

점박이응애(*Tetranychus urticae*), 간자와응애(*Tetranychus kanzawai*)와 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi*)에 대한 Abamectin의 독성 비교

Comparative Toxicity of Abamectin to the Spider Mites, *Tetranychus urticae* Koch and *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae) and the Predatory Mite, *Amblyseius* *womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae)

김상수 · 백채훈

Sang Soo Kim and Chae Hoon Paik

ABSTRACT The comparative toxicity of abamectin to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha and the spider mites, *Tetranychus urticae* Koch and *T. kanzawai* Kishida was evaluated by leaf disc method. Abamectin was much less toxic to *A. womersleyi* than to the spider mites. Although survival rate of adult females of *A. womersleyi* tended to decrease with increasing abamectin concentration, 8~78% of predators remained alive at concentrations of 0.38~6 ppm. Likewise, reproduction was significantly reduced with increasing abamectin concentration. Abamectin neither affect the hatch of *A. womersleyi* eggs nor the development of surviving immature predators. Survival of immature predators decreased with increasing abamectin concentration. However, 42~90% of immature predators reached adulthood at 0.38~3 ppm. Adult female predators survived on a diet of spider mites intoxicated with abamectin, although their fecundity and the sex-ratio of the progeny were significantly affected. Abamectin at selective sublethal concentrations (0.38~0.75 ppm) could be of value in adjusting predator/prey ratios in integrated management of *T. urticae* and *T. kanzawai*.

KEY WORDS *Amblyseius womersleyi*, *Tetranychus urticae*, *T. kanzawai*, abamectin, comparative toxicity, integrated management

초 록 점박이응애, 간자와응애와 긴털이리응애에 대하여 abamectin의 독성을 leaf disc 법으로 시험하였다. Abamectin은 점박이응애나 간자와응애보다 긴털이리응애에 대하여 독성이 매우 낮았다. 긴털이리응애 암컷성충은 처리 농도가 증가할수록 생존율이 크게 감소하였으나 0.38~6 ppm에서 8~78%가 생존하였으며, 산란수도 농도 증가에 따라 크게 감소하였다. 모든 처리 농도에서 긴털이리응애 난의 부화나 생존 유·약충의 발육에는 영향이 없었다. 유·약충의 생존율은 농도 증가에 따라 감소하여 0.38~3 ppm에서 42~90%가 성충으로 우화하였다. 중독된 먹이를 섭취한 긴털이리응애 암컷성충은 생존율에는 별 영향이 없었지만, 산란수와 차세대의 성비에는 상당한 영향을 받았다. 또한 긴털이리응애에 상대적으로 영향이 적어 아치사농도라 할 수 있는 0.38~0.75 ppm에서의 abamectin은 점박이응애나 간자와응애의 종합관리에서 긴털이리응애와 식식성응애류의 밀도비를 조절에 유용할 것으로 생각된다.

검색어 긴털이리응애, 점박이응애, 간자와응애, abamectin, 독성비교, 종합관리

환금작물을 가해하는 식식성응애류 중 점박이응애(*Tetranychus urticae*)는 사과·배 등 과수재배지대의 만성적인 주요 해충일 뿐만 아니라 일부 채소·화훼 재배지에서도 상당한 피해를 야기하고 있으며, 간자와응애(*T. kanzawai*)도 기주가 광범위하여 일부 과수

·채소와 녹차재배지에서 큰 피해를 주고 있는데, 우리나라에서 지금까지 이들에 대한 방제수단으로써는 대부분 약제에 의존하고 있어 이에 따른 여러가지 부작용으로 재배농가에 많은 부담을 주고 있는 실정이다(이 1990, 김 등 1993a, b, 김 1994). 이러한 문제점

순천대학교 농생물학과(Dept. of Agrobiolgy, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea)
*이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

들에 대한 대책의 일환으로 최근에는 현행 방제체제와 천적을 이용한 생물적 방제를 효율적으로 조화시키고자 사과와 녹차재배지에서 점박이응애와 간자와응애의 포식성 천적인 긴털이리응애(*Amblyseius womersleyi*)의 활용에 대한 연구가 이루어진 바 있다(이 1990, 김 1994, 김과 이 1993, 1994). 그러나 지금까지 대부분의 환금작물 병해충의 경우와 마찬가지로 점박이응애에 대해서도 약제 사용을 완전히 배제한 경제적이고 효과적인 방제수단이 정립되었다고 볼 수 없을 뿐만 아니라, 이(1990)와 김(1994)도 사과와 녹차 재배지에서 포식성 천적만으로는 식식성응애류의 개체군 밀도를 경제적 피해수준 이하로 유지하기 어렵다고 한 바 있다.

이와 같이 식식성응애류의 방제를 위한 약제의 사용이 불가피한 상황에서 근래에는 이들의 생물적 조절인자인 천적의 역할을 보다 증대시키고자 해충보다는 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 탐색·이용하여 천적과 해충의 밀도를 적정 수준으로 조정함으로써 보다 장기적인 방제효과를 유지하려는 데 대한 많은 노력이 경주되고 있다(Hoy와 Ouyang 1986, Reda와 El-Banhawy 1988, Croft 1990, Zhang과 Sanderson 1990). 이러한 선택성 약제는 응애류의 종합관리체계에서 매우 귀중한 도구로 사용할 수 있기 때문에 현재 사용하고 있는 방제 약제나 신개발 약제를 대상으로 식식성응애와 천적류에 대한 선택성 평가는 필히 이루어져야 할 것이다(Hoy와 Cave 1985).

