

꼬마납생이무당벌레(*Propylea japonica* Thunberg)의 온도별 성충 수명, 산란수 및 두 종 진딧물에 대한 포식량

박부용 · 정인홍 · 김길하¹ · 전성욱** · 이상구*

국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과, ¹충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

Temperature-dependent Longevity and Fecundity of *Propylea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) and Its Predation Amount on Two Aphid Species

Bueyong Park, In-Hong Jeong, Gil-Hah Kim¹, Sung-Wook Jeon** and Sang-Ku Lee*

Crop Protection Division, Department of Agri-Food Safety, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

¹Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to investigate the developmental characteristics of *Propylea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) and its consumption of *Myzus persicae* nymphs at 3 constant temperatures (20.0, 25.0 and 30.0°C; 60 ± 5% relative humidity; 14 h light : 10 h dark). The longevity of adult female *P. japonica* under 20, 25, and 30°C was 134.0, 101.0 and 55.2 days, respectively. The total fecundity was 508.6, 875.6, and 383.4 eggs during its life span, respectively. The longevity of adult male *P. japonica* under 20, 25, and 30°C was 128.8, 97.8, and 46.5 days, respectively. Average daily consumption of adult *M. persicae* by 1st, 2nd, 3rd, and 4th instar *P. japonica* at 25°C was 2.2, 7.3, 14.5, and 29.1, respectively. The average daily number of *M. persicae* consumed by male and female *P. japonica* over their lifetimes was 35.0 and 42.9, respectively. Average daily consumption of adult *Aphis gossypii* by 1st-4th instar *P. japonica* at 25°C was 2.2, 7.5, 13.9, and 29.5, respectively. The average daily number of *A. gossypii* consumed by male and female *P. japonica* over their lifetimes was 37.0 and 40.8, respectively.

Key words: *Propylea japonica*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, Adult longevity, Feeding ability

초 록: 본 연구에서는 세 가지 온도(20, 25, 30°C)에서 꼬마납생이무당벌레의 생물적 특성을 조사하였다. 복숭아혹진딧물 약충을 먹이로 사육한 꼬마납생이무당벌레 암컷의 성충기간은 20, 25, 30°C 에서 각각 134.0, 101.0, 55.2일이었고, 총 산란수는 각각 508.6, 875.6, 383.4개였고, 수컷의 성충기간은 각각 128.8, 97.8 및 46.5일이었다. 25°C 에서 꼬마납생이무당벌레의 1령, 2령, 3령, 4령, 수컷 및 암컷의 복숭아혹진딧물 성충의 일일 평균포식량은 각각 2.2, 7.3, 14.5, 29.1, 35.0 및 42.9마리이었고, 목화진딧물 성충의 일일 평균포식량은 각각 2.2, 7.5, 13.9, 29.5, 37.0 및 40.8마리이었다.

검색어: 꼬마납생이무당벌레, 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 성충수명, 포식능력

진딧물은 전 세계적으로 약 4,000여 종의 진딧물이 분포하고 있으며(Blackman and Eastop, 2000), 우리나라에서는 368종이 보고되어 있다(Paek et al., 2010). 진딧물은 발육 기간이

짧고, 번식력이 강하여 단기간에 많은 세대를 거치기 때문에 방제하기 매우 어려운 해충이다. 이들 중 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer)과 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover)을 비롯한 약 34종은 작물체에 피해를 주는 대표적인 진딧물로 알려져 있으며, 국내는 물론 전 세계적으로 문제가 되고 있다(Lee and Kim, 1989). 복숭아혹진딧물은 식물체 조직을 흡즙하고 감로를 배출하여 작물체에 그을음 증상을 유발하며, 잎의 위축, 성

*Corresponding author: leesk3316@korea.kr

**Co-Corresponding author: sw3109@gmail.com

Received January 4 2019; Revised February 20 2019

Accepted February 24 2019

장 저하 및 수확량 감소 등의 직접적 피해와 2차적으로 100여종의 식물 바이러스를 매개하여 피해를 주는 것으로 알려져 있다 (Lee and Paik, 1977). 목화진딧물은 식물체 흡즙 및 감로배출에 의한 성장 저해, 생산량 감소 등의 피해 및 CMV, PepMoV, TYLCY 등 75종의 바이러스 등을 매개하며, 기주범위가 넓어 약 130종 이상의 식물에 발생한다고 보고되어 있다(Kim, 2008; Blackman and Eastop, 2000).

