

온실가루이와 담배가루이에 대한 pyrifluquinazon의 살충 및 행동장애

이선우¹ · 송명규² · 안기수² · 김영재³ · 문일성⁴ · 구현나¹ · 김길하^{1,*}

¹충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ²충북농업기술원 친환경연구과,

³충남산림환경연구소, ⁴국립산림과학원 산림병해충연구과

(Received on February 20, 2013. Revised on March 9, 2013. Accepted on March 16, 2013)

Insecticidal Activity and Behavioral Disorders by Pyrifluquinazon to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*

Seon-Woo Lee¹, Myung-Kyu Song², Ki-Su Ahn², Young-Jae Kim³, Yil-Sung Moon⁴,
Hyun-Na Koo¹ and Gil-Hah Kim^{1,*}

¹Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea

²Environment-Friendly Agriculture Research Division, Chungbuk Provincial ARES, Cheongwon 363-880, Republic of Korea

³Chungnam Institute of Forest Environment Research, Sejong 339-803, Republic of Korea

⁴Division of Forest Insect Pests & Diseases, Korea Forest Research Institute, Seoul, 130-712, Republic of Korea

Abstract Pyrifluquinazon is known to act as a feeding inhibitor in several insect species. In this study, we investigated the effect of pyrifluquinazon on the whiteflies, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. Pyrifluquinazon showed high insecticidal activity (> 90%) against adult *T. vaporariorum* and *B. tabaci* at 12.5 ppm to 50 ppm. However, there was no effect on eggs and nymphs of both species. Pyrifluquinazon showed low insecticidal activity in root and foliar uptake. Control efficacy of pyrifluquinazon was above 90% at 5 days after treatment. In order to investigate the behavioral response of the whiteflies initiated by application of pyrifluquinazon, we tested the contact toxicity and ingestion toxicity. After 1 h of contact, whitefly drop, wing convulsion, and paralysis were observed. Similar phenomenon of whitefly population was observed in test of ingestion toxicity after 3 h. In the choice test, pyrifluquinazon showed repellent activity against both species. These results suggest that pyrifluquinazon cause behavioral disorder rather than direct inhibition of feeding.

Key words *Bemisia tabaci*, Behavioral disorder, Feeding inhibition, Pyrifluquinazon, *Trialeurodes vaporariorum*

서 론

온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)는 전 세계의 온대지역에 서식하며, 채소와 과일뿐만 아니라 장식용 식물을 가해하는 주요 해충이다(Byrne et al., 1990). 온실가루이의 각 충대가 작물을 직접 가해하며, 체관을 흡즙하여 작물의 생육을 저해하고, 감로를 분비하여 그을음병 등을 유발 시

켜 상품 가치를 떨어뜨릴 뿐만 아니라, 바이러스병을 전파하는 매개충으로 인식되어 있다(Coffin and Coutts, 2008; Jones, 2003). 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 전 세계적으로 발생하며, 직접적인 흡즙 피해와, 바이러스 매개를 통하여 시설재배 작물의 수량과 품질에 큰 영향을 미치는 주요한 해충으로 알려져 있다(Bedford et al., 1994). 또 500종 이상의 넓은 기주 범위를 가지고 있고(Secker et al., 1998), 32종의 biotype 중 B와 Q가 가장 문제가 되고 있다. 특히 채소 시설하우스에서 심각한 피해를 주고 있는 biotype-Q는 TYLCV 등 40여 종의 바이러스를 매개하는 것으로 알려져

*Corresponding author

Tel: +82-43-261-2555, Fax: +82-43-271-4414

E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

있다(Muñiz, 2000; Navas-Castillo et al., 2000; Zhang et al., 2005).

가루이류를 방제하는 방법은 화학적 방제가 일반적으로 사용되고 있는데 발육기간이 짧아 연간 발생횟수가 많아 살충제에 대한 저항성이 빠르게 발달할 가능성이 크다고 하였다(Devine and Denholm, 1998). 현재 카바메이트계, 피레스로이드계, insect growth regulator (IGR)계, 네오니코티노이드계 등의 살충제에 대해서도 저항성이 폭넓게 발달된 것으로 보고되었다(Horowitz et al., 2005; Karatolos et al., 2011).

Pyrifluquinazon은 현재까지 작용 기작이 명확하게 밝혀지지 않은 새로운 살충제로 대상해충이 약제에 노출되면, 섭식행동을 저해하여 굶겨 죽이는 작용을 하는 것으로 추정하고 있다(Kang et al., 2012). Flonicamid도 이와 유사한 작용 기작을 가진 약제로 흡즙성 해충의 섭식능력을 떨어뜨려 굶어 죽이는 작용특성을 가지고 있다(Morita et al., 2007). Pyrifluquinazon은 국내에 조팝나무진딧물 등 4종의 해충 방제약제로 등록 되어있으며, 온실가루이와 담배가루이에 대해서는 현재까지 등록되지 않았다(KCPA, 2012).

