

생물적 방제인자로서의 무당벌레 (*Harmonia axyridis*): I. 포식행동과 포식력

The Asian Ladybird, *Harmonia axyridis*, as Biological Control Agents: I. Predacious Behavior and Feeding Ability

서미자 · 윤영남*

Mi Ja Seo and Young Nam Youn*

Abstract – The Asian ladybird, *Harmonia axyridis*, might be distinguished in biological control agents for the several aphid species in the greenhouses as well as in the fields. Therefore, feeding behavior and predacious capability characteristics were observed. When ladybirds are searching for aphids as their preys, they use the maxillary palpus as contact reception. Otherwise, most of aphids escape from walking or chewing ladybird to other place (mainly move to near-by leaf, or fall down to the under-leaf or ground) instead of plant sucking. Consumed time of ladybirds for searching and feeding prey were significantly different and dependent on their development stage. The ladybird adults ate about 120 green peach aphids and 257 cotton aphids per day. The 3rd instar of ladybirds ate 2,420 and 2,750 eggs of greenhouse whitefly on the cucumber and tomato leaf, respectively, as well. However, ladybird instars taken greenhouse whitefly eggs could not continuously develop to adult, on the other hand, ladybirds taken aphids were normal condition.

Key Words – Asian ladybird, *Harmonia axyridis*, Behavior, Feeding ability, Aphids, Biological control agents

초 록 – 무당벌레 (*Harmonia axyridis*)의 기본적인 행동학적 특성을 살펴보았다. 무당벌레는 먹이인 진딧물을 탐색할 때에 주로 작은턱수염을 이용하여 접촉감각에 의한 기주탐색을 하고 있다. 다른 한편으로는 무당벌레가 복숭아혹진딧물을 공격하게 되면 공격받은 진딧물 주위의 다른 복숭아혹진딧물은 근처의 잎으로 이동하거나 아래로 떨어져 도망하는 방어기작이 관찰되었다. 무당벌레가 먹이탐색을 위하여 이동하는 시간과 먹이를 잡고 섭식하는 시간은 무당벌레의 발육단계에 따라 현저한 차이를 나타내고 있었다. 무당벌레의 포식력을 조사한 결과 1일 평균 복숭아혹진딧물은 약 120마리, 목화진딧물은 약 257마리를 섭식하였다. 오이 잎과 토마토 잎에 산란된 온실가루이 알을 무당벌레 3령충의 먹이로 제공하였을 경우 오이 잎에서는 2,420개, 토마토 잎에서는 2,750개의 알을 섭식하였으나, 진딧물을 제공한 무당벌레 유충과는 달리 정상적인 발육이 이루어지지 않았다.

검색어 – 무당벌레, *Harmonia axyridis*, 포식행동, 포식력, 진딧물, 생물적 방제인자

무당벌레 (*Harmonia axyridis*)는 무당벌레과 (Coccinellidae)에 속하는 곤충으로 국내에서는 주변에서 가장 흔히 볼 수 있는 곤충종의 하나이다. 이들 무당벌레는 바닷가에서 산꼭대기까지, 도시의 버려진 땅에

서 바람이 많은 황폐한 곳까지 거의 모든 곳에서 찾아볼 수 있으며, 거의 모든 정원에는 최소한 한 종 이상은 분포하고 있다. 현재 국내에는 무당벌레과에 74종이 기록되어 있으며 이중 무당벌레붙이아과 (Epila-

충남대학교 농과대학 응용생물화학식품학부 (Div. of Appl. Biol., Chem., & Food Eng., Coll. of Agricul., Chungnam Nat'l Univ. Taejon, 305-764)

chninae)에 속한 이십팔점박이무당벌레를 포함한 4종을 제외하고는 대부분이 육식성으로 여러 종류의 많은 곤충들을 포식하고 있다(ESK and KSAE, 1994). 특히 대부분의 무당벌레과에 속하는 종들의 성충과 유충은 많은 작물과 정원 식물의 흡즙해충인 진딧물들의 중요한 포식자이다(Brown, 1972; Hodek, 1973; Ferran *et al.*, 1986, 1996; Kauffman and Swalbe, 1991; Ferran and Dixon, 1993; Ives *et al.*, 1993). 진딧물에 대해 포식력이 뛰어난 무당벌레를 해충의 생물적 방제 인자로서 연구하고, 또한 먹이탐색 행동을 연구하는 것은 그만큼 중요하다 하겠다(Hagen, 1962; Hodek, 1973; Osawa, 1992; Hodek and Honěk, 1996). 그렇지만, 우리나라에서 무당벌레가 진딧물의 자연적인 포식자로서의 유용성과 대중성에도 불구하고 이에 대한 행동과 생리적 현상 등은 많이 연구되어 있지 않다.

한편, 극동아시아 지역에 주로 많은 분포를 하고 있는 것으로 알려진 이 종은(Dobzhansky, 1924, 1933), 북미대륙에도 상륙하여 그 동안 정착생활을 하는지에 관한 보고가 없었으나, 1988년 Chapin and Brou (1991)가 Louisiana에서 처음으로 보고하였고, 1995년에는 미 서부 지역에서의 분포가 Dreistadt *et al.*에 의해서 보고되었지만, 이미 미 대륙 남쪽의 Florida에서 북쪽의 Quebec에 이르기까지, 서부지역에서 동부의 Texas와 Missouri주까지 미국 전역에 확산되어 진딧물의 밀도 조절인자로 정착되고 있는 실정이며(Day *et al.*, 1994; Tedders and Schaefer, 1994), 무당벌레와 관련된 보고들을 많이 찾아볼 수 있다(Kidd *et al.*, 1995; Nalepa *et al.*, 1996; Brown and Miller, 1998; Lamana *et al.*, 1998).

외래 서식처인 미국에서도 생물적 방제 인자로서의 활용방안이 많이 제시되고 있는 반면에, 토착 서식처라고 할 수 있는 우리나라에서는 이의 활용에 관한 연구가 전혀 이루어지고 있지 않고 있다. 따라서, 본 논문은 무당벌레의 활용가능성을 높이고자 무당벌레가 효과적인 생물적 방제 인자로서의 조건을 갖추고 있는지를 검정하고, 이들의 행동적인 특성을 시설재배지 내에서 종합적 해충방제 전략 수립에 이용하기 위해 온실에서 많이 발생하는 진딧물과 온실가루이에 대한 포식력 등 행동학적인 측면에 중점을 두고 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험 곤충

10월 중순부터 12월 초순에 야외에서 채집한 무당벌레 월동 개체군을 직경 15cm 플라스틱 페트리디쉬에 50마리씩 넣어 15°C 인큐베이터에서 인공먹이를 공급하면서 무당벌레 성충 개체군을 유지하였고, 필요

에 따라서 사육중인 무당벌레 개체군에 복숭아혹진딧물, 목화진딧물과 긴꼬마수염진딧물을 이들 진딧물의 기주식물과 함께 제공하여 산란을 유도한 후, 산란된 알 덩어리를 분리한 다음, 실험실 조건하에서 부화시킨 후에, 부화유충이나 우화성충을 사육하여 본 실험에 사용하였다. 한편, 진딧물은 고추와 무에서 발생한 복숭아혹진딧물, 목화진딧물은 오이와 무궁화나무에서, 긴꼬마수염진딧물은 무와 겨자에서 발생한 것을 이용하였으며, 온실가루이는 하우스에서 재배한 오이와 토마토에 발생한 것을 이용하였다.

또한 무당벌레의 먹이탐색 행동을 세밀히 관찰하기 위하여 비디오 카메라($\times 32$ Zoom)를 설치, 무당벌레가 기주를 찾고 접근하는 행동과 기주를 공격, 포식하거나 산란하는 행동을 관찰하였다. 비디오 카메라는 최대 2시간까지 연속 녹화가능하여 무당벌레의 행동을 분석하였다. 모든 실험은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~70%, 광주기 16:8(L:D)조건에서 실시되었다.

