

일반 과제(○) / 공개(○), 발간등록번호(○)
농생명산업기술개발사업 최종보고서

11-1543000-002228-01

노린재 알기생봉 알강총좀벌 (*Ooencyrtus nezarae*)의 대량인공사육기술 개발 최종보고서

2018. 1. 30.

주관연구기관 / 순천대학교
협동연구기관 / 전라남도농업기술원
(주)한국유용곤충연구소

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “노린재 알기생봉 알깡총좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)의 대량인공사육기술 개발”(개발기간 : 2015.12.18. ~ 2017.12.17.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 1. 30.

주관연구기관명 : 순천대학교 산학협력단 (대표자) 김 응 곧 (인)

협동연구기관명 : 전라남도농업기술원 (대표자) 김 성 알 (인)

농업회사법인(주)한국유용곤충연구소 (대표자) 양 영 철 (인)

주관연구책임자 : 순천대학교 홍 기 정

협동연구책임자 : 전남농업기술원 최 덕 수

(주)한국유용곤충연구소 박 영 규

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	115091-2	해당 단계 연구 기간	2015.12.18. ~2017.12.17	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	농생명산업기술개발사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	노린재 알기생봉 알깡충좀벌(<i>Ooencyrtus nezarae</i>)의 대량인공사육기술 개발			
연구책임자	홍 기 정	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부: 200,000천원 민간: 50,000천원 계: 250,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	총 연구개발 비	정부: 200,000천원 민간: 50,000천원 계: 250,000천원
연구기관명 및 소속부서명	순천대학교 식물학과			참여기업명 농업회사법인 (주)한국유용곤충연구소	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약				보고서 면수	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 반구형의 인공난각을 bag form 형태로 제작하여 인공배지를 분주한 인공알을 제작하였고, 난각 표면에 산란유도물질을 발라 알깡충좀벌 암컷성충의 산란을 유도 ○ 인공알에 산란하여 성충까지 정상적으로 발육하였고, 활력의 변화없이 3세대까지 산란을 지속 ○ 알깡충좀벌을 대량생산하기 위해 냉장알보다 인공알을 이용할 경우 거의 모든 공정을 자동화할 수 있음 ○ 인공알을 이용하여 알깡충좀벌을 대량으로 생산하기 위한 공정체계를 정리하고, 시제품을 제작 				52면	

국문요약문

		코드번호	D-01		
연구의 목적 및 내용	<p>농작물의 주요해충인 노린재류의 효과적인 생물적 방제를 위해 알깡총좀벌(<i>Ooencyrtus nezarae</i>)의 인공알 및 인공배지를 통한 대량사육기술을 개발할 목적으로 노린재류가 농작물에 미치는 경제적 피해 산출 및 기생천적 알깡총좀벌의 자연에서 발생환경조사를 통한 천적자원 활용의 기반을 조성하는 한편, 알기생봉인 알깡총좀벌의 대량사육을 위한 인공배지, 인공난각, 카이로몬을 탐색하여 상업화가 가능한 인공알 대량생산을 위한 공정체계를 수립하고자 함</p>				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ polypropylene film (두께 4mm)을 이용하여 반구형의 인공난각 12개 (3×4)를 bag form 형태로 제작하여 산누에나방 번데기 혈림프(40%)와 chicken yolk (20%), infant formula (30%), Neisenheimer's salt solution (10%), Penicillin (400 units), Streptomycin (400 units)으로 조성된 인공배지를 넣어 인공알을 제작하였고, 그 난각 표면에 톱다리개미허리노린재의 복부에서 추출한 산란유도물질을 발라 알깡총좀벌 암컷성충의 산란을 유도하였음 ○ 인공알에 산란된 알들은 부화율 65.1%, 용화율 54.6%, 우화율 49.2%을 나타냈고, 알에서 유충까지 기간 9-12일, 번데기 기간 7일로 자연 알에서 발육보다 알에서 유충기간이 3-5일 지연되었으나 성충까지 정상적으로 발육하였고, 그들의 뒷다리 종아리마디 길이(284μm)는 자연 알에서 발육한 것들(281μm)과 통계적으로 유의차가 없었으며, 활력의 변화없이 3세대까지 산란을 계속함 ○ 알깡총좀벌을 대량생산하기 위해 냉장알을 이용하는 것보다 인공알을 이용할 경우 비용 면에서 큰 차이가 없었고, 거의 모든 공정을 자동화할 수 있다는 장점을 지닌 기술임 ○ 알깡총좀벌의 성충은 살충제에 대한 감수성이 매우 높아 살충제나 유기농업자재가 살포되지 않는 포장에서 알깡총좀벌을 인공알로 증식하여 대량으로 방사할 수 있는 유효한 생물적 방제원으로 확인 ○ 인공알을 이용하여 알깡총좀벌을 대량으로 생산하기 위한 공정체계를 정리하였고, 그 시제품을 제작하여 상품화가 가능함 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 알깡총좀벌의 인공사육기술의 관련기관 및 산업체 기술이전 ○ 톱다리개미허리노린재 발생 콩 포장에 인공알 증식기술을 이용한 알깡총좀벌의 대량방사로 피해 최소화 ○ 노린재류가 문제되는 콩, 고추, 단감, 참다래 등 적용작물 확대 ○ 인공알 증식기술을 활용 짚시알깡총좀벌을 대량방사하여 항구주변 매미나방 발생밀도 억제 ○ 북미지역에서 문제시 되는 썩덩나무노린재의 기생벌에 인공알 증식기술을 적용한 수출 상품화 ○ 국내 천적산업의 활성화 및 일자리 창출 기여 				
중심어 (5개 이내)	알깡총좀벌	인공사육	노린재	알기생봉	인공알

< SUMMARY >

		코드번호	D-02		
Purpose & Contents	<p>This study was conducted to determine a suitable haemolymph for the development of artificial eggs of <i>Ooencyrtus nezarae</i> Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) that is a polyphagous egg parasitoid of various true bugs, including <i>Riptortus pedestris</i> (Fabricius) (Hemiptera: Alydidae), a major pest of soybean and fruit trees. In addition, the immature development time and the adult size of <i>O. nezarae</i> on artificial eggs were investigated.</p>				
Results	<p>Polypropylene droplets (0.4 mm thick) were prepared to generate artificial eggs. A total of 12 egg shells with a distance of 5 mm in between the eggs were made in each bag-form using a metallic rod as a hemispherical egg shell template (\varnothing2.2 mm \times H 2.2 mm). Each egg shell then was filled 4 μl of artificial medium, after which the bag-form was sealed to create an airtight bag (20 mm \times 5 mm \times 0.5 mm) isolated from outside pathogens.</p> <p>The artificial medium as the complex component of nutrition for development of parasitoid larvae, was used a haemolymph (40%) which was extracted from the pupae of <i>Antheraea pernyi</i>, a chicken yolk (20%), an infant formula (30%), a Neosenheimer's salt solution (10%), and penicillin (400units/ml) and streptomycin (400units/ml) as antifungal and antibacterial substances, respectively.</p> <p>To determine the best types of haemolymph, we evaluated haemolymphs from four insect species, the pupae of <i>Antheraea pernyi</i>, the pupae of <i>Caligula japonica</i>, the last instar larvae of <i>Tenebrio molitor</i>, and the last instar nymphs of <i>Riptortus pedestris</i>. The haemolymph of <i>A. pernyi</i> pupae was found to be most suitable for artificial eggs for the complete development of <i>O. nezarae</i>.</p> <p>Among 764 parasitoid eggs laid in artificial eggs, 49.2% successfully developed to adult parasitoids. The developmental time in artificial eggs was delayed by 3 - 5 days relative to that observed in natural host eggs. Nevertheless, the emergence rate from first instar larva reached 93%, and the lengths of hind tibia did not differ between adults from artificial and natural host eggs, suggesting that the emerged parasitoids were of equal quality as one developed in natural host eggs. Moreover, new generations that emerged from artificial eggs reproduced on all egg types offered (either natural or artificial eggs).</p> <p>None of the ingredients that must be considered for mass rearing of egg parasitoids, required for use of artificial eggs are more expensive than those needed when using refrigerated host eggs.</p>				
Expected Contribution	<p>The results of this experiment provide a new model of <i>in-vitro</i> mass rearing of <i>O. nezarae</i> able to produce parasitoids suitable for the biological control of <i>R. pedestris</i> under field conditions.</p>				
Keywords	<i>Ooencyrtus nezarae</i>	mass-rearing	true bug	egg parasitoid	artificial egg

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의개요	6
2. 국내외 기술개발 현황	9
3. 연구수행 내용 및 결과	11
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	38
5. 연구결과의 활용계획 등	40
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	40
7. 연구개발성과의 보안등급	40
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	40
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	41
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	42
11. 기타사항	42
12. 참고문헌	43

<별첨 1> 연구개발보고서 초록

<별첨 2> 자체평가의견서

<별첨 3> 연구성과 활용계획서

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

- 농작물의 주요해충인 노린재류의 효과적인 생물적 방제를 위해 알깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)의 인공알 및 인공배지를 통한 대량사육기술을 개발하고자 함

1-2. 연구개발의 필요성

[농작물에 있어서 노린재류의 피해]

- 국내 콩 자급율 향상을 위한 정책적인 지원으로 대단위 재배가 점차 증가하고 있으며, 이에 따라 노린재류의 발생 및 피해가 늘고 있어 생산량 증가에 악영향을 미치고 있음
 - 노린재류는 세계적으로 벼, 콩 등 식량작물뿐만 아니라, 참깨, 과수, 화훼, 약용작물까지 거의 모든 작물에 피해를 주는 것으로 알려져 있음(Theramoto and Nagi, 1983; Honda, 1986; Kono, 1989)
- 콩에 발생하는 노린재류는 국내에 약 20여 종이 알려져 있으며(Kang et al., 2003), 특히 콩의 품질을 저하시키는 노린재류는 톱다리개미허리노린재, 풀색노린재, 남쪽풀색노린재, 알락수염노린재 등 4종의 발생이 많다고 보고됨(Han and Choi, 1988)
 - 톱다리개미허리노린재는 노린재 중 국내 콩과작물에 가장 큰 피해를 주는 종(Lee et al., 1997)으로 이동성이 강하여 약제를 살포할 때 인근 포장이나 주변 잡초군으로 이동하여 있다가 일정 시간이 흐른 뒤 다시 이동해 오기 때문에 방제가 매우 어려운 상황임(Paik et al., 2006)
- 감은 2000년 현재 우리나라 과수 재배면적 상 가장 많이 재배되고 있으며, 단감은 전체 감 재배면적의 76.4%를 차지하고 있는데, 단감을 가해하는 주요 해충은 노린재류와 깍지벌레류로 농민들은 노린재류(씩덩나무노린재, 갈색날개노린재, 톱다리개미허리노린재)의 피해가 가장 크다고 느끼고 있음(Lee et al., 2001)

[노린재류에 대한 유용 기생봉 알깡충좀벌]

- 알깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)은 콩과 작물 및 과수(단감, 사과, 배 등)의 해충인 다음의 노린재류 알기생봉(egg parasitoid)임
 - 대상기주: 톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris*), *Anacanthocoris concoloratus*, 파리허리노린재(*A. sordidus*), 계눈노린재(*Chauliops fallax*), 시골가시허리노린재(*Cletus punctiger*), *C. rusticus*, 알락수염노린재(*Dolycoris baccarum*), 점박이등글노린재(*Eysarcoris guttiger*), 두점배허리노린재(*Homoeocerus unipunctatus*), 녹두허리노린재(*H. marginiventris*), 호리허리노린재(*Leptocorisa chinensis*), 무당알노린재(*Megacopta punctatissimum*), 풀색노린재(*Nezara antennata*), 남쪽풀색노린재(*N. viridula*), 가로줄노린재(*Piezodorus hybneri*), *P. guildinii*, 갈색날개노린재(*Plautia stali*) (Lim, 2013; CABI/CPC, 2015)

- 알깡충좀벌은 우리나라의 콩 및 과수 포장에서 보고되었고(Huh and Park, 2005), 톱다리개미허리노린재의 기생봉으로도 확인되었으며(Paik et al., 2007), 일본, 중국, 대만, 태국에 분포(Zhang et al., 2005)
- 알깡충좀벌은 톱다리개미허리노린재 1개의 알에서 평균 3.8마리의 암컷과 1.8마리의 수컷이 우화하여 평균 4.7마리가 기생
 - 실험실 조건(25°C, 16L:8D)에서 기주곤충의 알과 glucose를 넣어 주었을 때 암컷성충의 수명은 38일이고, 산란수는 평균 8.5개임
- 알깡충좀벌은 콩과 작물과 단감 재배지에서 발생하는 노린재류 방제를 위해 경남 밀양 지역의 콩 포장에서 채집(2005년 9월)하여 2006년 네덜란드 Entocare사에서 대량사육에 성공하였다고 하지만, 현재 상품화하여 사용 중인 국가는 없음(농림축산검역본부 금지품 수입허용 관련 검토 보고서, 2007)
 - 유사종인 짚시알깡충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*)은 우리나라 및 일본에 분포하고, EPPO 생물적 방제원 목록(EPPO List of Biological Control Agents, 2014)에 등재된 종이며, 1922년부터 매미나방(*Lymantria dispar*) 방제용으로 체코슬로바키아, 스페인, 모로코, 알제리, 포르투갈, 러시아, 우즈베키스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 우크라이나 등에서 천적상품으로 사용 중에 있음

[알깡충좀벌의 인공사육]

- 일본에서는 톱다리개미허리노린재의 알에 산란된 알깡충좀벌의 알을 꺼내어 *in vitro*에서 인공배지를 이용하여 사육한 결과, Cow milk (25%) + chicken egg yolk (25%) + 누에 혈림프(50%)에서 1령 유충 생존율 85.0%, 최종령 생존율 72.5%이었음(Takasu and Yagi, 1992)
- 이탈리아에서는 *in vitro*에서 인공알 및 인공배지를 이용하여 밤나방류 일종인 *Thaumetopoea pityocampa*의 기생봉인 *Ooencyrtus pityocampae*를 사육한 결과, 5마리의 성충을 얻을 수 있었음(Masutti et al., 1993)
- 국내에서는 *in vitro*에서 인공알 및 인공배지를 이용하여 매미나방(*Lymantria dispar*)의 기생봉인 짚시알깡충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*)을 사육한 결과, 기생율 100%, 성충 우화율 42.1%이었음(Lee and Lee, 1994)

[알깡충좀벌 유인을 위한 집합페로몬]

- 일본에서는 톱다리개미허리노린재의 합성집합페로몬인 (*E*)-2-hexenyl(*Z*)-3-hexenoate (E2HZ3H)에서 알깡충좀벌이 유인됨을 확인(Masuta et al., 2001)
- 국내에서도 톱다리개미허리노린재의 합성집합페로몬인 (*E*)-2-hexenyl(*Z*)-3-hexenoate (E2HZ3H), (*E*)-2-hexenyl(*E*)-2-hexenoate (E2HE2H), tetradecyl isobutyrate (T1)의 1:1:1 조합에서 알깡충좀벌이 유인됨을 확인(Huh et al., 2008)

- 국내에서도 톱다리개미허리노린재의 합성집합페로몬인 (*E*)-2-hexenyl(*Z*)-3-hexenoate (E2HZ3H), (*E*)-2-hexenyl(*E*)-2-hexenoate (E2HE2H), tetradecyl isobutyrate (T1)의 1:1:1 조합에서 알깡충좀벌이 유인됨을 확인(Huh et al., 2008)
- 매미나방(*Lymantria dispar*)의 기생봉인 짚시알깡충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*)의 산란유도를 위해 에탄올 400 μ l에 매미나방 400개의 알을 넣고 24시간 침적 후 추출하여 인공알에 처리하였을 때 산란율이 증가하였음(Lee and Lee, 1994)
- 따라서, 농작물의 주요해충인 노린재류의 효과적인 생물적 방제를 위해 알깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)의 인공알 및 인공배지를 통한 대량사육기술을 개발하고자 함

1-3. 연구개발 범위

- 인공배지 개발을 위해 혈림프 효능 비교 및 Chicken yolk와 Infant formula의 조성비 등을 검토하고, 인공알의 난각을 bag-form 형태로 가능한 소재를 탐색하여 적정 두께를 조사하며, 알기생봉의 유인력을 높이기 위한 카이로몬을 탐색한 후, 인공기주에서 수확된 성충의 생물적 속성을 평가할 것임
- 또한 천적자원 활용의 기반을 조성하기 위해 단감, 콩, 고추에서 노린재류의 발생소장 및 경제적 피해를 산출하고, 야외포장에서 알깡충좀벌 시기별 발생량을 조사할 것이며, 인공알에 대한 알깡충좀벌의 산란 단계별 행동학적 특성을 조사하고, 배지 준비, 배지 혼합, 인공난각에 배지 주입 등 인공알 제작 단계별 대량사육시스템에 적용할 공정체계를 수립할 것임

