



과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
천적 및 유용곤충 이용기술 개발		작물보호	'17~'24	농업기술원 환경농업연구과	윤승환
토착천적 싸리진디벌 이용 진딧물 방제기술 개발		작물보호	'23~'24	농업기술원 환경농업연구과	윤승환
색인용어	천적, 싸리진디벌, 복숭아혹진딧물, 방제기술				

ABSTRACT

This study investigated the parasitic characteristics of *Aphidius gifuensis* and *Aphidius colemani* (control group) against *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* and verified the optimal release density for the effective use of *A. gifuensis*. Additionally, the greenhouse control effect of *A. gifuensis* was examined, and a simple quality assessment method for *A. gifuensis* was established. In the parasitic characteristic test under No-Choice conditions, *A. gifuensis* showed a high density suppression effect on *M. persicae*, whereas it exhibited a relatively lower density suppression effect on *A. gossypii*. The control group, *A. colemani*, demonstrated a high density suppression effect on both *M. persicae* and *A. gossypii*. Under Choice conditions, *A. gifuensis* effectively parasitized *M. persicae* and exhibited a density suppression effect. However, for *A. gossypii*, its parasitism effect and survival rate were relatively lower compared to *M. persicae*. The control group, *A. colemani*, showed effective parasitic effects on both aphid species, with a relatively higher density suppression effect on *A. gossypii*. In the optimal release density verification test, the inoculation ratio required for density suppression of *M. persicae* by *A. gifuensis* increased as the initial density of aphids and treatment volume increased. In the greenhouse control effect verification test, when the initial density of *M. persicae* on eggplant was approximately 100 individuals, at least two releases of *A. gifuensis* at a 1:20 ratio resulted in an effective control effect. When used in actual field conditions, considering the environmental factors of the field would be beneficial in determining the release ratio. Furthermore, a simple quality assessment method was developed to estimate the number of natural enemies in the product by measuring the number of emerged *A. gifuensis* individuals.

Keywords: natural enemies, *Aphidius gifuensis*, *Myzus persicae*, biological control

1. 연구목표

국내 사용되고 있는 천적은 약 30여종이며, 네덜란드와 캐나다 등에서 이용하는 천적곤충은 약 250여종으로 외국과 비교하면 국내 천적곤충의 활용도는 다소 높지 않다(이, 2016). 현재 국내에서 이용되는 천적의 90%이상은 외국에서 도입한 수입 천적이며, 일부 중에 국한되어 국내생산 자체상품화되어 유통되고 있다(김 등, 2014; 이 등, 2015; 이, 2016). 수입천적의 큰 애로사항은 긴 배송기간으로 즉각적으로 현장에 적용이 어려우며 동시에 긴 배송기간으로 천적의 품질에 영향을 준다. 또한 기후환경, 재배작기, 형태 등의 국내 농업환경에 적응 문제와 외래 도입종으로 국내 생태계에 위해 가능성이 있다. 반면 토착천적은 국내 환경에 적응이 되어 있어 현장의 환경적응 부분에 있어 정착이 이롭고, 도입천적과 달리 생태계 위해성 부분이 낮다는 장점을 가지고 있다(Gao and Li, 2006; 농진청). 따라서 국내에서 천적 활용도를 높이기 위해서는 문제해충에 적용 가능하며 국내 농업환경에 적응할 수 있는 천적자원의 발굴과 이를 이용할 수 있는 기술개발이 장기적으로 수행되어야 한다(김 등, 2014).

진딧물은 약 4,000여종 이상이 전 세계에 분포하며 국내는 368종이 기록되어 있다(Balckman and Eastop, 2000; Paek et al., 2010). 진딧물은 짧은 발육기간과 높은 번식력으로 단기간 많은 세대를 진전하는 난방제 해충 중 하나이다(Park et al., 2019). 진딧물류는 구침을 이용해 식물체를 흡즙하고 이로 인해 세포가 파괴되어 위축증상이 나타나며 감로를 배설하여 그을음증상을 유발, 식물바이러스를 매개하여 피해를 유발하는 해충이다(Lee and Paik, 1977). 최근 약제저항성 해충의 출현, 농업 생산물의 농약잔류, 수질환경 오염 등의 농약을 이용한 해충방제는 효과적이나 환경적 문제에 사용이 제한되고 있는 실정이며(Carson, 2002; Chang and jeon, 2003; Park and Lee, 2011) 약제를 대체할 수 있는 방제법이 요구되며 이에 따라 해충방제 수단으로 천적을 이용한 생물적 방제가 이용되고 있다(Chang and jeon, 2003; Ji et al, 2014).

진딧물을 방제할 수 있는 천적으로는 풀잡자리(*Chysoperla* spp.) 진디혹파리(*Aphidoletes aphidimyza*), 싸리진디벌(*Aphidius gifuensis*), 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*) 무당벌레(*Harmamia axyridis*) 등이 있으며 이중 진디벌은 효과가 우수하고 사용이 쉬운 장점이 있다(Chang and jeon, 2003; Ji et al, 2014). 싸리진디벌은 벌목(Hymenoptera) 고치벌과(Braconidae) 진디고치벌아과(Aphidiinae) 미소 곤충으로 전세계적으로 60속, 400여종이 알려져 있고(Stary, 1988), 국내에서는 42종이 기록되어 있다(Paik, 1976). 이전부터 유럽, 미국, 캐나다 등 여러 나라에서 진딧물 방제용으로 *Aphidius matricariae*와 *A. colemani*와 같은 진디벌을 대량으로 생산하여 농가에서 사용하며 이용면적이 증가하고 있다(van Steenis, 1995). 따라서 국내에서도 싸리진디벌을 포함한 새로운 진디벌의 발굴과 이용기술 개발이 필요하다.