2. 무당벌레의 이동 및 섭식시간

무당벌레의 단위시간당 이동거리 및 진딧물의 섭식시간을 알아보기 위하여 같은 날 알에서 부화된 각 영기별 무당벌레 유충과 우화성충을 목화진딧물을 공급하여 사육하면서 이용하였으며, 발육단계별 각각의 개체들은 부화 혹은 탈피 및 우화 후 24시간 경과한 개체를 사용하였다. 단위시간당 이동거리를 조사하기 위해 진딧물이 없는 오이 잎과 직경 15cm인 평평한 플라스틱 페트리디쉬에 부드러운 붓으로 무당벌레를 1마리씩 올려놓고, 매 5초, 10초 동안 먹이를 탐색하면서 이동하는 거리를 5반복으로 측정하여 이동한 거리를 분당 cm로 나타내었다. 무당벌레의 이동거리는 수정펜을 이용하여 무당벌레를 추적하여 표시한 후 실을 이용하여 직선거리로 나타내었다.

또한 무당벌레 각 영기별로 목화진딧물과 긴꼬마수염진딧물 성충 한 마리를 성공적으로 포획해서 완전한 포식이 이루어질 때까지의 시간을 실험실 조건 아래에서 개체를 달리하여 3번 측정하였다. 포식시간 측정을 위한 먹이를 공급하기 전 유충은 3시간, 성충은 24시간 동안 굶긴 것과 계속 먹이를 공급한 것을 사용하였다. 진딧물 포획행동을 관찰하기 위해 현미경 하에서 stop watch와 counter를 이용하여 포식시간과 입들의 운동을 측정하였으며 Functional response를 알아보기 위해 샐레에 각기 다른 진딧물을 제공하고 무당벌레 성충의 1시간 동안의 포식량을 측정하였다.

3. Three-way olfactometer에서 무당벌레의 냄새에 대한 선택 실험

무당벌레 성충이 기주탐색을 하는데 있어 냄새를 이용하는지를 알아보기 위해 3-way olfactometer를 이

용하였다. 기존에 식물취발성 물질로 보고되어 있는 화합물 중 Table 4에 제시한 14가지 화합물을 각각 1 µl씩 여과지에 묻힌 후, odor chamber를 넣고 무당벌레 성충 15마리를 넣어 1시간동안 odor chamber에 방문한 무당벌레 마리 수를 조사하였다.

4. 무당벌레 방사위치에 따른 섭식양상과 진딧물의 분산이동

무당벌레의 방사위치에 따른 진딧물의 섭식양상을 알아보기 위해 실험실 내에서 10엽기 고추유묘와 들깨유묘를 이용하였으며 먹이곤충으로는 고추에는 복숭아혹진딧물, 들깨에는 목화진딧물을 접종하여 이용하였다. 진딧물 개체군 밀도는 무당벌레 방사 전 밀도를 측정하였고, 고추의 복숭아혹진딧물은 단시간의 양상을 분석하기 위해 방사 1시간 후의 밀도를 조사하였으며, 들깨의 목화진딧물은 24시간마다 진딧물의 밀도와 무당벌레의 위치를 조사하였다.

5. 무당벌레의 포식량

무당벌레의 영기별 포식량을 조사하기 위해 직경 9.5 cm 플라스틱 사알레에 증류수를 적신 여과지를 놓고 그 위에 각각 직경 5cm로 자른 오이 잎과 목화진딧물, 고추 잎과 복숭아혹진딧물을 넣고 각각의 사알레에 진딧물의 마리 수를 달리하여 접종하였다. 각각의 사알레에 성충의 경우 24시간, 유충의 경우 3시간 동안 굶긴 무당벌레를 한 마리씩 넣고, 24시간 후에 남아 있는 진딧물 수를 파악하여 포식량을 조사하였다. 또한 24시간 굶긴 무당벌레 성충을 이용하여 진딧물 밀도에 따른 무당벌레의 기능반응(functional response)을 조사하기 위해서 각각의 사알레에 2, 4, 8, 16, 32, 64마리의 목화진딧물을 직경 5 cm 오이 잎에 접종한 후 사육을 하였고, 긴꼬마수염진딧물의 경우에는 길이 5 cm, 장폭 1 cm 되는 망초 잎에 접종한 후 사육하였다.

진딧물에 대한 포식력 검정과 마찬가지로 온실가루이의 경우에도 오이와 토마토에서 발생한 온실가루이 알과 3~4령 약충의 수를 세어 공급하였으며, 단위시

간별 조사도 온실가루이를 먹이로 하는 무당벌레 유충의 발육기간이 매우 불규칙하여 무당벌레의 발육단계별로 온실가루이 알과 부화약충을 구별하여 이들 각각을 기주식물에 붙어 있는 상태로 먹이로 제공하여 알과 약충에 대한 각각의 총 포식량을 발육단계별로 조사하였다. 또한 꽃노랑총채벌레에 대한 무당벌레의 포식력을 알아보기 위해 유리병(100 ml)안에 10여 마리의 꽃노랑총채벌레와 한 마리의 무당벌레를 넣어 무당벌레의 포식행동을 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 무당벌레의 일반적 포식습성

1) 먹이탐색행동

무당벌레는 성충과 유충 모두가 같은 먹이를 먹는다. 자연상태에서 성충은 대부분이 진딧물이 많은 곳에 산란을 하기 때문에 부화된 어린 유충은 먹이를 쉽게 찾을 수가 있다. 그러나 섭식행동을 면밀히 관찰하여 보면 진딧물이 1~2 cm 이상으로 약간만 멀리 떨어져 있어도 먹이를 찾지 못하고 방황하는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 일정한 거리 이상에서는 먹이를 쉽게 감지할 수 없는 것으로 추측되는데 이는 유충이나 성충이 진딧물에서 나오는 어떠한 화학물질을 감지하는 능력이 매우 떨어지는 것으로 해석할 수 있으며, 앞으로 이와 같은 내용을 검증할 필요가 있다고 생각된다. 따라서 무당벌레는 주로 접촉에 의해서 먹이를 감지할 수 있는 듯하다.

Table 1은 무당벌레가 이동하는 속도를 진딧물이 없는 플라스틱 사알레와 오이 잎에서 측정한 것이다. 이 결과를 보면, 무당벌레가 성장할수록 이동속도가 빨라지는 것을 볼 수 있으며, 1령충과 2령충은 이동속도가 비교적 느린 반면에 3령충 이상에서는 비교적 빠르게 움직이고 있었다. 이동 속도는 성충의 경우 평평한 곳에서는 초당 15 mm 정도이고, 오이 잎에서는 7 mm 정도로 약 2배 정도의 차이를 보이고 있다. 1령충과 2령충의 경우, 이동속도에 있어 큰 차이가 없었다. 이와는 반대로 먹이를 발견하게 되면 먹이를 다 먹은 후에

Table 1. Average walking distances of ladybirds on petri-dish and cucumber leaf surface without prey for 5 and 10 seconds (n = 5). Data analyzed by Anova test

	On the petri-dish		On the leaf surface	
	5 sec	10 sec	5 sec	10 sec
1st larva	1.40 ± 0.55 ^a	3.63 ± 0.40 ^a	0.16 ± 0.05 ^a	0.62 ± 0.22 ^a
2nd larva	1.88 ± 0.54 ^a	4.86 ± 0.38 ^a	1.12 ± 0.55 ^a	2.04 ± 0.28 ^b
3rd larva	4.34 ± 0.69 ^b	6.92 ± 0.36 ^b	4.26 ± 0.87 ^b	6.96 ± 0.94 ^d
4th larva	9.24 ± 1.10 ^d	15.24 ± 0.70 ^c	4.98 ± 0.90 ^{bc}	5.62 ± 1.65 ^c
Adults	6.12 ± 1.12 ^c	15.66 ± 1.94 ^c	5.78 ± 1.04 ^c	6.94 ± 0.81 ^d

좁은 공간에서 정밀탐색을 한다. 이는 Majerus and Kearns (1989)가 서술한바와 마찬가지로, 이동 속도와 회전율이 감소하게 되고 또 다른 먹이의 정밀탐색과 먹이와의 접촉을 늘리기 위해 머리를 좌우로 흔드는 운동의 비율이 증가하고 있었다. 한편 Ferran *et al.* (1997)은 무당벌레가 먹이를 찾는 동안에 광범위한 탐색과 세밀한 탐색의 두 가지 탐색행동을 하고 있다고 보고하였다.

무당벌레의 방사위치에 따른 진딧물의 섭식패턴을 알아보기 위하여 고추와 들깨에서 무당벌레의 성충과 3령유충을 이용하여 진딧물의 밀도 변화를 알아본 실험에 의해서도 무당벌레가 두가지 탐색행동을 하고 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 잎에서는 돌출된 잎맥을 따라서 혹은 잎의 가장자리를 따라서 움직이는 것을 관찰할 수 있다. 이는 잎맥의 도관부에서 주로 흡즙을 하는 진딧물의 식이행동과 무관하지만은 않은 것 같다.