따라서 본 연구는 신규 살충제인 pyrifluquinazon의 온실가루이와 담배가루이에 대한 살충활성 및 행동반응을 조사하여 작용기작과 방제제로의 활용 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

실험곤충

온실가루이는 2011년 청주 인근지역의 오이밭에서 채집하였고, 담배가루이는 2012년 충북농업기술원(Cheongwon, Republic of Korea)에서 분양받았다. 두 종의 가루이류는 충북대학교 곤충사육실에서 누대 사육하면서 실험에 이용하였다. 누대 사육 시 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~60%의 사육조건으로, 아크릴 사각 케이지(30 × 30 × 60 cm)에서 과종 후 5주 된 토마토 유묘(cv. Sun Glove)를 공급하여 사육하였다.

공시약제

실험에 사용한 약제는 시중에 유통 되고 있는 pyrifluquinazon (WG 10%)를 사용하였고, 대조약제로는 flonicamid (WG 10%)와 약제처리방법에 따른 행동장애 시험에서는 dinotefuran (WP 10%)를 사용하였다(KCPA, 2012).

약제처리방법에 따른 행동장애 시험

담배가루이에 대하여 약제처리 후 곤충의 행동변화와 반응속도를 조사하기 위해 드라이필름법(dry film method), 잎분무법(leaf spray method), 그리고 2가지 충체분법(body spray method) 등 총 4가지 약제처리 방법으로 수행하였다.

드라이필름법은 원통형 아크릴 케이지(직경 10 × 높이 20 cm) 내부에 약제를 살포하고 건조 시킨 후 기주가 없는 상태로 성충을 접종 하였다. 잎분무법은 약제를 토마토 유묘의 잎에 살포하여 음건 시킨 후 원통형 아크릴 케이지에 넣고 접종 하였다. 충체분법은 충체에 약제를 직접 살포 한 후 약제를 처리하지 않은 토마토에 접종한 다음 원통형 아크릴 케이지에 넣고 진행하였으며, 기주를 첨가한 것과 첨가하지 않은 것 등 두 가지 방법으로 나누어 실험을 진행하였다. 토마토는 유리온실에서 과종 후 5주 된 것을 사용하였으며, 성충은 15마리씩 접종하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

기피효과시험

약제의 기피효과를 검정하기 위하여 사각 아크릴케이지(30 × 30 × 30 cm)를 사용하였다. 현재 진딧물류에 등록되어 있는 권장농도(pyrifluquinazon, 50 ppm; flonicamid, 33.5 ppm)의 1/4 희석농도(pyrifluquinazon, 12.5 ppm; flonicamid, 8.37 ppm)의 약액에 30초간 침지 후 음건시킨 토마토 유묘와 약제 처리를 하지 않은 토마토 유묘를 아크릴 사각케이지에 넣은 후 가루이류를 각각 20~30마리씩 방사시켜 1, 3, 5, 7, 9, 12, 24 시간 후의 기주의 선택성을 조사하였다. 토마토는 유리온실에서 과종 후 5주 된 것을 사용하였다. 본 실험은 3반복으로 수행하였다.

발육단계별 약효시험

산란시험은 과종 후 5주 된 토마토 유묘에 24시간 동안 받은 알(20~50개/반복당)을 권장농도로 희석한 약액에 30초간 침지하여 10일 후 부화율을 조사하였다. 3령 약충에 대해서는 권장농도로 희석한 약액에 30초간 침지하여 15일 후 우화율을 조사하였다. 그리고 성충은 토마토 유묘를 pyrifluquinazon 50 ppm과 flonicamid 33.5 ppm의 1/2, 1/4농도로 희석한 약액에 30초간 침지하여 원통형 아크릴 케이지(직경 10 × 높이 20 cm)에 넣은 후 성충 15마리를 접종하고 24, 48, 72, 96시간 후에 사충률을 조사하였다.

침투이행성 시험

엽면 침투이행성 시험은 과종 후 5주된 토마토 유묘의 한 잎을 약액에 30초간 침지하고 24시간 후에 침지한 잎을 제거한 유묘를 원통형 아크릴 케이지(직경 10 × 높이 20 cm)에 넣은 후 성충 15마리를 접종하고 96시간 후의 사충률을 조사하였다. 뿌리 침투이행성 시험은 약액(4 mL/cm²)을 토마토 유묘 포트의 토양에 관주처리하고 24시간 후 엽면 침투이행성 시험과 같은 방법으로 실험하였다. 모든 실험은 3반복으로 진행 하였다.