본 연구는 토착천적인 싸리진디벌을 활용하기 위해 싸리진디벌의 기생 특성을 비교하고 온실방제효과 검증과 싸리진디벌의 간이 품질검정 방법을 정립하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 싸리진디벌의 진딧물 기생효과 비교

싸리진디벌의 진딧물 기생효과 비교를 위해 비선택성 시험과 선택성 시험을 수행하였다. 비선택성 시험은 싸리진디벌을 복숭아혹진딧물 또는 목화진딧물 1종만 처리하는 조건이었으며, 선택성 시험은 싸리진디벌을 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 동시에 처리하는 조건이었다. 시험에 사용된 케이지는 30 × 30 × 30 cm의 아크릴 케이지였으며 진딧물 1~2령 100마리를 기주(비선택성시험; 고추, 선택성시험; 배추, 오이)에 접종하여 케이지에 넣었다. 싸리진디벌은 진디벌:진딧물의 비율을 처리량으로 하여 1:20, 1:10, 1:5 비율로 투입하였다. 시험에 사용된 대조진디벌은 콜레마니진디벌을 이용하였다. 싸리진디벌과 진딧물이 접종된 케이지는 곤충생장상에 처리하였으며 온도 25℃, 습도 60%, 광주기 16L:8D 조건하에 10일간 처리 후에 진딧물 마리수와 머미 생성률, 머미생성기간 등을 조사하였다. 진디벌(싸리진디벌, 콜레마니진디벌)에 의한 진딧물(복숭아혹진딧물, 목화진딧물) 머미의 색상, 형태 등 구별가능 유무를 조사하였다.



비선택성 시험



선택성 시험

그림 1. 싸리진디벌 및 대조진디벌의 기생효과 비교

나. 싸리진디벌의 적정 투입밀도 검증

복숭아혹진딧물 방제를 위한 싸리진디벌의 적정 투입 밀도를 설정하기 위해 첫 번째로 복숭아혹진딧물 마리 수준에 따른 밀도억제에 요구되는 싸리진디벌의 접종비율을 검증하였다. 시험에 사용된 기주식물은 배추를 사용하였고, 60 × 60 × 60 cm의 돛형 케이지에 복숭아혹진딧물 1~2령 약충 50마리, 100마리, 200마리를 각 배추에 접종하였다. 케이지에 싸리진디벌을 1:20, 1:10, 1:5의 접종비율 수준으로 처리한 후 10일차에 복숭아혹진딧물의 마리수와 머미 생성률을 조사하여 각 진딧물의 마리 수준별 효과적 밀도억제에 요구되는 싸리진디벌의 접종비율을 비교하였다. 다음으로 처리 케이지의 용적에 따른 복숭아혹진딧물 밀도억제 효과를 비교하기 위해 75 × 75 ×

115 cm, 160 × 160 × 180 ccm 돔형케이지를 사용하였다. 복숭아혹진딧물 1~2령 약충 50마리, 100마리, 200마리를 배추에 접종 후 돔형 케이지에 싸리진디벌을 1:20, 1:10, 1:5의 접종비율 수준으로 처리하여 10일차에 복숭아혹진딧물의 마리수와 머미 생성률을 조사하였으며, 복숭아혹진딧물 마리 수와 케이지 용적별로 효과적인 밀도억제에 요구되는 싸리진디벌의 접종 비율을 비교하였다. 시험 결과를 바탕으로 복숭아혹진딧물 마리 수준과 처리 케이지 용적별 적정 싸리진디벌 접종 비율을 비교하여 투입 밀도를 선정하였다

다. 싸리진디벌의 온실 방제효과 검증

싸리진디벌의 온실 방제효과 검증은 원내 시험포장 비닐하우스에서 실시하였다. 시험 처리는 싸리진디벌 접종비율(1:20, 1:10, 1:5)별 처리, 무처리로 설정하여 진행하였다. 시험작물은 가지, 시험해충은 복숭아혹진딧물을 대상으로 싸리진디벌의 방제효과를 검증하였다. 각 처리구에 복숭아혹진딧물 1~2령 약충을 100마리를 접종한 후 싸리진디벌 성충을 1:20, 1:10, 1:5 접종비율로 처리를 나누어 방사하였으며 첫 방사 20일 후에 동일한 접종비율로 2차 방사하였다. 싸리진디벌 방사 후 20, 14일차에 생존한 복숭아혹진딧물 마리수를 계수하여 밀도 억제효과를 검증하였다.

라. 싸리진디벌의 간이 품질검정 기술 개발

싸리진디벌의 간이 품질검정 기술 개발을 위하여 싸리진디벌 제품의 배송 후 몇일 차에 싸리진디벌이 모두 발생하는지와 본제품과 표본에 따른 싸리진디벌의 우화율 차이 검정이 필요하였다. 제품에서 싸리진디벌이 모두 발생하는 일차에 대한 검정은 본 제품의 1/12 수준인 5 ml을 샘플하여 사용하였으며 270 ml 밀폐용기 뚜껑의 크기에 맞추어 끈끈이 트랩을 잘라 붙인 후 배송받은 5 ml의 천적을 밀폐용기에 투입후 뚜껑을 닫은 후 온도 26 ℃, 습도 60 %조건에 처리 후 7일간 매일 밀폐용기 뚜껑에 붙은 싸리진디벌의 마리수를 기록하였다. 각 일차에 발생한 싸리진디벌 마리수를 7일차 싸리진디벌의 마리수를 나누어 발생율을 산출하였다. 천적샘플과 본품간의 우화율 차이를 비교하기 위하여 온도 25 ℃, 습도 60 %조건에서 샘플 5 ml은 270 ml 밀폐용기 처리 후 뚜껑을 닫고, 샘플을 취한 나머지 본품은 30 × 30 × 30 cm 케이지에 처리하여 7일 후 싸리진디벌과 머미수를 계수하여 우화율 비교를 하였다. 모든 시험은 5반복으로 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 싸리진디벌의 진딧물 기생효과

