

남부지방에서 복숭아명나방 *Dichocrosis punctiferalis*의 월동생태

강창현 · 이상명¹ · 정영진² · 최광식² · 박정규*

경상대학교 농업생명과학연구원, ¹국립산림과학원 남부산림연구소, ²국립산림과학원 산림병해충과

Overwintering Ecology of the Peach Pyralid Moth, *Dichocrosis punctiferalis* in Southern Regions of Korea

Chang-Heon Kang, Sang-Myeong Lee¹, Yeong-Jin Chung², Kwang-Sik Choi and Chung-Gyoo Park*

Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea

¹Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju, Republic of Korea

²Division of Forest Diseases and Insect Pests, Korea Forest Research Institute, Seoul, Republic of Korea

ABSTRACT : Overwintering ecology of the peach pyralid moth, *Dichocrosis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) was studied in laboratory and in a chestnut orchard in 2001/2002 winter and 2003 spring. All twenty-four female and fourteen male moths were fruit-feeding type which were emerged from the larvae collected at the same chestnut orchard in 2003 winter. Periodical thermal treatment of overwintering larvae at 25°C revealed that diapause termination of the larval population started from the end of January and was completed until April 20 in southern region of Korea. Pupation of diapause-terminated larvae started from early May and reached to 100% at June 3 in chestnut orchard. Days to pupation of female larvae after diapause termination were 12.5, 8.9, and 7.5 at 20°C, 25°C, and 30°C, respectively. Those of male larvae were similar to those of females. Pupal periods of female were 14.7, 11.8, and 9.0 days at the three temperatures. Moths of the overwintered generation emerged from May 20 to June 28, and reached to 50% emergence on June 8 to 9 under emergence cage. Attraction of the male moths of overwintered generation to sex pheromone traps showed that the date of 50% catches to the traps were June 17, when data from 3 southern regions of Korea were pooled.

KEY WORDS : Peach pyralid moth, *Dichocrosis punctiferalis*, Chestnut, Diapause, Overwintering.

초 록 : 실험실과 밤 재배지에서 2001/2002년 겨울과 2003년 봄에 복숭아명나방 *Dichocrosis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae)의 월동생태를 연구하였다. 같은 밤 재배지에서 2003년 겨울에 채집 우화시킨 24마리의 암컷과 14마리의 수컷은 모두 과수형이었다. 야외에서 월동유충 개체군의 휴면종료는 1월 하순부터 시작하여 4월 20일 이전에 완성되었다. 휴면종료된 유충의 용화는 5월 상순부터 시작하여 6월 3일까지 100% 용화하였다. 휴면 종료 후 암컷 유충이 용화되기까지의 기간은 20, 25, 30°C에서 각각 12.5일, 8.9일, 7.5일이었다. 용기간은 세 온도에서 각각 14.7일, 11.8일, 9.0일이었다. 휴면 후 월동세대 성충의 우화시기는 5월 20일부터 6월 28일까지이었으며, 50% 우화시기는 6월 8일-9일이었다. 그러나 산청, 하동, 진주 세 지역의 성페로몬 트랩에 포획된 수컷의 수를 종합하면 50% 포획시기는 6월 17일이었다.

검색어 : 복숭아명나방, *Dichocrosis punctiferalis*, 밤, 휴면, 월동

*Corresponding author. E-mail: insectpark1@hanmail.net

복숭아명나방(*Dichocrocis punctiferalis* Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae)은 사과·배·복숭아·밤 등의 과실에 피해를 주는 해충으로서(Kono *et al.*, 1982; Anonymous, 1988; Choi, 1998; Kimura and Honda, 1999; Lee *et al.*, 1999), 밤에서는 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)와 더불어 가장 중요한 해충으로 분류되고 있다. 복숭아명나방은 우리나라의 단감원에도 발생하는 것으로 알려져 있으나(Jeong, 1995; Kim *et al.*, 1997), Kang *et al.* (2002)이 1999년부터 2001년까지 조사한 바에 의하면 남부지방의 진주·김해·창원 등 단감 주산단지에서 수확한 단감에는 복숭아명나방 유충이 존재하지 않았다고 하였다. 그러나 복숭아명나방은 감쪽지나방(*Stathmopoda masinissa*), 온실가루막지벌레(*Planococcus kraunhiae*), 감나무주름응애(*Tenuipalpus zhizhilashiriliae*) 등과 함께 우리나라 단감에 대한 미국 측의 검역대상해충으로 지정되어 있어서(Stewart, 1997) 효과적인 방제를 위한 생리·생태 연구가 요망되고 있다. 우리나라 남부지방의 밤 재배지나 단감원에서 복숭아명나방은 년 3회 발생하는데(Choi, 1998; Kang *et al.*, 2002), 제1회기는 6월 중하순, 2회기는 8월 중하순, 3회기는 9월 하순이 발생최성기이다(Kang *et al.*, 2002). 복숭아명나방은 유충기의 대부분을 과실 속에서 지내며, 지피나 땅 속에서 용화하기 때문에 이들을 효과적으로 방제하기 위해서는 외부에 노출되어 있는 알이나 성충을 대상으로 하는 것이 유리하다(Choi, 1998). 따라서 복숭아명나방의 월동생태에 관한 연구는 이 해충의 월동후 발생시기나 발생량을 예측하는데 필수불가결한 것이라고 생각된다. 그러나 아직까지 이 해충의 월동에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 밤과 단감이 많이 재배되고 있는 남부지방에서 복숭아명나방의 휴면종료시기, 휴면후 온도별 발육기간, 휴면 후 용화시기 및 우화시기를 조사하여 이 해충의 생태연구와 방제전략 수립의 기초자료로 삼고자하였다.

