

시설 고추에 발생하는 꽃노랑총채벌레 방제를 위한 목단피 추출물의 살충효과

서미혜 · 서경혜¹ · 최경산 · 이선영 · 윤정범 · 박정준^{2,3*}

국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹국립원예특작과학원 원예작물부 화훼과, ²경상국립대학교 식물의학과, ³경상국립대학교 농업생명과학연구원

Insecticidal Effect of *Moutan cortex radidis* Extract for Control the Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis*, on Greenhouse Pepper

Mi Hye Seo, Kyung Hye Seo¹, Kyung San Choi, Sun-Young Lee, Jung Beom Yoon and Jung-Joon Park^{2,3*}

Horticultural and herbal crop environment division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea

¹Floriculture Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea

²Department of Plant Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

ABSTRACT: In addition to causing direct feeding damage to a variety of greenhouse crops, *Frankliniella occidentalis* also inflicts indirect harm by facilitating the transmission of the tomato spotted wilt virus. Historically, the prevention of *F. occidentalis* infestations has relied heavily on pesticide use. However, this approach has led to significant side effects in agricultural ecosystems, including the development of pest resistance and challenges in effective prevention. In response to these issues, research has been directed towards identifying alternative substances that circumvent the tolerance developed against chemical pesticides. Extracts from sixty-seven medicinal plants were prepared by soaking them in water for 24 hours at room temperature. These extracts were then applied to adult *F. occidentalis*, with particular attention to moutan extract treatment. This treatment demonstrated a 100% insecticidal effect on the first day. The moutan extract, specifically, was prepared using 50% ethanol, after which the ethanol and water were removed via a rotary evaporator. The resultant product was then lyophilized into a powder and used after being diluted with water. In indoor experiments, a 40% diluted solution was sprayed onto *F. occidentalis*, exhibiting a 100% insecticidal effect 24 hours post-treatment. Furthermore, a pot test indicated a 78% insecticidal effect on the first day of application. Ongoing research includes the analysis of active substances that demonstrate exceptional insecticidal properties and the conduct of on-site validation tests. The application of the aforementioned extract is anticipated to be effective in the prevention of *F. occidentalis* infestations.

Key words: Pepper, *Frankliniella occidentalis*, Moutan, Environmental friendly control

조 록: 총채벌레는 우리나라에 60여 종이 알려져 있으며 다양한 시설작물에서 직접적인 섭식 피해 이외에 토마토반점위조바이러스(TSWV)를 매개하는 간접적인 피해도 유발한다. 그동안 총채벌레 방제는 살충제에 의존해 왔는데, 이는 농업환경에 많은 부작용을 유발하고 해충의 저항성을 유발시켜 더욱 방제를 어렵게 하고 있다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 대안으로 내성 회피를 위한 물질을 탐색하였다. 실내검정으로 약용작물 67종의 추출물을 꽃노랑총채벌레 성충에 처리하여 가장 효과가 우수한 목단피를 선발하였다. 목단피 추출물을 처리 후 1일차에 100%의 살충효과를 보였다. 또한, 목화진딧물은 3일차 83%, 복숭아혹진딧물 3일차 97%, 점박이응애 1일차 100%의 살충효과를 보였다. 고추 포트 검정에서 꽃노랑총채벌레 방제가는 1일차 77.6%, 2일차 40%의 효과가 나타났다. 현재 추가적으로 효과를 증대시킬 수 있는 물질을 탐색하고 있으며, 총채벌레 방제에 본 추출물을 활용한다면 효과적일 것으로 기대된다.

검색어: 고추, 꽃노랑총채벌레, 목단피, 친환경방제

*Corresponding author: jungpark@gnu.ac.kr

Received November 22 2023; Revised November 27 2023

Accepted November 28 2023

고추는(*Capsicum annuum* L.)는 남미가 원산지인 가지과(Solanaceae) 작물로 가장 넓은 재배면적(31,146 ha)과 생산액을 차지 할 정도로 중요한 작물이다(Seo et al., 2018). 이러한 고추의 생산량 감소에 영향을 주는 요인 중 하나는 병해충이며, 해충의 경우 총채벌레에 의한 피해가 크다(Cho et al., 2005). 특히, 고추에서 총채벌레가 가장 문제가 되는 이유는 바이러스(TSWV: Tomato Spotted Wilt Virus)를 매개하기 때문이다. 고추에 발생하는 식물병은 39종이 보고되어 있으며(KCPA, 2020), 이중 바이러스에 의한 발병율이 가장 높다(Seo et al., 2011). 바이러스는 주로 진딧물과 총채벌레에 의해 매개되므로 이들 해충을 방제하는 것이 가장 효율적인 방제로 여겨지고 있다(Lee et al., 2004). 총채벌레는 성충과 약충이 고추에 은백색의 섭식흔과 산란흔을 남겨 피해 부위가 백색으로 변색되어 상품가치를 저하시킨다(Moon et al., 2006; Seo et al., 2018). 이들은 한 세대가 증식하는 기간이 짧고 약제에 대한 내성이 강해 발생 밀도가 낮더라도 초기에 방제하는 것이 중요하나 총채벌레는 크기가 작아 낮은 밀도에서는 발견이 어려워 방제시기를 놓쳐 피해가 증가하고 있다(Chung, 2001; Lee et al., 2003, 2004, 2015; Cho et al., 2005; Kwon et al., 2017).

