

파밤나방 유충의 발육 및 성충의 수명과 산란에 미치는 온도의 영향

최주수* · 박영도¹

동의대학교 자연과학대학 생물학과
¹동의대학교 기초과학연구소

Effects of Some Temperatures on Larval Development, Adult Longevity and Oviposition of the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner

Joo-Soo Choi* and Yeong-Do Park¹

Department of Biology, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea
¹Center for Basic Science Research, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea

Abstract

Larval development, adult longevity and oviposition of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner was studied at 16, 20, 25 and 30°C with a 16L : 8D photoperiod. Egg hatchability of *S. exigua* was the highest at 30°C and reduced with decreasing temperature. Egg period was the shortest at 30°C and prolonged with decreasing temperature. Percent pupation was became higher at higher temperature from 23.2% to 94.0%. Developmental period of larva was the shortest at 30°C, but extended with decreasing temperature. Adult emergence ratio was the highest at 30°C and reduced with decreasing temperature. The mean pupal period was 35.2, 14.4, 7.8 and 5.0 days at 16, 20, 25 and 30°C, respectively. Relationships between constant temperature and the developmental velocity of egg, larva and pupa were linear. Developmental threshold temperature seems to be 13.38°C for egg, 14.02°C for larva, 14.09°C for pupa, and 13.84°C for egg to adult. Estimated value of the total effective temperature for completing each stage was 36.89 day-degree for egg, 155.72 day-degree for larva, 79.20 day-degree for pupa, and 273.41 day-degree for egg to adult. Female longevity varied to temperature from 11.4 days at 16°C to 5.8 days at 30°C, and male longevity was longer than that of female. Preoviposition period was the shortest at 30°C, but prolonged with decreasing temperature. It was about 2.7 times longer at 16°C than that at 30°C. Number of eggs per female was the highest at 25°C, followed by 20, 30 and 16°C.

Key words – *Spodoptera exigua*, Larval development, Adult longevity, Oviposition, Threshold temperature, Total effective temperature

서 론

파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner)은 열대 및 아열대지

방 뿐만 아니라 최근에는 온대지방에서도 발생이 크게 증가하고 있는 주요 해충종의 하나이다[4,10,20]. 본 해충은 파를 중심으로 40과 121종에 이르는 광식성 해충으로[9,19], 우리나라에서는 1926년 사탕무우에서 그 피해가 알려진 후 [3] 채소, 화훼, 과수 등에 발생하여 피해가 심한 것으로 보고되었다[1,5,8].

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : (051) 890-1527, Fax : (051) 890-1522
E-mail : choijs@hyomin.donggeui.ac.kr

파밤나방은 채소류의 잎을 선호하고 오래된 잎보다 발아 직후의 유묘나 신엽에 주로 산란하기 때문에 파밤나방에 의한 피해는 작물의 유묘기때부터 심하게 나타난다[5]. 부화 후 바로 파의 잎속으로 들어가는 유충의 습성과 영기가 진행됨에 따라 약제저항성이 높게 나타나고, 또한 피해를 받은 파는 수량감소외에 품질의 저하를 가져오기 때문에 재배농가에서는 방제가 어려운 해충으로서 그 대책에 부심하고 있는 실정이다[7,13,18]. 따라서 해충의 세대수 추정 및 우화기나 어떤 발육단계의 출현 등을 예측하기 위해서는 기본적으로 발육 및 증식 과정의 해석이 필요하다.

본 연구는 곤충의 가장 중요한 환경요인인 온도조건이 파밤나방의 발육 및 산란에 미치는 영향을 조사하여 파밤나방 개체군의 증식상황을 예측함으로써 방제적기를 포착하는데 필요한 기초자료를 얻고자, 각 온도별로 파밤나방의 발육속도 및 성충의 수명과 산란력을 측정하는 실험을 수행하였으며, 그리고 발육에 미치는 온도의 영향을 조사하여 발육영점온도 및 유효적산온도를 산출하였다.

