318024-03

작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템개발

2021

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제( ○ ) / 공개( ○ ), 비공개( )발간등록번호( ○ )

농생명산업기술개발사업 2021년도 최종보고서

| 발간등록번호 |
| --- |
| 11-1543000-003563-01 |

# 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발

2021. 06. 21.

주관연구기관 / ㈜오상킨섹트
협동연구기관 / 경기도농업기술원

농 림 축 산 식 품 부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발”(개발기간 : 2018. 04. 26. ~ 2020. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 06. 21.

주관연구기관명 : (주)오상킨섹트 (대표자) 이 준 석 (인)

협동연구기관명 : 경기도농업기술원 (대표자) 김 석 철 (인)

주관연구책임자 : 함 은 혜

협동연구책임자 : 윤 승 환

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

# 보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>318024-3</td><td>해 당 단 계<br>연 구 기 간</td><td>2018.04.26.~<br>2020.12.31</td><td>단 계 구 분</td><td>(해당단계)/<br>(총 단 계 )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>단 위 사 업</td><td colspan="4">농식품기술개발사업</td></tr>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="4">농생명산업기술개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">(해당 없음)</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4">작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">함 은 혜</td><td>해당단계<br>참여연구원<br>수</td><td>총: 18 명<br>내부: 16 명<br>외부: 2 명</td><td>해당단계<br>연구개발비</td><td>정부: 200,000천원<br>민간: 50,000천원<br>계: 250,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간<br>참여연구원<br>수</td><td>총: 30 명<br>내부: 28 명<br>외부: 2 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 550,000천원<br>민간: 137,500천원<br>계: 687,500천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및<br>소 속 부 서 명</td><td colspan="3">(주)오상킨섹트 생물자원연구소</td><td colspan="2">참여기업명<br>(주)오상킨섹트</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명: -</td><td colspan="2">상대국 연구기관명: -</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명: 안동대학교 산학협력단</td><td colspan="2">연구책임자: 임언택</td></tr>
</table>

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

| 연구개발성과의 보안등급 및 사유 | 일반<br>「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4 보안과제에 해당하지 않음 |
|---|---|

9대 성과 등록·기탁번호

| 구분 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구시설·장비 | 기술요약 정보 | 소프트웨어 | 화합물 | 생명자원 | | 신품종 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 생명정보 | 생물자원 | 정보 | 실물 |
| 등록·기탁번호 | | | | | | | | | | | |

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

| 구입기관 | 연구시설·장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | NTIS 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

보고서 면수 182


요약

○ 현장적용 시스템 관련 기술정보 수집 및 분석
○ 방제효과가 검증된 천적곤충 2종에 대한 현장적용시스템 개발
○ 기생성 천적 우화 상자 개발, 특허출원 및 기술이전
○ NEF 기법을 이용한 천적 적용시스템의 현장 실증
○ 신규 천적 2종에 대한 최적 제품화 기술개발(제품화 형태와 유통방안 마련)
○ 외부기상조건별 저온 유통방법 개발
○ 천적 곤충 제품의 포장 표준화 구축 완료
○ 천적적용기법의 현장보급
○ 천적 활용농산물 인증 마크 제작
○ 신규 천적 2종의 대량사육 기술 구축
○ 신규 천적 2종의 현장적용 기술 마련
○ 신규 천적곤충의 해충에 대한 밀도억제 효과 실증과 저독성 약제 선발

## <요약문>

| 연구의<br>목적 및 내용 | 친환경 농업의 활성화를 위한<br>천적곤충의 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 연구개발성과 | ■ 현장적용 시스템 관련 기술정보 70건 수집, 그중 문제특허 8건 도출 및 분쟁위험특허 3건에 대한 정밀 분석 완료<br>■ 방제효과가 검증된 천적곤충 2종에 대한 현장적용시스템 개발<br>■ 방제효과가 검증된 천적곤충 2종에 대한 현장적용형 생산시스템 도식화<br>■ 농업현장에서 기생성 천적의 우화율 향상을 위한 우화 상자 개발, 특허출원(출원번호: 10-2020-0183432) 및 기술이전 완료<br>■ NEF 기법을 이용한 천적 적용시스템의 현장 실증을 통한 방제효과 검증(10개 농업현장, 9개 작물을 대상으로 현장 실증 완료)<br>■ 신규 천적 2종 선발 및 제품화 기술개발<br>■ 외부기상조건별 저온유통방법 개발 및 천적 제품의 포장 표준화 구축<br>■ 천적적용기법의 현장보급 완료(기술 소개: 127개 현장, 보급: 40개 현장, 심층 컨설팅: 5개 현장)<br>■ 천적 활용농산물 인증 마크 제작(출원번호: 30-2020-0063874)<br>■ 신규 토착 천적 2종에 대한 대량사육 기술 구축<br>■ 신규 토착 천적 2종의 현장 실증 및 현장적용 기술 마련(5개 농업현장, 3개 작물을 대상으로 현장 실증 완료)<br>■ 신규 천적곤충의 해충에 대한 밀도억제 효과 실증과 저독성 약제 선발 | | | | |
| 연구개발성과의<br>활용계획<br>(기대효과) | ■ 신규 토착 천적의 타 작물 적용 확대 및 친환경 해충 방제효과 극대화<br>■ 수입 천적 대체효과로 국내 곤충 생산 농가의 소득 증대에 기여<br>■ NEF 천적적용기법 확대 보급으로 천적 적용의 애로사항 해결<br>■ 화학약제 대체 기술개발로 천적곤충산업의 활성화 도모<br>■ 현장 주도형 방제기법 적용으로 천적 적용의 방제효과 극대화<br>■ 천적 현장적용시스템구축으로 천적에 대한 농민의 인식 전환 계기 제공<br>■ 천적을 활용한 친환경 농업의 활성화로 지속가능한 방제기법 확대 보급 | | | | |
| 국문핵심어 | 토착천적 | 대량생산시스템 | 유통시스템 | 현장적용 | 친환경농업 |
| 영문핵심어 | native natural enemy | mass production system | distribution system | field application | environmental-friendly agriculture |

# 〈 목 차 〉

**제1장 연구개발과제의 개요 ····· 7**

제1절 연구개발 목적 ····· 7

제2절 연구개발의 필요성 ····· 8

제3절 연구개발 범위 ····· 16

**제2장 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 ····· 25**

제1절 방제효과가 검증된 천적곤충 2종의 현장적용 시스템 개발 ····· 25

제2절 천적 적용시스템의 현장 실증 ····· 47

제3절 신규 천적에 대한 최적 제품화 기술개발 ····· 62

제4절 외부환경조건별 저온유통방법 개발 ····· 69

제5절 천적적용기법의 현장보급 ····· 86

**제3장 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 ····· 90**

제1절 신규 천적곤충의 특성 및 대량사육기술 개발 ····· 90

제2절 신규 천적의 현장적용 연구 ····· 118

**제4장 천적곤충의 방제효과 검증 ····· 129**

제1절 신규 천적곤충의 방제효과 검증 ····· 129

제2절 신규 천적곤충의 방제력 현장 실증 ····· 138

제3절 신규천적곤충의 현장적용을 위한 합성살충제에 대한 독성평가 및 저독성 약제 선발 … 145

**제5장 연구개발성과 ····· 150**

제1절 연구목표 및 실적 ····· 150

제2절 연구성과 ····· 151

제3절 사업화 계획 및 매출 실적 ····· 155

**제6장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 156**
제1절 연구목표 및 달성도 ····· 156
제2절 관련분야의 기여도 ····· 160
제3절 추가 연구의 필요성 ····· 160

**제7장 연구결과의 활용계획 및 기대효과 ····· 161**
제1절 연구결과의 활용계획 ····· 161
제2절 기대성과 및 파급효과 ····· 163

**참고 문헌 ····· 164**

<별첨 1> 연구개발보고서 초록 ····· 172
<별첨 2> 자체평가의견서 ····· 175
<별첨 3> 연구성과 활용계획서 ····· 179

# 제1장. 연구개발과제의 개요

## 제1절. 연구개발 목적

**< (신규 토착) 천적의 제품화 >**

- 대상 해충을 효과적으로 방제할 수 있는 유력 **신규 토착 천적**과 **방제효과가 검증된** 천적의 선발 및 제품화를 통해 (자생) 천적 자원 개발의 활성화(수입 천적의 환경 유해성 우려의 해소 방안)

**< 선발 천적의 대량생산시스템 개발 >**

- 대상 천적을 보다 **경제적**으로 생산할 수 있는 생산시스템 개발 및 **매뉴얼화**로 천적 활용 희망 농가에 대해 천적 관리에서 이용까지의 **현장밀착 컨설팅 시스템** 구축

**< 현장 중심의 천적 적용시스템 구축 >**

- 「**현장수요자 중심**의 천적 적용시스템」을 구축하여 천적 활용의 애로사항 최소화를 통한 천적의 효과 및 순기능에 대한 **신뢰성 회복**

**< 최종목표 >**

**천적 곤충을 활용한 친환경 농업의 활성화**

# 제2절. 연구개발의 필요성

## 1. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술 및 시장 현황

- 국민소득증대와 삶의 질 향상에 따른 소비패턴 변화로 친환경농산물 시장규모는 꾸준히 증가할 것으로 예상(RDA, 2018)

  ※ 친환경농산물 시장규모: (‘15) 1.3조 원 → (’20) 2.5조 원(한국농촌경제연구원, 2016)

  ※ 농약사용량 감축 목표: (‘14) 화학농약 9.3 ㎏/ha/화학비료 258 → (‘20) 8.5/235 ㎏/ha

- 2019년부터 전면 시행되는 농약허용물질목록관리제도에 대비한 친환경 해충방제기술 수요 급증

  ※ **농약허용물질목록관리제도**(PLS, Positive List System): 사용되는 농약 성분을 등록하고 잔류허용기준을 설정해, 등록된 농약 이외에는 잔류허용기준을 일률기준( 0.01㎎/㎏)으로 적용하는 제도

- 농림축산식품부는 곤충산업을 ‘20년까지 7,000억 원대로 육성한다는『비전2020』을 발표했으며, 농촌진흥청은 ’22년까지 국내천적사용면적은 2,000ha로, 천적시장규모는 200억 원 수준으로 육성하기위한 노력을 경주하고 있음(RDA, 2018)

  ※ **천적사용면적**: (‘10) 2,500 ha → (‘12) 630 ha → (‘14) 398 ha → (‘16) 425 ha

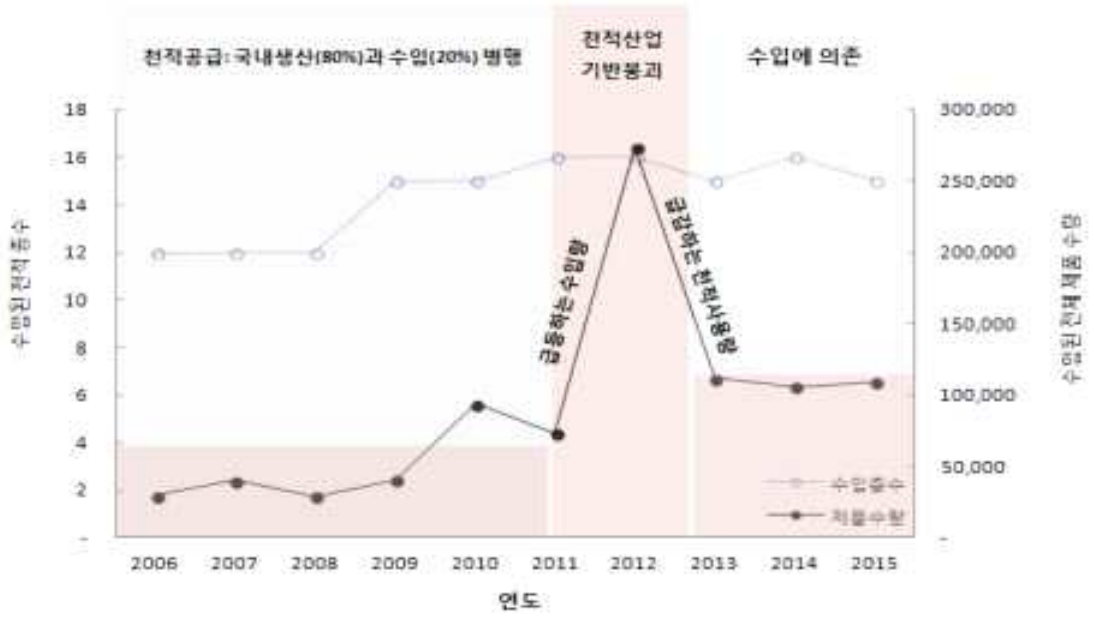
  ※ **국내천적시장규모**: (‘10) 182.5억 원 → (‘12) 52.3억 원 → (‘14) 58.9억 원 → (‘16) 48.8억 원

  ※ **천적방제비율**: (벨기에, 덴마크) 90%, (캐나다, 스웨덴) 80%, (**한국**) 1%

- 2014년, 정부(농림축산식품부)와 지자체(경기도)는 천적곤충 산업을 새로운 블루오션 산업으로 육성하기 위한 공감대 형성

  ※ 경기도농업기술원 내 천적곤충 분야『**곤충자원산업화 지원센터**』준공(2016. 06)

- 2012년 이후, 국내 천적공급 90%이상 수입에 의존 → 친환경 재배 농업인들의 **외국산 천적 사용이 불가피하게 됨**




【연도별 천적 수입량(APQA, 2016)】

- 토착천적의 적용 확대를 위한 기반기술 개발이 시급 → 농촌진흥청, 도농업기술원, 천적생산업체 등에서 우수 토착천적의 탐색 및 적용을 위한 연구가 진행 중임 (1999~2017)
  - 국내 토착 천적 선발: 예쁜가는배고치벌 등 24종
  - 도입 천적 상품화: 칠레이리응애 등 13종
  - 외래 유입/돌발 해충의 천적 탐색 및 선발: 꽃매미(꽃매미벼룩좀벌), 미국선녀벌레(집게벌), 갈색날개매미충(알기생봉)

- 천적의 대량사육 및 현장활용 기술개발 및 보급 현황(RDA, 2018)
  - (1998) 칠레이리응애 이용 딸기 점박이응애 방제 기술 개발
  - (2015~217) 천적이용 파프리카 해충 종합방제 기술 개발

- 선진국 대비(선진국=100) 국내 천적 곤충 기술 활용 수준 = **59.3**

  ※ 한국농촌경제연구원의 곤충 관련 전문가조사 결과(2015. 5. 6.~ 6. 25.)

| 미국 | 일본 | 유럽 | 평균 |
|---|---|---|---|
| 60.2 | 69.4 | 48.3 | 59.3 |

- 천적의 비싼 가격과 활용상의 어려움 → 천적 이용률 확산의 제한요인 → 실수요자인 농민의 의견을 적극 반영한 새로운 천적 적용 기술 개발이 시급함

※ **천적사용 시 애로사항 설문조사**(Survey result of difficult problems when using natural enemies on July, 2016 by RDA (Rural Development Administration) (RDA, 2018)): 가격(50%), 적용기술(23%), 정보(10%)

※ **천적이용 농가 실태조사**(Lee et al., 2014)

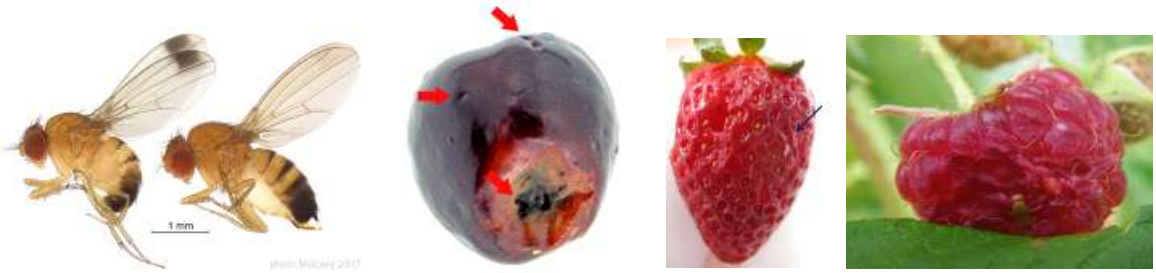
- 천적 이용 시 애로사항(농업인)

| 응답내용 | 비율 |
|---|---|
| 천적 수입에 따른 배송기간이 길어 적기투입이 어려움 | 50% |
| 비용이 너무 비쌈 | 30% |
| 고온기 방제효과가 낮음 | 20% |
| 규격(마리수) 확인이 어려움 | 10% |
| 천적을 정착시키기 어려움 | 10% |

- 천적활성화를 위한 건의사항(농업인, 산업체)

| 응답내용 | 비율 |
|---|---|
| 지속적인 천적 지원 사업이 필요함 | 60% |
| 비용을 낮추어 활용도를 높여야 함 | 20% |
| 천적의 이해와 이용에 관한 교육이 필요함 | 20% |
| 수입의존도를 낮추고 국내생산이 필요함 | 10% |

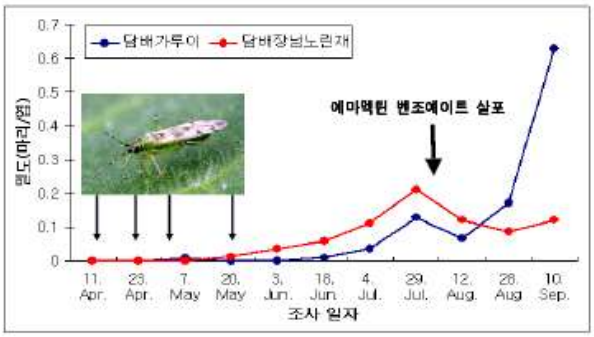
- 벗초파리에 의한 경제적 피해 확산 → 아시아 원산인 벗초파리가 미국('08) 및 유럽에 상륙('12)하여 포도(와인용), 블랙베리 등에 심각한 피해 → 프랑스(보르도, 부르고뉴), 독일(바덴) 등에서 피해 증가('15) → 자생천적의 유럽 및 북미대륙에 수출가능성 높음



【벗초파리와 과실 피해 사진(McEvey, 2017)】

- 『담배가루이 발생생태 및 종합관리기술 개발(Kim, 2008)』에 의하면 담배장님노린재의 담배가루이 방제효과는 있으나, 토마토 신초 부위에 둥근 고리 모양의 상처를 남기거나 신초부위가 사라지는 부작용이 발생함 → 담배장님노린재는 위험이 따르는 천

적이므로 반드시 전문가의 도움을 받아서 활용해야 한다고 제시 → 천적의 밀도를 낮추기 위해 약제사용이 불가피함 → 작물을 가해하지 않는 **신규 천적 개발이 필요**함




【담배장님노린재와 담배가루이의 밀도 변동(Kim, 2008)】

| Side effects | Spray methods |
|---|---|
| 지중해이리응애 | very harmful<br>＞75% reduction |
| 온실가루이좀벌 | harmful<br>50 ~ 75% reduction |
| 황온좀벌 | very harmful<br>＞75% reduction |
| 칠레이리응애 | very harmful<br>＞75% reduction |

에마멕틴 벤조에이트의 천적에 대한 side effects】

- 최근 거창군, 예천군, 군위군 등 지역적으로 천적생산, 현장적용 움직임이 늘어나고 있음 → 친환경농가의 천적곤충 수요증가에 비해 연구와 지원은 농가들의 기대에 미치지 못하고 있음 → 전국적인 확대를 위한 컨트롤타워 필요 → 천적생산, 현장적용 시스템 구축을 진두지휘할 적임자 『**천적곤충자원산업화지원센터**』

- 조 등(2016) 담배가루이 방제를 위해 파프리카에서 ㎡당 지중해이리응애 190.7마리와 황온좀벌 12.7마리를 방사한 후 지중해이리응애 밀도가 꾸준히 증가하여 1개월 후 잎 당 17.5마리까지 증가하여 담배가루이를 방제함

- 보베리아를 비벡터링 후 처리구의 거리별 온실가루이 밀도를 평균 1,339마리에서 2,295마리로 낮춤(신 등, 2016)

○ 경쟁기관현황

| 구분 | 기관명 | 주요현황 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 산업체 | (주)경농 | 생산/수입 천적 공급 | 유기농업자재(천적) 3종 보유 |
| | 코퍼트(주) | 수입 천적 공급 | 유기농업자재(천적) 6종 보유 |
| | (주)한국유용곤충연구소 | 수입 천적 공급 | - |
| | 한국곤충산업연구소 | 천적곤충 생산 및 공급 | - |
| | (주)에코윈 | 생산/수입 천적 공급 | 유기농업자재(천적) 1종 보유 |
| | SJ인터내셔날 | 곤충병원성선충 공급 | 유기농업자재(천적) 3종 보유 |
| 대학 연구센터 | 친환경농업연구센터 | 경북농민사관학교 운영 | - |
| 전문과학관 | 천적생태과학관 | 천적생산 및 공급 | - |

○ 지식재산권현황

- [특허] 천적 응애류 포획장치, 이를 이용한 천적 응애류 포획 및 제형화 방법(㈜ 에코윈, 2014)
- [특허] 파리천적 생산방법 및 이를 이용하여 생산된 파리천적(㈜한국유용곤충연구소, 2015)
- [특허] 파리천적 생산용 기주 생산방법 및 이러한 방법으로 만들어진 기주를 이용한 파리천적(㈜ 곤충산업연구소, 2017)
- [특허] 포식성 곤충 운송용 멀칭필름((주)오상킨섹트, 2017)
- [특허] 이온교환수지를 활용한 토양 개량제 및 그의 제조방법((주)오상킨섹트, 2015)
- [특허] 지표성 절지동물의 사육시스템((주)오상킨섹트, 2015)
- [특허] 총채벌레류 해충방제를 위한 트랩식물((주)오상킨섹트, 2014)
- [특허] 파밤나방 사육을 위한 인공사료 구성((주)오상킨섹트, 2013)
- [특허] 나방류 천적의 대량증식 장치 및 방법((주)오상킨섹트, 2013)
- [특허] 해충방제에 사용되는 천적 방사기((주)오상킨섹트, 2013)
- [특허] 뱅커플랜트 재배세트 및 뱅커플랜트 재배방법((주)오상킨섹트, 2012)
- [실용신안] 공시충 생산, 공급용 기능성 셀 트레이((주)오상킨섹트, 2011)
- [특허] 하늘소류 해충의 생물적 방제용 개미침벌의 대량생산방법((주)오상킨섹트, 2008)

○ 표준화현황

- 파프리카('08), 딸기('11), 고추('11) 등 시설 재배 작물별 천적이용기술책자 발간(농촌진흥청)
- 천적의 이해와 활용('98), 천적이용해충방제기술('03), 해충과 천적의 이해('04), 천적이용가이드('05), 천적연구자료집('09) 등 천적활용 기술서 개발(농촌진흥청)
- 천적의 사육과 이용('99), 주요천적의 사육과 이용('02), 산업곤충의 사육기준 및 규격 I('13), 산업곤충의 사육기준 및 규격 II('14) 등 주요 천적의 증식과 이용에 관한 기술서 보급(농촌진흥청, 오상킨섹트)

○ 기타현황

- 국립농산물품질관리원 유기농업자재정보시스템(2018)에 등록된 충해관리용 유기농업자재(천적)로 5개 업체의 15개(9종)제품이 등록되어있음

| 사업자 | 진딧물천적 | 총채벌레천적 | 가루이천적 | 기타 | 계 |
|---|---|---|---|---|---|
| **(주)오상킨섹트** | **1** | **1** | **1** | **1** | **4** |
| (주)경농 | 1 | 1 | - | 1 | 3 |
| 코퍼트(주) | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| (주)에코윈 | - | - | - | 1 | 1 |
| SJ인터내셔날 | - | - | - | 1 | 1 |
| 계 | 4 | 3 | 2 | 6 | 15 |

## 2. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술 및 시장 현황

- 전 세계 500여개 이상의 업체에서 230여종의 천적곤충을 생산 중임(Naranjo et al. 2015)

  ※ **천적방제비율**: (벨기에, 덴마크) 90%, (캐나다, 스웨덴) 80%, (**한국**) 1%

- 『Beneficial Insects (Macrobials) Market by Type (Predators, Parasitoids, Pathogens, and Pollinators), Application (Crop Protection and Crop Production), and Region-Global Forecast to 2022)』에 의하면 2017년 천적곤충의 시장규모는 5,000억 원이며, 2022년에는 8,400억 원으로 성장할 것으로 예측함(Markets and markets, 2017)

- 유럽시장에서는 채소 포장지에 곤충과 농약을 사용한 비율이 표시되고 제품 가격이 차별화되는 등 천적 이용기반이 형성(농촌진흥청, 2011)

**※ 천적을 이용한 해충방제 관련 유럽의 표시제**

친환경 농산물 로고에 국제식품규격위원회(Codex) 기준에 생물학적 관리에 의해 재배되었음을 의미하는 'Bio' 또는 'Eco' 인증을 사용하여 해충을 방제할 때 천적을 보호했는지, 천적을 사용해서 재배했는지에 대해 소비자의 알 권리를 충족시킬 수 있는 정보를 제공

☞ **어떻게 해서 안전 농산물이 되는가? 라는 소비자의 의문에 대한 공급자의 대답임**

- 세계 농약시장은 매년 5.1%의 성장률을 유지해서 2018년에는 645억 달러로 예상되는 가운데, 생물농약은 5.5%(35억 달러)로 성장할 것으로 전망됨

(단위 : $Million)

| 구분 | 2011 | 2012 | 2013 | 2018 | CAGR%(2013-2018) |
|---|---|---|---|---|---|
| 유기인산화합물 | 32,062.3 | 34,705.2 | 37,197.7 | 49,118.9 | 5.7 |
| 피레스로이드 | 4,217.3 | 4,435.7 | 4,631.1 | 5,477.3 | 3.4 |
| 네오니코티노이드 | 2,351.6 | 2,400.3 | 2,441.8 | 2,672.6 | 1.8 |
| 생물농약 | 2,283.5 | 2,453.6 | 2,634.9 | 3,547.8 | 6.1 |
| 기타 | 3,673.2 | 3,430.1 | 3,409.4 | 3,713.4 | 1.7 |
| 계 | 44,588.0 | 47,425.0 | 50,315.0 | 64,530.0 | 5.1 |

source : Company Websites, Primary Interviews, Annual Reports, Chemical Weekly, and Marketsandmarkets analysis MarketsandMarkets, 「AGROCHEMICALS MARKET-Global Market Trends & Forecast to 2018」, 2014, p.92

【세계 농약시장의 규모(금액) 예측(농기자재신문, 2015)】

- 장님노린재과 *Macrolophus pygmaeus*를 이용하여 파프리카 온실에서 진딧물 방제가 가능하다는 것을 보고하였고(Messelink and Janssen, 2014), 토마토 작물에 피해 없이 가루이류 방제가 가능해 담배장님노린재를 대체해서 사용하고 있음

- 가루이류 방제를 위하여 다양한 천적을 활용한 성공사례가 있음
  - 지중해이리응애가 담배가루이 방제에 사용되는데, 스페인의 하우스 오이에서 $m^2$당 75마리의 지중해이리응애를 방사하여 담배가루이와 총채벌레를 동시에 효과적으로 방제할 수 있다고 함(Calvo et al., 2011)
  - Soleymani and Hakimitabar(2016)은 지중해이리응애의 기주 선호성 실험에서 담배가루이의 알과 약충 보다 점박이응애의 알과 약충을 더 선호하는 것을 보고함
  - Tellez et al.(2016)은 지중해이리응애의 사전 방사를 통해 무처리구에 비해 담배가루이의 알과 성충 밀도가 크게 억제되는 것과 바이러스의 2차 전염도 감소하는 것을 보고함

- 파프리카에 기장테두리진딧물과 보리로 구성된 뱅커플랜트를 적용했을 때, 천적만 처리한 온실에 비해 복숭아혹진딧물 방제효과가 뛰어나다는 연구결과가 보고됨(Prado and Frank, 2014)

- 북미, 이탈리아, 프랑스와 독일 등지에 아시아가 원산인 벗초파리의 침입으로 인한 경제적 피해가 확산되면서 IPM 방안, 천적 탐색 등 전반적인 분야에 막대한 예산을 투입하여 관리하고 있음(APQA, 2013)

○ 경쟁기관현황

| 구분 | 기관명 | 주요현황 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 산업체 | 코퍼트(주) | 천적 생산 및 수출 | 네덜란드 기업 |
| | 바이오베스트(주) | 천적 생산 및 수출 | 벨기에 기업 |
| | 아리스타라이프사이언스 | 농자재 수입 및 판매 | 일본 기업 |

○ 지식재산권현황

- [특허]Mite composition compring a predatory mite nd immobilized prey contacted with a fungus reducing agent and methods and uses related to the use of said composition (Koppert B. V)
- [특허]Mite rearing methods (BioBest N V)

- [특허]Mite composition, carrier, method for rearing mites and uses related there to (Koppert B. V)
- [특허]System for releasing beneficial mites and uses there of (Koppert B. V)
- [특허]Phytoseiid predatory mite releasing system and method for production (Koppert B. V)
- [특허]Natural enemh insect breeding device (DAIKYO GIKEN KOGYO CO., LTD. ISHIHARA SANGYO KAISHA, LTD.)

○ 표준화현황

- Lenteren van Lenteren (2003) 박사의 저서 『Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures』에서 천적의 품질관리에 대한 기준을 제시
- 국제생물적·종합적방제기구(IOBC, www.iobc-wprs.org)에서 발간된 IOBC Pesticide Side Effect Database는 주요 천전 그룹에 대한 살충제의 독성을 4가지 단계(Class 1 = harmless, R < 30%; Class 2 = slightly harmful, 30 ≤ R < 79%; Class 3 = moderately harmful, 80 ≤ R ≤ 99%; Class 4 = harmful, R > 99%)로 구분하여 제시함
- IOBC에서 『IOBC Internet Book of Biological Control』을 발간하여 천적의 탐색에서 증식, 저장 및 방사에 이르기까지 다양한 연구물을 취합하여 제시하고 있음(2012)
- IOBC Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'에서는 주기적으로 『IOBC-WPRS Bulletin』을 발간하여 저독성약제실험방법 및 결과물을 제시하고 있음(1974~2017)
- Handbook of Insect Rearing (Pritam and Moore, 1985), Principles and Procedures for Rearing High Quality Insects (Schneider, 2009), Mass Production of Beneficial Organisms (Morales-Ramos et al., 2013), Insect Diets (Cohen, 2015)에서 곤충의 사육에 대한 방법을 제시함

| Active ingredient | Product | g/l or kg | Cat. | Test Species | Species Group | Cat. of test | Dose tested (a.i./ha) | IOBC toxicity class | Effects and duration of activity | Field site (crop - country) | Remarks | Ref. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Imidacloprid | Gaucho FS600 | 600 | I | Aleochara bilineata | Soil dwelling predator | Extended lab | 52g | 1 | | | seed dressing | DAR |
| Imidacloprid | Gaucho WS 70 | 700 | I | Aleochara bilineata | Soil dwelling predator | Extended lab | 945g | 1 | | | seed dressing | DAR |
| Imidacloprid | Confidor 200SL | 200 | I | Amblyseius swirskii | Predatory mite | Field aged | 40 g | 3-4 | 3 5DAT, 1 15DAT | | | Van de veire et al., 2001 |
| Imidacloprid | SL200 | 200 | I | Aphidius rhopalosiphi | Parasitic hymenoptera | Extended lab | 1.0g | 4 | | | | DAR |
| Imidacloprid | SL200 | 200 | I | Aphidius rhopalosiphi | Parasitic hymenoptera | Extended lab | 0.32g | 1 | | | | DAR |
| Imidacloprid | SL200 | 200 | I | Aphidius rhopalosiphi | Parasitic hymenoptera | Extended lab | 2x100g (14D) | 4-4 | 4 (0-7DAT), 1 (14DAT) | | | DAR |
| Imidacloprid | SL200 | 200 | I | Aphidius rhopalosiphi | Parasitic hymenoptera | Extended lab | 2x100g (14D) | 4-4 | 4 (0DAT), 3 (7-14DAT), 1 | | | DAR |

【천적 품질관리서(2003)와 살충제에 대한 천적의 독성평가 결과 시트(2013)】

# 제3절. 연구개발 범위

## 1. 연구개발의 목표 및 내용

### 가. 최종목표

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 최종목표 | **천적곤충을 활용한 친환경 농업의 활성화** |

| **신규 천적곤충** 탐색 및 활용 | **기개발된 천적곤충** 탐색 및 활용 |
|---|---|
| 대량생산 및 산업화/현장적용 기술개발 | 업그레이드 현장적용시스템 구축 |

○ 주관기관: ㈜오상킨섹트(책임자: 함은혜)는 방제효과가 검증된 천적곤충의 대량생산 및 현장적용 시스템 개발

※ 선발된 모든 대상 천적의 제품화/산업화 기술개발

○ 협동기관: 경기도농업기술원(책임자: 윤승환)은 신규 천적곤충의 대량생산/현장적용 시스템 개발

※ 곤충자원산업화지원센터를 통해 구축된 모든 기술에 대해 교육지도 및 전국적으로 확산 보급

○ 위탁기관: 안동대학교(책임자: 임언택)는 신규 천적곤충의 방제효과 검증 및 현장 실증 및 문제점 보완 담당

### 나. 세부목표

○ 주요 내용

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 세부목표 | ○ 주요 해충별 적용 가능한 **신규** 토착 천적곤충 탐색 및 선발<br>○ 주요 해충별 방제효과가 검증된 기개발된 천적곤충 탐색 및 선발 |
| | ○ 선발된 신규 천적곤충의 대량 생산 기법 개발 및 **모델화**<br>- 표준화된 사육기술과 시설 및 규격에 대한 기준 『산업곤충 사육기준 및 규격』에 준하여 선발된 천적곤충의 대량 생산 시스템 개발 및 모델화 |

| | |
|---|---|
| | - International Organization for Biological Control 『Quality Control Guidelines for natural enemies』에 준하여 선발된 천적곤충의 품질 관리 시스템 구축<br>○ 선발된 기개발된 천적곤충의 대량생산 기법 개발 **업그레이드/모델화** |
| | ○ 천적곤충의 효율적인 유통시스템 구축 및 산업화 기술개발<br>- 대상 천적별 최적 제품화 형태 및 표준화된 항온(저온)유통 기술개발<br>- 농가 자가생산이 가능한 천적/보조시스템을 대상으로 농가 주도형 **천적 생산 선도 농가 육성** 및 현장적용 시스템 구축<br>- 신규 천적곤충에 대한 저독성 약제 선발<br>- 천적 활용농산물 유통시스템 구축 |
| | ○ 현장보급을 통한 실증 및 문제점 보완/매뉴얼화<br>- 천적 대량생산 및 현장적용을 위한 협력체계 구축 후 현장 실증<br>- 천적곤충 생산 전 과정을 **매뉴얼화** |

○ 신규 천적곤충의 주요 성능치

| 주요성능 | 단위 | 비중(%) | 개발목표치 | 평가방법 |
|---|---|---|---|---|
| Quantity | % | 20 | 100 | IOBC 기준[1)] |
| Mortality | % | 20 | ≤ 5 % | IOBC 기준 |
| Sex-ratio | % | 20 | ≥ 45 % females | IOBC 기준 |
| Fecundity | 개 | 20 | ≥ 7eggs/female/72hours | IOBC 기준 |
| 약제대비효과 | % | 20 | ≥ 60 % | 녹색기술기준[2)] |

1) IOBC Quality Control Guidelines for natural enemies 기준

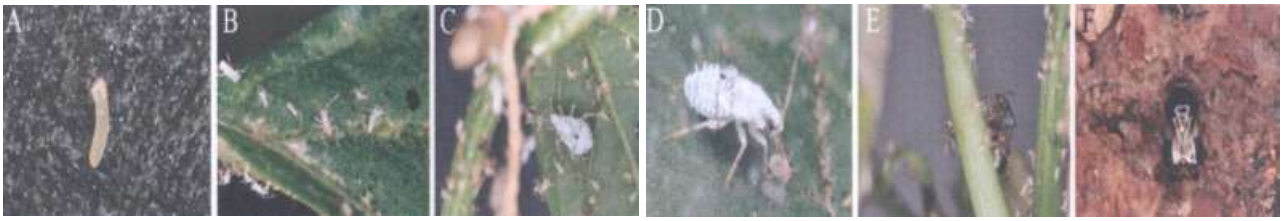
- Quantity ≥ the number of live adults as specified on the label; weekly test
- Mortality <= 5 % of the number of live adults as specified on the label; weekly test
- Sex-ratio ≥ 45 % females; n=100; seasonal test
- Fecundity ≥ 7 eggs/female/72 hours; n=30; annual test

2) 한국산업기술진흥원 녹색기술의 [천적을 활용한 자재]의 기술 수준: 무처리 대비 생물효과 60% 이상이거나 작물보호제 공시약제 대비효과 60% 이상

○ 핵심기술

- **신규** 천적곤충 탐색 및 2종 선발
- 현장적용이 용이한 **기개발된** 천적곤충 탐색 및 2종 이상 선발

- 천적곤충 4종에 대한 대량생산시스템(업그레이드) 구축
- 천적곤충 생산, 현장보급과 실증으로 농가 주도형 천적 이용기술 확립
- 천적곤충 맞춤형 유통시스템 구축
- 신규 천적곤충 품질기준안 마련
- 신규 천적곤충에 대한 저독성 약제 선발



【새꼭지무늬장님노린재의 한 살이(A: 알, B: 1령 약충, C: 3령 약충, D: 종령 약충, E: 성충, F:월동】

【긴날개쐐기노린재의 성장과정(A: 알, B: 2령 약충, C: 4령 약충, D: 종령 약충】

○ 신규 포식성 천적곤충의 적용 범위
- 대상작물: 파프리카, 토마토, 딸기, 가지, 오이, 참외, 고추 등 다양한 작물에 활용가능
- 적용해충: 가루이류, 잎응애류, 진딧물류, 총채벌레류, 잎굴파리류 등 다양한 해충에 적용 가능

○ 신규 기생성 천적곤충의 적용범위
- 대상작물: 포도, 구기자, 산딸기, 베리류 등 다양한 작물에 활용가능
- 적용해충: 벗초파리, 줄무늬초파리, 어리노랑초파리 등 다양한 초파리류에 적용 가능

○ 기 개발된 천적류의 농민자가 천적증식/적용 시스템 적용범위
- 대상작물: 파프리카, 토마토, 딸기, 가지, 오이, 참외, 고추 등 다양한 작물에 활용가능
- 적용해충: 가루이류, 잎응애류, 진딧물류, 총채벌레류, 잎굴파리류 등 다양한 해충에 적용 가능

## 2. 연차별 개발목표 및 내용

### 가. 1차년도

○ 연구개발 목표

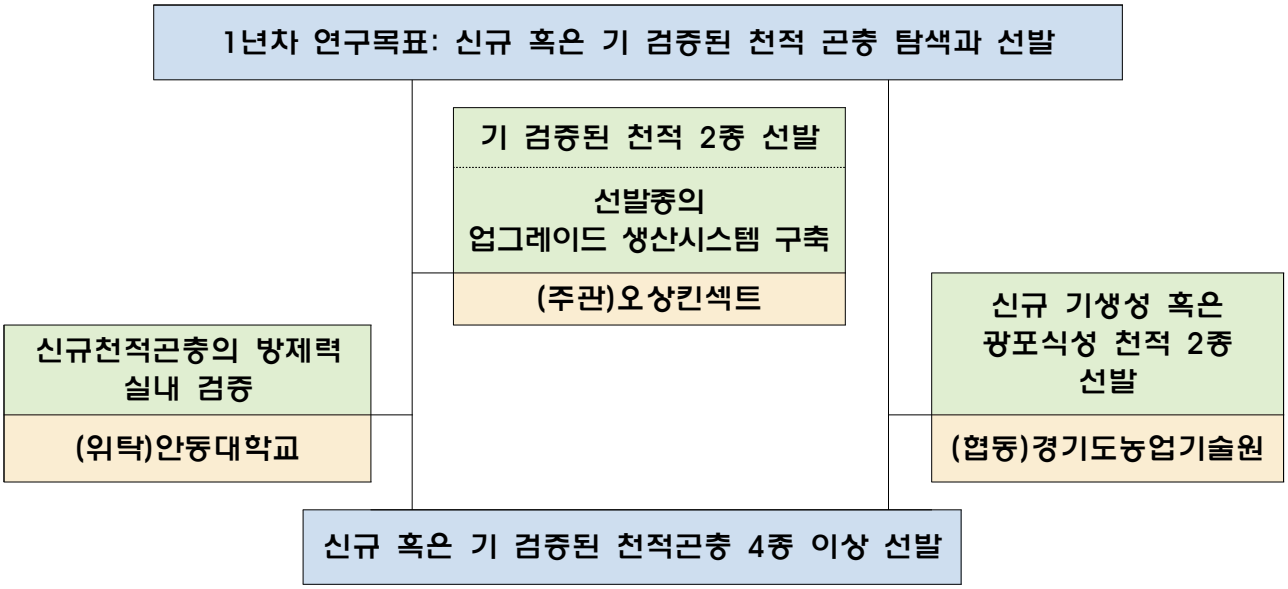
- 주관연구기관(오상킨섹트) : 현장적용이 용이한 기검증된 천적곤충 탐색 및 선발
- 협동연구기관(경기도농업기술원) : 신규 천적곤충 탐색 및 선발
- 위탁연구기관(안동대학교) : 신규 천적곤충의 방제효과 검증

○ 개발 내용 및 범위

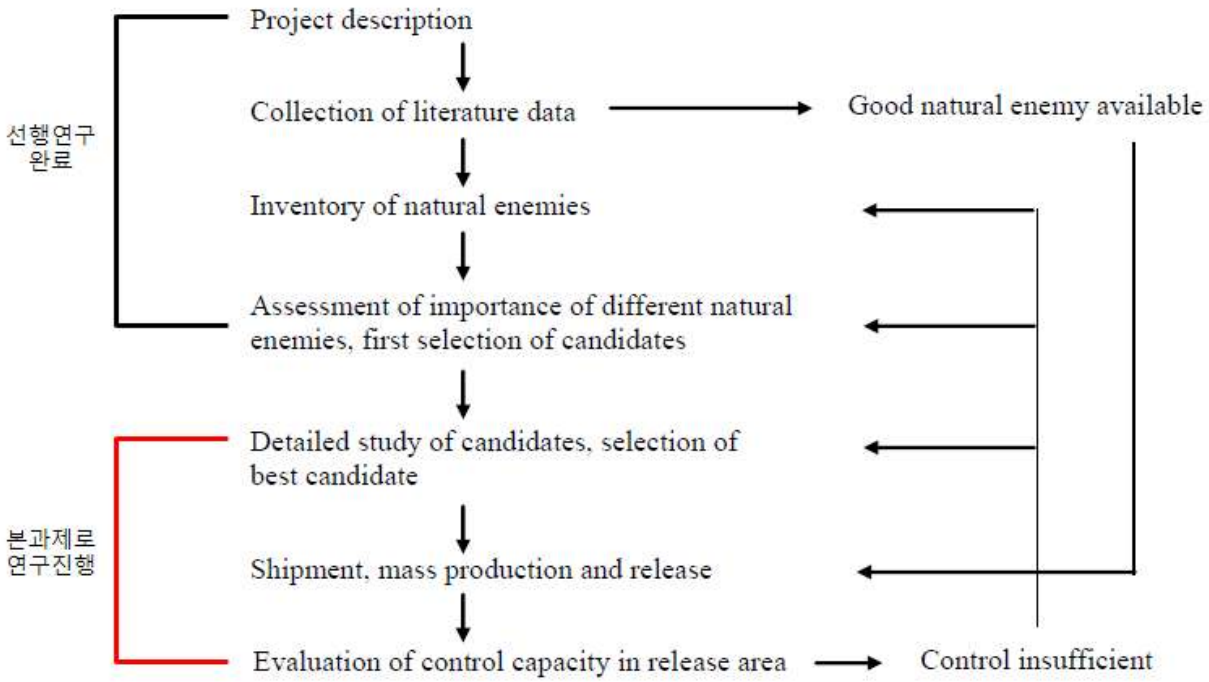
| 연구기관 | 개발내용 및 범위 |
|---|---|
| 주관연구기관<br>(오상킨섹트) | ■ 기검증된 기생성 천적곤충 선발 **(UPGRADE)**<br>- 현장적용이 용이한 방제효과가 검증된 기생성 천적 선발<br>**※ 현장수요조사를 통한 최적의 천적곤충 선발**<br>- 경제적인 업그레이드 생산시스템 구축 → 모델화<br>■ 기 검증된 광포식성 천적곤충 선발 **(UPGRADE)**<br>- 진딧물, 가루이류 등의 다양한 해충 대상 방제효과가 검증된 천적 선발<br>**※ 현장수요조사를 통한 최적의 천적곤충 선발**<br>- 업그레이드 생산시스템 구축 → 모델화 |
| 협동연구기관<br>(경기도농업기술원) | ■ 기생성 신규 천적곤충 특성 구명 **(NEW)**<br>- 난방제 해충인 벗초파리 대상 신규 천적곤충 선발<br>- 기주곤충 벗초파리의 기초생태특성 규명(문헌조사/실내실험 등)<br>**※ 온도별 발육특성, 최적 산란밀도 등 조사**<br>- 대량증식을 위한 벗초파리 배지 개발 및 사육조건 규명<br>- 천적곤충 벗초파리기생벌의 기초생태특성 규명(문헌조사/실내실험 등)<br>**※ 온도별 발육특성, 최적 산란밀도, 기생률 등 조사**<br>- 대량생산을 위한 기초연구 수행: 노동력 절감 및 효율 증진을 위한 증식 천적의 선별 및 수거방법 개발<br>■ 광포식성 천적곤충 신규 탐색 및 선발 **(NEW)**<br>- 진딧물, 가루이류 등의 다양한 해충 대상 신규 천적 선발<br>- 포식성천적 후보종의 기초생태특성 규명(문헌조사/실내실험 등)<br>**※ 온도별 발육특성, 산란수, 포식량 등 조사**<br>**※ 선발기준 : 해충 포식성, 먹이부족시 식물 가해성**<br>**환경영향성 평가가 필요없는 국내 토착종으로 선발** |

| | |
|---|---|
| 위탁연구기관<br>(안동대학교) | ■ 신규천적곤충의 방제력 실내 검증<br>- 기주 범위와 적용 방법에 대한 문헌 조사<br>- 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 확인(실내 포트 실험) |

○ 1차년도 주요 연구에 대한 구성도




○ 천적곤충 신규 종 선발에 대한 단계도(van Lenteren, 2012)와 본 연구의 진행 상황



## 나. 2차년도

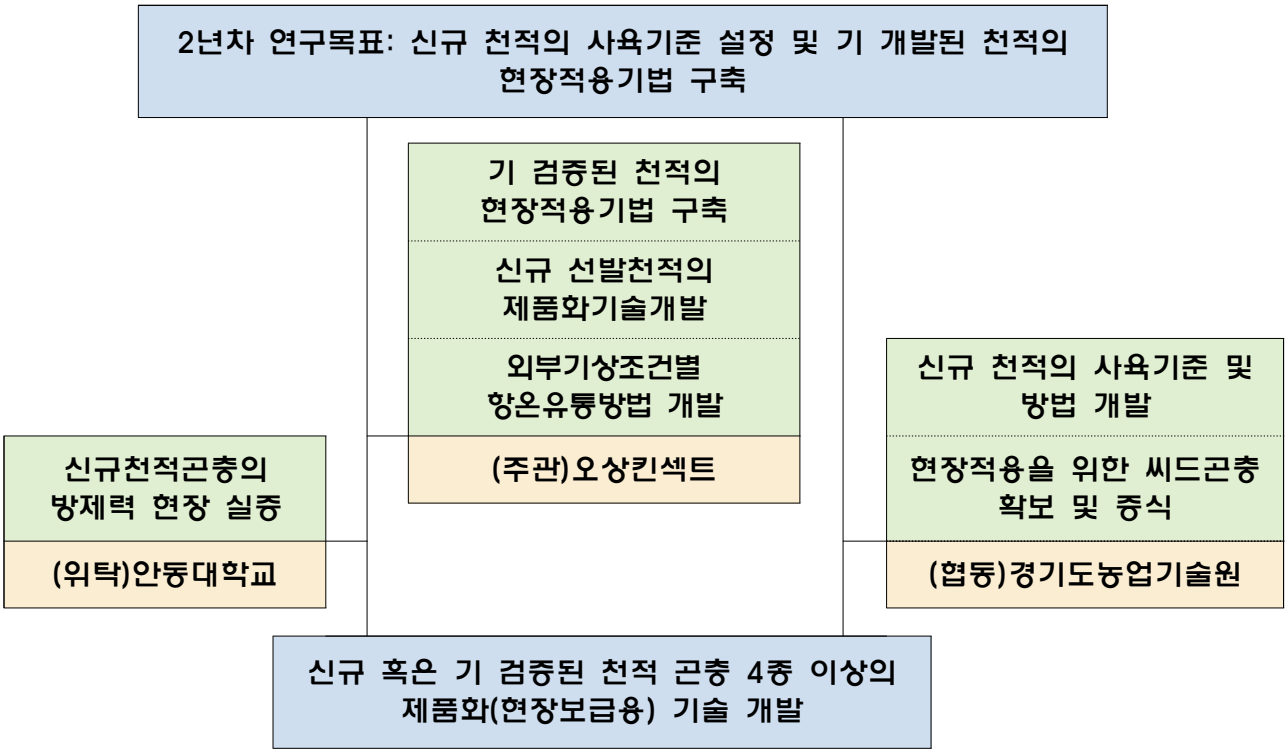
○ 연구개발 목표

- 주관연구기관(오상킨섹트) : 신규 천적의 제품화 기술개발 및 기개발된 천적의 현장적용기법 구축
- 협동연구기관(경기도농업기술원) : 신규 선발 천적의 사육기준 설정
- 위탁연구기관(안동대학교) : 신규 천적곤충의 방제효과 검증

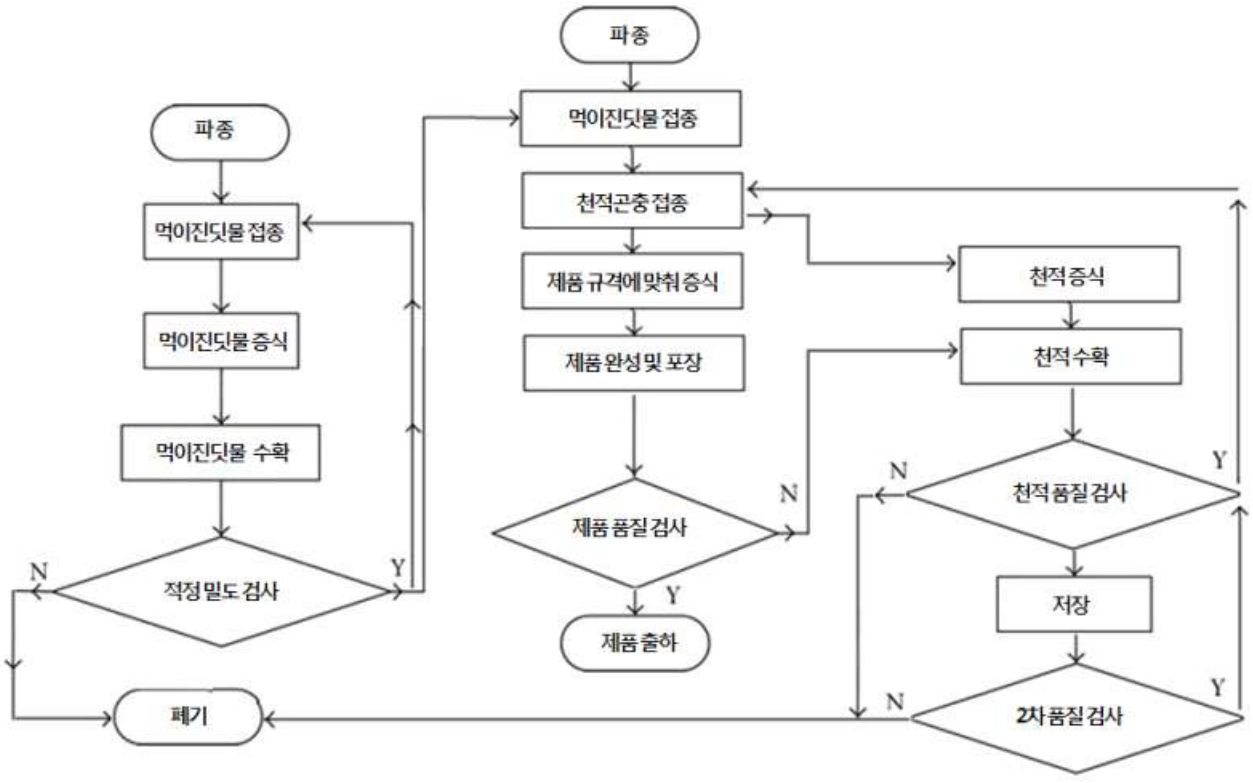
○ 개발 내용 및 범위

| 연구기관 | 개발내용 및 범위 |
|---|---|
| 주관연구기관<br>(오상킨섹트) | ■ 대상 해충별 선발된 기존 기생성/포식성 천적의 현장적용기법 구축<br>- 현장보급을 위한 협력체계 구축 후 현장 실증 → 문제점 보완<br>■ 신규 선발 천적에 대한 최적 제품화 기술개발<br>- 령기별 SCPs 측정<br>- 최적 저온저장 온도 선발<br>- 최적 제품화 형태 선발<br>- 효율적인 유통방법 개발<br>- 품질기준안 마련<br>■ 외부기상조건별 항온(저온)유통방법 개발<br>- 적정온도 유지기법 개발 |
| 협동연구기관<br>(경기도농업기술원) | ■ 선발된 신규 기생성/포식성 천적곤충 대량사육시스템 구축<br>- 곤충사육 환경설정<br>- 기주곤충 증식기술 개발 및 최적 환경조건 구명<br>※ 기주곤충 먹이 공급 체계, 사육밀도, 온도조건 등<br>- 기주곤충과 천적곤충의 생태특성을 고려한 사육방법 개발<br>: 천적곤충의 연중 대량생산을 위한 단계별 시스템 구축<br>: 천적곤충의 사료(대체 먹이), 사육방식 등 경제적인 기술개발<br>- 생산유통을 위한 생산시스템 구축<br>■ 천적 현장적용을 위한 씨드 곤충 확보 및 증식<br>- 진딧물류, 깍지벌레류, 천적곤충 등<br>- 기주곤충 및 천적곤충 우량 종자 최소 유지 및 증식방법 개발 |
| 위탁연구기관<br>(안동대학교) | ■ 신규 천적곤충의 방제효과 현장 실증<br>- 신규 천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) |

○ 2차년도 주요 연구에 대한 구성도




○ 진딧물을 먹이로 한 광포식성 천적의 대량증식 기본 순서도



**다. 3차년도**

○ 연구개발 목표

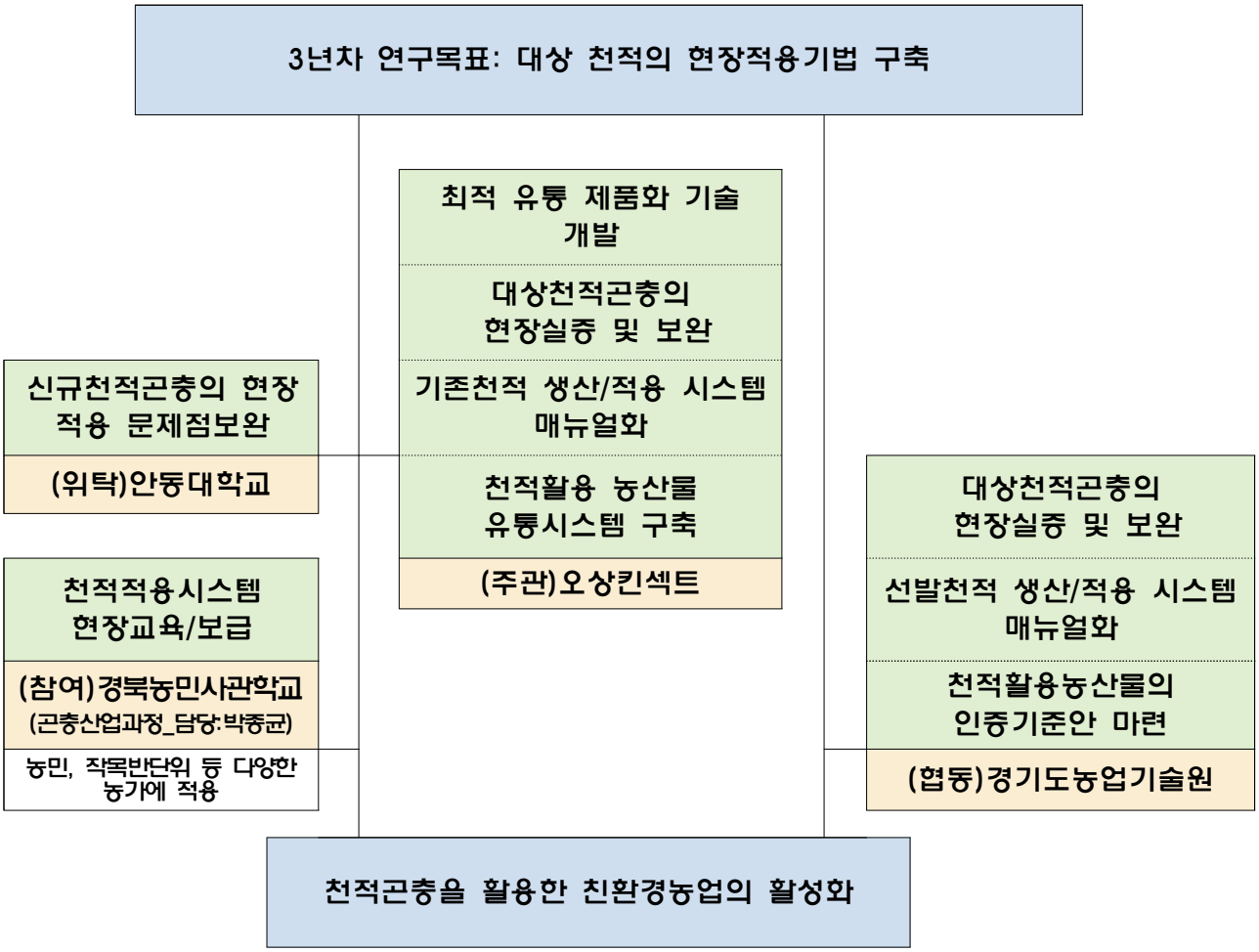
- 주관연구기관(오상킨섹트) : 천적곤충 생산 및 현장적용시스템 구축
- 협동연구기관(경기도농업기술원) : 현장 실증/보완 및 모델/매뉴얼화
- 위탁연구기관(안동대학교) : 대상 천적에 대한 저독성 약제 선발

○ 개발 내용 및 범위

| 연구기관 | 개발내용 및 범위 |
|---|---|
| 주관연구기관<br>(오상킨섹트) | ■ 최적 유통 제품화 기술 개발<br>- 제품화 형태 및 운송방법 등 개발<br>■ 천적곤충의 현장실증 및 문제점 보완<br>**※ 전국 시군의 대리점을 통한 거점농가 선정 및 실증**<br>■ 개발된 천적곤충 생산/적용 전 과정의 매뉴얼화<br>■ 구축된 천적적용시스템 현장 보급(**경북농민사관학교, 작목반** 등)<br>**※ 농가주도형 천적관리기술 현장 컨설팅**<br>■ 천적활용농산물 유통시스템 구축<br>**※ 천적활용농산물의 인증을 통한 소비자 신뢰 구축 및 홍보** |
| 협동연구기관<br>(경기도농업기술원) | ■ 신규 선발된 천적곤충 생산/적용 전 과정의 매뉴얼화<br>- 벗초파리기생벌과 포식성노린재 사육방법 매뉴얼 제작<br>■ 구축된 천적적용시스템 현장 보급<br>- 신규 천적 2종에 대한 사육 및 적용시스템, 매뉴얼 보급<br>- 사육이 용이한 포식성응애류 농가 자가증식기술 현장 보급<br>**※ 농가주도형 천적관리기술 현장 컨설팅**<br>- 천적 생산 산업체와 천적 활용 농가의 유기적 시스템 구축<br>■ 천적활용농산물의 인증기준안 정책건의<br>- 천적활용 농산물의 가치부여 및 소비확대를 위한 기준안 제시<br>- 기대효과: 천적활용 우수 농산물의 지자체 인증<br>→ 향후 타 지자체 인증 확대<br>→ 중앙기관 또는 경기지역곤충자원산업화지원센터에 의한 전국단위 인증 확대 |
| 위탁연구기관 | ■ 신규천적곤충의 현장 적용 문제점 보완 |

| | |
|---|---|
| (안동대학교) | - 신규천적곤충 적용시의 문제점 확인 및 해결책 제시(천적 적용 환경조건)<br>- 천적과 다른 방제제와의 교효성 향상을 위한 저독성 약제 선발 |

○ 3차년도 주요 연구에 대한 구성도




○ 천적활용농산물의 유통 시스템 구축을 위한 천적활용농산물의 인증 마크(예시)

【다양한 기관에서 추진하고 있는 환경 친화 인증 마크】

# 제2장. 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발(함은혜, ㈜오상킨섹트)

## 제1절. 방제효과가 검증된 천적곤충 2종의 현장적용 시스템 개발

### 1. 연구목표

방제효과가 검증되어 기활용되고 있는 기생성과 포식성 천적 각 1종의 현장 적용성 제고를 위한 현장적용 시스템 개발

### 2. 연구내용

#### 가. 대상 천적곤충 선발

본 과제의 대상 종을 선발하기 위해서, 3년 이상 지속적으로 천적을 이용한 37개 농업현장을 대상으로 천적 활용실태 조사를 진행하였다. 실태조사를 통해서 주 재배작물과 천적사용 현황을 도식화하고 천적의 현장적용 시스템 개발 시 고려되어야 하는 사항을 정리하였다.

#### 나. 현장적용 시스템 관련 기술정보 수집 및 분석

해충 방제를 위한 천적 적용 관련 업계의 주요경쟁자를 대상으로 본 과제를 수행하면서 개발할 기술들이 기발명된 기술의 특허를 침해하지 않는지 천적 적용에 관한 기술정보 수집 및 분석을 진행하였다. 분석 결과 특허 침해의 우려가 있는 경우, 회피방안을 마련하여 천적곤충 2종의 현장적용 시스템을 구축할 계획이다.

#### 다. 천적곤충 2종의 현장적용 시스템 개발

천적 활용실태 조사결과, 활용도가 가장 높은 천적 2종을 대상으로 농업현장에서 자가생산이 가능한 시스템을 구축하고자 본 연구를 수행하였다. 농업현장에 천적을 성공적으로 정착시켜 방제효과를 높이면서, 해충의 발생 예찰 없이 천적 적용이 가능하도록 천적의 서식처를 활용하였다. 또한, 각 천적의 공정별 현장 관리가 가능하도록 구체적인 관리방법과 순서도를 구축하였다.

## 3. 연구결과

### 가. 대상 천적곤충 선발

3년 이상 천적곤충을 이용한 37개 농가를 대상으로 천적 활용실태 조사 결과, 토마토를 가장 많이 재배하고 있는 것으로 확인되었다(32%)(**Fig. 2-1; 2-2**). 진딧물류를 방제하기 위해 천적이 가장 많이 사용되었으며(39%), 가장 많이 사용된 천적 제품으로는 담배장님노린재(30%), 미끌애꽃노린재(25%)와 콜레마니진디벌(24%) 순으로 조사되었다. 상기 조사결과, 본 연구를 위한 대상 천적으로 진딧물류 방제를 위한 기생성 천적 콜레마니진디벌과 총채벌레류 등 다양한 미소 해충의 포식성 천적 미끌애꽃노린재가 선발되었다(**Fig. 2-3**). 또한, 천적의 현장적용 시스템 개발 시 고려되어야 하는 사항으로는, 낮은 방제 비용이 39.4%로 가장 많았으며, 다음으로 뛰어난 방제효율(28.7%)과 쉬운 적용기법(24.6%) 순으로 응답하였다(**Fig. 2-4**).

