

사과원 잡초관리 방법에 따른 사과해충 및 천적의 군집구조*

Community Structure of Phytophagous Arthropods and Their Natural Enemies at Different Weed Management Systems in Apple Orchards

김동순¹ · 이준호² · 전홍용¹ · 임명순¹ · 김기열³Dong-Soon Kim¹, Joon-Ho Lee², Heung-Yong Jeon¹, Myoung-Soon Yi¹ and Ki-Youl Kim³

ABSTRACT The effect of ground-cover weeds on the occurrence of apple pests and their natural enemies was studied in an apple orchard in Ahnsung, Kyung-gi do during seasons of 1993 and 1994. The major apple pests and their parasitoids and predators were surveyed on the apple tree canopy in two experimental plots; a weed-free plot where all weeds were removed by herbicide treatment, and a mowed plot where weeds were allowed restrictly by cutting with an asickle. Also, a sweep net sampling was taken from ground-cover weeds in the mowed plot. There were no significant differences in the abundance of mites and aphids between two plots, although mite densities tend to be lower in the mowed plot. The apple leaf miner, *Phyllonorycter ringoniella*, was significantly fewer in the mowed plot. The densities of natural enemies of mites and aphids were slightly higher in the mowed plot. The parasitism of apple leaf miner in the mowed plot was 6~10% and 20~25% higher than that in the weed-free plot in 1993 and 1994, respectively. Several natural enemies such as *Apanteles kuwayamai* (Braconidae), *Orius sauteri* (Anthoconidae), *Chrysopa* sp. (Chrysopidae), Coccinellidae, and Eulophidae were collected both from weeds and the apple trees. However, potential apple pests were not observed on weeds. The development of insect community on the apple tree canopy was restricted by the pesticide spray on apple trees, while the insect community on weeds was maintained without significant destruction by pesticides spray on apple trees. Consequently, the ground-cover weeds under apple trees affected occurrences of apple pests and their natural enemies in apple trees. The specialist natural enemies such as apple leaf miner's parasitoids dispersed from weeds to the apple canopy and affected apple leaf miner density significantly. However, generalist predators that have preys available on weeds stayed on weeds, hence their control effects for mites and aphids on the apple canopy were low.

KEY WORDS Pests, natural enemies, community, weeds.

초 록 사과원 잡초군락이 해충 및 천적발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 제초제를 살포하여 잡초를 제거한 구(제초구)와 수관하부까지 잡초를 키우면서 인력으로 예초한 구(예초구)에서 수상의 해충 및 천적과 잡초상의 곤충류를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 응애류와 진딧물의 발생은 처리간에 유의성있는 차이는 없었으나, 응애류의 경우는 예초구에서 발생이 적은 경향이였다. 사과굴나방의 경우 예초구에서 1993년에는 피해엽률이 10% 정도 낮았고, 1994년은 4% 정도 낮은 발생을 보였다. 응애류와 진딧물의 천적류 발생은 예초구에서 높은 경향이였으나 큰 차이는 없었으며 사과굴나방의 기생성 천적류는 예초구에서 1993년에는 6~10%, 1994년에는 20~25% 높은 발생을 보였다. 사과원 잡초상에서 포충망을 이용 곤충류를 채집 조사한 결과, 사과해충은 발견되지 않았으며, 사과해충 천적류로서 좀벌류, 고치벌류, 애꽃노린재, 무당벌레류, 풀잡자리류 등이 발견되었다. 사과생육기간중 잡초상 및 수상에서 곤충군집변화는 상이하였다. 수상에서의 곤충군집형성에 약제살포가 큰 영향을 주었으나, 잡초상에서는 약제살포에 상대적으로 안정된 군집이 유지되었다. 결론적으로 사과원 잡초는 수상의 사과해충 및 천적발생에 영향을 주고 있었으며, 사과굴나방 기생벌같은 기후특이적인 천적들은 수상이동에 의하여 밀도억제작용을 하였고, 잡초상에 먹이가 풍부하거나 또는 광식성인 천적들은 잡초상 곤충군집에 연관되어 수상의 해충밀도에 큰 영향을 주지 못했다.

검색어 해충, 천적, 군집, 잡초

¹ 원예연구소 (National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-310, Korea)

² 서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과 곤충학전공 (Div. of Entomology, Dept. of Agricultural Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea)

³ 나주배연구소 (Naju Pear Research Institute, RDA, Naju 523-820, Korea)

*본 연구는 농촌진흥청 특정연구과제(95-94) 연구비에 의하여 수행되었음.

