



저독성 작물보호제와 쌍꼬리진디벌 사용에 따른 진딧물 방제효과

서미자* · 박부용 · 백채훈

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

Control Effect of Aphid Parasitoid, *Binodoxys communis* with Low Toxicity Pesticides

Meeja Seo*, Bueyong Park, Chae Hoon Paik

Crop Protection Division, Department of Agro-food Safety and Crop Protection,
National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

(Received on October 4, 2024. Revised on October 28, 2024. Accepted on November 1, 2024)

Abstract The present study aims to evaluate the effectiveness of *Binodoxys communis* in controlling aphids with low-toxicity pesticide use. The toxicities of 16 pesticides were assessed using two bioassay methods. We measured direct toxicity by applying each pesticide to *B. communis* mummies, while residual toxicity was examined by exposing parasitoid adults to plants treated with each pesticide. Results showed that among seven insect control pesticides tested, dinotefuran exhibited moderate toxicity, with a 74.1% mortality on the 1st day after treatment. For pesticides used to control fungal pathogens (such as powdery mildew and downy mildew), carbendazim showed high toxicity, resulting in 54.4% mortality in the residual toxicity test. In contrast, oregano oil-based eco-friendly material and the fungicide chlorothalonil showed weak toxicity to this aphid parasitoid, *B. communis*. By the 3rd day after treatment, all tested pesticides for pathogen control showed low toxicity with a mortality of less than 25%, suggesting that *B. communis* could be safely released 3 days post-pesticide application. Following the results, we released *B. communis* in cucumber greenhouses three days after spraying the low-toxicity pesticides, flonicamid, an eco-friendly environment insect control material (derived derris extract), and fungicides (tebuconazole). There was no statistically significant difference in aphid control effectiveness or the number of aphid mummies formed when using *B. communis* alone compared to its combined use with selective pesticides. Thus, we conclude that the selected low-toxicity pesticides can be effectively used with *B. communis* to control aphid population.

Key words *Aphis gossypii*, Cucumber, Parasitoid, Low toxicity pesticide

서론

시설 과채류에서 오랫동안 문제가 되는 목화진딧물과 복숭아혹진딧물은 세대기간이 짧고 번식력이 강해 방제가 어려울 뿐만 아니라 방제를 위해 주로 사용하는 살충제의 경우 저항성 발현 및 작물의 잔류 문제로 대체 방제방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(Park et al., 2018). 진딧물 천적으로 무당벌레, 진디혹파리, 꽃등애류 및 풀잠자

리와 같은 포식성 천적들이 알려져 있지만, 상업적으로 가장 많이 이용하는 진딧물 천적은 진딧물의 충체에 산란하여 머미(mummy)를 만드는 진디벌류와 같은 기생성 천적류가 대부분이다(Agarwala et al., 2003; Albuquerque et al., 1994; Luo et al., 2014). 이중에서도 진딧물 방제를 위해 가장 많이 이용하는 천적은 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*) (Choi et al., 2009; Kim et al., 2012)로, 아시아, 유럽, 북남미 및 호주 등 전세계에 널리 분포하고 있는 진딧물 포식기생성 천적이다(Stary, 1975). 콜레마니진디벌은 국내에서도 진딧물 방제용으로 활용도가 높은 천적으로, 주로 딸기, 오이, 파프리카, 고추 등 시설과채류 작물에 발생하는 목화진딧물 및

*Corresponding author
E-mail: mijaseo0337@korea.kr

복숭아혹진딧물 방제효과가 탁월하여 상품화를 통해 세계 각지에서 진딧물 방제 천적으로 활용되고 있다(Vásquez et al., 2006). 대부분은 유럽으로부터 수입된 콜레마니진딧물을 사용하고 있는데, 수입 천적의 경우 유통과정에서 발생하는 비용의 추가적인 문제와 함께 장거리 운송 과정에서 품질이 저하될 가능성이 높다. 하지만 유통과정에서 발생하는 품질 저하에 대한 구체적인 데이터가 없고, 사용하는 농가에서도 방사 전에 제품의 품질 확인이 어려워 방사 후 진딧물 방제 효과를 예측하기 어렵고 방제효과가 낮게 나타나기도 한다. 이러한 문제로 지속적인 천적 사용에 대한 불신이 가중되기도 한다. 따라서 농업현장에서 이용할 수 있는 진딧물 방제 천적의 다양성을 높이고 국내 환경에서의 적응력이 높은 토착천적으로 쌍꼬리진딧물을 발굴하였다.

쌍꼬리진딧물(*Binodoxys communis* Gahan)은 한국과 중국의 토착 기생성 벌목 곤충 중 하나로 콩진딧물의 기생성 천적으로 잘 알려져 있다(Li et al., 2018; Park et al., 2019; Yang et al., 2017). 국제병해충연구소(Centre for Agriculture and Bioscience International, CABI)에서도 쌍꼬리진딧물이 중국과 대만 및 동남아 등지에 분포하고 있는 것으로 보고되어 있으며, 콩진딧물 뿐만 아니라 목화진딧물과 조팝나무진딧물에도 기생하는 것으로 밝혀져 있다(Park et al., 2021). 미국에서는 침입해충인 콩진딧물 방제를 위해 쌍꼬리진딧물을 도입하여 생물적 방제인자로서의 가능성을 확인하기도 했다(Ragsdale et al., 2010; Wyckhuys et al., 2008). 국내에서 *Binodoxys* 속은 *Binodoxys communis* 인 쌍꼬리진딧물 이외에 *B. odinae*, *B. indicus*, *B. orientalis* 등 12종이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다(Kwon, 2009).

진딧물 천적자원으로 새롭게 확보한 쌍꼬리진딧물은 목화진딧물 및 콩진딧물로 실내 대량증식을 통해 과채류 시설 내 방사하여 진딧물 방제효과를 확인하였다(Park et al., 2021). 하지만, 과채류 시설하우스에는 진딧물 뿐만 아니라 총채벌레류, 가루이류, 나방류와 같은 다양한 종류의 해충과 함께 흰가루병이나 노균병과 같은 병해가 동시에 발생하는 경우가 많다(Seo et al., 2023). 이러한 재배 조건에서 천적을 사용하여 해충을 방제하더라도 모든 해충을 천적만으로 방제할 수 없기 때문에 다른 해충방제를 위해 사용한 살충제나 병해방제를 위해 사용한 살균제가 천적에 부정적인 영향을 미쳐 천적을 방사했더라도 지속적인 유지가 어렵다. 따라서 천적의 추가적인 방사가 이루어져야 하고 비용적인 면에서 농가의 부담은 커질 수 밖에 없다. 결과적으로 천적의 사용이 어렵고 비용이 많이 든다는 부정적인 인식이 천적 사용 확대의 어려움을 가중시키고 있다고 볼 수 있다.

