

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야 (code)	수행 기간	연구실	책임자
시설고추 친환경 병해충 방제기술 개발		작물보호 LS0702	'06 ~'09	경기도농업기술원 환경농업연구과	이진구
국내 토착천적 수집 및 선발 시험		작물보호 LS0702	'06 ~'09	경기도농업기술원 환경농업연구과	이진구
색인용어	토착천적, 꼬마납생이무당벌레, 진딧물, 노랑무당벌레, 가루진디벌				

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the native natural enemies of agricultural pest in Korea and develop *P. japonica* as a new natural enemies. *P. japonica* was occurred from April to October, and the peak was June and September. The developmental period from egg to adult emergence was 12 days at 25°C. The head width and the lengths of 1st to 4th instar larvae were 0.34~0.74mm and 1.89~5.88mm respectively and the deviation of the head width was less than that of the length. The number of eggs oviposited from a female was 1,024, the life span of female was 101.7 days, and male was 120.0 days. In the comparison of the number of eggs at different oviposition site, *P. japonica* preferred the corrugated cardboard. When there was no aphid, the survival rate of *P. japonica* among another instar bugs and among same instar bugs was 0% and 26.7~32.8%, respectively. When there were sufficient aphids, the cannibalism of *P. japonica* was low, so the survival rate of *P. japonica* among another instar bugs and among same instar bugs was 78.6~95.8% and 80.6~100%, respectively. The egg of *Cadra cautella* was efficient as alternative food for rearing *P. japonica* and the optimum temperature for storage of *P. japonica* adult was 4°C. Aphid consumption was increased for each successive instar and 1st instar larva and adult fed 14.7 and 57.0 of nymph of *Aphis gossypii*, respectively. In the red pepper greenhouse, the adult of *P. japonica* efficiently controlled the aphids when treated at beginning stage of aphids. These data suggest that *P. japonica* can be used as an effective natural enemy for control of aphids at greenhouse.

Key words : *Propylea japonica*, Natural enemy, Aphid, *Illeis koebelei*, *Diaeretiella rapae*

1. 연구목표

최근 들어 약제 저항성, 환경오염과 같은 농약의 부정적 요소와 안전농산물에 대한 인식의 변화 등으로 보다 안전하고 친환경적인 해충 방제방법을 강구하게 되었으며, 천적을 이용한 생물학적 방법이 효과적인 대안이 될 수 있다.

천적을 이용한 해충방제는 가장 친환경적이기는 하지만 몇 가지 어려움을 가지고 있다. 농약은 살포 후 방제효과가 바로 나타나는데 비해 천적은 투입 후 효과를 보기위해 1주일 이상 걸리고 해충과 천적의 밀도가 적절히 맞아야 하기 때문에 세심한 관찰과 기술이 필요하며 해충발생 초기에 사용하는 것이 중요하다. 또한 천적은 생물이기 때문에 최적 온도와 습도 등 환경에 영향을 받기 쉬우며 해충 종류별로 여러 천적을 동시에 이용해야하는 기술이 필요하다. 국내 시설원예작물에 발생하는 많은 해충 중에서 목화진딧물(*Aphis gossypii*)은 오이, 고추, 목화등에 발생하는 주요 해충으로(Blackman and Eastop, 2000), 농약으로 방제가 잘 되기 때문에 일반농업에서는 큰 문제가 아니었으나, 농약을 사용하지 않는 친환경농업에서는 주요 방제대상 해충이다.

무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 진딧물 방제를 위한 효과적인 포식성 천적으로 생물학적 특성에 대해 많은 연구가 되어 왔으며(Choi and Kim, 1985; Hong and Park, 1996; Kim and Choi, 1985; Lee and Kang, 2004; Seo and Youn, 2000), 천적을 이용한 친환경농업의 대표곤충으로 인식되어 왔다. 이외에도 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*), 진디혹파리(*Aphidoletes aphidimyza*), 호랑풀잠자리(*Micromus sp.*) 등 진딧물 방제를 위한 천적은 8~10종이 상용화되어 천적중 가장 많은 수를 차지한다. 현재 우리나라에는 7개 천적회사가 약 30여종의 천적제품을 생산하여 세계 3대 천적회사로 발돋움하고 있지만 다양한 작물에 다양한 해충이 계속적으로 발생하여 우리 농업 생태계에 맞는 토착 천적 개발은 매우 시급한 과제이다.