1) 비선택성 조건에서 싸리진디벌의 진딧물 기생효과

비선택조건에서 싸리진디벌의 진딧물의 종류별 영향은 표1과 같다. 복숭아혹진딧물의 생존율은 1:20 비율에서 14.5 %, 1:10과 1:5 비율에서 각각 4.7 %와 4.5 %로 감소하는 경향을 보였다. 머미생성률은 1:20 비율에서 77.5 %, 1:10 비율에서 63.0 %로 높은 수준으로

나타났다. 반면 1:5 비율에서는 7.3 %로 나타났다. 싸리진디별은 복숭아혹진딧물에 대한 높은 기생효과를 보임과 동시에 접종비율이 높아질수록 생존율이 감소하는 경향을 보여 높은 접종 밀도에서 생존율과 머미생성률이 감소하는 것으로 보아 기생행위 이외에 살충을 의도하는 효과도 있는 것으로 판단된다. 목화진딧물의 생존율은 복숭아혹진딧물 대비 높은 수치를 보였다. 1:20비율에서 259.7 %, 1:10에서 107.3 %, 1:5에서 58.2 %로 나타났으며 접종비율이 증가함에 따라 생존율이 감소하였으나 복숭아혹진딧물과 대비하였을 때 낮은 수치를 보였다. 머미생성률은 1:20 비율에서 5.8 %, 1:10 비율에선 3.7 %, 1:5 비율에서 1.7 %로 복숭아혹진딧물과 비교 시 낮은 수준이었으며 접종비율이 증가할수록 머미생성율이 감소하였다. 시험결과를 종합적으로 보면 비선택적 조건에서 싸리진디별은 복숭아혹진딧물에 대하여 높은 밀도 억제효과를 보였으며 목화진딧물에는 상대적으로 낮은 밀도 억제효과를 보였다. 따라서 싸리진디별은 복숭아혹진딧물의 방제에 적합한 것으로 보인다.

표 1. 비선택 조건에서 싸리진디별의 진딧물 종류별 생존율 및 머미 생성률

대상해충	생존율(%)			머미 생성률(%)		
	1:20 ¹	1:10	1:5	1:20	1:10	1:5
복숭아혹진딧물	14.5	4.7	4.5	77.5	63.0	7.3
목화진딧물	259.7	107.3	58.2	5.8	3.7	1.7

¹진디별:진딧물 접종 비율

콜레마니진디별(대조 진디별) 비선택적 조건에서 진딧물 종류에 대한 영향은 표 2와 같다. 복숭아혹진딧물의 생존율은 1:20 비율에서 61.5 %로 비교적 높은 수준을 보였으나, 1:10 비율에서는 6.0 %, 1:5 비율에서는 5.2 %로 급격히 감소하는 경향을 보였다. 머미 생성률은 1:20 비율에서 48.7 %로 비교적 높은 수준을 보였으며, 1:10 비율에서 25.3 %, 1:5 비율에서는 18.8 %로 감소하는 경향을 보였다. 콜레마니진디별은 싸리진디별과 비슷하게 복숭아혹진딧물에도 상당한 수준의 기생효과를 보였으며 접종비율이 증가할수록 밀도억제 효과가 큰 것으로 나타났다.

목화진딧물의 생존율은 1:20 비율에서 144.7 %로 높은 수치를 보였으나 이후 1:10 비율에서는 32.5 %로 감소하였으며, 1:5 비율에서는 6.6 %까지 감소하는 경향을 보였다. 머미 생성률은 복숭아혹진딧물에 비해 다소 낮은 수준을 기록했다. 1:20 비율에서는 23.0 %였으며, 1:10과 1:5 비율에서는 각각 9.8 %와 4.0 %로 점차 감소하는 경향을 보였다. 콜레마니진디별은 싸리진디별과 다르게 목화진딧물에서 상당한 기생효과를 보였으며 접종비율이 증가할수록 밀도억제 효과가 높게 나타났다. 시험 결과를 종합하여

보면 콜레마니진디벌은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대하여 높은 밀도억제효과를 나타내었다. 다만 비선택성 시험에서는 진디벌 1종과 시험 진딧물 1종만 있는 조건에서 생존율과 머미 생성률을 조사한 것이라 각 진딧물에 대하여 2종의 진딧물이 같이 존재하는 조건에서 진딧물 종류 별 생존율과 머미 생성률을 비교하는 선택적 시험을 추가로 진행하였다.

표 2. 비선택 조건에서 콜레마니진디벌의 진딧물 종류별 생존율 및 머미 생성률

대상해충	생존율(%)			머미 생성률(%)		
	1:20 J	1:10	1:5	1:20	1:10	1:5
복숭아혹진딧물	61.5	6.0	5.2	48.7	25.3	18.8
목화진딧물	144.7	32.5	6.6	23.0	9.8	4.0

J:진디벌:진딧물 접종 비율

2) 선택성 조건에서 싸리진디벌의 진딧물 기생효과

싸리진디벌의 선택적 조건에서 진딧물 종류에 대한 영향은 표 3과 같다. 싸리진디벌에 대한 복숭아혹진딧물의 생존율은 1:20 비율에서 15.0 %, 1:10 비율에서 8.3 %, 1:5비율에서 2.8 %로 감소하는 경향을 보였다. 머미 생성률은 1:20 비율에서 55.6 %, 1:10 비율에서 48.9 %, 1:5 비율에서 33.9 %로 접종 비율이 증가함에 따라 감소하였으나 높은 수준을 유지하였다.