과채류 시설의 해충방제에 있어 천적을 이용한 생물적 방제와 살충제 방제효과를 비교하기 위한 연구들이 많이 진행되어 왔다(Messelink et al., 2006). 하지만, 종합적 해

충관리를 위해서는 천적과 작물보호제의 효과적인 이용 전략을 모색해야 함이 분명하다(El-Wakeil et al., 2013). 이를 위해 병해충 방제에 주로 사용하는 작물보호제의 천적에 대한 독성평가를 통해 작물보호제별 천적에 미치는 영향에 대한 정보를 제공해야 하며, 시설 및 농생태계에서 천적과 작물보호제를 혼용하여 사용할 수 있는 가이드라인을 제시해야 한다.

본 연구에서는 토착천적으로 발굴한 쌍꼬리진딧물과 작물보호제와의 혼용 사용 가능성을 검토하고자 하였다. 오이에 등록된 살충제, 살균제 및 친환경유기농자재에 대한 독성반응을 실내검정을 통해 확인하고, 생물학적 방제 국제기구인 IOBC (International Organization of Biological and Integrated Control) 기준에 따라 사충율 25% 미만의 약제를 진딧물에 저독성인 약제로 선별하였다. 또한 선별한 저독성 작물보호제와 천적의 사용에 따른 진딧물 방제효과를 오이 하우스에서 검토하여 병해충을 종합적으로 관리할 수 있는 방제제간의 효율적인 이용 방안을 모색하고자 한다.

재료 및 방법

시험 천적 및 기주곤충

진딧물 천적인 쌍꼬리진딧물(*Binodoxys communis*)은 2017년 전라북도 정읍과 익산 노지고추 재배지에서 채집한 목화진딧물과 기생벌에 의해 기생된 머미에서 확보하였다. 확보된 기생벌은 형태적 특징 및 mtCOI 염기서열 분석 결과 쌍꼬리진딧물로 확인되었으며, 유전정보는 NCBI에 등록하였다(Genbank accession no. MK070445, MK070446, MK070447).

이렇게 확보한 쌍꼬리진딧물은 국립농업과학원 작물보호과 천적사육실에서 오이 목화진딧물(*Aphis gossypii*)과 대원콩에서 사육한 콩진딧물(*Aphis glycines* Matsumura)을 이용하여 아크릴케이지(70 × 87 × 118 cm) 내에서 온도 25 ± 2°C, 상대습도 37~45%, 광주기 16L:8D 조건으로 누대사육하였다.

시험약제

진딧물 천적인 쌍꼬리진딧물에 저독성인 작물보호제 선발을 위해 오이 흰가루병 및 노균병 방제용 살균제와 친환경유기농자재 총 9종과 가루이류, 나방류, 총채벌레류 및 진딧물류 해충 방제용으로 등록된 살충제와 목록공시된 친환경유기농자재 7종을 대상으로 실내 생물검정을 수행하였다. 쌍꼬리진딧물 머미에 처리 후 우화율 조사를 통한 직접독성과 작물체 처리 후 접촉에 의한 잔류독성 두 방법으로 천적에 대한 독성을 평가하였다. 독성평가에 사용된 시험약제의 일반명, 유효성분, 제형 및 방제대상 병해충에 대해 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Pesticides and environmental friendly materials for toxicity tests to the aphid parasitoid, *Binodoxys communis*

	Common name / A.I. (%) ^{a)}	Formulation ^{b)}	Main target pests
Insecticides	Amitraz 12.5% + buprofezin 12.5%	EC	Whiteflies, scales, leaf mites
	Dinotefuran 10%	WP	Aphids, thrips, whiteflies
	Abamectin 1.3% + acrinathrin 2.3%	EW	Leaf mites, thrips
	Fonicamid 10%	WG	Whiteflies, aphids
	Derris, cinnamon, citronella oil	SC	Aphids
	Derris	SC	Moths, aphids
	Sophora root extract	SC	Moths, aphids
Fungicides	<i>Bacillus methyloprophicus</i>	SC	Powdery mildew
	Carvacrol (oregano oil) 50%	SC	Powdery mildew, gray mold
	Carbendazim 50%	WP	Powdery mildew, downy mildew
	Polyoxin complex 10%	SC	Powdery mildew, downy mildew
	Chlorothalonil 53%	SC	Powdery mildew, downy mildew
	Azoxystrobin 21.7%	SC	Powdery mildew
	Dimethomorph 16% + pyraclostrobin 9.5%	SC	Powdery mildew
	Cyazofamid 10%	SC	Downy mildew, phytophthora root rot
	Tebuconazole 25%	SC	Powdery mildew

^{a)}Active ingredient

^{b)}Formulation: EC (Emulsifiable concentrate); EW (Emulsion in water); SC (suspension concentrate); WP (Wettable powder)

작물보호제의 진딧물 천적인 쌍꼬리진디벌에 대한 직접 독성평가

쌍꼬리진디벌 머미에 대한 직접독성은 쌍꼬리진디벌에 의해 기생된 오이 목화진딧물이 오이 잎에 딱딱한 기생체인 머미를 형성한지 1~2일차에 세필봇(Hwahong 2호)을 이용하여 오이 잎으로부터 떼어 내었다. 떼어낸 머미는 10개씩 직경 10 mm, 높이 40 mm인 insect breeding dish (#310102, SPL Life Sciences, Pocheon, Korea)에 필터페이퍼를 깔고 그 위에 올려놓았다. 각각의 시험약제들은 추천농도로 희석한 후 핸드스프레이로 50 cm 거리를 두고 5회 분무한 후 음건하고 디쉬 뚜껑을 덮어두었다. 약제처리 24시간과 48시간 후 머미에서 우화된 쌍꼬리진디벌 우화여부를 조사하여 미우화한 머미 비율을 사충율로 산정하였다.

