



몇 가지 약제처리에 대한 꼬마배나무이(*Cacopsylla pyricola* Foerster)의 섭식행동 변화 및 살충효과

박민우 · 권혜리 · 유용만 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Changed in Feeding Behavior of *Cacopsylla pyricola* Foerster (Hemiptera: Psyllidae) and Activities of Several Insecticides

Min-Woo Park, Hay-Ri Kwon, Yong-Man Yu and Young-Nam Youn*

Department of Agricultural Biology, Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

(Received on March 4, 2016. Revised on March 9, 2016. Accepted on March 10, 2016)

Abstract Feeding behaviors of the pear psylla, *Cacopsylla pyricola*, and their changing feeding behaviors were recorded and analyzed with an electrical penetration graph (EPG) analysis against 5 insecticides. And their mortality against insecticides were carried out in the laboratory. General feeding behavior patterns of *C. pyricola* were changed by insecticide treatments. Especially, the type and frequency of waveforms differently occurred depending on a sort of insecticides treated. Total duration of transition to waveform PE1 and phloem ingestion (waveform PE2) were significantly different between treatment and non-treatment of insecticides. When 5 different insecticides were treated on pear leaves, difference of feeding patterns were recorded. In case of treatment of benfuracarb, total duration of non-probes (waveform Np) was appeared higher than any other insecticide. However, when flonicamid and deltamethrin were treatment, total duration of stylet penetration (waveform PA) and xylem ingestion (waveform PG) were appeared higher than other insecticide, respectively. As results feeding behaviour of *C. pyricola* after treated insecticides with time-based consumed rate of *C. pyricola*, the rate of non-probe (waveform Np) was longer than start penetration (waveform PA), penetration and ingestion in parenchyma cells (waveform PC1+PC2), ingestion at phloem (waveform PD+PE1+PE2) and xylem (waveform PG). As result of direct spray treatment to *C. pyricola*, mortality of *C. pyricola* against imidacloprid was higher than any other insecticide on 24 hours after treatment. However, all of insecticides showed 100% mortality of after 48 hours. On the other hand, when 5 insecticides sprayed on the pear leaves and then *C. pyricola* located on the treated leaves, benfuracarb showed the most toxicity against *C. pyricola* among insecticides. These result was consistent with the EPG results that showed relatively longer total duration time of waveform Np (non-probes) by benfuracarb treatment.

Key words pear psylla, *Cacopsylla pyricola*, feeding behavior, insecticide

서 론

꼬마배나무이(*Cacopsylla pyricola* Foerster)는 서유럽이 원산지이며, 미국에서는 배나무에 가장 심각한 해충으로 알려져 있다(Alston 2007). 꼬마배나무이는 2.5 mm 정도의 크기로 주로 잎 뒷면에서 식물즙액을 빨아먹고, 여름철에는

알에서 성충이 되기까지 보통 한 달 정도가 소요되며, 한 해에 2-3세대가 경과한 후에 월동에 들어간다. 월동형은 보통 여름형 보다 큰 4 mm 정도이고 적갈색을 띤다. 주로 수피나 낙엽 속 혹은 과원 주위의 수풀에서 월동을 하게 된다. 월동한 성충은 배나무에 새싹이 나오는 시기에 교미를 하고 알을 낳게 되며, 알에서 부화한 약충들이 계속해서 배나무를 가해하면서 성장을 하게 된다. 꼬마배나무이의 성충과 약충은 1차적으로 신초를 가해하며 2차적으로는 감로를 배설하여 과실의 상품성을 떨어뜨린다(Diane and Marion

*Corresponding author
E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

2007). 외국에서는 꼬마배나무이가 pear decline병을 유발하는 phytoplasma를 매개하여 나무를 고사시키기도 한다 (Alston 2007).

꼬마배나무이의 약제방제는 약제에 대해서 저항성 획득이 빠르게 진행되기 때문에 매우 어려운 편이다(Follett et al. 1985; Burts et al. 1989). 이미 피레스로이드 계통의 약제에 대하여는 저항성이 많이 발달되어 있다고 알려져 있다(Burts et al. 1989). 따라서 저항성 획득을 방지하거나 그 속도를 느리게하기 위해서는 살충제 작용기작에 따라 서로 다른 계통의 약제를 교차하여 사용해야 될 것으로 보인다. 꼬마배나무이의 효과적인 방제전략은 가을철에 산란을 하는 성충을 대상으로 방제 계획을 수립하여 산란을 억제하거나 지연시키고, 배꽃이 개화하기 이전에 기계유 등을 살포하여 알이 부화하지 못하도록 하는 것이다. 한편 여름철에는 예찰을 강화하여 꼬마배나무이의 개체군 밀도를 항상 감시하여 경제적 피해수준 이하로 개체군을 조절해야 하며, 살충제를 사용할 경우에는 3령 이하의 약충을 대상으로 방제를 하는 것이 체벽이 두꺼워진 4령 약충이나 성충을 대상으로 하는 것 보다 훨씬 효과적이다. 반면에 수확 후에는 이동성이 강하기 때문에 살충제를 사용하는 것은 비효율적이라고 할 수 있다.

EPG는 흡즙형 곤충의 섭식행동 관찰 이외에도 기주에 대한 선호성과 저항성 기주의 유무를 판단하는데 사용하기도 하였으며(Hu et al. 2008; Jin and Han 2007; Kordan et al. 2008; Yang et al. 2009), 약제에 대한 흡즙형 곤충의 반응을 관찰하여 약제의 효능을 평가하기도 한다(Harrewijin and Kayser 1997; Seo et al. 2007, 2009a, b; Jo et al. 2009; Yang et al. 2010, Boina et al. 2011).