따라서 본 시험은 최근에 사용빈도가 높은 abamectin의 농도별로 긴털이리응애와 점박이응애, 간자와응애의 발육단계별 생존율, 활동성과 산란수 등에 미치는 상대적 영향을 조사함과 동시에, 이 약제의 긴털이리응애에 대한 이차독성(약제에 중독된 먹이를 포식함에 따른 독성)을 시험하여 응애류 종합관리체계에서 abamectin의 이용과 적정 사용농도를 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시충과 시험조건

본 시험에 공시한 긴털이리응애는 보성의 녹차 재배지에서 1995년에 채집하여 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 사육실에서 강남콩(*Phaseolus vulgaris* L.)잎에 점박이응애를 먹이로 하여 누대사육하였으며, 점박이응애는 나주의 배과수원에서, 간자와응애는 보성의 녹차 재배지에서

각각 1995년에 채집하고 강남콩에 사육·증식하여 확보하였다. 시험설비로는 증류수를 채운 플라스틱 밀폐용기(14×5 cm)의 덮개 중앙에 1 cm의 구멍을 뚫은 다음, 하부 중앙에 같은 크기로 구멍을 뚫어 탈지면을 간 플라스틱 페트리디쉬(직경 9 cm)를 그 위에 놓고 탈지면으로 서로 연결해 계속하여 수분이 공급될 수 있도록 하였다. 모든 시험은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온습습기(16L:8D, RH 50~60%)내에서 수행하였으며, 전술한 페트리디쉬에 강남콩 leaf disc(직경 3 cm)의 뒷면이 위를 향하도록 2개씩 놓은 다음 leaf disc 주위에는 물에 적신 탈지면을 배치해 긴털이리응애와 식식성응애의 이탈을 방지하였다. 살비제 처리는 abamectin(1.8% EC)(Avermectin B1(avermectin B1a 80% 이상 + avermectin B1b 20% 이하))을 소정농도로 희석한 용액에 leaf disc를 약 10초 동안 침지한 후 실험실내에서 음건하였다. 긴털이리응애와 식식성응애류 공히 leaf disc 밖으로 이탈하거나 가는 붓으로 건드렸을 때 반응이 없는 개체는 죽은 것으로 간주하였으며, 미세한 붓으로 자극했을 때 정상적으로 보행할 수 있는 개체는 생존개체로, 다리는 약간 움직이지만 정상적으로 보행할 수 없는 개체는 활동불능된 개체로 구분하였다.

긴털이리응애, 점박이응애와 간자와응애의 암컷성충에 대한 abamectin의 영향

긴털이리응애 암컷성충의 생존율, 활동성과 산란수에 미치는 abamectin의 영향을 알아보기 위하여 강남콩 leaf disc를 농도별(0.38, 0.75, 1.5, 3.0, 6.0 ppm)로 희석한 abamectin 용액에 침지하여 음건시킨 후 페트리디쉬 내의 물에 적신 탈지면 위에 뒷면이 위로 향하도록 놓았다(Grafton-Cardwell과 Hoy, 1983). 암컷성충들은 유사한 연령의 개체들을 얻기 위하여 50개체 이상의 암컷성충을 24시간 산란시킨 후 이들을 계속 사육하고 우화가 시작되면 수컷성충을 접종하여 교미를 유도한 후 미세한 붓으로 leaf disc로 옮겼으며, 점박이응애의 난과 유·약충을 먹이로 제공하였고 매일 보충하여 충분한 먹이조건을 유지하였다. 농도별 5반복, 반복당 10마리의 암컷성충을 시험에 사용하였다. 암컷성충들의 생존율, 활동성과 leaf disc상의 전체 산란수는 처리 후 1, 3, 5, 6, 7, 8일에 현미경하에서 조사하였다. 점박이응애와 간자와응애의 암컷성충에 대한 abamectin의 영향은 긴털이리응애를 대상으로 시험한 경우와 동일한 방법으로 수행하였다.

이차독성의 영향

긴털이리응애 암컷성충에 대한 이차독성의 영향은 무처리 leaf disc상의 긴털이리응애에 abamectin에 중독된 점박이응애 또는 약제를 처리하지 않은 점박이응애를 제공하여 검토하였다. 중독된 먹이는 abamectin의 0.38 ppm 용액에 침지하여 음건시킨 강낭콩 잎에 점박이응애의 약충들을 1일 동안 가두어 놓음으로써 확보하였다. 20개의 무처리 leaf disc마다 전술한 사육 개체군에서 교미가 이루어진 5개체의 긴털이리응애 암컷성충을 옮긴 후 10개의 leaf disc에는 abamectin에 의해 중독(활동불능)된 먹이를 제공하고 나머지 10개의 disc에는 약제를 처리하지 않은 신선한 먹이를 공급하였으며, 충분한 먹이조건을 유지하기 위해 매일 각각의 경우에 해당하는 먹이를 보충하였다. 긴털이리응애 암컷성충의 개체별 생존과 산란수는 매일 조사하였으며, 모든 난은 매일 따로 모아 성충이 될 때까지 재사육하여 성비를 조사하였다. 이 시험은 7일 동안 실시하였으며, 처음 1일의 결과는 시험시작 이전 섭식의 영향을 배제하기 위해 결과분석에서 제외하였다.