작물보호제의 진딧물 천적인 쌍꼬리진디벌에 대한 작물체 잔류 독성평가

쌍꼬리진디벌의 작물체 잔류독성은 시험약제를 각각 추천농도로 희석하여 본엽2엽 오이 유묘에 흘러내릴 정도로 충분히 살포한 후 음건하여 쌍꼬리진디벌 성충을 작물체에 노출시키는 방법으로 진행하였다. 약제처리하고 1, 3, 7, 10, 14일이 경과한 오이 포트를 아크릴케이지(30 × 22 × 40 cm)에 넣고 머미에서 우화한 쌍꼬리진디벌 성충 20마리를 흡충기로 포획하여 아크릴케이지 내에 방사하고 24시간 후 사충수를 조사하였다. 아크릴케이지 안에는 쌍꼬리진디벌 먹이로 시판용 꿀을 10%로 물에 희석하여 탈지면에 흡착하여 제공하였다. 약제 처리한 오이 유묘에 노출 후 24시간,

48시간 경과한 후 사충수를 조사하였다.

오이 온실에서 천적인 쌍꼬리진디벌 방사 후 해충방제용 작물보호제 처리에 따른 진딧물 방제효과

실내에서 머미에 직접 처리하거나 작물체 처리 후 잔류독성을 평가한 결과를 바탕으로 시험약제의 쌍꼬리진디벌에 대한 독성등급을 분류했다. 이 독성등급 분류기준은 생물학적 방제 국제기구인 IOBC의 기준에 따라 대상천적에 대한 실내검정을 실시하고 독성여부를 판단하여 작물보호제의 유효성분별 사충율을 통해 독성등급을 구분하고 있다. 보정사충율 25% 미만의 약제를 독성등급 1로 구분하여 대상천적에 대한 저독성 약제로 구분하였다(Hassan, 1992; Natasa et al., 2017). 해충방제용 시험약제 중 실내검정을 통해 쌍꼬리진디벌에 저독성으로 확인된 fonicamid 20% 입상수화제와 테리스, 계피, 시트로넬라오일 추출물의 친환경유기농자재 두 개의 농자재와 쌍꼬리진디벌의 온실에서의 병행 사용 가능성을 검토하고자 하였다.

완주군 농과원 시험포 내 오이 비닐하우스 4동(한동당 면적 288 m²)에 본엽 2엽 오이 유묘를 4월말에 정식하였다. 정식 후 7일마다 오이 잎당 진딧물 마리수를 조사하였다. 진딧물 조사는 온실 한 동당 오이 28주에서 주당 3엽을 작물 높이 상중하로 무작위로 선발하여 총 84엽을 조사하였다. 정식 한 달 후인 5월 초 진딧물 밀도 조사 후 하우스 중앙에 쌍꼬리진디벌 20쌍(암컷 20마리 수컷 20마리)을 방사하였다. 천적 방사 7일 후 선발된 해충방제용 두 개 약제를 각각의 처리구에 잎이 흠뻑 젖을 정도로 살포하였다. 살포 후 7,

14, 21일차에 진딧물 수를 조사하여 구당 평균 진딧물 밀도와 무처리구 대비 방제가를 산정하였다. 또한 잎당 머미수를 조사하여 처리약제가 직접적으로 쌍꼬리진딧물에 미치는 영향을 비교하고자 하였다.

오이 온실에서 병해방제용 작물보호제 처리 후 천적 방사에 따른 진딧물 방제효과

오이 노균병 및 흰가루병 방제약제 중 실내에서 쌍꼬리진딧물에 대한 독성평가 결과 저독성이 확인된 polyoxin complex 10% 액상수화제와 *Bacillus methylotrophicus* 성분의 친환경유기농자재, 보통독성을 보인 carbendazim 50% 수화제 총 3종의 병해방제용 작물보호제를 살포 후 3일차에 쌍꼬리진딧물 20쌍을 방사하였다. 방사 후 7, 14, 21일차 구당 평균 진딧물 밀도와 작물보호제별 무처리구 대비 방제가를 산정하여 천적인 쌍꼬리진딧물의 진딧물 방제효과에 작물보호제가 미치는 영향을 확인하였다. 시험온실과 모든 실험과정은 위의 해충방제용 작물보호제 처리에 따른 진딧물 방제효과 시험과 동일한 규격 및 방법으로 진행하였다.

오이 온실에서 천적인 쌍꼬리진딧물 방사 후 저독성작물제 처리에 따른 진딧물 방제효과

목화진딧물이 발생한 오이 온실에 쌍꼬리진딧물을 20쌍 방사하고 3일 후 실내 검정을 통해 쌍꼬리진딧물에 저독성이 확인된 데리스 성분의 해충방제용 친환경유기농자재 1종과 오이 흰가루병 살균제 1종(tebuconazole 25% 액상수화제)을 함께 살포하였다. 방사 후 7, 14, 21일차 천적 + 저독성작물보호제 처리구와 무처리구당 평균 진딧물 밀도와 무처리구 대비 방제가를 산정하였다. 시험온실과 모든 실험과정은 위의 앞선 해충방제용 및 병해방제용 작물보호제 처리에 따른 진딧물 방제효과 시험과 동일한 규격 및 방법으로 진행하였다.

통계처리

사충율은 무처리구 사충율을 대비한 아보트 보정사충율로 제시하였다(Abbott, 1925). 보정사충율은 처리구 사충율에서 무처리구 사충율을 뺀 값을 100에서 무처리구 사충율 값을 뺀 것으로 나누어 비율로 나타내었다. 실내 독성평가에 사용된 병해 및 해충방제용 작물보호제의 쌍꼬리진딧물 머미에 대한 직접독성 및 작물체 처리 후 쌍꼬리진딧물 성충 노출 후 잔류독성 검정 후 약제별 반응차이는 보정사충율 평균값을 일원배치분산분석 후 사후검정방법으로 Duncan test를 5% 유의수준에서 비교하였다. 저독성작물보호제로 선발된 해충방제용 약제와 병해방제용 약제 및 쌍꼬리진딧물 처리 하우스와 무처리구 하우스의 진딧물 구당 밀도와 머미수는 평균값을 독립표본 t검정으로 비교하였다. 모든 통계분석은 IBM SPSS statistics 25를 이용하였다.