**Fig. 2-1.** 현장조사 관련 사진

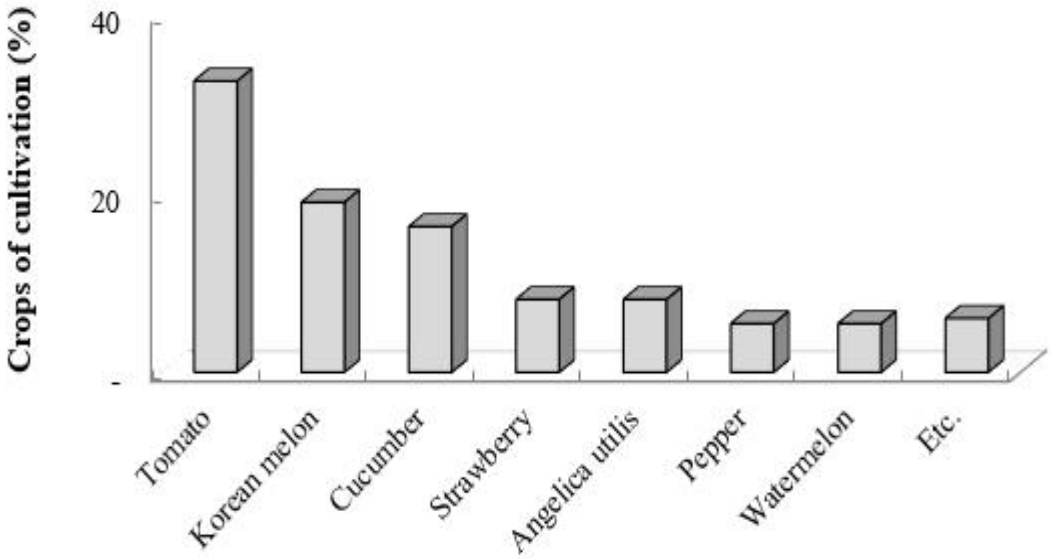



**Fig. 2-2.** 현장조사 대상 농가의 재배작물 현황(%)

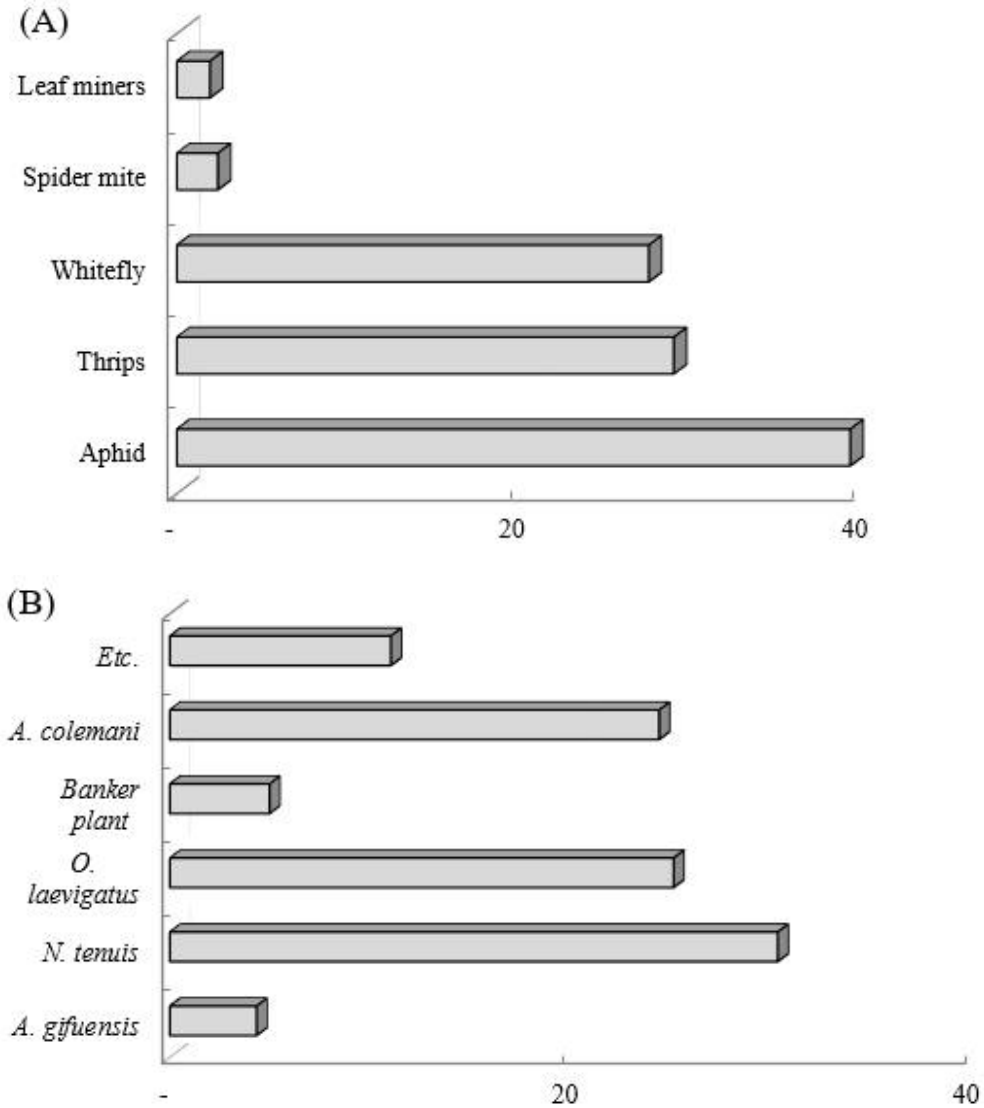



**Fig. 2-3.** 현장조사 대상 농가의 발생 해충(A)과 천적 제품(B) 사용 현황(%)

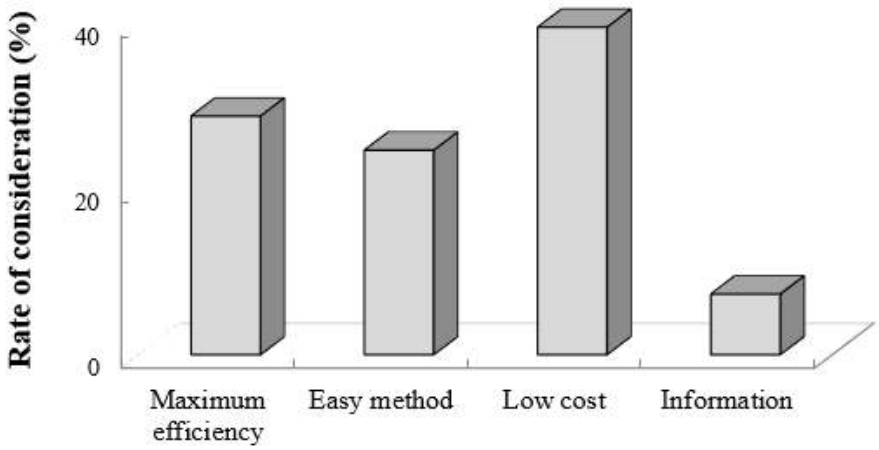



**Fig. 2-4.** 천적의 현장적용 시스템 개발 시 우선 고려되어야 할 사항(%)

## 나. 현장적용 시스템 관련 기술정보 수집 및 분석

### 1) 천적 현장적용에 관한 기술정보 수집 및 분석

해충 방제를 위한 천적 적용 관련 주요 업체인 네덜란드의 Koppert사는 미래 농산업의 발전과 지구의 건강을 위해 해충, 질병, 해충 방제, 재배법과 종자 관리에 관한 활발한 연구를 진행하고 있으며, 특허 확보에도 집중하는 것으로 조사되었다. 이에 Koppert사의 천적 적용에 관한 기술정보를 수집했으며, 보유 특허리스트는 **Table 2-1**과 같다.

**Table 2-1**. Koppert사의 보유 특허 리스트

| 국가 | 발명의 명칭 | 출원번호 | 출원일 |
|---|---|---|---|
| PCT | METHOD FOR FEEDING SOCIAL INSECTS AND FEEDING DEVICE FOR SOCIAL INSECTS | PCT-NL2003-000619 | 2003-09-04 |
| KR | 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애의 사육 방법,상기 포식성 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2007-7017574 | 2004-12-31 |
| KR | 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애인 지중해이리응애의 사육 방법, 상기 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SWIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2007-7017576 | 2004-12-31 |
| KR | 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애인 지중해이리응애의 사육 방법, 상기 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SWIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2010-7000050 | 2004-12-31 |
| KR | 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애의 사육 방법, 상기 포식성 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2013-7002762 | 2004-12-31 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| KR | 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애인 지중해이리응애의 사육 방법, 상기 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SWIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2013-7002765 | 2004-12-31 |
| KR | 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애인 지중해이리응애의 사육 방법, 상기 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SWIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2014-7010963 | 2004-12-31 |
| US | Mite composition, use thereof, method for rearing the phytoseiid predatory mite *Amblyseius sirskii*, rearing system for rearing said phytoseiid mite and methods for biological pest control on a crop | 11/793578 | 2004-12-31 |
| US | Mite composition, use thereof, method for rearing a phytoseiid predatory mite, rearing system for rearing said phytoseiid predatory mite and methods for biological pest control on a crop | 11/793579 | 2004-12-31 |
| CN | Mite composition and its use, method for breeding predatory phytoseiidae mite and breeding system used for breeding the same, method for biotic control of pest on crop | 200480044864 | 2004-12-31 |
| CN | Mite composition and its use, method for breeding predatory phytoseiidae mite such as *Pagumogonimus cucumeris* and breeding system used for breeding the same, method for biotic control of pest on crop | 200480044865 | 2004-12-31 |
| EP | MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | 2004-808845 | 2004-12-31 |
| EP | MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SWIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | 2004-808846 | 2004-12-31 |
| JP | 진드기 구성물, 그 사용, 포식성 흑화 진드기를 사육하기 위한 방법, 상기 포식성 흑화 진드기를 사육하기 위한 사육 시스템 및 작물에 대한 생물학적 해충 방제 방법 | 2007-549288 | 2004-12-31 |
| JP | 진드기 구성물, 그 사용, 포식성 흑화 진드기 *Amblyseiusswirskii*를 사육하기 위한 방법, 상기 포식성 흑화 진드기를 사육하기 위한 사육 시스템 및 작물에 대한 생물적 해충 방제 방법 | 2007-549289 | 2004-12-31 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| EP | Mite composition, use thereof, method for rearing the phytoseiid predatory mite *Amblyseius swirskii,* rearing system for rearing said phytoseiid mite and methods for biological pest control on a crop | 2008-075751 | 2004-12-31 |
| CN | Mite composition, usage, mite feeding method, mite feeding system and insect control method | 2015-10189159 | 2004-12-31 |
| PCT | MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | PCT-NL2004-000929 | 2004-12-31 |
| PCT | MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | PCT-NL2004-000930 | 2004-12-31 |
| KR | 고기진드기 및 이리응애를 포함하는 응애 조성물, 그의용도, 포식성 이리응애의 사육 방법, 포식성 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제방법(MITE COMPOSITION COMPRISING GLYCYPHAGIDAE AND PHYTOSEIID MITES, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2008-7018509 | 2005-12-29 |
| KR | 고기진드기 및 이리응애를 포함하는 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애의 사육 방법, 포식성 이리응애를 사육하는 사육 시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(MITE COMPOSITION COMPRISING GLYCYPHAGIDAE AND PHYTOSEIID MITES, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP) | 10-2014-7026002 | 2005-12-29 |
| US | Mite composition comprising Glycyphagidae and phytoseiid mites, use thereof, method for rearing a phytoseiid predatory mite, rearing system for rearing said phytoseiid predatory mite and methods for biological pest control on a crop | 12/158447 | 2005-12-29 |
| CN | Mite composition containing sweet-mite-eating species and phytoseiid mite, purpose thereof, method for breeding predatism phytoseiid mite, breeding system for breeding the predatism phytoseiid miteand | 2005-80052561 | 2005-12-29 |
| EP | MITE COMPOSITION COMPRISING GLYCYPHAGIDAE AND PHYTOSEIID MITES, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | 2005-825571 | 2005-12-29 |
| JP | 니크다니과 진드기 및 흑화 진드기를 포함한 진드기 구성물, 그 사 | 2008-548446 | 2005-12-29 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 용, 포식성 흑화 진드기를 사육하기 위한 방법, 상기 포식성 흑화 진드기를 사육하기 위한 사육 시스템 및 작물에 대한 생물학적 해충 방제 방법 | | |
| PCT | MITE COMPOSITION COMPRISING GLYCYPHAGIDAE AND PHYTOSEIID MITES, USE THEREOF, METHOD FOR REARING A PHYTOSEIID PREDATORY MITE, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID PREDATORY MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | PCT-NL2005-000899 | 2005-12-29 |
| EP | USE OF A DEVICE FOR DISTRIBUTING BENEFICIAL ARTHROPODS | 2007-747312 | 2007-05-15 |
| PCT | METHOD AND DEVICE FOR DISTRIBUTING BENEFICIAL ARTHROPODS | PCT-NL2007-000130 | 2007-05-15 |
| JP | 진드기 구성물, 그 사용, 포식성 흑화 진드기 *Amblyseiusswirskii*를 사육하기 위한 방법, 상기 포식성 흑화 진드기를 사육하기 위한 사육 시스템 및 작물에 대한 생물적 해충 방제 방법 | 2011-001216 | 2011-01-06 |
| KR | 포식성 이리응애 방사 시스템 및 생산 방법(Phytoseiid predatory mite releasing system and method for production) | 10-2014-7010390 | 2012-09-19 |
| US | Phytoseiid predatory mite releasing system and method for production | 14/345606 | 2012-09-19 |
| EP | PHYTOSEIID PREDATORY MITE RELEASING SYSTEM AND METHOD FOR PRODUCTION. | 2012-769756 | 2012-09-19 |
| JP | 포식성 흑화 진드기 방출 시스템 및 제작 방법. | 2014-531749 | 2012-09-19 |
| PCT | PHYTOSEIID PREDATORY MITE RELEASING SYSTEM AND METHOD FOR PRODUCTION. | PCT-NL2012-050663 | 2012-09-19 |
| PCT | IMPROVED METHODS AND USES RELATED TO REARING OF A ZOOPHYTOPHAGOUS INSECT AND CROP PROTECTION | PCT-NL2012-050683 | 2012-09-28 |
| KR | 포식성 응애 및 진균 감소제와 접촉된 고정화된 먹이를 포함하는 응애 조성물 및 상기 조성물의 사용과 관련된 방법 및 용도(MITE COMPOSITION COMPRISING A PREDATORY MITE AND IMMOBILIZED PREY CONTACTED WITH A FUNGUS REDUCING AGENT AND METHODS AND USES RELATED TO THE USE OF SAID COMPOSITION) | 10-2014-7021658 | 2012-10-23 |
| KR | 응애 조성물, 담체, 응애의 사육 방법 및 이와 관련된 용도(MITE COMPOSITION, CARRIER, METHOD FOR REARING MITES AND USES RELATED THERETO) | 10-2014-7021659 | 2012-10-23 |
| US | Mite composition comprising a predatory mite and immobilized prey contacted with a fungus reducing agent and methods and uses related to the use of said composition | 14/370624 | 2012-10-23 |
| US | Mite composition, carrier, method for rearing mites and uses related thereto | 14/370849 | 2012-10-23 |
| EP | Mite composition comprising a predatory mite and immobilized prey contacted with a fungus reducing agent and methods and uses related | 2012-189587 | 2012-10-23 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | to the use of said composition | | |
| EP | MITE COMPOSITION, CARRIER, METHOD FOR REARING MITES AND USES RELATED THERETO | 2012-783358 | 2012-10-23 |
| JP | 포식성 진드기와 진균 억제제에 접촉하고 있는 부동화된 먹이를 포함한 진드기 조성물 및 상기 조성물 사용에 관한 방법 및 사용 | 2014-551218 | 2012-10-23 |
| JP | 진드기를 사육하기 위한 진드기 조성물, 담체, 방법 및 이들에 관계하는 사용 | 2014-551219 | 2012-10-23 |
| EP | MITE COMPOSITION, CARRIER, METHOD FOR REARING MITES AND USES RELATED THERETO | 2016-176713 | 2012-10-23 |
| PCT | Mite composition comprising a predatory mite and immobilized prey contacted with a fungus reducing agent and methods and uses related to the use of said composition | PCT-NL2012-050736 | 2012-10-23 |
| PCT | MITE COMPOSITION, CARRIER, METHOD FOR REARING MITES AND USES RELATED THERETO | PCT-NL2012-050737 | 2012-10-23 |
| EP | Bioactive protein, use thereof and method for its production | 2014-156146 | 2014-02-21 |
| EP | Device for confining Bumblebees, use of a laminate material for confining bumblebees and method for confining bumblebees | 2014-162349 | 2014-03-28 |
| JP | 땅벌을 가두는 방법 및 이를 위한 디바이스 및 라미네이트 재료의 사용 | 2016-512867 | 2014-05-01 |
| PCT | DEVICE FOR CONFINING BUMBLEBEES, USE OF A LAMINATE MATERIAL FOR CONFINING BUMBLEBEES AND METHOD FOR CONFINING BUMBLEBEES | PCT-NL2014-050281 | 2014-05-01 |
| US | Device for confining Bumblebees, use of a laminate material for confining bumblebees and method for confining bumblebees | 14/269035 | 2014-05-02 |
| US | Bioactive Protein, Use Thereof and Method for its Production | 15/120456 | 2015-02-23 |
| EP | BIOACTIVE PROTEIN, USE THEREOF AND METHOD FOR ITS PRODUCTION | 2015-708905 | 2015-02-23 |
| PCT | BIOACTIVE PROTEIN, USE THEREOF AND METHOD FOR ITS PRODUCTION | PCT-NL2015-050115 | 2015-02-23 |
| JP | 포식성 진드기와 진균 억제제에 접촉하고 있는 부동화된 먹이를 포함한 진드기 조성물 및 상기 조성물의 사용에 관한 방법 및 사용 | 2016-245583 | 2016-12-19 |
| KR | 유익한 응애를 방출하는 시스템 및 그의 용도(The system and the use thereof emitting the profitable *Tetranychus urticae)* | 10-2018-7023074 | 2017-01-16 |
| EP | SYSTEM FOR RELEASING BENEFICIAL MITES AND USES THEREOF | 2017-151679 | 2017-01-16 |
| EP | SYSTEM FOR RELEASING BENEFICIAL MITES AND USES THEREOF | 2017-206420 | 2017-01-16 |
| PCT | SYSTEM FOR RELEASING BENEFICIAL MITES AND USES THEREOF | PCT-NL2017-050022 | 2017-01-16 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| US | Phytoseiid Predatory Mite Releasing System and Method for Production | 15/608713 | 2017-05-30 |
| JP | 진드기를 사육하기 위한 진드기 조성물, 담체, 방법 및 이들에 관련된 사용 | 2017-195644 | 2017-10-06 |
| PCT | IMPROVED METHOD AND DEVICE FOR DISTRIBUTING A PARTICULATE MATERIAL | PCT-NL2018-050086 | 2018-02-07 |

Koppert는 유럽 외에도 일본, 한국, PCT, 미국 등 다양한 국가에서 활발한 특허출원 활동을 하고 있으며, 등록 특허인 응애 조성물, 그의 용도, 포식성 이리응애인 지중해이리응애의 사육 방법, 상기 이리응애를 사육하는 사육시스템 및 작물에서의 생물학적 해충 방제 방법(KR 10-1014095), 진드기 구성물, 그 사용, 포식성 진드기 *Amblyseius swirskii*를 사육하기 위한 방법, 상기 포식성 진드기를 사육하기 위한 사육시스템 및 작물에 대한 생물적 해충 방제 방법 (JP4898703), PESTICIDE AGAINST PLANT-PATHOGENIC MICROORGANISMS (EP1028628) 등이 권리를 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 유럽 내에서 아래와 같이 다양한 특허 분쟁이 이루어지고 있었다(**Table 2-2**). 그러나 본 연구로 구축될 진디벌과 애꽃노린재류 생산시스템 관련한 특허 기술은 찾아볼 수 없었다

**Table 2-2**. 특허 분쟁 대상 제품 기술요소 및 상세설명

| 문헌번호 | 문헌일 | 출원번호 | 출원일 | 발명의 명칭 | 이의신청인 |
|---|---|---|---|---|---|
| EP 2800467 B1 | 2016.06.29 | 2012-783358 | 2012.10.23 | MITE COMPOSITION, CARRIER, METHOD FOR REARING MITES AND USES RELATED THERETO | Biobest Belgium NVKoppert B.V. |
| EP 2612551 B1 | 2014.11.05 | 2012-189587 | 2012.10.23 | Mite composition comprising a predatory mite and immobilized prey contacted with a fungus reducing agent and methods and uses related to the use of said composition | Agrobio S.L. 외 2Koppert B.V. |
| EP 2018100 B1 | 2012.08.08 | 2007-747312 | 2007.05.15 | USE OF A DEVICE FOR DISTRIBUTING BENEFICIAL ARTHROPODS | Biobest Belgium NVKoppert B.V. |
| EP 1686849 B1 | 2008.10.08 | 2004-808846 | 2004.12.31 | MITE COMPOSITION, USE THEREOF, METHOD FOR REARING THE PHYTOSEIID PREDATORY MITE AMBLYSEIUS SWIRSKII, REARING SYSTEM FOR REARING SAID PHYTOSEIID MITE AND METHODS FOR BIOLOGICAL PEST CONTROL ON A CROP | EWH BioProduction ApS 외 2Koppert B.V. |

**2) 총채벌레류 해충 방제를 위한 트랩식물에 관한 특허정보 조사**

자사에서 개발하여 확보한 해충 방제를 위한 트랩식물은 구체적으로 총채벌레류 해충을 유인하는 유인식물 및 상기 유인식물에 부착된 총채벌레류 해충의 천적 알, 천적의 먹이를 포함하는 총채벌레류 해충 방제를 위한 트랩식물에 대한 것이다. 또한, 상기 유인식물로는 보리, 호밀, 겨자, 갓, 자운영, 헤어리베치, 회향, 메밀, 유채, 개망초, 망초, 클로버, 가지, 채송화, 돌나물, 국화, 깨, 로즈마리, 애플민트 및 홍옥으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상일 수 있으며, 상기 총채벌레류의 천적은 미끌애꽃노린재, 으뜸애꽃노린재 등의 애꽃노린재류, 지중해이리응애, 총채가시응애, 마일스응애, 오이이리응애 및 나팔이리응애 등으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상일 수 있다.

또한, 상기 유인식물은 뿌리째 뽑거나, 줄기를 자르거나, 잎을 잘라서 사용할 수 있고, 상기 유인식물의 크기는 5 내지 20 cm인 것이 바람직하나 다만 이에 한정되진 않으며, 상기 유인식물은 개화 전 꽃봉오리를 포함할 수 있다. 본 발명의 총채벌레류 해충 방제를 위한 트랩식물에 있어서, 상기 총채벌레류 해충의 천적 알은 상기 유인식물을 상기 천적의 서식 환경에 노출시켜, 상기 천적이 상기 유인식물에 알을 낳게 하여 수득 될 수 있으며, 본 기술의 상세설명은 **Table 2-3**과 같다.

**Table 2-3**. 대상 제품 기술요소 및 상세설명

| 대상 제품 기술요소 | | | 상세설명 |
|---|---|---|---|
| 대분류 | 중분류 | 소분류 | |
| 해충방제를 위한 트랩식물 | 해충 방제를 위한 천적 서식 트랩식물 | 해충 유인식물 | 해충을 유인하는 유인식물로, 채송화, 돌나물, 가지, 국화, 애플민트, 로즈마리, 홍옥 등을 이용함 |
| | | 해충의 천적 알 및 먹이 | 해충의 천적인 미끌애꽃노린재, 으뜸애꽃노린재, 지중해이리응애, 마일스응애, 총채가시응애 등의 알과 먹이를 포함함 |

해충방제를 위한 트랩식물 기술에 대하여 해충 유인식물 및 해충의 천적 알 및 먹이 관련 기술에 대한 검색식을 작성하고 관련 특허를 검색한 결과, 총 123건의 유효특허를 확보했으며, 이들 유효특허 중 자사 제품이 침해할 가능성이 있는 문제특허를 8건 선별하고 침해 가능성이 높아 심층 분석이 필요한 분쟁위험 특허에 대하여 구성요건완비의 원칙, 균등론, 출원경과참작 등을 고려하여 침해여부를 판단한 결과 침해가 성립하지 않음을 확인할 수 있었다(**Table 2-4; 2-5; 2-6**).

**Table 2-4**. 대상기술의 검색범위

| 자료 구분 | 국 가 | 검색 DB | 분석구간 | 검색범위 |
|---|---|---|---|---|
| 출원・공개특허 (출원・공개일 기준) | 미국특허 (USPTO) | WINTELIPS | ~ 2018.10 | 특허공개 및 등록 전체문서 |
| | 일본특허 (JPO) | WINTELIPS | | 특허공개 및 등록 전체문서 |
| | 유럽특허 (EPO) | WINTELIPS | | 특허공개 및 등록 전체문서 |
| | 중국특허 (SIPO) | WINTELIPS | | 특허공개 및 등록 전체문서 |

**Table 2-5**. 대상기술에 관한 검색식

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 키워드 | 검색식 |
|---|---|---|---|---|
| 해충 방제를 위한 트랩 식물 | 해충 방제를 위한 천적 서식 트랩 식물 | 해충 유인 식물 | 유인 이끌어 이끄 이끎 유혹 이끄 이끔 유인 트랩 트렙 포획 포착 포집 콜렉터 컬랙터 콜랙터 캣쳐 켑쳐 채집 캐쳐 미끼 서식 서식지 생존 거주 거주지 식물 초목 식생 식재 작물 목본 식목 나무 트리 꽃 플라워 초본 벌레 해충 곤충 모기 벌래 날파리 유충 나방 날벌레 바퀴벌레 선충 진드기 버민 파리 인섹트 충류 벅스 trap-tree temptation-tree lure-tree allurement-tree enticement-tree seduction-tree tempt-tree lure-tree entice-tree seduce-tree luring-tree attract-tree entice-tree trap-plant temptation-plant lure-plant allurement-plant enticement-plant seduction-plant tempt-plant lure-plant entice-plant seduce-plant luring-plant attract-plant entice-plant insect vermin pest bug bugs moth flies mayfly mothproof mosquito | (((유인* 이끌어* 이끄* 이끎* guide* attract* 유혹* 이끄* 이끔* entice* tempt* 유인* 트랩* 트렙* trap* 포획* 포착* 포집* 콜렉터* 컬랙터* 콜랙터* catcher* 캣쳐* 켑쳐* 채집* 캐쳐* 미끼* 서식* 서식지* 생존* 거주* 거주지*) near2 (식물* 초목* 식생* 식재* 작물* 목본* 식목* plant* 나무* tree* 트리* 꽃* 플라워* 초본*)) and ( 벌레* 해충* 곤충* 모기* 벌래* 날파리* 유충* 나방* 날벌레* 바퀴벌레* 선충* 진드기* 버민* 파리* 인섹트* 충류* 벅스*)) ((trap* temptation* lure* allurement* enticement* seduction* tempt* lure* entice* seduce* luring* attract* entice*) near3 (tree* plant* vegetation*)) AND ( insect* vermin* pest* bug* bugs* moth* flies* mayfly* mothproof* mosquito*) |
| | | 해충의 천적 알 및 먹이 | 해충 천적 알 에그 새끼 번식 부화 먹이 사료 harmful-insect harmful-bug pest vermin natural-enemy natural-enemies natural-predator egg breeding breed cultivat cultivation incubat incubation feed feedstuff | (해충* (harmful* adj (insect* bug*)) pest vermin*) and (천적* (natural* near (enemy* enemies* predator*)) ((해충* (harmful* adj (insect* bug*)) pest vermin*) and (알* 에그* 새끼* 번식* 부화* egg* breeding* breed* cultivat* cultivation* incubat* incubation* 먹이* 사료* feed* feedstuff*)) |

**Table 2-6**. 문제특허 리스트

| no. | 공개/등록번호 | 출원일 | 출원인 | 법적 상태 | 발명의 명칭 | 분석결과 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | JP 6389286 | 2017.01.11. | SEMCO CO LTD | 등록 | 비상 곤충 포획구 | 침해 가능성 낮음 |
| **2** | CN 103704068 | 2013.07.17. | UNIV FUJIAN AGRIC & FOREST | 등록 | Tea leaf production technology using various trap crops to cooperatively control insect attack | 상세분석필요 |
| **3** | JP 4255085 | 2006.03.31 | YAMAGUCHI PREFECTURE | 등록 | 해충 유인 장치 및 그 천적방사장치 | 침해 가능성 낮음 |
| **4** | CN 001184879 | 2002.07.31. | Beijing Botanical Garden C | 등록 | Scaled breeding for semanotus bifasciatus and application in biological preventing and controlling pest-insect | 침해 가능성 낮음 |
| **5** | EP 0784421 | 1995.09.14. | UNIV CALIFORNIA | 등록 | PEST TRAP PLANTS AND CROP PROTECTION | 상세분석필요 |
| **6** | JP 5929546 | 2012.06.22 | NAT AGRICULTURAL RES ORG | 등록 | 진드기류의 천적 곤충 사육 방법 | 상세분석필요 |
| **7** | JP 5690986 | 2013.08.22. | KAGAWA UNIV | 등록 | 해충 집적 장치 및 해충 집적 방법 | 침해 가능성 낮음 |
| **8** | JP 4688300 | 2001.01.19. | SUMIKA ENVIRO SCIENCE CO LTD | 등록 | 해충 유인성 독성제 | 침해 가능성 낮음 |

- 분쟁위험 특허 1의 분석결과

| **공개/등록번호** | CN 103704068 | **대응방향** | 비침해 |
|---|---|---|---|
| **출원일/등록일** | 2013.07.17. / 2015.10.14. | **출원인** | UNIV FUJIAN AGRIC & FOREST |
| **법적상태** | 등록<br>(예상만료일: 2033.07.17.) | **패밀리 현황** | - |
| **발명의 명칭** | Tea leaf production technology using various trap crops to cooperatively control insect attack | | |

| **청구항 구성요소** | **자사 제품 구성요소** | **분석** |
|---|---|---|
| 식물 재배지에 트랩식물을 재배함 | 유인식물에 부착된 해충 천적의 알, 먹이를 포함하는 트랩식물 | △ |

| | | |
|---|---|---|
| 해충을 유인하는 트랩식물로 bermuda grass, *Paspalum distichum*, fern, wild oat, *Triticum tauschii.* 이용 | 유인식물로 채송화, 돌나물, 홍옥 등 사용 | X |

| 검토 |
|---|
| CN 103704068 특허의 Tea leaf production technology using various trap crops to cooperatively control insect attack 특허는 트랩식물 및 트랩식물로 bermuda grass, *Paspalum distichum*, fern, wild oat, *Triticum tauschii* 등을 사용하는 기술이 개시되어 있음<br>자사의 실시품은 본 특허와 유사하게 유인식물에 부착된 해충 천적의 알, 먹이를 포함하는 트랩식물 및 유인식물로 채송화, 돌나물, 홍옥 등 사용한다는 점이 기재되어 있어 일부 유사함. 이와 같이, 자사의 실시품이 본 특허와 동일하거나 유사한 구성을 포함하고 있으나, 본 특허의 트랩식물의 종류인 bermuda grass, *Paspalum distichum*, fern, wild oat, *Triticum tauschii*. 등을 포함하고 있지 않으므로 침해가 성립하지 않음 |

- 분쟁위험 특허2의 분석 결과

| | | | |
|---|---|---|---|
| **공개/등록번호** | EP 0784421 | **대응방향** | 비침해 |
| **출원일/등록일** | 1995.09.14. / 2002.01.23. | **출원인** | UNIV CALIFORNIA |
| **법적상태** | 등록 (예상만료일: 2019.10.12) | **패밀리 현황** | - |
| **발명의 명칭** | PEST TRAP PLANTS AND CROP PROTECTION | | |

| 청구항 구성요소 | 오상킨섹트 제품 구성요소 | 분석 |
|---|---|---|
| 제 1식물에 인접하게 제 2식물을 심는 것으로, 제 2식물은 해충을 유인하는 유전자를 포함함 | 해충을 유인하는 유인식물로 채송화, 돌나물, 가지, 국화 등을 포함함 | X |

| 검토 |
|---|
| EP 0784421 PEST TRAP PLANTS AND CROP PROTECTION 특허는 제 1식물에 인접하게 제 2식물을 심는 기술로, 구체적으로 해충을 유인하는 유전자를 포함하는 제 2식물을 포함함. 자사의 실시품은 본 특허와 유사하게 해충을 유인하는 유인식물로 채송화, 돌나물, 가지, 국화 등을 포함하고 있어, 자사의 실시품이 본 특허와 동일하거나 유사한 구성을 포함하고 있으나, 본 특허의 구성인 해충을 유인하는 유전자를 포함하고 있지 않으므로 침해가 성립하지 않음 |

- 분쟁위험 특허3의 분석 결과

| 공개/등록번호 | JP 5929546 | 대응방향 | 비침해 |
|---|---|---|---|
| 출원일/등록일 | 2012.06.22. / 2016.05.13. | 출원인 | NAT AGRICULTURAL RES ORG |
| 법적상태 | 등록 (예상만료일: 2032.06.22.) | 패밀리 현황 | - |
| 발명의 명칭 | 진드기류의 천적 곤충 사육 방법 | | |

| 청구항 구성요소 | 오상킨섹트 제품 구성요소 | 분석 |
|---|---|---|
| 유채과, 국화과 및 명아주과의 채소로 구성되는 군에서 선택되는 적어도 1종의 채소에 진드기류를 증식시키는 증식 공정 | 해충의 천적 알이 유인식물에 부착된 상태로 보관, 유통되며, 일정 기간 후 부화하여 해충을 방제함 | △ |
| 포트 심은 채소에 상기 증식시킨 진드기류를 기생시키는 기생 공정 | 해충의 천적 알이 유인식물에 부착된 상태로 보관, 유통되며, 일정 기간 후 부화하여 해충을 방제함 | △ |
| 상기 진드기류가 기생한 포트의 채소를 사육 용기에 넣음 | - | X |
| 사육 용기 안에서 진드기류의 천적 곤충을 사육하는 사육 공정 | 유인식물에 천적의 먹이를 함께 부착함 | △ |

| 검토 |
|---|
| JP 5929546 진드기류의 천적 곤충 사육 방법 특허는 채소에 진드기류를 증식시키는 증식 공정, 진드기류를 기생시키는 기생 공정, 진드기류가 기생한 채소를 사육용기에 담아 사육용기 내에서 진드기류의 천적 곤충을 사육하는 사육 공정을 포함함<br>자사의 실시품은 본 특허와 유사하게 해충의 천적 알이 유인식물에 부착된 상태로 보관, 유통되며, 일정 기간 후 부화하여 해충을 방제하는 기술을 기재하고 있으며, 유인식물에 천적의 먹이를 함께 부착하고 있어, 자사의 실시품이 본 특허와 동일하거나 유사한 구성을 포함하고 있으나, 본 특허의 구성 진드기류가 서식하는 채소를 사육하는 용기 등을 포함하고 있지 않으므로 침해가 성립하지 않음 |

## 다. 천적곤충 2종의 현장적용 시스템 개발

### 1) 콜레마니진디벌(진디벌류 공통적용 가능)

가) 진디벌 서식처 선발

진디벌류의 서식처로 보리가 이용되고 있으나 보리의 생육 최적 온도는 20℃ 내외의 저온성 식물이어서, 고온성 작물에 적용하기가 쉽지 않았다. 또한, 실내 증식 시, 단기간에 도장과 도복 현상이 발생해 지속적인 진딧물의 증식에 애로가 있었다. 이에 본 연구에서는 실내에서도 안정적인 증식이 가능하면서, 계절에 구애받지 않고 다양한 시설에 적용할 수 있는 새로운 진디벌의 서식처를 선발하고자 하였다. 선행연구로 5종의 후보 식물을 선발하였고, 실내실험을 통해 고온 조건에서 진딧물 증식속도와 식물 생장 속도가 가장 양호한 옥수수를 새로운 서식처로 선발하였다(**Table 2-7**).

**Table 2-7.** 고온기에 적용할 기주식물 선발 실내 시험(25 ± 2℃, 60 ± 5%, 16L : 8D)

| 구분[1)] | 옥수수 | 수수 | 밀 | 조 | 기장 | 보리 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 식물 생장 정도 | +++ | ++ | ++ | + | + | ++ |
| 식물 노화 정도 | ++ | + | + | + | + | + |
| 진딧물 증식정도 | +++ | + | +++ | ++ | ++ | +++ |

[1)] 양호: +++, 중간: ++, 불량: +

1차 선발한 옥수수를 25℃로 유지되는 실내에서 보리의 생장 특성과 비교한 결과, 발아 기간은 보리가 조금 빨랐지만($df$ = 1, $F$ = 27.56, $P$ < 0.0019), 초장($df$ = 1, $F$ = 537.29, $P$ < 0.0001), 초폭($df$ = 1, $F$ = 288.0, $P$ < 0.0001)과 분지수($df$ = 1, $F$ =841.0, $P$ < 0.0001)는 옥수수에서 더 건전한 생장을 확인할 수 있었다(**Table 2-8; Fig. 2-5; 2-6; 2-7**).

**Table 2-8.** 1차 선발한 옥수수와 보리의 실내 생장 특성 비교(25 ± 2℃, 60 ± 5%, 16L : 8D)

| 구분 | 발아기간(일) | 초장(㎝) | 초폭(㎝) | 분지수(개) | 도복일 |
|---|---|---|---|---|---|
| 옥수수(n=19) | 5.8 ± 0.7 b | 34.6 ± 1.0 a | 1.4 ± 0.1 a | 3.9 ± 0.2 a | - |
| 보리(n=19) | 4.0 ± 0.0 a | 21.5 ± 0.1 b | 0.8 ± 0.0 b | 1.0 ± 0.0 b | 발아후 7일째 |

Different letters next to mean indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 by Tukey's Studentized Range (HSD) Test

*발아 후 3일째의 옥수수와 보리* *진딧물 접종 후 6일째의 옥수수와 보리*

**Fig. 2-5.** 옥수수와 보리 증식 비교 사진

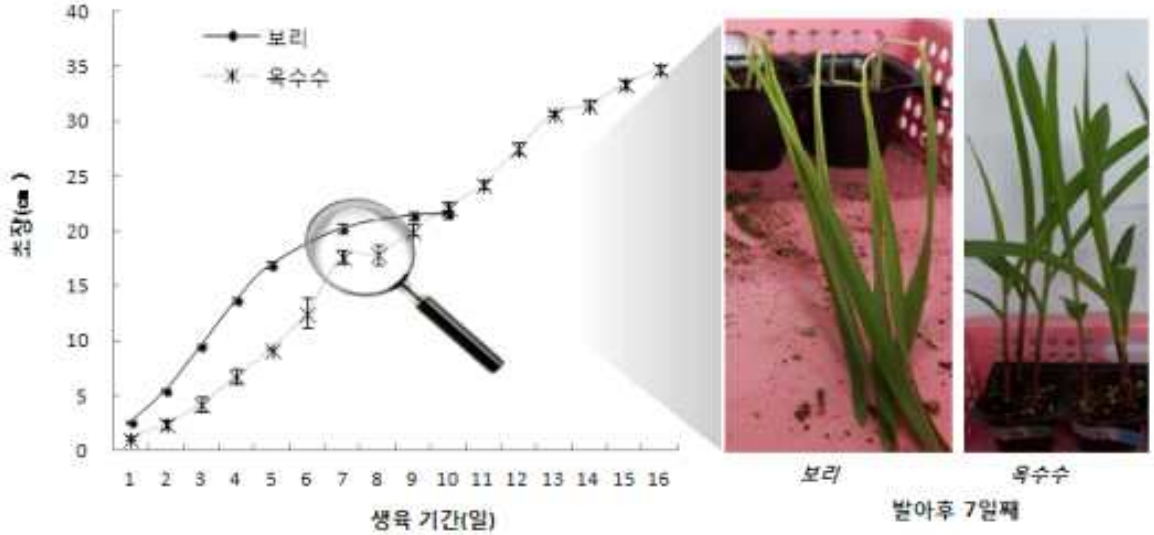



**Fig. 2-6.** 발아 후 옥수수와 보리의 생장 리듬

**Fig. 2-7.** 농업현장에 적용된 천적과 천적의 서식처

### 나) 현장적용형 생산시스템 구축

자사에서 구축한 진디벌류 대량 생산시스템을 참고하여 농업현장적용형 생산시스템을 구축하였다(**Table 2-9**). 또한, 각 생산 공정별 현장 관리가 가능하도록 **Fig. 2-8**과 같이 순서도를 구축하였다.

**Table 2-9.** 진디벌류 현장적용형 생산시스템

| 순서 | 누적일수 | 사육단계 | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | **D-5주**<br>재료 준비 | | - 재료준비: 옥수수 또는 보리 종자, 흙, 포트(직경 20 ㎝), 망케이지 | - 필요량: 3pot/660 ㎡<br>※ 1pot는 진딧물 유지용 |
| 2 | 2 | 파종 | | - 10 ㎜간격으로 파종 | - 적정온도 15 ~ 35 ℃<br>- 토양은 건조하게 유지 |
| 3 | 6 | 진딧물 준비 | | - 진딧물 구입시기: 파종일+4일 | -발아기간에 따라 진딧물 준비 시기 조정필수 |
| 4 | 7~10 | 발아 | | - 발아직후 진딧물 접종 | - 진딧물 접종 전 충분히 관수 |
| 5 | 7~10 | 진딧물 접종 | | - 진딧물이 부착된 식물을 발아한 포트로 이동 접종 | - 진딧물 1팩 접종량: 3pot |
| 6 | 21~ | 천적 준비 | | - 천적 접종시기: 진딧물 접종 +14일 | - 필요량: 1병/660 ㎡<br>- 천적 접종시기를 고려하여 미리 준비 |
| 7 | 21~24 | 진딧물 증식 | | - 진딧물 접종 직후 망케이지로 이동 | - 토양은 건조하게 유지 |
| 8 | 22~34 | 천적 접종 | | - 천적 1병으로 2pot접종<br>- 유지용 1pot는 계속해서 진딧물 증식 | - 우화율 향상을 위해 습도 65%이상 유지 |
| 9 | 34~ | 포장에 적용 | | - 1동(660 ㎡)에 2pot 적용 | **- 작물 정식** |
| 10 | 34 | 2차 파종 | | - 필요량: 3pot/660 ㎡ | - 적정온도 15 ~ 35 ℃<br>- 토양은 건조하게 유지 |
| 11 | 39~42 | 2차 발아/ 진딧물 접종 | | - 유지용 1pot로 3pot 접종 | - 유지용 포트 식물을 가위로 절단해서 접종 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 53~56 | 2차 진딧물 증식 | | - 진딧물 접종 직후 망케이지로 이동 | - 토양은 건조하게 유지 |
| 13 | 54~ | 2차 포장에 적용 | | - 1차 적용한 곳에서 떨어진 곳에 설치 | |
| 14 | 55~ | 3차~필요시 | | - 10번~13번 반복 | -포장의 진딧물 밀도 낮게 유지 가능 |

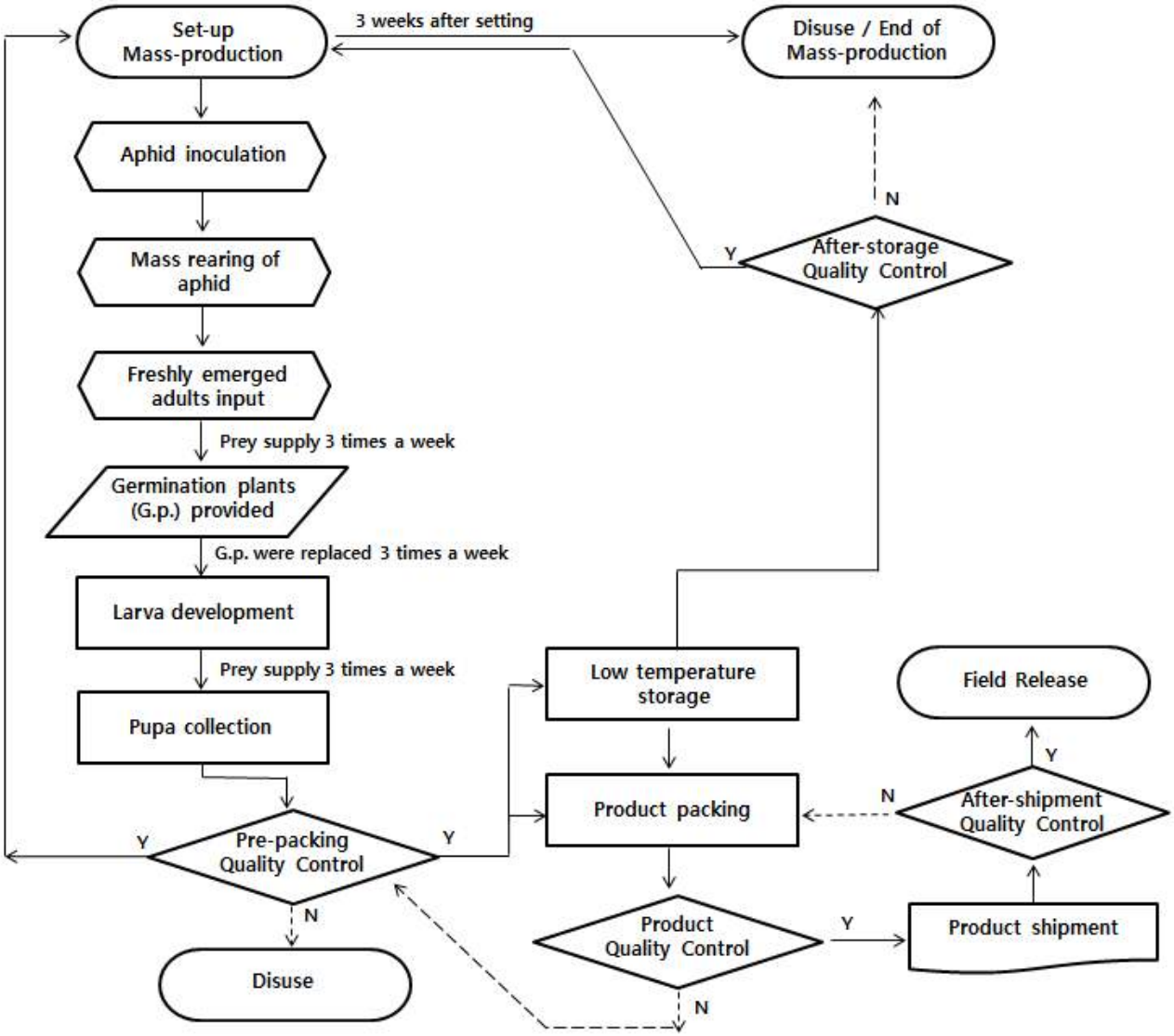



**Fig. 2-8.** 진디벌류 생산시스템 순서도

**2) 미끌애꽃노린재(애꽃노린재류 공통적용 가능)**

가) 애꽃노린재 서식처 선발

선행연구로 도출한 서식처 후보 식물 7종에 대한 미끌애꽃노린재의 1일 평균 산란수를 조사한 결과($df$ = 6, $F$ = 4.61, $P$ < 0.01) *Portulaca* spp.와 채송화에서 가장 많은 산란수를 확인할 수 있었다(자사 선행연구자료 참고함)(**Fig. 2-9**).

또한, 서식처에 천적의 알을 채란 받아 해충 방제현장에 직접 적용하기 위하여 천적의 알이 산란된 *Portulaca* spp.를 가식했을 때 식물의 생육과 천적의 증식에 미치는 영향을 조사하였다. 천적의 알이 약 50개 산란된 *Portulaca* spp.를 10 ㎝ 간격으로 잘라 시설 하우스와 실내에서 15 ~ 20 ㎝간격으로 가식 후, 부화율과 유충사충률을 조사하였고 30일이 경과된 시점에서 초장, 엽수와 엽폭을 측정하였다. 천적의 알이 산란된 *Portulaca* spp.를 가식 했을 때 식물의 생육($df$ = 3, $F$ = 2.79, $P$ = 0.1)과 천적의 증식(부화율: $df$ = 1, $F$ = 3.9, $P$ = 0.1; 사충율: $df$ = 1, $F$ = 3.0, $P$ = 0.2)에는 영향을 미치지 않았고, 실내보다 하우스에서 *Portulaca* spp.의 건전한 생육을 확인할 수 있었다(초장: $df$ = 3, $F$ = 23.67, $P$ < 0.001; 엽수: $df$ = 3, $F$ = 12.8, $P$ < 0.001)(**Table 2-10**).

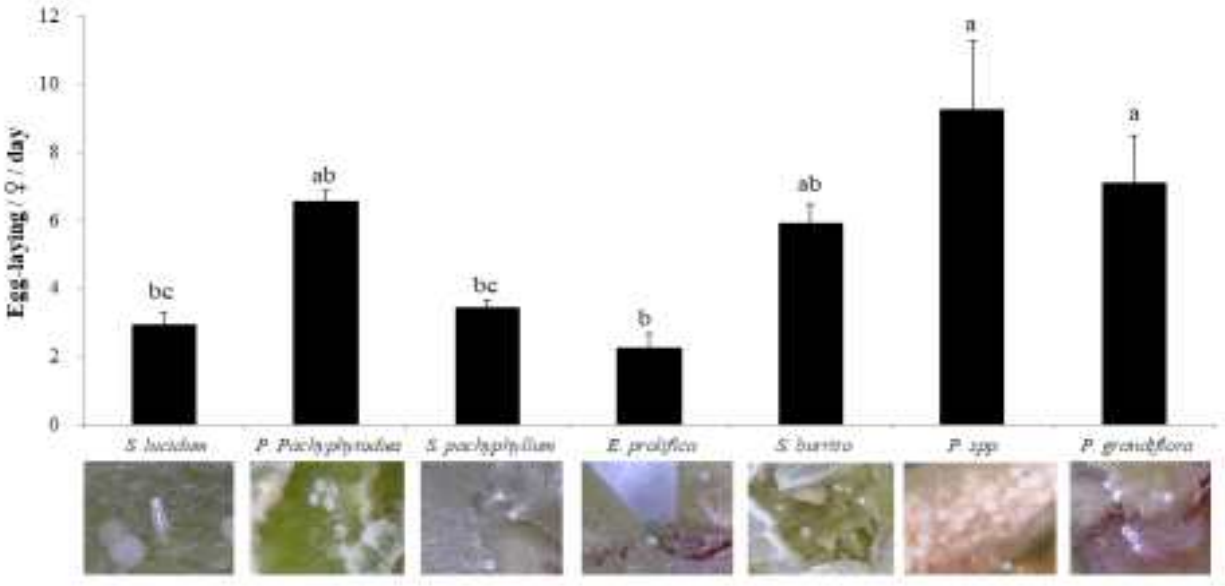



**Fig. 2-9.** 서식처 후보 식물 7종에 대한 미끌애꽃노린재의 1일 평균 산란수
(Different letters next to mean indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 by Tukey's Studentized Range (HSD) Test)

**Table 2-10**. 미끌애꽃노린재가 *Portulaca* spp.의 생육 및 증식에 미치는 영향

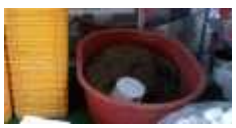
| Place | Types | Plant growth | | | Orius proliferation | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Plant length (㎝) | No. of leaves | Leaf length (㎝) | Hatchability (%) | Nymphal mortality (%) |
| Breeding room | Plant with orius eggs | 19.3 ± 0.5b | 15.3 ± 1.2c | 1.3 ± 0.4a | 72.3 ± 2.6a | 13.6 ± 0.8a |
| | Untreated | 20.7 ± 1.9b | 21 ± 4.6bc | 1.3 ± 0.2a | 80.1 ± 6.2a | 14.7 ± 0.6a |
| Green house | Plant with orius eggs | 32.3 ± 2.7a | 28 ± 2.6ab | 1.9 ± 0.5a | - | - |
| | Untreated | 31.7 ± 3.4a | 31.0 ± 4.4a | 2.1 ± 0.4a | - | - |

Different letters next to mean indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 by Tukey's Studentized Range (HSD) Test

나) 현장적용형 생산시스템 구축

자사에서 구축한 애꽃노린재류 대량 생산시스템을 참고하여 농업현장적용형 생산시스템을 구축하였다(**Table 2-11**). 또한, 각 생산 공정별 현장 관리가 가능하도록 **Fig. 2-10**과 같이 순서도를 구축하였다.

**Table 2-11.** 애꽃노린재류 현장적용형 생산시스템

| 순서 | 누적일수 | 사육 단계 | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | **D-4주** 재료 준비 |  | - 재료준비: 채송화, 보리종자, 흙, 포트(직경 20 ㎝), 망케이지 | - 필요량: 각 3pot/660 ㎡ ※ 보리 1pot는 진딧물 유지용 |
| 2 | 2 | 파종 | | - 10 ㎜간격으로 채송화와 보리 각각 파종 | - 적정온도 15 ~ 35 ℃ - 토양은 건조하게 유지 |
| 3 | 6 | 진딧물 준비 | | - 진딧물 구입시기: 파종일+4일 | -발아기간에 따라 진딧물 준비 시기 조정필수 |
| 4 | 7~10 | 보리 발아 | | - 보리 발아직후 진딧물 접종 | - 진딧물 접종 전 충분히 관수 |
| 5 | 7~34 | 채송화 발아/증식 | | - 채송화 발아 후 충분히 증식 | - 토양은 건조하게 유지 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 7~10 | 진딧물 접종 | | - 진딧물이 부착된 식물을 발아한 포트로 이동 접종 | - 진딧물 1팩 접종량: 3pot |
| 7 | 21~25 | 진딧물 증식 | | - 진딧물 접종 직후 망케이지로 이동 | - 토양은 건조하게 유지 |
| 8 | 21~24 | 천적 접종 | | - 방법: 보리, 채송화 각 2, 3pot와 천적 1병을 망케이지에 접종 | - 필요량: 1병/660 ㎡<br>- 천적 접종시기: 진딧물 접종 +14일 |
| 9 | 25~ | 포장에 적용 | | - 1동(660 ㎡)에 천적이 접종된 보리, 채송화 각 2, 3pot 적용 | **- 작물 정식** |
| 10 | 20 | 2차 파종 | | - 필요량: 보리, 채송화 각 3pot/660 ㎡ | - 적정온도 15 ~ 35 ℃<br>- 토양은 건조하게 유지 |
| 11 | 25~30 | 2차 발아/ 진딧물 접종 | | - 유지용 1pot로 보리 3pot 접종<br>- 채송화는 충분히 증식 | - 유지용 포트 식물을 가위로 절단해서 접종 |
| 12 | 39~44 | 2차 진딧물 증식 | | - 진딧물 접종 직후 망케이지로 이동 | - 토양은 건조하게 유지 |
| 13 | 39~ | 2차 천적 접종 및 포장적용 | | - 방법은 8번과 동일<br>- 포장적용: 1차 적용한 곳에서 떨어진 곳에 설치 | |
| 14 | 40~ | 3차~필요시 | | - 10번~13번 반복 | -포장의 총채벌레 밀도 낮게 유지가능 |

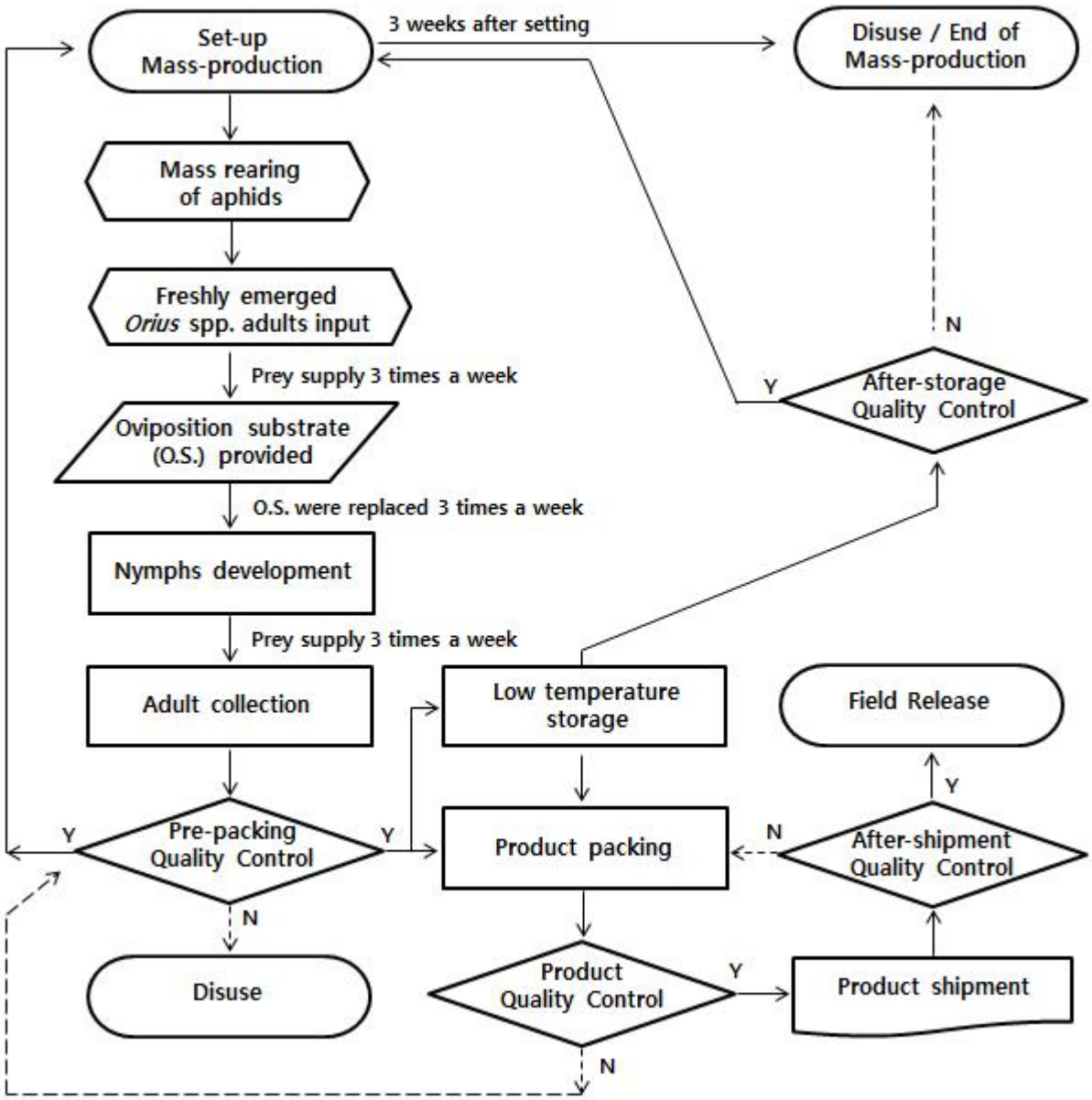



**Fig. 2-10.** 애꽃노린재류 생산시스템 순서도

## 제2절. 천적 적용시스템의 현장 실증

### 1. 연구목표

본 연구에서 구축한 천적곤충 2종의 현장 적용시스템의 방제효과 현장 실증

### 2. 연구내용

1995년부터 국내에서는 다양한 천적의 현장적용에 관한 연구가 진행되었고(Kim and Gu, 2008), 천적 이용의 선결 조건은 예찰(豫察)을 통한 해충 발생 초기의 천적 적용이라고 제시한 바 있다. 그러나 농업현장에서는 작물에 발생하는 해충을 예찰하기 위한 노력과 시간을 할애하지 못해 천적 적용에 어려움을 토로하고 있다(Bout et al., 2010). 이에 1차년도에 기개발되어 활용되고 있는 콜레마니진디벌과 미끌애꽃노린재에 대한 현장적용기법을 구축하였으며, 콜레마니진디벌의 우화율 증대를 위한 우화 상자 개발과 Natural Enemy in First 기법을 이용해 현장 실증을 진행하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 콜레마니진디벌 우화 상자 개발

선발한 우화 상자와 단순 그늘막을 적용한 분배 상자를 평균온도 25℃와 평균 습도 35%로 유지되는 실험실에 설치해 둔 후 24시간 동안의 평균온도, 습도와 조도를 측정하였다(**Fig. 2-11**). 실험 결과, 우화 상자에서 평균 66.8%로 무처리와 단순 그늘막을 적용한 분배 상자보다 약 2배가량 높은 습도를 확인할 수 있었다($df$ = 2,8, $F$ = 141, $P$ < 0.0001). 평균온도는 모든 처리구에서 유사했으며($df$ = 2,8, $F$ = 0.07, $P$ = 0.9323), 조도는 무처리구에서 높게 나타났다($df$ = 2,8, $F$ = 1468.36, $P$ < 0.0001).

상기와 동일한 조건으로 온실에 설치한 후, 모든 처리구에 환경조건 측정을 위한 데이터로거와 콜레마니진디벌 번데기를 750 ~ 1,160개를 적용하였다. 2주 후 콜레마니진디벌의 우화율을 확인한 결과는 **Fig. 2-12**와 같다. 그늘막 적용구에서 평균 54.4%, 장치에서 62.7%로 무처리의 37.2%보다 높은 우화율을 확인할 수 있었다($df$ = 2,8, $F$ = 18.66, $P$ = 0.0027). 또한, 우화 상자와 그늘막 처리구의 우화율을 비교한 결과 장치에서 통계적으로 높은 우화율을 확인할 수 있었다($df$ = 1,5, $F$ = 13.18, $P$ = 0.0221).

온실 환경에서 3일과 6일 동안의 평균온도, 습도와 조도를 측정한 결과는 **Fig. 2-13**과 같다. 모든 처리구에서 평균온도는 유사하게 나타났다($df$ = 2,8, $F$ = 1.28, $P$ = 0.344 ; $df$ = 2,8, $F$ =

0.09, $P$ = 0.911). 3일 동안의 평균 습도는 우화 상자에서 높게 나타났으며($df$ = 2,8, $F$ = 13.64, $P$ = 0.0059), 6일 동안의 평균 습도에서는 통계적 유의차를 확인할 수 없었다($df$ = 2,8, $F$ = 3.33, $P$ = 0.1067). 모든 처리구에서 우화 상자의 평균 조도는 상이하게 나타났으나 평균 15 Lux이하로 우화율에 미치는 영향은 크지 않았을 것으로 판단된다($df$ = 2,8, $F$ = 13.93, $P$ = 0.0056 ; $df$ = 2,8, $F$ = 263.35, $P$ < 0.0001).

