

## 꿀가루깍지벌레에 대한 단제 및 buprofezin 혼합제의 살충 활성

박영욱 · 박준원 · 이선영<sup>1</sup> · 윤승환 · 구현나 · 김길하\*

충북대학교 농업생명환경대학 식물외과, <sup>1</sup>국립원예특작과학원 사과시험장

(Received on June 10, 2012. Revised on June 18, 2012. Accepted on June 23, 2012)

### Insecticidal activity of mixed formulation with buprofezin and single formulation without buprofezin against citrus mealbug, *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae)

Young-Uk Park, Jun-Won Park, Sun-Young Lee<sup>1</sup>, Seung-Hwan Yun, Hyun-Na Koo and Gil-Hah Kim\*

Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea, <sup>1</sup>Apple Research Station, NHRI, RDA, Gunwi

#### Abstract

Nineteen registered insecticides including 8 mixed formulations with buprofezin and 11 single formulations which is not including buprofezin were evaluated by spray application for their toxicity against adult and nymph of citrus mealybug, *Planococcus citri*. Five mixed formulations with buprofezin such as buprofezin 15EC+acetamiprid 4EC, buprofezin 10SC+clothianidin 3SC, buprofezin 20WP+dinotefuran 15WP, buprofezin 20SC+thiacloprid 5SC, and buprofezin 20SC+thiamethoxam 3.3SC showed high insecticidal activity (>93%) against nymph and adult of *P. citri*. Insecticidal activities of EPN 45EC, fenitrothion 50EC and methidathion 40EC in organophosphorous group showed 90 to 93% against nymph only. In addition to, insecticidal activities of acetamiprid 8WP, clothianidin 8SC, dinotefuran 20WG and thiamethoxam 10WG in neonicotinoids group showed above 90% against nymph only. In systemic and residual effect, five mixed formulations that was already proved to have high insecticidal activity showed low toxicity with below 60% against 3<sup>rd</sup> instar nymph of *P. citri* in tomato and rose under greenhouse. Control efficacy of five mixed formulations with buprofezin was above 90%, 80% and 70% at 5 days after treatment (DAT), 10 DAT and 15 DAT, respectively.

**Key words** *Planococcus citri*, Buprofezin, Insecticidal activity, Systemic effect, Residual effect, Control efficacy

#### 서 론

우리나라의 깍지벌레상과는 Paik (2000)에 의해 재정리되어 159종이 기록되어져 있으며, 농작물에 직접 피해를 주는 종은 59종으로 기록되어 있다(A List of Plant Disease, Insect Pests, and Weeds in Korea, 1986). 꿀가루깍지벌레(*Planococcus citri* Risso)는 가루깍지벌레과(Pseudococcidae)에 속하며

배나무, 굴나무, 유자나무, 무화과나무 등의 과수류와 무, 참외, 감자, 장미, 크로톤 등 온실의 관엽식물에 피해를 주는 해충으로 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 널리 분포되어 있다(Blumberg *et al.*, 1995; Dreistadt, 2001; Han *et al.*, 2002; Kwon *et al.*, 2005). 지난 14년간 수입 식물류를 통해 우리나라에서 검출된 가루깍지벌레과는 13,706건 이었으며, 검역상 심각한 위협이 될 수 있다고 판단되는 가루깍지벌레과의 깍지벌레가 40여종 이라고 보고하였다(Su, 2011).

꿀가루깍지벌레는 약충과 암컷성충이 기주식물의 줄기와

\*Corresponding author: Tel. +82-43-261-2555

Fax. +82-43-271-4414, E-mail. khkim@chungbuk.ac.kr

가지, 잎에 부착하여 구집으로 즙액을 흡즙하기 때문에 가해 받은 잎은 시들고, 기형화와 황화현상이 나타나며 조기낙엽이 이루어진다. 또한, 이들은 줄기나 가지, 잎에 군집을 이루어 분포하면서 감로를 배출하여 잎의 광합성작용을 낮추고 그 결과 열매의 질 저하 및 식물체의 활력을 떨어뜨리며, 관상용인 화훼류에는 미관을 해쳐 상품의 질을 하락시킨다(Godfrey *et al.*, 2002).

