

## 무당벌레(*Harmonia axyridis*)의 사육 I; 여름 성충의 난황단백질 생성 및 산란력

### I. Laboratory Rearing of the Aphidophagous Ladybeetle, *Harmonia axyridis*; Yolk Protein Production and Fecundity of the Summer Adult Female

홍옥기 · 박용철<sup>1)</sup>

Oak Kee Hong and Yong Chul Park

**ABSTRACT** The adult of the aphidophagous ladybeetle, *Harmonia axyridis*, was reared by feeding an artificial diet (chicken's liver:sugar = 5:2, v/w). The adult ladybeetle used was from pupae collected in the field in mid-July. Yolk protein production, fecundity and longevity of the adult female were checked under 30°C, 16L:8D. Yolk proteins (Vg3 and Vg4) were detected from the hemolymph of the female 5 days after the emergence. One hundred pairs of female and male were reared separately. First oviposition started from 7 days after the emergence and laid an average of 163.9±144.0 eggs during lifetime. Seventeen females did not lay eggs at all. Longevity of the female was 60.6±16.9 days. The application of a JH analog, methoprene (2.5 µg), caused the occurrence of yolk proteins in the hemolymph 1 day earlier than that of the control. Weekly application of 2.5 µg of methoprene induced 83.3% from the 30 females to lay eggs within 15 days after the emergence, while the control had 51% only. Methoprene made all females lay eggs, causing the increase in the fecundity. Though the longevity of the female was not effected by the weekly application of methoprene, one time excess dose (12.5 µg) caused high in mortality and low in fecundity.

**KEY WORDS** *Harmonia axyridis*, Artificial diet, Methoprene, Yolk Protein, Fecundity, Longevity

**초 록** 무당벌레(*Harmonia axyridis*) 성충의 인공사료(닭의 간 5 parts: 설탕 2 parts, v/w)와 사육법을 개발하였다. 7월 중순에 야외에서 채집한 번데기를 우화시켜 30°C (16L:8D)에서 사육하면서 무당벌레 성충 암컷의 난황 단백질(yolk protein) 생성, 산란력(fecundity), 수명(longevity)을 조사하였다. Western blot 결과에 의하면 우화 후 5일째부터 혈림프에서 난황단백질(Vg3와 Vg4)이 발견된다. 무당벌레 100쌍을 대상으로 1쌍씩 개별 사육한 결과 초산은 우화후 7일째부터 시작되고 일생동안 163.9±144.0개의 알을 산란한다. 수명은 평균 60.5±36.8일이며 일생동안 단 한번의 산란도 하지 않는 개체는 17%이다. Methoprene(2.5 µg/2 µl)을 처리하면 무처리구보다 1일 빠른 우화 후 4일부터 난황단백질이 확인된다. 무당벌레의 암컷 30 개체에게 methoprene(2.5 µg/2 µl)을 1주일 간격으로 반복 투여하여 본 결과 15일 이내에 초산을 하는 비율이 무처리구의 51%에서 83.3%로 증가한다. Methoprene은 모든 개체의 산란을 가능하게 함으로서 개체군의 산란력을 높이는 효과를 준다. 무당벌레는 methoprene을 소량(2.5 µg)으로 매주 투여하면 수명에 별다른 영향을 받지 않지만, 과다한 양(12.5 µg)의 단 1회 투여는 수명을 단축시키고 산란력을 저하시킨다.

**검색어** 무당벌레, 인공먹이, Methoprene, 난황단백질, 산란력, 수명

무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 진딧물의 천적일뿐만 아니라 총채벌레, 배추좀나방, 온실가루이를 포함한 여러 곤충을 포식하기 때문에 해충의 생물적방제에 활용될수 있는 잠재적 가능성이 매우 높다(Sweetman 1958, Park & Park 1994). 무당벌레의 대량 확보를 위

한 방안으로 Sminorff(1958)에 의해 인공먹이의 개발에 관한 관심이 고조되기 시작된 이후로 많은 학자들에 의하여 연구가 되었으나, 숫벌 번데기를 이용한 인공먹이외에는 이제까지 뚜렷한 진전이 없었다(Smith 1960, 1965, Okada *et al.* 1971, Matsuka & Okada

<sup>1)</sup>강원대학교 농과대학 농생물학과(Dept. of Agricultural Biology, College of Agriculture, Kangwon Nat. Univ., Chuncheon, 200-701, Korea)

1975).

