□보 문□

韓應昆誌 48(3): 319~325 (2009)
Korean J. Appl. Entomol.

사과원에서 사과면충과 사과면충좀벌의 발생동태 및 살충제 실내검정

김동순* · 양창열[1] · 전흥용[1] · 최경희[2]

제주대학교 생명자원과학대학 생물산업부 식물자원과환경전공, [1]농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과,
[2]농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과시험장

Population Dynamics of *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Aphididae) and *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae) in Apple Orchards and Screening Effective Insecticides in the Laboratory

Dong-Soon Kim*, Chang-Yeol Yang[1], Heung-Yong Jeon[1] and Kyoung-Hee Choi[2]

Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, Jeju Natl. Univ., Cheju 690-756,
[1] The National Institute of Horticultural & Herbal Science, Horticultural & Herbal Crop Environment Division, RDA, Suwon 441-440,
[2] The National Institute of Horticultural & Herbal Science, Apple Research Station, RDA, Gunwi, 716-812, Korea.

ABSTRACT : Woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*, overwintered as adult or nymph stage on rootstocks, and crown- and root sucker in the soil. In an unsprayed apple orchard, the number of *E. lanigerum* colony started to increase from mid-April, showed the 1st peak between late June and early July, thereafter decreased followed by the 2nd peak in late July, and then again peaked in late September as the size in the 1st peak. In this orchard, the number of *E. lanigerum* colonies per tree did not exceed 3.5 colonies during the peak occurrence period, and was maintained around 2 colonies throughout seasons. In all seasons, parasitism of *Aphelinus mali* on *E. lanigerum* was much lower on root colonies than on aerial colonies that located on shoots and tree trunks above the ground. The parasitism of *E. lanigerum* was high in most orchards examined, showing parasitism of > 70% in maximum in most cases. In the laboratory bioassay for the mortality effects of several insecticides on *E. lanigerum*, fenitrothion, dichlorphos, machine oil, methidathion, thiacloprid, and imidacloprid showed 97.8, 96.8, 95.4, 91.5, 26.7, and 7.8% morality, respectively. Also, the adult emergence rates from *A. mali* mummies were 51.2, 72.6, 14.2, 3.5, 72.2, and 85.4% in the treatment of the above insecticides, respectively. Insecticides belong to neonicotinoid, which are newly developed to control aphids, showed low mortality against *E. lanigerum*. Fenitrothion and dichlorphos were effective on *E. lanigerum* control and had a low toxic to *A. mali*. Consequently, the insecticides should be useful in integrated pest management system for *E. lanigerum* in apple orchards.

KEY WORDS : *Eriosoma lanigerum, Aphelinus mali*, Population dynamics, IPM, Chemical control

초 록 : 사과면충은 지하부 대목부 및 흡지에서 성충 및 약충 상태로 월동하였고, 약제를 살포하지 않은 사과원의 주간부에서 콜로니는 4월 중순부터 증가하기 시작하여 6월 하순에서 7월 상순 1차 발생최성기를 보였고, 그 후 감소하였다가 7월 하순 2차 발생최성기를 보였으며, 9월 하순에도 1차 발생최성기 규모의 발생량을 보였다. 발생량은 주 당 3.5개를 넘지 않았으며, 연간 2개 내외로 유지되었다. 사과면충좀벌 기생률은 지제부 보다는 지상부에서 기생률이 높았고, 사과면충 발생농가 조사결

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

과 기생률이 최고 70% 이상이었다. 사과면충에 대한 약제방제 효과검정 결과 fenitrothion, dichlorphos, machine oil, methidathion, thiacloprid, imidacloprid 등 약제의 살충률은 각각 97.8, 96.8, 95.4, 91.5, 26.7 및 7.8% 이었다. 또한 동일한 약제에 대한 사과면충좀벌 머미의 성충으로 우화율은 각각 51.2, 72.6, 14.2, 3.5, 72.2 및 85.4% 이었다. 최근 많이 사용하는 진딧물 적용약제들의 살충률은 낮았으며, fenitrothion 및 dichlorphos는 사과면충에 대한 살충률이 높고 천적에 비교적 저독성이어서 종합관리 시 동시방제 약제로 적당하였다.