본 연구는 국내 토착천적을 수집하고 그 특성을 조사하여 우수한 천적을 선발, 친환경 농업에서 이용할 수 있는 천적으로 개발하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 꼬마남생이무당벌레(*Propylea japonica*)의 발육 및 포식 특성

경기지역 시설원예작물과 벼 재배지를 중심으로 천적으로 이용가능한 곤충을 대상으로 조사하였고, 대상 천적을 채집하여 실내에서 사육하면서 포식력, 기생성 등 천적으로 이용가능한 종을 선발하였다. 이중 가장 유망한 꼬마남생이무당벌레를 천적으로 개발하기 위해 그 특성을 조사하였다. 꼬마남생이무당벌레는 온도 25℃, 상대습도 80%, 광주기16:8(L:D)시간의 사육실에서 목화진딧물을 먹이로 하여 사육되었으며, 목화진딧물은 고추와 오이를 기주로 하여 온실에서 사육되었다. 또한 꼬마남생이무당벌레와 목화진딧물은 수시로 야외에서 채집하여 보충해 주었다. 꼬마남생이무당벌레의 발생소장 조사를 위해 2008년 3월 27일부터 11월 4일까지 7.5×12.5cm 황색끈끈이 트랩을 논과 밭둑에 20~30cm높이에 3반복으로 설치하고 일주일에 1회 수거하여 트랩에 잡힌 성충의 수를 조사하였다.

유충 영기별 발육기간 및 크기 조사를 위해, 갓 산란된 알을 1개씩 고추잎에 서식하는 목화진딧물과 함께 사육상자($\phi 10 \times 4 \text{cm}$)에 넣고, 이들을 25°C의 생장상에서 사육하며 발육상태를 하루에 2회 조사하였고, 실체현미경하에서 영상분석프로그램인 i-Solution Lite를 이용해 매일 사진을 찍고 두폭과 체장을 측정하였다.

산란수 및 수명조사를 위해, 갓 우화한 성충을 암수 한쌍씩 고추잎에 서식하는 목화진딧물과 함께 사육상자($\phi 10 \times 4 \text{cm}$)에 넣고 매일 산란수와 수명을 조사하였으며, 수컷 사망시 다른 수컷을 대체하여 암컷의 산란을 지속시켰다.

효과적인 산란처 조사를 위해, 성충 25마리를 고추잎에 서식하는 목화진딧물, 산란처(구겨진 신문지, 구겨진 휴지, 골판지)와 함께 사육상자($21 \times 14 \times 9 \text{cm}$)에 넣고, 이들을 25°C의 생장상에서 사육하며 5일동안 매일 산란처별 산란수를 조사하였다.

영기별 동중포식성을 조사하기 위해, 알, 알+1령충, 알+성충, 1령충, 1령충+2령충, 1령충+성충을 고추잎에 서식하는 목화진딧물과 함께 또는 고추잎 단독으로 페트리디쉬($\phi 10 \times 4 \text{cm}$)에 넣고, 이들을 25°C의 생장상에서 사육하며 12, 24, 48시간 후 남은 목화진딧물을 조사하였다.

인공 및 대체사료를 개발하기 위해서, 닭간+설탕(10:3), 명태알+설탕+비타민(10:3), 줄알락명나방 알, 목화진딧물을 먹이로 하여 알에서 성충까지의 발육을 매일 조사하였다.

성충의 저온저장을 위해 성충을 15마리씩 사육상자($\phi 10 \times 4 \text{cm}$)에 넣고 20°C에서 2일, 16°C에서 2일, 12°C에서 2일 경과 후 8°C 처리구로, 8°C에서 2일 경과 후 4°C 처리구로, 4°C에서 2일 경과 후 0°C 처리구로 옮겨 30일과 60일후에 생존율을 조사하였다.

영기별 목화진딧물 포식량 조사를 위해, 영기별 유충과 성충을 1마리씩 고추잎에 서식하는 목화진딧물 약충 약 100마리와 함께 페트리디쉬 ($\phi 10 \times 4 \text{cm}$)에 넣고, 이들을 25°C의 생장상에서 사육하며 24시간 후 남은 목화진딧물을 조사하였다.

진딧물 방제효과 검정을 위해 2009년 4월21일에 역강홍장군 고추를 정식, 6월25일에 꼬마남생이무당벌레 성충을 방사하고(1.5마리/주) 매주 진딧물 밀도를 조사하였으며, 8월 20일에 고추를 수확하여 수량을 조사하였다.

나. 노랑무당벌레 (*Illeis koebeler*)의 발육 및 섭식 특성

유충 영기별 발육기간 및 크기 조사를 위해, 갓 산란된 난괴를 흰가루병이 발생한 토마토잎과 함께 사육상자($\phi 10 \times 4 \text{cm}$)에 넣고, 이들을 25°C의 생장상에서 사육하며 발육상태를 하루에 2회 조사하였고, 영상분석프로그램인 i-Solution Lite를 이용해 매일 사진을 찍고 두폭과 체장을 측정하였다.