반면 목화진딧물의 경우 생존율이 1:20 비율에서 622.2 %, 1:10에서 346.1 %, 1:5에서 217.2 % 밀도억제에 전혀 영향을 주지 않았다. 머미 생성률은 1:20 비율에서 26.7 %, 1:10 비율에서 13.1 %, 1:5 비율에서 11.5 %로 낮은 수치를 보였다. 이상 선택적 조건에서 싸라진디벌의 각 진딧물에 대한 영향을 종합하여 보면 싸리진디벌은 복숭아혹진딧물에 대하여 효과적으로 기생하며 밀도억제효과를 보였으나 반면 목화진딧물에서 복숭아혹진딧물 대비 상대적으로 기생효과와 생존율 감소가 낮게 나타났다.

표 3. 선택적 조건에서 싸리진디벌의 진딧물 종류별 생존율 및 머미 생성률

대상해충	생존율(%)			머미 생성률(%)		
	1:20 J	1:10	1:5	1:20	1:10	1:5
복숭아혹진딧물	15.0	8.3	2.8	55.6	48.9	33.9
목화진딧물	622.2	346.1	217.2	26.7	13.1	11.5

J:진디벌:진딧물 접종 비율

콜레마니진디벌(대조진디벌)의 선택적 조건에서 진딧물 종류에 대한 영향은 표 4와 같다. 복숭아혹진딧물의 생존율은 1:20 비율에서 124.2 %로 나타났으며 1:10과 1:5의 비율에서 생존율이 각각 46.7 %와 23.7 %로 감소하는 경향을 보였다. 머미 생성률은 1:20 비율에서 44.7 %로 높은 편이지만, 1:10 비율에서 38.9 %, 1:5 비율에서 28.3 %로 점차 감소하는 경향을 보였다. 목화진딧물의 생존율은 1:20 비율에서 22.5 %, 1:10 비율에서 4.8 %, 1:5 비율에서는 3.3 %로 복숭아혹진딧물 대비 낮은 수치를 나타냈다. 머미 생성률은 1:20 비율에서 60.0 %로 높은 수치를 보였으며, 1:10과 1:5 비율에서 각각 24.4 %와 24.8 %로 나타났다. 이상 선택적 시험 조건에서 콜레마니진디벌의 각 진딧물에 대한 영향을 종합하여 보면 콜레마니진디벌은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 2종에 기생효과를 나타냈고 상대적으로 목화진딧물에서 높은 밀도 억제효과를 보였다. 반면 복숭아혹진딧물은 목화진딧물 대비 상대적으로 생존율이 높고 머미 생성률은 낮은 효과를 보였다.

표 4. 선택적 조건에서 콜레마니진디벌의 진딧물 종류별 생존율 및 머미 생성율

대상해충	생존율(%)			머미 생성률(%)		
	1:20 ¹	1:10	1:5	1:20	1:10	1:5
복숭아혹진딧물	124.2	46.7	23.7	44.7	38.9	28.3
목화진딧물	22.5	4.8	3.3	60.0	24.4	24.8

¹진디벌:진딧물 접종 비율

이상의 결과에서 비선택적 조건과 선택적 조건에서의 싸리진디벌의 진딧물에 대한 기생효과를 콜레마니진디벌(대조진디벌)과 비교하여 검정한 결과 싸리진디벌은 복숭아혹진딧물에 선택적으로 높은 밀도억제효과를 나타내었으며 싸리진디벌은 2종 진딧물에 기생효과를 보였고 상대적으로 목화진딧물에 높은 밀도억제효과를 보였다. 따라서 복숭아혹진딧물이 주로 발생하는 환경에서는 싸리진디벌이 효과적으로 진딧물의 밀도를 억제할 것으로 판단된다. 다만 고추의 경우 복숭아혹진딧물과 목화진딧물이 동시에 발생하는데 이 경우 싸리진디벌과 콜레마니진디벌을 동시에 활용한다면 진딧물에 밀도를 보다 효과적으로 제어할 것으로 보인다.

3) 싸리진디벌의 기생 특성

싸리진디벌과 콜레마니진디벌(대조진디벌)에 대하여 복숭아혹진딧물과 목화진딧물의 머미상태의 모습은 그림 2와 같다. 머미 상태일 때 진딧물이 가지는 고유의 색(붉은색, 초록색, 주황색, 갈색 등)은 사라지고 회갈색의 색으로 변형이 나타난다. 그리고 진딧물의 몸체가 부풀어 오르면서 타원형 또는 원형의 모습을 보이는 것을 확인 하였다. 반면 2종의 진디벌에 따라 각 진딧물의 종류에 따라 머미의 형태는 차이를 보였다.



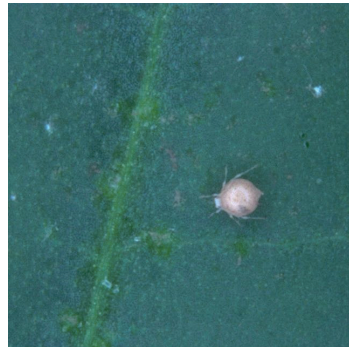
복숭아혹진딧물-싸리진디별



복숭아혹진딧물-콜레마니진디별



목화진딧물-싸리진디별



목화진딧물-콜레마니진디별

그림 2. 진딧물 종류별 2종 진디별의 머미

싸리진디별과 콜레마니진디별(대조진디별)에 대한 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에서 머미가 만들어지는 시기에 대한 결과는 표 5와 같다. 싸리진디별은 복숭아혹진딧물에서 머미가 생성되는 기간은 7.5일, 목화진딧물에서 8.1일로 나타났다. 콜레마니진디별은 복숭아혹진딧물에서 7.7일, 목화진딧물에서 7.6일로 나타났으며 2종의 진딧물간에 각 진딧물 별 머미 생성시기에서는 큰 차이를 나타나지 않았으며 비슷한 기간이 소요 되는 것으로 나타났다.