진딧물류의 대표적인 포식성 천적인 무당벌레과(Coccinellidae)는 전 세계적으로 약 6,000여종이 알려져(Vandenberg, 2002)있으며, 우리나라에서는 약 75종의 무당벌레류가 보고되어 있다(Paek et al., 2010). 특히 무당벌레(*Harmonia axyridis* Pallas)와 꼬마납생이무당벌레(*Propylea japonica* Thunberg)는 대표적인 포식성 천적으로 진딧물류, 가루이류, 멸구류 등 다양한 해충을 포식하는 것으로 알려져 있다(Kim and Choi, 2000; Agarwala et al., 2003; Liu et al., 2004; Zhang et al., 2004; Luo et al., 2014).

우리나라에서 무당벌레류 연구는 주로 무당벌레(*H. axyridis*)에 대하여 이루어졌으며, 그 내용으로는 생태 및 포식능력(An and Im, 1979; Choi, 1983; Choi and Kim, 1985 Lee and Kim, 1989), 인공사육(Seo and Youn, 2000) 등을 통해 천적으로서의 활용 가치에 대하여 평가가 진행되었으나, 꼬마납생이무당벌레의 경우 보리, 유자, 콩 등의 작물과 휴경답 등에서 발생하는 해충의 천적으로 알려져 있으며(Kwon and An, 1985; Kim and Choi, 2000; Paik et al., 2007; Paik et al., 2009) 유충의 생태적 특성(Lee et al., 2017)에 관해 연구된바 있으나, 실제 방제에 활용 가능한 천적으로 성충의 특성 및 포식능력, 대량사육 등에 관한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 세 가지 온도조건(20, 25, 30°C)에서 우리나라 대표적 진딧물인 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 2종을 먹이로 공급하며, 꼬마납생이무당벌레의 성충 수명, 포식능력, 산란 수 등을 조사하여 생물적 방제인자로서의 꼬마납생이무당벌레의 활용 가능성을 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험 곤충 사육

연구에 이용한 꼬마납생이무당벌레[*Propylea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae)] (Fig. 1)는 2015년 국내 3지역 야외포장(완주군, 담양군, 논산시)에서 채집하여 국립농업과학원 작물보호과 누대사육실에서 아크릴케이지(40.0 × 45.0 × 40.0 cm)에 넣고 복숭아혹진딧물[*Myzus persicae* (Homoptera:

Aphididae)]을 먹이로 공급하며 누대 사육 하였다(24 ± 1°C, 60 ± 5% RH, 14L:10D). 누대사육은 채집 지역 별로 구분하여 사육하였으며, 실험에 사용될 공시충은 자식약세(Inbreeding depression)를 최소화하기 위해 별도의 케이지를 마련해 3지역 계통을 같은 비율로 합사하여 2~3세대 경과한 개체를 선발하여 시험에 사용하였다. 꼬마납생이무당벌레의 먹이로 공급되는 복숭아혹진딧물은 피망 잎(*Capsicum annuum* L. var. *angulosum* Mill)을 먹이로 공급하였고 목화진딧물은 오이 묘목 잎(*Cucumis sativus* L.)을 먹이로 누대사육하였다.

성충수명 및 산란수

꼬마납생이무당벌레 성충수명과 산란수 조사는 누대사육중인 개체로부터 1~2일 경과된 용을 수거하고 20.0, 25.0, 30.0°C의 향온기(60 ± 5% RH, 14L:10D)에서 성충으로 우화를 유도하여 지름 100 mm, 높이 20 mm, 뚜껑에는 직경 40 mm의 망사 공기구멍이 있는 페트리디시(SPL 310201)에 암수 1쌍씩 넣고 온도 별 성충 수명과 산란수를 조사하였다. 조사는 24시간 간격으로 실시하였으며, 조사 기간 중 산란한 난은 중복조사를 피하기 위해 제거하였다. 꼬마납생이무당벌레 성충 먹이로는 복숭아혹진딧물 약충(1~3령)을 충분히 공급하였다.

