

## 담배나방 월동번데기의 지역간 발육특성 비교

Survival and Development of Overwintering Pupae of the Oriental Tobacco Budworm, *Helicoverpa assulta*, from Different Locality한만위 · 이준호<sup>1</sup>Man-Wi Han and Joon-Ho Lee<sup>1</sup>

**Abstract** - To study overwintering biology of the oriental tobacco budworm (OTB), *Helicoverpa assulta*, OTB larvae were collected from middle and southern region of Korea in the autumn and reared to diapausing pupae. Diapausing pupae were held at two different locations (Suwon and Chinju) and were recollected in the spring to observe adult emergence rate and duration to adult emergence at 25°C. The survivorship of overwintering pupae was less than 5% when the pupae were buried in the soil in 20cm depth. However, more than 60% of the pupae survived when they were kept in the plastic cup with artificial diet and were buried in the soil. The mean developmental periods of overwintering pupae at 25°C varied from 20.4 days to 43.9 days depending on years and locations where larvae were collected and pupae were held. The proportion of individuals which required longer than 30 days for development was higher in the population from the middle regions than those of southern regions. However, the proportion decreased when the pupae collected from middle regions were held at Chinju, southern region.

**Key Words** - Overwintering, Oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta*, Local variation

**초 록** - 담배나방의 월동생태를 규명하기 위하여 휴면유기시기에 지역별로 유충을 채집하여 휴면용을 얻은 후 수원과 진주 등에 묻고 월동용의 생존율과 월동후 발육기간을 조사하였다. 휴면용의 월동 중 생존율은 5% 미만으로 매우 낮은 반면, 인공사육용기에 담아서 흙에 묻었을 경우 60% 이상의 높은 생존율을 나타냈다. 25°C 항온조건에서 발육기간은 지역이나 시험연도 또는 보관환경에 따라 20.4일에서 43.9일로 개체간 변이가 컸다. 월동양상은 30일 이내에 우화하는 개체들과 30일 이상걸리는 개체로 구분할 수 있었으며 30일 이상인 개체의 비율은 중부지방이 남부지방보다 높았다. 반면 중부지방에서 채집한 개체를 남부지역인 진주 야외조건에 보관할 경우 그 비율은 감소하는 경향을 보였다.

**검색어** - 월동, 담배나방, *Helicoverpa assulta*, 지역변이

## 서 론

담배나방은 고추와 담배를 가해하는 해충으로 품종, 재배시기, 재배방법 등의 변화와 방제기술의 발달에 따라 1970년대에 비하여 80년대 이후 최근까지 발생량이

급격히 감소하였지만 과실을 섭식하는 직접적인 피해를 주기 때문에 현재까지도 고추에서는 일반적으로 중요한 해충의 하나로 여겨지고 있다. 담배나방은 발생최성기나 세대를 명확히 구분하기 어렵다. 여기에는 여러 가지 요인이 있을 것으로 사료되나 크게 보면 개체군의 질(유전자 구성)과 환경적 특성이 중요할 것으로

농업과학기술원 농업해충과 (Entomology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

<sup>1</sup> 서울대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부 (Division of Applied Biology and Chemistry, College of Agriculture and Life sciences, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea)

생각된다. 담배나방은 땅속에서 번데기로 월동하며 월동율이 5~50.5%로 월동환경에 따라 변이가 큰 것으로 생각된다(Lee, 1958; Choi, 1969; Shin *et al.*, 1982; Shin *et al.*, 1983; Shin *et al.*, 1984; Son and Kim, 1984; Hwang, 1987). 이러한 점은 *H. zea*나 *H. virescens*에서도 비슷하게 보고된 바 있다(Stadelbacher and Pfrimmer, 1972; Young and Price, 1977; Stadelbacher and Martin, 1980). 담배나방 용의 휴면은 주로 일장조건에 의해 유기되는데 야외에서 8월 하순부터 유기되기 시작하여 9월 하순경이면 100%에 이른다. 실내에서는 20°C, 10L/14D의 광주기에서 100% 휴면이 유기되며 감응발육단계는 4~5령 유충기라고 보고된 바 있다(Boo *et al.*, 1990). 휴면용의 발육기간은 야외에서는 240~320일이고(Lee, 1958), 25°C 항온조건에서는 휴면이 유기된 온도와 일장에 따라 105.1~142일로 저온처리를 하지 않아도 휴면은 타파되지만 저온처리를 받을 경우 발육기간이 뚜렷이 짧아진다(Boo *et al.*, 1990). 담배나방 월동용의 우화는 6월 9일부터 시작하여 7월 12일까지 계속 되었으며 6월 9일에서 6월 14일 사이에 우화한 것은 그 후에 2회의 성충우화를 보였으나 6월 16일 이후에 우화한 성충은 1회의 성충 발생 밖에는 나타나지 않았다(Lee, 1973). 또한, 실험실에 월동용을 두었을 경우 3월 하순부터 시작하여 7월까지 우화하였다고하여 월동용의 발육기간이 다양함을 보인 바 있다(Shin *et al.*, 1984). *H. zea*에서도 월동용의 발육기간이 채집지역에 따라 차이가 나며 이러한 특성은 유전적인 특징에 의한 것으로 보고된 바 있고(Holtzer *et al.*, 1976), *H. armigera*의 경우도 월동용의 우화까지 발육기간이 뒤로 길게 늘어지는 현상이 보고된 바 있다(Wilson *et al.*, 1979).