긴털이리응애, 점박이응애와 간자와응애의 난 및 유·약충에 대한 abamectin의 영향

긴털이리응애의 난과 유·약충에 대한 abamectin의 영향을 검토하기 위하여 농도별로 산란 후 1일 이내의 난 50개체(반복당 10개체)를 0, 0.38, 0.75, 1.5, 3.0 ppm으로 처리한 leaf disc에 미세한 붓으로 옮기고 부화 후 매일 이들의 생존과 활동성을 조사하였다. 먹이로는 긴털이리응애의 난이 부화하기 시작할 때부터 점박이응애의 난과 유·약충을 계속하여 충분히 공급하였다. 유충에 대한 활동불능 여부는 이들이 미세한 붓으로 건드렸을 때 다치기 쉬운 관제로 조사하지 않았으며, 모든 유·약충이 성충이 되면 시험을 종료하였다. 점박이응애와 간자와응애의 난과 유·약충에 대한 abamectin의 영향은 긴털이리응애를 대상으로 시험한 경우와 동일한 방법으로 수행하였다.

자료분석

각 경우의 시험에서 생존율과 산란수에 대한 결과는 분산분석(ANOVA)과 Duncan(1955)의 다중검정으로 비교하였으며, 생존율 성적은 arcsine value로 변환한 후 분석에 이용하였다. 이차독성시험의 생존율과 산란수는 t-검정에 의하여 유의성을 검정하였다.

결 과

긴털이리응애, 점박이응애와 간자와응애의 암컷성충에 대한 abamectin의 영향

Abamectin을 0, 0.38, 0.75, 1.5, 3, 6 ppm으로 leaf disc를 처리하여 긴털이리응애 암컷성충의 생존율, 활동성과 산란수에 미치는 영향을 조사한 결과, 처리 24시간 후에 0.38~3 ppm에서는 생존율에 별 차이가 없었으나 6 ppm에서는 48%로 감소하였으며 그 중 반수 이상이 활동불능 상태였다(Table 1). 72시간 후부터는 처리농도의 증가에 따라 생존율이 감소하여, 120시간 후에 0.38~0.75 ppm에서는 84~86%가 생존하였으나 1.5~6 ppm에서는 18~58%로 감소하였고 그중 3~11%의 개체들이 활동불능되었다. 144시간 후에 1.5~3 ppm의 경우는 50% 이하로 생존 개체가 감소하여 192시간 후에는 26~38%의 생존율을 나타내었으며, 국내에서 사용 권장농도인 6 ppm에서는 192시간 후에 8%의 개체만이 생존하였는데, 활동불능되지 않은 생존 개체들도 전반적으로 이들 고농도에서는 활동성이 약간 떨어지는 경향이였다. 그러나 0.38~0.75 ppm에서는 192시간 후에도 76~78%의 생존율을 나타내어 무처리와 통계적 유의성이 없었다(Table 1). 전체 산란수는 전반적으로 처리농도의 증가에 따라 감소하여 0.38~0.75 ppm에서 무처리에 비해 73.3~76.1%로 감소되었으나 무처리와 통계적 차이는 없었다. 그러나 1.5~3 ppm에서는 무처리의 21.3~37%, 6 ppm에서는 5.3%로 크게 감소되었다(Table 2).

점박이응애와 간자와응애 암컷성충의 생존율, 활동성과 산란수에 미치는 abamectin의 영향을 조사한 결과, 점박이응애 암컷성충의 경우 처리 24시간 후에 6 ppm에서 100%가 치사되었고 1.5~3 ppm에서 4~10%가 생존하였으나 모두 활동불능 상태였으며 0.38~0.75 ppm에서는 24~40%의 생존율을 나타내었지만 그 중 65~70%는 활동불능된 개체들이었다. 72시간 후에는 0.38~1.5 ppm에서만 2~16%가 잔존하였으나 모두 활동불능 상태였으며 120시간 후에는 무처리를 제외한 모든 시험농도에서 생존 개체가 전무하였다(Table 1). 간자와응애 암컷성충의 경우에도 처리 24시간 후에 6 ppm에서 100%가 치사되었고 1.5~3 ppm에서 2~8%가 생존하였으나 모두 활동불능 상태였으며 0.38~0.75 ppm에서 20~34%의 생존율을 보였지만 그중 77~90%는 활동불능된 개체였다. 72시간 후에는 0.38~0.75 ppm에서만 4~14%가 생존하

Table 1. Survival and mobility of adult females of *A. womersleyi*, *T. urticae* and *T. kanzawai* on abamectin-treated bean leaf discs

Mite species and conc. (ppm)	% Survival (% immobilized individuals) after ^a :					
	24 h	72 h	120 h	144 h	168 h	192 h
<i>A. womersleyi</i>						
6.0	48.0b(54.2)	28.0c(35.7)	18.0d(11.1)	10.0d(0.0)	8.0d(0.0)	8.0c(0.0)
3.0	96.0a(0.0)	66.0b(0.0)	48.0cd(8.3)	42.0c(9.5)	36.0c(11.1)	26.0bc(0.0)
1.5	98.0a(0.0)	80.0ab(0.0)	58.0bc(3.4)	50.0bc(0.0)	46.0bc(8.7)	38.0b(5.3)
0.75	98.0a(0.0)	92.0a(0.0)	86.0a(0.0)	86.0a(0.0)	82.0a(0.0)	78.0a(0.0)
0.38	98.0a(0.0)	92.0a(0.0)	84.0ab(0.0)	80.0ab(0.0)	76.0ab(0.0)	76.0a(5.3)
0.0	98.0a(0.0)	96.0a(0.0)	90.0a(0.0)	88.0a(0.0)	88.0a(0.0)	88.0a(0.0)
<i>T. urticae</i>						
6.0	0.0d	0.0c	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
3.0	4.0d(100.0)	0.0c	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
1.5	10.0cd(100.0)	2.0c(100.0)	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
0.75	24.0bc(75.0)	6.0bc(100.0)	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
0.38	40.0b(65.0)	16.0b(100.0)	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
0.0	100.0a(0.0)	98.0a(0.0)	98.0a(0.0)	96.0a(0.0)	92.0a(0.0)	92.0a(0.0)
<i>T. kanzawai</i>						
6.0	0.0d	0.0c	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
3.0	2.0d(100.0)	0.0c	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
1.5	8.0c(100.0)	0.0c	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
0.75	20.0b(90.0)	4.0bc(100.0)	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
0.38	34.0b(76.5)	14.0b(100.0)	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
0.0	100.0a(0.0)	96.0a(0.0)	92.0a(0.0)	90.0a (0.0)	90.0a(0.0)	90.0a (0.0)