결과 및 고찰

작물보호제의 진딧물 천적인 쌍꼬리진딧물 머미에 대한 직접독성 평가

오이 가루이류, 총채벌레류, 나방류 및 진딧물 방제용 등 등록된 해충방제용 작물보호제 7종(살충제 4종과 친환경유기농자재 3종) 및 흰가루병 및 노균병 방제용 병해방제용 작물보호제 9종(살균제 7종과 친환경유기농자재 2종) 총 16종 작물보호제의 쌍꼬리진딧물 머미에 대한 직접독성정도를 확인하고자 실내생물검정을 수행하였다. 살충제 Dinotefuran 수화제는 쌍꼬리진딧물 머미에 직접 분무시 미우화율이 평균 32.1%로 해충방제용 작물보호제 7종 중 사충율이 가장 높았다. 데리스 + 계피 + 시트로넬라오일 성분의 해충방제용 친환경유기농자재의 사충율, 즉 머미 미우화율이 평균 22.9%로, IOBC 기준에 따르면 사충율 25% 이하로 쌍꼬리진딧물에 저독성인 작물보호제로 분류할 수 있다(Hassean, 1992). 하지만 대부분의 유기농업자재가 비교적 천적에 저독성을 나타내는 것으로 알려진 것이 비하면 데리스 성분이나 고삼추출물의 다른 친환경유기농자재에 비해 머미에 대한 직접 독성이 높은 것으로 판단된다. 살충제인 Amitraz + buprofezin 유제나 abamectin + acrinathrin 유탁제 역시 쌍꼬리진딧물 머미 우화에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다(Table 2, insecticides).

병해방제용 살균제와 친환경유기농자재 총 9종의 쌍꼬리진딧물 머미에 대한 직접독성검정을 통한 사충율 조사 결과, carbendazim 수화제와 polyoxin complex 액상수화제는 쌍꼬리진딧물 머미에 살포했을 때 우화하지 못하는 비율이 높게 나타났다. 미우화율을 사충율로 산정했을 때 25% 이상의 사충율이 나타나 중도독성으로 구분하였다. 나머지 7종의 살균제와 친환경유기농자재는 사충율 25% 미만으로 쌍꼬리진딧물에 대해 저독성약제로 구분하였다(Table 2, fungicides).

작물보호제의 진딧물 천적인 쌍꼬리진딧물에 대한 잔류독성 평가

작물체 약제처리 후 쌍꼬리진딧물 성충을 노출시켜 약제에 대한 작물체 잔류독성을 약제처리 후 경과일에 따른 사충율로 나타내었다. 해충방제용 작물보호제 7종 중 dinotefuran 10% 수화제의 경우 처리 후 1일차엔 사충율 74.1%, 처리 후 7일차 까지도 32.6%의 사충율을 보이며 쌍꼬리진딧물에 대해 보통독성(사충율 51~75%) 및 약한독성(사충율 25~50%)을 나타내었다. Abamectin 1.3% + acrinathrin 2.3% 유탁제는 처리 후 1일차에만 약한독성을 보였으며, 3일차 이후엔 쌍꼬리진딧물에 저독성을 보였다. 따라서 처리 후 3일이 경과했을 때 진딧물 방제를 위한 천적으로 쌍꼬리진딧물 방사는 가능할 것으로 판단된다. 위 두 살충제를 제외하고 고삼추출물 성분의 친환경유기농자재가 사충율 22.5%로

Table 2. Toxicity of 16 selected pesticides against *B. communis* mummies (direct spray)

	Common name / A.I. (%)	Formulation ^{a)}	Mortality (non emergence, %) ^{b)}
Insecticides	Amitraz 12.5% + buprofezin 12.5%	EC	6.4 ± 2.2a
	Dinotefuran 10%	WP	32.1 ± 5.8c
	Abamectin 1.3% + acrinathrin 2.3%	EW	10.3 ± 2.7a
	Flonicamid 10%	WG	9.8 ± 0.8a
	Derris, cinnamon, citronella oil	SC	22.9 ± 3.7bc
	Derris	SC	13.8 ± 2.5ab
	Sophora root extract	SC	12.8 ± 2.1ab
	<i>p</i>		0.001
Fungicides	<i>Bacillus methyloprophicus</i>	SC	4.6 ± 2.7a
	Carvacrol (oregano oil) 50%	SC	18.4 ± 3.8bc
	Carbendazim 50%	WP	27.8 ± 4.2cd
	Polyoxin complex 10%	SC	29.4 ± 3.3d
	Chlorothalonil 53%	SC	19.3 ± 2.8bcd
	Azoxystrobin 21.7%	SC	5.5 ± 2.3a
	Dimethomorph 16% + pyraclostrobin 9.5%	SC	11.9 ± 3.3ab
	Cyazofamid 10%	SC	9.4 ± 1.1ab
	Tebuconazole 25%	SC	11.9 ± 1.5ab
		<i>p</i>	

^{a)}Formulation: EC (Emulsifiable concentrate), EW (Emulsion in water), SC (Suspension concentrate), WP (Wettable powder), WG (Water dispersible granule)

^{b)}Means with different letters within a row indicate significant difference at $p < 0.05$ level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

처리 1일차에는 독성을 보였으나 대부분의 해충방제용 살충제 및 작물보호제 모두 작물체 잔류독성에서는 쌍꼬리진디벌에 비교적 안전한 것으로 확인되었다(Table 3).

병해방제용 작물보호제 8종에 대한 작물체 잔류독성 결과, carbendazim 50% 수화제는 처리 후 1일차 작물체에 노출되었을 때 54.4%의 사충율을 보이며 쌍꼬리진디벌에 보통독성을 나타내었으며, 오레가노오일 50%의 친환경유기농자재와 chlorothalonil 53% 액상수화제는 쌍꼬리진디벌에 약한 독성이 있는 것으로 확인되었다. 하지만 처리 후 3일차 이상 경과된 작물체에 노출되었을 때에는 8종 살균제 모두 쌍꼬리진디벌에 저독성으로 확인되었다(Table 3). 살균제는 살충제보다 천적 곤충에 비교적 안전한 것으로 알려져 있지만, iminoctadine tris처럼 쌍꼬리진디벌처럼 진딧물 기생성 천적인 콜레마니진디벌 성충에 90%이상의 사충율을 보이며 독성을 나타내는 것으로 알려진 살균제도 있다(Kim et al., 2006). 따라서 오이 흰가루병이나 노균병과 진딧물이 동시 발생시 독성평가에 이용된 병해방제용 작물보호제 8종 모두 살포 3일 이후부터 진딧물 방제를 위한 천적으로 쌍꼬리진디벌 방사가 가능할 것으로 판단된다. 오이나 파프리카와 같은 과채류 시설에서는 진딧물 발생과 함께 흰가루병이나 노균병과 같은 병해가 동시에 발생하기 쉽다. 이렇게 천적과 작물보호제를 병행하여 병해충을 종합적으로 관리하기

위해서는 사용하고자 하는 천적에 저독성인 살균제, 살충제 및 살비제를 선택하여 사용하는 것이 가장 효과적이다(Ahn et al., 2004; Seo et al., 2023).

