韓應昆誌 44(2): 115~123 (2005)
Korean J. Appl. Entomol.

수원 지역 사과원에서 사과응애와 점박이응애 개체군의 역사적 변천과정 및 해석

김동순* · 이준호[1]
제주대학교 아열대원예산업연구센터, [1]서울대학교

Historical Change of Population Abundances of *Panonychus ulmi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Selected Apple Orchards in Suwon and Its Hypothetical Explanation

Dong Soon Kim* and Joon Ho Lee[1]
Subtropical Horticultural Research Center, Cheju Natl. Univ., Cheju 690-756, Korea
[1]School of Agricultural Biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Natl. Univ., Seoul 151-921, Korea

ABSTRACT : Historical changes of population abundances of European red mite (ERM), *Panonychus ulmi* (Koch), and two-spotted spider mite (TSSM), *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae), were described in selected apple orchards in the National Horticultural Research Institute (NHRI, Suwon, Korea), based on research reports of the NHRI from 1958 to 1998. ERM was an abundant species up to 1970, and TSSM became a dominant species after 1980. The change occurred around mid 1970. Three hypotheses were made to explain the change: TSSM competitively replaces ERM, ground cover weeds are a major influencing factor on movement of TSSM (TSSM movement into trees is accelerated by destroying weeds), and ERM and TSSM populations are regulated by natural enemy complexes when the orchard system is not disrupted. And long-term results of the interaction between two species were projected according to the combination of different orchard management strategies: pesticide sprays (non-selective toxic pesticide spray = heavy pesticide pressure (HPP), and selective soft pesticide spray = low pesticide pressure (LPP)) and weed control methods (grass planting, and clean culture system with herbicides). In the HPP and grass planting system, ERMs are abundant because ERM can avoid competition with TSSM as movement of TSSM to trees are restricted, and natural enemy complexes are destroyed by toxic pesticides. In the HPP and clean culture system, TSSMs are abundant because TSSM moves to trees from early season and competitively replaces ERM. In the LPP and grass planting system, ERMs are abundant because movement of TSSM to trees is reduced, but they do not build up a high population density since their densities are regulated by natural enemy complexes. In the LPP and clean culture system, TSSM moves to trees and competes with ERM, but the competition pressure is reduced because population densities of mites are regulated in a lower level by natural enemy complexes. So, ERM can occurs in late season. Thus, two species can coexist temporarily with more ERM in early season and more TSSM in late season. TSSM abundant phenomenon presented in this study can be partially explained as a result of long-term interaction between ERM and TSSM under the HPP and clean culture system.

KEY WORDS : *Panonychus ulmi, Tetranychus urticae*, Ground covers, Natural enemy, Pesticides

*Corresponding author. E-mail: dongsoonkim@cheju.ac.kr

초 록 : 수원시 이목동에 있는 원예연구소의 사과원에서 조사한 1958년부터 1998년까지 자료를 바탕으로 사과응애와 점박이응애의 역사적 발생변동 과정을 추적하였다. 1970년까지는 사과응애가 우점하였고 1980년 이후에는 점박이응애로 우점종이 바뀌었으며, 그 변화는 1970년 중반을 전후로 나타났다. 이러한 변화를 설명하기 위하여 3가지 가정, 즉 첫째, 두 종의 경쟁에서 점박이응애가 승리한다. 둘째, 과원의 초생은 점박이응애의 수상이동 여부를 결정하는 중요한 요소이다, 즉 초생이 파괴되었을 때 점박이응애의 수상이동이 촉진된다. 셋째, 과원생태계가 교란되지 않을 때 응애류는 천적에 의하여 개체군 밀도가 조절된다 하에 약제살포(고독성 비선택적 약제 처리 및 선택적 저독성 약제처리)와 초생관리(초생재배 및 청경재배=제초제 살포)에 따른 두 종의 장기적 상호작용 결과를 추정하였다. 고독성 농약/초생재배 시스템에서는 점박이응애의 수상이동이 제한되어 사과응애는 경쟁을 피할 수 있고, 또한 천적상이 파괴되기 때문에 전 생육기간 동안 사과응애가 우점한다. 고독성 농약/청경재배 시스템에서는 계절초기부터 점박이응애가 수상으로 이동하여 사과응애를 경쟁적으로 배제시킴으로써 점박이응애가 우점한다. 저독성 농약/초생재배 시스템에서는 점박이응애의 수상이동이 제한되어 사과응애가 우점하지만 천적의 작용으로 높은 밀도를 형성하지 못한다. 저독성 농약/청경재배 시스템에서는 점박이응애가 수상으로 이동하여 사과응애와 경쟁하지만 천적의 작용으로 밀도가 낮아져서 경쟁압력이 낮아지므로 생육후기 사과응애의 발생이 가능하다. 따라서 계절초기 사과응애, 계절후기 점박이응애가 우점하는 형태로 공존할 수 있다. 본 자료에서 제시한 점박이응애 우점화 현상은 부분적으로 고독성 농약/청경재배 시스템 상태에서 두 종의 장기적 상호작용의 결과로 설명될 수 있었다.