1일 포식량

복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 꼬마납생이무당벌레의 1일 포식량 조사는 지름 100 mm, 높이 20 mm, 뚜껑에는 직경 40 mm의 망사 공기구멍이 있는 페트리디시(SPL 310201)에 탈지면을 깔고 직경 40 mm로 자른 피망 잎과 오이 잎을 각각 올려놓은 후, 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 성충을 15~20 마리씩 접종하였다. 꼬마납생이무당벌레의 먹이로 공급되는 진딧물은 1~2령의 진딧물을 먹이로 이용할 경우, 진딧물 성충을 접종하여 36~48시간 동안 산자를 받은 후 어린 약충만 남기고 성충을 제거하여 실험에 이용하였고, 4령~성충의 진딧물을 먹이로 이용할 경우, 진딧물 성충을 접종하여 36~48시간 동안 산자를 받은 후 어린 약충만 남기고 성충을 제거하고 4일간 사육 후 실험에 이용하였다. 각각의 진딧물이 붙어 있는 피망 잎과 오이 잎을 지름 50 mm, 높이 15 mm, 뚜껑에는 직경 13.2 mm의 망사 공기구멍이 있는 페트리디시(SPL 310050)에 잎이 마르지 않도록 물에 적신 여과지(CAT No. 1822-047, Whatman™)에 옮겨 놓은 후 꼬마납생이무당벌레의 각 영기별 유충과 성충을 24 시간 동안 굶긴 후 페트리디시마다 1마리씩 넣고 각 온도별(20.0, 25.0, 30.0°C)로 향온기(Multi-room Incubator, VisionBionex,



Fig. 1. Adult male and female *Propylea japonica*.

VS-1203PF)에서 일정 조건($60 \pm 5\%$ RH, 14L:10D)하에 24시간 동안 포식량을 조사하였다. 꼬마납생이무당벌레 1령과 2령의 경우 각각의 진딧물 1~2령은 30~50마리, 4령~성충은 10~30마리, 꼬마납생이무당벌레 3령과 4령의 경우 각각의 진딧물 1~2령은 100~170마리, 4령~성충은 50~70마리, 꼬마납생이무당벌레 성충의 경우 각각의 진딧물 1~2령은 200~300마리, 4령~성충은 80~100마리가 되도록 하여 포식량 실험을 하였다. 꼬마납생이무당벌레 유충과 성충의 목화진딧물 및 복숭아혹진딧물에 대한 포식량에 대한 온도별 차이를 살펴보기 위해 SAS (SAS Institute)의 일반선형모형(PROCGLM)을 사용하여 분석하였으며, 유의한 차이를 보이는 경우 Tukey의 다중검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

성충 수명과 산란수

복숭아혹진딧물의 약충을 먹이로 한 꼬마납생이무당벌레 (*P. japonica*) 성충의 온도별 수명과 산란수는 Table 1과 같다. 20, 25, 30°C에서 암컷의 수명은 각각 134.0, 101.0, 55.2일이고, 수컷의 수명은 128.8, 97.7, 46.5일이었으며, 각각의 온도에서 암컷의 수명은 수컷의 수명보다 5.2일, 3.3일, 8.7일 길었고

암컷과 수컷 모두 온도가 높을수록 수명이 짧아졌다. 암컷의 산란기간은 생존기간이 길수록 길어졌으나 총 산란수는 25°C에서 약 875.6개로 가장 많았고, 30°C에서 383.4개로 가장 적게 산란하였다. 암컷 성충의 생존율은 온도가 높을수록 큰 폭으로 감소되는 경향을 보여주고 있다(Fig. 2).

Chi and Yang (2003)은 25°C에서 꼬마납생이무당벌레의 수컷과 암컷에 복숭아혹진딧물을 먹이로 공급하였을 때 수명이 각각 54.7일과 52.7일이라고 하였고, Khan and Wan (2008)은 담배가루이(*Bamisia tabaci*)를 먹이로 하였을 때 각각 48.9일과 58.1일이라고 보고하였다. 선행 연구와 본 연구와의 수명 차이는 Chi and Yang (2003)은 광주기(12L:12D)와 먹이의 차이로 진딧물 3령충만 제공했다는 점이 본 연구와 구분이 되며, 일반적으로 1령충과 같은 작은 크기의 진딧물이 섭식하기에 더 용이하다고 여겨진다. 이 점이 꼬마납생이무당벌레가 노화되었을 때의 기주 섭식행동에 영향을 줄 가능성이 있다고 판단된다. 또한 평균값에 대한 차이(Standard Error of Means)가 Chi and Yang의 경우 암수 각각 5.6, 4.4일로 본 연구의 26.1, 31.3일에 비하여 편차가 적으나, 전술한 것 외에도 다른 변수가 존재할 것이라 판단된다. 한편 Khan and Wan (2008)은 먹이(*B. tabaci*)의 차이로 인하여 성충 수명에 큰 차이가 난다고 하였다. 일반적으로 무당벌레류는 진딧물 외에도 응애류, 가루이류, 깍지벌레류 등 다양한 해충을 포식하지만 진딧물류를 가장 선호