Fig. 1과 2의 경우 닭간을 정상적으로 공급하고 15 °C에 저장한 무당벌레를 이용하여 무당벌레 성충의 포식에 따른 진딧물의 개체군 밀도 변화를 나타내었다. 공시충 및 작물은 10엽이 나온 어린 고추 묘에 기생하고 있는 복숭아혹진딧물을 이용하여 1시간 동안 관찰하였다. Fig. 1A의 경우에는 무당벌레 1마리를 고추 묘의 밑부분에 올려놓은 결과, 무당벌레가 대부분의 고추 잎을 방문하여 진딧물을 섭식을 하고 주변의

진딧물은 다른 잎이나 바닥으로 분산이동을 하여 대부분의 잎에서 복숭아혹진딧물의 밀도가 감소하였다. Fig. 1B의 경우 5번 잎에 무당벌레 1마리를 올려놓은 결과 하엽에서는 진딧물의 개체군이 증가한 반면, 상위엽에서는 복숭아혹진딧물의 방어기작으로 볼 수 있는 회피행동으로 인하여 모두 감소함을 나타내었다. Fig. 1C의 경우 신초부위에 무당벌레를 올려놓았을 경우 신초부위를 포함한 상위 6개 잎에서 개체군이 줄어든 반면 하위 4개 엽에서는 증가하는 경향을 보였다. Fig. 2의 경우에는 Fig. 1의 경우와 크게 다르지 않았으나, 이들 두 실험결과의 차이점은 24시간을 굶긴 무당벌레는 정상적인 무당벌레에 비하여 매우 활동적으로 움직이고 있어 진딧물을 차례로 먹기보다는 많은 공간을 이동함으로써 무당벌레와 접촉한 진딧물의 분산이동이 더욱 활발히 진행됨을 알 수 있다.

위의 결과를 통해서, 무당벌레를 어디에 위치를 시키던 간에 무당벌레가 복숭아혹진딧물을 포식하고 있거나, 무당벌레가 이동할 때 접촉을 당한 진딧물이 분산이동하는 현상을 관찰할 수 있었다. 복숭아혹진딧물의 경우, 바로 옆의 진딧물이 무당벌레에 의해서 포식을 당하게 되면, 반경 1~2 cm 이내의 근거리에서 있는 진딧물은 고추잎에서의 흡즙을 중단하고 구침을 잎으로부터 빼어낸 후에 상위엽 혹은 하위엽으로 보행을 하여 이동하거나, 그대로 아래로 떨어짐으로서 무당벌레의 포식으로부터 회피하는 행동을 가지고 있었다.

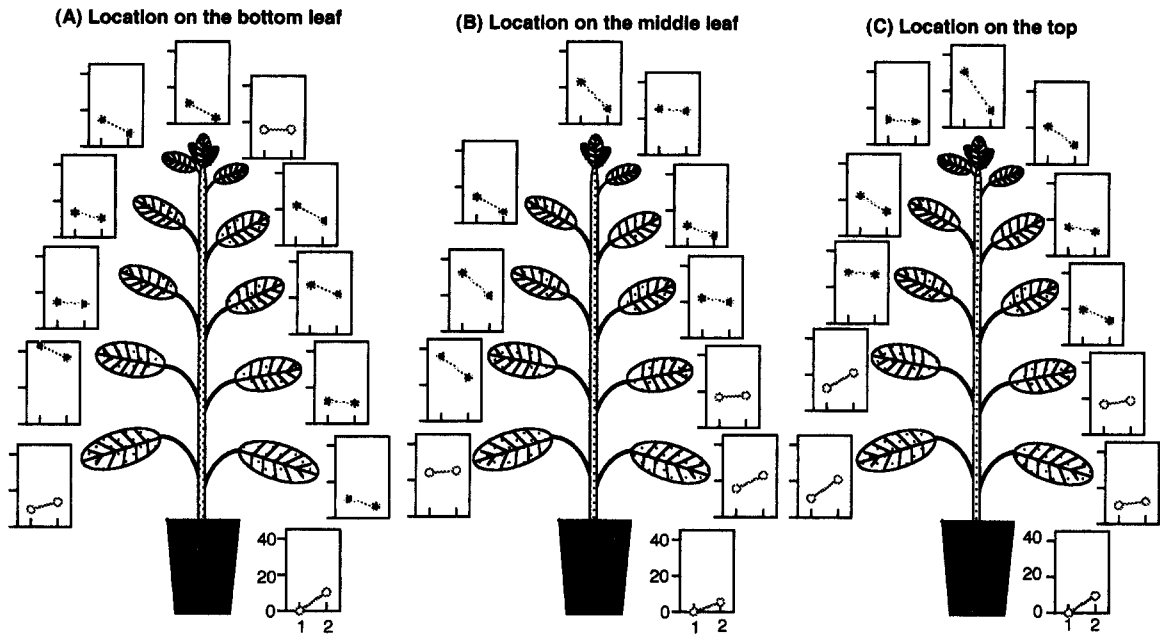


Fig. 1. The changes of the green peach aphid population by the non-starvation ladybird predation at bottom (A), middle (B) and top location (C) on the red pepper in the laboratory condition for 1 hour. In every graphs, X bars indicate intervals with 1 hour and Y bars are the number of aphids.

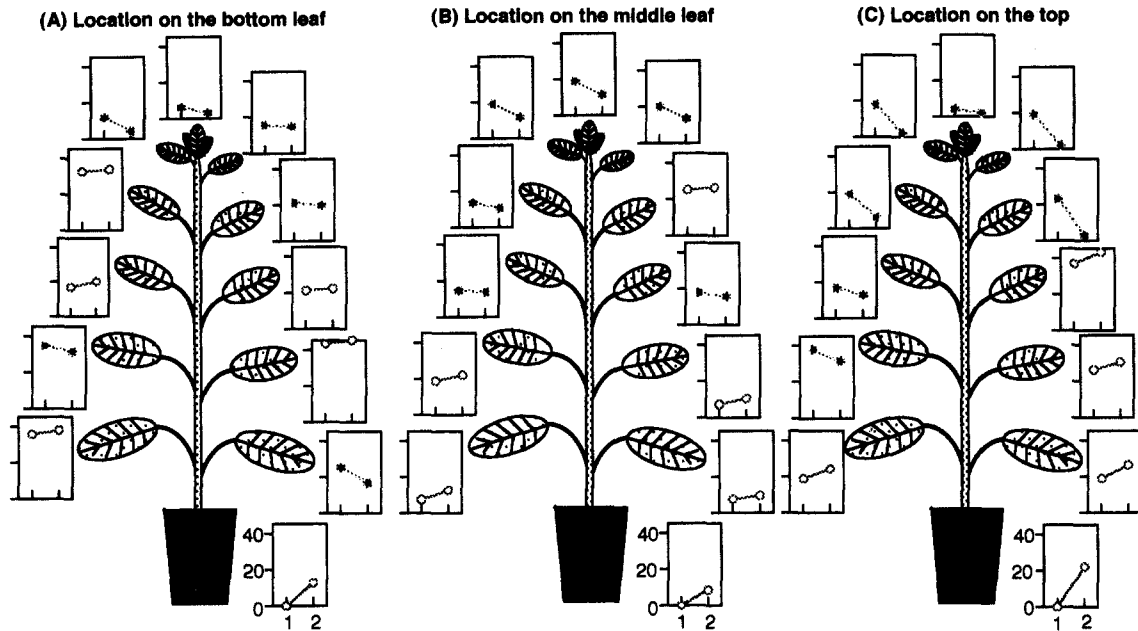


Fig. 2. The changes of the green peach aphid population by the starvation (24 hours) ladybird predation at bottom (A), middle (B) and top location (C) on the red pepper in the laboratory condition for 1 hour. In every graphs, X bars indicate intervals with 1 hour and Y bars are the number of aphids.

이는 복숭아혹진딧물이 무당벌레의 공격에 매우 능동적으로 방어하는 것을 보여주고 있다.