표 5. 진딧물의 종류별 각 진디별에 따른 머미 생성시기(일)

대상해충	싸리진디별	콜레마니진디별
복숭아혹진딧물	7.5일	7.7일
목화진딧물	8.1일	7.6일

나. 싸리진디벌 적정 투입밀도 및 방제효과 검증

복숭아혹진딧물 초기 밀도 수준과 처리용적에 따른 밀도억제에 요구되는 싸리진디벌의 접종비율은 그림 3, 4, 5와 같다. 50마리의 복숭아혹진딧물 밀도수준에서 처리용적 별 억제하기 위해 필요한 싸리진디벌의 접종비율은 $60 \times 60 \times 60$ cm 조건에서 1:20, $75 \times 75 \times 115$ cm 조건에서는 1:20, $160 \times 160 \times 180$ cm 조건에 1:20 비율로 상대적으로 낮은 접종비율로 밀도가 억제가 되는 것을 확인하였다. 100마리의 복숭아혹진딧물 밀도수준에서 처리용적별 억제하기 위해 필요한 싸리진디벌의 접종비율은 $60 \times 60 \times 60$ cm 조건에서 1:20, $75 \times 75 \times 115$ cm 조건에서는 1:20, $160 \times 160 \times 180$ cm 조건에 1:5 비율로 $160 \times 160 \times 180$ cm 조건에서 밀도억제에 필요한 싸리진디벌의 접종 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 200마리의 복숭아혹진딧물 밀도수준에서 처리용적별 억제하기 위해 필요한 싸리진디벌의 접종비율은 $60 \times 60 \times 60$ cm 조건에서 1:20, $75 \times 75 \times 115$ cm 조건에서는 1:20, $160 \times 160 \times 180$ cm 조건에 1:5 비율로 $75 \times 75 \times 115$ cm 조건과 동일하게 나타났으며 특히 1:20, 1:10 비율에서는 밀도억제가 거의 나타나지 않았다. 결과를 종합하여 볼 때 복숭아혹진딧물의 초기 발생밀도가 높을수록 밀도억제에 필요한 싸리진디벌의 접종 비율은 증가하는 경향을 보였고 증가된 접종 비율을 처리하더라도 처리용적이 커진 상태에서는 밀도 억제 효과가 낮게 나타났다. 이에 따라 처리용적에 동일한 마리수의 복숭아혹진딧물을 억제하기 위해 필요한 싸리진디벌의 접종비율도 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 처리용적이 증가하게 되면 천적의 활동변경도 동시에 증가하게 되고 좁은공간 대비 넓은공간에서 천적이 숙주를 탐색 하는 과정에서 에너지를 더 소모하기 때문에 발생하는 것으로 판단된다. 또한 10일간 처리 시험에서 무처리구에서의 진딧물의 밀도가 처리용적이 클 때 초기 마리수 대비 크게 증가하는 것으로 나타났으며 이는 현장 포장단위에서 발생하는 진딧물의 밀도는 빠르게 증가 할 수 있음을 추측할수 있다. 따라서 싸리진디벌 등의 천적을 이용하여 복숭아혹진딧물을 방제 시 발생밀도가 낮은 시기에 처리해야 방제 효율을 높일 수 있다는 점을 볼 수 있었고 진딧물의 첫 발생기에 주기적 예찰을 통해 빠르게 대응하는 전략이 필요하다고 볼 수 있다.

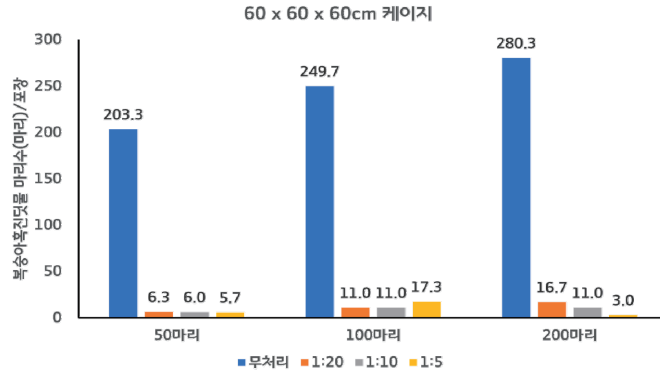


그림 3. 60 × 60 × 60 cm 케이지에서 복숭아혹진딧물 처리 마리수에 따른 싸리진디벌의 밀도 억제 효과

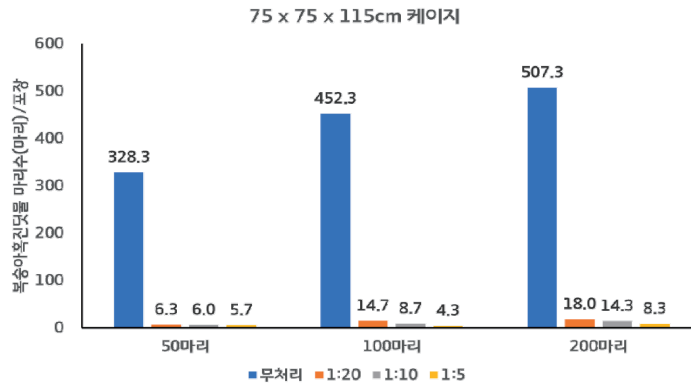


그림 4. 75 × 75 × 115 cm 케이지에서 복숭아혹진딧물 처리 마리수에 따른 싸리진디벌의 밀도 억제 효과

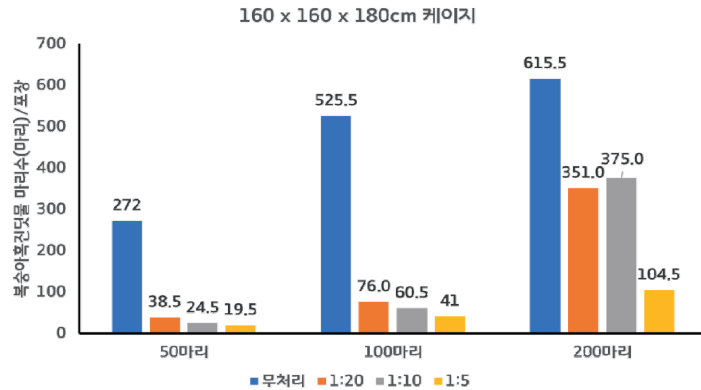
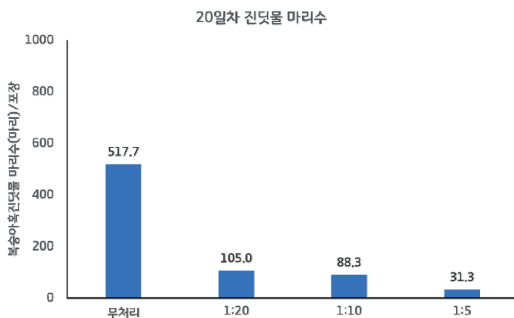