Table 1. Life span and fertility (mean \pm SE) of adult male and female *Propylea japonica* at three different temperatures

Temp. (°C)	Male ^a	Female ^a				
		Pre oviposition (days)	Oviposition (days)	Pro oviposition (days)	Total (days)	Fecundity (no. eggs/female)
20.0	128.80 \pm 33.24a ^b	8.10 \pm 1.69a	120.57 \pm 32.68a	5.37 \pm 2.86ab	134.00 \pm 34.01a	508.60 \pm 286.94b
25.0	97.73 \pm 31.31b	4.70 \pm 0.60c	89.37 \pm 27.77b	6.97 \pm 5.55a	101.03 \pm 26.13b	875.60 \pm 358.77a
30.0	46.47 \pm 21.18c	5.84 \pm 2.01b	44.90 \pm 14.12c	4.47 \pm 2.74b	55.17 \pm 14.96c	383.37 \pm 229.87b

^aMean \pm standard deviation of 30 individuals of *P. japonica*.

^bMeans followed by the same letter within a column are not significantly different ($P < .05$, Tukey studentized range test). Compare in same instar of aphid by three temperature.

하는 것으로 알려져 있으며(Singh, 1970), Zhang et al. (2007)의 연구에서도 꼬마납생이무당벌레는 복숭아혹진딧물에 비하여 담배가루이의 선호도가 낮고 개체의 수명에도 부의 영향을 주는 것으로 나타났다.

꼬마납생이무당벌레 성충의 일별 평균산란수를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 산란기간은 20, 25, 30°C에서 각각 186, 160, 89일이었고, 전체 산란수의 50%에 이르는 기간은 각각

63, 50, 27일 이었다. 산란전 기간은 25°C에서 4.7일이었는데, 동일온도에서 꼬마납생이무당벌레에 대하여 Red golden aphid (*Uroleucon nigrotuberculatum* Olive)를 먹이로 한 실험에서는 산란전 기간이 15.7일, 긴꼬리볼록진딧물(*Megoura crassicauda* Mordvilko)를 먹이로 한 실험에서는 6.2일로 나타나 먹이에 따른 편차가 있는 것으로 판단된다(Barry and Ohno, 2015).

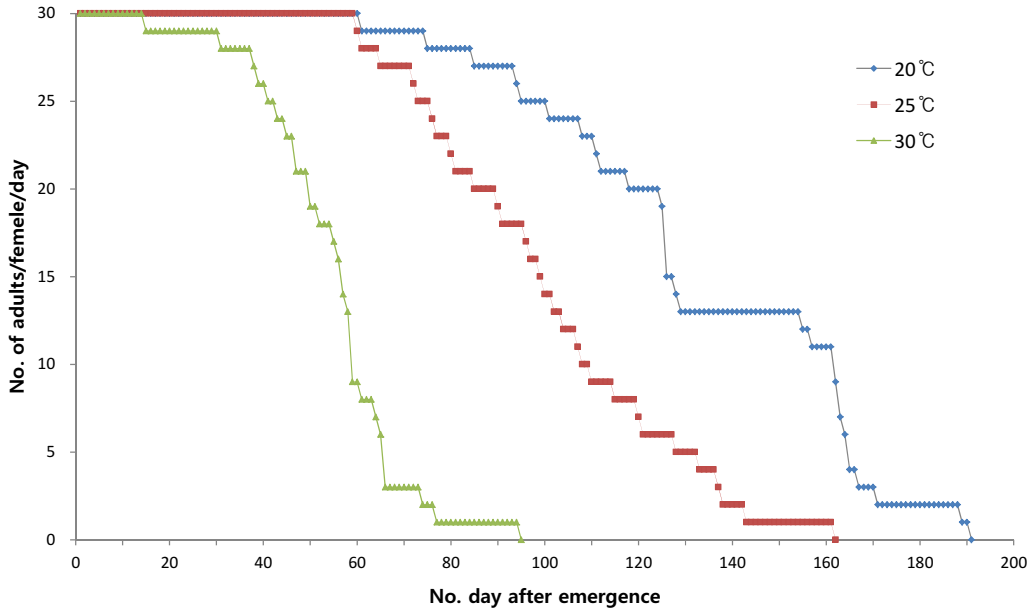


Fig. 2. Cumulative survival rates of female *Propylea japonica* at three different temperatures.