검색어 : 사과응애, 점박이응애, 잡초, 천적, 농약

잎응애류(Tetranychidae)는 전 세계적으로 농작물의 중요한 해충이며 그 중 사과응애(*Panonychus ulmi* (Koch))와 점박이응애(*Tetranychus urticae* (Koch))는 과수의 주요 문제해충이다(van de Vrie *et al.*, 1972; Helle and Sabelis, 1985). 외국에서와 마찬가지로 우리나라 과수에서 응애류가 해충으로 등장한 것은 해방과 더불어 DDT 등 고독성 농약이 과수원에 사용되기 시작한 시기인 것으로 보고 있다(Lee and Cho, 1959). 해방이전 우리나라 과수에서 응애 발생 기록이 희귀하여 정확히 판단할 수는 없지만, Lee *et al.* (1985)이 인용한 '中山이 1943년 서술한 사과재배와 병해충 책에서 사과응애가 간략하게 언급했을 뿐 이었다'는 기록으로 보아 사과응애가 발생은 되고 있었으나 큰 문제는 되지 않았던 것으로 보인다. 이러던 것이 1952년 사과응애가 경북 경산지역에서 문제되기 시작하였고(Lee, 1958), 이후 70년대 후반까지 과수의 중요한 응애 해충 종으로 자리를 차지하였다(Lee *et al.*, 1962; Kim and Jang, 1979). 하지만 80년대부터는 일부 과원에서 사과응애가 계속 문제되기는 하였으나 전반적으로 점박이응애 우점화 현상이 뚜렷하였다(Lee *et al.*, 1985; Lee, 1990; Jeon *et al.*, 2000). 이와 같이 우리나라 과수에서 우점하는 응애 종은 해방 후부터 70년대까지는 사과응애이었다가 그 이후 점박이응애로 변화되었다.

DDT 등 유기합성 약제의 사용으로 응애류 대발생이 유발된 원인에 대해서는 호르몬 체계 교란에 의한 '생식교란설' 및 고독성 농약의 응애류 천적 제거에 의한 '천적 억제설' 등 많은 보고가 존재한다(van de Vrie *et al.*, 1972). 하지만 사과응애와 점박이응애의 우점도 변화 및 그 원인에 대한 보고는 찾아보기 힘들다. 다만 사과응애와 점박이응애의 경쟁적 관계 및 경쟁을 통한 다른 종의 배제 가능성이 제시되었을 뿐(Foott, 1962, 1963; Rota, 1967), 실제 포장 개체군 수준에서 평가된 경우는 없다.

따라서 본 연구는 수원의 한 구역 과수원에서 1958년부터 1998년까지 40년 동안 사과응애와 점박이응애 발생 및 과수재배관리 기록을 바탕으로 두 종의 우점도 변화를 추적하고, 그 변화 원인을 추정하고자 시도하였다. 완벽한 결론이기 보다는 몇 가지 가정을 바탕으로 두 종의 장기적 상호작용으로 나타날 수 있는 결과에 대하여 추정하였으며, 앞으로 두 종의 개체군 동태를 해석할 수 있는 검정토대(test bed)를 마련하는 데 목적을 두었다.

재료 및 방법

본 연구에 이용된 자료는 1958부터 1998년까지 원

예연구소(과거 원예시험장) 시험연구보고서에서 얻었으며 수원시 이목동 원예연구소 구내 과수원에서 수행된 시험자료만 이용하였고, 그양이 방대하기 때문에 별도로 인용문헌에 기입하지 않았다. 또한 응애발생 기록이 없거나 보존되지 않은 연도(1960년, 1962～1967년, 1970～1975년)의 자료는 분석에 포함시키지 못하였다. 사과응애와 점박이응애의 발생정도는 상대적인 지수로 표시하였다. 즉 두 종의 발생밀도가 기록된 경우는 최고 발생기 상대적인 발생비율로 나타냈다(점박이응애 또는 사과응애 밀도/(점박이응애 밀도+사과응애 밀도)). 발생밀도 기록 없이 소, 중, 심과 같이 기록된 경우는 각각 0.1, 0.5, 0.9의 가중치를 주어 두 종의 상대적 비율을 계산하였다. 1992년부터 1998년까지는 5월부터 9월까지 사과나무 주당 20엽씩 총 5주 100엽에서 육안조사를 통하여 응애밀도(mobile stage)를 조사하였다. 이 자료는 월별 평균밀도를 계산하여 그림으로 제시하였다(Fig. 2).