세계적으로 굴가루깍지벌레 방제에 사용되는 약제는 chlorpyrifos, methidathion, buprofezin 및 malathion 등이 있으며, 현재 우리나라 깍지벌레상과 깍지벌레의 방제에 등록된 약제는 단제 19종과 합제 17종이 모두 16종의 작물에만 등록되어 있다(KCPA, 2011). 하지만 굴가루깍지벌레는 왁스를 분비하여 몸 전체를 덮고 있기 때문에 접촉독성을 가진 약제의 방제효과는 매우 낮으므로 침투이행성 살충기작을 가진 약제 선발이 중요하다(Jeon *et al.*, 1996; Kerns, 2004).

Buprofezin (2-tert-butylimino-5-phenyl-3-propan-2-yl-1,3,5-thiadiazinan-4-one)은 키틴의 생합성을 억제하는 곤충성장조절제(insect growth regulator, IGR)로서(Uchida *et al.*, 1985; Tunaz and Uygun, 2004), *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Saissetia oleae* (Oliv.), *Planococcus citri* (Risso) 그리고 *Icerya purchasi* (Maskell) 종의 깍지벌레류에 살충효과가 있는 것으로 보고되었다(Yarom *et al.*, 1988; Mendel *et al.*, 1991). 또한 buprofezin은 굴가루깍지벌레의 천적으로 알려져 있는 *Leptomastix dactylopii*와 *Cryptolaemus montrouzieri*에 독성이 거의 없는 것으로 보고되었다(Cloyd, 2003; Cloyd and Dickinson, 2006).

따라서 본 연구는 국내에 깍지벌레과의 살충제로 등록되어 있는 11종의 단제와 8종의 합제에 대한 굴가루깍지벌레의 발육단계별(알, 약충, 성충) 살충활성을 평가하고, 효과가 뛰어난 약제에 대해 침투이행성, 잔효성 및 방제효과시험을 통하여 본 해충의 종합방제를 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

굴가루깍지벌레는 2011년 10월 청주 인근에서 채집하여 동정하였으며(Han and Kwon, 2003; Ji *et al.*, 2010), 충북대학교 곤충사육실에서 2~3세대 누대 사육한 개체를 사용하였다. 누대 사육은 온도 25~27°C, 광주기 16L: 8D, 상대습도 50~60%에서 3~4 cm의 짝이 난 감자 4~5개를 플라스

틱 사육용기(21×8×7.5 cm)에 먹이로 공급하여 사육하였다.

### 시험약제

본 실험에 사용된 약제는 깍지벌레류 방제를 위해 등록되어 있는 살충제로서 유기인계 3종, 카바메이트계 1종, 네오니코티노이드계 5종, 피레스노이드계 1종, 기타 1종을 포함한 11종의 단제와 buprofezin과 조합된 8종의 합제를 사용하였다. 이들 약제의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도는 Table 1과 같다(KCPA, 2011).

### 발육단계별 살충활성

굴가루깍지벌레의 약충과 성충에 대한 19종 약제의 살충활성 검정은 추천농도로 희석된 약액을 소형분무기를 이용(1.04 mL/cm<sup>2</sup>)하여 분무법으로 처리하여 음건시켰다. 시험기주로는 파종 후 4주된 배추 잎을 직경 3.5 cm로 잘라서 페트리디쉬(Ø 3.5 cm)에 넣어 준비된 약액을 일정량(8-10 mL) 분무하였다. 살란시험은 암컷과 수컷 성충 1쌍을 준비된 페트리디쉬(Ø 3.5 cm)의 배추 잎에 부드러운 붓으로 접촉한 뒤, 24시간 후 산란되어진 알(반복당 48~166개)을 사용하였다. 약충과 성충은 3령 약충(10 d)과 암컷성충만을 사용하였으며, 반복당 각 10마리, 3반복으로 처리하였다. 모든 시험은 굴가루깍지벌레의 사육조건과 동일한 조건으로 수행하였으며, 모든 처리에서 단제는 처리 후 24, 48시간, 합제는 24, 48, 72, 96시간 후의 사충율을 구하였다.

### 침투이행성 시험

Buprofezin과 조합된 8종의 합제가운데 약충과 성충에서 93%이상의 살충활성을 나타낸 5종의 합제를 대상으로 시험하였다. 본 실험에 사용된 장미(스칼알렛 잼 Mini)는 초장이 20~25 cm인 것을 100포트를 구입하여 포트(20×50 cm)에 30 cm간격으로 20일간 유리온실에서 무농약으로 순화하였으며, 토마토(뽕토)는 유리온실에서 파종 후 4주된 것을 사용하였다.