^a Means for each species in the same column followed by the same letter are not significantly different(P=0.05; Duncan's multiple range test).

Table 2. Reproduction of adult females of *A. womersleyi*, *T. urticae* and *T. kanzawai* on abamectin-treated bean leaf discs

Concentration (ppm)	Number of eggs per leaf disc (Mean ± SEM) ^a		
	<i>A. womersleyi</i>	<i>T. urticae</i>	<i>T. kanzawai</i>
0.0	204.4 ± 6.80 a	531.4 ± 28.70 a	358.6 ± 12.86 a
0.38	149.8 ± 6.98 a	15.6 ± 1.92 b	7.6 ± 0.47 b
0.75	155.6 ± 10.54 a	6.6 ± 0.48 b	2.8 ± 0.41 b
1.5	75.6 ± 10.52 b	5.2 ± 0.27 b	1.0 ± 0.45 b
3.0	43.6 ± 8.47 bc	3.6 ± 0.48 b	0.8 ± 0.28 b
6.0	10.8 ± 2.13 c	0.2 ± 0.14 b	0.0 ± 0.00 b

^a Means followed by the same letters are not significantly different(P=0.05; Duncan's multiple range test).

였으나 모두 활동불능 상태였으며 120시간 후에는 무처리를 제외한 모든 시험농도에서 100%의 치사율을 나타내어(Table 1), 전반적으로 간자와응애에서 약간 치사율이 높은 경향이였으나 모두 긴털이리응애 암컷 성충의 경우에 동일농도에서 192시간 후에도 8~78%가 생존한 것과는 매우 큰 차이가 있었다. 이와

같이 점박이응애와 간자와응애 암컷성충들의 생존율은 처리농도가 높을수록 초기에 급감하고 생존개체들도 대부분 활동불능됨에 따라 산란수도 크게 감소되어 0.38~1.5 ppm에서는 무처리에 비하여 각 경우에 1~2.9%, 0.3~2.1%의 산란수를 나타내었을 뿐만아니라, 3 ppm과 국내 사용권장농도인 6 ppm에서는 각각 0.

Table 3. Survival and reproductivity of adult females of *A. womersleyi* fed on a diet of *T. urticae* intoxicated with abamectin, compared with females fed on a normal diet

Hours after treatment	% Survival (Mean±SEM)		Eggs per female per day (Mean±SEM)	
	Untreated	Treated	Untreated	Treated
48	0.98±2.00	0.98±2.00	2.1±0.13	1.5±0.12a
72	0.96±2.67	0.94±3.06	2.2±0.15	1.4±0.15a
96	0.96±4.47	0.94±3.06	2.2±0.19	1.3±0.23a
120	0.94±4.42	0.92±3.27	2.1±0.19	1.6±0.29
144	0.90±4.27	0.88±4.42	2.5±0.14	1.9±0.22a
168	0.90±4.00	0.86±4.99	2.1±0.20	2.0±0.24

^a Means for untreated and treated groups are significantly different (P=0.05; t-test).

Table 4. The sex-ratio of the progeny of adult female *A. womersleyi* fed on a diet of *T. urticae* intoxicated with abamectin, compared with females fed on a normal diet

Hours after treatment	Sex-ratio(♀ : ♂) (Untreated)	Sex-ratio(♀ : ♂) (Treated)
48	2.07 : 1	1.91 : 1
72	1.69 : 1	2.00 : 1
96	2.21 : 1	1.41 : 1
120	2.56 : 1	1.61 : 1
144	2.09 : 1	2.00 : 1
168	2.73 : 1	2.00 : 1
Mean	2.23 : 1	1.82 : 1

03~0.68%, 0~0.22%의 산란수를 보여 두 종 모두 동일농도에서 긴털이리응애 암컷성충의 산란수 감소 폭보다는 훨씬 컸다(Table 2).

이차독성의 영향

Abamectin에 중독된 먹이를 섭식한 긴털이리응애 암컷성충은 정상 먹이를 섭식한 암컷성충과 비교하여 생존율에 큰 차이가 나지 않아 조사기간 동안 유의성이 없었으며, 활동불능되는 개체도 나타나지 않았다. 그러나 중독된 먹이를 섭식한 암컷성충의 일일 산란수는 조사기간 동안 무처리에 비하여 59~95%로 감소되어 120시간과 168시간 후를 제외하고는 모두 처리간 유의차가 있었다(Table 3). 또한 중독된 먹이를 섭식한 암컷성충들이 매일 생산한 난들을 모두 성충으로 우화시켜 조사한 차세대 성비는 1.82 : 1(암 : 수), 정상 먹이를 섭식한 암컷성충의 경우 2.23 : 1로, 중독된 먹이를 섭식한 암컷성충과 정상적인 먹이를 섭식한 암컷성충들의 차세대 성비에 상당한 차이가 있었다(Table 4).