약제살포 기록도 위와 동일한 자료에서 얻었으며, 약제살포 기록이 없는 연도(1960년, 1964년, 1985～1988년)는 포함시키지 못하였다. 또한 살균제는 표에 제시하지 않았으며 사용된 살충제와 살비제 목록은 제시한 표와 같다(Table 1 and 2).

결과 및 고찰

원예연구소 과수 포장에서 1958년부터 1998년까지 사과응애와 점박이응애의 상대적 발생정도는 Fig. 1과 같다. 1962년부터 1967년 그리고 1970년부터 1975년 사이에는 응애의 종을 구분하지 않고 발생정도의 기록만 있어 어느 종이 우점하였는지 판단할 수 없으나, 이 시기에 종을 구분하여 기록된 해에는 사과응애가 주로 발생하였다. 점박이응애는 1961년 처음으로 발생이 기록되었으며 적어도 1968년까지는 아주 낮은 밀도로 유지된 것으로 보인다. 1976년부터는 점박이응애의 발생이 두드러지게 증가하였다. 반면 사과응애는 발생이 상대적으로 감소하였으며 1981년부터 1986년까지 낮은 밀도로 유지되다가 그 이후에는 원예연구소 포장에서 완전히 자취를 감추었다. 해당 구역 사과원에서 사과응애에서 점박이응애로 우점종이 바뀌는 시기는 전체적인 경향으로 볼 때 1970년 중반 전후로 추정된다. 이와 같은 현상은 서론에서 언급한 바와 같이 우리나라 과수에서 우점하는 응애 종이 1970년대 전후로 바뀌었다는 것과 일치한다(Lee *et al.*, 1985; Lee, 1990).

해당 과수원에서 약제 살포 기록은 Table 1 and 2와 같다. 1958년부터 1998년까지 년도별 차이는 있으나 유기합성 농약이 집중적으로 투입되었다. 사과응애에서 점박이응애로 우점종이 변화되는 시발점이 되는 1970년 초중반 특징은 parathion 및 malathion의 사용이 중단되고 fenitrothion의 사용 빈도수가 증가했다는 점이다. 이들 약제들은 살충·살비효과를 동시에 갖고 있어(BCPC, 2003) 어느 종에 선택적으로 작용하여 우점도의 변화를 초래했다는 증거를 찾기는 힘들다. 또한 1980년 이후부터 새롭게 투입된 살충제 및 살비제는 대부분 이리응애류 천적에 고독성인 농약으로(Lee, 1990) 우점종으로 등장한 점박이응애의 대발생을 초래했을 것으로 생각된다 (Fig. 2).

따라서 사과응애와 점박이응애의 우점도 변화의 원인을 이해하기 위해서는 과수원에서 두 종의 상호관계를 다양한 각도로 살펴 볼 필요가 있다. 우선 과수원 생태계에서 점박이응애는 사과응애 생물적 방제 시스템에서 중

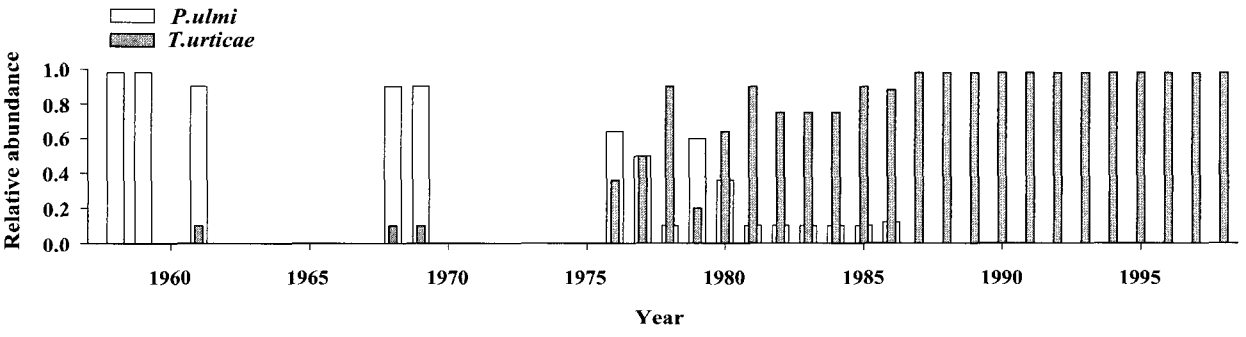

Fig. 1. Historical changes of mite population abundances of *P. ulmi* and *T. urticae* from 1958 to 1998 in selected apple orchards in Suwon. There were no available data in 1960, 1962 to 1967, and 1970 to 1975. The relative abundances were calculated by dividing *P. ulmi* (or *T. urticae*) abundances by the sum of *P. ulmi* and *T. urticae* abundances in peak period.