오이 온실에서 병해방제용 작물보호제 처리 후 천적인 쌍꼬리진디벌 방사에 따른 진딧물 방제효과

오이 흰가루병이나 노균병 방제 살균제와 친환경유기농자재의 쌍꼬리진디벌에 대한 실내검정 후 독성정도를 평가한 결과를 바탕으로 온실에서 천적인 쌍꼬리진디벌과 쌍꼬리진디벌에 저독성이거나 보통독성이 확인된 살균제 병행사용에 따른 진딧물 방제효과를 확인하였다. 8종의 병해방제용 살균제 중 보통독성을 보인 carbendazim 50% 수화제, 저독성을 보인 polyoxin complex 10% 액상수화제 및 쌍꼬리진디벌에 저독성인 *Bacillus methyloprophicus* 성분의 친환경유기농자재를 오이 온실에 처리한 후 3일차에 쌍꼬리진디벌을 방사하고 이후 7, 14, 21일까지 구당 진딧물 밀도를 조사하여 무처리구 대비 방제가를 산정하였다. 조사 7일차에는 3종의 병해방제용 작물보호제 모두 방제가 40.5~44.6%로 처리한 약제간 쌍꼬리진디벌에 대한 영향은 큰 차이가 없는 것으로 보인다(Table 4. 7일차: $F = 6.348$, $p = 0.016$). 이는 쌍꼬리진디벌이 진딧물에 기생하고 나서 육안으로 확인가능한 머미가 형성되기까지 적어도 10일 이상이 걸리기 때문인

Table 3. Residual toxicity of 16 selected pesticides against *B. communis* adults (exposure on treated plants)

	Common name / A.I. (%)	Formulation ^{a)}	Toxicity on 1, 3, 7, 10, and 14 days after treatment Corrected mortality (%) ^{b)}				
			1DAT	3DAT	7DAT	10DAT	14DAT
Insecticides	Amitraz 12.5% + buprofezin 12.5%	EC	7.0 ± 3.5a	9.1 ± 3.0abc	4.3 ± 2.8a	0.8 ± 0.8a	2.4 ± 2.4a
	Dinotefuran 10%	WP	74.1 ± 3.6d	68.9 ± 7.4d	32.6 ± 4.1c	19.1 ± 6.2b	15.6 ± 3.3b
	Abamectin 1.3% + acrinathrin 2.3%	EW	26.2 ± 3.4c	19.2 ± 4.5c	17.0 ± 5.1b	11.7 ± 3.9ab	4.9 ± 2.8a
	Flonicamid 10%	WG	19.0 ± 2.6b	14.3 ± 2.0bc	7.4 ± 1.9ab	2.5 ± 2.5a	4.0 ± 2.3a
	Derris, cinnamon, citronella oil	SC	6.5 ± 3.3a	3.9 ± 2.3ab	2.8 ± 1.7a	4.7 ± 2.5a	2.8 ± 1.7a
	Derris	SC	4.1 ± 4.1a	0.0 ± 0.0a	6.7 ± 3.3ab	7.1 ± 4.0a	6.4 ± 3.5a
	Sophora root extract	SC	22.5 ± 3.7b	7.6 ± 2.4abc	7.9 ± 4.2ab	4.2 ± 2.2a	5.1 ± 3.5a
	<i>p</i>		0.000	0.000	0.000	0.034	0.077
Fungicides	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	SC	13.9 ± 2.9a	10.8 ± 3.2abc	11.0 ± 2.9bc	2.4 ± 1.5ab	1.1 ± 0.7a
	Carvacrol (oregano oil) 50%	SC	33.3 ± 4.0c	19.4 ± 3.2d	9.5 ± 5.5abc	3.3 ± 1.9ab	0.0 ± 0.0a
	Carbendazim 50%	WP	54.4 ± 3.4d	18.7 ± 2.7cd	17.9 ± 2.8c	14.7 ± 3.8c	7.1 ± 1.8ab
	Polyoxin complex 10%	SC	5.8 ± 3.3a	6.9 ± 0.7ab	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
	Chlorothalonil 53%	SC	25.4 ± 2.8bc	5.8 ± 3.5a	6.5 ± 3.5ab	4.9 ± 4.9ab	9.4 ± 4.7b
	Azoxystrobin 21.7%	SC	11.7 ± 2.2a	19.8 ± 3.1d	15.8 ± 1.7c	6.8 ± 1.9ab	4.5 ± 4.5ab
	Dimethomorph 16% + pyraclostrobin 9.5%	SC	23.5 ± 1.1b	15.1 ± 3.0bcd	14.4 ± 3.4bc	9.9 ± 1.5bc	4.6 ± 2.4ab
	Cyazofamid 10%	SC	6.7 ± 2.3a	2.1 ± 2.1a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
	Tebuconazole 25%	SC	13.1 ± 1.3a	10.5 ± 1.1abc	7.4 ± 3.8ab	0.0 ± 0.0a	0.0 ± 0.0a
<i>p</i>		0.000	0.001	0.003	0.004	0.077	

^{a)}Formulation: EC (Emulsifiable concentrate), EW (Emulsion in water), SC (Suspension concentrate), WP (Wettable powder), WG (Water dispersible granule)

^{b)}Means with different letters within a row indicate significant difference at $p < 0.05$ level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

Table 4. Aphid control efficacy by using aphid parasitoid (*B. communis*) and fungicides in cucumber greenhouses

Treatments	Treatment methods	7 DAT		14 DAT		21 DAT	
		No. aphids per plot ^{a)}	Control value (%)	No. aphids per plot ^{a)}	Control value (%)	No. aphids per plot ^{a)}	Control value (%)
Carbendazim 50% + <i>Binodoxys communis</i>	One time spray of each chemicals	960.3 ± 131.8ab	42.9	839.7 ± 42.5ab	61.7	1,007.7 ± 18.2bc	38.4
Polyoxin complex 10% + <i>B. communis</i>	and 20 pairs of <i>B. communis</i> release	1,235.3 ± 169.8b	44.6	1,117.0 ± 136.6b	61.0	1,248.3 ± 129.4c	39.7
<i>Bacillus methylotrophicus</i> + <i>B. communis</i>	after 3 days of spray	429.7 ± 61.6a	40.5	541.7 ± 11.3a	43.0	660.7 ± 31.7ab	9.5
<i>p</i>		0.016		0.007		0.000	
<i>B. communis</i>	20 pairs of <i>B. communis</i> release	644.3 ± 169.8ab		454.0 ± 150.1a		364.3 ± 102.2a	

^{a)}Means with different letters within a row indicate significant difference at $p < 0.05$ level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