재료 및 방법

파밤나방은 항온실(25±1℃, 16L-8D)에서 인공사료[15]를 이용하여 5세대 사육한 성충에서 채란하여 공시충으로 사용하였다. 부화율 및 난기간은 당일 산란된 난의 알수를 50개씩 5반복으로 인공사료가 담긴 플라스틱통(20×20×15 cm)안에 넣고 온도별로 각각 사육하면서 부화하는 약충의 수를 매일 조사하였으며, 부화가 완료된 후 해부현미경 하에서 배자발육의 상태를 보고 미부화난수를 조사하였다.

약충기간 및 용화율은 인공사료가 담긴 플라스틱통에

갖 부화한 유충을 50마리씩 5반복으로 온도별로 각각 접종하고 매일 유충의 생사를 조사하면서, 온도별로 각각 사육된 유충수에서 번데기로된 숫자를 조사하여 계산하였으며, 용기간 및 우화율은 각 온도별로 준비된 플라스틱통안에 여과지를 깔 사레에 번데기를 넣고 성충으로 우화하는 기간을 조사하였다.

우화 직후의 암·수 1쌍을 윗면에 망사를 붙인 플라스틱통(20×20×15 cm)안에 넣고 온도별로 각각 사육하면서 산란전기, 산란수 및 성충의 수명을 매일 조사하였다. 산란을 위해서 플라스틱통의 바닥, 옆면 및 덮개부분에 유산지를 깔았으며, 먹이로 탈지면에 10% 희석한 꿀물을 적신 것을 매일 유산지를 교체할 때 새로운 것으로 공급하였다.

사육온도별 평균발육기간을 역수로 변환하여 발육속도로 바꾼 후 온도와 발육과의 직선회귀식을 구한 다음, 발육영점온도와 유효적산온도를 산출하였다. 온도조건이 파밤나방의 발육 및 성충의 수명과 산란에 미치는 효과를 검토하기 위하여 SAS(statistical analysis system) [11]를 이용하여 LSD검정(P=0.05)으로 비교하였다.

결과 및 고찰

배자발육에 미치는 온도의 영향

각 온도별 파밤나방의 부화율, 난기간 및 발육속도는 Table 1과 같다. 발육온도에 따른 난의 부화율은 30℃에서 98.4%로 가장 높았으며, 온도가 낮아짐에 따라 부화율이 낮아지는 경향이었는데, 16℃에서는 30℃보다 2배이상 낮게 나타났다. 난기간은 30℃에서 2.2일로 나타나, 16℃에서보다 5.7배정도 난기간이 짧게 나타났다. 한편 온도와 알

Table 1. Egg period, hatchability and velocity of development of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner, at various temperatures^a

Temp. (°C)	No. of eggs tested	No. of larvae hatched	Percent hatching	Egg period (days±SE)	Velocity of development
16	250	119	47.6 ^c	12.6±0.68 ^a	0.079
20	250	160	64.0 ^b	5.8±0.37 ^b	0.172
25	250	235	94.0 ^a	3.4±0.25 ^c	0.294
30	250	246	98.4 ^a	2.2±0.20 ^c	0.455

^aAverage for 5 replications and their standard error.

^bMeans within a column followed by common letter are significantly different at 1% by Duncan's multiple range test.

의 발육속도간에는 직선관계를 나타내었으며($V=0.02675-0.3568$, $r=0.997$), 온도가 높을수록 발육속도는 빠르게 나타났다.