이와 같이 담배나방의 월동성충 출현시기는 상당히 불규칙하고 월동기간중의 사망률은 높으며 연차적인 변동이 크다. 대개 월동한 담배나방이 산란할 수 있는 작물은 담배인데 담배에서 발육한 1세대 성충은 담배가 수확기에 접어들기 때문에 고추로 이동하는 것으로 보인다(Han, 1993). 그러므로 고추에서 문제가 되는 담배나방의 제 1세대 성충 출현시기를 추정하기 위해서는 월동세대 성충의 발생시기 추정이 기본이 되며 이를 구명하기 위해서는 휴면용의 월동생태에 관한 정보가 필요하다. 본 연구는 그 실태를 구명하기 위하여 수원, 피산, 함양 등 중부와 남부지역에서 휴면에 들어가는 유충을 채집하여 휴면용이 될 때까지 사육한 후, 휴면용을 지역을 달리하여 땅속에 묻거나 인공환경에 보관하고 월동용의 생존율과 월동후 발육기간을 조사하여 지역에 따른 월동생태의 차이여부를 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1988/89년 시험

1988년 가을, 수원 농업기술연구소(현 농업과학기술연구원) 포장과 충청북도 음성일원의 고추포장에서 채집한 담배나방 유충을 실험실 무가온 조건에서 고추를 먹이로 개체사육하여 휴면용이 되게 하였다. 휴면여부 파악은 무가온 실내조건에 번데기를 놓아두었다가 정상적인 발육기간이 지났을 때 성충의 흠늪이 정상적으로 나타나는 가로 판단하였다. 흠늪이 정상적으로 나타나지 않은 경우를 휴면이 유기된 번데기로 간주하였다. 휴면이 유기된 것으로 판단된 번데기를 11월 하순경 육묘용 플라스틱 연결포트(25구)에 개체별로 흙과 함께 담은 후 육묘상자의 위를 비닐 땅(모기장용)으로 덮고 땅속 20cm 깊이에 묻었다. 월동기간 중 시기별 사망률과 휴면타파여부를 조사하기 위해 약 1개월 간격으로 각 각 수거하여(1989년 1월 9일, 2월 8일, 3월 4일, 4월 24일) 1일정도 실험실에 두었다가 생존율을 조사한 다음 25°C(±1°C) 항온 사육실에 두고 우화여부와 우화까지의 기간을 매일 조사하였다. 생존여부는 휴면용에 자극을 주었을 때 복부부분이 움직이는 것을 살아있는 개체로 하였으며 반응이 확실하지 않아 판단이 되지 않는 개체의 경우에는 계속 관찰한 후 우화한 경우만 생존한 것에 포함시켰다.

### 1991/92년 시험

1991년 가을, 경기 수원, 충북 피산, 충남 공주, 전북 김제, 임실, 경남 함양 등 전국 일원의 농가 포장에서 4령 이상의 담배나방 유충을 채집하여 25ml 인공사육용기에 인공사료와 함께 넣어 수원으로 운반한 뒤 농업기술연구소 곤충과 실험실에서 야외와 비슷한 무가온 자연광조건에서 사육하여 휴면용이 되게 하였다. 휴면용이 될 때까지 필요할 경우에만 인공사료를 더 넣어 주었으며 가급적 유충을 건드리지 않고 인공사료를 이용하여 고치를 만들도록 하였다. 이렇게하여 얻은 휴면용들을 11월 하순 전북과 경남에서 채집한 집단은 경상남도 진주시 경남농촌진흥원 내 포장에 땅속 5cm 깊이로 묻고 경기도와 충남북에서 채집한 집단은 경기도 화성군 반월면 한국인삼연초연구소 내 포장에 땅속 20cm 깊이로 묻었다. 시기별 휴면타파여부와 생존율을 조사하기위해 휴면타파시기로 추정되는 2월 중순부터 15일 간격으로(1992년 2월 20일, 3월 5일, 3월 20일, 4월 5일, 4월 20일) 땅속에서 파내어 수원 농업기술연구소로 옮긴 후 88/89년 조사에서와 같은 방법으로 생존율, 발육기간 등을 조사하여 분석에 이용하였다.

**1992/93년 시험**

1992년 가을, 수원, 괴산, 논산, 함양, 임실, 안동 등에서 유충을 채집하여 1991년 실험과 동일한 방법으로 휴면용이 되도록 하였다. 보관 지역간 특성을 알아보기 위해 각 지역별로 채집한 휴면용을 수원과 진주지역으로 각각 반씩 나누어 처리하였다. 진주지역 처리는 12월 9일 진주 경남농촌진흥원 구내에 땅속 5cm 깊이로 개체별로 용기째 묻고 이듬해 4월 6일 생존율을 조사한 다음 다시 묻어두고 1~2일 간격으로 우화여부를 7월 하순까지 조사하였다. 수원지역 처리는 12월 10일부터 이듬해 4월 23일까지 휴면용을 용기와 함께 저온조건(5°C~10°C)에 보관하다 실내 무가온 조건으로 옮겨 매일 우화여부를 조사하였다. 온도의 영향을 알기 위해 진주지역은 진주시상축후소의 일별 지중 5cm 온도자료를 이용하였으며 수원지역의 실내온도는 최고, 최저온도를 매일 기록하여 한(1993)에 의해 제시된 휴면용의 발육영점온도인 13.8°C를 기준으로 온도를 적산한 다음 25°C에서의 발육기간으로 환산하여 자료로 이용하였다.

