

# 야외조건에서 인공사육에 의한 팥나방 발육과 월동태

정진교\* · 서보윤<sup>1</sup> · 조점래<sup>2</sup>

국립식량과학원 작물환경과, <sup>1</sup>국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과, <sup>2</sup>농촌진흥청 연구정책국 연구운영과

## Development of *Matsumuraeses phaseoli* (Lepidoptera: Tortricidae) Reared on an Artificial Diet under Outdoor Conditions and Its Over-wintering Stage

Jin Kyo Jung\*, Bo Yoon Seo<sup>1</sup> and Jum Rae Cho<sup>2</sup>

National Institute of Crop Science, Suin-ro 125 Suwon 441-857, Korea

<sup>1</sup>Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Developmental Administration, Wanju-gun 565-851, Korea

<sup>2</sup>R&D Coordination Division, Research Policy Bureau, Rural Developmental Administration, Jeonju 560-500, Korea

**ABSTRACT:** *Matsumuraeses phaseoli* is one of the main pests that attack the flowers and pods of red bean (*Vigna angularis*) and mungbean (*Vigna radiata*) in Korea. To elucidate the developmental characteristics and over-wintering stage of *M. phaseoli*, several stages of the insect were observed through artificial rearing under outdoor conditions in Suwon (37°16'N 126°59'E 35ASL), Korea. In colonies in which neonate larvae were reared at about 2-week intervals for more than a year, the developmental period from larva to adult emergence became longer from spring to summer, but shorter from summer to autumn; aestivation was not observed during the summer season. The colony in which rearing started on Oct 8, 2008 over-wintered as pupae and emerged in late April next year with a survival rate of 6%. However, the colony in which the rearing started on Oct 23, 2008 over-wintered as mature larvae, pupated in late April, and emerged in early and mid-May with a survival rate of 2%. When the fifth instar larvae were transferred outside from the laboratory (25°C, 15L:9D) between November and February, no larvae could survive during the winter season. Some newly laid eggs and newly emerged adults could not hatch and could not survive, respectively, in outdoor conditions in November and December. These results suggest that neonate larvae of *M. phaseoli* that hatch in October can over-winter as late larvae or pupae in Suwon, Korea.

**Key words:** *Matsumuraeses phaseoli*, Outdoor conditions, Artificial rearing, Development, Overwintering stage

**초록:** 팥나방 (*Matsumuraeses phaseoli*) (나비목: 잎말이나방과)은 한국에서 팥 (*Vigna angularis*)과 녹두 (*Vigna radiata*)의 꽃과 꼬투리를 가해하는 주요 해충의 하나인데, 수원지방에서 이 곤충의 발육 특성과 월동태를 추정할 목적으로 야외 (37°16'N 126°59'E 35ASL) 조건에서 인공사육을 통해 발육과정이 관찰되었다. 갓 부화한 유충 집단들은 약 14일 간격으로 인공사육을 이용하여 1년 이상 야외에서 사육되었는데, 봄에서 고온인 여름철로 감에 따라 발육기간이 짧아지고, 가을철로 감에 따라 다시 길어지는 경향이 있었다. 유충 혹은 번데기 발육에서 여름철 하면 현상은 발견되지 않았다. 2008년 10월 8일 사육이 시작된 집단은 번데기 상태로 월동하였는데, 6%의 생존율을 보이며 이듬해 4월말 우화하였다. 10월 23일에 사육이 시작된 집단은 노숙유충태로 월동하였는데, 이듬해 4월말 용화하여, 5월 초중순에 2%의 최종 생존율을 보이며 우화하였다. 한편 실내에서 사육되어 5령까지 발육된 유충들을 11월과 2월 사이에 야외로 옮겨 사육하였을 때, 생존하는 개체들은 발견하지 못하였다. 항온조건 (25°C, 15L:9D)에서 갓 산란된 알을 11월과 12월 중에 야외로 옮겨 유지하였을 때, 월동하여 부화하는 알은 발견되지 않았다. 또 항온조건에서 갓 우화한 성충들을 11월과 12월 중 야외로 옮겨 사육하였을 때, 모두 사망하였다. 이 결과로 팥나방은 한국의 수원지방에서 10월 중 부화한 유충들이 유충과 번데기로 월동할 수 있는 것으로 추정되었다.

