neonicotinoids				
Acetamiprid	0 l	7.5±3.9 e-j	0 j	6.7±5.8 j
Thiamethoxam	21.6±2.2 c	6.7±5.2 e-j	6.0±1.7 g-j	16.7±2.9 ghi
Antibiotics				
Abamectin	8.2±1.4 f-k	98.4±1.4 a	13.6±1.7 d-g	21.7±7.6 efg
Emamectin benzoate	16.5±3.8 cde	100±0.0 a	0 j	17.8±3.9 fgh
Milbemectin	21.0±4.8 cd	8.3±6.0 e-j	9.1±1.2 f-i	16.9±2.7 ghi
Mixtures				
Acetamiprid + ethofenprox	4.9±5.4 i-l	25.3±8.7 c	7.5±2.8 g-j	10.0±5.0 hij
Cartap + buprofezin	12.8±2.5 e-h	58.2±3.5 b	98.6±1.4 a	33.5±5.6 c
Chlorfenapyr + bifenthrin	1.8±1.3 kl	1.8±1.3 hij	0 j	11.1±1.9 hij
Diflubenzuron + chlorpyrifos	9.0±1.4 f-k	96.3±1.3 a	0 j	63.3±5.8 a
Ethofenprox + diazinon	11.4±1.3 e-j	11.4±1.3 efg	22.0±7.2 cd	28.3±2.9 cde
Furathiocarb+ diflubenzuron	12.2±9.2 e-i	2.5±2.5 g-j	3.6±0.9 hij	18.9±2.7 fgh
Methiocarb + imidacloprid	5.6±6.3 h-l	8.4±4.0 e-j	0 j	22.2±3.8 d-g
Others				
Acequinocyl	0 l	5.0±2.5 f-j	0 j	2.2±3.8 j
Bifenazate	17.2±0.8 cde	8.2±3.4 e-j	45.7±4.9 b	17.7±7.7 f-i
Cartap	6.8±2.0 g-l	100±0.0 a	12.3±2.5 e-h	68.6±3.1 a
Clothianidin	30.9±1.0 b	0.7±0.5 j	0 j	17.8±3.9 fgh
Etoxazole	0 l	8.6±3.5 e-j	0 j	8.8±3.9 ij
Fipronil	0 l	21.9±3.9 cd	16.9±1.2 c-f	53.8±5.8 b
Pymetrozine	0 l	0 j	0 j	17.8±3.9 fgh
Spinosad	70.0±3.9 a	24.6±5.3 c	6.5±1.9 g-j	8.8±3.9 ij
Control	0 l	1.1±0.6 ij	0.8±0.5 ij	6.9±2.7 j

^{a)}Egg-hatch suppression (sample size, 8-12 eggs/replicate, 3 replicates/treatment).

^{b)}Pupation suppression (sample size, 30-40 larvae/replicate, 3 replicates/treatment).

^{c)}Emergence suppression (sample size, 10 pupae/replicate, 3 replicates/treatment).

^{d)}Mortality at 12 hours after treatment of the insecticide (sample size, 10 adults/replicate, 3 replicates/treatment).

^{e)}Means followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).

cartap + buprofezine, diflubenzuron + chlorpyrifos 등 6약제의 뿌리 및 엽면침투 이행 여부를 조사한 결과는 그림 1과 같다.

Table 3. Pupation suppression (%) of seven insecticides to neonate larvae of *Liriomyza trifolii*

Insecticide	n	Mortality (%) ^{a)}
Abamectin	42	100±0.0 a ^{b)}
Cartap	46	97.7±2.5 ab
Cyromazine	35	100±0.0 a
Emamectin benzoate	47	100±0.0 a
Milbemectin	32	95.7±4.0 ab
Cartap + buprofezin	28	93.0±4.6 b
Diflubenzuron + chlorpyrifos	39	97.9±2.4 ab
Control	49	0.2±0.3 c

^{a)}Emergence suppression.

^{b)}See footnote of Table 2.

Emamectin benzoate와 milbemectin의 엽면침투이행성은 알을 대상으로 조사한 결과 각각 53.3, 47.9%의 살충효과로 중간정도를 보였으며, 나머지 약제들은 침투이행이 낮았다. 또한 유충과 성충에 대해서도 침투이행 효과는 6약제 모두 30%이하의 아주 낮은 살충율을 나타냈다. 이 결과로 볼 때 약제의 식물체 침투이행은 약제간에 차이는 있으나, 효과는 높지 않았다. 따라서 이들 약제는 처리된 후 침투되어 수관이나 체관계를 따라 각 부위로 이동할 수 있는 이행능력이 약한 것으로 생각된다.