재료 및 방법

야외에서의 휴면종료시기 조사 (2001/2002년 겨울실험)

야외에서 복숭아명나방 유충의 휴면종료시기를 조

사하기 위하여 경남 산청군 신안면 신안리의 밤 재배지에서 2001년 11월 20일부터 2002년 5월 17일까지 10~20일 간격으로 복숭아명나방의 똥이 밤송이 외부로 노출되어 있는 피해밤을 수거하였다. 실험실 내에서 전정용 가위와 칼, 핀셋을 이용하여 피해 밤에서 월동 중인 유충을 가려냈다. 아크릴 원통(높이 65 mm, 직경 145 mm)에 부채살 모양으로 접은 filter paper(직경 90 mm, Whatman No. 2) 2장을 깔고 그 위에 유충을 둔 후 뚜껑을 덮고 25°C, 16L:8D 조건에서 가온하였다. 가온 후 매일 번데기가 되는 시기를 조사하여 가온시기부터 용화하기까지 걸리는 기간, 용기간, 우화율 등을 산출하였다. 실험은 3반복으로 하였고, 각 반복 당 15마리의 유충을 처리하였다. 2002년 1월 10일부터는 채집충이 부족하여 반복 당 10마리씩 접종하였고 1월 24일 이후에 처리한 유충은 성충으로 우화한 후 암수를 구분하여 자료를 정리하였다.

야외에서의 휴면종료시기 조사(2003년 봄실험)

2001/2002년 겨울실험에서 2002년 3월 15일과 5월 4일에 가온 처리한 월동유충의 용화까지의 기간은 각각 17.8일과 5.7일로서 두 처리기간 사이에 현저한 차이가 있었다(Table 1). 따라서 야외에서 월동유충의 휴면종료시기가 3월 15일부터 5월 4일 사이일 것으로 판단되었다. 그러나 실험실 사정으로 인하여 두 시기 사이 약 50일 동안 월동유충을 가온처리하지 못하였다. 따라서 휴면종료시기를 더욱 명확히 하기 위하여 2003년 봄에 보충실험을 하였다. 월동유충의 채집장소와 가온처리방법은 2001/2002 겨울실험과 동일하였고, 2003년 3월 10일부터 4월 20일까지 10일 간격으로 반복 당 15마리의 유충을 3반복으로 처리하였다.

휴면 종료 후 유충과 번데기의 온도별 발육기간

고치 속에서 월동 중인 복숭아명나방 노숙 유충을 경남 산청군 신안면 신안리의 밤 재배지에서 2003년 4월 22일 채집하였다. 높이 70 mm, 직경 155 mm의 플라스틱 원통(토파즈후레쉬, 대광산업)에 직경 140 mm 원형모양의 종이를 부채살 모양으로 접어 바닥에 깔고 채집한 유충을 접종한 후 온도 15, 20, 25, 30°C와 광조건 16L:8D 조건으로 옮겨 매일 용화 및 우화시기를 조사하였다. 온도별 3반복으로 총 120마리를 처리하였다.

야외에서 휴면 후 유충의 용화시기 조사

야외에서의 복숭아명나방의 용화시기를 알아보기 위하여 2002년 4월 9일부터 6월 8일까지 5일 간격으로 경남 산청군 신안면 신안리의 밤 재배지에서 복숭아명나방의 똥이 노출되어있는 피해밤을 수거하였다. 실험실 내에서 전정용 가위와 칼, 핀셋을 이용하여 밤송이 속의 복숭아명나방 유충 또는 번데기를 매 시기 별 30마리씩 조사하였으며, 조사된 충수에 대한 용화수의 백분율로 시기별 용화율을 산출하였다.

월동세대 성충의 우화시기 조사

우화상을 이용하여 월동세대 성충의 우화시기를 조사하였다. 2001년 11월 13일 경남 산청군 신안면 신안리의 밤 재배지에서 복숭아명나방 유충의 피해를 입은 밤송이를 수거하여, 경상대학교 캠퍼스 내의 큰 나무 밑 우화상 내에 두고 매일 우화하는 성충 수를 암수별로 조사하였다. 우화상은 가로 100 cm, 세로 100 cm, 높이 81 cm인 사각뿔 형태의 알루미늄 뼈대에 모기장을 씌운 것으로서 사각뿔의 꼭대기에는 아크릴 채집통(가로 13 cm, 직경 8 cm)을 달아서 우화상 아래에서 우화한 나방이 곧바로 채집통에 모이도록 하였다.

성페로몬 트랩에 의한 월동세대 성충의 포획시기 조사

성페로몬 트랩을 이용하여 야외에서 복숭아명나방

월동세대 성충의 포획시기를 조사하였다. 2000년과 2001년의 복숭아명나방 발생소장 조사결과(Kang et al., 2002)를 참고하여 2002년 5월 11일부터 7월 22일 까지 경남 산청, 하동, 진주의 밤 재배지에 각각 3개의 트랩을, 진주의 복숭아 과수원에 2개의 트랩을 설치하여 월동세대 성충의 발생시기를 조사하였다. 실험에 필요한 복숭아명나방 성페로몬은 서울대학교 농업생명과학대학에서 pheromone lure 72개와 wing trap 36 set를 구입하여 사용하였다. 성페로몬은 (E)-10-hexadecenal과 (Z)-10-hexadecenal을 75:25의 비율로 혼합하여 rubber septum에 1 mg 침적시킨 것을 사용하였다.