숫벌 번데기는 공급이 제한되어 있어 보다 저렴한 가격으로 손쉽게 구할수 있는 사료의 개발이 요구된다. 곤충이 섭식하게 되는 먹이의 질은 난소의 발육과 생식력 그리고 수명에 영향을 미치는데, 특히 영양소의 균형이 맞지 않는 인공먹이를 섭식하게 되면 호르몬의 분비가 불규칙하게되어 암컷의 성적성숙이 지연되고 산란력이 저하되는 경우가 있다. 따라서 인공먹이로 사육한 곤충의 난황단백질 합성과 이에따른 산란을 유도하기 위하여 유약호르몬(Juvenile hormone)이나 유약호르몬 유사체(Juvenile hormone analog) 등을 처리하게 된다(Zhai 1984, Chinzei & Wyatt 1985, Don-Wheeler & Engelmann 1991, Hiremath & Jones 1992, Ratna *et al.* 1993, Wang & Davey 1993).

본 연구에서는 무당벌레의 사료와 사육법의 개발을 위한 단계적 연구의 일환으로 일차적으로 야외에서 채집한 번데기로부터 우화한 무당벌레를 항온기(30°C, 16L:8D)에서 자체 개발된 인공먹이를 이용하여 사육을 시도하면서 난황단백질의 생성 및 초산시기, 산란력, 수명 등을 조사하였다. 또한 methoprene을 무당벌레의 암컷에게 1주일 간격으로 국부 처리하여 산란력을 높이는 실험을 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충

1995년 7월 15~18일 춘천시 지내리 옥수수밭에서 무당벌레의 번데기 총 753마리를 채집하여 성충으로 우화시킨뒤 항온기(30°C, 16L:8D)에서 닭의 간(닭의 간 5 parts: 설탕 2 parts, v/w)을 먹이로 사육을 하였다.

무당벌레의 난황단백질(yolk protein) 생성과 초산시기, 산란력(fecundity), 수명(longevity)을 조사하여 개발된 사료의 이용 가능성을 조사하였다. 난황단백질의 생성시기에 대한 연구를 위한 공시충은 성충으로 우화한 지 24시간 이내의 개체에 acetone 2  $\mu$ l 또는 methoprene 2  $\mu$ l(2.5  $\mu$ g)를 앞가슴과 가운데가슴 마디 사이에 국부처리(topical application)한 후 10마리씩 1개의 petri dish(10 cm  $\times$  2 cm)에서 사육을 실시하였다. 처리후 20마리씩 24시간 간격으로 다리 기부를 잘라 혈림프를 200  $\mu$ l 25 mM Tris-HCl buffer(pH 6.8)에 희석하였다. 9% SDS-PAGE(Laemmli 1970)와 Western blot에 의하여 난황단백질의 생성시기를 조사하였다.

분자량측정을 위하여 표준단백질 myosin(205,000),  $\beta$ -galactosidase(116,000), phosphorylase b(94,000), bovine serum albumin (67,000), egg albumin(45,000), carbonic anhydrase(29,000)를 사용하였다.

인공먹이로 사육한 무당벌레의 산란력과 수명을 조사하기 위하여 대조구로서 암수 1쌍씩 총 100쌍을 petri dish내에서 개별 사육하였다. Methoprene이 무당벌레의 산란력과 수명에 미치는 영향을 조사하기 위하여 methoprene을 농도별로 처리한 것과 일주일 간격으로 반복 투여한 것으로 나누어 실시하였다. Methoprene은 0.625, 2.5, 12.5  $\mu$ g의 농도로 암컷에만 2  $\mu$ l씩 1회 투여한 후에 처리구별로 암수 1쌍씩 20쌍씩을 petri dish내에서 개별 사육하였다. Methoprene의 반복 투여 효과를 조사하기 위하여 총 30쌍을 개별 사육하면서 2.5  $\mu$ g씩 암컷에게만 매주 투여하였다. 경제성과 간편함을 목적으로 무당벌레를 1개의 petri dish내에 10쌍 또는 5쌍씩 넣어 집단 사육을 시도하였으며 유충의 사육 가능성도 조사하였다. 인공먹이는 2일 간격으로 교체하였고 매일 산란수와 암컷의 사망율을 조사하였다. 사육도중 수컷이 사망하였을 경우에는 새로운 수컷을 공급하였다. 본 연구에서 수컷의 수명은 조사하지 않았다.

