



ORIGINAL ARTICLES

4종 화학합성살충제의 국내 토마토뿔나방에 대한
침달성과 전신이행성에 의한 약효 평가

권덕호* · 전해리 · 유기렬 · 임예인 · 양은영 · 안윤균

국립한국농수산대학교 원예학부 채소전공

Translaminar and Systemic Activities of Four Synthetic Insecticides
against the Tomato Leafminer, *Phthorimaea absoluta*, in Korea

Deok Ho Kwon*, Haeri Jeon, Gi Ryeol Yu, Yein In Im, Eunyoung Yang, and Yul Kyun Ahn

Major in Vegetable Crops, Department of Horticulture, Korea National University of Agriculture and Fisheries,
1515, Kongjwipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea

(Received on September 1, 2025. Revised on September 10, 2025. Accepted on September 11, 2025)

Abstract The tomato leafminer, *Phthorimaea absoluta*, is a devastating pest of Solanaceous crops worldwide. It directly damages leaves, fruits, and growing tips. We evaluated the translaminar and systemic activities of four synthetic insecticides (spinosad, chlorfenapyr, cyantraniliprole, and broflanilide) by determining the rate of larval mortality. In translaminar activity assays, we observed 100% mortality with foliar applications of all the tested insecticides on leaves harboring larvae within the mesophyll ($F_{19, 40} = 536, P < 0.001$). This confirms that each insecticide possesses translaminar activity. We assessed systemic activity through root uptake using the leaf-disc method. Among the four insecticides, cyantraniliprole produced 100% mortality of the leafminer larvae ($F_{19, 40} = 107, P < 0.001$), and larval mortality showed a significant negative correlation with leaf consumption ($r^2 = 0.841, P < 0.001$). In summary, all four insecticides were effective in eliminating mesophyll-feeding larvae through translaminar activity. Furthermore, cyantraniliprole exhibited systemic activity following root uptake. It is pivotal to select insecticides with both translaminar and systemic properties for preventive and curative management of the tomato leafminer across the seedling, vegetative, and reproductive stages of Solanaceous crops.

Key words: Ingestion ratio, *Phthorimaea absoluta*, Systemic activity, Translaminar activity

서 론

토마토뿔나방은 토마토, 가지, 담배 등의 가지과 작물에 심각한 피해를 일으키는 전세계적으로 중요한 관리 대상 해충이다(Biondi et al., 2018). 발육단계는 알, 1-4령, 번데기 그리고 성충 단계를 거치는데, 토마토의 경우 약 25°C 온도 조건에서 알에서 성충까지 약 23일이 소요되며, 성충의 수명은 약 12일이다(Cuthbertson et al., 2013; Bajracharya and Bhat, 2018). 특히, 유충 시기는 기주식물의 줄기, 엽육조직, 열매 등에서 서식하면서 섭식하여 작물의 생산량 감소에 영

향을 준다(Desneux et al., 2010).

토마토뿔나방의 예방 및 방제에는 끈끈이트랩과 페로몬트랩을 활용한 물리적 방제(Vacas et al., 2011; Caparros Megido et al., 2013; Cocco et al., 2013; Lobos et al., 2013), 내충성 작물 육종을 통한 재배적 방제(Guedes and Picanço, 2012; Gharekhani and Salek-Ebrahimi, 2014; Sohrabi et al., 2016), 천적을 이용한 생물학적 방제(Desneux et al., 2010; González-Cabrera et al., 2011; Zappala et al., 2013) 그리고 화학적 방제(Siqueira et al., 2000; Silva et al., 2011; Guedes and Picanço, 2012; Guedes and Siqueira, 2012) 등이 개발되어 적용되고 있으며, 이 중에서 가장 광범위하게 적용하는 기술은 화학적 방제이다. 화학적 방제는 살충제를 이용하여 대상 해충의 밀도를 감소시키는 것을 목적으로 한다. 특히, 토마토뿔나방