본 연구에서 선발하여 사용된 각 약제는 침투이행성 특성을 가지는 약제들로서 소화중독과 접촉독에 의해서 살충효과를 가지며 acetylcholinesterase (AChE)를 억제하여 살충기작을 나타내는 carbamate계통의 살충제인 benfuracarb (Fukuto 1990)와 접촉독과 소화중독에 의해서 살충효과를 가지며 acetylcholine receptor (nAChR)에 작용하여 살충효과를 나타내는 neonicotinoid계통의 imidacloprid (Tomizawa and Casida 2005), 식물체에 구침이 침투하지 못해 굼게 되어 살충 효과가 나타나는 pyridincarboxamid계통의 살충제인 flonicamid (Morita et al. 2007), 비침투이행성으로 특성을 가지는 약제들로서 접촉독과 소화중독을 일으키며 활동전위를 생성시키는 Na⁺이온이 유입되는 통로에 이상을 일으켜 과도한 신경자극으로 인하여 살충효과를 나타내는 pyrethroid계통의 살충제인 deltamethrin (Narahashi 1971), 그리고 소화중독과 접촉독에 의해서 살충효과를 가지고 광범위하게 적용할 수 있는 acetylcholinesterase (AChE)를 억제하여 살충기작을 나타내는 유기인계 살충제인 fenitrothion (Fukuto 1990)을 사용하였다.

본 실험은 꼬마배나무이가 배나무 잎을 섭식할 때 나타나는 섭식행동을 EPG 기술을 이용하여 관찰하고 섭식행동 패턴을 분석하여, 꼬마배나무이의 효과적인 방제를 위하여 작용기작이 서로 다른 계통의 약제를 사용하였을 경우에 나타나는 꼬마배나무이의 섭식행동에 있어서의 차이를 비교·분석하여 약제에 대한 영향을 알아보기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시험곤충과 기주

대전시 유성구에 위치한 배과원에서 채집한 꼬마배나무이를 포트(φ20 × 25 cm)에 심겨진 배나무 묘목(품종: 신고)에서 사육하면서 실험에 사용하였고, 사육과 실험환경조건은 25 ± 1°C, RH 50-60%, 16L:8D를 유지하였다.

EPG 기록

Electrical Penetration Graph (EPG) 기록은 Seo 등(2007, 2009a, b)의 방법을 응용하여 실시하였다. 배나무 잎의 잎자루를 300 ml의 물이 담긴 가지 달린 삼각플라스크에 끝부분을 자른 잎자루를 고정시킨 후 물에 침지하여 사용하였다. 배나무 잎은 묘목에 있는 신초에서 8번째 잎을 사용하였다. EPG 파형을 PROBE 3.4 software로 기록을 저장하고 분석하였다. 분석할 때에는 결과에서 볼 수 있듯이 파형을 Park et al. (2016)이 분류한 9개의 섭식패턴을 기초로 하여 분석하였다.

Park et al. (2016)에 의하면 EPG기술을 활용하여 관찰한 꼬마배나무이의 섭식행동 패턴은 9가지로 분류하고 있다. 섭식을 하지 않을 때 나타나는 파형인 Np 파형을 비롯하여, 섭식을 시작하여 구기가 기주식물에 닿고 식물체 침투할 때 나타나는 파형인 PA파형, 식물체에 침투시 타액을 분비할 때 나타나는 파형인 PB파형, 식물체 유조직을 침투시 타액을 분비할 때 나타나는 파형인 PC1파형, 관다발 유조직을 섭식할 때 나타나는 파형인 PC2파형, 체관부 섭식을 시작할 때 PC1파형에서 PE1파형으로 이행될 때 나타나는 파형인 PD 파형, 체관부 섭식시 타액을 분비할 때 나타나는 파형인 PE1파형, 체관부를 섭식할 때 나타나는 파형인 PE2파형, 물관부를 섭식할 때 나타나는 파형인 PG파형 등을 보고하였다.

실험약제

본 실험에서 사용한 약제는 5가지이며, 살충효과를 보이는데 서로 다른 작용기작을 나타내는 단일 유효성분을 선발하여 사용하였다(Table 1). 선발된 5가지 약제는 각각 carbamate계통의 살충제인 benfuracarb, pyridincarboxamid계통의 flonicamid, neonicotinoid계통의 imidacloprid, pyrethroid계통의 deltamethrin, 유기인계 계통의 fenitrothion이다. 각 약제의 처리는 농도를 달리하여 저농도 및 추천농도

Table 1. Concentrations of each insecticides used in 2011

Insecticides	Formulation, A.I.(%)	Concentrations		
		ppm (dilution rate)		
		1/3 fold	1 fold	3 fold
Benfuracarb	WG, 30	100 (3,000)	300 (1,000)	900 (333)
Imidacloprid	SC, 8	13 (6,000)	40 (2,000)	120 (667)
Flonicamid	WG, 10	17 (6,000)	50 (2,000)	150 (667)
Deltamethrin	SC, 0.75	133 (3,000)	400 (1,000)	120 (333)
Fenitrothion	WP, 40	3 (8,955)	9 (2,985)	27 (995)

와 고농도 등 3단계로 나누었으며, 저농도는 추천농도의 1/3배, 추천농도는 2011년도 농약사용지침서에 표기된 추천농도이며, 고농도는 추천농도의 3배로 희석하여 사용하였다.

약제처리에 따른 꼬마배나무이의 섭식행동 분석

약제에 대한 반응 실험은 약제가 꼬마배나무이의 섭식에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해서 EPG 기록 실험 과정에서 물 대신 농도별 약제를 희석한 희석액 300 ml을 넣어 잎자루를 1시간동안 침지 한 후 EPG기록에 이용하였다. EPG 기록은 5시간 동안 기록 하였으며, 꼬마배나무이와 배나무 잎을 각각 새로운 것으로 교체하여 10반복 수행 후 분석하였다.

꼬마배나무이의 섭식 소요시간에 약제가 미치는 영향 비교

1시간대별로 나누어서 섭식을 하지 않은 시간(Np), 식물체 침투에 소요한 시간(PA+PB), 유조직을 침투하는데 소요한 시간(PC1+PC2), 체관부를 섭식하는데 소요한 시간(PD+PE1+PE2), 물관부를 섭식하는데 소요한 시간(PG)를 나누어 꼬마배나무이의 섭식행동에 소요되는 시간의 비율을 비교 분석하였다.