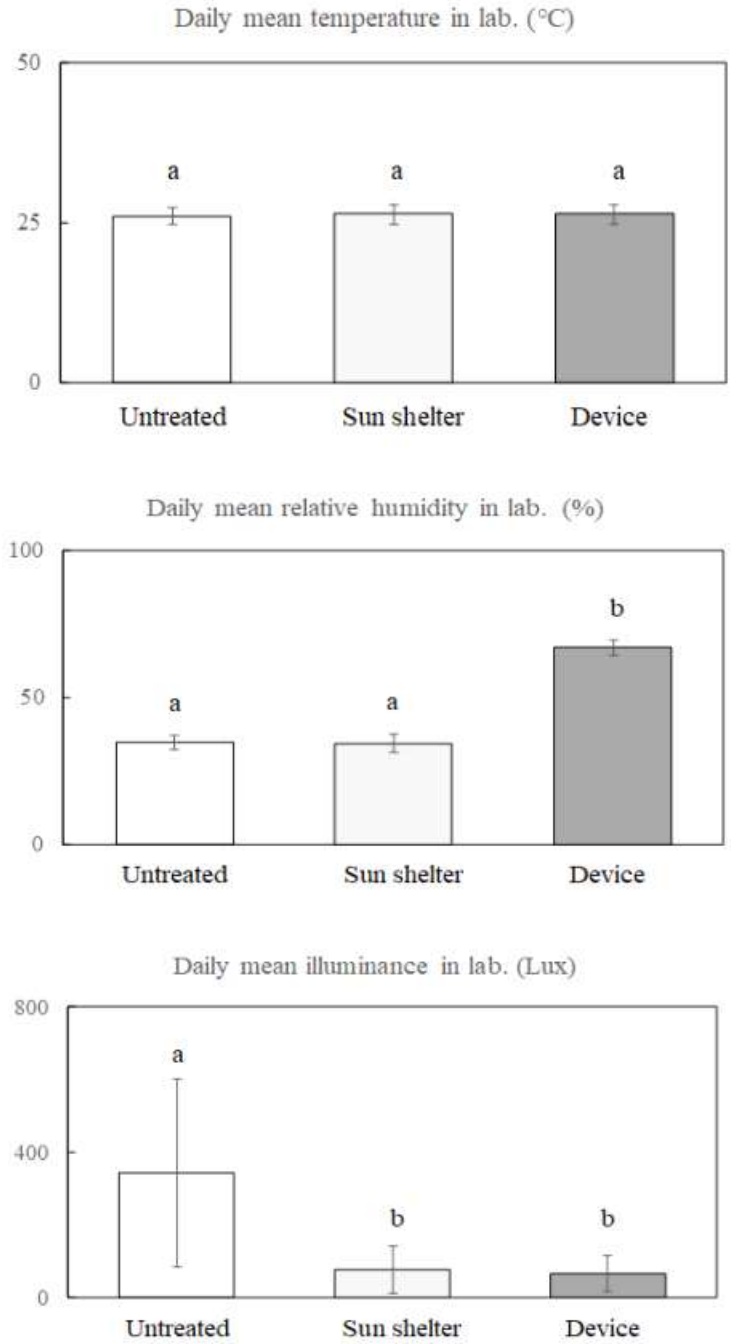



**Fig. 2-11**. 실내 환경에서 우화 상자와 단순그늘막을 적용한 분배상자의 평균 온습도와 조도

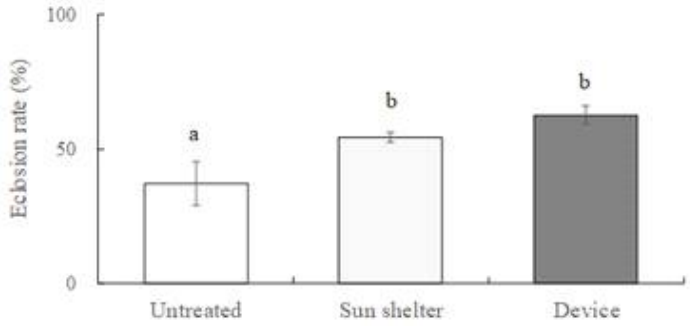



**Fig. 2-12**. 온실 조건에서 콜레마니진디벌 우화율 비교

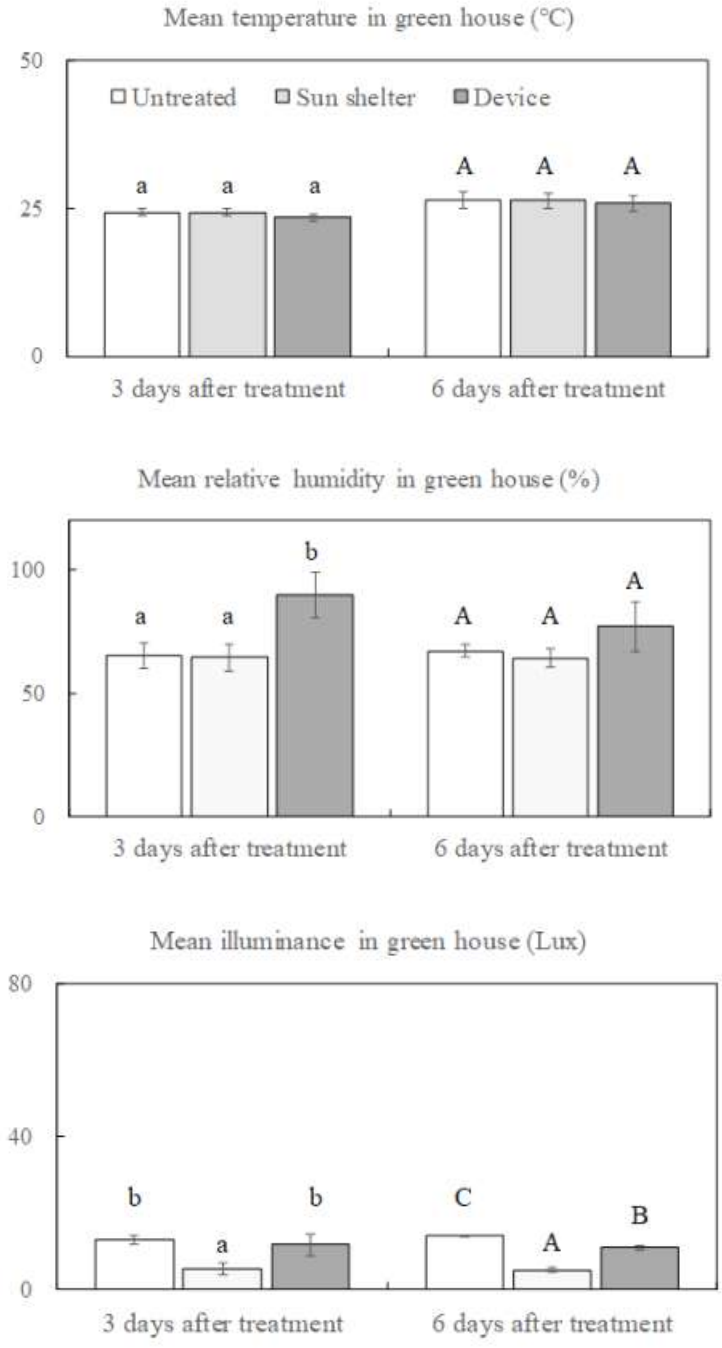



**Fig. 2-13**. 온실 환경에서 우화 상자와 단순그늘막을 적용한 분배상자의 평균 온습도와 조도

## 나. 미끌애꽃노린재의 현장적용기법 개발

Natural enemy in first 기법은 Markkula and Tiittanen (1976)의 “Pest in First Technique”을 기본 이념으로 하며, 포장에 조성된 식물의 꽃가루나 화밀, 또는 이 식물을 기주로 증식하는 진딧물과 응애류 등을 포장에 먼저 접종 및 증식시켜 천적의 대체먹이 역할을 하게 함으로써 천적의 생존에 긍정적인 작용을 하는데 바탕을 두고 있다(Risch, 1983). 선행연구에서 선발한 미끌애꽃노린재의 서식처를 국립수목원 열대식물자원연구센터 내 아열대온실에 적용하여 천적단독처리와 해충과 천적의 밀도를 비교분석한 결과는 **Fig. 2-14**와 같다. 해충의 밀도변동을 회귀 분석한 결과, 천적을 단독 적용한 년도(2015년 $R^2$ =0.4649; 2017년 $R^2$ =0.5071)에 비해 천적과 서식처 적용 원년인 2018년도($R^2$ =0.9236)에 빠른 해충 밀도감소를 확인할 수 있었다.

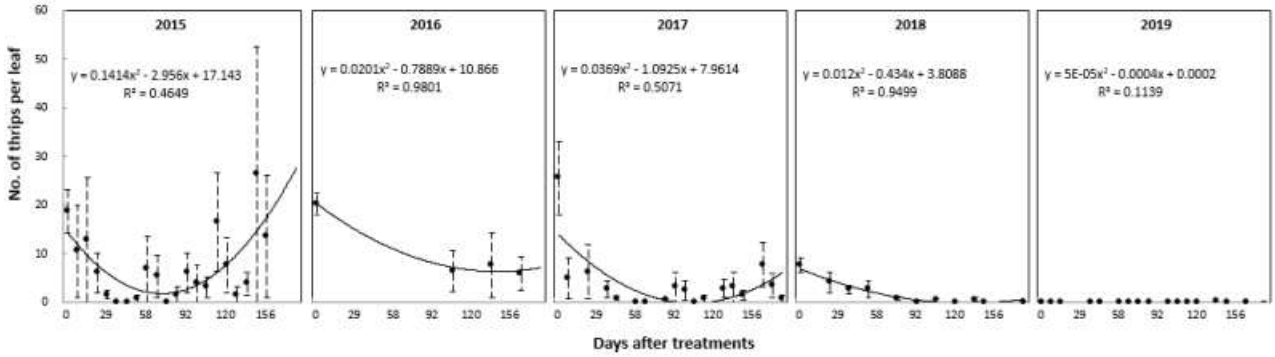



**Fig. 2-14**. 연도별 총채벌레의 경시적 밀도 변동

또한 천적의 서식처 적용 1년차인 2018년도에는 총채벌레 최초 밀도가 엽당 3.8마리로 전년대비 70.6%, 2년차인 2019년도에는 엽당 0.1마리로 전년대비 98.7%의 통계적으로 유의한 해충 밀도 감소효과를 확인 할 수 있었다(**Fig. 2-15**) ($df$ = 4, 15, $F$ = 7.51, $P$ = 0.002). 이는 총채벌레의 밀도가 높아지기 전, 천적과 서식처를 적용해 효과적으로 천적을 정착/유지시켰기 때문인 것으로 사료된다. 천적의 서식처에서 확인된 애꽃노린재 산란흔적은 **Fig. 2-16**과 같다. 천적 단독처리와 천적과 서식처 혼합 처리에서의 줄기 당 천적인 애꽃노린재의 평균 밀도는 **Fig. 2-17**과 같다. 천적과 서식처를 혼합 적용했을 때 평균 17배 이상의 높은 천적 밀도를 확인했다. 그러나 온실 특성상 반복이 없고, 해충의 밀도가 너무 낮게 유지되어 천적의 정착에 어려움이 있었으며, 그로인해 조사지점마다 편차가 커져 각 처리별 통계적 유의차는 확인할 수 없었다($df$ = 1,4, $F$ = 0.9, $P$ = 0.4). Denys and Tscharntke (2002)는 천적의 서식처를 적용한 원년보다 6년 이후에 "Predator-prey ratio"이 높아진다는 보고를 한 바 있으므로, 지속적인 추가 연구를 통해 열대온실에서의 최적의 천적적용기법을 구축할 계획이다.

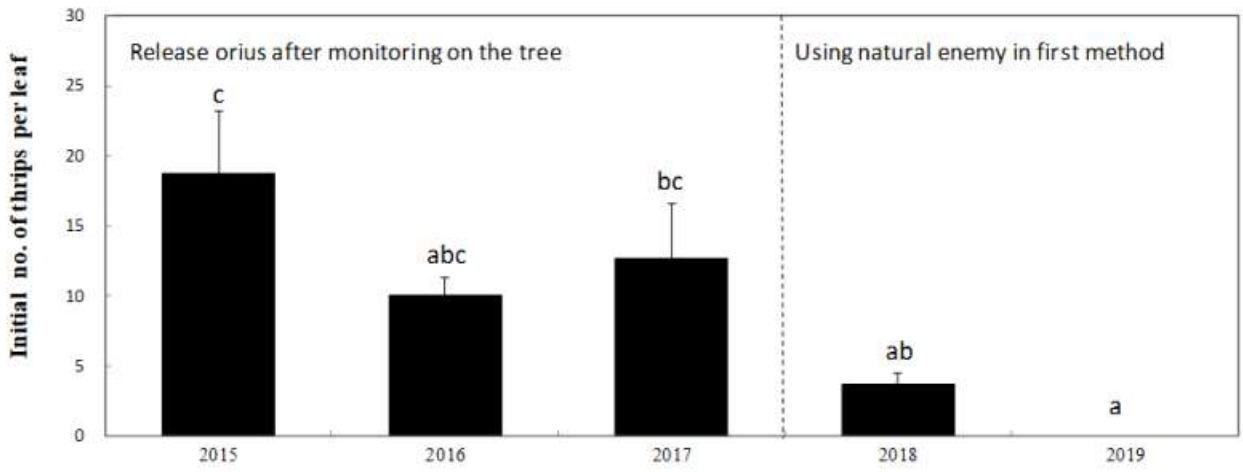



**Fig. 2-15**. 처리구 및 연도별 총채벌레의 최초 밀도

**Fig. 2-16**. 천적 서식처에 산란된 애꽃노린재 알

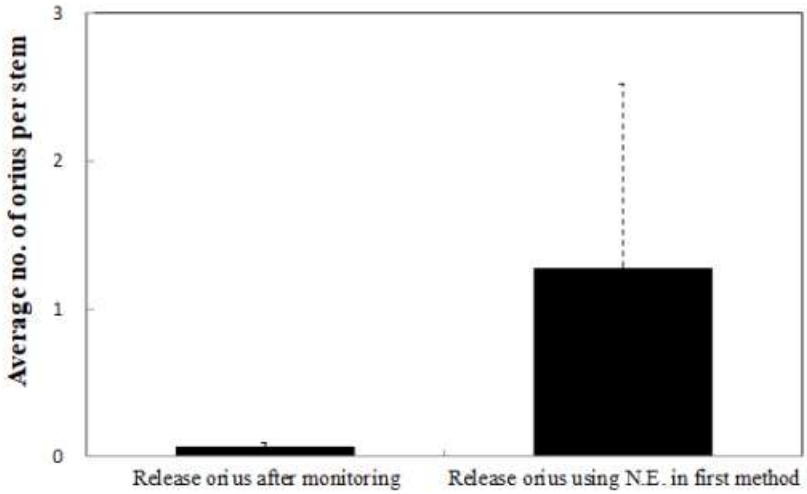



**Fig. 2-17**. 처리구별 천적의 평균 밀도

**다. Natural enemy in first 기법 확대 적용 Ⅰ**

시설 고추, 피망, 멜론과 오이를 대상으로 natural enemy in first 기법을 확대 적용한 결과는 **Fig. 2-18**과 같다. 모든 처리구의 정식 초기에 콜레마니진디벌, 미끌애꽃노린재와 담배장님노린재를 1주 간격으로 3회 방사하였다(660 ㎡에 천적 제품 1병 방사). 콜레마니진디벌과 미끌애꽃노린재의 서식처는 정식과 동시에 1회 적용하였다. 시설 고추, 피망과 멜론에서는 작기 종료시점에 진딧물, 총채벌레와 잎응애류는 엽당 평균 2마리 이하의 낮은 밀도를 보였으며, 콜레마니진디벌과 미끌애꽃노린재는 엽당 평균 0.1 ~ 1마리의 밀도를 유지하고 있었다. 본 연구를 통하여 작물의 정식 초기에 해충의 예찰 없이 적용한 천적의 해충방제효과를 확인할 수 있었다.

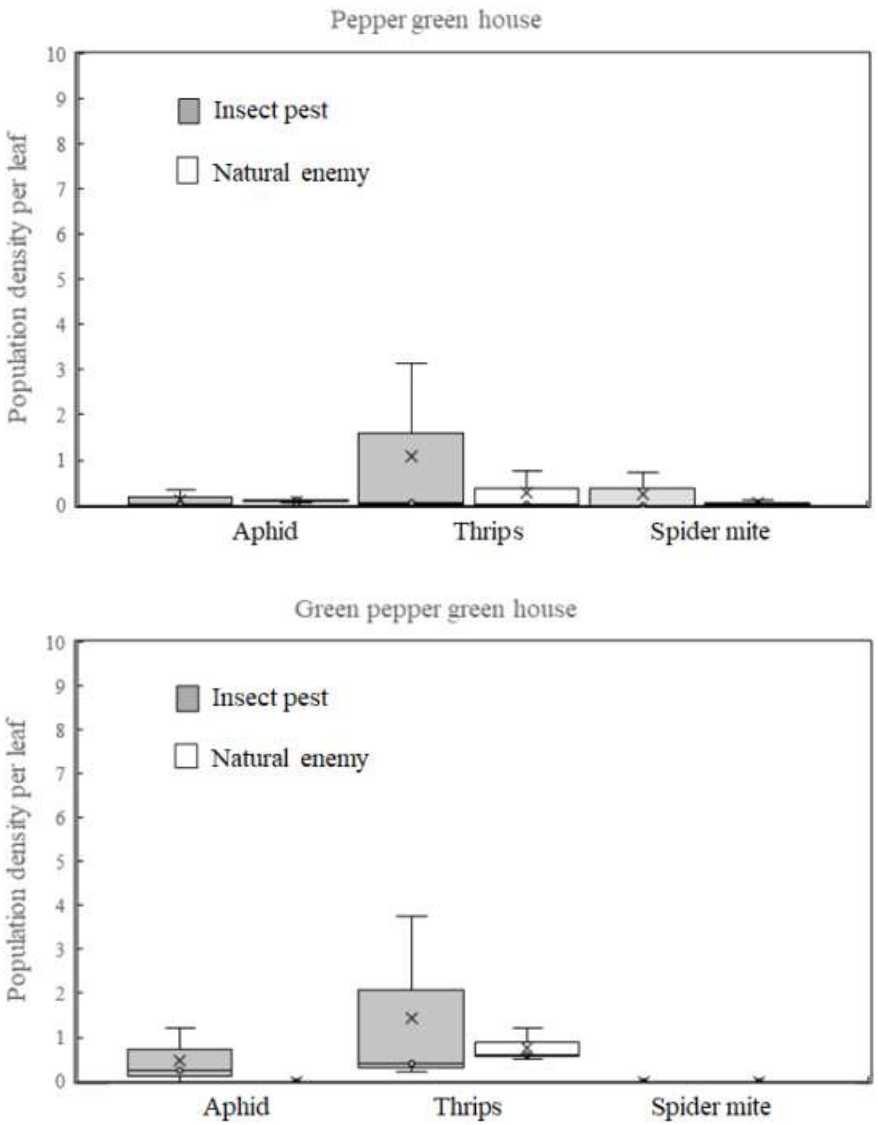



**Fig. 2-18**. (계속)

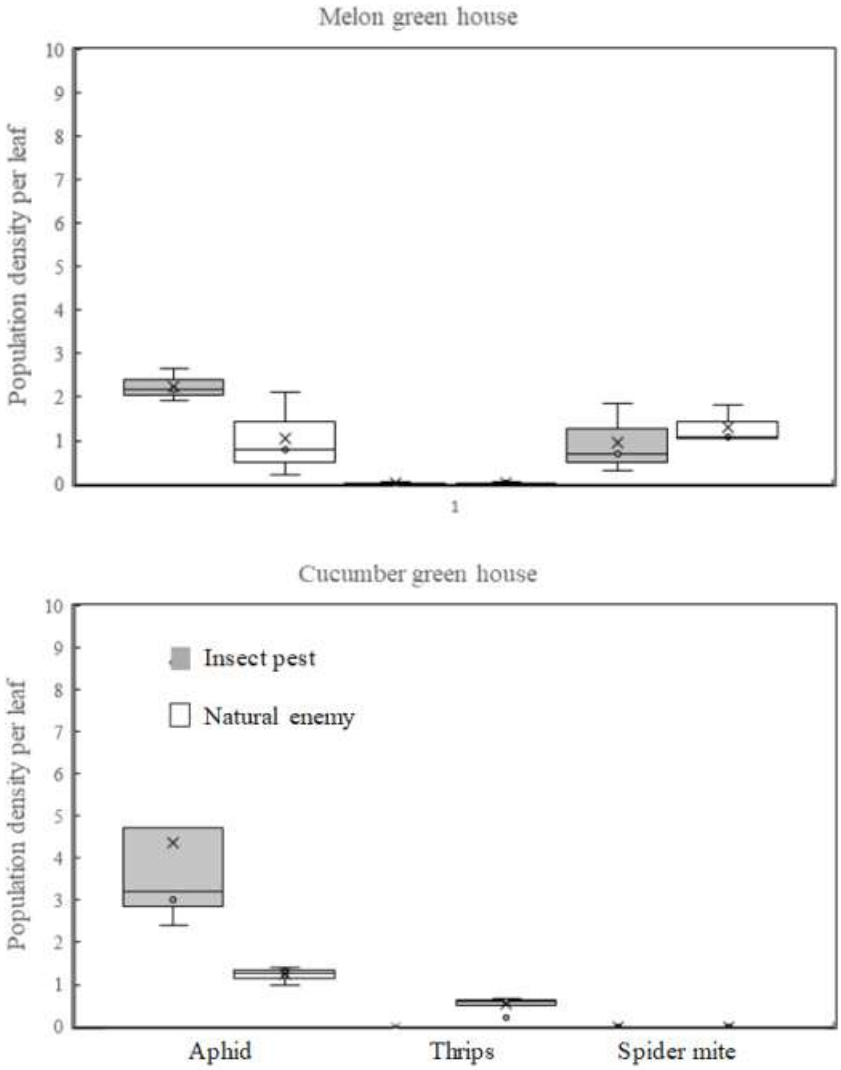



**Fig. 2-18**. 시설 고추, 피망, 멜론과 오이에서 작기 종료시점의 해충과 천적의 밀도

### 라. Natural enemy in first 기법 확대 적용 Ⅱ

Natural Enemy in First 기법의 확대 적용을 위해 시설 고추에서 천적 서식처 적용방법에 따른 방제효과를 비교하였다. 실험은 강원도 철원군 시설 고추 하우스 4동에서 진행하였으며(각각의 크기는 250평; 240평; 450평; 450평), 고추는 6월 중순 ~ 7월 초에 정식한 것을 대상으로 수행하였다. 처리구는 작물사이에 서식처를 조성한 처리구와 온실의 가장자리에 서식처를 조성한 2개의 처리구로 구분하였다(**Fig. 2-19; 2-20**). 서식처는 정식 전 포장에 참깨, 옥수수, 채송화, 보리를 1회 식재하였으며, 정식 초기에 콜레마니진디벌 또는 싸리진디벌, 미끌애꽃노린재와 담배장님노린재를 10일 간격으로 4회, 정식 10일 후 지중해이리응애를 1회 방사하였다(660 ㎡에 천적 제품 1병 방사). 처리구의 밀도조사는 각 지점 간의 간섭을 최소화 할 수 있도록 5m 이상 간격을 두고 조사지점을 설정하였으며, 확대경(x 10)을 이용해 고추 1주에 있는 해충 및 천적 밀도를 1 ~ 2주 간격으로 계수하였다(**Fig. 2-21**).

**Fig. 2-19**. 고추 정식 전, 모종의 해충 발생 상태 확인

온실 가장자리에 조성된 서식처

작물 사이에 조성된 서식처

**Fig. 2-20**. 현장 실증 시험포에 조성된 천적의 서식처

**Fig. 2-21**. 천적과 해충밀도 조사 모습

처리구별 진딧물 밀도는 작물 사이에 서식처를 식재한 처리구에서 작기 전 기간동안 평균 0.0 ~ 6.4마리, 온실 가장자리에 군락을 조성한 서식처에서는 평균 0.0 ~ 3.6마리로 비교적 낮은 밀도를 유지하는 것을 확인하였다. 총채벌레의 경우, 정식 초기에 온실 가장자리에 조성한 처리구에서 비교적 높게 나타났으나, 두 처리구간 유의차는 없었다(**Fig. 2-22**).

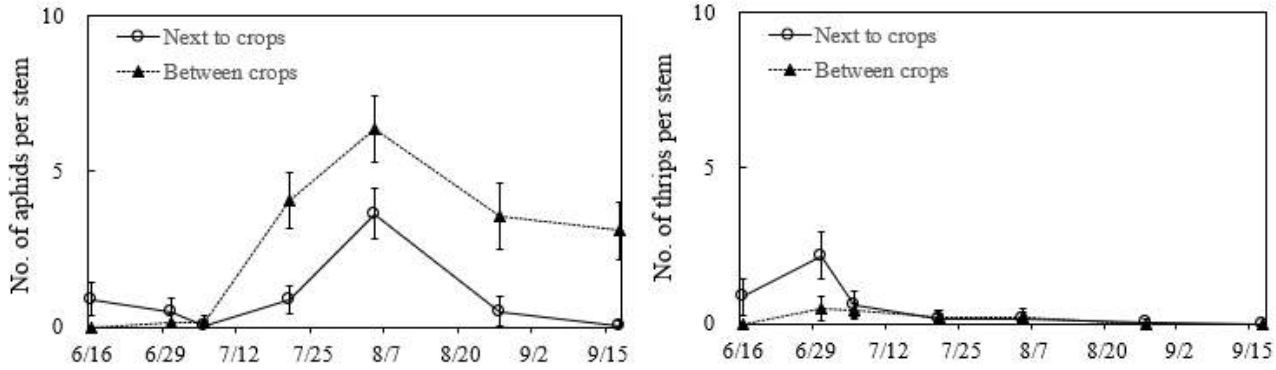



**Fig. 2-22.** 서식처 조성방법별 진딧물과 총채벌레의 밀도변동

반면, 천적의 밀도는 서식처를 가장자리에 군락으로 형성한 처리구에서 포식성 천적의 밀도가 높게 나타났다(**Fig. 2-23**). 기생성 천적의 경우 작물 사이에 서식처를 조성한 처리구에서 비교적 높았으나, 이는 작기 중반에 진딧물 수가 급격하게 많아지면서 머미 형성이 증가한 것으로 판단된다. 서식처에서의 천적과 먹이원의 밀도는 처리구별 차이는 없었으나, 고추에 진딧물의 밀도가 높아지는 시점인 8월 초, 작물 사이에 조성한 서식처에서 담배장님노린재의 밀도가 높게 나타났다(**Fig. 2-24**). 이는 서식처의 조성방법보다는 작물에 발생한 풍부한 먹이원의 영향일 것이다. 상기와 같이 해충과 천적의 밀도는 서식처의 조성방법에 일부 영향을 받을 수 있으므로 현장 상황에 따라 유연한 조성이 필요할 것이다.

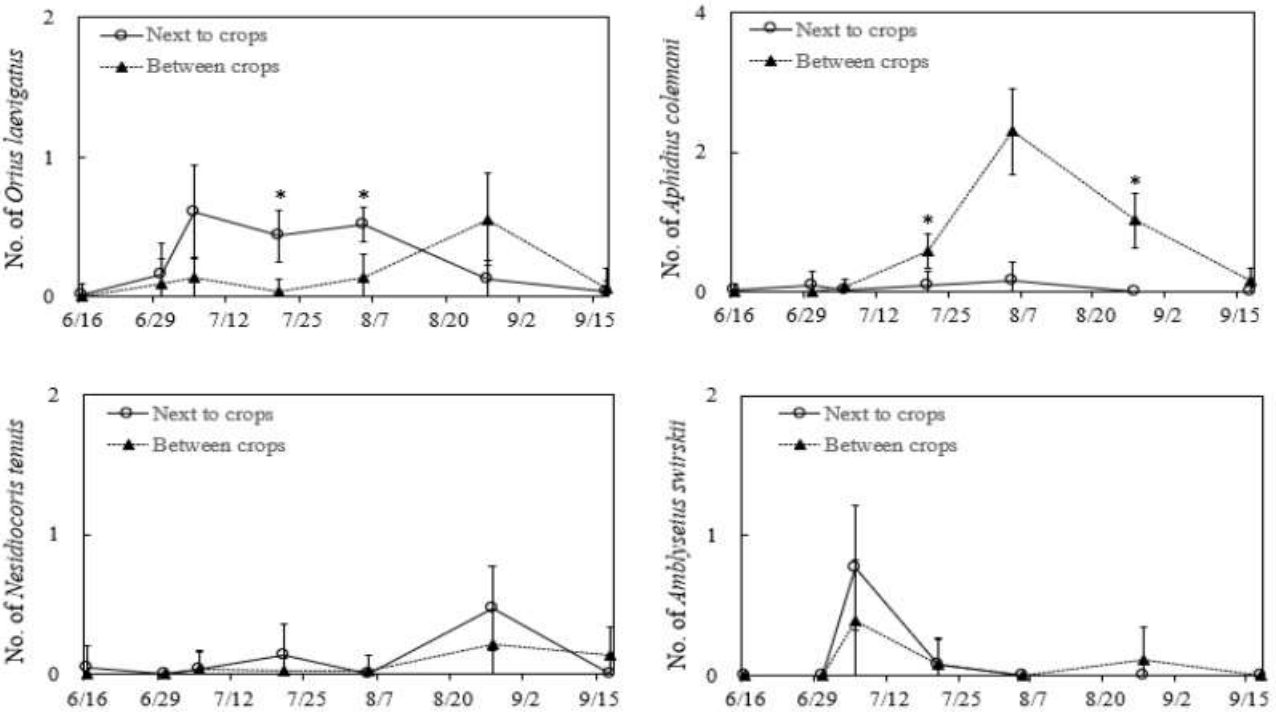



**Fig. 2-23.** 두 처리구간 주요 천적 밀도 변동 비교

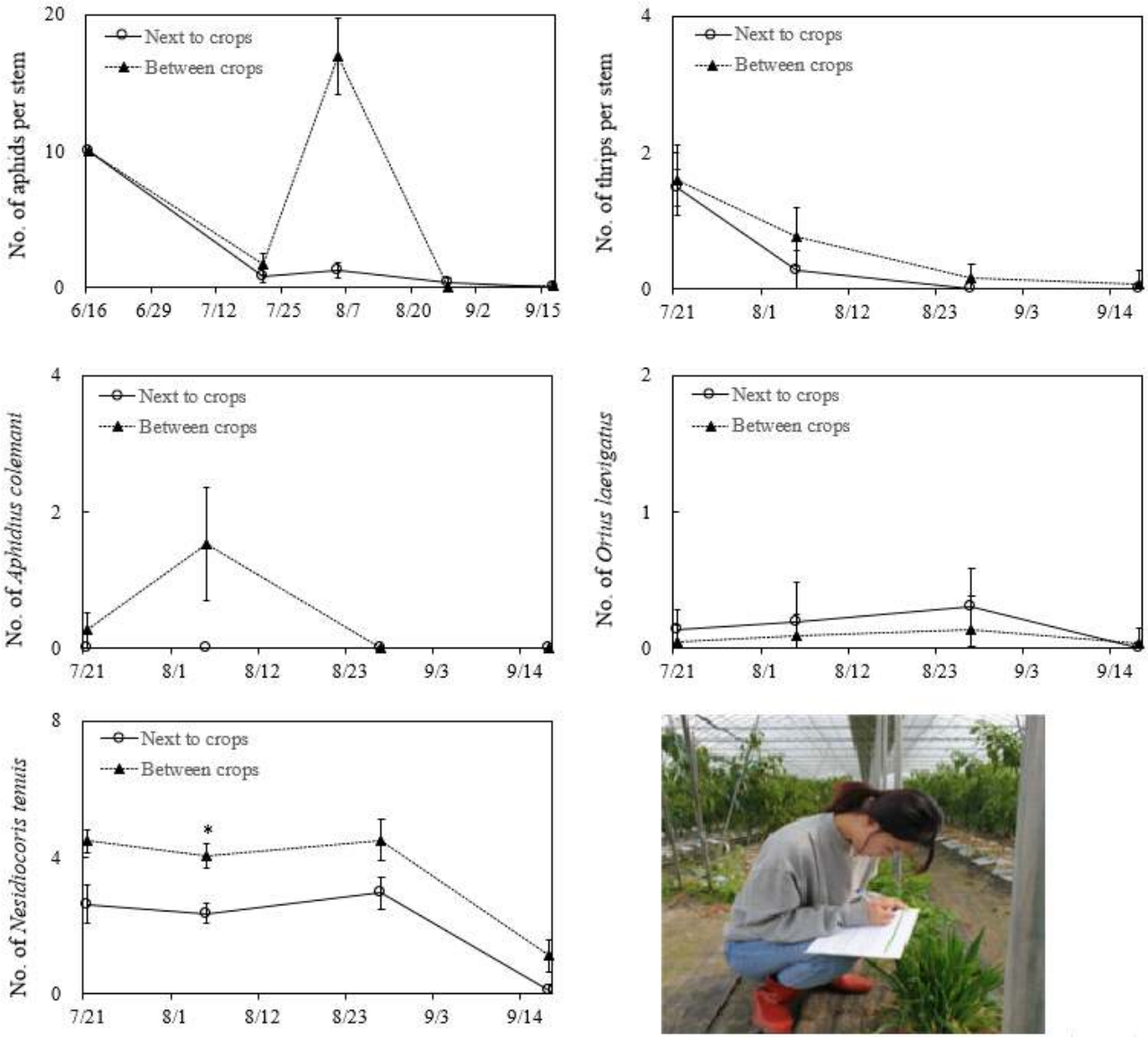



**Fig. 2-24**. 서식처 내 천적 밀도

### 마. Natural enemy in first 기법 확대 적용 Ⅲ

충북 영동군 열대식물 재배 온실에 발생하는 총채벌레와 깍지벌레를 방제하기 위해 NEF 기법을 적용하였다. 천적 적용 전, 해충방제 효과 극대화를 위해 온실 내 사용된 약제와 천적에 대한 side effect를 분석하였다(**Table 2-12; Table 2-13**). 천적은 미끌애꽃노린재, 마일스응애와 깍지무당벌레를 방사하였으며, 천적의 효율적인 정착을 위해 1주 간격으로 3회 연속 방사하였다 (660㎡에 제품 1병 방사).

**Table 2-12.** 열대온실에서 사용된 약제

| 적용일자 | 구분 | 상표명 | 품목명 | 함량(%) | 어독성 | 인축독성 | 작용기작 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8/10 | 살충제 | 아타라 | 티아메톡삼 입상수화제 | 10 | III급 | 저독성(IV) | 4a |
| | 살균제 | 레이트론 | 스프레더스티커 분산성액제 | 77 | III급 | 저독성(IV) | 비대상 |
| 8/20 | 살충제 | 에이팜 | 에마멕틴벤조에이트 유제 | 2.15 | III급 | 저독성(IV) | 6 |
| | 살균제 | 레이트론 | 스프레더스티커 분산성액제 | 77 | III급 | 저독성(IV) | 비대상 |
| 9/20 | 살충제 | 델리케이트 | 스피네토람 입상수화제 | 5 | III급 | 저독성(IV) | 5 |
| | 살균제 | 레이트론 | 스프레더스티커 분산성액제 | 77 | III급 | 저독성(IV) | 비대상 |
| 10/6 | 살충제 | 슈퍼펀치 | 아바멕틴.설폭사플로르 액상수화제 | 1.5, 6.2 | I급 | 보통독성(III) | 6+4c |
| | 살균제 | 레이트론 | 스프레더스티커 분산성액제 | 77 | III급 | 저독성(IV) | 비대상 |
| | 살균제 | 후론사이드 | 플루아지남 입상수화제 | 50 | I급 | 저독성(IV) | 다5 |
| | 유기농업자재 | 총채뚝 | *Lecanicillium attenuatum* | 10 | - | - | - |

**Table 2-13.** 온실에 사용된 약제의 천적에 대한 독성분석

| 구분 | Abamectin | | Sulfoxaflor | Spinetoram | | Emamectin benzoate | | Cyflumetofen | | Clothianidin | | *Lecanicillium* sp. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Side effects (S)* | Persistence (P) | S | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| 미끌애꽃노린재 | 4 | 6w | - | 4 | 2w | - | - | 1 | 0 | - | - | 2 | - |
| 오이이리응애 | 4 | 2w | - | 3 | - | 4 | 1w | 1 | 0 | - | - | 1 | 0 |
| 마일스응애 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 깍지무당벌레 | 3 | 1w | - | 1 | 0 | 2 | - | 1 | 0 | 4 | 1w | 1 | 0 |
| 장님노린재류 | 4 | 3w | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 온실가루이좀벌 | 4 | 3w | - | 4 | 1w | 3 | 1w | - | - | - | - | 1 | 0 |
| 황온좀벌 | 4 | 3w | - | 4 | 1w | 4 | 1w | - | - | - | - | 1 | 0 |
| 지중해이리응애 | 4 | 2w | 2 | 4 | 2w | 4 | 1w | 1 | 0 | - | - | 1 | 0 |
| 콜레마니진디벌 | 4 | 1w | - | 4 | 2w | - | - | 1 | 0 | - | - | 1 | 0 |
| 사막이리응애 | 4 | 5d | - | 4 | 2w | 4 | 1w | 1 | 0 | - | - | - | - |
| 칠레이리응애 | 4 | 2w | 2 | 3 | 1w | 4 | 1w | - | - | - | - | 1 | 0 |

* 천적에 대한 독성단계

| | |
|---|---|
| - | effect/persistence unknown |
| 1 | harmless or only slightly harmful < 25% reduction |
| 2 | moderately harmful 25 - 50% reduction |
| 3 | harmful 50 - 75% reduction |
| 4 | very harmful > 75% reduction |

총채벌레는 2019년 1월 23일, 1주 간격으로 천적을 3회 방사하여 총채벌레의 밀도를 1차 억제했으며, 전월 대비 평균 최고온도가 1℃ 이상 높아지면서 해충밀도가 상승하는 시점인 2월 말과 10월 중순경에 천적 1세트를 추가 방사하여 총채벌레의 밀도를 억제하였다(**Fig. 2-25**).

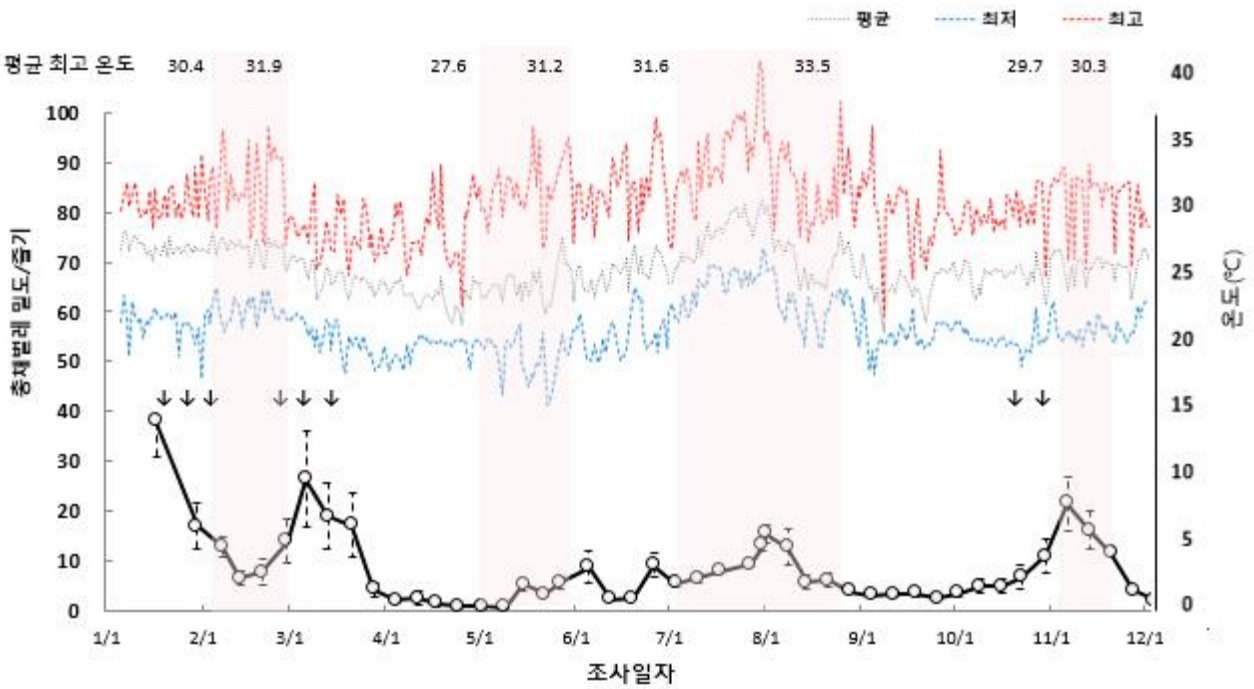



**Fig. 2-25.** 대상지 내 온도 변화와 총채벌레의 경시적인 밀도 변동

2월 말, 직사광선 노출이 심한 구역에 천적의 활동을 촉진시키기 위해 측면의 커튼을 내려 인위적으로 그늘막을 형성시켜주었으며 이후, 천적들의 활동이 관찰되고(**Fig. 2-26**), 총채벌레의 밀도를 안정적으로 억제할 수 있었다. 5월 이후, 평균 최고온도가 31℃를 웃돌아 평판트랩과 곤충병원성 곰팡이류를 적용하여 총채벌레의 밀도를 억제하였다.

**Fig. 2-26.** 감귤나무에서 확인된 지중해이리응애와 미끌애꽃노린재 성충과 알

깍지벌레는 2019년 1월 23일부터 천적을 적용한 후, 깍지벌레의 밀도 변동을 조사한 결과는 **Fig. 2-27**과 같다($df$ = 12, $F$ = 12.30, $P$ < 0.0001). 2월 말 측면 커튼을 내려 그늘을 만들어 준 이후, 천적의 활동이 눈에 띄게 많아져 현재까지 깍지벌레의 밀도를 효과적으로 관리할 수 있었다.

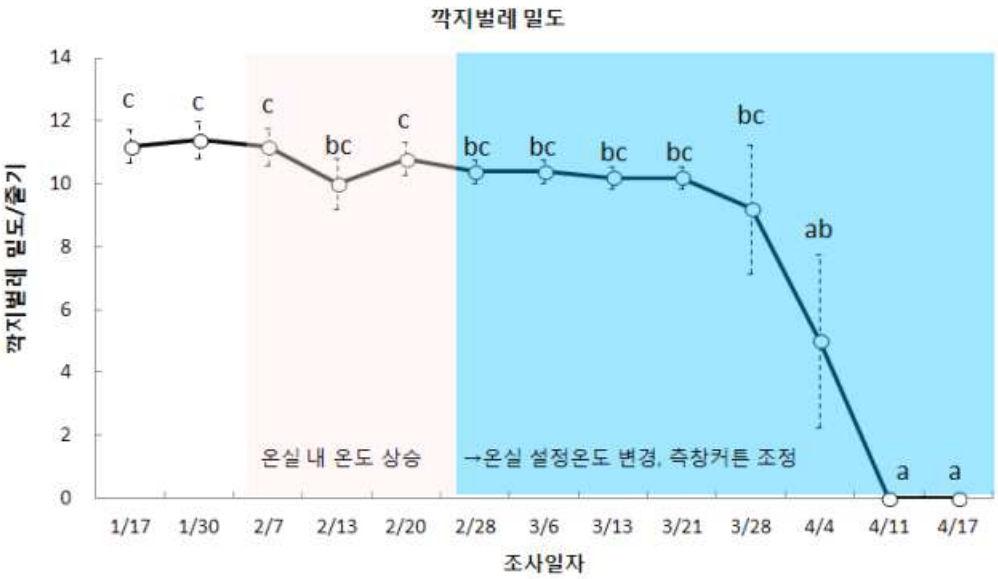



**Fig. 2-27.** 대상지 내 깍지벌레의 경시적인 밀도 변동

국내 · 외 다수의 연구자들이 천적적용이 약제적용보다 경제적인 해충방제방안이라고 보고한 바 있으나(van Lenteren, 1989 et al., ; Newton and Odendaal, 1990; Ham and Lim., 2020; Lee et al., 2018), 본 포장에서는 기존 관행 방제의 2배 정도의 비용이 적용되었다. 이는 최초 천적 적용 시, 약제의 잔류 독성으로 즉각적으로 천적의 해충밀도 억제 효과를 기대하지 못했던 점, 해충의 밀도가 높았던 점과 천적의 정착이 어려웠던 환경으로 인한 결과일 것으로 판단된다. 화학적 방제에서 생물적 방제로 전환하는데 발생하는 어려움은 이전에 살포했던 약제의 잔류 독성에 의한 천적의 정착실패일 것이다. 본 온실에서도 잔류 독성이 최소화되는 일정한 시기를 기다려야 했다. 또한, 천적이 기피하는 환경조건에서 천적의 정착에 용이한 환경으로의 조성을 위해 온실 환경설정을 탄력적으로 운영하게끔 컨설팅했다(**Fig. 2-28**). 궁극적으로 천적의 활동 가능 온도인 12~30℃와 최적 습도인 55~75% 수준을 유지하기 위하여 주기적인 환경조건 모니터링이 필수임을 확인할 수 있었다. 자사의 선행연구에 통해, 천적(서식처)을 주기적으로 사용하는 포장에서의 해충밀도는 방사 천적과 토착 천적의 상호작용으로 매년 해충의 밀도가 감소하는 경향을 확인한 바 있다. 이에 본 포장에서도 천적과 천적의 서식처를 적용하여 해충밀도를 효과적으로 관리하기 위하여, 본 포장에 최적화된 천적이용 기본모델을 구축하였다(**Table. 2-14**). 이와 더불어 다양한 곤충자원의 자생적 생태계 조성을 위해, 방제보다 예방에 초점을 둔 지속가능한 해충관리 기술을 구축할 예정이다. 또한, 천적 서식처 조성, 폴리네이터 가든 구축과 자생 천적 보호 캠페인 등을 통한 소생태계 복원에도 앞장설 계획이다.

**Fig. 2-28.** 측면 커튼을 내려 그늘 형성, 미스트 분무로 습도를 유지하는 온실 모습

**Table 2-14.** 열대식물 재배 온실에서 해충방제를 위한 천적이용 기본모델

| 대상해충 | 1 월 | 2 월 | 3 월 | 4 월 | 5 월 | 고온기 | 9 월 | 10 월 | 11 월 | 12 월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 깍지벌레 | ▽ ♣ | | | | | | | ▽ | | ⚑ |
| 총채벌레 | ▽ ♣ | ▽ | | | ⚑ | ⚑ | | ▽ ♣ | ▽ ▽ | |
| 진딧물 | ▽ ♣ | ▽ | | | ⚑ | ⚑ | | ▽ ♣ | ▽ | |
| 잎응애 | ▽ ♣ | ▽ ▽ | | | ⚑ | ⚑ | | ▽ ♣ | ▽ ▽ | |

Occurrence periods　Increase periods

* (▽): 천적방사, (♣): 서식처 적용, (⚑): 필요에 따라 트랩 및 친환경자재 적용

## 제3절. 신규 천적에 대한 최적 제품화 기술개발

### 1. 연구목표

신규 선발 천적에 대한 최적의 제품화 및 유통 기술개발

### 2. 연구내용

신규 천적 2종의 제품화를 위해 우화율 및 접종 밀도를 통해 제품 형태를 선발하였으며, 효율적인 유통을 위해 품질기준안을 마련하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 생태특성 규명을 위한 신규 천적 2종의 령기별 SCPs 측정

신규 선발 천적에 대한 최적 제품화 기술을 개발하기 위하여 벗초파리의 번데기와 성충, 벗초파리기생벌의 번데기와 성충, 그리고 긴날개쐐기노린재의 약충과 성충의 SCPs를 측정한 결과는 **Fig. 2-29**와 같다. 벗초파리, 벗초파리기생벌과 긴날개쐐기노린재의 각 단계별 SCPs는 유사하게 측정되었다($df$ = 2,6, $F$ = 0.11, $P$ = 0.8963; $df$ = 1,5, $F$ = 1.4, $P$ = 0.3023; $df$ = 2,6, $F$ = 1.3, $P$ = 0.3405). 천적제품의 장/단기 저온저장을 위한 선행연구로 신규 천적 2종의 내한성을 추가로 검증할 필요가 있을 것으로 판단된다.

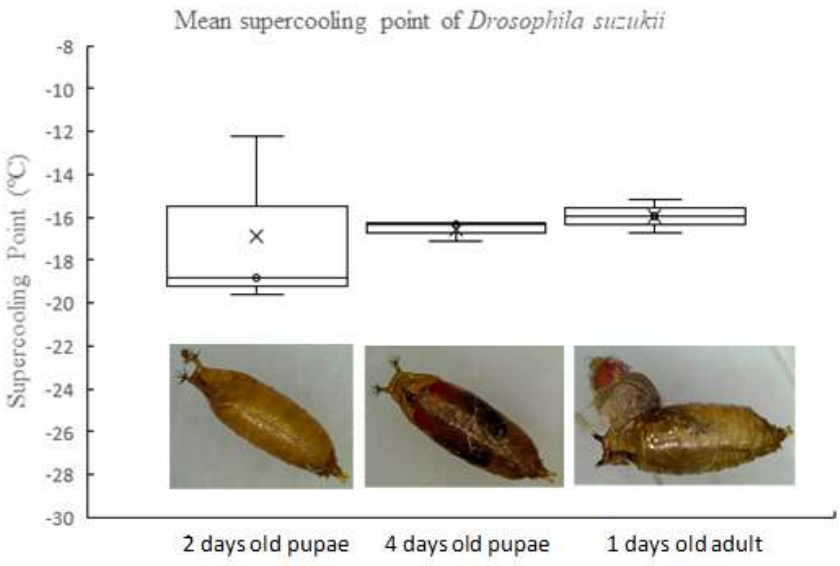



**Fig. 2-29**. (계속)

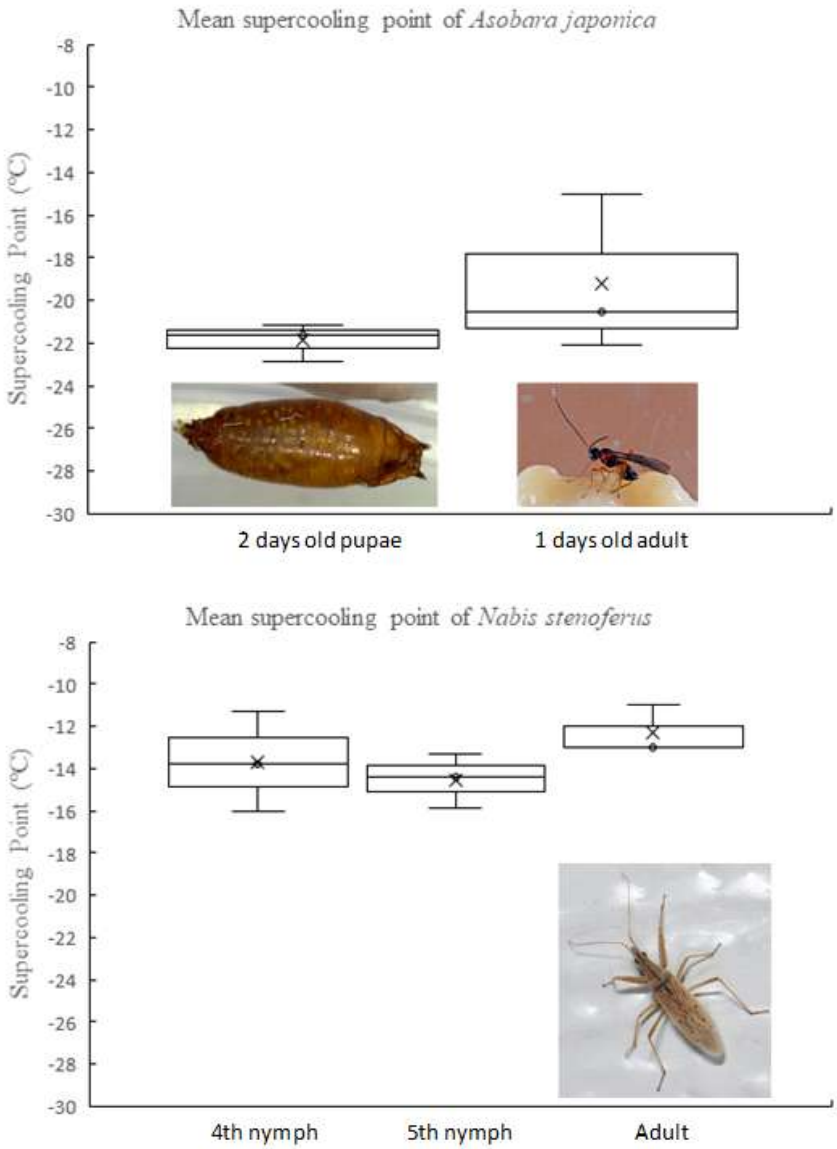



**Fig. 2-29**. 벗초파리, 벗초파리기생벌과 긴날개쐐기노린재의 발육단계별 SCPs

## 나. 신규 천적 2종의 제품화 형태 선발

벗초파리기생벌의 제품화 형태를 선발하기 위하여 천적에 접종된 벗초파리 번데기의 우화율을 확인한 결과는 **Fig. 2-30, 2-31**과 같다. 본 실험결과 벗초파리의 1.3%가 천적과 동일한 시기에 우화 하는 것을 확인 할 수 있었다. 상대적으로 저장과 포장이 용이한 번데기 단계를 제품화 형태로 선발하기 위해서는 벗초파리 접종시간과 접종밀도를 조절하여 벗초파리와 천적의 우화시기를 분리할 필요가 있을 것이다. 또한 벗초파리 접종 2일째와 4일째에 천적을 접종하여 기생률과 우화율을 확인한 결과는 **Fig. 2-32**와 같다. 벗초파리 접종 2일째에 천적을 접종한 처리구에서 기생률이 월등히 높게 나타났으며($df$ = 1,3, $F$ = 26.87, $P$ = 0.0353), 모든 처리구에서 우화율은 유사하게 확인되었다($df$ = 1,3, $F$ = 0.25, $P$ = 0.6665).

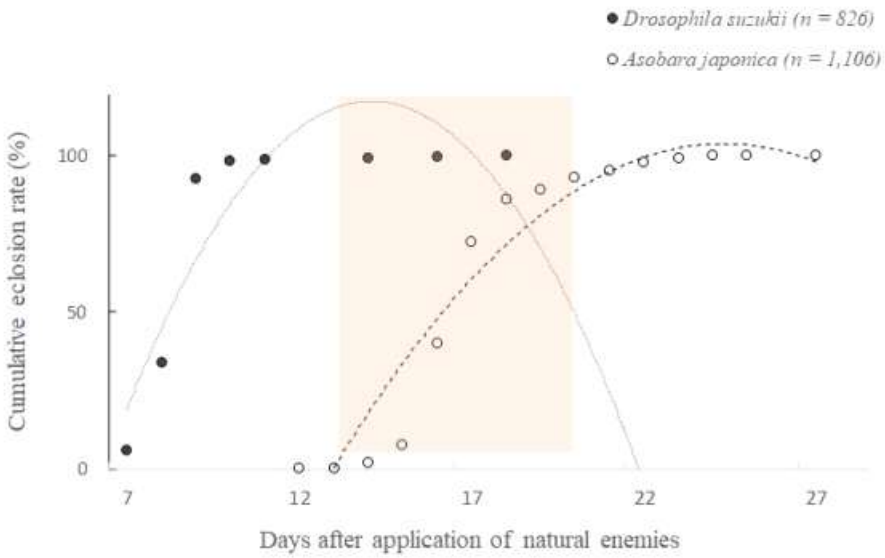



**Fig. 2-30**. 벗초파리와 벗초파리기생벌의 우화패턴

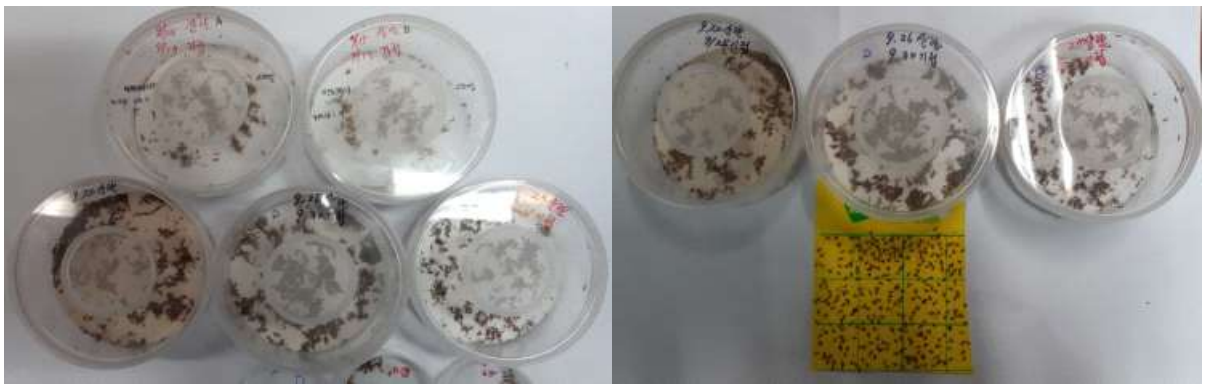


**Fig. 2-31**. 벗초파리와 벗초파리기생벌의 우화율 확인 실험 모습

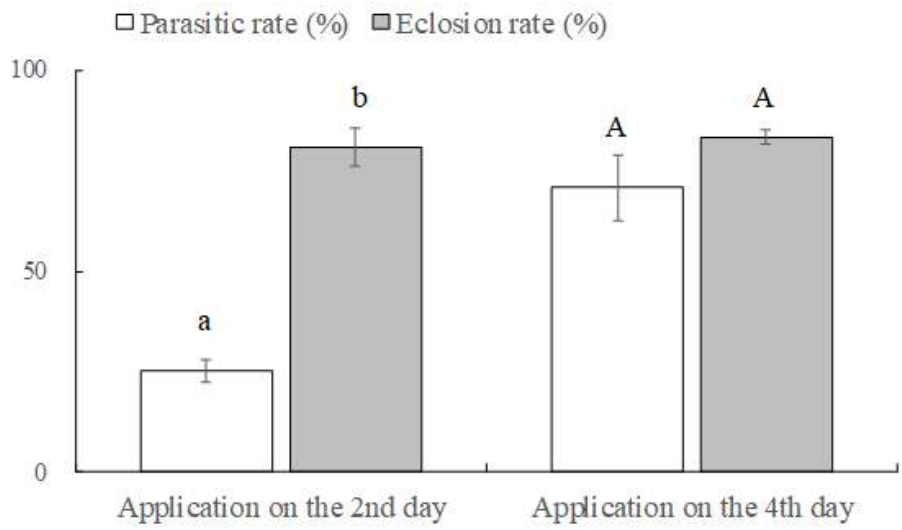



**Fig. 2-32**. 벗초파리기생벌의 접종 시기에 따른 기생률과 우화율

긴날개쐐기노린재의 제품화 형태를 선발하기 위하여 종령충과 성충의 포식량을 비교한 결과는 **Fig. 2-33**과 같다. 냉동된 명나방알이 약 80개 부착된 먹이카드를 공급한 후 3시간과 6시간 후의 포식량을 현미경하에서 조사하였으며(**Fig. 2-34**, 모든 처리구에서 약충과 성충의 포식량은 유사하게 확인되었다($df$ = 1,5, $F$ = 2.59, $P$ = 0.1827; $df$ = 1,5, $F$ = 4.09, $P$ = 0.1131). 상황에 따라 성충과 약충 모두를 제품화 형태로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

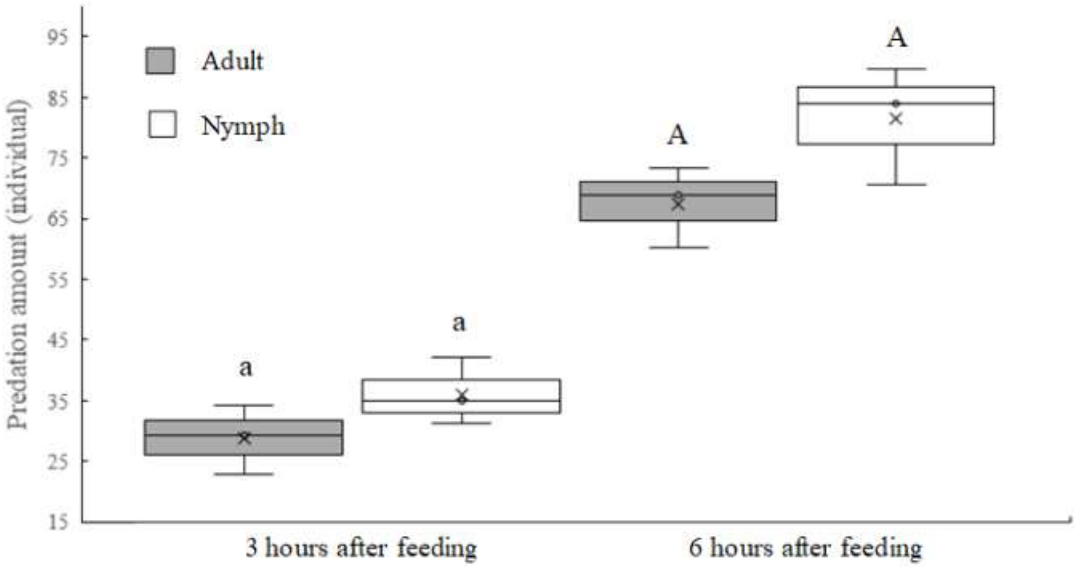



**Fig. 2-33**. 긴날개쐐기노린재 약충과 성충의 포식량

**Fig. 2-34**. 긴날개쐐기노린재 성충의 명나방알 포식모습과 포식후의 먹이카드

### 다. 효율적인 유통방안과 품질기준안 마련

벗초파리기생벌의 유통 형태를 선발하기 위하여 기 개발되어 활용되고 있는 충진재 중 파쇄지와 질석+메밀피 조합을 1차 선발하였다(**Fig. 2-35**). 벗초파리기생벌은 번데기를 대상으로, 긴날개쐐기노린재는 성충을 대상으로 하였으며, 각 충진재를 조합하여 포장한 후, 10차례 흔들어 유통 시 유발될 수 있는 물리적인 스트레스를 주었다. 24시간 후 벗초파리기생벌은 매일 우화율을 확

인했으며, 긴날개쐐기노린재는 24시간과 36시간 후 생충수를 확인하였다. 실험에 사용된 파쇄지는 2 × 155 ㎜의 크기를 10 ㎜간격으로 지그재그로 접어 사용했으며, 질석과 메밀피 조합은 100 ㎖ 질석과 225 ㎖ 메밀피에 증류수 10 ㎖를 혼합하여 약 24 %의 습도를 유지하도록 조성하였다.

벗초파리기생벌의 충진재 실험결과는 **Fig. 2-36**과 같다. 질석과 메밀피 조합에서 무처리 27.7%, 파쇄지 30%에 비해 62.8%의 상대적으로 높은 우화율을 확인할 수 있었다($df$ = 2,8, $F$ = 9.92, $P$ = 0.0125). 우화 시작 후 약 7일째에 모든 처리구에서 80%이상이 우화했으며 처리구별 산란 패턴은 **Fig. 2-37**과 같다.

긴날개쐐기노린재의 24시간과 36시간동안의 생존율 결과는 **Fig. 2-38**과 같다. 24시간 동안은 모든 처리구에서 96.7% 이상의 높은 생존을 확인할 수 있었으나($df$ = 2,8, $F$ = 1, $P$ = 0.4219), 36시간 후에는 질석과 메밀피 조합에서만 58.9%의 상대적으로 높은 생존율을 확인할 수 있었다($df$ = 2,8, $F$ = 10.87, $P$ = 0.0101).