결 과

야외에서의 휴면종료시기(2001/2002 겨울실험)

월동 중인 복숭아명나방을 2001년 11월 20일부터 2002년 5월 17일까지 시기별로 채집, 가온하여 휴면종료시기를 조사한 결과는 Table 1, 2와 같다. 2001년 11월 20일부터 2002년 1월 10일까지 가온한 유충은 용화율이 26.7% 이하로서 가온시기에 따라 큰 차이가 없었다. 그러나 2002년 1월 24일부터 가온한 유충의 용화율은 가온시기가 늦을수록 46.7%부터 시작하여 86.7%까지 증가하였다(Table 1). 오랫동안 용화하지 못한 유충은 결국 건조되거나 부패하였다. 이러한 결과로 보아 야외에서 복숭아명나방의 유충은 1월 10일 까지는 휴면을 종료한 개체의 비율이 낮으나 1월 24

Table 1. Development of overwintering stages of *Dichocrosis punctiferalis* collected at chestnut orchard during 2001/2002 winter^a

Date of incubation at 25°C	No. larvae tested	No. pupae (% pupation)	Days to pupation ^b (mean ± SD)	Pupal period in days ^b (mean ± SD)	Adult emergence (%)	Sex ratio (%)
Nov. 20	45	4 (8.9)	22.8 ± 2.6	11.8 ± 1.0	100	75.0
Nov. 30	45	12 (26.7)	22.3 ± 2.4	12.8 ± 1.5	100	41.7
Dec. 10	45	11 (24.4)	23.4 ± 2.11	2.6 ± 1.4	100	63.6
Dec. 23	45	7 (15.6)	24.9 ± 4.0	12.9 ± 1.1	100	85.7
Jan. 10	30	8 (26.7)	25.8 ± 3.2	12.5 ± 0.5	100	50.0
Jan. 24 ^a	30	14 (46.7)	21.6 ± 4.7	12.7 ± 1.5	100	57.1
Feb. 7	30	20 (66.7)	18.5 ± 4.0	12.9 ± 0.6	100	70.0
Feb. 27	30	20 (66.7)	21.1 ± 5.6	12.5 ± 0.9	100	50.0
Mar. 15	30	21 (70.0)	16.8 ± 3.9	11.8 ± 0.9	100	61.9
May 4	30	26 (86.7)	4.7 ± 2.1	12.0 ± 1.4	100	61.5
May 17	30	25 (83.3)	3.5 ± 1.7	12.2 ± 1.1	100	56.0
Total or average	390	168 (-) ^c	-	12.5	-	61.1

^a Larvae of the *D. punctiferalis* was incubated at 25°C, 16L:8D from the day of collection.

^b Developmental periods of the tested insects were separately recorded by sex from January 24. The data was shown in Table 2.

^c Not calculated

일부터는 그 비율이 점차 증가하여 5월 상순에는 거의 모든 개체가 휴면을 종료한 상태인 것으로 생각된다. 한편, 2002년 2월 27일 이전에 가온한 유충이 번데기가 되기까지의 기간은 18.5-25.8일로서 가온시기에 따른 차이가 크지 않았고 어떠한 경향을 나타내지도 않았다. 그러나 3월 15일 이후 가온한 유충은 가온시기가 늦어질수록 그 기간이 짧아져서 5월 4일에 가온한 유충의 경우에는 4.7일로서 3월 15일에 가온한 유충의 경우(16.8일)보다 현저히 짧아졌다. 번데기 기간은 11.8일-12.9일로 가온시기에 따라 거의 차이가 없었으며, 우화율은 모든 처리에서 100%이었고, 총 실험기간 중에 우화한 성충의 성비(암컷의 비율)는 평균 61.1%이었다.

2002년 1월 10일 이전까지 처리한 유충에 대해서는 실험결과를 암수별로 구별하여 기록하지 않고 1월 24일 이후 처리한 유충에 대해서는 구분하여 기록하였기 때문에 이 시기 이후의 조사결과를 성별로 따로 정리하여 Table 2에 나타내었다. 암컷과 수컷 모두 2월 27일 이전까지 가온한 유충은 번데기가 되기까지의 기간이 18일 이상 걸렸지만 3월 15일 이후 가온한

유충은 그 기간이 급격히 줄어들었다. 특히 5월 4일 이후에 가온한 유충의 경우 번데기가 되기까지의 기간이 암컷의 경우 5.4일, 수컷의 경우 3.5일로 급격히 짧아졌다. 번데기 기간은 암컷이 11.7-13.3일, 수컷이 11.0-13.0일 이었고, 우화율은 암수 모두 100%이었다.