이 해충의 약제 침투이행에 관한 연구보고는 많지 않다. Rarew 등 (1985)은 국화온실에 0.4%의 조추출물 neem을 토양관주처리 (soil drench)에서 아메리카잎굴파리의 종령 유충과 번데기에 효과가 있었음을 보고하였는데, 이는 뿌리를 통한 침투이행성이 있음을 의미한다. 그의 시설하우스 해충의 예를 보면, Prabhaker 등 (1999)은 neem, azatin으로 종자처리, 토양처리 및 엽면처리하여 담배가루이의 일종인 *Bemisia argentifolii*에 대한 산란억제 및 약충에 미치는 영향을 조사하였는데, neem은 종자처리에서 산란억제효과가 없었으나, 토양처리에서는 효과가 있었고, 잎 앞면 처리에서는 뒷면으로 이행하여 효과를 나타내었다. 그리고

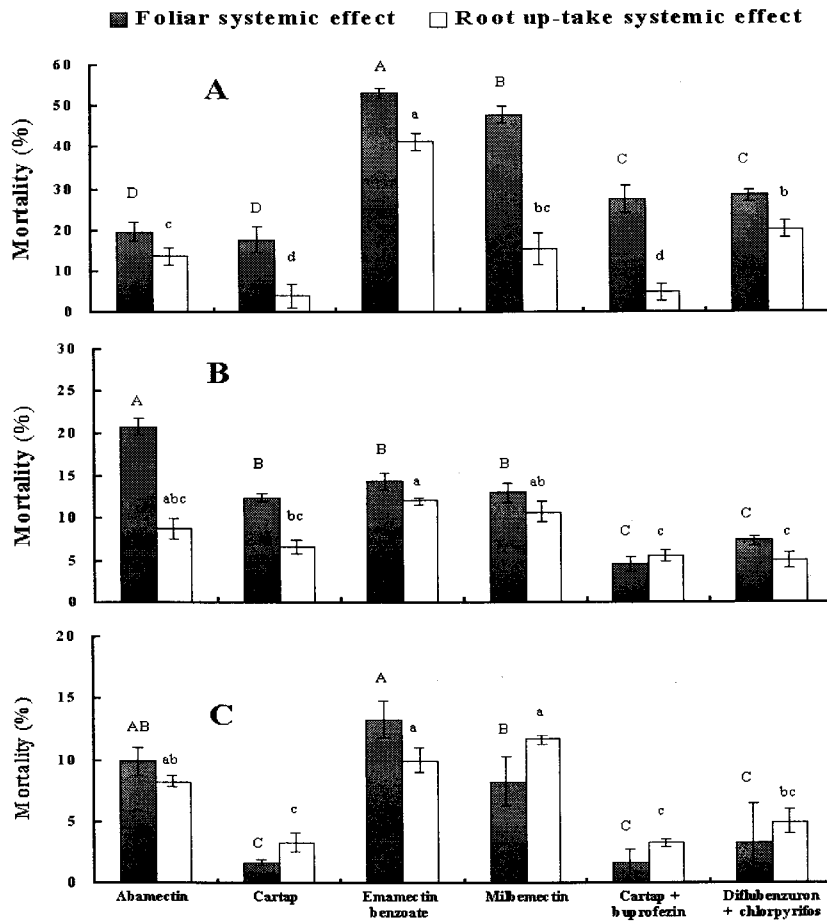


Fig. 1. Systemic effects of six insecticides to egg (A), larva (B) and adult (C) of *Liriomyza trifolii* (p=0.05; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]). Sample size, n=20~30 insects/replicate, three replicates/treatment. Vertical bars represent standard deviations of the mean.

azatin은 종자처리와 토양처리에서 산란억제효과를 나타내어 침투이행 효과가 있음을 보고하였는데, 이러한 차이는 neem은 종자처리보다 토양처리에서 지속적으로 잔류해 있기 때문에 뿌리에서 잎으로의 이동이 가능하여 효과를 나타낸 것으로 추정하였다.

