

溫度가 두줄명아주노린재의 發育에 미치는 影響

(곤충綱, 매미목, 명아주노린재科)

朴 畢 連 · 朴 商 玉

(曉星女子大學校 生物教育學科)

Effect of Temperature on the Development of the Ash-gray Leaf Bug, *Piesma maculata*

(Insecta, Hemiptera, Piesmatidae)

Park, Pil Ryoun and Sang Ock Park

(Dept. of Biology Education, Hyosung Women's University)

ABSTRACT

The authors reared the ash-gray leaf bug, *Piesma maculata* in the growth cabinet controlled as temperature groups of 15, 20, 25, 30, 35, 40°C under condition of photoperiod 16 L : 8 D, light intensity 510 ± 240 lux, relative humidity $65 \pm 3\%$, and analyzed the effects of temperature on the development of the insect. The results are summarized as follows :

There are highly significant differences between the developmental periods for the temperature groups, and between the developmental periods for the developmental stages. The egg in the temperature of 15 and 40°C was hatched, but the ecdysis was impossible. The thermal threshold was 12.34°C and the upper lethal temperature 40.39°C. The total developmental periods of egg to adult in the temperature of 20, 25, 30 and 35°C are 40.52, 22.37, 15.91 and 13.00 days, respectively. That is, the developmental period was decreased, as the temperature was increased. In the developmental period for the developmental stages, the developmental period of egg stage was longer than that of any stage except the fifth larva stage. And there was not significant differences between the developmental periods for the other developmental stages. In the developmental period for the temperature, that of 20°C was longer than that of 25, 30 and 35°C, and that of 25°C was longer than that of 35°C. But there was not significant differences between the developmental periods for the other temperature group. The rate of hatch at 20°C is the greatest value as 90%, and the rates of 25, 30 and 35°C are 79, 79 and 67%, respectively. That is, the rate of hatch was decreased, as the temperature was increased. The mortality in the temperature of 35°C is the greatest value as 68%, and those of 30, 25 and 20°C are 59, 59 and 41%, respectively. That is, the mortality was increased, as the temperature was increased. There was not significant differences between the developmental period of female and male.

緒 論

두줄명아주노린재 (*Piesma maculata*)는 한국産 명아주노린재科 (Piesmatidae) 昆虫中 唯一하게 記錄되어있

는 種으로 지금까지 報告된 바에 의하면 우리나라가 分布上으로 東北亞細亞의 南方限界線으로 되어있는 흥미로운 種이다. 體長이 2 mm 정도의 植食性 微小昆虫으로서 한국産 寄主植物로서는 버들명아주 (*Chenopodium acuminatum*) 한 種으로 알려져 있고, 植物汁을

攝食한다. 잎, 줄기, 열매위에 産卵하며 成虫으로서 활동하고 8月中 기온이 30°C 이상일 때는 野外에서 觀察되지 않으며, 年 3世代를 經過하는 生活史를 가진 것으로 알려져 있다.

두줄명아주노린재(*P. maculata*)에 대해서는 Drake와 Davis(1958), Heiss(1972), Heiss와 Pericart(1975) 등에 의해서 취급되었으나 그 全部가 種의 形態를 비롯한 分類學的 研究뿐이고 그 生態에 대해서는 밝혀진 바 없다. 그러나 Lee와 Park(1971)에 의해서 그 幼虫과 卵의 形態가 기재되었으며 또 Park과 Lee(1975)에 의해서 自然狀態下에서의 생태가 밝혀졌다. 그 以外 명아주노린재科에 관한 생태에 대해서는 Wille(1929)가 사탕무우의 해충인 *Piesma quadrata*를 재료로 發表한 것이 그 全部이다.

한국産 명아주노린재科의 分類學的, 形態學的, 生態學的 研究의 일환으로, 우선 환경요인中 溫度가 두줄명아주노린재의 發育에 미치는 影響을 分析하여 發育期間(developmental period), 發育限界溫度(thermal threshold or threshold of development or developmental zero), 生存曲線(survivorship curve), 産卵能力을 조사하였다.

材料 및 方法

재료는 大邱市 남구 효성여자대학교 構內에 서식하는 두줄명아주노린재를 1981년 4월에 채집하여 사육하였다. 채집된 材料는 寄主植物인 버들명아주가 栽培되고 있는 화분에 암·수 한쌍씩 옮겨, 투명한 플라스틱 뚜껑을 씌운 후 실험실내에서 서식·산란시켰다. 산란된 卵은 24시간마다 그 數를 記錄하였으며, 15, 20, 25, 30, 35 및 40°C의 6개 온도群으로 구분된 항온사육실(Hotpack cat. No. 462)로 옮겨 부화될 때까지 1日 2~3회 정기적으로 觀察하여 卵期와 부화율을 記錄하였다. 各 溫度群마다 使用된 난수는 15°C에서 106개, 20°C : 117, 25°C : 110, 30°C : 72, 35°C : 78, 40°C : 75개이었다. 항온사육실환경은 光週期 16L : 8D, 光度 510±240 lux, 相對濕度 65±3%이었다.