성충의 토마토 흰가루병균 섭식량 조사를 위해 흰가루병 병반이 다수 발생한 토마토잎에 성충 1마리를 넣고 24시간 후 섭식한 병반수를 조사하였으며, 섭식 전후 토마토잎을 i-Solution Lite를 이용해 사진을 찍었다.

다. 가루진디벌 (*Diaeretiella rapae*)의 기생율

설채, 쌈추 등 시설채소에서 자연 발생한 가루진디벌의 기생율을 조사하였고, 진딧물 종류별 방제효과 검정을 위해 고추 목화진딧물, 고추 복숭아혹진딧물, 설채 무테두리진딧물을 각각 $\phi 10 \times 4\text{cm}$ 사육상자와 $30 \times 30 \times 45\text{cm}$ 사육상자에 넣고 교미한 가루진디벌 암컷 성충을 방사하여 기생율을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 꼬마납생이무당벌레 (*Propylea japonica*)의 특성

1) 천적 활용가능 국내토착 곤충류

천적으로 이용가능성이 있는 국내에 서식하는 곤충은 표 1과 같다. 이중 포식성천적인 무당벌레, 애꽃노린재, 호리꽃등에 등은 자원화 가능성이 높고 일부가 이미 상용화가 되어 있으며, 기생성 천적인 가루진디벌, 싸리진디벌은 연구단계에 있다(Jeon et al, 2005; Ota and Otaishi, 2005). 노랑무당벌레는 고추와 배 흰가루병균에서 채집한 식균성 무당벌레로 오이와 상추 흰가루병균도 잘 먹는 것으로 보고되어 있다(Takeuchi et al, 2000). 이들중 자원화가능성이 가장 높은 꼬마납생이무당벌레의 특성을 중점적으로 조사하였다.

2) 꼬마납생이무당벌레 발생소장

논과 밭에서 꼬마납생이무당벌레의 발생소장을 끈끈이트랩으로 조사한 결과 밭둑에서 4월 8일 최초 채집되었으며, 5월-6월, 9월에 많이 발생하고 논둑에서는 연중 일정하게 발생하였다(그림 1). 7월과 8월에도 꾸준히 발생하는 것으로 보아 하년의 가능성이 적으며 천적자원으로 연중 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

표 1. 경기지역 수집 자원화 가능 천적

조사 천적	조사 기주	대상 해충	자원화가능성 ¹
꼬마납생이무당벌레	오이, 고추, 벼, 잡초	진딧물, 작은곤충	+++
무당벌레	오이, 고추, 토마토, 배추	진딧물, 작은곤충	+++
애꽃노린재류	오이, 토마토, 사과	총채벌레, 진딧물	+++
진디혹파리	오이, 고추, 배	진딧물	+++
호리꽃등에	배	진딧물	+++
칠성풀잠자리붙이	고추, 배, 배추 토마토	진딧물	+++
가루진디벌	배추, 적겨자, 설채	진딧물	++
노랑무당벌레	고추, 배	흰가루병균	++
사마귀	오이, 토마토, 배, 사과	작은곤충	++
싸리진디벌	오이, 고추	진딧물	++
열석점긴다리무당벌레	벼, 잡초	진딧물	++
깨알소금쟁이	벼	멸구류	+

1) +++ : 자원화가능성 높음, ++ : 자원화가능성 보통, + : 자원화가능성 있음

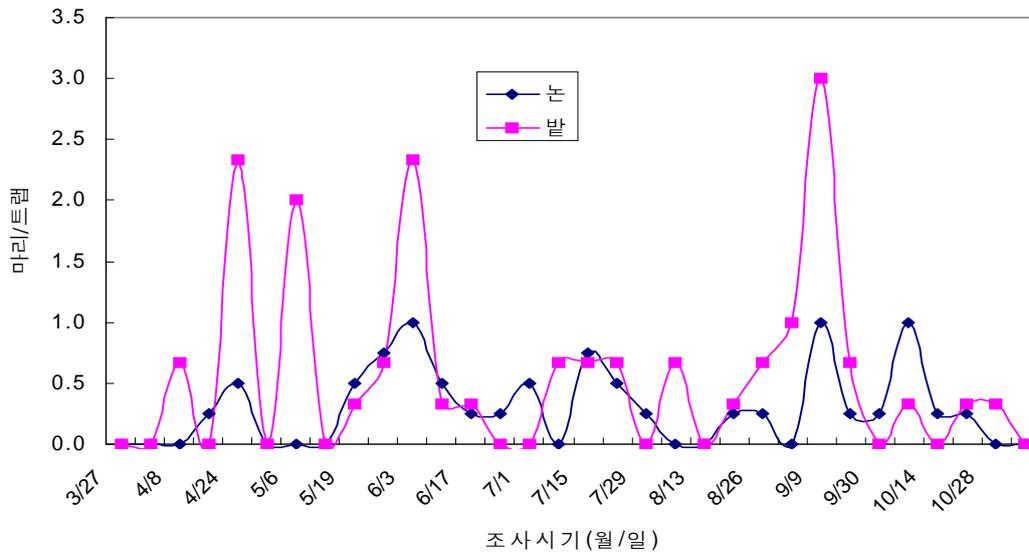


그림 1. 논과 밭 독에서 꼬마납생이무당벌레 성충 발생 밀도(2008)