침투이행성 약제는 식물체에서 이행된 후 약효를 발휘하기 때문에 약제가 직접 처리되지 않은 부위에서도 살충효과가 있어 처리된 작물을 식해하는 해충에만 선택적으로 작용하는 등의 장점을 가지고 있다. 특히 아메리카잎굴파리 유충은 잠엽성해충으로 잎 엽육 속으로 굴을 뚫고 다니면서 엽육을 가해하므로 약제처리에 의한 직접적인 접촉 가능성이 낮다. 따라서 이 해충은 침투이행 작용특성을 가진 살충제의 사용으로 가장 효율적인 방제가 될 수 있다고 생각한다.

잔효성 및 방제효과

아메리카잎굴파리 성충에 대한 abamectin, cartap, emamectin benzoate, milbemectin, cartap + buprofezin, diflubenzuron + chlorpyrifos의 잔효성을 온실에서 파종

후 3~4주된 강남콩 유묘에 추천농도로 처리하고 14일까지 조사한 결과는 그림 2와 같다. Abamectin, emamectin benzoate, milbemectin은 약제처리 후 10일째까지 각각 91.4, 90.4, 91.9%의 살충활성을 나타내었으며, 14일째에도 80%이상의 살충활성을 나타내었다. 그외 cartap, cartap + buprofezin, diflubenzuron + chlorpyrifos는 처리 후 7일째까지 90%이상의 높은 살충활성을 나타내었으나 앞의 3약제에 비하여 7일 이후부터 잔효성이 떨어지는 것으로 나타났다.

Rarew 등 (1985)은 국화온실에서 0.4%의 조추출물 neem을 토양관주처리 (soil drench)했을때 아메리카잎굴파리의 종령유충과 번데기에 살충효과가 있었으며 3주까지 잔효성이 있음을 보고하였다. 잔효성이 우수한 살충제는 처리 후 상당기간 동안 계속 처리하지 않아도 해충의 방제효과가 있기 때문에 경제적이라 할 수 있다.

온실조건하에서 아메리카잎굴파리에 대한 7종 살충제의 방제효과는 그림 3과 같다. Abamectin, cyromazine, emamectin benzoate, milbemectin을 처리했을 경우는 14일째까지 각각 96.0, 97.4, 94.5, 95.4%의 높은 방제가를 나

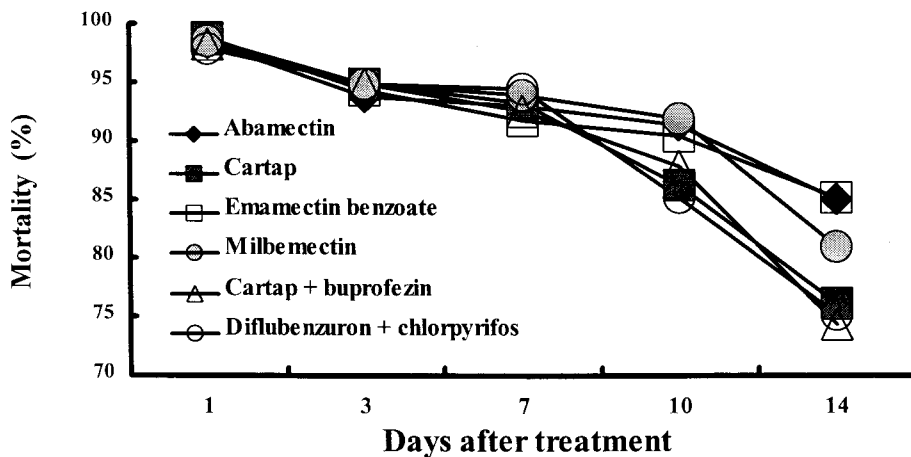


Fig. 2. Residual effects of six insecticides to the adult of *Liriomyza trifolii*.