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
<p>[인공알을 이용한 알기생봉 <i>Trichogramma</i>의 대량사육]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 중국에서는 1970년대 중반부터 인공알과 인공배지를 이용하여 알기생봉인 <i>Trichogramma</i>의 인공사육을 시작하였음 <ul style="list-style-type: none"> - egg-cards를 바탕으로 한 대량사육 기술이 개발되었고, 1995년에 인공숙주 egg-cards의 대량생산을 위한 자동화 기계가 성공적으로 제작되었음(Liu et al., 1988) - 1990년대 후반에 Guangzhou와 Beijing에 2개의 인공숙주알 생산라인을 갖추(Wang et al., 2014) - 1990년대에 <i>in vitro</i>로 사육된 알기생봉을 Asian corn borer 및 cotton bollworm을 방제하기 위해 150,000ha에 걸쳐 방사됨(Wang, 2001) - <i>Trichogramma</i>는 <i>in vitro</i>로 사육된 상업적 제품이면서 해충 방제에 대량으로 이용된 첫 번째 알기생봉임 - 인공알을 이용한 <i>Trichogramma</i>의 대량사육(<i>T. dendrolimi</i> 및 <i>T. chilonis</i>)이 중국 북동부에서 2000년대 초에 중지되었으며, 그 이유로는 인공알을 이용하여 생산하는 비용이 산누에나방의 자연알을 이용하여 생산하는 비용보다 높았기 때문임(Wang et al., 2014) <p>[인공알을 이용한 알기생봉 <i>Ooencyrtus</i>의 사육기술]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일본에서는 톱다리개미허리노린재의 알에 산란된 알깡충좀벌의 알을 꺼내어 <i>in vitro</i>에서 인공배지를 이용하여 사육한 결과, Cow milk (25%) + chicken egg yolk (25%) + 누에 혈림프(50%)에서 1령 유충 생존율 85.0%, 최종령 생존율 72.5%이었음(Takasu and Yagi, 1992) ○ 이탈리아에서는 <i>in vitro</i>에서 인공알 및 인공배지를 이용하여 밤나방류 일종인 <i>Thaumetopoea pityocampa</i>의 기생봉인 <i>Ooencyrtus pityocampae</i>를 사육한 결과, 5마리의 성충을 얻을 수 있었음(Masutti et al., 1993) ○ 국내에서는 <i>in vitro</i>에서 인공알 및 인공배지를 이용하여 매미나방(<i>Lymantria dispar</i>)의 기생봉인 짚시알깡충좀벌(<i>Ooencyrtus kuvanae</i>)을 사육한 결과, 기생율 100%, 성충 우화율 42.1% 이었음(Lee and Lee, 1994) ○ 일본에서는 톱다리개미허리노린재의 합성집합페로몬인 (<i>E</i>)-2-hexenyl(<i>Z</i>)-3-hexenoate (E2HZ3H)에서 알깡충좀벌이 유인됨을 확인(Masuta et al., 2001) ○ 국내에서도 톱다리개미허리노린재의 합성집합페로몬인 (<i>E</i>)-2-hexenyl(<i>Z</i>)-3-hexenoate (E2HZ3H), (<i>E</i>)-2-hexenyl(<i>E</i>)-2-hexenoate (E2HE2H), tetradecyl isobutyrate (T1)의 1:1:1 조합에서 알깡충좀벌이 유인됨을 확인(Huh et al., 2008) 	

- 매미나방(*Lymantria dispar*)의 기생봉인 짚시알깡충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*)의 산란유도를 위해 에탄올 400 μ l에 매미나방 400개의 알을 넣고 24시간 침적 후 추출하여 인공알에 처리하였을 때 산란율이 증가하였음(Lee and Lee, 1994)
- 알깡충좀벌의 대량사육의 경우 현재까지 대체할 수 있는 자연기주알을 이용한 생산 방법이 확립되지 않았으며, 단지 톱다리개미허리노린재의 냉장된 기주알을 이용할 수 있음을 제시하였음(Alim and Lim, 2010)

3. 연구수행 내용 및 결과

[제1세부과제] 알깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)의 대량사육을 위한 인공배지 개발

○ 인공알의 인공배지 개발

- 인공배지 조성: Lee and Lee (1994)가 인공알을 이용하여 매미나방의 알기생봉인 짚시 알깡충좀벌을 사육할 때 이용한 인공배지 조성비율을 변형하여 사용하였고(표 1), Infant formula는 남양유업에서 시판중인 “아기사랑 秀” 조제분유를 구입하여 이용하였으며, Penicillin과 Streptomycin은 항곰팡이제 및 항세균제로 이용하였음

표 1. 알깡충좀벌의 인공사육을 위한 인공배지 조성

Ingredients	Percentage (%)
Haemolymph [†]	40
Chicken yolk	20
Infant formula [‡]	30
Neisenheimer's salt solution	10
Penicillin	400 units/ml
Streptomycin	400 units/ml

- 인공배지의 주성분인 혈림프(haemolymph) 선발

- 알깡충좀벌의 인공사육에 적합한 혈림프를 선발하기 위해 쉽게 다량으로 구입할 수 있는 4가지 곤충의 혈림프를 공시하였음

- ① 밤나무산누에나방(*Caligula japonica*) 번데기: 국내 밤나무 재배지 대량 발생
- ② 산누에나방(*Antheraea pernyi*) 번데기: 라오스에서 식용으로 시장에서 판매
- ③ 갈색거저리(*Tenebrio molitor*) 종령유충: 국내 식용 및 사료용으로 대량생산 중
- ④ 툽다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris*) 종령약충: 본 실험을 위해 대량사육 중

- 4가지 곤충의 혈림프를 이용하여 조성한 인공배지에서 알깡충좀벌을 사육한 결과, 툽다리개미허리노린재 종령약충의 혈림프를 이용한 인공알에는 산란행동이 없었고, 갈색거저리 종령유충의 혈림프에는 산란이 확인되었지만, 유충으로 발육되지 않았으며, 밤나무산누에나방과 산누에나방 번데기의 혈림프에는 산란 및 완전한 성충을 얻을 수 있어 인공사육의 적당한 혈림프로 확인되었으며, 특히 산누에나방 번데기의 혈림프에서 산란도 많고, 유충발육기간도 단축되어 본 연구의 연속된 실험은 본 혈림프를 이용하였음(표 2)

○ 인공알 제작

- 난각을 성형할 때 열을 이용하므로 처음에 난각소재로 polypropylene film보다는 열에 대한 안정성이 높은 polyvinyl chloride filme를 선정하였지만, 알모양의 성형이 잘 이루어지지 않는 단점이 생겨 그 후 polypropylene film을 이용하여 알모양 성형을 양호하게 얻을 수 있었음

표 2. 4가지 곤충의 혈림프를 이용한 인공배지에서 알깡충좀벌의 산란 및 발육

Haemolymph	No. eggs	No. larvae (%)	Period from egg to larva (Mean ± SE)	No. pupae (%)	Period of pupal stage (Mean ± SE)	No. adults (%)
Pupae of <i>Caligula japonica</i>	75	57 (76.0%)	21.40 ± 1.20a	5 (6.7%)	6.8 ± 0.74a	5 (6.7%)
Pupae of <i>Antheraea pernyi</i>	113	65 (57.5%)	10.11 ± 2.14b	18 (15.9%)	6.5 ± 0.99a	18 (15.9%)
Last instar larvae of <i>Tenebrio molitor</i>	3	0	※Not hatched.			
Last instar nymphs of <i>Riptortus pedestris</i>	0	-	※No ovicidal behaviors observed.			

※ *t*-test를 이용한 통계검정 결과 유충기간에서 유의차를 확인($p > 0.05$).

- 난각의 두께는 매미나방알깡충좀벌에서 사용한 두께 20 μ m를 중심으로 더 얇게(10 μ m)로 제작할 경우 잘 찢어져 알의 성형이 어려웠고, 더 두꺼운 40 μ m 두께로 제작할 경우 알깡충좀벌이 산란을 못하여 20 μ m로 두께로 알을 성형하여 사용하였음
- 두께 400 μ m의 polypropylene film을 난각 틀을 이용하여 3열로 12개의 반구형 인공난각을 만들고, 각각의 인공난각에 4 μ l의 인공배지를 분주한 후 실링기를 이용하여 bag-form 형태로 인공알을 제작함(그림 1)

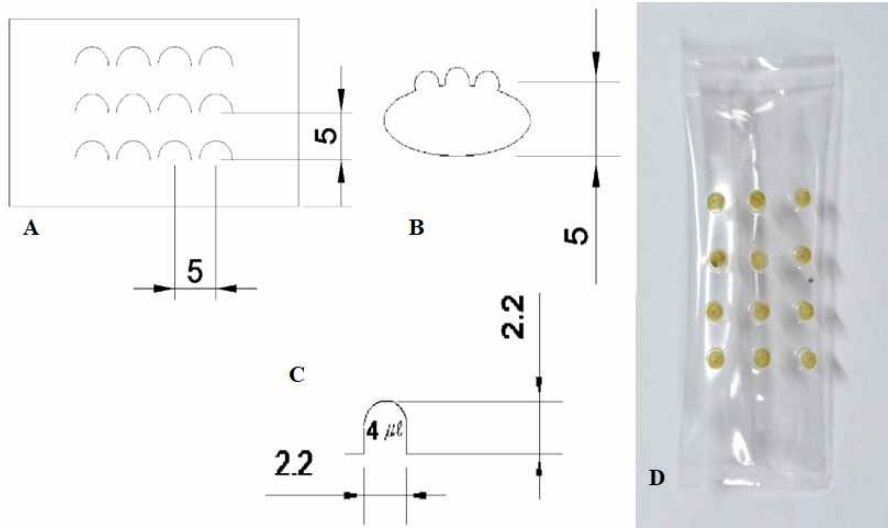


그림 1. 알깡충좀벌의 인공사육을 위한 인공알의 bag-form

(A: egg-card; B: bag-form의 횡단면; C: 난각, D: 각각의 난각에 인공배지가 분주된 bag-form)

○ 알깡충좀벌 유인을 위한 카이로몬 탐색

- 톱다리개미허리노린재의 알과 산란경험이 있는 암컷성충에서 부위별로 에탄올에서 6시간과 12시간 동안 카이로몬을 추출
- 인공배지를 넣지 않은 인공난각만을 이용하여 추출된 카이로몬을 처리하고, 짝짓기를 끝낸 알깡충좀벌 암컷성충(우화 후 3일) 2마리를 이용하여 1시간 동안 탐색행동을 관찰

○ 알깡충좀벌 유인을 위한 카이로몬 탐색

- 톱다리개미허리노린재의 알과 산란경험이 있는 암컷성충에서 부위별로 에탄올에서 6시간과 12시간 동안 카이로몬을 추출
- 인공배지를 넣지 않은 인공난각만을 이용하여 추출된 카이로몬을 처리하고, 짝짓기를 끝낸 알깡충좀벌 암컷성충(우화 후 3일) 2마리를 이용하여 1시간 동안 탐색행동을 관찰
- 톱다리개미허리노린재 성충의 복부에서 12시간 동안 추출한 카이로몬을 처리한 경우에서만 알깡충좀벌의 탐색행동이 관찰됨(표 3)
- 따라서 본 연구의 연속된 실험에서 인공알에 산란 효율을 높이기 위해 톱다리개미허리노린재 암컷성충의 복부에서 카이로몬을 추출하여 이용하였음

표 3. 톱다리개미허리노린재의 부위별/시간별로 에탄올을 이용하여 추출한 카이로몬을 처리한 인공알에서 알깡충좀벌 암컷성충의 탐색 반응

톱다리개미허리노린재 카이로몬 추출부위	알				산란경험이 있는 암컷성충							
	전체		껍질		전체		복부		가슴		뒷다리	
카이로몬 추출시간	6h	12h	6h	12h	6h	12h	6h	12h	6h	12h	6h	12h
알깡충좀벌의 반응	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×

○ 자연숙주 알에서 알깡충좀벌의 산란특성

- 2일 이내로 냉장보관(4℃)된 자연숙주(톱다리개미허리노린재) 알 100개를 매일 갈아주면서 우화한 지 12시간 이내의 알깡충좀벌 10쌍을 접종하여 산란특성을 조사
- 알깡충좀벌의 산란은 2-7일차에 가장 많이 이루어졌고, 5-6일차에 최대 피크를 보였으며, 암컷성충의 산란은 4-6일차에 가장 많았음(그림 2)

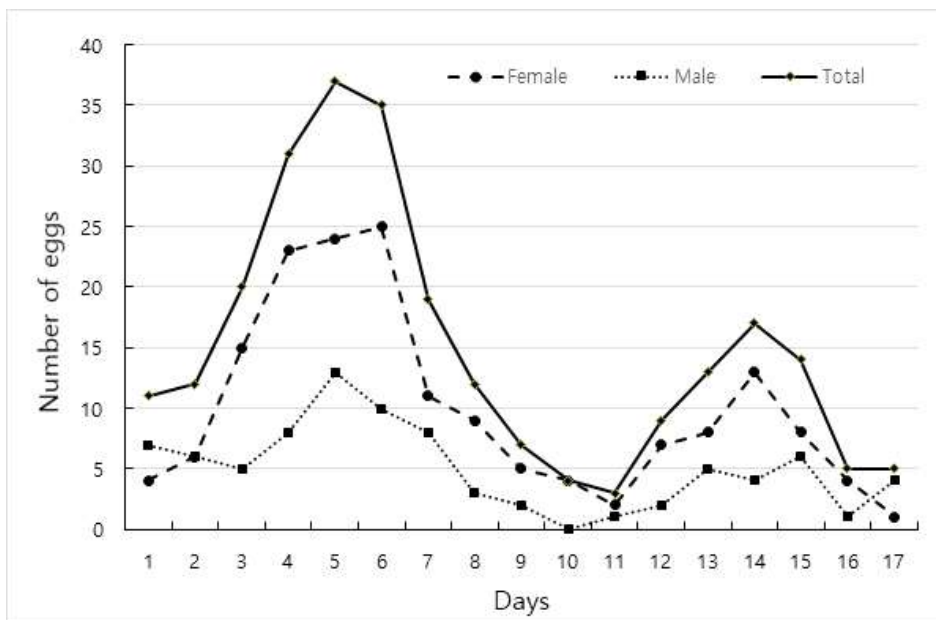


그림 2. 자연숙주(톱다리개미허리노린재) 알(n=100)을 매일 교체하며 접종한 알깡충좀벌(10쌍)의 생애동안 일별 산란수

- 알깡충좀벌 암컷성충의 산란기간은 17일 동안 이루어졌고, 평균산란수는 25.4개이었음 (그림 3)

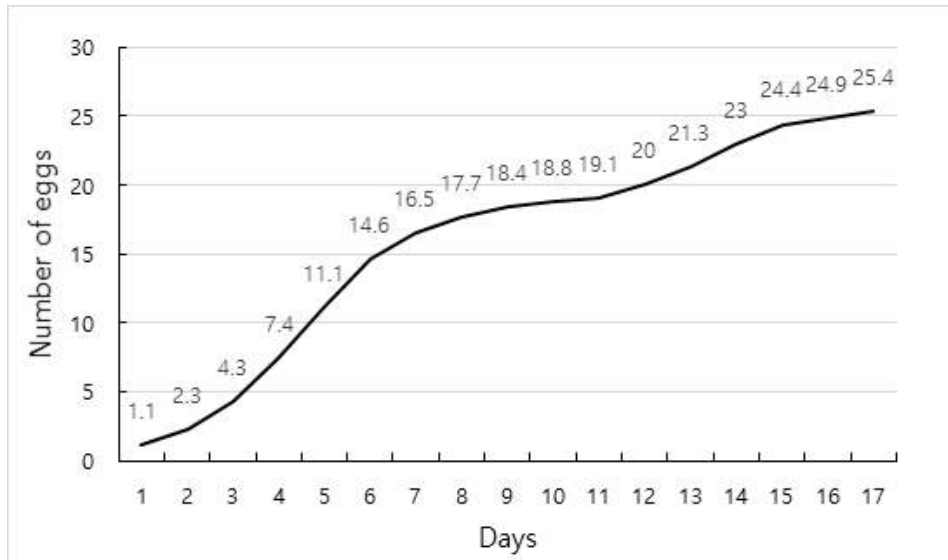


그림 3. 자연숙주(톱다리개미허리노린재) 알에서 알깡충좀벌 암컷성충의 생애동안 누적산란수

- 따라서 본 연구의 연속된 실험에서 인공알의 접종에 이용된 알깡충좀벌은 4-6일된 암컷성충을 이용하였음
- 알깡충좀벌의 암컷성충은 자연숙주의 알 1개에 최대 7개까지 평균 4.50개의 알을 낳았으며, 그들의 성비는 1.81(♀):1(♂)로 나타났음(표 4)

표 4. 알깡충좀벌의 자연숙주(톱다리개미허리노린재) 1개의 알에 낳는 산란수 및 성비

Natural host egg	Female (Mean ± SE)	Male (Mean ± SE)	Total (Mean ± SE) (Range)	Sex ratio (♀ : ♂)
n = 10	2.90 ± 1.45	1.60 ± 1.07	4.50 ± 2.07 (1 - 7)	1.81 : 1