※ 7.5 × 12.5cm 황색 끈끈이트랩을 논독과 밭독 20~30cm 높이 3반복 설치, 매주 조사

3) 각 태별 발육 및 산란 특성

유충 영기별 발육기간은 알과 용에서 2.8-2.9일로 가장 길었으며 1령 1.5일, 2령 1.1일, 3령 1.1일, 4령 1.9일, 전용 0.8일, 용 4.5일로, 알에서 성충이 되기까지 전기간은 약 12일이었다(표 2). 완두수염진딧물(*Acyrtosiphon pisum*)을 먹이로 하여 무당벌레(*Harmonia axyridis*)의 발육기간이 알 2.8일, 1령 2.5일, 2령 1.5일, 3령 1.8일, 4령 4.4일, 용 4.5일이라는 연구결과(LaMana and Miller, 1998)와 비교할 때 꼬마납생이무당벌레는 발육기간이 짧아 천적으로 이용가능성이 높다고 할 수 있다. 유충 영기별 두폭과 체장은 각각 1령 0.34, 1.89mm, 2령 0.46, 3.35mm, 3령 0.57, 4.66mm, 4령 0.74, 5.88mm이었고, 개체간 변이가 체장보다는 두폭에서 일정하여 영기구분을 위한 기초자료로 이용할 수 있었다(표 3).

표 2. 꼬마납생이무당벌레 각 태별 발육기간 (일 ± SD)

알	유충				전용	용	알→성충
	1령	2령	3령	4령			
2.9±0.36	1.5±0.41	1.1±0.23	1.1±0.23	1.9±0.25	0.8±0.25	2.8±0.25	12.3±0.69

※ 먹이 : 목화진딧물

사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)

표 3. 꼬마남생이무당벌레 각 영기별 두폭 및 체장 (mm ± SD)

구분	1령	2령	3령	4령
두폭	0.34±0.019	0.46±0.016	0.57±0.024	0.74±0.025
체장	1.89±0.459	3.35±0.439	4.66±0.566	5.88±0.741

※ 먹이 : 목화진딧물

사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)

성충의 수명은 개체간 차이가 많았으나 암컷이 약 100일, 수컷이 약 120일이었으며, 산란기간은 약 78일, 암컷 성충 1마리가 낳는 총산란수는 평균 약 1,000개, 최대 2,746개까지 낳아서 번식력이 매우 높았다(표 4). 효과적인 산란처 선정에 위한 조사 결과, 꼬마남생이무당벌레는 골판지를 산란처로 가장 선호하였다(표 5). 꼬마남생이무당벌레는 골판지의 홈속에서 숨고, 쉬고, 산란을 하여 대량사육시 산란처로 사용할 수 있으리라 추정된다.

표 4. 꼬마남생이무당벌레 산란수 및 수명

산란전 기간 (일)	산란기간 (일)	산란수 (개)	수명(일)	
			암컷	수컷
4.0±2.1 (1~11)	78.5±39.6 (11~196)	1,024±604.4 (65~2,746)	101.7±37.0 (30~199)	120.0±51.2 (13~191)

※ 먹이 : 목화진딧물, 복숭아혹진딧물

사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)

표 5. 꼬마남생이무당벌레의 산란처에 따른 산란수(개)

산란처 종류	1일차	2일차	3일차	4일차	5일차	평균
고추잎	25	-	19	0	0	11.0
휴지	18	63	0	0	0	16.2
신문지	124	62	24	19	5	46.8
골판지	214	103	87	30	35	93.8

※ 21×14×9cm 사육상자에 꼬마남생이무당벌레 25마리와 각각의 산란처를 동시에 넣고 산란처별 산란수를 24시간마다 조사

4) 동종포식성 및 인공먹이(대체먹이) 급여 효과

꼬마남생이무당벌레는 먹이가 부족할 때 동종포식성이 강하여 피식자 생존율이 다른 영기를 동시에 넣었을 때 48시간후 0%, 같은 영기 사이에서는 26.7-32.8%이었다(표 6). 충분한 먹이가 있을 때는 피식자 생존율이 다른 영기를 동시에 넣었을 때 78.6-95.8%, 같은 영기 사이에서는 80.6-100%를 보여 동종포식성이 약하였다. 칠성풀잠자리붙이(*Chrysopa pallens*)의 동종포식성은 1령, 2령, 3령에서 각각 16, 34, 54%로(Lee, 1999), 꼬마남생이무당벌레가 칠성풀잠자리붙이보다는 대량사육에 유리할 것으로 추정된다.