Goh & Kim[4]은 부화율이 30℃에서 76.1%로 보고하여, 본 결과보다 아주 낮게 나타났으나, 20℃에서는 64%로 일치하였다. 한편 부화율이 20℃에서 60%, 25℃에서 97.9%로 보고한堀切[7]와 Goh *et al.*[6]의 결과와는 같은 경향을 보였다. 난기간의 경우 16℃에서 67.7일로 보고한 Takai[12]의 결과와는 55.1일의 차이를 보였으나, 20℃에서 5.4일, 30℃에서 2.0일을 보고한 Goh & Kim[4]과 20℃에서 5.0일, 25℃에서 3.0일을 보고한 Yao & Matsuura[17]의 결과와는 비슷한 경향이였다. 한편 본 실험에서 난 발육시 이용된 난은 암컷 성충의 미모로 싸여진 난괴를 이용하였기 때문에 온도의 전달 및 보온, 그리고 사용된 공시난의 온도반응과 공시난수 및 실험방법 등의 차이로 보고자에 따라 부화율과 난기간의 차이가 있는 것으로 생각되나, 이점에 있어서는 자세한 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

후배자발육에 미치는 온도의 영향

파밤나방 유충의 온도별 용화율과 유충기간 및 발육속도는 Table 2와 같다. 발육온도에 따른 유충의 용화율은 30℃에서 94.0%로 나타나, 16℃의 23.2%보다 4배정도 높게 나타났으며, 온도가 높아짐에 따라 용화율이 높아지는 경향이였다. 암수 평균 유충기간은 16℃에서 69.4일, 30℃에서 10.0일로 난기간과 같이 유충기간도 온도가 높아질수록 짧았으며, 30℃에서는 16℃보다 발육기간이 7배정도 짧았다. 온도별 발육기간 사이에는 유의한 차이가 있어 파밤나방의 발육이 온도조건에 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있다. 또 유충의 발육속도와 온도간에는 직선관계를 나타

내었으며, 회귀직선은 $V=0.0063t-0.0888(r=0.997)$ 이였다.

Goh & Kim[4]은 용화율이 20℃에서 25%, 30℃에서 86.4%,堀切[7]는 20℃에서 46.7%, 25℃에서 53.3%, 30℃에서 95%로 보고하여 본 연구결과보다 낮았으나, 25.5℃에서 78.3%의 용화율을 보고한 Takai[12]의 결과와는 같은 경향이였다. 유충기간의 경우 Takai[12]는 16℃에서 67.7일, 20.5℃에서 23.3일, 25.5℃에서 13.3일, 30℃에서 9.3일로 보고하여 본 결과보다 유충기간이 짧았으나, Yao & Matsuura[17]는 20℃에서 34.5일, 25℃에서 17.0일로 보고하여 본 결과보다 길게 나타났다.

각 온도별 우화율과 용기간 및 발육속도는 Table 3과 같다. 발육온도에 따른 파밤나방의 우화율은 30℃에서 90.4%로 나타나, 16℃의 29.2%보다 3배정도 높게 나타났으며, 용화율과 같이 온도가 높아짐에 따라 우화율이 높아지는 경향이였다. 용기간은 16℃, 20℃, 25℃ 및 30℃에서 각각 35.2일, 14.4일, 7.8일 및 5.0일로 온도에 따라 용기간의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 온도와 용의 발육속도간에는 직선관계를 나타내었으며($V=0.0123t-0.1730$, $r=0.997$), 유의한 차이가 인정되였다.

堀切[7]는 우화율이 20℃에서 35%, 25℃에서 46.7%, 30℃에서 93.3%, Goh & Kim[4]은 20℃에서 80%, 27℃에서 92.3%, 30℃에서 81.8%로 보고하여 온도에 따라 다소의 차이를 보였으며, Wakamura[15]는 25℃에서 94.1%로 보고하여 본 결과보다 14%정도 높은 우화율을 나타내었다. 용기간의 경우 Takai[12]는 16℃에서 33.6일, 30℃에서 5.1일, Goh & Kim[4]은 20℃에서 16.4일, 30℃에서 5.1일,堀切[7]는 20℃에서 14.7일, 25℃에서 9.1일, 30℃에서 4.9일, Yao & Matsuura[17]는 20℃에서 15.8일, 25℃에서 8.6일로 나타나 본 결과와 비교해 보면 온도에 따라 용기간이 짧기도,

Table 2. Percent pupation, larval period and velocity of development of *S. exigua* at various temperatures^a

Temp. (°C)	No. of larvae tested	No. of larvae pupated	Percent pupation	Larval period (days±SE)	Velocity of development
16	250	58	23.2d ^b	69.4±1.36a	0.014
20	250	131	52.4c	29.2±1.02b	0.034
25	250	187	74.8b	13.8±0.58c	0.073
30	250	235	94.0a	10.0±0.55d	0.100

^aAverage for 5 replications and their standard error.