Table 1. Insecticide list and frequencies sprayed per year

Common name	Group	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
machine oil	non-organic	1					1		1	1	1	1				1			1	1	1		1		1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1
nicotine	non-organic	1			1																																	
lead arsenate	non-organic	2	2		2	1																																
amitraz	amidine																				3	1																
diflubenzuron	benzoylurea																															2			5	2	3
carbaryl	carbamate				1				1	1	2	1	2			1	1	1	2	6	3	4	3	1	1													
cartap hydrochloride	cartap																															1	1					
imidacloprid	neonicotinoid																																1	1	1	1	2
BHC	organochloride		1																																		
DDT	organochloride					2						1																										
azinphos-methyl	organophosphate															1	1		1																			
omethoate	organophosphate																							1			2	1	1	1	2	2	2	4	2		1	1
methomyl	organophosphate																												1	2		1						
chlorpyrifos	organophosphate																										3								1			2
fenitrothion	organophosphate													3	3	1	2		2	5	6	1	2	8														
dichlorvos	organophosphate																											1			2							
trichlorfon	organophosphate				2	2	4		3	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2		1	2	2	2														
methidathion	organophosphate																						1	1						2								
EPN	organophosphate		3																																			
phosphamidon	organophosphate																					1			2	5	1	1										2
monocrotophos	organophosphate																															2						
carbophenothion	organophosphate				1				1									1			2			1														
parathion	organophosphate	6	4			5	7		1	6	9	2	1	1																								
diazinon	organophosphate	1	4																					2	1	1												
demeton S-methyl	organophosphate				1	2	1		4	3	3	5	4	2	2	3	3	4	7	3	6	7	2	2	1													
malathion	organophosphate		1		4	4							1	2	1																							
cypermethrin	pyrethroid																														1	1	1	1		1		
lamda cyhalothrin	pyrethroid																												1	1	1							
deltamethrin	pyrethroid																								3	2	2			2	2				1	1		
furathiocarb	pyrethroid																														1			1				
alpha-cypermethrin	pyrethroid																																	2				
esfenvalerate	pyrethroid																																		1			
phenkapton	unknown								3	3	2																											

There were no available data in 1960, 1964, and 1985 to 1988.

Table 2. Acaricide list and frequencies sprayed per year

Common name	Group	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
benzoximate	benzoic hydroxy																		1																			
fenbutatin oxide	organotin																																					
azocyclotin	organotin																										1			1	1	3	3	2				2
cyhexatin	organotin													2									1	1	2	2												
dicofol	organochloride							2	2	4	1	4		1	1	1	2	5	1					1	2	1												
tetradifon	organochloride		1	3	4																																	
fenpropathrin	pyrethroid																			1												2	1	1		1		3
bifenthrin	pyrethroid																												1		2							1
clofentezine	IGR																														1	1	1	2	2		1	
fenpyroximate	METI																																	2	1	2	2	5
hexythiazox	IGR																												1	1								3
chlorfenson	dephenyl																															1						
propargite	sulfite																		2			1	3	2	1	1	2	2	2	3	3							
fenbutatinoxide+tetradifon	mixed																																	2		1		
propargite+tetradifon	mixed																																	1				
fenpropathrin+tetradifon	mixed																																					1
binapacryl	nitrophenol														1	2	1		1	1	1																	
chlordimeform	unknown									2					1																							
MNFA	unknown											2		1																								

There were no available data in 1960, 1964, and 1985 to 1988.