**Fig. 2-35.** 신규 천적 2종의 충진재 선발 실험 모습

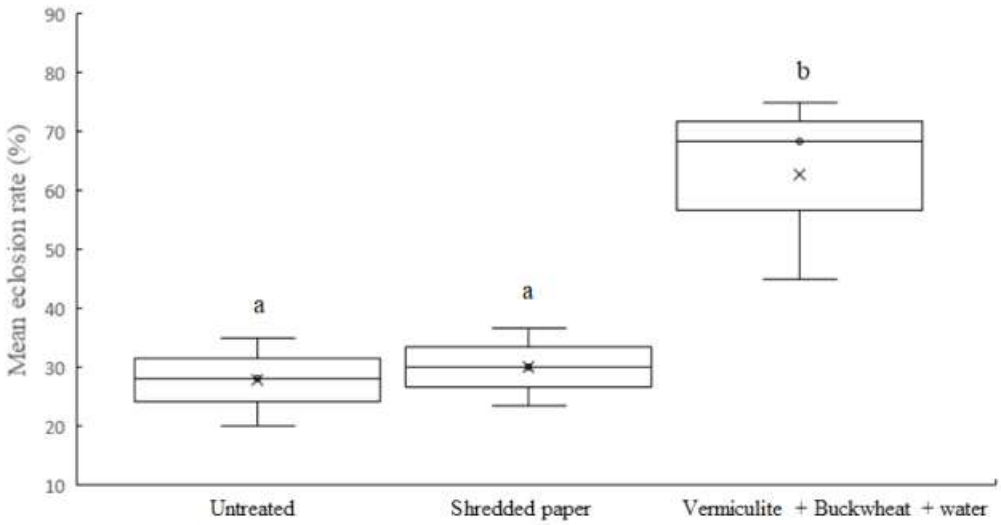



**Fig. 2-36**. 충진재 종류 별 벗초파리기생벌의 우화율

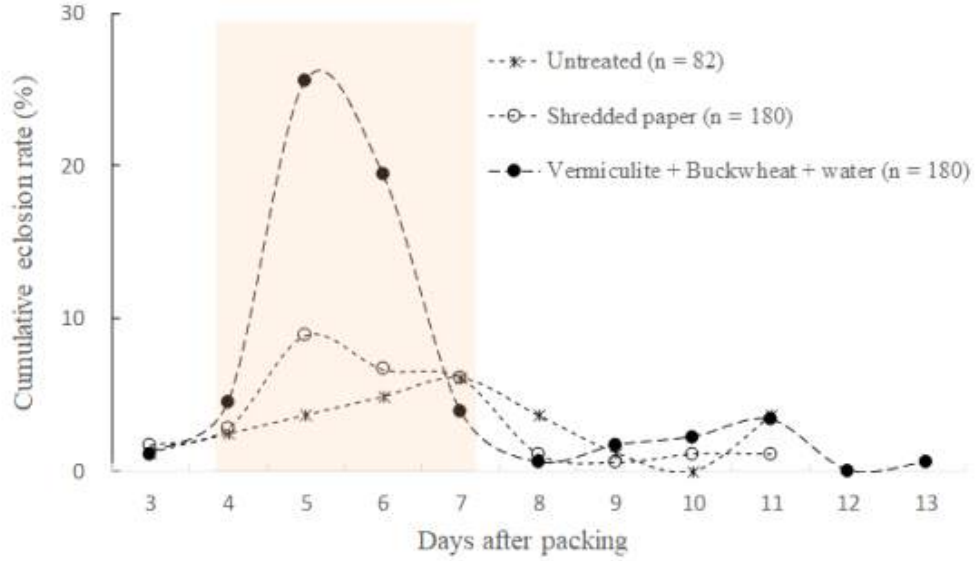



**Fig. 2-37**. 충진재 종류 별 벗초파리기생벌의 우화 패턴

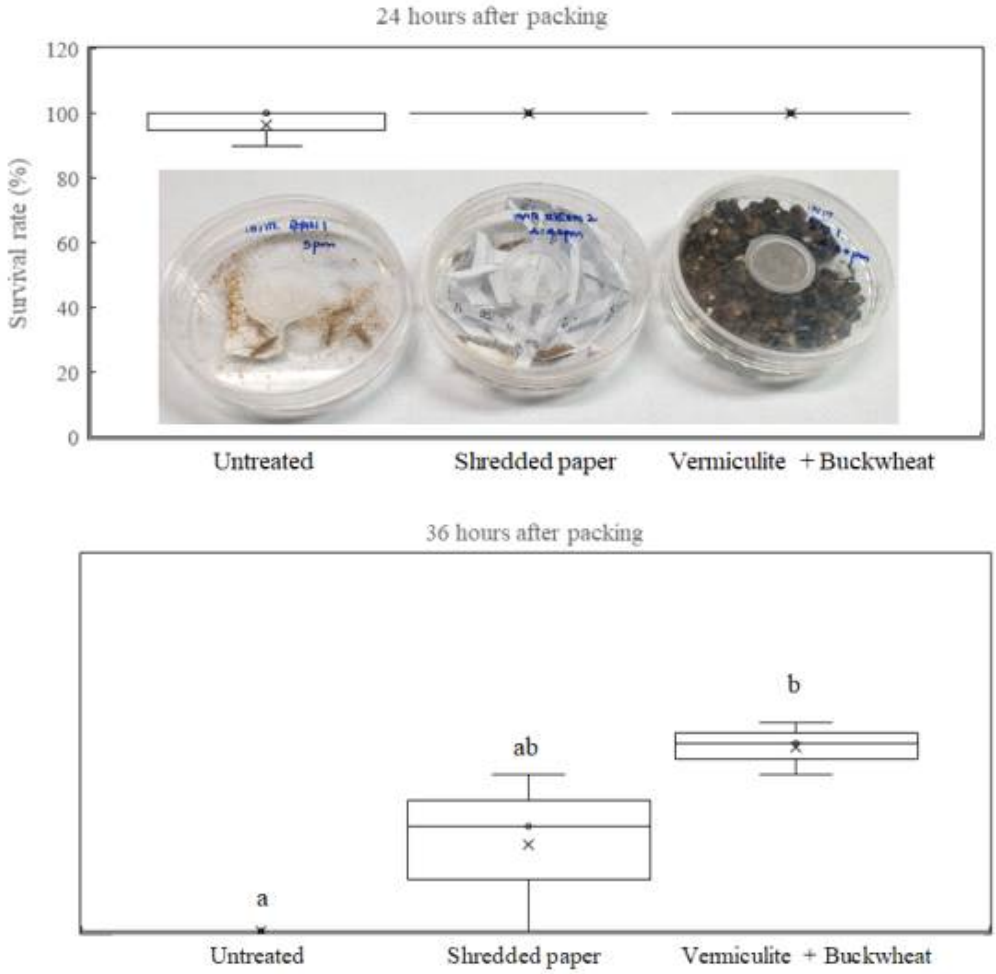



**Fig. 2-38**. 충진재 종류별 긴날개쐐기노린재 성충의 생존율

신규 천적 2종에 대한 품질기준안 초안을 IOBC quality control guidelines for natural enemies (2002 버전)를 참고하여 마련하였다(**Table 2-15, 2-16**). 추후 생태특성 규명을 통하여 지속적인 업데이트가 필요할 것으로 판단된다.

**Table 2-15**. 벗초파리기생벌의 품질기준안

| 주요성능 | 단위 | 품질기준[1)] |
|---|---|---|
| Quantity | % | ≥ The number of live adults that should emerge from the package. |
| Emergence | % | as specified by the manufacturer. A minimum of three containers should be counted. Emergence rate ≥ 45 % (n=500). A weekly or batch-wise test. |
| Sex-ratio | % | ≥ 45% females, a seasonal test, n=150 |
| Fecundity | 개 | ≥ 35 mummies/female in the first day when tested; n=30, an annual test. |

[1)] IOBC Quality Control Guidelines for natural enemies 기준 참고

**Table 2-16**. 긴날개쐐기노린재의 품질기준안

| 주요성능 | 단위 | 품질기준[1)] |
|---|---|---|
| Quantity | % | ≥ the number of live adults and nymphs as specified on the label; weekly test |
| Mortality | % | a<= 5 % of the number of live adults and nymphs as specified on the label; weekly test |
| Sex-ratio | % | ≥ 45 % females; n=100; seasonal test |
| Fecundity | 개 | ≥ 7 eggs/female/72 hours; n=30; annual test |

[1)] IOBC Quality Control Guidelines for natural enemies 기준 참고

# 제4절. 외부환경조건별 저온유통방법 개발

## 1. 연구목표

외부환경조건에 따른 천적 곤충의 포장 표준화 구축

## 2. 연구내용

국내 다수의 천적 곤충 업체는 택배 서비스를 통해 소비자에게 직접 제품을 배송하고 있으며 제품 포장은 개별 기업의 지침에 의하여 이루어지고 있다. 그러나 천적 제품의 종류, 제품 포장방법이나 유통 시 환경조건에 따라 내부 유지 온도가 달라질 수 있으므로 곤충의 포장 표준화를 위한 기준설정과 세부적인 지침이 요구되고 있다(Lee, 2016; Ham and Lim, 2020). 실제로 곤충은 예기치 못한 온도에 노출되었을 때, 생리적 혹은 행동적 적응 메커니즘을 발현함으로써 변화한 온도에 대처할 수는 있지만, 극한 온도의 변화는 곤충의 생존율을 저하시키는 원인이 되기 때문이다(Jeong, 2011).

한국소비자원 통계자료에 따르면 2015~2017년 사이에 택배 관련 소비자 피해 구제 신청 건수는 964건, 이 중 파손에 대한 피해가 전체의 38.4%로 나타났다(Lee, 2020). 또한, 냉동 또는 냉장 상품의 부패와 변질 등을 경험한 소비자 피해와 관련된 뉴스기사 등록 건수는 해를 거듭할수록 증가하고 있다(Lee, 2020). 피해가 있었음에도 불구하고 피해 접수를 하지 않은 소비자나, 택배 서비스 이용 후, 공공기관이 아닌 개별 업체에 직간접적으로 제기한 소비자 피해 사례를 포함한다면 피해 건수는 위 수치보다 더 늘어날 것으로 추정된다(Lee, 2020). 천적제품도 스티로폼 박스에 보냉제를 함께 넣어서 실온 배송이 되고 있다. 이러한 이유로 월평균온도가 25℃를 웃도는 고온기에 제품품질 이슈가 증가되고 있다. 품질이슈를 해결하기 위하여 유통 중, 대상종의 에너지 소모를 최소화할 수 있는 발육영점온도로 유지하는 포장 방법이 요구된다. 곤충은 발육영점온도 이상에서는 발육 정지효과를 유발하기 힘들고, 이 이하의 온도는 세포막 장애와 같은 냉해 피해가 유발될 수 있기 때문이다(Kim et al., 2009b). 또한, 포장 시 사용되는 보냉제와 스티로폼 박스의 체적에 따라서도 내부 온도는 상이한 양상을 보일 수 있다(Lee, 2020).

따라서 본 연구에서 사계절 내 배송과정에서 제품의 품질을 일정하게 유지시킬 수 있는 천적 곤충 포장 표준화를 제시하고자 한다. 먼저 국내 천적 제품 유통 실태를 파악하였으며, 보냉제의 저온저장기간에 따른 포장박스 내부의 온도변화, 포장박스 내에서 천적과 보냉제의 거리에 따른 온도변화, 및 포장박스 내 완충제 충진 여부에 따른 온도변화 등을 조사하여 유통 시 천적 곤충 품질의 안정적 관리를 위한 보냉제 취급방법 및 포장방법을 제시하였다.

### 가. 국내 천적 제품 유통 실태

국내 천적 업체의 유통 실태를 파악하여, 개선이 필요한 사항을 도출하기 위하여 업체별 다양한 천적 포장 패키지를 확보하였다(**Fig. 2-39**). 이 중 4개 업체를 선발했으며, 각 업체의 7~8월경 유통 형태는 그대로 유지하면서, 내부온도변화를 측정하기 위해 온도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)를 상자에 넣어서 재포장하였다. 각 업체별 보냉제는 -10℃ 냉동고에 5일간 보관 후 사용하였으며, 포장된 상자들은 기상자료 개방 포털(data.kma.go.kr)의 기온분석 자료를 참고하여 8월 최고 평균온도인 29.4℃에 근접한 30℃로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에 보관하였다. 또한 국내는 지리적 여건상 전국을 아우르는 수송거리가 짧은 편으로 도서지역을 제외한 전국의 배송 소요기간은 평균 1~2일 내외이므로(Lee, 2020), 최대 48시간동안의 내부온도를 측정하였다. 이때 온도기록장치는 30분 간격으로 기록하도록 설정되었으며, 업체 포장자재별 3반복, 각 반복 당 2~3회 측정한 결과값을 분석에 사용하였다. 상기 측정결과로 업체별 천적 제품 유통현황 분석 및 천적 곤충의 포장 표준화 연구의 타당성을 검토하였다.

**Fig. 2-39**. 업체별 다양한 천적 포장 패키지

### 나. 보냉제 종류 및 저온 노출 시간이 내부환경에 미치는 영향

제품 포장에 적합한 보냉제를 선발하기 위하여 물(21 × 27 ㎝, Bingo ice®, Bingo Co., Ltd., Korea), 고흡수성 폼에 물과 NaCl이 함유된 New gel(20 × 25 ㎝, T-pack®, FMS Korea Co., Ltd., Korea), 그리고 고흡수성 폴리머(Supper absorbent polymer, Sap)(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)가 함유되어 있는 비슷한 규격의 제품을 준비하였다(**Fig. 2-40**). 모든

보냉제는 -10℃ 냉동고에 5일간 보관 후, 같은 규격의 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 ㎝, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 ㎝, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 포장되었으며, 내부온도 측정을 위해 온도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)도 같이 포장하였다. 포장된 박스는 30℃로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에서 전체 3반복 진행하였으며, 12시간동안 보관하면서 30분 간격으로 온도를 측정하였다.

동일한 온도에 노출된 보냉제(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)를 대상으로, 저온에 노출된 시간에 따른 보냉제의 온도와 습도유지효과를 확인하였다. 보냉제는 -10℃ 냉동고에서 각 1, 5, 10, 20, 및 30일 보관한 보냉제를 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 ㎝, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 ㎝, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 하나씩 넣어 30℃로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에서 48시간 동안 보관하면서 온습도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)로 스티로폼박스 내부 온도와 습도를 30분 간격으로 기록하였다. 냉동기간별 3반복 진행하였으며, 각 반복 당 4~6회 측정값을 분석에 사용하였다.

**Fig. 2-40**. 확보된 보냉제(왼쪽부터 물, New-gel과 고흡수성 폴리머)와 스티로폼 박스

### 다. 보냉제의 포장 거리가 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 시, 제품과 보냉제(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)와의 거리가 내부 온도유지에 미치는 영향을 확인하였다. 보냉제는 하나만 사용하였으며, 보냉제와 1, 5, 10, 15, 20, 및 25 ㎝ 떨어진 지점에 온도기록장치(U23-003, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)의 센서를 위치시킨 후, 스티로폼 박스(외경 37.5 × 29 × 27 ㎝, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 넣어 30℃로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 거리별 내부온도를 3반복 측정하였다(**Fig. 2-41**). 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 분석에 사용하였다.

**Fig. 2-41**. 보냉제의 포장거리별 온도유지 효과 실험 모습

### 라. 박스 내부 여유 공간이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 박스 내부의 여유 공간이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인하고자 제품과 보냉제(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)만 넣고 포장한 방법과 종이완충제(width 550 mm, Roll-kraft®, Eco Life Packaging Co., Korea)를 채워 여유 공간을 없앤 포장방법의 내부 온도를 비교하였다. 이때, 종이완충제는 50~60 cm로 절단하여 손으로 살짝 구겨서 포장에 사용하였다. 동일한 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 ㎝, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 ㎝, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 제품과 온도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)를 넣고 각 5 cm와 1 cm 떨어진 곳에 보냉제를 위치시켰다(**Fig. 2-42**). 보냉제를 제품과 5 cm 떨어드려 포장한 박스는 25℃로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에, 1 cm 떨어뜨려 포장한 박스는 20℃로 설정된 인큐베이터에 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 내부온도를 측정하였다. 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 분석에 사용하였으며, 처리구별 3반복, 각 반복 당 4회 측정하였다.

**Fig. 2-42**. 보냉제의 포장거리별 온도유지 효과 실험 모습

### 마. 외부온도조건과 포장방법이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 시, 에어캡(50 × 50 ㎝, 0.04 t, Air-cap®, Glogenic Co., Ltd., Korea) 사용이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인하고자 에어캡으로 봉투(27 × 22 × 25 ㎝)를 제작하였다. 이때, 포장방법은 보냉제(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)를 넣는 것과 넣지 않는 방법으로 이원화하였으며, 보냉제를 사용할 때는 온도기록장치와 1 cm 떨어진 지점에 위치시켰다(**Fig. 2-43**). 포장에 사용한 보냉제는 15℃로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에서 7일간 보관 후 사용하였다. 준비된 에어캡 봉투를 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 ㎝, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 ㎝, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 넣고 그 안에 온도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)를 넣어 밀봉하여, 0℃로 설정된 인큐베이터에 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 내부온도를 측정하였다. 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 에어캡 봉투없이 포장한 박스의 내부온도와 비교하였으며, 각 처리구별 3반복, 각 반복 당 2~4회 측정하였다.

<에어캡 봉투 없이 포장>

<스티로폼 박스 내부에 에어캡 봉투와 같이 포장>

**Fig. 2-43**. 에어캡 봉투 포장실험 모습

본 연구의 상기 결과를 참고하여, 천적 곤충 유통 기간동안 박스 내부의 온도변화를 최소화할 수 있는 14개의 포장조합을 선발하여 실험에 사용하였다(**Table 2-17**). 보냉제(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)는 25, 15, 5 또는 -10℃에서 5일이상 보관되는 조건으로 처리하였으며, 제품과의 거리는 1 cm 또는 5 cm로 처리하였다. 이때, 온도기록장치(U23-001,

HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)는 제품과 같은 위치에 두었다.

본 연구에서 외부온도조건은 실제와 같은 온도변화를 구성함에 한계가 있어, 기상자료 개방포털(data.kma.go.kr)의 월평균 기온을 조사하였으며, 하절기 최고 온도인 30℃부터 영상권 최저온도인 0℃의 범위에서 5℃ 간격으로 7개 외부온도(30, 25, 20, 15, 10, 5, 및 0℃)로 구분하여 처리하였다. 5℃와 0℃조건의 포장 조합 중에 5℃에 보관했던 보냉제 처리구에는 에어캡 봉투를 적용하여 포장하였다. 각 외부온도조건으로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae-Il engineering Co., Ltd., Korea)에 포장된 박스를 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 내부온도를 측정하였다. 각 처리구별 3반복, 각 반복 당 3~4회 측정하였으며, 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 천적 곤충 포장에 적용할 수 있도록 정리하였다.

**Table 2-17**. 선발된 14개의 포장조합

| No. | 보냉제 보관온도 | 보냉제 보관기간 | 보냉제 수량 | 제품과 포장간격 | 에어캡 봉투 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25℃ | 5일 이상 | 1 | 1 ㎝ | - |
| 2 | | | 1 | 5 ㎝ | - |
| 3 | 15℃ | | 1 | 1 ㎝ | - |
| 4 | | | 1 | 5 ㎝ | - |
| 5 | 5℃ | | 1 | 1 ㎝ | - |
| 6 | | | 1 | 1 ㎝ | ○ |
| 7 | | | 1 | 5 ㎝ | - |
| 8 | | | 2 | 1 ㎝ | - |
| 9 | | | 2 | 1 ㎝ | ○ |
| 10 | 5℃<br>-10℃ | | 1<br>1(up) | 1 ㎝ | - |
| 11 | -10℃ | | 1 | 1 ㎝ | - |
| 12 | | | 1 | 5 ㎝ | - |
| 13 | | | 2 | 1 ㎝ | - |
| 14 | | | 2 | 5 ㎝ | - |

## 3. 연구결과

### 가. 국내 천적 제품 유통 실태

현재 유통되고 있는 천적 제품 배송 시의 평균 내부유지온도를 확인하기 위해, 4개 업체의 포장방법을 동일하게 구현하여 48시간동안의 온도변화를 측정하였다(**Fig. 2-44**). 세 개 업체(A, B, 및 C)의 내부 평균 내부유지온도는 12시간 동안 17.1℃, 24시간 후에는 19.2℃까지 올라가는 유사한 패턴을 보였다(12시간: $df$ = 2,8; $F$ = 0.96; $P$ = 0.4348, 24시간: $df$ = 2,8; $F$ = 2.62; $P$ = 0.1521). D 업체는 24시간동안 평균 11.0℃, 36시간 동안 평균 12.7℃, 36시간 후에는 평균 14.

6℃로, 타 업체보다 통계적으로 낮은 수치를 보였다(12시간: $df$ = 3,29; $F$ = 5.75; $P$ = 0.0037, 24시간: $df$ = 3,29; $F$ = 13.63; $P$ < 0.0001, 36시간: $df$ = 3,29; $F$ = 34.1; $P$ < 0.0001, 48시간: $df$ = 3,29; $F$ = 12.49; $P$ < 0.0001). 그러나 D 업체를 포함한 모든 처리구에서 평균 배송 소요시간인 36~48시간동안 빠른 속도로 온도가 상승하였으며, 최소한의 에너지로 생존할 수 있는 발육영점온도에 근접한 저온을 유지하지는 못하였다. 그에 반해 세계적인 천적유통업체 중의 하나인 유럽의 BB사는 평균 항공 배송 소요시간인 96시간동안 2~8℃로 일정하게 유지시키는 포장방법을 구축하여 사용하고 있다. 이러한 온도는 천적으로 활용되고 있는 많은 종들의 발육 영점온도에 해당된다(**Table 2-18**). 미끌애꽃노린재(*Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae))는 10℃에서 36일간(Kim et al., 2009a), 수염진디벌(*Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae))은 2℃와 7℃에서 각 7주와 2주(Frere et al., 2011) 그리고 어리줄풀잠자리(*Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)) 알은 8℃에서 3주동안(Tauber et al., 2000) 품질의 저하없이 저장이 가능하다고 보고되어 있으며, 상기의 제시온도는 대상종의 발육 영점 온도에 근접해 있다(**Table 2-18**). **Table 2-18**의 발육 영점온도는 대상 종에 대해 단 한 건의 논문만을 참고하였으므로, 대상종의 서식환경에 따라 1~2℃ 또는 그 이상의 차가 있을 수 있음을 밝힌다(Ohta, 2001; Nakahira et al., 2005; Sampaio et al., 2007; Ding et al., 2016). 유럽에서의 천적활용은 1987년 화분매개곤충이 본격적으로 사용되기 시작하면서 보편화되어, 오늘날 30여년 이상에 걸쳐 축적된 방대한 연구성과를 확보하고 있으며, 산업현장에서도 적극적으로 활용하고 있다(Ham, 2018). 국내에는 1995년 천적을 이용한 해충방제 연구가 시작되어, 다양한 천적 활용기술이 개발되었지만, 천적산업의 성숙도가 낮아 사육·유통·소비의 시스템적 연계는 부족한 실정이다(MAFRA, 2016). 특히 국내 천적 업체는 스티로폼 박스에 보냉제와 천적을 넣어서 실온 배송을 하고 있으며, 이때 포장하는 방법에 따라 내부 유지온도가 상이한 양상을 띄게 되어(**Fig. 2-44**), 제품의 품질을 일정하게 유지할 수 있는 보냉제의 취급방법과 포장 표준화 방안이 요구된다.

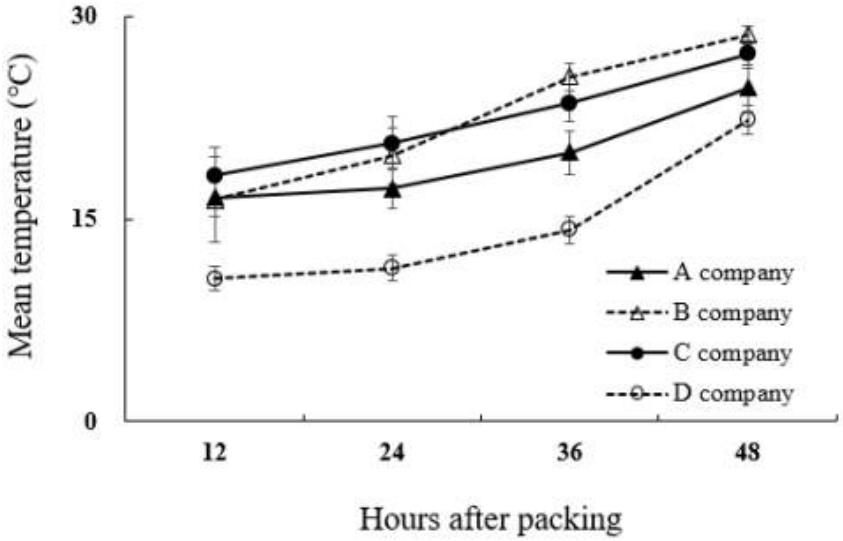



**Fig. 2-44**. 업체별 포장 패키지의 평균 유지온도(조건: 외부온도 30℃)

**Table 2-18.** 국내 생물적 방제에 사용되는 천적 종의 발육영점온도

| Family | Biological control agent | Lower developmental threshold (°C) | Reference |
|---|---|---|---|
| Anthocoridae | *Orius insidiosus* | 11.8 ~ 12.3 | Mendes et al., 2005 |
| Anthocoridae | *Orius laevigatus* | 11.3 | Sanchez and Lacasa, 2002 |
| Anthocoridae | *Orius minutus* | 9.2 ~ 11.9 | Jun, 2020 |
| Anthocoridae | *Orius sauteri* | 10.3 ~ 11.1 | Ohta, 2001 |
| Aphelinidea | *Aphelinus varipes* | 5.7~5.8 | Choi et al., 2008 |
| Braconidae | *Aphidius colemani* | 2.7 ~ 3.0 | Zamani et al., 2007 |
| Braconidae | *Aphidius ervi* | 2.2 ~ 6.6 | Sigsgaard, 2000 |
| Braconidae | Aphidius gifuensis | 5.5 | Ohta et al., 2001 |
| Cecidomyiidae | *Aphidoletes aphidimyza* | 7.9 ~ 11.7 | Kim et al., 2005 |
| Chrysopidae | *Chrysoperla carnea* | 8.0~10 | Honek and Kocourek, 1988 |
| Eulophidae | *Diglyphus isaea* | 9.2 ~ 9.4 | Haghani et al., 2007 |
| Miridae | *Nesidiocoris tenuis* | 10.3 | Sanchez et al., 2009 |
| Phytoseiidae | *Amblyseius californicus* | 8.2~11.7 | Gotoh et al., 2004 |
| Phytoseiidae | *Amblyseius cucumeris* | 12.8 | Li et al., 2003 |
| Phytoseiidae | *Amblyseius swirskii* | 11.3 | Lee and Gillespie, 2011 |
| Phytoseiidae | *Phytoseiulus persimilis* | 11.0 | Morewood, 1992 |
| Syrphidae | *Episyrphus balteatus* | 7.5 | Honek and Kocourek, 1988 |
| Trichogrammatidae | *Trichogramma* sp. | 10.0 | Kim et al., 2009b |

### 나. 보냉제 종류 및 저온 노출 시간이 내부환경에 미치는 영향

천적 곤충 포장 표준화 방안을 구축하기 위하여, 먼저 보냉제 물성별 내부 유지온도를 비교한 결과(**Fig. 2-45**), 모든 처리구에서 평균 18℃내외로 유사한 결과를 확인할 수 있었다($df$ = 2,8; $F$ = 0.47; $P$ = 0.6472). 이 연구를 토대로 이후 모든 연구는 Sap가 함유된 보냉제를 사용하여 실시하였다. 본 연구에서는 기 확보되어 있던 Sap가 함유된 보냉제를 사용하였으나, MFDS(2020)의 권장대로 친환경유지가 가능하도록 100% 물로 구성된 보냉제를 사용하는 것이 바람직할 것이다.

MFDS(2020)의 ‘배달 및 택배 유통 냉장축산물 가이드라인’에서 보냉제는 냉장 온도가 유지될 수 있도록 제품특성, 포장방법, 및 배송예정시간 등을 고려하여 사용하도록 권장하고 있으나, 냉동시간은 명시되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 보냉제의 적정 취급방법을 설정하기 위하여 −10℃ 냉동고에 각 1, 5, 10, 20, 및 30일 보관 후 내부 온도 유지효과를 확인하였다 (**Fig. 2-46**). 초기 12시간에는 평균 11℃내외로 처리구별 차이가 없었으나, 24시간 후에는 5일이상 저온 보관한 보냉제 처리구에서 1일 보관한 보냉제 처리구보다 통계적으로 낮은 온도가 확인되었다(12시간: $df$ = 4,14; $F$ = 1.19; $P$ = 0.3727, 24시간: $df$ = 4,14; $F$ = 4.92; $P$ = 0.0188). 36시간 후에는 5, 20, 및 30일 보관한 처리구가, 48시간 후에는 5, 10, 및 20일 보관한 처리구의 유지온도가 유사하게 확인되었다(36시간: $df$ = 4,14; $F$ = 5.82; $P$ = 0.011, 48시간: $df$ = 4,14; $F$ = 3.6; $P$ = 0.0456)(**Fig. 2-46-A**). 상기 결과를 이원분산분석한 결과, 냉동기간과 경과시간이 길어질수록 내부 유지온도는 낮게 나타나지만, 교호작용은 확인할 수 없었다(냉동기간: $df$ = 4,40; $F$ = 13.72; $P$ < 0.0001, 경과시간: $df$ = 3,40; $F$ = 124.9; $P$ < 0.0001, 냉동기간 × 경과시간: $df$ = 12,40; $F$ = 1.37; $P$ = 0.2193).

보냉제를 -10℃ 냉동고에서 각 1, 5, 10, 20, 및 30일 보관 후 내부 습도 유지효과를 확인한 결과(**Fig. 2-46-B**), 경과시간이 길어질수록 내부 습도가 상승하는 것을 확인할 수 있었다($df$ = 3,40; $F$ = 5.22; $P$ = 0.0039). 보냉제의 냉동기간은 포장 후의 경과시간별 내부습도에 영향을 주지 않았다(냉동기간: $df$ = 4,40; $F$ = 0.64; $P$ = 0.6372, 냉동기간 × 경과시간: $df$ = 12,40; $F$ = 0.25; $P$ = 0.994). 일반적으로 낮은 습도가 유지되면 곤충의 알은 신진대사가 떨어져 알 기간이 늘어나거나 부화를 실패하며, 부화하더라도 발육과 증식에 부정적인 영향을 미치게 된다 (Stenseth, 1979; Riis et al., 2005; Bonte and De Clercq, 2010; Lepage et al., 2012). 곤충 제품이 배송 되는 기간 동안, 박스 내부의 높은 상대습도(70% 이상)는 제품에 영향을 주지 않지만, 40% 이하의 낮은 상대습도는 탈수를 유발하여 생존율을 감소시킬 수 있다(Ghazy and Amano, 2016; Riddick and Morales-Ramos, 2017). van Lenteren et al. (2003)은 천적 30종의 품질관리를 위한 적정 상대습도를 60~75%로 제시한 바 있으며, 본 연구결과 24시간 이후 모든 처리구의 평균 상대습도는 60.3~72.3%로 적정 상대습도 범위에 위치하는 것을 확인할 수 있었다. 제품 포장 시, 가격이 저렴하고 뛰어난 보습효과를 가지고 있는 피트모스, 톱밥, 메밀껍질이나 질석에 수분을 적셔 사용한다면, 초기 12시간에도 60%이상의 습도를 안정적으로 유지할 수 있다 (RDA, 2013). 또는, Riddick and Morales-Ramos (2017)가 제시한 것처럼 물을 채운 ‘polyacrylamide crystals’을 제품과 함께 포장해서 용기 내부의 습도를 높임과 동시에 천적에게 수분을 공급할 수도 있다. 상기 연구를 토대로 천적 곤충 포장에 사용할 보냉제의 보관기간은 -10℃ 냉동고에서 5일 이상으로 결정하였다. 그러나 보냉제의 보관 온도에 따라 보관 기간은 달라질 수 있다.

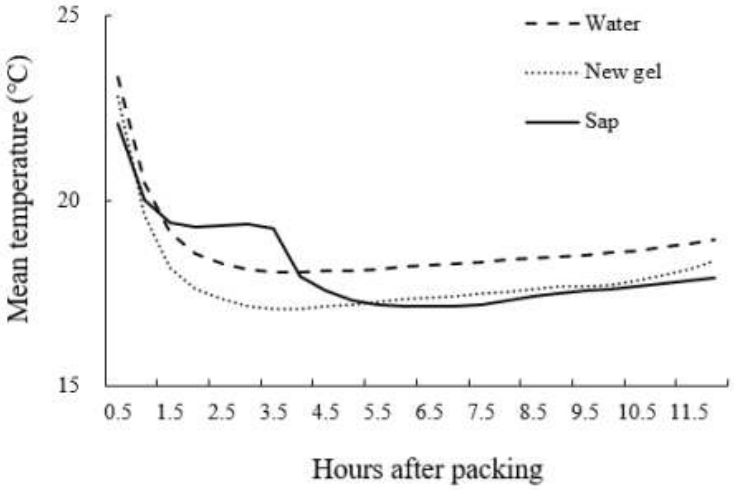



**Fig. 2-45**. 포장된 보냉제 종류에 따른 박스내부 온도변화(조건: 외부온도 30℃)

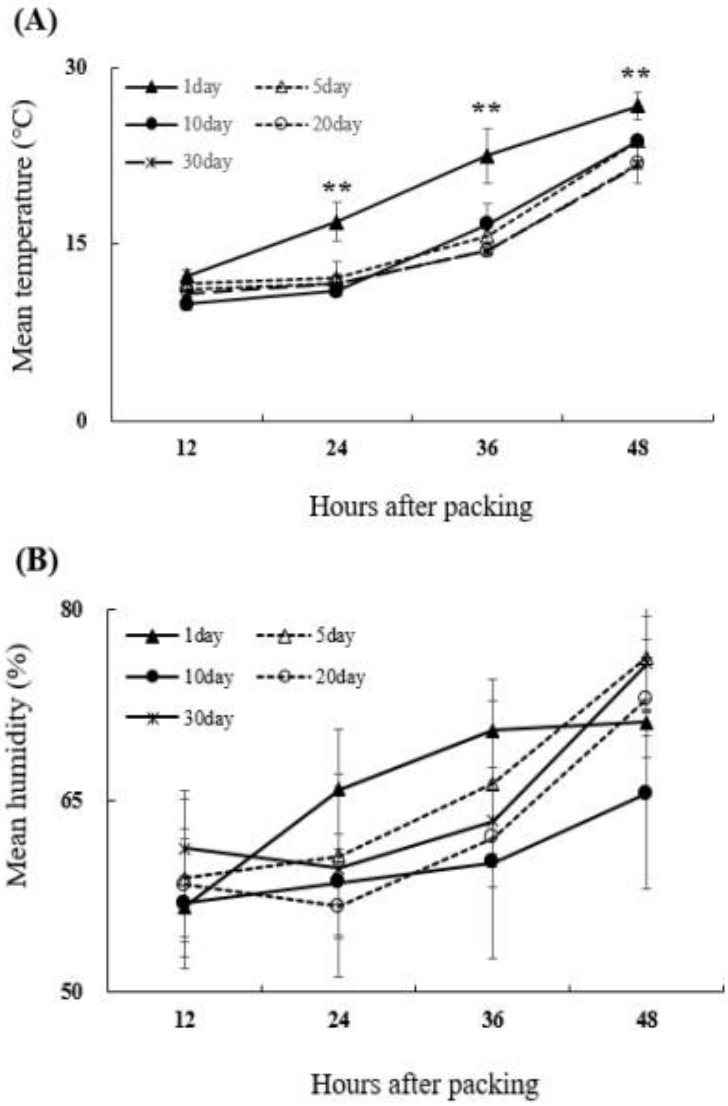



**Fig. 2-46**. 보냉제 보관기간별 포장 패키지 내부의 온도(A) 및 습도(B) 변화(조건: 외부온도 30℃). ** indicates significant difference between mean (Tukey's studentized Range test, α = 0.05)

### 다. 보냉제의 포장 거리가 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품과 보냉제와의 거리에 따른 내부 유지온도 확인 결과, 제품과보냉제간의 거리가 5 ㎝이하로 근접해 있을 경우에만 보냉의 효과를 받을 수 있음을 확인하였다(**Fig. 2-47**). 12시간까지 1㎝ 지점에서 평균 4.3℃, 5 ㎝ 지점에서 평균 13.6℃를 유지하였으며, 10 ㎝ 이상에서는 평균 17℃ 이상의 높은 온도가 측정되었다($df$ = 5,17; $F$ = 21.51; $P$ < 0.0001). 24시간동안에는 1 ㎝ 지점에서만 평균 6.8℃가 유지되었을 뿐 전체적으로 15℃ 이상으로 상승하였다($df$ = 5,17; $F$ = 9.16; $P$ = 0.0009). 36시간 이후에는 모든 지점에서 17℃ 이상으로 측정되어 처리구간 차이를 확인할 수 없었다(36시간: $df$ = 5,17; $F$ = 1.82; $P$ = 0.183, 48시간: $df$ = 5,17; $F$ = 0.98; $P$ = 0.4684). 상기 연구결과, 외부 평균 온도가 30℃일때, 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 ㎝, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 ㎝, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 보냉제(21 × 27 ㎝, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea) 하나를 넣어 포장하면, 보냉제와 5 ㎝ 이상 떨어진 제품은 보냉의 영향을 벗어날 수 있음을 확인하였다.

일반적으로 살아있는 곤충 제품은 유통과정에서 활력이 떨어질 수 있으므로, 유통되는 천적의 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 저온조건으로 포장이 되어야 한다(van Lenteren and Tommasini, 2003). 특히, 동종을 포식하는 종들에게는 작은 용기에 담겨 배송이 진행되는 36~48시간은 동종을 포식할 수 있는 최적의 시간이 될 수 있기 때문에 동종 포식과 사충율을 최소화하기 위해 각 개체들을 격리할 수 있는 용기에 포장하거나 먹이를 넣어 배송하는 방법도 고려하여야 한다(O'Neil et al., 1998; Tauber et al., 2000). 또한 먹이를 동봉하더라도, 작은 용기에 고밀도로 포장이 되는 경우에는 종이, 질석, 메밀껍질 또는 소맥피 등을 같이 포장하여 동종 포식에 의한 손실을 최소화 시킬 수 있는 공간을 만들어 주는 것도 매우 중요하다(van Lenteren and Tommasini, 2003). 이러한 보조제들은 용기 내외부의 온도 차이에 따른 물방울 맺힘 현상을 완화시키고, 운송 과정 중 생길 수 있는 물리적인 충격을 흡수하며, 농업 현장에 방사 시 골고루 방사할 수 있게 하는 증량제의 역할을 하기도 한다(RDA, 2013).

또한, 천적 곤충은 밀폐용기에 포장된 상태로 24시간 이상 지속되면 저산소증으로 품질이 급격히 떨어질 수 있으므로 제품 용기에 통기성을 확보하는 것도 중요하다(FAO, 2017). 본 연구에서는 상기 결과를 참고하여, 유통 기간동안 박스 내부의 온도변화를 최소화할 수 있는 방안을 구축하고자 하였다.

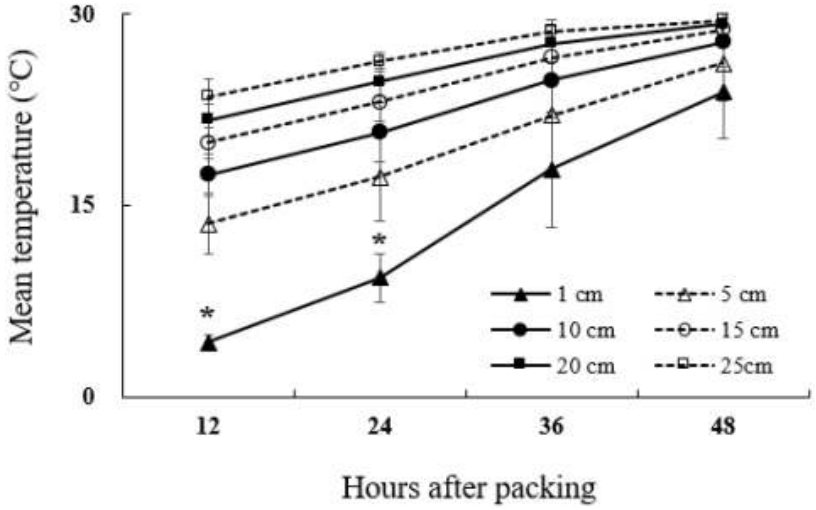



**Fig. 2-47**. 제품과 보냉제 사이의 포장거리에 따른 박스 내부 온도 변화

* indicates significant difference between mean (Tukey's studentized Range test, α= 0.05)

### 라. 박스 내부 여유 공간이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 박스 내부의 여유 공간이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인하였다(**Fig. 2-48**). 여유 공간이 있도록 포장한 모든 처리구에서 48시간동안 급격하게 온도가 상승하였으며, 최저와 최고 온도차는 16.1~17.5℃로 여유공간이 있는 처리구에서 냉기의 손실이 크게 발생하는 것을 확인하였다(25℃: $df$ = 3,11; $F$ = 47.67; $P$ < 0.0001, 20℃: $df$ = 3,11; $F$ = 25.12; $P$ = 0.0002). 또한, 여유공간을 줄이기 위해 종이완충제를 가득 채워 25℃에 보관한 박스는 36시간동안은 평균 12.3℃를 유지하였으나, 36시간이후 3.9℃가 상승해 48시간동안 평균 16.2℃로 측정되었다(**Fig. 2-48-A**)(36시간: $df$ = 2,8; $F$ = 1.1; $P$ = 0.3807, 48시간: $df$ = 3,11; $F$ = 8.58; $P$ = 0.007). 반면, 제품과 1 cm 거리를 두고 보냉제를 적용 후, 종이완충제를 채워 20℃에 보관한 박스는 48시간동안 평균 8.9℃의 온도를 유지하였으며, 최저와 최고 온도차는 1℃내외였다(**Fig. 2-48-B**)($df$ = 3,11; $F$ = 1.09; $P$ = 0.4076). 상기와 같이, 보냉제와 제품을 1 cm내외로 근접 포장하면서 냉기 손실을 최소화할 수 있도록 종이완충제를 채워 포장하면 배송기간동안 내부 온도를 균일하게 유지시킬 수 있음을 확인하였다(여유공간: $df$ = 1,16; $F$ =9.02; $P$ = 0.012, 경과시간: $df$ = 3,16; $F$ = 24.26; $P$ < 0.0001, 여유공간 × 경과시간: $df$ = 3,16; $F$ = 15.95; $P$ < 0.0001). MFDS (2020)도 냉장 축산물과 보냉제 투입 시 여유 공간이 생기지 않는 적절한 크기의 포장 박스를 사용하도록 권고하고 있다. 또한 Lee (2020)의 보고에 의하면, 제품 수송 중 화물차량에서 발생되는 진동 및 충격과 화물의 분류, 적재 및 하역의 작업과정에서 발생되는 충격은 제품 손상과 직접적인 연관이 있으며, 특히 박스의 수직방향에서 진동이 제일 크게 계측되었다고 한다. 따라서 운송 중 제품이 받는 충격력을

최소화하면서, 냉기 손실을 막아 내부온도변화를 균일하게 유지하기 위하여, 박스 내부에 여유 공간이 생기지 않도록 종이완충제를 보충하여 포장하여야 된다고 판단해 이후 모든 실험은 내부온도변화를 최소화할 수 있도록 박스내부에 종이완충제를 가득 채워 포장하였다.

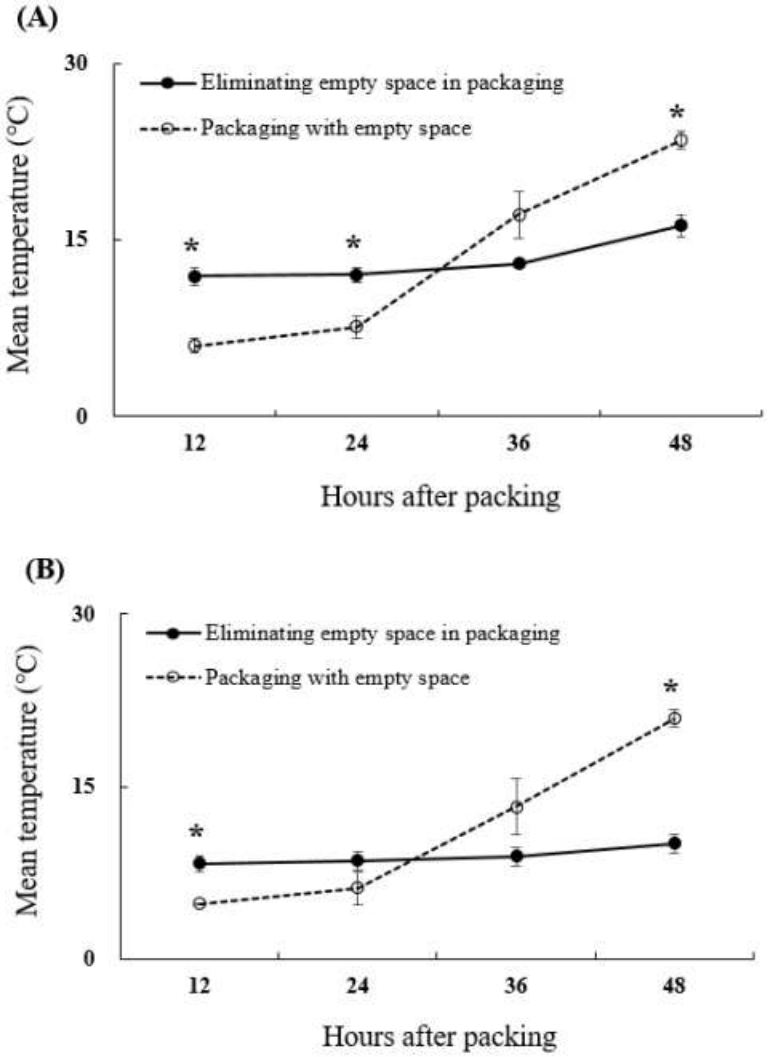



**Fig. 2-48**. 포장 박스 내부의 여유 공간 유무에 따른 포장 박스 내부 온도 변화(외부온도 A: 25℃, B: 20℃). * indicates significant difference between mean (Tukey's studentized Range test, α= 0.05).

### 마. 외부온도조건과 포장방법이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 시, 에어캡 사용이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인한 결과(**Fig. 2-49**), 보냉제 적용 유무와 상관없이 모든 처리구에서 포장 후 12시간동안은 에어캡 처리구의 온도가 평균 1.6℃ 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다(보냉제 적용: $df$ = 1,5; $F$ = 67.15; $P$ = 0.001, 보냉제 미적용: $df$ = 1,5; $F$ = 10.47; $P$ = 0.032). 12시간 이후 48시간까지는 에어캡 처리구와

무처리구의 온도 차이는 없었다(보냉제 적용: $df$ = 1,5; $F$ = 2.06; $P$ = 0.224, 보냉제 미적용: $df$ = 1,5; $F$ = 1.35; $P$ = 0.3105).

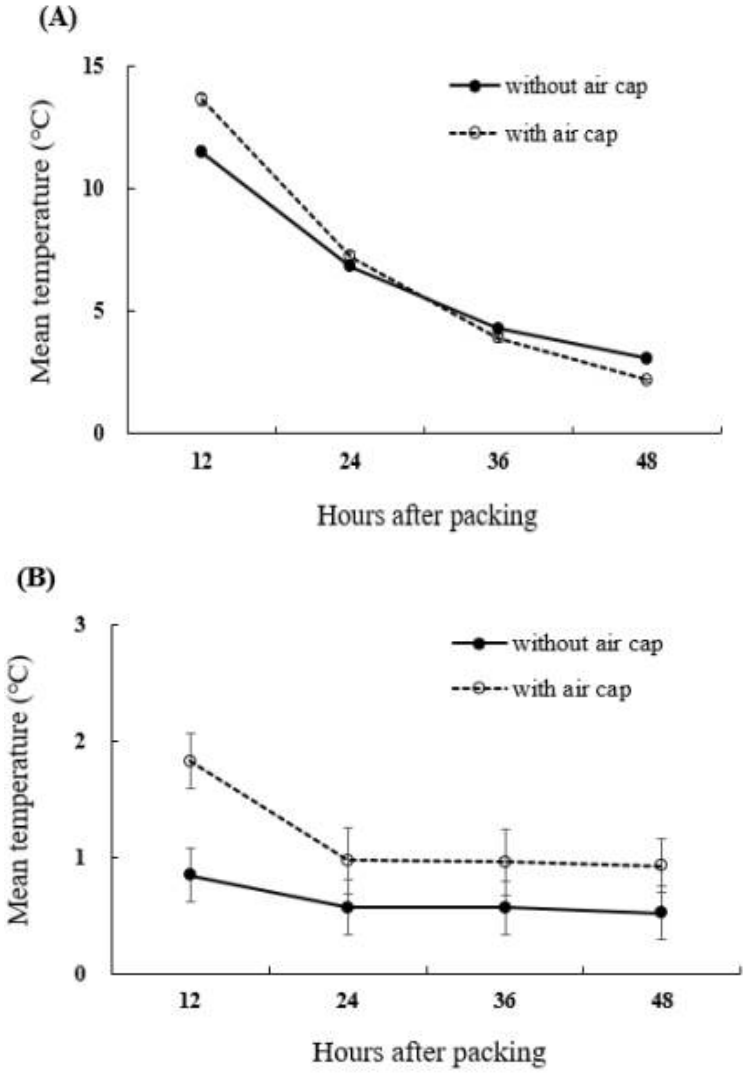



**Fig. 2-49**. 에어캡 봉투와 보냉제 유무에 따른 스티로폼 박스 내부의 온도 변화 (A: 보냉제 포함, B: 보냉제 미포함)

외부온도조건, 보냉제의 규격과 수량에 따라 내부유지온도는 상이한 양상을 띄게 되므로, 국내에서 천적 곤충이 유통되는 1~2일동안 박스 내부의 온도변화를 최소화할 수 있는 14개의 포장조합을 도출하였다. 그 결과, 보냉제의 보관 온도가 낮을수록, 제품과의 거리가 가까울수록 더 낮은 온도를 유지하는 것을 확인할 수 있었다(**Table 2-19**). 이는 본 연구에서 도출한 14개의 포장조합은 천적으로 활용되고 있는 많은 종들의 발육 영점온도인 2.2~12.8℃에 해당된다(**Table 2-18**). 또한 본 연구의 동일한 포장조합을 외부 온도조건이 다른 환경에 노출시키게 되면 내부유지온도가 극단적으로 달라지는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 계절별 포장 표준화 방안이

필요함을 시사한다. 보냉제는 고온기에 사용하면 박스 내부의 고온을 감소시키지만, 저온기에는 극심한 저온을 유발할 수 있기 때문이다(Riddick and Morales-Ramos, 2017). Ng et al. (2020)도 cold chain transportation에서 컨테이너의 사이즈와 보냉제의 포장방법이 유통 박스 내부유지온도에 미치는 영향을 연구한 바 있다. Jalali et al. (2010) 및 Morales-Romos and Rojas (2017)는 발육 영점온도가 9.39~11.31℃인 *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)와 13.13℃인 *Coleomegilla maculate* (Coleoptera: Coccinellidae)를 발육 영점온도 보다 낮은 8℃ 이하의 온도에 24시간 이상 노출시키면 정상적인 발육이 불가함을 보고한 바 있다. Simmons and Legaspi (2004)도 생산현장에서 방사현장으로 운송되는 동안 경험하는 극한의 온도 변화는 곤충의 생식 및 성능에 영향을 줄 수 있음을 보고하였다. 또한 운송과정 중 높은 온도에 노출되는 것은 포장용기의 특성상 내부 복사열로 인한 추가적인 온도 상승으로 이어져 포장된 곤충이 폐사하는 주요 요인이 될 수 있다(RDA, 2013). Riddick and Morales-Ramos (2017)도 천적 곤충 운송 중에 저온보다는 30℃이상의 고온에 24시간 노출되면 *C. maculate*의 부화율에 부정적인 영향을 줄 수 있다고 보고한 바 있다.

본 연구는 포장당시의 천적 품질을 유지시켜 현장에 보급함으로써 천적의 방제효과를 반감시키는 문제점을 극복하고자 수행되었다. 국내 천적 제품 유통 시 대부분 상온에서 상품을 취급하고 있기 때문에 특히 포장에 더 주의를 기울여야 한다. 본 연구에서 도출한 **Table 2-19**의 포장조합은 **Table 2-18**의 발육영점온도를 참고하여 제품과 배송방법(12시간 이내의 직접 배송 또는 36~48시간이 소요되는 택배 발송)에 따라 선택적으로 사용할 수 있을 것이다. 예를 들어, 외부온도조건 0℃의 포장방법은 겨울철 시설딸기에 적용되는 진디벌류(발육영점온도: 2.7~6.6℃)에 적용할 수 있을 것이다. 또한, 동절기 제품 포장 시, 얼린 보냉제를 사용하는 업체가 더러 있어 -10℃에 보관한 보냉제 처리구의 결과값을 제거하지 않고 제시하였다. 제품 포장 후 2일이 경과되면 보냉제의 종류와 투입량에 관계없이 모두 승화되는 문제점을 가지고 있기 때문에, 택배 사고, 특수기 물동량과다로 인한 배송지연과 수취인 부재에 따른 장시간 실온 방치 시에는 상품의 안전성을 담보하기가 어려운 문제점이 여전히 공존한다(Lee, 2020). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제품 수령 후 즉시 사용 할 수 있도록 박스 외부에 취급주의 문구를 표기하거나 제품 품질을 확인할 수 있는 방법을 구축하여 보급하는 등의 구체적인 방안이 추가적으로 정립되어야 할 것이다. 또한 스티로폼 박스를 친환경 종이 박스로 대체하기 위한 추가 연구도 필요할 것으로 판단된다. 선행연구를 통해 하절기에 -10℃에 보관한 보냉제 2개를 종이 박스와 에어캡 봉투로 포장하여 24시간동안 6℃도 이하로 유지할 수 있었으나, 36시간 이후 내부 온도가 급격하게 상승하는 것을 확인한 바 있다. 향후 천적과 같은 생물농약의 유통에 관한 민·관·산·학 협력 연구가 진행된다면 국내 실정에 최적화된 포장 표준화 구축과 더불어 해충의 종합적관리 측면에서 결정적인 프로세스로 자리매김할 수 있을 것이다.

**Table 2-19.** 외부온도와 내부유지온도에 따른 포장방법(발육영점온도는 **Table 2-18** 참고)

| Outside Temp.(℃) | Packing methods of coolant-pack[1)] | Internal mean temperature (℃) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 12 | 24 | 36 | 48 | Mean ± SE |
| 0 | 25℃, 1pc, 1cm | 12.3 ± 0.5d | 5.7 ± 0.3c | 3.1 ± 0.3b | 2.0 ± 0.3b | 5.8 ± 0.3c |
| | 25℃, 1pc, 5cm | 8.6 ± 0.2c | 3.9 ± 0.2b | 2.1 ± 0.1b | 1.4 ± 0.1b | 4.0 ± 0.2b |
| | 15℃, 1pc, 1cm | 7.9 ± 0.6bc | 3.8 ± 0.3b | 2.1 ± 0.2b | 1.3 ± 0.2b | 3.8 ± 0.3b |
| | 15℃, 1pc, 5cm | 6.1 ± 0.3b | 3.2 ± 0.1b | 2.1 ± 0.1b | 1.7 ± 0.2b | 3.3 ± 0.1b |
| | 5℃, 2pcs, 1cm + air cap | 8.2 ± 0.4c | 4.3 ± 0.3b | 2.4 ± 0.3b | 1.4 ± 0.2b | 4.1 ± 0.3b |
| | -10℃, 1pc, 1cm | -0.3 ± 0.3a | -0.1 ± 0.3a | 0.0 ± 0.3a | 0.1 ± 0.3a | -0.1 ± 0.3a |
| | Df | 5,17 | 5,17 | 5,17 | 5,17 | 5,17 |
| | *F* | 102.4 | 51.77 | 20.43 | 8.34 | 56.7 |
| | *P* | <.0001 | <.0001 | <.0001 | 0.001 | <.0001 |
| 5 | 25℃, 1pc, 1cm | 11.7 ± 0.5c | 7.8 ± 0.3b | 6.7 ± 0.1b | 6.5 ± 0.1b | 8.1 ± 0.5b |
| | 15℃, 1pc, 1cm | 10.1 ± 0.2bc | 7.8 ± 0.2b | 7.0 ± 0.1b | 6.7 ± 0.1b | 7.9 ± 0.2b |
| | 5℃, 1pc, 1cm + air cap | 8.7 ± 0.8b | 7.7 ± 0.8b | 7.0 ± 0.6b | 6.5 ± 0.6b | 7.5 ± 0.7b |
| | -10℃, 1pc, 1cm | 4.1 ± 0.2a | 3.9 ± 0.1a | 3.9 ± 0.1a | 3.8 ± 0.1a | 3.9 ± 0.1a |
| | Df | 3,11 | 3,11 | 3,11 | 3,11 | 3,11 |
| | *F* | 45.91 | 20.27 | 20.11 | 21.87 | 28.85 |
| | *P* | <.0001 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0001 |
| 10 | 25℃, 1pc, 1cm | 15.0 ± 0.4c | 12.0 ± 0.5c | 11.0 ± 0.5b | 10.5 ± 0.4b | 12.1 ± 0.5c |
| | 5℃, 1pc, 1cm | 9.1 ± 0.2b | 9.8 ± 0.2b | 10.1 ± 0.2b | 10.4 ± 0.2b | 9.9 ± 0.2b |
| | -10℃, 1pc, 1cm | 4.8 ± 0.5a | 4.8 ± 0.5a | 4.9 ± 0.5a | 5.0 ± 0.5a | 4.9 ± 0.5a |
| | -10℃, 1pc, 5cm | 6.2 ± 0.1a | 6.3 ± 0.1a | 6.2 ± 0.1a | 6.3 ± 0.1a | 6.3 ± 0.1a |
| | Df | 3,11 | 3,11 | 3,11 | 3,11 | 3,11 |
| | *F* | 167.8 | 83.15 | 75.08 | 71.33 | 95.62 |
| | *P* | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| 15 | 5℃, 1pc, 5cm | 12.6 ± 0.7d | 14.3 ± 0.3d | 14.9 ± 0.2c | 15.1 ± 0.2d | 14.2 ± 0.3d |
| | -10℃, 1pc, 1cm | 7.3 ± 0.8c | 7.2 ± 0.9bc | 7.3 ± 0.8b | 8.0 ± 0.5bc | 7.5 ± 0.8bc |
| | -10℃, 1pc, 5cm | 9.2 ± 0.2c | 8.9 ± 0.2c | 9.0 ± 0.2b | 9.6 ± 0.4c | 9.2 ± 0.2c |
| | -10℃, 2pcs, 1cm | 0.5 ±0.5a | 0.9 ± 0.3a | 1.1 ± 0.4a | 1.4 ± 0.5a | 1.0 ± 0.5a |
| | -10℃(up)+5℃, 2pcs, 1cm | 4.3 ± 0.2b | 6.4 ± 0.3b | 6.9 ± 0.3b | 7.4 ± 0.4b | 6.2 ± 0.3b |
| | Df | 4,14 | 4,14 | 4,14 | 4,14 | 4,14 |
| | *F* | 71.04 | 102.3 | 117.13 | 142.39 | 113.99 |
| | *P* | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| 20 | 5℃, 2pcs, 1cm | 8.6 ± 0.3c | 14.4 ± 0.3d | 17.3 ± 0.3d | 18.6 ± 0.4d | 14.7 ± 0.3c |
| | -10℃, 1pc, 1cm | 8.3 ± 0.7bc | 8.5 ± 0.8b | 8.9 ± 0.8b | 10.0 ± 0.8c | 8.9 ± 0.8b |
| | -10℃, 1pc, 5cm | 11.4 ± 0.6d | 11.7 ± 0.5c | 12.9 ± 0.4c | 15.3 ± 0.9d | 12.8 ± 0.5c |
| | -10℃, 2pcs, 5cm | 1.8 ± 0.2a | 2.2 ± 0.2a | 3.1 ± 0.4a | 4.9 ± 0.7b | 3.0 ± 0.3a |
| | -10℃(up)+ 5℃, 2pcs, 1cm | 6.0 ± 0.5b | 6.9 ± 0.6b | 7.4 ± 0.7b | 9.2 ± 1.1c | 7.4 ± 0.6b |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Df | 4,14 | 4,14 | 4,14 | 4,14 | 4,14 |
| | *F* | 53.5 | 80.02 | 98.66 | 45.01 | 71.97 |
| | *P* | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| 25 | -10℃, 1pc, 1cm | 8.5 ± 0.7b | 8.5 ± 0.3b | 9.1 ± 0.4b | 12.4 ± 0.4b | 9.6 ± 0.3b |
| | -10℃, 1pc, 5cm | 11.9 ± 0.7c | 12.0 ± 0.6c | 13.0 ± 0.3c | 16.2 ± 0.9c | 13.3 ± 0.2c |
| | -10℃, 2pcs, 5cm | 3.6 ± 0.4a | 4.3 ± 0.3a | 6.0 ± 0.3a | 10.6 ± 0.7a | 6.1 ± 0.2a |
| | Df | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| | *F* | 77.26 | 76.17 | 104.97 | 16.46 | 170.77 |
| | *P* | <.0001 | <.0001 | <.0001 | 0.0037 | <.0001 |
| 30 | -10℃, 1pc, 5cm | 11.6 ± 1.3b | 12.1 ± 1.5b | 15.7 ± 1.0b | 23.8 ± 0.3c | 15.8 ± 0.9c |
| | -10℃, 2pcs, 5cm | 4.4 ± 0.9a | 5.3 ± 0.9a | 8.3 ± 1.1a | 15.6 ± 1.3b | 8.4 ± 0.9b |
| | -10℃, 2pcs, 1cm | 2.0 ± 0.1a | 2.8 ± 0.1a | 4.8 ± 0.3a | 9.2 ± 1.3a | 4.7 ± 0.3a |
| | Df | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| | *F* | 30.64 | 22.04 | 37.75 | 47.54 | 52.53 |
| | *P* | 0.0007 | 0.0017 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0002 |

[1)] Storage temperature and quantity of coolant-pack, distance between the coolant and the product (or Data logger). * Means with the same letters are not significantly different (P = 0.05) by Tukey's Studentized Range (HSD) Test

# 제5절. 천적적용기법의 현장보급

## 1. 연구목표

본 과제로 도출된 천적적용기법의 현장적용과 보완을 통해 국내 농업환경에 최적화된 천적적용기법 구축 및 기술의 현장보급

## 2. 연구내용

### 가. 천적적용기법의 현장보급

본 연구팀이 도출한 Natural Enemy in First (NEF) 기술은 기생성 천적과 포식성 천적, 그리고 그들의 먹이원과 서식처가 결합되어 있는 생물적 방제기술이다(Ham, 2018). 본 기술의 개념을 접목한 '원예작물 5종 해충 방제를 위한 천적과 보존식물 결합형 스마트팩 개발기술'은 산업통상자원부 신기술인증을 획득한 유일한 농업 분야 기술이며, 천적의 서식처와 대체 먹이를 현장에 적용함으로써 천적의 생존에 긍정적인 작용을 하는데 바탕을 두고 있다(Risch, 1983; Metcalf and Luckmann, 1994; Oh et al., 2017; Ham and Lim., 2020). 본 연구에서는 본 과제로 도출된 천적적용기법의 확대 보급을 위해 개별 농가 단위를 비롯한 작목반과 농민사관학교를 통해 천적 관리기술 현장 컨설팅을 진행하였다.

### 나. 천적 활용농산물 유통시스템 구축

소비자들은 구매하는 제품의 생산과정이 환경과 노동 측면에서 지속 가능한 방식을 따르는지, 공정한 거래인지, 유기농인지 등에 관심이 높은 편이며, 이러한 고려를 구매 결정에 반영하는 윤리적 소비가 확산 추세에 있다(한국농촌경제연구원, 2019). 국내 소비자들 또한, 안전성 조사가 이루어진 농산물 소비를 위해 추가 지불 의사가 있음이 보고된 바 있다(Kwon, 2017; Jeong and Han, 2018). 그러나 친환경농산물에 대한 소비자의 만족도는 낮은 실정으로 소비자 신뢰를 얻을수 있는 방안이 필요하다. 농업선진국은 농산물에 대한 소비자 인식 제고를 위해 기업이 자발적으로 품질 인증 프로그램인 검증공인표시제를 운용하도록 하고 있으며, 국내에서도 상품특성에 적합한 다양한 민간인증 제도를 탄력적으로 운영하여, 생산과정, 제품의 특성 등에 대하여 차별화가 심화되고 있는 국내 시장 환경에 유연하게 대응할 수 있는 인증제도를 확립할 필요가 있음을 제시한 바 있다(한국농촌경제연구원, 2019). 이에 본 연구팀의 주관기관에서는 천적 활용농산물에 부착할 수 있는 민간 인증 마크를, 협동연구팀에서는 천적 활용농산물의 인증기준안에 관해 정책 건의를 진행해 천적 활용농산물의 가치부여와 소비확대를 위한 기준안을 제시하고자 한다.

## 3. 연구결과

### 가. 천적적용기법의 현장보급

본 연구팀이 도출한 천적 적용기법을 127개 농업현장에 소개했으며, 천적을 활용한 지속가능한 해충관리를 원하는 40개의 농업현장에 보급을 완료하였다(**Fig. 2-50**). 전국 시군의 대리점을 통해 보급을 완료한 농업현장은 강원권이 17건(41%)으로 가장 많았으며, 경상권, 충청권, 경기권이 각 13건, 6건과 4건으로 그 뒤를 이었다(**Fig. 2-51**). 40개 농업현장에서 가장 많이 재배한 작물은 토마토였으며(31%), 참외와 고추가 각 22%와 21%를 차지하였다(**Fig. 2-51**). 또한, 강원의 고추와 토마토, 경기의 오이와 멜론, 충북의 열대식물 시설 하우스에는 16개월 이상의 지속적인 현장 컨설팅을 진행하였다. 그러나 경기 포천, 경북 성주와 강원/영동 한살림의 천적 교육은 코로나 19의 지속적인 발생으로 전면 취소되었으며, 강원/영동 한 살림의 천적 교육은 2021년 구정 이후로 연기되었다.

**Fig. 2-50.** 천적 적용기술의 현장보급 대표 사진(계속)

**Fig. 2-50.** 천적 적용기술의 현장보급 대표 사진

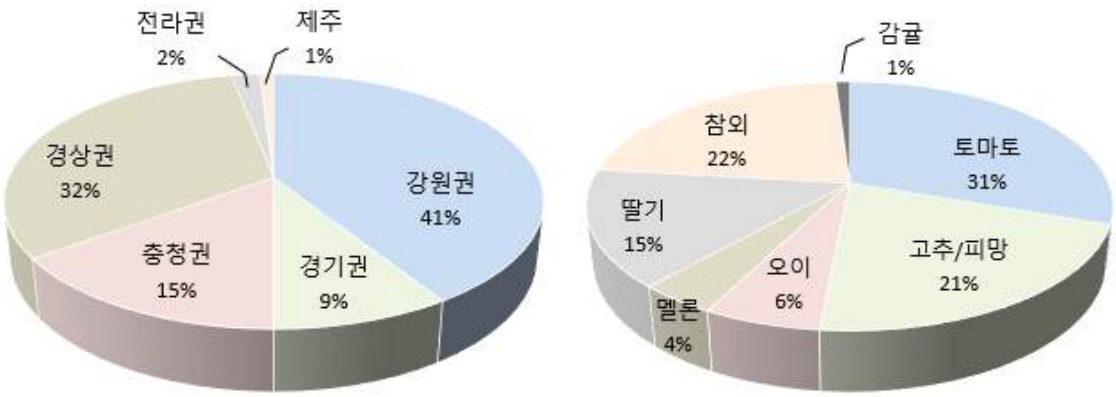



**Fig. 2-51.** 천적 적용기술을 보급한 40개 농업현장의 지역분포와 재배작물 현황(%)

또한, 본 연구를 통해 농업현장에서 기생성 천적의 우화율을 높일 수 있는 우화 상자를 개발하였으며(**Fig. 2-52**), 기술의 이전을 희망하는 업체에 이전을 완료하였다. 나아가 본 연구성과인 천적적용기법과 특허 성과의 현장보급을 위하여 지속적으로 홍보 및 교육을 진행할 예정이다.