잔효성 시험

과종 후 5주 된 토마토 유묘를 약액에 30초간 침지 후 아

외와 온실 두 조건에 놓아 둔 후 시간 경과에 따른 잔효성 시험을 수행하였다. 약제의 잔효성을 평가하기 위해 약제처리 후 1, 3, 5, 7, 9, 12, 15일 경과에 따라 유묘를 원통형 아크릴 케이지(직경 10 × 높이 30 cm)에 넣은 후 성충 15마리를 접종하였고, 처리 후 96시간 후 살충률을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

방제효과 시험

담배가루이가 많이 발생한 충북 농업기술원 고추 포장과 온실가루이가 많이 발생한 충북대학교 오이 포장에서 실험을 수행 하였다. 약제 처리 전 성충수를 조사하고 약제를 권장농도로 7일 간격 2회 처리하였다. 처리 후 3, 7일 후에 성충수를 조사하여 방제가를 구하였다. 방제가는 처리 전 밀도를 기초로 처리 후 밀도를 보정한 후 이를 다시 무처리에 대한 보정살충률로써 환산하였다(Abbott, 1925). 모든 시험은 10주를 한 반복으로 하여 3반복으로 수행하였다.

자료분석

약제 처리 후 얻어진 자료를 기초로 Probit 프로그램을 이용하여 LT₅₀을 구하여 실험에 적용하였고, 기피효과 시험에서는 binomial sign test (Zar, 1996) 을 이용하여 통계분석하였다. 나머지 시험은 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2008)로 비교하였다.

결과 및 고찰

처리방법에 따른 행동변화

담배가루이에 pyrifluquinazon 처리방법을 달리하여 나타나는 행동반응 및 변화를 비교하였다(Fig. 1). Dryfilm method,

잎분무법, 기주를 넣어준 층채분무법, 그리고 기주를 넣지 않은 층채분무법에 의한 LT₅₀값은 각각 1.46, 2.47, 0.92, 그리고 1.03 h였다. 따라서 기주를 넣어준 층채분무법에서 가장 빠른 효과가 나타났다. 속효성 약제로 알려진 dinotefuran (Ahn et al., 2008)을 대조군으로 사용한 실험에서도 비슷한 경향을 보였지만, 기주를 넣어준 층채분무법에 의한 LT₅₀값은 2.36 h로 나타나 pyrifluquinazon의 효과가 훨씬 더 빠르다는 것을 알 수 있었다. 또한 행동특성을 살펴보면 노출 후 1~2시간 이내에 50% 이상의 개체가 바닥으로 떨어져 날개 경련과 마비 등 행동장애를 나타냈다. 최근 한 논문에서는 pyrifluquinazon을 키토산과 배합한 nano type의 제형을 처리하였을 때 복숭아혹진딧물의 섭식활동이 저해됨을 EPG를 통해 분석하였다(Kang et al., 2012). 섭식저해제로 잘 알려진 flonicamid 같은 경우는 복숭아혹진딧물에서 처리 후 48시간부터 살충효과가 있었고 속효성으로 알려진 thiamethoxam의 경우 처리 후 24시간부터 살충효과가 나타났다(Cho et al., 2011). 또한 thiamethoxam은 담배가루이에서도 처리 후 24시간부터 90%이상의 살충률을 나타냈다 (Lee et al., 2002). Pyrifluquinazon의 정확한 작용기작에 대해 밝혀지지는 않았지만 섭식저해를 유발하는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구결과에서 pyrifluquinazon이 담배가루이의 살충을 유발하는 직접적인 원인은 섭식저해가 아닌 행동이상을 유발하여 기주식물에서 떨어뜨려 굶어죽게 하는 작용을 하는 것으로 관찰되었다. 따라서 pyrifluquinazon의 행동이상 유발에 대한 자세한 작용기작에 대한 연구는 더 필요한 실정이다.

기피효과

Mason et al. (2000)의 연구에 의하면, 토마토에 thiam-

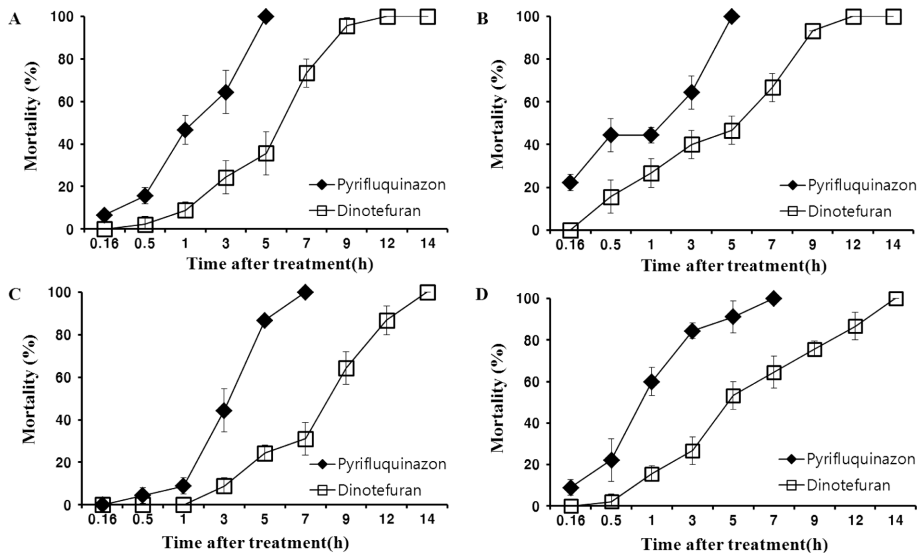


Fig. 1. Rapidity action of pyrifluquinazon and dinotefuran by different methods to *B. tabaci* adults. Panel A, dry film; panel B, body spray (w/ plant); panel C, leaf spray and panel D, body spray (w/o plant).