우리나라의 경우 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)를 방제하기 위해 다양한 방법들이 이용되고 있으나 화학적 방제가 가장 일반적이다. 그러나 살충제에 의존한 방제는 농업환경에 많은 부작용을 유발하고 해충에 저항성을 유발시켜 방제를 어렵게 하고 있다. 현재 세계적으로 천적에는 독성이 낮고 해충에는 광범위한 살충효과를 보이며, 생태계에는 부정적인 영향을 주지않는 식물유래 해충방제 물질에 대한 많은 연구가 수행되고 있다(Prakash and Rao, 1997; Koul and Wahab, 2004). 또한, 식물유래 물질을 이용한 방제는 먹거리에 대한 불안요소를 줄이고 고품질, 고소득 작물 생산을 위한 방안으로 친환경 농자재의 종류도 증가하고 있다(Chun et al., 1999; Lee et al., 2000; Kim, 2005; Ha et al., 2010).

식물유래 물질은 약제저항성 발달의 가능성이 적고, 인축 및 생태계에 부작용이 적으며 화학농약에 비하여 상대적으로 안전성이 높은 장점을 가지고 있는데, 해충 방제효과가 있는 물질들은 주로 기피 및 섭식 저해 작용, 성장 및 발육 저해 작용, 불임 작용, 신경마비 작용 등이 있다. 그리고 생장억제제로서 사용되고 있고, terpenoid계, alkaloid계, flavonoid계, saponin계, phenol계 등의 물질들을 다량 포함하고 있다(Huff, 1980; Schmutterer, 1988; Koul, 2005). 이러한 식물유래 물질을 이용한 해충방제 연구는 다양한 분야에서 시도되고 있고, eugenol이나 azadirachtin, nicotine, pyrethrin, rotenone 등의 식물유래 물질들은 상업화되어 해충방제제로 이용되고 있다(Prakash and Rao, 1997;

Copping and Duke, 2007).

목단피는 중요한 한약재 중 하나로 모란의 뿌리껍질을 말한다. 모란(*Paeonia moutan* Sims., *Paeonia suffruticosa* Andrews)은 모란과(*Paeoniaceae*)에 속하는 다년생 초본 식물이다. 주로 한방에서는 소염, 해열, 진통 및 항균 등의 효능이 있어 널리 사용되고 있다(Bae, 2000). 목단피의 주요 성분으로는 Paenol, paeonoside 등의 페놀류, Oxypaeoniflorin, Paeoniflorin 등의 monoterpene 배당체, tetragalloyglucose 등의 탄닌류를 함유한 것으로 알려져 있다(Li, 1988). 목단피의 경우 다양한 생리활성 효능이 알려져 있기 때문에 목단피 추출물을 이용한 천연 항균제 및 천연 항산화제로의 건강기능식품으로 주로 개발되어 있다. 해충 방제에는 목단피의 생리활성 물질을 대상으로 바구미류, 버벌구, 배추좀나방 등(Kim et al., 2001; Kim, 2005)에 대한 살충효과에 대한 연구는 일부 이루어져 있으나, 미소해충을 대상으로 한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구는 살충제가 가지는 문제를 해결할 수 있는 대안으로 화학농약 대체물질을 선별하기 위하여 살충활성이 있는 것으로 알려진 약용작물을 이용하여 꽃노랑총채벌레의 내성 회피를 위한 친환경방제제를 탐색하고자 한다.

재료 및 방법

대상해충

실내 및 포트 검정에 사용한 꽃노랑총채벌레는 국립원예특 작과학원 원예특작환경과 해충관리사육실에서 강낭콩 종자로 누대 사육하여 실험에 사용하였다. 실내 사육조건은 온도 25~27°C, 상대습도 65~70%, 14시간 광주기로 하였다. 곤충의 누대 사육을 위해 총채벌레가 숨을 쉴 수 있도록 스테인레스 망이 있는 패트리디쉬(SPL, 310102, 100*40 mm)에 발아 시킨 강낭콩 떡잎을 반으로 가른 뒤 배유 부분이 위쪽을 향하도록 하여 꽃노랑총채벌레를 매일 새로운 콩으로 옮겨 먹이로 제공하였다. 생육단계별로 알, 번데기, 약충, 성충으로 구분하여 사육하였고 실험에는 암컷 성충을 사용하였다.