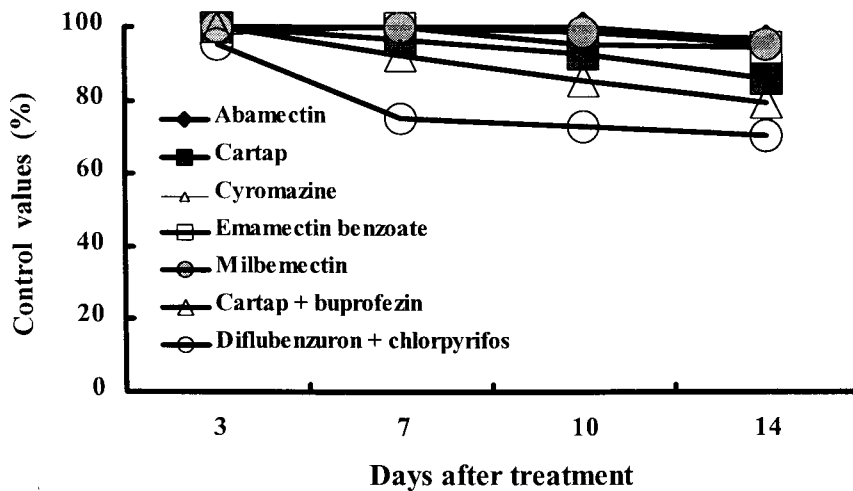


Fig. 3. Control effects of seven insecticides to *Liriomyza trifolii* under greenhouse condition.

Table 4. Phytotoxicity^{a)} of seven insecticides to kidney bean, *Phaseolous vulgaris* and tomato, *Lycopersicon esculentum* by spray application in greenhouse condition

Insecticide	Degree of phytotoxicity (0~5) ^{b)}			
	Recommended conc. (ppm)		Double conc. (ppm)	
	<i>P. vulgaris</i>	<i>L. esculentum</i>	<i>P. vulgaris</i>	<i>L. esculentum</i>
Abamectin	0	0	0	0
Cartap	1	0	2	0
Cyromazine	0	0	0	0
Emamectin benzoate	0	0	0	0
Milbemectin	0	0	0	0
Cartap + buprofezin	1	0	2	0
Diflubenzuron + chlorpyrifos	0	0	0	0

^{a)}Visual phytotoxicity observed for 10 days after treatment.

^{b)}Values based on a scale of 0 to 5 degree (0 = normal and 5 = complete death).

타내었다. 그 다음으로 cartap, cartap + buprofezin이 86.9와 79.6%의 방제가를 나타내었으며 diflubenzuron + chlorpyrifos는 7약제 중 방제가가 가장 떨어지는 것으로 나타났다. 본 방제시험은 유충발생초기에 약제를 처리하였기 때문에 방제가가 높게 나타난 것으로 생각되며 만약 모든 발육단계에서 조사하였다면 효과는 더 떨어질 것으로 생각된다.

아메리카잎굴파리의 방제약제로서 각종 IGR제, 항생제인 avermectin (Schuster 와 Taylor, 1987; Lebee, 1988; Parrella 등, 1988; Harris 등, 1990), neem (*Azadirachta indica*)의 추출물 (Larew 등, 1985) 등이 주목받고 있다. IGR약제로서는 triazine계 화합물인 cyromazine (Schuster 와 Everett, 1983; Parrella 등, 1983; Saito 등, 1992), benzoylphenylurea계인 chlorfluazuron (Ascher 등, 1989), 유약호르몬 활성을 가진 methoprene (Lindquist 등, 1984; Robb와 Parrella, 1984)과 fenoxycarb (Parrella 등, 1983) 등이 우수한 것으로 보고되어 있다. Saito 등 (1992)은 flufenoxuron처리 3일후의 LC₅₀값이 108ppm이었으나, 8일후에는 2.8ppm으로 cyromazine에 필적하는 높은 살충력을 나타내었다고 하였다. 그러나 본 실험 benzoylphenylurea계인 DBI-3204와 flufenoxuron은 살충 활성이 없었다 (표 2, 3). 최근 국내에서는 Park 등 (2000)의 방제실험에서 abamectin 유제, chlorfenapyr유제, cyromazine 수화제가 아메리카잎굴파리의 유충밀도를 효과적으로 억제시킬 수 있다고 보고하였다.

약해

강남콩잎과 토마토잎에 대한 7종 살충제의 약해 유무를 기준농도와 배량농도로 분무처리 후 10일동안 조사한 결과는 표 4와 같다. Cartap과 cartap + buprofezin 처리구에서는 강남콩잎에 갈색반점이 생기는 약해가 나타났으나 토마토잎에서는 나타나지 않았으며, 그 외 약제들은 약해가 없었다. 강남콩에 이들 약제의 방제적용은 어려울 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해보면, 아메리카잎굴파리의 방제 시험에서 높은 효과를 나타낸 abamectin, emamectin