검색어 : 사과면충, 사과면충좀벌, 발생소장, 해충종합관리, 약제방제

사과면충(*Eriosoma lanigerum* (Hausmann))은 북미 원산으로 1842년 미국에서 해충으로 처음 기록되었으며(Baker, 1915), 국내에는 1904～1905년 미국을 통하여 유입된 것으로 추정하고 있다(NPQS, 1999). 사과면충은 사과의 해충으로 기주식물의 지하부 뿌리 및 지상부 줄기(신초 포함)에 집단으로 기생하여 즙액을 흡수하고, 흡수부위에 벌레혹을 형성한다(Baker, 1915). 특히 엽병의 기부나 가지의 갈라진 부분, 전정에 의한 절단부위 등을 선호하며, 신초에는 벌레혹을 형성시키는 동시에 낙엽을 유발시킨다. 다발생시 어린 나무의 생장을 억제하고 성목의 수세를 약화시키는 것으로 알려져 있다(Klimstra and Rock, 1985; Brown and Schmitt, 1990). 사과면충은 1년에 10회 발생하고 성충 1개체가 100～2,000개를 산란하기 때문에 환경조건이 허락되면 단기간 내에 대발생할 수 있다(Pyenson, 1951).

외국에서 보고된 대발생 원인은 합성피레스로이드계 살포로 인한 천적상 파괴(Penman and Chapman, 1980), 겨울철 온화한 온도가 관여하는 것으로 알려져 있다(Beers et al., 1993). 우리나라에서는 1934년 일본으로부터 기생성 천적인 사과면충좀벌(*Aphelinus mali*)을 하여 방사함으로써, 방제를 달성한 고전적 생물적 방제 프로그램의 대표적 성공사례로 기록되어 있다(Reviewed by Hyun, 2008). 실제로 그 동안 우리나라 사과원에서 주요 해충으로 주목받지 못했으며(Jeon *et al.*, 2000), 일부 지역에서 국부적으로 발생이 확인되었다(Na *et al.*, 1998). 하지만 2001년 전국 10개 사과재배 지역에서 발생이 확인되었고, 경북 의성 지역 한 농가에서는 주당 최고 5,000마리까지 다발생하여 문제되었다(Jeon *et al.*, 2003). 이러한 갑작스런 발생 원인으로 사과면충이 선호하는 M9 대목 사과원 증가 및 최근 IPM 보급에 따른 약제사용 양상의 변화 등으로 추정하고 있으나, 아직 정확한 원인이 밝혀지지 않은 상태이다.

우리나라에서 사과면충에 관한 연구는 과거 사과면충좀벌 도입 시기 외에 찾아보기 어렵다. 유일한 논문이 1960년대 중반 수행된 Lee(1968)의 발표로 사과면충의 형태적 특징 및 생활사, 방제 약제 등 사과원에서 사과면충 관리를 위한 기초자료를 제공하였다. 하지만 해충의 발생동태는 재배환경 및 기상 등에 따라 변할 수 있고, 더구나 당시 선발된 약제 대부분은 현재 생산되고 있지 않기 때문에 사과면충의 기초생태 및 약제 방제에 관하여 다시 검토할 필요가 있다. 본 연구는 최근 사과면충 다발생 원인을 구명하는데 필요한 기초자료를 수립하고자 수행하였으며, 연간 사과면충 발생소장, 다발생 농가 재배환경 분석, 다른 해충과 동시방제 가능한 약제 선발 등 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

월동처 조사

사과면충 월동처는 충주시 동량면 및 수원시 서둔동에 위치한 사과원에서 조사하였다(2002년 2월). 월동중인 사과면충을 사과나무 지상부와 지하부로 나누어 조사하였다. 지상부(aerial)는 사과나무 지면으로부터 1 m 주간부 및 가지의 상처나 전정 절단면 등 크게 두 부분으로 구분하여 조사하였다. 지하부(edaphic)는 주간부의 지하부 및 대목 또는 뿌리에서 나온 흡지의 지하부를 조사대상으로 하였다. 임의로 과원당 10주를 선택하여 조사하였으며, 대목흡지는 주당 3개를 임의로 선택하여 지면 5 cm 지하부위까지 조사하였다.