식물추출물 추출 및 선별

시험에 사용한 약용작물은 총 62종으로 한국생약협회에서 구매하여 햇빛이 들지 않는 서늘한 곳에서 보관하고 사용 후에는 입구를 밀봉하였다. 종류는 Table 1과 같다. 총채벌레 방제 효과 우수 추출물 선별을 위해 1차 증류수 1리터에 각각의 약용작물 100 g을 넣고 24시간 상온에서 추출하였다. 추출물은 갈때

Table 1. Insecticidal activity of 67 medicinal plant extracts on adults of *Frankliniella occidentalis*

Korean name	Scientific name	Survival rate (%)		
		24 h	48 h	72 h
갈근	<i>Pueraria lobata</i>	97	90	80
감국	<i>Dendranthema indicum</i>	97	90	83
감초	<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	97	80	37
강황	<i>Curcuma longa</i>	97	90	83
결명자	<i>Senna tora</i>	93	83	67
고본	<i>Angelica tenuissima</i>	100	87	23
고삼	<i>Sophora flavescens</i>	100	80	60
곽향	<i>Teucrium japonicum</i>	100	93	63
구기자	<i>Lycium chinense</i>	90	87	87
금은화	<i>Lonicera japonica</i>	100	87	87
길경	<i>Platycodon grandiflorum</i>	87	83	63
단삼	<i>Salvia miltiorrhiza</i>	93	77	67
당귀	<i>Angelica gigas</i>	100	87	70
대계근	<i>Cirsium japonicum</i>	93	83	77
더덕	<i>Codonopsis lanceolata</i>	90	80	80
독활	<i>Aralia continentalis</i>	90	80	60
두충	<i>Eucommia ulmoides</i>	100	90	83
맥문동	<i>Liriope muscari</i>	100	90	80
모과	<i>Pseudocydonia sinensis</i>	100	90	90
목단	<i>Paeonia suffruticosa</i>	0	0	0
박하	<i>Mentha canadensis</i>	100	90	87
방풍	<i>Ledebouriella seseloides</i>	97	87	87
백지	<i>Angelicae Dahuricae</i>	97	93	90
백출	<i>Atractylode mecrocephala</i>	87	83	53
백하수오	<i>Cynanchum wifordii</i>	100	83	77
복분자	<i>Rubus coreanus</i>	83	83	67
산사	<i>Crataegus pinnatifida</i>	100	97	90
산수유	<i>Cornus officinalis</i>	100	87	77
산약	<i>Dioscorea polustachya</i>	83	77	50
삼백초	<i>Saururus chinensis</i>	97	77	73
석창포	<i>Acorus gramineus</i>	63	10	7
속단	<i>Phlomis umbrosa</i>	97	80	57
시호	<i>Bupleurum falcatum</i>	93	83	73
쑥	<i>Artemisia princeps</i>	90	83	67
어성초	<i>Houttuynia cordata</i>	100	50	37
연육	<i>Nelumbo nucifera</i>	93	77	57
오가피	<i>Eleutherococcus sessiliflorus</i>	97	83	0
오미자	<i>Schisandra chinensis</i>	100	97	83
우슬	<i>Achyranthes bidentata Blume</i>	97	90	87
울금	<i>Curcuma longa</i>	100	70	47
울무	<i>Coix lacryma-jobi var</i>	80	60	53

Table 1. Continued

Korean name	Scientific name	Survival rate (%)		
		24 h	48 h	72 h
음양각	<i>Epimedium koreanum</i>	93	83	73
익모초	<i>Leonurus japonicus</i>	97	97	87
인진쑈	<i>Aryemisia campestris</i>	97	97	67
자소엽	<i>Perilla frutescens</i>	100	90	57
작약	<i>Paeonia lactiflora</i>	97	87	67
잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var	97	87	73
적하수오	<i>Polygonum multiflorum</i> Thunb	97	83	67
전호	Apiaceae	80	80	73
조릿대	<i>Sasa borealis</i>	93	83	30
지구자	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb	90	87	77
지초	<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	93	93	83
천궁	<i>Cnidium officinale</i>	100	90	87
천마	<i>Gastrodia elata</i>	93	87	60
천문동	<i>Asparagus cochinchinensis</i>	100	93	90
천화분	<i>Trichosanths kirilowii</i>	100	93	50
초석잠	<i>Stachys sieboldii</i>	100	100	93
치자	<i>Gardenia jasminoides</i>	100	97	90
택사	<i>Alisma canaliculatum</i>	83	77	70
토사자	<i>Cuscuta japonica</i> Choisy	97	87	27
향부자	<i>Cyperus rotundus</i>	100	90	70
현삼	<i>Scrophularia buergeriana</i>	97	97	93
형개	<i>Schizonepeta tenuifolia</i>	90	90	80
황금	<i>Sutellaria baicalensis</i>	97	87	83
황기	<i>Astragalus membranaceus</i>	90	83	63
황정	<i>Polygonatum sibirium</i> Redoute	90	80	67
후박	<i>Machilus thunbergii</i>	93	77	43
무처리	-	90	80	43

기에 Filter paper (ADVANTEC, 185 mm)를 이용하여 걸러 준 후 유리병(Duran, DU2181054, 1,000 ml)에 담아 4°C에 보관하였다. 실험은 사육하고 있는 꽃노랑총채벌레의 번데기에서 갓 우화한 성충을 스테인레스 망이 있는 패트리디쉬(SPL, 310050, 60*15 mm)에 Filter paper (ADVANTEC, 90 mm)를 깔고 10마리씩 넣었다. 식물추출물을 마이크로피펫을 이용하여 700 µl를 꽃노랑총채벌레 암컷에 처리한 뒤 1일, 2일, 3일 후의 생충율을 조사하였고 실험은 10마리를 1반복으로 3반복 진행하였다.