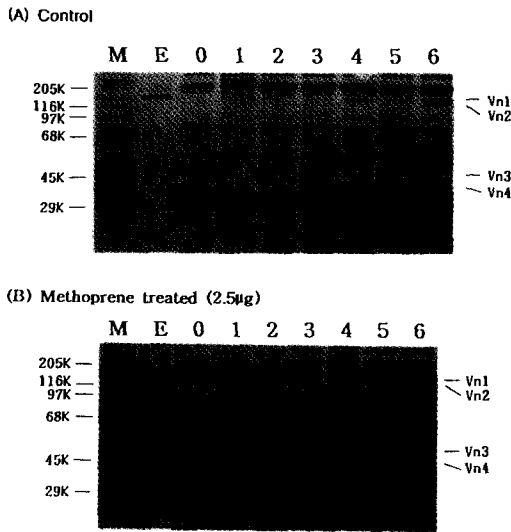
통계처리는 student's t-test를 실시하였다.

### Western blot

Towbin 등(1979)의 방법에 의해 9% SDS-PAGE한 gel을 nitrocellulose paper(0.45  $\mu$ m, Bio-Rad)에 electrophoretic transfer시켰다. Transfer buffer는 20%(v/v) methanol이 포함된 0.025 M Tris-0.192 M Glycine buffer pH 8.3을 사용하였고 150V에서 2시간동안 실시하였다. Transfer가 끝난 nitrocellulose paper를 blocking buffer[3% milk in TBS (2.42 g Tris, 29.24 g NaCl, pH 7.5)]에서 20분간 배양하였다. 토끼에서 만든 무당벌레의 난황단백질(Vn3와 Vn4)에 대한 항체를 primary antibody로 사용하여 1/100 농도로 blocking buffer로 희석하여 2시간 배양한 후에 nitrocellulose paper를 TBS로 10분간 2번 씻었고, secondary antibody로서 HRP(Horse radish Peroxidase, Sigma)를 45  $\mu$ l/10 ml 농도로 희석하여 1시간 배양하였다. Nitrocellulose paper를 TBS로 10분간 2번 씻은 후 HRP color development 용액(50mg 4-chloro-1-naphtol, 4 ml ice cold methanol, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 120  $\mu$ l, 20 ml TBS)으로 염색을 한 후 증류수로 탈색을 하였다.

결 과

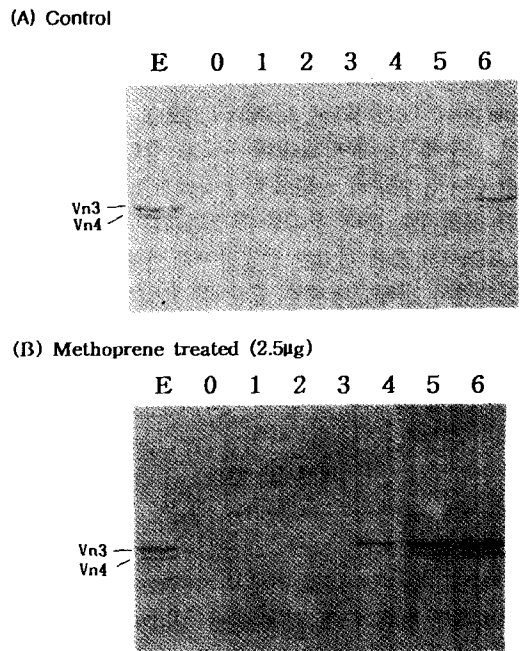
인공사료가 무당벌레 여름 성충의 생식 활동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일차적으로 난황단백질의 생성유무와 시기를 조사하였다. 무당벌레 암컷의 혈림프를 24시간 간격으로 채취하여 9% SDS 전기영동을 하였다. 난황단백질 Vg1, 2, 3, 4위치에 있는 밴드가 성