^bMeans within a column followed by common letter are significantly different at 1% by Duncan's multiple range test.

Table 3. Emergence ratio, pupal period and velocity of development of *S. exigua* at various temperatures^a

Temp. (°C)	No. of pupae tested	No. of adults emerged	Emergence ratio(%)	Pupal period (days±SE)	Velocity of development
16	250	73	29.2d ^b	35.2±0.58a	0.028
20	250	127	50.8c	14.4±0.51b	0.069
25	250	200	80.0b	7.8±0.37c	0.128
30	250	226	90.4a	5.0±0.32d	0.200

^aAverage for 5 replications and their standard error.

^bMeans within a column followed by common letter are significantly different at 1% by Duncan's multiple range test.

길기도 하였다. 이러한 차이는 온도에 따라서 연구자마다 사용한 실험조건, 즉 인공사료의 종류, 습도, 지역 계통, 실험곤충수 및 일장 등의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

발육영점온도와 유효적산온도

평균 발육기간의 역수에서 구한 발육속도와 각 발육단계의 회귀직선에서 산출한 발육영점과 유효적산온도는 Table 4와 같다. 발육단계중 난의 영점온도는 13.38°C, 유충은 14.02°C, 용은 14.09°C, 난에서 성충까지는 13.84°C로 난의 영점온도가 가장 낮았다. 또한 각각의 발육에 필요한 유효적산온도는 난이 36.89일도, 유충이 155.72일도, 용이 79.20일도였으며, 난에서 성충까지 1세대를 경과하는데 필요한 유효적산온도는 273.41일도였다.

堀切[7]는 난의 발육영점온도가 10.5°C로 보고하여 본 결과보다 3°C정도 낮았으나, 유충, 용, 난~성충의 발육영점온도는 1~2°C정도 높게 나타났다. 그러나 Takai[12]는 난의 경우 14.0°C로 본 결과보다 0.6°C정도 높게 나타났으며, 유충, 용, 난~성충의 경우 13.9°C~14.1°C로 본 결과와 비슷하게 나타났다. 한편 난에서 우화까지의 유효적산온도가 堀切[7]는 269.4일도, Takai[12]는 254.4일도로 보고하여 본 결과보다 4~19일도 낮았으나, Goh & Kim[4]은 344.1일도로 본 결과보다 무려 71일도 높게 나타났다. 이러한

차이는 사용한 인공사료의 조성파 사육온도 등의 차이에 기인한 것으로 생각되나, Unida[14]는 같은 종의 곤충이라도 발육단계별로 발육영점온도가 다르다고 보고하였다.

성충의 수명, 산란전기 및 산란에 미치는 온도의 영향

파밤나방 성충의 온도별 수명과 산란전기 및 산란수는 Table 5와 같다. 암컷의 수명은 16°C, 20°C, 25°C 및 30°C에서 각각 11.4일, 10.2일, 7.0일 및 5.0일로 나타나, 온도가 높아질수록 짧아지는 일반적인 경향을 나타냈으며, 수컷이 암컷보다 대체로 수명이 길었다. 산란전기는 16°C에서 3.8일로 가장 길었으며, 온도가 높아짐에 따라 산란전기가 빨라지는 경향이 있는데, 30°C에서는 16°C에 비해 2.4일 빨랐다. 한편 20°C와 25°C에서는 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 나머지 온도간에는 유의한 차이를 나타내었다. 암컷 1마리당 평균 산란수는 20°C, 25°C, 및 30°C에서 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 25°C에서 1,070개로 가장 많았으며, 가장 적은 16°C에서는 818.6개였다.