목단피의 농축 및 동결·건조

선발한 목단피는 당 성분 제거와 유효성분 추출을 위해 에탄

올 30%, 50%, 70%, 100%의 농도에서 다른 약용작물과 동일한 방법으로 추출하였다(Fig. 1. A, B, C). 용매로 사용된 에탄올은 회전증발기를 이용하여 30°C, 180 ppm, 4 torr 조건에서 2~3일 동안 제거한 뒤 농축하였고, -80°C, 0 torr, 3~4일 동안 동결건조기를 통해 분말화하였다(Fig. 1. D).

목단피의 꽃노랑총채벌레 살충활성 실내검정

목단피의 꽃노랑총채벌레에 대한 살충 검정도 약용작물 67종 중 우수 추출물 선발 실험과 동일하게 수행하였다. 에탄올 농도에 따라 추출·농축·건조 과정을 거쳐 분말화한 목단피 추출물을 100,000 ppm, 50,000 ppm, 40,000 ppm, 30,000 ppm,

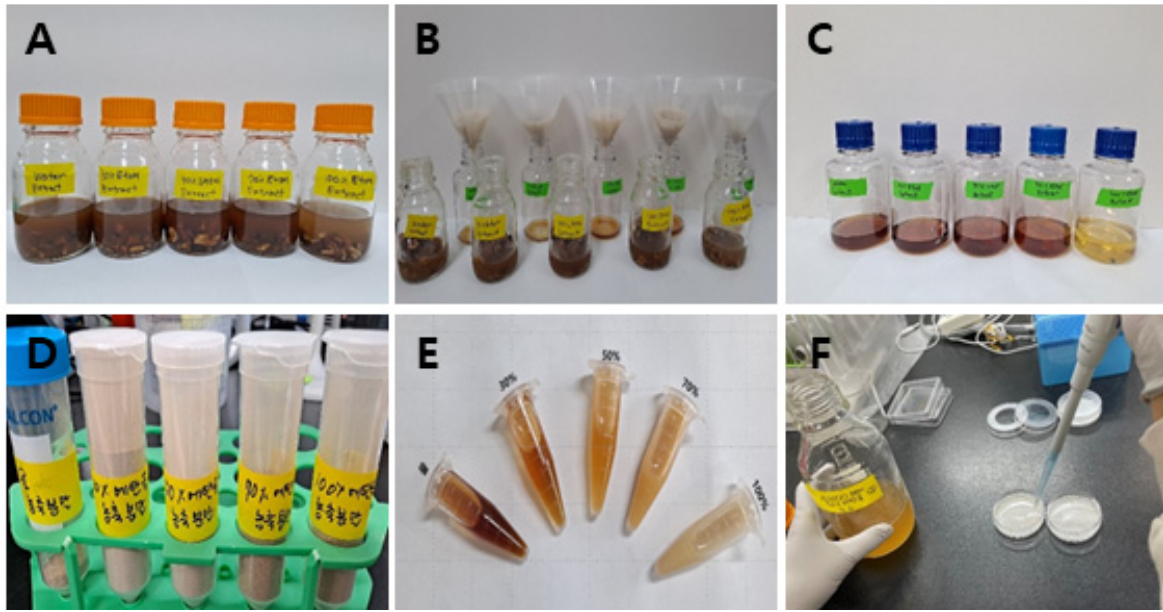


Fig. 1. Design of experimental processes, A: Plant extracts, B: Filtering of plant extracts C: After Filtering of plant extracts D: material to be tested, E: Organic materials dilution F: Treatment.

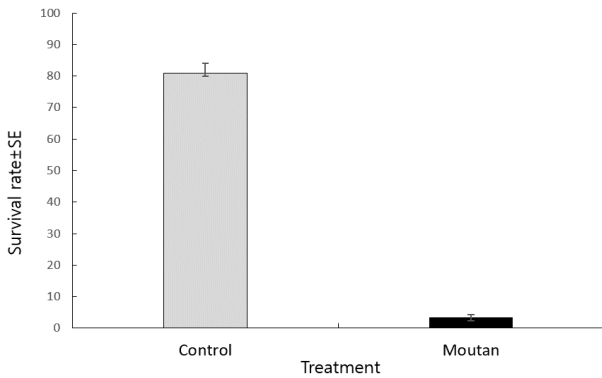


Fig. 2. Effect of plant extracts on control efficacy of *Frankliniella occidentalis* at 24 hours after *Paeonia suffruticosa* extracts treatment on peppers.

20,000 ppm, 10,000 ppm, 5,000 ppm의 농도로 처리하였다. 실험은 3반복으로 실시하였으며 생충수를 조사하였다.

목단피의 꽃노랑총채벌레 살충활성 포트 검증

국립원예특작과학원 원예특작환경과 유리 온실에서 플라스틱 화분(∅ 15×15 cm)에 담긴 고추(품종: 칼라짱) 유묘(15~20 cm)를 각 3개씩 곤충사육용 아크릴케이지(80×50×50 cm)에 넣고 총채벌레를 300마리씩 방사하였다. 아크릴케이지 내 바닥에는 흰색 A4용지를 깔아 죽어서 바닥에 떨어진 총채벌레의 식별이 쉽도록 하였다. 목단피 추출물은 50% 에탄올에 녹여 분말

화한 목단피를 40,000 ppm의 농도로 희석하여 사용하였다. 추출물의 처리는 300 ml 분무기에 담아 식물체 잎의 표면과 뒷면이 흠뻑 젖을 수 있도록 20회씩 살포하고 처리 후 1일째 살아있는 생충수를 조사하였다.