장미의 엽면을 통한 침투이행성을 평가하고자 장미의 한 잎을 5종 합제의 각 추천농도로 희석된 약액에 30초간 침지하고 24시간 후 약액에 침지된 잎을 제거하여 무처리 잎만 있는 장미에 굴가루깍지벌레의 3령 약충을 각각 10마리를 접종하고, 처리 후 24, 48, 72, 96시간의 사충율을 조사하였다. 뿌리를 통한 약액의 침투이행성 조사는 추천농도로 희석된 약액(1 L/m<sup>2</sup>)을 장미포트에 관주처리 후 24시간에 엽면을 통한 침투이행성 시험과 같은 방법으로 처리하였다. 토마토에

**Table 1.** Active ingredient, formulation, and recommended concentration of insecticide used in toxicity test

Common name	AI <sup>a)</sup> (%) & formulation <sup>b)</sup>	Recom conc. (ppm)
<b>Mixtures</b>		
Buprofezin+Acetamiprid	15EC+4EC	75
Buprofezin+Amitraz	12.5EC+12.5EC	62.5
Buprofezin+Clothianidin	10SC+3SC	50
Buprofezin+Dinotefuran	20WP+15WP	100
Buprofezin+Etofenprox	15WG+8WG	30
Buprofezin+Thiacloprid	20SC+5SC	100
Buprofezin+Thiamethoxam	20SC+3.3SC	200
Buprofezin+Tebufenozide	12WP+5WP	120
<b>Organophosphates</b>		
EPN	45EC	450
Fenitrothion	50EC	500
Methidathion	40EC	400
<b>Carbamate</b>		
Benfuracarb	30WG	600
<b>Neonicotinoids</b>		
Acetamiprid	8WP	40
Clothianidin	8SC	80
Dinotefuran	20WG	100
Thiacloprid	10SC	50
Thiamethoxam	10WG	50
<b>Pyrethroid</b>		
Etofenprox	10EC	100
<b>Other</b>		
Amitraz	20EC	200

<sup>a)</sup>Active ingredient.

<sup>b)</sup>WP=wettable powder, EC=emulsifiable concentrate, SC=suspension concentrate, WG=water dispersible granule.

대한 엽면과 뿌리를 통한 침투이행성 시험도 장미의 경우와 같은 방법으로 수행하였으며, 모든 실험은 3반복으로 시설하우스에서 수행하였다.

### 잔효성 시험

침투이행성 시험에 사용된 5종의 합제를 장미와 토마토에 경엽살포 후 5, 10 및 15일에 굴가루깍지벌레의 3령 약충을 각각 10마리를 접종한 후 96시간의 살충율을 조사하였다. 모든 처리는 3반복을 수행하였으며, 공시작물인 장미와 토마토는 침투이행성 시험과 같은 방법으로 준비하였다.

### 방제효과 시험

상기의 시험에 사용된 것과 같은 방법으로 준비한 장미를

10개의 포트(20×50 cm)에 각각 1주씩 옮겨 심은 후 굴가루깍지벌레 성충(50마리/반복)을 접종하고, 유리온실에서 4주간 재배하였다. 4주간 재배한 장미에 발생된 성충수를 조사한 후 각각의 약제를 분무처리 하였다. 처리 후 5, 10, 15일에 살아있는 성충수를 조사하여 방제효과를 구하였다. 방제효과는 처리 전의 밀도를 기준으로 처리 후에 발생된 밀도를 조사하여 보정하였으며, 이를 다시 무처리에 대한 보정살충율로 환산하여 계산하였다(Abbott, 1925). 모든 처리의 반복 당 처리주수는 10주로 하였으며, 3반복으로 수행하였다.

### 자료분석

각 처리별로 얻어진 모든 자료는 Tukey's studentized range test ( $p=0.05$ )로 통계처리 하였다(SAS Institute, 2008).

## 결과 및 고찰

### 발육단계별 살충활성

굴가루작지벌레의 발육단계별로, 시판되고 있는 약제들에 대해 살충활성을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 굴가루작지벌레 알에 대한 살충활성을 조사한 결과 합제와 단계 모두에서 20%미만으로 부화억제효과는 없는 것으로 나타났다. 약충에 대한 단계의 살충효과 결과는 유기인계 약제인 EPN, fenitrothion, methidathion에서 모두 90% 이상의 높은 살충활성을 나타내었고, 네오니코티노이드계 약제인 acetamiprid,

clothianidin, dinotefuran, thiacloprid 및 thiamethoxam에서는 모두 80.0% 이상의 살충활성을 보였지만 그 외 카바메이트계 약제인 benfuracarb와 피레스로이드계 약제인 etofenprox, 그리고 amitraz에서는 모두 70% 이하의 살충활성을 보였다. Buprofezin과 조합된 합제가운데 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam, buprofezin+clothianidin에서 100%의 살충활성을 보였다. 그러나 buprofezin+amitraz, buprofezin+etofenprox, buprofezin+tebufenozide에서는 각각 63.3, 26.7, 26.7%의 낮은 살충활성을 보였다. 위의 결과로서, 약충에서