ethoxam을 처리하였을 때 잎의 황화를 유발시키는 TYLCV의 전염이 억제되는데, 이것은 잎에 남아있던 약액이 담배가루이의 섭식저해 또는 기피효과를 유발시켜 바이러스 획득을 하지 못하기 때문이라 보고하였다. Pyrifluquinazon에 의한 기피여부는 가루이 종류로 인한 바이러스 전염에 효과 유무와 관련 있을 것이므로, 본 연구에서는 pyrifluquinazon에 의한 온실가루이와 담배가루이의 기피여부를 조사하였다. 그 결과 온실가루이의 경우 pyrifluquinazon 처리 후 12시간대에 83.6%, 24시간 후 95.7%의 높은 기피효과를 보였고 모든 구간에서 유의성이 있었다. 또한 담배가루이도 온실가루이와 유사한 경향을 나타내었는데, 처리 후 5시간부터 84.1%, 9시간 이후부터 90%이상의 높은 기피효과를 보였고 모든 구간에서 유의성이 있었다. 따라서 담배가루이가 온실가루이보다 pyrifluquinazon에 대해 조금 더 높은 기피효과를 나타냈다. 대조군으로 flonicamid를 처리한 경우, 온실가

루이는 처리 후 48시간부터 90%이상의 기피효과가 나타났고, 12시간부터 유의성이 있었다. 하지만 담배가루이의 경우 모든 구간에서 유의성이 없었다(Fig. 2). 이처럼 pyrifluquinazon은 담배가루이와 온실가루이에 대해 기피효과를 유발하며 초기 약액이 묻은 기주에 접촉했던 개체들은 위 실험결과와 같이 날개경련과 마비 등의 행동장애를 일으켜 기주로부터 추락하는 증상을 나타냈다.

발육단계별 약제 감수성

온실가루이와 담배가루이의 알과 약충에 대한 pyrifluquinazon의 감수성을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 대조약제로는 flonicamid를 사용하였다. 그 결과 온실가루이와 담배가루이에서 두 약제 모두 부화율과 우화율이 90%이상 나타남으로써 억제효과가 없었다. 그러나 성충에 대해서는 pyrifluquinazon의 경우 온실가루이와 담배가루이 두 종 모두에서 처리 후 96시간에 90%이상 높은 살충활성이 나타났다. 이러한 결과에 비해, 대조약제로 처리한 flonicamid는 96시간 후 온실가루이에서는 90%이상의 높은 살충활성이 나타났지만 담배가루이에서는 50% 이하의 낮은 살충활성을 보였다(Fig. 3). 이는 담배가루이를 채집한 시설하우스 내에서 유사계통 약제의 사용으로 인하여 약제 감수성이 저하 또는 중간 감수성차이에서 온 결과로 추측되거나 정확한 원인은 추후 검토가 필요하다. 따라서 pyrifluquinazon은 온실가루이와 담배가루이의 발육단계에 따라 감수성의 차이를 보였다. Kontsedalov et al. (2009)의 보고에도 spiromesifen이 담배가루이 성충에는 낮은 살충률을 보였지만, 알과 약충에는 효과적이었다. 또한 milbemectin은 담배가루이 알에 대하여 30%정도 부화를 억제하였고 1령 약충에는 효과가 좋지만, 3령 이상의 약충에는 약효가 떨어진다고 보고하였다 (Pluschkell et al., 1999).

침투이행성 효과

온실가루이와 담배가루이의 성충에 대하여 pyrifluquinazon의 엽면 및 뿌리 침투이행성 여부를 조사한 결과는 Table 2

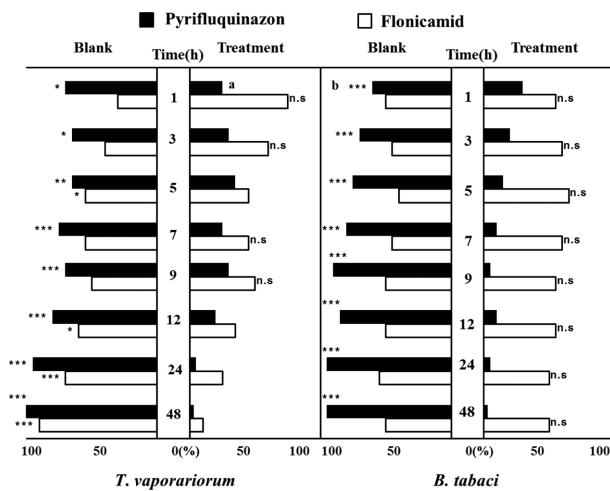


Fig. 2. Repellency effect of pyrifluquinazon (12.5 ppm) and flonicamid (8.37 ppm) to *T. vaporariorum* and *B. tabaci*.
^aRepellency rate (%) = treatment/(blank + treatment) * 100.
^bThe data was analyzed using binomial sign tests to evaluate the differences from 50:50 responses. Sample size, n = 100, *P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001 (Zar, 1996).