긴털이리응애, 점박이응애와 간자와응애의 난 및 유·약충에 대한 abamectin의 영향

모든 시험농도에서 긴털이리응애 난의 부화에는 영향이 없었으며, 유충에서 성충 우화까지의 생존율, 활동성과 발육기간은 Fig. 1과 같다. 유·약충의 생존율은 일수 경과와 처리 농도의 증가에 따라 감소하였지만 0.38~1.5 ppm에서 80~90%의 개체들이 성충이 되었다. 그러나 3 ppm에서는 192시간 후에 생존 개체가 50% 이하로 감소되어 240시간 후에는 42%의 개체만이 성충에 이르러 0.38~1.5 ppm의 경우보다는 성충태에 도달한 개체수가 훨씬 적었다. 또한 처리 후 96시간에 0.38 ppm에서 1개체의 약충이 활동불능되었으나 그의 생존 유·약충들의 활동성에는 큰 영향이 없었으며, 전반적으로 이들의 발육도 저해되지 않는 것으로 나타났다.

Abamectin 처리가 점박이응애와 간자와응애의 난에서 성충 우화까지의 생존율, 활동성에 미치는 영향을 조사한 결과, 모든 시험 농도에서 이들 두 종 난의 부화에는 영향이 없었다. 점박이응애는 유충으로 부화되기 시작하는 96시간 후부터 살비 효과가 나타나기 시작하여, 120시간 후에 3 ppm에서 100%가 치사하였고 0.38~1.5 ppm에서는 2~26%의 생존율을 보였다. 그러나 144시간 후에는 0.38~0.75 ppm에서만 각각 2%의 유충이 잔존하였으며, 168시간 후에는 무처리의 80% 정도가 약충인 반면 다른 농도에서는 100%의 치사율을 나타내 약충태에 이른 개체는 전무하였다(Fig. 2). 간자와응애의 경우에도 살비 효과는 유충태에 이른 후 나타나기 시작하여, 120시간 후에는 3 ppm에서 모든 개체가 치사하였고 0.38~1.5 ppm에서는 4~14%의 생존율을 보였다. 144시간 후에는 0.38~0.75 ppm에서만 8~10%의 유충이 잔존하였으나, 168시간 후에는 무처리의 33% 정도가 약충에 이르렀지만 다른 농

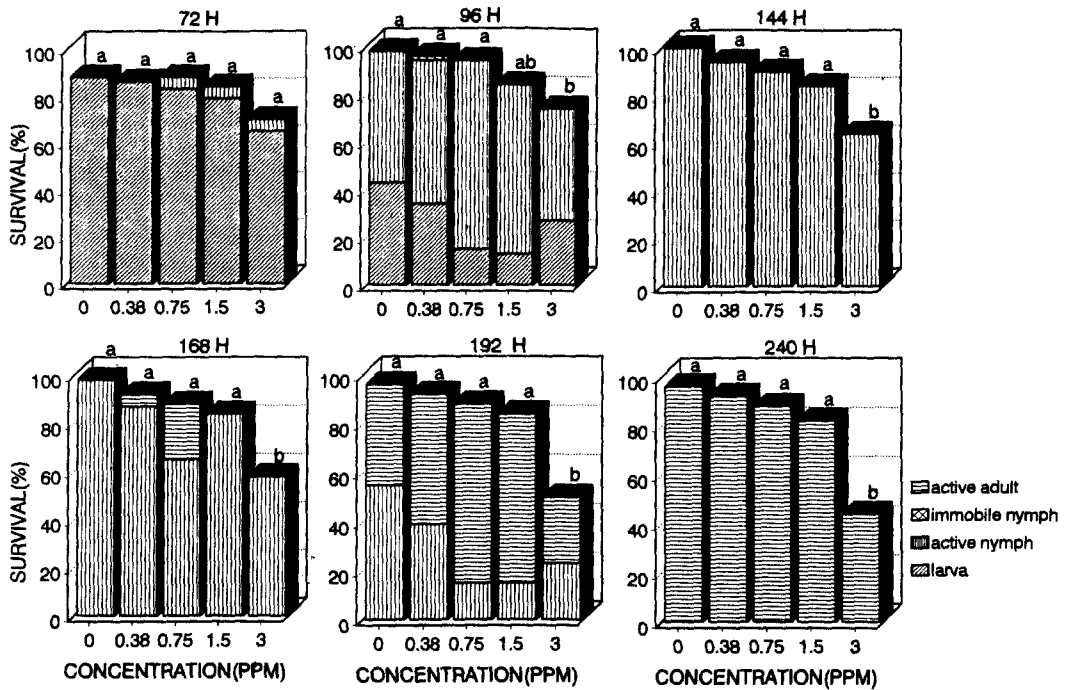


Fig. 1. Egg-to-adult survival, mobility, and development of *A. womersleyi* on abamectin-treated bean leaf discs. Bars with the same letter on top are not significantly different (P=0.05; Duncan's multiple range test).

