

아메리카잎굴파리에 대한 항생제 살충제의 생존과 생식에 미치는 영향

이정은 · 서동규 · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물학과

요약 : 본 연구는 시판되고 있는 4종의 항생제계통 살충제(abamectin, emamectin benzoate, spinosad=등록약제, milbemectin=미등록약제)에 대한 아메리카잎굴파리의 발육단계별 약제감수성을 조사하였다. 4약제 모두 알과 유충에 대해서 높은 살충효과를 나타내었으나, 번데기와 성충에 대해서는 낮은 살충효과를 나타내었다. 암컷성충의 산란억제 효과는 abamectin, emamectin benzoate, spinosad에서 100%를 나타내었으며, milbemectin은 85%의 산란억제율을 나타내었다. 섭식혼적수는 milbemectin을 제외하고는 크게 감소되었으며, 성충수명 역시 milbemectin을 제외하고 무처리의 평균 5.5일에 비하여 0.8-1.4일로 크게 단축되었다. 산란효과는 abamectin, emamectin benzoate 그리고 spinosad는 처리 후 7일까지 높았으나, milbemectin은 낮았다. (2006년 11월 12일 접수, 2006년 12월 23일 수리)

색인어 : *Liriomyza trifolii*, antibiotics, oviposition, feeding activity, residual effect, susceptibility

서 론

아메리카잎굴파리는 작물의 잎 조직 사이에서 부화한 유충이 엽육을 식해하며 구불구불한 갱도를 형성하기 때문에 식물의 외관상 상품가치를 하락시키고 심할 경우, 광합성을 저해시켜 조기낙엽을 초래하여 경제적으로 큰 피해를 준다(Trumble *et al.*, 1985; Parrella, 1987; Park *et al.*, 2001).

아메리카잎굴파리는 높은 번식력과 짧은 생활사를 가지고 있으며, 발육단계별 서식처가 다르기 때문에 살충제로부터의 직접적인 노출을 피할 수 있어 저항성이 쉽게 발현된다(Saito *et al.*, 1992; Miller and Isgar, 1995). 그러나 이 해충의 방제는 화학적방제에 의존해 왔으며, 다양한 합성 살충제의 사용으로 해충의 밀도를 더욱 증가시키는 결과를 가져왔다(Ozawa *et al.*, 1999). 1970년대 이후 아메리카잎굴파리에 대한 유기인제, 카바메이트제, 합성피레스로이드제 등 각종 살충제의 저항성 발달이 보고되었으며(Robb and parrella, 1984; Mason *et al.*, 1987; Broadbent and Pree, 1989; Parrella and Trumble, 1989; Keil and Parrella, 1990), Broadbent and Pree (1989)는 permethrin에 대해 2년 후에 약 20배, pyrazophos에 대해 1년 후에 약 156배의 감수성 저하를 보고하였다. 또한 Leibee and Capinera (1995)는 1962년에 diazinon, naled가 아메리카잎굴파리의 방제에 우수한 효과를 보고하였으나,

1974년에는 방제효과가 없다고 보고하였다.

2001년 국내에서 보고된 바에 의하면 아메리카잎굴파리에 대해 유기인제, 카바메이트제 등 33종의 약제 중, abamectin, emamectin benzoate 등 7가지 약제만이 70% 이상의 살충활성을 보였으며, 대부분 유충에만 효력을 나타내는 것으로 보고하였다(Kim *et al.*, 2001). 그리고 2005년 일본의 보고에 의하면 25종의 약제 중 17종이 80% 이상의 높은 방제효과를 보였다(Tokumar *et al.*, 2005). 우리나라와 일본의 보고에서 공통적으로 사용된 약제 11종 중 양국에서 모두 우수한 살충효과를 나타낸 약제는 4종이며 그 중 2종이 항생제계통(antibiotics)의 약제였다.