*Corresponding author

E-mail: dhkwon1315@gmail.com

Table 1. Synthetic pesticide used in this study

Name	IRAC classification	Item name ^{a)} and its amount	Concentration (ppm)
P_Test00	nd ^{b)}	Control	nd
P_Test06	5	Spinosad WG 10%	25
P_Test09	13	Chlorfenapyr EC 5%	50
P_Test14	28	Cyantraniliprole SC 18.66%	467
P_Test15	30	Broflanilide SC 5%	25

^{a)}Formular name abbreviation: EC (Emulsifiable Concentrate), SC (Suspension Concentrate)

^{b)}'nd' = not determined

은 유충 시기에 주로 기주식물의 유묘단계부터 다양한 조직에 섭식 후 내부 서식하므로, 대상 약제가 기주식물 내부에 침투하여 이행하는 특성을 고려하는 것이 중요하다.

일반적으로 화학합성농약의 식물체 내 이행성은 침달성(translaminar activity)과 전신이행성(systemic activity)으로 구분된다(Cloyd et al., 2011; Dumra et al., 2023). 침달성이란 대상 농약이 기주식물의 엽상에 살포되면, 엽육조직을 통과하여 반대편까지 도달하는 특성으로서, 살포되지 않은 조직으로는 이행하지 않는 특성을 지니고 있다(Dumra et al., 2023). 전신이행성(=침투이행성)이란 뿌리나 잎을 통해 농약이 흡수되면 물관 및 체관을 통해 식물체의 다양한 조직(잎, 줄기, 꽃 그리고 열매 등)으로 이행하는 특성이다(Cloyd et al., 2011). 침달성 및 전신이행성을 지닌 살충제는 식물체 내에 잔류하므로, 나비목, 노린재목, 총채벌레목 등의 해충이 기주식물의 생장 발달 단계(유묘, 영양생장 그리고 생식생장)에서 특정 조직을 섭식 및 흡즙 할 경우, 생리적으로란 및 치사를 유도하여 대상 해충으로부터 작물을 보호하는 장점이 있다. 또한 기주식물체 내에 침투하여 광이나 빗물에 의한 유효성분의 손실을 줄일 수 있다.

권 등(Kwon et al., 2025)은 화학합성농약 16종과 유기농업자재 12종을 대상으로 엽침지법을 기반으로 한 약효 스크리닝을 수행한 바 있다. 해당 연구 결과에서 4종 약제(spinosad, chlorfenapyr, cyantraniliprole, broflanilide)가 80% 이상의 가중평균사충률이 있음을 확인하였다. 본 연구는 4종 약제가 침달성과 전신이행성을 통해 토마토뿔나방 유충 방제 여부를 평가하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

공시충 및 사육 방법

실험에 사용한 토마토뿔나방은 2024년 전남 보성의 시설 토마토 재배지에서 채집하였으며, 증식 및 생물검정에 용이한 가지(아시아흑장, 아시아종묘, 대한민국)를 기주식물로 하여 곤충 사육망(360 × 360 × 610 mm, 제이제이앤티, 경기)에서 누대사육한 계통이다. 기주식물의 재배는 72구 모종트레이 상의 상토(비전바이오, 수원)에 파종 후, 본엽 2~3매 전개

시 비닐컵 포트(φ 150 × h 135 mm)에 정식하였다. 60일 경과 후 복합비료(20-20-20, Masterblend, 미국) 1,000배액을 공급하여 생육 발달을 유지시켰다. 기주식물 재배 조건은 온도 25 ± 2°C, 습도 70 ± 10%, 광주기 16:8에서 수행하였다.

살충제

실험에 사용한 살충제는 권 등(Kwon et al., 2025)이 수행한 엽침지법을 이용한 약효 평가 실험에서 80% 이상 가중평균사충률을 나타낸 약제 4종을 대상으로 수행하였다. 대상 약제는 P_Test06, P_Test09, P_Test14 그리고 P_Test15로서 유효성분은 spinosad, chlorfenapyr, cyantraniliprole 그리고 broflanilide에 각각 해당하는 약제들이다(Table 1).