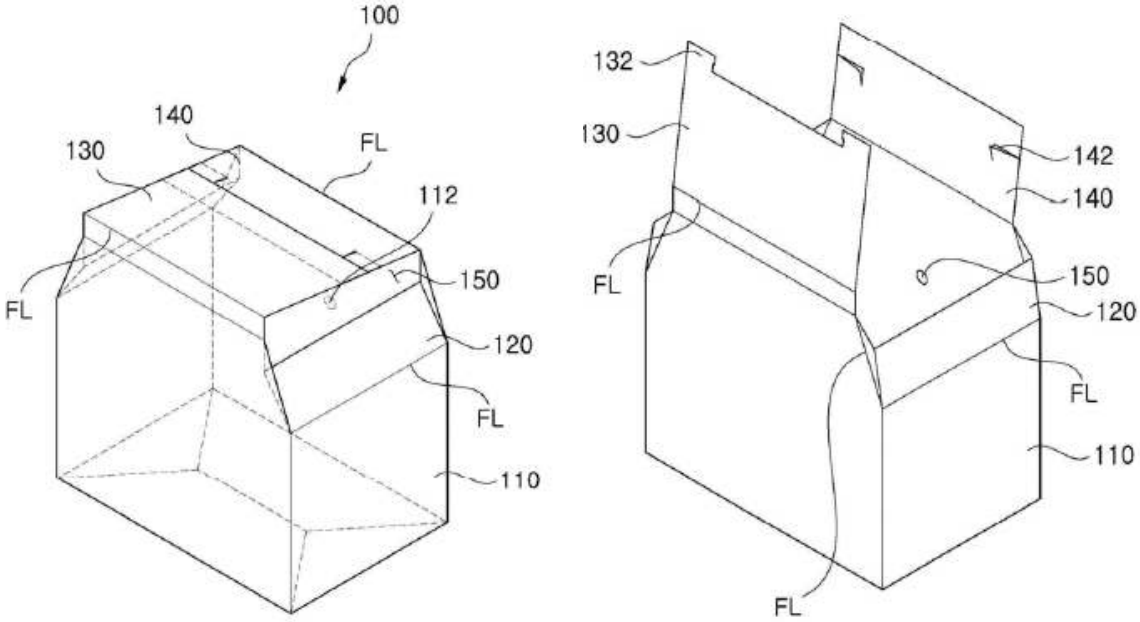



**Fig. 2-52.** 우화 상자의 내부모습을 도시한 도면과 상부 및 측면을 개방한 상태의 도면 (출원번호 10-2020-0183432)

### 나. 천적 활용농산물 유통시스템 구축

본 연구에서 천적 활용농산물에 부착할 수 있는 인증 마크를 디자인하여 표딱지로 디자인 등록 출원을 진행하였다(**Fig. 2-53**). 천적 활용농산물에 대한 소비자의 인식을 제고 하기 위해서 온 · 오프라인 홍보를 진행할 계획이다.

**Fig. 2-53.** 천적 활용농산물 인증 마크(출원번호 30-2020-0063874)

# 제3장. 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발(윤승환, 경기도농업기술원)

## 제1절. 신규 천적곤충의 특성 및 대량사육기술 개발

### 1. 연구목표

신규 천적곤충을 탐색 및 활용하여 이들의 대량생산시스템 구축

### 2. 연구내용

신규 천적인 벗초파리기생벌과 긴날개쐐기노린재에 대한 특성을 구명하고 이를 기반으로 이들을 대량생산하기 위한 특성 검정과 대량사육기술을 마련하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 기생성 신규 천적곤충 특성 규명 (벗초파리기생벌)

##### 1) 먹이 곤충의 벗초파리 사육체계확립

벗초파리기생벌(*Asobara japonica*)을 사육하기 위해 숙주곤충인 벗초파리(*Drosophila suzuki*i)의 사육체계를 우선적으로 확립하였으며 벗초파리의 사육은 Dalton *et al*.(2011)의 배지와 일반초파리를 키우는 배지의 조성을 조합하여 사용하였다(**Table 3-1**) 사육케이지(30 x 30 x 30 cm)에 벗초파리배지 (dia 10 x 4 cm에 높이 2cm로 배지를 분주하여 사용)와 5% 설탕물을 공급하여 배지에 산란을 유도하였으며 1일 간격으로 배지를 교체하여 산란을 받았다. 산란받은 배지에서 번데기가 발생하면 번데기를 수거하였으며 성충으로 우화 시 산란케이지에 방사하여 배지에 산란을 유도하는 시스템으로 사육체계를 구축하였으며 사육모습은 **Fig. 3-1**과 같다.

**Table 3-1**. 벗초파리 제작 배지 조성

| 배지 성분 | 선발배지 | Dalton *et al*. (2011)의 배지 |
|---|---|---|
| 한천 (Agar) (g) | 8 | 12.5 |
| 옥수수가루(Corn meal) (g) | 84 | 32.9 |
| 설탕(Sucrose) (g) | 37.6 | 52.6 |
| 이스트(Yeast dried) (g) | 24 | 18.4 |
| MPH(methyl-4-hydroxy benzoate) (g) | 1.6 | - |
| 프론피온산 (Propionic acid) (ml) | 5.7 | 4.7 |
| 에탄올(Ethanol) (ml) | - | 8.8 |

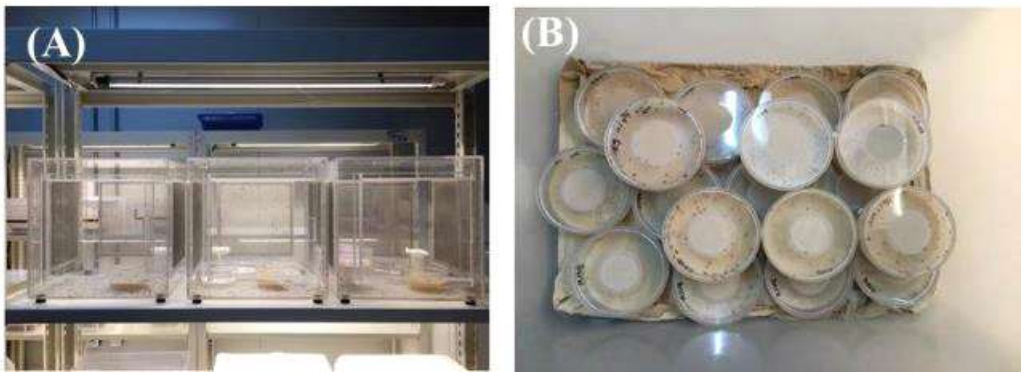



**Fig. 3-1.** 벗초파리의 산란케이지(A), 배지에서 유충 사육(B)

**2) 벗초파리기생벌 사육체계 확립**

벗초파리와 동일한 사육케이지(30 x 30 x 30 cm)에 산란 후 2일이 지난 벗초파리배지(dia 10 x 4 cm)와 5% 설탕물을 공급하여 벗초파리 유충에 산란을 유도하였으며 1일 간격으로 배지를 교체하여 산란을 받았다. 산란받은 배지에서 번데기가 발생하면 번데기를 수거하였으며 성충으로 우화 시 산란케이지에 방사하여 배지에 산란을 유도하는 시스템으로 사육체계를 구축하였다(**Fig. 3-2**).

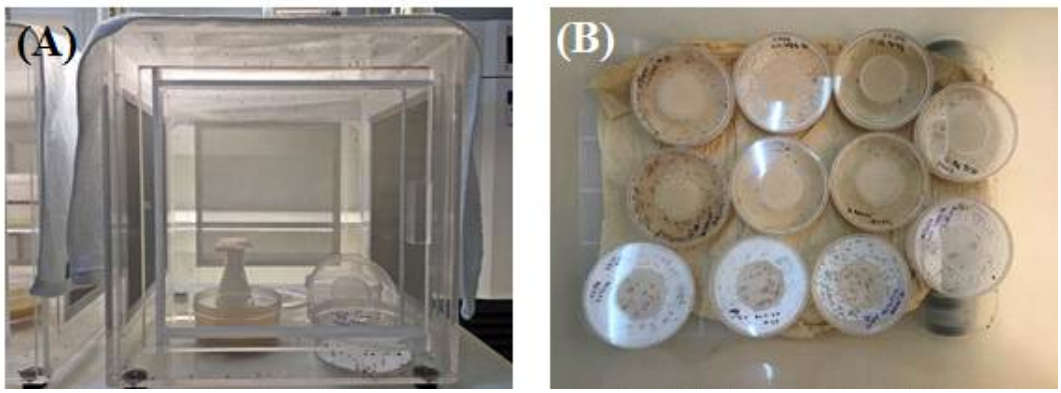



**Fig. 3-2**. 벗초파리기생벌의 산란케이지(A), 벗초파리기생벌에 감염된 벗초파리 유충 사육(B)

**3) 벗초파리기생벌의 벗초파리유충의 발육단계별 기생 및 발육특성 평가**

(가) 벗초파리기생벌의 기본 기생특성

벗초파리기생벌의 기본적인 기생특성(기생하는 벗초파리의 발육단계, 기생당한 유충과의 외관에서 나타나는 차이 등을 확인하기 위해 벗초파리의 정상유충 및 번데기와 벗초파리기생벌에 감염당한 유충 및 번데기를 현미경하에 관찰하여 차이를 확인하였다.

벗초파리 정상유충과 기생벌에 기생당한 유충과의 차이는 **Fig. 3-3**과 같다. 기생당한 유충에서는 검은색의 반점이 관찰되었으며 벗초파리기생벌이 벗초파리 유충에 산란하는 과정에서 발생하는 산란흔으로 추정된다. 벗초파리 정상번데기와 기생당한 번데기와의 차이는 **Fig. 3-4**와

같다. 용화 후 4일차에 번데기를 관찰한 결과 정상번데기에서는 벗초파리의 기관이 내부에 형성되어 있는 것이 관찰 되었다. 반면 기생당한 번데기에서는 번데기 내부가 유충의 형태로 채워져 있었으며 흰색의 반점이 관찰되었으며 이는 벗초파리기생벌의 유충 또는 번데기로 추정된다.

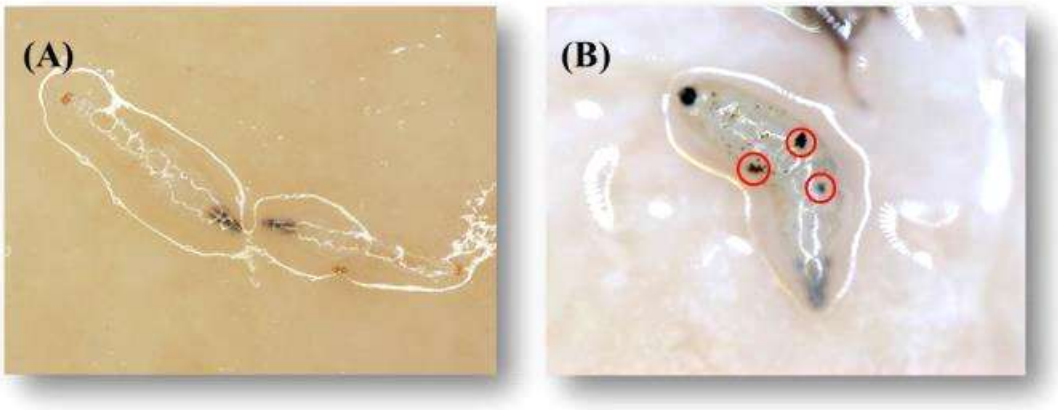



**Fig. 3-3.** 벗초파리 정상유충(A), 벗초파리기생벌에 감염당한 벗초파리 유충(B)

**Fig. 3-4.** 벗초파리 정상번데기(A), 벗초파리기생벌에 감염당한 벗초파리 번데기(B)

(나) 벗초파리유충의 발육단계에 따른 기생 및 발육특성

벗초파리기생벌이 벗초파리 유충에 기생 시 선호하는 발육단계 및 기생 시 나타나는 특성을 확인하였다. 벗초파리 배지가 분주 된 insect breeding dish (dia 5 x 1.5 cm)에 벗초파리 유충을 발육단계별로 각 dish에 30마리 접종하였다. 유충 접종배지를 insect square dish에 우화 12h 이내의 벗초파리기생벌 성충 1마리와 접종하였으며 솜에 5% 설탕물을 적셔 수분 및 당류를 공급해 주었다. 유충접종배지는 1일 단위로 교체하였으며 벗초파리기생벌 성충이 죽을 때 까지 교체하였다. 벗초파리기생벌의 산란받은 유충접종 배지는 산란 일자별로 나누어 관리하였으며 매일 발생하는 번데기의 수거, 우화하는 벗초파리 수, 우화하는 벗초파리기생벌의 수를 기록하였다.

벗초파리기생벌에 감염당한 벗초파리유충 중 일부는 **Fig. 3-5**와 같이 번데기가 되지 못하고 유충단계에서 죽는 현상을 보였다. 발육단계별 유충의 사망률을 조사한 결과 1령 유충은 38.1

%, 2령 유충은 55.2 %, 3령 유충은 36.9%, 무처리는 6.0 %의 사충률을 나타냈으며 2령 유충에서 사충률이 1령, 3령 유충에 비해 높게 나타났다(**Table 3-2**). 벗초파리 유충 발육단계에 따른 벗초파리기생벌의 기생특성은 **Table 3-3**과 같다. 용화율은 2령 유충에서 41.3%로 두 령기에 비해 다소 낮게 나타났으나 기생률은 1령 유충은 54.8%, 2령 유충은 66.9%, 3령 유충은 16.6%로 나타났고 2령 유충에서 가장 높게 나타났다. 기생당한 번데기에서 벗초파리기생벌이 우화하는데까지 기간은 령기 간의 차이는 나타나지 않았으며 약 13일로 나타났다. 벗초파리번데기에서 성충으로 우화까지 약 4 ~ 5일인 것에 비해 기생벌의 우화까지 기간에 다소 기간이 소요되며 우화기간의 차이를 이용하여 벗초파리기생벌을 선별하는 방법으로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

산란수는 2령 유충에서 98.5개로 가장 높게 나타났으며 3령 유충은 24.3개로 나타났다.

벗초파리기생벌의 우화 후 산란 패턴은 **Fig. 3-6**과 같다. 우화 후 3일 까지 점진적으로 증가하다 4일 이후부터 큰 폭으로 증가한 후 6일 차에 가장 많은 산란을 보였다 이후 산란수가 다시 감소하고 증가하는 패턴을 보였다.

**Table 3-2.** 벗초파리 유충 발육단계에 따른 벗초파리기생벌의 감염유충의 사망률

| 발육단계 | 1령 유충 | 2령 유충 | 3령 유충 | 무처리 |
|---|---|---|---|---|
| 사충율 (%) | 41.6±18.3 | 61.2±11.5 | 39.5±6.36 | 6.00±3.44 |

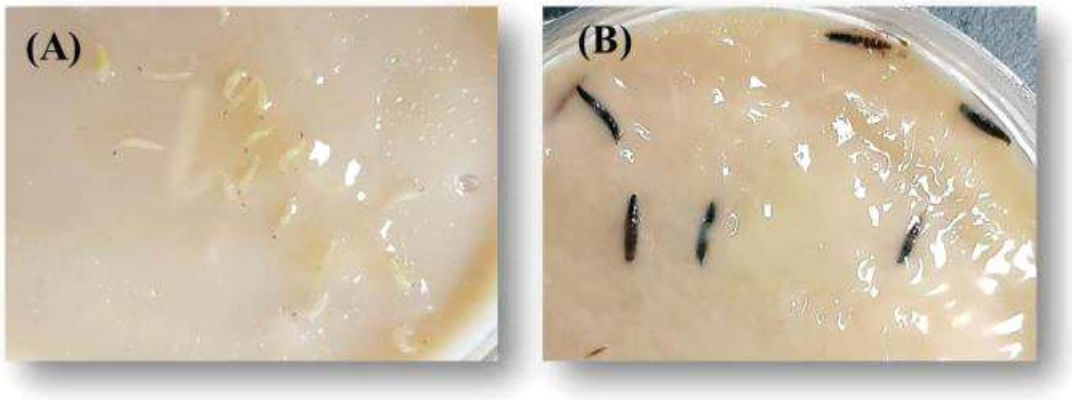



**Fig. 3-5.** 정상 벗초파리유충 발육 모습(A), 벗초파리기생벌에 감염당한 후 발육 중에 죽은 벗초파리 유충 (B)

**Table 3-3.** 벗초파리 유충 발육단계에 따른 벗초파리기생벌의 기생특성

| 벗초파리 유충 발육 단계 | 용화율 (%) | 기생율 (%) | 수명 (일) | 정상번데기 발육기간 (일) | 기생당한번데기 발육기간 (일) | 기생벌 발생수 (마리) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1령 | 58.4 ± 18.4 | 39.4 ± 7.17 | 11.8 ± 3.56 | 5.06 ± 0.75 | 12.9 ± 3.52 | 75.5 ± 9.19 |
| 2령 | 38.8 ± 11.5 | 58.7 ± 9.53 | 10.7 ± 3.83 | 5.23 ± 1.29 | 12.3 ± 1.03 | 98.5 ± 16.26 |
| 3령 | 60.5 ± 6.36 | 12.5 ± 1.73 | 12.0 ± 2.68 | 4.89 ± 0.81 | 13.2 ± 1.95 | 24.3 ± 8.50 |

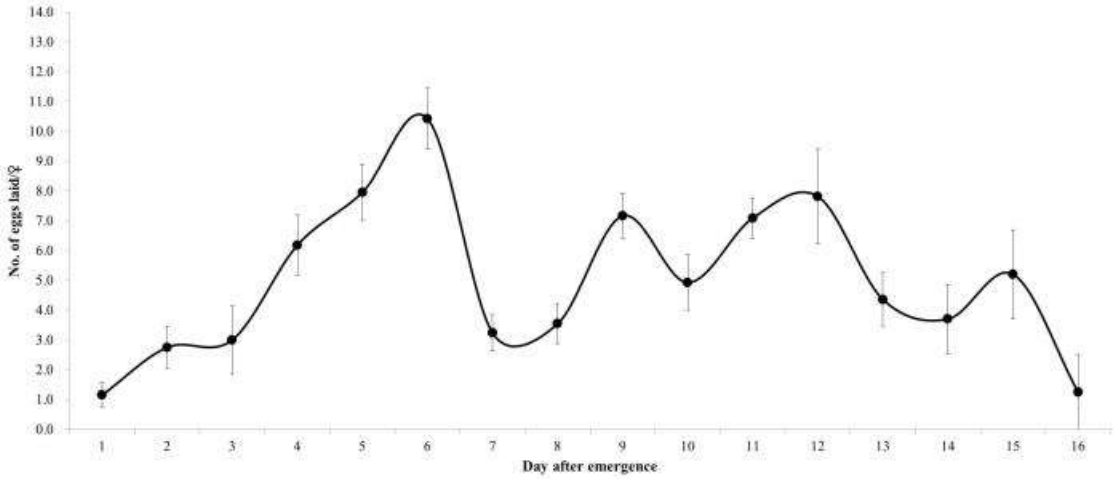



**Fig. 3-6.** 벗초파리기생벌의 우화 후 산란 패턴

#### 4) 벗초파리기생벌의 온도별 기생 및, 발육특성 평가

벗초파리기생벌의 온도에 따른 기생 및 발육 특성을 평가를 수행하였다. 배지가 분주 된 insect breeding dish (Ø 5 x 1.5 cm)에 벗초파리 2령 유충을 발육단계별로 각 dish에 30마리 접종하였다. 유충접종배지를 insect square dish에 우화 12h 이내의 벗초파리기생벌 성충 1마리와 접종하였으며 솜에 5 % 설탕물을 적셔 수분 및 당류를 공급해 주었다. 각각의 온도가 설정된 Growth chamber에 처리하였다. 유충접종배지는 1일 단위로 교체하였으며 벗초파리기생벌 성충이 죽을 때 까지 교체하였다. 벗초파리기생벌의 산란받은 유충접종 배지는 산란 일자별로 나누어 관리하였으며 매일 발생하는 번데기의 수거, 우화하는 벗초파리 수, 우화하는 벗초파리기생벌의 수를 기록하였다.

온도에 따른 벗초파리기생벌의 기생률은 **Table 3-4**와 같다. 25℃에서 63.3 %로 가장 높게 나타났으며 30℃는 11.9%로 가장 낮게 나타났다. 수명은 20℃에서 14.1일, 25℃에서 11.2일 30℃에서 5.6일로 나타났다. 총 산란수는 25℃에서 51.8개로 3개의 온도조건 중 가장 높게 나타났다.

**Table 3-4.** 온도에 따른 벗초파리기생벌의 기생특성

| 온도 (℃) | 기생율 (%) | 수명 (일) | 유충기간 (일) | 정상번데기 발육기간 (일) | 기생당한번데기 발육기간 (일) | 기생벌 발생수 (마리) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 47.3±15.0 | 14.1±3.9 | 5.7±0.4 | 9.0±0.4 | 22.4±2.5 | 35.5±15.1 |
| 25 | 63.3±8.9 | 11.2±3.0 | 4.3±0.3 | 6.8±0.3 | 16.1±2.3 | 51.9±18.9 |
| 30 | 11.9±9.3 | 5.6±2.0 | 3.8±0.5 | 4.0±0.4 | 10.5±1.4 | 5.1±2.2 |

## 나. 기생성 신규 천적대량 사육 시스템 구축 (벗초파리기생벌)

### 1) 벗초파리기생벌 사육을 위한 대체기주 선발

벗초파리기생벌의 사육 시 벗초파리를 이용하여 사육하게 되는데 추후 포장에 방제를 위해 방사 시 미쳐 우화하지 못한 벗초파리가 벗초파리 기생벌과 함께 포장에 같이 방사될 수 있는 우려가 있다. 따라서 이를 방지하기 위해 식물은 가해하지 않으며 벗초파리기생벌이 산란 할 수 있는 대체기주가 필요한 실정이다. 기존의 벗초파리 사육시스템을 활용하며 작물에 해를 가하지 않는 대체기주를 탐색한 결과 벗초파리와 같은 속에 속하여 생물학적으로 유연관계가 근접한 노랑초파리(*D. melanogaster*)를 선발하였으며 노랑초파리를 대상으로 벗초파리기생벌의 기생여부를 확인하였다. 벗초파리기생벌의 노랑초파리에 대한 기생(산란)반응이 유도되는지 검정하기 위해 사육케이지(30 x 30 x 30 cm) 노랑초파리 2령 유충 배지와 벗초파리기생벌 성충을 방사하였다. 2일간 벗초파리기생벌을 산란을 유도한 뒤 노랑초파리 배지를 수거하여 유충과 번데기에서 나타는 벗초파리기생벌의 기생에 의해 나타나는 외관적 차이를 현미경하에 관찰하였다. **Fig. 3-7**과 같이 벗초파리기생벌이 산란을 하기 위해 노랑초파리 2령 유충 배지에 안착하는 것을 관찰하였으며 유충에 산란을 하기 위해 산란관을 삽입하는 것을 확인하였다. 벗초파리기생벌에 의한 노랑초파리의 외관적으로 나타나는 차이를 확인한 결과 유충에서 검은색 반점이 관찰되었으며 번데기(용화 후 4일차)에서 흰색반점이 나타나는 것을 확인 하였다(**Fig. 3-8**).

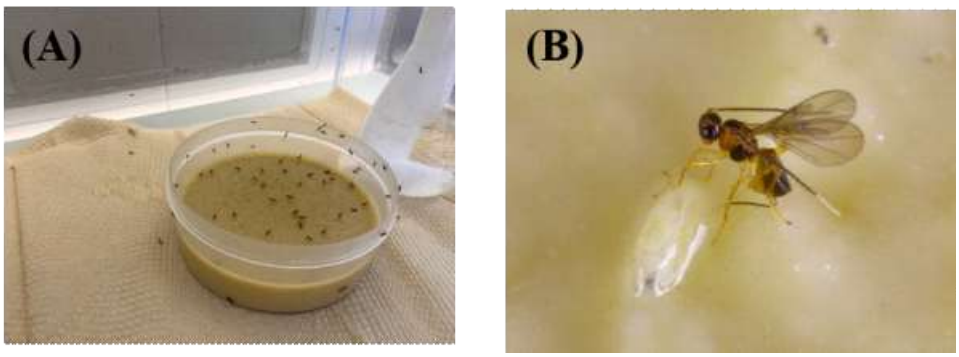



**Fig 3-7.** 노랑초파리 배지에 모인 벗초파리기생벌(A), 노랑초파리 유충에 산란하는 벗초파리기생벌(B)

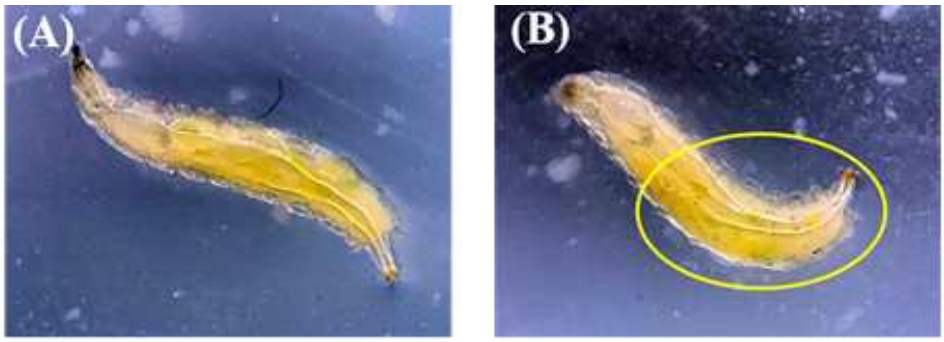



**Fig 3-8.** (계속)

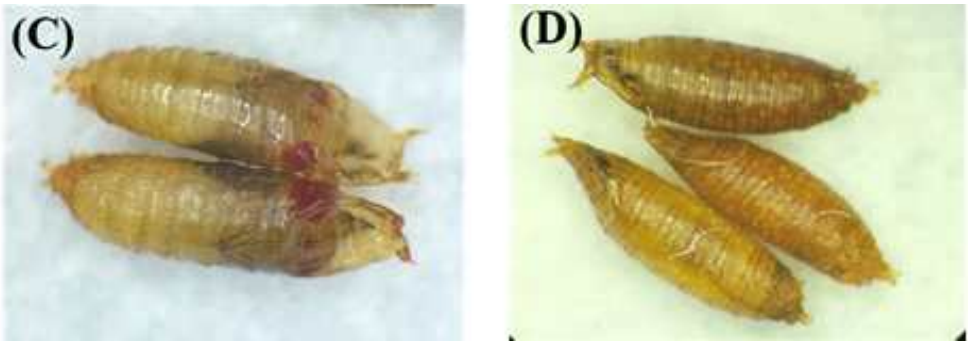



**Fig 3-8.** 노랑초파리 정상유충(A), 벗초파리기생벌에 감염당한 노랑초파리 유충(B), 노랑초파리 정상 번데기(C), 벗초파리기생벌에 감염당한 노랑초파리 번데기(D)

### 2) 대체기주인 노랑초파리에 대한 벗초파리기생벌의 기생특성

앞선 실험에서 노랑초파리에서 벗초파리기생벌이 기생이 가능함을 확인하였다. 노랑초파리에 대한 벗초파리기생벌의 주요 기생특성을 벗초파리와 비교하였다. 배지가 분주된 insect breeding dish (Ø 5 x 1.5 cm)에 노랑초파리 2령 유충 30마리 접종하였다. 유충 접종배지를 insect square dish에 우화 12h 이내의 벗초파리기생벌 성충 1마리와 접종하였으며 솜에 5% 설탕물을 적셔 수분 및 당류를 공급해 주었다. 각 유충접종배지는 1일 단위로 벗초파리기생벌 성충이 사망할 때 까지 교체하였으며 일자별 수거된 번데기에서 우화한 벗초파리기생벌의 비율을 조사하였다. 노랑초파리에 대한 벗초파리기생벌의 주요 기생특성은 **Table 3-5**와 같다. 기생율의 경우 노랑초파리의 52.3% 대비 벗초파리에서 66.9%로 다소 높게 나타났다. 이는 시험한 벗초파리기생벌을 벗초파리로 누대사육으로 인한 차이로 보여진다. 번데기 기간과 수명에서는 두 기주곤충 간에 큰 차이를 보이지 않았다.

**Table 3-5.** 노랑초파리와 벗초파리에 대한 벗초파리기생벌의 기생특성 비교

| 기주곤충 | 기생율 (%) | 번데기 기간 (일) | 수명 (일) |
|---|---|---|---|
| 노랑초파리 | 52.3 ± 12.7 | 13.6 ± 2.7 | 14.8 ± 5.6 |
| 벗초파리 | 66.9 ± 4.9 | 13.2 ± 1.0 | 13.1 ± 1.2 |

벗초파리기생벌을 노랑초파리로 누대사육 시 나타나는 기생율과 우화율의 영향을 검정하였다. 30 x 30 x 30 cm 케이지에 노랑초파리 2령 유충 배지와 벗초파리기생벌 성충을 접종하여 매일 노랑초파리 2령 유충 배지를 교체 하였으며 벗초파리기생벌의 산란이 이루어진 배지에서 발생하는 번데기를 수거하였다. 수거한 번데기에서 무작위로 번데기 30개를 수거하였으며 수거한 번데기에서 우화 한 벗초파리기생벌 성충 수를 기록하여 기생율을 산출하였다. 또한 번데기 용화 4일차에 흰색반점이 있는 번데기(벗초파리기생벌에 감염된 번데기)를 30개 수거하여 번데기에서 우화하는 벗초파리기생벌 성충 수를 계수 하여 우화율을 산출하였다. 일차 별 3반복으로 번데기를 수거하여 조사하였다. 우화한 벗초파리기생벌을 수집하여 노랑초파리 2령 유충을 접종시켜 다음 세대를

진전시켰으며 위와 동일한 방법으로 감염율과 우화율을 3세대까지 조사하였다. 대조구로는 벗초파리유충을 사용하였다.

노랑초파리를 기주로 하여 누대사육 시 벗초파리기생벌의 기생율과 우화율의 영향은 **Table 3-6**과 같다. 세대 진전에 따른 노랑초파리에 대한 벗초파리기생벌의 기생율은 1세대에서 41.1%, 3세대에선 66.9%로 증가하는 경향을 보였으며 2세대부터 벗초파리에 대한 기생율 보다 다소 높게 나타났다. 우화율은 1세대에서 67.7%, 3세대에선 72.0%로 증가하였으며 이는 벗초파리에서 나타난 73.8%와 다소 비슷한 수치를 보였다. 이는 벗초파리기생벌을 노랑초파리를 이용하여 누대 사육 시 벗초파리기생벌의 밀도유지 및 증식에 큰 영향을 미치지 않음을 의미하였으며 대체기주로서 노랑초파리가 적합함을 나타내었다.

**Table 3-6.** 노랑초파리의 세대 진전에 따른 벗초파리기생벌의 기생율과 우화율

| 기주곤충 | 세대 | 기생율 (%) | 우화율 (%) |
|---|---|---|---|
| 노랑초파리 | 1 | 41.1 ± 18.8 | 67.7 ± 18.0 |
| | 2 | 61.5 ± 18.2 | 90.4 ± 4.0 |
| | 3 | 66.9 ± 66.9 | 72.0 ± 21.8 |
| 벗초파리(control) | - | 44.6 ± 16.5 | 73.8 ± 21.2 |

대체기주로 누대사육한 천적을 현장에 사용할 시 방제대상 해충에 대한 선호성이 다소 감소할 수 있는 우려가 있기때문에 대체기주인 노랑초파리로 누대한 벗초파리기생벌이 벗초파리에 대한 기생율과 우화율에 대한 영향을 확인하였다. 벗초파리기생벌을 노랑초파리로 세대를 진전시켜 진전된 각 세대(1~2세대)의 벗초파리기생벌의 성충에 벗초파리 2령 유충을 접종하여 기생율과 우화율을 확인 하였다. 시험방법은 노랑초파리의 세대 진전에 따른 벗초파리기생벌의 기생율과 우화율 검정 방법과 동일하게 수행하였다.

대체기주로 세대진전 후 기주교체에 따른 벗초파리기생벌의 기생율과 우화율에 대한 영향은 **Table 3-7**과 같다. 벗초파리기생벌의 감염율과 우화율은 벗초파리 대비 하여 대체기주에서 기주교체 시 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 대체기주인 노랑초파리를 이용하여 누대사육한 벗초파리기생벌을 현장에서 적용 시 벗초파리에 대한 기생력 감소에 대한 영향이 크게 없을 것으로 보인다.

**Table 3-7.** 노랑초파리의 세대 진전 후 기주교체에 따른 벗초파리기생벌의 기생율과 우화율

| 기주곤충 | 세대 | 기생율 (%) | 우화율 (%) |
|---|---|---|---|
| 노랑초파리 | 1 | 38.1 ± 18.2 | 67.8 ± 11.5 |
| | 2 | 47.7 ± 21.4 | 74.1 ± 11.7 |
| 벗초파리(control) | - | 44.6 ± 16.5 | 73.8 ± 21.2 |

### 3) 벗초파리기생벌의 광주기에 따른 휴면성 검정

벗초파리기생벌의 야외에서 활동 시 나타나는 휴면성을 확인하기 위해 광주기에 따른 휴면성을 검정하였다. 시험에 사용된 광주기는 12L : 12D (L:명조건, D:암조건), 8L : 16 D로 2개의 조건에서 진행하였다. 광조건이 설정된 곤충생장상에 사육케이지(30 x 30 x 30 cm)를 놓고 케이지안에 벗초파리 2령 유충 배지와 벗초파리기생벌을 방사하였다. 배지를 1일 간격으로 교체하여 채란을 하였으며 번데기를 수거하였다. 수거한 번데기를 무작위로 30개를 선발하여 번데기에서 우화하는 기생벌의 비율로 기생율을 검정하였다. 번데기 용화 4일 차에 흰색반점이 있는 번데기(벗초파리기생벌에 감염된 번데기)를 30개를 선발하여 번데기에서 우화하는 기생벌의 비율로 우화율을 검정하였다.

노출된 광주기에 따른 세대간의 영향을 확인하기 위해 처음 광주기에 노출된 벗초파리 성충을 부모세대로 하여 부모세대의 산란을 통해 발생한 벗초파리기생벌 성충을 1세대로 하였으며 1세대에서 유래된 벗초파리기생벌 성충을 2세대로 하였다. 각 세대별 영향은 기생율과, 우화율로 확인하였다. 노출된 광주기에 따라서 산란을 하지 않거나 또는 성충으로 우화억제가 크게 나타나지 않으며 정상적으로 산란을 하며 우화 하는 것으로 나타났다(**Table 3-8**).

**Table 3-8.** 광주기에 따른 벗초파리기생벌의 기생율과 우화율

| 광주기 | 세대 | 감염율 (%) | 우화율 (%) |
|---|---|---|---|
| 12L : 12D | 1 | 50.6 ± 21.1 | 56.5 ± 23.5 |
| | 2 | 33.5 ± 13.9 | 33.0 ± 14.9 |
| 8L : 16D | 1 | 35.2 ± 14.4 | 49.2 ± 21.4 |
| | 2 | 31.9 ± 15.3 | 48.8 ± 20.4 |
| 16L : 8D | - | 48.0 ± 16.9 | 60.3 ± 20.7 |

### 4) 벗초파리 대량생산 시스템 구축

벗초파리기생벌의 대량사육을 위해서는 기주곤충인 벗초파리의 2령 유충이 필요하다. 따라서 우선적으로 벗초파리의 대량사육시스템 구축을 하여 안정적으로 벗초파리 2령 유충을 공급해야 한다. 배지를 이용하여 벗초파리의 사육체계를 만들었으며 각 사육 단계별 관리내용, 단계별 소요 일수, 필요물품, 사육 시 고려해야할 사항 등을 정리하였으며 그 결과는 **Table 3-9**와 같다.

**Table 3-9**. 벗초파리의 대량사육 기술 구축

| 순서 | 누적일수 | 사육단계 | 관리과정 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 재료 준비 | | - 재료준비: 비이커, 메스실린더, 시약스푼, 웨잉디쉬, 케이지 (30 x 30 x 30 cm)<br>- 사료재료: 옥수수가루, 설탕, 한천, 이스트, MPH, 프로피온산 | - 케이지의 크기는 변동가능 |

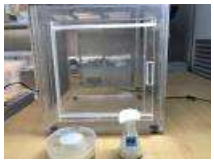
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 배지 제조 | | - 물에 한천을 풀은 후 가열하여 한천을 녹임<br>- 배지재료를 물에 녹은 한천에 넣어 핸드믹서로 믹싱 | - 사육통은 다른 용기로 변경 가능 |
| 3 | 1 | 배지 제조 | | -약 60℃까지 배지를 식힌 후 프로피온산을 넣은 후 믹싱 | - 프로피온산의 냄새가 강하기 때문에 환기가 잘되는 곳 또는 흄후드 내에서 작업 |
| 4 | 1 | 배지 분주 | | - Ø 10 x 4 cm 사육통에 높이 2cm로 분주<br>- 충분히 식힌뒤 랩으로 포장하여 냉장 보관 | - 1회 제조 시 사용양만큼 랩으로 싸두면 사육 시 용이 함 |
| 5 | 1 | 배지준비 | | - 배지표면에 제빵용 이스트를 0.7g정도 처리<br>- 분무기로 물을 이스트에 3회 정도 분무 후 이스트가 녹을 때 까지 처리 | - |
| 6 | 1 | 배지준비 | | - 이스트가 녹으면 시약스푼으로 배지표면에 펴 발라 줌 | - 배지의 표면에 이스트는 부화유충의 안정적인 발육을 도와줌 |
| 7 | 1 | 채란 | | -이스트가 처리된 배지와 5%의 설탕물을 케이지에 넣은 뒤 벗초파리 성충(100~200마리)을 방사한다.<br>- 1일간 산란을 받은 뒤 새로운 배지로 교체해줌 | - 케이지 내부의 배지가 마르지 않기 위해 물에 젖은 수건을 덮어준다<br>- 배지교체 시 케이지 문의 끝부분에 스탠드를 대주어 빛에 성충을 유인시키면 케이지 밖으로 성충의 이탈을 최대한 억제 가능 |
| 8 | 2 | 유충 발육 | | - 채란 후 1일 후에 유충 부화가 시작됨<br>-채란 후 배지 표면이 마르지 않게 물을 분무기로 2회 분무해줌<br>-채란 받은 배지는 마르지 않게 관리 | -채란한 배지는 리빙박스에 넣어 관리하면 수분관리에 수월 하다. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 5~7 | 번데기 생성 | | - 배지 내 번데기의 발생 | - |
| 10 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 대부분의 유충이 번데기가 되면 수거를 시작<br>- 사육통 표면 및 배지의 약 1cm 부위를 붓으로 긁어냄 | - 번데기 수거시점이 늦을 경우 수거전에 초파리가 우화하는 경우가 발생함<br>-첫 번데기 발견 일 3일 이후 수거 하는 것이 안전함 |
| 11 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 체망에 붓으로 긁어낸 번데기들을 올려놓음 | |
| 12 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 약한 수압의 물로 번데기 외부에 있는 배지를 씻어 냄 | - 물온도는 상온에 맞추어 사용 (온도차에 의한 쇼크 방지) |
| 13 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 체망 위에 남은 번데기를 붓으로 잘 걷어냄 | - 붓으로 체망 위의 번데기 수거 시 번데기에 손상이 가지 않도록 부드럽게 다룸 |
| 14 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 사육통 바닥에 90mm 필터페이퍼를 깔고 물을 적셔준다<br>- 수거한 번데기를 사육통으로 이동 | |
| 15 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 번데기 수거한 사육통이 건조하지 않게 수분관리 | - 물에적신 수건을 수거 번데기 사육통위에 덮어주면 수분관리에 유용함 |
| 16 | 14~17 | 성충 발생 | | - 벗초파리의 성충 발생<br>- 새로운 케이지에 방사하여 채란을 유도<br>-또는 기존 채란 케이지에 새로운 성충 방사 | |
| 17 | | 채란 | | - 7번~16번 반복 | |

**5) 벗초파리기생벌의 대량생산 시스템 구축**

벗초파리기생벌의 대량사육을 위해 배지에서 사육된 벗초파리의 2령 유충을 사용하였다. 배지에 배양된 벗초파리 2령 유충을 이용하여 벗초파리기생벌의 사육체계를 만들었으며 각 사육 단계별 관리내용, 단계별 소요 일수, 필요물품, 사육 시 고려해야할 사항 등을 정리하였으며 그 결과는 **Table 3-10**과 같다.

**Table 3-10**. 벗초파리기생벌의 대량사육 기술 구축

| 순서 | 누적일수 | 사육단계 | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 재료 준비 |  | - 재료준비: 벗초파리기생벌 2령 유충 배지, 케이지(30 x 30 x 30 cm), 먹이용 설탕물 | - |
| 2 | 1 | 2령 유충 배지 | | - 벗초파리 2령 유충이 있는 배지를 채란용 배지로 사용<br>- 벗초파리배지 채란 후 2~3일차 배지 사용 | - |
| 3 | 1 | 채란 | | - 벗초파리기생벌 성충(100마리)이 있는 케이지에 벗초파리 2령 유충이 있는 벗초파리 배지 투입<br>- 1일간 벗초파리 2령 유충에 채란<br>- 새로운 2령 벗초파리 유충 배지로 교체 | 케이지 내부의 배지가 마르지 않기 위해 물에 젖은 수건을 덮어줌<br>배지교체 시 케이지 문의 끝부분에 스탠드를 대주어 빛에 성충을 유인시키면 케이지 밖으로 성충의 이탈을 최대한 억제 |
| 4 | 2 | 유충 발육 | | - 채란 후 배지 표면이 마르지 않게 물을 분무기로 2회 분무<br>- 배지 표면이 마르지 않게 수분관리 | -채란한 배지는 리빙박스에 넣어 관리하면 수분관리에 용이 |
| 5 | 5~7 | 번데기 생성 | | - 배지 내 번데기의 발생 | |
| 6 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 사육통 표면 및 배지의 약 1cm 부위를 붓으로 긁어냄 | - 번데기 수거시점이 늦을 경우 수거 전에 초파리가 우화하는 경우가 발생함<br>-첫 번데기 발견 3일 이후 수거 하는 것이 안전함 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 체망에 붓으로 긁어낸 번데기들을 올려놓음 | |
| 8 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 약한 수압의 물로 번데기 외부에 있는 배지를 씻어 냄 | 물온도는 상온에 맞추어 사용 (온도차에 의한 쇼크 방지) |
| 9 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 체망 위에 남은 번데기를 붓으로 잘 걷어냄 | - 붓으로 체망 위의 번데기 수거 시 번데기에 손상이 가지 않도록 부드럽게 다룸 |
| 10 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 사육통 바닥에 90mm 필터페이퍼를 깔고 물을 적셔준다<br>- 수거한 번데기를 사육통으로 이동 | |
| 11 | 7~10 | 번데기 수거 | | - 번데기 수거한 사육통이 건조하지 않게 수분관리 | 물에 적신 수건을 번데기 사육통 위에 덮어서 수분관리 |
| 12 | 14~17 | 벗초파리 성충 발생 | | - 기생당하지 않은 벗초파리 유충에서 벗초파리 성충 발생 | |
| 13 | 14~17 | 벗초파리 성충 제거 | | 새로운 케이지에 벗초파리 성충을 풀어 번데기 사육통 내 벗초파리 성충 제거 | |
| 14 | 22~25 | 기생벌 성충 발생 | | - 벗초파리기생벌 성충 발생<br>-새로운 케이지에 방사하여 채란을 유도 또는 기존채란 케이지에 새로운 성충 방사 | |
| 15 | | 3차~필요시 | | - 3번~14번 반복 | |

**다. 포식성 친규 천적곤충 특성 규명**

**1) 긴날개쐐기노린재의 선발 및 사육체계 확립**

긴날개쐐기노린재는 미소해충인 총채벌레, 깍지벌레, 진딧물, 가류이류를 포식하는 특징을 지니며 미소해충의 방제용 천적으로 선발하였다. 긴날개쐐기노린재의 사육은 산란, 은신처, 놀이

목으로 토마토포트를 넣어주었으며 5%의 설탕물, 명나방알, 미소해충(진딧물류)을 먹이로 공급하였으며 케이지 바닥부분에 물에 적신 솜을 넣어 수분을 공급해 주었다. 포트와 바닥의 이동을 돕기 위해 케이지 내 나무젓가락을 설치하였으며 7~10일 간격으로 토마토를 교체하였다. 산란받은 토마토에서 부화한 긴날개쐐기노린재의 약충은 케이지사육과 개체사육을 동시에 진행하였다. 개체사육은 부화 후 2~3령의 긴날개쐐기노린재 약충을 1마리 씩 petri dish(dia 35mm)접종한 후 물과 명나방알, 미소곤충(진딧물류)을 공급하여 사육을 수행하였다(**Fig. 3-9**).

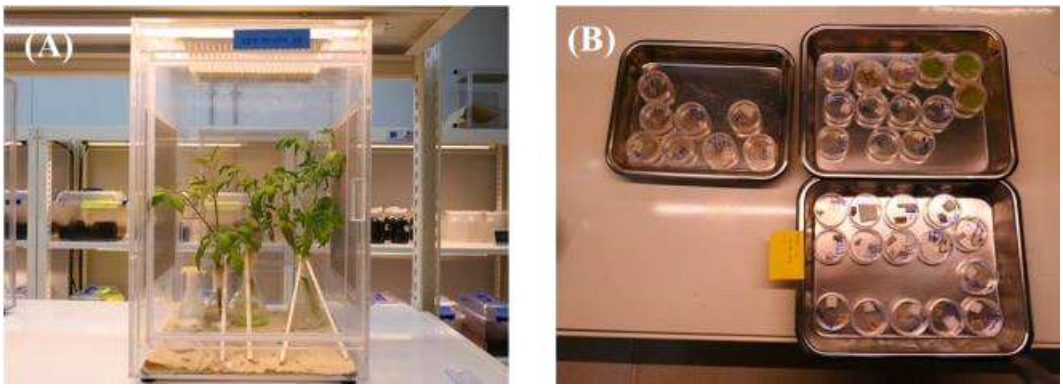



**Fig. 3-9.** 긴날개쐐기노린재 사육전경(A), 긴날개쐐기노린재의 개체사육 전경

### 2) 긴날개쐐기노린재의 포식가능 해충 검정

우화 3일 이내인 긴날개쐐기노린재 성충을 petri dish(dia 50mm)에 1마리씩 넣고 미소해충인 꽃노랑총채벌레, 귤가루깍지벌레, 목화진딧물, 복숭아혹진딧물, 싸리수염진딧물을 해충별 dish에 30마리씩 물에 적신 솜과 함께 공급하였으며 24h 후에 남아있는 해충의 수를 계수하여 3일간의 일일 포식량을 확인하였다. 각 미소해충별 시험은 10개체에 대하여 25℃ 조건에서 수행하였다.

긴날개쐐기노린재의 포식해충 및 포식량은 **Table 3-11**과 같다. 실험에 사용한 5종의 미소해충은 모두 포식하는 것을 확인하였으며(**Fig. 3-10**) 꽃노랑총채벌레, 목화진딧물, 복숭아혹진딧물은 약 20마리정도 포식하는 것으로 나타났으며 싸리수염진딧물은 약 16마리 정도 포식하였다. 귤가루깍지벌레는 약 9마리로 5종 먹이해충 중 포식량이 가장 적게 포식하는 것으로 나타났다.

**Table 3-11.** 긴날개쐐기노린재의 미소해충 포식량

| 먹이해충 | 꽃노랑 총채벌레 | 귤가루 깍지벌레 | 목화 진딧물 | 복숭아혹 진딧물 | 싸리수염 진딧물 |
|---|---|---|---|---|---|
| 포식량(마리)/일 | 20.7 ± 5.1 | 8.7 ± 1.1 | 20.5 ± 7.0 | 22.3 ± 5.9 | 15.8 ± 4.4 |

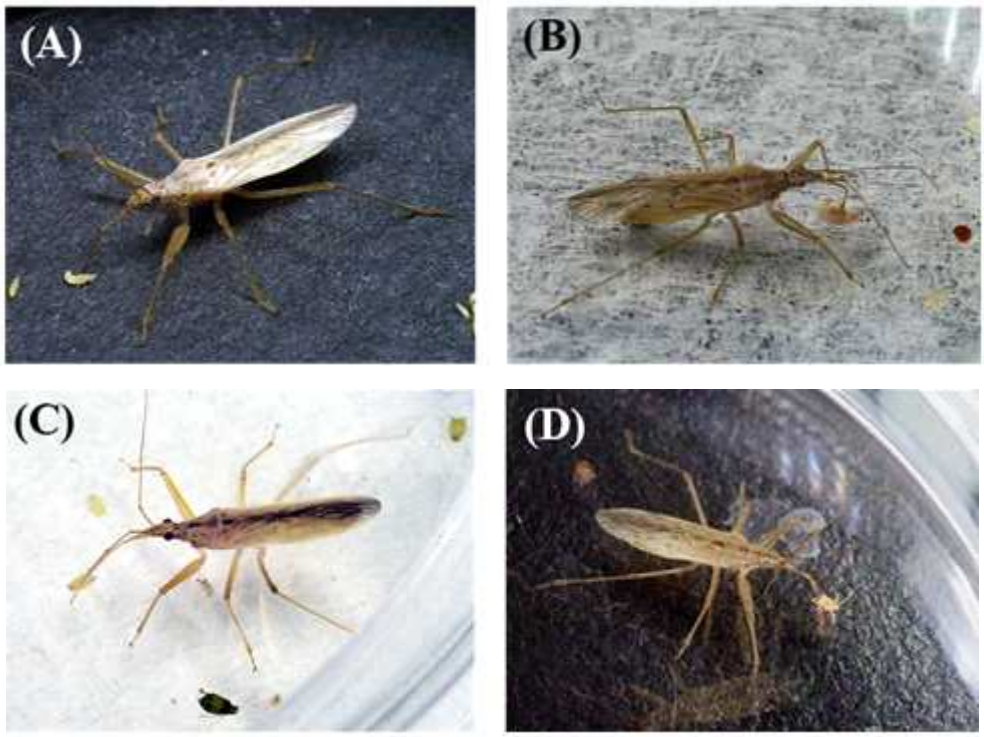



**Fig. 3-10.** 긴날개쐐기노린재의 꽃노랑총채벌레 포식(A), 큘가루깍지벌레(B), 목화진딧물 포식(C), 복숭아혹진딧물 포식(D)

### 3) 긴날개쐐기노린재의 외형적 특징과 산란장소

긴날개쐐기노린재의 알의 형태적 특징은 장타원형 모양이며 유백색을 띤다. 약충의 체색은 전체적으로 연회색을 띠며 다리는 연갈색이다. 성충은 날개와 체색은 전체적으로 연회색을 띠며 몸의 중앙에 검은선이 나타나는 것이 특징이다(**Fig. 3-11**).

**Fig. 3-11.** 긴날개쐐기노린재의 외형적 특징, 알(A), 약충(B), 성충(C)

긴날개쐐기노린재의 산란장소를 확인하기 위하여 토마토, 가지, 오이, 배추를 곤충사육상자(30 x 30 x 30 cm)에 1포트씩 넣고 물에 적신 솜과 함께 공급한 후 긴날개쐐기노린재 성충(우화 5일 이내)를 접종하여 10일간 산란을 유도하였다. 10일 후에 산란식물과 솜을 수거하여 산란된

알의 장소를 확인하였다. 긴날개쐐기노린재의 산란장소의 확인은 토마토, 가지, 배추에서 잎과 줄기내부에 산란을 한 것이 확인되었으며 오이의 경우 10일을 버티지 못하고 죽어 확인을 할 수 없었다. 또한 수분공급을 위해 넣어준 솜에서 다수의 알이 관찰되었으며 이는 대량사육 시 대체 산란처로 활용할 수 있을 것으로 보인다(**Fig. 3-12**).

**Fig. 3-12.** 긴날개쐐기노린재 성충의 산란 장소, 잎(A), 줄기 내부(B), 물에 적신 탈지솜(C)

#### 4) 기주 접근성에 따른 긴날개쐐기노린재 산란 행동

사육 시 산란기주의 접근성에 따라 긴날개쐐기노린재의 산란 행동을 검증하였다. 우화 12h 이내의 성충 1쌍을 아크릴원통형케이지 (Ø 90mm x 195mm)에 접종 후 명나방알, 물에 적신 솜, 토마토 바이알(산란기주)을 넣어주었으며 이를 무처리로 하였다. 이동다리처리는 토마토바이알에 나무젓가락을 덧대어 원통형케이지 바닥에서 토마토바이알까지 성충의 이동을 쉽게 할 수 있게 다리를 만들어 주었다(**Fig. 3-13**). 2일 간격으로 토마토바이알 및 물에 적신 솜을 교체해 주었으며 각 처리 별 토마토와 솜에 있는 알을 계수하여 산란 비율을 확인하였다.

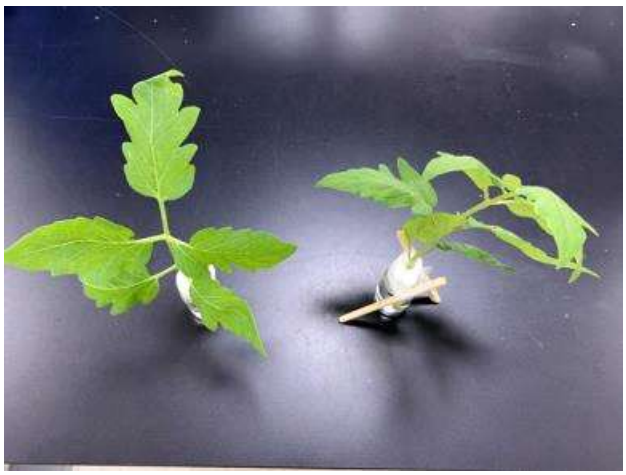


**Fig 3-13.** 토마토바이알의 이동다리 설치. 좌 : 일반 토마토바이알, 우 : 이동다리설치 토마토바이알

무처리의 경우 토마토보다 솜에 산란비율이 높게 나타났고 반면 이동다리처리에서 토마토의 산란비율이 높게 나타났다(**Fig. 3-14**). 무처리의 경우 토마토로의 이동에 어려움이 있었으며 접근성 나은 솜을 차선책으로 선택하여 산란한 것으로 여겨지며 반대로 이동다리처리의 경우 토마토로의 접근성이 좋아짐으로써 솜 보다 토마토에 산란을 한 것으로 여겨진다. 이는 솜을 대체산란처로 활용할 수 있는 가능성을 보여주며 또한 산란처의 이동성이 산란장소에 영향을 미치는 바 대량증식을 함에 있어 고려해야할 사항으로 보인다.

**Fig 3-14.** 산란처의 이동다리 설치에 따른 산란선호도

**5) 긴날개쐐기노린재의 온도에 따른 발육특성 검정**

포식성천적인 긴날개쐐기노린재의 온도에 따른 발육 특성평가를 수행하였다. 수행한 온도조건은 20℃, 25℃, 30℃ 3개의 조건으로 하였다. 부화 12h 이내 1령 긴날개쐐기노린재 약충을 petri dish (Ø 35mm)에 1마리씩 접종 후 명나방알과 물에 적신 솜을 공급해 주었으며 각각의 온도가 설정된 곤충생장상에 처리하였다. 이후 1일 간격으로 관찰하며 성충으로 우화 할 때 까지 각 발육단계 별 기간, 성비 등을 조사하였다.

각 발육단계별 발육기간은 **Fig. 3-15**와 같다. 온도가 증가함에 따라 발육기간이 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 모든 온도조건에서 약충의 령기별 기간은 1령에서 4령까지 각 령기 간에 비슷 수준으로 나타났으며 5령 기간이 가장 길게 나타나는 패턴 또한 동일하였다. 온도에 따른 각 각의 발육단계별 기간은 20℃, 25℃, 30℃에서 각각 알은 18.6일, 11.8일 6.4일, 1령은 4.3일, 3.6일, 1.9일, 2령에서 5.5일, 3.6일, 1.5일, 3령에서 5.3일 3.5일, 1.5일, 4령에서 6.5일, 3.8일, 2.3일, 5령에서 10.6일 6.6일, 4.2일로 나타났다. 온도 별 총 약충기간은 20℃에서 30.8일, 25℃에서 20.1일, 30℃에서 11.2일이였으며 온도가 높아질수록 발육기간은 크게 감소하였다. 각 온도조건 간의 발육기간은 서로 약 10일 정도의 기간의 차이가 있었다(**Fig, 3-16**). 각 온도별 우화성충의 성비는 25℃에서 암컷비율이 59%, 수컷비율이 41%로 나타났으며 다소 암컷의 비율이 높았으나 20℃, 30℃에서는 암컷, 수컷의 비율간에 큰 차이는 나타나지 않았다(**Fig. 3-17**).

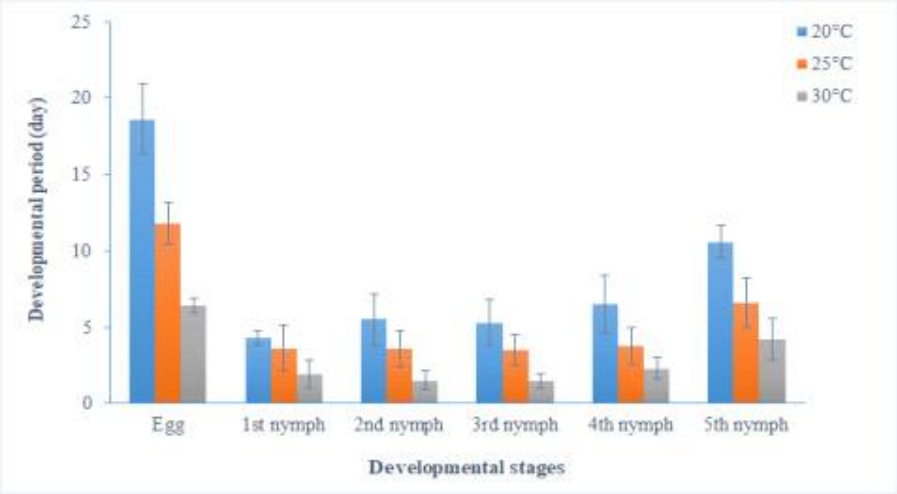



**Fig 3-15.** 온도에 따른 긴날개쐐기노린재의 각 발육단계별 발육기간

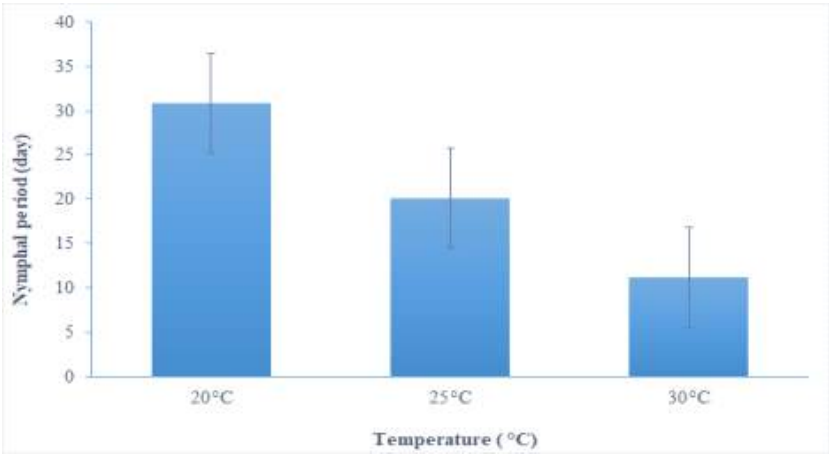



**Fig 3-16.** 온도에 따른 긴날개쐐기노린재의 약충 총 발육기간

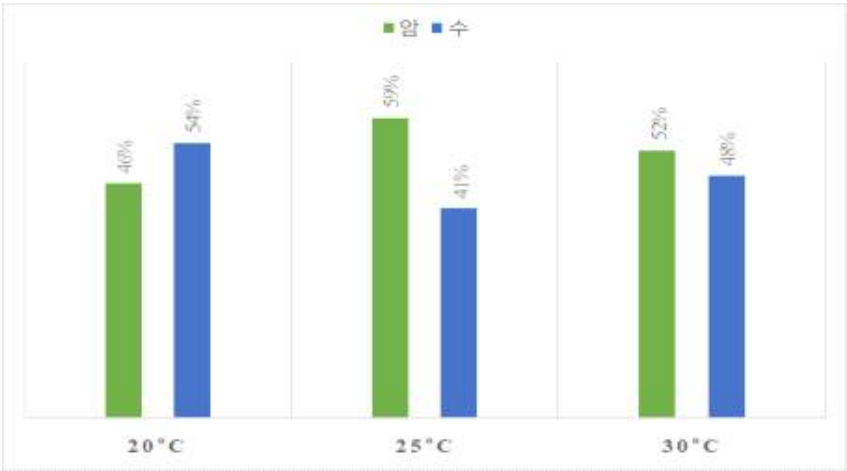



**Fig 3-17.** 온도에 따른 긴날개쐐기노린재의 성비

### 6) 긴날개쐐기노린재의 온도에 따른 산란특성 검정

포식성천적인 긴날개쐐기노린재의 온도에 따른 산란 특성평가를 수행하였다. 수행한 온도조건은 20℃, 25℃, 30℃ 3개의 조건으로 하였다. 우화 12h 이내의 성충 1쌍을 아크릴원통형케이지 (Ø 90 mm x 195 mm)에 접종 후 명나방알, 물에 적신 솜, 토마토 바이알(산란기주)을 공급해 주었으며 각각의 온도가 설정된 곤충생장상에 처리하였다. 이후 2일 간격으로 관찰하며 토마토바이알의 교체, 명나방알 교체, 수분공급 등을 수행하였으며 산란전기, 산란 수, 성충수명 등을 조사하였다.

온도에 따른 긴날개쐐기노린재의 산란특성 및 수명은 **Table 3-12**와 같다. 긴날개쐐기노린재는 산란전기가 존재하는 것으로 나타났으며 20℃ 15.6일, 25℃ 11.4일, 30℃ 5.2일 30℃ 조건에서 산란전기가 크게 감소하였다. 수명은 20℃에서 33.9일, 25℃에서 27일, 30℃에서 8.2일로 나타났으며 30℃ 조건에서 수명이 다른 온도조건에 대비하여 큰 폭으로 감소하였다. 산란수는 20℃에서 49.3개, 30℃에서 19.6개인 것과 대비하여 25℃에서 131.5개로 가장 높은 수치를 보였다. 산란한 알의 부화율은 20℃에서 36.4%, 25℃에서 70.6%, 30℃에서 46.9%로 나타났으며 시험한 온도조건 중 25℃에서 부화율이 가장 높은 수치를 나타내었다.

**Table 3-12.** 온도에 따른 긴날개쐐기노린재의 산란전기, 수명, 산란 수, 부화율

| 온도 (℃) | 산란전기 (일) | 수명 (일) | 산란수 (♀/total) | 부화율 (%) |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 15.6 ± 2.7 | 33.9 ± 13.7 | 49.3 ± 33.9 | 36.4 ± 18.5 |
| 25 | 11.4 ± 2.7 | 27.0 ± 15.0 | 131.5 ± 71.8 | 70.6 ± 23.0 |
| 30 | 5.2 ± 1.3 | 8.2 ± 2.7 | 19.6 ± 23.9 | 46.9 ± 15.1 |

온도조건에 따른 발육특성과 산란특성을 본 결과 30℃에서 발육기간와 산란전기가 크게 감소하여 사육 시 성충을 발생시키는 기간이 감소하는 장점이 있었으나 수명, 산란수, 부화율 또한 다른 온도대비 크게 감소하여 후 세대를 발생시키는 능력이 크게 감소하는 단점이 있었다. 20℃에서 발육속도, 산란전기가 증가하여 사육기간이 증가되는 단점이 있었고 수명이 증가하여 채란 할 수 있는 기간이 증가하였지만 실질적 산란 수는 25℃보다 적게 나타났다. 25℃에서 발육기간, 산란전기, 수명은 두 온도대비 중간수치를 보였으나 산란수와 부화율은 두 온도대비 높은 수치를 보였다. 이상의 결과를 통하여 긴날개쐐기노린재의 대량사육을 위한 온도조건으로는 25℃ 적합한 것으로 보인다.