**Fig. 1.** 9% SDS-PAGE analysis of hemolymph proteins of *Harmonia axyridis* adult female. The adult female was from pupae collected in the field in mid-July. Protein was stained for Coomassie brilliant blue. *Harmonia axyridis* was fed on artificial diet (chicken's liver:sucrose=5:2, w/v) at 30°C, 16L:8D. Females, less than 24 hours after the emergence, were applied with 25 µg of methoprene on the dorsal side between the segment of the 1st and 2nd thorax. Control was treated with acetone. Hemolymph was collected from the segment of the legs of 20 adult females. Samples were diluted to 20 µl 25 mM Tris-HCl buffer pH 6.8. M; marker proteins, E; crude eggs homogenized in disruption buffer (25 mM Tris-HCl buffer pH 6.8, 2% SDS, 5% β-mercaptoethanol, 10% glycerol), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6; hemolymph of *H. axyridis* adult female with a sampling time interval of 0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 days after adult emergence. Protein markers used are myosin (205,000), β-galactosidase (116,000), phosphorylase b (97,000), bovine serum albumin (66,000), egg albumin (45,000) and carbonic anhydrase (29,000).

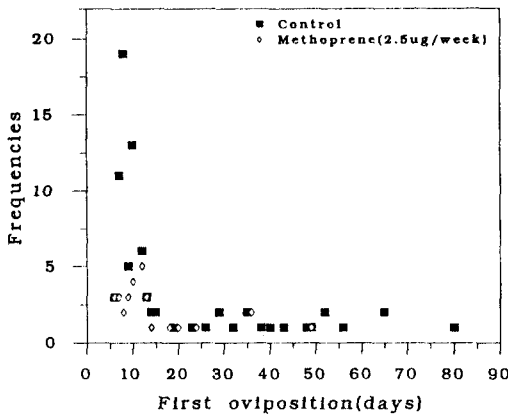
충 우화 후 6일에 형성되었다(Fig. 1). Western blot결과 난황단백질(Vg3와 Vg4)은 5일부터 혈림프에서 확인되었다(Fig. 2). Vg3와 Vg4의 분자량은 50,000과 45,000이었다. Methoprene(2.5 µg/2 µl)은 난황단백질의 생성시기를 촉진시키는 효과를 나타낸다. Methoprene을 처리한 후 일반단백질 염색상에 5일부터, Western blot에서는 4일부터 난황단백질(Vg3와 Vg4)이 확인되었다(Fig. 1, 2).

사료의 효과를 검정하기 위하여 무당벌레 암수 1쌍



**Fig. 2.** Western blot analysis of hemolymph proteins of *Harmonia axyridis* adult female. The adult female was from pupae collected in the field in mid-July. Females, less than 24 hours after the emergence, were applied with 2.5 µg of methoprene on the dorsal side between the segment of the 1st and 2nd thorax. Samples were subjected to 9% SDS-PAGE. For Western blot, primary antibodies (Ab3 and 4) were made against Vn3 and Vn4 from rabbits. Secondary antibodies were anti-rabbit goat antibodies conjugated with horse radish peroxidase (HRP). E; crude eggs homogenized in disruption buffer (25 mM Tris-HCl buffer pH 6.8, 2% SDS, 5% β-mercaptoethanol, 10% glycerol), 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6; hemolymph of *H. axyridis* adult female with a sampling time interval of 0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 days after adult emergence.

씩 사육을 실시하여 초산시기, 산란력(fecundity), 수명 등을 조사하였다. 7월 중순에 야외에서 번데기로 채집하여 성충부터 실험실에서 인공먹이로 사육한 무당벌레의 암컷은 하면(aestivation, 생식적 하면)을 하지않고 성충으로 우화한지 7일부터 산란하기 시작하였으며 8일에 최고 많은 개체인 19%가 초산(first oviposition)을 하였다(Fig. 3). 성충 우화 후 15일 이내에 51%가 초산을 하였지만, 일생동안 산란하지 않는 개체가 17%나 되었다(Table 1). 반면, methoprene(2.5 µg)을 1주일 간격으로 반복 투여하면 무당벌레 성충의 난황단백질 생성이 촉진되고 산란력이 증가된다. Methoprene 반복 처리구에서는 15일 이내에 초산을 하는 비율이 83.3%로 높아지며, 일생동안 산란하지 않은 개체는 없었다