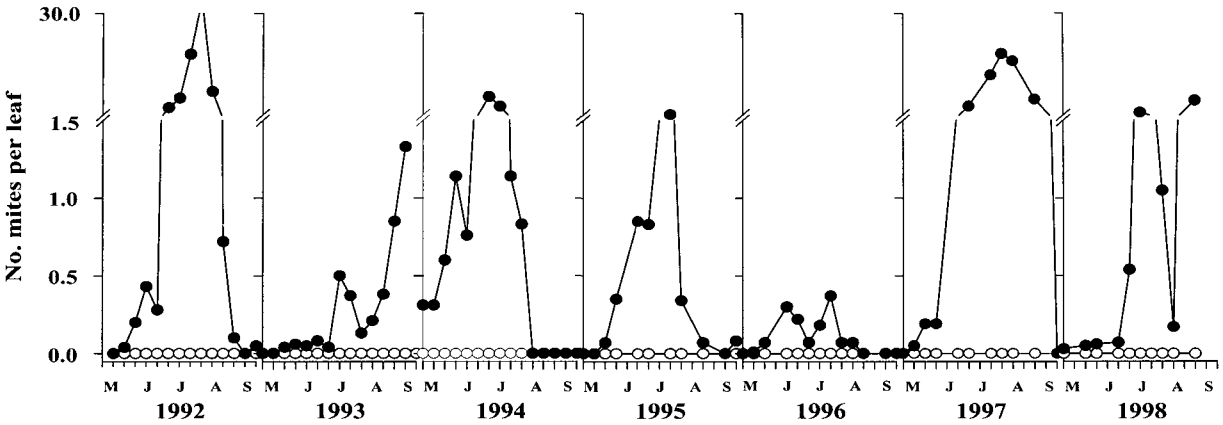

Fig. 2. Seasonal abundances of *P. ulmi* and *T. urticae* populations from 1992 to 1998 in an selected apple orchard in Suwon. Open and solid circles indicate *P. ulmi* and *T. urticae*, respectively.

요한 구성인자로 취급되었다. 즉 Luckmann *et al.*(1971)과 Meyer (1974)는 미국 Illinois 사과원에서 잡초에 서식하는 점박이응애를 먹이로 포식성 이리응애인 *Amblyseius fallacis* (Garman) 밀도가 증식되고 이들 천적이 수상으로 이동하여 계절 후기 사과응애 밀도를 억제하게 되므로 만개 후 2-3주경 1회 약제 살포로 사과응애 밀도를 선택적으로 낮춤으로써 연간 사과응애 개체군을 효과적으로 관리할 수 있는 응애류 생물적 방제 모형을 제시하였다. 또한 Croft and McGroaty (1977)도 미국 Michigan 사과원에서 이와 유사한 응애류 생물적 방제 모형을 제시하였다. 이와 같이 사과나무와 잡초 등으로 서식처가 분배되고 시공간적 이리응애의 분산행동에 기인하여 사과응애와 점박이응애 시스템이 보완적으로 작동될 수 있다.

하지만 사과응애와 점박이응애 두 종이 경쟁적 관계에 있는 것으로도 알려져 있다. 일반적으로 연간 사과응애 개체군 밀도는 늦봄내지 초여름에 발생최성기를 보이며 (Lee *et al.*, 1985; Lee, 1990; Park *et al.*, 1990), 점박이응애는 6월 중순경까지는 낮은 밀도로 유지되다가 그 이후 밀도가 급격히 증가하기 시작하여 고온기인 여름철 발생최성기를 보인다(Lee, 1990; Kim, 1995). 점박이응애는 증식 능력 및 피해 받은 잎에서 번식능력이 사과응애 보다 우수하고 거미줄을 형성하기 때문에 두 종이 공존하는 경우 점박이응애가 사과응애 개체군을 억제할 수 있는 것으로 알려져 있다(Foott, 1962, 1963; Rota, 1967). 따라서 두 종이 한 과수원에서 공존하는 경우 초여름 점박이응애가 나무에 정착하게 되면 그 영향으로 계절 후기에는 사과응애 발생이 감소될 수 있다(Grob, 1951; Rota, 1967). 이러한 현상은 국내 사과원에서도 종종 관찰되며 사과응애는 생육 전기, 점박이응애는 생육후기 우점하는 등 두 종은 시간적으로 분리되어 공존하는 발생상을 보인다(Lee *et al.*, 1985; Park *et al.*, 1990). 만일 점박이응애가 계절 후기 사과응애의 발생을 억제하게 되면, 월동에 들어가는 사과응애 밀도는 감소하게 되고 장기적으로 지속되었을 때 사과응애 개체군 밀도는 감소될 수 있을 것이다. 이러한 결과는 점박이응애의 수상으로 이동과 정착을 유발하는 어떤 요인에 의하여 더욱 촉진 될 것이다.