Wakamura[16]는 야외 채집 후 3세대 실내사육한 파밤나방의 암컷수명과 산란전기가 25°C에서 각각 7.2일, 2.1일로 나타나 본 결과와 비슷하였으나, 산란수는 713개로 본 결과보다 약 300개정도 적었다. 그러나 Wakamura[15]가 실내에서 4세대 누대사육한 경우 산란수는 1,440개로 보

Table 4. Threshold temperature of development, total effective temperature and regression of developmental velocity in each stage of *S. exigua*

Developmental stage	Threshold temperature	Total effective temperature (day-degree)	Regression equation	Correlation Coefficient
Egg	13.38	36.89	V=0.0267t-0.3568	r=0.997
Larva	14.02	155.72	V=0.0063t-0.0888	r=0.997
Pupa	14.09	79.20	V=0.0123t-0.1730	r=0.997
Egg to adult	13.84	273.41	V=0.0036t-0.0493	r=0.998

Table 5. Adult longevity, period of preoviposition and number of eggs oviposited by *S. exigua* at various temperatures^a

Temp. (°C)	Longevity(days±SE)		Preoviposition period (days±SE)	No. of eggs/ female(±SE)
	Female	Male		
16	11.4±1.03a ^b	13.0±1.30a	3.8±0.37a	818.6±39.16b
20	10.2±0.86a	11.8±0.86a	2.8±0.37b	1,038.0±71.35a
25	7.0±0.55b	7.8±0.58b	2.4±0.25b	1,070.0±63.57a
30	5.8±0.37b	6.6±0.51b	1.4±0.25c	1,027.2±61.68a

^aAverage for 5 replications and their standard error.

^bMeans within a column followed by common letter are significantly different at 1% by Duncan's multiple range test.

고하여 본 결과보다 400여개 많았다. 이러한 결과는 같은 연구자라도 공시충의 지역계통과 도태세대수 및 성충기의 영양상태에 따른 난소발육의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 한편 Takai[12]는 25.5℃에서 먹이로 꿀물을 이용한 경우 암수의 수명이 본 결과보다 2.7~7.6일 길게 나타났으나, 물을 이용한 경우는 암수의 수명이 각각 6.3일과 7.9일로 나타나 본 결과와 비슷하였다. 수컷의 수명은 대체로 암컷보다 길었다고 보고하여 본 결과와 일치하였다.

난~성충 273.41일도였다. 우화 성충의 수명은 30℃에서 암수 각각 5.8일과 6.6일로 가장 짧았으며, 온도가 낮아짐에 따라 암수 모두 수명이 길어지는 경향이였다. 산란전기는 30℃에서 1.4일로 가장 짧았으며, 온도가 낮아짐에 따라 길어져 16℃에서는 30℃에 비해 약 2.7배 길었다. 산란수는 25℃에서 1,070개로 가장 많았으나, 20℃, 25℃ 및 30℃간에는 유의한 차이가 없었다.

요 약

온도조건이 파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner)의 발육과 산란에 미치는 영향을 조사하여 포장에서의 온도변화에 따른 파밤나방의 발육경과를 예측함으로써 방제적기를 포착하는데 필요한 기초자료를 얻고자 항온기내에서 파밤나방의 발육속도 및 산란력을 측정하는 실험을 수행한 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

파밤나방 난의 부화율은 30℃에서 가장 높았으며, 온도가 낮아짐에 따라 낮아지는 경향이였다. 난기간은 30℃에서 2.2일로 가장 짧았으며, 온도가 낮아짐에 따라 난기간이 길어지는 경향이였다. 용화율은 30℃에서 94.0%로 가장 높았으며, 온도가 낮아짐에 따라 낮아지는 경향이였다. 유충기간은 30℃에서 가장 짧았으며, 온도가 낮아짐에 따라 길어져 16℃에서는 30℃에 비해 약 7배 길었다. 우화율은 30℃에서 90.4%로 나타나 16℃보다 3배정도 높게 나타났다. 용기간은 30℃에서 가장 짧았으며, 온도가 낮아짐에 따라 길어지는 경향이였다. 파밤나방의 발육영점온도는 난 13.38℃, 유충 14.02℃, 용 14.09℃, 난~성충 13.84℃였고, 유효적산온도는 난 36.89일도, 유충 155.72일도, 용 79.20일도,