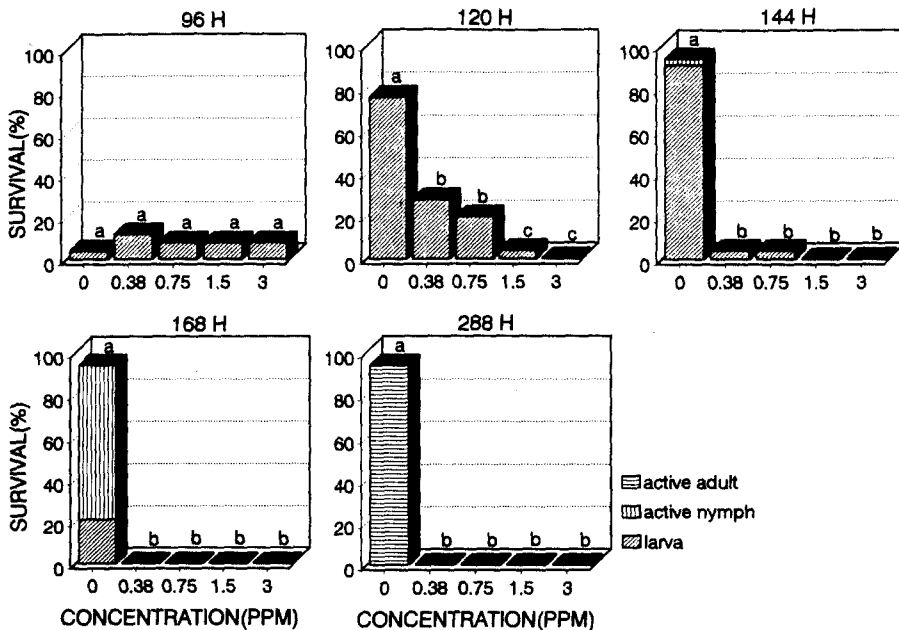


Fig. 2. Egg-to-adult survival and development of *T. urticae* on abamectin-treated bean leaf discs. Bars with the same letter on top are not significantly different (P=0.05; Duncan's multiple range test).

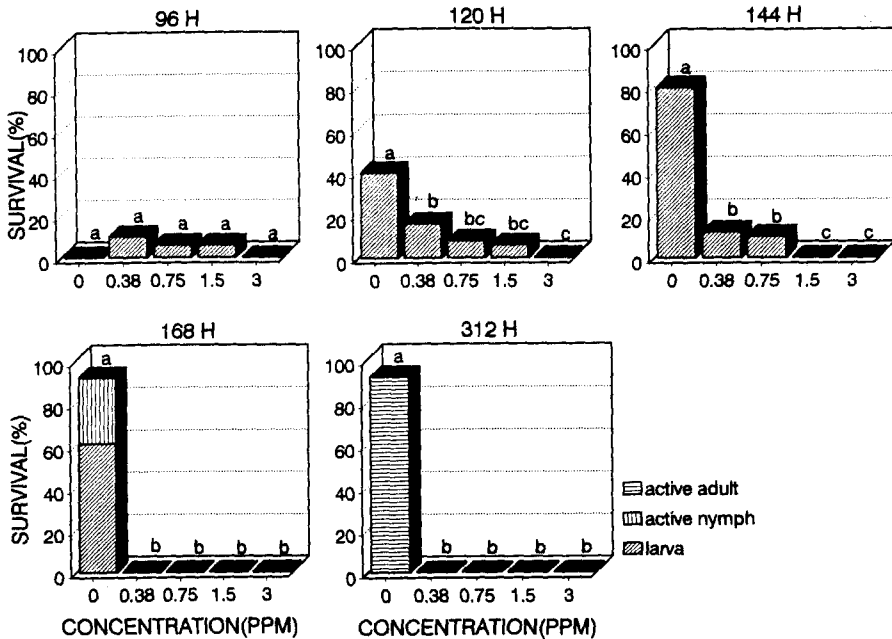


Fig. 3. Egg-to-adult survival and development of *T. kanzawai* on abamectin-treated bean leaf discs. Bars with the same letter on top are not significantly different ($P=0.05$; Duncan's multiple range test).

도에서는 100%의 치사율을 나타내 약충이 된 개체는 전무하였다(Fig. 3). 또한 이들 두 종의 생존 유충들에 대하여는 미세한 붓으로 건드렸을 때 다치기 쉬운 관계로 활동불능 여부를 조사하지 않았지만 무처리에 비하여 활동성이 상당히 저하되는 경향이였다.

고 찰

본 시험의 결과 abamectin은 점박이용애나 간자와용애보다 긴털이리용애에 대한 독성이 매우 낮은 것으로 나타났다. Grafton-Cardwell과 Hoy(1983)는 포식성용애인 *Metaseiulus occidentalis*와 점박이용애에 대한 abamectin의 독성을 조사한 결과, *M. occidentalis*는 처리농도가 증가할수록 암컷성충의 치사율은 급증하여 16 ppm에서 100% 치사하였고, 산란수도 관행농도인 4 ppm 이상에서는 무처리의 12% 내외로 감소했다고 하였다. 그러나 점박이용애는 0.01~0.001 ppm의농도에서도 168시간 후에는 100% 치사함으로써 동일농도에서 점박이용애보다 *M. occidentalis*의 생존율이 훨씬 높아 선택성이 높은 약제라고 보고하였다. Hoy와 cave(1985)도 유사한 실험을하고 *M. occidentalis*에 대한 abamectin의 안전사용농도는 1 ppm 이하라고 하였

다. 또한 Zhang과 Sanderson(1990)도 포식성용애인 *Phytoseiulus persimilis*가 점박이용애보다 abamectin에 대한 치사율이 아주 낮았다고 하였으며, 산란수도 점박이용애의 감소폭이 포식성용애보다 훨씬 크다고 보고하였다. 본 시험에서 사용된 긴털이리용애에서도 0.38~0.75 ppm보다는 1.5~6 ppm에서 암컷성충의 생존율이 아주 낮았으나 동일농도에서 점박이용애나 간자와용애의 경우와는 매우 큰 차이를 보였으며, 산란수도 처리농도의 증가에 따라 감소하였으나 두 종 포식성용애보다는 그 감소 정도가 훨씬 적게 나타났다 (Table 1, 2). 따라서 abamectin에 의한 이들 포식성용애류 암컷성충들의 생존율이나 산란수 감소 정도는 종에 따라 다르게 나타나지만, 1 ppm 미만의 농도에서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