꼬마배나무이의 섭식 패턴에 약제가 미치는 영향 비교

꼬마배나무이가 각 농도별로 약제가 처리된 배나무 잎을 섭식하였을 때 나타나는 섭식 패턴을 다른 과형으로 변화되는 경향과 횟수를 기록하여 약제 간 차이가 나타나는지 비교하였다.

약제에 대한 반응

약제를 꼬마배나무이에 직접분무처리 한 경우와 약제를 배나무 잎에 분무하여 꼬마배나무이를 접촉했을 경우의 간접처리 방식으로 나누어 그 차이를 알아보았다. 먼저 직접분무처리의 경우, 사용된 약제와 약제의 농도는 Table 1과 같았고 꼬마배나무이 10마리를 CO₂가스로 마취시킨 후 spray tower (Burkard, UK)를 이용하여 약제 1 ml을 충체에 고루 살포하였다. 기주 식물에 수분 공급을 위해 배나무 잎

을 탈지면으로 감싸 물에 적셔 먹이로 공급하여 insect breeding dish (No.310102, SPL, Korea)에 넣었고 검정시간은 EPG 기록 시간과 같은 5시간과 24시간, 48시간 검정하여 사충율을 조사하였다. 각 약제 농도별로 3반복 수행하였다.

간접처리에 사용된 약제와 농도는 직접처리한 방법과 같고 배나무 잎의 잎자루 끝부분을 해부용 칼(Surgical Blade, FEATHER®, Japan)을 이용해 잘라 각 농도별 약제에 1시간 침지 후 농도별 약제 2 ml이 들어있는 뚜껑을 제거한 2 ml microcentrifuge tube (MCT-200, AXYGEM, USA)에 잎자루를 넣고 파라필름 (Laboratory Sealing Film, Whatman, UK)으로 약제가 새어나오지 않도록 sealing하여 준비하고 꼬마배나무이 10마리를 CO₂가스로 마취시킨 후 insect breeding dish (No.310102, SPL, Korea)에 준비된 배나무 잎과 함께 넣어 주었다. 검정시간은 EPG 기록 시간과 같은 5시간과 24시간, 48시간 검정하여 사충율을 조사하였다. 각 약제 농도별로 3반복 수행하였다.

통계분석

각 농도별 약제를 처리한 처리구와 무처리구는 총 5시간 동안 10회 반복 실험을 수행하였고, EPG기록결과와 나타난 결과와 약제에 대한 반응 실험 결과는 SPSS (PASW Statistics 18.0) 일원배치분산분석을 통해 각 기록 결과 간 p>0.05 범위에서 유의성 검정을 수행하였으며, DUNCAN분석을 통해 약제 간 유의차를 확인하였다.

결과 및 고찰

약제 처리에 따른 꼬마배나무이의 섭식행동 분석

섭식하지 않은 시간(Np)

EPG 기록 결과 5가지 약제는 무처리구에 비해서 꼬마배나무이가 섭식 하지 않는 시간(Np)이 길게 나타났으며, 기준량의 1/3배, 기준량, 기준량의 3배의 농도를 처리한 처리구 모두에서 약제 중 가장 섭식하지 않은 시간이 길었던 약제는 benfuracarb로 나타났다(Table 2).

Table 2. Total duration of non-probes (Np) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	12,684.97 ± 4,410.24c	6,982.81 ± 5,022.56b	7,543.67 ± 4,667.98b	8,536.58 ± 4,524.22bc	8,364.79 ± 6,533.21bc	2,369.52 ± 1,372.70a	0.001**
		11,852.54 ± 5,287.26b	11,205.13 ± 3,570.59b	9,714.68 ± 4,195.97b	8,988.25 ± 5,341.68b	7,087.09 ± 6,398.88ab	2,369.52 ± 1,372.70a	
	13,380.38 ± 6,798.09c	12,216.69 ± 3,717.17bc	14,826.51 ± 2,734.64c	6,953.70 ± 5,702.90ab	10,581.79 ± 4,681.39bc	2,369.52 ± 1,372.70a		
P**	0.830 ^{NS}	0.021*	0.001**	0.661 ^{NS}	0.423 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 3. Total duration of stylet penetration (PA) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	193.54 ± 172.81a	2173.51 ± 3315.09b	307.30 ± 359.59a	396.10 ± 589.42a	62.10 ± 44.85a	95.10 ± 57.95a	0.009**
		119.93 ± 117.64a	1939.86 ± 2444.72b	1847.91 ± 2239.70b	255.79 ± 563.50a	120.96 ± 98.69a	95.10 ± 57.95a	
	521.21 ± 806.71ab	769.04 ± 1188.23b	481.61 ± 637.14ab	95.67 ± 64.76a	60.69 ± 65.30a	95.10 ± 57.95a	0.079 ^{NS}	
(P**)	0.159 ^{NS}	0.409 ^{NS}	0.034*	0.376 ^{NS}	0.128 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 4. Total duration of sheath salivation (PB) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	487.21 ± 588.29ab	368.11 ± 590.34ab	149.26 ± 204.62b	163.74 ± 165.18b	171.24 ± 234.34b	917.63 ± 1383.51b	0.101 ^{NS}
		1,090.66 ± 2049.88a	238.89 ± 297.01a	319.41 ± 288.02a	96.49 ± 35.68a	260.73 ± 279.16a	917.63 ± 1383.51a	
	69.15 ± 74.65ab	337.03 ± 259.70b	66.48 ± 114.57ab	131.16 ± 85.40a	86.44 ± 103.39a	917.63 ± 1383.51a	0.011*	
(P**)	0.332 ^{NS}	0.765 ^{NS}	0.041*	0.401 ^{NS}	0.223 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

식물체 표면에서 침투하는데 소요한 시간(PA, PB)

꼬마배나무이가 식물체 표면에 구침을 침투(PA)시키는 데 필요한 시간은 imidacloprid와 flonicamid를 제외한 나머지 약제는 무처리구와 큰 차이를 보이지 않았고, flonicamid는 기준량 이상의 농도로 처리하였을 경우 식물체에 침투할 때 소요하는 시간이 길어지며, 5가지 약제 중 imidacloprid가 다른 약제에 비해서 더 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 3). 또한 꼬마배나무이가 식물체에 침투시 타액을 분비하여 나타나는 파형(PB)이 지속되는 시간은 무처리구에 비해서 약제에 영향을 받아 약제를 처리한 처리구에서 더 짧게 나타났지만, 약제 간 차

이점은 나타나지 않았다(Table 4).