앞서 제시했던 사과응애-점박이응애-이리응애의 3 요인 간 생물적 방제 시스템에서 과원 초생은 이 시스템을 작동시키는 중요한 요소로 작용하고 있다. 뿐만 아니라 과원의 초생은 점박이응애에게 안정된 서식처를 제공함으로써 그들의 수상이동을 지연 또는 억제시키는 작용을 하며, 종종 제초제 등으로 초생이 파괴되었을 때 잡초에 서식하던 점박이응애의 급작스러운 수상이동으로 대발생이 유발되는 경우를 볼 수 있다(Flexner *et al.*, 1991; Han *et al.*, 2003). 점박이응애의 수상정착 또는 발생에 영향을 미치는 또 다른 큰 요인은 약제살포 정도(약제관리 : 천적에 선택적 또는 비선택적)라 할 수 있다. 비선택성 고독성 농약 사용으로 천적이 제거되어 응애류 발생이 유발되었다는 것은 잘 알려진 사실이며(Cranham, 1979; Croft and Hoyt, 1983; Metcalf and Luckmann, 1994), 따라서 약제관리에 따라서 수상에 정착한 점박이응애 개체군 크기는 크게 영향을 받을 수 있다. 이렇게 사과응애-점박이응애-이리응애 시스템에서 초생 및 약제관리 정도와 사과응애와 점박이응애의 생물적 특성에 기인하여 두 종의 개체군은 역동적으로 변동될 개연성이 충분이 있다. 즉 Table 3와 같이 농약사용 정도 및 과원잡초 관리 방법에 따라서

두 종의 장기적 상호작용 결과를 추정해 볼 수 있을 것이다. 앞서서 관련된 실제 보고 자료를 제시는 하였지만, 이와 같은 추정을 위해서는 몇 가지 가정이 필요하다. 즉 첫째, 사과응애와 점박이응애의 경쟁에서 점박이응애가 승리한다. 둘째, 과원의 초생은 점박이응애의 수상이동 여부를 결정하는 주요한 요소이다. 즉 초생이 파괴되었을 때 점박이응애의 수상이동이 촉진된다. 셋째, 생태계가 교란되지 않을 때 응애류는 천적에 의하여 개체군 밀도가 조절된다. 이러한 조건 하에서 두 종의 상호작용 결과를 다음과 같이 예측할 수 있을 것이다.

고독성 농약/초생재배 시스템 : 비선택적 고독성 농약 사용은 천적을 제거함으로써 두 종 응애의 발생을 동시에 조장한다. 하지만 잡초관리 방법에 따라서 사과응애와 점박이응애 발생은 다르게 나타난다. 초생재배를 실시하는 경우 점박이응애의 수상이동이 지연 또는 억제되어 계절 초기 수상에서 발생이 미약하게 된다. 반면 사과응애는 계절초기 높은 밀도를 형성할 수 있다. 또한 과원 잡초는 수상 약제 살포시 상대적으로 약제의 노출에 보호되므로 천적의 생존이 가능하여 잡초내에서는 점박이응애와 이리응애의 상호작용을 기대할 수 있다(Kim *et al.*, 1995). 따라서 계절 중후기 점박이응애의 수상이동도 극히 제한되어 사과응애는 점박이응애와 경쟁을 회피할 수 있고 수상으로 이동하는 천적이 제거됨으로 계절후기 높은 밀도를 형성할 수 있다. 이러한 상호작용이 장기간 지속되었을 때 사과응애는 생육 전후기 전체적으로 우점종이 되며 점박이응애는 수상에서 거의 발생되지 않거나 생육후기 일부 발생될 것이다.

고독성 농약/청경재배 시스템 : 고독성 농약과 청경재배(제초제 살포)를 하는 과수원에서는 계절 초기부터 점박이응애가 수상에 정착하게 되고 사과응애의 발생이 위축된다. 계절후기 사과응애는 점박이응애와 경쟁으로 배제되어 소발생 상태로 되고 점박이응애가 다발생된다. 이 관계가 장기간 지속되었을 때 점박이응애가 우점종이 되며, 사과응애는 계절후기 월동 개체군이 계속 감소하여 이 시스템에서 거의 제거될 것이다.

저독성 농약/초생재배 시스템 : 천적에 저독성인 선택성 약제관리가 철저히 실행되면 천적이 생존하여 두 종 응애의 발생이 동시에 감소된다. 초생재배를 하는 경우 점박이응애는 수상에서 적게 발생될 것이다. 사과응애는 연중 발생할 수 있지만 천적에 의하여 어느 정도 밀도억제가 가능하므로 천적상이 우발적으로 파괴되지 않는 한 경제적 피해수준의 밀도 범위에서 관리가 가능할 것이다. 이것은 사과응애-점박이응애-이리응애 생물적 방제 시스템의 전형적인 예라 할 수 있다. 따라서 장기적으로 이 시스템이 지속되었을 때 점박이응애는 수상에의 거의 발생하지 않으며 사과응애가 우점하지만 중저수준 밀도에서 변동할 것이다.