일반적으로 간작 또는 잡초의 성장을 허용하므로써 농업생태계를 다양화시켰을 때 해충의 발생이 감소하는 것으로 알려져 있다(Root 1973, Murdoch 1975, Altieri 1977, Risch 1980, Risch 등 1983, Andow 1985). 이것은 잡초와 이들의 꽃가루나 화밀이 천적의 서식처와 대체먹이역할을 하므로써 천적의 생존률과 생식률을 높이거나(Natural enemies hypothesis; 천적역할가설), 단식성 또는 협식성 해충의 경우 단일재배의 농업생태계에서는 기주식물이 집중되어있기 때문에 기주발견이 쉽고 그곳에 머물러 개체군밀도를 형성할 가능성이 높은 반면에, 환경적으로 다양화된 생태계에서는 서로 다른 식물이 혼재되어 있어 해충의 기주발견이 제한되거나 미기상 환경과 해충의 채이행동의 변화를 가져와 해충의 이출률을 증가시켜 결과적으로 이들의 발생감소를 가져오는 것(Resource concentration hypothesis; 자원 집중가설)으로 설명되고 있으며(Root 1973, Altieri 등 1977, Croft와 McGroaty 1977, Risch 1983, Sheehan 1986), 이를 뒷받침 하기 위한 연구들이 많이 진행되어 왔다. Risch 등(1983)은 일년생 작물 생태계와 영년생 작물생태계에서 환경의 다양화 정도에 따른 해충의 발생양상을 분석하고, 다양화된 일년생 농업생태계에서는 자원집중가설에 부합되는 해충밀도감소 메커니즘이 작용하며 다양화된 영년생 농업생태계에서는 천적의 역할이 중요하고 특히 광식성 천적의 중요성을 주장하였다. 반면에 Sheehan (1986)은 생물적방제의 성공은 기주특이성 천적을 이용한 경우가 많고 일년생 농업생태계에서도 생물적방제의 성공사례가 있음을 지적하며, 다양화된 농업생태계에서 천적의 해충밀도억제기능 특히 협식성 천적의 중요성을 주장하였다. 이렇게 볼때 다양화된 농업생태계에서 해충의 밀도조절은 해충과 작물의 모자이크상 분포에서 해충과 천적의 상호작용을 천적역할가설과 자원집중가설의 복합적인 측면에서, 종합적으로 평가하는 것이 중요하다고 할 수 있다 (Sheehan 1986, Corbett 1993).

과수원 생태계는 1년생 작물생태계와 비교해서 생태적으로 안정하고 또한 환경적으로 다양하여 천적이 정착하기 좋은 조건을 갖추고 있는 것으로 알려져 있다(Van Emden과 Williams 1974). 본 연구는 이러한 사과원 생태계에서 초생재배를 통하여 환경적으로 다양화 시켰을 때 해충 및 천적 발생이 어

떠한 영향을 받는가를 알아보고, 더 나아가 사과해충 밀도 억제에 관여하는 요인을 구명하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여 수행하였다

재료 및 방법

실험은 안성군 양기리 동일농장 사과원 6.6ha 중 후지 사과 성목(15~20년생)으로 구성된 0.6ha에서 실시하였다. 0.6ha의 사과원은 다시 제초제를 살포하여 잡초를 키우지 않은 구(제초구)와 수관하부까지 잡초를 키우면서 인력으로 예초한 구(예초구)로 각각 0.3ha씩 나누어 실험을 실시하였다.

사과원 관리

1993. 제초구에 제초제를 3회 살포하였으며(5월 12일, paraquat dichloride, 300 cc/0.1 ha; 6월 27일, glyphosate, 300 cc/0.1 ha; 8월 17일, glyphosate, 300 cc/0.1 ha), 예초구는 인력으로 5월 20일, 7월 29일, 9월 10일 3회 예초를 실시하여 잡초의 성장을 제한적으로 허용하였다. 사과나무의 병해충방제는 월동약제로 기계유유제 800 ml/20 l(3월 7일), 살균제로 물 20 l당 4월 22일 thiophanate-methyl 20g, 5월 28일 mancozeb 33g, 6월 8일 propineb 40g, 6월 17일 nuarimol+mancozeb 33g, 7월 2일 thiophanate-methyl 20g, 7월 15일 benomyl 13g, 7월 27일 chlorothalonil+mancozeb 29g, 8월 12일 chlorothalonil+oxine-copper 40g, 살충제는 4월 22일 monocrotophos 20 ml, 5월 28일 omethoate 25 ml, 6월 8일 omethoate 25 ml, 6월 17일 diflubenzuron 8g, 7월 2일 primiphos-methyl+cypermethrin 20 ml, 살비제는 8월 12일 fenpropathrin 20 ml, propargite 25 ml의 약량으로 0.1 ha당 희석액 400~500l를 살포하였다

1994. 제초구에 제초제를 3회 살포하였으며(4월 15일, glyphosate, 150 cc/0.1 ha; 6월 13일, paraquat dichloride, 300 cc/0.1 ha; 8월 14일, glyphosate, 300 cc/0.1 ha), 예초구는 인력으로 5월 13일, 7월 20일, 8월 17일 3회 예초를 실시하였다. 또한 수상약제 살포는 살균제로 물 20 l당 4월 27일 thiophanate-methyl 20g, 5월 23일 polyoxin B 20g, 6월 1일 propineb 33g, 6월 8일 chlorothalonil+oxine-copper 40g, 6월 16일 mancozeb 40g, 6월 25일 carbendazim

20g, 7월 7일 carbendazim 20g, 7월 11일 bitertanol 20g 및 thiophanate-methyl 20g, 7월 18일 benomyl 13g, 7월 26일 benomyl 20g, 8월 4일 chlorothalonil+oxine-copper 40g, 8월 9일 chlorothalonil 25g, 8월 21일 dithianon 20g, 9월 4일 thiophanate-methyl 20g, 살충제는 5월 6일 carbaryl 25g, 5월 11일 cyfluthrin 20 ml, 5월 23일 imidacloprid 10g, 6월 1일 cyfluthrin 10g, 6월 25일 imidacloprid 10g 및 cyfluthrin 20 ml, 8월 4일 omethoate 25 ml, 8월 9일 cyfluthrin 20 ml, 9월 4일 deltamethrin 20 ml, 살비제는 3월 27일 clorfenson 13g, 6월 16일 clofentezine 10g, 7월 18일 fenpyroximate 10 ml의 약량으로 0.1 ha당 희석액 400~500l를 살포하였다.