경엽처리에 의한 침달성 평가

4종의 살충제를 대상으로 경엽처리 후 침달성에 의한 약효 여부를 다음과 같은 실험과정을 통해 평가하였다. 사육케이지(200 × 200 × 650 mm) 내에 정식 후 39일이 지난 가지(전개엽 4매중 2매 제거)에 우화 후 3일이 지난 성충 20마리를 2일 동안 집중하여 20% 설탕물과 함께 산란을 유도하였다. 그리고 산란한 알에서 애벌레가 부화하여 기주식물 가해 후 2-3령 단계까지 약 10일 동안 엽육 조직 내에서 성장하도록 관리하였다. 기주식물에는 평균적으로 주당 약 62마리의 토마토뿔나방 2-3령 유충의 서식을 확인하였으며, 대상 약제의 침달성 평가를 위해 추천약량(Table 1)을 희석 후, 스프레이를 이용하여 4-6회 살포(4-6 ml) 후 후드 내에서 3시간 동안 음건하였다. 대조구는 동일한 방법으로 잎 표면에 물을 살포 후 음건하였다. 약효 판별 기준은 외부에서 미세분으로 엽육 조직 내의 토마토뿔나방 애벌레를 자극하였을 때 2-3초 내에 이동하지 않는 개체를 사충으로 간주하였으며 24시간 간격으로 96시간 동안 관찰하였다. 각 약제별 실험은 3반복으로 수행하였으며, 실험 조건은 온도 25 ± 2°C, 습도 60 ± 20%의 실내에서 이루어졌다.

뿌리흡수에 의한 전신이행성 평가

시험 약제의 전신이행성 평가는 다음과 같은 과정을 통해 수행하였다. 시설 하우스 내(온도 29 ± 4°C, 습도 79 ± 10%)

에서 포트(ϕ 150 × h 135 mm) 정식 후 약 49일이 지난 기주식물(전개엽 수 3-4매, 초장 약 30 cm, 흡수율 약 20%)의 지제부 아래 토양 부분을, 추천 약량으로 희석된 약액 500 ml가 담긴 용기에 10분간 침지 후, 곤충 사육망 내에서 72시간 약액의 뿌리를 통한 흡수 및 이행을 유도하였다. 뿌리흡수에 의한 전신이행성 평가는 약액이 이행된 가지의 엽절편을 이용하여 실내(온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $60 \pm 10\%$)에서 수행하였다. 약액의 뿌리흡수를 유도한 가지의 엽절편(ϕ 90 mm)을 Insect breeding dish (120 × 80 mm, SPL Life Sciences, 경기)에 1% agar 30 ml를 도말 후 올려 놓았다. 그리고 2-3령 토마토빨나방 유충 15마리를 접종하였으며, 약효 판별 기준은 침달성 실험과 동일하게 적용하였다. 각 약제별 뿌리 흡수 이행성 실험은 1반복 수행하였으며, 약제 이행 기주의 엽절편을 이용한 약효 평가는 3반복으로 수행하였다.

전신이행성 평가 후 섭식률 산출

전신이행성 평가에서 토마토빨나방 유충이 96시간 동안 가해하고 남긴 엽절편을 이용하여 옆면적과 약효 간의 상관성을 분석하였다. 옆면적 산출은 Easy Leaf Area software를 활용하여 개발자 매뉴얼을 따라 수행하였다(Easlson and Bloom, 2014). 암막전(600 × 600 mm) 상에 기준영역(Red Scale / 350 × 350 mm)과 엽절편을 배치 후 스마트폰 카메라(iphone 15, Apple)로 약 35 cm 높이에서 촬영하였다. 또한, 섭식면적 분석 시 칼라 보정 조건은 다음과 같다: Leaf minimum Green RGB value, 15; Leaf Green Ratio, 0.90; Scale minimum Red RGB value, 218; Scale Red Ratio, 1.44; Scale area, 12.3; Processing Speed, 4; Minimum Leaf Size, 0. 약제 별 섭식률은 무처리의 옆면적 값 대비 물 및 약제 처리구 옆면적 사이의 비율을 기준으로 산출하였다.

통계분석

약효 및 섭식면적에 대한 평균간 비교는 분산분석에서 일원배치분산분석을 사용하였으며, 통계적 유의성 분석으로는 Tukey's HSD 분석을 적용하였다. R 프로그램을 이용하였으며(Venables et al., 2009), 그룹간 유의성을 나타내는 compact letter는 R 패키지 내 multcomp를 적용하였다. 섭식률과 약효 사충률간의 상관성 분석에서 4종의 약제에 사용된 3반복 결과를 이용하였으며, 상관계수 및 회귀직선식은 GraphPad Prism software (version 9.0)을 이용하였다.