**검색어:** 팥나방, 야외조건, 인공사육, 발육, 월동태

곤충은 온도, 습도, 먹이 등과 같은 주위 환경 요인들의 변화에 적응하여 한 해 중에 활동이 활발하거나 매우 느린 시기를 겪는다(Tauber et al., 1986). 특히 체내 온도를 일정하게 조절하기 어려운 곤충으로서는 고온과 저온에서 활동을 거의 정지

\*Corresponding author: [jungjk@korea.kr](mailto:jungjk@korea.kr)

Received February 25 2014; Revised April 17 2014

Accepted May 15 2014

하는 경우가 많다. 특히 영하 온도로 체액이 동결될 수 있는 겨울철에는 이를 견딜 수 있는 내한성 기작을 갖는데, 온대지방에서는 이 기간 중 휴면 혹은 휴지상태에 들어가 월동하는 곤충종이 많다(Danks, 1978; Lee, 1991). 우리나라는 1981~2010년 사이 30년 평년값으로 가장 더운 8월 평균 기온이 23~26°C, 가장 추운 1월 평균기온이 -6~3°C로(기상청 <http://www.kma.go.kr>) 연중 심한 온도 변이를 보인다. 따라서 국내에서 세대를 이어 서식하는 대부분의 곤충종들은 여름이나 겨울철에 정상적인 발육을 저해하는 환경조건에 놓일 경우, 이에 적응하는 반응을 할 것으로 예상된다.

팔나방(*Matsumuraeses phaseoli*) (잎말이나방과)은 국내에는 남-북한 전 지역에서, 외국으로는 일본, 중국, 러시아(아무르 지방)에 분포한다고 알려진 곤충이다(Byun et al., 2005). 기주 식물로 콩(*Glycine max* (L.)) (콩과)의 꼬투리(Kobayashi and Oku, 1980)와 팥(*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi) (콩과)의 꽃과 꼬투리(Jung et al., 2007, 2009)를 가해하는 해충으로 보고되었다. 겨울에는 중국 Shaanxi 지방에서 노숙 유충 혹은 번데기로 흙속에서 월동한다고 알려져 있고(Recitation of Liu(1983) by Byun et al(2005)), 일본에서도 역시 Ibaraki 현에서 *Matsumuraeses*속 곤충종 {팔나방의 동속종인 어리팔나방 (*M. falcana*)으로 추정하였으나 증거는 없다} 이 번데기나 유충으로 월동한다고 알려져 있다(Recitation of Takano et al(1956) by Kobayashi and Oku(1980)). 따라서 국내에서도 기존의 보고와 유사한 월동태를 보일 것으로 예상되지만, 아직 확인된 적은 없다. 그간 팔나방에 대하여 국내에서 확인된 정보로는 수원 지방에서 성페로몬트랩으로 4월말부터 11월 중순까지 성충세대가 4회 이상 발생하는 것이 탐지되고 있고(Jung, J.K. et al., unpublished data), 8월 하순과 9월 중순 사이에 유충이 팥의 꽃과 꼬투리를 섭식하며(Jung et al., 2009), 이 시기 채집되어 바로 실내(25±1°C, 60±10% RH, 15h/9h=light/dark) 항온조건에서 인공사료로 사육된 유충 집단들은 발육이 지연되는 것 없이 정상적으로 발육하는 것(Jung et al., 2007)이 보고되어 있다. 그러나 팥의 생식생장시기 이외의 시기에 유충이 서식하는 식물이나 연령분포가 전혀 알려져 있지 않은 상태로, 연중 발육 상태와 월동 여부, 월동태에 대한 정보가 불확실하다. 수원지방은 평년값에 의해 1월 평균 기온이 -2.9°C로 가장 춥고, 8월 25.6°C로 가장 더워 28.5°C의 연교차를 보이는 온대지역이다(<http://www.kma.go.kr>). 이에 본 연구에서는 수원지방에서 아직 명확하지 않은 팔나방 야외 생태를 추정하고자, 야외 인공사육을 통해 팔나방 연중 발육 특성을 관찰하고, 겨울을 날 수 있는 발육태를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충 유지

팔나방은 2004년 8월 말 경기도 수원시 소재 국립식량과학원 팥포장(37°16'N 126°59'E 35ASL)에서 유충들로 채집되었다(Jung et al., 2007). 이후 인공사료(Heo et al., 2009)를 이용해 유충을 사육하며 실내(25±1°C, 60±10% RH, 15h/9h=light/dark)에서 실험집단을 유지하였다. 팔나방 성충은 투명 아크릴 산란상자(26×31×31 cm) 안에 증류수와 10% 설탕용액을 같이 넣어 교미시켰다. 상자 윗면에 사각구멍을 내고 대신 철망(16×20 cm, 20 mesh, ca. 1.04 mm)을 대었는데, 철망 바깥면 위에 유산지를 깔고 그 위에 젖은 수건을 덮어 상자 안에 있는 암컷이 아래에서 상단에 위치한 유산지 표면에 산란하게 하였다.