곤충조사

1993. 사과나무에서의 해충 발생조사는 조팝나무진딧물, 사과혹진딧물, 사과응애, 점박이응애, 사과굴나방, 은무늬굴나방 등을 대상으로 5주를 임의로 선택하여 주당 10개의 신초(총 50신초) 및 20엽(총 100엽)의 발생마리수 또는 피해엽수를 조사하였다. 조사기간은 5월부터 9월까지 월 1회 실시하였다.

천적류의 발생조사는 포식성 천적(무당벌레류, 풀잠자리류, 꽃등에 유충, 애꽃노린재, 깨알반날개, 거미류)의 경우 해충발생 조사와 동일한 방법으로 수행하였으며, 사과굴나방 기생성천적(깡충좀벌, 좀벌류, 고치벌류)의 경우는 피해엽을 수집하여 25°C 항온실에서 보관하면서 우화해 나오는 사과굴나방 및 기생성 천적을 조사하였다.

잡초에서의 곤충류 조사는 포충망(구경 33 cm)을 이용하여 수행하였으며, 1반복을 천천히 이동하면서 포충망을 30회 휘두르는 것으로 하여 5월부터 9월까지 월 1회 5반복씩 표본조사 하였다.

1994. 1993년과 동일한 방법으로 해충 및 천적류 조사를 잡초와 사과나무에서 수행하였다. 또한 사과나무 가지에 서식하고 있는 곤충류도 조사하였다. 표본 채집은 폭 1m, 길이 2m의 대형 비닐주머니를 제작하여 직경 3~4cm의 사과나무 가지 전체를 씌운 다음 에칠아세테이트(ethyl acetate)를 적신 솜을 투입하고 봉지내부에 있는 곤충류를 마취시켜서 실시하였다. 이것은 제초구 및 예초구의 사과나무 수상에서 각각 5반복씩 실시하였으며 각 반복은 모두 합하여 분석에 이용하였다.

잡초조사

잡초조사는 60×60 cm의 격자표본조사구를 만들어 잡초를 전수조사를 하였으며, 표본조사는 5반복 실시하였다. 조사는 1993년에만 하였으며, 조사시기는 5월 21일, 7월 22일, 9월 24일 이었다.

자료분석

수집된 자료는 t-검정과 χ^2 -검정을 이용 비교하였다. t-검정시 피해엽률 및 기생률 성적은 $\arcsin\sqrt{x}$ 로 변환된 분석에 이용하였으며, χ^2 -검정의 경우는 자료를 변환하지않고 분석하였다.

사과원 잡초에서 채집된 곤충류와 1994년 사과나무 수상에서 채집된 곤충류 자료를 이용하여 종다양도지수(species diversity indices)들을 계산하였다. 종풍부도(species richness)는 Menhinick(1964)가 제시한 지수를 이용하였는데, 이 지수는 표본크기에 독립적이어서 군집간 종의 많고 적음을 상호 비교할 수 있는 장점이 있다. 종다양도(species diversity)는 Shannon(1949)과 Hill(1973)이 제시한 방법으로 계산하였다. Shannon지수(H')는 한 표본(군집집단)에서 어떠한 개체를 임의로 추출하여 그 개체가 어떤 종에 속할 것인가를 예상하는 경우에 나타나는 불확실성 정도를 표현하는 것으로, 오로지 한 종만이 있는 표본에서는 100% 예상 가능하므로 0의 지수값을 보이고 종수가 증가할 수록 큰 지수값을 보이는 특징이 있다. Hill지수(N)는 어떤 군집내에서 우점을 점하고 있는 종들의 수를 나타내는 것으로, 몇 종류가 쉽게 발견되는가를 표시한다. 또한 종균등도(species evenness)는 한 종의 우점도가 커질수록 0값에 접근하고, 한 군집내에서 각 종들의 개체수가 비슷할 때 최대값을 보이는 특징이 있는 Hill(1973)의 식(E_s)을 이용하여 구하였다. 각 종다양도 지수들의 계산 방법은 아래와 같다

◦ 종풍부도(R_2)

$$R_2 = S/\sqrt{n}$$

S: 총종수, n: 총개체수

◦ 종다양도

· Shannon지수(H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

S: 총종수, P_i: 전체 개체수 중 i번째 종의 비율

결과 및 고찰

· Hill지수(N_H)

$$N_H = e^{H'}$$

H': Shannon지수

◦ 종균등도(E_S)

$$E_S = [(1/\lambda) - 1] / (e^{H'} - 1)$$

H': Shannon지수

$\lambda = \sum_{i=1}^S P_i^2$ (S: 총종수, P_i: 전체 개체수 중 i번째 종의 비율)