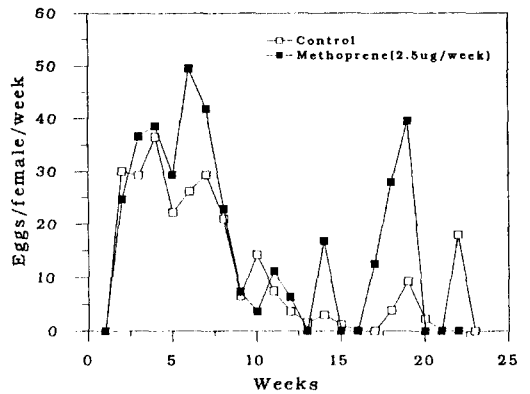


**Fig. 3.** First oviposition in *Harmonia axyridis*. *Harmonia axyridis* adult was fed an artificial diet (chicken's liver : sugar=5 : 2, v/w) at 30°C, 16L:8D. Methoprene (2.5 µg) was applied weekly on the dorsal side between the segment of the 1st and 2nd thorax. Control was treated with acetone.

(Table 1).

무당벌레의 산란력은 성충으로 우화한 후 2주부터 증가하기 시작하여 8주까지 높게 나타나고 있으며 이 기간에 암컷 한마리가 1 주일에 27.8±5.3개의 알을 낳는다. 9주이후부터 산발적으로 일어나는 peak들이 있지만 산란력은 초기상태로 회복되지 않아 9-20주까지 평균 4.7±4.4(eggs/female/week)개를 산란한다(Fig. 4). Methoprene 처리구도 동일한 양상을 보이고 있으나 2-8주에는 평균 34.8±9.6(대조구와 비교, 0.05<p<0.1), 9~20주 까지 11.4±12.6개를 산란한다.

무당벌레의 산란간격은 개체간의 차이가 심하여 5일 연속 산란한 개체도 상당수 존재하며 한달에 한두번만 산란하는 것이 있어 일정하지 않았다. 일생동안 최고



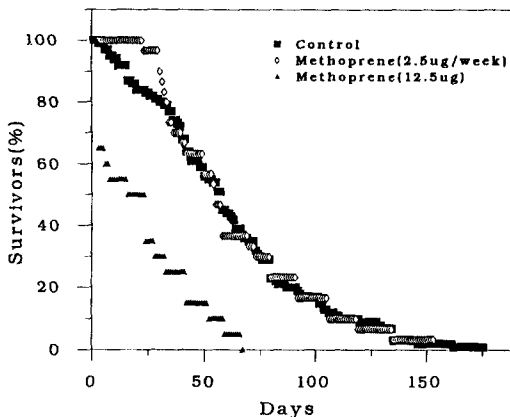
**Fig. 4.** Fecundity of *Harmonia axyridis*. *Harmonia axyridis* adult was fed an artificial diet (chicken's liver ; sugar=5 : 2, v/w) at 30°C, 16L:8D. Methoprene (2.5 µg) was applied weekly on the dorsal side between the segment of the 1st and 2nd thorax. Control was treated with acetone.

**Table 1.** Effect of the artificial diet on the reproductive performance of female *Harmonia axyridis*. Values mean±S.E.

Conditions	n	Preoviposition period	Percentage of first oviposition within 15 days	No. of oviposition	fecundity (eggs per female)	Percentage of individuals laying no eggs in lifetime	Longevity (Days)
Control	100	16.9±16.2	51.0	8.1±6.7	163.9±144.0	17.0	60.5±36.8
Methoprene (0.625 µg)	20	17.8±15.8	45.0	5.3±5.9	94.4±101.8	35.0	45.5±26.2
Methoprene (2.5 µg)	20	14.2± 7.0	40.0	5.5±6.4	110.3±151.4	40.0	48.2±35.6
Methoprene (12.5 µg)	20	14.1±10.0	25.0	2.4±4.8	43.9± 94.7	60.0	21.2±20.6
Methoprene (2.5 µg/week)	20	14.0± 9.9	83.3	9.8±5.7	212.5±136.2	0.0	63.1±33.6