### 야외사육

야외 사육은 경기도 수원시에 위치한 국립식량과학원 실외(37°16'20"N 126°59'2"E 40ASL)에서 수행하였는데, 야외에 그늘 막을 만든 다음, 그 아래 사육용기를 두는 선반을 설치하였다. 먼저 유충과 번데기 경우에는, 실내 팔나방 집단으로부터 갓 부화시킨 유충을 2008년 3월 12일부터 2009년 4월 8일까지 8~20일 간격으로 100마리씩 인공사육을 시작하였다. 원형 페트리접시(50 mm diameter, 10 mm height)에 유충을 한 마리씩 인공사료와 같이 넣어 사육하였는데, 2008년 11월까지의 매일 육안으로 확인하여 용화일과 우화일 및 사망 여부를 기록하였고, 2009년 1월부터 4월까지의 약 1~10일 간격으로 조사하였으며, 그 이후에는 다시 매일 조사하였다. 유충기간 내 탈피 여부는 조사하지 않았다. 여기서 우화한 성충은 바로 제거하였다.

한편, 실내에서 사육되어 5령으로 탈피한 유충들의 월동 가능성을 알아보기 위하여, 탈피한 5령 유충들을 인공사료와 함께 겨울동안 야외에 두었는데, 2007년 11월 28에는 5령 유충을 나이를 구분하지 않고 임의로 50마리를 골라 야외에 두었고, 2011년 12월 4일에는 3일된 5령 유충을 12월 6일에는 6일된 유충을 각각 30마리씩, 다시 2012년 2월 8일에 3일된 5령 유충을, 2월 12일에는 6일된 유충을 각각 30마리씩 야외에 두어 생존 여부를 관찰하였다.

알의 경우에는, 증류수를 몇 방울 적신 여과지를 밑에 깔 플라스틱 페트리접시에 실내에서 당일 산란된 알들을 100개 이상씩 넣어 2009년 11월 6일부터 7일 간격으로 12월 18일까지 7회(11/6, 11/13, 11/20, 11/27, 12/4, 12/11, 12/18)에 걸쳐 야외에 두었는데, 이듬해 4월까지 부화 여부를 관찰하였다.

성충의 경우에는, 2009년 11월과 12월 사이 5회(11/10, 11/16, 11/24, 12/4, 12/9)에 걸쳐, 소형 플라스틱 컵(ca. 37 ml, Bioserv, USA)에 실내에서 당일 우화한 성충 30마리를 한 마리씩 물과 설탕물을 적신 솜과 같이 넣고 야외에 두어, 2월까지 생존 여부를 관찰하였다.

## 연중 기온과 낮시간 자료

팔나방 발육 결과를 해석하기 위한 참고자료로 조사기간 동안 수원지방에서 매일의 평균온도와 낮 길이가 계산되었다. 매일 평균온도는 기상청 웹사이트(www.kma.go.kr)에서 제공하는 시간별 온도에서 하루 평균 온도를 산출하여 사용하였고, 하루 중 낮 길이는 한국천문연구원(www.kasi.re.kr)의 천문우주

지식정보 웹사이트(http://astro.kasi.re.kr)에서 제공하는 수원 지방의 일출·일몰 시간 자료를 이용하여 구하였다.

## 발육기간 통계분석

갓 부화한 유충으로 야외에서 사육한 집단들의 평균 발육기간들이 SAS프로그램(Version 9.2)으로 분석되었는데, 일원분산분석 후 Tukey검정으로 평균간 차이가 비교되었다.

## 결과 및 고찰

갓 부화한 유충부터 성충 우화까지의 평균 발육기간은 시기에 따라 유의한 차이가 나타났다( $F_{21,881} = 4,098.8, p < 0.0001$ )

**Table 1.** Development periods and survival rates of *Matsumuraeses phaseoli* from 1st instar larvae to adults in several colonies using an artificial diet between March 2008 and April 2009 under outdoor conditions in Suwon (37°16'20"N 126°59'2"E 40ASL), Korea