benzoate, milbemectin이 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 국내 아메리카잎굴파리의 방제약제로 등록된 abamectin 유제, cartap 입제와 수용제, emamectin benzoate 유제, fenitrothion수화제, fipronil 입상수화제, spinosad 입상수화제 등 6종 약제 (농약사용지침서, 2000) 외에 본 시험에서는 milbemectin, cartap + buprofezin, diflubenzuron + chlorpyrifos가 살충활성있는 약제로 탐색되었다. 그러나 이미 등록된 fenitrothion, fipronil, spinosad는 본 시험에서 살충효과가 낮은 것으로 나타났다. 본 종은 약제저항성 발달이 빠르다는 연구보고가 있기 때문에 (Mason 등, 1987; Broadbent와 Pree, 1989; Sanderson, 1989; Keil 과 Parrella, 1990), 국내에서도 앞으로 약제저항성 문제로 방제에 어려움을 겪게될 것이 예상되므로, 이 해충의 약제방제체계는 물론 해충종합관리시스템 (IPM)이 시급히 요구된다.

인용문헌

- Abbott, W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265~267.
- Ascher, K. R. S., S. Yathom, N. E. Nemny and S. Tal (1989) The effect of XRD-473 and other benzoylphenylurea chitin synthesis inhibitors on a serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Pl. Dis. Prot. 96:60~70.
- Bethke, J. A. and M. P. Parrella (1985) Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of *Liriomyza trifolii*. Entomol. Exp. Appl. 39:149~154.
- Broadbent, A. B. and D. J. Pree (1989) Resistance to pyrazophos in the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Ontario greenhouses. Can. Entomol. 121:47~53.
- Han, M. J., S. H. Lee, J. Y. Choi, S. B. Ahn, and M. H. Lee. (1996) Newly introduced insect pest,

- American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 35(4):309~314 (in Korean).
- Harris, M.A., J. W. Begley, and D. L. Warkentin (1990) *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) suppression with foliar applications of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinerenematidae) and abamectin. J. Econ. Entomol. 83: 2380~2384.
- Keil, C. B. and M. P. Parrella (1990) Characterization of insecticide resistance in two colonies of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 83(1):18~26.
- Larew, H. G., J. J. Knodel-montz, R. E. Webb, and J. D. Warthen (1985) *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) control on chrysanthemum by neem seed extract applied to soil. J. Econ. Entomol. 78:80~84.
- Leibee, G. L. (1988) Toxicity of abamectin to *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 81(2):738~740.
- Leibee, G. L. and J. L. Capinera. (1995) Pesticide resistance in Florida insects limits management options. Florida Entomologist. 78(3):386~399.
- Lindquist, R. K., M. L. Casey, N. Helyer and N. E. A. Scopes (1984) leafminers on greenhouse chrysanthemum: control of *Chromatomyia syngenesiae* and *Liriomyza trifolii*. J. Agric. Entomol. 1:256~263.
- Mason, G. A., M. W. Hohnson, and B. E. Tabashnik (1987) Susceptibility of *Liriomyza sativae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to permethrin and fenvalerate. J. Econ. Entomol. 80(6):1262~1266.
- Miller, G. W. and M. B. Isgar (1995) Effects of temperature on the development of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Bull. Ent. Res. 75:321~328.
- Nagata, R. T., L. M. Wilkinson, and G. S. Nuessly (1998) Longevity, fecundity, and leaf stippling of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and affected by lettuce cultivar and supplemental feeding. J. Econ. Entomol. 91(4): 999~1004.
- Ohno, K., K. Takesaki, D. Yamaguchi, and H. Takemoto (1999) Effects of milbemectin acaricide on mortality rate of agromyzid leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), and its larval parasitoid, *Diglyphus isaca* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 43(2):93~97 (in Japanese).
- Ozawa, A., T. Saito, and M. Ota (1999) Biological control of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) on tomato in greenhouse by parasitoids. I. Evaluation of biological control by release of *Diglyphus isaca* (Walker) in experimental greenhouses. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 43:161~168 (in Japanese).
- Parrella, M. P. and J. T. Trumble (1989) Decline of resistance in *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in the absence of insecticide selection pressure. J. Econ. Entomol. 82(2):365~368.
- Parrella, M. P., G. D. Christie, and K. L. Robb. 1983. Compatibility of insect growth regulators and *Chrysocharis parksi* (Hymenoptera: Eulophidae) for the control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 76:949~951.
- Parrella, M. P., and C. B. Keil (1984) Insect pest management: the lesson of *Liriomyza*. Bull. Entomol. Soc. Am. 30:22~25.
- Parrella, M. P., K. L. Robb, J. K. Virzi and R. A. Dybas (1988) Analysis of the impact of abamectin on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Can. Entomol. 120:831~837.
- Park, J. D. (1996) Host ranges and temperature effects on the development of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Korean J. Appl. Entomol. 35(4):302~308 (in Korean).
- Park, J. D., K. B. Uhm, J. G. Yoo, and S. C. Kim (2000) Occurrence, injury aspects and effect of insecticide applications of *Liriomyza trifolii* Burgess on tomato cultivated in plastic house. Korean J. Pestic. Sci. 4(2):50~55 (in Korean).
- Prabhaker, N., N. C. Toscano, and T. J. Henneberry (1999) Comparison of neem, urea, and amitraz as oviposition suppressants and larvicides against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 92:40~46.
- Rarew, H. G., J. J. Knodel-Montz, P. E. Webb and D. J. Warthen (1985) *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) control on chrysanthemum by neem seed extract applied to soil. J. Econ. Entomol. 78:80~84.
- Robb, K. R. and M. P. Parrella (1984) Sublethal effects of two insect growth regulators applied to larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 77:1288~1292.
- Saito, T., T. Oishi, F. Ikeda, and T. Sawaki (1992) Effect of insecticides on the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 36(3):183~191 (in Japanese).
- Sanderson, J. P., M. P. Parrella, and J. T. Trumble (1989) Monitoring insecticide resistance in *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 82(4):1011~1018.
- Schuster, D. J. and P. H. Everett (1983) Response of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to insecticides on tomato. J. Econ. Entomol. 76:1170~1174.