**Table 2. Number of eggs per batch in *Hamonia axyridis***

Conditions	No. of batch	Eggs per batch mean $\pm$ S.E.
Field	212	25.0 $\pm$ 10.0
Control	780	20.1 $\pm$ 12.2
Methoprene (0.625 $\mu$ g)	106	17.8 $\pm$ 11.8
Methoprene (2.5 $\mu$ g)	108	19.9 $\pm$ 12.5
Methoprene (12.5 $\mu$ g)	49	18.1 $\pm$ 9.7
Methoprene (2.5 $\mu$ g/week)	294	21.6 $\pm$ 12.8



**Fig. 5.** The survivorship curve of the adult female in *Hamonia axyridis*. Data are presented to 175 days only here, though one individual in the control is still alive over 6 months.

641개의 알을 낳는 개체도 있었다. Methoprene 반복 처리구는 무처리구의 산란횟수  $8.1 \pm 6.7$ 회와 총 산란수  $163.9 \pm 144.0$ 개에 비교하여  $9.8 \pm 5.7$ 회와  $212.5 \pm 136.2$ 개로 더 많았다(Table 1). Methoprene을 0.625, 2.5, 12.5 g의 농도로 단 1회 투여한 개체군에서는 산란횟수가  $5.3 \pm 5.9$ ,  $5.5 \pm 6.4$ ,  $2.4 \pm 4.8$ 회이고, 총산란수는  $94.4 \pm 101.8$ ,  $110.3 \pm 151.4$ ,  $43.9 \pm 94.7$ 개이다(Table 1). 야외에서 조사된 batch당 알의 수는  $25.0 \pm 10.0$ 개로 실험실에서 인공먹이로 사육한 무당벌레가 낳은 무처리구의  $20.1 \pm 12.2$ 개와 methoprene 반복 처리구의  $21.6 \pm 12.8$ 개와 유의차( $p < 0.001$ )가 없었다(Table 2).

무당벌레 암컷의 평균 수명은  $60.5 \pm 36.8$ 일로서 이 시기에는 45%정도가 남아 있었지만 100일 이상 남아있는 개체가 17%나 되었다. 1마리는 6개월 이상 생존하고 있다. Methoprene(2  $\mu$ g/week) 반복 처리구는 평균 수명이  $63.1 \pm 33.6$ 일이고 100일 이상 남아있는 개체도 16.7%로 무처리구와 비슷하였다(Table 1). 수명곡선은

무처리구와 methoprene 처리구 모두 완만한 곡선의 형태로 동일한 양상을 보인다(Fig. 5). 그러므로 표시되지 않았지만 methoprene이 소량(0.4  $\mu$ g 또는 2  $\mu$ g)으로 1회 투여된 개체군의 수명곡선은 무처리구와 비슷한 형태를 보이고 있다. 그러나 methoprene을 일시에 다량(12.5  $\mu$ g)으로 처리하면 우화한 지 7일 이내에 45%가 치사되며 수명곡선은 전혀 다른 양상을 보인다(Fig. 5).

사육의 간편함과 경제성을 고려하여 한개의 petri dish에 10쌍 또는 5쌍의 무당벌레를 넣어 사육을 시도 하였으나 산란력이 떨어지고 산란된 알의 대부분이 동종포식 되는 문제점이 있었다. 유충을 사육하여 본 결과 동종포식이 심하게 일어나며 사료에 빠져죽는 개체가 많아 실질적인 효과를 볼수 없었다. 그러나 소수이기는 하나 성충까지 자라 산란을 하는 개체도 있었다.

## 고 찰

포유류의 간을 이용한 무당벌레류의 인공사육에 관한 연구는 1952년 Szumkowski에 의하여 시도되었다(Hodek 1973). 그 후 많은 연구가 있어 왔으며 최근에 돼지의 간(rat pork liver: honey: sugar=5:1:1)을 이용하여 칠성무당벌레(*Coccinella septempunctata*)를 사육한 연구 결과가 나와(Okuda & Chinzei 1988) 먹이의 주 영양물인 free amino acid와 성장에 필요한 비타민 C가 많은 간을 이용하면 포식성무당벌레류의 사육이 가능함을 보였다.