○ 인공알을 이용한 알깡충좀벌의 인공사육

- 인공알은 12개의 알로 된 bag form 형태로 제작되었고, 2개의 bag form (24개의 인공알)에 4-6일차 된 알깡충좀벌 20쌍을 접종하여 산란을 유도하고, 그들의 사육상황을 조사하였음
- 알깡충좀벌은 인공알에서 성공적으로 산란이 이루어졌고(그림 4A), 산란 후 깡충좀벌류의 전형적인 특징인 egg stalk을 인공알의 표면에서도 관찰할 수 있었으며(그림 4B), 유충이 다 자라게 되면 인공배지를 거의 다 섭식하고 고체형 배설물(meconium)들이 남게 되며(그림 4C), 번데기는 시간이 지나면서 검게 됨(그림 4D)

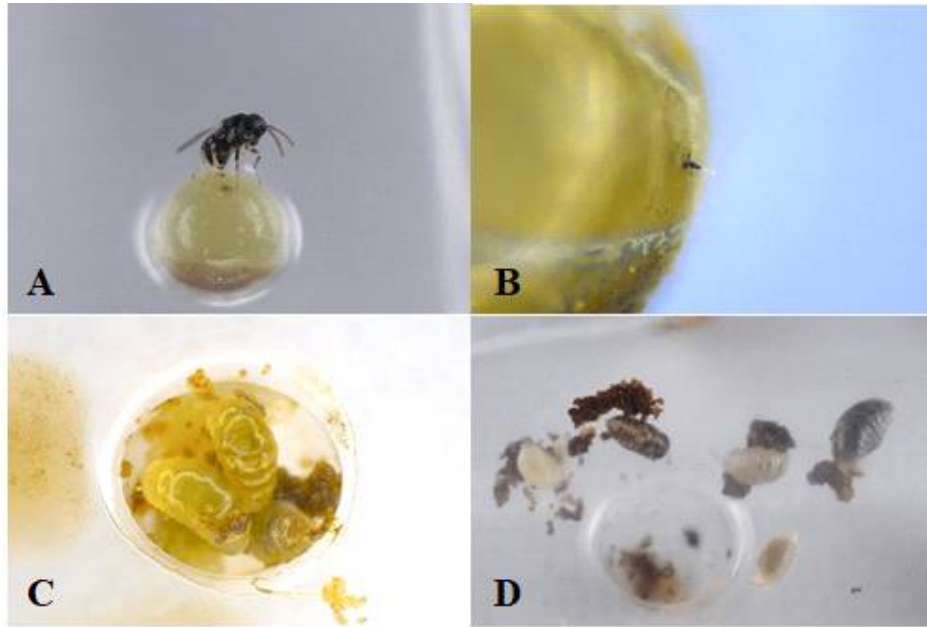


그림 4. 인공알에서 알깡충좀벌의 사육(A: 산란; B: egg stalk; C: meconium; D: 번데기)

- 알깡충좀벌 암컷성충은 bag form 형태로 제작된 인공알에 최대 22개까지 평균 7.96개를 낳았으며, 그들의 성비는 1.61(♀):1(♂)로 나타나(표 5), 자연숙주의 알에서 평균 4.50개로 거의 2배에 가깝게 더 많이 낳았는데 이는 반구형의 인공알((\varnothing 2.2 mm \times H 2.2 mm)이 자연숙주 알(약 \varnothing 1.4 mm)보다 체적이 큰 이유일 것으로 판단되었음
- 알깡충좀벌 암컷성충(20마리)은 4번의 반복실험에서 2개의 bag form (24개의 인공알)에 평균 191개의 알을 산란하였고, 성충으로 우화율은 평균 49.2%이었으며, 알에서 유충까지 발육기간 및 알에서 번데기까지의 발육기간은 각각 9-12일 및 16-20일(평균 17.2일)이 소요되어 번데기 기간은 일정하게 약 7일이 걸렸음(표 5)
- 특히, 발육상황이 우수하였던 4번째 반복실험에서는 1령 유충에서 성충으로 우화율이 93.0%로 안정적인 인공사육이 가능함을 확인할 수 있었음(표 5)

표 5. 산누에나방 번데기의 혈림프를 이용하여 제작된 인공알에서 알깡충좀벌의 발육

Age of female parasitoids (inoculation date)	No. of eggs	Mean no. of eggs per egg shell (range)	No. of larvae (%)	Period from egg to larva	No. of pupae (%)	Period from egg to pupa (range)	No. of adults (per egg shell) (%)	Emergence rate (%) from 1 st larva	Sex ratio (♀: ♂)
4-day-old adult (V. 30-31, 2017)	198	8.25 \pm 6.25 (0-21)	128 (64.6%)	9-12	104 (52.5%)	17.20 \pm 1.24 (16-20)	96 (4.00) (48.5%)	76.2	63: 33 (1.91:1)
5-day-old adult (V. 30-31, 2017)	154	6.42 \pm 5.37 (0-17)	110 (71.4%)	9-12	79 (51.3%)	17.72 \pm 1.17 (16-20)	58 (2.41) (37.7%)	72.7	35: 23 (1.52:1)
6-day-old adult (V. 30-31, 2017)	203	8.46 \pm 6.70 (0-22)	130 (64.0%)	9-12	109 (53.7%)	17.40 \pm 1.15 (16-20)	102 (4.25) (50.2%)	78.5	61: 41 (1.49:1)
4-day-old adult (IX. 18-19, 2017)	209	8.71 \pm 6.07 (0-20)	129 (61.7%)	9-12	125 (59.8%)	17.00 \pm 0.78 (16-18)	120 (5.00) (57.4%)	93.0	73: 47 (1.55:1)
Mean	191	7.96 \pm 6.09 (0-22)	124.3 (65.1%)	9-12	104.3 (54.6%)	17.22 \pm 0.78 (16-20)	94 (3.92) (49.2%)	75.6	1.61: 1

- 인공알에서 우화한 알깡충좀벌 성충의 활력 평가
 - 자연숙주의 알과 인공알에서 발육하여 우화한 성충의 활력을 평가하기 위하여 암수 각각 30마리에 대하여 뒷다리 종아리마디의 길이를 측정하여 비교하였음
 - 인공알에서 발육한 암컷성충의 종아리마디의 길이는 평균 284.33 μ m, 수컷은 평균 285.23 μ m이었으며, 자연숙주의 알에서 발육한 암컷성충의 종아리마디 길이는 평균 281.57 μ m, 수컷은 평균 280.00 μ m으로 t-검정 결과 암수 모두 유의차가 없는 것으로 확인되었음(표 6)

표 6. 인공알과 자연숙주알에서 발육한 알깡충좀벌(암수 각각 30마리)의 뒷다리 종아리마디 길이

Reared on	Female (Mean \pm SD)	Male (Mean \pm SD)
Artificial eggs	284.33 \pm 16.08a	285.23 \pm 17.44a
Natural host eggs	281.57 \pm 14.02a	280.00 \pm 14.21a

※ t-test를 이용한 통계검정 결과 유의차를 확인할 수 없었음($p > 0.05$).

- 또한 인공알에서 발육한 성충(F₁)은 자연숙주의 알이나 인공알에 다시 접종하여도 3세대(F₃)까지 활력의 변화없이 왕성한 활동을 관찰하였음
- 인공알과 냉장알을 이용한 알깡충좀벌 인공사육의 경제성 비교
 - Alim and Lim (2010)이 알깡충좀벌의 대량사육으로 톱다리개미허리노린재의 냉장된 기주알을 이용할 수 있음을 제시하여 냉장된 자연숙주 알을 이용한 사육과 본 실험에서 제작된 인공알을 이용한 사육에 관하여 시설, 노동력, 비용 및 노동력 관점에서 표 7과 같은 항목들을 비교하였음

표 7. 인공알과 냉장된 자연숙주알을 이용한 알깡충좀벌 인공사육 시 경제성 분석

Items	Artificial eggs (this study)	Refrigerated host eggs (Alim and Limm 2010)
Facilities		
Rearing cell (chamber)	not needed	needed with environment control
Refrigerator	not needed	needed for preserving eggs
Incubator	needed	needed
Materials		
Soil of plant growing	not needed	needed
Soybean seeds	not needed	needed
Egg shell	needed	not needed
Artificial medium	needed	not needed
Labor		
Soybean growing	not needed	needed
Parasitoid rearing	needed	needed
Durability	Within 1 week	Within 1 month
Automation	Almost possible	Partially possible

- 인공알을 이용한 알걍충좁벌의 인공사육은 자연숙주알을 이용하는 것보다 알의 사용기간이 짧은 단점이 있었지만, 시설이나 재료의 이용 및 노동력 측면에서 유리하였고, 특히 대량사육을 위해 필수적인 자동화면에서 거의 모든 공정을 자동화 할 수 있을 것으로 판단되었음
- 인공알을 이용하여 알걍충좁벌 성충 약 60,000마리를 얻기 위해서 소요되는 인공먹이의 단가를 추정해 본 결과, 약 1,032원 정도 비용이 발생하였으며(표 8), 자연숙주 알을 이용할 경우에는 947원 정도의 비용이 발생(표 9)하는 것으로 분석되어 인공알을 이용한 알걍충좁벌의 대량사육은 경제성면에서도 뒤떨어지지 않는 것으로 판단되었음
- 따라서 본 연구를 통해 얻어진 인공알을 이용한 알걍충좁벌의 자동화 대량사육 기술은 경제적으로 매우 효율적인 방법을 확보한 것임

표 8. 알걍충좁벌 약 60,000마리 생산을 위한 인공배지 및 인공알 제작 비용

재 료	비용산출근거	인공배지 6ml 제작을 위한 용량	비용(원)
Heamolymph	산누에나방 번데기 20\$/kg (라오스 시장가격) 3kg에서 320ml 혈림프 추출 60\$/3kg(환율1,150원)=69,000원(215.63원/ml)	2ml	431.26
Chicken yolk	계란 200원/개 노른자 15ml/개 13.33원/ml	1ml	13.33
Infant formular	분유 10,800원/750g = 14.4원/g 증류수 12,000원/1000ml= 12원/ml	2g+1.5ml	46.8
N.S. solution	NaCl 55원/7.5g KCl 0.2원/0.1g CaCl ₂ 0.2원/0.1g NaHCO ₃ 1.77원/0.2g 증류수 12,000원/1000ml 1,000ml제조 = 12,057.23원(12.06원/ml)	0.5ml	6.03
Penicillin	Penicillin 2,500원/mg 400 units/ml 증류수 12,000원/1000ml 0.4g+400ml = 1000원+4,800원 = 5,800원 14.5원/ml	1.5ml	21.75
Streptomycin	Streptomycin 1,500원/mg 400 units/ml 증류수 12,000원/1000ml 0.4g+400ml = 600원+4,800원 = 5,400원 13.5원/ml	1.5ml	20.25
인공알제작	PVC film 36,000원/롤(50cm*457m) 5cm*5cm/bagform; 1,250 bag forms = 50cm*(125*5cm) = 50cm*6.25m 36,000원/457m = 78.77원/m	6.25m	492.31
계			1031.73

※ 62,500마리(50마리/bag form)의 성충을 얻기 위해서는 1,250개의 bag form에 15,000개의 알을 제작해야 하므로 6ml의 인공먹이가 필요

표 9. 알깡총좀벌 약 60,000마리 생산을 위한 톱다리개미허리노린재 사육 비용

재 료	규격	단가	비용산출근거	비용(원)
Soybean seed	2kg	19,000원	5일당 1회 급이 약 175g (1일 35g) 9.5원/g	332.5
Peanut seed	1kg	19,000원	5일당 1회 급이 약 57g (1일 15g) 19원/g	285
Kidney bean seed	1kg	11,000원	2주 1회 25개 화분에 3개씩 파종 75개=40g; 2.86g종자/1일; 11원/g	31.46
Mixed soil	25kg	15,000원	14일간 25개 화분 필요 = 1.78개/일 상토무게 500g/화분 상토 0.06원/g 1일 상토 사용량 890g	53.4
1회용 화분			14일간 25개 화분 필요 = 1.78개/일 화분 25원/개	44.5
거즈(산란받기)	롤(45cm*3600cm)	7,990원	45cm*15cm/1개; 6개/일 = 45cm*90cm (7990원*90cm)/3600cm = 199.75원	199.75
계				946.61

- ※ 59,000마리의 알깡총좀벌을 생산하기 위해서는 톱다리개미허리노린재 약충과 성충 합해 30,000마리 정도를 사육할 필요가 있음
- ※ 톱다리개미허리노린재는 25℃에서 알-성충기간 40일, 성충수명 40일, 평균산란수 140개로 성충 15,000마리(암컷 7,500마리)*140개/40일 = 26,250개/일의 알을 생산
- ※ 26,250개의 알 중 절반은 노린재 누대사육을 위해 재사용하고, 13,125개*4.5개(기생봉 평균산란수) = 약 59,000마리 알깡총좀벌 생산

[제1협동과제] 노린재류와 알깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae*) 발생 및 약제감수성 연구

○ 주요 농작물에서 노린재류와 알깡충좀벌의 발생소장 조사

1. 콩에서 노린재류 발생소장과 기생벌의 기생율

- 콩에서 노린재 발생소장을 조사하기 위하여 전남농업기술원 친환경농업연구소 시험포장에 6월 상순에 콩을 1,800㎡ 식재하고, 콩에 피해가 심한 톱다리개미허리노린재, 갈색날개노린재, 썩덩나무노린재, 풀색노린재, 알락수염노린재를 대상으로 페로몬트랩과 육안조사를 병행하여 조사하였음
- 페로몬트랩은 월동성충의 발생시점을 찾기 위하여 콩을 식재하기 전인 3월 상순에 노린재 모아트랩을 설치하여 10일 간격으로 포획된 약충과 성충을 조사하였으며, 육안 관찰은 콩 정식 후인 7월부터 10월까지 조사하며 난과 발견시 채집하여 기생벌의 기생 여부를 확인하였음
- 콩밭에서 톱다리개미허리노린재는 6월 중순부터 9월 중순까지 발생밀도가 높았고, 특히 개화 착엽기인 8월 중순 ~ 9월 상순에 발생밀도가 가장 높았으며, 갈색날개노린재는 7월 상순 ~ 하순, 풀색노린재는 9월 하순 ~ 10월 상순에 발생밀도가 높았음(표 10)

표 10. 페로몬트랩을 이용한 콩 재배포장 주변의 노린재류 시기별 발생량 (마리/트랩)

조사 시기	톱다리개미허리노린재		알락수염노린재		썩덩나무노린재		갈색날개노린재		풀색노린재	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
3상	트랩설치									
3중										
3하										
4상	2									
4중	4	11								
4하	17	6								
5상	20	4								
5중	22	6						2		
5하	8	26				7		8		
6상	0	15				4		8		
6중	4	99				2	2	1		
6하	52	620		6	2	3	2	13		
7상	4	128				3		70	1	
7중	23	113				1	1	147		
7하	14	448				4		47		
8상	77	199					1			
8중	101	489			1	2				
8하	265	614				9		23		
9상	102	554				10		2		
9중	82	369		2	3	7		1		
9하	42	122						1	2	
10상	48	45			3				2	
10중	44	63								
10하	22	32								
합계	953	3,963	0	8	9	52	6	323	5	0

- 자연조건에서 콩밭에 산란된 풀색노린재 난괴 7개를 2017년 9월 15일에 채집하여 기생율을 조사한 결과, 총 197개의 알 중 63.1%가 기생벌에 기생되었음(표 11; 그림 5)

표 11. 콩밭에 산란된 풀색노린재 알의 기생봉 기생률(채집: 2017년 9월 15일)

반복	알수/ 난괴	기생봉 우화수						기생율 (%)	
		3일 후	5일 후	7일 후	10일 후	11일 후	12일 후		계
1	28		8	8	4			20	71.4
2	14				9			9	64.3
3	28	2						2	7.1
4	28	12			7			19	67.9
5	46			22	8			30	65.2
6	27					23		23	85.2
7	26		4				17	21	80.8
계 (평균)	197	14	12	30	28	23	17	124	63.1



그림 5.콩밭에서 기생봉에 기생당한 풀색노린재 알

2. 단감에서 노린재류 발생소장과 기생벌의 기생율

- 단감은 담양군 대덕면의 유기농업 8년차 과수원에 페로몬트랩을 설치하여 콩과 동일한 해충을 대상으로 노린재 모아트랩을 3개소 설치하여 10일 간격으로 포획된 약충과 성충을 채집하였고 육안으로 5주에 대한 난괴 여부를 확인하였음
- 단감 과수원에 주로 발생하는 노린재류는 톱다리개미허리노린재, 갈색날개노린재, 씩덩나무노린재이며, 발생량이 월등하게 많은 종은 톱다리개미허리노린재였음(표 12)
- 단감 과수원에서 톱다리개미허리노린재는 비대착색기인 8월 중순부터 10월 하순 수확전까지 발생량이 많았으며, 9월 하순에 1,312마리/3트랩로 최고 밀도를 보였음(표 12)
- 톱다리개미허리노린재는 성충의 행동이 민첩하며 알을 한 개씩 낳기 때문에 상대적으로 기생봉에 기생당할 확률이 낮을 것으로 판단되며, 실제로 단감원 내 육안 관찰시 확인하기 어려웠음