표 6. 꼬마남생이무당벌레의 동종 포식성

○ 먹이가 없을 때

처리	피식자	포식자	시간경과 후 피식자 생존율(%)		
			12h	24h	48h
알	알	부화1령충	-	59.4	32.8
알+2령충	알	2령충	54.7	25.7	0
알+성충	알	성충	0	0	0
1령충	1령충	1령충	96.7	86.7	43.3
	1령충	2령충	73.3	13.3	0
1령+2령충	2령충	2령충	100	73.3	26.7
	1령충	성충	6.7	6.7	0

○ 먹이가 있을 때(목화진딧물 공급)

처리	피식자	포식자	시간경과 후 피식자 생존율(%)		
			12h	24h	48h
알	알	부화1령충	-	80.6	80.6
알+2령충	알	2령충	100	100	91.6
알+성충	알	성충	100	100	95.8
1령충	1령충	1령충	100	96.7	96.7
	1령충	2령충	100	86.7	80.0
1령+2령충	2령충	2령충	100	100	100
	1령충	성충	96.7	78.6	78.6

※ φ10×4cm 사육상자에 처리별 피식자는 10-15마리, 포식자는 1마리씩 투입.

단, 1령+2령충 처리구는 각각 5마리씩 투입

대량사육을 위한 인공 및 대체먹이 사육결과 닭간+설탕 처리에서 발육기간이 19일로 길고, 우화율이 16.7%로 낮게 나왔고, 줄알락명나방알 처리에서는 발육기간 약 15일, 우화율이 72.2%로 천연먹이 처리인 목화진딧물에서 발육기간 약 12일, 우화율 83.3%와 가장 근접하였다(표 7). 무당벌레에서 가장 효과적인 인공먹이인 닭간+설탕이 꼬마남생이무당벌레의 유충사육에는 이용할 수 없었으며, 크기가 작은 꼬마남생이무당벌레의 유충이 닭간에 빠져 죽는 경우도 있었다. 애꽃노린재류와 알기생봉류의 대체먹이로 효과가 있으며 이미 대량사육체계가 확립된 줄알락명나방알(Kim et al., 2003)이 꼬마남생이무당벌레에서도 효과가 있어 향후 대량사육을 위한 대체먹이로 이용가능성이 가장 높았다.

성충 저장을 위한 온도시험 결과 4°C에서 60일 저장후에도 생존율이 83.3%로 가장 높았다(표 8). 꼬마남생이무당벌레의 대량사육후 농가에서 이용되기 전까지 저장을 위해서 4°C에서 저온저장을 하면 좋을 것으로 판단된다.

표 7. 인공먹이를 이용한 꼬마남생이무당벌레 발육기간 및 우화율

사료 종류	발육기간(일)			우화율(%)
	유충	번데기	계	
사료 1	15.5	3.5	19.0	16.7
사료 2	14.7	4.0	18.7	50.0
사료 3	9.6	5.5	15.1	72.2
사료 4(대조구)	7.9	4.3	12.2	83.3

※ 사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)

사료 1 : 닭간 + 설탕

사료 2 : 명태알 + 설탕 + 비타민

사료 3 : 줄알락명나방알

사료 4 : 목화진딧물

표 8. 꼬마남생이무당벌레 저온저장을 위한 온도별 생존율(%)

	30일후					60일후				
	I	II	III	IV	평균 J (%)	I	II	III	IV	평균 J (%)
0°C	9	13	13	8	71.7ab	6	12	11	5	56.7ab
4°C	12	14	14	12	86.7a	11	14	14	11	83.3a
8°C	8	11	10	8	61.7b	6	10	8	5	48.3b

※ 1반복당 15마리씩 φ10×4cm 사육상자에 넣고 온도별 저장

J DMRT(5%)

5) 영기별 목화진딧물 포식능력 및 방제효과

꼬마납생이무당벌레의 목화진딧물 약충 포식력은 1령과 성충에서 각각 14.7마리와 57.0마리로 영기가 증가함에 따라 증가하였다(표 9). Seo and Youn(2000)이 보고한 바에 의하면 무당벌레의 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*) 포식력이 120마리로 꼬마납생이무당벌레보다 많았는데 이는 무당벌레의 크기차이에 따른 포식력 차이로 추정된다.