### 라. 포식성 천적대량 사육 시스템 구축 (긴날개쐐기노린재)

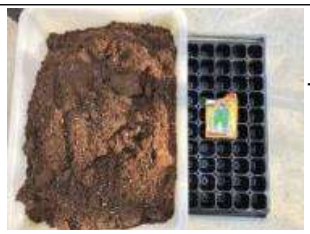
#### 1) 천적 현장적용을 위한 씨드곤충 확보 및 증식

천적의 현장적용을 위하여 우선적으로 다수의 천적 확보가 필요하며 천적을 확보하기 위해서는 천적의 먹이를 안정적으로 공급할 수 있는 방안이 필요하였다. 긴날개쐐기노린재 대량사육을 위하여 먹이곤충으로 복숭아혹진딧물, 싸리수염진딧물의 대량증식 시스템을 마련하였다.

#### 가) 복숭아혹진딧물 대량증식 시스템

긴날개쐐기노린재의 먹이곤충인 복숭아혹진딧물의 효율적인 공급을 위하여 배추를 기주로하여 대량증식하는 시스템을 정리 및 매뉴얼화 하였으며 내용은 **Table 3-13**과 같다.

**Table 3-13.** 복숭아혹진딧물 대량사육 기술 구축

| 순서 | 누적일수 | 사육단계 | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 재료 준비 |  | - 원예용 상토, 72구 트레이, 배추종자, 사각쟁반 | - |
| 2 | 1 | 배추 파종 | | - 72구 트레이에 원예용상토를 채운 후 1구당 씨앗 1개씩 파종 | - 편리한 물 관리를 위해 트레이 바닥에 사각쟁반을 두고 저면관수하여 관리 |
| 3 | 7 ~ 10 | 배추 발아 | | - 배추의 발아 | - |
| 4 | 13 ~ 17 | 배추 이식 | | - Ø 90 ㎝ 포트에 배추 유묘를 이식 | - 배추 유묘 이식시점은 본엽 2장 이내, 크기 2 ㎝ 이내 |
| 5 | 23 ~ 27 | 배추 재배 | | - 배추의 엽이 5엽 크기는 10 ~ 15 ㎝일 때 사육에 사용 | - 배추가 과습할 경우 엽수는 많아지나 크기가 작아짐으로 물관리에 주의 할 것 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 27 ~ 30 | 사육 준비 | | - 30 x 30 x 30 ㎝ 사육케이지 준비<br>- 케이지 내 배추 3포트 세팅 | - 케이지의 최소 크기는 30 ㎝ 이상의 것으로 사용하는 것이 좋음 |
| 7 | 27 ~ 30 | 진딧물 접종 | | - 1안: 진딧물이 붙어있는 배춧잎 1장을 각 배추 포트 위에 올림<br>- 2안: 진딧물 붙어 있는 배추포트를 중앙에 배치한 후 나머지 3개의 새배추포트를 붙임 | - 진딧물의 접종은 1안 및 2안의 방법을 사용하며 접종 후 진딧물이 잘 옮겨갔는지 확인 |
| 8 | 37 ~ 42 | 진딧물 접종 | | - 진딧물이 배춧잎에 빽빽이 붙어있을 때 새로운 케이지를 세팅 | - 진딧물 사육 시 케이지 내부가 과습하지 않게 관리함<br>- 과습 시 곰팡이병 발생우려가 커짐<br>- 케이지 내부 벽에 물방울이 고일 시 케이지 내 배추 포트의 수를 줄임 |
| 9 | - | 진딧물 접종 | | - 7번 과정을 반복하여 새로운 케이지를 세팅하며 케이지 수를 늘리고 유지하여 관리 | |

**나) 싸리수염진딧물 대량증식 시스템**

긴날개쐐기노린재의 먹이곤충인 싸리수염진딧물의 효율적인 공급을 위하여 대두를 기주로하여 대량증식하는 시스템을 정리 및 매뉴얼화 하였으며 내용은 **Table 3-14**와 같다.

**Table 3-14.** 싸리수염진딧물 대량사육 기술 구축

| 순서 | 누적일수 | 사육단계 | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 재료 준비 | | - 원예용 상토, Ø 90 ㎝ 포트, 대두종자, 사각쟁반 | - |
| 2 | 1 | 대두 파종 | | - 포트에 원예용상토를 3/4을 채운 후 포트 20~30개의 대두종자를 파종 | - 편리한 물관리를 위해 포트 바닥에 사각쟁반을 두고 저면관수하여 관리 |
| 3 | 7 ~ 10 | 대두 발아 | | - 대두의 발아 | - |
| 5 | 7 ~ 10 | 대두 재배 | | - 대두는 떡잎에서 본엽이 작게 보일 때 사육에 사용 | - 대두의 본엽이 많이 전개할 경우 진딧물의 사육효율 감소 |
| 6 | 7 ~ 10 | 사육 준비 | | - 30 x 30 x 45 ㎝ 사육케이지 준비<br>- 케이지 내 대두 2~3 포트 세팅 | - 케이지 내에서 대두의 키가 크게 자람<br>- 케이지의 최소 크기는 높이 45 ㎝ 이상의 것으로 사용하는 것이 좋음 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 7 ~ 10 | 진딧물 접종 | | - 1안: 진딧물이 붙어 있는 대두의 줄기를 각 대두 포트위에 올림<br>- 2안: 진딧물 붙어 있는 대두포트를 중앙에 배치한 후 나머지 2~3개의 새로운 대두포트를 붙임 | - 진딧물의 접종은 1안 및 2안의 방법을 사용하며 접종 후 진딧물이 잘 옮겨갔는지 확인 |
| 8 | 10 ~ 17 | 진딧물 증식 | | - 진딧물이 대두의 떡잎과 줄기에 붙어있을 때 새로운 케이지를 세팅 | - 진딧물 사육 시 케이지 내부가 과습하지 않게 관리함<br>- 과습 시 곰팡이병 발생우려가 커짐<br>- 진딧물이 있는 대두가 과도하게 커질 경우 진딧물의 밀도가 분산되어 사육효율이 떨어짐<br>- 1주일 간격으로 새로운 대두포트로 이주시키는 것이 진딧물 수 유지에 효율적임 |
| 9 | - | 진딧물 분주 | | - 7번 과정을 반복하여 새로운 케이지를 세팅하며 케이지 수를 늘리고 유지하여 관리 | |

**2) 대량사육을 위한 긴날개쐐기노린재의 적합사육용기 선발 및 사육, 산란밀도 채란기간 구명**

긴날개쐐기노린재의 대량사육을 위해 적합한 사육용기를 선발하기 위하여 각 사육용기(30 x 30 x 30 cm, 30 x 30 x 45 cm, 40 x 40 x 40 cm 아크릴 케이지)별로 약충 2~3령을 10마리씩 접종하여 우화한 성충 마리수를 조사하여 생존율을 구하였다. 조사한 결과 30 x 30 x 30 cm에

서 약충 우화율이 66.0%로 3개 사육용기 중 높게 나타났으며 40 x 40 x 40 cm에서는 60%로 다소 낮게 나타났다(**Table 3-15**). 3개 사육용기 간의 생존율은 큰 차이를 보이지 않았으며 긴날개쐐기노린재의 산란식물들의 관리와 먹이곤충 관리가 다소 용이한 30 x 30 x 45cm의 아크릴 케이지를 선발하였다.

**Table 3-15.** 사육용기크기에 따른 긴날개쐐기노린재 약충 생존율

| 사육용기 크기 | 30 x 30 x 30 cm | 30 x 30 x 45 cm | 40 x 40 x 40 cm |
|---|---|---|---|
| 생존율 (%) | 66.0±15.2 | 64.0±23.0 | 60.0±18.7 |

긴날개쐐기노린재의 대량사육을 위해 사육용기에 사육할 적합한 약충밀도를 선발하고자 사육용기(30 x 30 x 45 cm)에 긴날개쐐기노린재 2 ~ 3령약충을 10, 20 30마리를 접종하여 우화한 성충 마리수를 조사하여 생존율을 확인 하였다. 조사한 결과 접종 약충 수가 증가할수록 성충까지의 생존율이 감소하는 경향을 보였으며 10마리에서 생존율이 가장 높게 나타났다(**Table 3-16)**. 약충의 마리수가 증가할 수로 생존율이 감소하는 경향은 동종포식에 의한 결과로 사료된다. 긴날개쐐기노린재의 대량사육을 위한 약충의 밀도는 사육관리와 약충생존율을 고려하여 10~20마리 수준으로 선발하였으며 추후 먹이곤충의 투입량 조절, 은신처 확보 조건의 투입 등을 통한 케이지사육에 의한 공간문제, 동종포식 감소 등에 추가연구가 필요하다.

**Table 3-16.** 긴날개쐐기노린재 약충 사육밀도에 따른 생존율

| 투입마리수 | 10마리 | 20마리 | 30마리 |
|---|---|---|---|
| 생존율 (%) | 62.0 ± 22.7 | 54.4 ± 21.5 | 48.3 ± 24.7 |

긴날개쐐기노린재의 대량사육 시 포식성노린재의 동종포식 특성 때문에 산란효율이 적합한 투입 성충 마리수를 선발을 수행하였다. 사육용기(30 x 30 x 45 cm)에 우화 2~3일 이내의 긴날개쐐기노린재 성충(성비 1:1)을 10. 20. 30마리와 토마토유묘를 접종하였다. 15일간 채란 후 토마토를 수거하여 발생하는 약충 수를 조사하였으며 발생한 총 약충 수를 투입한 암컷 성충마리수로 나누어 산란효율을 산출하였다. 성충의 투입밀도에 의한 산란효율의 결과는 **Table 3-17**과 같다. 성충투입 밀도가 10마리에서 성충 1마리당 약충 발생 수가 5.05로 15, 20마리에 비하여 효율이 높게 나타났다. 15, 20마리 간의 성충 1마리당 약충 발생수에는 큰 차이를 보이지 않았으며 긴날개쐐기노린재의 채란 시 적정한 성충 투입밀도는 10마리 수준으로 선발하였다.

**Table 3-17.** 긴날개쐐기노린재 성충 투입밀도에 따른 산란효율

| 투입마리 수 | 10마리 | 15마리 | 20마리 |
|---|---|---|---|
| 성충 1마리당 약충 마리 수 | 5.05 | 3.92 | 3.90 |

긴날개쐐기노린재의 대량사육 시 적합한 채란기간을 선발하였다. 사육용기(30 x 30 x 45 cm)에 우화 2~3일 이내의 긴날개쐐기노린재 성충(성비 1:1)을 10마리와 토마토유묘를 접종한 후 5, 10, 15, 20, 25, 30일 동안 채란을 수행하였다. 이후 토마토를 수거하여 각 처리 기간에 따라 발생한 총 약충 수를 투입한 암컷 성충마리수로 나누어 산란효율을 산출하였다. 채란기간에 따른 산란효율의 결과는 **Table 3-18**과 같다. 각 15일간 채란하였을 때 산란효율이 6.56으로 처리 중 가장 높게 나타났으며 20, 25일은 약 4.5~4.6 수준을 보였다. 나머지 5, 10, 30일은 산란효율이 낮은 수준을 보였다. 채란기간이 5, 10일 일 때 긴날개쐐기노린재가 가지는 산란전기에 의한 것으로 보이며 15일 일 때 산란전기가 지나고 산란을 시작하는 시점인 약 11일 이후이기 때문에 산란효율이 크게 증가한 것으로 사료된다. 채란기간이 20, 25일 일 때 5, 10일 대비 산란효율은 높았으나 15일 대비 다소 떨어지는 결과를 보였으며 30일의 경우 5, 10일 수준과 비슷하게 나타났다. 이는 15일 이후 채란기간이 증가할수록 수명에 의한 성충의 자연적 감소와 채란기간이 증가에 따른 발생약충간의 령기 차이의 존재 즉 먼저 부화한 약충이 늦게 부화한 약충을 동종포식을 할 수 있는 가능성이 커지는 점들이 작용하여 산란효율에 영향을 주었을 것이라 판단된다. 긴날개쐐기노린재의 대량사육을 위한 적정 채란기간은 산란효율을 고려하여 약 15일 수준으로 선발하였다.

**Table 3-18.** 긴날개쐐기노린재 성충 채란기간에 따른 산란효율

| 채란 기간 | 5일 | 10일 | 15일 | 20일 | 25일 | 30일 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 성충 1마리당 약충 마리 수 | 2.32 | 2.92 | 6.56 | 4.50 | 4.64 | 2.55 |

### 3) 긴날개쐐기노린재의 대량증식 시스템

긴날개쐐기노린재의 대량사육을 위해서는 먹이곤충의 공급이 필요하다. 수행결과에서 먹이해충인 복숭아혹진딧물과, 싸리수염진딧물의 증식체계를 마련하였으며 각 진딧물류와 포식성천적의 보조먹이로 활용되는 명나방알 사용하여 긴날개쐐기노린재의 대량증식 체계를 구축하였다. 각 사육 단계별 관리내용, 단계별 소요 일수, 필요물품, 사육 시 고려해야할 사항 등을 정리 및 메뉴얼화 하였으며 그 결과는 **Table 3-19**와 같다.

**Table 3-19.** 긴날개쐐기노린재의 대량사육 기술 구축

| 순서 | 누적일수 | 사육단계 | | 관리방법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 재료 준비 | | - 토마토유묘, 30 x 30 x 45cm 케이지, 설탕물(5%), 이동다리용 나무젓가락 | - |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 케이지<br>셋팅 | | - 케이지 내부에 채란을 위한 토마토를 배치<br>-긴날개쐐기노린재가 산란용 토마토로 이동이 수월할 수 있게 나무젓가락을 이용한 이동다리 설치<br>- 수분 및 당 공급을 위한 설탕물 플라스크 배치 | |
| 3 | 1 | 성충<br>접종 | | - 산란을 위한 성충을 접종<br>-성충의 마리수는 10~20마리 내외로 암컷과 수컷의 비율을 동일하게 접종 | |
| 4 | 1 | 먹이<br>수확 | <br> | - 먹이공급을 위한 진딧물 수확 | - 먹이진딧물로 싸리수염진딧물, 복숭아혹진딧물을 사용<br>- 진딧물이 붙어 있는 잎을 수확하여 공급하거나 진딧물이 서식하는 포트 채로 공급 |
| 5 | 1 | 먹이<br>공급 | | - 케이지에 충분한 양의 먹이 진딧물을 공급한다.<br>- 보조먹이로 명나방알을 공급 | - 먹이양은 부족하지 않게 공급<br>- 먹이 진딧물의 밀도를 확인하며 주기적으로 공급<br>- 설탕물(5%)의 상태는 주기적으로 확인 부족 시 공급 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 11~16 | 채란 | | - 긴날개쐐기노린재의 알을 토마토에 받는다. -10~15일 동안 채란 - 채란기간동안 먹이가 부족하지 않게 관리 | |
| 7 | 11~16 | 긴날개쐐 기노린재 알 수거 | | - 채란 케이지에 있는 채란된 토마토를 수거하여 새로운 케이지(30 x 30 x 45cm)에 이동 | |
| 8 | 26~31 | 긴날개쐐 기노린재 알 부화 및 초기약충 발육 | | - 채란된 토마토에서 약충이 보이기 시작하면 먹이 진딧물 및 설탕물(5%)를 공급 - 부화한 약충이 3령이 될때 까지 먹이 진딧물을 공급 | 채란 후 약 7~10일 후 알이 부화하기 시작함 먹이진딧물의 공급 시 케이지바닥, 채란토마토에 위치적으로 균일하게 공급 |
| 9 | 26~31 | 부화약충 수거 재료준비 | | - 재료준비: 토마토유묘 , 30 x 30 x 45cm 케이지, 설탕물(5%), 이동다리용 나무젓가락 | - |
| 10 | 26~31 | 부화약충 수거 | | - 부화 약충이 3~4령 정도 일 때 수거 - 토마토에 붙어 있는 긴날개쐐기노린재를 털면서 케이지 내 토마토를 전부 제거 | 어린 시기(1~2령)에 수거 시 약충의 생존율이 떨어질 수 있음 |
| 11 | 26~31 | 부화약충 수거 | | - 케이지 내 남아있는 약충을 부드러운 붓을 이용하여 사육용기에 임시로 옮김 | 임시로 옮겨주는 사육통에 물과 먹이진딧물을 넣어주면 동종포식을 방지할 수 있음 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 26~31 | 부화약충<br>사육용<br>케이지<br>셋팅 | | - 케이지 내부에<br>토마토를 배치<br>-긴날개쐐기노린재가<br>토마토로 이동이 수월할<br>수 있게 나무젓가락을<br>이용한 이동다리 설치<br>- 수분 및 당 공급을<br>위한 설탕물 플라스크<br>배치<br>- 먹이진딧물 및<br>명나방알 배치 | -먹이진딧물의<br>공급 시<br>케이지바닥, 채란<br>토마토에<br>위치적으로<br>균일하게<br>공급한다<br>- 보조먹이인<br>명나방알은<br>케이지 바닥에<br>공급 |
| 13 | 26~31 | 부화약충<br>접종 | | -발육을 위한 약충을<br>접종<br>-약충의 마리수는<br>10~20마리 내외로 접종 | |
| 14 | 36~41 | 부화약충<br>발육 | | - 케이지에 충분한 양의<br>먹이 진딧물을 공급<br>- 보조먹이로 명나방알을<br>공급 | - 먹이양은<br>부족하지 않게<br>공급<br>- 먹이 진딧물의<br>밀도를 확인하며<br>주기적으로 공급<br>- 설탕물(5%)의<br>상태는<br>주기적으로 확인<br>부족 시 공급 |
| 15 | 36~41 | 성충<br>발생 | | - 부화약충 수거와<br>동일하게 토마토 제거 후<br>케이지 내 성충 수거<br>- 새로운 케이지를 셋팅<br>하여 채란을 반복하며<br>사육집단 증식 | |
| 16 | | 3차 ~<br>필요시 | | - 1번~15번 반복 | |

## 제2절. 신규 천적의 현장적용 연구

### 1. 연구목표

신규 천적곤충의 현장적용기술을 통한 천적 곤충활용 친환경 농업 활성화

### 2. 연구내용

신규 천적인 벗초파리기생벌과 긴날개쐐기노린재의 특성을 바탕으로 현장에서 사용하기 위한 기술개발을 수행하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 기생성 신규 천적의 현장적용 연구

##### 1) 벗초파리와 노랑초파리의 구분

벗초파리기생벌의 포장 방제효과를 확인하기 위해 블루베리 피해과에서 벗초파리만을 선별적으로 조사할 수 있는 기준이 필요하였다. 이미 피해를 받은 블루베리에는 부식성인 노링초파리도 동시에 발생하기 때문에 정확한 벗초파리의 피해도를 검정하기 위해 노랑초파리와 벗초파리를 구분하는 키를 마련하였다. 수컷 성충의 경우 벗초파리는 날개 뒷면에 검은 반점이 있는 특징이 있으며 노랑초파리는 날개에 반점이 없다. 암컷 성충의 경우 복부 끝의 산란관의 차이로 구분 할수 있다. 암컷 벗초파리 성충은 과피를 찢고 산란을 하기 위해 복부 끝 산란관 부분이 톱날처럼 발달되어 있으며 육안으로 관찰 시 복부 끝에 검은색의 삼각형 모양으로 나타난다. 암컷 노랑초파리 성충은 벗초파리와 달리 톱날 같은 산란관은 관찰되지 않으며 복부 양쪽 끝에 검은 반점이 있고 육안으로 관찰하였을 때 복부 끝은 베이지 색을 나타낸다(**Fig. 3-18**). 위와 같은 차이를 기준으로 블루베리 피해과실에서 발생하는 벗초파리 성충을 조사하였다.

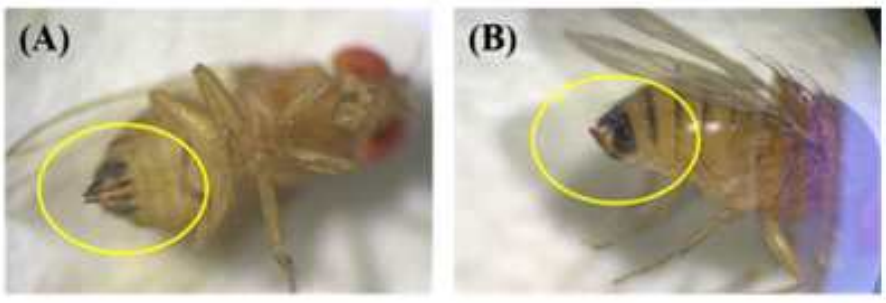



**Fig. 3-18.** (계속)

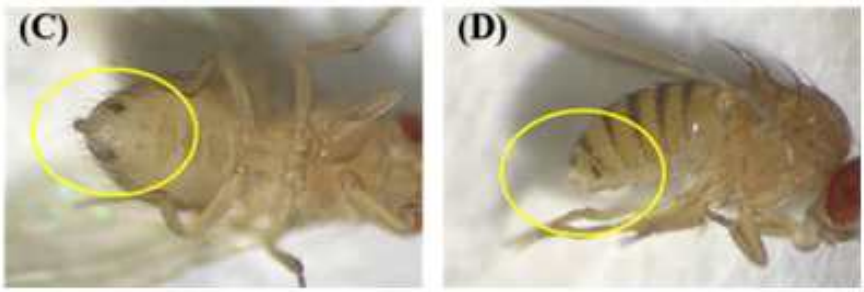



**Fig. 3-18.** 벗초파리와 노랑초파리 성충의 비교, 벗초파리성충 성충 배면(A), 벗초파리성충 성충 측면(B), 노랑초파리 성충 배면(C), 노랑초파리 성충 측면(D)

### 2) 벗초파리에 의한 블루베리의 피해 증상

벗초파리에 의해 블루베리에서 발생하는 피해는 과실의 무름증상이 있다. 그러나 무름증상은 벗초파리 블루베리 과실에 산란한 후 수일이 지나야 나타나는 증상이며 이 증상이 나타나면 부식성의 초파리도 동시에 발생한다. 때문에 정확하게 벗초파리 피해과로 판단하기 위해서는 벗초파리 성충이 발생할 때까지 시간이 소요되는 단점이 있었다. 따라서 벗초파리 성충이 블루베리를 가해(산란) 직후 나타나는 피해의 정보가 필요하였다. 30 x 30 x 30 cm 아크릴케이지에 벗초파리 성충을 방사하고 블루베리 생과를 접종하여 1일 동안 블루베리에 산란을 유도한 후 1일 후 블루베리를 수거하여 벗초파리의 피해증상을 현미경 하에 조사하였으며 시간이 지남에 따라 벗초파리 피해 블루베리의 변화를 관찰하였다.

벗초파리 성충이 블루베리에 가해 후 나타나는 피해증상은 **Fig. 3-19**와 같다. 벗초파리 가해 직후에는 무름증상이 관찰되지 않았다. 블루베리과실 표면에 검은 구멍의 산란흔이 관찰되는 것을 확인하였으며 특히 산란흔 중앙부분에 흰색 실 모양을 하는 벗초파리알의 부속지가 관찰되었다. 알의 부속지의 경우 육안으로 흰색의 먼지처럼 관찰이 되며 닦아낼 시 먼지처럼 닦이지 않고 산란흔에 남아 있는 특징을 보인다.

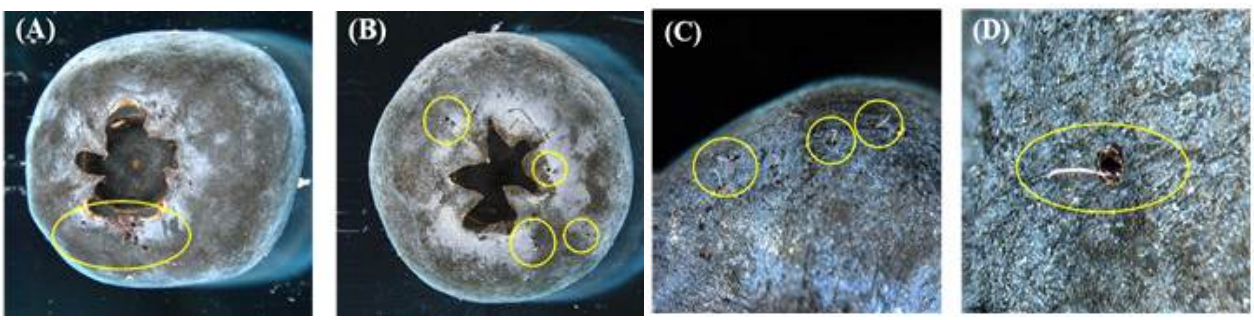



**Fig. 3-19.** 벗초파리 가해 직후 블루베리에서 나타나는 피해 증상. 블루베리과실 표면에서 나타나는 벗초파리 산란흔(A)(B), 벗초파리의 알의 부속지 (C), 벗초파리 알의 부속지 확대(D)

벗초파리 가해 후 2 ~ 3일차부터 산란흔이 있는 부분부터 무름이 나타났고 시간이 지날수록 무름이 확대되었다. 무름증상이 발생하는 과실을 손으로 누르게 되면 산란흔에서 과즙이 나오는 것을 관찰하였으며 벗초파리에 피해를 받은 과실은 붉은 색으로 변색되었다(**Fig. 3-20**).

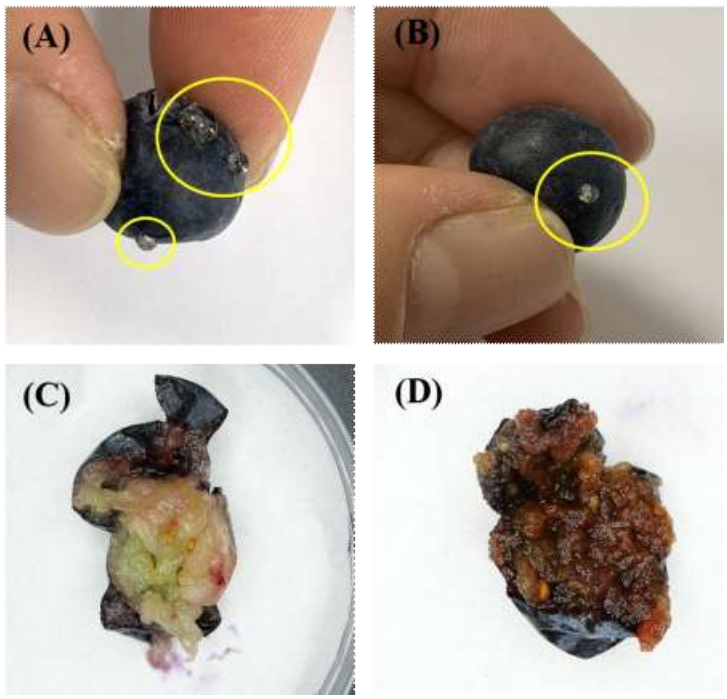



**Fig. 3-20.** 벗초파리 가해 후 블루베리에서 나타나는 피해 증상. 무름증상 과실에서 산란흔에서 나오는 과즙 (A)(B), 블루베리 정상과육 (C), 벗초파리 피해 블루베리 과육(D)

### 3) 벗초파리기생벌의 현장적용 검증

#### 가) 1차 시험 (2019년, 제주시, 서귀포시 포장시험)

서귀포시(노지), 제주시(하우스) 소재의 블루베리 포장에서 벗초파리가 발생하여 벗초파리기생벌을 방사하여 벗초파리의 밀도억제효과 검증을 수행하였다. 7월 10일 사전피해율 조사 및 벗초파리 기생벌을 1차 방사하였다. 7월 17일 벗초파리기생벌 2차 방사 및 방사효과 1차 조사를 수행하였으며 7월 25일 방사효과 2차 조사를 수행하였다.

벗초파리의 밀도억제 효과를 조사한 결과는 **Table 3-20**과 같다. 벗초파리기생벌 방사 후 벗초파리 가해 과실률은 1차 조사에서 크게 감소되지 않았다. 반면 제주시 포장에서는 가해 과실률은 증가하는 경향을 나타냈다. 벗초파리기생벌의 기생율 또한 1~2%로 낮게 나타나서 방사에 의한 밀도억제를 확인하기 어려웠다. 2차 조사에서 살충제를 처리하여 피해과율 감소에 영향을 미친 것으로 나타났다.

**Table 3-20.** 벗초파리기생벌 방사 후 블루베리 벗초파리 가해과실률, 발생밀도, 기생벌 기생율 (2019년, 제주시, 서귀포시)

| 조사 차수 | 지배형태 (지역) | 채집 과실수 (개) | 벗초파리 가해 과실률(%) | 과실당 벗초파리 발생수(마리/개) | 벗초파리당 기생벌 기생율(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 사전 | 노지(서귀포시) | 118 | 28.0 | 1.36 | - |
| | 하우스(제주시) | 151 | 21.9 | 1.54 | - |
| | 계 | 269 | 24.5 | 1.45 | - |
| 1차 | 노지(서귀포시) | 88 | 25.0 | 1.76 | 1.00 |
| | 하우스(제주시) | 150 | 43.3 | 2.74 | 1.69 |
| | 계 | 238 | 37.8 | 2.47 | 1.80 |
| 2차 | 노지(서귀포시) | 103 | 11.7 | 1.08 | 0.0 |
| | 하우스(제주시) | 134 | 13.4 | 2.39 | 0.0 |
| | 계 | 237 | 12.7 | 1.87 | 0.0 |

**나) 2차 시험 (2020년, 서귀포시)**

1차 시험 시 벗초파리기생벌에 의한 벗초파리의 밀도억제효과가 나타나지 않아 서귀포시(노지) 소재의 블루베리 포장에서 재시험을 수행하였다. 1차 시험과 달리 1달 정도 방사일정을 앞당겨 벗초파리의 발생초기에 벗초파리기생벌을 방사하여 밀도억제효과 검증을 수행하였다. 6월 11일 사전피해율 조사 및 벗초파리기생벌을 1차 방사하였다. 6월 19일 벗초파리기생벌 2차 방사 및 방사효과 1차 조사를 수행하였으며 7월 2일 방사효과 2차 조사를 수행하였다.

벗초파리기생벌 방사에 의한 벗초파리의 밀도억제효과를 조사한 결과는 **Table 3-21**과 같다. 벗초파리기생벌 방사 후 벗초파리 가해 과실률과 과실 당 벗초파리 발생수가 1차 조사에서 증가하는 경향을 나타냈다. 벗초파리기생벌의 기생율 또한 0%로 기생여부를 확인 할 수 없었다. 2차 조사에서 벗초파리 가해과실률과 발생 마리수가 감소한 요인은 포장 블루베리의 수확으로 인하여 조사에 충분한 샘플을 확보 하지 못한 것으로 사료된다.

**Table 3-21.** 벗초파리기생벌 방사 후 블루베리 벗초파리 가해과실률, 발생밀도, 기생벌 기생율 (2020년, 서귀포시)

| 조사 차수 | 지배형태 (지역) | 채집 과실수 (개) | 벗초파리 가해 과실률(%) | 과실당 벗초파리 발생수(마리/개) | 벗초파리당 기생벌 기생율(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 사전 | 노지(서귀포시) | 215 | 5.1 | 0.03 | - |
| 1차 | 노지(서귀포시) | 255 | 15.3 | 0.09 | 0.0 |
| 2차 | 노지(서귀포시) | 120 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

### 다) 3차 시험 (2020년, 본원 온실)

1차 및 2차 시험에서 벗초파리기생벌의 방사에 의한 벗초파리의 밀도억제 효과를 충분히 확인하지 못하였다. 포장시험에서 억제효과를 확인하지 못한 이유는 시험 기간 중의 블루베리가 수확이 동시에 이루어지면서 과실 샘플채취에 어려움이 있었으며 현지포장의 경우 무처리구 설정이 어려워 무처리 대비 천적처리구의 밀도억제효과를 판단하기 어려움이 있었다. 또한 1차 시험에서 살충제가 처리되어 정확한 벗초파리기생벌의 밀도억제효과를 판단하기 어려움이 있었다. 이를 보완하고자 경기도농업기술원 본원 온실에서 추가시험을 진행하였으며 무처리구와 천적처리구를 설정하고 벗초파리를 접종하였다. 7월 28일 벗초파리의 피해를 확인 후 낙과를 수거하여 사전 피해율 조사 후 벗초파리기생벌을 방사하였다. 7일 간격으로 낙과를 수거하여 벗초파리 피해과율, 과실 당 벗초파리 발생 수, 벗초파리기생벌의 기생율을 조사하였으며 낙과 수거후 천적을 방사하였다.

벗초파리기생벌 방사 후 벗초파리 가해 과실률의 변화는 **Fig. 3-21**과 같다. 사전조사 피해율은 무처리는 25%, 천적처리는 47.2%로 천적처리가 다소 높게 나타났으나 천적 처리 후 무처리는 가해과실률이 크게 증가하였고 천적처리도 가해 과실률이 다소증가 하였으나 무처리 대비 피해과실률의 증가율이 다소 억제되는 결과를 보였다. 8월 19일 조사에는 무처리의 샘플과실 수가 크게 감소하여 천적처리에서 가해과실률이 높게 나타났으나 이후 무처리 및 천적처리의 가해 과실률은 0%로 나타났다.

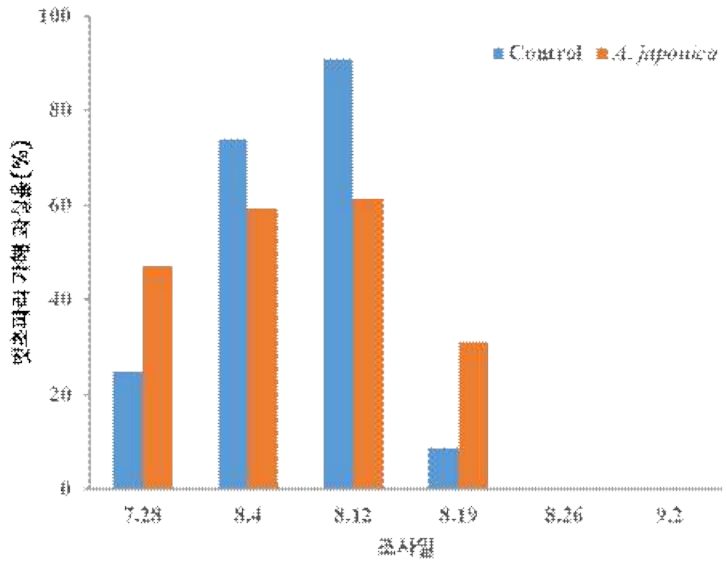



**Fig. 3-21.** 벗초파리의 블루베리 가해 과실률

벗초파리기생벌 방사 후 과실당 벗초파리 발생 수 변화는 **Fig. 3-22**와 같다. 사전조사 시 과실 당 벗초파리 발생마리 수는 무처리는 0.58마리, 천적처리는 1.19마리로 천적처리가 다소 높

게 나타났으나 천적 처리 후 무처리는 과실 당 벗초파리 발생 수는 크게 증가하였고 천적처리는 사전조사 시 발생마리수를 유지하는 결과를 나타 내었다. 8월 19일 조사에는 무처리의 샘플 과실 수가 크게 감소하여 천적처리에서 과실 당 발생 수가 높게 나타났으나 이후 무처리 및 천적처리의 과실 당 벗초파리 발생 마리 수는 0마리로 나타났다. 이상 피해과율과 과실 당 벗초파리 발생 수의 결과를 토대로 보았을 때 벗초파리기생벌의 방사는 무처리 대비하여 벗초파리에 의한 피해를 억제하는 결과를 보였다.

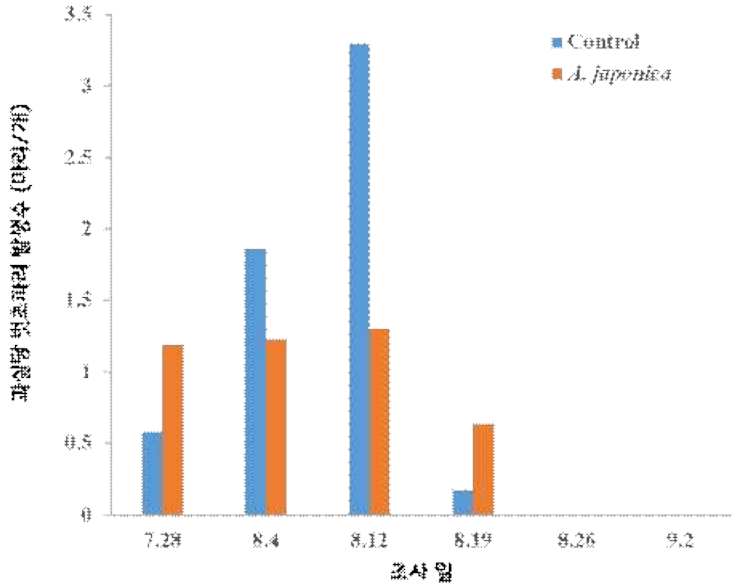



**Fig. 3-22.** 과실 당 벗초파리의 발생 수

벗초파리기생벌의 기생과율과 기생율을 조사한 결과는 **Fig. 3-23, Fig. 3-24**와 같다. 기생과율은 약 20%로 나타났으며 8월 19일 조사에서 샘플과실 개수의 감소로 약 7%로 나타났다. 기생율은 약 18%로 나타났다. 벗초파리기생벌의 기생과율과 기생율이 다소 낮은 수치를 보였으나 이는 벗초파리기생벌의 유충에 대한 살충효과에 의한 것으로 보인다. 벗초파리기생벌이 블루베리 과실 내 벗초파리를 억제할 수 있는 효과에 대하여 추가적으로 검증을 수행하였다. 30 x 30 x 30 cm 아크릴케이지에 벗초파리알이 산란된 블루베리(처리 당 300개)와 벗초파리기생벌을 접종하였으며 5일 후 블루베리를 수하였다. 수거한 블루베리에서 발생하는 번데기와 번데기에서 발생하는 벗초파리의 마리수를 조사하여 과실 내 벗초파리의 억제효과를 검정하였다.

벗초파리기생벌의 블루베리 내 벗초파리의 번데기 생성억제율은 무처리 대비하여 71.1%로 높은 억제 수치를 나타냈으며 과실내부에 있는 벗초파리 유충을 효과적으로 억제한 것으로 사료된다(**Table 3-22**). 이상의 결과를 통해 벗초파리기생벌은 유충의 기생효과 뿐만 아니라 살충효과를 가지며 과실 내부에 있는 벗초파리 유충을 효과적으로 방제할 수 있을 것 판단된다. 추후 벗초파리기생벌을 벗초파리 방제에 효과적으로 사용하기 위해서는 방사시기, 방사간격, 방사마리수 등에 대한 정밀한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료 된다.

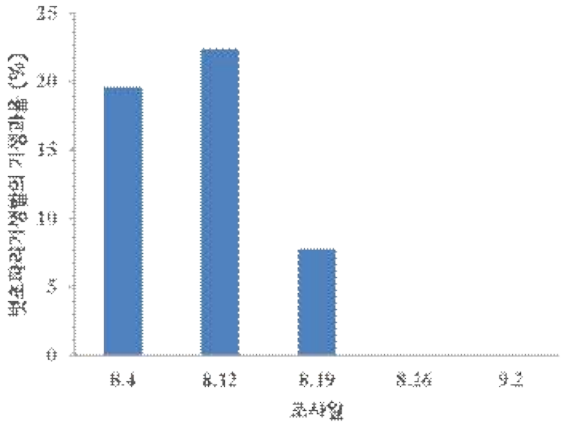


**Fig. 3-23.** 벗초파리기생벌의 기생과율
(기생벌발생과/전체과)

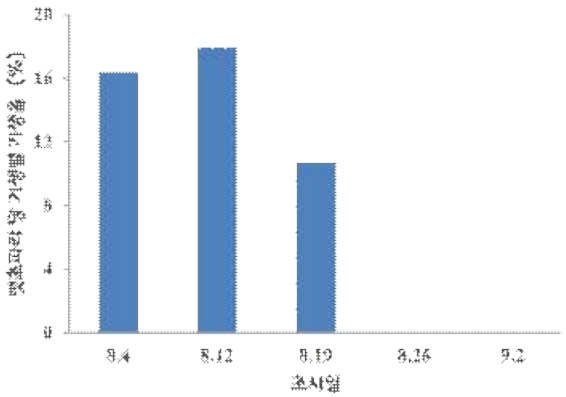


**Fig. 3-24.** 벗초파리기생벌의 기생율
(벗초파리기생벌/벗초파라기생벌+벗초파리 성충)

**Table 3-22.** 벗초파리기생벌의 블루베리 과실 내 벗초파리 억제효과

| 처리 | 번데기 생성율 (%) | 성충 발생율 (%) | 번데기 억제효율 (%) | 성충 억제효율 (%) |
|---|---|---|---|---|
| *A. japonica* | 9.06 ± 10.6 | 0.85 ± 1.78 | 71.1 | 96.3 |
| 무처리 | 31.3 ± 16.8 | 22.9 ± 14.3 | - | - |

## 나. 포식성 천적의 현장적용 연구

### 1) 긴날개쐐기노린재의 토마토 총채벌레류 방제효과

긴날개쐐기노린재의 토마토에 발생하는 총채벌레류에 대한 효과를 시설토마토 온실에서 수행하였다. 긴날개쐐기노린재의 성충 방사에 따른 방제효과 분석을 위해 황색끈끈이트랩을 설치하고 일주일 간격으로 교체하며 조사하였으며 동시에 토마토의 꽃에 발생한 총채벌레의 밀도를 조사하였다. 긴날개쐐기노린재 처리 후 총채벌레의 트랩 당 밀도는 무처리 대비 높게 나타났으며 토마토 주당 꽃 내부의 총채벌레의 밀도 또한 천적 처리구에서 높게 나타났다(**Fig. 3-25, Fig. 3-26**). 긴날개쐐기노린재의 방사에 따른 처리간 수량성을 비교한 결과 구당 정상과의 개수는 무처리에서  111.3개, 천적처리에서 116.3개로 천적처리구에서 많았다. 구당 수확량(g)은 무처리에서 20,201g, 천적처리에서 21,219g으로 천적처리에서 약 1000g 높은 것으로 조사되었다(**Table 3-23**).. 이상의 결과에서 긴날개쐐기노린재의 총채벌레의 밀도 제어효과는 무처리 대비하여 큰 차이를 보이지 못하였으나 처리구간 토마토 수량성 차이에서는 처리구가 다소 높았는데 본 연구에서는 신규 탐색한 긴날개쐐기노린재의 포장적용을 첫 시도한 점을 감안할 때 총채벌레류 방제에 방사량, 방사주기 등에 대한 추가적인 연구가 필요해 보인다.

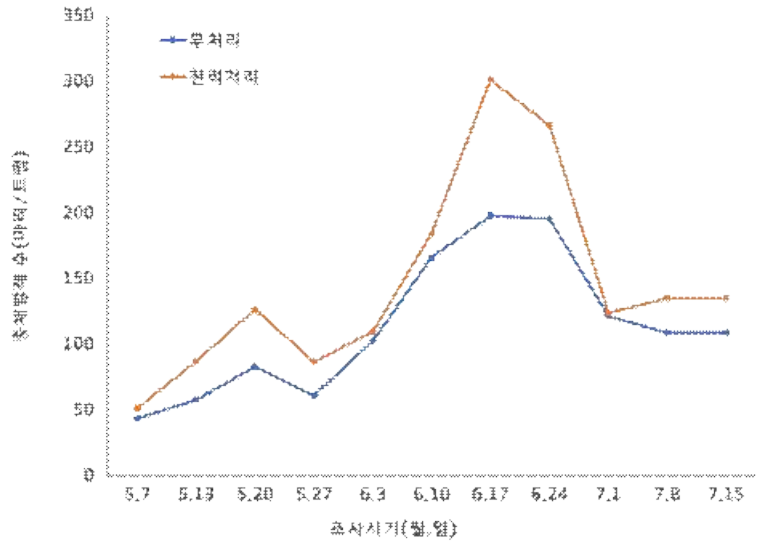



**Fig. 3-25.** 토마토 하우스에서 긴날개쐐기노린재 성충 방사에 의한 트랩 당 총채벌레 밀도 비교

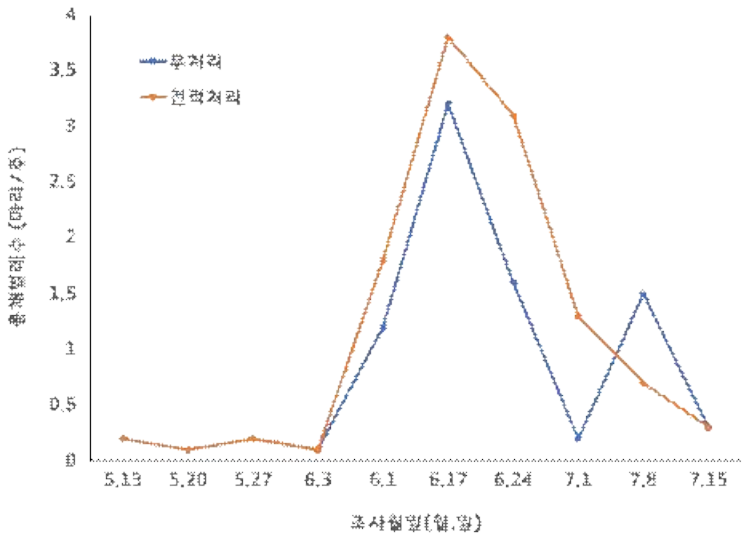



**Fig. 3-26.** 토마토 하우스에서 긴날개쐐기노린재 성충 방사에 의한 주 당 꽃 내부의 총채벌레 밀도 비교

**Table 3-23.** 긴날개쐐기노린제 성충 방사에 따른 처리별 토마토 수량비교

| 처리 내용 | 정상과 수 | | 수량 | |
|---|---|---|---|---|
| | (개/주) | (개/구) | (g/주) | (g/구) |
| 무처리 | 5.8 | 111.3 | 1,040 | 20,201 |
| 천적처리 | 6.0 | 116.3 | 1,164 | 21,219 |

※ 구당면적: 12.6㎡, 구당 주수: 20주

### 2) 긴날개쐐기노린재의 오이 목화진딧물 방제효과 (포트)

긴날개쐐기노린재의 미소해충에 대한 현장적용을 위하여 오이에 발생하는 목화진딧물을 대상으로 밀도억제 효과 검정을 수행하였다. 60 x 60 x 60 cm 크기의 곤충사육용 텐트에 목화진딧물 50마리를 접종한 오이유묘 포트를 두고 긴날개쐐기노린재 성충을 4, 8, 12, 16마리를 접종한 후 처리 후 3, 5, 7일자의 목화진딧물의 마리수를 계수하여 밀도억제효과를 확인하였다. 그 결과 긴날개쐐기노린재 성충 8마리 이상 처리구에서 7일 차 까지 방제가 90%이상을 보였으며 7일 차에 초기 접종한 목화진딧물의 밀도보다 낮은 생충수를 나타내어 밀도억제효과가 있는 것으로 나타났다. 반면 4마리 처리 시 7일차까지 방제가는 80이상, 90% 이하를 보였으나 3~7일차 모두 초기 접종한 목화진딧물의 마리수보다 높은 생충수를 나타내어 밀도억제효과는 다소 감소하는 것으로 나타났다(**Table 3-24, Table 3-25, Table 3-26**).

**Table 3-24.** 긴날개쐐기노린재의 오이 목화진딧물에 대한 밀도억제효과 (3일차)

| 긴날개쐐기노린재 처리구 (성충) | 처리 전 진딧물 밀도 (마리) | 생 충 수 (마리) | | | 생충율 평균 (%) | 방제가 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ반복 | Ⅱ반복 | Ⅲ반복 | | |
| 4마리 | 50 | 51 | 139 | 93 | 94.3 | 80.6 |
| 8마리 | 50 | 15 | 36 | 29 | 26.7 | 94.5 |
| 12마리 | 50 | 60 | 38 | 32 | 43.3 | 91.1 |
| 16마리 | 50 | 9 | 2 | 10 | 7.0 | 98.6 |
| 무처리 | 50 | 573 | 399 | 488 | 486.7 | - |

**Table 3-25.** 긴날개쐐기노린재의 오이 목화진딧물에 대한 밀도억제효과 (5일차)

| 긴날개쐐기노린재 처리구 (성충) | 처리 전 진딧물 밀도 (마리) | 생 충 수 (마리) | | | 생충율 평균 (%) | 방제가 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ반복 | Ⅱ반복 | Ⅲ반복 | | |
| 4마리 | 50 | 53 | 194 | 103 | 116.7 | 88.5 |
| 8마리 | 50 | 9 | 18 | 16 | 14.3 | 98.6 |
| 12마리 | 50 | 33 | 21 | 31 | 28.3 | 97.2 |
| 16마리 | 50 | 4 | 2 | 5 | 7.3 | 99.6 |
| 무처리 | 50 | 1477 | 677 | 893 | 1015.7 | - |

**Table 3-26.** 긴날개쐐기노린재의 오이 목화진딧물에 대한 밀도억제효과 (7일차)

| 긴날개쐐기노린재 처리구 (성충) | 처리 전 진딧물 밀도 (마리) | 생 충 수 (마리) | | | 생충율 평균 (%) | 방제가 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ반복 | Ⅱ반복 | Ⅲ반복 | | |
| 4마리 | 50 | 133 | 382 | 232 | 249.0 | 86.7 |
| 8마리 | 50 | 16 | 17 | 10 | 14.3 | 99.2 |
| 12마리 | 50 | 12 | 4 | 6 | 7.3 | 99.6 |
| 16마리 | 50 | 0 | 0 | 1 | 0.3 | 100.0 |
| 무처리 | 50 | 2254 | 1487 | 1567 | 1870.5 | - |

### 3) 긴날개쐐기노린재의 고추 복숭아혹진딧물 방제효과 (포트)

긴날개쐐기노린재의 미소해충에 대한 현장적용을 위하여 고추에 발생하는 복숭아혹진딧물을 대상으로 밀도억제 효과검정을 수행하였다. 60 x 60 x 60 cm 크기의 곤충사육용 텐트에 복숭아혹진딧물 50마리를 접종한 고추유묘 포트를 두고 긴날개쐐기노린재 성충을 4, 8, 12, 16마리를 접종한 후 처리 후 3, 5, 7일자의 복숭아혹진딧물의 마리수를 계수하여 밀도억제효과를 확인 하였다. 그 결과 긴날개쐐기노린재 성충 8마리 이상 처리구에서 7일 차 까지 방제가 90%이상을 보였다. 반면 4마리 처리 시 7일차까지 방제가는 80이상, 90% 이하를 보였으며 다른 처리구에 비하여 다소 감소하는 것으로 나타났으며 모든 처리구에서 초기접종 한 복숭아혹진딧물의 접종 마리수 보다 낮은 생충수를 나타내어 밀도억제효과를 보이는 것을 확인하였다. (**Table 3-27, Table 3-28, Table 3-29**).

**Table 3-27.** 긴날개쐐기노린재의 고추 복숭아혹진딧물에 대한 밀도억제효과 (3일차)

| 긴날개쐐기노린재 처리구 (성충) | 처리 전 진딧물 밀도 (마리) | 생 충 수 (마리) | | | 생충율 평균 (%) | 방제가 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ반복 | Ⅱ반복 | Ⅲ반복 | | |
| 4마리 | 50 | 8 | 42 | 16 | 22.0 | 80.8 |
| 8마리 | 50 | 12 | 2 | 16 | 10.0 | 91.3 |
| 12마리 | 50 | 3 | 5 | 2 | 6.7 | 97.1 |
| 16마리 | 50 | 2 | 1 | 3 | 2.0 | 98.3 |
| 무처리 | 50 | 115 | 114 | 123 | 114.5 | - |

**Table 3-28.** 긴날개쐐기노린재의 고추 복숭아혹진딧물에 대한 밀도억제효과 (5일차)

| 긴날개쐐기노린재 처리구 (성충) | 처리 전 진딧물 밀도 (마리) | 생 충 수 (마리) | | | 생충율 평균 (%) | 방제가 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ반복 | Ⅱ반복 | Ⅲ반복 | | |
| 4마리 | 50 | 7 | 40 | 37 | 28.0 | 82.1 |
| 8마리 | 50 | 14 | 0 | 10 | 8.0 | 94.9 |
| 12마리 | 50 | 3 | 4 | 1 | 2.7 | 98.3 |
| 16마리 | 50 | 1 | 0 | 2 | 1.0 | 99.4 |
| 무처리 | 50 | 141 | 150 | 177 | 15.6 | - |

**Table 3-29.** 긴날개쐐기노린재의 고추 복숭아혹진딧물에 대한 밀도억제효과 (7일차)

| 긴날개쐐기노린재 처리구 (성충) | 처리 전 진딧물 밀도 (마리) | 생 충 수 (마리) | | | 생충율 평균 (%) | 방제가 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ⅰ반복 | Ⅱ반복 | Ⅲ반복 | | |
| 4마리 | 50 | 5 | 42 | 39 | 28.7 | 88.2 |
| 8마리 | 50 | 12 | 1 | 7 | 6.7 | 97.3 |
| 12마리 | 50 | 2 | 2 | 0 | 1.3 | 99.5 |
| 16마리 | 50 | 1 | 0 | 1 | 0.7 | 99.7 |
| 무처리 | 50 | 278 | 216 | 234 | 242.7 | - |

#### 4) 긴날개쐐기노린재의 오이 목화진딧물 방제효과 (온실)

긴날개쐐기노린재의 오이 목화진딧물에 대한 현장적용을 위하여 온실환경 조건에서 효과검증을 수행하였다. 각 처리구에 목화진딧물 200마리를 접종한 후 천적처리구에 긴날개쐐기노린재 성충 40마리를 처리 하였다. 처리 후 3, 5, 7, 10, 14, 18, 21일차에 목화진딧물의 마리수를 계수하여 밀도억제 효과를 검정하였다. 긴날개쐐기노린재 성충 처리 후 오이 목화진딧물의 밀도억제효과는 **Fig. 3-27**과 같다. 모든 조사일차에서 천적 처리구는 무처리 대비 낮은 목화진딧물 밀도 보였으며 밀도억제 효과가 있음을 확인하였다. 반면 접종한 마리 수 대비하여 밀도변화량은 천적 처리구에서 3일차에 77마리, 5일차에는 185 마리로 초기접종한 밀도 이하로 감소하였으나 7일차 이후 초기 접종한 마리 수 이상으로 목화진딧물의 밀도가 증가하였다. 무처리에서는 3일차 이후로 밀도가 꾸준히 증가하였으며 10일차부터 밀도증가량이 크게 나타났다. 천적의 처리 시 무처리 대비 밀도증가 수준이 낮게 나타남을 확인하였으며 이는 천적의 처리가 목화진딧물의 밀도증가를 상당부분 억제하는 것으로 사료된다. 그러나 처리 구 내 절대 마리수는 7일차부터 200마리 이상으로 증가하는 결과를 보였는데 이는 천적의 추가방사, 천적의 최적처리 시점(해충발생 밀도 수준) 등의 추가연구를 통해 보완이 필요할 것으로 보인다.

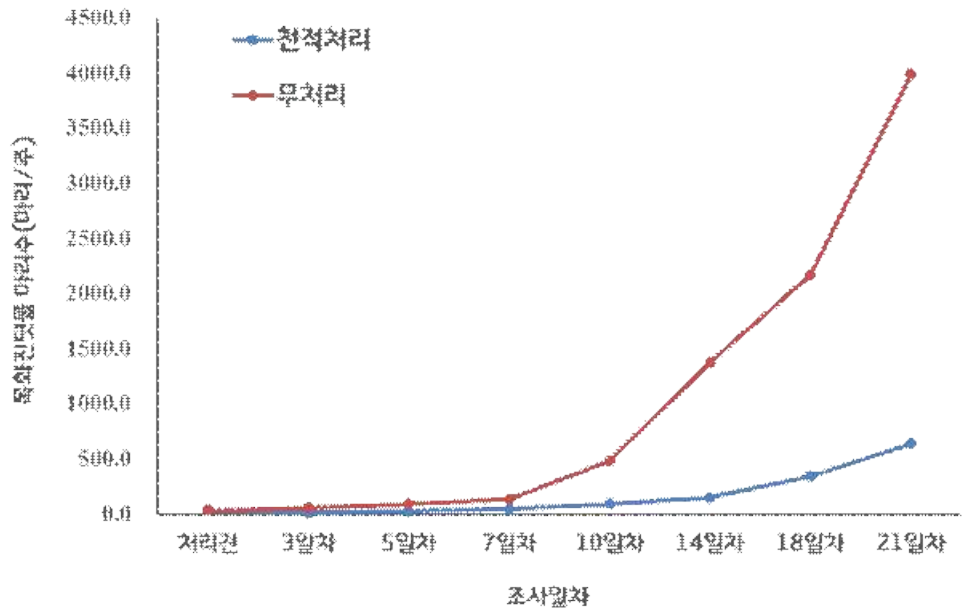



**Fig. 3-27.** 오이 목화진딧물에서 긴날개쐐기노린재 성충 방사에 의한 밀도변화

# 제4장. 천적곤충의 방제효과 검증(임언택, 안동대학교)

## 제1절. 신규 천적곤충의 방제효과 검증

### 1. 연구목표

#### 가. 기주 범위와 적용 방법에 대한 문헌 조사

#### 나. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 확인(실내 포트 실험)

### 2. 연구내용

#### 가. 기주 범위와 적용 방법에 대한 문헌 조사

1) SCOPUS 데이터베이스를 이용해서 천적 기생벌 학명인 *Asobara japonica*를 검색어로 탐색하였고, 기주 범위를 포함하는 논문의 내용을 요약하였다.

#### 나. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 확인(실내 포트 실험)

1) 벗초파리에 감염된 블루베리에서의 천적 기생벌의 방사 효과 : 포트에 재식된 블루베리에 벗초파리(*Drosophila suzukii*) 수컷 5마리와 암컷 7마리를 방사하였다. 각 블루베리 포트는 플라스틱 파이프로 골격을 만든 후 나일론 천으로 덮어 곤충의 탈출을 방지하였다(**Fig. 4-1**). 벗초파리 방사 후 8일 후에 기생벌(*A. japonica*) 8 마리를 방사하고 4일 후에 블루베리를 수거하여 보관하면서 기생벌의 우화여부를 기록하였다.

2) (추가실험) 벗초파리의 블루베리 가해 행동 조사 : 위 실험 결과 기생벌에 의한 기생이 일어나지 않아 실험실내에서 기생 행동 관찰 실험을 추가로 진행하였다. 벗초파리 성충 암컷 1마리를 원통형아크릴케이지 내로 방사한 후 정상 블루베리와 과피의 일부를 제거한 블루베리에 붙어 있는 횟수를 30분 간격으로 4시간 동안 조사하였다(**Fig. 4-2**). 또한 체리토마토에 대해서도 같은 시험을 수행하였다.

3) (추가실험) 벗초파리의 블루베리 가해 가능성 검증 : 벗초파리 성충을 블루베리 과실에 24

시간 동안 노출시킨 후 블루베리에서 발생된 번데기와 우화하는 성충의 수를 기록하였다.

4) (추가실험) 인공배지와 블루베리에서 키운 벗초파리를 블루베리에 방사하였을 경우의 생식력 비교 : 블루베리와 인공배지에서 각각 사육된 벗초파리 15마리(수컷 5, 암컷 10)를 10개의 블루베리에 24시간 동안 접촉시킨 5일 후 발육하고 있는 유충의 수 기록하였다. 또한, 초파리 17마리(수컷 8, 암컷 9)를 포트에 재식된 블루베리에 방사하여 그 결과를 비교하였다.

5) (추가실험) 기생벌이 선호하는 벗초파리의 생육단계 조사 : 기생벌 2마리를 벗초파리 3령 유충과 번데기가 놓인 한천배지 페트리디시에 방사한 후 1시간 동안 기생행동 여부를 관찰하고, 24시간 동안 항온기에 두었다. 이 후  벗초파리 성충과 기생벌 성충의 우화를 기록하였다. 이 때 선택실험과 비선택실험 두 가지로 진행하고 비교하였다.

### 3. 연구결과

#### 가. 기주 범위와 적용 방법에 대한 문헌 조사(Table 4-1)

○ 문헌에 따르면 *Asobara japonica*는 상대적으로 낮은 기주특이성을 보이는 것으로 알려져 있다.

○ *A. japonica*는 짧은 유충기간을 보이는 기주에 기생할 경우에는 발육이 더욱 빨라지는 경향을 보인다.

○ 국내에서의 기생벌에 의한 벗초파리의 기생률은 0-17.1%였고, 그 중 *A. japonica*가 가장 우점인 기생벌이었다.

○ *A. japonica*는 벗초파리에 산란 후 독을 주입하는데, 측수란관(LO)에서 분비되는 물질을 해독제로 사용하는 것으로 알려졌다.

#### 나. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 확인(실내 포트 실험)

1) 벗초파리에 감염된 블루베리에서의 천적 기생벌의 방사 효과

○ 벗초파리에 의한 감염된 블루베리를 찾을 수 없었으며, 또한 기생벌의 우화도 기록되지 않았다(**Table 4-2**).

○ 이러한 결과의 원인을 규명하기 위해 벗초파리의 블루베리 가해 실험과 천적의 벗초파리에 대한 기생 실험을 추가로 수행하였다.

○ 2018년 기록적인 고온증상으로 인한 벗초파리의 생식력 저하와 배지에서 사육한 벗초파리의 실제 기주식물에서 생식력 저하가 원인으로 판단되었다.

○ 또한 문헌 조사 결과에서 제시하였듯이 *A. japonica*가 국내에서는 벗초파리의 기생벌 중

우점종이지만 실제 야외 기생률은 낮은 점을 고려해야 한다.

2) (추가실험) 벗초파리의 블루베리 가해 행동 조사

○ 벗초파리가 과피를 일부 제거한 블루베리에 붙어 있는 횟수가 정상 블루베리보다 더 많았다(**Fig. 4-3**).

○ 또한 체리토마토를 이용한 시험에서도 과피를 일부 제거한 토마토에서 더 많이 발견되었다(**Fig. 4-4**).

○ 다만, 사전 실험의 체리토마토에서는 벗초파리가 산란을 하지 않는 것을 발견하고 후속 실험에서는 블루베리만 사용하였다.

3) (추가실험) 벗초파리의 블루베리 가해 가능성 검증

○ 블루베리 정상과에서는 과일 당 평균 1.7-1.8 마리의 번데기가 나왔으며, 껍질을 부분적으로 벗긴 과일에서는 과일당 0.8-1.42 마리의 적은 번데기가 나왔다. 성충의 우화율은 83.0-90.9%로 과일의 상태에 따른 차이는 없었다(**Table 4-3**).

4) (추가실험) 인공배지와 블루베리에서 키운 벗초파리의 블루베리에서의 생식력 비교

○ 블루베리에서 사육된 벗초파리에 비해 인공배지에서 사육된 초파리에서 더 적은 수의 벗초파리 유충이 발견되었다(**Table 4-4**).

○ 포트에 재식된 블루베리에서도 같은 결과를 확인하였다(**Table 4-5**).

5) (추가실험) 기생벌이 선호하는 벗초파리의 생육단계 조사

○ 선택실험과 비선택실험 모두에서 기생벌 *A. japonica*은 벗초파리의 번데기보다는 유충에서 기생하는 행동을 보여주었다(**Table 4-6**).

○ 또한 기생벌에 노출된 유충과 번데기 모두가 기생벌에 노출되지 않는 경우에 비해 벗초파리 성충의 우화율이 감소하는 것으로 보아 유충과 번데기가 기생벌의 공격으로 치사된 것을 알 수 있었다.. 단, 통계적 유의성은 비선택실험에서만 발견되었다(선택실험 $\chi^2$ = 7.075, df = 3, P = 0.070; 비선택실험 $\chi^2$ = 11.152, df = 3, P = 0.011).

○ 특히 기생벌에 노출된 유충의 경우 번데기가 된 후 치사되었으면 벗초파리의 흔적이 없는 것이 특징이었다(**Fig. 4-5, Fig. 4-6**).