- 난괴 형태로 알을 낳는 노린재류(예, 썩덩나무노린재)의 난괴도 보기 어려웠으며, 이는 단감원에서 노린재류가 직접 증식하지 않고 다른 곳에서 서식하다 감의 비대착색기에 단 냄새를 맡고 성충이 이동해 들어온 것으로 추정되며, 따라서 단감원에서 알기생벌을 이용한 노린재류 방제는 효율성이 낮을 것으로 판단됨

표 12. 페로몬트랩에 의한 단감 과수원 주변의 노린재류 발생량 (마리/3트랩)

조사 시기	톱다리개미허리노린재		알락수염노린재		썩덩나무노린재		갈색날개노린재		풀색노린재	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
5상	48									
5중	96	61			1	20	2	58		
5하	75	17				3		9		
6상	35	3			1			2		
6중	3	8		3		1		32		
6하	34	100	2	7		57	4	167		1
7상	79	49		23	1	59		350	1	
7중	90	564		25	12	30	70	385	1	
7하	44	481			4	1	5	14		
8상	99	667			2	2	1	7		
8중	495	1,765	7		16	24	6	43		
8하	515	2,299	7	6	4	20		76		1
9상	584	1,275		3	3	8		20		2
9중	1,248	784		1	2	5	11	7	1	4
9하	1,371	1,118			9	71	1	18	6	11
10상	939	204		22	20	40	6	5		20
10중	565	123		28	4	22		2		9
10하	924	357		20		17				18
계	7,244	9,875	16	138	79	380	106	1,195	9	66

3. 고추에서 파리허리노린재 발생소장과 기생벌의 기생율

- 고추에서는 파리허리노린재를 대상으로 시기별 발생량을 조사하였는데 농업기술원 시험 포장 내 1,000㎡의 고추를 5월 상순에 식재하고 시기별로 20주씩 3반복으로 총 60주를 선정하고 10일 간격으로 가해하는 충을 전수조사하였음
- 파리허리노린재는 고추 포장에서 8월 중순부터 9월 하순에 대부분 발생하였고(표 12; 그림 6), 8월 중순 채집 난괴에서 기생벌의 기생율이 20.5%를 보였음(표 12)

표 12. 고추에서 육안조사에 의한 파리허리노린재의 시기별 발생량과 기생율

조사시기	시기별 발생량(마리/50주)			기생율(%)
	알(난괴)	약충	성충	
5중			1	
5하				
6상			1	
6중				
6하				
7상				
7중				
7하				
8상				
8중	5	45	5	20.5
8하	4	30	8	
9상	2	45	4	
9중	1	11	7	
9하		31	17	
10상				



그림 6. 파리허리노린재 알과 성충

- 알깡충좀벌의 살충제 감수성 검정
 - 알깡충좀벌의 살충제에 대한 감수성을 검정하기 위하여 순천대학교에서 톱다리개미허리노린재 알에서 사육된 성충을 분양받아 가로 7cm, 세로 7cm, 높이 10cm의 직사각형 플라스틱통에 좀벌 성충 10마리씩 각각 접종하고 윗면에는 거즈를 덮어 탈출을 방지하며 통풍은 가능하도록 하였고 10% 설탕물을 적신 탈지면을 올려주어 성충의 먹이를 공급하였음(그림 7)
 - 시험자재는 델타메트린 유제, 디노테퓨란 입상수화제 등 7종의 농약과 석회유황합제 등 유기농업자재 4종에 대하여 추천 살포농도와 반량으로 희석하여 30cm 거리에서 5회 분무하여 좀벌의 약제 감수성을 3일후까지 조사하였음(그림 7)

- 알깡충좀벌 성충에 대한 합성농약 6종과 유기농업자재 4종의 기준량과 반량의 감수성 검정 결과, 합성농약은 기준량은 물론 반량 처리에서도 1일 후 살충율이 매우 높았으며, 유기농업자재의 경우에도 처리 2일후에 대부분의 성충이 치사되었음(표 13)



그림 7. 알깡충좀벌에 대한 약제감수성 검정시험 수행 과정

- 2차 시험에서 합성농약과 유기농업자재에 대하여 반량보다 더 낮은 농도로 희석하여 감수성을 검정한 결과, 합성농약 6종, 유기농업자재 6종 모두에서 80% 이상의 감수성을 보여(표 14) 알깡충좀벌을 활용하려는 농가에서는 살충제는 물론 유기농업자재도 살포하지 않는 포장에서 활용하여야 기생효과가 높을 것으로 사료됨

표 13. 알깡충좀벌 성충의 합성농약과 유기농업자재에 대한 살충율(1차, 2017. 4. 25)

구분	시험자재	처리농도	처리충수(마리)	살충율(%)		
				1일 후	2일 후	3일 후
합성농약	델타메트린 유제	1,000	60	100		
		2,000	20	100		
	디노테푸란 입상수화제	2,000	60	100		
		4,000	20	100		
	클로티아니딘 액상수화제	2,000	60	100		
		4,000	20	100		
	티아메톡삼 입상수화제	2,000	60	100		
		4,000	20	100		
	스피로테트라멧 액상수화제	2,000	60	6.7	13.3	36.7
		4,000	20	100		
스피네토람 액상수화제	2,000	60	100			
	4,000	20	100			
유기농업자재	고삼 70+ 계피 15	1,000	60	90	100	
		2,000	20	60	65	
	고삼 91+ 목초액 7.5	1,000	60	90	100	
		2,000	20	100		
	넙 80	1,000	60	21.7	38.3	58.3
		2,000	20	95	100	
	석회유황합제	500	60	56.7	78.3	90
		1,000	20	25	90	
무처리	-	60	0	1.7	5	

표 14. 알갱이종별 성충의 합성농약과 유기농업자재에 대한 살충율(2차, 2017. 8. 10)

구분	시험자재	처리농도	처리충수(마리)	살충율(%)		
				1일 후	2일 후	3일 후
합성농약	델타메트린 유제	2,000	60	100		
	디노테푸란 입상수화제	3,000	60	100		
	클로티아니딘 액상수화제	3,000	60	100		
		4,000	20	100		
	티아메톡삼 입상수화제	3,000	60	100		
		4,000	20	100		
	스피로테트라멧 액상수화제	2,000	60	60	68.3	98.3
		3,000	60	66.7	66.7	90.0
스피네토람 액상수화제	3,000	60	100			
유기농업자재	고삼 70+ 계피 15	1,000	60	96.7	98.3	100
		2,000	60	85	86.7	86.7
	고삼 91+ 목초액 7.5	1,000	60	93.3	95	100
		2,000	60	88.3	90	100
	넘 80	1,000	60	100		
		2,000	60	65	68.3	80
	석회유황합제	500	60	53.3	61.7	85
	고삼75+ 계피0.5 + 채종유15	1,000	60	100		
		2,000	60	100		
	고삼80+ 채종유10	1,000	60	100		
		2,000	60	100		
	무처리	-	60	13.3	13.3	20

[제2협동과제] 알깡충좀벌(*Ooencyrtus nezarae*)의 인공알에서 산란특성 조사 및 대량사육을 위한 공정체계 수립

○ 인공알에 대한 알깡충좀벌의 산란 단계별 행동학적 특성 조사

1. 툽다리개미허리노린재의 섭식 선호성 조사

- 툽다리개미허리노린재의 알기생천적인 알깡충좀벌을 대량증식하기 위한 기주로서 실내에서 대량 사육하기 위해 시중에서 쉽게 구할 수 있는 장류용 콩, 강낭콩, 서리태, 동부, 녹두, 팥 등 콩 종류별로 섭식 선호성을 조사(그림 8)

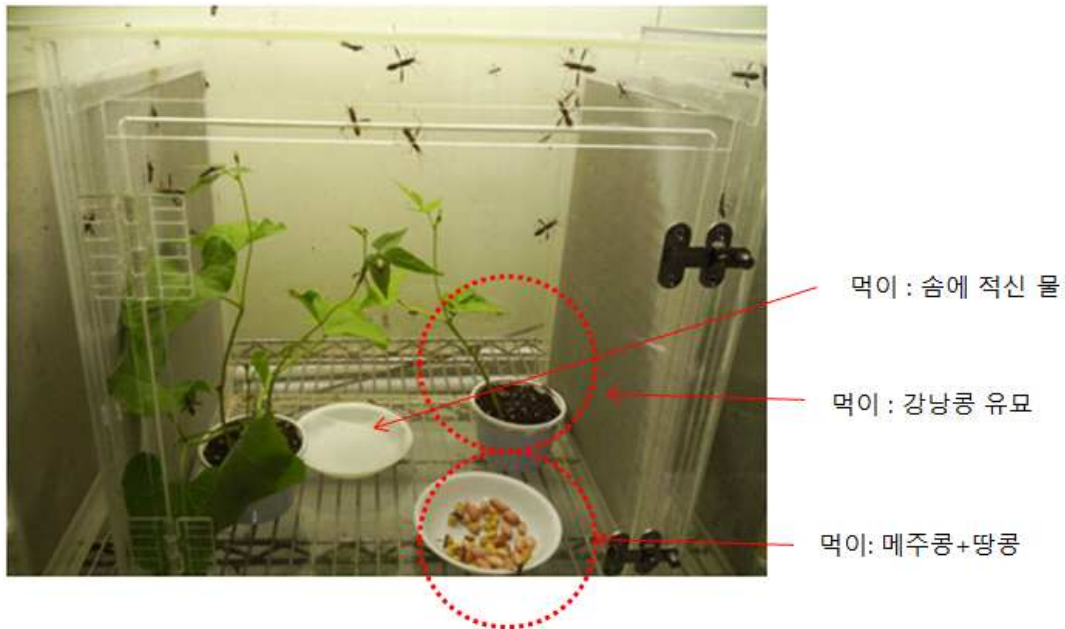


그림 8. 툽다리개미허리노린재의 콩 종류별 섭식 선호성 조사를 위한 사육상황

- 콩 종류별 각각의 사육상(40×40×40cm)에 성충과 약충을 각각 10개체씩 투입하고, 시간대별 섭식 선호성을 알아보기 위해 섭식 및 접촉중인 개체를 30분 간격으로 육안 관찰하였으며, 그 결과 주로 13:00-16:00시 사이에 활동이 왕성하였음(그림 9)

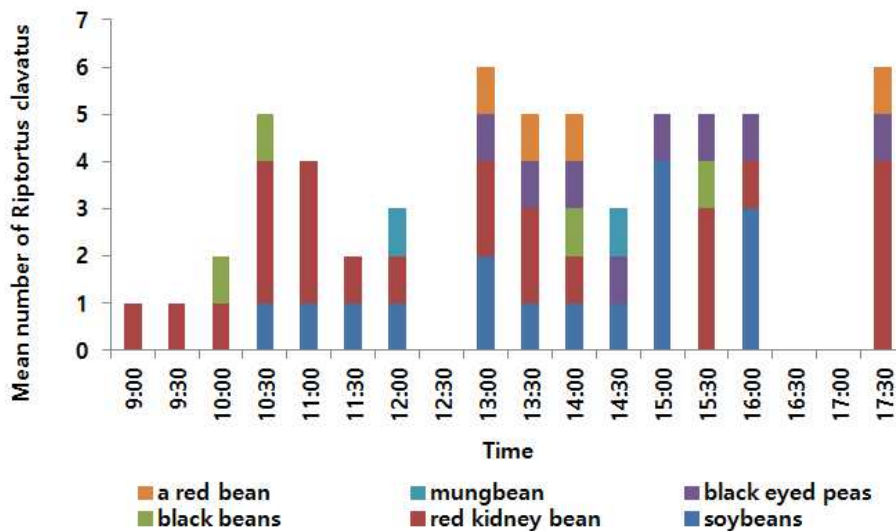


그림 9. 시간대별 툽다리개미허리노린재의 섭식 활동

- 1년 이상 저장된 콩 종류별로는 장류용 콩과 강낭콩을 각각 $15.7 \pm 5.5\%$ 와 $12.7 \pm 2.5\%$ 섭식하였고, 나머지 콩들에서는 2.3~3.3% 정도만 섭식하였음(그림 10)

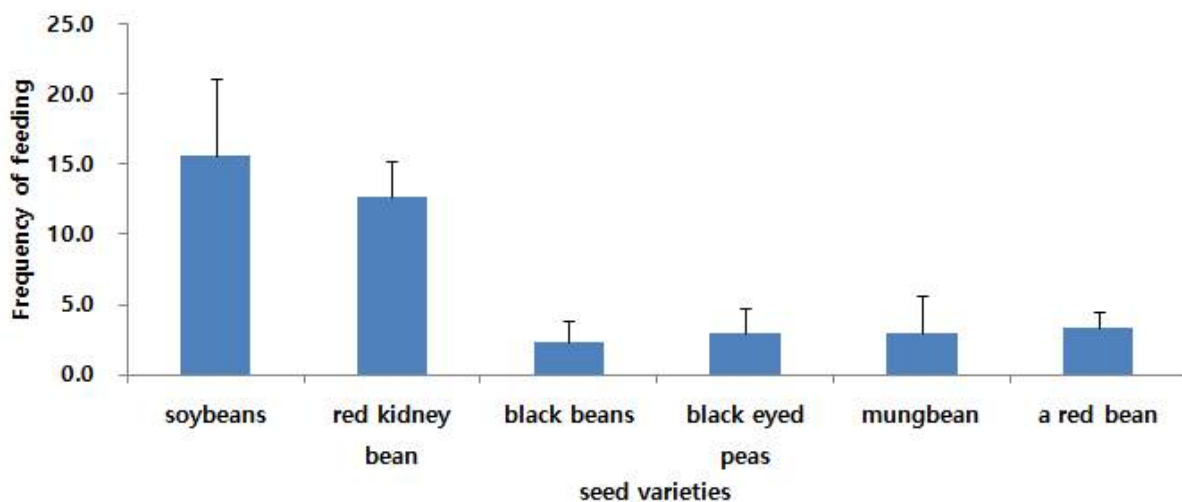


그림 10. 저장콩 종류별 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호성

- 저장콩과 햇콩(장류용 콩, 녹두, 동부)에 대한 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호성을 조사한 결과 콩에서는 햇콩에서, 동부에서는 저장콩에 섭식 빈도가 높았으나, 녹두에서는 차이를 확인하기 어려웠음(그림 11)

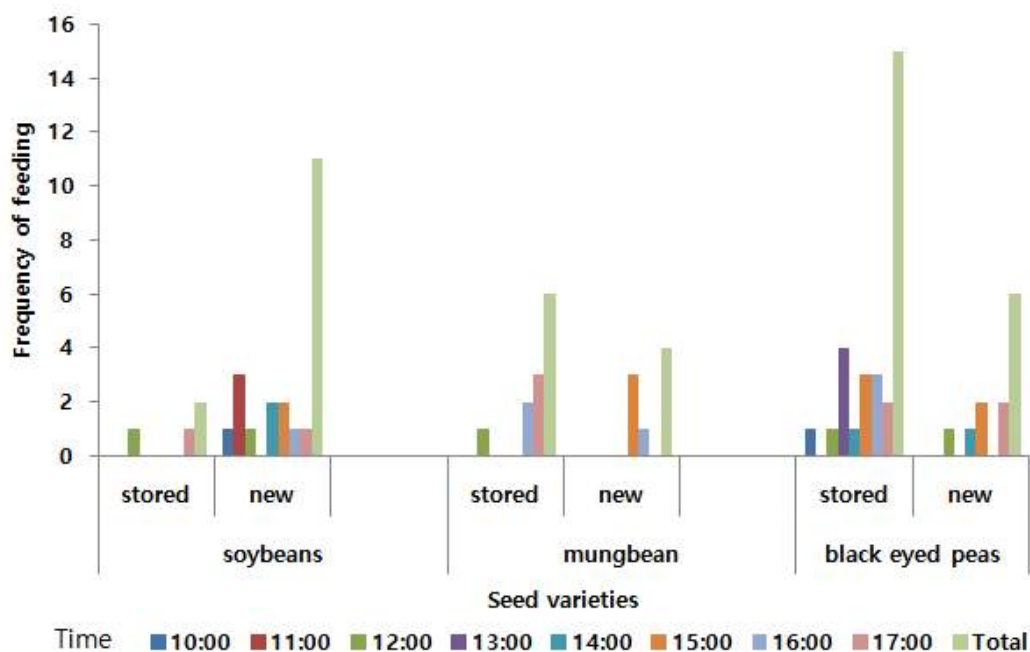


그림 11. 저장콩과 햇콩에서 톱다리개미허리노린재의 섭식 빈도

- 콩과 콩꼬투리(장류용 콩, 동부, 강낭콩)에 대한 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호성은 장류용 콩은 콩보다 콩꼬투리를 더 선호하여 각각 11.7%와 39.3% 섭식하였고, 동부콩과 동부콩꼬투리는 16.3%와 10.7%, 강낭콩과 강낭콩잎에 대해서는 15.0%와 11.3%로 선호성을 나타냄(그림 12)