**결 과**

**월동기간의 생존율**

1988/89년 시험한 생존율 결과를 채집지역별로 비교하면 표 1과 같다. 수원과 음성에서 채집한 유충으로부터 용화한 휴면용의 생존율에는 차이가 없었다( $t = 2.349, df = 2, P > 0.05$ ). 땅속에서 휴면용을 다시 수거한 시기에 따른 생존율은 Son (Unpublished)이 1984년부터 1989년까지 비슷한 방법으로 조사한 결과와 마찬가지로, 채취시기가 늦어짐에 따라 생존율이 낮아지는 경향을 나타내었는데 특히 2월 이후의 사망률이 매우 높았

으며 전체적으로 95% 이상이 4월 이전에 사망하였다. 용의 우화율도 1월을 제외하면 70% 미만이었다.

표 2는 1991/92년 수원과 진주지역에 용이 들어있는 용기를 땅속에 묻었을 때의 시기별 생존율과 우화율이다. 전체적으로 1988/89년 시험결과(표 1)와는 달리 생존율이 60% 이상으로 매우 높았으며, 함양지역 채집충을 4월 5일 채취하여 가온한 경우를 제외하면 같은 채집지역 내에서의 채취시기별 생존율의 차이도 크지 않았다. 우화율은 시기나 지역에 관계없이 75% 이상이며 표 1이나 Son (Unpublished)의 결과에서 볼 수 있는 시기나 지역에 따른 큰 폭의 변이는 보이지 않았다. 한편, 월동용을 묻은 두 지역 사이에는 시기 및 채집지역에 관계없이 진주지역에 묻은 집단에서의 채취시 생존율이 수원지역에 묻은 경우보다 20% 이상 낮았다( $\chi^2 = 6.755, df = 1, p < 0.01$ ).

1992/93년 시험에서는 채집지역 및 보관환경에 따른 차이를 구명하기 위해서 지역별로 개체 수를 반으로 나누어 진주지역 야외조건과 수원지역 인공환경에서 생존율과 우화율을 조사하였다(표 3). 휴면번데기의 우화율은 수원의 인공환경조건에 두었을 때가 82.6%로 진주의 야외에 두었을 때의 37.2% 보다 매우 높았다. 진주의 야외지역에 묻어 둔 경우, 4월 6일 수거하여 조사한 번데기의 생존율은 78.5%로 수원지역에 보관한 것과 큰 차이가 없었으나 생존율을 조사하고 다시 묻어 둔 다음 1~2일 간격으로 조사한 우화율에서 37.2%로 나타나 4월 이후 우화까지 많은 수가 사망한 것으로 나타났다. 채집지역별로 보면 남부지방인 함양이나 임실에서 채집한 번데기의 경우 수원에 보관한 것과 진주에 묻은 경우에서 74.5%와 60.4%로 우화율에 차이가 적었으며 표 2의 1992년 시험보다도 오히려 높은 우화율을 나타냈다. 반면 수원이나 괴산 등 중부지역에

Table 1. Survivorship of overwintering pupae and adult emergence rate of *H. assulta* when pupae were stored in soil 20cm depth in Suwon in late November, 1988 and recollected at different dates, 1989

Dates of pupal recollection	Larval collection sites	Survivorship (%) of pupae	Adult emergence (%)
1989			
Jan. 5	Suwon	52.0(25) <sup>a</sup>	92.3
	Ŭmsŏng	41.0(39)	81.3
Feb. 8	Suwon	24.0(25)	33.3
	Ŭmsŏng	44.0(25)	63.6
Mar. 4	Suwon	24.0(25)	66.7
	Ŭmsŏng	12.0(25)	40.0
Apr. 24	Suwon	4.2(25)	0.0
	Ŭmsŏng	0.0(25)	-

<sup>a</sup> The figure in the parentheses is the number of pupae examined.

Table 2. Survivorship (%) and adult emergence rate (%) of *H. assulta* when overwintering pupae were held at different locations, 1991 and recollected at different dates, 1992

Dates of pupal recollection	Pupae held at Chinju		Pupae held at Suwon		
	Larval collection sites		Larval collection sites		
	Hamyang	Kimje	Koesan	Suwon	Kongju
Survivorship					
Feb. 20	94.1(17) <sup>a</sup>	86.7(18)	91.9(38)	-	-
Mar. 5	58.8(17)	61.6(18)	100.0(19)	83.3(12)	100.0( 7)
Mar. 20	82.4(17)	58.8(18)	88.2(18)	84.6(12)	85.7( 7)
Apr. 5	29.4(17)	58.8(17)	85.0(20)	91.7(12)	83.3(12)
Apr. 20	62.5(16)	75.0(20)	-	82.6(23)	92.3(13)
Total	65.5	67.8	91.5	85.0	89.7
Adult emergence rate					
Feb. 20	75.0(16)	84.6(13)	94.1(34)	-	-
Mar. 5	80.0(10)	90.0(10)	89.5(19)	80.0(10)	100.0( 7)
Mar. 20	85.7(14)	80.0(10)	100.0(15)	90.9(11)	100.0( 6)
Apr. 5	100.0( 5)	80.0(10)	100.0(17)	90.9(11)	100.0(10)
Apr. 20	80.0(10)	80.0(15)	-	84.2(19)	100.0(12)
Total	81.8	82.8	95.3	86.3	100.0

<sup>a</sup> The figure in the parentheses is the number of pupae examined.

서 채집한 개체들은 수원에 보관했을 때는 87.3%로 진주에 묻었던 경우의 25.7%와 큰 차이를 보였다.

#### 발육기간 및 발육기간의 분포

월동용의 생존율을 조사하기 위해 수행된 실험 중 토양에서 월동용을 채취하여 25°C에서 우화시기를 조사하였을 때 (1988/89, 1991/92 시험)와 야외와 인공환경에 두고 조사한 뒤 유효적산온도를 근거로 25°C에서의 발육일수로 환산한(1992/93 시험) 우화까지의 평균 발육기간은 표 4와 같다. 우화까지 평균발육기간은 1988/89년에 실험한 음성에서 채집한 집단에서 가장 길게 나타났으며, 1991/92년 실험에서는 수원과 공주에서 채집한 집단의 우화까지 발육기간이 32.6일과 29.6일로 다른 지역보다 길었다.