표 9. 목화진딧물에 대한 꼬마납생이무당벌레 포식력

구 분	유 충				성충
	1령	2령	3령	4령	
포식수(마리/일)	14.7±7.2	29.5±9.2	32.0±7.2	50.7±6.2	57.0±4.4

※ 먹이 : 목화진딧물 약충

사육조건 : 25℃, 16:8(L:D)

고추에서 진딧물 방제효과를 검정하기 위해 초기 진딧물 밀도가 엽당 0.4마리일때 꼬마납생이무당벌레 성충을 1.5마리/주의 밀도로 방사한 결과 진딧물 밀도가 무처리에서 엽당 120마리 이상 증가한데 비해 천적처리구에서는 낮게 유지되었다(그림 2). 8월 20일에는 무처리구에서 더 이상 시험을 수행하지 못할 정도로 진딧물이 만연하여, 그을음증상과 낙엽이 발생하여서 고추 수량을 조사하였다. 고추 수량에서도 무처리에서 주당 203.1g에 비해 천적처리구에서 268.9g으로 30%이상 차이가 발생하였는데(표 10), 초기 진딧물발생이 정식 후 약 2달 만에 발생하였기 때문에 2달 동안 고추과실 발육이 일어났기 때문에 무처리에서도 203.1g의 수량이 나온 것으로 판단된다.

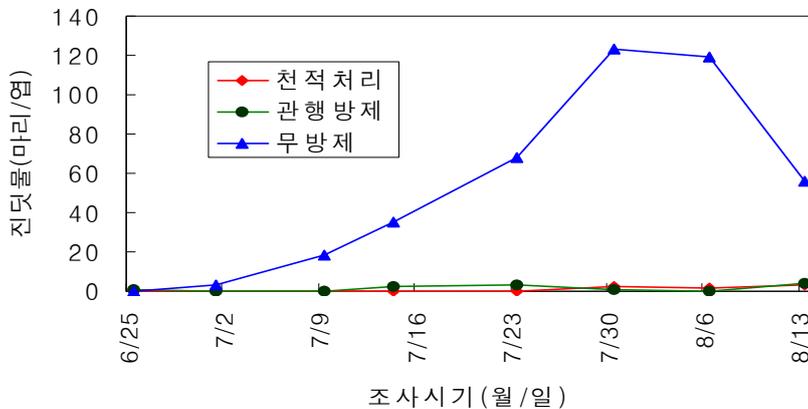


그림 2. 꼬마납생이무당벌레 방사후 고추 진딧물 밀도변화

※ 고추(역강홍장군) 정식 : 2009년 4월21일

무당벌레 투입(30마리/20주) : 6월25일

표 10. 꼬마남생이무당벌레 진딧물 방제효과에 따른 고추 수량증가

처리	고추 수량(g/주)			
	I 반복	II 반복	III 반복	평균 ¹⁾
천적처리	255.6	243.0	308.1	268.9a
관행방제	277.3	268.7	279.5	275.2a
무방제	200.1	217.9	191.4	203.1b

※ 고추(역강홍장군) 정식 : 2009년 4월21일

무당벌레 방사(30마리/20주) : 6월25일

고추 수확일 : 8월20일

1) DMRT(5%)

나. 노랑무당벌레(*Illeis koebeleri*)의 발육 및 섭식특성

유충 영기별 발육기간은 용에서 4.9일로 가장 길었으며 1령 1.6일, 2령 2.6일, 3령 3.3일, 4령 3.7일로 영기가 진전됨에 따라 발육기간도 늘어났으며, 알에서 성충이 되기까지 전기간은 20.7일 이었다(표 11). 유충 영기별 두폭과 체장은 각각 1령 0.23mm, 1.38mm, 2령 0.42, 2.89, 3령 0.54, 3.96, 4령 0.72, 5.31이었고, 개체간 변이가 체장보다는 두폭에서 일정하여 영기구분을 위한 기초자료로 이용할 수 있었다(표 12). 꼬마남생이무당벌레 두폭이 1령에서 0.36mm, 2령 0.46, 3령 0.57, 4령 0.74로 1령을 제외하면 노랑무당벌레 유충과 크기가 비슷하였다.

흰가루병 방제이용 가능성을 검토하고자 노랑무당벌레의 섭식량을 조사한 결과 성충 1마리가 하루에 섭식하는 양은 5-7mm크기의 흰가루병 병반을 8.1개 섭식하여 방제효과 가능성을 확인할 수 있었다(표 13). 하지만 포식성 무당벌레와 달리 식균성 노랑무당벌레가 균사와 포자를 100% 제거하지 못하고 도리어 몸에 붙은 포자를 다른 건전한 농작물에 옮길 가능성은 향후 검토해 보아야 할 것이다.