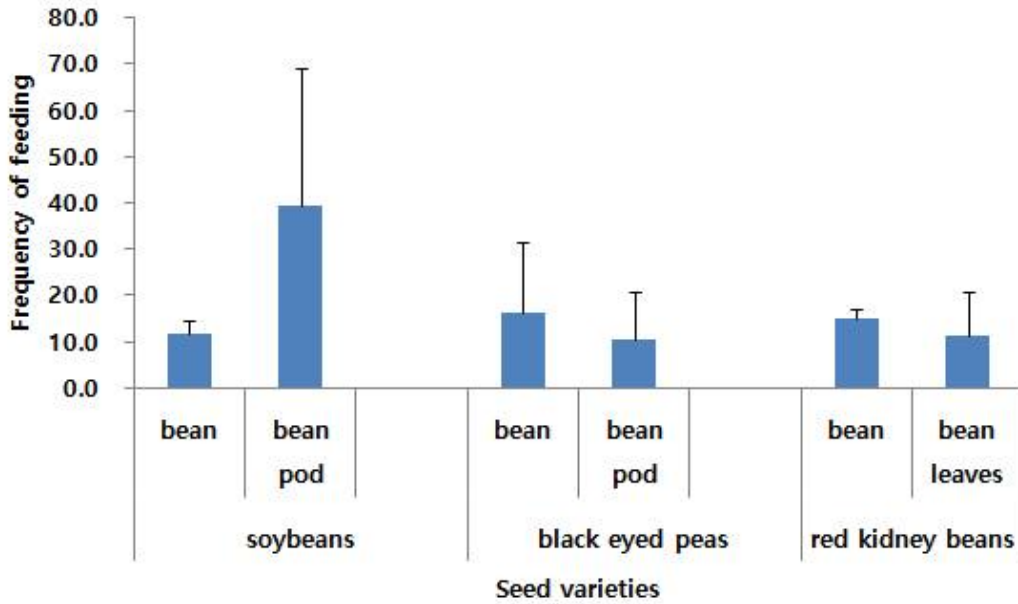


그림 12. 콩과 콩꼬투리에 대한 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호성

- 올팩토미터(olfactometer) 장치를 이용한 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호성 조사(그림 13)



그림 13. 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호성 조사를 위한 올팩토미터(olfactometer) 장치

- 올팩터미터의 각각 가지 끝에 2가지의 콩 종류별로 콩과 콩꼬투리를 대각선 방향으로 위치한 후 중앙에 톱다리개미허리노린재 성충 20개체를 놓은 후 하루 저녁 동안 유인되어 기주를 섭식하거나 접촉한 개체를 조사한 결과, 장류용 콩에 50.0%, 서리태에 30.0%, 동부콩에 20.0% 유인되었으며(그림 14), 장류용 콩에서는 콩의 13.0% 보다 콩꼬투리에서 44.0%로 많이 유인되었고, 동부콩은 콩에 25.0%, 콩꼬투리에 19.0% 유인되었음(그림 15)

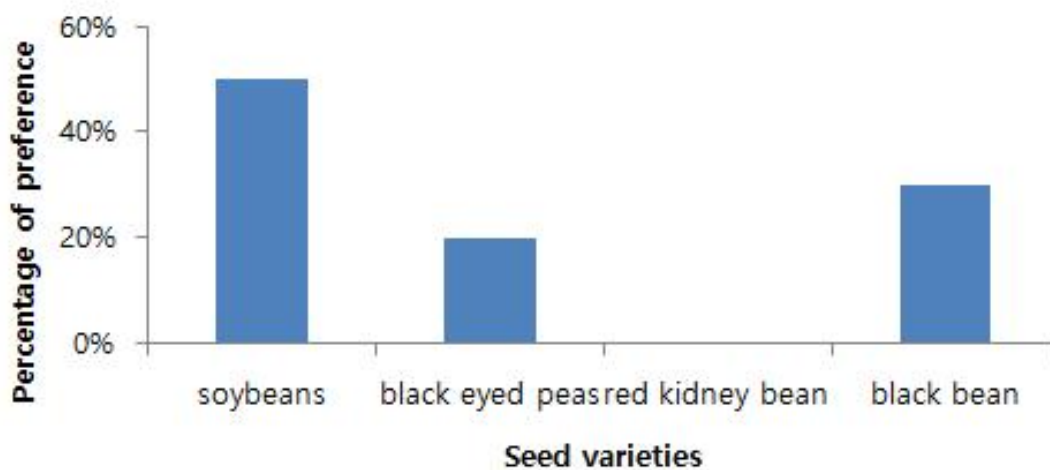


그림 14. 올팩터미터(olfactometer)를 이용한 4종류 콩에 대한 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호도

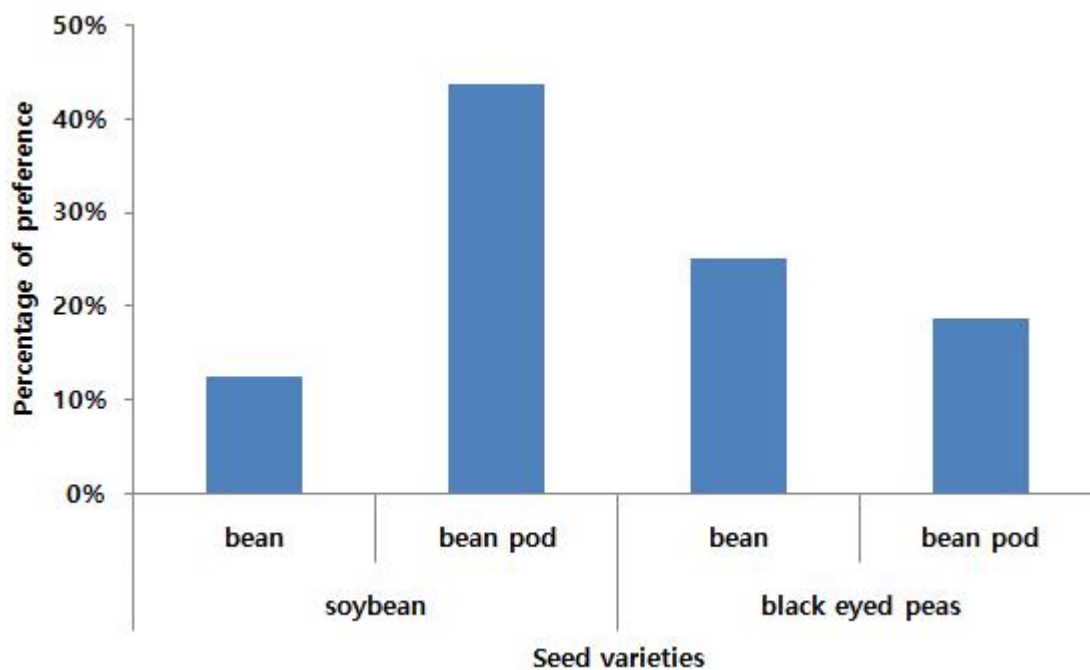


그림 15. 올팩터미터(olfactometer)를 이용한 콩과 콩꼬투리에 대한 톱다리개미허리노린재의 섭식 선호도

- 톱다리개미허리노린재 성충과 약충의 콩과 콩꼬투리에 대한 섭식 선호성을 조사한 결과, 평균 흡즙시간은 성충과 약충에서 각각 140.8 ± 80.8 초와 138.3 ± 69.4 초로 조사되었음
- 성충과 약충은 각각 콩에 38.8%와 24.7%로, 콩꼬투리에 61.2%와 75.3%로 섭식 선호도를 나타내 성충과 약충 모두 콩보다 콩꼬투리를 훨씬 선호하는 것을 알 수 있음(그림 16)
- 또한, 성충과 약충은 각각 저장콩에 68.2%와 41.4%로, 햇콩에 31.8%와 58.6%로 섭식 선호도를 나타내 약충은 저장콩보다는 햇콩을 선호하는 것을 알 수 있음(그림 16)

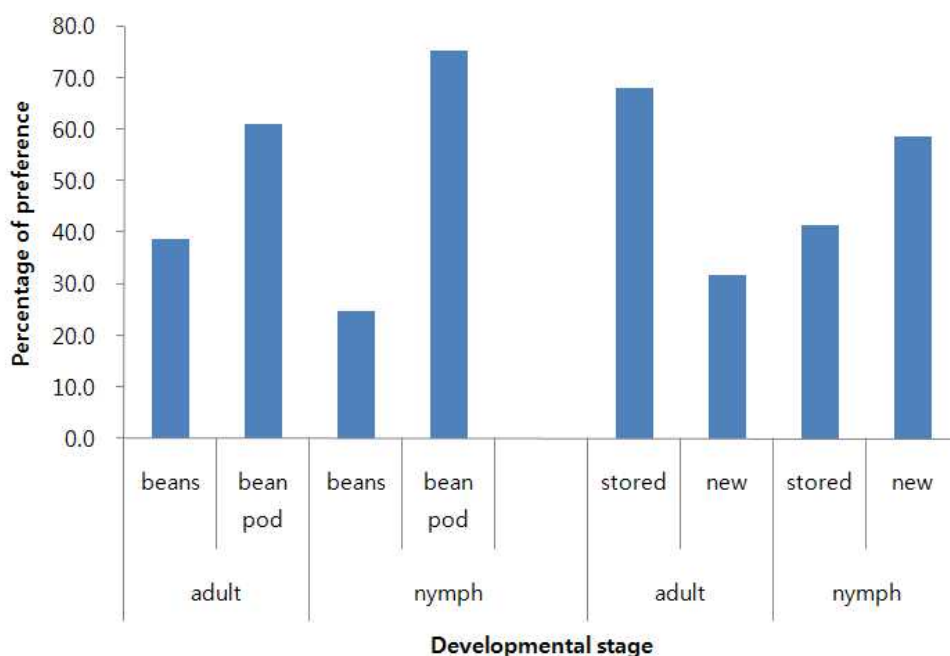


그림 16. 톱다리개미허리노린재 성충과 약충의 콩과 콩꼬투리, 저장콩과 햇콩에 대한 섭식 선호성

2. 톱다리개미허리노린재의 산란 선호성 조사

- 톱다리개미허리노린재의 알기생천적인 알깡충좀벌을 대량증식하기 위한 기주로서 실내에서 대량 사육하기 위해 사육상 내에 색깔별 색종이, 강낭콩 잎, 숨, 비닐, 아크릴 판을 설치하여 산란 선호성을 조사(그림 17)

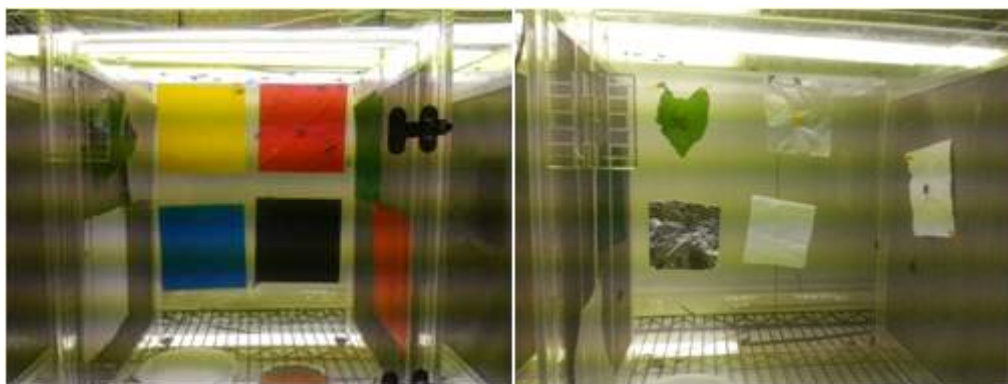


그림 17. 톱다리개미허리노린재의 다양한 재료별 산란 선호성 조사

- 톱다리개미허리노린재 암컷성충은 사육상 내의 빨가나색 색종이에서 많은 개체들이 휴식을 하거나 접촉하였지만 모든 색종이에 산란을 하지 않았으며, 강낭콩 잎에 2개, 솜(거즈)에 7개, 비닐에 6개, 아크릴판에 10개(7개 및 13개)를 산란하였음

3. 깡충좀벌류의 기주수락행동에 관한 문헌 조사

- 짚시알깡충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*) 암컷성충은 매미나방(*Lymantria dispar*)의 알에서 처음 기주와 접촉하여(A) 더듬이로 두드리며 탐색하고(B), 산란관으로 알에 구멍을 내는 탐침행동을 하며(C), 산란(D)을 한 후 산란관을 빼고(E), 다른 기주를 찾아 떠나게 됨(F) (그림 18)

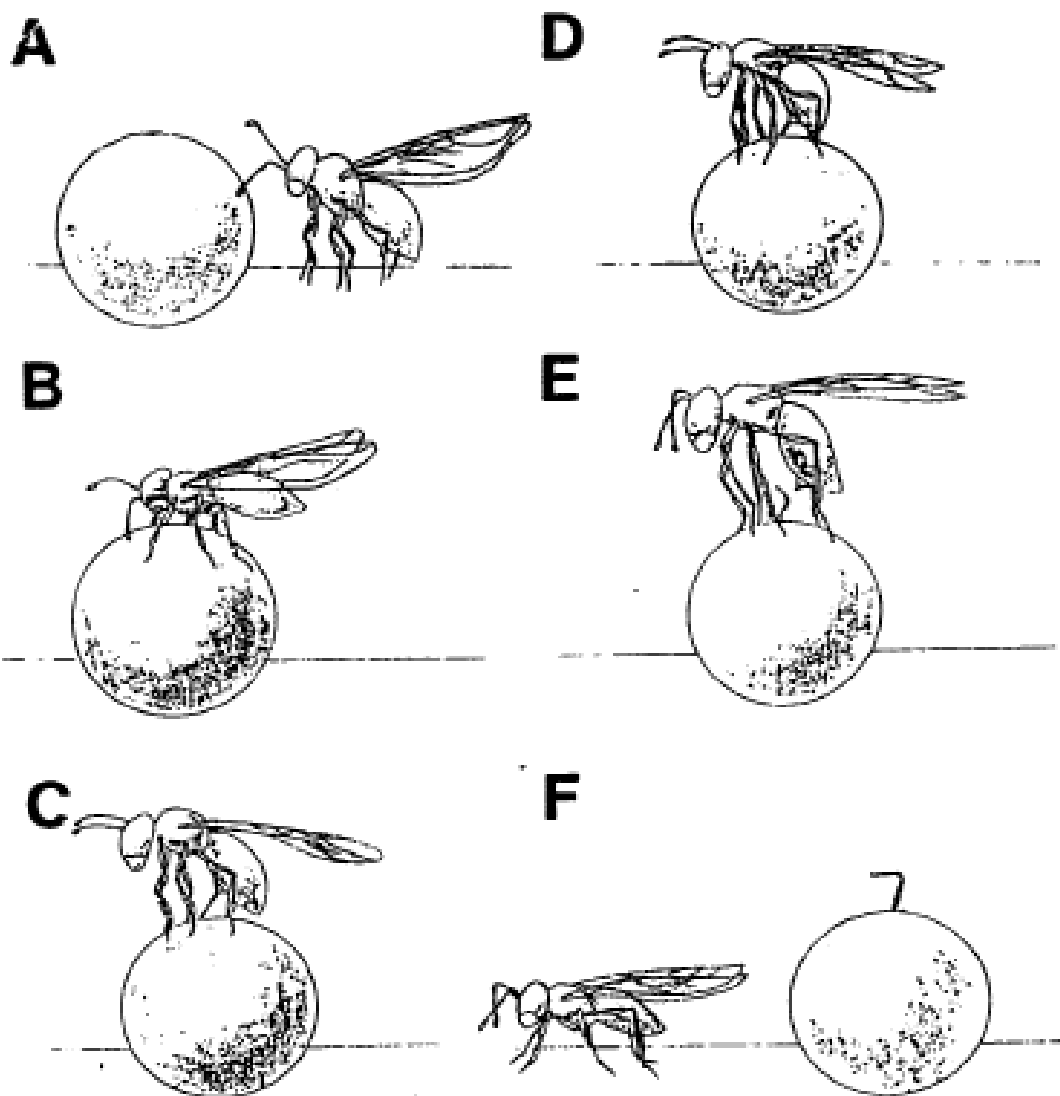


그림 18. 짚시알깡충좀벌 암컷성충의 매미나방 알에서 산란행동
(A: 기주접촉, B: 더듬이 두드리, C: 탐침, D: 산란, E: 산란관 빼기, F: 떠나기)

- 짚시알깡충좀벌의 암컷성충은 유리구슬에도 산란행동을 보임(그림 19)



그림 19. 짚시알깡충좀벌 암컷성충의 유리구슬에 산란행동

- 짚시알깡충좀벌의 기주수락 단계(그림 20)