1993년 사과원의 잡초분포는 5월에는 뚝새풀(37.9%), 속속이풀(33.7%), 쇠비름(8.3%), 주름잎(6.5%), 명아주(5.3%), 여꾸류(4.7%), 냉이류(2.4%), 꽃바지(1.2%), 7월에는 쇠비름(35.6%), 마디풀(14.9%), 기장류(14.9%), 개비름(13.9%), 명아주(7.9%), 주름잎(5.9%), 금방동사니(3.0%), 여꾸류(2.0%), 강아지풀(2.0%), 그리고 9월에는 바랭이(28.2%), 기장류(25.5%), 금방동사니(14.8%), 마디풀(11.4%), 명아주(7.4%), 개비름(6.0%), 망초(4.7%), 주름잎(2.0%) 등으로 구성되어 있었다.

제초구와 예초구에서의 진딧물 및 응애와 이들의

Table 1. Abundance of aphids, mites, and their natural enemies at mowed or weed-free (herbicide sprayed) plots in an apple orchard, Ahsung, Kyung-gi do, 1993

Species	Treatment	Sampling date				
		21 May	17 June	22 July	20 Aug.	24 Sept.
Pests						
<i>Aphis citricola</i> (mean/5 shoots)	Mowed	1.7	140.0	0.0	0.0	0.0
	Sprayed	1.5	150.0	0.0	0.0	0.0
<i>Panonychus ulmi</i> (mean/10 leaves)	Mowed	2.0	1.8	4.5	22.0	44.9
	Sprayed	1.8	1.5	2.0	7.1	73.2
<i>Tetranychus urticae</i> (mean/10 leaves)	Mowed	0.0	0.1	0.2	5.2	19.2 ^a
	Sprayed	0.0	0.0	0.0	4.7	27.0
Natural enemies^b						
Coccinellidae	Mowed	0	2	5	0	1
	Sprayed	0	1	3	0	1
Syrphidae	Mowed	0	5	0	0	1
	Sprayed	0	4	0	0	0
<i>Chrysopa</i> sp	Mowed	1	3	8	9	2
	Sprayed	3	3	5	3	0
<i>Orius sauteri</i>	Mowed	0	0	0	11	1
	Sprayed	0	0	0	3	0
<i>Oligota yasumatsui</i>	Mowed	0	0	0	7	0
	Sprayed	0	0	0	5	0
Sub total	Mowed	1	10	13	27 ^{**c}	5 ^{*c}
	Sprayed	3	8	8	11	0

^a*Significantly different (t-test; p=0.05)

^bTotal numbers from 50 shoots and 100 leaves from 5 trees

^c*,**Significantly different (χ^2 -test, p=0.05, 0.01, respectively) in total numbers of natural enemies

Table 2. Abundance of aphids, mites, and their natural enemies at mowed or weed-free (herbicide sprayed) plots in an apple orchard, Ahnsung, Kyung-gi do, 1994

Species	Treatment	Sampling date				
		21 May	17 June	22 July	20 Aug.	24 Sept.
Pests						
<i>Aphis citricola</i> (mean/5 shoots)	Mowed	11.2	7.7	—	367.5	17.6
	Sprayed	8.3	15	—	284.5	13.1
<i>Panonychus ulmi</i> (mean/10 leaves)	Mowed	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sprayed	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tetranychus urticae</i> (mean/10 leaves)	Mowed	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
	Sprayed	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
Natural enemies^a						
Coccinellidae	Mowed	2	5	1	1	0
	Sprayed	1	4	0	0	0
Syrphidae	Mowed	0	0	0	25	0
	Sprayed	0	0	0	4	0
<i>Chrysopa</i> sp.	Mowed	3	13	7	3	0
	Sprayed	4	8	4	4	0
<i>Onus sauteri</i>	Mowed	0	0	0	6	0
	Sprayed	0	0	0	1	0
<i>Oligota yasumatsui</i>	Mowed	0	0	0	0	0
	Sprayed	0	0	0	0	0
Sub total	Mowed	5	18	8	35 ^{**b}	0
	Sprayed	5	12	4	9	0

^aTotal numbers from 50 shoots and 100 leaves from 5 trees

^{**}Significantly different(χ^2 -test, $p=0.01$) in total numbers of natural enemies

천적 발생밀도는 표 1, 2와 같다. 1993년과 1994년 모두 조팝나무진딧물과 사과혹진딧물의 발생밀도는 제초구와 예초구 사이에 통계적인 차이가 없었다. 접박이응애는 1993년 9월 24일 예초구의 발생밀도가 낮았으나($t=3.0221$, $df=4.7$, $p=0.0323$), 그 외에는 차이가 없었다. 사과응애 발생은 제초 및 예초구 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 진딧물과 응애 천적의 발생은 예초구에서 높은 경향이였으며, 1993년 8월 20일($\chi^2=8.189$, $df=1$, $p<0.01$), 9월 24일($\chi^2=7.500$, $df=1$, $p<0.01$), 1994년 8월 26일($\chi^2=23.606$, $df=1$, $p<0.01$)에 예초구에서 유의성있는 높은 발생을 보였다.