야외에서의 휴면종료시기(2003년 봄)

Table 1과 2에서 보는 바와 같이 야외에서 복숭아 명나방 월동유충 중 휴면을 종료한 개체의 비율은 1월 24일부터 점차 증가하여 5월 4일에는 거의 모든 개체가 휴면을 종료한 상태인 것으로 생각된다. 그러나 2002년의 실험에서는 5월 4일 가온과 그 직전 가온시기(3월 15일) 간에 시간적 간격이 너무 커서 2003년 봄에 3월 10일부터 4월 20일까지 10일 간격으로 월동중인 유충을 25°C에 가온하여 추가실험을 실시하였다(Table 3). 가온한 유충의 우화율은 시기가 늦을수록 증가하여 4월 20일에 가온한 유충은 88.9%이었다. 가온을 시작한 유충이 번데기가 되기까지의 기간은 3월 31일 가온충부터 짧아지기 시작하였다. Table 1, 2, 3의 결과를 종합해보면, 야외에서 복숭아명나방

Table 2. Development of overwintering stages of both sexes of *Dichocrosia punctiferalis* collected at chestnut orchard in 2002

Date of incubation at 25°C	No. larvae tested	No. pupae		Days to pupation (mean ± SD)		Pupal period in days (mean ± SD)	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂
Jan. 24	30	8	6	22.4±3.9	20.7±5.6	13.3±1.4	12.1±1.6
Feb. 7	30	14	6	18.7±4.7	18.0±2.3	12.9±0.7	13.0±2.3
Feb. 27	30	10	10	21.0±4.2	21.2±7.0	12.4±1.0	12.5±1.0
Mar. 15	30	13	8	16.9±4.3	16.8±3.6	11.7±0.9	11.9±0.8
May 4	30	16	10	5.4±2.2	3.5±1.3	12.6±1.1	11.0±1.1
May 17	30	14	11	3.7±1.9	3.2±1.3	12.4±1.2	12.1±0.9
Total or average	180	75	51	- ^a	- ^a	12.6	12.1

^a Not calculated

Table 3. Development of overwintering stages of both sexes of *Dichocrosia punctiferalis* collected at chestnut orchard in 2003^a

Date of incubation at 25°C	No. larvae tested	No. pupae			Days to pupation (mean ± SD)		Pupal period in days (mean ± SD)		Adult emergence (%)
		♀	♂	% pupation	♀	♂	♀	♂	
Mar. 10	45	7	1	17.8	15.0±6.6	14.0	10.0±2.7	17.0	100
Mar. 20	45	9	6	33.3	14.1±2.9	14.8±2.3	10.2±2.3	10.5±0.6	100
Mar. 31	45	17	9	57.8	10.1±1.6	10.6±3.7	12.5±2.4	11.6±0.9	100
Apr. 10	45	28	6	75.6	6.5±2.0	6.8±2.6	11.1±1.9	11.7±1.4	100
Apr. 20	45	36	4	88.9	5.5±2.2	3.5±1.3	11.5±2.0	11.3±0.5	100
Total or average	225	97	26	- ^b	-	-	11.1	12.4	-

^a Larvae of the *D. punctiferalis* was incubated at 25°C, 16L : 8D from the day of collection.

^b Not calculated

의 월동유충은 1월 하순부터 휴면에서 깨어나기 시작하여 4월 중순에 거의 모든 개체가 휴면을 종료하는 것으로 판단된다. 번데기 기간은 암수가 각각 평균 11.1일과 12.4일이었고, 우화율은 가온시기에 관계없이 100%이었다.

휴면 종료 후 유충과 번데기의 온도별 발육기간

복숭아명나방 월동유충의 휴면이 종료되었다고 판단되는 2003년 4월 22일에 야외에서 유충을 채집하여 4가지 온도에서 발육기간을 조사하였다(Table 4). 월동 유충이 번데기가 되기까지의 발육기간은 20, 25, 30°C에서 암컷의 경우에는 각각 12.5, 8.9, 7.5일로서 온도가 높을수록 짧아졌다. 수컷의 경우에는 각각 11, 12, 8일이었는데 20°C에서 수컷으로 우화한 성충이 한 마리밖에 되지 않아 신뢰성 있는 발육기간이라고 할 수 없다. 15°C에서는 평균 44.0일 만에 5마리의 유충이 용화하였으나 실험을 실시한 후 90일이 될 때까지 우화하지 않아 성별 휴면 후 발육기간, 우화율 등을 계산할 수 없었다. 번데기기간도 암컷의 경우 온도가 높아짐에 따라 짧아졌다.

야외에서 휴면 후 유충의 용화시기

Fig. 1은 2002년 야외에서 복숭아명나방 유충의 휴면 후 용화율을 시기적으로 나타낸 결과이다. 5월 4일까지는 한 마리의 유충도 번데기가 되지 않았으나 5월 9일 조사에서는 20%의 용화율을 보였고 50% 이상 용화시기는 5월 14일 이전이었으며 100% 용화시기는 6월 3일이었다. 이러한 결과로써 야외에서 복숭아명나방 월동유충의 휴면은 4월 20일 이전에 종료되고, 1개월 이상의 유충 발육기간을 거쳐 6월 상순이전에 모두 용화한다는 것을 알 수 있었다.

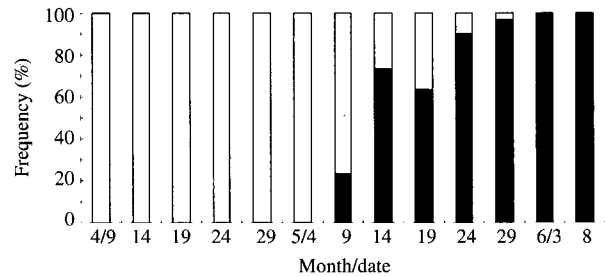


Fig. 1. Composition of overwintering larvae and pupae of *Dichocrosia punctiferalis* in chestnut orchard at Sancheong, 2002.