유조직 침투에 소요한 시간(PC1, PC2)

꼬마배나무이가 유조직을 침투시 타액을 분비(PC1)하는데 소요되는 시간은 약제에 영향을 많이 받지 않아 무처리구와 각 약제 농도별 처리구간에 차이점이 발견되지 않았다(Table 5). 반면에 꼬마배나무이가 관다발 유조직을 섭식할 경우 나타나는 파형(PC2)의 경우는 기준량의 1/3배 농도인 저농도에서 약제에 영향을 받지 않지만 기준량 이상의 농도로 처리시 무처리구와 다소 차이가 있었으나 통계적으로는 유의성이 없었다(Table 6).

Table 5. Total duration of salivation at parenchyma (PC1) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	15,536.58 ± 43,383.96a	4,121.97 ± 3,858.89a	6,084.66 ± 6,209.89a	2,048.89 ± 2,016.84a	3,734.62 ± 3,659.47a	3,616.78 ± 2,932.00a	0.598 ^{NS}
	1 fold	2,575.22 ± 3,114.85a	2,016.86 ± 2,116.48a	2,399.72 ± 1,204.90a	2,076.37 ± 1,527.47a	2,286.34 ± 1,974.67a	3,616.78 ± 2,932.00a	0.642 ^{NS}
	3 fold	1,995.98 ± 3,448.65a	2,956.05 ± 1,621.96a	1,653.01 ± 2,473.27a	2,646.32 ± 2,661.04a	2,340.02 ± 2,885.09a	3,616.78 ± 2,932.00a	0.653 ^{NS}
(P**)	0.409 ^{NS}	0.238 ^{NS}	0.039*	0.778 ^{NS}	0.464 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 6. Total duration of vascular parenchyma feeding (PC2) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	1,707.19 ± 2,515.47a	1,423.85 ± 3,303.89a	1,721.35 ± 3,146.67a	4,589.52 ± 5,184.40a	3,147.06 ± 3,467.00a	1,166.69 ± 2,605.58a	0.227 ^{NS}
	1 fold	1,538.55 ± 3,423.57ab	1,440.73 ± 3,385.92ab	1,520.38 ± 2,477.71ab	698.66 ± 1,670.05a	4,229.74 ± 4,428.72b	1,166.69 ± 2,605.58ab	0.177 ^{NS}
	3 fold	1,257.49 ± 2,027.19ab	876.94 ± 2,088.24ab	519.70 ± 1,329.14a	3,023.18 ± 3,415.81b	830.03 ± 1,141.95ab	1,166.69 ± 2,605.58ab	0.176 ^{NS}
(P**)	0.933 ^{NS}	0.891 ^{NS}	0.506 ^{NS}	0.080 ^{NS}	0.082 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 7. Total duration of transition to PE1 (PD) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	9.84 ± 24.30a	0.00 ± 0.00a	6.05 ± 12.68a	32.82 ± 77.99a	0.00 ± 0.00a	34.01 ± 49.78a	0.181 ^{NS}
	1 fold	7.87 ± 15.15a	3.56 ± 9.55a	11.47 ± 25.76a	2.26 ± 4.80a	0.00 ± 0.00a	34.01 ± 49.78b	0.030*
	3 fold	15.04 ± 47.57ab	0.00 ± 0.00a	1.13 ± 3.56a	0.00 ± 0.00a	16.78 ± 27.84ab	34.01 ± 49.78b	0.094 ^{NS}
(P**)	0.876 ^{NS}	0.265 ^{NS}	0.396 ^{NS}	0.210 ^{NS}	0.040*	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 8. Total duration of phloem salivation (PE1) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	692.42 ± 1,269.31a	0.00 ± 0.00a	73.23 ± 201.38a	186.70 ± 382.79a	0.00 ± 0.00a	4,706.37 ± 2,794.15b	0.000**
	1 fold	761.65 ± 2,121.89a	75.09 ± 237.46a	1,059.19 ± 2,739.50a	68.59 ± 145.19a	0.00 ± 0.00a	4,706.37 ± 2,794.15b	0.000**
	3 fold	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	37.33 ± 118.06a	0.00 ± 0.00a	1486.46 ± 3119.87a	4,706.37 ± 2,794.15b	0.000**
(P**)	0.430 ^{NS}	0.381 ^{NS}	0.280 ^{NS}	0.221 ^{NS}	0.123 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

체관부 섭식에 소요한 시간(PD, PE1, PE2)

체관부 섭식을 시작할 때 짧은 시간 나타나는 파형(PD)은 기준량의 1/3배인 저농도에서는 무처리구와 처리구 간에 차이점이 나타나지 않고, 기준량으로 처리하여 EPG 기록한 결과도 무처리구와 처리구 간의 차이가 나타났지만 약제 간 차이는 나타나지 않았다. 기준량의 3배인 고농도로 처리하여 기록한 결과 무처리구와 처리구 사이에 차이점과 약제 간 차이가 나타났지만 통계적으로 유의성은 없었다(Table 7). 체관부에서 타액분비가 나타나는 파형(PE1)으로 무처리구와 모든 처리구 간 차이는 나타났지만, 약제 간 차이점은 나타나지 않았다(Table 8). 체관부 섭식시 나타나는 파형(PE2)으로 무처리구와 모든 처리구 간 차이는 나타났지만, 약제 간 차이점은 나타나지 않았다(Table 9).