이에 본 연구는 항생제계통의 살충제가 우수한 효과가 있다고 생각되어 4종의 항생제계통 약제를 선발하여 이에 대한 발육 단계별(알, 유충, 번데기, 성충) 약제감수성을 조사하고, 섭식과 산란에 미치는 효과와 산란 억제 잔류효과를 시험하여 아메리카잎굴파리의 효과적인 관리 및 방제에 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험곤충

시험에 사용된 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)는 충북 청주 부근의 시설재배지에서 채집, 누대 사육하였다. 아크릴 사육상(26 × 30 × 45 cm)에서 강낭

*연락처

콩 유묘를 기주로 사육하였고, 성충은 설탕물(10%)을 공급해 주었다. 실내 사육조건은 온도 25~28°C, 상대습도 50~60%, 광 조건은 16:8(L:D)로 하였다.

시험약제

시판되고 있는 항생제계통의 4가지 살충제(abamectin 1.8 EC, emamectin benzoate 2.15 EC, milbemectin 1 EC, spinosad 10 WG)가 사용되었다. Abamectin, emamectin benzoate, spinosad는 아메리카잎굴파리 방제용으로 등록된 약제이며, milbemectin은 미등록약제이다.

발육단계별 약효 시험

알에 대한 시험은 강낭콩 유묘(파종 후 1주)에 24시간 동안 산란을 받은 후, 알을 잎과 함께 소정 약액에 30초간 침지한 후 부화율을 조사하였으며, 유충에 대한 시험은 강낭콩 유묘에 24시간 동안 산란 받은 후, 이것이 부화하면 2령 유충을 제외한 나머지 유충을 제거한 다음 잎을 소정 약액에 30초간 침지한 후 용화율을 조사하였다. 그리고 번데기 시험에서는 용화된 지 3~4일 정도 된 번데기 10마리를 선별하여 얇은 망사형걸개로 감싸 소정 약액에 30초간 침지하여 우화율을 조사하였고, 마지막으로 성충에 대해서는 강낭콩 유묘를 소정 약액에 30초간 침지하고 음건한 후에 원통형 아크릴 용기(Φ 9 × 15 cm)에 넣고, 성충 10마리를 접종하여 12시간 후에 사충수를 조사하였다. 모든 시험은 3반복으로 수행하였다.

섭식, 산란 및 수명 시험

파종 후 1주된 강낭콩 유묘를 소정 약액에 30초간 침지한 후, 음건하여 원통형 아크릴 용기(Φ 9 × 15 cm)에 넣고, 성충 암수 1쌍을 접종시켰다. 6시간마다 사충수를 세어 수명을 조사하고, 성충이 모두 죽은 후 현미경하에서 강낭콩 잎의 섭식흔적수를 세고 산란수를 조사하였다. 모든 시험은 20반복으로 수행하였다.

산란억제 시험

파종 후 1주된 강낭콩 유묘를 소정의 약액에 30초간 침지한 후 온실에 두었고, 해충의 접근을 차단하기 위해 망을 씌웠으며, 수분 공급 시 약액을 처리한 잎이 물에 닿지 않도록 관주하였다.

약액처리 1, 3, 7일 후, 유묘를 원통형 아크릴 용기(Φ 9 × 15 cm)에 넣고 각각 암수 성충 1쌍을 접종하였다. 성충이 수명을 다할 때 까지 계속하여 산란을

받고, 죽은 후 현미경하에서 산란수를 조사하였다. 모든 시험은 20반복으로 수행하였다.

자료분석

실험결과는 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991)로 비교하였다.

결과 및 고찰

발육단계별 약제 감수성

아메리카잎굴파리에 대한 4종의 항생제계통 약제의 각 발육단계에 대한 살충효과는 Table 1과 같다. 아메리카잎굴파리의 알에 대하여 abamectin, emamectin benzoate, milbemectin은 추천농도(각각 6, 10, 10 ppm)에서 모두 100%의 살란율을 보였고, spinosad의 추천농도(50 ppm)에서는 89.4%의 살란율을 보였다. 이 중 abamectin과 emamectin benzoate는 각각 3 ppm, 5 ppm에서도 100%의 뛰어난 살충효과를 보였다. 유충에 대하여 abamectin은 세 농도 모두 100%치사율을 보였고, emamectin benzoate는 10 ppm(추천농도), 5 ppm에서, milbemectin은 10 ppm(추천농도)에서 100%의 치사율을 나타내었다.