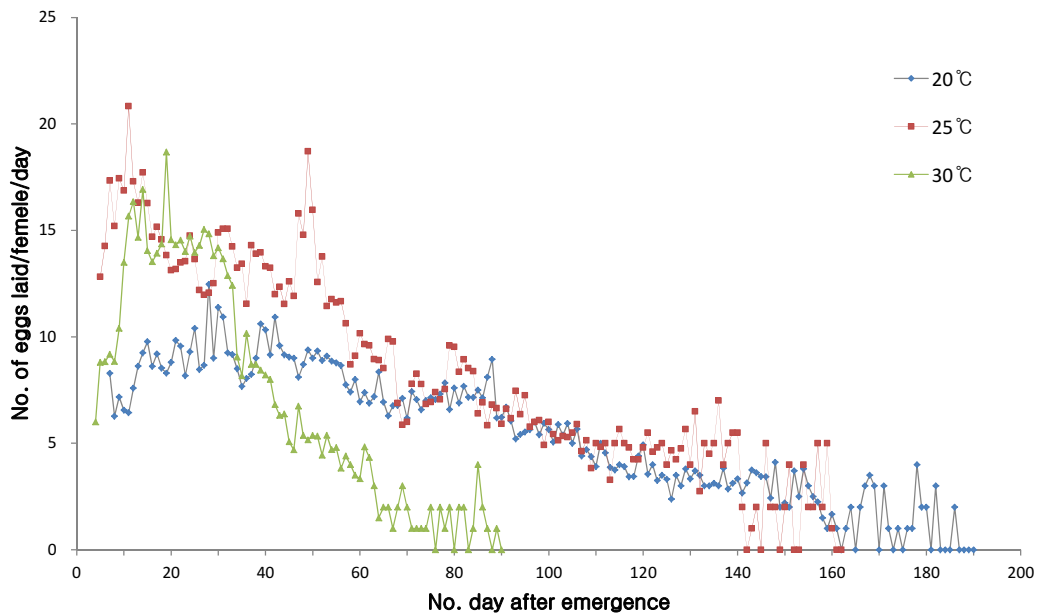


Fig. 3. Daily oviposition of female *Propylea japonica* at three different temperatures.

1일 포식량

꼬마납생이무당벌레의 유충의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물
에 대한 1일 포식량을 조사한 결과는 Tables 2, 3과 같다. 25°C
에서 꼬마납생이무당벌레 1, 2, 3, 4령 유충이 복숭아혹진딧물
1~2령 약충을 각각 8.1, 14.5, 47.4 및 64.9마리, 성충을 각각
2.2, 7.3, 14.5 및 29.1마리를 포식하였고, 목화진딧물 1~2령 약
충을 각각 6.2, 14.4, 45.2 및 64.1마리, 성충을 각각 2.2, 7.5,
13.9 및 29.5마리를 포식하였다. 무당벌레(*H. axyridis*) 유충의
복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 1일 포식량에 관한 연구
에서 Choi and Kim (1985)은 1령충이 4.4마리와 4.5마리, 2령충
이 14.8마리와 17.5마리, 3령충이 27.1마리와 34.2마리, 4령충
이 58.5마리와 68.4마리를 포식한다고 하였고, Seo and Youn
(2000)의 연구에서 1령충이 9마리와 33마리, 2령충이 25마리와
106마리, 3령충이 53마리와 200마리, 4령충이 62마리와 212마
리를 포식하였다.

꼬마납생이무당벌레 성충의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물
에 대한 1일 포식량을 조사한 결과는 Tables 4, 5와 같다. 25°C

에서 꼬마납생이무당벌레 수컷과 암컷이 복숭아혹진딧물 1~2
령 약충을 각각 118.1, 132.6마리, 성충을 각각 35.0, 42.9마리
포식하였고, 목화진딧물 1~2령 약충을 각각 133.3, 141.8마리,
성충을 각각 37.0, 40.8마리를 포식하였다. 꼬마납생이무당벌
레 유·성충 모두 온도가 높을수록 포식량이 많아지는 특성을 보
였다. 한편 Yang et al. (2017)가 25°C 에서 복숭아혹진딧물 3령
약충에 대한 1일 포식량이 최대 166마리였다고 하였지만 담배
가루이와 같은 다른 먹이가 공존하고 있는 상황에서 수행한 기
능반응(Holling II functional response) 실험 결과임을 감안해
야 한다. 또한 Chi and Yang (2003)의 연구에서는 꼬마납생이
무당벌레 수컷과 암컷이 25°C, 60 ± 5%, 12L:12D의 조건에서
복숭아혹진딧물 성충을 각각 27.7마리, 30.2마리를 포식하였
는데 습도와 광주기 조건에 다소 차이가 있지만 본 연구와 비교
적 유사한 결과를 보였다. 한편 무당벌레(*H. axyridis*) 성충의
경우 Choi and Kim (1985)은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을
각각 53.8과 74.6마리를 포식한다고 하였고, Seo and Youn
(2000)은 각각 120마리와 257마리를 포식한다고 하였다. 이처
럼 꼬마납생이무당벌레의 1일 포식량은 무당벌레에 비하여 약