Table 1. Comparing of toxicity of two insecticides to different stages of *T. vaporariorum* and *B. tabaci* under laboratory condition

Species	Insecticide	Conc. (ppm)	Stage (mean ± SD)	
			Egg ^{a)}	Nymph ^{b)}
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Pyrifluquinazon	50	96.4±3.2a ^{c)}	99.4±1.0a
	Flonicamid	33.5	100±0.0a	98.3±2.9a
	Untreatment	0	100±0.0a	97.9±3.6a
<i>Bemisia tabaci</i>	Pyrifluquinazon	50	96.4±3.9a	99.6±0.6a
	Flonicamid	33.5	98.5±1.6a	100±0.0a
	Untreatment	0	100±0.0a	100±0.0a

^{a)}Hatchability (%) (sample size, 20~30 eggs/relication, 3 replications/treatment).
^{b)}Emergence (%) (sample size, 20~30 nymphs/replication, 3 replications/treatment).
^{c)}Means followed by same letter are not significantly different at P = 0.05 by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2008).

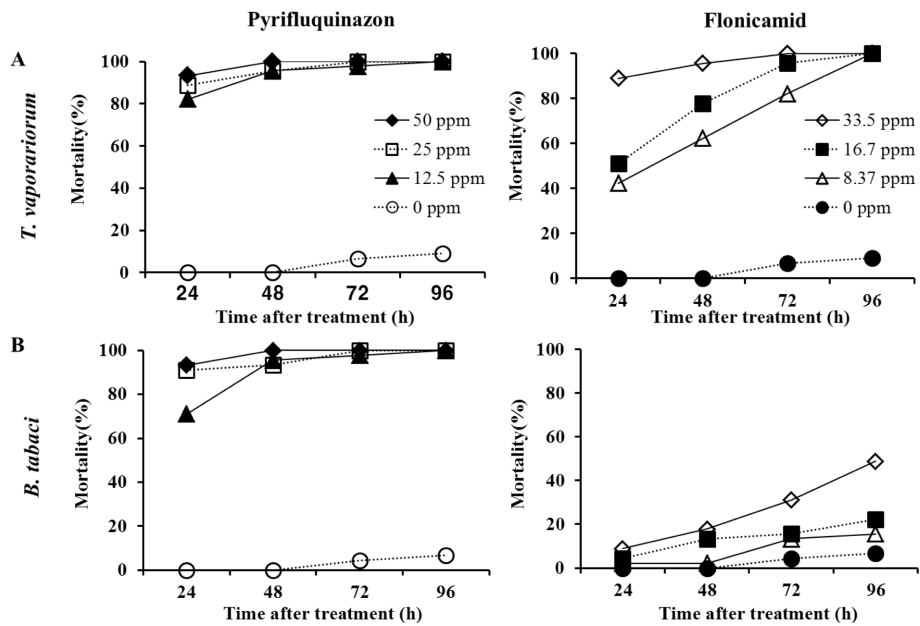


Fig. 3. Toxicity of pyrifluquinazon and flonicamid to adults of *T. vaporariorum* (A) and *B. tabaci* (B) under laboratory condition.

Table 2. Foliar and root up-take systemic effect of pyrifluquinazon and flonicamid to *T. vaporariorum* and *B. tabaci* in tomato^{a)}

Species	Insecticide	Conc. (ppm)	Mortality (%)	
			Foliar systemic test	Root-uptake systemic test
<i>T. vaporariorum</i>	Pyrifluquinazon	50	13.3±6.7a ^{b)}	2.2±3.8a
	Flonicamid	33.5	11.1±3.8a	4.4±7.7a
	Untreatment	0	8.9±3.8a	2.2±3.8a
<i>B. tabaci</i>	Pyrifluquinazon	50	8.9±3.8a	11.1±7.7a
	Flonicamid	33.5	8.9±3.8a	6.7±6.7a
	Untreatment	0	2.2±3.8a	2.2±3.8a

^{a)}Sample size, n = 60.

^{b)}Means followed by same letter are not significantly different at $P = 0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2008).

와 같다. 엽면 침투이행성 효과는 온실가루이와 담배가루이 모두 15%이하로 나타났고, 뿌리 침투이행성 효과 역시 15%이하로 나타났다. 대조 약제로 사용된 flonicamid에서도 엽면 및 뿌리 침투이행성 효과가 15%이하로 낮았다. 가루이류는 주로 잎 뒷면에 서식하기 때문에 약제처리에 의한 접촉 가능성이 낮다. 따라서 효율적인 방제를 위해서는 침투이행 효과가 있는 약제선발이 중요하다(Kim et al., 2000). Horowitz et al. (1998)은 담배가루이에 대하여 acetamoprid와 imidacloprid 모두 엽면 및 뿌리 침투이행성 효과가 있다고 보고하였으며, Prabhaker et al. (1999)은 neem, azim을 종자, 토양 및 엽면 3가지 방법으로 처리 하였을 때 *Bemisia argentifolii*에 미치는 영향을 조사하였는데, 종자처리에는 효과가 없었으나, 토양 및 엽면처리는 침투이행 효과가 있다고 하였다. 또한 Colomer et al. (2011)은 미끌애꽃노린재

(*Orius laevigatus*)와 지중해이리응애(*Amblyseius swirskii*)에 대해 flonicamid의 뿌리 및 엽면 침투이행 효과를 조사하였으나 활성이 없음을 보고하였는데, 본 실험의 결과와 유사하다.