본 실험에서 인공먹이로 사육한 무당벌레의 여름 성충은 하면(aestivation, 생식적 하면)을 하지 않으며 우화후 수일 이내에 난황단백질을 생성하는 것으로 확인되었고(Fig. 2) 대부분이 산란을 하였다(Table 1). 이는 돼지의 간으로 사육한 무당벌레 성충이 산란을 하지 않는(Hodek 1973) 것과 대조를 보이고 있어 사료의 출처와 적합한 사육법의 개발이 중요하다는 것을 보여 준다.

무당벌레의 산란전기간은 진딧물로 사육하였을때와 비슷하게 나타나고 있으며 대용먹이로 알려진 슛벌번데기에서 사육한 것보다(Matsuka & Okada 1975) 약 15일 정도가 빠르다. 한편 사료를 먹인 것과 야외에서 산란된 알의 batch당 알의 수에는 유의차가 인정되지 않아( $p < 0.001$ ) 인공사료는 무당벌레의 기본적인 생식 생리에 별다른 지장을 주지 않는다는 것을 알수 있다(Table 2).

무당벌레에게 methoprene(2.5  $\mu$ g)을 1주일 간격으로

투여하면 난황단백질의 생성시기가 약 1일이 빨라지고 15일 이내에 초산을 하는 개체의 비율은 83.3%로 높아진다(Table 1). 또한 methoprene은 모든 개체의 산란이 가능하게 하여 결과적으로 산란력을 높이는 것으로 나타나고 있는데 이는 methoprene이 직접적으로 산란을 자극하기 보다는 지방체에서 난황단백질의 합성을 유도하여 난의 성숙을 촉진시킨 결과에서 오는 것으로 사료된다.

Fig. 5에서 나타나듯이 methoprene을 1회이지만 과다(12.5 µg/µl)하게 투여하면 사망율이 증가되며 소량으로 1회만 투여하게 되면 수명에는 별다른 영향을 미치지 않으나 초산시기가 길어지고 산란력이 오히려 떨어지게 된다(Table 1). 이는 무당벌레의 개체간의 차이가 심하여 1회 처리만으로 methoprene의 효과를 나타내지 못하는 것으로 여겨진다. 따라서 무당벌레의 생식력을 높이기 위해서는 소량의 methoprene을 1주일 정도의 간격으로 반복하여 투여하는 것이 바람직하다. Fig. 4의 무처리구에서 무당벌레의 평균수명인 60일 이후에 생존하고 있는 개체의 평균 산란력은 5 eggs/female/week로 크게 떨어지며 methoprene을 1주일 간격으로 반복적으로 투여하면 다소 증가하는 경향을 보이고 있으나 초기의 상태로 회복되지 않는다. 따라서 산란력만으로 판정한다면 무당벌레 성충은 우화후 약 60일 정도 사육하는 것이 경제적이라 할수 있다.

무당벌레가 일생동안 산란한 알의 수는 평균 163.9±144.0개이고 methoprene을 반복 투여한 경우에는 증가(0.05<p<0.1)하여 212.5±136.2개이며(Table 1) 최대 산란수는 641개이다. Hodek(1973)에 의하면 30°C에서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 섭식시켰을때 무당벌레는 778개의 알을 산란하는 것으로 보고되고 있다. 무당벌레의 먹이로 진딧물을 사육하거나 야외에서 채집하는데 소요되는 비용과 인력을 고려한다면 경제적인 측면에서 본 연구에서 개발된 사료가 훨씬 좋은 조건을 갖추고 있다고 할수있다.

Petri dish에 무당벌레를 10쌍 또는 5쌍씩 집단으로 사육을 시도하였으나 개별 사육한 것보다 산란력이 떨어지고 난의 동종포식이 심하게 일어났다. 유충의 경우에는 성장이 둔하고 사료에 빠지거나 동종포식으로 치사율이 높아진다. 그러나 소수이지만 성충까지 자라 산란을 하는 개체도 있어 유충의 사료로 개발될 가능성이 있음을 보여준다. 동종포식은 무당벌레의 모든 태를 대상으로 하여 일어나는 관계로 좁은 면적에서 대량 사육을 시도할때 가장 큰 문제점이 되고 있다

(Okada & Matsuka 1973, Osawa 1992). 따라서 앞으로 동종포식에 대한 행동학적 또는 영양생리학적인 세밀한 연구가 요구된다.