표 11. 노랑무당벌레 태별 발육일수(일 ± SD)

알	1령	2령	3령	4령	전용	용	알→성충
3.3±0.76	1.6±0.38	2.6±0.85	3.3±0.49	3.7±2.06	1.0±0.00	4.9±1.07	20.7±1.02

※ 먹이 : 토마토 흰가루병균

사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)

표 12. 노랑무당벌레 령기별 두폭 및 체장(mm ± SD)

구분	1령	2령	3령	4령
두폭	0.23±0.052	0.42±0.028	0.54±0.012	0.72±0.017
체장	1.38±0.439	2.89±0.537	3.96±0.498	5.31±0.568

※ 먹이 : 토마토 흰가루병균
 사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)

표 13. 노랑무당벌레의 토마토 흰가루병 병반 섭식량(병반수:개)(2007)

	1반복	2반복	3반복	4반복	5반복	6반복	7반복	8반복	9반복	10반복	평균
섭식 병반수	8	4	14	4	9	8	2	12	7	13	8.1

※ 사육조건 : 25°C, 16:8(L:D)
 병반크기 : 5~7mm
 섭식시간 : 24h, 성충 1마리

다. 가루진디벌 (*Diaeretiella rapae*)의 기생율

시설채소에 발생한 가루진디벌을 조사한 결과 설채, 쌈추 등 6작물에서 98.6%의 높은 기생율을 보였으며 대상 진딧물은 무테두리진딧물이었다(표 14). 가루진딧물을 채집하여 실내에서 접종시험을 한 결과 목화진딧물에서는 기생을 하지 못했으며, 복숭아혹진딧물보다는 무테두리진딧물을 선호하였다(표 15). φ10×4cm 사육상자보다는 30×30×45cm의 사육상자에서 기생율이 더 높았고 자연발생 기생율이 높은 것으로 보아 무테두리진딧물이 발생하는 채소재배온실에서는 방제효과가 더 좋을 것으로 추정된다.

표 14. 쌈채소에서 자연발생 가루진디벌의 기생율

	설채	적엽목단	쌈추	다홍채	레드 치커리	적겨자	계
기생(머미)	236	163	58	42	36	28	563
비기생(진딧물)	5	2	0	0	0	1	8
기생율(%)	97.9	98.8	100	100	100	96.6	98.6

※ 대상진딧물 : 무테두리진딧물

표 15. 진딧물종류에 따른 가루진딧벌의 기생율

작물	진딧물종류	사육용기	기생율(%)					평균
			1반복	2반복	3반복	4반복	5반복	
고추	목화진딧물	사육상자 1 [↓]	0	0	0	0	0	0
		사육상자 2 [↓]	0	0	0	-	-	0
고추	복숭아혹진딧물	사육상자 1 [↓]	20.0	10.0	16.7	13.3	13.3	14.7
		사육상자 2 [↓]	16.7	23.3	83.3	-	-	41.1
설채	무테두리진딧물	사육상자 1 [↓]	53.3	23.3	13.3	20.0	20.2	26.0
		사육상자 2 [↓]	93.3	83.3	-	-	-	88.3

↓ 사육상자 1 : $\phi 10 \times 4$ cm의 사육상자에 식물잎을 넣고 진딧물 30마리와 가루진딧벌암컷 1마리 접종

↓ 사육상자 2 : $30 \times 30 \times 45$ cm의 사육상자에 식물체 화분을 넣고 진딧물 30마리와 가루진딧벌 암컷 1마리 접종

4. 적 요

본 시험은 국내 서식하는 토착천적을 수집하고 특성을 조사하여 천적으로 이용하기 위해 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

□ 꼬마남생이무당벌레

- 끈끈이트랩 예찰결과 꼬마남생이무당벌레는 4월 8일 발독에서 최초 채집되었으며 5월-6월, 9월에 많이 발생하였다.
- 각태벌 발육기간은 약 12일 이었으며, 두폭으로 영기별 구분이 가능하였다.
- 성충 수명은 암컷 101.7 ± 37.0 일, 수컷 120.0 ± 51.2 일, 산란수는 $1,024 \pm 604.4$ 개 이었으며, 대량사육을 위한 산란처는 골판지가 가장 유망하였다.
- 꼬마남생이무당벌레는 먹이가 부족할 때 동족포식성이 강했으나 충분한 먹이가 있을 때는 동종포식성이 약하였다.
- 진딧물 대체사료로 줄알라명나방알이 성충 우화율 72.2%로 유망하였으며, 저온 저장을 위한 적정 온도는 4℃에서 생존율이 가장 높았다.
- 영기가 증가함에 따라 목화진딧물 약충에 대한 포식력이 증가하여 성충은 약 57마리를 포식하였으며 고추에서 진딧물발생 초기 성충을 투입하였을 때 방제효과가 우수하였다.