잔효성 효과

다음은 온실가루이와 담배가루이의 성충에 대한 pyrifluquinazon과 flonicamid의 잔효성을 야외와 온실 두 조건에서 조사하였다. 야외실험은 강수량이 영향을 미칠 수 있지만 실제 조건을 고려하여 약제 처리 후 비가와도 계속 진행을 하였다. 일일 강수량은 Fig. 4에 잔효성 조사결과와 함께 표기하였다(기상청자료, 2012년 09월). 약제처리 후 야외에 놓아둔 토마토 유묘의 경우, 약제 처리 후 1일차에는 담배가루이에 살충활성이 낮은 flonicamid를 제외하고 온실가루

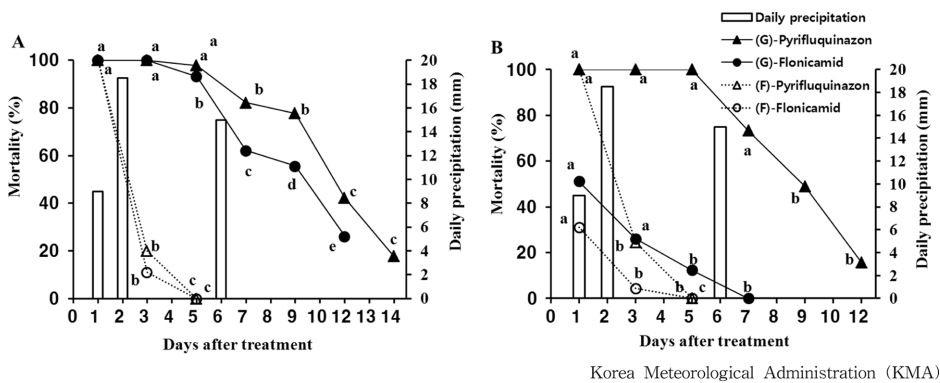


Fig. 4. Residual effects of pyrifluquinazon and flonicamid to *T. vaporariorum* (A) and *B. tabaci* (B) under the greenhouse (G) and field (F) condition^{a)}. ^{a)}Sample size, n = 60.

이와 담배가루이에 대하여 두 약제 모두 100%의 살충활성을 나타냈으나, 비가 온 직후인 3일차부터 30%이하로 살충활성이 떨어졌다. 온실에 놓아 둔 토마토 유묘의 경우 pyrifluquinazon은 온실가루이에 대하여 7일과 8일까지 각각 82.2%와 77.8%의 살충활성을 나타내었고, 담배가루이에 대하여 5일과 6일까지 각각 100%와 73.3%의 살충활성을 나타내었다. 위 경과일이 지난 후에는 두 종 모두 50%이하의 낮은 살충률을 보이며 효과가 급격히 떨어졌다. 잔효성이 우수한 약제는 처리 후 반복처리하지 않아도 상당기간 방제효과를 보이므로 경제적이라 할 수 있다. 그러나 잔류성이 너무 길면 잔류독성을 야기 시킬 수 있다. 그런 측면에서 pyrifluquinazon은 가루이의 방제에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 보인다. 대조약제로 사용된 flonicamid의 경우 온실가루이에 대하여 처리 후 6일과 7일까지 각각 62.2%, 55.6%의 살충활성을 나타냈으며, 8일부터 26.2%로 잔효성이 급격히 떨어졌다. 이와 같이 야외조건 3일차에서의 급격한 효과저하는 비가 내린 이유 때문일 것으로 판단되는데 Rubinstein et al. (1999)은 담배가루이 B-type에 대하여 imidacloprid를 여름철과 겨울철에 약효지속기간을 비교한 결과, 겨울철에는 3주간 효과가 지속되었으나 여름철에는 2

주로 지속기간이 짧았다고 보고하였다. 이는 빛이나 강우 등의 자연조건이 영향을 끼친 것으로 생각된다. 따라서 기후조건에 따른 pyrifluquinazon의 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