**Table 2.** Comparison of mortality of 19 insecticides against *Planococcus citri* egg, nymph, and adult female treated by spray application

Common name	Mortality <sup>a)</sup> (%; mean±SD) <sup>b)</sup>		
	Egg <sup>c)</sup>	Nymph	Adult
<b>Organophosphates</b>			
EPN	2.6±2.8 a	93.3±5.8 abc	63.3±5.8 def
Fenitrothion	7.6±4. ab	90.0±10.0 abc	66.7±5.8 cdef
Methidathion	19.5±9.0 b	93.3±11.5 abc	60.0±10.0 f
<b>Carbamate</b>			
Benfuracarb	7.9±6.5 ab	70.0±0.0 d	20.0±0.0 g
<b>Neonicotinoids</b>			
Acetamiprid	11.4±4.4 ab	93.3±5.8 abc	76.7±5.8 bcde
Clothianidin	6.1±2.9 a	96.7±5.8 ab	60.0±10.0 def
Dinotefuran	4.4±4.2 a	90.0±0.0 abc	86.7±5.8 abc
Thiacloprid	4.7±2.8 a	80.0±0.0 bcd	60.0±10.0 ef
Thiamethoxam	7.3±2.2 a	100.0±0.0 a	83.3±5.8 abcd
<b>Pyrethroid</b>			
Etofenprox	4.7±2.2 a	6.7±11.5 f	3.3±5.8 h
<b>Other</b>			
Amitraz	5.2±3.6 a	3.3±5.8 f	16.7±11.5 gh
<b>Mixtures</b>			
<b>Buprofezin +</b>			
Acetamiprid	1.8±1.0 a <sup>b)</sup>	100.0±0.0 a	93.3±5.7 ab
Amitraz	4.6±3.6 a	63.3±5.8 cd	20.0±10.0 gh
Clothianidin	1.6±1.0 a	100.0±0.0 a	93.3±5.8 abc
Dinotefuran	9.8±4.5 ab	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Etofenprox	9.2±1.8 ab	26.7±5.8 e	13.3±5.8 gh
Thiacloprid	8.2±2.9 ab	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Thiamethoxam	4.6±1.8 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Tebufenozide	9.4±0.9 ab	26.7±5.8 e	6.7±5.8 gh

<sup>a)</sup>Mortality by single formulations (2DAT) and mixed formulations (4DAT).

<sup>b)</sup>Means followed by the same letters in a column are not significantly different ( $p = 0.05$ ; Tukey's studentized range test).

<sup>c)</sup>Egg-hatch suppression.

높은 활성을 보인 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+clothianidin, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam의 5가지 합제는 buprofezin을 포함하지 않은 단제에 비해 살충활성이 대체로 상승되었다. 이는 IGR계인 buprofezin으로 인하여 약충의 성장 시 키틴 합성 저해효과를 상호 상승효과를 보인 것으로 생각된다.

굴가루깍지벌레 성충에 대한 효과시험에서는 약충에서 모두 90% 이상의 높은 살충활성을 보였던 유기인계인 EPN, fenitrothion, methidathion에서 모두 70% 이하의 살충활성을 보였다, 그리고 카바메이트계인 benfuracarb도 26.7%의 살충활성을 나타내었으며, 네오니코티노이드계의 acetamiprid, clothianidin, dinotefuran, thiacloprid, thiamethoxam도 각각 76.7, 60.0, 86.7, 60.0, 83.3%로 모든 단제에서 약충에 대한 효과보다 낮은 살충활성을 나타내었다. 합제인 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+clothianidin, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam은 성충에 대해서도 90%이상의 높은 살충활성을 보였지만, buprofezin+amitraz, buprofezin+etofenprox와 buprofezin+tebufenozide에서는 20% 이하의 낮은 살충활성을 보였다. 성충에 대한 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+clothianidin, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam의 높은 살충활성은 buprofezin이 IGR계인 점을 생각할 때 상호 상승효과가 아닌 buprofezin을 제외한 단제의 제형과 함량에 의한 살충활성의 증가로 생각되어 진다.