번데기에서는 4종의 약제 모두 30% 이하의 낮은 살충효과를 보였으며 성충에서도 모두 40% 이하의 살충활성이 나타났다. 이상의 결과, 4약제 모두 번데기와 성충에 대해서는 낮은 살충효과를 보이는 반면 알과 유충에 대해서는 100%에 가까운 높은 살충효과를 나타내었다. 유충과 알은 엽육사이에 존재하여 직접적인 약제 접촉이 되지 않기 때문에 방제가 어려울 것이라 생각되는 것이 일반적이나, 이번 시험에서 알과 유충에 대해 높은 부화억제율과 용화억제율을 보임으로 이 약제들은 엽면 침투효과가 있는 것으로 생각된다.

Kim *et al.* (2000)의 아메리카잎굴파리에 대한 발육단계별 약제감수성 결과에서, abamectin과 emamectin benzoate는 유충에, 그리고 spinosad는 알에 대해서만 살충효과를 보고하여 본 실험의 결과와 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 실험곤충의 채집지역과 약제에 대한 노출기회 및 생물검정법의 차이에서 오는 것으로 생각된다.

또한 Tokumar *et al.* (2005)은 아메리카잎굴파리에 대한 발육단계별 약제감수성 조사에서 emamectin benzoate와 spinosad는 높은 살충효과를 나타내었으나, milbemectin은 살충효과가 떨어지는 것으로 나타나 본

Table 1. Toxicities of four insecticides on egg, larva, pupa and adult of *Liriomyza trifolii* under laboratory condition

Insecticide	Conc. (ppm)	Mortality (%)							
		n	Egg ^{a)}	n	Larva ^{b)}	n	Pupa ^{c)}	n	Adult ^{d)}
Abamectin	6	78	100.0±0.0 a ^{c)}	34	100.0±0.0 a	30	20.0±10.0 abc	30	16.7±5.8 cdef
	3	62	100.0±0.0 a	26	100.0±0.0 a	30	13.3±5.8 bcde	33	12.5±6.5 def
	1	41	96.7±5.8 ab	26	100.0±0.0 a	30	6.7±5.8 cde	30	3.3±5.8 ef
Emamectin benzoate	10	57	100.0±0.0 a	29	100.0±0.0 a	30	16.7±11.5 abcd	31	32.1±10.7 abcd
	5	65	100.0±0.0 a	29	100.0±0.0 a	30	10.0±10.0 bcde	29	13.7±5.5 def
	1	70	54.1±6.4 c	33	97.2±4.8 a	30	6.7±11.5 cde	30	13.3±11.5 def
Milbemectin	10	58	100.0±0.0 a	33	100.0±0.0 a	30	13.3±5.8 bcde	30	20.0±10.0 bcde
	5	53	95.1±4.8 ab	35	94.3±5.2 a	30	10.0±0.0 bcde	32	18.3±7.6 cdef
	1	84	58.0±4.5 c	30	78.3±20.2 b	30	3.3±5.8 de	30	13.3±15.3 def
Spinosad	50	46	89.4±9.3 b	27	63.1±3.4 c	30	30.0±10.0 a	30	40.0±10.0 a
	30	50	52.1±5.2 c	29	44.8±5.0 d	30	23.3±5.8 ab	30	36.7±15.3 ab
	10	43	32.6±5.3 d	28	39.3±5.6 d	30	16.7±11.5 abcd	30	33.3±5.8 abc
Control	-	42	0.0±0.0 e	30	0.0±0.0 e	30	0.0±0.0 e	30	0.0±0.0 f

^{a)}Egg-hatch suppression ^{b)}Pupation suppression ^{c)}Emergence suppression

^{d)}Mortality at 12 hours after treatment of the insecticide

^{e)}Means followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ by Tukey's range test (SAS Institute, 1991).