Table 4. Post-diapause development of *Dichocrosia punctiferalis* larvae under different temperatures

Incubation temp. (°C)	No. larvae tested	Mortality (%) during incubation	No. pupae		Days to pupation (mean ± SD)		Pupal period in day (mean ± SD)		Adult emergence (%)
			♀	♂	♀	♂	♀	♂	
15	30	26.7	5 ^a		43.0 ± 17.5		-	-	-
20	30	30.0	20	1	12.5 ± 6.1	11.0	14.7 ± 2.4	15.0	100
25	30	10.0	22	5	8.9 ± 3.4	12.0 ± 5.7	11.8 ± 2.2	12.2 ± 0.8	100
30	30	13.3	21	5	7.5 ± 1.9	8.0 ± 3.0	9.0 ± 1.8	9.0 ± 2.1	100

^a The larvae incubated at 15°C did not develop to adult even 90 days after incubation. Therefore, days to pupation and pupal period by sex, and emergence ratio could not be calculated.

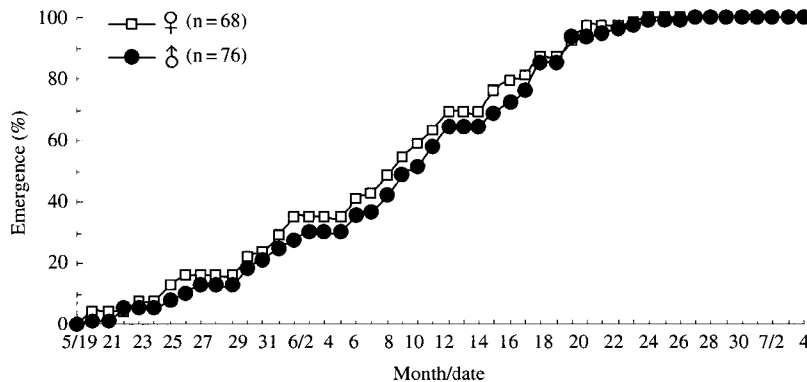


Fig. 2. Cumulative emergence of overwintered *Dichocrosia punctiferalis* under emergence cage in the field.

월동세대 성충의 우화 시기

야외 우화상에서 복숭아명나방 월동세대 성충의 우화는 5월 20일에 시작하여 6월 28일에 종료되었다(Fig. 2). 우화기간이 약 1개월로서 비교적 긴 기간에 걸쳐 매일 조금씩 우화하는 양상을 보였다. 50% 우화 시기는 암수 각각 6월 8일과 6월 9일이었고 100% 우화시기는 6월 25일과 6월 28일로서 성(性)에 따른 우화시기의 차이는 거의 없었다.

성페로몬트랩에 의한 월동세대 성충의 포획시기

2002년 밤 재배지 3지역과 단감 과수원 한 곳에서 성페로몬 트랩으로 조사한 복숭아명나방 월동세대 성충의 포획시기를 통합, 누적하였다(Fig. 3). 복숭아명나방의 월동세대 성충은 지역에 따라 포획수와 시기에 차이가 있었지만 5월 25일부터 시작하여 7월 1일까지 많이 포획되었다. 누적포획곡선을 보면 50% 포획시기는 6월 17일이었다.

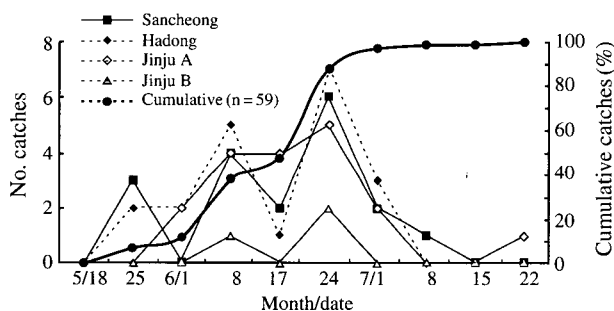


Fig. 3. Occurrence of *Dichocrosia punctiferalis* adults of overwintered generation monitored with sex pheromone traps in three chestnut and one sweet persimmon (Jinju B) orchards.

고 찰

야외에서 복숭아명나방의 휴면종료시기를 알아보기 위하여 2001/2002년 겨울과 2003년 봄에 경남 산청의 밤 재배지에서 시험충을 채집하여 가온실험을 하였다. 일반적으로 겨울에 휴면하는 곤충은 휴면에서 깨어나기 위하여 일정량의 저온을 필요로 하는데 (Milonas and Savopoulou-Soultani, 2000; Nomura and Ishikawa, 2000; Esaki, 2001; Matsumoto and Takeda, 2002; Tanaka, 2002; Xue *et al.*, 2002), 휴면에서 깨어

나지 않은 개체는 정상적인 발육을 할 수 있는 온도에 처리하더라도 발육이 진전되지 않거나 그 발육기간이 비정상적으로 길게 나타난다(Park *et al.*, 1987a, b). 2002년과 2003년에 야외에서 채집하여 시기별로 가온한 월동유충의 용화율은 1월 24일부터 가온한 유충의 46.7%부터(Table 1) 4월 20일 가온한 유충의 88.9% (Table 3)까지 가온시기가 늦을수록 증가하였다. 따라서 복숭아명나방의 월동유충의 휴면은 1월 하순부터 종료되기 시작하여 4월 중순에 거의 끝나는 것으로 판단된다.