발생소장 조사

시기별 사과면충 콜로니수, 사과면충 콜로니 위치별

사과면충좀벌의 기생률, 사과면충 발육단계별 발생비율 등을 조사하였다. 조사 장소는 농약을 수년간(약 8년) 살포하지 않은 수원시 서둔동 여기산 사과원(후지/M26, 15년생)이었으며, 2002년 조사시에도 약제는 전혀 살포하지 않았다.

시기별 사과면충 콜로니수는 표시해 놓은 10주의 주간부 및 신초에서 조사하였다. 신초의 경우는 1년생 신초에 형성된 콜로니만을 조사하였다.

사과면충 발육단계별 개체수는 지하부 콜로니를 채집하여 조사하였다. 각 나무에서 1～2개 콜로니를 채집하여 알코올(50%)에 담아 실험실에서 보관하면서 해부현미경(20～40배) 하에서 발육단계를 구분하였다. 영기 구분은 Baker (1915)의 방법에 따라 감각기 4절 1령충, 5절 2령충, 6절 ≥3령(3령, 4령, 성충)으로 판정하였고, 유시충을 포함하여 총 4개 발육단계로 구분하였다.

사과면충좀벌의 사과면충에 대한 기생률은 지하부, 주간부, 신초부 등으로 나누어 조사하였으며, 시기별 3～5주에서 각 주당 각 부위에 형성된 콜로니 3개를 채취하여 실내에 보관하면서 기생여부를 확인하였다.

사과면충이 발생된 과원의 재배환경 조사

충주 등(Table 3) 사과면충 발생농가에 대하여 대목종류, 수령, 발생주율, 발생밀도, 천적 기생률, 약제살포정도 등을 조사하였다. 발생주율은 전체에서 사과면충이 발생 한 비율이었고, 발생밀도(최고밀도를 보이는 나무의 주당 콜로니수, 가장 큰 콜로니의 사과면충수) 및 사과면충좀벌 기생률을 현장에서 육안으로 직접 조사하였다. 조사 사과원의 약제살포 내역 및 사과면충 초발생 년도는 농가와 면담을 통하여 수집하였다.

약제 검정

사과면충 및 사과면충좀벌에 대한 몇 가지 살충제의 효과를 조사하기 위하여 발생소장 조사용 나무가 아닌 다른 나무에서 콜로니를 채집하였다. 사용한 약제 및 희석배수는 Table 4와 같았으며 완제품을 시중에서 구입하였다. 각 약제의 희석배수에 해당하는 약량을 증류수 1,000 ml에 혼합하여 살포액을 조제하였고, 핸드 스프레이어(1,000ml, Apollo, 한국))를 이용하였다. 약제 희석액을 줄기에 붙어 있는 사과면충 콜로니(50～80마리)에 직접 약액이 흘러내리도록 충분히 살포하였고, 3반복으로 실시하였다(약제살포 후 보관조건 : 온도 25 ± 1℃, RH 60~70%). 약제살포전 및 살포 20시간후 생존 개체수를 조사하였고, 이 자료를 바탕으로 살충률을 계산하였다.

사과면충좀벌에 대한 살충제의 영향에 대한 검정은 위와 동일한 지역에서 채집한 사과면충좀벌 머미를 이용하였다. 작은 페트리디쉬(직경 50 mm, 높이 5 mm) 바닥에 여과지(규격 42.5 mm)를 깐 다음 머미 10～20마리를 옮기고, 사과면충 살충실험과 동일한 방법으로 마련된 약제 희석액을 살포하였다. 약제살포후 새로운 페트리디쉬에 머미를 옮기고 우화가 중단되는 시기까지 사과면충좀벌 성충을 조사하였고, 3반복으로 수행하였다.