Rearing start day	Mean development period (day)			Survival rate (%)			
	Larva-pupa	Larva	Pupa	Larva-pupa	Larva	Pupa	
2008 March	12	69.3 ± 3.3 e	52.6 ± 1.7 e	16.7 ± 2.5 cd	32.0	35.0	91.4
	26	59.4 ± 2.0 f	41.2 ± 2.2 f	18.1 ± 1.1 c	33.0	33.0	100.0
April	15	45.1 ± 1.9 h	29.6 ± 2.6 h	15.4 ± 1.2 de	74.0	75.0	98.7
	23	44.4 ± 2.5 h	30.8 ± 2.2 h	13.8 ± 1.2 ef	61.0	65.0	93.8
May	7	39.6 ± 1.8 i	27.2 ± 2.4 h	12.7 ± 1.2 fgh	66.0	69.0	95.7
	21	32.4 ± 1.9 jk	21.6 ± 1.7 i	10.8 ± 0.9 ghi	69.0	72.0	95.8
June	4	29.5 ± 1.1 kl	19.8 ± 1.2 ij	9.8 ± 0.6 i	26.0	29.0	89.7
	20	24.9 ± 1.1 m	16.3 ± 1.1 jk	8.5 ± 0.7 i	63.0	63.0	100.0
July	2	24.2 ± 1.8 m	15.1 ± 1.7 k	9.2 ± 0.6 i	70.0	71.0	98.6
	16	24.4 ± 1.3 m	15.8 ± 1.2 k	8.7 ± 0.6 i	50.0	52.0	96.2
	30	26.4 ± 2.1 lm	16.1 ± 2.1 jk	10.6 ± 0.8 ghi	39.0	43.0	90.7
August	13	27.3 ± 1.8 lm	17.4 ± 1.7 jk	9.9 ± 0.6 i	67.0	69.0	97.1
	27	26.0 ± 2.1 lm	15.8 ± 1.6 jk	10.2 ± 0.8 hi	59.0	61.0	96.7
September	10	35.0 ± 2.3 j	18.6 ± 3.6 ijk	17.0 ± 1.2 cd	62.0	65.0	95.4
	24	75.0 ± 10.3 d	27.5 ± 2.6 h	50.0 ± 10.3 b	7.0	32.0	21.9
October	8	196.0 ± 0.0 a	44.2 ± 7.6 f	150.2 ± 10.8 a	6.0	33.0	18.2
	23	199.5 ± 4.9 a	181.0 ± 0.0 a	18.5 ± 4.9 c	2.0	2.0	100.0
November	5	-	-	-	0.0	0.0	-
	19	-	-	-	0.0	0.0	-
December	4	-	-	-	0.0	0.0	-
	17	-	-	-	0.0	0.0	-
	30	-	-	-	0.0	0.0	-
2009 January	14	-	-	-	0.0	0.0	-
	29	124.0 b	105.0 b	19.0 c	1.0	1.0	100.0
February	10	-	-	-	0.0	0.0	-
	26	92.9 ± 5.8 c	80.5 ± 5.8 c	13.7 ± 0.7 ef	9.0	11.0	81.8
March	10	76.2 ± 2.3 d	62.3 ± 3.1 d	13.9 ± 1.6 ef	22.0	22.0	100.0
	25	61.7 ± 1.4 f	49.0 ± 2.3 e	12.7 ± 2.0 efgh	12.0	12.0	100.0
April	8	49.1 ± 1.6 g	36.1 ± 1.4 g	12.9 ± 1.0 efg	73.0	76.0	96.1

In all the colonies, 100 newly hatched larvae in the laboratory (25°C) were treated individually. Mean values of development periods among the treated colonies were compared using Tukey's test at  $\alpha = 0.05$ .

(Table 1). 2008년 3월부터 7월 16일 사육시작 집단까지는 계속 발육기간이 짧아지는 경향을 보였는데, 6월 20일, 7월 2일, 7월 16일 사육시작 집단들이 약 24일의 가장 짧은 발육기간을 보였다. 그 이후 9월 10일 집단부터 10월 말 집단까지는 발육기간이 다시 유의하게 길어지는 양상을 보였는데, 10월 8일과 23일 사육시작 집단들은 해를 넘기며 월동하여 190일 이상 발육하여 가장 긴 발육기간을 보였다. 11월과 이듬해인 2009년 1월 14일 사육시작 집단까지는 발육하지 못하였고, 1월 29일 100마리 사육시작 집단에서 발육하여 우화한 개체가 1마리 나타났다. 다시 2월 10일 집단에서는 용화한 개체가 없었고, 2월 26일 시작 집단부터 발육이 가능하여, 4월 시도된 마지막 집단까지 기온이 올라감에 따라 발육기간이 짧아지는 경향이였다. 유충기간 역시 발육시기에 따라 유의한 차이가 나타났다( $F_{21,969} = 1,598.1$ ,  $p < 0.0001$ ). 2008년 여름 발육기간이 가장 짧아진 이후 9월 24일 사육시작 집단부터 발육기간이 유의하게 증가하여 10월 8일 집단까지 그 해 안에 모두 용화하였다. 그러나 10월 23일 사육시작 집단은 유충으로 해를 넘겨 월동 발육하는 180일 이상의 가장 긴 발육기간을 보였다. 이 집단의 월동유충은 대부분 고치를 만들고, 그 안에서 노숙 유충으로 월동하는 것으로 관찰되었는데, 월동 전 후 유충-유충 탈피 여부는 조사하지 않아, 정확하