1992/93년 시험에서 평균발육기간을 보면 수원의 인공환경조건에 보관한 경우가 진주의 야외조건에 보관한 경우보다 지역에 관계없이 모두 긴 발육기간을 보여(F=96.27, P<0.0001) 환경에 따라 발육기간에 차이가 나타날 수 있음을 알 수 있었다. 중부지역에서 채집한 집단의 경우 진주지역에 묻었을 때 수원에서 인공환경조건에 보관한 경우보다 모두 발육기간이 짧아지는 경향을 보였다(수원: F=20.56, P<0.0001, 괴산: F=3.83, P=0.582, 논산: F=4.79, P=0.035). 또한 함양과 임실의 경우에도 수원에 보관할 경우 진주에 묻어두었을 때보다 발육기간이 길어지는 경향을 보였다(함양: F

=70.3, P<0.0001, 임실: F=27.76, P<0.0001). 한편, 수원, 괴산, 함양에서 채집한 번데기의 발육기간을 동일한 지역에서 채집한 1991/92년 시험결과와 비교하면 중부지방인 수원과 괴산집단은 수원에 보관했을 때 두 실험 모두 비슷한 발육기간을 보였으며 함양의 경우도 진주에 보관한 2개년도 실험 모두 비슷한 경향을 나타냈다.

발육기간의 변이는 1991/92년 실험의 경우 수원과 괴산에서 채집하여 수원에 묻었다가 수거했을 때 보다 1992/93년 시험에서 진주에 묻었을 때가 작아지는 경향을 보였으며 함양의 경우 거의 동일한 조건이었던 진주에 묻은 경우(91/92시험과 92/93시험)에는 비슷하였으나 1992/93년 시험 중 수원의 인공환경에 보관했을 때는 변이가 커지는 경향을 나타냈다. 즉, 환경에 따라 우화양상이 다르게 나타났으며 우화초부터 우화 후 30일 정도까지 한번의 발생최성기를 보이고 그 후의 발생은 길게 늘어지는 모양을 보였다. 90% 우화일의 경우 이러한 경향은 더욱 분명한데, 1991/92년 시험에서 김제와 함양에서 채집하여 진주에 보관했던 집단에서는 90% 누적우화기간이 30일과 27일로 중부지역에서 채집하여 수원에 묻은 경우보다 11~48일 빨랐다. 그러나 1992/93년도 시험에서는 중부지역에서 채집하여 진주에 묻었을 경우에는 남부지역산과 마찬가지로 30일 이내의 값을 보였으며 남부지역산을 수원의 인공환경에 보관한 경우에는 50일 이상으로 늘어지는 것으

로 나타났다. 1991/92년 시험에서 보면 10%에서 50% 누적우화까지의 기간이 평균 4.9일(2~10일)인 반면 50%에서 90% 누적우화까지의 기간은 23.7일(6~48일)로 뒷부분의 기간이 약 5배 정도 길게 나타나 비정규 분포하는 경향을 보였다.

휴면용의 우화까지의 발육기간을 진주지역에 묻었던 집단 95% 우화일인 30일을 기준으로 볼 때 30일 이상 걸리는 개체의 비율은 1988/89년 시험의 경우 채취 시기와 채집지역에 따라 0%에서 100%까지 다양하였고 전체적인 비율은 약 39.5%였다. 1991/92년 시험의 경우 휴면용을 묻었던 지역별로 보면 수원에 묻은 집단이 24.2%로 진주에 묻은 집단(4%)보다 높았다. 한편, 상대적으로 비율이 높았던 수원에 묻은 집단내에서 채집지역이나 시기에 따른 비율의 차이는 일정한 경향을 보이지 않았으며 0%에서 50%까지 심한 변이를 나타내어 1988/89년 실험결과와 비슷한 경향을 보였다. 그러나, 1992/93년 시험의 중부지역에서 채집하여 진주에 묻었을 경우를 보면 2.3%로 1991/92년 시험에서 수원지역에 보관한 중부지역 채집산의 24.2%보다 매우 낮아졌음을 알 수 있다. 또한 앞에서 제시한 보관지역과 채집지역에 따른 우화율조사(92/93 시험, 표 3)에서 나타난 것처럼 중부지역에서 채집하여 진주에 보관한 경우 우화율이 30%이하로 91/92년 수원에 보관했던 결과보다 낮았던 점을 고려하면 결국 중부지역집단 중 30일 이후에 우화하는 개체들이 진주지역에 보관했을 때 우화에 실패할 확률이 높았던 것으로 생각된다.

1991/92년 월동실험 결과 중 30일 이내에 우화한 개체들의 평균발육기간을 채집지역과 채취시기별로 보면 표 5와 같다. 모든 개체의 발육기간을 포함시킨 표 4의 경우보다는 채집지역 ( $F=2.09$ ;  $df=5, 209$ ;  $P=0.068$ )이나 묻은지역 ( $F=2.75$ ;  $df=1, 213$ ;  $P=0.0986$ ), 혹은 채취시기 ( $F=1.87$ ;  $df=4, 210$ ;  $P=0.1161$ )에 관계없이 20일에서 26일로 큰 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과로 보면 1988/89년 시험의 경우 30일 이내에 우화한 개체의 전체 평균발육기간은 22.64일이었으며 1991~1992년 실험의 경우는 22.35일이었었다. 이는 실내에서 인공적인 조건에서 유기시킨 휴면용을 저온처리후 조사한 Boo *et al.* (1990)의 결과 및 야외에서 유충을 채집, 실내에서 저온처리후 조사한 Han (1993)의 발육기간과 유사하였다. 그러므로 담배나방 월동용의 발육기간은 30일 이내에 우화하는 집단의 경우 지역이나, 연도 혹은 4월 하순까지의 채취시기 등에 관계없이 비교적 일정한 양상을 나타내지만 30일 이상 소요되는 개체들은 채집지역이나 월동환경에 따라 발육기간의 변이를 나타내게 하는 특징을 지니고 있는 것으로 보여 이런 개체들이 월동세대 성충의 우화시기에 명백한 구분을 나타내지 못하게 하는 원인으로 생각된다.