사과면충 살충률 및 사과면충좀벌 우화율 자료는 제곱근 변환 후 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 평균간 비교는 Tukey 검정법을 이용하였다(SAS Institute, 1999).

결 과

사과면충 월동처 조사결과 주간부의 지하부 및 대목 또는 뿌리 흡지의 지하부 즉 토양(지제부)에서 성충 및 약충 상태로 월동하였고(Table 1), 약 75%가 2령 약충 상태였다(Fig. 2). 주간부 및 전정 절단면 등에는 전년도에 발생되었던 사과면충 콜로니 흔적만이 발견되었으며, 일부에서는 사과면충좀벌에 기생당하여 머미상태로 남아 있었다. 월동기 기생률은 충주 7.8%, 수원 38.6% 이었다.

Table 1. Number of overwinteing *E. lanigerum* per tree at different overwintering sites (Mean ± SD)

Locality investigated	Aerial part[1]		Edaphic part[2]	
	Tree trunks (within 1 m from the ground)	Scar tissues and pruned sections	Edaphic parts of tree trunks	Edaphic parts of crown-suckers or root-suckers
Chungju	0.0	0.0	2.1 ± 1.98	30.9 ± 19.35
Suwon	0.0	0.0	6.9 ± 5.81	27.5 ± 22.45

[1] No of trunk investigated : 10 trunks.
[2] No of edaphic part investigated : 10 trunks x 3 parts.

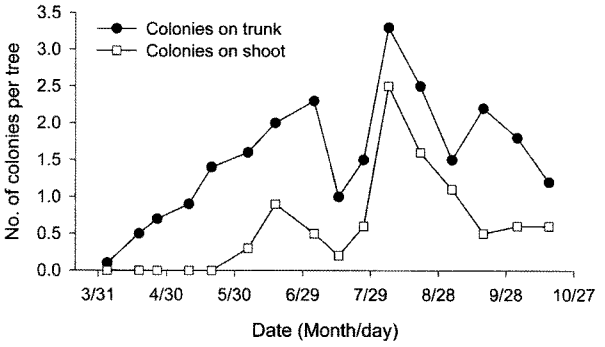

Fig. 1. Seasonal occurrence patterns of *E. lanigerum* in an apple orchard in Suwon, 2002.

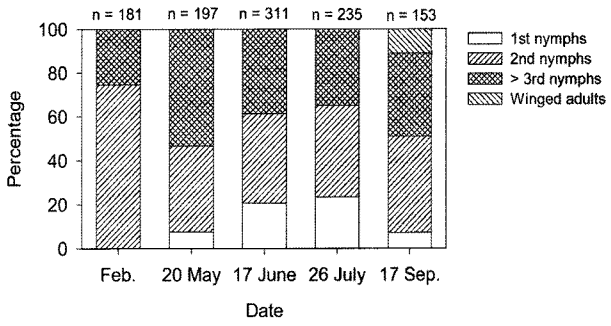

Fig. 2. Age structure of *E. lanigerum* in an apple orchard in Suwon, 2002. The number of individual aphids were given for each sample date.

약제를 살포하지 않는 사과원에서 사과면충 발생소장 조사결과 콜로니가 주간부에서는 4월 중순부터 증가하기 시작하여 6월 하순에서 7월 상순 1차 발생최성기를 보였다(Fig. 1). 그 후 콜로니가 감소하였다가 7월 하순부터 다시 2차 발생최성기를 보였으며, 9월 하순에도 6월 발생량 규모의 콜로니를 형성했다. 신초에서는 6월 상순 처음 발생하여 6월 중순 최성기를 보였고, 이후에는 주간부와 비슷한 시기에 2차 최성기를 보인 후 지속적으로 감소하였다(Fig. 1). 본 조사과원에서는 콜로니의 최고밀도가 주당 3.5개를 넘지 않았으며 주당 2개 정도를 유지하였다. 생육기 사과면충에 대한 사과면충 좀벌 기생율은 6월 중순 지제부 콜로니 29.7%, 주간부 콜로니 97.8%, 신초 콜로니 77.6%로 지제부 보다는 지상부에서 높았다(Table 2). 기타 꽃등에, 풀잠자리 등이 발견되었으나 그 양은 미미하였다.