한편, Fig. 3과 4는 들깨에 발생한 목화진딧물을 이용하여 무당벌레 유충의 포식행동을 관찰한 결과이다. 이 실험에서 Fig. 3은 5마리의 4령 유충을 밑부분에, Fig. 4은 5마리의 3령 유충을 윗부분에 방사하였을 경우를 나타내고 있다. Fig. 3에서 4령 유충은 한 곳의 진딧물을 모두 섭식하고 다른 곳으로 이동하기 보다는 이곳 저곳을 이동하면서 진딧물을 섭식하여 신초부위를 제외한 부분에서는 첫째 날에 진딧물의 밀도가 크게 감소한 것을 볼 수 있으며, 3일째에는 진딧물이 밀생하고 있는 신초에서 주로 섭식 활동을 한 결과 밀도가 크게 감소하였으며, 4일째 되는 날에는 모든 진딧물이 무당벌레에 의해서 방제되었다. 3령유충을 신초부위에 방사한 경우에는 (Fig. 4), 상위엽부터 차례로 하위엽으로 이동하면서 진딧물을 포식하는 경향을 볼 수 있었으며, 따라서 상위엽에서는 방사 초기에 진딧물의 개체수가 감소하였으나, 위에서 4번째에 위치한 잎부터는 3~4일이 경과된 후에 진딧물의 개체수가 감소하기 시작하였다. 3일째 이후에는 3령 유충이 4령유충으로 성장하여 보다 활발한 이동을 하면서 남아 있는 진딧물을 포획하고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이 실험에서는 진딧물의 개체군 밀도가 매우 높아 번데기가 될 때까지 모든 진딧물을 섭식하지 못하였기 때문에 4령유충이 번데기가 된 후에는 진딧

물의 밀도가 서서히 증가하기 시작하였다. 또한 목화진딧물은 복숭아혹진딧물과는 달리 무당벌레의 포식에 따른 개체들의 반응이 거의 관찰되지 않았으며, 이에 따라서 복숭아혹진딧물과 같은 공간이동 양상은 없었다.

Dixon (1959)은 진딧물 포식성인 *Adalia decempunctata*를 가지고 실험을 한 결과, 양(+)의 광주성과 음(-)의 주지성을 가지고 있어 무당벌레가 진딧물이 있는 장소를 잘 발견할 수 있다고 하였다. 무당벌레는 대체적으로 양성 주광성과 음성 주지성을 가지고 있는 행동특성을 보인다. 작물에서의 탐색행동을 관찰하여 보면 위로 올라가려고 하는 경향을 가지고 있다고 하였다 (Majerus and Kearns, 1989). 또한 진딧물도 이와 같은 특성을 가지고 있기 때문에 결과적으로 식물체의 상단부에서 무당벌레가 먹이를 만날 수 있는 확률은 높아지게 된다 (Hodek and Honêk, 1996). 진딧물을 포식하는 대부분의 무당벌레들은 정도에 있어서는 차이가 있을지라도 비슷한 행동양상을 가지고 있다고 하는 보고도 찾아 볼 수 있다 (Frazer, 1988). 그렇지만, 이들 포식자들의 행동양상도 진딧물의 종류와 진딧물의 기주 식물에 따라서 그 양상이 많이 바뀌고 있음을 Frazer and McGregor (1994)는 보여주고 있다.

2) 먹이포획 및 섭식행동

무당벌레의 먹이포획 및 섭식행동을 관찰하기 위해

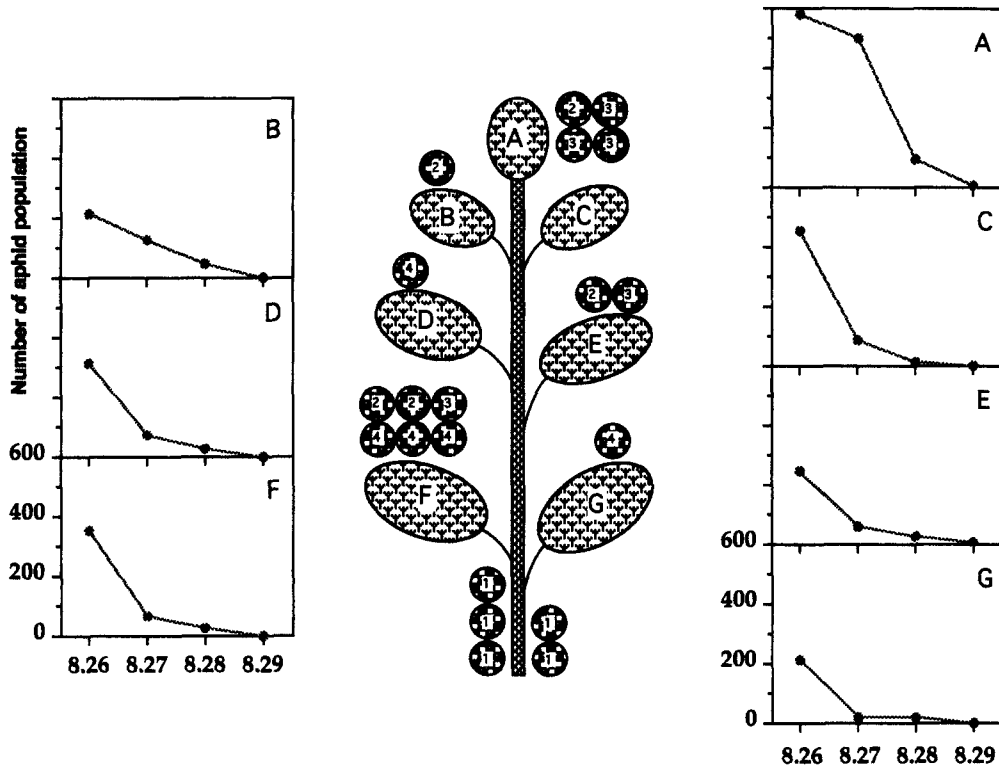


Fig. 3. Graphs show the changes of the number of the cotton aphid by ladybird's predation on the some sampled leaves for 4 days. Five number of 4th instar larva were released on the bottom of perilla seed plant, as time went on, they walked around and down with feeding aphids. Numbers and colors in circles indicate days after release at point of counting time everyday.

개망초 (*Erigeron annuus*)에 있는 긴꼬마수염진딧물 (*Macrosiphoniella oblonga*)과 오이에 발생한 목화진딧물을 공급하면서 관찰하였다. 탐색하는 동안에 무당벌레는 작은턱을 바닥이나 잎표면에 바짝 붙이고 움직인다. 움직이면서 진딧물이 무당벌레의 앞다리나 구기부분과 접촉했을 때 앞다리로 진딧물을 포획하고 섭식한다. 성충의 경우 목화진딧물 1마리를 섭식하는 경우 큰턱으로 평균 167회를 씹어서 삼키고 있으며, 긴꼬마수염진딧물에서는 진딧물 충체가 크기 때문에 이보다 훨씬 많은 운동을 할 것으로 생각된다.

무당벌레의 섭식시간은 Table 2에서와 같이 성충의 경우, 긴꼬마수염진딧물 성충 한 마리를 완전히 먹는데 소요되는 시간은 1분 48초에서 2분 14초 사이였고, 거의 모든 개체가 진딧물 체액을 흡즙하기 보다는 씹어먹는 방법으로 섭식이 이루어졌다. 성충은 진딧물 한 마리를 포식한 후 앞다리를 활는 모습을 관찰할 수 있었고, 앞다리의 종아리마디를 두부의 위쪽으로 올리는 모습도 자주 눈에 띄었다.

유충은 각 영기별로 차이가 있었는데, 1령 유충의 경우 진딧물의 체액을 흡즙하는 방법으로 섭식이 이루어졌고 진딧물 성충 한 마리 포식시간도 약 2시간

Table 2. The time required of biting and/or sucking aphid, *Macrosiphoniella oblonga*, by ladybirds with different stages on the baisy-fleabane. Data analyzed by Anova test

	a	b	c	Ave
1st larva	1:45:20	2:54:40	2:07:20	2:15:47 ^a
2nd larva	1:53:00	1:31:00	1:00:00	1:28:01 ^b
3rd larva	0:19:40	0:18:50	0:13:58	0:17:29 ^c
4th larva	0:21:45	0:09:09	0:07:47	0:12:53 ^c
Adults	0:01:48	0:02:14	0:02:05	0:02:02 ^c

이상이 소요되었다. 1령유충은 진딧물 성충보다 몸체가 작기 때문에 포획효율이 낮았고, 한번에 성공적으로 포획하는 것이 어려웠으나 그렇다고 충체가 작은 진딧물 약충만을 공격하는 경향은 찾아볼 수 없었다. 2령 유충은 포획 후 섭식 초기엔 진딧물 체액을 흡즙했으나 약 1시간 후부터는 씹어서 먹기 시작했다. 소요시간은 1령 유충과 차이가 있었고 약 1시간에서 1시간 30분 정도였다. 3령 유충은 1·2령과는 다르게 보다 활발한 포식활동을 보여주었다. 주로 씹어서 섭식했고 소요시간은 약 14분에서 20분이 소요되었다.