Choi (1998)는 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 15L : 9D의 조건에서 밤(chestnut)으로 사육한 복숭아명나방의 유충기간은 13.3일이라고 하였는데, 휴면종료 후의 5령 유충의 령기간은 이보다 훨씬 짧을 것이라는 것은 당연하다. 실제로 Table 4에서 보는 바와 같이 거의 모든 개체가 휴면을 종료하였다고 생각되는 4월 22일에 채집한 월동충이 용화하기까지의 기간은 25°C 에서 암컷이 8.9일이었다. 복숭아명나방은 노숙 유충태로 월동하는데 (Anonymous, 1988) Table 3에서 보는 바와 같이 3월 20일 이전에 25°C 에서 가온한 유충은 용화하기까지의 기간이 14일 이상으로서 동일조건에서의 전체 유충기간 13.3일(Choi, 1998) 및 12.6일(Honda *et al.*, 1979)보다 길며, 휴면에서 종료되었다고 생각되는 노숙유충의 용화하기까지의 기간 8.9일(Table 4)보다 길다. 따라서 3월 20일 이전에는 전체 집단 중에 휴면을 종료하지 않은 일부개체가 섞여있을 것으로 판단된다.

3월 31일에 가온한 유충이 용화하기까지의 기간은 암수가 각각 10.1일과 10.6일로서 3월 20일에 가온한 유충보다도 그 기간이 급격히 줄어들었고, 4월 10일과 20일에 가온한 유충의 그 기간은 암수가 각각 6.5일과 6.8일 및 5.5일과 3.5일로 더욱 짧아졌다. 이와 같이 가온시기가 늦을수록 용화하기까지의 기간이 짧아지는 것은 실험충 중에서 휴면에서 깨어난 일부 개체가 3, 4월의 따뜻해진 기온의 영향으로 휴면후발육이 어느 정도 진행된 상태에서 가온처리를 하였기 때문으로 생각된다. 진주기상대의 자료에 의하면 2002년 2, 3, 4월의 평균기온은 각각 3.1°C , 8.7°C , 14.1°C 이었는데, 3월과 4월에 일일평균기온이 10°C 이상이 된 날은 각각 10일과 30일간이었다.

이러한 결과를 종합하면 복숭아명나방은 1월 하순부터 휴면을 종료하는 개체의 비율이 증가하지만 2월에는 기온이 낮아 휴면 후 발육을 하지 않는 휴지상

태로 있게 된다. 3월 이후 휴면을 종료한 개체의 비율이 점차 높아져서 4월 중순경에는 거의 모든 개체가 휴면을 종료하게 되고, 휴면을 종료한 개체는 3,4월의 따뜻한 기온 하에서 휴면 후 발육을 진행하는 것으로 생각된다.

한편 용기기간은 가운데서 시기에 따라 큰 차이 없이 11.1-12.6일로 나타났는데, 이는 월동세대가 아닌 복숭아명나방을 밤, 복숭아, 모과에서 각각 사육한 결과 용기기간이 13.3-13.4일이었다는 Choi (1998)의 결과와 유사하다.

복숭아명나방 월동유충이 모두 휴면에서 깨어났고 판단되는 4월 22일에 야외에서 채집된 유충은 온도가 높을수록 발육기간(용화하기까지의 기간과 용기기간)이 짧아졌다. 온도는 곤충이나 천적의 동태에 가장 큰 영향을 주는 무생물적 요인으로서(Huffaker *et al.*, 1999), 온도에 대한 특성은 중(Frazer and McGregor, 1992; Honek, 1996)과 발육단계(Honek and Kocourek, 1988)에 따라 다르게 나타난다. 일반적으로 곤충의 발육은 일정 범위 내에서는 온도가 높을수록 짧아지는데(Howell and Neven, 2000; Roy *et al.*, 2002), 본 실험에서도 20, 25, 30°C에서 온도가 높아질수록 휴면후 용화까지의 기간과 용기기간이 짧아졌다. Shinkaji and Oho (1970)는 복숭아명나방 월동세대의 휴면종료 후의 발육영점온도가 10.2°C라고 하였으나 본 실험에서 15°C에서는 용화한지 90일이 지나도록 우화하지 않아 이 곤충의 저온한계가 상당히 높을 것으로 판단되며 보다 정밀한 재실험이 요구된다. 곤충의 온도에 대한 발육모델은 그 종의 활동이나 대량사육 또는 개체 군동태를 예측하는 데 사용되고 있는데, 적정 온도에서의 발육속도와 발육영점온도 등에 대한 신뢰할 수 있는 자료가 요구된다. 그러나 본 실험에서는 실험충의 수가 적어 암수의 발육기간에 대한 신뢰성 있는 결과를 얻지 못했으며(특히 수컷의 경우), 20, 25, 30°C의 결과만이 발육속도 분석에 이용할 수 있어 조사온도의 수준이 적기 때문에 앞으로 복숭아명나방의 휴면 후 발육에 대한 보다 정밀한 실험이 요구된다.