방제효과

온실가루이와 담배가루이 성충에 대한 pyrifluquinazon의 방제효과는 Fig. 5와 같다. 실험은 온실조건에서 시행하였으며 pyrifluquinazon과 대조약제인 flonicamid는 50 ppm과 33.5 ppm으로 각각 처리하였다. 그 결과 pyrifluquinazon 처리 후 3일차에서는 온실가루이와 담배가루이 모두 90%이상의 높은 방제효과를 나타내었고, 7일차에서도 90%이상의 방제효과를 나타냈다. 그러나 대조약제로 사용된 flonicamid의 경우 온실가루이에 대하여 3일차에서는 82.2%, 7일차에서는 80.8%의 방제효과를 나타냈으며, 담배가루이에 대해서는 50%이하의 낮은 방제효과를 나타냈다. 현재까지 여러 종류의 살충제에 대해 가루이류의 방제효과 시험이 이루어져 왔다. Ha et al. (2003)은 acetaprimid, acetaprimid + etofenprox, etofenprox를 이용하여 온실가루이와 담배가루이에 대하여 온실조건에서 방제효과를 실험하였는데, etofenprox를 제외한

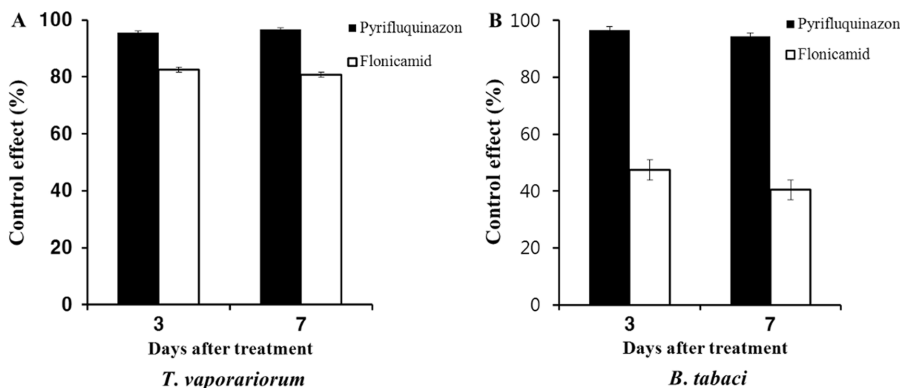


Fig. 5. Control effects of pyrifluquinazon and flonicamid to *T. vaporariorum* (A) and *B. tabaci* (B) under the greenhouse condition^{a)}. ^{a)}Sample size, n = 100~150.

acetaprimid, aceraprimid + etofenprox에서 90%이상의 방제 효과를 나타내었다. 또한 Kim et al. (2000)의 보고에서는 담배가루이에 대해 abamectin, acetamiprid, imidacloprid, 그리고 pyriproxyfen의 90%이상의 높은 방제효과를 보였다. 이러한 결과들을 비교하여볼 때, pyrifluquinazon은 높은 방제효과를 보인 기존의 살충제와 유사한 방제효과를 보임으로써 가루이류의 방제에 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해보면, pyrifluquinazon은 성충을 제외한 알과 약충 그리고 침투이행효과가 미미했지만 방제효과는 90%이상을 나타내었다. 또한 pyrifluquinazon에 노출 시 성충의 날개마비와 경련으로 인한 기주 이탈로 섭식하지 못하여 아사하는 것으로 생각된다. 또한 이 약제는 짧은 시간 내 작용하는 속효성 약제로 판단된다. 따라서 추후 pyrifluquinazon의 정확한 작용기작에 대한 연구가 진행될 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 어젠다 사업(과제번호: PJ008785)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Abbott, W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265~267.
- Ahn, K. S., M. G. Oh, H. G. Ahn, C. Yoon and G. H. Kim (2008) Evaluation of toxicity of pesticides against honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebee (*Bombus terrestris*). *Kor. J. Pestic. Sci.* 12(4):382~390.
- Bedford, I. D., R. W. Briddon, J. K. Brwon, R. C. Rosell and P. G. Markham (1994) Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann. Appl. Biol.* 125:311~325.
- Byrne, D. N., T. S. Bellows and M. P. Parrella (1990) Whiteflies in agricultural systems. Whiteflies: their bionomic, pest status and management. Grling D(ed.). Intercept Ltd. Andover, UK. pp. 226~261.
- Cho, S. R., H. N. Koo, C. Yoon and G. H. Kim (2011) Sublethal effects of flonicamid and thiamethoxam on green peach aphid, *Myzus persicae* and feeding behavior analysis. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 56:889~898.
- Coffin, R. S. and R. H. A. Coutts (2008) Relationships among *Trialeurodes vaporariorum*-transmitted yellowing viruses from Europe to North America. *J. Phytopathol.* 143: 375~380.
- Colomer, I., P. Aguado, P. Medina, R. M. Heredia, A. Fereres, J. E. Belda and E. Viñuela (2011) Field trial measuring the compatibility of methoxyfenozide and flonicamid with *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: *Phytoseiidae*) in an commercial pepper greenhouse. *Pestic. Sci.* 67:1236~1244.
- Devine, G. J. and I. Denholm (1998) An unconventional use of piperonyl butoxide of managing the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 88:601~610.
- Ha, T. G., I. C. Hwang, J. K. Kim, Y. H. Song, G. H. Kim and Y. M. Yoo (2003) Insecticidal effects and control effects of development stages of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) of insecticides. *Kor. J. Pestic. Sci.* 7(3):207~215.
- Horowitz, A. R., S. Kontsedalov, V. Khasdan and I. Ishaaya (2005) Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 58:216~225.
- Horowitz, A. R., Z. Mendelson, P. S. Weintraub and I. Ishaaya (1998) Comparative toxicity of foliar and systemic applications of acetamiprid and imidacloprid against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 88:437~442.
- Jones, D. R. (2003) Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.* 109: 195~219.
- Kang, M. A., M. J. Seo, I. C. Hwang, C. Jang, H. J. Park, Y. M. Yu and Y. N. Youn (2012) Insecticidal activity and feeding behavior of the green peach aphid, *Myzus persicae*, after treatment with nano types of pyrifluquinazon. *J. Asia-Pacific Entomol.* 15:533~541.
- Karatolos, N., K. Gorman, M. S. Williamson and I. Denholm (2011) Mutations in the sodium channel associated with pyrethroid resistance in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Pest Manag. Sci.* 68:834~838.
- KCPA. (2012) User's manual of pesticides. Korea Crop Protection Association.
- Kim, G. H., Y. S. Lee, I. H. Lee and K. Y. An (2000) Susceptibility of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to commercially registered insecticides. *Kor. J. Pestic. Sci.* 4:51~58.
- Kontsedalov, S., Y. Gottlieb, I. Ishaaya, R. Nauen, R. Horowitz and M. Ghanim (2009) Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bemisia tabaci* biotype B. *Pest Manag. Sci.* 65:5~13
- Lee, Y. S., S. Y. Lee, E. C. Park, J. H. Kim and G. H. Kim (2002) Comparative toxicities of pyriproxyfen and thiamethoxam against the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 5:117~122.
- Mason, G., M. Rancati and D. Bosco (2000) The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Crop Prot.* 19:473~479.
- 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.* 63:969~973.