참 고 문 헌

1. Ann, S. B., I. S. Kim, W. S. Cho, M. H. Lee and K. M. Choi. 1989. The occurrence of the crop insect pests from Korea in 1988. *Korean J. Appl. Entomol.* **28**, 246-253.
2. East, D. A., J. V. Edelson, B. Cartwright and M. K. Harris. 1992. Beet armyworm (Lepidoptera:Noctuidae) feeding impact on cabbage development and marketability. *J. Econ. Entomol.* **87**, 1641-1646.
3. 江口 貢. 1926. 甘菜を害する夜盜蟲の種類. 朝鮮總督府勸業模範場彙報 **3**, 257-263.
4. Goh, H. G. and J. H. Kim. 1991. Effect of temperature on the development of beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Lepidoptera:Noctuidae). *J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'l Univ.* **9**, 1-5.
5. Goh, H. G., J. D. Park, Y. M. Choi, K. M. Choi and I. S. Park. 1991. The host plants of beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Hübner)(Lepidoptera:Noctuidae) and its occurrence. *Korean J. Appl. Entomol.* **30**, 111-116.
6. Goh, H. G., S. G. Lee, B. P. Lee, K. M. Choi and J. H. Kim. 1990. Simple mass-rearing of beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae), on an artificial diet. *Korean J. Appl. Entomol.* **29**, 180-183.

7. 堀切正俊. 1986. シロイチモジヨトウの發生生態. 植物防疫. **40**, 472-475.
8. Jeong, D. Y., J. H. Mun, Y. H. Song, Y. G. Lee and J. C. Baek. 1997. Distribution of disease and insect pests in greenhouse of southern Korea. *J. Inst. Jan. Res. Util.* **31**, 91-98.
9. 河合 章. 1991. シロイチモジヨトウの生態と被害發生. 植物防疫. **45**, 231-234.
10. Mikkola, K. 1970. The interpretation of long-range migration of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera:Noctuidae). *J. Anim. Ecol.* **39**, 593-598.
11. SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide. SAS Institute, Cary, N. C.
12. Takai, M. 1988. Studies on ecology and control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae). I. Oviposition, development, host plant, seasonal prevalence and overwintering. *Bull. Kochi Inst. Agri. & Forest Sci.* **20**, 1-6.
13. Takai, M. 1988. Studies on ecology and control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae). II. Susceptibility to insecticides. *Bull. Kochi Inst. Agri. & Forest Sci.* **20**, 7-10.
14. Unida. 1957. Developmental zero temperature in insect. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* **1**, 46-53.
15. Wakamura, S. 1988. Rearing of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae), on an artificial diet in the laboratory. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **32**, 329-331.
16. Wakamura, S. 1990. Reproduction of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae), and influence of delayed mating. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* **34**, 43-48.
17. Yao, M. and H. Matsuura. 1990. Studies on the bionomics of *Spodoptera exigua* Hübner in Ishikawa prefecture. I. Consideration of the developmental zero. *Pro. Assoc. Pl. Prot. Hokuriku* **38**, 66-69.
18. Yokomizo, K and T. Teramoto. 1992. Integrated control of lepidopterous pests of greenhouse carnation. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* **38**, 179-181.
19. Yokoyama, H., A. Tanaka, H. Suenaga, H. Inoue and K. Kusigemati. 1992. Natural enemies of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*(Hübner) and their seasonal prevalence in Kagoshima Prefecture. *Pro. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* **38**, 142-145.
20. Yoshida, H. A. and M. P. Parrella. 1991. Chrysanthemum cultivar preferences exhibited by *Spodoptera exigua*(Lepidoptera:Noctuidae). *Environ. Entomol.* **20**, 160-165.