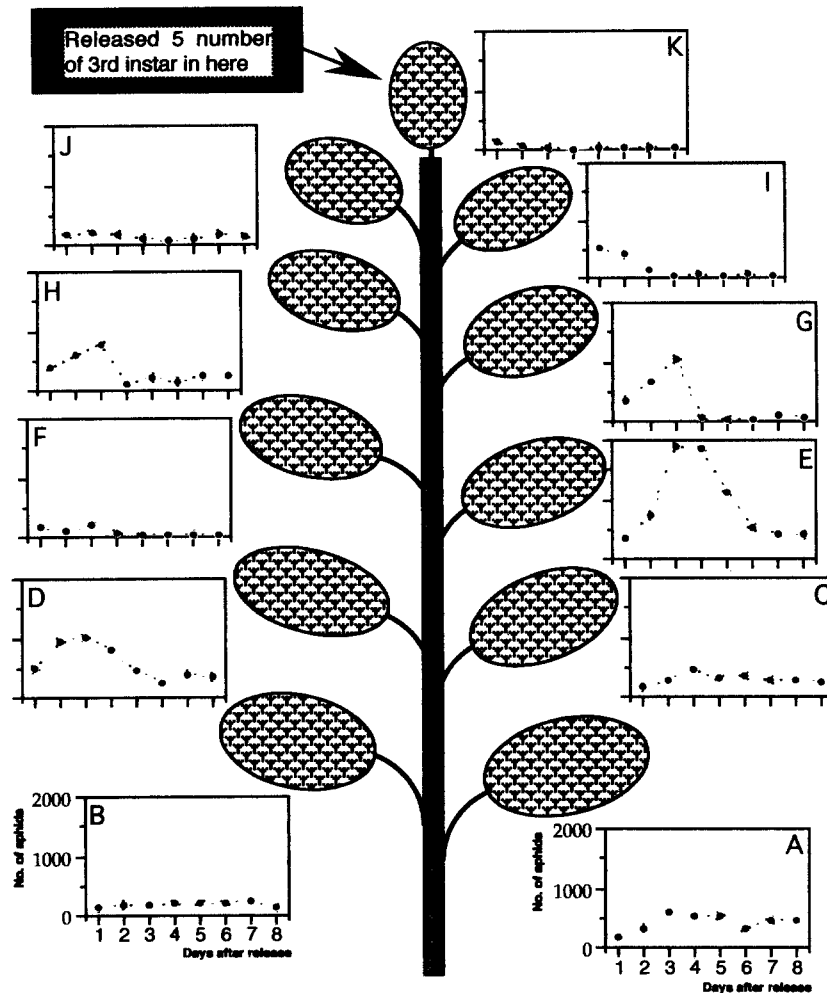


Fig. 4. Graphs show the changes of the number of the cotton aphid by ladybird's predation on the some sampled leaves for 8 days. Five number of 3rd instar larva were released on the top of perilla seed plant (K), as time went on, they walked around and down with feeding aphids. Third instar larva grew to 4th instar on 3 days after release.

Table 3. The time required of biting and/or sucking the cotton aphid by ladybirds with different stages on the cucumber. Data analyzed by Anova test

	a	b	c	Ave
1st larva	1:38:39	1:12:29	1:36:31	1:29:13 ^a
2nd larva	55:24	1:02:24	52:49	56:52 ^b
3rd larva	19:03	18:22	15:33	17:17 ^c
4th larva	2:03	1:43	2:32	2:06 ^d
Adults	51	42	1:02	52 ^d

4령 유충은 섭식초기부터 씹어서 섭식하기 시작했고, 소요시간은 약 8분에서 20분 사이였다.

또한 무당벌레의 목화진딧물 포식시간은 Table 3에서 보는 바와 같이 긴꼬마수염진딧물보다는 훨씬 짧

은 것을 알 수 있다. 무당벌레의 포식시간은 성충의 경우, 목화진딧물 성충 한 마리 포식시간이 42초에서 1분 2초 사이였고, 거의 모든 개체가 긴꼬마수염진딧물과 마찬가지로 진딧물 체액을 흡즙하기 보다는 씹어먹는 방법으로 섭식이 이루어졌다. 성충은 역시 진딧물 한 마리를 포식한 후 앞다리를 핥는 모습을 관찰할 수 있었고, 앞다리의 종아리마디를 두부의 위쪽으로 올리는 모습도 역시 자주 눈에 띄었다.

유충은 각 영기별로 차이가 있었는데, 1령 유충의 경우 진딧물의 체액을 흡즙하는 방법으로 섭식이 이루어졌고 진딧물 성충 한 마리 포식시간도 약 1시간 30분 이상이 소요되었다. 2령 유충의 소요시간은 56분 52초 정도였다. 3령 유충은 1·2령과는 다르게 보다 활발한 포식활동을 보여주었다. 주로 씹어서 섭식했고 소요시간은 약 17분이 소요되었다. 4령 유충은

섭식초기부터 씹어서 섭식하기 시작했고, 소요시간은 약 2분이었으며 성충의 섭식시간과는 유의성이 없었다.

한편, 먹이 밀도에 따른 무당벌레의 진딧물 포식량의 차이를 알아보기 위하여 5cm petri-dish에 서로 다른 수의 진딧물을 제공하여 1시간 동안의 진딧물의 포획량을 조사하였다. Fig. 5는 긴꼬마수염진딧물을 이용한 단위시간당 포획량은 진딧물의 밀도가 높을수록 많았고 8마리 이상의 높은 밀도에서는 포식량이 점차 증가하는 직선적인 관계를 나타내고 있다. 일반적으로 포식성 무당벌레들은 Wright and Laing (1980)이 보고한 바와 같이 진딧물의 밀도에 반응하는 숫적 반응을 보이고 있었다. 그렇지만 Fig. 6의 목화진딧물의 경우 뚜렷한 직선관계를 보이는 한계점은 명확치

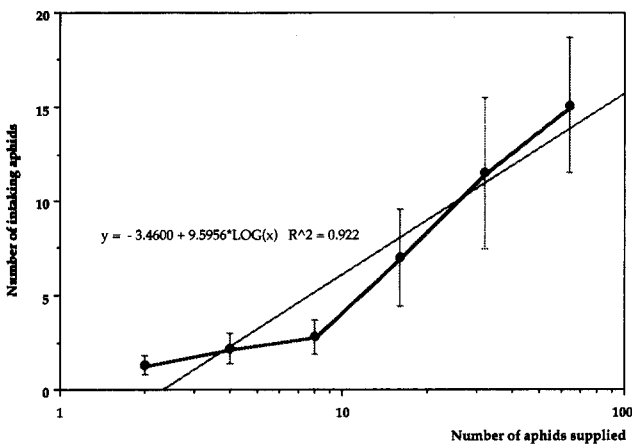


Fig. 5. Corelationship between *Macrosiphniella oblonga* population density and amount of predation by ladybirds for 1 hour.

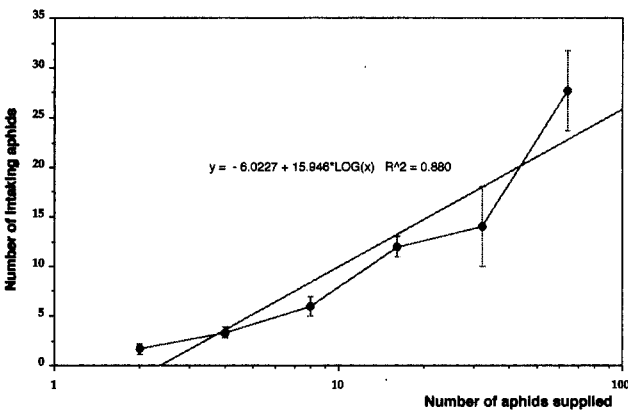


Fig. 6. Corelationship between the cotton aphid, *Aphis gossypii*, population density and amount of predation by ladybirds for 1 hour.