**Table 4-1.** Summarization of articles published on *Asobara japonica* a parsitoid of on *Drosophila suzukii*.

| Year | Authors | Title | Summary | Source |
|---|---|---|---|---|
| 2018 | Girod et al. | The parasitoid complex of *D. suzukii* and other fruit feeding *Drosophila* species in Asia | 벚초파리의 기생벌 8종을 2015-2017년에 중국과 일본에서 수집하였고 그 중 기주범위가 제한된 *Ganaspis cf. brasiliensis*가 가장 유력한 후보라고 함 | Scientific Reports 8(1): 11839 |
| 2018 | Girod et al. | Host specificity of Asian parasitoids for potential classical biological control of *Drosophila suzukii* | 벚초파리의 기생벌 3종(*Asobara japonica*, *Leptopilina japonica*, *Ganaspis cf. brasiliensis*)의 기주범위를 벚초파리외 6종의 유럽에 서식하는 파리류에 대해 조사한 결과 *Asobara japonica*가 가장 낮은 기주특이성을 보여 6종 모두에 대해 기생하는 것으로 밝혀짐 | Journal of Pest Science 91(4): 1241-1250 |
| 2018 | Iacovone et al. | Time-course analysis of *Drosophila suzukii* interaction with endoparasitoid wasps evidences a delayed encapsulation response compared to *D. melanogaster* | *D. suzukii*는 *D. melanogaster*에 비해 기생벌의 산란 후 encapsulation이 늦지만 강한 정도로 일어나기 때문에 기생벌의 발육이 저해되고 기주인 *D. suzukii*는 치사율이 높아지거나 생식력이 감소됨 | PLoS ONE 13(8): e0201573 |
| 2018 | Yamashita et al. | Genome-wide association analysis of host genotype and plastic wing morphological variation of an endoparasitoid wasp *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae) | 기주의 세포 성장과 형태적 특징 형성과 관련된 유전적 변이가 기생벌인 *A. japonica*의 형태적 변이에 영향을 줌 | Genetica 146(3): 313-321 |
| 2018 | Girod et al. | Development of Asian parasitoids in larvae of *Drosophila suzukii* feeding on blueberry and artificial diet | 중국과 일본에서 수집한 3종의 기생벌(*Asobara japonica*, *Leptopilina japonica*, *Ganaspis* sp.)의 벚초파리에서의 발육을 비교하였다. 3종 모두 우화 후 1일 후에 기생을 하였으며, *Asobara japonica*는 배지와 블루베리에 있는 유충을 비슷한 정도로 기생하였으나, *Leptopilina japonica*와 *Ganaspis* sp.는 배지보다는 블루베리 과일에 있는 파리에 더 많이 산란하였음 | Journal of Applied Entomology 142(5): 483-494 |
| 2018 | Matsuura et al. | A preliminary study on distributions and oviposition sites of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and its parasitoids on wild cherry tree in Tokyo, central Japan | *D. suzukii*는 땅에 떨어진 체리과실에 산란을 잘 하지 않으며, 기생벌 또한 떨어진 과실에서는 적게 발견되었다. 도쿄지역에서는 *Ganaspis brasiliensis*이 우점하는 기생벌이었음 | Applied Entomology and Zoology 53(1): 47-53 |
| 2017 | Kohyama et al. | Growth rate adjustment of two *Drosophila* parasitoids in response to the developmental stage of hosts | *Asobara japonica*는 *Drosophila rufa*보다 짧은 유충기간을 보이는 *Drosophila simulans*에 기생한 후에 발육이 더 빨라진다. 따라서 기생벌은 기주의 발육단계를 인식할 수 있음 | Ecological Entomology 42(6): 785-792 |
| 2017 | Biondi | Innate olfactory responses of | *Asobara japonica*는 배지 혹은 과실에 있는 | Journal of |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | et al. | *Asobara japonica* toward fruits infested by the invasive spotted wing Drosophila | 벗초파리 유충에서 발육한 사실과 상관없이 모두 벗초파리에 감염된 과실의 휘발성 물질에 대해 반응을 보임 | Insect Behavior 30(5): 495-506 |
| 2016 | Furihata et al. | Characterization of venom and oviduct components of parasitoid wasp *Asobara japonica* | *Asobara japonica*는 벗초파리에 산란 후 독을 주입하는데 *Drosophila*속 파리와 달리 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)과 같은 기주는 치사율을 높이는 원인이 됨. 따라서 이 기생벌은 측수란관(lateral oviduct)에서 물질을 주입하여 독을 중화시키는데 이것은 여러 기주를 이용하려는 전략임 | PLoS ONE 11(7): e0160210 |
| 2016 | Daane et al. | First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents | 2013-2014년에 유충 기생벌 5종[*Asobara japonica*, *A. leveri*, *A. brevicauda* (Hym.: Braconidae), *Ganaspis brasiliensis*, *Leptopilina japonica japonica*, *L. j. formosana* (Hym.: Figitidae)]과 번데기 기생벌 2종[*Pachycrepoideus vindemiae* (Hym.: Pteromalidae), *Trichopria drosophilae* (Hym.: Diapriidae)]을 한국에서 채집하였음. 이들에 의한 벗초파리의 기생률은 0-17.1%였고, *A. japonica*가 가장 우점이었음 | Journal of Pest Science 89(3): 823-835 |
| 2016 | Guerrieri et al. | Species diversity in the parasitoid genus *Asobara* (Hymenoptera: Braconidae) from the native area of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) | 벗초파리는 베리와 핵과류의 중요한 해충임. 이의 천적을 한국과 중국에서 채집하였으며, *Asobara* Foerster속이 우점이었고 7종을 분리 동정하였음 | PLoS ONE 11(2): e0147382 |
| 2015 | Ma et al. | Diploid males support a two-step mechanism of endosymbiont-induced thelytoky in a parasitoid wasp experimental evolution | *Asobara japonica*는 thelytoky를 유발하는 Wolbachia에 감염되어 있고 수컷의 비율은 0.7-1.2%에 지나지 않음. 이들 수컷 중 7-39%는 이배체인데, 이것은 유전자돌연변이가 아닌 공생균인 Wolbachia가 암컷을 결정하는 시스템을 활성화하지 못해 일어난 현상으로 보임. 이배체 수컷보다는 이배체 암컷에서 공생균의 밀도가 높다는 것이 간접적인 증거임 | BMC Evolutionary Biology 15(1): 84 |
| 2015 | Kohyama and Kimura | Toxicity of venom of *Asobara* and *Leptopilina* species to *Drosophila* species | *Asobara japonica*외의 다른 3종의 *Asobara* 기생벌과 4종의 *Leptopilina*이 분비하는 독을 3종의 *Drosophila*속 파리에 독성을 검증한 결과 *Asobara*기생벌의 독은 *Drosophila*속 파리에 독성이 없었음 | Physiological Entomology 40(4): 304-308 |
| 2015 | Nomano et al. | Capacity of Japanese *Asobara* species (Hymenoptera: Braconidae) to parasitize a fruit pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) | 벗초파리의 천적으로 일본에서 *Asobara japonica*을 포함한 *Asobara*속 7종이 채집되었음. 이들 중 미동정된 *Asobara* sp. TK1이 벗초파리만을 공격하여 생물적 방제 인자로 유용할 것임 | Journal of Applied Entomology 139(2): 105-113 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2013 | Poyet et al. | Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load | 벗초파리는 다른 초파리인 *D. melanogaster*에 비해 혈구세포가 더 많으며, 이 것이 기생벌인 *Leptopilina heterotoma*의 알의 encapsulation을 증가시켜 유충의 발육을 억제함. 다만, *Asobara japonica*는 혈구세포를 강하게 억제할 수 있는 것으로 알려짐 | Physiological Entomology 38(1): 45-53 |
| 2012 | Prevost et al. | When parasitoids lack polydnaviruses, can venoms subdue the hosts? The case study of *Asobara* species [In N. E. Beckage & J.-M. Drezen (eds.), Parasitoid Viruses: Symbionts and Pathogens] | *Asobara japonica*는 벗초파리에 산란 후 독을 주입하는데, 측수란관(lateral oviduct)에서 물질을 해독제로 사용함 | Academic Press, pp. 255-266 |
| 2012 | Reumer et al. | Occasional males in parthenogenetic populations of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae): Low Wolbachia titer or incomplete coadaptation | Wolbachia에 감염되어 있는 *Asobara japonica* 개체군에서 가끔 수컷이 생성되는 이유는 공생균과 기주의 관계가 일어난지 얼마 안되어 나타난 블완전한 공진화에서 비롯된 부적응의 결과임 | Heredity 108(3): 341-346 |
| 2012 | Novković et al. | Abundance and host associations of parasitoids attacking frugivorous drosophilids on Iriomote-jima, a subtropical island of Japan | 일본 Iriomote-jima에서 2003-2009년 동안 3종의 초파리(*D. bipectinata*, *D. albomicans*, *D. takahashii*)을 공격하는 기생벌을 조사한 결과 12종의 기생벌이 기록되었으며, 그들 중 *Asobara japonica*가 가장 우점이었음 | European Journal of Entomology 109(4): 517-526 |
| 2008 | Ideo et al. | Host range of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of drosophilid flies | *Asobara japonica*의 기생에 의해 *Drosophila elegans*와 *D. busckii*는 유충단계에서 치사율이 높게 나타나며, *D. subpulchrella*는 번데기 단계에서 사망하는 수가 많아짐. 이와 다르게 *D. bipectinata*, *D. ficusphila*, *D. immigrans*, *D. formosana*, *D. albomicans*는 기생 당해도 성충까지 생존이 가능함 | Entomological Science 11(1): 1-6 |

**Table 4-2.** Infestation and parasitism rate after the release of *D. suzukii* and *A. japonica* on potted blueberries in a experimental greenhouse in Andong National University (n = 5)

| Parameter | No. of fruitfly released/cage (♂, ♀) | Days of parasitoid release | No. of parasitoid released/cage (♀) | Days of fruit collection after the parasitoid released | No. of fruits dissected | Days of fruit dissection after the collection | No. of fruit flies found | No of parasitoids found |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 5, 7 | 8 | 8 | 4 | 73 | 16 | 0 | 0 |
| Control | 5, 7 | - | 0 | 4 | 21 | 16 | 0 | 0 |

**Fig. 4-1.** Potted blueberries tested for the parasitization of *D. suzukii* by *A. japonica.*

**Fig. 4-2.** Choice of *D. suzukii* on blueberry in normal condition (right) versus peeled partially (left).

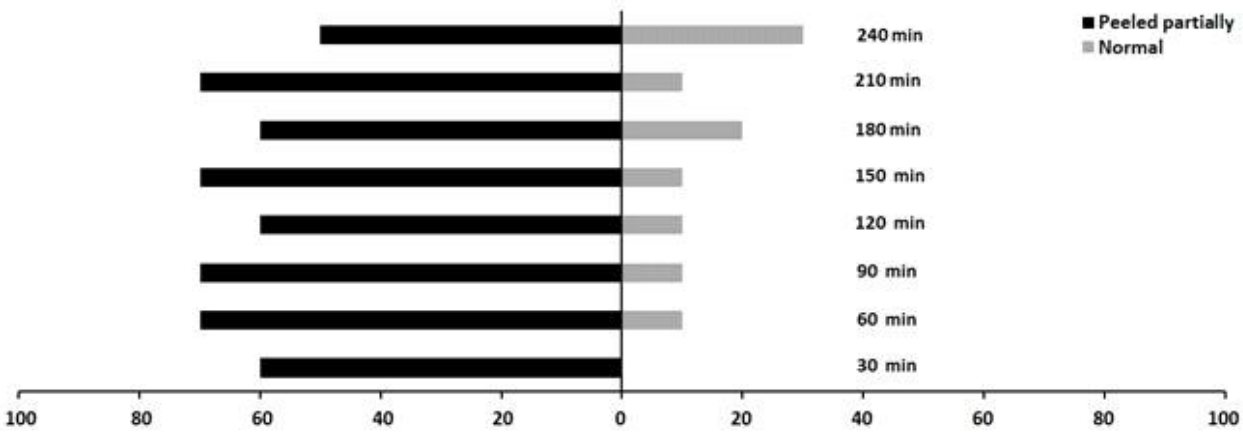



**Fig. 4-3.** Choice of *D. suzukii* on blueberry in normal condition versus peeled partially.

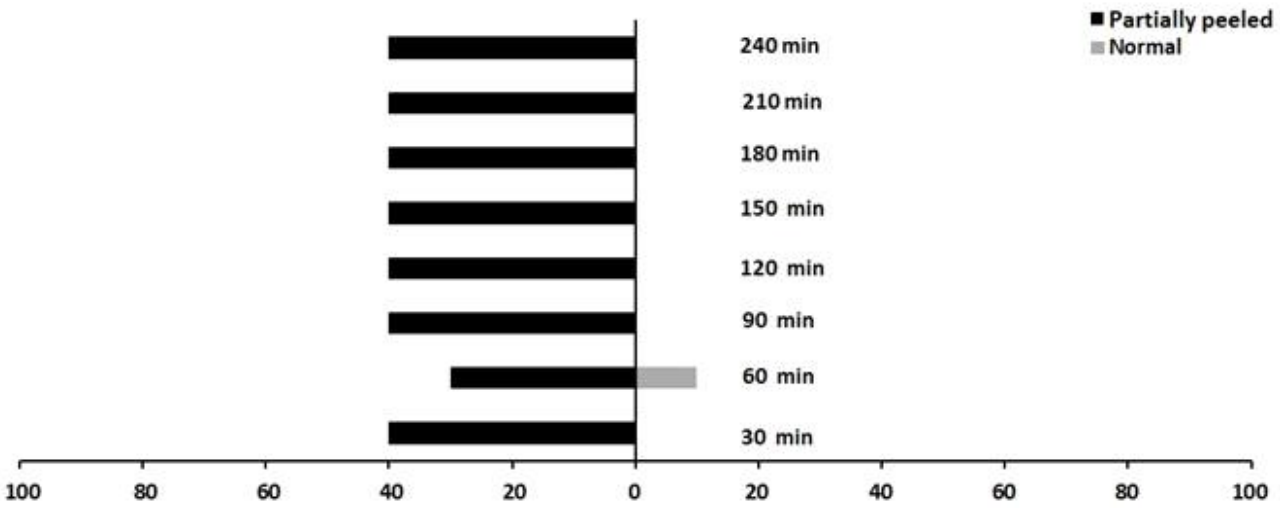



**Fig. 4-4.** Choice of *D. suzukii* on cherry tomato in normal condition versus peeled partially.

**Table 4-3.** Progeny production by *D. suzukii* (< 6 d old) exposed on 10 blueberries in acrylic cage for 24 h, then infested fruits were kept at 25℃ in an incubator

| No. of adult fruit flies exposed | Fruit condition | Percent of fruits developed fungus | Mean no. of alive larvae found in fungus infected fruit | Mean no. of pupa foundin normal fruit/fruit | Rate adult emergence |
|---|---|---|---|---|---|
| about 20 | Normal | 10.0 (5/50)a | 0.40a | 1.95a | 83.0 (73/88)a |
| | Peeled partially | 23.3 (14/60)a | 0.64a | 1.04a | 85.4 (41/48)a |
| about 70 | Normal | 10.0 (3/30)a | 0.33a | 1.14a | 90.3 (28/31)a |
| about 80 | Peeled partially | 20.0 (12/60)a | 0.50a | 1.79a | 87.2 (75/86)a |

**Table 4-4.** Progeny production comparison between *D. suzukii* developed from blue berries and artificial media after 24 h of exposure to 10 blueberries in laboratory (five males and ten females were released)

| Fruit fly reared from | Age of fruit flies released | Pooled mortality of female fruit flies after the exposure | No. of alive larvae found 5 d after the exposure/fruit |
|---|---|---|---|
| Media | < 13 d | 0.38 (23/60) | 0.12 (7/60) |
| Blueberries | < 5 d | 0.25 (15/60) | 0.20 (12/60) |

**Table 4-5.** Progeny production comparison between fruit flies developed from blue berries and artificial media after 8 d of exposure to potted blueberries (caged) in greenhouse (eight males and nine females were released in each pot)

| Fruit fly reared from | Age of fruit fly release | No. of cage of potted blueberries | No. of alive larvae found/fruit |
|---|---|---|---|
| Media | < 5 d | 4 | 0.53 (9/17) |
| Blue berries | < 5 d | 4 | 1.24 (31/25) |

**Table 4-6.** Choice test of *A. japonica* on fruit fly larvae and pupa on agar plate

| Treatment | Host | Parasitization behavior shown within 1 h | No. of larvae become pupa after 24 h | No. of adult fruits flies emerged | No. of parasitoids emerged | No. of type 1 pupae (**Fig. 4-5**) | No. of type 2 pupae (**Fig. 4-6**) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parasitoid | Larvae | 0.26 (4/15) | 0.86 (13/15) | 0.31 (4/13)a | 0 | 0 | 9 |
| | Pupa | 0.00 (0/15) | - | 0.47 (7/15)a | 0 | 8 | 0 |
| Control | Larvae | - | 0.93 (14/15) | 0.71 (10/14)a | - | 4 | 0 |
| | Pupa | - | - | 0.73 (11/15)a | - | 4 | 0 |

**Table 4-7.** No choice test of *A. japonica* on fruit fly larvae and pupa on agar plate

| Treatment | Host | Parasitization behavior shown within 1 h | No. of larvae become pupa after 24 h | No. of adult fruits flies emerged | No. of parasitoids emerged | No. of type 1 pupae (**Fig. 4-5**) | No. of type 2 pupae (**Fig. 4-6**) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parasitoid | Larvae | 0.33 (5/15) | 0.80 (12/15) | 0.08 (1/12)a | 0 | 0 | 11 |
| | Pupa | 0.0 (0/15) | - | 0.46 (7/15)ab | 0 | 8 | 0 |
| Control | Larvae | - | 1.00 (15/15) | 0.64 (9/14)b | - | 6 | 0 |
| | Pupa | - | - | 0.66 (10/15)b | - | 5 | 0 |

**Fig. 4-5.** Dissected dead pupae of *D. suzukii* containing dead body (Type 1).

**Fig. 4-6.** Dissected dead pupae of *D. suzukii* containing no dead body (Type 2).

## 제2절. 신규 천적곤충의 방제력 현장 실증

### 1. 연구목표

1) 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) : 벗초파리(*Drosophila suzukii*)의 기생벌 *Asobara japonica*에 대한 실험

2) 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) : 광포식성 천적 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*)에 대한 실험

### 2. 연구내용

가. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) : 벗초파리(*Drosophila suzukii*)의 기생벌 *Asobara japonica*에 대한 실험

1) 수확된 딸기에 대한 검증 I: 수확된 딸기 4개를 벗초파리의 아크릴 사육 상자 내에 24시간 동안 두어 산란을 받은 4일 후(**Fig. 4-7, 4-8**)에 기생벌 5마리를 방사하여 딸기에서의 벗초파리에 대한 기생률을 기록하였다.

2) 수확된 딸기에 대한 검증 II:  위 수확된 딸기를 이용할 경우 과실의 조직이 와해되어 곤죽이 되는 현상(**Fig. 4-9**)이 있었다. 이를 방지하기 위해 1-2개의 딸기를 벗초파리 사육 상자 내에 24시간 동안 매달아 산란을 받은 후 4-8일 후에 기생벌 2마리를 방사하여 딸기에서의 벗초파리 밀도 억제 효과 기록하였다(**Fig. 4-10, 4-11**).

3) 포트 딸기에서의 검증: 포트에 재식된 딸기에 벗초파리 암컷 4-5마리를 방사한 후 5일 후에 기생벌을 방사하여 딸기에서의 벗초파리 밀도 억제 효과 기록하였다(**Fig. 4-12**).

4) 수확된 블루베리에서의 검증: 기생벌 5마리를 사전에 벗초파리에 감염된 20개의 블루베리가 담긴 페트리디시에 방사한 후 벗초파리 성충과 기생벌 성충의 우화를 기록하였다.

5) 블루베리 하우스 검증: 벗초파리가 대발생한 서귀포시와 제주시 소재의 블루베리 재배지에서 기생벌 방사 후 벗초파리의 밀도 억제 효과를 검증하였다.

나. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) : 광포식성 천적 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*)에 대한 실험

1) 온실가루이알에 대한 포식량 평가: 포트에 재식된 토마토에 산란된 온실가루이 알에 대한 성충과 약충 긴날개쐐기노린재의 방사 효과 조사하였다.

2) 담배가루이 알에 대한 포식량 평가: 포트에 재식된 강낭콩과 가지에 산란된 담배가루이 알에 대한 성충 긴날개쐐기노린재의 방사 효과를 조사하였다.

3) 점박이응애에 대한 포식량 평가: 포트에 재식된 토마토에 방사한 점박이응애에 대한 성충 긴날개쐐기노린재의 방사 효과를 조사하였다.

### 3. 연구결과

가. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) : 벗초파리(*Drosophila suzukii*)의 기생벌 *Asobara japonica*에 대한 실험

1) 우화한 벗초파리 성충 대비 기생벌에 의한 기생률은 25%로 나타났다(**Table 4-8**). 이 실험에서는 기생벌에 의한 유충의 치사율을 조사하지 않았기 때문에 실제 기생벌에 의한 벗초파리 밀도 억제 효과는 더 우수할 것으로 판단됨.

**Fig. 4-7.** Harvested strawberry fruits exposed to *Drosophila suzukii* in a acrylic cage.

**Table 4-8.** Parasitism rate by five individuals of *Asobara japonica* (< 3 days old) which released into four strawberry fruits infested with 300 *Drosophila suzukii* (< 19 days old) for 24 hours (n = 4)

| | Date of exposure to *A. japonica* | Duration of exposure to *A. japonica*(h) | Pooled no. of adult *D. suzukii* emerged | Pooled no. of *A. japonica* emerged | Total parasition rate |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 24-June | 24 | 51 | 17 | 0.25 (17/68) |
| Control | - | - | 103 | - | - |

**Fig. 4-8.** Strawberry fruits kept in a breeding dish after oviposition by *Drosophila suzukii*.

**Fig. 4-9.** Strawberry fruits becoming decayed after keeping in a breeding dish.

2) 기생벌 처리구에서는 벗초파리가 한 마리도 우화하지 않아 100%의 기생률을 기록하였다. 딸기가 건조되어 기생벌을 방사한 처리구와 기생벌을 방사하지 않은 대조구 모두에서 우화한 벗초파리의 수가 적었지만, 기생벌 처리구에서는 벗초파리가 한 마리도 우화하지 않았고 기생벌만 우화하여 100%의 기생률을 보여 주었다(**Table 4-9**).

**Fig. 4-10.** Strawberry fruits hung and exposed to *Drosophila suzukii* in a acry cgae.

**Fig. 4-11.** Strawberry fruits kept in a separate container after exposure to *Drosophila suzukii*.

**Table 4-9.** Parasitism rate by two individuals of *Asobara japonica* which released into 1-2 hung strawberry fruits oviposited by 130 *Drosophila suzukii* (6-21 days old) for 24 hours (n = 5)

| | Total no. of strawberry fruits tested | Pooled no. of *D. suzukii* adults emerged from strawberry fruits | Pooled no. of dead pupae of *D. suzukii* | Pooled no. of dead larvae of *D. suzukii* | Larval mortality (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 0 | 0 | 0 | 100 (14/14) |
| Control | 4 | 21 | 0 | 0 | 0 (0/21) |
| $Z_c$ , $P$ | | | | | 5.916, <0.001 |

3) 무처리구에서는 벗초파리와 기생벌 어느 것도 우화하지 않아 시험 전에 자연적인 발생은 없었던 것을 확인하였다(**Table 4-10, 4-11**). 벗초파리만 처리 한 시험구에 비해 기생벌을 함

께 처리한 시험구에서 우화한 벗초파리 성충의 수가 적었다(**Table 4-10, 4-11**). 다만, 기생벌의 우화수가 두 번의 반복시험에서 1마리만 기록되어 **Table 4-9**의 시험결과와 같이 딸기가 건조되어 기생벌이 우화하지 못한 것으로 판단된다.

**Fig. 4-12.** Potted strawberry plant tested for parasitization by *Asobara japonica* after exposure to *Drosophila suzukii*.

**Table 4-10.** Effect of *Asobara japonica* release on the infestation of strawberry fruits by *Drosophila suzukii* in cylindrical cage (n = 5)

| | No. of strawberry fruits/pot | Release interval between *A. japonica* and *D. suzukii* (d) | No. of *A. japonica* released/pot | Pooled no. of *D. suzukii* emerged | Pooled no. of *A. japonica* emerged |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 3-5 | - | - | 0 | 0 |
| *D. suzukii* | 3-4 | 5 | - | 7 | 0 |
| *D. suzukii* + *A. japonica* | 3-4 | 5 | 5 | 1 | 1 |

**Table 4-11.** Effect of release of four individuals of *Asobara japonica* (<2 d old) on the infestation by *Drosophila suzukii* on strawberry fruits in cylindrical cage (n = 4)

| | No. of strawberry fruits/pot | Release interval between *A. japonica* and *D. suzukii* (d) | No. of *A. japonica* released/pot | Pooled no. of *D. suzukii* emerged | Pooled no. of *A. japonica* emerged |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 1-3 | - | - | 0 | 0 |
| *D. suzukii* | 1-2 | 5 | - | 22 | 0 |
| *D. suzukii* + *A. japonica* | 1-2 | 5 | 4 | 3 | 0 |

4) 1차 년도 하우스에서 실시한 블루베리 실험에서 벗초파리와 기생벌의 발생을 확인하지 못하여, 2차 년도에 추가적으로 실내 페트리디시 검증을 실시하였다. 1차 년도와 달리 곰팡이가 발생한 과일을 제거하지 않고 관찰한 결과 93.2%의 높은 기생률을 보여 주었다(**Table 4-12**).

**Table 4-12.** Parasitism by *Asobara japonica* on *Drosophila suzukii* infesting 20 bluberries in a breeding dish (n = 12)

| | Release interval from *D. suzukii* to *A. japonica* | No. of *A. japonica* released/dish | Pooled no. of immature *D. suzukii* dead | Pooled no. of adult *D. suzukii* emerged | Pooled no. of adult *A. japonica* emerged | Parasitism rate |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | - | - | 0 | 303 | 0 | 0 |
| Treatment | 4-6 days | 5 | 48 | 13 | 179 | 0.932 (179/192) |

5) 서귀포시(**Fig. 4-13**)와 제주시(**Fig. 4-14**) 소재의 블루베리 재배지에서 벗초파리가 발생하여 기생벌 방사 및 밀도 억제 효과를 검증하였다. 두 곳 모두 벗초파리에 의한 피해과율은 감소하지 않았으며 제주시 소재 재배지에서는 오히려 피해율이 증가하였다. 기생벌에 의한 감염률도 1-2%로 매우 낮아 기생벌 방사효과를 볼 수 없었다. 3차 조사에서 벗초파리에 의한 피해과율이 감소한 것은 두 농가 모두 살충제를 처리하였기 때문인 것으로 판단되었다 (**Table 4-13**).

**Fig. 4-13.** Blueberry farm located in Seogwipo.

**Fig. 4-14.** Blueberry farm located in Jeju.

**Table 4-13.** Occurrence of fruitflies from the blueberry farms where parasitoids were released

| Location | Date | Infestation rate of blueberry by | | | Mean no. of insect emerged per blueberry | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *D. suzukii* | Other insects | *A. japonica* | *D. suzukii* | Other insects | *A. japonica* |
| Seogwipo | 10 July | 0.280(33/118) | 0.186(22/118) | 0.000(0/118) | 1.36(45/33) | 1.95(43/22) | - |
| | 17 July | 0.250(25/88) | 0.068(6/88) | 0.011(1/88) | 1.76(44/25) | 2.17(13/6) | 1.00(1/1) |
| | 25 July | 0.117(12/103) | 0.068(7/103) | 0.000(0/103) | 1.08(13/12) | 1.14(8/7) | - |
| Jeju | 10 July | 0.219(33/151) | 0.000(0/151) | 0.000(0/151) | 1.54(51/33) | - | - |
| | 17 July | 0.433(65/150) | 0.033(5/150) | 0.020(3/150) | 2.74(178/65) | 1.20(6/5) | 1.67(5/3) |
| | 25 July | 0.134(18/134) | 0.015(2/134) | 0.000(0/134) | 2.39(43/18) | 5.50(11/2) | - |

나. 신규천적곤충의 주요 대상 해충에 대한 밀도 억제 효과 실증(포장 및 하우스 검증) : 광포식성 천적 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*)에 대한 실험

1) 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) 알에 대한 포식량 평가

포트에 재식된 토마토(**Fig. 4-15**)에 산란된 온실가루이 알에 대한 성충과 약충 긴날개쐐기노린재에 의한 밀도억제 효과를 조사하였다. 긴날개쐐기노린재 성충(**Table 4-14**)과 약충(**Table 4-15**) 모두 방사 후 온실가루이 약충의 부화율에 유의한 감소를 일으키지 못하여 온실가루이 알의 밀도를 억제하지 못하는 것으로 판단되었다.

**Table 4-14.** Predation of *Trialeurodes vaporariorum* (egg) by *Nabis stenoferus* (adult) in potted tomato plant

| No. of adult *Nabis stenoferus* released | Mean no. of eggs of *Trialeurodes vaporariorum* provided ad food source (± SE) | Mean no. of nymph found on 7th day of predator release | Mean hatching rate |
|---|---|---|---|
| 0 | 113.4 ± 35.8 | 99.0 ± 25.1 | 0.948 ± 0.085 |
| 2 (1 ♀ + 1 ♂) | 124.5 ± 22.9 | 95.5 ± 11.4 | 0.798 ± 0.070 |
| 4 (2 ♀ + 2 ♂) | 107.6 ± 24.7 | 87.2 ± 24.8 | 0.771 ± 0.081 |
| (*F*; df; *P*) | | | (1.470; 2,11; 0.272) |

**Table 4-15.** Predation of *Trialeurodes vaporariorum* (egg) by *Nabis stenoferus* (nymph) in potted tomato plant

| No. of nymphal *Nabis stenoferus* released | Mean no. of eggs of *Trialeurodes vaporariorum* provided ad food source (± SE) | Mean no. of nymph found on 7th day of predator release | Mean hatching rate |
|---|---|---|---|
| 0 | 136.2 ± 39.10 | 118.0 ± 36.09 | 0.845 ± 0.053 |
| 2 | 131.7 ± 36.92 | 99.8 ± 27.30 | 0.784 ± 0.064 |
| 4 | 128.0 ± 38.92 | 100.0 ± 27.30 | 0.747 ± 0.046 |
| (*F*; df; *P*) | | | (0.82; 2,14; 0.460) |

2) 담배가루이(*Bemisia tabaci*) 알에 대한 포식량 평가

온실가루이 실험과 유사하게 포트에 재식된 강낭콩과 가지(**Fig. 4-16**)에 산란된 담배가루이 알에 대한 성충 긴날개쐐기노린재에 의한 밀도억제 효과를 조사하였다. 긴날개쐐기노린재 성충은 강낭콩(**Table 4-16**)과 가지(**Table 4-17**) 모두에서 담배가루이 약충의 부화율에 유의한 감소를 일으키지 못하여 담배가루이 알의 밀도를 억제하지 못하였다.

**Fig. 4-16.** Acrylic cylinder cage (18.0 W cm × 43.5 H cm) with potted eggplant used in predation experiment.

**Table 4-16.** Predation of *Bemisia tabaci* (egg) by *Nabis stenoferus* (adult) in kidney bean plant

| No. of adult *Nabis stenoferus* released | Mean no. of eggs of *Bemisia tabaci* provided ad food source (± SE) | Mean no. of nymph found on 7th day of predator release | Mean hatching rate |
|---|---|---|---|
| 0 | 128.0 ± 41.7 | 98.6 ± 35.9 | 0.748 ± 0.070 |
| 2 (1 ♀ + 1 ♂) | 113.4 ± 28.6 | 56.2 ± 10.0 | 0.571 ± 0.112 |
| (*t*; df; *P*) | | | (1.316; 8; 0.225) |

**Table 4-17.** Predation of *Bemisia tabaci* (egg) by *Nabis stenoferus* (adult) in egg plant

| No. of adult *Nabis stenoferus* released | Mean no. of eggs of *Bemisia tabaci* provided ad food source (± SE) | Mean no. of nymph found on 7th day of predator release | Mean hatching rate |
|---|---|---|---|
| 0 | 223 ± 20.5 | 137 ± 15.3 | 0.604 ± 0.062 |
| 2 (1 ♀ + 1 ♂) | 185 ± 22.6 | 123 ± 14.7 | 0.670 ± 0.128 |
| (*t*; df; *P*) | | | (0.52; 5; 0.622) |

(3) 점박이응애(*Tetranychus urticae*)에 대한 포식량 평가

포트에 재식된 토마토에 방사한 점박이응애(*Tetranychus urticae*)에 대한 성충 긴날개쐐기노린재에 의한 밀도억제 효과를 조사하였다. 실험 결과 긴날개쐐기노린재 성충 처리구에서 점박이응애의 유의한 밀도 감소를 보이지 않았다(**Table 4-18**). 1차 년도에 긴날개쐐기노린재의 확보 및 증식이 늦어져 시험을 수행하지 못하였다. 대신 2차 년도에 포트 실험을 완료하였다. 하지만 포트 식물에서는 온실가루이, 담배가루이, 점박이응애에 대해 유의한 밀도억제 효과를 확인하지 못하였다.

**Table 4-18.** Predation of 20 released *Tetranychus urticae* (adult) by *Nabis stenoferus* (adult) in potted tomato plant

| No. of nymphal *Nabis stenoferus* released | Mean no. of *Tetranychus urticae* (± SE) on 3rd day | | |
|---|---|---|---|
| | Adult | Egg | Nymph |
| 0 | 4.8 ± 1.2 | 37.4 ± 10.0 | 47.4 ± 16.4 |
| 2 (1 ♀ + 1 ♂) | 3.4 ± 1.0 | 35.6 ± 9.3 | 71.2 ± 20.1 |
| (*t*; df; *P*) | (0.904; 8; 0.393) | | |

# 제3절. 신규천적곤충의 현장적용을 위한 합성살충제에 대한 독성 평가 및 저독성 약제 선발

## 1. 연구목표

1) 벗초파리 기생벌(*Asobara japonica*)에 대한 합성살충제의 독성 평가 및 저독성 약제 선발

2) 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*) 에 대한 합성살충제의 독성 평가 및 저독성 약제 선발

## 2. 연구내용

가. 벗초파리 기생벌(*Asobara japonica*)에 대한 합성살충제의 독성 평가 및 저독성 약제 선발

1) SCOPUS 데이터베이스를 이용해서 *Drosophila*속 곤충에 대한 독성평가 논문을 수집하였다. 논문에서 평가한 합성살충제 중 *Drosophila*속 곤충에 대한 독성이 높고, 국내에서 등록되어 사용되고 있는 4종을 선발하였다(Dimethoate, Spinosad, Chlorantraniliprole, λ-cyhalothrin; **Table 4-19**). 이들 살충제를 각각 1ml/10L (Dimethoate, λ-cyhalothrin), 0.5ml/10L (Spinosad, Chlorantraniliprole) 농도로 증류수와 희석하여 신틸레이션 유리병(20ml)에 100μl씩 넣어 도포한 다음 약 3시간 동안 자연건조하였다. 각 유리병 당 3마리의 벗초파리 기생벌을 넣어 약 25ºC의 온도를 유지해 주면서 4시간 간격으로 죽은 곤충의 수를 기록하였다. Probit 분석을 통해 기생벌인 *Asobara japonica*에 대해 가장 독성이 적은 살충제를 선발하였다.

2) 기생벌에 대한 독성 평가 실험에서 사용된 살충제들의 벗초파리에 대해서도 독성을 평가하였다. 선발된 4종의 살충제(Dimethoate, Spinosad, Chlorantraniliprole, λ-cyhalothrin)를 각각 1ml/10L (Dimethoate, λ-cyhalothrin), 0.5ml/10L (Spinosad, Chlorantraniliprole) 농도로 증류수와 희석하여 신틸레이션 유리병(20ml)에 100μl씩 용액을 넣어 도포한 다음 약 3시간 자연건조하였다. 각 유리병 당 3마리의 벗초파리를 넣어 약 25ºC의 온도를 유지해 주면서 4시간 간격으로 조사하였다. 죽은 곤충의 수를 기록하였다. Probit 분석을 통해 벗초파리(*Drosophila suzukii*)에 대해 독성을 확인하였다.

나. 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*)에 대한 합성살충제의 독성 평가 및 저독성 약제 선발

1) SCOPUS 데이터베이스를 이용해서 *Nabis*속 곤충에 대한 독성평가 논문을 수집하였다. 논문에서 평가한 살충제 중 *Nabis*속 곤충에 대한 독성이 높고, 국내에서 등록되어 사용되고 있는 6종을 선발하였다(Etoprop, Emamectin benzoate, λ-cyhalothrin, Indoxacarb, Spinosad, Pymertrozine; **Table 4-24**). 선발한 살충제를 각각 5ml/10L (Emamectin, benzoate, λ-cyhalothrin, Indoxacarb, Spinosad), 3.35g/10L (Pymertrozine), 7.5g/10L (Etoprop) 농도로 증류수와 희석하여 신틸레이션 유리병(20ml)에 100μl씩 용액에 넣어 도포한 다음 약 3시간 자연건조를 하였다. 각 유리병 당 1마리의 암컷 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*)를 넣어 약 28°C의 온도를 유지해 주면서 1, 2, 4, 8, 24시간 간격으로 조사하였다. Probit 분석을 통해 긴날개쐐기노린재에 대해 가장 독성이 적은 살충제를 선발하였다.

## 3. 연구결과

가. 벚초파리 기생벌(*Asobara japonica*)에 대한 합성살충제의 독성 평가 및 저독성 약제 선발

1) Dimethoate가 기생벌 *Asobara japonica*에서 가장 빠른 살충력을 보여주었으며, 43시간 만에 시험 대상 기생벌의 100%가 치사하였다(**Table 4-20**). 하지만 흥미롭게도 다른 약제들은 물을 사용한 대조구와 비교해서 사충률에서 차이가 없었으며, 반수치사시간($LT_{50}$) 분석에서는 Chlorantraniliprole은 대조구보다 오히려 더 길었다(**Table 4-21**). 시험에 사용한 기생벌이 살충제에 노출되지 않은 상태로 실내에서 누대 사육한 개체군이어서, 일부 살충제에 대한 저항성이 진화적으로 적응한 결과인 것에 대한 추가 검증이 필요하다.

**Table 4-19.** Summarization of references which examined toxicity of insecticides against *Drosophila suzukii*

| Year, Authors | Title | Source | *Drosophila* species tested | Assay method | Test results |
|---|---|---|---|---|---|
| 2016, Andreazza et al. | Toxicities and effects of insecticidal toxic baits to control *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) | Pest Manag Sci 73, 146–152 | *D. suzukii* in larva | Feeding in lab. | High toxic: dimethoate, malathion, spinosad, spinetoram, λ-cyhalothrin, cyantraniliprole |
| 2012, Haviland, & Beers | Chemical control programs for *Drosophila suzukii* that comply with international limitations on pesticide residues for exported sweet cherries | J Int Pest Manag 3, 1-6 | *D. suzukii* pesticide residue | Spraying in cherry field | High toxic: λ-cyhalothrin, spinosad, malathion |
| 2014, Van Timmeren & Isaacs | Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs | Crop Prot 54, 126-133 | *D. suzukii* | Feeding (blueberry) in lab. | High toxic: organophosphate, pyrethroid, and spinosyn |
| 2011, Bruck & | Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of | Pest Manag Sci 67, | *D. suzukii* | Feeding (strawberry, | High toxic: pyrethoids, organophosphates, spinosyns |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bolda | *Drosophila suzukii* in berry crops | 1375–1385 | | raspberries, blueberry) in lab. | Low toxic: neonicotinoids |
| 2014, Cuthbertson et al. | Preliminary screening of potential control products against *Drosophila suzukii* | Insects 5, 488-498 | *D. suzukii* | Feeding (blueberry) in lab. | High toxic: spinosad, chlorantraniliprole |
| 2016, Diepenbrock et al. | Season-long programs for control of *Drosophila suzukii* in southeastern U.S. blueberries | Crop Protect 81, 76–84 | *D. suzukii* in adult | Spraying in blueberry field | High toxic: phosmet, malathion, pyrethroids |
| 2018, Shawer et al. | Laboratory and field trials to identify effective chemical control strategies for integrated management of *Drosophila suzukii* in European cherry orchards | Crop Protect 103, 73–80 | *D. suzukii* | Dipping in lab. and spraying in cherry field | High toxic: cyantraniliprole, spinosad, spinetoram, phosmet, λ-cyhalothrin, deltamethrin |

**Table 4-20.** Cumulative mortality of *Asobara japonica* exposed to different pesticides in scintillation vials (n = 42)

| Treatment | 3h | 7h | 11h | 19h | 27h | 43h | 59h | 75h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dimethoate | 0.0 | 0.0 | 19.1 a | 57.1 a | 85.7 a | 100.0 a | 100.0 a | 100.0 a |
| λ-cyhalothrin | 0.0 | 0.0 | 0.0 b | 0.0 b | 11.9 b | 50.0 b | 88.1 ab | 92.9 a |
| Chlorantraniliprole | 0.0 | 0.0 | 0.0 b | 2.4 b | 4.8 b | 40.5 b | 76.2 b | 97.6 a |
| Spinosad | 0.0 | 0.0 | 2.4 a | 2.4 b | 11.9 b | 64.3 b | 81.0 b | 95.2 a |
| D-Water | 0.0 | 0.0 | 0.0 b | 4.8 b | 16.7 b | 66.7 b | 78.6 b | 97.6 a |
| $\chi 2$ | | | 28.33 | 87.61 | 97.79 | 37.54 | 12.02 | 3.84 |
| *P* value | | | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0172 | 0.4281 |

**Table 4-21.** Statistical analysis on mortality of different pesticides on *Asobara japonica* adult (n = 42)

| Treatment | $LT_{50}$ (D) | 95% CI | Slope ± SE | $\chi^2$ (df) |
|---|---|---|---|---|
| Dimethoate | 16.89 a | 15.60 - 18.16 | 5.59 ± 0.53 | 3.46 (8) |
| D-Water | 38.66 c | 36.28 - 41.10 | 5.56 ± 0.38 | 11.61 (14) |
| Spinosad | 39.46 c | 36.98 - 41.96 | 5.36 ± 0.34 | 10.81 (17) |
| λ-cyhalothrin | 41.46 bc | 39.04 - 43.88 | 6.22 ± 0.42 | 8.57 (16) |
| Chlorantraniliprole | 45.42 b | 42.95 - 47.89 | 6.85 ± 0.49 | 6.83 (15) |

2) 벗초파리 기생벌에 대해서 검증한 살충제를 벗초파리에 대해 살충력을 조사한 결과 벗초파리 기생벌에 비해 벗초파리의 치사속도가 빨랐다. 또한, 모든 살충제가 대조구인 물에 비해 살충력이 빠르게 나타났다. 기생벌 시험에서와 마찬가지로 Dimethoate가 벗초파리에 대해서 가장 빠른 살충력을 보여주었으며, 처리 후 23시간 만에 모든 개체가 죽었다(**Table 4-22**). 반수치사시간($LT_{50}$) 분석에서는 Dimethoate, λ-cyhalothrin, Chlorantraniliprole, Spinosad 순으로 길게 나타났다(**Table 4-23**).

**Table 4-22.** Cumulative mortality of *Drosophila suzukii* exposed to different pesticides in scintillation vials (n = 30)

| Treatment | 3h | 7h | 11h | 15h | 19h | 23h | 27h | 31h | 35h | 43h | 51h | 59h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dimethoate | 0.0 | 13.3a | 43.3a | 80.0a | 90.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a |
| λ-cyhalothrin | 0.0 | 0.0a | 16.7ab | 50.0ac | 76.7a | 83.3ab | 96.7ac | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a |
| Chlorantraniliprole | 0.0 | 0.0a | 6.7bc | 10.0b | 13.3bc | 33.3cd | 40.0b | 50.0b | 63.3b | 93.3a | 100.0a | 100.0a |
| Spinosad | 0.0 | 0.0a | 67bc | 20.0bc | 40.0b | 63.3cb | 80.0c | 93.3a | 93.3a | 96.7a | 100.0a | 100.0a |
| D-Water | 0.0 | 0.0a | 0.0c | 3.3b | 3.3c | 6.7d | 23.3b | 50.0b | 60.0b | 90.0a | 93.3a | 100.0a |
| $\chi^2$ | | 16.44 | 28.02 | 55.59 | 70.29 | 69.60 | 65.75 | 49.50 | 34.56 | 5.90 | 8.11 | |
| *P* value | | 0.0025 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.2067 | 0.0876 | |

**Table 4-23.** Statistical analysis on mortality of different pesticides on *Drosophila suzukii* adult (n = 30)

| Treatment | $LT_{50}$ (h) | 95% CI | Slope ± SE | $\chi^2$ (df) |
|---|---|---|---|---|
| Dimethoate | 11.14 a | 9.96 - 12.26 | 6.20 ± 0.83 | 1.66 (5) |
| λ-cyhalothrin | 15.30 b | 14.01 - 16.51 | 7.12 ± 0.85 | 2.15 (7) |
| Chlorantraniliprole | 27.75 c | 25.69 - 30.04 | 5.41 ± 0.57 | 13.36 (10) |
| Spinosad | 20.09 d | 18.55 - 21.58 | 6.41 ± 0.65 | 1.83 (10) |
| D-Water | 31.88 e | 30.08 - 33.81 | 8.19 ± 0.83 | 9.85 (11) |

나. 긴날개쐐기노린재(*Nabis stenoferus*) 에 대한 합성살충제의 독성 평가 및 저독성 약제 선발

1) Etoprop, Emamectin benzoate, λ-cyhalothrin가 긴날개쐐기노린재에서 가장 빠른 살충력을 보여주었으며, 처리 후 72시간에 100% 살충률을 보여 주었다(**Table 4-25**). 반수치사시간($LT_{50}$) 분석에서는 Etoprop, Emamectin benzoate, λ-cyhalothrin 순으로 길게 나타났다(**Table 4-26**). 반면 Indoxacarb, Spinosad, Pymetrozine은 대조구인 물과 통계적 차이를 보이지 않아 비교적 독성이 적은 살충제로 선발되었다.

**Table 4-24.** Summarization of references which examined toxicity of insecticides against *Nabis* species

| Year, Authors | Title | Source | *Nabis* species tested | Assay method | Test results |
|---|---|---|---|---|---|
| 2010, Cole et al. | Acute and long-term effects of selective insecticides on *Micromus tasmaniae* Walker (Neuroptera: Hemerobiidae), *Coccinella transversalis* F. (Coleoptera: Coccinellidae) and *Nabis kinbergii* Reuter (Hemiptera: Miridae) | Aust J Entomol 49, 160-165 | kinbergii | Residual in lab | High toxic: Emamectin benzoate, Chlorpyrifos, Imidacloprid<br>Low toxic: Spinosad, Pymetrozine, Indoxacarb, Pirimicarb |
| | | | | Topical in lab | High toxic: Emamectin benzoate, Chlorpyrifos, Imidacloprid, Indoxacarb, Pirimicarb |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | Low toxic: Spinosad, Pymetrozine |
| 1979, Stoltz & Stern | Comparative insecticide induced mortality of *Nabis americoferus* in cotton | Environ Entomol 8, americoferus 48-50 | Spraying in field | High toxic: Dimethoate<br>Low toxic: Aldicarb |
| 1979, Morrisson et al. | Populations of corn earworm and associated predators after applications of certain soil-applied pesticides to soybeans | J Econ Entomol 72, spp. 97-100 | Spraying in field | High toxic: Phorate, Aldicarb, Carbofuran<br>Low toxic: Ethocarp, Fensulfothion |
| 1998, Boyd & Boethel | Residual toxicity of selected insecticides to heteropteran predaceous species (Heteroptera: Lygaeidae, Nabidae, Pentatomidae) on soybean | Environ Entomol 27, spp. 154-160 | Spraying in field | High toxic: Chlorfenapyr<br>Low toxic: Emamectin benzoate, Permethrin |

**Table 4-25.** Cumulative mortality of *Nabis stenoferus* exposed to different pesticides in scintillation vials (n = 31)

| Treatment | 1h | 2h | 4h | 8h | 12h | 16h | 24h | 32h | 40h | 48h | 72h | 96h | 120h | 144h | 168h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etoprop | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0a | 6.5a | 9.7a | 38.7a | 64.5a | 93.5a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0 |
| Emamerction benzoate | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2a | 3.2a | 9.7a | 38.7a | 61.3ac | 87.1a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0 |
| λ-cyhalothrin | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0a | 0.0a | 3.2a | 12.9ab | 35.5ab | 77.4a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0 |
| Indoxacrab | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0a | 0.0a | 3.2a | 9.7ab | 29.0ab | 45.2b | 96.8a | 100.0a | 100.0a | 100.0a | 100.0 |
| Spinosad | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0a | 3.2a | 3.2a | 6.5b | 9.7b | 25.8b | 83.9a | 96.8a | 96.8a | 96.8a | 100.0 |
| D-Water | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0a | 0.0a | 3.2a | 6.5b | 25.8bc | 29.0b | 71.0a | 96.8a | 100.0a | 100.0a | 100.0 |
| Pymetrozion | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0a | 0.0a | 0.0a | 0.0b | 12.9b | 45.2b | 71.0a | 96.8a | 100.0a | 100.0a | 100.0 |
| $\chi 2$ | | | | | 6.03 | 6.62 | 5.66 | 34.82 | 38.72 | 59.55 | 34.67 | 4.06 | 6.03 | 6.03 | |
| *P* value | | | | | 0.420 | 0.357 | 0.462 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.669 | 0.420 | 0.420 | |

**Table 4-26.** Statistical analysis on confirmed mortality of pesticides with Lower ecotoxicity strains on *Nabis stenoferus* female (n = 31)

| Treatment | $LT_{50}$ (h) | 95% CI | Slope ± SE | $\chi^2$ (df) |
|---|---|---|---|---|
| Etoprop | 33.51 a | 30.89 – 36.32 | 6.93 ± 0.85 | 7.66 (9) |
| Emamectin benzoate | 34.27 a | 31.41 – 37.42 | 6.13 ± 0.7 | 7.50 (9) |
| λ-cyhalothrin | 41.42 b | 38.87 – 44.43 | 9.79 ± 1.43 | 2.76 (9) |
| Indoxacrab | 46.66 bc | 43.38 – 50.61 | 8.01 ± 1.02 | 2.96 (10) |
| Spinosad | 55.96 c | 46.75 – 67.27 | 5.70 ± 0.91 | 14.22 (13) |
| D-Water | 54.53 c | 50.08 – 59.65 | 6.20 ± 0.66 | 4.37 (11) |
| Pymetrozine | 55.76 c | 51.60 – 60.47 | 7.57 ± 0.86 | 6.82 (11) |

# 제5장. 연구개발성과

## 제1절. 연구목표 및 실적

○ 전체 연구목표

| 성과목표 | 사업화지표 | | | | | | | | | | | 연구기반지표 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 지식재산권 | | | 기술실시(이전) | | 사업화 | | | | | 기술인증 | 학술성과 | | | | 교육지도 | 인력양성 | 정책활용·홍보 | | 기타 |
| | | | | | | | | | | | | 논문 | | 논문평균IF | 학술발표 | | | | | |
| | 특허출원 | 특허등록 | 품종등록 | 건수 | 기술료 | 제품화 | 매출액 | 수출액 | 고용창출 | 투자유치 | | SCI | 비SCI | | | | | 정책활용 | 홍보전시 | |
| 단위 | 건 | 건 | 건 | 건 | 백만원 | 건 | 백만원 | 백만원 | 명 | 백만원 | 건 | 건 | 건 | | 건 | | 명 | 건 | 건 | |
| 가중치 | 20 | 10 | | 5 | 5 | 10 | 10 | | 10 | | 10 | | | 0 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 최종목표 | 2 | 1 | | 1 | 5 | 2 | 270 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| 1차년도 | | | | | | | | | 2 | | 1 | | | | 2 | | | | | |
| 2차년도 | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | 4 | 1 | | | 1 | |
| 3차년도 | 2 | | | 1 | 5 | 2 | 20 | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 소 계 | 2 | | | 1 | 5 | 2 | 20 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| 종료 1차년도 | | | | | | | 30 | | | | | | | | | | | | | |
| 종료 2차년도 | | 1 | | | | | 40 | | | | | | | | | | | | | |
| 종료 3차년도 | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | |
| 종료 4차년도 | | | | | | | 60 | | | | | | | | | | | | | |
| 종료 5차년도 | | | | | | | 70 | | | | | | | | | | | | | |
| 소 계 | | 1 | | | | | 250 | | | | | | | | | | | | | |
| 합 계 | 2 | 1 | | 1 | 5 | 2 | 270 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | |

○ 연구 기간 내의 연구목표 및 실적

| 성과목표 | | 사업화지표 | | | | | | | | | | 연구기반지표 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 지식재산권 | | | 기술실시(이전) | | 사업화 | | | | | 기술인증 | 학술성과 | | | | 교육지도 | 인력양성 | 정책활용·홍보 | | 기타(수상,책자발간) |
| | | | | | | | | | | | | | 논문 | | | | | | | | |
| | | 특허출원 | 특허등록 | 품종등록 | 건수 | 기술료 | 제품화 | 매출액 | 수출액 | 고용창출 | 투자유치 | | SCI | 비SCI | 논문평균IF | 학술발표 | | | 정책활용 | 홍보전시 | |
| 단위 | | 건 | 건 | 건 | 건 | 백만원 | 백만원 | 백만원 | 백만원 | 명 | 백만원 | 건 | 건 | 건 | | 건 | | 명 | 건 | 건 | |
| 가중치 | | 20 | | | 5 | 5 | 10 | 10 | | 10 | | 10 | | | 0 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 최종목표 | | 2 | | | 1 | 5 | 2 | 20 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| 1차연도 | 목표 | | | | | | | | | 2 | | 1 | | | | 2 | | | | | |
| | 실적 | | | | | | | | | 3 | | 1 | | | | 3 | | | | 5 | 1 |
| 2차연도 | 목표 | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | 4 | 1 | | | 1 | |
| | 실적 | | | | | | | | | 3 | | | | 1 | | 9 | 4 | | | 3 | 1 |
| 3차연도 | 목표 | 2 | | | 1 | 5 | 2 | 20 | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 실적 | 2 | | | 2 | 5 | 2 | 20 | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 소계 | 목표 | 2 | | | 1 | 5 | 2 | 20 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| | 실적 | 2 | | | 2 | 5 | 2 | 20 | | 6 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 16 | 5 | 2 | 0 | 8 | 3 |

# 제2절. 연구성과

(1) 지식재산권(특허출원)

| No | 지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재) | 국 명 | 출원 | | | 기여율 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 출원인 | 출원일 | 출원번호 | |
| 1 | 천적활용 인증 스티커(디자인) | 대한민국 | (주)오상킨섹트 | 2020.12.22 | 30-2020-0063874 | 100 |
| 2 | 우화 상자 | 대한민국 | (주)오상킨섹트 | 2020.12.24 | 10-2020-0183432 | 100 |

(2) 기술실시

| No | 기술이전 유형 | 기술실시계약명 | 기술실시 대상기관 | 기술실시 발생일자 | 기술료 (당해연도 발생액) | 누적 징수현황 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 직접실시 | 우화상자 | ㈜오상킨섹트 | 20.12.24 | 0 | 0 |
| 2 | 통상실시 | 우화상자 | 키토나이스 | 20.12.29 | 5,000,000 | 5,000,000 |

(3) 사업화 현황

| No | 사업화 방식 | 지역 | 사업화명 | 내용 | 업체명 | 매출액(천원) | | 성과 발생년도 | 기술 수명 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 국내 | 국외 | | |
| 1 | 제품화 | 경기 | 제품화 | 그린천적 16호 | (주)오상킨섹트 | 9,555 | - | 2020 | - |
| 2 | 제품화 | 경기 | 제품화 | 그린척적 26호 | (주)오상킨섹트 | 10,500 | - | 2020 | - |
| 4 | 고용창출 | 경기 | 최치원 | - | (주)오상킨섹트 | | | 2018 | - |
| 5 | 고용창출 | 경기 | 박은정 | - | (주)오상킨섹트 | | | 2018 | - |
| 6 | 고용창출 | 경기 | 함지혜 | - | (주)오상킨섹트 | | | 2018 | - |
| 7 | 고용창출 | 경기 | 이옥자 | - | 경기도농업기술원 | | | 2019 | - |
| 8 | 고용창출 | 경기 | 이월자 | - | 경기도농업기술원 | | | 2019 | - |
| 9 | 고용창출 | 경기 | 정금주 | - | (주)오상킨섹트 | | | 2019 | - |

(4) 국내외 논문 게재

| No | 논문명 | 학술지명 | 주저자명 | 호 | 국명 | 발행기관 | SCI 여부 | 게재일 | 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Biological Control of Tetranychus urticae Koch on Strawberry Using “Natural Enemy in First (NEF)” Method | 한국응용곤충학회 | 함은혜 | 58(4) | 대한민국 | 한국응용곤충학회 | 비SCI | 19.12.01 | ISSN: 1225-0171 |
| 2 | Visual sensory systems of predatory and parasitic arthropods | Biocontrol science and technology | Un Taek Lim | 30(7) | United Kingdom | Carfax Publishing Ltd. | SCI | 20.04.15 | ISSN: 0958-3157 |
| 3 | A Study on Biological Control using the ‘Natural Enemy in First (NEF)’ Technology in Tomato Greenhouses | 한국응용곤충학회 | 함은혜 | 59(4) | 대한민국 | 한국응용곤충학회 | 비SCI | 20.12. | ISSN: 1225-0171 |

(5) 국내 및 국제학술회의 발표

| No | 발표제목 | 발표자 | 발표일시 | 장소 | 국명 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Effect of fruit damage on infestation of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) | Arefur Rahman | 2018.10.25 | 광주 | 대한민국 |
| 2 | Parasitic and developmental characteristics of the parasitoid waps, Asobara japonica on *Drosophila suzukii* | 윤승환 | 2018.10.25 | 광주 | 대한민국 |
| 3 | Assessment of parasitism, development and reproduction in *Asobara japonica* according to temperature condition | 윤승환 | 2018.11.03 | Vancouver | 캐나다 |
| 4 | Feeding activitesof several selected native natural enemies | 윤승환 | 2019.04.24 | 청주 | 대한민국 |
| 5 | Predatory and developmental characteristics of the natural enemy, *Nabis stenoferus* | 윤승환 | 2019.04.25 | 청주 | 대한민국 |
| 6 | Sustainable pest management : Natural enemy in first method in practice | 함은혜 | 2019.04.25 | 청주 | 대한민국 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Sustainable pest management: Optimal use of the Natural enemy in first method on tomato | 전혜정 | 2019.04.25 | 청주 | 대한민국 |
| 8 | Developmental and reproduction characteristics by temperature of the natural enemy, *Nabis stenoferus* (Hemiptera: Nabidae) | 윤승환 | 2019.10.24 | 평창 | 대한민국 |
| 9 | Effect of natural enemy in first method in Tropical plants resources research center of Korea National Arboretum | 전혜정 | 2019.10.24 | 평창 | 대한민국 |
| 10 | Laboratory and field evaluation of *Asobara japonica* (Belokobylskij) a potential biological control agent of *Drosophila suzukii* (Matsumura) | 장라은 | 2019.10.24 | 평창 | 대한민국 |
| 11 | Introduction of two new natural ememies to control horticultural crop pest | 이진구 | 2019.10.24 | 평창 | 대한민국 |
| 12 | Biological Control of Insect pests on Strawberry using NEF method | 함은혜 | 2019.12.03 | 완주 | 대한민국 |
| 13 | Packaging method for maintaining optimum temperature during natural enemies transportation | 남윤복 | 2020.10.28 | on-line | 대한민국 |
| 14 | Predation of adult *Myzus persicae* Sulzer by adult *Nabis stenoferus* Hsiao in different | 권민혁 | 2020.10.28 | on-line | 대한민국 |
| 15 | Chlorantraniliprole is a safer insecticide for *Asobara japonica* Belokobylskij a larval parasitoid of *Drosophila suzukii* Matsumura | 강정훈 | 2020.10.28 | on-line | 대한민국 |
| 16 | Parasitic characteristics of Asobara japonica on alternate host and photoperiod for mass production | 윤승환 | 2020.10.28 | on-line | 대한민국 |

(6) 교육 및 컨설팅

| No | 교육 및 컨설팅명 | 장소 | 주요내용 | 활용 년도 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 시설하우스 생물적방제 | 홍천 한살림 | 천적을 활용한 생물적 방제 교육 | 2019 |
| 2 | 채소기술교육(박과, 가지과, 위주 천적교육) | 뫼내뜰영농조합 | 박과, 가지과의 해충방제를 위한 천적사용방법 교육 | 2019 |
| 3 | 천적 등을 활용한 시설하우스 병해충 관리 교육 | 경기도친환경농산물 유통센터 2층 교육관 | 천적 등을 활용한 시설하우스 병해충 관리 교육 | 2019 |
| 4 | 부흥고등학교 1학년 맞춤형 진로캠프 견학 | 경기도농업기술원 | 경기도농업기술원 연구 활동 소개 및 안내 | 2019 |
| 5 | 블루베리 농가 벗초파리기생벌 천적 현장컨설팅 및 주요해충 친환경 관리기술 교육 | 강남농원, 뜰안에블루베리, 햇살농원 | 블루베리의 발생 벗초파리 초기진단과 천적활용 방법 및 주요발생해충 친환경 관리기술 교육 | 2020 |

(7) 전문연구 인력양성

| No | 분류 | 기준 년도 | 현 황 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 학위별 | | | | 성별 | | 지역별 | | | | |
| | | | 박사 | 석사 | 학사 | 기타 | 남 | 여 | 수도권 | 충청권 | 영남권 | 호남권 | 기타 |
| 1 | 참여연구원 석사학위 수여 (전혜정) | 2020.8 | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 |
| 2 | 참여연구원 박사학위 수여 (Arefur Rahman) | 2020.8 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | |

(8) 홍보전시

| No | 홍보유형 | 매체명 | 제목 | 일시 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 지방일간지 | 경기일보 | 새로운 농업으로 초대! 젊은 농업기술 대전 | 18.10.24 |
| 2 | Internet/PC | 경기도화성기자단 | 2018년 경기도 농업인의 날 | 18.11.06 |
| 3 | 기타(학회지) | 한국응용곤충학회 | 천적 농법 홍보 | 19.10.24 |
| 4 | 전시회 | 경기도농업기술원 | 새로운 농업으로 초대! 젊은 농업기술 대전 | 18.10.27 |
| 5 | 전시회 | 경기도농업기술원 | 2018년 경기도 농업인의날 | 18.11.07 |
| 6 | 전시회 | 농촌진흥청 | 2018년 농촌진흥사업 종합보고회 | 18.12.18 |
| 7 | 전시회 | (재)경남테크노파크 | 2019 경남과학대전 | 19.09.29 |
| 8 | 전시회 | 경기도농업기술원 | 2019년 농촌진흥사업 종합보고회 | 19.12.03 |

(9) 책자발간

| No | 저작자명 | 제목 | 발간번호 |
|---|---|---|---|
| 1 | 윤승환 외 5인 | 블루베리의 벚초파리 피해 증상과 조기 진단 | 71-6410563-000121-01 |

(10) 기술인증

| No | 인증명 | 인증기관 | 일자 |
|---|---|---|---|
| 1 | 환경교육프로그램 | 환경부 | 2018.08.31 |

(11) 기타: 수상실적

| No | 회의명칭(발표제목) | 발표자 | 발표일시 | 수상내용 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2018 추계 학술발표회 (Parasitic and developmental characteristics of the parasitoid waps, Asobara japonica on *Drosophila suzukii*) | 윤승환 | 2018.10.26 | 우수상 |
| 2 | 2019 추계 학술발표회 (Laboratory and field evaluation of Asobara japonica (Belokobylskij) a potential biological control agent of *Drosophila suzukii* (Matsumura)) | 장라은 | 2019.10.25 | 우수상 |

## 제3절. 사업화 계획 및 매출 실적

| 항목 | 세부항목 | | | 성 과 |
|---|---|---|---|---|
| 사업화 성과 | 매출액 | 개발제품 | 개발후 현재까지 | 0.2억원 |
| | | | 향후 3년간 매출 | 1.1억원 |
| | | 관련제품 | 개발후 현재까지 | - |
| | | | 향후 3년간 매출 | 1.5억원 |
| | 시장 점유율 | 개발제품 | 개발후 현재까지 | 국내 : 3 %<br>국외 : - |
| | | | 향후 3년간 매출 | 국내 : 10 %<br>국외 : - |
| | | 관련제품 | 개발후 현재까지 | 국내 : 3 %<br>국외 : - |
| | | | 향후 3년간 매출 | 국내 : 10 %<br>국외 : - |
| | 세계시장 경쟁력 순위 | 현재 제품 세계시장 경쟁력 순위 | | 10 위 |
| | | 3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위 | | 5 위 |

4. 사업화 계획 및 매출 실적

| 항 목 | 세부 항목 | | 성 과 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 사업화 계획 | 사업화 소요기간(년) | | 1년 | | |
| | 소요예산(백만원) | | 50 | | |
| | 예상 매출규모 (억원) | | 현재까지 | 3년후 | 5년후 |
| | | | 1.5 | 3 | 5 |
| | 시장 점유율 | 단위(%) | 현재까지 | 3년후 | 5년후 |
| | | 국내 | 3 | 10 | 15 |
| | | 국외 | - | - | - |
| | 향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획 | | - 신규 천적 기주식물 패키지 제품 | | |
| 무역 수지 개선 효과 | (단위: 억원) | | 현재 | 3년후 | 5년후 |
| | 수입대체(내수) | | 3 | 10 | 15 |
| | 수 출 | | - | - | - |