결과 및 고찰

경엽처리에 의한 침달성 평가

시험 약제를 대상으로 토마토빨나방 2-3령 유충이 조직 내에 존재하는 기주식물에 경엽 처리 후 사충률 판별을 통

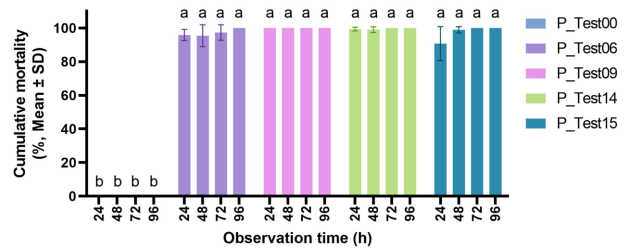


Fig. 1. Translaminar activity by foliar application through cumulative mortality evaluation over 96 hours at 24-hour intervals against four different insecticides. Small alphabetical character means the significant difference by ANOVA ($P < 0.05$), respectively.

해 침달성 보유 여부를 확인하였다. 시험 약제는 무처리 대비 모두 약 95% 이상의 사충률을 나타내어($F_{19, 40} = 536$, $P < 0.001$)(Fig. 1), 가지 잎 표면의 왁스 및 표피층을 투과하여 내부 엽육조직을 섭식하는 토마토빨나방 유충까지 도달하여 치사를 유도한 것으로 나타났다.

권 등은 엽침지법을 이용하여 약효 스크리닝을 수행한 바 있는데(Kwon et al., 2025), 엽침지법을 이용한 약효 평가 결과는 일정 크기의 엽절편이 약액에 침지되어 엽육 조직내로 흡수가 용이하게 된다. 따라서, 특정 약제의 침달성 효과를 평가하는데 한계가 있다. 또한, 음건 후 토마토빨나방 유충을 접종하므로, 엽육조직으로 침투하는 유충에 접촉독을 유발하여 약효가 침달성에 의한 것인지 확정하기 어렵다. 본 연구에서는 기주식물인 가지에 성충 단계부터 산란을 유도하고, 부화한 유충의 엽육조직 내 서식 유도 후, 경엽살포 후 96시간 동안 사충률을 평가한 것이다. 그 결과, 실험에 사용한 모든 약제는 식물표피 조직을 뚫고 엽육조직을 가해하는 토마토빨나방 유충에 약효가 있는 것으로 확인되었다(Fig. 1). 따라서 이들 약제는 국내에 침입한 토마토빨나방의 예방 및 방제에 사용이 적합한 것으로 판단된다.

작물보호제 지침서 상에서는 상기 약제들이 대상 해충에 독성을 유발하는 기작으로 접촉독, 소화중독 그리고 섭식중단 후 치사 등이 있는 것으로 표기하였고, 기주식물에 대한 약제 이행성으로는 spinosad와 cyantraniliprole에 침투이행성이 있는 것으로 기록되어 있다(Korea Crop Protection Association, 2025). 하지만, 본 연구에서는 침달성도 있는 것으로 확인되었으므로, 작물보호제 지침서 상에 추가적으로 특성을 표기하여 농약판매업자와 사용자가 적절하게 사용할 수 있도록 안내 해 주는 것이 필요하다.

뿌리흡수에 의한 전신이행성 평가 및 섭식률과 상관성

4종 약제의 뿌리흡수에 의한 전신이행성을 토마토빨나방 사충률을 토대로 평가하였다. 시험 약제 P_Test14에서는 90% 이상의 높은 사충률을 보였으나, P_Test06, P_Test09, P_Test15에서는 2.2~17.8%로 낮은 사충률이 통계적으로 유의하게

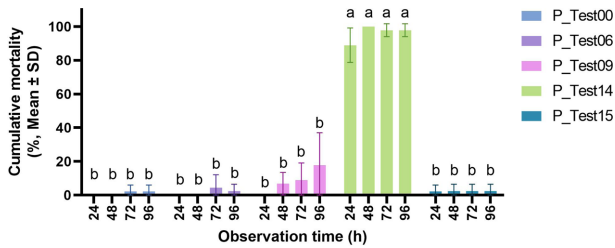


Fig. 2. Systemic activity via root-uptake was evaluated over 96 hours at 24-hour intervals for four different insecticides in *Phthorimaea absoluta*. Small alphabetical character means the significant difference by ANOVA ($P < 0.05$), respectively.