Table 2. Number of *Myzus persicae* consumed by larva of *Propylea japonica* at three different temperatures

Temp. (°C)	Aphid stage	No. of aphids consumed by larva during 24 hours ^a			
		1st	2nd	3rd	4th
20.0	1st~2nd nymph	6.23 ± 1.98c ^b	10.83 ± 2.85c	26.17 ± 7.54c	57.57 ± 9.94c
	4th nymph~adult	1.13 ± 0.57c	4.67 ± 1.83c	11.13 ± 3.60b	20.07 ± 5.12c
25.0	1st~2nd nymph	8.07 ± 2.42b	14.53 ± 3.52b	47.37 ± 8.83b	64.87 ± 11.49b
	4th nymph~adult	2.17 ± 0.75b	7.27 ± 1.95b	14.53 ± 3.99b	29.07 ± 6.19b
30.0	1st~2nd nymph	12.34 ± 3.66a	22.03 ± 6.08a	55.37 ± 10.62a	84.77 ± 14.67a
	4th nymph~adult	4.93 ± 1.51a	11.53 ± 2.05a	22.37 ± 4.54a	39.23 ± 6.71a

^aMean ± standard deviation of 30 individuals of *P. japonica*.

^bMeans followed by the same letter within a column are not significantly different ($P < .05$, Tukey studentized range test). Compare in same instar of aphid by three temperature.

Table 3. Number of *Aphis gossypii* consumed by larva of *Propylea japonica* at three different temperatures

Temp. (°C)	Aphid stage	No. of aphids consumed by larva during 24 hours ^a			
		1st	2nd	3rd	4th
20.0	1st~2nd nymph	5.06 ± 1.85b ^b	11.10 ± 2.71c	24.83 ± 6.97c	59.77 ± 8.99b
	4th nymph~adult	1.23 ± 0.63c	4.26 ± 1.60c	11.87 ± 3.88b	21.06 ± 5.09c
25.0	1st~2nd nymph	6.17 ± 2.52b	14.36 ± 3.68b	45.23 ± 10.53b	64.07 ± 12.05b
	4th nymph~adult	2.20 ± 0.76b	7.47 ± 1.72b	13.93 ± 3.77b	29.53 ± 6.53b
30.0	1st~2nd nymph	11.47 ± 3.58a	23.57 ± 5.48a	54.13 ± 10.79a	85.87 ± 15.25a
	4th nymph~adult	5.07 ± 1.80a	11.16 ± 2.82a	23.40 ± 4.83a	39.67 ± 6.30a

^aMean ± standard deviation of 30 individuals of *P. japonica*.

^bMeans followed by the same letter within a column are not significantly different ($P < .05$, Tukey studentized range test). Compare in same instar of aphid by three temperature.

Table 4. Number of *Myzus persicae* consumed by adult of *Propylea japonica* at three different temperatures

Temp. (°C)	Aphid stage	No. of aphids consumed by adult during 24 hours ^a	
		Male	Female
20.0	1st~2nd nymph	102.65 ± 28.81c ^b	108.60 ± 28.58b
	4th nymph~adult	26.17 ± 6.43c	28.97 ± 5.71c
25.0	1st~2nd nymph	118.13 ± 20.73b	132.60 ± 25.55a
	4th nymph~adult	34.97 ± 6.50b	42.90 ± 8.58b
30.0	1st~2nd nymph	135.53 ± 36.29a	144.31 ± 43.17a
	4th nymph~adult	44.77 ± 8.34a	55.07 ± 9.09a

^aMean ± standard deviation of 30 individuals of *P. japonica*.

^bMeans followed by the same letter within a column are not significantly different ($P < .05$, Tukey studentized range test). Compare in same instar of aphid by three temperature.