Table 3. Survivorship (%) and adult emergence rate (%) of *H. assulta* when overwintering pupae were collected at different locations and held at two different environments<sup>a</sup> in 1992~1993

Larval collection sites	Pupae held at Suwon	Pupae held at Chinju	
	emergence rate (%)	emergence rate (%)	Survivorship <sup>c</sup> (%)
Suwon	92.4 (79) <sup>b</sup>	27.0 (94)	79.8
Koesan	72.2 (36)	30.0 (40)	90.0
Nonsan	94.4 (36)	13.5 (37)	62.2
Andong	78.6 (14)	36.4 (11)	91.7
Hamyang	79.7 (59)	59.6 (57)	75.4
Imsil	65.7 (35)	77.8 (27)	79.4

<sup>a</sup> Pupae held in low temperature condition (5~10°C) in Suwon and in 5 cm depth soil in Chinju during winter season (Dec. 1992~Apr. 1993).

<sup>b</sup> The figure in the parentheses is the number of pupae examined.

<sup>c</sup> The survivalship was examined in April 6, 1993.

## 고찰

### 월동중 생존율

1988/89년 월동실험 결과를 보면 매우 낮은 생존율을 보이고 있다(표 1). 이와 같이 월동중 생존율이 낮은 것은 다른 보고자들의 결과와 일치하고 있으며 (Hwang, 1987; Shin *et al.*, 1982; Shin *et al.*, 1983; Shin *et al.*, 1984; Son and Kim, 1984), 같은 속의 *H. zea*나 *H. virescens*에서도 비슷한 결과가 보고된 바 있다(Stadelbacher and Pfrimmer, 1972; Young and Price, 1977; Stadelbacher and Martin 1980). 월동중 사망률은 지중온도, 지중온도의 저온 지속시간, 강우량, 토성 등 월동용이 경험하는 겨울철 환경과 밀접한 관계가 있다고 한 바 있다(Slosser *et al.*, 1975; Eger *et al.*, 1983). 그러나 1991/92년 시험의 경우 생존율과 우화율이 매우 높아(표 2) 표 1에서 나타난 시기나 지역에 따른 큰 폭의 변이는 보이지 않았는데 이는 다음과 같이 실험방법의 차이에 의한 것으로 생각할 수 있다. 즉, 1) 용화된 상태 그대로 용기째 묻음으로써 실제 흙으로 몸체 주위를 둘러싸는 것과 비슷하게 인공사료에 의해 외부와 차단되는 효과가 생겼고 플라스틱 용기 또한 휴면용과 토양의 직접적인 접촉을 차단하였으며 2) 잔존한 인공사료중 agar성분에 의해 토양보다 유리한 습도조건을 제공하였거나 방부제 성분의 영향으로 토양보다 좋은 환경을 유지하게 된 것 등으로 생각해 볼 수 있다.

이와 같은 현상은 Mulrooney *et al.* (1989)이 보고한 *H. virescens*의 용저장 실험에서도 볼 수 있는데, 월동용을 플라스틱 사육용기에 넣어 토양중에 저장할 경우

60% 이상의 생존율을 나타내어 앞에서 언급한 야외에서의 생존율이 대개 5% 미만이라는 보고(Stadelbacher and Pfrimmer, 1972; Young and Price, 1977; Stadelbacher and Martin, 1980)보다 훨씬 높음을 알 수 있다. 또한 McCann *et al.* (1989)의 실험에서도 *H. zea*나 *H. virescens* 월동용을 용기에 넣어 월동시킬 경우 40%에서 60%의 생존율을 나타낸 바 있다. 1991/92년 시험결과에서 진주지역에 묻은 집단의 월동번데기 생존율이 수원지역에 묻은 것보다 20% 정도 낮았던 현상은 진주 지역과 수원지역에서 묻은 깊이가 5와 20 cm로 각각 달라 겨울동안 겪은 온도환경이 달랐을 가능성에 기인한 것으로 생각된다. 실제로 기상자료로부터 1983년부터 1992년까지 지중 5 cm와 10 cm의 1월에서 3월까지의 평균온도를 비교하면 5.2°C와 11.9°C로 깊이에 따른 차이가 컸으며 1993년 진주지역의 지중 5 cm의 1월에서 3월까지의 평균온도는 4.4°C로 수원지역의 지중 5 cm 온도와 비슷하였다.

한편, 같은 지역에서 채집하여 진주지역의 야외조건과 수원지역의 인공환경조건에 나누어 월동시킨 1992/93 결과에서 보면 월동번데기의 생존율과 우화율은 남부지방에서 채집한 개체들에서는 두 보관지역간

차이가 크지 않았다. 그러나, 중부지역에서 채집한 개체들에서는 보관조건에 따라 4월까지의 생존율은 비슷하였지만 우화율에서 매우 큰 차이를 보였다. 즉, 중부지역에서 채집한 개체들을 남부지역에 묻어둘 경우 겨울철 동안의 치사율보다는 봄철의 환경요인에 의해 더 높은 사망률을 나타낸 것으로 보인다. 이러한 결과는 담배나방이 지역에 따라 월동후 우화까지 기간동안 환경에 민감하게 반응한다는 것을 암시하는 것으로 생각된다.