나타났다($F_{19, 40} = 107, P < 0.001$)(Fig. 2). 즉, P_Test14가 뿌리 흡수 후 전신이행성 특성을 지닌 것으로 나타났다. 이러한 결과는 토마토빨나방 유충의 엽절편 섭식을 평가에서도 유관하게 나타났다. 사충 효과가 낮은 P_Test06, P_Test09, P_Test15처리구에서는 처리 4일차에서 무처리 대비 43~68% 섭식률을 나타내었으나, P_Test14에서는 1% 미만의 섭식률을 나타냈다($F_{4, 10} = 33.7, P < 0.001$)(Fig. 3A). 또한, 약제 별 사충률과 섭식률 간에 통계적으로 강한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다($r^2 = 0.846, P < 0.001$)(Fig. 3B). 즉, 뿌리를 통해 기주식물의 엽육 조직으로 전신이행 된 약제가 토마토빨나방이 내부로 침투하기 위한 섭식 및 접촉 과정에서 치사를 유도한 것으로 판단된다. 다만, 해당 약제의 침지 약량의 변화에 따라 이행성 결과가 다르게 나타날 수 있으므로 기주식물 및 처리 약량 별로 평가 기준을 적립할 필요가 있다.

엽육 조직내 존재하는 토마토빨나방 유충의 약효 평가에서 경영처리를 통한 침달성 평가에서는 시험대상 약제 모두 우수한 효과를 보였으나, 뿌리흡수를 통한 전신이행성 평가

에서는 cyantraniliprole만 효과를 보였다. Cyantraniliprole은 옥탄올-물 분배계수(log K_{OW})가 1.94로서 토마토, 벼 그리고 밀 등의 작물에서 뿌리흡수에 의한 전신이행성이 높은 것으로 알려져 있다(Anderson et al., 2013; Zhang et al., 2022). 이러한 특성은 진딧물, 가루이 등의 흡즙형 해충과 왕담배나방등의 저작형 해충에 약효가 높은 것으로 밝혀졌다. 특히, 왕담배나방 유충의 사충률 검정 및 방사능 동위원소가 라벨링된 약제 시험을 토대로, cyantraniliprole은 잎에 처리할 경우 침달성과 전신이행성이 있음을 확인하였다(Barry et al., 2015). 이러한 특성은 알에서 부화한 토마토빨나방의 엽육조직 내로 침입을 억제시킴으로써 예방효과를 발휘할 것으로 생각된다. 특히, 주요 가지과 작물의 육묘 단계와 양액을 통한 수경재배 시에도 활용하여 토마토빨나방 산란 후 유충의 침입을 억제할 수 있을 것이다.

요약하면, 엽침지법을 통해 선발된 우수약제 4종의 경영 처리에 의한 침달성과 뿌리흡수를 통한 전신이행성 이행 평가 결과, 기본적으로 4종의 시험 약제는 침달성을 지니고 있었으나, 뿌리흡수를 통한 이행성은 cyantraniliprole에 있는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 재배 현장에서 화학합성농약을 이용한 토마토빨나방의 예방 및 방제 전략 수립(적절한 약제 선발)에 중요한 정보를 제시할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 핵심농자재 국산화기술개발사업(321054-05)과 농촌진흥청의 농업정책지원기술개발사업(RS-2022-RD010375)의 지원을 받아 수행되었습니다.