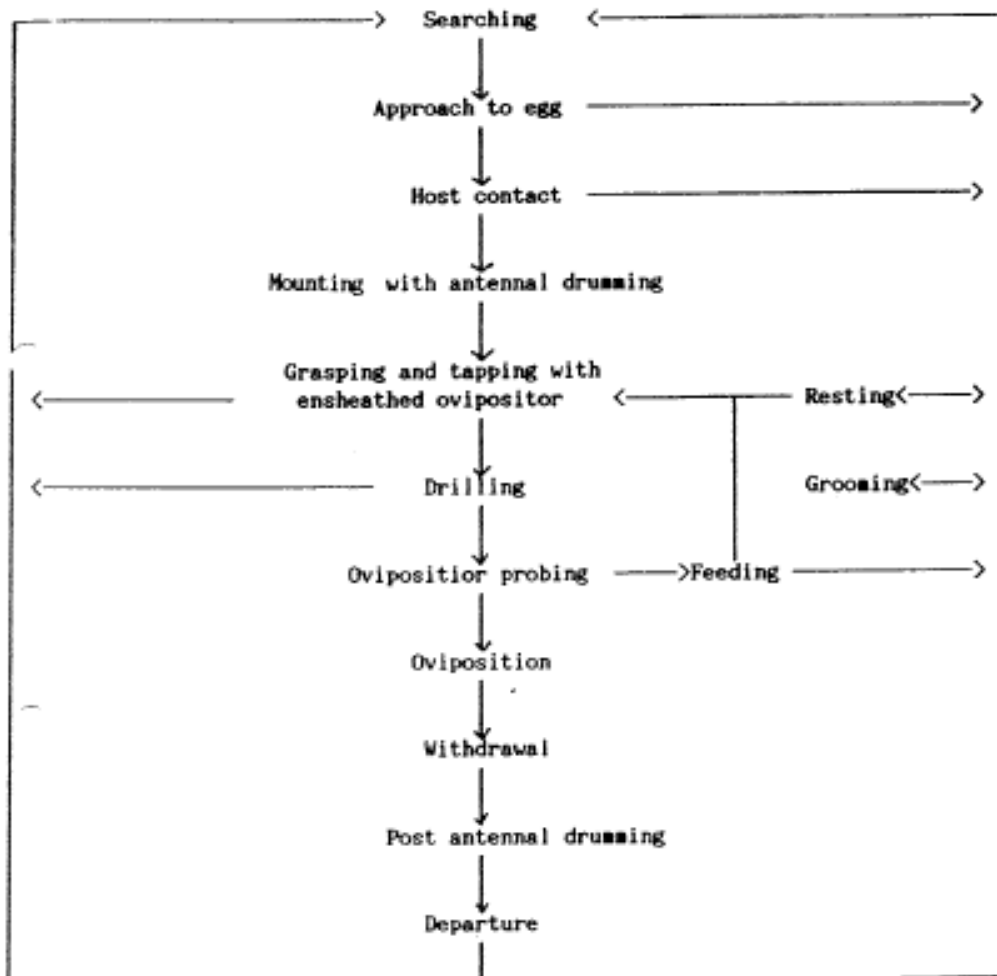


그림 20. 짚시알깡충좀벌의 기주수락 단계

- 알깡충좀벌 암컷성충의 톱다리개미허리노린재 알에서 산란행동(그림 21)



1단계: 기주탐색 - 2단계: 탐침 - 3단계: 산란

그림 21. 알깡충좀벌의 자연숙주알에 산란행동

○ 인공알 대량생산을 위한 공정 체계 수립

- 인공배지 준비, 배지 혼합, 인공난각에 배지 주입 등 인공알 제작 단계별 대량사육시스템에 적용할 공정체계를 수립하기 위해 국내외 인공알 제작에 대한 자료를 수집하여 대량사육시스템을 완성할 수 있는 공정체계를 수립하였음
- 중국에서는 1990년대부터 인공알을 이용한 알벌류(*Trichogramma*)의 대량사육에 성공하였으며, 인공사육을 통해 사육된 알벌류를 생물적 방제용 천적으로 활용하고 있으나, 인공알 대량사육 기계에 대한 연구 자료는 알려진 바가 없음
- 또한, 자연기주인 산누에나방(*Anthery pernyi*; 작잠)의 대량사육이 가능하여 인공알을 이용하는 것보다 작잠의 알을 이용하는 것이 경제성이 높아 현재는 자연기주의 알을 이용하여 알벌류를 대량생산하고 있음
- 미국에서는 USDA와 곤충관련 대학에서 알벌류의 인공사육 및 인공알 개발에 관한 연구들이 2000년대 후반에 수행되어 인공배지 및 장치가 개발되기도 하였으나, 현재 이러한 장치가 상용화되거나 천적을 대량사육하기 위해 널리 활용되고 있는 상황은 아님
- 또한, 인공알의 인공배지로 누에나방의 혈림프 27-50%, 박각시나방(*Manduca sexta*)의 알(egg) 용액 30.0%를 혼합하여 사용하고 있음

- 대량생산을 위한 인공알 제작 공정(그림 22)

① 배지준비: 배지는 천연물 혼합사료(oligidic diet)를 기본으로 하며, 그 외에 단백질, 탄수화물, 무기염류, 비타민 등을 혼합하는 것이 일반적임

※ 천연물 혼합사료(oligidic diet)의 대상

- 산누에나방(작잠, *Anthera pernyi*)의 혈림프
- 인공알의 배지로는 누에나방 혈림프 27-50%에 다른 성분들을 혼합하는 것이 일반적이나, 미국 USDA, ARS에서는 7% Yeast Extract solution 10.0%, Free Amine III 5.0 10%, suspension of nonfat dry milk 15.0%, Chicken egg yolk 25.0%, Chicken embryo extract 15.0%, 박각시나방(*Manduca sexta*)의 알(egg) 용액 30.0%를 혼합하여 배지를 만들기도 함

- ② 배지혼합: 각각의 배지를 혼합하고 원심분리하여 상층액을 분리하여 사용하고, 모든 작업은 무균실에서 작업해야 하며, 오염에 각별한 주의가 필요
- ③ 인공난각에 배지 주입: 이미 제작된 인공알에 혼합된 배지를 일정한 양으로 분배하여 넣음
- ④ 인공난각 밀봉: 배지주입이 완료된 인공알은 비닐로 밀봉하여 공기가 통하지 않도록 함
- ⑤ 완성된 인공알 멸균처리: 완성된 인공알은 사용하기 전에 크린벤치에서 UV-light로 멸균

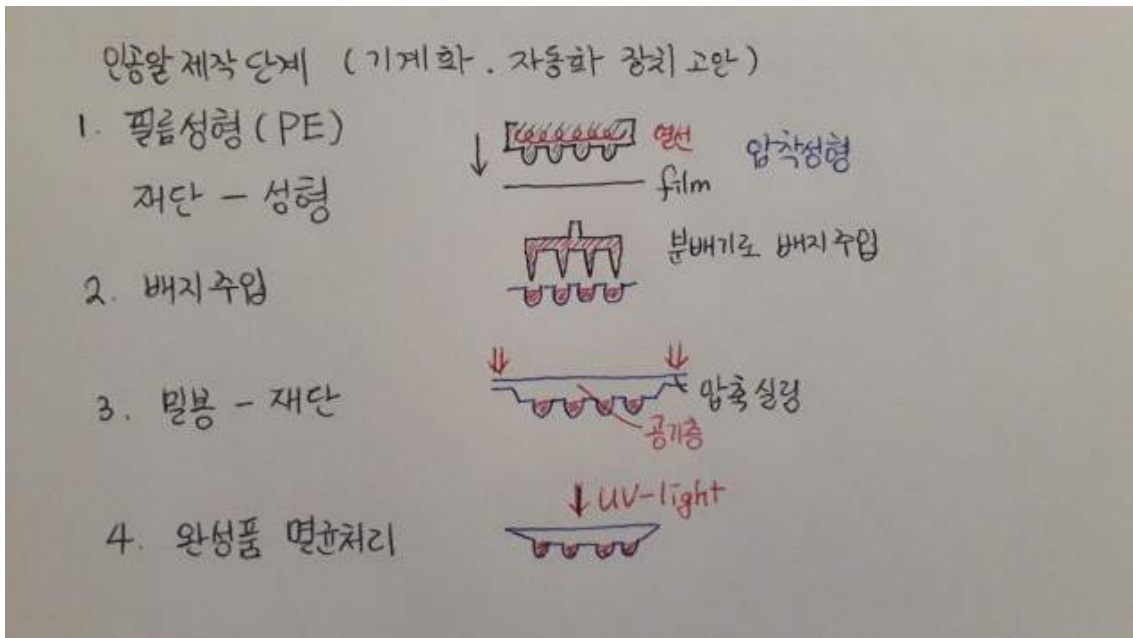


그림 22. 인공알 제작 단계

- 인공알 대량제작 장치(견본; 그림 23)



그림 23. 호주에서 제작된 인공알 제작 장치
(출처. ipm.ifas.ufl.edu/pdfs/Leppla_Greenberg_Austria_080510.pptx)

○ 사육된 천적의 사업화를 위한 시제품 개발

- 접종 및 증식(그림 24 및 25)

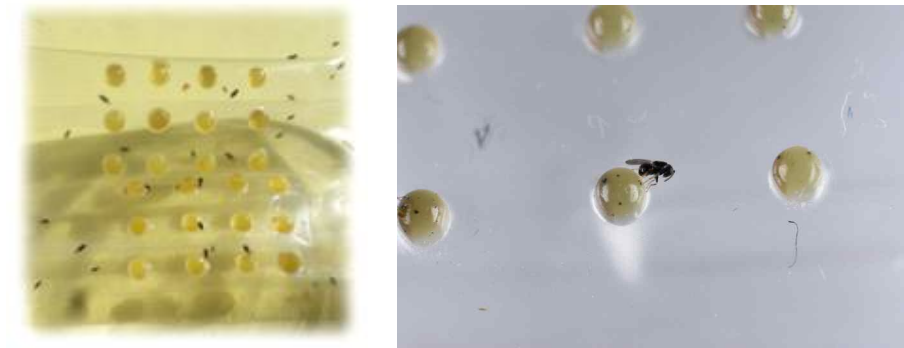


그림 24. 알깡충좀벌의 인공알에 접종 및 산란

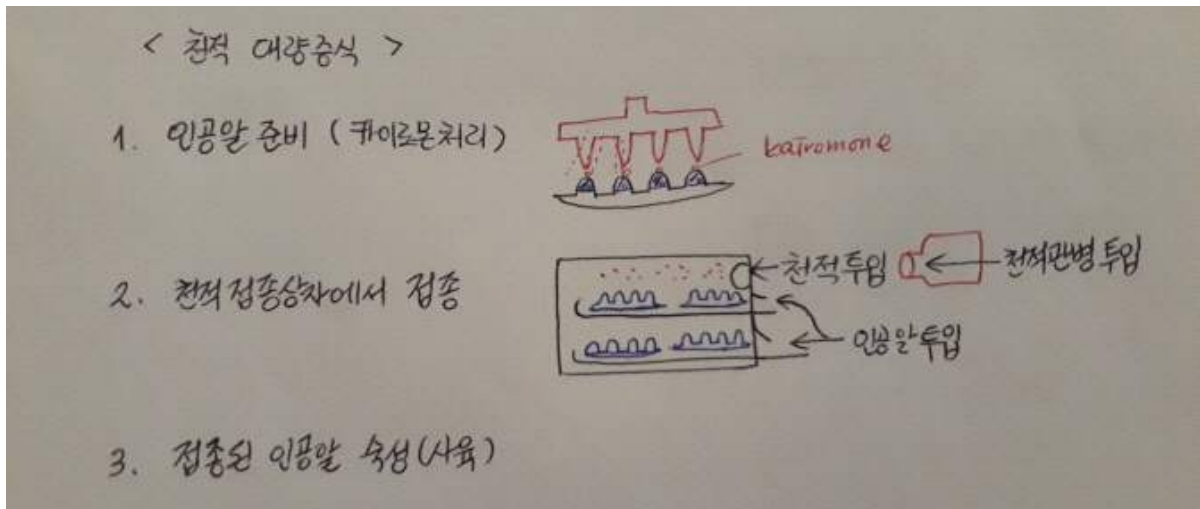


그림 25. 알깡충좀벌의 대량증식 모식도

- 수확: 증식된 알깡충좀벌의 우화시기에 인공알의 상단부를 절개하여 깡충좀벌이 우화할 수 있도록 하고, 우화한 성충은 빛에 유인되어 상층으로 이동하여 고정된 관병에 모이게 되며 모여진 천적은 포장을 위해 냉장실에서 5분간 머무르게 한 후, 저온처리된 기생벌을 일정한 개체수로 계량하여 포장병에 투입(그림 26)

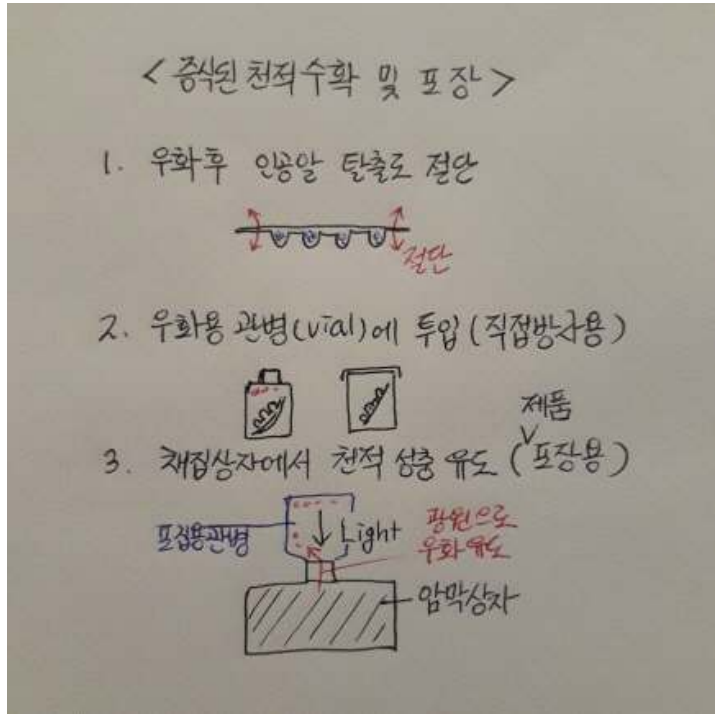


그림 26. 인공알에서 증식된 알강충좀벌의 성충 수확 및 포장

- 포장

1. 제품 수령 즉시 사용하십시오.
2. 해충 발생량에 비례하여 적정량을 해충 발생 지점에 골고루 흩뿌려 방사하십시오.
3. 살충제를 사용할 경우 전문가와 상의하십시오.

노린재용 알강충좀벌

KBIL

(주) 한국유용곤충연구소

친환경농자재생태의 성과를 받은 지재입니다.