목단피추출물을 이용한 포장 검증

목단피추출물을 이용한 꽃노랑총채벌레의 방제 효과를 조사하기 위해 정식 전 20일 동안 토양소독을 하고, 국립원예특작과학원 시설하우스(길이 40 m× 폭 70 m)에 30일 된 고추(품종: 칼라짱)의 유묘를 재식거리 50 cm간격으로 400주를 정식(2023년 5월 12일) 한 후 8월 31일까지 조사하였다. 재배기간 동안 시설 외부에서의 진딧물의 유입으로 6월 하순(6월 22일)에 진딧물 약제(상표명: 세티스, 팜한농)를 1회 살포하고 탄저병(상표명: 델란, 경농) 발생으로 살균제를 2회 살포하였다. 목단피추출물은 발생밀도의 차이가 없어지는 시점에(7월 1일) 살포하였다. 조사는 고추 작물의 끝으로부터 30 cm 지점에 황색평판끈끈이트랩(15 × 25 cm, Greenagrotech, Korea) 3장을 하우스 좌측, 중간, 우측에 설치하여 2주간격으로 교체하였다. 수거한 황색평판트랩은 실체현미경(SteREO Discovery, V8, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 총채벌레의 밀도를 조사하였다.

결과 및 고찰

식물추출물 유래 친환경자재 선발 및 살충효과

약용작물 67종을 24시간 상온에서 추출하여 꽃노랑총채벌레 암컷 성충에 처리한결과는 Table 1과 같다. 약용작물의 종류와 처리 시간에 따라 꽃노랑총채벌레에 대한 살충효과는 다양하게 나타났다. 살충효과 우수 약용작물 선발을 위해 물 1리터에 한약재 100g을 넣은 추출물(×10)을 처리 후 72시간째 살충효과가 60% 이하인 약용작물은 갈근, 감국, 강황 등 60종류였다. 살충효과가 61~80%는 감초, 고본, 어성초, 토사자 등 4종류, 81~100%인 약용작물은 목단피, 석창포, 오가피 3종류였다. 석창포는 처리 24시간 후 37%, 48시간 후 90%, 72시간 후 93%로 처리 48시간 후에 높은 살충력을 보였다. 반면, 오가피는 24시간 후 3%, 48시간 후 17%, 72시간 후 100%로 처리 48시간 후에도 낮은 살충력을 보였으나 72시간 후 높은 살충효과를 보였다. 이는 석창포와 오가피의 구성성분과 함량에 따라 차이를 보이는

Table 2. Insecticidal activity of *Paeonia suffruticosa* against *Frankliniella occidentalis* (contained ethanol)

Treatment	Survival rate (mean±SE, %)			
	0.5 h	1 h	5 h	24 h
Control (water)	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
30% Ethanol	93.3±2.4	60.0±4.6	33.3±3.4	0.0±0.0
50% Ethanol	0.0±0.0	-	-	-
70% Ethanol	46.6±3.4	0.0±0.0	-	-
100% Ethanol	46.6±4.6	26.6±3.9	3.3±2.4	0.0±0.0

Table 3. Insecticidal activity of *Paeonia suffruticosa* against *Frankliniella occidentalis* (Powdered after evaporation of ethanol)

Treatment	Survival rate (mean±SE, %)			
	0.5 h	1 h	5 h	24 h
Control (water)	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	96.7±2.4
30% Ethanol	100.0±0.0	86.7±3.9	40.0±4.5	0.0±0.0
50% Ethanol	100.0±0.0	0.0±0.0	-	-

Table 4. Effect of plant extracts on control efficacy of *Frankliniella occidentalis* at 24 and 72 hours after *Paeonia suffruticosa* extracts treatment on peppers

Treatment	Survival rate (mean±SE, %)			Control value (%)
	24 h	48 h	72 h	
Moutan	3.3±1.1	4.0±1.3	15.0±2.4	77.7
Control (Water)	81.0±3.1	43.7±1.9	14.7±2.4	-