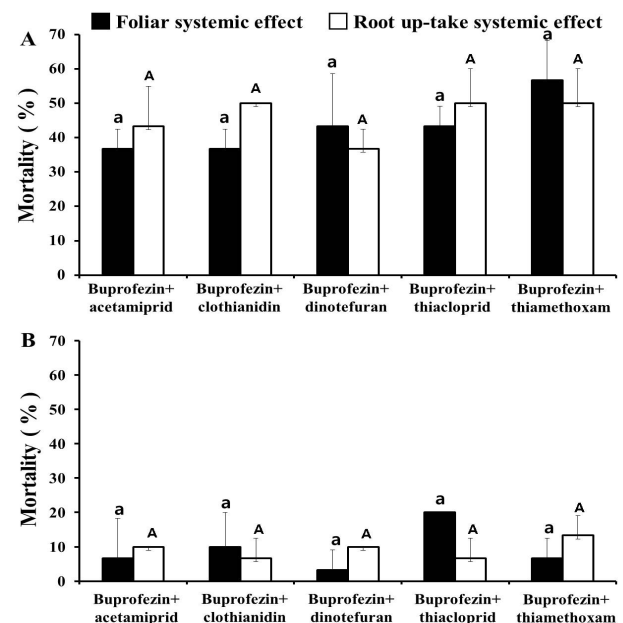
Buprofezin을 이용하여 굴가루깍지벌레의 살충활성 연구로 Mendel *et al.* (1991)에 의하면 buprofezin을 암컷성충에 0.01과 0.05%농도로 9일까지 노출시켰을 때 각각 22%와 7%의 산란억제율을 보였고, 시간이 지남에 따라 처리되었던 알들의 부화율은 9일차에서 각각의 농도(0.01, 0.05%)에서 46%와 93%였다. Buprofezin의 약충에 대한 살충활성으로 0.05% 농도에서 약제 처리 후 21일차에 90%의 높은 살충활성이 보고되었다.

**침투이행성**

토마토와 장미에서 굴가루깍지벌레의 3령 약충에 대한 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+clothianidin, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam 등 5약제의 엽면 및 뿌리 침투 이행여부를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 토마토의 엽면 침투이행효과는 buprofezin+thiamethoxam이 56.7%로 나타났고, 그 외 4종의 약제에서는 모두 50% 미만이었다. 그리고 뿌리 침투이행효과는 5종의 약제 모두에서 50%이하의 침투이행효과가 나타났다. 장

미에서의 엽면 및 뿌리 침투이행효과는 엽면 침투이행효과와 뿌리 침투이행효과가 모두 20%이하로 나타났다. 이는 IGR계의 약제인 buprofezin에 의한 살충활성이 아닌 침투이행성을 가진 네오니코티노이드계 약제들에 의한 효과로 생각되어 진다.

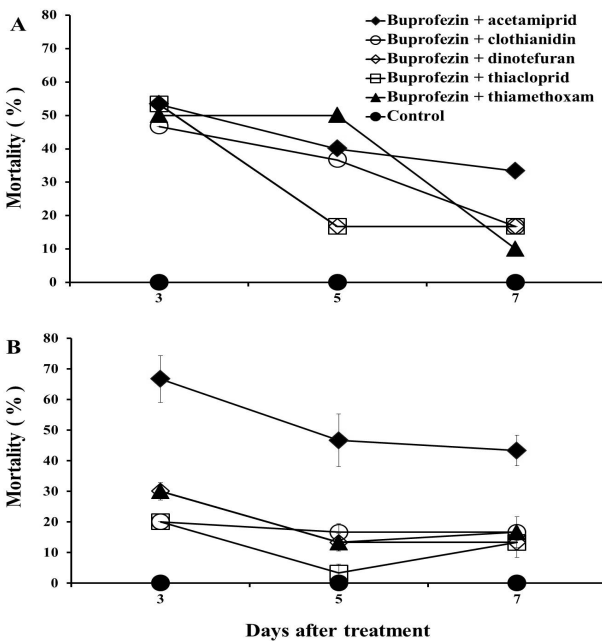
굴가루깍지벌레에 대한 약제의 침투이행성 시험보고는 미미한 실정으로, Kerns (2004)의 보고에 따르면 imidacloprid를 레몬나무에 근부 처리하였을 때, 굴가루깍지벌레에 대한 개체수가 현저히 줄어드는 것으로 보고되었다. 하지만 imidacloprid와 dinotefuran을 포인세치아(*Euphorbia pulcherrima*)의 지상부에 처리하였을 때, 두 약제모두 굴가루깍지벌레에 대하여 50% 미만의 살충활성을 조사한 보고가 있다(Cloyd *et al.*, 2012). 또한 thiamethoxam과 dinotefuran을 그린콜레우스(*Solenstemon scutellarioides*)의 잎과 줄기에 각각 처리하였을 때, 줄기에 처리시 잎에 처리하였을 때 보다 굴가루깍지벌레에 대하여 살충활성이 높은 것으로 보고되었다(Wilmott, 2012). 하지만 본 실험에서는 엽면 침투이행과 근부 침투이행효과는 같은 기주에서 비슷한 수준으로 조사되었으며, 두 침투이행효과는 장미가 토마토보다 낮은 침투이행효과를 나타내었다. 이러한 결과에 대해 Cowles (2010)는 식물의 약제처리의 부위, 대상 기주의 종류, 기주의 생육상태 그리고 발육단계에 따라 대상해충에 대한 살충효과가 달라질 수 있다고 보고하였다.