- Muñiz, M. (2000) Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. *Entomol. Exp. Appl.* 95: 63~70.
- Navas-Castillo, J., R. Camero, M. Bueno and E. Moriones (2000) Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. *Plant Dis.* 84:835~837.
- Pluschkell, U., A. R. Horowitz and I. Ishaaya (1999) Effect of milbemectin on the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Phytoparasitica.* 27:183~191.
- Prabhaker, N., N. C. Toscano and T. J. Hennenberry (1999) Comparison of neem, urea, and amitraz as oviposition suppressants and larvicides against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 92:40~46.
- Rubinstein, G., S. Morin and H. Czosnek (1999) Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 92: 658~662.
- SAS Institute. (2008) *Sas/STAT user's guide: Statistics*, version 9.1 Institute Cary, N.C., U.S.A.
- Secker, A. E., I. D. Bedford, P. G. Markham and M. E. C. Williams. (1998) Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. *In: Brighton crop protection conference-pests and Diseases.* British Crop Protection Council, Farnham, UK. pp. 837-842.
- Zar, J. H. (1996) *In biostatistical analysis*, (3rd ed.). Prentice hall, Upper saddle river. NJ, U.S.A.
- Zhang, L. P., Y. J. Zhang, Q. J. Wu, B. Y. Xu and D. Chu (2005) Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. *J. Appl. Entomol.* 129: 121~128.

온실가루이와 담배가루이에 대한 pyrifluquinazon의 살충 및 행동장애

이선우¹ · 송명규² · 안기수² · 김영재³ · 문일성⁴ · 구현나¹ · 김길하^{1,*}

¹충북대학교 농업생명환경대학 식물학과의, ²충북농업기술원 친환경연구과,

³충남산림환경연구소, ⁴국립산림과학원 산림병해충연구과

요약 온실가루이와 담배가루이의 살충과 행동에 미치는 pyrifluquinazon의 효과를 조사하였다. Pyrifluquinazon은 가루이류의 성충에 대해 50 ppm부터 12.5 ppm까지 90% 이상의 살충활성을 나타내었으나, 알과 약충에는 효과가 없었다. 뿌리와 잎을 통한 침투이행효과는 없었으나, 잔효성 검정에서 처리 후 5일차까지 90% 이상의 살충활성을 나타내었고, 90% 이상의 방제효과를 나타내었다. 접촉독성과 섭식독성에 의한 가루이류의 행동과 발현속도를 조사한 결과, 접촉 1시간 이후부터 가루이류는 바닥에 떨어져 심한 날개경련과 마비를 일으키는 증상을 나타내었으며, 섭식 3시간 이후부터 유사한 증상을 나타내었다. 한편, 선택시험에서 가루이류는 방사 1시간 이후부터 기피행동을 나타내었다. 따라서 pyrifluquinazon은 온실가루이와 담배가루이에 속효적으로 작용하고 날개 경련과 마비증상을 유발하여 식물체로부터 바닥으로 떨어져 아사하는 효과를 나타내지만, 직접적인 섭식억제효과는 없는 것으로 여겨졌다.

색인어 온실가루이, 담배가루이, Pyrifluquinazon, 행동장애, 섭식억제