것으로 생각된다. 특히, 목단피는 24시간 처리 후 100%의 높은 살충효과를 보였다(처리 0.5시간 후 100%의 살충효과를 보임 (unpublished data)). 추가로 목단피 추출물을 점박이용애에 처리한 경우 24시간에 100%, 복숭아혹진딧물은 24시간 41%, 48시간 75%, 72시간 97%, 목화진딧물은 24시간 6.7%, 48시간 37%, 72시간 83%의 살충효과를 보였다(unpublished data). 이 결과를 토대로 처리 후 단시간에 높은 효과를 보이는 목단피추출물을 실험재료로 선발하였다. 목단피를 물에서 추출하여 살포하는 경우 목단피에서 유래된 당 성분이 식물체에 남아있었다. 유기용매인 에탄올을 이용하여 당 성분을 제거하고 목단피로부터의 보다 많은 유효성분을 확보하고자 목단피를 에탄올 30%, 50%, 70%, 100%의 농도에서 추출하여 꽃노랑총채벌레에 처리하여 생충율을 조사하였다(Table 2). 그 결과 30% 에탄올을 처리 후 24시간 0%, 50% 에탄올은 처리 후 0.5시간째, 70% 에탄올은 처리 후 1시간, 100% 에탄올은 처리 후 24시간째 생충율이 0%의 효과를 보였다. 모든 조건에서 효과가 있으나 특히 그중 낮은 농도에서도 효과를 보이는 30% 에탄올 추출물과 단시간(처리 후 0.5시간)에 꽃노랑총채벌레의 살충에 즉효성을 보이는 50% 에탄올을 선발하였다. 에탄올에서 추출한 목단피의 경우 꽃노랑총채벌레 처리 시 에탄올 자체에 의한 효과가 있을 수 있으므로 이를 배제하기 위해 회전증발농축기를 이용하여 에탄올을 제거하였다. 이후 동결건조 한 뒤 분말화하여 물에 40,000 ppm 농도로 희석하여 처리하였다(Fig. 1. E, F). 30% 에탄올에 추출한 목단피는 처리 후 24시간째 0%, 50% 에탄올은 처리 후 1시간째 생충율이 0%의 효과를 보였다(Table 3). 경제적 측면에서 본다면 30% 에탄올에서 추출한 목단피 추출물이 좋으나 50% 에탄올에서 살충효과가 속효성을 보이므로 미소해충과 같이 단시간에 모든 생활사가 이루어지는 해충을 중점적으로 방제하기위함을 감안한다면 50% 에탄올 추출물이 효과적일 것으로 판단하여 선발하였다.

목단피의 꽃노랑총채벌레 살충활성 포트 검증

선발한 50% 에탄올에서 추출한 40,000 ppm의 농도의 목단피추출물을 고추가 심겨진 포트에 살포하여 생충수를 조사하

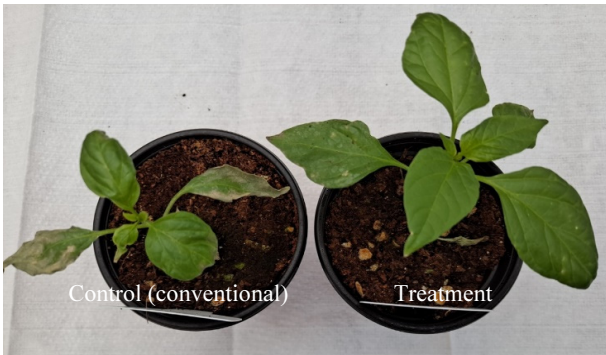


Fig. 3. Comparison of phenotypes between treatment of conventional prevention (left) and treatment of *Paeonia suffruticosa* extracts (right).

였다(Table 4). 포트실험은 24시간에서 3.3%, 48시간 4%, 72시간에 15%의 생충율을 보여 대조군인 물처리와 비교하였을 때 방제가가 77.7%를 보였다. 24시간째 대조구와 처리구를 비교하였을 때 역시 대조구에서 높은 생충율을 보였다(Fig. 2). 생충수를 조사하였으므로 포트검정인 경우를 감안하여 대조구의 총채벌레가 일부 소실됨도 있었다. 또한, 꽃노랑총채벌레에 의한 피해도 목단피추출물을 처리한 처리구에 비해 물을 살포한 대조군의 피해가 큰 것을 육안으로 확인할 수 있었다(Fig. 3). 이는 대조군에 비해 목단피 추출물의 방제효과가 커서 총채벌레에 의한 직접적인 피해가 적었던 것으로 생각된다. 최근 국화에서 천적인 뿌리리응애를 이용하여 지하부의 번데기와 시나몬유래 친환경자재를 이용하여 지상부의 약충과 성충을 방제하여 총채벌레의 발생률이 3.2배 감소하고 이에 따른 바이러스 발병율이 80% 감소했다는 연구가 있다(RDA, 2020). 총채벌레가 바이러스를 매개하는 매개충인 것을 감안한다면 총채벌레의 밀도 감소는 바이러스 발병 감소와 밀접한 관련이 있으므로 추후 목단피추출물을 이용한 총채벌레 방제 효과 조사 시 바이러스의 발병을 조사도 함께 이루어져야 할 것이다.