한편 긴털이리용애 유·약충은 3 ppm에서도 42%의 개체가 성충으로 우화하였지만 점박이용애나 간자와용애의 경우는 모든 농도에서 약충이 된 개체가 전무하였는데(Fig. 1, 2, 3), Hoy와 Cave(1985)는 5 ppm으로 처리한 leaf disc에 *M. occidentalis*의 난을 접종했을 때 이들 중 24%가 성충이 되었다고 했으며, Zhang과 Sanderson(1990)은 8~16 ppm에서도 *P. persimilis*의 유·약충은 평균 54%가 성충에 이르렀으나 점박이용

애의 경우는 1~16 ppm에서 약충이 된 개체가 전무하다고 하여 이 역시 포식성응애 종에 따라 abamectin에 대한 반응이 다르지만 식식성응애류의 유충들은 이 약제에 대한 감수성이 매우 높아 약충기에 이르기 전에 모두 치사하는 것으로 생각된다. 또한 긴털이리응애 암컷성충은 abamectin에 중독된 먹이를 섭식함으로써 생존율에 실질적으로 큰 영향을 받지 않았으나, 일일 산란수는 무처리에 비해 59%까지 감소했으며 이들의 차세대 성비도 정상 먹이를 섭식한 개체들의 경우와 차이가 있었다(Table 3, 4). Zhang과 Sanderson(1990)도 abamectin에 중독된 점박이응애를 *P. persimilis*에 제공하였을 때 암컷성충의 생존율에는 실질적인 영향이 없었지만 산란수는 50%까지 감소되었다고 보고했으나, Reda와 El-Banhawy(1988)는 포식성응애인 *Amblyseius gossipi*에 동일약제에 중독된 점박이응애를 192시간까지 제공한 결과 섭식한 시간이 경과할수록 치사율은 증가하고 산란수는 감소되는 경향이 있다고 보고하여, 이차독성의 영향으로 암컷성충의 생존율은 포식성응애 종에 따라 다르게 나타나지만 산란수의 감소는 공통적인 것으로 생각된다. Friese와 Gilstrap(1982)은 *Amblyseius californicus*, *P. persimilis*와 *M. occidentalis*의 암컷성충들에게 먹이수를 여러 수준으로 달리하였을 때 모든 종에서 공급하는 먹이가 많을수록 일일 산란수가 증가할 뿐만 아니라 차세대에서 암컷성충의 수컷성충에 대한 비율이 크게 증가하여 *P. persimilis*에서는 매일 10 또는 40개체의 먹이를 공급했을 경우 차세대의 성비는 각각 1.44:1(암:수)과 5.03:1로 먹이밀도는 산란수나 차세대 성비에 영향이 있다고 하였다. 따라서 본 시험에서 긴털이리응애 암컷성충은 정상 먹이보다는 중독된 먹이에 대한 포식수가 적어지므로 산란수나 차세대의 성비에 영향을 받았을 가능성이 큰 것으로 생각하지만, 시험약제 자체의 영향일 가능성도 전연 배제할 수 없어 추후 이같은 점에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

이와 같은 산란수나 차세대 성비에 대한 영향을 감안해도 본 시험에서 abamectin은 모든 시험 농도에서 점박이응애나 간자와응애보다 긴털이리응애의 생존율이 높고 산란수 감소 정도도 낮아 이들 식식성응애류의 종합관리체계에서 선택성 약제로 이용 가능성이 있는 것으로 생각된다. 하지만 1.5 ppm 이상에서는 긴털이리응애 암컷성충의 생존율과 산란수에 대한 영향이 적지 않아 가능한 1.5 ppm 이하의 농도로 사용하는 것이 합리적일 것으로 생각되는데, Grafton-Cardwell과

Hoy(1983), Hoy와 Cave(1985)도 고농도에서 *M. occidentalis*의 생존율과 산란수 감소를 보완하는 의미에서 실제적으로 포장에서 사용을 권장할 선택적 농도는 1 ppm 이하라고 보고한 바 있다. 그러나 이러한 실내 시험의 결과들을 실제 포장에 적용하려는 시도에는 세심한 배려가 선행되어야 함이 지적된 바 있다(Hoy와 Cave 1985, Hoy와 Ouyang 1986). 한 예로 포식성응애류는 잔류독성 뿐만 아니라 본 시험에서 조사되지 않은 직접 살포에 의한 접촉독성에도 영향을 받을 수 있다는 점에 대해서도 유의해야 할 것으로 생각되는데, 박 등(1995)은 강남콩 잎에 시험응애류를 접촉한 후 희석용액에 침지하는 직접적인 접촉독성 시험에서 abamectin은 긴털이리응애보다 점박이응애에 대하여 훨씬 독성이 강하다고 보고한 바 있다. 그러나 Heyler와 Ledieu(1986)는 온실내의 오이에 점박이응애의 방제를 위해 abamectin을 4.5 ppm의 농도로 일주일 간격으로 살포했을 경우 방제효과는 우수하지만 살포 일주일 후부터 *P. persimilis*의 밀도가 감소하여 이주일 후에는 잔존 개체가 거의 없었다고 하였는데, Zhang과 Sanderson(1990)은 이같은 결과에 대한 가능한 원인으로 이 약제의 접촉독, 잔류독 또는 이들 두가지 독성이 동시에 작용하여 생존율과 산란수가 저하되고 이 약제의 살포 초기에 식식성응애류의 밀도가 급감하여 포식성응애의 생존에 필요한 먹이의 부족을 제시하고 두 요인이 단독 혹은 복합적으로 작용한 결과로 추정하였다. 이러한 점에 대한 대책의 하나로 Hoy와 Ouyang(1989)은 abamectin에 대한 *M. occidentalis*의 인위적 저항성 유발과 방사를 제시하였다.