물관부 섭식에 소요한 시간(PG)

물관부를 섭식할 때 나타나는 파형(PG)으로 기준량의 1/3 배 저농도 처리구에서는 무처리구와 차이가 나타나지 않았다. 기준량과 기준량의 3배인 고농도로 처리하여 실험한 경우 무처리구 보다 물관부 섭식에 소요한 시간이 많은 처리구는 deltamethrin과 fenitrothion로 나타났다(Table 10).

추가적인 분석 요소

위의 기록결과를 바탕으로 다른 요인들을 분석한 결과,

꼬마배나무이의 첫 탐침 시간(Time to the first probe)은 무처리구와 처리구간의 차이를 발견 할 수 없었고, 약제 간 차이 또한 나타나지 않았다. 꼬마배나무이가 섭식을 시도한 총 횟수(Total number of probe)의 경우 저농도와 추천농도에서는 약제 간 차이를 확인하였지만 고농도의 경우 약제 간 차이점이 나타나지 않았다. 꼬마배나무의 첫 물관부 섭식 시간(Time to the first xylem feeding)은 저농도와 추천농도에서는 무처리구와 처리구간 차이와 약제 간 차이가 나타나지 않았지만 고농도에서는 차이가 나타났으며 제일 먼저 물관부 섭식 시도한 처리구는 flonicamid로 나타났다. 꼬마배나무이의 물관부 섭식 총 횟수(Number of xylem phase)는 저농도에서는 처리구와 무처리구간 차이가 나타나지 않았고, 추천농도에서는 침투이행성 약제와 비침투이행성 약제 간 차이가 나타났다. 고농도에서는 benfuracarb가 물관부 섭식을 가장 저해 하는 것으로 나타났다(Table 11). 꼬마배나무이의 첫 체관부 섭식 시간(Time to the first phloem feeding)은 약제 처리 시에 체관부 섭식을 시도하는 빈도가 적으며 약제를 처리하였을 경우 섭식을 시도하는 시간의 차이는 크게 나타나지 않았다(Table 12). 꼬마배나무이의 체관부 섭식 총 횟수(Number of phloem phase)는 약제를 처리하였을 때는 체관부 섭식 횟수가 무처리구에 비하여 낮게 나타났다(Table 13).

Table 9. Total duration of phloem ingestion (PE2) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Fonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	47.38 ± 124.71a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	1,982.49 ± 1,751.86b	0.000**
	1 fold	338.16 ± 1,051.13a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	758.54 ± 2,398.70a	1,982.49 ± 1,751.86b	0.006**
Concentrations	3 fold	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	1,982.49 ± 1,751.86b	0.000**
	(P**)	0.419 ^{NS}	-	-	0.381 ^{NS}	0.208 ^{NS}	-

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 10. Total duration of xylem ingestion (PG) time of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Fonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	138.14 ± 436.85a	3,365.64 ± 4,284.90a	2,570.38 ± 2,908.41a	2,055.46 ± 2,291.09a	2,880.18 ± 4,017.25a	3,088.89 ± 4,593.27a	0.327 ^{NS}
	1 fold	0.00 ± 0.00a	1,216.34 ± 1,762.29ab	540.53 ± 998.78ab	5,054.76 ± 4,190.28c	4,015.14 ± 2,819.90c	3,088.89 ± 4,593.27bc	0.001**
Concentrations	3 fold	1,062.31 ± 3,359.32a	574.66 ± 793.21a	442.55 ± 1,399.46a	5,509.98 ± 5,496.28b	2,124.36 ± 3,842.10ab	3,088.89 ± 4,593.27ab	0.025*
	(P**)	0.430 ^{NS}	0.072 ^{NS}	0.035*	0.156 ^{NS}	0.506 ^{NS}	-	-

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 11. Number of xylem phase of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	0.10 ± 0.32a	0.70 ± 0.82a	2.10 ± 4.23a	1.20 ± 1.48a	1.40 ± 1.90a	1.00 ± 0.94a	0.385 ^{NS}
	1 fold	0.00 ± 0.00a	0.60 ± 0.70a	0.40 ± 0.52a	2.50 ± 3.24b	1.30 ± 0.82ab	1.00 ± 0.94a	0.007 ^{**}
	3 fold	0.10 ± 0.32a	1.20 ± 0.79c	0.40 ± 1.26ab	1.20 ± 0.63c	0.80 ± 1.14ab	1.00 ± 0.94c	0.044 [*]
(P ^{**})	0.612 ^{NS}	0.196 ^{NS}	0.249 ^{NS}	0.291 ^{NS}	0.579 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 12. Time to the first phloem feeding of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	2,642.42 ± 2,981.22ab	0.00 ± 0.00a	1,748.15 ± 3,446.87ab	2,123.20 ± 4,730.48ab	0.00 ± 0.00a	3,055.09 ± 2,418.11b	0.078 ^{NS}
	1 fold	563.00 ± 1,287.29ab	3,375.48 ± 5,638.29b	2,236.38 ± 3,931.34ab	1,080.43 ± 3,182.36ab	0.00 ± 0.00a	3,055.09 ± 2,418.11ab	0.138 ^{NS}
	3 fold	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	516.39 ± 1,632.96a	0.00 ± 0.00a	1967.42 ± 4213.66ab	3,055.09 ± 2,418.11b	0.005 ^{**}
(P ^{**})	0.010 [*]	0.042 [*]	0.466 ^{NS}	0.367 ^{NS}	0.133 ^{NS}	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

Table 13. Number of phloem phase of *Cacopsylla pyricola* using EPG techniques on pear leaf treated 3 different concentration of 5 different insecticides for 5 hours

Insecticide	Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*	
Concentrations	1/3 fold	1.60 ± 1.58b	0.00 ± 0.00a	0.70 ± 1.57ab	0.60 ± 1.58ab	0.00 ± 0.00a	3.20 ± 1.81c	0.000 ^{**}
	1 fold	0.60 ± 1.07a	0.30 ± 0.48a	0.90 ± 1.45a	0.30 ± 0.48a	0.00 ± 0.00a	3.20 ± 1.81b	0.000 ^{**}
	3 fold	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.10 ± 0.32a	0.00 ± 0.00a	0.70 ± 1.16a	3.20 ± 1.81b	0.000 ^{**}
(P ^{**})	0.011 [*]	0.034 [*]	0.342 ^{NS}	0.384 ^{NS}	0.040 [*]	-	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