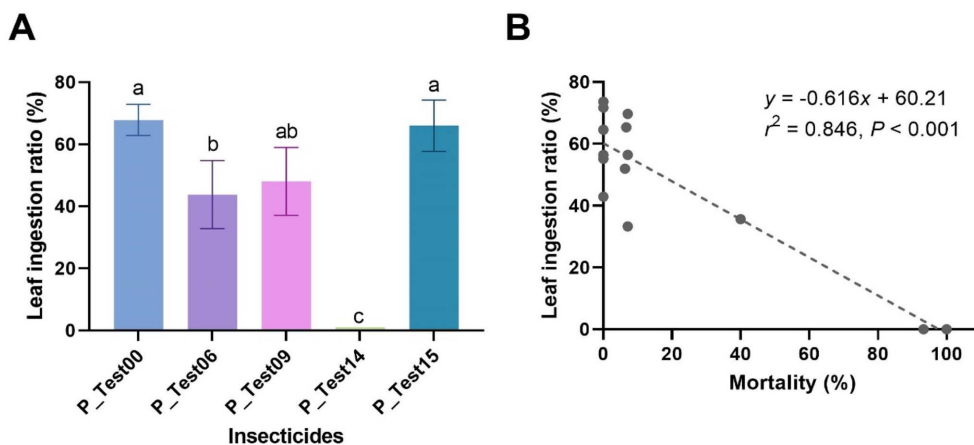


Fig. 3. Leaf ingestion ratio following 96 hours of systemic insecticide treatment by root-uptake (A) and correlation analysis between larval mortality and eggplant leaf ingestion ratio after 96 hours of treatment (B) with four different insecticides in *Phthorimaea absoluta*. Small alphabetical character means the significant difference by ANOVA ($P < 0.05$), respectively.

Author Information and Contributions

Deok Ho Kwon: Experiment design, Data analysis, Writing, Draft review. <https://orcid.org/0000-0003-2162-4771>

Haeri Jeon: Rearing, Bioassay

Gi Ryeol Yu: Bioassay

Yein Lim: Bioassay

Eunyoung Yang: Draft review

Yul Gyun Ahn: Draft review

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

- Anderson, JJ, Bookhart, SW, III, Clark, JM, Jernberg, KM, Kingston, CK, et al., 2013. Uptake of cyantraniliprole into tomato Fruit and foliage under hydroponic conditions: application to calibration of a plant/soil uptake model. *J. Agric. Food Chem.* 61(38):9027-9035. doi: 10.1021/jf4025757
- Bajracharya, ASR, Bhat, B, 2018. Life cycle of South American tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in Nepal. *J. Entomol. Zool. Stud.* 6(1):287-290.
- Barry, JD, Portillo, HE, Annan, IB, Cameron, RA, Clagg, DG, et al., 2015. Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. *Pest Manag. Sci.* 71(3):395-403.
- Biondi, A, Guedes, RNC, Wan, F-H, Desneux, N, 2018. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and future. *Ann. Rev. Entomol.* 63(63):239-258.
- Caparros Megido, R, Haubruge, E, Verheggen, F, 2013. Pheromone-based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(3).
- Cloyd, RA, Bethke, JA, Cowles, RS, 2011. Systemic insecticides and their use in ornamental plant systems. *Floricult. Ornamental Biotechnol.* 5:1-9.
- Cocco, A, Deliperi, S, Delrio, G, 2013. Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. *J. Appl. Entomol.* 137(1-2):16-28.
- Cuthbertson, AG, Mathers, JJ, Blackburn, LF, Korycinska, A, Luo, W, et al., 2013. Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects* 4(2):185-197.
- Desneux, N, Wajnberg, E, Wyckhuys, KA, Burgio, G, Arpaia, S, et al., 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *J. Pest Sci.* 83(3):197-215.
- Dumra, N, Rolania, K, Yadav, SS, Kumari, S, 2023. Translaminar activity of different insecticides against *Bemisia tabaci*. *Indian J. Agric. Sci.* 93(5):534-538.
- Easlon, HM, Bloom, AJ, 2014. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Appl. Plant Sci.* 2(7):1400033.
- Gharekhani, G, Salek-Ebrahimi, H, 2014. Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. *J. Econ. Entomol.* 107(5):1765-1770.
- González-Cabrera, J, Mollá, O, Montón, H, Urbaneja, A, 2011. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae). *BioControl* 56(1):71-80.
- Guedes, R, Picanço, M, 2012. The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *EPPO Bull.* 42(2):211-216.
- Guedes, R, Siqueira, H, 2012. The tomato borer *Tuta absoluta*: insecticide resistance and control failure. *CABI Rev.* (2012): 1-7.
- Korea Crop Protection Association. (2025). Crop Protection Guidelines. <https://www.koreacpa.org/ko/use-book/search/>
- Kwon, DH, Jeon, H, Yu, GR, Im, Y, Yang, E, et al., 2025. Evaluation of insecticidal efficacy against synthetic pesticides and organic agricultural materials based on weighted mean mortality in *Phthorimaea absoluta*. *Korean J. Pestic. Sci.* 29(2):90-96.
- Lobos, E, Occhionero, M, Werenitzky, D, Fernandez, J, Gonzalez, L, et al., 2013. Optimization of a trap for *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) and trials to determine the effectiveness of mass trapping. *Neotrop. Entomol.* 42(5):448-457.
- Silva, GA, Picanço, MC, Bacci, L, Crespo, ALB, Rosado, JF, et al., 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Manag. Sci.* 67(8):913-920.
- Siqueira, HÁA, Guedes, RNC, Picanço, MC, 2000. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agric. For. Entomol.* 2(2):147-153.
- Sohrabi, F, Nooryazdan, H, Gharati, B, Saeidi, Z, 2016. Evaluation of ten tomato cultivars for resistance against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) under field infestation conditions. *Entomol. Gen.* 36(2).
- Vacas, S, Alfaro, C, Primo, J, Navarro-Llopis, V, 2011. Studies on the development of a mating disruption system to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). *Pest Manag. Sci.* 67(11):1473-1480.
- Venables, WN, Smith, DM, The R Core Team, 2009. An introduction to R. In: Network Theory Limited London, UK.
- Zappala, L, Biondi, A, Alma, A, Al-Jboory, IJ, Arno, J, et al., 2013. Natural enemies of the South American moth, *Tuta*