시기별 사과면충 발육단계별 발생비율은 Fig. 2와 같았다. 월동기에는 대부분 2령 약충과 3령 이상으로 구성되어 있었다. 1령 약충은 5월에 나타나기 시작하여 6월과 7월에는 20% 이상 발생비율을 보였으며 9월에는 5% 내외로 감소하였다. 유시형 성충은 9월에만 발견되었으며 약 10% 비율을 점하였다.

사과면충에 대한 발생농가 조사결과 일반대목(삼엽해당, M106) 및 M26 등 대목에 상관없이 발생하고 있었다. 다만 오래전부터 사과면충이 발생되고 있었던 사과원은 삼엽해당 대목을 사용하고 있는 과원이었다. 최근 사과면충의 발생이 시작된 농가의 경우도 약제 살포량과는 큰 연관성이 없어 보였다(Table 3). 즉 약제를 연간 12회 이상 살포하고 있는 과원과 2~5회 살포하는 과원 모두에서 사과면충 발생이 확인되었다. 사과면충 기생률은 농가에 따라 다양하였으나 대체적으로 높은 수준을 보였다.

사과면충에 대한 약제효과를 검정한 결과 약제에 따라 살충률이 달랐다(Table 4: df = 7, 16; F = 244.61; P = 0.0001). 최근 많이 사용하는 진딧물 적용약제들의 살충률은 7.8~26.7%로 낮았으며, 고독성인 유기인계(methidathion)가 91.5%로 높았고, 월동기 사용할 수 있는 기계유유제(25배)도 95.4%로 높은 살충률을 보였다. 또한 약제에 따라 사과면충좀벌 머미의 우화에에 미치는 영향이 달랐다(df = 7, 16; F = 31.31; P = 0.0001). Imidacloprid, dichlorphos, thiacloprid 등 처리시 비교적 우화율이 높았으나, methidathion, machine oil 등 처리시 우화율이 매우 떨어졌고, enitrothion은 중간 정도였다.

고 찰

우리나라에서 사과면충은 약충 또는 성충으로 사과나무 뿌리 분기점 및 뿌리혹 등에서 월동하는 것으로 보고되어 있으며(Lee, 1968) 본 조사에서도 같은 결과를 얻었지만 1령 약충은 발견할 수 없었고 2령 약충이 약 75%, 나머지는 3령 이상 또는 성충으로 충태별 월동상황을 제공하였다(Fig. 2).

Lee(1968)는 사과면충이 6월 하순 발생최성기를 보이고 고온기에는 밀도가 감소했다가 9월 중·하순 다시 밀도가 증가한다고 보고하였는데, 본 조사의 지상부 콜로니 발생동태도 이와 유사하였다. Brown and Schmitt (1994)도 미국 버지니아 사과원에서 사과면충 발생밀도가 6월 하순 발생 최성기 후 여름철에 점차적으로 감소하였다가 9월 약간 증가하는 특성이 있다고 보고하였다. 여름철 사과면충의 밀도 감소 원인은 무당벌레 천적의 활동(Lohrenz, 1911; El-Haidari *et al.*, 1978; Kosar *et al.*, 1979) 및 고온의 영향(Lohrenz, 1911; Hoyt and

Table 2. Parasitism on *E. lanigerum* by parasite *A. mali* at different habitats and seasons (Mean ± SD)

Location of colony	26 April		20 May		17 June		26 July		3 September	
	n	% parasitism	n	% parasitism	n	% parasitism	n	% parasitism	n	% parasitism
Edaphic root	144	29.6 ± 4.23	303	18.4 ± 6.33	647	29.7 ± 7.72	411	16.9 ± 3.53	-	-
Tree trunk	-[1]	-	-	-	469	97.8 ± 13.58	367	45.3 ± 10.22	373	77.8 ± 16.11
Water sprout (shoot)	-	-	-	-	666	77.6 ± 12.43	152	36.1 ± 9.67	290	74.6 ± 14.38

[1] No data available.