꼬마배나무이의 약제에 대한 반응

직접분무처리 결과

약제가 총체에 직접 닿게 분무 처리한 직접처리 5시간 후에 살충률을 조사한 결과, 기준량의 1/3배 농도로 분무한 처리구에서 imidacloprid와 flonicamid가 20% 이상의 살충률이 나타났다. 기준량의 농도로 분무한 처리구는 약제간 유의성을 보였고, imidacloprid가 살충률이 가장 높게 나타났다. 기준량의 3배 농도로 처리한 처리구는 약제 간 차이는 보였지만, 통계적으로 유의성이 없었다. 직접처리 24시간 후 살충률 조사 결과, 기준량의 1/3배 농도로 분무하였을 때 flonicamid와 fenitrothion이 70% 이상의 살충률로 가장 높

게 나타났고, 약제 간 유의성을 보였다. 기준량의 농도로 분무한 처리구에서는 imidacloprid가 90% 이상의 살충률이 나타났다. Imidacloprid를 제외한 나머지 약제 간 차이는 없었다. 기준량의 3배의 농도로 분무한 처리구에서는 약제 간 유의성이 없었고, fenitrothion이 90%이상의 살충률을 나타냈다. 직접처리 48시간 후에는 기준량의 1/3배 농도로 분무한 처리구에서는 약제 간 차이가 있었고, imidacloprid, flonicamid, fenitrothion이 80%이상의 살충률을 보였다. 기준량 농도와 기준량의 3배 농도로 처리한 처리구에서는 무처리구와 차이는 있었지만 약제 간 통계적 유의성은 없었다 (Table 14).

Table 14. The mortality of *Cacopsylla pyricola* according to 3 different concentration of 5 different insecticides with direct spray after 5, 24 and 48 hours

		Treatment after 5 hours						
Insecticide		Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	6.7 ± 5.8a	23.3 ± 8.5b	23.3 ± 5.8b	6.7 ± 5.8b	16.7 ± 11.5ab	3.3 ± 5.8a	0.012*
	1 fold	10.0 ± 0.0ab	50.0 ± 17.3d	26.7 ± 5.8c	20.0 ± 0.0bc	13.3 ± 5.8abc	3.3 ± 5.8a	0.000**
	3 fold	26.7 ± 23.1ab	36.7 ± 5.8b	30.0 ± 10.0b	16.7 ± 11.5ab	20.0 ± 10.0ab	3.3 ± 5.8a	0.079 ^{NS}
	(P**)	0.308 ^{NS}	0.068 ^{NS}	0.579 ^{NS}	0.154 ^{NS}	0.702 ^{NS}	-	
		Treatment after 24 hours						
Insecticide		Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	43.3 ± 5.78abc	63.3 ± 25.1bc	76.7 ± 20.8c	36.7 ± 20.8ab	73.3 ± 11.5c	26.7 ± 15.3a	0.022*
	1 fold	53.3 ± 5.8b	93.3 ± 5.8c	63.3 ± 5.8b	50.0 ± 10.0b	63.3 ± 20.8b	26.7 ± 15.28a	0.001**
	3 fold	53.3 ± 25.2ab	76.7 ± 18.6bc	73.3 ± 23.1bc	73.3 ± 5.8bc	90.0 ± 10.0c	26.7 ± 15.3a	0.006**
	(P**)	0.670 ^{NS}	0.131 ^{NS}	0.677 ^{NS}	0.044*	0.167 ^{NS}	-	
		Treatment after 5 hours						
Insecticide		Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	73.3 ± 5.8bc	90.0 ± 10.0c	86.7 ± 11.5c	50.0 ± 20.0ab	86.7 ± 5.8c	30.0 ± 20.0a	0.001**
	1 fold	76.7 ± 20.8b	96.7 ± 5.8b	86.7 ± 15.2b	76.7 ± 25.2b	90.0 ± 17.3b	30.0 ± 20.0a	0.010*
	3 fold	86.7 ± 12.7b	83.3 ± 5.8b	90.0 ± 10.0b	86.7 ± 5.8b	100.0 ± 0.0b	30.0 ± 20.0a	0.000**
	(P**)	0.467 ^{NS}	0.171 ^{NS}	0.932 ^{NS}	0.123 ^{NS}	0.340 ^{NS}	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

간접처리 결과

약제에 잎자루를 침지하여 식물체 내에 약제가 유입되도록 처리한 간접처리 5시간 후 살충률 조사 결과, deltamethrin, fenitrothion이 다른 약제에 비해서 높은 살충률을 보였다. 기준량의 농도와 기준량의 3배 농도의 약제에 침지시킨 경우에 무처리구를 포함한 처리구에서 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. 간접처리 24시간 후 기준량의 1/3배 농도에 침지하여 실험한 결과, 처리구간에 통계적 유의성을 보였으며 deltamethrin의 살충률이 가장 높게 나타났다. 나머지 약제는 control에 비하여 높은 살충률을 보였다. 기준량의 농도로 처리한 경우 deltamethrin의 살충률이 가장 높게 나타났고 benfuracarb, imidacloprid와 fenitrothion과도 차이를 보였다. 기준량의 3배의 농도로 처리한 경우 benfuracarb가 살충률이 가장 높게 나타났고, 다음으로 imidacloprid가 높게 나타났다. 간접처리 48시간 후 살충률 조사 결과, 기준량의 1/3배 농도로 처리한 경우 imidacloprid가 가장 높은 살충률을 보였으며 약제 간 통계적 유의성을 보였다. 기준량의 농도로 처리한 경우 처리구와 무처리구를 포함하여 통계적 유의성은 없었다. 기준량의 3배의 농도로

처리한 경우에는 처리구, 무처리구 모두 통계적 유의성을 보였다(Table 15).