실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

섭식, 산란 및 수명에 미치는 영향

4종의 살충제에 대한 아메리카잎굴파리의 섭식 흔적수, 산란수 및 수명을 조사한 결과는 Table 2와 같다. Abamectin과 emamectin benzoate, spinosad에서는 무처리 에 비해 섭식 흔적수는 95%이상 감소하였고, 산란억제율은 96%이상을 나타내었다.

Milbemectin은 나머지 세 약제에 비하여 억제효과는 현저히 떨어졌지만 무처리구에 비해 섭식 흔적수는 29%이상 감소하였고, 68%이상의 산란억제율을 나타내었다. 이때의 수명 또한, 나머지 세 약제에서는 0.8~1.4일로 74.5%이상 감소하였고, milbemectin은 2.2~3.2일로 41%이상 감소하였다. 이는 수명이 단축되어 섭식과 산란할 수 있는 기회가 줄어들었기 때문인 것으로 생각된다.

Tokumaru *et al.* (2005)은 아메리카잎굴파리에 대한 milbemectin을 제외하고 emamectin benzoate와 spinosad의 섭식과 산란억제효과가 높은 것으로 본 실험의 결과와 일치하였다.

산란억제효과

4종 약제의 추천농도를 각각 처리한 다음 1, 3, 7일

후 아메리카잎굴파리를 접종하였을 때, 암컷 한 마리당 산란수를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

Abamectin은 1, 3, 7일차에서 모두 100%의 산란억제율을 보임으로 4종의 약제 중 산란억제효과가 가장 높았고 emamectin benzoate는 각각 100%, 99.1%, 97.5%로 높은 산란억제 잔류효과를 보였으며, spinosad는 각각 99.6%, 93.2%, 86.1%의 산란억제율을 나타냄으로서, abamectin, emamectin benzoate에 이어 높은 잔류효과를 보였다. 반면 milbemectin은 각각 67.5%, 69.9%, 61.4%의 산란억제율을 보임으로서 시간 경과에 관계없이 나머지 3 약제에 비하여 낮았다(Table 3).

몇몇 연구자들에 의하면 abamectin은 잔류효과가 길고(Schuster and Tayler, 1987), 유충에 대해 효과적이라 하였으며(Schuster and Everett, 1983; Park *et al.*, 2000; Kim 2001; Tokumaru *et al.*, 2005), 본 실험결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

본 종은 한세대의 발육기간이 짧고 저항성발달이 빠르다는 보고가 있기 때문에 (Sanderson *et al.*, 1989; Keil and Parrella, 1990), 앞으로 지역별 약제 저항성발달 수준 조사와 천적등을 이용한 종합관리시스템 개발이 요구된다.

Table 2. Effect of four insecticides on oviposition and feeding activity of *L. trifolii* female adult

Insecticide	Conc. (ppm)	n ^{a)}	No. of eggs laid ^{b)} /♀	No. of feeding punctures/♀	Longevity (day)
Abamectin	6	20	0.0±0.0 e ^{c)}	1.5±0.8 e	0.8±0.4 d
	3	20	0.0±0.0 e	9.1±3.9 e	1.2±0.5 d
	1	20	0.1±0.3 e	15.7±5.6 e	1.4±0.6 d
Emamectin benzoate	10	20	0.0±0.0 d	1.3±0.9 e	0.9±0.5 d
	5	20	0.0±0.0 d	8.2±3.5 e	1.1±0.5 d
	1	20	0.2±0.4 d	14.3±5.2 e	1.3±0.3 d
Milbemectin	10	20	4.1±1.9 c	149.0±26.7 d	2.2±1.2 c
	5	20	5.0±2.1 c	187.1±36.3 c	2.6±1.3 c
	1	20	8.6±2.1 b	230.8±60.5 b	3.2±1.3 b
Spinosad	50	20	0.0±0.0 d	2.9±1.4 e	0.9±0.2 d
	30	20	0.2±0.4 d	5.5±3.1 e	1.0±0.4 d
	10	20	0.9±0.9 d	11.1±6.2 e	1.4±0.6 d
Control	-	20	27.7±6.7 a	327.6±37.7 a	5.5±1.3 a

^{a)}Number of female adults tested

^{b)}Mean±SD

^{c)}See Table 1.