야외의 밤 재배지에서 복숭아명나방은 6월 3일에는 모든 개체가 용화하였는데 이는 거의 모든 개체가 휴면에서 깨어나는 4월 20일부터 계산하면 약 40일 이상의 차이가 있었다. 월동한 세대가 우화하는 시기는 5월 20일부터 6월 28일까지로서 뚜렷한 우화최성기가 없이 약 40일 간에 걸쳐 비교적 고르게 우화하였으며, 50% 우화시기는 6월 8일 또는 9일이었다. Choi

(1998)는 유아등과 성페로몬으로 각각 경남의 산청과 진주에서 복숭아명나방의 발생소장을 조사한 결과 월동세대의 포획최성기가 산청에서는 6월 중하순, 진주에서는 6월 상순이라고 하였다. 또 Kang *et al.* (2002)은 경남의 진주, 사천, 김해, 산청의 4개 단감 과수원에 수은유아등을 설치하고, 진주, 사천, 김해, 산청, 창녕 등의 7개 단감 과수원에 성페로몬 트랩을 설치하여 복숭아명나방의 포획시기를 조사한 결과 남부지방에서는 년 3회 발생하며 월동세대(제1회기)의 포획최성기가 6월 중하순이라고 하여 본 실험의 50% 우화시기와 거의 일치하였다.

Honda and Matsumoto (1987)에 의하면 복숭아명나방은 침엽수형(Pinaceae-feeding type)과 과수형(fruit-feeding type)으로 구분되는데, 이 두 종은 거의 동일한 화학적 속성을 가진 페로몬시스템을 가지고 있다(Honda and Kimura, 2003)

그러나 Choi (1998)와 Kang *et al.* (2002)의 결과에서는 유살된 복숭아명나방을 침엽수형과 과수형으로 구분하지 않아 이 두 종이 함께 조사되었을 가능성을 배제할 수가 없다. 본 실험에 사용된 실험충을 채집한 밤 재배지에서 2003년 12월에 복숭아명나방에 의한 피해밤을 채취하여 우화시켜 본 결과 24마리의 암컷과 14마리의 수컷이 우화하였는데 모두 과수형이었다. 따라서 본 실험의 결과는 과수형 복숭아명나방에 대한 실험결과라고 할 수 있다. 다만 '성페로몬트랩에 의한 월동세대 성충의 유살시기'를 조사할 때에는 두 가지 형을 구분하지 않아 성페로몬 트랩에 침엽수형이 유인되었을 가능성도 배제할 수는 없다.

야외 우화상에서 조사한 복숭아명나방 월동세대 성충의 50% 우화시기는 6월 8-9일이었으나 성페로몬 트랩에 의한 성충의 50% 유살시기는 6월 17일로서 약 일주일간의 차이가 있었다. Ito (1971)는 1967년부터 1970년까지 복숭아명나방의 우화소장을 조사하여 50% 우화종료일은 5월 27일-6월 8일, 100% 우화종료일은 6월 14일-6월 29일이라고 하여 본 실험과 거의 일치하였다. 본 실험에서 우화소장과 포획시기가 다르게 나타난 것은 두 가지로 해석할 수 있는데 첫째, 우화소장 조사는 채집된 피해밤을 모기장을 씌운 우화상 내에 두었기 때문에 우화상 내의 온도가 야외조건보다 다소 높았을 가능성이 있다. 그러나 실제로 우화상 내부와 성페로몬을 설치한 장소의 온도를 조사하지 않아 정확한 원인은 알 수 없다. 둘째로 우화소장은 성충이 월동번데기로부터 우화되자마자 바로 조사

된 것임에 비하여 포획시기는 성페로몬 트랩에 유인된 수컷의 경우이므로 수컷이 암컷의 성페로몬에 반응하는 시기(발육단계)에 차이가 있을 수 있다. 그러나 아직까지 암컷 성페로몬에 대한 수컷의 반응시기에 대한 연구결과가 없어 정확한 결론을 내릴 수 없다.

어떤 해충의 효과적인 관리는 그 해충의 발생동태에 대한 정확한 정보를 필요로 한다. 우리나라에서 복숭아명나방에 대해서는 Choi (1998)에 의한 성충의 발생생태 및 성페로몬 조성에 관한 연구와 Kang *et al.* (2002)에 의한 단감원에서의 발생소장과 피해정도에 관한연구 및 본 실험의 월동생태에 관한 연구가 전부로서 이 해충의 관리전략 수립에 필요한 정보가 절대적으로 부족한 상황이다. 앞으로 지역별 발생소장, 각 화기별 온도에 대한 반응, 휴면에 들어가는 시기, 월동중의 치사율, 휴면 종료 및 휴면 후 발육에 필요한 온도조건 등에 관한 많은 연구가 요망된다.