**Fig. 1.** Foliar and root up-take systemic effect of five mixed formulations to *P. citri* nymphs in tomato (A) and rose (B). Mean with no letters in common are significantly different ( $p = 0.05$  by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2008)).

**잔효성**

굴가루깍지벌레 약충에 대한 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+clothianidin, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam 등 5약제의 잔효성을 토마토와 장미에 추천농도로 처리한 후 7일까지 조사하였다 (Fig. 2). 토마토에서는 약제처리 후 3일차에서 buprofezin+acetamiprid, buprofezin+dinotefuran, buprofezin+thiacloprid, buprofezin+thiamethoxam이 각각 53.3, 56.7, 53.3, 그리고 50.0%의 살충활성을 나타내었고, buprofezin+clothianidin은 46.7%의 살충활성을 보였고, buprofezin+thiamethoxam이 5일차까지 50%의 살충활성을 보인 것 외에 다른 4약제 모두 잔효성이 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 장미에서는 buprofezin+acetamiprid만이 3일차에서 66.7%, 5일차에서 46.7%의 살충활성을 보였지만, 그 외 4약제들은 모두 3일차 조사부터 30%이하의 낮은 살충활성을 보였다. Mendel *et al.* (1991)는 목본식물인 *Citrus sinensis*에서 buprofezin 단제를 굴가루깍지벌레의 약충에 대하여 0.0025% 농도에서 잔효성을 조사한 결과 약제처리 후 28일까지 90%이상의 살충활성을 보고하였다. 하지만 본 실험에서 같은 목본식물인 장미에서의 잔효성 결과와는 다른 양상으로, 같은 목본일지라도 기주식물의 특성과 주변 환경에 따라 다르게 나타나는 것으로 생각된다.

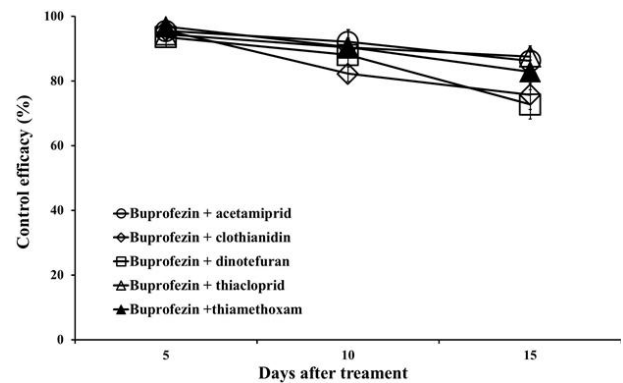


**Fig. 2.** Residual effect of five mixed formulations on mortality of *P. citri* nymphs in tomato (A) and rose (B). Vertical bars represents standard deviations of the mean.

**방제효과**

온실조건하에서 굴가루깍지벌레에 대한 5종 약제의 방제효과는 Fig. 3과 같다. 약제처리후 5일차까지는 5종약제 모두 90%이상의 방제효과를 나타내었고, 10일차까지는 buprofezin+acetamiprid, thiacloprid, thiamethoxam이 90%이상이었다. 하지만 15일차에서는 5종약제 모두 90%미만의 방제효과를 나타내었다. 굴가루깍지벌레에 대한 방제시험으로는 Han *et al.* (1991, 1992), Kim *et al.* (1995)에 의해 바나나, 파인애플, 감귤류와 관엽류인 치자와 크로톤에서 수행하였으며, 본 실험에서 사용된 buprofezin+amitraz의 방제효과가 90%이상으로 조사되었다.