작용 기작이 다른 5가지 계통의 약제인 benfuracarb, imidacloprid, flonicamid, deltamethrin, fenitrothion를 처리하였을 경우에 꼬마배나무이에 미치는 영향을 평가한 결과, 정상적인 상태에서 섭식행동과 살충제 처리에 의한 비정상적인 조건 아래서의 섭식행동의 차이를 EPG 기술을 이용하여 확인할 수 있었다. Knaust and Poehling (1994)이 보고한 꼬마배나무이와 같은 흡즙형 곤충인 복숭아혹진딧물에 대한 imidacloprid의 영향에 관한 연구 결과에서 imidacloprid가 살충 효과보다는 기피효과가 더 크다고 보고하였지만, 본 실험에서는 높은 살충률은 아니지만 간접처리 실험 결과 다른 약제에 비해서 소화중독에 의해 높은 살충률을 나타냈다. Naeun (1995)가 보고한 바에 의하면 저농도의 primicarb가 섭식행동에 영향을 주지 않는다고 하였지만, 꼬마배나무이의 EPG 기록을 분석한 결과는 정상적인 상태에서의 섭식행동과 저농도의 약제를 처리했을 때 나타나는 섭식행동 간의 차이를 발견할 수 있었고 추천 농도로 처리하였을 경우 뚜렷한 차이를 나타내었다.

Table 15. The mortality of *Cacopsylla pyricola* according to 3 different concentration of 5 different insecticides with indirect treatment after 5, 24 and 48 hours

		Treatment after 5 hours						
Insecticide		Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	10.0 ± 0.0b	6.7 ± 5.8b	0.0 ± 0.0a	0.000**
	1 fold	6.7 ± 5.8a	3.3 ± 5.8a	0.0 ± 0.0a	10.0 ± 17.3a	3.3°æ5.8a	0.0 ± 0.0a	0.303 ^{NS}
	3 fold	3.3 ± 5.0a	3.3 ± 5.8a	3.3 ± 5.8a	10.0 ± 10.0a	16.7°æ15.2a	0.0 ± 0.0a	0.407 ^{NS}
	(P**)	0.296 ^{NS}	0.020*	0.422 ^{NS}	1.000 ^{NS}	0.308 ^{NS}	-	
		Treatment after 24 hours						
Insecticide		Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	3.3 ± 5.8ab	3.3 ± 5.8ab	3.3 ± 5.8ab	13.3 ± 5.8b	6.7°æ5.8ab	0.0 ± 0.0a	0.112 ^{NS}
	1 fold	10.0 ± 0.0ab	6.7 ± 5.8ab	3.3 ± 5.8a	23.3 ± 20.8b	3.3°æ5.8a	0.0 ± 0.0a	0.105 ^{NS}
	3 fold	43.3 ± 15.2c	26.7 ± 5.8bc	3.3 ± 5.8a	13.3 ± 15.3ab	20.0°æ17.3ab	0.0 ± 0.0a	0.007**
	(P**)	0.004**	0.005**	1.000 ^{NS}	0.670 ^{NS}	0.228 ^{NS}	-	
		Treatment after 48 hours						
Insecticide		Benfuracarb	Imidacloprid	Flonicamid	Deltamethrin	Fenitrothion	Control	P*
Concentrations	1/3 fold	6.7 ± 5.8ab	20.0 ± 10.0c	13.3 ± 5.8bc	16.6 ± 5.8bc	13.3°æ5.8bc	0.0 ± 0.0a	0.022*
	1 fold	20.0 ± 10.0a	20.0 ± 10.0a	20.0 ± 17.3a	23.3 ± 20.8a	10.0°æ10.0a	0.0 ± 0.0a	0.303 ^{NS}
	3 fold	53.3 ± 15.3d	27.8 ± 14.8cd	33.3 ± 20.8bcd	13.3 ± 15.3ab	23.3°æ20.8abc	0.0 ± 0.0a	0.013*
	(P**)	0.005**	0.055 ^{NS}	0.360 ^{NS}	0.729 ^{NS}	0.506 ^{NS}	-	

Values represent by mean ± SD, *P<0.05, **P<0.01; Completely randomized one-way analysis of variance, ANOVA, Post Hoc Tests by Duncan in SPSS version 18.0. Different letters means that these value have a significantly different among them.

작용기작이 다른 5가지 살충제에 대한 직접적, 간접적인 약효 실험 결과는 약제 간 살충률은 큰 차이를 나타내지 않았지만, EPG 기록 분석 결과에서는 약제 간 차이를 발견할 수 있었다. 정상적인 상태에서 섭식하는 꼬마배나무이에 비하여 살충제에 영향을 받아 체관부를 섭식하는데 소요하는 시간이 더 짧게 나타났고 체관부 섭식으로 나타나는 섭식행동 패턴 출현 양상에도 정상적인 상태에서 섭식하는 꼬마배나무이보다 낮은 빈도로 나타났으며, 고농도의 경우 체관부 섭식을 저해하는 것을 확인하였다.

Literature Cited

- Alston, D. (2007) Pear psylla (*Cacopsylla pyricola*). Published by Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory. ENT-62-07. p4.
- Boina, D. R., Y. Youn, S. Folimonovac, and L. L. Stelinski (2011) Effects of pymetrozine, an antifeedant of Hemiptera, on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, feeding behavior, survival and transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Pest Manag. Sci. 67:146-155.
- Burts, E. C., H. E. van de Baan and B. A. Croft (1989) Pyrethroid resistance in pear psylla, *Psylla pyricola* Foerster (Homoptera: Psyllidae), and synergism of pyrethroids with piperonyl butoxide. Can. Ent. 121:219-223.
- Diane, A. and M. Marion (2007) Pear psylla (*Cacopsylla pyricola*). Utah Pests. Utah State University. United States.
- Follett, P. A., B. A. Croft and P. H. Westgard (1985) Regional resistance to insecticides in *Psylla pyricola* from pear orchards in Oregon. Can. Ent. 117:565-573.
- Fukuto, T. R (1990) Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. Environ. Health Perspect. 87:245-254.
- Harrewijn, P. and H. Kayser (1997) Pymetrozine, a fastacting and selective inhibitor of aphid feeding. In-situ studies with electronic monitoring of feeding behaviour. Pest. Sci. 49(2):130-140.
- Hu, X. S., H. Y. Zhao, Z.Q. Hu, D. H. Li, Y. H. Zhang (2008) EPG comparison of *Sitobion avenae* (Fab.) feeding behaviors on the wheat varieties. Sci. Agric. Sinica. 7(2): 180-186.
- Jin, M. and B. Han (2007) The probing behavior of the tea

green leafhopper on different tea plant cultivar. *Acta Ecol. Sin.* 27(10):3973-3982.