Table 3. Cultivation environment of apple orchards infested with *E. lanigerum*

Locality surveyed	Rootstock	Tree age (year)	% trees infested	Density in maximum		% parasitism	Insecticides (No. sprays per year)	First occurrence year
				No. colonies/tree	No. aphids/colony			
Chungju 1	MS1	>40	50	9.0	250	60~80	12 - 14	Long time ago
Chungju 2	MS	>40	15	5.5	450	50~70	10 - 13	?
Chungju 3	MS	>40	2	3.0	<20	40~90	11 - 14	Long time ago
Eumseong	M 26	14 - 19	<5	1.5	<30	<20	<5	2002
Andong	MS	≈30	20	4.0	<150	30~40	12	2000
Bongwha	M 106	16	<3	1.0	<20	70~90	<3	2002
Youngju 1	MS	≈20	40	5.0	<90	<70	<2	2001
Youngju 2	M 26	≈15	<5	3.0	<65	40~70	13	2002
Suwon	M 26	≈12	40	9.0	<200	70~90	Non spray	?

[1] *Maldus sieboldii.*

Table 4. The effects of several insecticides on the mortality of *E. lanigerum* and the emergence of *A. mali* from the mummies

Insecticide	Active ingredient (% a.i.)	Application rate ()	*E. lanigerum*		*A. mali*	
			n	% mortality	n	% emergence
Dichlorphos EC	50	1,000	155	96.8a1	48	72.6ab
Fenitrothion EC	50	1,000	265	97.8a	46	51.2b
Imidacloprid SC	8	2,000	231	7.8cd	41	85.4a
Methidathion EC	40	1,000	159	91.5a	49	3.5c
Thiacloprid SC	10	2,000	195	26.7b	52	72.2ab
Machine oil	95	25	215	95.4a	51	14.2c
Control (distilled water)	-	-	220	1.1d	53	94.8a

[1] Means followed by same letters in a column are not significantly different (P>0.05, Tukey Test).

Madsen, 1960)인 것으로 해석하고 있다. 본 조사에서는 6월에 사과면충좀벌 기생률이 가장 높았던 것(Table 2)으로 보아 기생봉의 활동이 7월의 사과면충 밀도감소에 영향을 미친 것으로 보이며, 여름철 고온 및 장마철 강우도 사과면충 개체군 증가에 나쁜 영향을 준 것으로 보인다. 신초상의 사과면충 콜로니가 9월에 많이 증가하지 못한 것(Fig. 1)은 사과의 2차 신초생장시기가 이미 끝났고 신초가 굳어졌기 때문으로 해석된다.

서론에서 언급했듯이 사과면충 생물적 방제를 위하여 도입한 사과면충좀벌은 본 연구에서 조사된 모든 과원에서 정착하는 것으로 확인되었고, 일부 과원을 제외한 대부분 과원에서 최고 70% 이상의 기생률을 보였다(Table 3). 1960년 중반 사과면충좀벌 기생률을 50% 이내로 보고한 자료(Lee, 1968)와 비교하면 높은 수준이었다. 주목할 점은 지하부 콜로니에서 사과면충좀벌 기생률이 지상부 콜로니와 비교하여 훨씬 낮게 유지되고 있다는 점이다(Table 2). 이는 지상부 콜로니에 기생봉이 훨씬 쉽게 접근할 수 있음을 보여주는 것이며, 또한 상대적으로 기생봉의 공격으로부터 안전한 지하부 콜로니가 영속적인 사과면충 발생원이 될 수 있음을 시사

한다. 즉 지상부 사과면충 콜로니는 생물적 방제를 중심으로 관리하고 지하부는 약제방제를 접목하는 사과면충 종합관리전략을 검토해 볼 필요가 있다.