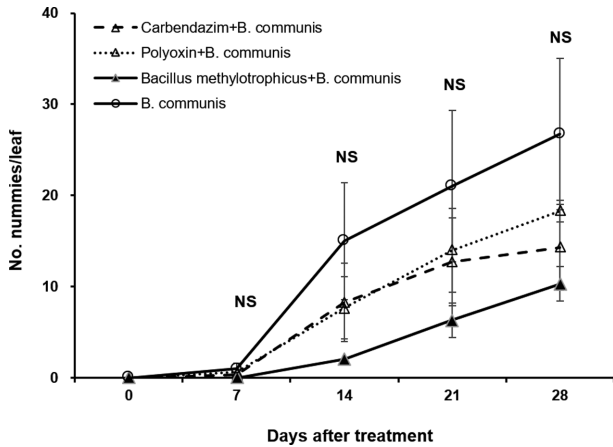


Fig. 1. Average number of mummies per cucumber leaf under release of *B. communis* after 3 days of each fungicide treatment. NS indicates not significant ($P > 0.05$) in the number of mummies on 7, 14, 21, and 28 days after treatments.

것으로 판단된다. 14일차와 21일차 진딧물 방제효과에서는 쌍꼬리진디벌에 보통독성을 보인 carbendazim 50% 수화제나 저독성인 polyoxin complex 10% 액상수화제 처리구는 천적만 처리한 구간과의 비교에서 진딧물 방제가 61.0~61.7%로 차이가 없었다. 하지만 실내검정을 통해 저독성으로 확인된 *B. methylotrophicus* 배양액 성분의 친환경유기농자재는 살포 21일차 진딧물 방제효과가 9.5%밖에 나타나지 않아 쌍꼬리진디벌에 부정적인 영향을 준 것으로 보인다 (Table 4. 21일차: $F = 21.113, p = 0.000$). 따라서 대상천적에 저독성인 친환경유기농자재라 하더라도 천적의 해충방제 효과에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 인지하고 사용해야 한다. 약제처리별 머미수를 비교한 결과, 처리 후 시간이 경과함에 따라 머미수는 증가했으나 처리된 약제간 머미수는 통계적으로 유의미한 차이는 확인되지 않았다(Fig. 1).

오이 온실에서 천적인 쌍꼬리진디벌 방사 후 해충방제용 작물보호제 처리에 따른 진딧물 방제효과

실내검정을 통해 쌍꼬리진디벌에 저독성으로 확인된 살충제인 flonicamid 10% 입상수화제와 데리스, 계피, 시트로넬라오일 추출물의 친환경유기농자재 두 종의 해충방제용 작물보호제와 쌍꼬리진디벌 병행 사용에 따른 진딧물 방제효과를 확인하였다. 진딧물 밀도를 조사한 후 쌍꼬리진디벌을 방사하고 7일 후 각각의 처리구에 두 종의 약제를 각각 살포하고 살포 후 7, 14, 21일차에 진딧물 수를 조사하여 구당 평균 진딧물 밀도와 무처리구 대비 방제가를 산정하였다. 천적인 쌍꼬리진디벌만을 방사한 구역은 7일차 진딧물 방제효과가 64.1%였으나, 천적과 천적에 저독성인 살충제를 각각 처리한 처리구의 진딧물 방제효과는 flonicamid 처리구는 98.6%, 데리스, 계피, 시트로넬라오일 성분의 친환경유기농자재 처리구는 95.2%로 나타나 천적 처리구보다는 높

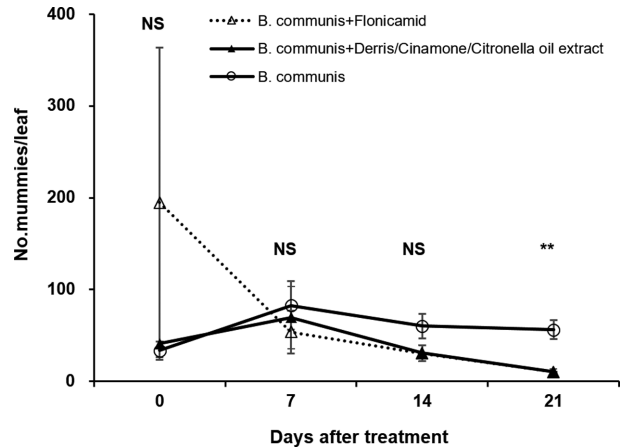


Fig. 2. Average number of mummies per cucumber leaf by spraying each pesticide after 7 days of *B. communis* release. NS indicates not significant ($P > 0.05$), whereas ** indicates significant difference ($P < 0.001$) in the number of mummies on that day, 7, 14, and 21 days after treatments.

은 방제효과를 보였다. 플로니카미드나 데리스 등의 친환경유기농자재 모두 진딧물 살충효과가 있기 때문에 확실히 진딧물 방제효과가 높게 나타났으며, 살충제 처리 14일, 21일 후에도 99% 이상의 진딧물 방제효과를 보여주었다. 반면 천적처리구의 경우 조사 7일차의 진딧물 방제효과가 낮게 나타난 것은 방사한 천적이 진딧물에 기생하여 머미가 되기 까지 10일 이상이 걸리기 때문이며, 조사 14일차 부터는 방제효과가 증가하여 21일차에는 진딧물 방제효과가 89.6%로 나타나 살충제와 천적사용을 병행한 처리구와 방제효과에 있어 통계적으로 유의미한 차이를 확인할 수 없었다(Table 5). 처리된 약제간 머미수는 처리후 14일까지는 차이가 없었으나 21일차에는 flonicamid 살충제나 데리스, 계피, 시트로넬라오일 성분의 친환경유기농자재를 쌍꼬리진디벌과 함께 사용했을 때 천적만을 처리한 천적처리구보다 엽당 평균 머미수가 적게 나타났다(Fig. 2. 21일차: $F = 13.276, p = 0.004$). 이는 처리한 해충방제용 살충제나 친환경유기농자재에 의해 진딧물이 방제되어 천적처리구보다 진딧물 밀도가 상대적으로 낮아지면서 쌍꼬리진디벌에 의해 기생된 머미수도 낮아진 것으로 판단된다.