저독성 농약/청경재배 시스템 : 저독성 농약과 청경재배가 동시에 투입되면 점박이응애는 계절 초기 수상에 정착하게 된다. 하지만 천적의 생존을 기대할 수 있으므로 고독성 농약을 투입하는 경우처럼 다발생하지는 않는다. 계절후기에도 천적의 지속적인 작용으로 점박이응애는 중저 밀도에서 발생할 것이다. 또한 계절후기 사과응애는 점박이응애와 심한 경쟁에서 벗어날 수 있으므로 밀도유

Table 3. Hypothetical projection[1] of population changes between *P. ulmi* and *T. urticae* according to different orchard management systems

Orchard management strategy		Result of short term interaction				Result of Long term interaction
		P. ulmi abundance		*T. urticae* abundance		
Pesticide management	Weed management	Early to mid season	Mid to late season	Early to mid season	Mid to late season	
Heavy pesticide pressure (Non-selective)	Grass planting	+++[2]	+++	-	+	*P. ulmi* abundant
	Clean culture	++	+	+++	+++	*T. urticae* abundant
Low pesticide pressure (Selective)	Grass planting	++	++	-	-	*P. ulmi* abundant with a lower level
	Clean culture	++	+	++	++	More *P. ulmi* in early season and more *T. urticae* in late season

[1] Three hypotheses were made to explain the projections; *T. urticae* competitively replaces *P. ulmi*, ground cover weeds are a major influencing factor on movement of *T. urticae* (*T. urticae* movement into trees is accelerated by destroying weeds), and *P. ulmi* and T. urticae populations are regulated by natural enemy complexes when the ecosystem is not disrupted.

[2] Relative abundant rating: - very low, + low, ++ moderate, and +++ high.

지가 가능하다. 따라서 이 시스템이 장기간 지속되는 경우 계절초기에는 사과응애, 계절후기에는 점박이응애가 우점하는 형태로 두 종이 시간적으로 분리되어 공존할 수 있을 것이다.

Fig. 2는 고독성 농약/청경재배 시스템의 장기적 결과의 한 예가 될 수 있다. Table 1 and 2와 같이 대부분 천적에 고독성 농약이 살포되었으며(Lee, 1990), 제초제를 주기적으로 살포하여 잡초의 성장을 허용하지 않았다. 즉 그림과 같이 1992년부터 1998년까지 사과응애는 전혀 발생되지 않았고, 점박이응애가 다발생하였다. Fig. 1에서 1970년 중후반 점박이응애의 발생이 증가되는 현상을 설명하기 위해서는 해당 과수원에서 약제 살포 및 잡초관리 기록이 필요하다. Table 1 and 2와 같이 천적에 저독성 약제로 전환되었다는 점은 발견할 수 없다. 해당과원에서 잡초관리에 대한 정확한 기록이 없으나 이 무렵 연구소 과수원에서 제초제 효과실험이 이루어지기 시작하였다(Kim and Lee, 1968; Kim, 1971; Kim *et al.*, 1972; Kim and Kim, 1977). 즉 이 때부터 연구소 과수 포장에 제초제가 도입되기 시작한 것으로 추정된다. 이와 같이 고독성 농약과 청경재배(제초제 사용)는 점박이응애의 우점화를 이끄는 주요한 요인으로 생각된다. Table 3의 가설이 성립되려면 보다 더 많은 실증자료의 제시와 재현실험을 통한 검증이 필요하다. 앞으로 이에 대한 몇 가지 실증자료를 제시할 것이다. 또한 누군가에 의해 이와 반대되는 실증자료가 제시되기를 바란다. 그 과정을 통하여 가설의 확립과 부분적 수정이 이루어질 것으로 기대된다.

사 사

이 논문은 농촌진흥청 원예연구소(1992～1998 경상연구비) 및 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원에 의하여 연구되었음. 원예연구소 과수포장의 재배관리 역사에 대하여 조언해 주신 포장 관리자님께 깊이 감사드립니다.

Literature Cited

BCPC (British Crop Protection Council). 2003. The pesticide manual. 13th ed., 1344pp. Hampshire, UK.

Cranham, J.E. 1979. Managing spider mites on fruit trees. Span 22: 28～30.

Croft, B.A. and D.L. McGroaty. 1977. The role of *Ambliseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in Michigan apple orchards. Mich. State Univ. Agric. Exp. Stn. Res. Rep. 333.

Croft, B.A. and S.C. Hoyt. 1983. Integrated management of insect pests in pome and stone fruits. 454pp. New York: Wiley Intersci.

Flexner, J.L., P.H. Westigard, P. Gonzalves and R. Hilton. 1991. The effect of groundcover and herbicide treatment on two-spotted spider mite density and dispersal in southern Oregon pear orchards. Entomol. Exp. Appl. 60: 111～123.

Foot, W.H. 1962. Competition between two species of mites. I. Experimental results. Can. Ent. 94: 365～375.