**발육기간의 분포**

담배나방은 보고자에 따라 생활사나 연간 세대수가 다르게 제시되어 왔다. 이것은 대부분의 곤충이 휴면을 통하여 환경조건과의 계절성 일치를 도모하는데 반하여 담배나방은 휴면생육단계인 용의 휴면발육생리가 특이한 것으로 생각된다. 즉, 휴면용에서 우화하는 성충의 우화양상은 하나의 정점을 가진 단순한 정규분포 유형이 아니라 뒷 부분의 기간이 매우 길게 늘어져 있는 그리고 한 개의 큰 정점과 후반기에 작고 길게 늘어져 오른쪽으로 길게 편기된 polymodal한 양상을 지니고 있어(표 4) 숫검은밤나방의 하면용에서 보여지는

Table 4. Development of *H. assulta* overwintering pupae from larvae collected at different locations, and held at different locations at 25°C

Year	Location pupae held	Location larvae collected	No. of adult emerged	Days required to acumulative percent of adult emergence			Mean duration (Days ± SD)
				10%	50%	90%	
1988/89	Suwon	Suwon	18	20	22	57	32.7 ± 8.8
		Ŭmsŏng	20	20	30	78	43.9 ± 26.1
1991/92	Suwon	Kosan	82	19	22	41	26.1 ± 9.8
		Suwon	44	19	26	56	32.4 ± 16.5
		Kongju	35	20	26	45	29.6 ± 12.7
	Chinju	Kimju	48	18	21	30	24.9 ± 11.9
		Hamyang	45	18	21	27	22.5 ± 4.8
1992/93	Suwon	Suwon	73	15	34	50	33.7 ± 13.0
		Koesan	26	13	22	42	26.5 ± 10.2
		Nonsan	34	17	36	51	34.2 ± 13.5
		Andong	11	15	32	40	29.0 ± 9.8
		Hamyang	47	21	41	57	41.0 ± 12.6
		Imsil	23	22	45	66	43.4 ± 15.3
	Chinju	Suwon	26	16	22	28	21.9 ± 4.6
		Koesan	12	19	21	23	20.4 ± 2.7
		Nonsan	5	17	22	23	20.8 ± 2.2
		Andong	4	14	21	30	21.6 ± 6.3
		Hamyang	34	14	23	25	22.2 ± 3.8
		Imsil	21	21	25	30	25.2 ± 4.2

Table 5. Development time (days; mean  $\pm$  SD (n)) of the overwintered pupae of *H. assulta* which emerged within 30 days at 25°C when pupae were held at different locations and recollected on different dates

Dates pupae recollected	Pupae held at Chinju		Pupae held at Suwon		
	Larvae collection sites		Larvae collection sites		
	Hamyang	Kimje	Koesan	Suwon	Kongju
Feb. 20	21.4 $\pm$ 2.2(12)	23.7 $\pm$ 3.9(10)	22.4 $\pm$ 3.6(24)	-	-
Mar. 5	25.3 $\pm$ 2.5( 7)	22.6 $\pm$ 3.5( 7)	22.0 $\pm$ 3.1(14)	26.4 $\pm$ 3.1( 6)	22.0 $\pm$ 0.0( 3)
Mar. 20	21.3 $\pm$ 2.3(12)	21.9 $\pm$ 2.3( 7)	21.2 $\pm$ 1.9(11)	22.8 $\pm$ 2.3( 5)	26.7 $\pm$ 3.5( 3)
Apr. 5	21.8 $\pm$ 3.1( 5)	21.4 $\pm$ 3.2( 8)	21.7 $\pm$ 2.6(16)	22.3 $\pm$ 3.5( 7)	24.5 $\pm$ 3.5( 8)
Apr. 20	20.8 $\pm$ 3.7( 8)	19.8 $\pm$ 3.6(12)	-	22.9 $\pm$ 3.2(11)	22.8 $\pm$ 3.2(12)

좁고 높은 우화곡선 (Kim, 1983)과는 대조적이다. 이러한 휴면후 우화양상은 북승아심식나방에서도 볼 수 있다 (Lee, 1990). 한편, 지역에 따른 온도조건 차이 때문에 우화시기의 차이가 생길 가능성 (Han, 1993)을 보여 봄철 포장에서의 월동용의 우화양상은 매우 복잡한 것으로 생각된다. 발육기간이 비교적 뚜렷한 비연속성을 나타내며 발육기간이 가장 빨랐던 함양지역산의 90% 누적우화기간인 30일을 기준으로 설정하고 실험에 사용된 개체들을 발육기간이 빠른 개체들과 늦은 개체들로 구분해보면 중부지방산에서 발육이 늦은 개체의 비율이 남부지방산 보다 높았다.