오이 온실에서 천적인 쌍꼬리진디벌 방사 후 저독성 작물보호제 처리에 따른 진딧물 방제효과

진딧물 천적인 쌍꼬리진디벌 방사 3일 후 실내검정을 통해 쌍꼬리진디벌에 저독성인 것으로 확인된 해충방제용 친환경유기농자재 1종(데리스 추출물)과 흰가루병 살균제 1종(tebuconazole 25% 액상수화제)을 살포한 후 7, 14, 21일차 진딧물 방제효과를 확인하였다. 천적과 작물보호제 모두 처리하지 않은 무처리구 대비 처리구의 진딧물 방제효과는 7일차엔 45.6%, 14일차엔 65.0%였으며 처리구와 무처리구

Table 5. Aphid control efficacy by using aphid parasitoid (*B. communis*) and insecticides in cucumber greenhouses

Treatments	Treatment methods	7 DAT		14 DAT		21 DAT	
		No. aphids per plot ^{a)}	Control value (%)	No. aphids per plot ^{a)}	Control value (%)	No. aphids per plot ^{a)}	Control value (%)
<i>Binodoxys communis</i> + flonicamid 10%	1 pair of <i>B. communis</i>	161.7 ± 132.8a	98.6	209.3 ± 123.1a	99.4	233.7 ± 155.3a	99.6
<i>B. communis</i> + Derris, cinnamone, citronella oil extract	/ 3.3 m ² and spraying	528.3 ± 264.1ab	95.2	165.0 ± 43.6a	99.4	423.7 ± 230.9a	99.4
<i>B. communis</i>	each chemicals after	1,653.0 ± 157.8bc	64.1	1,616.3 ± 506.3b	88.1	2,244.0 ± 626.9a	89.6
No treatment	7 days of release	2,400.7 ± 373.3c		6,393.3 ± 327.8c		10,530.0 ± 750.5b	
p		0.001		0.000		0.000	

^{a)}Means with different letters within a row indicate significant difference at $p < 0.05$ level (one-way ANOVA, post hoc tests by Duncan in SPSS statistics 25.0)

Table 6. Aphid control efficacy by using aphid parasitoid (*B. communis*) and low toxicity pesticides in cucumber greenhouses

Treatments	Treatment methods	Initial no. aphids per plot	7 DAT		14 DAT		21 DAT	
			No. aphids per plot	Control value (%)	No. aphids per plot	Control value (%)	No. aphids per plot	Control value (%)
<i>Binodoxys communis</i> + Derris extract + tebuconazole 25%	Spray of 2 pesticides after 3 days of 20 pairs of <i>B. communis</i> release	69.0 ± 20.1	153.3 ± 4.7	45.6	479.3 ± 73.4	65.0	228.7 ± 59.4	79.4
No treatment	-	17.3 ± 5.2	141.0 ± 33.5		599.0 ± 160.8		604.3 ± 114.6	
P ^{a)}			0.749		0.536		0.044	

^{a)}Comparison of number of aphids per plot between treatment and no treatment houses with Independent t-test at $p < 0.05$ level (SPSS statistics 25.0)

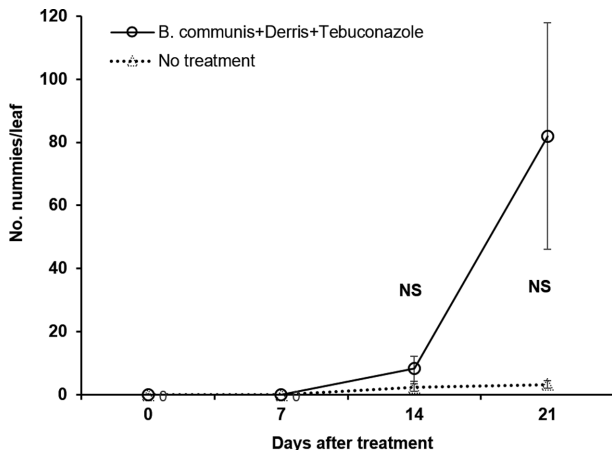


Fig. 3. Comparison of average number of mummies per cucumber leaf between aphid parasitoid + low toxicity pesticide treatment and no treatment cucumber greenhouses under release of *B. communis* after 3 days of each pesticide treatment. NS indicates not significant ($P > 0.05$) in the number of mummies on 7, 14, and 21 days in each greenhouse.

간 진딧물 방제효과에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다 (Table 6. 7일차 $t = 0.365$, $p = 0.749$; 14일차 $t = -0.677$, $p = 0.536$). 처리구와 무처리구의 쌍꼬리진디벌 머미 밀도를 비교한 결과에서도 쌍꼬리진디벌이 진딧물에 기생하는 데 있어 처리된 저독성작물보호제 2종이 영향을 거의 미치지 않은 것으로 판단된다. 방사 후 14일차부터 쌍꼬리진디벌에 의해 기생된 진딧물이 머미로 변화되어 방사 후 21일차엔 천적과 저독성작물보호제 처리구의 평균 머미수가 82개까지 증가한 것이 확인되었다(Fig. 3). 이러한 결과를 통해 저독성작물보호제가 진딧물 천적인 쌍꼬리진디벌이 진딧물에 기생하는데 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 배추 온실에서 콜레마니진디벌에 저독성 약제로 선발된 살충제와 살균제를 천적과 병행하여 사용하고 진딧물 방제효과를 확인한 연구결과에 따르면, 콜레마니진디벌만 처리한 구역과 저독성인 흰가루병과 총채벌레 방제약제 살포와 콜레마니진디벌을 함께 방사한 구역의 진딧물 발생밀도가 구당(배추 20포기 기준) 평균 60마리로 큰 차이 없이 비슷한 양상을 나타내며 선발된 약제가 콜레마니진디벌의 머미 형성에 영향을 미치지 않았다고 보고하고 있다(Kim et al., 2006). 본 연구에서도 쌍꼬리진디벌에 저독성으로 확인된 병해 및 총채 방제용 작물보호제를 쌍꼬리진디벌과 함께 사용한 후 천적의 유지 및 진딧물 방제효과를 확인한 결과, 선택성 약제 사용과 천적인 쌍꼬리진디벌과의 혼용사용이 가능함이 확인되었다. 천적과 저독성인 선택적 작물보호제를 함께 사용하면 해충을 효과적으로 제어함과 동시에 해충방제를 위해 사용하는 화학 약제에 대한 의존도를 줄일 수 있다. 이를 위해 종합적 해충관리 전략에 있어 생물학적 방제제와 화학적 방제제를 함께 사용하기 위한 다양한 연구들이 진행되어야 한

다. 천적의 생물적 특성을 이해해야 할 뿐만 아니라 천적에 독성이 적은 약제를 선발하고 작물 및 해충의 종류, 재배환경 및 지역에 맞는 방법들을 찾기 위한 지속적인 연구도 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 기관고유사업(긴등기생파리 및 쌍꼬리진디벌 등 기생성 천적의 현장 실용화 연구, 과제번호: PJ015819) 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Author Information and Contributions

Meeja Seo, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-6819-0379>, Conceptualization, Methodology, Writing original draft preparation, Project administration.