따라서 위와 같은 모든 사항을 종합해 볼 때 점박이응애나 간자와응애의 종합관리를 위하여 본 시험의 결과 긴털이리응애의 생존율과 산란수 감소에 상대적으로 영향이 적었던 0.38~0.75 ppm은 아치사농도라 할 수 있어 실제 포장에 적용해 볼 가치가 큰 것으로 판단된다. 이와 같은 농도에서 abamectin의 사용은 식식성응애류의 밀도를 감소시킴으로서 방제효과를 유지함과 동시에 긴털이리응애는 식식성응애류의 잔존 개체들을 포식함으로써 생존하여 결과적으로 포식성응애와 식식성응애의 밀도비를 조절이 가능해 보다 장기적인 방제 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 약제 사용량의 감소를 통해 방제 비용도 절감할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 Strong과 Brown(1987)은 abamectin은 토양미생물 *Streptomyces avermilitis*에서 추출한 천연성분의 유도체로서 환경에 안전하고 84종의 환금작물 해

충에 효과적인 광범위 살충제라고 보고하여, 경우에 따라서는 식식성응애류와 그의 해충류의 동시방제 약제로서도 이용 가능성이 있을 것으로 기대된다.

그러나 앞으로 위와 같은 농도로 실제 포장시험을 수행하여 긴털이리응애와 점박이응애 또는 간자와응애의 개체군 밀도변동을 조사함으로써 이들 식식성응애류의 종합관리에서 abamectin의 선택성 약제로서의 가치를 보다 면밀히 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

- Croft, B.A. 1990. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. *In* Pesticide resistance in arthropods. Edited by R.T. Roush and B.E. Tabashnik. pp. 277-296. Chapman & Hall, New York.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **11**: 1-41.
- Friese, D.D. & F. E. Gilstrap. 1982. Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus*, and *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). *In-trnat. J. Acarol.* **8**: 85-89.
- Grafton-Cardwell, E.E. & M.A. Hoy. 1983. Comparative toxicity of avermectin B₁ to the predator *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt)(Acar: Phytoseiidae) and the spider mites *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus ulmi* (Koch) (Acar: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* **76**: 1216-1220.
- Heyler, N.L. & M.S. Ledieu. 1986. The potential of heptenophos and MK-969 pesticides for control of minor pests in integrated pest control programmes under glass. *Agric. Ecosystems Environ.* **17**: 287-292.
- Hoy, M.A. & F.E. Cave. 1985. Laboratory evaluation of a avermectin as a selective acaricide for use with *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* **1**: 139-152.
- Hoy, M.A. & Y.L. Ouyang. 1986. Selectivity of the acaricides clofentezine and hexythiazox to the predator *Metaseiulus occidentalis* (Acar: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* **79**: 1377-1380.
- Hoy, M.A. & Y.L. Ouyang. 1989. Selection of the western predatory mite, *Metaseiulus occidentalis* (Acar: Phytoseiidae), for resistance to abamectin. *J. Econ. Entomol.* **82**: 35-40.
- 김도익. 1994. 차 해충종합관리를 위한 간자와응애 (*Tetranychus kanzawai*)와 긴털이리응애(*Amblyseius longispinosus*)의 생태적 특성 연구. 전남대학교 박사학위논문. pp. 74.
- 김동순, 이준호. 1993. 긴털이리응애의 점박이응애에 대한 기능반응: 피식자 밀도, 분포 및 면적크기의 영향. *한응곤지.* **32**: 61-67.
- 김동순, 이준호. 1994. 점박이응애(*Tetranychus urticae*) 알에 대한 긴털이리응애(*Amblyseius longispinosus*)의 채식행동. *한응곤지.* **33**: 33-38.
- 김상수, 김도익, 이승찬. 1993a. 야외계통의 점박이응애 (*Tetranychus urticae*)에 대한 살비제 혼합의 연합효과. *한응곤지.* **32**: 176-183.
- 김상수, 백채훈, 김도익, 박종대, 이승찬. 1993b. 간자와응애(*Tetranychus kanzawai*)의 생태적 특성에 관한 연구. *곤학지.* **23**: 261-266.
- 이순원. 1990. 사과원 해충상과 응애류 종합관리에 관한 연구. 서울대 박사학위논문. pp. 87.
- Park, C.G., M.H. Lee, J.K. Yoo, J.O. Lee & B.R. Choi. 1995. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acar: Phytoseiidae) and twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acar: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* **34**: 360-367.
- Reda, A.S. & E.M. El-Banhawy. 1988. Effect of avermectin and dicofol on the immatures of the predacious mite *Amblyseius gossipi* with a special reference to the secondary poisoning effect on the adult female (Acar: Phytoseiidae). *Entomophaga* **33**: 349-355.
- Strong, L. & T.A. Brown. 1987. Avermectins in insect control and biology: a review. *Bull. Entomol. Res.* **77**: 357-389.
- Zhang, Z.Q. & J.P. Sanderson. 1990. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acar: Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acar: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* **83**: 1783-1790.

(1996년 2월 27일 접수)