살충제의 다른 계통간 혼합처리하는 한 약제에 대한 저항성이 대두되고 있는 실정에서 새로운 해충방제의 대안으로 다루어지고 있다(Curtis, 1985). Wilmott (2012)에 의하면 꽃노랑총채벌레에 abamectin, azadirachtin (Omazin), bifenthrin 단제를 단독으로 처리하였을 때 LC<sub>50</sub>값은 148.5, >319.6, 1331.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타났다. 하지만 이 약제들을 abamectin+azadirachtin (Ornazin), abamectin+bifenthrin 혼합처리 시 LC<sub>50</sub>값이 abamectin+azadirachtin (Ornazin)은 27.18  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 abamectin의 LC<sub>50</sub>값보다도 낮아졌지만 abamectin+bifenthrin은 157.57  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 높아진 이러한 연구결과는 혼합처리로 어떤 약제를 사용하느냐에 따라 살충활성에 대해 협력작용 또는 저해작용을 나타낼 수 있다고 보고되고 있다. 이러한 연구결과들을 고려하여 볼 때 buprofezin을 포함한 acetamiprid, clothianidin, dinotefuran, thiacloprid 및 thiamethoxam 등 5 합제를 이용한 굴가루깍지벌레에 대한 방제적용 시 경엽살포를 이용한 방제가 실용성이 있는 것으로 생각된다. 앞으로 굴가루깍지벌레 이외의 다른 종에 대한 살충효과 검정이 필요할 것으로 사료된다.



**Fig. 3.** Control efficacy of five mixed formulations against *P. citri* under the greenhouse condition.

## 감사의 글

이 논문은 2012년도 수출 복숭아 해충 친환경 종합관리기술 개발(PJ008785)의 연구비 지원에 의해 연구되었다.

### >> Literature Cited

- A List of Plant Disease, Insect Pests, and Weeds in Korea (1986) The Korean Soc. Plant Protect. pp. 633.
- Abbott, W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265~267.
- Blumerg, D., M. Klein and Z. Mendel (1995) Response by encapsulation of four mealybug species (Homoptera: Pseudococcidae) to parasitism by *Anagrus pseudococci*. *Phytoparasitica* 23:157~163.
- Cloyd, R. A and A. Dickinson (2006) Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol.* 99:1596~1604.
- Cloyd, R. A. (2003) Effect of insect growth regulators on citrus mealybug [*Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae)] egg production. *HortScience* 38:1397~1399.
- Cloyd, R. A., K. A. Williams, F. J. Byrne and K. E. Kemp (2012) Interactions of light intensity, insecticide concentration, and time on the efficacy of systemic insecticides in suppressing populations of the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and the citrus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol.* 105:505~517.
- Cowles, R. S. (2010) Optimizing a basal bark spray of dinotefuran to manage armored scales (Hemiptera: Diaspididae) in christmas tree plantations. *J. Econ. Entomol.* 103:1735~1743.
- Curtis, C. F. (1985) Theoretical models of the use of insecticide mixtures for the management of resistance. *Bull. Entomol. Res.* 75:259~266.
- Dreistadt, S. H. (2001) Integrated pest management for floriculture and nurseries. University of California, Agriculture & Natural Resources. 3402.
- Godfrey, K. E., K. M. Daane, W. J. Bentley, J. G. Raymond and M. K. Raksha (2002) Mealybugs in California vineyards (Publication 21612). University of California, Agriculture & Natural Resources. Oakland.
- Han, B. J., C. H. Koo and B. S. Kim (1991) Chemical control effects test of citrus mealybug, *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) on banana. Animal, Plant and Fisheries Quarantine and Inspection Agency. pp. 496~498.
- Han, B. J., C. H. Koo and B. S. Kim (1992) Chemical control effects test of citrus mealybug, *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) on pineapple and citrus fruits. National plant Quarantine Service. pp. 479~481.
- Han, M. J. and G. M. Kwon (2003) Survey and identification of scale insects on flowering plants. Institute of Agricultural Technology. Suwon. pp. 167~183.
- Jeon, H. Y., D. S. Kim, M. S. Yiem and J. H. Lee (1996) Modeling temperature-dependent development and hatch of overwintered eggs of *Pseudococcus comstocki* (Homoptera: Pseudococcidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 35:119~125.
- Ji, J. Y., S. A. Wu and S. J. Suh (2010) List of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) intercepted at the Republic of Korea ports of entry on plants imported from China. *Korean J. Appl. Entomol.* 49:163~166.
- KCPA. (2011) User's manual of pesticides. Korea Crop Protection Association. pp. 1227~1308.
- Kerns, D. L. (2004) Integrated pest management of citrus mealybug. Citrus research report. College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ).
- Kim, M. H., S. K. Kim, Y. J. Kim, S. S. Hong and M. J. Han (1995) Population dynamics and chemical control agents screening test of scale insects (Sternorrhyncha) and thrips (Thysanoptera) on floricultural crops. Agricultural Research & Extension Services. Gyeonggi-do. pp. 489~496.
- Kwon, G. M., M. J. Han and D. R. Choi (2005) Scale insects (Sternorrhyncha) occurring on flowering plants in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 44:51~59.
- Mendel, Z., D. Blumberg and I. Ishaaya (1991) Effect of buprofezin on *Icerya purchasi* and *Planococcus citri*. *Phytoparasitica* 19:103~112.
- Paik, J. C. (2000) Economic insects of Korea 6, Homoptera (Coccinea). *Insecta Koreana Suppl.* National Institute of Agricultural Science and Technology. 13. pp. 193.
- SAS Institute. (2008) SAS/STAT user's guide: Statistics, version 9.1 Institute Cary, N. C., U.S.A.
- Su, S. J. (2011) Study on identification method of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) with quarantine importance. National plant Quarantine Service. pp. 14~18.
- Tunaz, H. and N. Uygun (2004) Insect growth regulators for insect pest control. *Turk. J. Agric. For.* 28:377~387.
- Uchida, M., T. Asai and T. Sugimoto (1985) Inhibition of cuticle deposition and chitin biosynthesis by a new insect growth regulator, buprofezin, in *Nilaparvata lugens* Stal. *Agric. Biol. Chem.* 49:1233~1234.
- Willmott, A. L. (2012) Efficacy of systemic insecticides against the citrus mealybug, *Planococcus citri*, and pesticide mixtures against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, in protected environments. Dept. of Entomol. Coll. Agri. Kansas State Univ.
- Yarom, I., D. Blumberg and I. Ishaaya (1988) Effects of buprofezin on California red scale (Homoptera: Diaspididae) and mediterranean black scale (Homoptera: Coccidae). *J. Econ. Entomol.* 81:1581~1585.