않았으나 16마리 이상에서 뚜렷한 증가세를 나타내었다. 두 종류의 진딧물은 크기에 있어 차이를 보여 단위 시간당 포식량도 차이를 나타내고 있어 보인다.

2 무당벌레의 식물성 휘발성물질에 대한 선택적 반응

Olfactometer를 이용한 무당벌레의 먹이탐색에 있어서 후각기능을 알아보기 위하여 3-way olfactometer를 만들어 성충과 유충의 선택성을 관찰하였다. 진딧물의 경우에는 고추에 발생한 복숭아혹진딧물과 오이에 발생한 목화진딧물을 대상으로 먹이 선호성 연구를 수행하였다. 그 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 성충에서는 모두 뚜렷한 선호성을 보이지 않는 것으로 확인되었다. 단지 (R)-(+)-limonene, 2-haptonol, β-lonone 등이 다른 화합물에 비하여 비교적 양성반응을 보였으며, 복숭아진딧물이 있는 고추잎과 목화진딧물이 있는 오이잎에는 잘 유인되지 않았다. 앞으로 후각선택 장치를 좀 더 개량하여 실험을 해야 확실한 결론을 내릴 수가 있겠지만 현재까지의 결과로는 무당벌레가 진딧물을 포식하는데 있어 냄새를 이용하는 기능은 아주 미미한 것으로 사료된다.

Table 4. Chemicals used in the olfactometer choice-test and behavioral responses of the 15 ladybirds against different plant volatile chemicals used by 3-way olfactometer for 1 hour

Chemicals & Aphids	Ingredients (%)	No. of insect in the odor chamber	No. of insect in empty chamber
Methyl benzoate	99	5	1
Allyl isocyanate	98	1	2
2-Haptonol	98	4	0
Phytol	97	0	1
β-Lonone	96	0	6
4-Allylanisole	98	0	0
1-Octane	98	3	1
(1s) (-)-Verbenone	99+	3	2
Linalool	97	0	0
(S)-(-)-Limonene	96	2	4
(R)-(+)-Limonene	97	8	2
Methyl oleate	70	1	2
2-Heptanone	98	1	1
Salicylaldehyde	98	3	3
Red pepper leaf with the green peach aphid	100 aphids with about 25 cm ² leaf	2	1
Cucumber leaf with the cotton aphid	500 aphids with 25 cm ² leaf	1	0

무당벌레가 먹이를 찾는 방법은 몇 가지 이론들이 있지만 전체적으로 정립되어 있는 단계는 아니다. 무당벌레가 짧은 거리에서 먹이를 찾을 때에는 시각적 요인과 후각적 요인을 모두 이용하고 있다고 하는 주장과 단지 물리적인 접촉만을 이용한다고 하는 주장이 첨예하게 대립하고 있다. 몇몇의 연구자들은 무당벌레류의 성충이 시각을 이용하여 기주식물과 먹이를 찾았다고 하였다 (Kesten, 1969; Allen *et al.*, 1970; Colburn and Asquith, 1970; Heidari and Copland, 1982; Nakamuta, 1985; Obata, 1986; Lambin *et al.*, 1996). 반면에 무당벌레들이 후각을 이용한다고 하는 보고는 거의 찾아 볼 수 없다 (Heidari and Copland, 1982; Obata, 1986). 특히 유충의 경우에는 이들이 먹이를 찾는데 시각이나 후각을 이용하고 있다는 어떠한 정보도 없다 (Storch, 1976; Stubb, 1980). Hattingh and Samways (1995)는 단지 물리적 접촉에 의해서만 먹이의 존재 여부를 확인할 수 있다고 생각하였다. 본 연구의 결과에 의하면 유충의 경우에는 접촉에 의한 물리적 감각을 주로 이용하는 경향을 뚜렷하게 볼 수 있었으며, 성충의 경우에는 근접한 거리에서는 접촉에 주로 의존하는 것으로 결론 지을 수 있으나, 장거리의 시각적, 후각적 요인은 뚜렷한 결과를 얻지 못하였다.

3. 무당벌레의 몇 가지 해충에 대한 포식력

무당벌레는 주로 여러 가지 진딧물들을 섭식하는 것으로 알려져 있으나 진딧물 이외에도 다른 해충들을 포식하는 것으로 밝혀져 이에 대한 포식력을 조사

하였다.

1) 진딧물에 대한 무당벌레의 포식력 검증

무당벌레가 알에서 부화한 후부터 성충이 되기까지의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 섭식량을 측정 한 결과는 Fig. 7에서 보는 바와 같다. 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 섭식량은 개체수로 비교하여 볼 때 많은 차이를 보이고 있다. 1령충이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 약 9마리와 33마리를 각각 섭식하였으며, 2령충의 경우에는 25마리와 106마리를, 3령충이 53마리와 200마리를, 4령충이 62마리와 212마리를, 성충이 120마리와 257마리를 각각 섭식하였다. 이와 같은 섭식량의 차이는 진딧물의 종류에 따른 크기의 차이에서 기인되는 것으로 생각된다.

또한 Fig. 8은 무당벌레가 알에서 부화되어 성충이 되기까지의 전과정에 걸쳐서 복숭아혹진딧물을 섭식하는 것을 나타낸 것으로 무당벌레 1령기에서는 평균 17.6마리, 2령기에서는 50.2마리, 3령기에서는 63.0마리, 4령기에서는 1510마리를 포식하고, 우화 후 3일 동안에는 평균 58.0마리를 섭식하였고, 4일간 진딧물을 공급하지 않고 굶긴 상태로 유지하다가 먹이를 공급한 우화 후 8일째부터 3일 동안에는 417마리의 복숭아혹진딧물을 포식하는 것으로 조사되었다. 물론 각 영기별로 탈피직후에는 거의 포식을 하지 않다가 탈피 후 5~6시간 정도 후부터 진딧물을 포식하기 시작하였다. 성충의 경우에는 하루정도의 시간이 경과한 후에 진딧물을 섭식하기 시작하였다. 또한 공시한 각

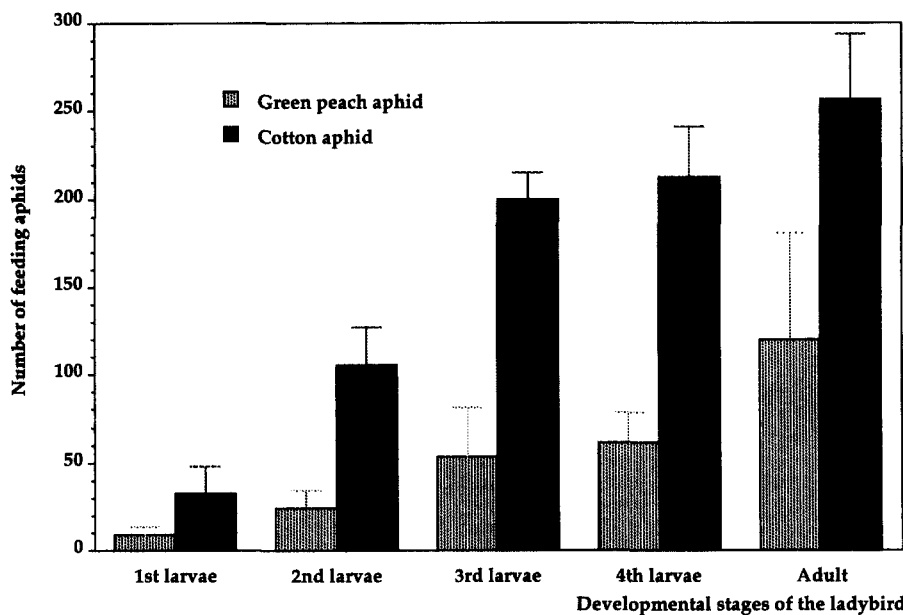


Fig. 7. Number of feeding aphids of different developmental stages of the ladybird with the green peach aphid and the cotton aphid in the room temperature for 24 hours.