굴나방류의 발생정도는 은무늬굴나방의 경우 처리간 차이가 없었으나, 사과굴나방의 경우 두해 모두

예초구에서 낮았다(1993: 8월 20일, $t=3.4743$, $df=8$, $p=0.0084$; 9월 24일, $t=6.9540$, $df=7$, $p=0.0002$, 1994: 6월 27일, $t=3.4923$, $df=8$, $p=0.0082$; 8월 26일, $t=2.8921$, $df=6$, $p=0.0474$; 9월 27일, $t=3.8428$, $df=8$, $p=0.0049$). 피해엽률도 예초구에서 발생이 높았던 1993년에는 약 10%, 발생이 적었던 1994년에는 약 4% 정도 낮았다. 반면 굴나방 천적의 발생은 예초구에서 높았으며(1993: 7월 22일, $t=2.2792$, $df=4$, $p=0.0489$; 8월 20일, $t=2.8383$, $df=4$, $p=0.0469$, 1994: 6월 27일, $t=3.4769$, $df=4$, $p=0.0254$; 7월 27일, $t=4.4970$, $df=4$, $p=0.0108$; 8월 26일, $t=2.7946$, $df=4$, $p=0.0495$), 이것을 기생률로 비교하면 1993년 6~10%, 1994년 20~25% 높은 수준이었다(표 3, 4).

Table 3. Abundance of leaf damage by leaf miners and their natural enemies at mowed or weed-free (herbicide sprayed) plots in an apple orchard, Ahsung, Kyung-gi do, 1993

Species	Treatment	Sampling date				
		21 May	17 June	22 July	20 Aug.	24 Sept
Pests						
<i>Phyllonorycter ringoniella</i> (% damaged leaves)	Mowed	0.0	1.0	4.8	53.5*	79.0*
	Sprayed	0.0	1.5	6.6	63.8	88.5
<i>Lyonetia prunifoliella</i> <i>malinella</i> (% damaged leaves)	Mowed	2.0	2.0	—	—	—
	Sprayed	1.0	2.0	—	—	—
Natural enemies						
% parasitism (n)	Mowed	—	—	15.0*(40)	15.5*(71)	24.0(146)
	Sprayed	—	—	8.3 (48)	6.1 (80)	18.0(150)
<i>Holcothorax testaceipes</i>	Mowed	—	—	2	3	3
	Sprayed	—	—	0	2	0
<i>Apanteles kuwayamai</i>	Mowed	—	—	0	0	3
	Sprayed	—	—	0	0	1
Eulophidae	Mowed	—	—	4	8	29
	Sprayed	—	—	4	3	26

Numbers in parenthesis are sample sizes.

*Significantly different (t-test; p=0.05)

Table 4. Abundance of leaf damage by leaf miners and their natural enemies at mowed or weed-free (herbicide sprayed) plots in an apple orchard, Ahsung, Kyung-gi do, 1994

Species	Treatment	Sampling date				
		21 May	17 June	22 July	20 Aug.	24 Sept.
Pests						
<i>Phyllonorycter ringoniella</i> (% damaged leaves)	Mowed	1.5	1.9*	1.0	0.7*	2.2*
	Sprayed	2.7	3.2	1.7	2.2	6.7
<i>Lyonetia prunifoliella</i> <i>malinella</i> (% damaged leaves)	Mowed	—	0.3	0.0	0.4	1.0
	Sprayed	—	0.4	0.0	0.2	0.9
Natural enemies						
% parasitism (n)	Mowed	—	45.5*(55)	43.3*(60)	31.7*(60)	—
	Sprayed	—	19.6 (51)	15.6 (64)	11.7 (60)	—
<i>Holcothorax testaceipes</i>	Mowed	—	9	6	1	—
	Sprayed	—	5	0	0	—
Eulophidae	Mowed	—	16	20	18	—
	Sprayed	—	5	10	7	—

Numbers in parenthesis are sample sizes.

*Significantly different (t-test; p=0.05)

사과원 잡초에서 포충망을 이용 곤충들을 채집조 사한 결과 사과나무 해충들은 발견되지 않았으며 사과나무에서 발견되었던 천적들이 다수 채집되었다 (표 5). 또한 우점종 곤충류는 표 6과 같은 종류들

이었다. 1993년과 1994년 모두 무당벌레류나 풀잠 자리 같은 포식성 천적의 발생은 매우 적었다. 포식성 천적인 애꽃노린재는 1993년 8, 9월에 높게 발생 되었으나 1994년에는 전혀 발생하지 않았다 기생성

Table 5. Abundance^a of natural enemies of apple pests on ground-cover weeds at a mowed plot in an apple orchard, Ahnsung, Kyung-gi do

Natural enemies	1993				1994				
	21 May	22 July	20 Aug.	24 Sept.	20 May	27 June	27 Jul.	26 Aug.	27 Sept.
<i>Orius sauteri</i>	0	0	54	94	0	0	0	0	0
<i>Apanteles kuwayamai</i>	0	5	17	31	0	26	1	4	1
<i>Chrysopa</i> sp.	0	0	3	2	0	0	0	0	0
Aphidiidae	0	6	31	9	2	7	1	1	5
Coccinellidae	1	0	3	4	0	0	1	1	0
Eulophidae	0	0	19	258	0	2	1	9	3
Syrphidae	2	0	19	21	2	0	0	5	0