게 유충의 어느 영기인지는 구분할 수 없었다. 이 유충태 월동 집단은 이듬해 4월 말 용화한 후 5월 초중순 사이에 우화하였다. 이후 2009년 4월 8일 집단까지 유의하게 유충기간이 짧아졌다. 번데기 기간도 발육시기에 따라 뚜렷하게 유의한 차이가 나타났는데( $F_{21,880} = 2,430.2$ ,  $p < 0.0001$ ), 역시 기온이 상대적으로 낮은 봄과 가을에 발육기간이 길어지는 경향이였다. 그런데, 2008년 9월 24일 사육 시작된 집단은 용기간이 유의하게 길어졌고, 유충기간보다도 약 2배의 기간을 거쳐 그해 12월 26일까지 모두 우화하였다. 그러나 10월 8일 사육시작 집단의 번데기는 월동에 들어가 150일 이상의 발육기간 거쳐 이듬해 4월 22일경 우화하였다(Fig. 1).

즉, 팔나방은 유충과 번데기의 두 발육단계로 월동할 수 있었는데, 한 집단 내에서 두 발육단계가 같이 나타나지 않았고, 사육이 시작된 시기에 따라 각기 명백하게 다른 발육단계로 월동하는 것으로 나타났다. 10월 8일 사육시작 집단은 11월 6일 처음 용화 개체가 12월 4일 마지막 용화개체가 발생하였는데 (평균 11월 21일)(Fig. 1), 유충 기간 동안 매일 낮길이는 11.5시간에서 9.7시간으로 짧아지고, 매일 평균 기온은 낮아지는 경향으로 최고 19.2°C, 최저 -3.2°C, 평균 11.9°C를 보였다(Fig. 2). 이 집단에서 용기간 높은 사망률에도 불구하고, 월동하여

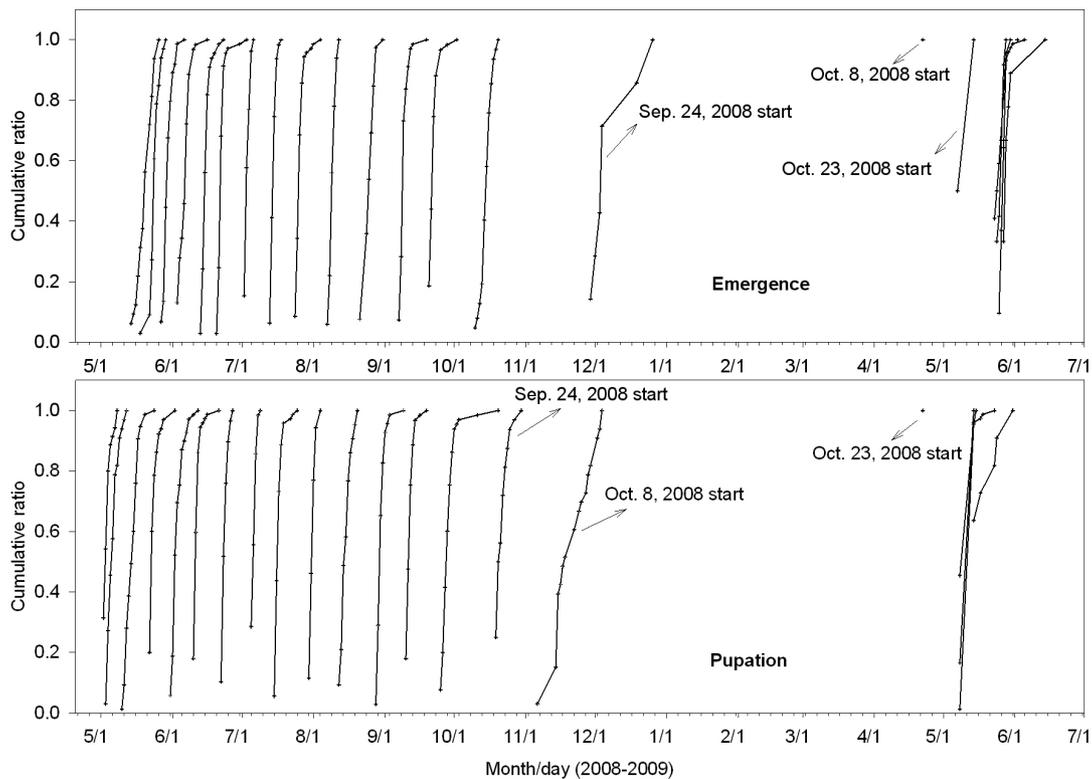
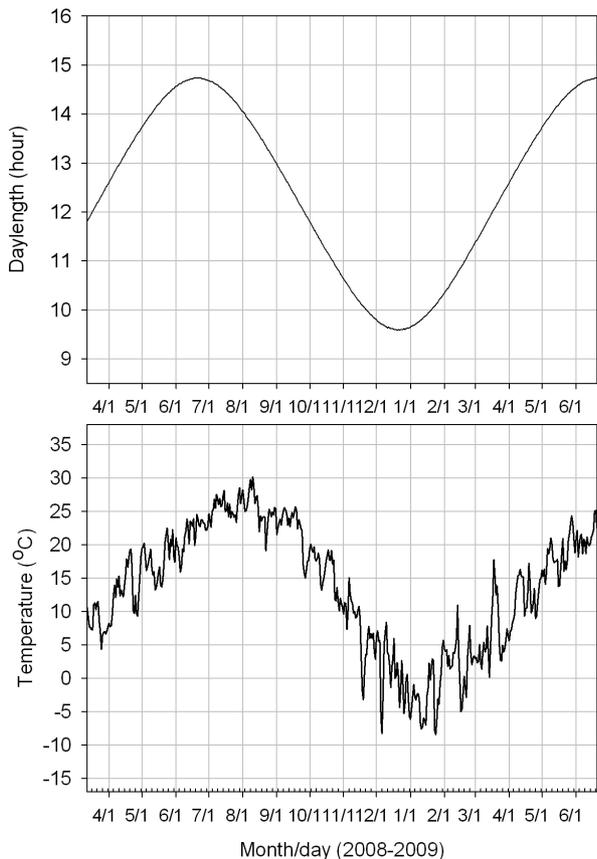