# 제6장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 제1절. 연구목표 및 달성도

1. 세부 · 협동과제별 최종 연구목표

(1) 세부과제(함은혜, (주)오상킨섹트): 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발

○ 목표: 천적 생산시스템(업그레이드) → 천적곤충 제품/산업화, 현장실증시험

(2) 협동과제(윤승환, 경기도농업기술원): 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발

○ 목표: 신규 천적곤충 탐색 및 선발 천적의 사육기준 설정 및 현장적용기술개발/모델화

(3) 위탁과제(임언택, 안동대학교): 천적곤충의 방제효과 검증

○ 목표: 신규천적곤충의 방제력 검증 및 현장실증 문제점 보완(저독성 약제 선발)

2. 정성적 연구목표 및 평가지표에 의한 달성도

| 과제구분<br>(수행기관) | 성과목표 | 평가지표 | 가중치<br>(%) | 달성도<br>(%) |
|---|---|---|---|---|
| 주관과제<br>(㈜오상킨섹트) | 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 방제효과가 검증된 천적곤충 2종의 현장적용시스템 개발 | 20 | 100 |
| | | 천적 적용시스템의 현장실증 | 20 | 100 |
| | | 신규 천적의 제품화 기술개발 | 20 | 100 |
| | | 외부기상조건별 유통방법 개발 | 20 | 100 |
| | | 천적적용기법의 현장보급 | 20 | 100 |
| 합계 | | | 100 | 100 |
| 협동과제<br>(경기도농업기술원) | 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 신규 천적의 선발 | 10 | 100 |
| | | 신규 천적의 대량생산을 위한 특성 구명 | 25 | 100 |
| | | 신규 천적의 대량생산기술 개발 | 30 | 100 |
| | | 신규 천적의 현장실증 및 보완 | 30 | 100 |
| | | 천적 활용농산물 인증기준안 건의 | 5 | 0 |
| 합계 | | | 100 | 95 |
| 위탁과제<br>(안동대학교) | 천적곤충의 방제효과 검증 | 신규천적곤충의 방제력 검증(실내 검증, 현장 실증) | 65 | 100 |
| | | 현장적용 문제점 보완(저독성 약제 선발) | 35 | 100 |
| 합계 | | | 100 | 100 |

3. 성과목표별 자체평가

| 성과목표 | 평가지표 | 자체평가 |
|---|---|---|
| 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 방제효과가 검증된 천적곤충 2종의 현장적용시스템 개발 | ○ 고온 조건에서 증식이 가능한 콜레마니진디벌 유지식물을 적용하여 현장적용시스템 구축 완료<br>○ 애꽃노린재류 현장적용시스템 구축 완료 |
| | 천적 적용시스템의 현장 실증 | ○ 콜레마니진디벌의 우화율 증대를 위한 우화 상자 개발 및 특허출원(기술 이전 완료)<br>○ NEF 기법을 이용한 천적 적용시스템의 현장실증을 통한 방제효과 검증 완료(10개 농업현장, 9개 작물을 대상으로 현장실증 완료) |
| | 신규 천적의 제품화 | ○ 생태특성 규명을 위한 신규 천적 2종의 령기별 SCPs 측정<br>○ 신규 천적 2종의 제품화 형태 개발 완료<br>○ International Organization for Biological Control『Quality Control Guidelines for natural enemies』에 준하여 벗초파리기생벌, 긴날개쐐기노린재의 품질기준안 구축 |
| | 외부기상조건별 유통방법 개발 | ○ 배송 시뮬레이션을 통해 충진재 조합을 선발함으로서 외부환경에 의한 손상 최소화로 효과적인 유통이 가능할 것으로 기대됨<br>○ 외부기상조건별 천적곤충 포장 표준화 구축 완료 |
| | 천적적용기법의 현장보급 | ○ 천적적용기법의 현장보급 완료(127개 현장 소개, 40개 현장에 보급) |
| 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 신규천적의 선발 | ○ 벗초파리 방제를 위한 신규 기생성천적인 벗초파리기생벌 선발<br>○ 미소해충을 방제를 위한 신규 포식성천적인 긴날개쐐기노린재 선발 |
| | 신규천적의 대량생산을 위한 특성구명 | ○ 벗초파리기생벌의 대량생산을 위한 기주곤충 최적령기, 온도조건선발, 산란패턴구명, 벗초파리 및 벗초파리기생벌 구별을 위한 특성 구명<br>○ 긴날개쐐기노린재의 대량생산을 위한 포식해충, 온도별 발육 및 산란특성, 성비, 산란행동 특성 구명 |
| | 신규천적의 대량생산기법 구축 | ○ 벗초파리기생벌 대량사육을 위한 대체기주 선발 및 특성검정<br>○ 벗초파리기생벌의 대량생산 시스템 구축<br>○ 긴날개쐐기노린재 대량사육을 위한 씨드 먹이해충 확보 및 증식시스템 구축 |

| | | |
|---|---|---|
| | | ○ 긴날개쐐기노린재 대량사육을 위한 사육용기, 사육 및 산란 밀도, 채란기간 설정<br>○ 긴날개쐐기노린재의 대량생산 시스템 구축 |
| | 신규천적의 현장활용기법 구축 | ○ 온실 발생 벗초파리에 대한 벗초파리기생벌의 활용효과 검증 수행<br>○ 벗초파리 방제 시 벗초파리기생벌의 기생효과외 살충효과를 활용 방제 가능성 제안<br>○ 긴날개쐐기노린재의 미소해충 (진딧물류)에 대한 방제효과 검증<br>○ 온실 발생 목화진딧물에 대한 긴날개쐐기노린재의 활용효과 검증 및 보완안 제시 |
| 천적곤충 방제효과 검증 | 신규천적곤충의 방제력 검증(실내 검증, 현장 실증) | ○ 실험실 페트리디시 실험에서 블루베리에 발생한 벗초파리에 대해 93.2%의 높은 기생률을 보여줌<br>○ 포트에 재식한 딸기에서 기생벌을 방사한 처리구에서 우화한 벗초파리 성충의 수가 감소됨<br>○ 하지만 서귀포시와 제주시의 블루베리 재배지에서는 기생벌에 의한 벗초파리의 밀도 억제 효과가 낮았음<br>○ 포트 식물에서 긴날개쐐기노린재에 의한 온실가루이, 담배가루이, 점박이응애에 대해 유의한 밀도억제 효과를 확인하지 못함 |
| | 현장적용 문제점 보완(저독성 약제 선발) | ○ Spinosad, Chlorantraniliprole, λ-cyhalothrin이 벗초파리 기생벌에 대해 독성이 낮은 약제로 선발됨<br>○ Indoxacarb, Spinosad, Pymetrozine이 긴날개쐐기노린재에 대해 독성이 낮은 약제로 선발됨 |

4. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

| 성과목표 | 세부 목표 | 미달성 사유 | 후속대책 |
|---|---|---|---|
| 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 천적적용기법의 현장보급 | 목표 달성 | 본 과제로 도출한 천적적용기법의 확대 보급을 위한 추가적인 지원이 필요함 |
| 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 신규 선발 천적의 사육기준 설정 | 목표 달성 | 신규천적의 생산시스템에서 노동력감소, 수율증가가 가능한 후속연구를 추진하여 지속적인 업그레이드 필요 |
| | 신규천적 현장실증/ 보완 및 모델/매뉴얼화 | 목표 달성 | 신규천적의 적용확대를 위하여 다양한 대상작물에 적용과 보완점 개선을 통한 지속적인 연구 필요 |
| | 천적활용농산물의 인증기준안 정책건의 | (미달성) 인증기준안 제시를 위한 자료확보 부족 | 천적활용 농산물의 인증기준안 제시를 위한 후속연구 및 자료확보를 통해 21년도 정책건의 추진 |
| 천적곤충 방제효과 검증 | 신규천적곤충의 방제력 검증(실내 검증, 현장 실증) | 목표 달성 | 비록 긴날개쐐기노린재가 온실가루이, 담배가루이, 점박이응애에 대해 방제 효과가 없었지만, 다른 진딧물류에 대해서도 후속 연구에서 검증 필요 |
| | 현장적용 문제점 보완(저독성 약제 선발) | 목표 달성 | 선발된 저독성 약제와 천적을 동시 처리하여 방제 효과가 있는지 후속연구에서 검증 필요 |

## 제2절. 관련분야의 기여도

| 연구성과 | 관련분야 | 기여도 |
|---|---|---|
| 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 천적곤충 관련 산업체 | ○ 천적 유통시스템 구축으로 인한 제품 품질 향상 → 천적곤충사업의 활성화 도모 |
| | 천적 이용 농가 | ○ 농가에서도 쉽게 사육을 할 수 있도록 현장밀착 컨설팅 시스템 구축 → 불안정한 유통으로 수급이 어려워 적기에 방사가 어려웠던 점 개선<br>○ 관행 방제보다 낮은 비용으로 친환경 방제가 가능해져 천적 이용 농가의 소득이 극대화됨 |
| 신규 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | 천적곤충 관련 산업체 | ○ 신규천적 발굴 및 대량생산기술 구축으로 인한 제품화 품목 추가 → 천적곤충사업의 활성화 도모 |
| | 천적 이용 농가 | ○ 문제해충에 대한 추가적인 천적개발을 통한 농가의 천적활용도 증가 기대<br>○ 블루베리 발생 벗초파리의 구분 및 초기진단 방법을 통한 벗초파리에의한 농가의 조기대응 |
| 천적곤충 방제효과 검증 | 천적곤충 관련 산업체 | ○ 천적의 해충 방제 효과에 대한 실질적인 검증 결과에 바탕을 둔 합리적인 산업화 의사 결정을 가능케 함 |
| | 천적 이용 농가 | ○ 천적에 대한 부정적인 효과를 최소화 할 수 있는 살충제 사용에 대한 정보 제공 |

## 제3절. 추가 연구의 필요성

신규 개발한 자생 천적인 긴날개쐐기노린재가 비록 온실가루이, 담배가루이, 점박이응애에 대해 방제 효과가 없었지만, 다른 진딧물류에 대해서는 방제 효과가 우수할 수 있다는 점을 다른 쐐기노린재에 대한 문헌에서 간접적으로 알 수 있었습니다. 따라서 향후 후속 연구에서 검증할 필요가 있으며, 식물체에 대한 2차 피해(작물섭식, 바이러스 매개 등)에 대한 관련 후속연구가 필요합니다. 또한 2종의 신규 천적에 대해서 선발된 저독성 약제와 천적을 동시 처리하여 방제 효과가 있는지 후속연구에서 검증할 필요도 있습니다.

뿐만 아니라 본 과제에서 제시한 천적 유통 제품화 기술 및 농가주도형 대량사육시스템의 컨설팅 시스템은 국내 최초로 시도되고 있는 기술이니만큼 해당 기술이 정착단계에 오를 수 있도록 확대 보급을 위한 후속 연구는 반드시 필요하다고 생각됩니다.

# 제7장. 연구결과의 활용계획 및 기대효과

## 제1절. 연구결과의 활용계획

1. 참여기업체의 경쟁력 강화
   - 신규 토착 천적의 생산 기술의 참여 산업체로의 기술 이전을 통한 신규 제품 개발
   - 연구 결과의 대내외 홍보를 통한 제품의 인지도를 상승시키고 수요 확대 유도

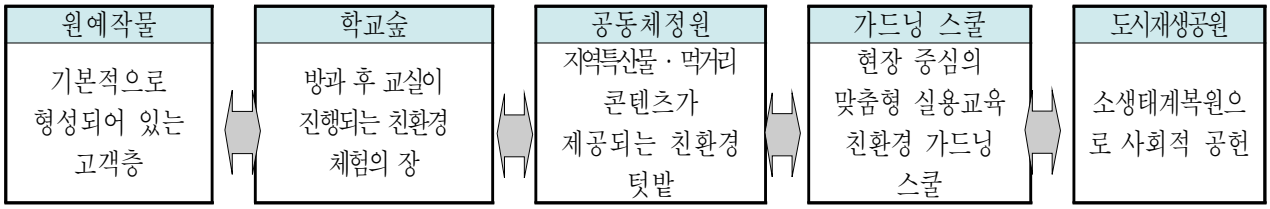
2. 해충방제 분야 활용
   - 수입 천적 대신 신규 토착천적자원의 활용
   - 담배장님노린재 대체천적으로 활용: 담배장님노린재는 해충방제효과는 뛰어나나 포장 적용에 위험이 따르는 천적으로 포장 내 천적의 밀도가 높아지면 살충제를 사용해서 천적의 밀도를 낮춰야 하는, 전문가의 컨설팅이 반드시 필요한 종으로 농가 적용이 쉽지 않음
   - 농민자가 관리시스템 구축 가능: 다양한 천적의 경제적인 대량생산/관리 시스템이 구축되어 매뉴얼화 되면 수요자(농민) 주도로 천적이용이 가능해짐
   - 농가주도형 적극적인 해충 관리 가능: 업그레이드 현장적용기법에 의한 천적 방제 모델 적용으로 천적활용 농산물로서의 가격 차별화 가능

3. 농업인 교육프로그램 적용(이론, 현장)
   - 경기도농업기술원과 천적곤충자원산업화지원센터 교과과정과 연계
   - 천적곤충자원산업화지원센터의 컨트롤타워 역할수행으로 천적생산, 현장적용의 전국적인 확대 가능
   - 경북농민사관학교 산업곤충과정과 연계
   - 천적곤충 사용 매뉴얼 보급을 통한 농업인의 효과적인 천적 사용 유도

4. 친환경농업활성화를 위한 핵심 기술 이전
   - 천적생산 및 유통, 현장적용시스템 → 국내 천적곤충산업, 친환경농업의 기반 구축

5. 사업화 계획

※ 다양한 분야에 지속가능한 천적을 활용한 해충방제기법 적용 및 홍보



- 생산계획

| 구분 | | (2021년)<br>개발 종료 후 1년 | (2022년)<br>개발 종료 후 2년 | (2023년)<br>개발 종료 후 3년 |
|---|---|---|---|---|
| 국내 | 시장점유율(%) | 2 | 5 | 10 |
| | 판매량(단위: 개) | 1,200 | 3,800 | 6,000 |
| | 판매단가(만원) | 6.6 | 6.6 | 6.6 |
| | 국내매출액(백만원) | 80 | 250 | 400 |
| 해외 | 시장점유율(%) | - | 0.1 | 1 |
| | 판매량(단위: 개) | - | 6,000 | 60,000 |
| | 판매단가($) | - | 66 | 66 |
| | 해외매출액(백만$) | - | 0.4 | 4 |
| 당사 생산능력 (단위: 개) | | 2,000 | 6,000 | 60,000 |

- 투자계획

(단위: 백만원)

| 항목 | | ( 2021 년)<br>개발 종료 후 1년 | ( 2022 년)<br>개발 종료 후 2년 | ( 2023 년)<br>개발 종료 후 3년 |
|---|---|---|---|---|
| 매출원가 | | 24 | 75 | 120 |
| 판매관리비 | | 5 | 10 | 20 |
| 자본적 지출 | 토지 | - | - | - |
| | 건물/구축물 | - | - | - |
| | 기계 장치 등 | 10 | 30 | 50 |
| 자본적 지출 합계 | | 10 | 30 | 50 |

- 사업화 전략

| 구분 | 구체적인 내용 |
|---|---|
| 형태/규모 | o 상용화 형태 : 신규 천적 기주식물 패키지 제품<br>o 수요처 : 친환경 경영 농가<br>o 예상 단가 : 제품 옵션에 따라 45,000-70,000원 예상<br>o 개발 투입인력 및 기간 :<br>개발 투입인력 : 130M/M<br>개발기간 : 36개월 |
| 상용화 능력 및 자원보유 | o 본사 연구소에서 테스트 베드 완성 후 상품화<br>o 자체생산 인프라(사육시설)를 통한 생산계획<br>o IOBC 품질수준을 충족하는 품질관리 시스템 |
| 상용화 계획 및 일정 | o 시제품 개발 및 현장적용 시험 : 2020년<br>o 상품화 완료 예정 : 2020년<br>o 예상판매 개시 예정 : 2021년 |

# 제2절. 기대성과 및 파급효과

## 1. 기술적 측면

- 국내 최초 신규 광포식성 토착 천적자원의 제품화로 생물학적 방제효과 극대화
- 세계 최초 신규 기생성 토착 천적자원의 제품화로 수출포도 등의 위험분석과정에서 요구하고 있는 해충관리방안 충족 → 천적이용기술 체계화로 방제효과 극대화
- 신규 및 기존 천적자원의 산업화 기술 개발로 다양한 작물 및 지역으로 친환경농법 적용 확대 가능

**Fig. 7-1.** 친환경방제 기법 매뉴얼(예)

## 2. 경제 · 산업적 측면

- 천적 적용 신기술 개발과 시장 확대
- 신규 광포식성 토착 천적자원의 제품화로 국내 천적 시장에 경쟁력 확보 전망

**※ 2017년 기준으로 약 20% 시장을 점유할 경우 안정적으로 10억 원의 시장 창출이 가능**

**※ 2022년 천적 시장규모가 200억 원으로 예측되고 있으므로, 과제 종료 후 2년 안에 40억 원의 시장 창출이 가능할 것으로 기대**

- 신규 기생성 토착 천적자원의 제품화로 세계 천적 시장에 경쟁력 확보 전망

**※ 2015년 기준으로 약 5% 시장을 점유할 경우 2백억 원의 시장 창출이 가능**

- 침체된 천적 곤충 산업의 활성화 및 수출 신성장 동력산업으로 육성
- 천적을 활용한 친환경 농산물 생산에 따른 판매 증가로 농가 소득 극대화

**※ 천적을 활용한 농산물 인증을 통한 소비자 신뢰도 향상 가능**

- 천적생산, 현장적용 기법의 개발로 저투입 지속농업 실현 → 약제 사용 최소화로 친환경 농산물에 대한 소비자 신뢰도 향상

# 참고문헌


Andreazza, F., Bernardi, D., Baronio, C. A., Pasinato, J., Nava, D. E. and Botton, M., 2016. Toxicities and effects of insecticidal toxic baits to control *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). Pest Manag. Sci. 73: 146-152.

APQA. 2016. 2016 Year book of plant quarantine statistics. www.qia.go.kr

Biondi, A, Wang, X., Miller, J. C., Miller, B., Shearer, P. W. and Zappalà, L., 2017. Innate olfactory responses of *Asobara japonica* toward fruits infested by the invasive spotted wing Drosophila. J. Insect Behav. 30(5): 495-506.

Bonte, M, and De Clercq, P., 2010. Impact of artificial rearing systems on the developmental and reproductive fitness of the predatory bug, *Orius laevigatus.* J. Insect Sci. 10, 104.

Bout, A., Boll, R., Mailleret, L, and Poncet, C. 2010. Realistic global scouting for pests and diseases on cut rose crops. Journal of Economic Entomology. 103, 2242-2248.

Boyd, M. L. and Boethel, D. J., 1998. Residual toxicity of selected insecticides to heteropteran predaceous species (Heteroptera: Lygaeidae, Nabidae, Pentatomidae) on soybean. Environ. Entomol 27: 154-160.

Bruck, D. J., Bolda, M., Tanigoshi, L., Klick, J., Kleiber, J., DeFrancesco, J., Gredeman, B. and Spitler, H., 2011. Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. Pest Manag. Sci. 67: 1375-1385

Calvo, F. J., Bolckmans, K, and Belda, J. E. 2011. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. BioControl. 56: 185-192.

Choi, Y. S., Lee, Y. H., Seo, G. S., Choe, G. R., Hanh, K. S., Kim, B. R, and Yang, E.S., 2008. A study on the morphological characteristics of *Aphelinus varipes*. Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan, pp. 386-396.

Cohen, A. C. 2015. Insect Diets. Boca Raton. 473 pp.

Cole, P. Cutler, G. A. R., Kobelt, A. J. and Horne, P. A., 2010. Acute and long-term effects of selective insecticides on *Micromus tasmaniae* Walker (Neuroptera: Hemerobiidae), *Coccinella transversalis* F. (Coleoptera: Coccinellidae) and *Nabis kinbergii* Reuter (Hemiptera: Miridae). Aust. J. Entomol. 49: 160-165.

Cuthbertsonet, A. G. S., Collins, D. A., Blackburn, L. F., Audsley, N. and Bell, H. A., 2014. Preliminary screening of potential control products against *Drosophila suzukii.* Insects 5: 488-498.

Daane, K. M, Wang, X. G., Biondi, A., Miller, B., Miller, J. C. and Riedl, H., 2016. First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. J. Pest. Sci. 89(3): 823-835.

Dalton, D. T., Walton, V. M., Shearer, P. W., Walsh, D. B., Caprile, J. and Isaacs, R., 2011.

Laboratory survival of *Drosophila suzuki* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. Pest Manag.t Sci. 67, 1368-1374.

Denys, C, and Tscharntke, T., 2002. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop field, and fallows. Oecologial. 130, 315-324.

Diepenbrock, L. M., Hardin, J. A. and Burrack, H. J., 2016. Season-long programs for control of *Drosophila suzukii* in southeastern U.S. blueberries. J. Crop Prot. 81: 76-84.

Ding, Y., Yang, Q. F., Li, Q., Jiang, C. X, amd Wang, H. J., 2016. Effects of temperature on the development and reproduction of *Orius minutus* (Hemiptera: Anthocoridae). Acta Entomol. Sin. 59, 647-653.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2017. Guideline for packing, shipping, holding and release of sterile flies in area-wide fruit fly control programmes, 2nd ed., FAO, Rome, Italy.

Frere, I., Balthazar, C., Sabri, A, and Hance, T., 2011. Improvement in the cold storage of *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiinae). Eur. J. Environ. Sci. 1, 33-40.

Furihata, S, Matsumura, T., Hirata, M., Mizutani, T., Nagata, N. and Kataoka, M., 2016. Characterization of venom and oviduct components of parasitoid wasp *Asobara japonica.* PLoS ONE 11(7): e0160210.

Ghazy, N. A, and Amano, H., 2016. The use of the cannibalistic habit and elevated relative humidity to improve the storage and shipment of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 69, 277-287.

Girod, P., Borowiec, N, Buffington, M., Chen, G., Fang, Y. and Kimura, M. T., 2018. The parasitoid complex of *D. suzukii* and other fruit feeding *Drosophila* species in Asia. Sci. Rep. 8(1): 11839.

Girod, P, Lierhmann, O., Urvois, T., Turlings, T. C. J., Kenis, M. and Haye. T., 2018. Host specificity of Asian parasitoids for potential classical biological control of *Drosophila suzukii.* J. Pest. Sci. 91(4): 1241-1250.

Girod, P, Rossignaud, L., Haye, T., Turlings, T. C. J. and Kenis. M., 2018. Development of Asian parasitoids in larvae of *Drosophila suzukii* feeding on blueberry and artificial diet. J. Appl. Ecol. 142(5): 483-494.

Gotoh, T., Yamaguchi, K, and Mori, K., 2004. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius* (*Neoseiulus*) *californicus* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 32, 15-30.

Guerrieri, E., Giorgini, M., Cascone, P., Carpenito, S. and Achterberg, C. V., 2016. Species diversity in the parasitoid genus *Asobara* (Hymenoptera: Braconidae) from the native area of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). PLoS ONE. 11(2): e0147382.

Haghani, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A, and Baniameri, V., 2007. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera:

Agromyzidae) on cucumber. J. Pest Sci. 80, 71-77.

Ham, E. H, and Lim, U. T., 2020. A study on the commercialization of the beneficial insect pack for the domestic agricultural environment in Korea. 81 pp.

Ham, E. H., 2018. A study on the selection and application methods of suitable natural enemies for the domestic agricultural environment in Korea. Kyungpook National University. 165 pp.

Haviland, D. R, and Beers, E. H., 2012. Chemical control programs for *Drosophila suzukii* that comply with international limitations on pesticide residues for exported sweet cherries. J. Int. Pest Manag. 3: 1-6.

Honek, A, and Kocourek., 1988. Thermal requirements for development of aphidophagous coccinellidae (Coleoptera), chrysopidae, hemerobiidae (Neuroptera), and syrphidae (Diptera): some general trends. Oecologia. 76, 455-460.

Iacovone, A., Ris, N., Poirié, M. and Gatti. J. L., 2018. Time-course analysis of *Drosophila suzukii* interaction with endoparasitoid wasps evidences a delayed encapsulation response compared to *D. melanogaster*. PLoS ONE. 13(8): e0201573.

IOBC., 2002. IOBC quality control guidelines for natural enemies. IOBC. 31 pp.

Ideo, S., Wtada, M., Mitsui, H. and Kimura. M. T., 2018. Host range of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of drosophilid flies. Entomol. Sci. 11(1): 1-6.

Jalali, M. A., Tirry, L., Arbab, A and, De Clercq, P., 2010. Temperature-dependent development of the two-spotted ladybeetle, *Adalia bipunctata*, on the green peach aphid, *Myzus persicae*, and a factitious food under constant temperatures. J. Insect Sci. 10, 1-14.

Jeong, H. K. and Han, J. H., 2018. An analysis of the amount of willingness to pay for environment-friendly agricultural processed foods by the level of consumption intention. Korean J. Org. Agric. 26(4): 543-558.

Jeong, M. P., 2011. Ecological study on temperature tolerance and temperature response of insects. Fall Conference of Korean J. Appl. Entomol. 6-6.

Jun, H. J., 2020. A study on the plant-less mass rearing system and field application of domestic indigenous predator *Orius minutus*. Master's thesis, Kangwon National University, Kangwon.

Kim, C. H, and Gu, D. S., 2008. Basic knowledge of using natural enemies. Using natural enemies interchange center. 131 pp.

Kim, J. H., Kim, H. Y., Han, M. J., Choi, M. Y., Hwang, S. J, amd Lee, M. S., 2009a. Cold storage effect on the biological characteristics of *Orius laevigatus* (Fiber) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Korean J. Appl. Entomol. 48, 361-368.

Kim, Y. G., Heo, H.J., Kim, G. S., Hahm, E. H., Kim, J. W., Kang, S. Y, and Kwon, K. M., 2009b. Effect of a low temperature-induced quiescence on short term storage of an egg parasitoid, *Trichogramma* sp. Nabis 101. Korean J. Appl. Entomol. 48, 369-375.

Kim, Y. H., Kim, J. H., Byeon, Y. W., Kim, J. S, and Park, S. D., 2005. Biological control of aphids using natural enemies on the fruit vegetables. Rural Development Administration, Jeonju,

pp. 135-147.

Kohyama, T. Onizawa, I. K. and Kimura, M. T., 2017. Growth rate adjustment of two *Drosophila* parasitoids in response to the developmental stage of hosts. Ecol Entomol. 42(6): 785-792.

Kohyama, T. I. and Kimura. M. T., 2015. Toxicity of venom of *Asobara* and *Leptopilina* species to *Drosophila* species. Physiol. Entomol. 40(4): 304-308.

Kwon, Y. H., 2017. A study on the attitudes of consumer and farmers towards eco-friendly egg. Konguk university Graduate school of agriculture & animal science Master's degree. 52 pp.

Lee, G. H., 2020. A Study on the utilization status and development of domestic low temperature (frozen and refrigerated) parcel service. Master's thesis, Pukyong National University, Busan.

Lee, H. S, and Gillespie, D. R., 2011. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. Exp. Appl. Acarol. 53, 17-27.

Lee, J. S., 2016. Development of the commercialization of beneficial insect for strategic export. Report, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong.

Lee, J. S., Ham, E. H., Jun, H. J., Lee, Y. S, and Lim, U. T., 2018. Development of High Efficiency beneficial insect Package using attractant and repellent agent. 128 pp.

Lee, Y. S., Jang, M. J., Lee, H. J., Jung, G. H, and Ju, Y. C., 2014. A study on availability provision of native natural enemy. GARAS report. 499-510.

Lepage, M. P., Bourgeois, G., Brodeur, J, and Boivin, G., 2012. Effect of soil temperature and moisture on survival of eggs and first-instar larvae of *Delia radicum*. Environ. Entomol. 41, 159-165.

Li, J., Lu, J., Qu, Y., Yang, Y, and Wu, Q., 2003. Effect of temperature on developmental duration of *Amblyseius cucumeris*. Ying Yong Sheng Tai Xue Bae. 14, 2255-2257.

MAFRA. (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), 2016. The Second, 5-yesr plan to build up the insect industry from 2016 to 2020. MAFRA. Sejong.

Markets and markets. 2017. Beneficial Insects (Macrobials) Market by Type (Predators, Parasitoids, Pathogens, and Pollinators), Application (Crop Protection and Crop Production), and Region-Global Forecast to 2022. 179 pp.

Markkula, M. and Tiittanen, K., 1976. "Pest in First" and "natural infestation" methods in the control of *Tetranychus urticae* Koch with *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot on glasshouse cucumbers. Annual Entomology Fenn. 15: 81-85.

Matsuura, A., Mitsui, H. and Kimura, M. T., 2018. A preliminary study on distributions and oviposition sites of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and its parasitoids on wild cherry tree in Tokyo, central Japan. Appl. Entomol. Zool. 53(1): 47-53.

Ma, W. J., Pannebakker, B. A., Zande, L. V. D., Schwander, T., Wertheim, B. and Beukeboom. L. W., 2015. Diploid males support a two-step mechanism of endosymbiont-induced thelytoky in a parasitoid wasp experimental evolution. BMC Evol Biol. 15(1): 84 pp.

McEvey, S., 2017. High resolution diagnostic images of Drosophila sub-pulchrella(Diptera: Drosophilidae).

figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5363431.v1

Mendes, S. M., Bueno, V. H. P, and Carvalho, L. M., 2005. Development and thermal requirements of *Orius insidious* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). Rev Bras Entomol. 49, 575-579.

Messelink, G. J, and Janssen, A., 2014. Increased control of thrips and aphids in greenhouses with two species of generalist predatory bugs involved in intraguild predation. BioControl. 79: 1-7.

Metcalf, R. L, and Luckmann, W. H., 1994. Introduction to insect pest management. 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 672 pp.

MFDS. (Ministry of Food and Drug Safety)., 2020. Refrigerated livestock delivery and distribution guidelines. MFDS, Cheongju.

Morales-Romos, J. A, and Rojas, M.G., 2017. Temperature-dependent biological and demographic parameters of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). J. Insect Sci. 17, 1-9.

Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G, and Shaoiro-llan, D. I., 2013. Mass Production of Beneficial Organisms. Academic Press. 764 pp.

Morewood, W.D., 1992. Cold storage of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 13, 231-236.

Morrisson, D. E, Bradley, J. R. and Duyn. J. W. V., 1979. Populations of corn earworm and associated predators after applications of certain soil-applied pesticides to soybeans. J. Econ. Entomol. 72: 97-100.

Nakahira, K., Nakahara, R, and Arakawa, R., 2005. Effect of temperature on development, survival, and adult body size of two green lacewings, *Mallada desjardinsi* and *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae). Appl. Entomol. Zool. 40, 615-620.

Newton, P. J, and Odendaal, W. J., 1990. Commercial inundative releases of *Trichogrammatoidea cryptophlebiae* [Hym.: Trichogrammatidae] against *Cryptophlebia leucotreta* [Lep.: Tortricidae] in citrus. Entomophaga. 35: 545-556.

Ng, C. Z., Lean, Y. L., Yeoh, S. F., Lean, Q. Y., Lee, K. S., Suleiman, A. K., Liew, K. B., Kassab, Y. W., Al-Worafi, Y. M, and Ming, L.C., 2020. Cold chain time-and temperature-controlled transport of vaccines: a simulated experimental study. Clin Exp Vaccine Res. 9, 8-14.

Nomano, F. Y., Mitsui, H. and Kimura, M. T., 2015. Capacity of Japanese *Asobara* species (Hymenoptera: Braconidae) to parasitize a fruit pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Appl. Ecol. 139(2): 105-113.

Novković, B., Oikawa, A., Murata, Y. Mitsui, H. and Kimura. M. T., 2012. Abundance and host associations of parasitoids attacking frugivorous drosophilids on Iriomote-jima, a subtropical island of Japan. Eur. J. Entomol. 109(4): 517-526.

Oh, C. H., Jin, H. Y., Ahn, T. H., Song, Y. J., Jun, H. J., Lee, J. S, and Ham, E. H., 2017. A preliminary study of *Oxalis corniculata* L. as a new banker plant: Control efficacy against *Panonychus citri* (McGregor) and feeding ability of two natural enemies on *Tetranychina harti* (Ewing). Korean J. Appl. Entomol. 56: 267-273.

Ohta, I., 2001. Effect of temperature on development of *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) fed on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Appl. Entomol. Zool. 36, 483-488.

O'Neil, R. J., Giles, K. L., Obrycki, J. J., Mahr, D. L, Legaspi, J. C, and Katovich, K., 1998. Evaluation of the quality of four commercially available natural enemies. Biol. Control. 11, 1-8.

Poyet, M., Havard, S, Prevost, G., Chabrerie, O., Doury, G. and Gibert, P., 2013. Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load. Physiol. Entomol. 38(1): 45-53.

Prado S. G, and Frank S. D., 2013. Compact plants reduce biological control of *Myzus persicae* by *Aphidius colemani*. BioControl. 65: 184−189.

Prevost, G., Eslin, P., Cherqui, A., Moreau, S. and Doury, G., 2012. When parasitoids lack polydnaviruses, can venoms subdue the hosts? The case study of Asobara species. Academic Press. 255-266.

Pritam, S, and Moore, R. F., 1985. Handbook of Insect Rearing. Elsevier Science Publishers BV. 1002 pp.

RDA. (Rural Development Administration), 2013. Rearing standards and specification for beneficial Insect (I), National Academy of Agriculture Science, RDA, Suwon.

RDA. (Rural Development Administration), 2018. Set up meeting report of council for the development of natural enemy industry. NAAS. 43 pp.

Riddick, E. W. and Morales-Ramos, J.A., 2017. In-transit temperature extremes could have negative effects on ladybird (*Coleomegilla maculate*) hatch rate. Trends Entomol. 13, 1-11.

Riis, L., Esbjerg, P. and Bellotti, A. C., 2005. Influence of temperature and soil moisture on some population growth parameters of *Cyrthomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae). Fla. Entomol. 88, 11-22.

Risch, S. J, Andow, D. and Altieri, M. A., 1983. Agroecosystem diversity and pest control; data, tentative conclusions, and new research directions. Environmental Agriculture. 12, 625-629.

Reumer, B. M., Alphen, J. J. M. v. and Kraaijeveld, K., 2012. Occasional males in parthenogenetic populations of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae): Low *Wolbachia* titer or incomplete coadaptation. Heredity 108(3): 341-346.

Sampaio, M. V., Bueno, V. H. P., Rodrigues, S. M. M., Soglia, M. C, and De Conti, B. F., 2007. Development of *Aphidius colemani* Viereck (Hym.: Braconidae, Aphidiinae) and alterations caused by the parasitism in the host *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) in different temperatures. Neotrop. Entomol. 36, 436-444.

Sanchez, J. A. and Lacasa, A., 2002. Modelling population dynamics of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to optimize their use as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Bull. Entomol. Res. 92, 77-88.

Sanchez, J. A., Lacasa, A., Arno, J., Castane, C. and Alomar, O., 2009. Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. J. Appl.

Entomol. 133, 125-132.

Schneider, J. C., 2009. Principles and Procedures for Rearing High Quality Insects. Mississippi State University. 370 pp.

Shawer, R., Tonina, L., Tirello, P., Duso, C. and Moric, N., 2018. Laboratory and field trials to identify effective chemical control strategies for integrated management of Drosophila suzukii in European cherry orchards. J. Crop. Prot. 103: 73-80.

Sigsgaard, L., 2000. The temperature-dependent duration of development and parasitism of three cereal aphid parasitoids, *Aphidius ervi*, *A. rhopalosiphi,* and *Praon volucre*. Entomol. Exp. Appl. 95, 173-184.

Simmons, A. M. and Legaspi, J. C., 2004. Survival and predation of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), after exposure to a range of constant temperatures. Environ. Entomol, 33, 839-843.

Soleymani, S. and Hakimitabar, M., 2016. Prey preference of predatory mite *Amblyseius swirskii*(Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae*(Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci*(Hemiptera: Aleyrodidae). Biocontrol Science and Technology. 26(4): 562.569.

Stenseth, C., 1979. Effect of temperature and humidity on the development of *Phytoseiulus Persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acarina: Phytoseiidae. Tetranychidae). BioControl. 24, 311-317.

Stoltz, R. L, and Stern, V. M., 1979. Comparative insecticide induced mortality of *Nabis americoferus* in cotton. Environ. Entomol 8: 48-50.

Tauber, M. J., Tauber, C.A., Daane, K. M. and Hagen, K. S., 2000. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysoperla). Am. Entomol. 46, 1. 26-38.

Tellez, M del M., Simon, A., Rodriquez, E, and Janssen, D., 2017. Control of Tomato leaf curl New Delhi virus in zucchini using the predatory mite *Amblyseius swirskii*. BioControl. 114: 106-113.

van Lenteren, J. C., 2003. Quality Control and Production of Biological Control Agents (Theory and Testing Procedures). CABI Publishing. 327 pp.

van Lenteren, J. C., 2012. IOBC internet book of biological control. IOBC-Global home (www.iobc-global.org) 182 pp.

van Lenteren, J. C., Hale, A., Klapwijk, J. N., van Schelt, J. and Steinberg, S., 2003. Guidelines for quality control of commercially produced natural enemies, in: van Lenteren, J.C. (Ed.), Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures. CABI Publishing, Cambridge, pp. 265-303.

van Lenteren, J. C. and Tommasini, M. G., 2003. Mass production, storage, shipment and release of natural enemies in quality control and production of biological agents, in: van Lenteren, J.C. (Ed.), Quality control and production of biological control agents: theory

and testing procedures. CABI Publishing, Cambridge, pp. 181-189.

van Lenteren, J. C., van Vianen, A., Hatala-Zseller, I. and Budai, Cs., 1989. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera, Aleyrodidae). J. Appl. Entomol. 108: 113-130.

Van Timmeren, S. and Isaacs, R., 2014. Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii,* by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs. Crop. Prot. 54: 126-133.

Yamashita, S., Takigahira, T. and Takahashi. K. H., 2018. Genome-wide association analysis of host genotype and plastic wing morphological variation of an endoparasitoid wasp *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae). Genetica 146(3): 313-321.

Zamani, A. A., Talebi A., Fathipour, Y. and Baniameri, V., 2007. Effect of temperature on life history of *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), two parasitoids of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). Environ. Entomol. 36, 263-271.

농기자재신문, 2015. 국내시장 정체…수출 드라이브 정책 필요. http://www.newsam.com.kr/mobile/article.html?no=7859

농촌진흥청. 2011. 하늘이 내린 적, 천적(天敵). RDA Interrobang 59호. 20 pp.

신수정, 지창우, 김지은, 최병렬, 박홍현. 2016. 뒤영벌(*Bombus terretris*)을 이용한 비벡터링(bee-vectoing) 적용 살충제 선발 및 포장효과 조사. 한국응용곤충학회 학술대회논문집 춘계학술발표회. 103-103.

조점래, 김정환, 박창규, 지창우. 2016. 파프리카 해충의 천적중심 최적관리 모델개발. 영농기술정보. 11 pp.

한국농촌경제연구원. 2016. 2016 국내외 친환경농산물 생산실태 및 시장전망. 25 pp.

한국농촌경제연구원. 2019. 세계농업 2019 제231호. 한국농촌경제연구원. 191 pp.

[별첨 1]

# 연구개발보고서 초록

<table>
<tr><td rowspan="2">과 제 명</td><td colspan="5">(국문) 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="5">(영문) Development of mass production and field application system for natural enemies being used to control insect pests</td></tr>
<tr><td>주관연구기관</td><td colspan="2">㈜오상킨섹트</td><td rowspan="2">주 관 연 구<br>책 임 자</td><td colspan="2">(소속) ㈜오상킨섹트</td></tr>
<tr><td>참 여 기 업</td><td colspan="2">㈜오상킨섹트</td><td colspan="2">(성명) 함은혜</td></tr>
<tr><td rowspan="4">총연구개발비<br><br>(687,000천원)</td><td>계</td><td>687,000,000</td><td>총 연 구 기 간</td><td colspan="2">2018. 04.～ 2020. 12. (2년 8월)</td></tr>
<tr><td>정부출연<br>연구개발비</td><td>550,000,000</td><td rowspan="3">총 참 여<br>연 구 원 수</td><td>총 인 원</td><td>30명</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>137,500,000</td><td>내부인원</td><td>28명</td></tr>
<tr><td>연구기관부담금</td><td>-</td><td>외부인원</td><td>2명</td></tr>
</table>

○ 연구개발 목표 및 성과

천적 곤충의 대량생산 및 현장적용 시스템 개발로 친환경 농업의 활성화에 기여

- 현장적용 시스템 관련 기술정보 수집 및 분석
- 방제효과가 검증된 천적곤충 2종에 대한 현장적용시스템 개발
- 기생성 천적 우화 상자 개발, 특허출원 및 기술이전
- NEF 기법을 이용한 천적 적용시스템의 현장 실증
- 신규 천적 2종에 대한 최적 제품화 기술개발(제품화 형태와 유통방안 마련)
- 외부기상조건별 저온 유통방법 개발
- 천적 곤충 제품의 포장 표준화 구축 완료
- 천적적용기법의 현장보급
- 천적 활용농산물 인증 마크 제작
- 신규 천적 2종의 대량사육 기술 구축 및 현장적용 기술 마련
- 신규 천적곤충의 해충에 대한 밀도억제 효과 실증과 저독성 약제 선발

○ 연구내용 및 결과

- 진디벌류, 애꽃노린재류에 대한 현장적용형 생산시스템 구축 및 도식화
- 현장적용 시스템 관련 70건의 기술정보 수집, 그중 문제특허 8건 도출 및 분쟁위험 특허 3건에 대한 정밀 분석 완료

- 콜레마니진디벌 우화 상자에서 무처리보다 37.2% 높은 우화율을 확인할 수 있었음
- 천적 제품 유통현황 및 냉매제의 온도 유지효과 확인
- 외부온도에 따른 천적 곤충 포장 표준화 구축
- 아열대온실에서 애꽃노린재와 서식처를 혼합 적용했을 때, 총채벌레의 밀도는 천적 서식처 적용 1년차에 전년 대비 70.6%, 2년차에 98.7%로 통계적으로 유의한 해충밀도 감소효과를 확인함
- 시설 고추, 피망, 멜론과 오이에서 작기 종료 시점에 진딧물, 총채벌레와 잎응애류는 엽당 평균 2마리 이하의 낮은 밀도를 보였으며, 콜레마니진디벌과 미끌애꽃노린재는 엽당 평균 0.1 ~ 1마리의 밀도를 유지해 천적의 해충방제효과 확인함
- 시설 고추에서 서식처 조성 방법은 해충의 밀도에 큰 영향을 미치지는 않으므로 적용 현장에 공간적 여유가 있다면 군락으로 조성하는 것이 해충 방제에 효과적임을 확인함
- 신규 천적 2종의 제품화 형태 설정(벗초파리기생벌은 번데기, 긴날개쐐기노린재는 성충과 약충 형태로 제품화 활용)
- 벗초파리기생벌과 긴날개쐐기노린재에 대한 품질기준안 마련
- 외부환경조건별 저온유통방법 및 천적 제품의 포장 표준화 구축
- 천적적용기법의 현장보급 완료(기술 소개: 127개 현장, 보급: 40개 현장, 심층 컨설팅: 5개 현장)
- 천적 활용농산물 인증 마크 제작(출원번호: 30-2020-0063874)
- 신규 천적 2종 선발(기생성 천적: 벗초파리기생벌, 포식성 천적: 긴날개쐐기노린재) 및 대량사육을 위한 특성 구명 수행
- 벗초파리기생벌의 벗초파리에 대한 기생특성 확인
- 벗초파리기생벌에 기생된 벗초파리와 정상 벗초파리의 외형적 특성 차이 확인, 선호하는 벗초파리 유충의 령기는 2령이었으며, 사육 최적 온도는 25℃임을 구명
- 벗초파리와 벗초파리기생벌의 우화 기간의 차이를 통해 향후 제품화 시 둘을 분리할 수 있는 특성 구명
- 벗초파리기생벌의 대량사육에 필요한 대체 기주인 노랑초파리 선발 및 노랑초파리에 대한 기생특성을 구명하였으며 이 결과를 토대로 기주 해충과 벗초파리기생벌의 대량생산을 위한 사육기술 구축
- 벗초파리기생벌의 현장적용을 위하여 제주도 포장과 경기도농업기술원 온실에서 방제효과 검증시험을 수행하였으며 벗초파리기생벌의 처리구에서 벗초파리의 발생 밀

도억제 효과 확인

- 추가적으로 벗초파리기생벌이 블루베리 내 벗초파리 번데기 발생을 억제하는 효과가 있음을 밝힘
- 신규 포식성 천적인 긴날개쐐기노린재의 포식 가능 해충, 온도에 따른 발육 및 산란 특성, 산란장소 및 행동적 특성에 대한 검증을 통하여 대량사육을 위한 환경조건을 밝혔으며, 대량사육을 위한 적합 사육용기, 사육 및 산란 밀도, 채란기간 선발 완료
- 긴날개쐐기노린재의 대량생산을 위한 먹이해충 2종(복숭아혹진딧물, 싸리수염진딧물)에 대한 대량사육체계를 구축하였으며 이상 수행한 결과를 기반으로 긴날개쐐기노린재의 대량생산을 위한 사육기술 구축 완료
- 긴날개쐐기노린재의 현장적용을 위하여 미소해충(총채벌레류, 진딧물류)에 대하여 방제효과 검증 시험을 수행하였으며 진딧물류에 대하여 밀도억제 효과가 있음을 밝힘
- 벗초파리 기생벌이 페트리디시내 블루베리에서 93.2%의 높은 기생률을 보여줌
- 포트에 재식한 딸기에서 기생벌을 방사한 처리구에서 우화한 벗초파리 성충의 수가 감소됨
- 하지만 농가 실증에서는 기생벌에 의한 벗초파리의 밀도억제 효과가 없었음
- 포트 식물에서 긴날개쐐기노린재에 의한 3종의 해충류에 대한 밀도억제 효과는 없었음
- Spinosad, Chlorantraniliprole, $\lambda$-cyhalothrin은 벗초파리기생벌에 대해, Indoxacarb, Spinosad, Pymetrozine은 긴날개쐐기노린재에 대해 독성이 낮은 약제로 선발됨

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 신규 토착 천적의 타 작물 적용 확대 및 친환경 해충 방제효과 극대화
- 수입 천적 대체효과로 국내 곤충 생산 농가의 소득 증대에 기여
- NEF 천적적용기법의 확대 보급으로 천적 적용의 애로사항 해결
- 화학약제 대체 기술개발로 천적곤충산업의 활성화 도모
- 현장 주도형 방제기법 적용으로 천적의 방제효과 극대화
- 천적 현장 적용시스템구축으로 천적에 대한 농민의 인식 전환의 계기 제공
- 천적을 활용한 친환경 농업의 활성화로 지속가능한 방제기법 확대 보급

[별첨 2]

# 자체평가의견서

## 1. 과제현황

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 과제번호 | | 318024-3 | |
| 사업구분 | 농생명산업기술개발사업 | | | | |
| 연구분야 | 농림생물 | | | 과제구분 | 단위 |
| 사 업 명 | 농생명산업기술개발사업 | | | | 주관 |
| 총괄과제 | 기재하지 않음 | | | 총괄책임자 | 기재하지 않음 |
| 과 제 명 | 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | | | 과제유형 | (개발) |
| 연구기관 | (주)오상킨섹트 | | | 연구책임자 | 함은혜 |
| 연구기간 연 구 비 (천원) | 연차 | 기간 | 정부 | 민간 | 계 |
| | 1차연도 | 2018.04.26.~. 2018.12.31 | 150,000 | 37,500 | 187,500 |
| | 2차연도 | 2019.01.01.~ 2019.12.31 | 200,000 | 50,000 | 250,000 |
| | 3차연도 | 2020.01.01.~ 2020.12.31 | 200,000 | 50,000 | 250,000 |
| | 계 | 2018.04.26.~ 2020.12.31 | 550,000 | 137,500 | 687,500 |
| 참여기업 | ㈜오상킨섹트 | | | | |
| 상 대 국 | - | | 상대국연구기관 | - | |

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

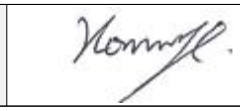
## 2. 평가일 : 2021년 2월

## 3. 평가자(연구책임자) :

| 소속 | 직위 | 성명 |
|---|---|---|
| ㈜오상킨섹트 | 과장 | 함은혜 |

## 4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

| 확 약 |  |
|---|---|

## Ⅰ. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (우수)

본 연구는 국내 최초 신규 광포식성 토착 천적 자원의 제품화로 생물학적 방제효과를 극대화시켜 다양한 작물 및 지역으로 친환경농법 적용 확대가 가능하다는 측면에서 우수하다고 판단됨. 또한, NEF 기술을 통해 개별 농업현장에서 정식과 동시에 예찰없이 천적을 적용할 수 있게 되어, 고질적인 천적 적용의 애로사항을 쉽게 해결했다는 점에서 창의성이 있다고 판단됨.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (우수)

본 연구에 접목한 NEF 기술은 산업통상자원부의 신기술인증을 받은 기술로써, 시범사업 등의 형태로 천적곤충을 직접 이용하고 있는 농가에 직접적인 홍보 및 타 작물에 대한 추가적인 효과검증이 이루어진다면 새로운 생물적 방제기술로서의 파급효과가 더욱 높아질 것으로 기대됨

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (우수)

본 과제를 통해 개발된 결과물들은 농업인과 시군농업기술센터에 보급할 예정이며, 관련 산업체에 기술이전도 완료한 바 있음. 추가적인 기술이전 수요가 있어 현재 기술이전상담을 별도로 진행하고 있음. 또한, 새로운 연구결과를 토대로 한 농자재의 개발 등 활용 가능성은 매우 높다고 생각됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (우수)

개발 주체인 기업, 데이터의 체계성 확보를 위한 대학, 농업기술 현장적용을 위한 농업기술원이 참여하여 개발된 각각의 기술들이 유기적으로 통합될 수 있도록 성실히 수행하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (우수)

| |
|---|
| 본 과제를 통해 특허출원 2건, 기술이전 2건, 기술인증 1건, 고용창출 6명, 교육 및 컨설팅 5건 등 산업적 성과를 도출했을 뿐만 아니라, 기술의 진보성을 척도 할 수 있는 논문 발표는 각 연구 참여기관의 성실한 참여를 바탕으로 당초 계획보다 많은 국내외 논문 게재 3건, 학술발표 16건, 전문연구 인력양성 2건 등 학술적 성과를 달성하였음 |

## Ⅱ. 연구목표 달성도

| 세부연구목표<br>(연구계획서상의 목표) | 비중<br>(%) | 달성도<br>(%) | 자체평가 |
|---|---|---|---|
| 방제효과가 검증된 천적의 현장적용기법 구축 | 5 | 100 | 연구 내용과 결과가 연구 목표와 계획에 부합하게 잘 수행됨 |
| 선발 종의 업그레이드 생산시스템 구축 | 5 | 100 | 연구 내용과 결과가 연구 목표와 계획에 부합하게 잘 수행됨 |
| 신규 선발 천적의 제품화 기술개발 | 10 | 100 | 연구 내용과 결과가 연구 목표와 계획에 부합하게 잘 수행됨 |
| 외부기상조건별 저온유통방법 개발 | 10 | 100 | 연구 내용과 결과가 연구 목표와 계획에 부합하게 잘 수행됨 |
| 천적적용기법의 현장보급 | 10 | 100 | 천적적용기법 현장보급 완료 |
| 신규 천적의 선발 | 5 | 100 | 신규천적 2종 벗초파리기생벌, 긴날개쐐기노린재를 선발하였음 |
| 신규 천적의 대량생산을 위한 특성 구명 | 9 | 100 | 선발한 신규 천적의 대량생산을 위한 특성 구명 |
| 신규 천적의 대량생산기술 개발 | 10 | 100 | 선발 신규 천적 2종 및 천적 먹이 해충의 대량사육기술을 구축하였음 |
| 신규 천적의 현장 실증 및 보완 | 10 | 100 | 신규 천적에 대한 현장실증을 수행하였으나 현장 적용을 위한 보완점에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 보임 |
| 천적활용농산물 인증기준안 건의 | 2 | 0 | 인증에 관련한 추가적인 자료 수집 및 연구를 통해 종료1차년도에 추진할 계획임 |
| 신규천적곤충의 방제력 검증(실내검증, 현장 실증) | 12 | 100 | 연구 내용과 결과가 연구 목표와 계획에 부합하게 잘 수행됨 |
| 현장적용 문제점 보완(저독성 약제 선발) | 12 | 100 | 연구 내용과 결과가 연구 목표와 계획에 부합하게 잘 수행됨 |
| 합계 | 100 | 98 | - |

## Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

| |
|---|
| ○ 연구 내용과 결과가 연구목표와 계획에 부합하게 잘 수행되었고, 본 과제를 통해 구축한 천적곤충 생산 및 현장적용 시스템의 해충방제 효과검증도 완료했습니다.<br>○ 코로나 19 대발생으로 본 연구의 3차년도에 계획했었던, 일부 천적 적용시스템의 현장 교육이 취소되어 아쉬움이 남습니다. 그럼에도 불구하고 127개의 현장에 본 기술을 소개하였고, 40개 현장에 기술을 보급할 수 있었습니다. 본 과제 종료 후에도 확대 보급을 통한 지속가능한 천적적용기법의 국내정착에 앞장서도록 최선을 다하도록 하겠습니다. |

2. 평가 시 고려할 사항 또는 요구사항

| |
|---|
| ○ 본 과제의 수행기간 동안 방제효과가 검증된 천적곤충 2종과 신규 토착 천적 2종을 선발하고, 천적곤충 4종에 대한 대량생산/현장적용시스템을 구축했습니다. 또한, 천적 현장적용시스템의 방제효과를 14개 농업현장에서 12개 작물을 대상으로 검증한 바 있습니다. 방제효과가 검증된 천적 현장적용기법은 127개 농업현장에 소개했으며, 40개 현장에 보급을 완료했습니다.<br>○ 본 연구를 수행하면서 새로운 생물적 방제기법인 Natural Enemy in First (NEF) 기법을 구체화할 수 있었으며, 기술의 우수성과 신뢰를 높이기 위해 신기술인증 신청 및 산업통상자원부의 신기술(NET)인증을 획득하게 되었습니다. 새로운 개념의 제시/구체화를 통한 천적곤충의 현장적용기법을 구축하기까지 본 연구팀은 지속적인 노력을 아끼지 않았습니다. 본 과제 종료 후에도 천적곤충 산업의 활성화를 위해 끊임없이 노력하도록 하겠습니다.<br>○ 코로나 19 대발생으로 적극적인 현장 교육/보급에 어려움이 있었습니다. 신규 천적곤충의 산업화와 3년 동안 구축한 천적의 현장적용시스템을 확대 보급할 수 있도록 정부와 관련 부처의 지속적인 지원이 필요합니다. |

3. 연구 결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

| |
|---|
| ○ 본 과제를 통해 도출된 연구결과를 확대 보급을 위한 후속 조치가 필요하다고 생각되며, 신규 토착 천적의 선발 및 제품화 개발과제였던 만큼 본 연구에서 선발한 천적이 정착단계에 오를 수 있도록 추가적인 지원이 필요하다고 생각됩니다. |

## Ⅳ. 보안성 검토

| |
|---|
| - |

[별첨 3]

# 연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

| 사업추진형태 | ■자유응모과제 □지정공모과제 | 분 야 | - |
|---|---|---|---|
| 연 구 과 제 명 | 작물 해충 방제용 천적 대량생산 및 현장적용 시스템 개발 | | |
| 주관연구기관 | ㈜오상킨섹트 | 주관연구책임자 | 함 은 혜 |
| 연 구 개 발 비 | 정부출연 연구개발비 | 기업부담금 | 연구기관부담금 | 총연구개발비 |
| | 550,000,000 | 137,500,000 | - | 687,500,000 |
| 연구개발기간 | 2018.04.26.~2020.12.31 | | | |
| 주요활용유형 | ■산업체이전 ■교육 및 지도 □정책자료 □기타( ) | | | |

2. 연구목표 대비 결과

| 당초목표 | 당초연구목표 대비 연구결과 |
|---|---|
| 방제효과가 검증된 기활용 천적의 현장적용 기법 구축 | - 방제효과가 검증된 기활용된 천적 곤충 2종에 대한 현장적용기법 구축 완료 |
| 신규 천적의 제품화 기술개발 | - 신규 천적 2종에 대한 제품화 기술개발 완료 |
| 천적곤충 저온유통방법 개발 | - 외부기상조건별 저온 유통방법 구축 완료 |
| 천적곤충 현장적용시스템의 현장 실증 | - 14개 농업현장에서 12개 작물을 대상으로 천적곤충 현장적용시스템의 현장 실증 완료 |
| 천적적용기법의 현장보급 | - 127개의 농업현장에 기술 소개, 40개 현장에 기술보급 완료<br>- 천적 활용농산물 인증 마크 제작 완료 |
| 신규 천적의 선발 | - 신규 기생성천적인 벗초파리기생벌, 포싱성천적인 긴날개쐐기노린재 선발 완료 |
| 신규 천적 대량생산을 위한 특성구명 | - 신규 천적 2종에 대한 대량생산을 위한 발육, 산란, 먹이 해충 등 특성 구명 완료 |
| 신규천적의 대량생산기술 개발 | - 신규 천적 2종 및 먹이 곤충 대량생산기술 개발 완료 |
| 신규천적의 현장실증 및 보완 | - 신규 기생 성천적 벗초파리기생벌의 블루베리 벗초파리에 대한 현장 실증 수행 및 보완점 탐색<br>- 신규 포식성 천적 긴날개쐐기노린재의 토마토 총채벌레류, 오이,고추 진딧물류에 대한 현장실증 수행 및 보완점 탐색 |

| | |
|---|---|
| 천적활용농산물 인증기준안 건의 | - 인증기준안 건의 목표달성 미완료 |
| 신규천적곤충의 방제력 검증(실내 검증, 현장 실증) | - 벗초파리 기생벌이 페트리디시내 불루베리에서 93.2%의 높은 기생률을 보여줌<br>- 포트에 재식한 딸기에서 기생벌을 방사한 처리구에서 우화한 벗초파리 성충의 수가 감소됨<br>- 하지만 농가 실증에서는 기생벌에 의한 벗초파리의 밀도억제 효과가 없었음<br>- 포트 식물에서 긴날개쐐기노린재에 의한 3종의 해충류에 대한 밀도억제 효과는 없었음 |
| 현장적용 문제점 보완(저독성 약제 선발) | - Spinosad, Chlorantraniliprole, λ-cyhalothrin은 벗초파리 기생벌에 대해, Indoxacrab, Spinosad, Pymetrozine은 긴날개쐐기노린재에 대해 독성이 낮은 약제로 선발됨 |

3. 연구목표 대비 성과

| 성과 목표 | 사업화지표 | | | | | | | | | | 연구기반지표 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 지식 재산권 | | | 기술 실시 (이전) | | 사업화 | | | | 기술 인증 | 학술성과 | | | | 교육 지도 | 인력 양성 | 정책 활용·홍보 | | 기타 (타연구 활용 등) |
| | | | | | | | | | | | 논문 | | | | | | | | |
| | 특허 출원 | 특허 등록 | 품종 등록 | 건수 | 기술료 | 제품화 | 매출액 | 수출액 | 고용 창출 | 투자 유치 | SCI | 비SCI | 논문 평균 IF | 학술 발표 | | | 정책 활용 | 홍보 전시 | |
| 단위 | 건 | 건 | 건 | 건 | 백만원 | 백만원 | 백만원 | 백만원 | 명 | 백만원 | 건 | 건 | | 건 | | 명 | 건 | 건 | |
| 가중치 | 20 | | | 5 | 5 | 10 | 10 | | 10 | | 10 | | | 0 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 최종목표 | 2 | | | 1 | 5 | 2 | 20 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| 연구기간내 달성실적 | 2 | | | 2 | 5 | 2 | 20 | | 6 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 16 | 5 | 1 | 0 | 8 | 3 |
| 달성율(%) | 100 | | | 100 | 100 | 100 | 100 | | 100 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 100 | 100 |

4. 핵심기술

| 구분 | 핵 심 기 술 명 |
|---|---|
| ① | 신규 토착 및 현장적용이 용이한 기개발된 천적곤충 탐색 및 선발 |
| ② | 신규 및 기개발된 천적 곤충의 대량생산 기법개발 |
| ③ | 천적곤충 생산, 현장보급과 실증으로 농가 주도형 천적 이용기술 확립 |
| ④ | 천적곤충 및 외부기상조건별 유통시스템 구축 |
| ⑤ | 현장 실증을 통한 신규 천적 적용 및 문제점 보완 |
| ⑥ | 신규 천적곤충의 현장적용 문제점 보완(저독성 약제 선발) |

5. 연구결과별 기술적 수준

| 구분 | 핵심기술 수준 | | | | | 기술의 활용유형(복수표기 가능) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 세계 최초 | 국내 최초 | 외국기술 복 제 | 외국기술 소화·흡수 | 외국기술 개선·개량 | 특허 출원 | 산업체이전 (상품화) | 현장애로 해 결 | 정책 자료 | 기타 |
| ①의 기술 | V | V | | | | | | V | | |
| ②의 기술 | V | V | | | | | | V | | |
| ③의 기술 | | V | | | | V | V | V | | |
| ④의 기술 | | V | | | | | | V | | |
| ⑤의 기술 | V | | | | | | | V | | |
| ⑥의 기술 | V | | | | | | | V | | |

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

| 핵심기술명 | 핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과 |
|---|---|
| ①의 기술 | - 수입 천적 대신 신규 토착천적자원의 활용이 가능해 국내 천적시장 확대 예상<br>- 신규 토착천적의 다른 작물 적용 확대 및 해충 친환경 방제를 위한 천적 증대 |
| ②의 기술 | - 대량생산 기술을 적용한 천적 대량생산 및 천적 생산 효율성 증대 |
| ③의 기술 | - 천적 생산 및 유통, 현장적용시스템 → 국내 천적곤충산업, 친환경농업의 기반 구축 |
| ④의 기술 | - 외부기상조건별 항온조건을 배송지까지 유지할 수 있어 천적 효과 극대화 |
| ⑤의 기술 | - 현장 방제효과 증대를 위한 지속적 보완점 개선, 적용 및 농업인 해충방제 애로사항 해결 |
| ⑥의 기술 | - 학술지 논문 게재와 농업인 단체 교육을 통한 전파로 천적을 보존하는 친환경적인 농법 보급에 기여 |

7. 연구종료 후 성과창출 계획

| 성과목표 | 사업화지표 | | | | | | | | | | | 연구기반지표 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 지식재산권 | | | 기술실시(이전) | | 사업화 | | | | | 기술인증 | 학술성과 | | | | 교육지도 | 인력양성 | 정책활용·홍보 | | 기타(타연구활용등) |
| | | | | | | | | | | | | 논문 | | | | | | | | |
| | 특허출원 | 특허등록 | 품종등록 | 건수 | 기술료 | 제품화 | 매출액 | 수출액 | 고용창출 | 투자유치 | | SCI | 비SCI | 논문평균IF | 학술발표 | | | 정책활용 | 홍보전시 | |
| 단위 | 건 | 건 | 건 | 건 | 백만원 | 건 | 백만원 | 백만원 | 명 | 백만원 | 건 | 건 | 건 | | 건 | | 명 | | | |
| 가중치 | 10 | 10 | | 5 | 5 | 10 | 10 | | 10 | | 10 | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 최종목표 | 2 | 1 | | 1 | 5 | 2 | 270 | | 3 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| 연구기간내 달성실적 | 2 | | | 2 | 5 | | 20 | | 6 | | 1 | 1 | 2 | 1.1 | 16 | 5 | 1 | 0 | 8 | 3 |
| 연구종료후 성과창출 계획 | | 1 | | | | | 250 | | | | | | | | | | | | | |

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

| 핵심기술명[1] | 우화상자 | | |
|---|---|---|---|
| 이전형태 | □무상 ■유상 | 기술료 예정액 | 5,000 천원 |
| 이전방식[2] | □소유권이전 □전용실시권 ■통상실시권 □협의결정<br>□기타( ) | | |
| 이전소요기간 | - | 실용화예상시기[3] | 2021. |
| 기술이전시 선행조건[4] | - | | |

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.