Bueyong Park, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, Writing review.

Chae Hoon Paik, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, Writing review.

이해상충관계

저자 모두는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

- Agarwala BK, Yasuda H, Kajita Y, 2003. Effect of conspecific and heterospecific feces on foraging and oviposition of two predatory ladybirds: role of fecal cues in predatory avoidance. *J. Chem. Ecol.* 29:357-376.
- Ahn K-S, Lee K-Y, Kang H-J, Park S-K, Kim G-H, 2004. Toxicity of pesticides to minute pirate bug, *Orius strigocollis* poppies (Hemiptera: Anthoraeidae), a predator of thrips. *Kor. J. Appl. Entomol.* 43(3):257-262.
- Albuquerque GS, Tauber CA, Tauber MJ, 1994. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life history and potential for biological control in central and south America. *Bio. Control.* 4(1):8-13.
- Choi M-Y, Kim J-H, Kim H-Y, Byeon Y-W, Lee Y-H, 2009. Biological control based IPM of insect pests on sweet pepper in greenhouse in the summer. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48(4):503-508.
- El-Wakeil N, Gaafar N, Sallam A, Volkmar C, 2013. Side effect

- of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. pp. 1-56. In: Trban S. (Eds.). Insecticides-development of safer and more effective technologies. IntechOpen Limited, London, UK.
- Hassan SA, 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin. 15:1-3.
- Kim J-J, Seo D-K, Kim G-H, 2006. Evaluation of toxicity of 83 pesticides against aphid parasitoid, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae), and control effects of the green peach aphid, *myzus persicae* with a combination of aphid parasitoid and pesticides. Kor. J. Appl. Entomol. 45(2):217-226.
- Kwon DH, 2009. Taxonomic study on the genus *Trioxys* in the Korean peninsula. Thesis for the Degree of Master Graduate School of Kwangwon National University.
- Li J, Wu Y, Zhang Q, Li H, Pan H, et al., 2018. Aphid parasitism and parasitoid diversity in cotton fields in Xinjiang, China. PLoS One 13(11):e0207034.
- Luo S, Naranjo SE, Wu K, 2014. Biological control of cotton pests in China. Biol. Control. 68:6-14.
- Messelink GJ, van Steenpaal SEF, Ramakers PMJ, 2006. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. BioControl 51:753-768.
- Moon H-C, Kim W, Choi M-K, Kwon S-H, Shin Y-K, et al., 2011. Biological control of cotton aphid by *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) in watermelon greenhouses. Kor. J. Appl. Entomol. 50(1):79-82.
- Park B, Lee S-K, Jeong I-H, Park S-K, Lee S-B, 2018. Insecticidal activities and repellent effects of methylcinnamate and essential oils from *Aplinia galangal* against nymphs and adults of *Metcalfa pruinosa*. J. Appl. Biol. Chem. 61(3):291-295.
- Park B, Lee S-G, Kim G-H, 2021. Developmental characteristics and host preference of parasitic natural enemy, *Binodoxys communis* (Gahan) (Hymenoptera: Braconidae). Kor. J. Appl. Entomol. 60(3):277-286.
- Seo M, Paik C-H, Choi SU, Park J-S, 2023. Effect of pesticides on natural enemies used for controlling whiteflies in Paprika greenhouses. Kor. J. Pestic. Sci. 27(4):293-302.
- Sary P, 1975. *Aphidius colemani* Viereck: its taxonomy, distribution and host range (Hymenoptera: Aphididae). Acta Entomol. Bohemoslovaca. 72(3):156-163.
- Vásquez GM, Orr DB, Baker JR, 2006. Efficacy assessment of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) for suppression of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in greenhouse grown chrysanthemum. J. Econ. Entomol. 99(4):1104-1111.
- Yang F, Wu Y-K, Xu L, Wang Q, Yao Z-W, et al., 2017. Species composition and richness of aphid parasitoid wasps in cotton fields in northern China. Sci. Rep. 7:9799.
- RDA, 2021. <https://ncpms.rda.go.kr/ncpms> (accessed on 27 February, 2021).
- Wyckhuys KAG, Stone L, Desneux N, Hoelmer KA, Hopper KR, et al., 2008. Parasitism of the soybean aphid, *Aphis glycines* by *Binodoxys communis*: the role of aphid defensive behavior and parasitoid reproductive performance. Bull. Entomol. Res. 98(4):361-370.
- Ragsdale DW, Landis DA, Brodeur J, Heimpel GE, Desneux N, 2011. Ecology and management of the soybean aphid in North America. Ann. Rev. Entomol. 56:375-399.

저독성 작물보호제와 쌍꼬리진디벌 사용에 따른 진딧물 방제효과

서미자* · 박부용 · 백채훈

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

요 약 진딧물 기생성천적인 쌍꼬리진디벌과 병해충 방제용 작물보호제와의 혼용 가능성을 검토하였다. 작물보호제 16종의 쌍꼬리진디벌 머미 및 성충에 대한 직접 및 작물체 처리 후 잔류독성 실내검정을 통해 각 약제의 독성정도를 확인하였다. 해충방제용 작물보호제 7종 중 dinotefuran은 처리 후 1일차에 사충율 74.1%의 보통독성을 보였다. 오이 흰가루병 및 노균병 방제용 작물보호제 중 carbendazim은 처리 후 1일차 작물체 잔류독성에서 54.4%의 사충율을 보였으며, 오레가노오일 성분의 친환경유기농자재와 chlorothalonil살균제도 쌍꼬리진디벌에 약한독성을 나타내었다. 하지만 처리 후 3일차에서는 모든 처리에서 사충율 25% 미만의 저독성으로 나타나 처리 3일 이후부터 쌍꼬리진디벌 방사가 가능할 것으로 보인다. 실내검정을 통해 저독성으로 확인된 flonicamid와 해충방제용 데리스 추출물의 친환경유기농자재 및 살균제 tebuconazole을 오이재배 하우스에 살포한 후 3일차에 쌍꼬리진디벌을 방사하고 7, 14, 21일차 진딧물 방제효과 및 쌍꼬리진디벌에 의해 기생된 진딧물 머미수를 조사한 결과 천적처리구와 천적+저독성작물보호제 처리구간에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 따라서 선발된 저독성 작물보호제와 쌍꼬리진디벌은 진딧물 방제를 위한 혼용이 가능할 것으로 판단된다.

색인어 목화진딧물, 오이, 기생성 천적, 저독성작물보호제