그림 5. 160 × 160 × 180 cm 케이지에서 복숭아혹진딧물 처리 마리수에 따른 싸리진디벌의 밀도 억제 효과

다. 싸리진디벌의 온실 방제효과 검증

싸리진디벌의 복숭아혹진딧물 온실 방제효과는 그림 6 및 표 6, 표 7과 같다. 20일차에 1:20, 1:10 비율 처리에서 105마리, 88.3마리로 초기밀도와는 큰차이를 보이지 않았으며 방제가는 79.7 %, 82.9 %로 나타났다. 반면, 1:5 비율 처리에서 20일차에 31.3마리로 초기밀도 대비 큰 억제효과를 나타내었으며 방제가는 94 %로 높게 나타났다. 20일차에 추가방사 후 40일차 조사한 결과 1:20, 1:10, 1:5비율 처리에서 각각 30.3마리, 23.7마리, 3.0마리로 나타났으며 각각의 방제가는 96.2 %, 97.0 %, 99.6 %로 높은 방제효과를 나타내었다.

(A)



(B)

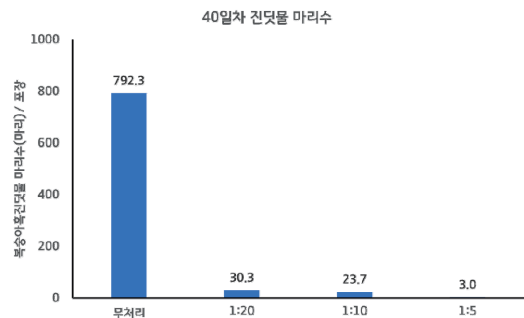


그림 6. 복숭아혹진딧물에 대한 싸리진디벌의 방제효과 (A) 20일차, (B) 40일차

표 6. 20일차 방제효과

처리 비율	1:20 ¹	1:10	1:5
방제가 (%)	79.7	82.9	94.0

표 7. 40일차 방제효과

처리 비율	1:20 ¹	1:10	1:5
방제가 (%)	96.2	97.0	99.6

¹ 싸리진디벌:복숭아혹진딧물 처리 비율

라. 싸리진디벌의 간이 품질검정 기술 개발

배송된 천적은 살아있는 생물이기 때문에 품질이 일정하지 않은 문제가 있어 농가 현장에서 방사된 천적에 대한 품질에 대한 검정법이 필요하였으며 방사할 천적제품에서 일부 샘플을 취하여 샘플에서 우화한 마리수를 이용하여 전체 제품의 천적 마리수를 예측하여 품질검정 기술을 개발하고자 하였다. 품질검정을 위한 싸리진디벌의 제품 배송 후 일차별 발생율을 조사한 결과는 그림 7과 같다. 배송 후 1일차에 43.3 %, 2일차에 75.1 % 3일차에 93.1 % 4일차에 99.0 % 5일차에 100 %로 나타났으며 3일차에 싸리진디벌이 거의 발생한다는 것을 확인하였다. 시험결과를 토대로 빠른 품질검정을 위하여 배송 후 2~3일차에 품질을 검정하는 것으로 설정하였다. 천적샘플과 천적본품 간의 우화율을 비교한 결과는 표 8과 같다. 천적샘플의 우화율은 46.5 %, 천적본품의 우화율은 44.5 %로 샘플과 본품과의 차이는 크게 나타나지 않았으며 샘플의 결과로 제품 본품의 품질을 예측할 수 있었다. 이상의 결과를 토대로 천적의 간이품질검정을 조사방법, 조사일정을 설정하였으며 품질검정에 사용하는 도구는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 토대로 표 9와 같이 간이 품질검정 방법을 정립하였다.