## 꿀가루깍지벌레에 대한 단제 및 buprofezin 혼합제의 살충 활성

박영욱 · 박준원 · 이선영<sup>1</sup> · 윤승환 · 구현나 · 김길하\*

충북대학교 농업생명환경대학 식물 의학과, <sup>1</sup>국립원예특작과학원 사과시험장

**요 약** Buprofezin과 조합된 8종의 합제와 buprofezin을 포함하지 않은 11종의 단제 즉, 등록된 총 19종의 살충제를 대상으로 꿀가루깍지벌레(*Planococcus citri*)의 약충과 성충에 분무처리하여 살충효과를 평가하였다. Buprofezin과 조합된 합제가운데 꿀가루깍지벌레의 약충과 성충에 대해 93% 이상의 높은 살충활성을 나타내는 것은 5조합(buprofezin 15EC+acetamiprid 4EC, buprofezin 10SC+clothianidin 3SC, buprofezin 20WP+dinotefuran 15WP, buprofezin 20SC+thiacloprid 5SC, buprofezin 20SC+thiamethoxam 3.3SC) 이었다. 유기인계 약제 3종(EPN 45EC, fenitrothion 50EC 및 methidathion 40EC)은 약충에 대해서만 90~93%의 살충활성을 나타내었으며, 네오니코티노이드계 약제 4종(acetamiprid 8WP, clothianidin 8SC, dinotefuran 20WG 및 thiamethoxam 10WG)도 약충에 대해서만 90% 이상의 살충활성을 나타내었다. 그리하여 buprofezin과 조합된 8종의 합제가운데 93% 이상의 살충활성을 나타낸 5종 합제의 시설하우스 토마토와 장미에 대한 침투 이행성과 잔효성 검정에서 모두 60% 이하의 낮은 살충활성을 나타내었다. 또한 시설하우스 장미에서 buprofezin과 조합된 5종 합제의 방제효과는 5일차까지 90% 이상, 10일차까지 80% 이상, 15일차까지 70% 이상으로 높게 나타났다.

**색인어** 꿀가루깍지벌레, Duprofezin, 살충활성, 침투이행, 잔효력, 방제효과