^aTotal numbers from 150 sweep net (33 cm in diameter) sampling

Table 6. List of dominant species in an arthropod community at ground-cover weeds at a mowed plot in an apple orchard, Ahnsung, Kyung-gi do

Dominant species	Order. Family	Proportion (%) ^a
1993		
<i>Agromyza yanonis</i>	Diptera: Agromyzidae	14.2
<i>Laodelphax striatellus</i>	Homoptera: Delphacidae	12.3
Unknown sp.	Diptera: Scatopsidae	8.8
Unknown sp. 1	Diptera: Scatopsidae	7.6
Unknown sp.	Hymenoptera: Eulophidae	7.5
<i>Orius sauteri</i>	Hemiptera: Anthocoridae	4.9
<i>Typhlocyba sexpunctata</i>	Homoptera: Cicadellidae	3.8
<i>Drosophila angularis</i>	Diptera: Drosophilidae	3.7
<i>Yanunka miscanthi</i>	Homoptera: Delphacidae	3.0
Unknown sp.	Coleoptera: Curculionidae	2.3
Others		31.9
1994		
<i>Drosophila</i> sp.	Diptera: Drosophilidae	27.6
<i>Phytomyza</i> sp.	Diptera: Agromyzidae	11.2
<i>Laodelphax striatellus</i>	Homoptera: Delphacidae	8.0
Unknown sp.	Diptera: -	7.3
<i>Nysius plebejus</i>	Hemiptera: Lygaeidae	6.9
<i>Phorbia</i> sp.	Diptera: Anthomyiidae	6.8
Unknown sp.	Hemiptera: Pentatomidae	3.3
<i>Tynypus punctipennis</i>	Diptera: Chironomidae	1.8
Unknown sp.	Hymenoptera: Ichneumonidae	1.3
<i>Homoeocerus dilatatus</i>	Hemiptera: Coreidae	1.1
Others		24.7

^aValues for 1993, and 1994 are based on 3,611 and 2,981 individuals, respectively. Total numbers of individuals are from monthly 150 sweep net (33 cm in diameter) sampling from May through September in both years.

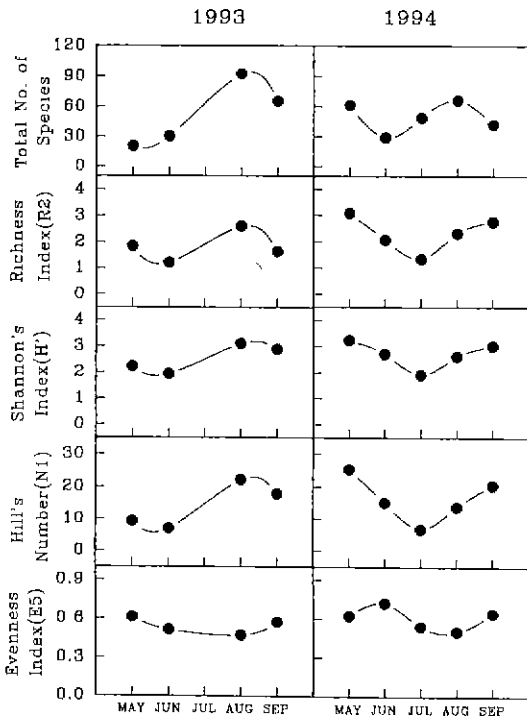


Fig. 1. Insects species richness, diversity, and evenness for ground-cover weeds at a mowed plot in an apple orchard, Ahsung, Kyung-gi do. All values based on 150-sweep net (33 cm in diameter) sampling

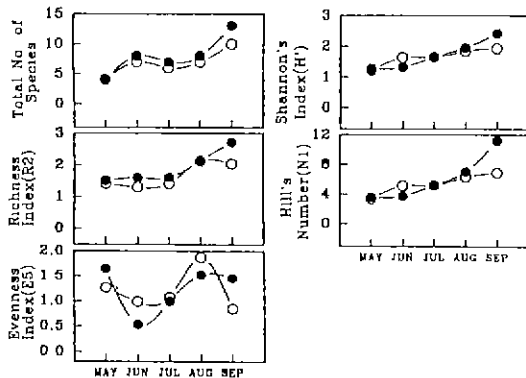


Fig. 2. Insects species richness, diversity, and evenness for apple trees at a weed-free and a mowed plot in an apple orchard, Ahsung, Kyung-gi do, 1994. Open circles represent for weed-free (herbicide sprayed) plot, and solid circles for mowed plot. All values based on 5-vinyl plastic bag (1m width and 2m length) samples from apple tree branches of 3~4 cm diameter

천적의 발생은 포식성 천적보다 두해 모두 많았다. 특히 사과굴나방의 기생성 천적인 좀벌류와 고치벌류 발생이 높았다 또한 진디벌류와 꽃등에도 다수 발견되었는데 이는 잡초에 다수 서식하는 진딧물들의 영향으로 생각된다.