사과면충은 1904년 국내 침입 후 1934년 사과면충좀벌 도입으로 생물적 방제가 정착된 것으로 평가되고 있으나, 1960년대까지는 대구 등 사과주산지에서 흔히 발생되었던 것으로 보인다. 즉 Lee(1968)는 전국 각 지역에서 '축' 품종을 중심으로 조사한 결과 지하부 뿌리 피해율이 40% 이상이라고 하였다. 그 후 유기합성 살충제가 본격적으로 사용됨에 따라 발생이 크게 감소한 것으로 추정하고 있다(Reviewed by Jeon *et al.*, 2003). 따라서 1990년 후반까지는 사과재배지역 일부 농가에서 제한적으로 발생되고 있는 해충으로 취급되었다(Na *et al.*, 1998). 하지만 사과나무에 설치한 월동기 잠복소 트랩에 잡힌 절지동물 중 사과면충 개체군이 16.7%를 차지하고 있는 것으로 보고 된 바 있으며(Lee *et al.*, 1997), 이와 같은 결과는 사과원 주변의 아그배나무, 산사나무, 느릅나무 등 대체기주에 정착하고 있던 사과면충 개체군이 월동기 사과원으로 이동(유시충)해왔거나(Schoeno and Underhill, 1935), 사과원 내에 낮은 밀도 상태로 유지되고 있었음을 보여준다. 즉 사과재배환경 및 기상 등 사과면충 발생에 유리한 환경이 조성되면 짧은 시간 내에 쉽게 증가될 수 있는 잠재력을 갖고 있다고 판단된다. 2000년 이후 전국적으로 다발생 된(Jeon *et al.*, 2003) 원인을 정확히 판단하기는 어려우나, 발생이 확인된 과원에서 약제살포 정도 및 대목 종류에 관계없이 사과면충이 발생되었고, 최근 초발생 된 과원이 많은 점으로 보아(Table 3) 근래 온난화되고 있는 우리나라 겨울(Kwon, 2005)의 기상요인(Beers *et al.*, 1993)의 비중이 큰 것으로 보인다. 물론 최근 IPM 도입으로 약제 사용 양상이 변화되고 있는 점도 부분적으로 영향을 주었을 것이다. 사과면충 다발생 원인을 정확히 판단하기 위해서는 향후 사과재배환경(대목, 주변 환경), 약제살포, 기상변화, 천적 등 상호관계에 대한 종합적인 검토가 이루어져야 할 것이다.

본 조사 결과와 Jeon *et al.*(2003)의 보고로 볼 때 많은 사과원에서 사과면충은 방제가 필요한 수준에 도달되고 있는 것으로 판단된다. 방제가 필요한 과원에서는 사과면충좀벌을 보호·유지시키는 생물적 방제의 접목이 우선 강구되어야 할 것이다. 앞에서 언급했듯이 지상부 콜로니는 사과면충좀벌의 기생률이 높기 때문에 이 천적상을 파괴시키지 않는다면 사과면충 밀도를 낮은 상태로 유지시킬 수 있을 것이다. 지하부 콜로니는 천적의 기생률이 낮고 월동처 등 사과면충의 발생원이 되므로, 피해가 심한 과원에서는 인위적인 약제방제가 필요하다. 잎말이나방 방제약제로 등록된 fenitrothion 및 dichlorphos는 사과면충에 방제효과가 높고 천적에 비교적 저독성이어서 동시방제 약제로 이용할 수 있을 것이다. 기타 사과면충에 효과적이나 천적에 나쁜 영향을 미치는 약제들은 사과면충좀벌의 안정을 위하여 사용시기를 제한해야 할 것이다. 더불어 사과면충의 분산은 1령 약충기에 주로 일어나므로(Hoyt and Madsen, 1960), 1령 약충이 출현하는 5월 중순경(Fig. 2) 주간부에 선택적으로 약제를 살포하면, 지상부에 사과면충 콜로니가 정착하는 것을 효과적으로 예방할 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 원예특작과학원(전 원예연구소) 2002년 경상연구 과제 '사과면충 발생생태 및 다발생환경 구명' 연구결과임.