Table 5. Number of *Aphis gossypii* consumed by adult of *Propylea japonica* at three different temperatures

Temp. (°C)	Aphid stage	No. of aphids consumed by adult during 24 hours ^a	
		Male	Female
20.0	1st~2nd nymph	99.53 ± 25.10b ^b	104.37 ± 27.15c
	4th nymph~adult	25.83 ± 5.58c	28.07 ± 6.13c
25.0	1st~2nd nymph	133.30 ± 27.99a	141.76 ± 36.84b
	4th nymph~adult	36.97 ± 6.26b	40.80 ± 6.33b
30.0	1st~2nd nymph	143.57 ± 30.02a	160.63 ± 40.76a
	4th nymph~adult	48.70 ± 9.09a	62.17 ± 10.14a

^aMean ± standard deviation of 30 individuals of *P. japonica*.

^bMeans followed by the same letter within a column are not significantly different ($P < .05$, Tukey studentized range test). Compare in same instar of aphid by three temperature.

35~60% 수준으로 상대적으로 적은 양을 포식하였다. 꼬마납생이무당벌레와 무당벌레에서 진딧물의 포식량의 차이는 두 종의 크기 차이에 따른 포식량의 차이로 판단된다. 무당벌레는 복숭아혹진딧물보다 목화진딧물의 포식량이 대체로 많았으나 꼬마납생이무당벌레는 두 진딧물 종에 따른 차이는 거의 없는 것으로 여겨진다. 또한 온도가 높을수록 수컷보다는 암컷의 1일 포식량이 많았으며 두 종의 진딧물간 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

꼬마납생이무당벌레의 발육기간은 Lee et al. (2017)의 연구에 따르면 25°C 조건에서 15.5일이 소요되는 것으로 보고하였다. 칠성무당벌레(*Coccinella septempunctata*)의 경우 19.4일이 소요되는 것으로 나타나 꼬마납생이무당벌레에 비하여 다소 발육기간이 길었지만, 무당벌레의 경우 Choi (1983)은 14.6일, Obrycki and Orr (1990)의 연구에선 14.8일이 소요되는 것으로 나타나 꼬마납생이무당벌레와 비슷한 양상을 보였다.

이처럼 꼬마납생이무당벌레와 무당벌레의 발육기간이 비슷하다는 점은 진딧물 포식량 측면에서 꼬마납생이무당벌레에게 상대적으로 불리한 조건이지만, 꼬마납생이무당벌레는 35°C

에서 발육기간이 8.4일이 소요되고 생존률도 86%로 나타나 상대적으로 고온에 잘 견딜 수 있어 시설재배지에 적합하다는 장점이 있다고 판단된다. 다만 다른 무당벌레에서 35°C 온도조건의 발육시험에 대한 선행연구가 없기 때문에 향후 추가적인 비교 실험이 필요하다고 여겨진다.

본 연구결과는 시설재배 작물의 진딧물 방제를 위한 천적자원으로서의 꼬마납생이무당벌레의 사육체계를 확립하는데 도움이 될 것으로 판단되며, Lee et al. (2017)의 선행 연구에서 처럼 알(11.3°C)과 번데기(12.7°C)의 발육영점온도를 감안한 저온 저장에 대한 연구와 유자 증식을 위한 인공먹이 개발에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사사

이 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 연구사업(PJ01094501)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Literature Cited