□ 노랑무당벌레

- 노랑무당벌레의 알에서 성충까지의 발육일수는 약 20일 이었으며, 두폭으로 영기별 구분이 가능하였다.
- 고추 흰가루병균에서 채집한 노랑무당벌레는 토마토 흰가루병균 병반을 하루 약 8.1개 섭식하였다.

□ 가루진디벌

- 가루진디벌은 설채, 적겨자 등 쌈채소에서 자연발생하여, 98.6%의 높은 기생율을 나타내었다.
- 가루진디벌을 3종의 진딧물에 접종하여 기생율을 조사한 결과, 고추의 목화진딧물에서는 기생하지 않았으며, 고추의 복숭아혹진딧물에 대해서는 식물체화분에 접종하였을 때 반복간 차이는 있었으나 최고 83.3%, 평균 41.1%의 기생율을 보였다. 설채의 무데두리진딧물에서는 식물체화분에 접종하였을 때, 평균 88.3%의 높은 기생율을 나타내었다.

5. 인용문헌

- Blackman, R. L. and Esatop, V. F. 2000. Aphids on the world's crops : An identification and information guide. John Wiley & Sons, Ltd.
- Choi, S. Y. and Kim, G. H. 1985. Aphidivorous activity of a Coccinellid beetle, *Harmonia axyridis* Pallas(Coleoptera: Coccinellidae). *Kor. J. Plant Prot.* 24 : 11-14.
- Hong, O. K. and Park, Y. C. 1996. Laboratory rearing of the aphidophagous ladybeetle, *Harmonia axyridis*; Yolk protein production and fecundity of the summer adult female. *Korean, J. Appl. Entomol.* 35(2) : 146~152.
- Jeon, H. Y., H. H. Kim, Y. H. Lee, Y. D. Chang and M. S. Yiem. 2005. Biological Control of the Turnip Aphid(*Lipaphis erysimi* K.) Using the Braconid Wasp(*Diaeretiella rapae* M.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(3) : 337-341.
- Kim, J. H., Kim, Y. H., Gho, H. G., Han, M. W. and Lee, G. S. 2003. Biological characteristics and mass rearing system for *Cadra cautella* (Walker) as a substitute diet for natural enemies. *Korean, J. Appl. Entomol.* 42(3) : 203-209.
- Kim, G. H. and Choi, S. Y. 1985. Effects of the composition of artificial diets on the growth and ovarian development of an aphidivorous Coccinellid beetle(*Harmonia axyridis* Pallas: Coleoptera: Coccinellidae). *The Korean. J. Entomology.* 15(2) : 33-41
- LaMana ML and Miller JC. 1998. Temperature-dependent development in an Oregon population of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology.* 1998(27):1001-1005.
- Lee, G. H. 1999. Ecological characteristics and potentials of *Chrysopa pallens* (neuroptera:chrysopidae) as a predator of vegetable aphids. Thesis of Ph.D. Chonnam National University.
- Lee, J. H. and Kang, T, J. 2004. Functional response of *Harmonia axyridis* Pallas(Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover(Homoptera : Aphididae) in the laboratory. *Biological Control* 31 : 306-310.

Michael E. N. Majerus. 1994. Ladybirds. Harper Collins Publishers.

Ota I. and M. Otaishi. 2005. Ashmead (Hymenoptera : Braconidae) on the Population Control of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera : Aphididae) in Small Experimental Greenhouses. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 49(2) : 78~82.

Seo. M. J. and Youn. Y. N. 2000. The Asian Ladybird, *Harmonia axyridis*, as Biological Control Agents : 1. Predacious Behavior and Feeding Ability. Korean, J. Appl. Entomol. 39(2) : 59~71.

Takeuchi M., Y. Sasaki, C. Sato, S. Iwakuma, A. Isozaki and M. Tamura. 2000. Seasonal Host Utilization of Mycophagous Ladybird *Illeis koebelei* (Coccinellidae: Coleoptera). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 44(2) : 89~94.

6. 연구결과 활용제목

- 꼬마남생이무당벌레를 이용한 시설고추 진딧물 방제 기술(2009, 영농활용)
- 한국산 토착천적 꼬마남생이무당벌레의 생물학적 특성(2008, 유기농학회 포스터발표)
- 꼬마남생이무당벌레의 대량사육을 위한 기본적 특성(2008, 응용곤충학회 포스터발표)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도			
						06	07	08	09
국내 토착천적 수집 및 선발시험	책임자	경기도원 환경농업연구과	농업 연구사	이진구	세부과제수행	○	○	○	○
	공동연구자	"	"	홍순성	천적발생조사	○	○	○	○
		"	"	김진영	천적특성조사	○	○	○	○
		"	"	이현주	천적효과조사		○	○	○
		"	계약직	박애리	천적사육			○	○