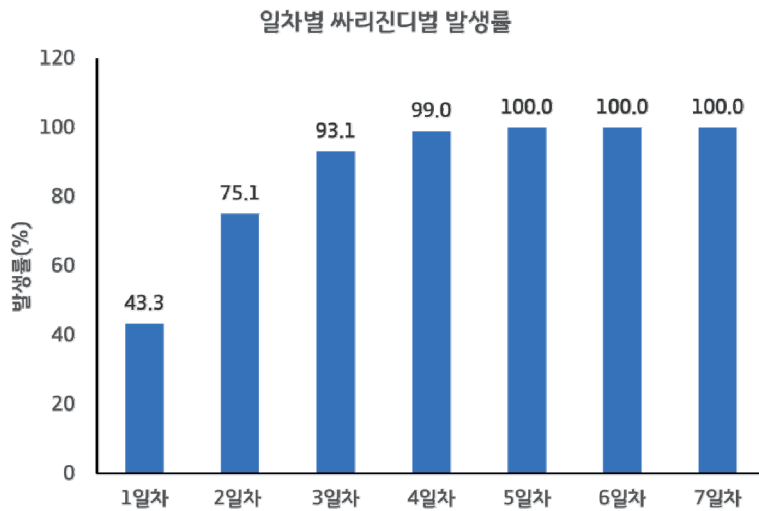


그림 7. 천적 배송 후 진디벌의 샘플 처리 후 일별 발생률

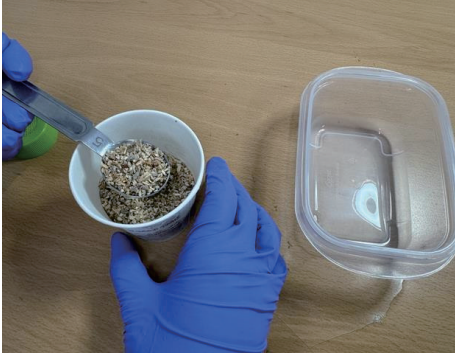


표 8. 천적 샘플과 본품의 우화율 차이

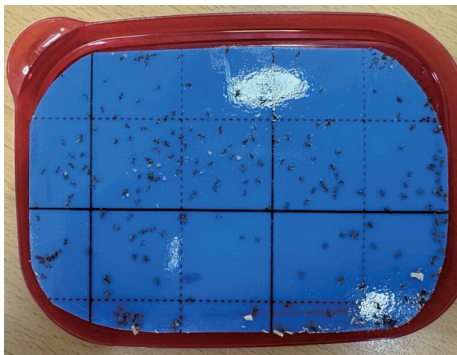
처 리 내 용	우화율(%)		
	평균	편차	
5ml 샘플	46.5	±	7.1
본 품	44.5	±	9.1

표 9. 싸리진디벌 간이 품질검정 방법

순서	사 진	방 법
1		○ 준비물 - 밀폐용기(약 270 ml, 시중에서 구할 수 있는 제품) - 5 ml 계량스푼 - 끈끈이 트랩 - 종이컵
2		○ 밀폐용기 뚜껑에 맞게 끈끈이 트랩을 자릅니다.
3		○ 밀폐용기 뚜껑에 끈끈이 트랩을 붙여 줍니다.

순서	사 진	방 법
4		○ 천적 샘플을 계량하기 위해 준비한 종이컵에 덜어 줍니다. ※ 천적제품에 미리 우화한 기생벌이 있을 수 있으니 방사하려는 포장에서 샘플을 계량하세요.
5		○ 5 ml 계량스푼으로 천적제품을 계량합니다.
6		○ 계량한 천적을 밀폐용기에 넣어 줍니다.
7		○ 3번 단계에서 끈끈이 트랩을 붙인 뚜껑으로 밀폐용기를 닫아 줍니다.



순서	사 진	방 법
8		○ 23 ~ 27 ℃ 정도의 상온에서 2일간 방치합니다. ※ 직사광선 노출 시 밀폐용기 내부의 온도가 크게 올라갈수 있으므로 그늘지고 서늘한 장소에 둡니다.
9		○ 2일 후에 밀폐용기 뚜껑을 열고 끈끈이 트랩에 붙은 기생벌의 숫자를 셉니다. ※ 트랩에 붙은 기생벌은 검은색으로 보입니다.
10		○ 제품의 진디벌 수 계산방법 - 시중에 유통되는 기생벌 제품에 충전재를 포함한 부피는 약 60 ml입니다. - 5ml의 샘플을 취할 경우 샘플의 양은 전체 제품의 $5/60 = 1/12$ 수준입니다. - 트랩에 붙은 기생벌 마리수에 12를 곱하여 제품에 있는 기생벌의 수를 계산합니다. 예시) 트랩에 붙은 기생벌의 수가 122 마리 일 때 ① $122\text{마리} \times 12 = 1,424\text{마리}$ ② 제품에서 나오는 진디벌 수는 1,424마리로 예측할 수 있습니다. ③ 제품에 표기된 마리수와 예측된 마리수를 대조하여 부족할 경우 추가적으로 진디벌 방사여부를 결정합니다.

본 연구는 싸리진디벌과 콜레마니진디벌(대조 진디벌)의 진딧물 종류 별 기생특성을 구명하고 싸리진디벌의 효과적 사용을 위한 적정투입 밀도 검증과 온실에서 방제효과를 검증하였다. 또한 싸리진디벌이 천적이라는 특성에 기인하여 포장에 방사된 천적의 간이품질검정 기술을 정립 하였다. 연구과정에서 천적을 처리하고자 하는 공간의 용적과 초기밀도에 따른 적정비율의 싸리진디벌을 투입해야 방제가 효과적으로 나타나는 것을 확인하였다. 그러나, 현장의 환경은 다양하며 이에 따른 적정한 천적의 방사량을 일원화하여 적용하기가 어렵다. 현장에서 천적 사용 시 적용하고자 하는 환경에서 방제해충의 발생초기 예찰과 천적 방사 후 해충의 밀도변화를 관찰하여 해당환경에 적합한 천적 방사량 및 살포횟수를 설정하는 것이 필요하며 방사된 천적의 품질을 확인하여 추가투입 등의 결정을 통하여 효과적으로 천적의 방제효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