Fig. 1. Cumulative ratios of pupation (below) and adult emergence (upper) to time in each colony listed in Table 1.



**Fig. 2.** Daily day length (above) and mean temperature (below) in Suwon between 2008 and 2009. Data were obtained from the websites of the Korea Meteorological Administration ([www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr)) and Korea Astronomy and Space Science Institute ([www.kasi.re.kr](http://www.kasi.re.kr)).

우화에 성공한 번데기들은 용화시기가 빠르거나 늦은 것에 영향을 받지 않았다. 즉, 우화개체들만으로 조사된 용화시기는 처음이 11월 6일, 마지막이 12월 4일, 평균 11월 22일로 앞의 사망한 번데기까지 포함한 전체 용화시기의 분포와 크게 다르지 않았다. 10월 23일 사육시작 집단은 처리 시점 낮 길이는 약 11시간으로 이후 동지의 약 9.6시간까지 계속 낮아졌고, 기온은 10월 8일 집단에서 제일 마지막 용화가 관찰된 시점까지를 적용하였을 때, 최고 17.7°C, 최저 -3.2°C, 평균 8.3°C를 보였다 (Fig. 2).

결론적으로, 본 연구에서는 팔나방 갓 부화 유충은 1월말부터 10월말까지 발육을 시작할 수 있고, 해를 넘기지 않는 경우 당해 12월말까지 성충우화까지 발육할 수 있는 결과를 보였다. 그러나 이들 중 1~4월 사이 유충 발육을 시작할 수 있는 집단은 실제 국내 수원지역 환경에서 거의 존재하지 않을 것으로 추정된다.

갓 부화 유충 사육 집단들의 생존율은 2008년 9월 24일부터 이듬해 2월 10일 사육시작 집단까지 5개 집단들이 10% 미만으

로 상대적으로 매우 낮게 나타냈다(Table 1). 그 중 용기간이 유충기간보다 길었던 9월 24일과 10월 8일 사육시작 집단들은 용기간 생존율이 다른 집단들에 비해 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타나, 전체 생존율이 낮았던 원인이 되었다. 다른 3개의 집단은 용기간 생존율은 상대적으로 높았으나 유충 생존율이 매우 낮았던 것이 유충-용 기간의 낮은 생존율의 직접 원인이었다.

그런데, 실내 항온조건(25°C, 15L:9D photoperiod)에서 사육되어 마지막 영기인 5령으로 탈피한 유충들을 11월, 12월, 2월 중 야외로 옮겼을 때 모두 사망하였다. 이는 추위를 견딜 수 있는 준비상태가 되어있지 않은 유충이 급격하게 낮은 온도에 놓여 모두 사망한 것으로 추정되었다. 반대로 10월 중 야외에서 사육이 시작된 갓부화 유충집단들은 발육도중 내한성을 갖는 상태로 적응되어 겨울을 날 수 있었을 것으로 추정되었다.