- Schuster, D. J. and J. L. Taylor (1987) Longevity and oviposition of adult *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) exposed to abamectin in the laboratory. *J. Econ. Entomol.* 81(1):106~109.
- Tanaka, H., K. Yoshikawa, T. Sugimoto, Y. Takaura and M. Shibao (2000) Mortality of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) pupae at elevated temperatures and effective period for practical use of solar radiation for population management. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 44:225~228 (in Japanese).
- 농약사용지침서 (2000) 농약공업협회.
- 농약관련법령 및 고시 · 예규집 (2001) 농촌진흥청.

Activity and control effects of insecticides to American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)

Gil-Hah Kim¹, Young-Su Lee, Sun-Young Park, Yong-Seong Park¹, and Jeong-Wha Kim (Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesin-dong, Chong-ju, Chungbuk 361-763, Republic of Korea, ¹Aventis Crop Science Korea Ltd. 351-25 Baekam-myun, Yongin-shi, Kyungki-do, Republic of Korea)

Abstract : These studies were carried out to investigate the toxicities of 33 registered insecticide to the American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii*. Insecticidal activities were evaluated by testing systemic action and residual effect in the laboratory, and control efficacy and phytotoxicity in the greenhouse. All insecticides used in this study did not effect on the egg of *L. trifolii*, although spinosad showed 70% of egg-hatch suppression. For *L. trifolii* larvae (2~3 instar), the insecticides with over 95% of insecticidal activity were abamectin, cartap, cyromazine, emamectin benzoate, diflubenzuron + chlorpyrifos. The Insecticide what showed over 90% of insecticidal activity or neonate larvae were abamectin, cartap, emamectin benzoate, diflubenzuron + chlorpyrifos and milbemectin. Only cartap + buprofezin showed over 95% insecticidal activity against *L. trifolii* pupae. Almost insecticides used in this study little or not effected on the adult of *L. trifolii*. Emamectin benzoate and milbemectin showed moderate foliar systemic effects on eggs of *L. trifolii* (53.3, 47.9%, respectively). However, other insecticides showed little systemic effect. For larvae and adults, all insecticides showed low systemic effects. Insecticides with over 90% residual effect for 10 days were abamectin, emamectin benzoate and milbemectin (91.4, 90.4, 91.9%, respectively). In the control efficacy test on *L. trifolii*, 90% of control values were obtained at 14th day after treatment of the insecticides including abamectin, cyromazine, emamectin benzoate and milbemectin. Cartap and cartap + buprofezin showed slight phytotoxicity on kidney bean leaf, however, other insecticides showed no phytotoxic effects. These results indicate that abamectin, emamectin benzoate and milbemectin can be used for the control of *L. trifolii* in field.

*Corresponding author (Fax : +82-43-271-4414, E-mail : khkim@trut.chungbuk.ac.kr)