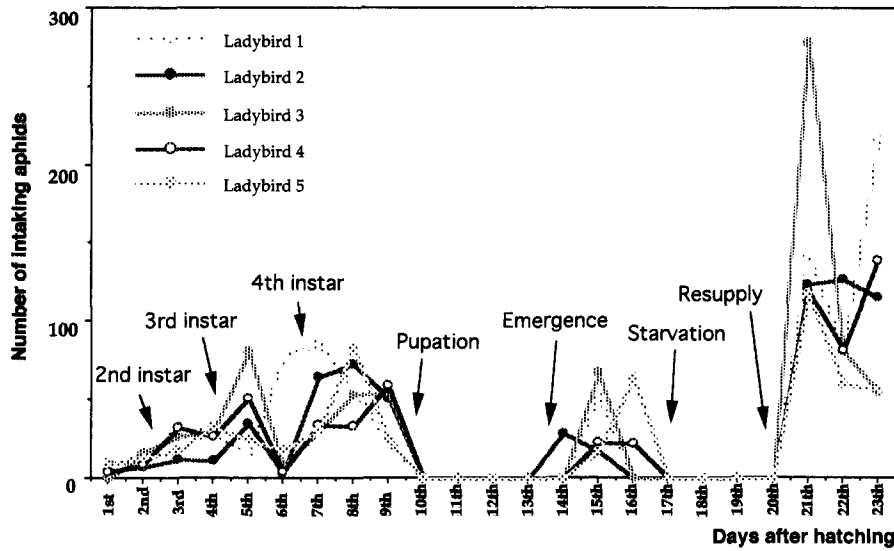


Fig. 8. Amount of daily predation of ladybirds from first instar to adult with the green peach aphids in petri-dish on the room temperature.

무당벌레가 같은 시기에 탈피를 하지 않았고, 각 영기 간에도 차이를 나타내고 있었다.

2) 온실가루이에 대한 무당벌레의 포식력 검증

온실내에서 최근 많은 발생을 보이는 온실가루이에 대한 무당벌레의 포식력을 조사하였다. Table 5에서는 실내에서 오이와 토마토에 각기 산란된 온실가루이의 알을 대상으로 하여 플라스틱 샐레에서 조사하였다. 오이와 토마토에 산란된 온실가루이의 알을 대상으로 포식력을 조사한 결과 오이와 토마토에서 각 영기별로 포식량의 차이를 알 수 있었다. 1령충의 경우 알의 포식량은 영기간 동안 오이와 토마토에서 보면 260여개와 370여개였고, 2령충은 약 850개, 560개이며, 3령충은 약 2,400개, 2,700개에 이른다. 이러한 포식량의 차이는 오이와 토마토의 잎의 형태적 차이에 기인된다고 생각된다. 오이에서 4령충의 경우 최고 5,068개, 토마토에서 3령충의 경우 최고 4,935개의 알을 포식하였다. 또한 토마토에서 발생한 온실가루이 약충을 대상으로 한 무당벌레의 포식력을 측정된 결과 Table 6에서 보는 바와 같이 1령충은 유충기간 동안에 63마리의 약충을 섭식하였고, 2령충의 경우에는 304마리를, 3령충인 경우에는 675마리를, 4령충인 경우 2,276마리의 유충을 섭식하였다. 그렇지만, 영기간 동안 포식량이 증가하더라도 번데기단계에서 우화하자마자 죽는 것이 대부분이었고, 크기 또한 진딧물을 섭식하는 무당벌레보다 작았다. 온실가루이 약충만을 먹이로 제공하였을 경우에도 Fig. 9에서 보는 바와 같이 정상적인 성장이 이루어지지 못하였으며, 각 영기별 기간도 매우 길었다. 한편, 성충의 경우에는 단지 한 마리

Table 5. Number of greenhouse whitefly eggs on cucumber and tomato leaves taken by ladybird in petri-dish at room temperature for each instar period (n = 10)

Developmental stages	Cucumber	Tomato
1st Instar	268.80 ± 130.03	373.58 ± 129.28
2nd Instar	848.40 ± 284.39	561.50 ± 167.58
3rd Instar	2,420.11 ± 734.40	2,753.33 ± 764.36
4th Instar	4,071.29 ± 679.37	-
Adults	-	-
Total	7,674.29 ± 451.87 (3,603.00 ± 537.85)	- (3,751.80 ± 1173.43)

Table 6. Number of greenhouse whitefly nymphs on tomato leaves taken by ladybird in petri-dish at room temperature for each instar period (n = 10)

	Tomato
1st Instar	63.60 ± 47.55
2nd Instar	304.00 ± 170.04
3rd Instar	675.56 ± 448.73
4th Instar	2,276.60 ± 767.41
Adults	1,986.00
Total	2,312.50 ± 1,927.62

가 우화하여 1,986마리의 약충을 3일동안 섭식하였으나, 4일째 되는 날에 사망하였다. 이러한 결과로 미루어 무당벌레를 이용하여 온실가루이만을 방제할 경우

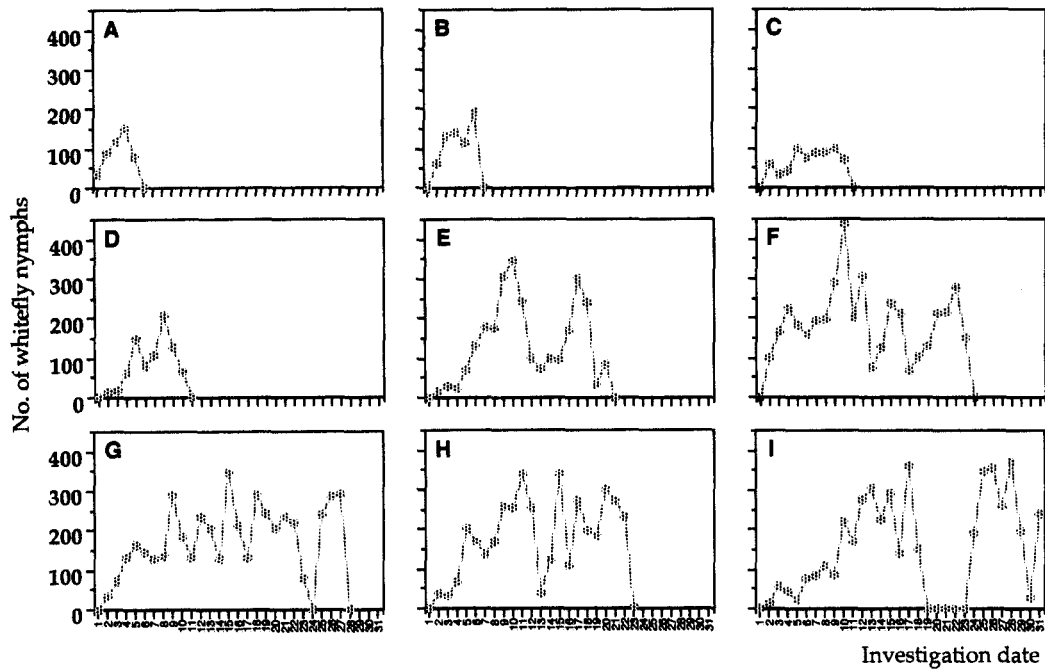


Fig. 9. Number of taking greenhouse whitefly nymphs by ladybird larva were shown different pattern according to individuals. Some insects died at early developmental stage (A-D), slowly grew to 4th instar larvae (E-H), or completed their life cycle (I), however, could not survive over 9 days after emergency.

에는 적합하지 않은 것으로 사료된다.

3) 꽃노랑총채벌레에 대한 무당벌레의 포식력 검증

화훼하우스나 하우스 주변의 노지에서 많이 발생하여 화훼, 채소류, 과수류에 피해를 주고 있는 꽃노랑총채벌레에 대한 포식력을 알아보기 위해 야외에서 채집한 꽃노랑총채벌레를 vial에 10여마리씩 넣은 후 무당벌레를 각 단계별로 한 마리씩 넣어주고 포식여부를 조사하였다.

꽃노랑총채벌레의 움직임이 무당벌레에 비해 민첩하기 때문에 포획이 거의 이루어지지 않았다. 한편 다시 꽃노랑총채벌레를 기주식물과 함께 넣어 주고 그들이 흡즙하는 동안 무당벌레가 포획을 성공적으로 할 수 있는지의 여부를 조사하였으나 기주가 없는 경우와 마찬가지로 포획은 거의 이루어지지 않았다. 따라서 꽃노랑총채벌레를 방제하기 위하여 단독으로 방제전략을 수립하는 것보다는 진딧물을 비롯하여 온실가루이 등, 기타 해충들이 동시에 발생한 경우에 종합적 방제전략 수립의 차원에서 활용가능성을 재검토해야 될 것으로 판단된다.