자 재 종 류 : 친환경생태농 지재
 등록번호 : 09-유기-05-222
 특 성 : 없음

■ 사용법

- 사용전기 노린재류 해충 발생 직전의 예방적 적용 또는 발생이 확인된 후 방제용.
- 사용량: 100㎡ 당 1병, 해충밀도에 따라 전문가와 상의하십시오.
- 해충의 밀도에 따라 주기적으로 방사하여야 효과를 볼 수 있습니다.
- 노린재가 발생한 곳에 집중적으로 방사하십시오.
- 보관: 8~10℃의 냉장소

■ 고객센터 : 051-362-8205, 031-674-8286, 070-3270-1673



□ 포장지 표기사항(미래전적 알강총좀벌)

<p style="text-align: center; color: red;">사용 전에 다발을 잘 읽을 것</p> <p>① 사용상의 주의사항</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제품 수령 즉시 사용하십시오. 2. 해충 발생량에 비례하여 적정량을 해충 발생 지점에 골고루 흩뿌려 방사하십시오. 3. 살충제를 사용할 경우 전문가와 상의하십시오. 	<p style="text-align: center; color: red;">다발 표시사항 이외에는 사용하지 마 것</p> <p>③ 자재종류명 (작물총해관리용 자재) ④ 목록등록번호 : ⑤ 특 성 : 없음</p> <p style="text-align: center;">⑦ 친환경 유기농자재 (노린재 알강총좀벌)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">⑧ 제조원 또는 판매원(수입원) (주)한국유용곤충연구원</p> <p style="text-align: center; color: red;">⑨ 적용대상 작물 및 병해충 이외에는 사용하지 마십시오.</p>	<p style="text-align: center; color: red;">어린이 손이 닿는 곳에 놓거나 보관하지 마 것</p> <p>⑨ 제품의 특징</p> <p>- 노린재류 알에 기생하는 천적입니다.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>친환경농자재심의회의 심의를 받은 자재입니다</p> </div> <p>⑩ 제품의 효과</p> <p>- 노린재류 알에 직접 산란하여 기생하여 노린재의 확산을 억제하는 효과가 있습니다.</p> <p>⑪ 사용방법</p> <p>- 사용적기: 노린재류 해충 발생 직전의 예방적 적용 또는 발생이 확인된 후 방제용. - 사용량: 100평 당 1평, 해충밀도에 따라 전문가와 상담하십시오. - 해충의 밀도에 따라 주기적으로 방사하여야 효과를 볼 수 있습니다. - 노린재가 발생한 곳에 집중적으로 방사하십시오. - 보관: 8~10℃의 냉장소</p> <p>⑫ 기타 필요한 사항</p> <p>주소: 전남 곡성군 옥곡면 소룡길 289-38 소비자상담실: 061-362-8205 제조일자:</p>
<p>② 이 자재는 효과와 성분함량 등을 보증하지 아니하고 친환경 유기농산물 생산을 위해 사용가능 여부만 검토한 자재입니다.</p>		

1. 세부 정보(병해충관리 분야)

① 일련번호/접수번호	② 자재 종류	③ 자재명(상표명)	④ 사업자등록번호	⑥ 책임보험증서번호	⑧ 등록 여부		⑦ 시료 번호
					농약	비료	
/	작물총해관리용자재	천적곤충(노린재 알강총좀벌)	125-81-45116				
⑨ 원료 특성		⑩ 조성비			⑪ 물질 유래(출처)		⑫ 제조공정
<p>1. 알강총좀벌</p> <p>- 학명: <i>Ooencyrtus nezarae</i></p> <p>- 노린재류의 알기생천적으로 4월~10월까지 활동하며 2007년 농림부에서 수입이 허용되었다.</p> <p>- 크기: 성충은 1.5~2mm의 검정색</p> <p>- 기구: 몸다리가 미허리노린재를 비롯한 노린재류 알</p> <p>- 생활사: 알, 유충, 변태기, 성충, 알부터 성충까지 약 15일(25℃).</p> <p>- 행동: 성충은 비행능력이 낮으며 하부식생을 타고 뛰어 이동하여 노린재의 알에 산란한다.</p> <p>- 수명:</p> <p>- 산란:</p>		원료명	성제별 함유 내역(제품)			원료 투입율 (%)	<p># 원료의 출처(생산지, 수입국, 제조사 등)를 기재</p> <p>1. 알강총좀벌 ○ 알강총좀벌은 (주)한국유용곤충연구소에서 누대사육하여 대량생산한 것으로서 국립순천대학교에서 채집 및 분류 동정하여 생산한 원종을 이용하여 사육함.</p> <p>2. 보조제 ○ 성충상태로 포장되며 포장용기에 10% 꿀물을 발라준다.</p> <p>3. 제품의 색상: - 선택(고상)</p>
		[주원료] 알강총좀벌	물질명 (화학명)	함유량 (%)	CAS No.		
	[보조제] 꿀물 10%	알강총좀벌				100%	<p>자연기주 (농가의기이러 피노린재 알)</p> <p>원종 생산</p> <p>인공기주</p> <p>수확 포장</p> <p>알강총좀벌</p> <p>원종</p> <p>품질 검사</p>

2. 시험 성적 (일련번호 / 접수번호)										
시험명	시험기관	시험대상	시험결과	③적용대상 및 사용방법						
				작물명	병해충명	사용적기	사용량	안전사용시기 및 횟수		
②운반과시험			<약효시험결과> - 면제가 : 99% - 단조양제 : 99% - 처리 : 99% <약해시험결과> - 없음	배우	뽕다리개미 미허리노린재	정식후 뽕다리개 미허리노린재 발 생초기	500마리 /1병 /330m ²	예방용 및 치료용 사용 횟수 제한 없음		
④시험성적	시험기관	시험항목	시험결과(항목)		⑤주의사항	1. 해충 발생 전, 후에 적정량을 작물의 밑에 깔고루 걸어주십시오. 2. 살충제를 사용할 경우 전문가와 상의하십시오.				
구분	시험명	시험기관	신청명	등록결과	구분	시험명	시험기관	병원성 미생물명	검사결과	
원료 확인 인어 부	2017. 12	극립순천대학교	알갱충증벌	제출종: <i>Ooencyrtus nezarae</i> 확인종: <i>Ooencyrtus nezarae</i> 이종혼입여부: 없음	⑥ 미생물 검사					
참고사항										
전문위원회 검토결과										
심의회 심의결과										
상기 내용은 제출한 자료와 다름이 없으며, 제출자료와 다르게 기재하거나 명확하게 기재하지 않은 내용에 대한 책임은 작성자에게 있음 작성 책임자 : 성 명 (인) 또는 서명										

- 운반: 알갱충증벌을 투입하여 포장된 관병은 충격에 주의하여 냉장할 수 있는 스티로폼 박스에 넣어 운반할 수 있음

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-06	
4-1. 목표달성도				
연구개발목표	연구개발내용	가중치	달성도	
인공사료 조성 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공배지조성 <ul style="list-style-type: none"> - 혈림프(40%), chicken york (20%), infant formula (30%), Neisenheimer's salt solution (10), Penicillin (400 units), Streptomycin (400 units) - 곤충(4종)의 혈림프 중 산누에나방(작잠) 번데기 혈림프가 알깡충좀벌의 산란 및 유충의 발육에 가장 적합 	15	100%	
인공기주 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공알 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 난각 소재로 polypropylene film 양호, 두께 0.4mm - bag form 형태로 제작하여 인공배지 분주 후 실링 - 알깡충좀벌 암컷성충이 인공알에 정상적으로 산란 - 산란된 알은 부화하여 1령유충에서 성충까지 최고 93% 우화 	15	100%	
카이로몬 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유인 및 산란 자극 물질 탐색 <ul style="list-style-type: none"> - 톱다리개미허리노린재의 여러 부위 중 복부에서 에탄올로 12시간 이상 추출한 용액에 알깡충좀벌 암컷성충 유인 및 산란행동 관찰 - 추출액을 인공알 표면에 발라 산란 유도 성공 	5	100%	
생물적 속성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공알로부터 생산된 알깡충좀벌의 생물적 속성 <ul style="list-style-type: none"> - 인공알에 산란된 알은 자연알과 마찬가지로 인공난각 표면에 egg stalk 형성 - 부화율 평균 65.1%, 용화율 평균 54.6%, 우화율 49.2%, 성비 평균 1.61:1 - 1령유충에서 성충까지 우화율 최고 93% - 인공알에서 알부터 유충까지 9-12일 소요 - 인공알에서 번데기기간은 자연알과 같이 7일 소요 - 인공알과 자연알에서 우화한 암수 성충 모두 뒷다리 종아리마디의 길이에서 통계적 유의차가 없었음 - 인공알에서 발육한 성충은 자연알과 인공알 모두에서 3세대까지 활력의 변화없이 산란 	25	100%	
야외 발생소장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콩밭에서 노린재 발생 최성기 및 기생율 <ul style="list-style-type: none"> - 톱다리개미허리노린재: 8월 중순~9월 상순(착협기) - 갈색날개노린재: 7월 상순~하순 - 풀색노린재: 9월 하순~10월 상순 - 풀색노린재 알기생률 기생율 평균 63.1% ○ 단감에서 노린재 발생 최성기 및 기생율 <ul style="list-style-type: none"> - 톱다리개미허리노린재: 8월 중순~10월 하순(비대착협기) ○ 고추에서 노린재 발생 최성기 및 기생율 <ul style="list-style-type: none"> - 파리허리노린재: 8월 중순~9월 하순, 기생율 20.5% 	10	100%	
기생벌의 살충제 감수성 검정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 알깡충좀벌의 살충제 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 합성농약(6종) 및 유기농업자재(6종)에 대하여 기준량 및 반량에서 모두 치사, 그 보다 낮은 농도에서도 80% 이상의 감수성을 나타냄 	10	100%	
노린재 및 기생벌 산란행동 조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 톱다리개미허리노린재 섭식 및 산란행동 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 성충과 약충은 장류용 콩, 콩꼬투리, 햇콩에 섭식 선호 - 암컷성충은 아크릴판과 솜(거즈)에 산란 선호 ○ 알깡충좀벌의 산란행동 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 산란유도물질을 바른 유리구슬에서도 산란 행동 관찰 - 산란행동: 기주탐색(더듬이 이용)-탐침(산란관)-산란 	10	100%	
인공알 대량생산 공정조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공알 대량생산을 위한 단계별 공정 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 인공알 제작 공정: 배지준비-배지혼합-배지주입-밀봉-멸균처리 - 인공알 대량제작 장치 자료 수집 - 시제품 제작: 접종 및 증식-수확-포장-운반 	10	100%	

4-2. 관련분야 기여도

- 본 연구에서 개발된 알깡충좀벌의 인공알을 이용한 증식 기술은 깡충좀벌류의 인공알을 이용한 증식에 있어서 세계적으로 가장 수확률이 높은 기술력을 확보하였음
 - 일본에서는 톱다리개미허리노린재의 알에 산란된 알깡충좀벌의 알을 꺼내어 *in vitro*에서 인공배지를 이용하여 사육하여 1령 유충 생존율 85.0%, 최종령 생존율 72.5%를 얻었으나 (Takasu and Yagi, 1992), 본 과제에서 개발된 기술은 인공알에 직접 산란을 받아 연속적으로 성충까지 사육할 수 있고, 1령유충부터 성충까지 최고 93%의 우화율을 얻음
 - 이탈리아에서는 *in vitro*에서 인공알 및 인공배지를 이용하여 밤나방류 일종인 *Thaumetopoea pityocampa*의 기생벌인 *Ooencyrtus pityocampae*를 사육한 결과, 5마리의 성충만을 얻을 수 있었지만(Masutti et al., 1993), 본 과제에서 개발된 기술은 bag form 형태로 제작된 인공알 24개에서 평균 94마리의 활력있는 성충을 얻음

- 국내 천적산업에서 인공알을 이용한 안정적이고 수확률이 높은 기생벌 증식기술을 최초로 확보함으로써
 - 천적산업에서 다른 천적류의 먹이용 인공알 제작의 활용 가능성이 있으며,
 - 북미지역으로 출항하는 선박의 매미나방 난괴 검사와 관련하여 항구 주변 매미나방의 밀도 감소에 인공알 증식기술을 이용한 친환경적 방제 방법의 적용이 가능하게 되었으며,
 - 농작물 해충인 다른 노린재류 천적류의 대량증식에 인공알을 이용한 증식기술을 적용할 수 있어 한 가지 예로 미국에 침입하여 문제를 일으키고 있는 썩덩나무노린재의 기생벌 증식기술 확립 및 상품화도 가능할 것임

5. 연구결과의 활용계획

	코드번호	D-07
<ul style="list-style-type: none"> ○ “툽다리개미허리노린재 및 매미나방에 대한 알깡충좀벌류(알깡충좀벌 및 짚시알깡충좀벌)의 대량방사 효과” 추가 연구 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 본 과제에서 개발된 기술은 짚시알깡충좀벌에도 동일하게 적용할 수 있기 때문에 북미지역으로 출항하는 선박의 매미나방 난괴 검사와 관련하여 항구 주변의 매미나방 밀도를 감소시키기 위하여 국제식물검역인증원과 공동으로 대량방사 효과에 대한 연구가 추가적으로 필요함 ○ 대량사육을 위한 인공알 대량제작 장치 개발 및 기업화 <ul style="list-style-type: none"> - bag form형태로 제작되는 인공알의 인공난각 제작 시 제작하는 사람의 능력에 따라 반구형 알의 두께가 일정하지 않을 수 있지만, 자동화 제작 장치 개발로 난각 두께를 균일하게 얻을 수 있어 기생벌의 발육 및 수확율을 상당히 높일 수 있을 것임 - 또한, 생산비 절감을 위해 접종 및 증식-수확-포장-운반 공정을 자동화 및 상품화 할 필요가 있음 ○ 인공알 증식기술의 응용 <ul style="list-style-type: none"> - 미국에 침입하여 문제를 일으키고 있는 썩덩나무노린재의 기생벌을 인공알 증식기술을 이용하여 사육체계 구축 및 상품화로 미국 등으로 수출도 가능할 것임 - 반구형의 bag form 형태의 인공알에서 날개 형태의 bead나 캡슐과 같은 생체고분자 인공알 개발로 전환 		

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

	코드번호	D-08
<ul style="list-style-type: none"> ○ 체내기생벌의 산란과 사육을 위한 인공배지로 하이드로겔 비즈 또는 캡슐의 제작 기술(특허번호 US20040231601) <ul style="list-style-type: none"> - 생체고분자를 이용한 캡슐 형태의 인공알 제작 기술 및 그 인공알에 진딧물 기생벌의 산란 확인 		

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○ 공개		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

					코드번호	D-10			
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호	
	없음								

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

		코드번호	D-11
○ 기술적 위험요소 분석 및 안전관리대책			
1) 인력전문성 제고			
○ 안전(관리감독자 교육): 대한산업안전협회(년 1회)			
○ 환경(환경실무자 교육): 환경보건협회(년 6회)			
○ 가스(법정교육): 가스안전공사(년 1회)			
○ 화학약품(법정교육): 소방안전협회(년1회)			
2) 점검사항			
구 분	점 검 분 야	중점 점검 사항	비 고
자 체	○담당자별 점검	○ 공조/ 유틸리티 장비 및 배관	일일
	○안전관리팀 합동	○ 화학약품 사용 및 관리상태	매월, 안전점검의 날 관련
	○야간 및 휴일	○ 시설운영상태 ○ 24시간 가동장비 운영상태	일일
	○비상대응 훈련	○ 안전시설 시험동작 및 대피훈련	년 2회
외부전문 기관	○위험시설 안전진단	○ 실험실 안전관리 상태 ○ 가스 및 약품 안전관리상태	년 2회
3) 관련수칙			
수 칙 명	주 요 내 용		비 고
○ 안전보건관리요령	- 안전관리 총괄, 고압가스, 전기, 화학약품 안전관리 세부사항		
○ 실험실 관리 수칙	- 관리자 편성 및 임무		
○ 전기관리 수칙	- 전기시설물 취급 및 구매설치; 전기시설물 설치 등에 관한 규제		
○ 화학약품 관리 수칙	- 안전관리자 임무, 조치 및 의무; 취급, 통제구역, 비상재해		
○ 환경 관리 수칙	- 오염물질 배출 및 방지 준수사항; 장비도입 및 폐기시 준수사항		
○ 연구실 안전점검 정기적 실시			
- 연구실의 기능 및 안전을 유지 관리하기 위하여 안전점검지침에 따라 연구실에 관한 안전점검을 정기적으로 실시함.			
○ 참여 연구원의 안전관련 교육훈련 시행			
- 산업안전보건법 제31조 (안전보건교육) 및 연구실 안전환경조성에 관한 법률 제 18조에 의거, 전 직원에 대한 안전보건교육을 매달 실시함. 교육 방법은 모든 직원에 대한 자체 교육(2시간)을 실시하고, 안전보건교육 일지를 작성하여 관리함.			
○ 연구 내용 및 결과물 안전 확보			
- 정기적으로 인원 및 시설 보안 항목, 문서보안 항목 그리고 정보보안 항목의 보안점검을 실시하여 연구 내용 및 결과물의 안전을 확보하고 있음. 참여 연구원들을 대상으로 연구 결과의 안전한 관리를 위한 안전교육 실시함.			
○ 연구실 안전 확보 계획			
- 참여 연구원들이 안전관련 각종 법규, 규정 및 지침을 준수하도록 하며, 요구되는 안전교육 및 훈련 실시			
- 실험에 관련된 위험 정보를 숙지하고 적절한 개인 보호 장비 착용 실험실에 노출된 위험을 안전관리책임자에게 보고			
- 연구실의 잠재되어 있는 위험성 발견 및 위험물질과 각종 실험장비 등 사용에 따른 안전수칙이 잘 이행될 수 있도록 지도점검 및 교육			

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허 출원	알깡총좀벌을 인공사육하기 위한 인공알 주머니	순천 대학교	주발명 자	대한민국	-	2017.09.06	-	10-2017-0 114033
2	특허 출원	알깡총좀벌의 인공사육 방법	순천 대학교	주발명 자	대한민국	-	2017.09.06	-	10-2017-0 114034
3	특허 출원	알깡총좀벌의 인공사육을 위한 인공배지 조성물	순천 대학교	주발명 자	대한민국	-	2017.09.06	-	10-2017-0 114035
4	국제 학술 발표	In Vitro Rearing of <i>Ooencyrtus nezarae</i> (Hym.: Encyrtidae), an Egg Parasitoid of the Bean Bug, <i>Riptortus pedestris</i> (Hem.: Alydidae)	순천 대학교	발표자	대만	-	2017.11.23	단독사사	2017 Joint International Conference (NTU & ScNU)
5	논문 (SCI)	<i>In vitro</i> rearing of <i>Ooencyrtus nezarae</i> (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of <i>Riptortus pedestris</i> (Hemiptera: Alydidae)	순천 대학교	교신 저자	Biocontrol Science and Technology	-	2018.01.30. (투고일)	단독사사	-