Literature Cited

Baker, A.C. 1915. The woolly apple aphid. U.S. Dep. Agric. Rep. 101.

Beers, E.H., J.H. Brunner, M.J. Willett, and G.M. Warner. 1993. Orchard pest management. Good Fruit Grower, Yakima, Washington. pp. 276.

Brown, M.W. and J.J. Schmitt. 1990. Growth reduction in non-bearing apple trees by woolly apple aphids (Homoptera: Aphididae) on roots. J. Econ. Entomol. 83: 1526-1530.

Brown, M.W. and J.J. Schmitt. 1994. Population dynamics of woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae) in West Virginia apple orchards. Environ. Entomol. 23: 1182-1188.

El-Haidari, H., R. Georis and N. Salam. 1978. Population density of *Aphelinus mali*, a parasite of *Eriosoma lanigerum* in Iraq. Environ. Entomol. 7: 913 -914.

Hoyt, S.C. and H.F. Madsen. 1960. Dispersal behavior of the first instar nymphs of the woolly apple aphid. Hilgardia 30: 267-297.

Hyun, J.S. 2008. Introduction to integrated pest management. World Science inc., Seoul. pp. 212.

Jeon, H.Y., D.S. Kim, K.H. Choi and S.W. Lee. 2003. Monitoring the occurrence of invaded diseases, pests, and weeds. *In* Annual Research Report for 2003. National Horticultural Research Institute, Suwon, Korea. pp. 6.

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.

Klimstra, D.E. and G.C. Rock. 1985. Infestation of rootstocks by woolly apple aphid on weak or dead apple trees in North Carolina orchards. J. Agric. Entomol. 2: 309-312.

Kosar, F., L. Szalay-Marzso, A. Meszleny, G. Lovei and S. Szabo. 1979. Data to the population dynamics and host susceptibility of apple woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* Hausm (Hom.: Aphidoidea). Novenyvedelem 15: 545-550 (summary in English).

Kwon, W-.T. 2005. Current status and perspectives of climate change sciences. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences 41: 325-336.

Lee, Y.H. 1968. Studies on the *Eriosoma Lanigera* Hausmann: Studies on the damage and control methods of woolly apple aphid living in the soil. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 4: 23-43.

Lee, Y.I., G.M. Kwon, S.W. Lee, H.K. Ryu and O.H. Ryu. 1997. Observation on the fauna of arthropods from apple orchards in winter in Kyongbuk province. Korean J. Appl. Entomol. 36: 231-236.

Lohrenz, H.W. 1911. The woolly aphid, *Schizoneura lanigera*. J. Econ. Entomol. 4: 162-171.

Na, S.Y., D.S. Kim and Y.I. Lee. 1998. Survey of fruit tree pests in the central region in Korea. *In* Annual Research Report for 1998. National Horticultural Research Institute, Suwon, Korea. 100-116.

NPQS (The National Plant Quarantine Service). 1999. An illustrated book for foreign pests on plants (in Korea). NPQS, Anyang. pp. 190.

Penman, D.R. and R.B. Chapman. 1980. Woolly apple aphid, *Erisoma lanigerum*, outbreak following use of fenvalerate in apples in Canterbury, New Zealand. J. Econ. Entomol. 73: 49-51.

Pyenson, L.L. 1951. Element of plant protection. John Wiley & Sons Inc., New York. pp. 36.

Schoeno, W.J. and G.W. Underhill. 1935. Life history and migration of the apple woolly aphids. Va. Exp. Stn. Tech. Bull. 57.

(Received for publication March 20 2009;
revised July 1 2009; accepted September 3 2009)