알의 경우 일부 시기에만 사육이 시도되었는데, 2009년 11월 6일 야외에서 사육된 알은 6~8일 경과하여 부화한 것이 확인되었으나 11월 13일부터 12월 18일까지 처리된 알은 이듬해 4월 초까지 관찰하여 부화하지 못한 것이 확인되었다.

성충의 경우에는, 사육실에서 갓 우화한 성충들을 2009년 11월 10일부터 12월 9일까지 여러 차례에 걸쳐 야외에서 사육한 결과 이듬해 1월 5일까지 관찰한 바에 의하면 모두 사망한 것이 확인되었다.

이상의 결과들로부터, 여름철 유충 사육 집단들에서 성충 우화까지 발육기간이 지연되는 현상이 관찰되지 않아 팔나방 유충과 번데기는 여름철 발육이 지연되거나 정지되는 하면(aestivation) 현상을 겪지 않는 것으로 추정되었다. 한편, 본 연구에서 팔나방은 유충 혹은 번데기 상태로 장기간 발육이 지연되어 월동할 수 있었는데, 이 결과는 중국과 일본에서 번데기와 유충태로 월동한다는 기록들과 일치하여(Byun et al., 2005; Kobayashi and Oku, 1980), 같은 현상이 실제로 수원지방에서 발생할 가능성이 높은 것으로 추정되었다. 한편, 본 연구에서 알과 성충 월동은 가능하지 않았었는데, 이는 어미세대 혹은 이전 발육단계부터 야외조건을 겪지 않고, 해당 발육단계에서 실내조건에서 야외조건으로 갑자기 옮겨 관찰된 경우였다. 즉, 본 연구에서는 처리된 알과 성충은 체내 생리상태를 바꾸는 등 월동 준비가 되어 있지 않았을 가능성이 있어 월동에 실패했을 수도 있었을 것으로 추정되었다. 따라서 향후 더 자세한 연구를 통해 알과 성충 월동 기능 여부를 밝혀야 될 것이다.

팔나방이 속해 있는 잎말이나방과 곤충종들에서, 월동태는 모든 발육단계에 걸쳐 보고되고 있다. 몇 예로, 유충으로 월동하는 종으로는 국내에서 복숭아순나방(*Grapholita molesta*) (Yang et al., 2001)과 애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*) (Jo and Kim, 2001)이 밝혀져 있다. 국외에서는 미국과 유럽에

서 코드링나방(*Cydia pomonella*) (Higbee et al., 2001), 일본에서 콩나방(*Leguminivora glycinivorella*) (Shimada et al., 1984), 미국과 호주에서 *Epiphyas postvittana* (Bürgi and Mills, 2010)가 노숙 유충태로 월동하고, *Choristoneura fumiferana*는 2령 유충으로 월동한다고(Han and Bauce, 1998; Royama, 1984) 알려져 있다. 번데기로 월동하는 종으로는, 그리스와 스페인에서 *Lobesia botrana* (Andreadis et al., 2005; Torres-Vila and Rodriguez-Molina, 2002)가 알려져 있다. 알로 월동하는 종류는 미국과 독일에서 *Archips*속의 *A. argyrospilus*, *A. negundanus*, *A. rosanus*, 모무늬잎말이나방(*A. xylosteanus*)이 알려져 있다 (Aliniaze, 1977; Gottwald, 1977; Judd et al., 1993; Parker and Moyer, 1972). 성충태 월동은 무늬잎말이나방속(Tortricini)에서 발견되고 있다(Powell, 1964). 이와 같이, 한 곤충종에서 한 발육단계만이 정상적으로 월동하는 경우가 많다. 그러나, 일부 곤충종들은 여러 발육단계로 월동하는 경우도 있는데(Danks, 1978), 본 연구에서 팥나방이 이런 경우에 해당되는 것으로 보인다.

마지막으로 본 연구의 결과들은 인공사료를 이용한 사육이고, 일부 발육태의 발육은 환경조건의 급격한 변화를 준 상황에서 이뤄진 것들이라, 실험곤충이 야외 생태계에서 나타낼 수 있는 실제 발육과 어느 정도의 차이를 보일 것으로 예상된다. 따라서 앞으로 좀 더 정밀한 실험을 통해 실제 야외에서의 발생 양상과 월동의 생리적 성격을 조사하여 보고할 예정이다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 어젠다 연구과제(PJ008695)를 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었다.