Literature Cited

- Anonymous. 1988. Compendium of insect pests of fruit trees in Korea with color plates. Agricultural Sciences Institute, Suwon, Korea. 220 pp.
- Choi, K.S. 1998. The peach pyralid moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae), adults: Circadian rhythms in activity and seasonal occurrence at chestnut orchards. Ph. D. Thesis. Seoul National University, Korea. 102 pp.
- Esaki, K. 2001. Artificial diet rearing and termination of larval diapause in the mulberry longicorn beetle, *Apriona japonica* Thomson (Coleoptera: Cerambycidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 45: 149~151.
- Frazer, B.D. and R.R. McGregor. 1992. Temperature dependent survival and hatching rate of eggs of seven species of Coccinellidae. Can. Entomol. 124: 305~312.
- Honda H., J. Kaneko and Y. Konno. 1979. A simple method for mass-rearing of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) on an artificial diet. Appl. Entomol. Zool. 14: 464~468.
- Honda, H. and T. Kimura. 2003. Hair-pencil male sex pheromone and reproductive isolation in two sibling species of *Conogethes* (Lepidoptera: Pyralidae) in Japan. Korea-Japan joint conference on Applied Entomology and Zoology. 70 pp.
- Honda, H. and Y. Matsumoto. 1987. Larval feeding response of the fruit- and Pinaceae-feeding type of the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) to the host-plant extracts and their sugar components. Appl. Entomol. Zool. 31: 28~35.
- Honek, A. and F. Kocourek. 1988. Thermal requirements for development of aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera), Chrysopidae, Hemerobiidae (Neuroptera) and Syrphidae (Diptera): some general trends. Oecologia 76: 455~460.
- Honek, A. 1996. Life history and development, pp. 61~93. In I. Hodek and A. Honek, [eds.], *Ecology of Coccinellidae*, Klumer, Dordrecht.
- Howell, J.F. and L.G. Neven. 2000. Physiological development time and zero development temperature of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 29: 766~772.
- Huffaker, C.A., A. Berryman and P. Turchin. 1999. Dynamics and regulation of insect populations, pp. 269~305. In C.B. Huffaker and A.P. Cutierrez [eds.], *Ecological entomology*, 2nd ed. Wiley, New York.
- Ito, S. 1971. Studies on the development of adult and photoperiodic induction of larval diapause of peach pyralid moth (fruit tree type), *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae), in Kanagawa prefecture. Research report of kanagawa Horticul-tural Experiment Station No.19: 59~66.
- Jeong, D.Y. 1995. Insect fauna, seasonal fluctuation, and their damage to the non-astringent persimmon orchards in Chinju and Chinyang area. MS Thesis. Gyeongsang National University, Korea. 54 pp.
- Kang, C.H., G.C. Lee, C.G. Park and D.W. Lee. 2002. Seasonal occurrence pattern of peach pyralid moth, *Dichocrocis punctiferalis*, in fuyu persimmon orchards and fruit damage at harvesting time. Korean J. Appl. Entomol. 41: 107~112.
- Kim, I.S., K.J. Hong, M.J. Han and M.H. Lee. 1997. Survey on the occurrence of quarantine pests for export in major non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) production areas in Korea. RDA J. Crop Protec. 39: 67~71.
- Kimura, T. and H. Honda. 1999. Identification and possible functions of the hairpencil scent of the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). Appl. Entomol. Zool. 34: 147~153.
- Kono, Y., K. Arai, K. Sekiguchi and Y. Matsumoto. 1982. (E)-10-hexadecenal, a sex pheromone component of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). Appl. Entomol. Zool. 17: 207~217.
- Lee, C.K., J.K. Kim, O.R. Kim, G.H. Goo and K.S. Yoon. 1999. Studies on damage of chestnut by *Conogethes punctiferalis* and proper control time by sex pheromone. J. Inst. Agri. & Fishery Develop. Gyeongsang Nat'l Univ. 18: 83~89.
- Matsumoto, M. and M. Takeda. 2002. Changes in brain monoamine contents in diapause pupae of *Antheraea pernyi* when activated under long-day and by chilling. J. Insect Physiol. 48: 765~771.
- Milonas P. and M. Savopoulou-Soultani. 2000. Diapause induction and termination in the parasitoid *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae): Role of photoperiod and temperature. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 512~518.
- Nomura, M. and Y. Ishikawa. 2000. Biphasic effect of low temperature on completion of winter diapause in the onion maggot, *Delia antiqua*. J. Insect Physiol. 46: 373~377.
- Park C.G., J.S. Hyun and Y.S. Lee. 1987a. Times of diapause initiation and termination in onion fly, *Delia antiqua* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae) in Chinju area. Res. Rep. RDA 29: 294~300.
- Park C.G., J.S. Hyun and W.K. Shin. 1987b. Relationship between pupation depths, pupation time, thermal unit accumulation and emergence of overwintered pupae of onion fly, *Delia antiqua* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae). Res. Rep. RDA 29: 132~137.
- Roy, M., J. Brodeur and C. Cloutier. 2002. Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). Environ. Entomol. 31: 177~187.
- Shinkaji, N. and N. Oho. 1970. Studies on the peach pyralid moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). IV. Effects of temperature on the development of egg, immature stages and preovipositional period with special references to the difference between the fruit tree type and the conifer type. Hiratsuka Agr. Eng. Res. Sta. Bull. 9: 49~74.
- Stewart, R.D. 1997. Importation of fresh persimmon fruit, *Diospyros kaki* from South Korea into the United States: Qualitative, path-way initiated pest risk assessment. APHIS, USDA. 19 pp.
- Tanaka, S. 2002. Temperature acclimation in overwintering ny-

mphs of a cockroach, *Periplaneta japonica*: walking on ice. J. Insect Physiol. 48: 5~1~583.
Xue, F., H.R. Spieth, L. Aiqing and H. Ai. 2002. The role of photoperiod and temperature in determination of summer and winter diapause in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi*

(Coleoptera: Chrysomelidae). J. Insect Physiol. 48: 279~286.

(Received for publication 3 August 2004;
accepted 10 September 2004)