11. 기타사항

코드번호	D-13
○ 없음	

12. 참고문헌

	코드번호	D-14
○ Alim, Md. A., & Lim, U. T. (2010). Biological attributes of <i>Ooencyrtus nezarae</i> Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) reared on refrigerated eggs of <i>Riptortus pedestris</i> (= <i>clavatus</i>) Fabricius (Hemiptera: Alydidae). <i>Journal of Asia-Pacific Entomology</i> , 13, 139-143.		
○ CABI. (2015). Datasheet of <i>Ooencyrtus nezarae</i> . [http://www.cabi.org/isc/datasheet/37511 ; accessed on Jun., 2017]		
○ Choi M.Y., Lee G.H., Paik C.H., Seo H.Y., Oh Y.J., Kim D.H., Kim J.D. (2005). Feeding preference, nymphal development time, bodyweight increase, and survival rate of the bean bug, <i>Riptortus clavatus</i> (Thurnberg) (Hemiptera: Alydidae), on soybean varieties. <i>Korean J. Appl. Entomol.</i> , 44(4), 287~292		
○ Hirose, Y., Takasu, K., & Takagi, M. (1996). Egg parasitoids of phytophagous bugs in soybean: mobile natural enemies as naturally occurring biological control agents of mobile pests. <i>Biological Control</i> , 7, 84-94.		
○ Lee H.-P., Boo K.-S., Kim S.-O., Lee K.-S. (1997). Gypsy moth kairomones affecting host acceptance behavior of the egg parasitoids <i>Ooencyrtus kuvanae</i> (Hymenoptera: Encyrtidae). <i>Korean J. Appl. Entomol.</i> , 36(1), 88~95.		
○ Lee, H.-P., & Lee, K.-S. (1994). Artificial rearing in vitro of <i>Ooencyrtus kuvanae</i> Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) - Artificial media, oviposition and development -. <i>Korean Journal of Entomology</i> , 24, 311-316.		
○ Lim, U. T. (2013). Occurrence and control method of <i>Riptortus pedestris</i> (Hemiptera: Alydidae): Korean perspectives. <i>Korean Journal of Entomology</i> , 52, 437-448.		
○ Liu, J. F., Liu, Z. C., Feng, X. X., & Li, D. S. (1988). Present status of mass-rearing <i>Trichogramma</i> with artificial host eggs to control insect pests. <i>Chinese Journal of Biological Control</i> , 14, 139-140.		
○ Maple, J. D. (1937). The biology of <i>Ooencyrtus johnsoni</i> (Howard) and the role of the egg shell in the respiration of certain encyrtid larvae (Hymenoptera). <i>Annals of the Entomological Society of America</i> , 30, 123-154.		
○ Masutti, L., Battisti, A., Milani, N., Zanata, M., & Zanazzo, G. (1993). In vitro rearing of <i>Ooencyrtus pityocampae</i> [Hym., Encyrtidae], an egg parasitoid of <i>Thaumetopoea pityocampa</i> [Lep., Thaumetopoeidae]. <i>Entomophaga</i> , 38, 327-333.		
○ Mizutani, N., Hirose, Y., Higuchi, H., & Wada, T. (1996). Seasonal abundance of <i>Ooencyrtus nezarae</i> Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of phytophagous bugs, in summer soybean fields. <i>Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology</i> , 40, 199-204.		
○ Nakajima, Y., Nakagawa, R., & Fujisaki, K. (2012). Interactions between the winter cherry bug <i>Acanthocoris sordidus</i> (Hemiptera: Coreidae) and its egg parasitic wasps. <i>Applied Entomology and Zoology</i> , 47, 35-44.		

- Paik, C.-H., Lee, G.-H., Choi, M.-Y., Seo, H.-Y., Kim, D.-H., Hwang, C.-Y., & Kim, S.-S. (2007). Status of the occurrence of insect pests and their natural enemies in soybean fields in Honam province. *Korean Journal of Applied Entomology*, 46, 275-280.
- Paik, C.-H., Lee, G.-H., Choi, M.-Y., Seo, H.-Y., Kim, D.-H., La, S.-Y., & Park, C.-G. (2007). Report on two egg parasitoid species of *Riptortis clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae) on Soybean. *Korean Journal of Applied Entomology*, 46, 281-286.
- Tachikawa, T. (1963). Revisional studies on the Encyrtidae of Japan (Hymenoptera: Chalcidoidea). (Section 6, Agriculture), 9, 1 - 264.
- Tachikawa, T., Miyahara, M., & Yamada, K. (1977). Hymenopterous parasites of the eggs of *Plautia stali* Scott (Hemiptera: Pentatomidae) in Japan. *Transaction of the Shikoku Entomological Society*, 13, 131-132.
- Takasu, K., & Hirose, Y. (1986). Kudzu-vine community as a breeding site of *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of bugs attacking soybean. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 30, 302-304.
- Takasu, K., & Yagi, S. (1992). In vitro rearing of the egg parasitoid, *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae). *Applied Entomology and Zoology*, 27, 171-173.
- Tayutivutikul, J., & Yano, K. (1989). Biology of insects associated with the Kudzu plant, *Pueraria lobata* (Leguminosae). 1. *Chauliops fallax* (Hemiptera, Lygaeidae). *Japanese Journal of Entomology*, 57, 831-842.
- Wang, S.-Q. (2001). Research progress in *Trichogramma* mass rearing by using artificial host eggs. *Plant Protection Technology and Extension*, 21, 40-41.
- Wang, Z.-Y., He, K.-L., Zhang, F., Lu, X., & Babendreier, D. (2014). Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. *Biological Control*, 68, 136-144.
- Zhang, Y.-Z., Li, W., & Huang, D.-W. (2005). A taxonomic study of Chinese species of *Ooencyrtus* (Insecta: Hymenoptera: Encyrtidae). *Zoological Studies*, 44, 347-360.
- 이해풍. (1993). 알좀벌이 기주선택 행동과 인공사육기술의 개발연구. *한국과학재단연구보고서*, 5~28 pp.
- 정진교, 윤중탁, 임대준, 박종호, 김육한. (2005). 콩 생식생장단계별 톱다리개미허리노린재 흡즙에 의한 콩 종실 피해. *Korean J. Appl. Entomol.*, 44(4), 299~306.

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 노린재 알기생봉 알깡충좀벌(<i>Ooencyrtus nezarae</i>)의 대량인공사육기술 개발				
	(영문) Development of mass-rearing techniques for a pentatomid egg-parasitoid, <i>Ooencyrtus nezarae</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)				
주관연구기관	순천대학교		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 식물외과	
참 여 기 업	한국유통곤충연구소			(성명) 홍 기 정	
총연구개발비 (250,000천원)	계	250,000천원	총 연 구 기 간	2015. 12. ~ 2017. 12.(2년 0월)	
	정부출연 연구개발비	200,000천원	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	13명
	기업부담금	50,000천원		내부인원	12명
	연구기관부담금			외부인원	1명
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <p>농작물의 주요해충인 노린재류의 효과적인 생물적 방제를 위해 알깡충좀벌(<i>Ooencyrtus nezarae</i>)의 인공알 및 인공배지를 통한 대량사육기술을 개발할 목적으로 노린재류가 농작물에 미치는 경제적 피해 산출 및 기생천적 알깡충좀벌의 자연에서 발생환경조사를 통한 천적자원 활용의 기반을 조성하는 한편, 알기생벌인 알깡충좀벌의 대량사육을 위한 인공배지, 인공난각, 카이로몬을 탐색하여 상업화가 가능한 인공알 대량생산을 위한 공정체계를 수립하였음</p> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <p>polypropylene film (두께 4mm)을 이용하여 반구형의 인공난각 12개(3×4)를 bag form 형태로 제작하여 산누에나방 번데기 혈림프(40%)와 chicken yolk (20%), infant formula (30%), Neisenheimer's salt solution (10%), Penicillin (400 units), Streptomycin (400 units)으로 조성된 인공배지를 넣어 인공알을 제작하였고, 그 난각 표면에 톱다리개미허리노린재의 복부에서 추출한 산란유도물질을 발라 알깡충좀벌 암컷성충의 산란을 유도하였음. 인공알에 산란된 알들은 부화율 65.1%, 용화율 54.6%, 우화율 49.2%을 나타냈고, 알에서 유충까지 기간 9-12일, 번데기 기간 7일로 자연알에서 발육보다 알에서 유충기간이 3-5일 지연되었으나 성충까지 정상적으로 발육하였고, 그들의 뒷다리 중앙리마디 길이(284μm)는 자연알에서 발육한 것들(281μm)과 통계적으로 유의차가 없었으며, 활력의 변화없이 3세대까지도 산란을 계속하였음. 알깡충좀벌의 성충은 살충제에 대한 감수성이 매우 높아 살충제나 유기농업자재가 살포되지 않는 포장에서 인공알로 증식하여 대량으로 방사할 수 있는 유효한 생물적 방제원임. 인공알을 이용하여 알깡충좀벌을 대량으로 생산하기 위한 공정체계를 정리하였고, 그 시제품을 제작하여 상품화가 가능하도록 하였음.</p> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <p>알깡충좀벌의 인공알을 이용한 증식기술의 개발을 통해 특허출원(3건) 및 국제학술발표(1건), 홍보(2건), 기술전수(1건)를 하였고, 관련 결과를 SCI 논문에 투고 중에 있으며, 앞으로 본 인공알을 이용한 증식 기술을 활용하여 항구 주변 매미나방 밀도를 감소시키기 위한 대량방사 효과를 계획하고 있음</p>					

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

			코드번호	D-15	
			과제번호	115091-2	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야			과제구분	단위	
사업명	농생명산업기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	노린재 알기생충 알깡총좀벌(<i>Ooencyrtus nezarae</i>)의 대량인공사육기술 개발		과제유형	개발	
연구기관	순천대학교		연구책임자	홍기정	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2015.12.18. ~2016.12.17	100,000	25,000	125,000
	2차년도	2016.12.18. ~2017.12.17	100,000	25,000	125,000
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	2015.12.18. ~2017.12.17	200,000	50,000	250,000
참여기업	농업회사법인(주)한국유용곤충연구소				
상대국		상대국연구기관			


2. 평가일 : 2018년 1월 31일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
순천대학교	부교수	홍기정

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 : 아주우수

본 연구에서 기생벌인 깡충좀벌류(*Ooencyrtus*)의 인공알을 이용한 증식기술의 개발은 산란부터 성충의 우화까지 인공알에서 자체 발육할 수 있는 시스템을 제공하는 기술로 세계적으로 유일하며, 1령유충에서 성충까지 최고 93%의 우화율을 얻어 실용성 면에서도 매우 가치가 높다고 판단됨

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 아주우수

인공알을 이용한 기생벌의 증식기술을 원천적으로 확보함으로써 앞으로 다양한 천적류의 증식에 이러한 기술을 활용함으로써 국내 천적산업의 부흥에 기여할 것임

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 아주우수

인공알을 이용한 톱다리개미허리노린재의 기생벌인 알깡충좀벌의 증식기술 개발은 다른 노린재류 뿐만 아니라, 항구 주변의 매미나방 밀도를 낮추기 위한 짚시알깡충좀벌의 대량증식에도 활용할 수 있으며, 북미지역에서 침입하여 문제가 되고 있는 썩덩나무노린재의 기생벌 증식에도 활용함으로써 수출용 상품화도 할 수 있음

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 아주우수

인공알을 이용한 증식기술을 확보하기 위해 먼저 톱다리개미허리노린재의 실내 누대사육을 통해 실험용 재료를 확보하는 한편, 인공난각 제작, 산란유도 물질 탐색, 적합한 혈림프 탐색, 적절한 인공배지 조성 등 각각의 단계마다 많은 실패의 어려움을 극복하고 실험을 반복하면서 산란행동의 예리한 관찰을 통해 가장 적합한 인공알 증식 시스템을 확립하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 보통

개발된 인공알 증식기술과 관련하여 3개의 특허를 출원하였고, 대만대와 순천대 공동 국제 학술발표회에서 발표 및 신문 등에 홍보 등 많은 성과를 이루었지만, 학술적으로 논문 투고가 늦어져 현재까지 SCI 논문 실적을 확보하지 못하고 있음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
○ 인공사료 조성 개발	15	100	적합한 인공배지 개발 완료
○ 인공기주 개발	15	100	제작된 인공알에서 산란 성공
○ 카이로몬 탐색	5	100	추출액 산란 유도 성공
○ 생물적 속성 평가	25	100	인공알에서 발육한 성충 3세대까지 활력 유지하면서 산란 활동 지속
○ 야외 발생소장	10	100	톱다리개미허리노린재는 착협기인 8월 중순~9월 상순이 발생최성기 폴색노린재 알의 기생율 63.1%
○ 기생벌의 살충제 감수성 검정	10	100	합성농약 및 유기농업자재의 반량 이하 농도에서 80% 이상 감수성
○ 노린재 및 기생벌 산란행동 조사	10	100	기주탐색(더듬이) - 탐침(산란관) - 산란으로 이어지는 일련의 행동
○ 인공알 대량생산 공정조사	10	100	인공알 제작 공정 체계 수립 및 시제품 제작
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

기생벌인 강충좀벌류(*Ooencyrtus*)의 인공알을 이용한 증식기술의 개발은 산란부터 성충의 우화까지 인공알에서 자체 발육할 수 있는 시스템을 제공하고, 1령유충에서 성충까지 최고 93%의 우화율을 얻어 실용성 면에서도 매우 가치가 높으며, 자연기주의 냉장알을 이용하는 것보다 경제적이므로 이러한 인공알을 이용하는 기술은 기생벌의 대량증식에 매우 효과적인 방법이라고 제안함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

기생벌이 자체적으로 산란하고 발육하여 우화할 수 있게 모든 방법들을 인위적으로 조성된 조건을 만들었다는 데 중점을 둔 실험수행 및 창의성을 평가

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- “툽다리개미허리노린재 및 매미나방에 대한 알깡충좀벌류(알깡충좀벌 및 짚시알깡충좀벌)의 대량방사효과 시범사업(가칭)”을 농림기술기획평가원의 기획연구과제로 제안하고자 함
 - 인공알을 이용하여 알깡충좀벌을 증식시켜 콩 포장에서 툽다리개미허리노린재에 대한 대량방사 효과를 검증할 필요가 있음
 - 국제식물검역인증원은 북미로 출항하는 선박에서 매미나방의 난피를 검사하고 있고, 이와 관련하여 항구 주변의 매미나방 밀도를 낮추기 위해 성충 발생 시기에 항구 주변 산림에 살충제를 살포하고 있으므로 그 기생벌인 짚시알깡충좀벌도 알깡충좀벌과 동일한 인공알로 인위적으로 대량 증식할 수 있어 친환경적인 생물적 방제 방법으로 활용할 수 있음
 - 그러나 이들 기생벌은 온실 등 제한된 공간에 살포하여 효과를 보는 것이 아니기 때문에 중앙정부나 지방정부 차원에서 적극적인 활용이 필요

IV. 보안성 검토

- 보안성이 필요하지 않음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구기관 자체의 검토결과

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	노린재 알기생충 알깡충좀벌(<i>Ooencyrtus nezarae</i>)의 대량인공사육기술 개발			
주관연구기관	순천대학교	주관연구책임자	홍 기 정	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	200,000천원	50,000천원		250,000천원
연구개발기간	2015. 12. 18 ~ 2017. 12. 17			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 인공사료 조성 개발	산누에나방 번데기 혈림프 등을 이용한 인공배지 개발
② 인공기주 개발	polypropylene film을 이용하여 인공난각이 제작된 bag form 형태의 인공알 개발
③ 카이로몬 탐색	툽다리개미허리노린재 복부에서 에탄올로 추출한 용액으로 알깡충좀벌의 산란 유도
④ 생물적 속성 평가	인공알에서 발육은 자연알에서 발육과 통계적으로 유의차가 없었으며, 우화한 성충은 3세대까지도 활력을 유지하며 산란활동을 지속
⑤ 야외 발생소장	툽다리개미허리노린재는 착협기인 8월 중순~9월 상순이 발생최성기; 풀색노린재 알의 기생율 63.1%
⑥ 기생벌의 살충제 감수성 검정	합성농약 및 유기농업자재의 반량 이하 농도에서 80% 이상 감수성
⑦ 노린재 및 기생벌 산란행동 조사	기주탐색(더듬이) - 탐침(산란관) - 산란으로 이어지는 일련의 행동 관찰
⑧ 인공알 대량생산 공정 조사	인공알 제작 공정 체계 수립 및 시제품 제작

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 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치																				
최종목표	2	1		2							1	2		5	3		1	1		
연구기간 내 달성실적	3										0	1		6	3		1	2		
달성율 (%)	150	0		2							0	50		120	100		100	200		

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	알갱충좀벌의 인공사육을 위한 인공알 제작 기술
②	알갱충좀벌의 인공사육을 위한 인공배지 조성물
③	알갱충좀벌의 인공사육 방법

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장에로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	v	v				v				
②의 기술	v	v				v				
③의 기술	v	v				v	v	v		v

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	기생벌 천적의 인공증식에 활용을 통해 천적산업 활성화
②의 기술	기생벌 천적의 인공증식에 활용을 통해 천적산업 활성화
③의 기술	기생벌 천적의 인공증식에 활용을 통해 천적산업 활성화

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치																			
최종목표	2	1		2							1	2		5	3		1	1	
연구기간내 달성실적	3										0	1		6	3		1	2	
연구종료후 성과창출 계획		3		2							1	1						1	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	알깡층층별 인공사육기술		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	1달	실용화예상시기 ³⁾	2018년 하반기
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	없음		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
 통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

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 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.