- Agarwala, B.K., Yasuda, H., Kajita, Y., 2003. Effect of conspecific and heterospecific feces on foraging and oviposition of two predatory ladybirds: role of fecal cues in predator avoidance. *J. Chem. Ecol.* 29, 357-376.
- An, J.H., Im, M.S., 1979. A study on the ecological characteristics of natural enemy (*Harmoma axyridis* PALLAS). *Bull. Chungbuk Univ.* 18, 195-200.
- Barry, A., Ohno, K., 2017. Prey aphid inhibits development and reproduction of *Coccinella septempunctata bruckii* and *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) but maintains adults. *Appl. Entomol. Zool.* 50, 517-523.
- Blackman, R.L., Eastop, V.F., 2000. Aphids on the World's crops: An Identification and Information Guide, 2nd ed., John Wiley & Sons, Chichester, UK, 476 pp.
- Chi, H., Yang, T.C., 2003. Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 32, 327-333.
- Choi, S.Y., 1983. Preliminary studies on the aphidivorous of coccinellid beetles (*Harmonia axyridis* PALLAS) and their artificial rearing. *Seoul Nat'l Univ., Coll. of Agric. Bull.* 8(1), 55-64.
- Choi, S.Y., Kim, G.H., 1985. Aphidivorous activity of a coccinellid beetle, *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Korean J. Plant Prot.* 24, 11-14.
- Khan, I.A., Wan, F.H., 2008. Life table of *Propylea japonica* Thunberg (Coleoptera, Coccinellidae) fed on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera, Aleyrodidae) biotype B prey. *Sarhad J. Agric.* 24, 261-267.
- Kim, H.J., 2008. A systematic of the tribe *Aphidini* (Hemiptera: Aphididae) in the Korean peninsula, with discussion of their phylogenetic relationships based on molecular markers and morphology. *Seoul National University, Seoul, Korea*, 319 pp.
- Kim, K.C., Choi, D.S., 2000. Natural enemies of citrus red mite, *Panonychus citri* MCGREGOR, and seasonal occurrence of major predators on yuzu tree (*Citrus junos*). *Korean J. Appl. Entomol.* 39, 13-19.
- Kwon, Y.J., An, S.L., 1985. Studies on the insect pests of barley in Korea. *Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ.* 3, 129-150.
- Lee, H.R., Kim, J.W., 1989. Studies on the aphidivorous activity of predacious ladybeetle *Harmonia axyridis* and their selective toxicity. *J. Agric. Sci. Chungbuk Nat'l Univ.* 7, 110-118.
- Lee, J.Y., Paik, W.H., 1977. Studies on the aphid transmission of some cruciferous viruses. *Korean J. Plant Prot.* 16, 93-100.
- Lee, S.K., Park, B., Jeon, S.W., Jeong, I.H., Park, S.K., Kim, J.H., Ji, C.W., Lee, S.B., 2017. The temperature-dependent development characteristic of predatory natural enemy, *Propylea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae). *Korean J. Org. Agric.* 25, 861-873.
- Liu, J., Wu, K.M., Hopper, K.R., Zhao, K.J., 2004. Population dynamics of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in soybean in Northern China. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97, 235-239.
- Luo, S.P., Naranjo, S.E., Wu, K.M., 2014. Biological control of cotton pests in China. *Biol. Control* 68, 6-14.
- Obyrcki, J.J., Orr, C.J., 1990. Suitability of three prey species for nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata* and *propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* 83, 1292-1297.
- Paek, M.K., Hwang, J.M., Jung, K.S., Kim, T.W., Kim, M.C., Lee, Y.J., Cho, Y.B., Park, S.W., Lee, H.S., Ku, D.S., Jeong, J.C., Kim, K.G., Choi, D.S., Shin, E.H., Hwang, J.H., Lee, J.S., Kim, S.S., Bae, Y.S., 2010. Checklist of Korea insects. *Nature & Ecology*, 598 pp.
- Paik, C.H., Lee, G.H., Choi, M.Y., Seo, H.Y., Kin, D.H., Hwang, C.Y., Kim, S.S., 2007. Status of occurrence of insect pests and their natural enemies in soybean fields in Honam province. *Korean J. Appl. Entomol.* 46, 275-280.
- Paik, C.H., Lee, G.H., Kang, J.G., Jeon, Y.K., Choi, M.Y., Seo, H.Y., 2009. Plant flora and insect fauna in the fallow paddy fields of Jeonnam and Jeonbuk province. *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 285-294.
- Seo, M.J., Youn, Y.N., 2000. The asian ladybird, *Harmonia axyridis*, as biological control agents: I. Predacious behavior and feeding ability. *Korean J. Appl. Entomol.* 39, 59-71.
- Singh, P., 1977. Artificial diets for insect, mites and spiders. *IFI Plenum data Comp.* 594.
- Vandenberg, N.J., 2002. Coccinellidae Latreille 1807, in: Arnett Jr.R.H., Thomas, M.C., Skelley, P.E., Frank, J.H. (Eds.), *American Beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea Through Curculionoidea*, volume 2. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 371-389.
- Yang, F., Tan, X.L., Liu, F.H., Wang, S., Chen, J.L., 2017. A functional response evaluation of pre-infestation with *Bemisia tabaci* cryptic species MEAM1 on predation by *Propylaea japonica* of *Myzus persicae* on host plant tomatoes. *Arthropod Plant Interact.* 11, 825-832.
- Zhang, S., Wu, J., Zhang, Q., Jiang, J., Xu, X., Chen, J., 2004. Research progress of biology, ecology and application on *Propylaea japonica* (Thunberg). *Agric. Res. Arid Areas* 22, 206-210.
- Zhang, S.Z., Zhang, F., Hua, B.Z., 2007. Suitability of various prey types for the development of *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 104, 149-152.