사과원내 잡초와 사과나무에서 곤충류들의 군집 변화는 그림 1, 2와 같다 두해 모두 8월에 가장 많은 종이 발견되었으며, 1994년의 경우는 5월에도 채집된 종수가 많았다. 종풍부도, Shannon지수 그리고 Hill지수 등의 값의 변화는 1993년과 1994년 상이한 경향을 보였으나, 지수값들의 처음 감소후 증가하고 있는 점은 비슷하였다. 일반적으로 1년생 식물군집에서 종다양도지수 변화는 계절초기의 낮은 상태에서 증가하기 시작하여 초여름에서 한여름에 최대값을 보이는 것으로 알려져 있으나(Brown과 Adler 1989, Brown과 Welker 1992) 본 연구에서는 오히려 6, 7월이 5월보다 낮은 값을 보였다. 특히 1994년의 경우 6, 7, 8월보다는 계절초기인 5월과 후기인 9월에 높은 지수값을 나타냈다.

잡초에서 곤충군집구조의 변화는 사과나무내 곤충군집구조변화와는 몇가지 다른 점들이 있었다. 그림 2와 같이 1994년 사과나무에서 곤충군집구조변화는 계절초기의 낮은값에서 계절후기로 갈수록 증가하는 경향을 보였다 특히 9월의 총종수를 비롯한 종풍부도, Shannon지수, Hill지수 등이 두드러지게 증가하였다. 9월을 제외하고는 종다양도지수들이 잡초상에서와 비교할 때 낮았다 이와 같은 수상에서의 곤충군집변화는 사과재배기간 중 수상의 농약살포에 의한 영향으로 생각된다. 즉, 농약살포가 끝나는 9월 이후에는 종다양도지수 값이 증가하나 그 이전에는 농약살포로 낮게 유지된다는 점이다. Brown과 Welker(1992)는 사과나무에서 해충군집이 과원의 관리 특히 농약살포에 의하여 크게 제한됨을 보고한바 있다. 이렇게 사과원에서 잡초상과 수상의 곤충군집구조 변화를 비교해 볼 때, 수상에서는 농약살포에 의하여 군집구조가 크게 제한되는 반면, 상대적으로 잡초상에서는 수상 농약살포의 영향을 적게 받는다고 생각된다. 그러므로 관행적으로 농약이 살포되는 과수원에서도 수상과는 달리 잡초상에서는 상대적으로 안정된 곤충군집의 형성이 가능하다고 생각된다. 이것은 수상의 곤충군집 변화에서 농약살포가 끝나는 9월에 잡초의 생장이 허용된 예초구에서 제

초구에 비하여 종다양도지수들의 값이 높다는 점에서도 알 수 있다(그림 2). 즉 이러한 결과는 수상에 약제가 살포되는 기간에도 잡초상에 곤충군집이 형성되므로써, 약제살포가 중단된 후 쉽게 잡초상 곤충류의 수상이동이 이루어지기 때문이라 할 수 있다.

잡초상의 곤충군집은 다수의 천적류(표 5)를 포함하고 있으므로 사과원 수상의 해충 및 천적 발생에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 특히 사과굴나방의 발생에 영향을 주었다(표 3, 4). Risch 등(1983)은 과수같은 영년생작물 생태계에서 잡초의 성장을 허용하여 환경적으로 다양화 시켰을 때 천적류의 발생환경이 조성되어 해충밀도 억제의 주요인자가 되므로 협식성해충과 광식성해충 모두 밀도가 감소한다는 가설을 제시하였다. 그러나 본 연구에서는 응애류 및 진딧물류 해충의 발생이 예초구에서 크게 감소하지는 않았다. 이는 아마도 응애와 진딧물의 주요 포식자였던 무당벌레와 풀잠자리 발생이 잡초에서 미미하다는 점(표 5)으로 설명될 수 있다. 또한 발생이 다소 되었던 애꽃노린재, 꽃등에, 진디벌류들도 잡초상에서 발생하고 있는 다양한 진딧물 피식자(추 등 1988)와 연관되므로 수상이동이 제한되기 때문으로 보인다. 즉 Nyrop(1988)가 언급했듯이 환경적으로 다양한 생태계에서 천적은 모자이크상 단위의 피식자 밀도 패취(patch)에 기능반응(functional response)을 보인다는 설명과 부합된다. 아울러 잡초상에 이용가능한 먹이가 존재하기 때문에 수상에서의 주기적인 농약살포는 천적의 수상이동을 더욱 제한했다고 판단된다. 하지만 사과굴나방과 연관된 천적류는 다른 형태의 행동을 보이는 것으로 생각된다. 즉, 사과굴나방 천적들은 주로 기생천적으로서 사과굴나방에 비교적 기주특이적이다. 이들 기생벌들이 대체먹이로 잡초의 꽃가루나 화밀을 이용하는지는 자세히 알려져 있지 않으나, 잡초가 2차 서식처 역할을 하고 있다는 것은 명백하다(표 5). 수상의 약제살포에 상대적으로 보호받는 잡초상에 있는 사과굴나방 기생벌들은 잡초상에서 완전한 먹이이용이 불가능하므로 수상으로 이동해 가는 것으로 판단되고, 이것은 예초구에서 사과굴나방에 대한 높은 기생률과 낮은 사과굴나방 피해염률로 나타났다고 해석된다. Corbett와 Plant(1993)는 다양화된 농업생태계에서 천적들의 이동행동이 해충 밀도 억제에 큰 역할을 한다고 강조하였는데, 본 연구의 경우

사과굴나방의 기생벌은 이러한 특성을 보인다고 생각된다.