이와 같이 채집지역, 문은지역, 수거시기 등에 따른 빈도의 차이를 나타내는 기작에 관해서는 다음과 같이 두가지로 생각해 볼 수 있다. 첫번째로는, 휴면용에 대한 저온처리효과와 관련된 것으로 생각해 볼 수 있다. 즉, 수거하여 가온을 시작할 때까지 야외에서 경험한 저온이 휴면을 종료하기에 충분한 조건이 되었던 개체들과 그렇지 않은 개체들이 함께 공존함으로써 개체간 발육기간의 변이가 크게 나타난 것으로 추정할 수 있다. 이와 같은 추정이 증명되기 위해서는 Lopez and Hartstack (1985)의 결과처럼 시기를 달리하여 가온한 처리간에 발육기간이 길게 나타난 개체의 빈도가 가온 처리시기가 늦어질수록 줄어드는 것이 증명되어야 할 것이다. 그러나 표 5의 결과에서는 각 가온시기별 발육기간이 긴 그룹의 빈도가 뚜렷이 감소하는 경향을 보이지는 않았으며 경우에 따라서는 빈도가 오히려 늘어나는 현상까지 있었다. 또한 저온처리효과가 9°C 15일 정도만 되어도 휴면이 타파되는 사실 (Han, 1993)로 미루어 2월 하순경이면 저온효과는 이미 충분할 것으로 생각되어 이러한 가설은 받아들이기 힘들 것으로 생각된다.

두번째로, 담배나방의 지역집단간 차이나 환경조건에 대한 개체별 반응의 다양성에 의한 것으로 생각해 볼 수 있다. 남부지역에서 채집한 경우 그 빈도가 중부지역에 비해 상대적으로 낮았으며 평균발육기간의 변

이제수가 남부지방산에서 작은 점 (표 4), 반면 중부지역산을 남부지역에 보관할 경우 우화율이 낮아지고 발육기간의 변이가 작아지는 점, 그리고 월동용을 수원지역 망실에 방치할 경우 우화가 6월 9일에서 7월 12일까지 약 40일에 걸쳐 우화하였다고 한 점 (Lee, 1973), 일반적으로 담배나방이 형태나 성유인물질에 대한 반응에서도 차이가 존재한다는 점 (Park, 1991; Cork *et al.*, 1992), 유아등에 나타난 성충의 유살량 정점이 세대를 나누기 힘들 정도로 복잡하다는 점 (Han, 1993), 그리고 보고자에 따라 년간 세대수나 발생시기 등에 차가 있는 점등을 고려해 볼 때 담배나방의 지역집단간 다양성이 매우 클 가능성이 높다고 할 수 있다.

Wilson *et al.* (1979)은 같은 속인 *H. armigera* 월동용의 우화까지의 기간을 평균값 대신 중앙값을 사용하게 된 이유로 발육기간이 뒤로 길게 쳐지는 현상 때문이라고 하여 집단내 다양성을 시사한 바 있으며, Holtzer *et al.* (1976)도 *H. zea* 월동용의 발육기간이 채집지역에 따라 차이가 나며 이러한 특성은 유전적인 것이라고 보고한 바 있다. 따라서 이와 같은 월동용의 우화양상이 단순하지 않은 성질은 *Helicoverpa*속의 한 특징으로 생각된다. 이러한 월동후 우화양상의 다양성 (poly-modality)은 다른 곤충에서도 보여지고 있는데, 일종의 polyphenism현상으로 종개체군 유전자 구성에 대한 진화적 도태의 결과라고 생각된다 (Masaki, 1978; Hoy, 1978; Waldbauer, 1978; Krysan, 1982; Volney *et al.*, 1983; Tauber *et al.*, 1986; Gilbert, 1990).

담배나방은 결국 이러한 집단내 다양성을 통하여 일반 곤충에서 계절에 대한 적응 방법으로 많이 이용되고 있는 휴면을 통한 기주식물의 생육시기와 발생시기를 일치시키는 방법과는 달리 집단의 발생시기를 분산을 크게 하여 불리한 환경조건에 처하게 되어도 그러한 환경을 피한 개체가 살아남게 되어 종의 소멸을 막는 방향으로 적응 진화해 온 것으로 생각할 수 있다. 즉, 월동중 생존율이 매우 낮은 편이고, 주요 기주식물이 담배와 고추로 한정되어있으며 이들 기주의 재배양

식이 급격히 바뀌는 등 변화가 있었음에도 불구하고 담배나방은 이와 같은 적응방법에 의해서 소멸되지 않고 종을 유지시킬 수 있었던 것으로 생각된다. 그러나 이러한 적응양식이나 지역간 종분화 가능성 그리고 진화방향에 대한 좀더 명확한 결론을 얻기 위해서는 월동생태에서 나타난 다양성의 지역간 차이, 같은 지역 개체군내의 유전자 구성 특성, 성유인물질이나 형태적 다양성등을 종합적으로 비교할 수 있는 집단 유전학적 연구가 뒷받침 되어야 할 것이다.

## 사 사

자료분석과 초고교정에 도움을 주신 서울대 현재선 박사님과 농업과학기술원 이문홍 박사님 그리고 고려대 류문일 박사님께 감사드리며, 우화시기조사 및 시험에 도움을 주신 경남농촌진흥원 정부근 박사님과 인삼연초연구소 손준수 박사님께 감사드립니다.