Foot, W.H. 1963. Competition between two species of mites. II. Factors influencing intensity. Can. Ent. 95: 45～57.

Grob, H. 1951. Beobachtungen uber den Populationserlauf der Spinnmiben in der Westschweiz. Mitt. Schweiz Ent. Ges. 24: 263～278.

Han, S., Jung, C. and J.H. Lee. Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of A. *womersleyi* and *Tetranychus uricae*: I. Release position in pear. 2003. J. Asia-Pacific Entomol. 6: 221～227.

Helle, S.H. and M.W. Sabelis. 1985. Spider mites: their biology, natural enemies and control, vol 1A & B. Elsevier, Amsterdam.

Jeon, H.Y., D.S. Kim, M.R. Cho, M.S. Yiem and Y.D. Chang. 2000. Recent status of major fruit tree pest occurrences in Korea. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41: 607～612.

Kim, D.S., J.H. Lee, H.Y. Jeon, M.S. Yiem and K.Y. Kim. 1995. Community structure of phytophagous arthropods and their natural enemies at different weed management systems in apple orchards. Korean J. Appl. Entomol. 34: 256～265.

Kim, H.C. 1971. Studies on herbicide effects for practical use, pp. 293～295. Res. Rept. for 1971, Horticultural Experimental Station, Suwon, Korea.

Kim, H.C., C.J. Yoon, J.Y. Moon. 1972. Studies on herbicide effects for practical use, pp. 513～528. Res. Rept. for 1972, Horticultural Experimental Station, Suwon, Korea.

Kim, J.C. and S.J. Lee. 1968. Studies on chemical control of weeds in grapevine orchards, pp. 476～483. Res. Rept. for 1968, Horticultural Experimental Station, Suwon, Korea.

Kim, J.-S. 1995. Population dynamics of *Tetranychus urticae* Koch (Acrina: Tetranychidae) in apple orchards. M.S. thesis, Seoul National University, Suwon, Korea.

Kim, M.S. and J.K. Kim. 1977. Studies on herbicide effects in orchards, pp. 723～737. Res. Rept. for 1977, Horticultural Experimental Station, Suwon, Korea.

Kim, S.B. and J.T. Jang. Effects of chemical control against apple mites, pp. 76～78. Res. Rept. for 1979, Horticultural Experimental Station, Suwon, Korea.

Lee, K.Y., Kho, K.C. and U.H. Paek. 1962. Studies on mites occurring in major fruit cultivation area. Res. Rept. RDA 5: 135～138.

Lee, K.Y. and Y.U. Cho. 1959. Effects of chemical control against European red mite (*Metatetranychus ulmi* Koch) damaging on tree fruits. Korean J. Agro. 5: 70～80.

Lee, S.W. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. Ph.D. dissertation, 87pp. Seoul Nat'l University, Suwon.

Lee, S.W., M.H. Lee, K.M. Choi and J.S. Hyun. 1985. Survey on occurrences of European red mite (*Panonychus ulmi* (Koch)), and their control status in apple orchards. Res. Rept. RDA (P · M & U) 27: 86～91.

Lee, O.S. 1958. Studies on mites: I. Seasonal abundance of three species of mites on apple. Korean J. Agro. 4: 51~56.

Luckmann, W.H., W.M. Bever, B.J. Butler, H.J. Hopen, R.L. Metcalf, H.B. Petty and F.W. Slife. 1971. Pesticides and pest control systems. In Agriculture's role in environmental quality. Proceedings of the 1st Allerton conference. Unversity of Illinois College of Agriculture Special Publication 21.

Metcalf, R.L. and W.H. Luckmann. 1994. Introduction to insect pest management. 3rd ed., 650pp. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Meyer,. R.H. 1974. Management of phytophagous and predatory mites in Illinois orchards. Environ. Entomol. 3: 333~340.

Park, S.D. K.C. Jung, Y.D. Choo, S.D. Park, D.W. Choi and J.K. Yoon. 1990. Study on seasonal occurrence of apple mites, *Panonychus ulmi* (Koch) and *Tetranychus urticae* (Koch), in Kyungpook apple orchards. Korean J. Appl. Entomol. 29: 20~24.

Rota, P. 1967. Die gemeine spinnmilbe (*Tetranychus urticae* Koch) obstab. Weinb. Mitt. Sudtir. Ber. Ring 4: 190~191.

van de Vrie, M., J.A. McMurtry and C.B. Huffaker. 1972. Biology, ecology and pest status, and host-plant relations of Tetranychids. Hilgardia 41: 343~432.

(Received for publication 20 January 2005;
accepted 24 March 2005)