지금까지 우리나라에서 과원잡초군락이 과수의 해충발생에 미치는 영향에 대한 정량적인 평가를 수행한 바는 없다. 다만 농민지도자료에 과원 잡초 제거시 잡초내에 서식하고 있는 점박이용애가 수상으로 이동하여 다발생하므로 제초제 살포시 살비제를 혼용하도록 권고하고 있다(농진청 1995). 하지만 점박이용애의 문제는 본질적으로 과원 잡초관리에 따라 과생된 문제가 아니라, 무분별한 농약살포에 의한 천적상 파괴로 유발된 인위적인 해충 문제의 전형적인 경우라 할 수 있다. 외국의 경우도 응애류 해충의 다발생은 관건해충방제를 목적으로 하는 비선택적 살충제에 의하여 포식성응애가 제거됨으로써 나타난 문제로 해석하고 있다(Croft와 Hoyt 1983). 본 연구에서는 응애류 주요천적인 포식성응애 발생과 관련지어 과원잡초의 역할을 검토하지는 못했지만 오히려 과원의 잡초는 포식성응애의 서식처 역할을 하므로 해충종합관리에 유리한 환경조건을 조성한다는 의견도 있다(Croft와 McGroaty 1977). 실제 사과재배농가에서는 과원잡초로 인하여 해충발생, 특히 응애류 발생이 조장된다고 인식하고 있지는 않다(사과병해충 종합방제 제 4차 현장협의회 1994). 현재 사과원에서 잡초관리는 작업의 편리성(생력화) 때문에 제초제 처리에 의존하고 있다. 해충관리 측면에서는 본 연구결과에서 보듯이 잡초의 성장을 어느정도까지는 허용하는 것이 유리하다. 그러므로 부분제초(수관하부 또는 이랑사이만 제초)로 잡초의 성장을 허용하여 유용천적의 발생환경을 조성하고, 천적에 저독성인 농약선발을 통해 수상의 농약방제 체계를 개선 하므로써 보다 효과적인 해충관리가 달성될 수 있으리라 생각된다.

인 용 문 헌

- Andow, D. A. 1985. Plant diversification and insect population control in agroecosystems. In D. Pimentel [ed.]. Some aspects of integrated pest management. Dept. of Entomology, Cornell Univ., Ithaca, NY
- Altieri, M. A., A. van Schoonhoven & J. D. Doll. 1977. The ecological role of weeds in insect management system: a review illustrated with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cropping system. *PANS* 23: 195-205.

- Brown, M. W. & C. R. L. Adler 1989 Community structure of phytophagous arthropods on apple. *Environ. Entomol* **18**: 600-607.
- Brown, M. W. & W. V. Welker. 1992. Development of the phytophagous arthropod community as affected by orchard management. *Environ. Entomol.* **21**: 485-492.
- 추호렬, 우건석, D. K. Reed, 이영인, 문수호. 1988. 남부지방의 잡초천적곤충조사 한국농용곤충학회지 **27** 47-54.
- Corbett, A. & R. E. Plant 1993. Role of movement in the response of natural enemies to agroecosystem diversification: A theoretical evaluation. *Environ. Entomol.* **22**: 519-531.
- Croft, B. A. & S. C. Hoyt. 1983. Integrated management of insect pests of pome and stone fruits. New York: Wiley Intersci. 454pp
- Croft, B. A. & D. L. McGroarty 1977. The role of *Amblyseius fallacis* in Michigan apple orchards. Mich. Expt. Sta. Res. Rpt. 333, 22pp.
- Hill, M. O. 1973 Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology* **54**: 427-432.
- Menhinick, E. F. 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology* **45**: 859-861
- Murdoch, W. W. 1975. Diversity, complexity, stability, and pest control *J. Appl. Ecol* **12**: 795-807
- 농촌진흥청 1995. '95 소득작물 전문기술교재. 사과재배. 216pp
- Nyrop, J. P. 1988. Spatial dynamics of an acarine predator-prey system: *Typhlodromus pyri*(Acari: Phytoseiidae) preying on *Panonychus ulmi*(Acari: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* **17**: 1019-1031.
- Risch, S. J. 1980. Insect herbivore in tropical monocultures and polycultures: an experimental test of two hypothesis *Ecology* **62**. 1305-1340.
- Risch, S. J., D. Andow & M. A. Altieri. 1983. Agroecosystem diversity and pest control; data, tentative conclusions, and new research directions *Environ. Entomol* **12**: 625-629.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracen*). *Ecol. Monogr* **43**: 94-125
- Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, IL.
- Sheehan, W. 1986 Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a selective review. *Environ. Entomol* **15**: 456-461.
- Van Emden, H. F. & G. F. Williams. 1974. Insect stability and diversity in agroecosystem. *Annu. Rev. Entomol* **19**: 455-475.

(1995년 7월 5일 접수)