4. 적 요

본 연구는 싸리진디벌과 콜레마니진디벌(대조진디벌)의 진딧물 종류 별 기생특성을 구명하고 싸리진디벌의 효과적 사용을 위한 적정투입 밀도 검증과 온실에서 방제효과를 검증하였다. 또한 싸리진디벌이 천적이라는 특성에 기인하여 포장에 방사된 천적의 간이품질검정 기술을 정립하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 비선택성 조건에서 싸리진디벌은 복숭아혹진딧물에 대하여 높은 밀도 억제효과를 보였고 목화진딧물에서는 상대적으로 낮은 밀도억제효과를 보였으며, 대조구인 콜레마니진디벌은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대하여 높은 밀도억제효과를 보였다. 선택성 조건에서 싸리진디벌은 복숭아혹진딧물에 대하여 효과적으로 기생하며 밀도억제효과를 보였다.
- 나. 선택성 조건에서 싸리진디벌은 복숭아혹진딧물에 대하여 효과적으로 기생하며 밀도억제효과를 보인 반면 목화진딧물에서는 복숭아혹진딧물 대비 상대적으로 기생효과와 생존율 감소가 낮게 나타났다. 대조구인 콜레마니진디벌은 2종의 진딧물에 대하여 효과적인 기생효과를 보였으며 상대적으로 목화진딧물에서 높은 밀도억제효과를 보였다.
- 다. 진딧물 종류별 진디벌에 대한 머미상태는 육안으로 기생벌을 구분하기에 큰 차이를 보이지 않았으며 머미생성 시기는 약 7-8일로 진딧물과 진디벌에 따른 큰 차이를 보이지 않았다.
- 라. 복숭아혹진딧물의 초기 마리수와 처리용적에 따른 밀도 억제효과를 위한 싸리진디벌의 비율은 초기 마리수와 처리용적 증가에 따라 진딧물 밀도억제에 필요한 진디벌의 집중비율이 증가하였다.
- 마. 가지에서 복숭아혹진딧물 100마리 수준으로 발생 시 싸리진디벌을 최소 1:20 (진디벌:진딧물)비율로 방사해야 방제효과를 볼 수 있을 것으로 판단되며 포장환경을 고려하여 방사정도를 결정해야 한다.
- 바. 진디벌류 천적에 대하여 우화마리수를 이용하여 본 제품의 천적 마리수를 예측할 수 있는 간이 품질검정 기술을 개발하였다.

5. 인용문헌

- 김정환, 조영식, 김형환. 2014. 토착 천적의 탐색 및 이용기술 개발. 농촌진흥청시험연구보고서.
- 농촌진흥청. 2011. 곤충의 새로운 가치. RDA Interrobang(4호). 5p.
- 이영수, 장명준, 이현주, 정구현, 주영철. 2015. 토착천적의 도내 활용도 제고를 위한 품질개선 연구. 2014년 경기도농업기술원 시험연구보고서. 499~510.
- 이준석. 2016. 광포식성 풀잡자리 천적자원의 수출 전략형 제품화 기술 개발 최종 보고서, 농림축산식품부 연구과제보고서.
- Blackman, R.L., Eastop, V.F. 2000. Aphids on the World's crops: An Identification and Information Guide, 2nd ed., John Wiley & Sons, Chichester, UK, 476 pp. v
- Carson, R., 2002. Silent spring. Houghton Mifflin Harcourt.
- Chang, Y.D., Jeon, H.Y. 2003. Biological control Aphids on pepper in greenhouses using *Aphidius gifuensis*. Jour. Agri. Sci. vol30(1), 11-19.
- Gao L., Li. B. 2006. A potential native natural enemy of invasive aquatic weed-water hyacinth. Biological Invasions. 8, 1689-1692.
- Ji, C.W., Kang, E.J., Byeon, Y.W., Kim, J.H., Choi, B.R. 2014. Comparative Analysis of the Biological Characteristics of *Ephedrus plagiator* (Nees) and *Aphidius ervi* Haliday according to Different Aphid Hosts. Korean J. Appl. Entomol, 53(4), 427-433.
- Lee, J.Y., Paik, W.H. 1977. Studies on the aphid transmission of some cruciferous viruses. Korean J. Plant Prot. 16, 93-100.
- Paek, M.K., Hwang, J.M., Jung, K.S., Kim, T.W., Kim, M.C., Lee, Y.J., Cho, Y.B., Park, S.W., Lee, H.S., Ku, D.S., Jeong, J.C., Kim, K.G., Choi, D.S., Shin, E.H., Hwang, J.H., Lee, J.S., Kim, S.S., Bae, Y.S. 2010. Checklist of Korea insects. Nature & Ecology, 598 pp.
- Paik, J.C. 1976. On some unrecorded Aphidiid wasps in Korea (Aphidiidae: Hymenoptera). Kor. J. Entomol. 6, 1-15.
- Park, B.J., Lee, J.H. 2011. Pesticide residue monitoring and environmental exposure in paddy field soils and greenhouse soils. The Korean J. of Pesticides Sci. 15, 134-139.
- Park. B., Jeong. I. H., Kim. G. H., Jeon. S. W. Lee. S. K. 2019. Temperature-dependent Longevity and Fecundity of *Propylea japonica* Thunberg(Coleoptera: Coccinellidae) and Its Predation Amount on Two Aphid Species. J. Appl. Entomol. 58(1), 77-83.
- Stray, P. 1988. Aphids: Their biology of natural enemies and control. In: Minks A.K. and P. Harrewinjin (Eds), Vol. B. Elsevier, Amsterdam. 171-184.

van Steenis, M. 1995. Evaluation and application of parasitoids for biological control of *Aphis gossypii* in glasshouse cucumber crops. [internal PhD, WU]. Landbouwniversiteit Wageningen. <https://doi.org/10.18174/210495>

6. 연구결과 활용제목

- 싸리진디벌을 이용한 가지 복숭아혹진딧물 방제기술('24 영농활용)
- 진딧물류 천적(기생벌) 간이품질 검정방법('24 영농활용)
- 진딧물류 천적(기생벌) 간이품질 검정방법 리플릿('24 자료발간)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						23	24
토착천적 싸리진디벌 이용 진딧물 방제기술 개발	책임자	환경농업연구과	농업연구사	윤 승 환	세부과제 총괄	○	○
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구관	심 상 연	성 적 분 석	○	-
	〃	작물연구과	〃	임 성 희	〃	-	○
	〃	〃	농업연구사	최 중 인	특 성 조 사	○	-
	〃	〃	〃	한 정 아	반 응 조 사	○	○
	〃	〃	〃	조 동 현	재 배 관 리	○	○
	〃	종자관리소	〃	최 준 영	〃	-	○
	〃	환경농업연구과	농업연구관	박 중 수	연 구 자 문	○	○