Table 3. Residual effect of four insecticides on oviposition of *L. trifolii* female adult under greenhouse condition

Insecticide	Conc. (ppm)	n ^{a)}	No. of eggs laid / female adult		
			1 d ^{b)}	3 d	7 d
Abamectin	6	20	0.0±0.0 c ^{c)} (100) ^{d)}	0.0±0.0 c (100)	0.0±0.0 c (100)
Emamectin benzoate	10	20	0.0±0.0 c (100)	0.2±0.4 c (99.1)	0.5±0.8 c (97.5)
Milbemectin	10	20	7.5±3.6 b (67.5)	6.6±3.0 b (69.6)	7.8±4.1 b (61.4)
Spinosad	50	20	0.1±0.3 c (99.6)	1.5±1.1 c (93.2)	2.8±2.3 c (86.1)
Control	-	20	23.1±4.4 a	21.9±4.0 d	20.2±3.8 a

^{a)}Number of female adults tested

^{b)}Days after treatment

^{c)}See Table 1

^{d)}Control efficacy (%) = (No. of egg laid per female of untreated plot - No. of egg laid per female of treated plot / No. of egg laid per female of untreated plot) × 100.

감사의 글

이 논문은 2006년도 충북대학교 학술지원연구사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

인용문헌

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.
- Keil, C. B. and M. P. Parrella (1990) Characterization of insecticide resistance in two colonies of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.* 83:18~26.
- Kim, K. H., Y. S. Lee, S. Y. Park, Y. S. Park, and J. H. Kim (2001) Activity and control effects of insecticides to American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Korean J. Pestic. Sci.* 5:46~54.
- Leibee, G. L. and J. L. Capinera (1995) Pesticide resistance in Florida insects limits management options. *Florida Entomologist.* 78:386~399.
- 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.* 80:1262~1266.
- 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.
- 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 isaea* (Walker) in experimental greenhouses. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43:161~168 (in Japanese).
- 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.* 4:50~55.
- Park, J. D., Y. S. Koo, D.S. Choi, and S. S. Kim (2001) Damaged aspects, seasonal fluctuations, and attractivity of various colors on *Liriomyza trifolii* Burgess in gerbera. *Korean J. Appl. Entomol.* 42:97~103.
- 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.* 82:365~368.
- 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.* 36:183~191 (in Japanese).
- Sanderson, J.P., M. P. Parrella and J. T. Trumble (1989) Monitoring insecticide resistance in *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.* 82:1011~1018
- SAS Institute (1991) SAS/STAT user's guide: Statistics, version 6.04. Cary, N. C., U.S.A.
- Schuster, D. J. and J. L. Taylor (1987) Residual activity of abamectin against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Florida Entomologist.* 70:351~354.
- Tokumaru, S., H. Kurita and M. Fukui (2005) Insecticide susceptibility of *Liriomyza sativae*, *L. trifolii*, and *L. bryoniae* (Diptera: Agromyzidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49:1~10 (in Japanese).
- Trumble, J. T., I. P. Ting and L. Bates (1985) Analysis of physiological growth and yield responses of celery to *Liriomyza trifolii*. *Entomol. Exp. Appl.* 38:15~21.

Effect of Antibiotics Insecticides on Survival and Reproduction of the Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii*

Jeong-Eun Lee, Dong-Kyu Seo and Gil-Hah Kim * (*Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*)

Abstract : Susceptibility of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii*, to four insecticides (abamectin, emamectin benzoate, spinosad and milbemectin) was tested in the laboratory. All insecticides showed high mortality on the egg and larval stage, but on pupa and adult. Oviposition was 100% suppressed by abamectin, emamectin benzoate and spinosad, and 85% by milbemectin. The three insecticides except milbemectin inhibited greatly the feeding activity of adults. Adult longevity was reduced (0.8-1.4 days) by the tree insecticides except milbemectin, in comparison with 5.5 days in control. Abamectin, emamectin benzoate and spinosad were effective on oviposition until 7 days after treatment, but milbemectin was not.

Key words : *Liriomyza trifolii*, antibiotics, oviposition, feeding activity, residual effect, susceptibility.

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