Jo, C. W., C. R. Park, K. S. Yoon, M. A. Kang, H. R. Kwon, E. J. Kang, M. J. Seo, Y. M. Yu and Y. N. Youn (2009) Comparison of life table and feeding behavior of resistance and susceptible population of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) against etofenprox. *Korean J. Appl. Entomol.* 48(3):301-310.

Knaust, H. J. and H. M. Poehling (1994) Studies on the action of imidacloprid on cereal aphids and their efficiency to transmit the BYD-virus. *Bull. OILB-SROP.* 17(4):89-100.

Kordan, B., B. Gabrys, K. Dancewicz, L. B. Lahuta, A. Piotrowicz-Cieslak and E. Rowinska (2008) European yellow lupine, *Lupinus luteus*, and narrow-leaf lupine, *Lupinus angustifolius*, as hosts for the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Entomol. Exp. Appl.* 128(1):139-146

Morita, M., T. Ueda, T. Yoneda, T. Koyanagi and T. Haga (2007) Flonicamid, a novel insecticide with a rapid inhibitory effect on aphid feeding. *Pest. Manag. Sci.* 63(11):969-973.

Narahashi, T. (1971) Mode of action of pyrethroids. *Bull. World. Health. Organ.* 44(1-2-3):337-345

Park, M. W., H. R. Kwon, Y. M. Yu and Y. N. Youn (2016) Feeding Behaviors of *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae) using electrical penetration graphs (EPGs). *CNU J. Agricul. Sci.* in press.

Seo, B. Y., Y. H. Kwon, J. K. Jung and G. H. Kim (2009a) Electrical penetration graphic waveforms in relation to the actual positions of the stylet tips of *Nilaparvata lugens* in rice tissue. *J. Asia. Pac. Entomol.* 12(2):89-95.

Seo, M. J., M. K. Kang, H. B. Seok, C. W. Cho, J. S. Choi, C. Jang., I. C. Hwang, Y. M. Yu and Y. N. Youn (2009b) Characteristics of feeding behaviors of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) depending on inflow concentrations of dinotefuran. *Korean J. Appl. Entomol.* 48(2):171-178

Seo, M. J., Y. J. Oh, C. M. Yoon, Y. N. Youn and G. H. Kim (2007) Differentiation in feeding behaviour of biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) against three insecticides. *Korean J. Appl. Entomol.* 46(3):401-408.

Tomizawa, M and J. E. Casida (2005) Neonicotinoid insecticide toxicology : mechanisms of selective action. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 45:247-268.

Yang, J. O., E. H. Kim, C. M. Yoon, K. S. Ahn and G. H. Kim (2009) Comparison of feeding behavior of B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) against red peeper and tomato varieties. *Korean J. Appl. Entomol.* 48(2):179-188

Yang, J. O., S. R. Jo., Y. H. Kwon., C. M. Yoon and G. H. Kim (2010) Comparison of insecticidal activity and feeding behavior of *Nilaparvata lugens* by root uptake times against fenobucarb and imidacloprid. *Korean J. Pestic. Sci.* 14(2): 175-182.

● ●

몇 가지 약제처리에 대한 꼬마배나무이(*Cacopsylla pyricola* Foerster)의 섭식행동 변화 및 살충효과

박민우 · 권혜리 · 유용만 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

요 약 꼬마배나무이의 섭식행동과 살충제를 처리하였을 경우 꼬마배나무이의 섭식행동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 EPG 기술을 사용하여 기록하고 분석하였으며 약효실험을 실시하였다. 약제를 처리하였을 경우에 나타난 꼬마배나무이의 섭식행동의 패턴은 약제를 처리하지 않은 상태에서 나타나는 섭식행동의 패턴과 약제별로 출현 양상과 빈도가 다르게 나타났다. 배나무 잎에 서로 다른 약제 5종을 처리하였을 경우, 약제들 사이에 차이가 나타나는 패턴은, 첫째, 섭식을 하지 않는 파형 Np 시간이며, 가장 길게 나타난 것은 benfuracarb를 처리하였을 때이다. 둘째, 식물체에 침투할 때에 나타나는 파형 PA에 소요한 시간이 차이를 나타냈으며 가장 긴 시간을 필요로 한 경우는 flonicamid를 처리하였을 때이다. 셋째, 물관부에서 섭식할 때에 나타나는 파형 PG에 소요된 시간이 차이를 나타냈으며, 약제 중 물관부 섭식에 많은 시간을 소요한 경우는 deltamethrin과 fenitrothion을 처리하였을 때이다. 약제를 처리하여 EPG 기록한 결과 시간대별 꼬마배나무이의 섭식 소요 시간의 비율은 섭식을 하지 않는(Np) 시간의 비율이 식물체 침투(PA+PB), 유조직 침투와 섭식(PC1+PC2), 물관부 체관부 섭식에 소요하는 시간(PD+PE1+PE2, PG)에 비하여 더 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 5 종류의 살충제 중, 직접처리 24시간 후 imidacloprid의 살충률이 가장 높았으며, 48시간 이후부터는 모든 살충제에서 100%의 살충률을 나타내었다. 간접처리한 결과, benfuracarb가 다른 살충제에 비해 높은 살충률을 기록했는데, 이는 EPG 섭식행동 실험결과에서 benfuracarb에 의해 구침을 빼고 있는 Np패턴의 시간이 가장 길게 기록된 것과 일치하는 결과를 보여주었다.

색인어 꼬마배나무이, *Cacopsylla pyricola*, 섭식행동, 살충제