## 인 용 문 헌

- Boo, K.S., H.C. Shinn, M.W. Han, and M.H. Lee. 1990. Initiation and termination of pupal diapause in the Oriental tobacco budworm, *Heliothis assulta*. Korean J. Appl. Entomol. 29: 277~285. (In Korean with English Abstract)
- Choi, B.M. 1969. Studies on the ecology of Oriental tobacco budworm. Bull. Chungju Educ. Coll. 5: 289~295. (In Korean)
- Cork, A., K.S. Boo, E. Dunkelblum, D.R. Hall, K. Jee-Rajunga, M. Kehat, E. Kong Jie, K.C. Park, P. Tepgidagarn, and Liu Xun. 1992. Female sex pheromone of *Helicoverpa assulta* (Guenee) (Lepidoptera: Noctuidae): Identification and field testing. J. Chem. Ecol. 18: 403~418.
- Eger, J.E.Jr., W.L. Sterling, and A.W.Jr. Hartsrack. 1983. Winter survival of *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in College Station, Texas. Environ. Entomol. 12: 970~975.
- Gilbert, F. 1990. Insect Life Cycles: Genetics, Evolution and Co-ordination. Springer-Verlag. London. 258pp.
- Han, M.W. 1993. Studies on forecasting models of the Oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee). 97p. Ph.D. dissertation. Seoul National University, Suwon. (In Korean with English Abstract)
- Holtzer, T.O., J.R.Jr. Bradley, and R.L. Rabb. 1976. Geographic and genetic variation in time required for emergence of diapausing *Heliothis zea*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 69: 261~265.
- Hoy, M.A. 1978. Variability in diapause attributes of insects and mites: Some evolutionary and practical implications. In Evolution of Insect Migration and Diapause. ed. Dingle, H. Springer-Verlag. New York. pp. 101~126.
- Hwang, C.Y. 1987. Studies on bionomics and parasitoids of the Oriental tobacco budworm, *Heliothis assulta* Guenee. 56p. Ph.D. dissertation. Chungnam National University, Daejeon. (In Korean with English Abstract)
- Kim, S.S. 1983. Studies on the bionomics and summer diapause of a cutworm, *Agrotis tokionis* Butler. 36p. Ph.D. dissertation, Seoul National University, Suwon. (In Korean with English Abstract)
- Krysan, J.L. 1982. Diapause in the nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica*: Evidence for tropical origin and temperate adaptations. Ann. Entomol. Soc. Amer. 75: 136~142.
- Lee, E.S. 1958. Studies on the ecology of cotton ballworm related with damage of redpepper. Bull. of Kyungbuk Univ. 2: 259~269. (In Korean)
- Lee, H.Y. 1973. Monitoring of Oriental tobacco budworm by black light trap, survey on the its damage, and chemical control experiment. Annual Research Report of Horticultural Experiment Station. pp. 195~212. (In Korean)
- Lee, S.W. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. 87p. Ph. D. dissertation, Seoul National University, Suwon. (In Korean with English Abstract)
- Lopez, J.D.Jr., and A.W.Jr. Hartstack. 1985. Comparison of diapause development in *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 78: 415~422.
- Masaki, S. 1978. Seasonal and latitudinal adaptations in the life cycles of crickets. In Evolution of Insect Migration and Diapause. Dingle, H. ed. Springer-Verlag. New York. pp. 72~100.
- McCann I., J.D.Jr. Lopez, and J.A. Witz. 1989. Emergence model for field populations of overwintering *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 18: 618~624.
- Mulrooney, J.E., W.L. Parrott, F.M. Davis, and J.N. Jenkins. 1989. Storage of diapausing tobacco budworm pupae (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 82: 1490~1493.
- Park, K.C. 1991. Composition and activity of female sex pheromone in the oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee). 85p. Ph. D. dissertation, Seoul National University, Suwon. (In Korean with English Abstract)
- Shin, C.S., E.D. Han, C.H. Lee, and J.H. Ahn. 1982. Experiments on the ecology and control of Oriental tobacco budworm. Annual Research Report of Chungbuk Provincial Rural Development Administration. pp. 563~573. (In Korean)
- Shin, C.S., T.W. Chung, and C.H. Lee. 1983. Host range of Oriental tobacco budworm and its vitality in different host. Annual Research Report of Chungbuk Provincial Rural Development Administration. pp. 408~411. (In Korean)
- Shin, C.S., T.W. Chung, and C.H. Lee. 1984. Studies on the vitality of Oriental tobacco budworm larvae. Annual Rese-



- arch Report of Chungbuk Provincial Rural Development Administration. pp. 526~533. (In Korean)
- Slosser, J.E., J.R. Phillips, G.A. Herzog, and C.R. Reynolds. 1975. Overwinter survival and spring emergence of the ballworm in Arkansas. *Environ. Entomol.* 4: 1015~1024.
- Son, J.S., and S.S. Kim. 1984. Establishment of effective control system against major insect pest. Annual Tobacco Research Report of Korean Jinseang and Tobacco Research Institute (Cultivation, Breeding, and Environment) pp. 51~70. (In Korean)
- Stadelbacher, E.A., and D.F. Martin. 1980. Fall diapause, winter mortality, and spring emergence of the tobacco budworm in the Delta of Mississippi. *Environ. Entomol.* 9: 553~556.
- Stadelbacher, E.A., and T.R. Pfrimmer. 1972. Winter survival of the bollworm at Stoneville, Mississippi. *J. Econ. Entomol.* 65: 1030~1034.
- Tauber, M.J., C.A. Tauber, and S. Masaki. 1986. *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford University Press. New York. 411pp.
- Volney, W.J.A., W.E. Waters, R.P. Akers, and A.M. Liebhold. 1983. Variation in spring emergence patterns among western *Choristoneura* spp. (Lepidoptera: Tortricidae) populations in southern Oregon. *Can. Ent.* 115: 199~209.
- Waldbauer, G.P. 1978. Phenological adaptation and the polymodal emergence patterns of insects. In *Evolution of Insect Migration and Diapause*. Dingle, H. ed. Springer-Verlag. New York. pp.101~126.
- Wilson, A.G.L., T. Lewis, and R.B. Cunningham. 1979. Overwintering and spring emergence of *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Namoi Valley, New South Wales. *Bull. Entomol. Res.* 69: 97~109.
- Young, J.H., and R.G. Price. 1977. Overwintering of *Heliothis zea* in southwestern Oklahoma. *Environ. Entomol.* 6: 627~628.

(1997년 11월 5일 접수, 1998년 11월 30일 수리)