absoluta, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. J. Pest Sci. 86(4):635-647.

Zhang, C, Fang, N, Li, Y, Wang, X, He, H, et al., 2022. Uptake, translocation and distribution of cyantraniliprole in rice planting system. J. Hazard. Mater. 436:129125.

4종 화학합성살충제의 국내 토마토빨나방에 대한 침달성과 전신이행성에 의한 약효 평가

권덕호* · 전해리 · 유기렬 · 임예인 · 양은영 · 안올균

국립한국농수산대학교 원예학부 채소전공

요 약 토마토빨나방은 전세계적으로 가지과 작물의 잎, 열매 그리고 생장점 등을 직접적으로 가해하여 심각한 피해를 준다. 화학합성농약 4종(spinosad, chlorfenapyr, cyantraniliprole, broflanilide)의 침달성과 전신이행성 보유 여부를 토마토빨나방 유충의 사충률 평가를 통해 확인하였다. 먼저 침달성 평가에서, 엽육 조직 내에 서식 중인 유충을 경엽처리 한 결과 시험 약제에서 100% 사충률이 나타나($F_{19, 40} = 536, P < 0.001$), 대상 약제 모두 침달성을 보유한 것을 확인하였다. 뿌리흡수를 통한 전신이행성 평가에서는 cyantraniliprole이 이행된 엽절편에서 100%의 약효를 보이는 것을 확인하였으며($F_{19, 40} = 107, P < 0.001$), 섭식량과도 유의한 음의 상관성이 있는 것을 확인하였다($r^2 = 0.841, P < 0.001$). 요약하면, 시험 약제 4종은 모두 침달성에 의해 엽육조직을 가해하는 토마토빨나방 유충에 효과가 있었고, 이 가운데 cyantraniliprole은 뿌리흡수에 의한 전신이행성도 보유한 것을 확인하였다. 침달성과 전신이행성을 지닌 약제 선택은 가지과 작물의 육묘단계, 영양생장단계 그리고 생식생장단계에서 엽육조직을 가해하는 토마토빨나방의 예방과 방제에 중요한 역할을 할 것이다.

검색어: 섭식률, 토마토빨나방, 전신이행성, 침달성