본 연구에서 개발된 무당벌레 성충의 사료와 사육법은 소규모적인 방법이기도 하나 무당벌레의 산란력과 수명에 상당히 좋은 효과를 나타내고 있다. 사료에 대한 질과 물리적인 특성에 대한 보완을 하여 유충에 대한 사육법을 개발중에 있다.

## 인용문헌

- Chinzei, Y. & G.R. Wyatt. 1985. Vitellogenin titre in haemolymph of *Locusta migratoria* in normal adults, after ovariectomy, and in response to methoprene. *J. Insect Physiol.* **31**(6): 441-445.
- Don-Wheeler, G. & F. Engelmann. 1991. The female- and male-produced vitellogenins of *Leucophaea maderae*. *J. Insect Physiol.* **37**(12): 869-882.
- Hiremath, S. & D. Jones. 1992. Juvenile hormone regulation of vitellogenin in the gypsy moth, *Lymantria dispar*: Suppression of vitellogenin mRNA in the fat body. *J. Insect Physiol.* **38**(6): 461-474.
- Hodek, I. 1973. *Biology of Coccinellidae*. Junk, The Hague, Acad. Sci. Prague.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of the bacteriophage T4. *Nature* (Lond.), **22**: 680-685.
- Matsuka, M. D. & I. Okada. 1975. Nutritional studies of an aphidophagous coccinellids, *Harmonia axyridis* (1). Examination of artificial diets for the larval growth with special reference to drone honey bee powder. *Bull. Fac. Agr. Tamagawa Univ.* **15**: 1-8.
- Okada, I., H. Hoshihara & T. Maruoka. 1971. An artificial rearing of a coccinellid beetle, *Harmonia axyridis* Pallas, on drone honeybee brood. *Bull. Fac. Agric. Tamagawa Univ.* **11**: 91-7.
- Okada, I. & M. Matsuka. 1973. Artificial rearing of *Harmonia axyridis* on pulverized drone honey bee brood. *Environ. Ent.* **21**(1): 301-302.
- Okuda, T. & Y. Chinzei. 1988. Vitellogenesis in lady-beetle *Coccinella septempunctata* in relation to the aestivation-diapause. *J. Insect Physiol.* **34**(5): 393-401.
- Osawa, N. 1992. Effect of pupation site on pupal cannibalism and parasitism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera, Coccinellidae). *Jpn. J. Ent.* **60**(1): 131-135.
- Park, K.T. & Y.C. Park. 1994. Survey on the aphidivorous

- predators for biological control agents. *RDA J. Agri. Sci.* **36**: 109-118.
- Ratna, E.S., G. Cotton & A.R. McCaffery. 1993. Long-term effects of fenoxycarb upon reproductive activity and fecundity in adult female *Periplaneta americana*. *J. Insect Physiol.* **39**(6): 499-502.
- Sminorff, W.A. 1958. An artificial diet for rearing coccinellid beetles. *Can. Entomol.* **90**: 563-565.
- Smith, B.C. 1960. A technique for rearing Coccinellid beetles on dry foods, and influences of various pollens on the development of *Coleomegilla maculata lengi* Timb. (Coleoptera: Coccinellidae). *Can. J. Zool.* **38**: 1047-1049.
- Smith, B.C. 1965. Growth and development of coccinellid larvae on dry foods (Coleoptera: Coccinellidae). *Can. Entomol.* **97**: 910-919.
- Sweetman, H.L. 1958. *The principle of biological control*. W. C. Brown Co., Dubuque, Iowa
- Towbin, H., T. Staehelin & J. Gordon. 1979. Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets: procedure and some applications. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **76**: 4350-4354.
- Wang, Z. & K.G. Davey. 1993. The role of juvenile hormone in vitellogenin production in *Rhodnius prolixus*. *J. Insect Physiol.* **39**(6): 471-476.
- Zhai, Q.H., J.Z. Zhang & J.W. Bodley. 1984. Vitellogenin gene in *Coccinella septempunctata*. *Insect Biochem.* **14**: 299-305.

(1996년 2월 15일 접수)