목단피추출물을 이용한 포장 검정

실내실험에서의 꽃노랑총채벌레에 대한 목단피추출물의 살충효과 결과가 포장에서 동일하게 나타나는지 확인해 보기 위해 고추가 재배되는 시설하우스에 목단피 추출물을 살포하여 총채벌레의 발생밀도를 조사하였다(Fig. 4). 목단피추출물 살포 전, 고추 생육과정에 있어 평년대비 높은 기온으로(KMA, 2023) 시설 외부로부터 진딧물의 유입이 많았으며 하우스 내 진딧물의 발생증가로 살충제를 살포하였다. 고추에 등록된 약제의 경우 총채벌레에 등록된 약제가 진딧물에도 등록된 약제

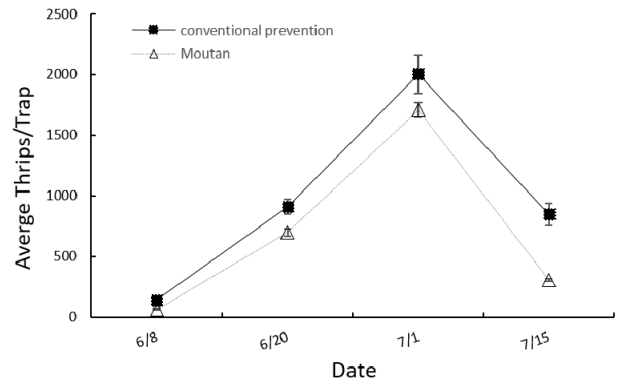


Fig. 4. Population fluctuation of adult thrips caught in the yellow sticky traps installed in pepper greenhouse.

가 대부분이다. 약제살포로 총채벌레의 발생밀도를 감소시키지 않기 위해 화학적방제의 사용을 자제하고자 살포시기를 늦춘 결과 초기방제 실패로 고추의 상당수가 진딧물에 의해 생장점에 피해를 받아 생육이 저조하였다. 또한 잎은 탈피각과 끈적거림, 감로로 인한 그을음 피해를 받아 일부는 고추묘를 뽑아내고 6월 중순경 재정식하였다. 목단피 추출물을 처리하기 전, 총채벌레의 초기 발생은 대조구(관행약제)와 처리구(목단피추출물) 간에 밀도차이는 크지 않았으며 시간이 지남에 따라 약간의 밀도 차이를 보였다. 이는 시설재배 고추에서 발생하는 해충은 측창이나 입구를 통한 유입에 의해 밀도가 변화 되는 것으로 알려져 있다는(Cho et al., 1998; Chung, 2000) 내용과 일치하는 것으로 보인다. 정식 후 6월 상순에서 약제를 살포하기 전인 7월 상순까지 총채벌레의 발생 밀도는 계속적으로 증가하였다. 총채벌레의 발생밀도가 지역마다 다른 것은 약제방제의 시기나 방법적인 차이에 따른 증감의 차이로 사료된다. 하지만 5월부터 발생하기 시작하여 7월에 발생 최성기를 보이는 연구(Seo et al., 2018)와 유사한 밀도 증감을 보였다. 총채벌레의 발생밀도가 계속적으로 증가되어 7월 1일에 목단피추출물을 처리하였다. 식물추출물을 처리한 후 대조구와 처리구의 총채벌레 발생밀도는 급격히 감소하였다. 2주 뒤 총채벌레의 발생밀도는 대조구(847마리)에 비해 처리구(306마리)에서 발생밀도가 약 2.5배 정도 낮은 것을 확인하였다. 약제를 살포하였으나 총채벌레가 일부 존재하는 것은 약제살포 시 약액이 묻지않았거나 총채벌레가 번데기 기간동안 토양속에서 존재한다는(Ananthakrishnan, 1982; Yudin et al., 1986) 생태를 고려할 때 약제 살포 후 성충으로 우화되어 생존된 것으로 보인다. 조사는 8월까지 이루어졌으나 탄저병 발생으로 시설 내 고추의 생육상태가 좋지 않아 7월 하순부터의 결과는 제외하였다.

본 연구에서는 목단피추출물을 이용하여 꽃노랑총채벌레에

살포 하였을 때 살충효과가 우수하였음을 확인하였다. 그러나 목단피의 주요성분 중 총채벌레에 살충효과를 보이는 활성물질이 어느 것인지에 대해서는 분석하지 못하였다. 구성 성분 중 어떤 성분이 살충효과를 나타내는지에 대한 연구가 보다 진행이 된다면 꽃노랑총채벌레 뿐만 아니라 고추에 피해를 주는 미소해충의 효과적인 친환경방제에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 기관 고유과제 ‘고추 바이러스 매개충 방제용 친환경자재 선발 및 이용법 개발(세부과제번호: PJ016 08404)’의 지원으로 수행되었습니다.

저자 직책 및 역할

서미혜: 국립원예특작과학원, 연구사, 실험수행 및 논문작성
 서경혜: 국립원예특작과학원, 연구사, 물질추출
 최경산: 국립원예특작과학원, 연구관, 데이터분석
 이선영: 국립원예특작과학원, 연구사, 자료수집
 윤정범: 국립원예특작과학원, 연구사, 자료수집
 박정준: 경상국립대, 교수, 실험설계 및 논문작성

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

Ananthkrishnan, T.N., 1982. Thrips and pollination biology. *Curr. Sci.* 51, 168-172.
 Bae, K.H., 2000. The medicinal plants of Korea. Kyo-hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, p. 364.
 Cho, J.R., Kim, J.H., Lee, M.H., Kim, H.S., 2005. Induction and termination of the reproductive diapause in the minute pirate bug *Orius strigicollis* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 8, 167-174.
 Cho, K., Kang, S.H., Lee, J.O., 1998. Spatial distribution of thrips in greenhouse cucumber and development of a fixed-precision sampling plan for estimating population density. *J. Asia-Pacific Entomol.* 1, 163-170.
 Chun, J.C., Kim, S.E., Kim, J.C., Cho, K.Y., 1999. Identification of natural insecticidal compound in medicinal plants against diamondback moth. *Kor. J. Pesticide Sci.* 3, 13-19.
 Chung, B.K., 2001. Analysis of damaged by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in eggplants. *J. Asia-Pac. Entomol.* 4, 149-155.