한편, Putman (1957)은 10종의 무당벌레를 대상으로 두점박이응애를 먹이로 제공하여 사육한 결과 *Coleomegilla maculata*만이 정상적인 발육을 하였던 것으로 보아 먹을 수 있다고 하여 모든 것이 다 적당한 먹이라고는 할 수 없었다. 따라서 진딧물의 경우를 제외하

고는 다른 종류의 해충들에 대한 포식력과 선호도 및 이용가능성은 크게 떨어지는 것으로 평가되고 있다. 따라서 시설재배에서의 해충종합방제를 도입하기 위해서는 진딧물을 방제하는 무당벌레를 제외한 다른 해충들의 천적을 병행하여야 하며, 약제사용에 따른 천적들의 약제감수성을 검토해야 될 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농림부에서 수행한 1995년도 농림수산물정연구과제 연구비(1995. 12~1998. 12)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

Allen, D.C., F.B. Knight and J.L. Foltz. 1970. Invertebrate predators of Jack-pine budworm *Choristoneura pinus* in Michigan. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 63: 59~64.
 Barbier, R., A. Ferran, J. Le Lannic and A. Le Strat. 1989. Ultrastructure et fonction des organes sensories des palpes maxillaires de la coccinelle *Semiodalia undecimpunctata* Schn. (Coleoptera: Coccinellidae). *Bull. Soc. Zool. France* 114: 119~128.
 Blackman, R.L. 1967. The effects of different foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. *Ann. Appl.*

- Biol. 59: 207~219
- Brown, M.W. and S.S. Miller. 1998. Coccinellidae (Coleoptera) in apple orchards of eastern west virginia and the impact of invasion by *Harmonia axyridis*. Ent. News. 109(2): 136~142.
- Chapin, J.B. and V.A. Brou. 1991. *Harmonia axyridis* (Pallas), the third species of the genus to be found in the United States (Coleoptera: Coccinellidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 93: 630~635.
- Culburn, R. and D. Asquith. 1970. A cage used to study the finding of a host by the ladybird beetle *Stethorus punctum*. J. Econ. Entomol. 63: 1376~1377.
- Dixon, A.F.G. 1959. An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). J. Animal Ecol. 28: 259~281.
- Day, W.H., D.R. Prokrym, D.R. Ellis and R.J. Chianer. 1994. The known distribution of the predator *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the United States, and thoughts on the origin of this species and five other exotic lady beetles in eastern North America. Entomol. News 105: 244~256.
- Dobzhansky, T. 1924. ber geographische und individuelle Variabilität von *Adalia bipunctata* and *Adalia decempunctata*. Russk. Entomol. Obozt. 18: 201~211
- Dobzhansky, T. 1933. Geographical variation in lady-beetles. Am. Nat. 67: 97~126.
- Dreistadt, S.H., K.S. Hagen and L.G. Bezark. 1995. *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), first western United States record for this asiatic lady beetle. Pan-Pacific Entomol. 71(2): 135~136.
- ESK and KSAE. 1994. Check list of insects from Korea (eds). Kon-Kuk Univ. Press. Seoul. 744p.
- Ferran, A. and A.F.G. Dixon. 1993. Forging behaviour of ladybird larvae (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 90: 383~402.
- Ferran, A., G. Iperiti, S. Kreiter, S. Quilicci and H. Shanderl. 1986. Preliminary results of a study of the potentials of some aphidophagous coccinellids for use in biological control. Ecology of Aphidophaga, Vol. 2. I. Hodek (ed.). Academia. Praha. pp. 479~484.
- Ferran, A., J. Gambier, S. Parent, K. Legenfre, R. Tourniere and L. Giuge. 1997. The effect of rearing the ladybird *Harmonia axyridis* on *Ephestia kuehniella* eggs on the response of its larvae to aphid tracks. J. Insect Behav. 10(1): 129~144.
- Ferran, A., H. Niknam, F. Kabiri, J.-L. Picart, C. De Herce, J. Brun, G. Iperiti and L. Lapchin. 1996. The use of *Harmonia axyridis* larvae (Coleoptera: Coccinellidae) against *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) on rose bushes. Eur. J. Entomol. 93: 59~67.
- Formusoh, E.S. and G.E. Wilde. 1993. Preference and development of two species of predatory coccinellids on the Russian wheat aphid and greenbug biotype E (Homoptera: Aphididae). J. Agricul. Entomol. 10: 65~70.
- Frazer, B.D. 1988. Coccinellidae. pp. 31~247 in Aphids, their Biology, Natural Enemies and Control, Vol. B. A.K. Minks and P. Harrewijn (eds.). Elsevier. Amsterdam. 364 pp.
- Frazer, B.D. and R.R. McGregor. 1994. Searching behaviour of adult female Coccinellidae (Coleoptera) on stem and leaf models. Can. Entomol. 126: 389~399.
- Hagen, K.S. 1962. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. Anni. Rev. Entomol. 7: 289~326.
- Hattingh, V. and M.J. Samways. 1995. Visual and olfactory location of biotopes, prey patches, and individual prey by the ladybeetle *Chilocorus nigritus*. Entomol. Exp. Appl. 75: 87~89.
- Heidari, M. and M.J.W. Copland. 1992. Host finding by *Cryptolaemus montrouzieri* (Col., Coccinellidae) a predator of mealybug (Hom., Pseudococcidae). Entomoph. 37: 621~625.
- Hodek, I. 1973. Biology of Coccinellidae. Academia. Praha. 260 pp.
- Hodek, I. and A. Hon k. 1996. Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic. Pub. Dordrect. 260 pp.
- Ives, A.R., P. Kareiva and R. Perry. 1993. Response of a predator to variation in prey density at three hierarchical scales: lady beetles feeding on aphids. Ecol. 74: 1929~1938.
- Kauffman, W.C. and C.P. Schwalbe. 1991. Plant growth responses to *Aphis fabae* injury: importance of predation by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Behaviour and Impact of Aphidophaga. L. Polgar, R.J. Chambers, A.F.G. Dixon, and I. Hodek (eds.). SPB Pub. pp. 167~175.
- Kesten, U. 1969. Morphologie und biologie von *Anatis ocellata* L. (Col., Coccinellidae). Z. Ang. Entomol. 63: 412~445.
- Kidd, K.A., C.A. Nalepa, E.R. Day and M.G. Waldvogel. 1995. Distribution of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in North Carolina and Virginia. Proc. Entomol. Soc. Wash. 97(3): 729~731.
- Lamana, M.L. and J.C. Miller. 1998. Temperature dependent development in an Oregon population of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Environ. Entomol. 27(4): 1001~1005.
- Lambin, M., A. Ferran and K. Maugan. 1996. La prise d'informations visuelles chez la coccinelle *Harmonia axyridis*. Entomol. Exp. Appl. 79: 121~130.
- Majerus, M.E.N. 1994. Ladybirds (ed.). Harper Collins Pub., Toronoto. 367 pp.
- Majerus, M. and P. Kearns. 1989. Naturalists' Handbooks 10 Ladybirds (eds.). Richmond Pub., London. 103 pp.
- Nakamuta, K. 1985. Mechanisms of the switch over from extensive to area-concentrated search behavior of the ladybeetle *Coccinella septempunctata bruckii* Mulsant (Col.,

- Coccinellidae). *Appl. Entomol. Zool.* 26: 1~17.
- Nalepa, C.A., K.A. Kidd and K.R. Ahlstron. 1996. Biology of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in winter aggregations. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89(5): 681~685.
- Obata, S. 1986. Mechanisms of prey finding in the aphidophagous ladybird beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomophaga*. 31(3): 303~311.
- Osawa, N. 1992. A life table of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to the aphid abundance. *Jpn. J. Ent.* 60(3): 575~579.
- Putman, W.M.L. 1957. Laboratory studies on the food of some coccinellids (Coleoptera) found in Ontario peach orchards. *Can. Entomol.* 89: 527~579.
- Storch, R.H. 1976. Prey detection by fourth stage *Coccinella transversoguttata* larvae (Col., Coccinellidae). *Anim. Behav.* 31: 303~311.
- Stubb, M. 1980. Another look at prey detection by coccinellids. *Ecol. Entomol.* 5: 179~182.
- Tedders, W.L. and P.W. Schaefer. 1994. Release and establishment of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in the southeastern United States. *Entomol. News.* 105: 228~243.
- Wright, E.D. and J.E. Laing. 1980. Numerical response of coccinellids to aphids in corn in Southern Ontario. *Can. Entomol.* 112: 977~988.

(1999년 9월 15일 접수; 2000년 7월 26일 수리)