## Literature Cited

- Aliniaze, M.T., 1977. Bionomics and life history of a filbert leafroller, *Archips rosanus* (Lepidoptera: Tortricidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 70, 391-401.
- Andreadis, S.S., Milonas, P.G., Savopoulou-Soultani, M., 2005. Cold hardiness of diapausing and non-diapausing pupae of the European grapevine moth, *Lobesia botrana*. *Entomol. Exp. Appl.* 117, 113-118.
- Bürgi, L.P., Mills, N.J., 2010. Cold tolerance of the overwintering larval instars of light brown apple moth *Epiphyas postvittana*. *J. Insect Physiol.* 56, 1645-1650.
- Byun, B.-K., Park, K.-T., Park, Y.-M., 2005. Review of Genus *Matsumuraeses* Issiki (Lepidoptera, Tortricidae) with discovery of *M. falcana* (Walsingham) in Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 8, 117-122.
- Danks, H.V., 1978. Modes of seasonal adaptation in the insects. I. Winter survival. *Can. Entomol.* 110, 1167-1205.
- Gottwald, R., 1977. Investigations on monitoring the rose tortricid (*Archips rosana* L.) in intensive plantings of apple. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR* 31, 145-150.
- Han, E.-N., Bauce, E., 1998. Timing of diapause initiation, metabolic changes and overwintering survival of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*. *Ecol. Entomol.* 23, 160-167.
- Heo, H.J., Son, Y.R., Seo, B.Y., Jung, J.K., Kim, Y.G., 2009. A molecular marker discriminating the soybean podworm, *Matsumuraeses phaseoli* and the podborer, *M. falcana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 547-551.
- Higbee, B.S., Calkins, C.O., Temple, C.A., 2001. Overwintering of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in apple harvest bins and subsequent moth emergence. *J. Econ. Entomol.* 94, 1511-1517.
- Jo, H.-M., Kim, Y., 2001. Relationship between cold hardiness and diapause in the smaller fruit tortrix, *Adoxophyes orana* (Fischer von Roslerstamm). *J. Asia-Pacific Entomol.* 4, 1-9.
- Judd, G.J.R., Gardiner, M.G.T., Thomson, D.R., 1993. Temperature-dependent development and prediction of hatch of overwintered eggs of the fruittree leafroller, *Archips argyrospilus* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 125, 945-956.
- Jung, J.K., Seo, B.Y., Park, J.H., Moon, J.K., Choi, B.S., Lee, Y.H., 2007. Developmental characteristics of soybean podworm, *Matsumuraeses phaseoli* (Lepidoptera: Tortricidae) and legume pod borer, *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Pyralidae) on semisynthetic artificial diets. *Korean J. Appl. Entomol.* 46, 393-399.
- Jung, J.K., Seo, B.Y., Cho, J.-R., Kwon, Y.-H., Kim, G.-H., 2009. Occurrence of lepidopteran insect pests and injury aspects in adzuki bean fields. *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 29-35.
- Kobayashi, T., Oku, T., 1980. Sampling lepidopterous pod borers on soybean, in: Kogan, M., Herzog, D.C.(Eds.), *Sampling methods in soybean entomology*. Springer-Verlag, New York, pp.422-437.
- Lee, Jr. R.E., 1991. Principles of insect low temperature tolerance, in: Lee, Jr., R.E., Denlinger, D.L.(Eds.), *Insects at low temperature*. Chapman and Hall, New York and London, pp.17-46.
- Parker, D.L., Moyer, M.W., 1972. Biology of a leafroller, *Archips negundanus*, in Utah (Lepidoptera: Tortricidae). *Ann. Ent. Soc. Am.*, 65, 1415-1418.
- Powell, J.A., 1964. Biological and taxonomic studies on tortricine moths, with reference to the species in California, University of California Press, Los Angeles.
- Royama, T., 1984. Population dynamics of the spruce budworm *Choristoneura fumiferana*. *Ecol. Monogr.* 54, 429-462.
- Shimada, K., Sakagami, S.F., Honma, K., Tsutsui, H., 1984. Seasonal changes of glycogen/trehalose contents, supercooling points and survival rate in mature larvae of the overwintering soy-

- 
- bean pod borer *Leguminivora glycinivorella*. J. Insect Physiol. 30, 369-373.
- Tauber, M.J., Tauber, C.A., Masaki, S., 1986. Seasonal adaptations of insects, Oxford University Press, New York.
- Torres-Vila, L.M., Rodríguez-Molina, M.C., 2002. Egg size variation and its relationship with larval performance in the Lepidoptera: the case of the European grapevine moth *Lobesia botrana*. Oikos 99, 272-283.
- Yang, C.Y., Han, K.S., Boo, K.S., 2001. Occurrence of and damage by the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in pear orchards. Korean J. Appl. Entomol. 40, 117-123.