Chung, B.K., Kang, S.W., Kwon, J.H., 2000. Chemical control system of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in Greenhouse Eggplant. *J. Asia-Pacific Entomol.* 3, 1-9.
 Copping, L.G., Duke, S.O., 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agents. *Pest. Manag. Sci.* 63, 524-554.
 Ha, P.J., Kim, T.S., Lee, S.H., Choo, H.Y., Choi, S.H., Kim, Y.S., Lee, D.W., 2010. Effect of neem and mustard oils on entomopathogenic nematodes and silkworm. *Kor. J. Pesticide Sci.* 1, 54-64.
 Huff, R.K., 1980. The synthesis of 3-(2,2-dichloro vinyl)-1-methylcyclopropane-1, 2-dicarboxylic acid. *Pestici. Sci.* 11, 141-147.
 Kim, H.J., Le, Q.K., Lee, M.H., Tae, S., Lee, H.K., Kim, Y.H., Bae, K., Lee, I.S., 2001. A cytotoxic secocycloartenoid from *Abies koreana*. *Arch. Pharm. Res.* 24, 527-531.
 Kim, J.B., 2005. Pathogen, insect and weed control effects of secondary metabolites from plants. *J. Korean Soc. Appl. Chem.* 48, 1-15.
 Korea Crop Protection Association (KCPA), 2020. Agrochemicals user's guide book. <https://www.koreacpa.org/ko/use-book> (accessed on 18 August, 2021).
 Korean Meteorological Administration (KMA), 2023. Ground observation database. http://www.weather.go.kr/weather/climate/past_table.jsp. (accessed on 1 November, 2023).
 Koul, O., 2005. Insect antifeedants. CRC press. Boca Raton, USA.
 Koul, O., Wahab, S., 2004. Neem: today and in the new millennium. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
 Kwon, O.H., Lee, J.H., Jang, K.S., Kim, D.J., Kim, C.Y., Jeon, S.G., Kwon, J.B., Jung, H.Y., 2017. Incidence of viral disease on red pepper in Yeongyang-Gun, Gyeongbuk Province. *Res. Plant Dis.* 23, 234-240.
 Lee, G.H., Paik, C.H., Choi, M.Y., Kim, D.H., Na, S.Y., Kim, S.S., Choi, I.H., 2003. Effect of host plants on the development and reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 42, 301-305.
 Lee, J.H., Hong, J.S., Ju, H.J., Park, D.H., 2015. Occurrence of viral diseases in field-cultivated pepper in Korea from 2006 to 2010. *Korean J. Organic Agri.* 23, 123-131.
 Lee, S.G., Park, J.D., Ahn, Y.J., 2000. Effectiveness of neem extracts and carvacrol against *Thecodiplosis japonensis* and *Matsucoccus thunbergiana* under field conditions. *Pest Manag. Sci.* 56, 706-710.
 Lee, S.H., Lee, J.B., Kim, S.M., Choi, H.S., Park, J.W., Lee, J.S., Lee, K.W., Moon, J.S., 2004. The incidence and distribution of viral disease in pepper by cultivation types. *Res. Plant Dis.* 10, 231-240.
 Li, Q., 1988. Advances on the pharmacology of the root bark of *Paeonia suffruticosa*. *Zhong Cao Yao* 19, 276-278.
 Moon, H.C., Cho, I.K., Im, J.R., Goh, B.R., Kim, D.H., Hwang,

-
- C.Y., 2006. Seasonal occurrence and damage by thrips on open red pepper in Jeonbuk Province. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 9-13.
- Prakash, A., Rao, J., 1997. *Botanical pesticides in agriculture*. CRC press. USA.
- Rural Dvelopment Administration (RDA), 2020. Survey of chrysanthemum infecting virus disease transmitted by thrips and development of prevention manual for viral disease. 2020. <http://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRDO2021100009989&dbt=TRKO&rn=>. (accessed on 1 November, 2023).
- Schmutterer, H., 1988. Natural pesticides from the neem tree and Other tropical plants. *Proceedings of 3rd International Neem Conference*. Kenya. July 1986.
- Seo, J., Yi, Y., Kin, B., Hwang, J.M., Choi, S.W., 2011. Disease occurrence on red-pepper plants surveyed in Northern Kyungbuk province, 2007-2008. *Res. Plant Dis.* 17, 205-210.
- Seo, M.H., Lee, S.C., Yang, C.Y., Yoon, J.B., Park, J.J., 2018. Monitoring Occurrence status of thrips populations on field-cultivated pepper at major cultivated region in west coast, Korea. *Kor. J. Biol.* 36, 544-549.
- Yudin, L.S., Cho, J.J., Mitchell, W.C., 1986. Host range western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera:Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca*. *Env. Entomol.* 15, 1292-1295.