부화된 제 1명 유충은 각각 일정한 장치로 옮겨 사육하면서 1日 2~3회 정기적으로 脫皮를 확인하여 各 齡別 發育期間을 記錄하였다. 부화와 탈피의 확인은 실험현미경(Olympus SZ-III)으로 행했다. 위에서 일정한 장치란 Fig. 1과 같이 물로 채운 5ml 용량병(ampoule)을 1 l beaker에다 넣고 이 병에 기주식물인 버들명아

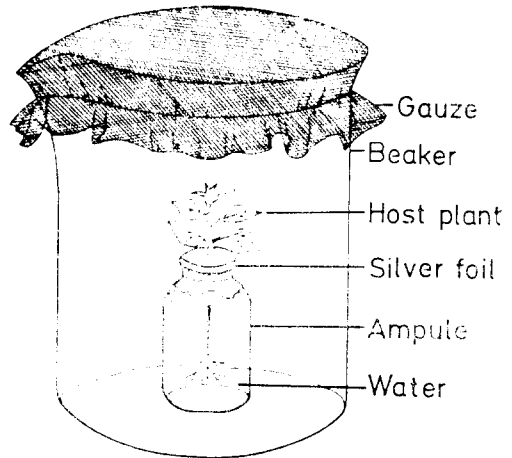


Fig. 1. The vessel rearing *Piesma maculata*.

주를 꽂고, 거기에 유충을 옮긴 다음 gauze로 beaker를 덮어 飼育을 계속하였다. 병의 입구는 유충이 물에 빠지지 않도록 은박지(silver foil)로 봉하였으며 寄主植物은 재배하여 사용하였고, 2~3日마다 신선한 것으로 교환하였다. 마지막 脫皮를 마친 성충은 1쌍씩 격리 사육하여 産卵能力을 觀察하였다.

分析方法是 溫度가 齡別 발육기간에 미치는 影響을 밝히기 위하여 ANOVA로서 分析하였으며 溫度別, 齡別 發育期間의 패턴은 이차함수($y=a+bx+cx^2$)를 적용시켜 해석하였다. 발육한계온도(thermal threshold)의 분석은 Reamur(1735), Campbell等(1974)에 의한 回歸直線法(linear regression method)에 따랐다.

結果 및 考察

昆蟲의 發育에 影響을 미치는 環境요인으로는 溫度, 濕度, 光週期, 光度, 寄主植物등 여러가지를 생각할 수 있다. 그 中 昆蟲의 발육에 미치는 온도의 影響을 보면 그 生活 장소에서 온도를 극복해 가는 능력이 種에 따라 크게 다르며, 順化(acclimation)적응해 가는 능력 또한 다르다. 두줄명아주노린재를 대상으로 각 온도별 발육단계별 발육기간, 생존곡선, 성별출현비, 산란능력에 미치는 온도의 影響을 分析·解析하였다.

1. 發育限界溫度

Reamur(1735)와 Campbell等(1974)의 回歸直線法

Table 1. Developmental periods(in days) of egg and five larval stages and total developmental periods(in days) for each temperature

°C	S Egg	Larval stage					Total No.*
		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	
15	29.49±2.82	—	—	—	—	—	8
20	13.43±0.96	5.65±0.76	4.51±0.73	4.78±0.74	5.39±0.83	7.89±0.71	40.52 70
25	6.23±0.70	3.17±0.70	2.45±0.57	2.49±0.80	3.16±0.86	4.85±1.00	22.37 45
30	4.44±0.76	2.18±0.38	1.78±0.62	1.92±0.30	2.20±0.36	3.36±0.52	15.91 34
35	3.54±0.38	1.74±0.46	1.45±0.50	1.64±0.42	1.84±0.50	2.77±0.48	13.00 25
40	3.20±0.33	—	—	—	—	—	2

* Individuals used in calculation for the period, °C: Temperature, S: Developmental stages.

($y=a+bx$)에서 y =발육속도(developmental velocity)=1/발육기간, x =온도를 나타내고 있다. 이때 發育限界溫度 θ 는 $y=0$ 일때 x 의 값을 의미하는 것으로, 그 온도이하에서는 발육이 정지되는 溫度로 定義된다. 한편 有效積算溫度(日度) 또는 有效溫量(thermal constant, k)은 알에서 성체까지의 발육기간을 완전히 따치는데 필요한 발육한계온도이상의 日度數(day-degrees) 또는 積算溫度(heat unit)로서 定義된다. 이들 두 常數(constant)는 昆虫의 分布와 數度の 指標로서 유용하다고 Messenger(1970), Kistler(1982)는 지적하고 있다.

Table 1에 따르면 15°C에서 부화는 가능하였으나 제 2령으로의 脫皮 進前이 不可能하였다. 한편 Table 1의 실측치로서 回歸直線法에 의해 얻어진 식 $y=0.0035x-0.0438$ 로부터 12.34°C라는 發育限界溫度(θ)를 分析할 수 있어 12°C에서의 卵의 부화는 불가능한 것으로 추정된다. 有效積算溫度는 $285.71D^{\circ}>12.51^{\circ}C$ 이었다. Table 2에서 보는 바와 같이 15°C에서의 부화를 7.5%라는 率이 7.5%라는 率으로 2배가 이것을 뒷받침해주고 있다. Osborne(1982)이 밝힌 Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*(Westwood)의 발육한계온도 8.3°C와 Sanborn等(1982)이 밝힌 꽃파리類(Anthomidae)인 *Hylemya platura*의 3.9°C보다도 훨씬 높은 온도이었으며, Wetzel等(1973)의 인용과 Hodson과 Weinman(1945)이 밝힌 *Malacosoma disstria*의 5~10°C보다도 높았다. Guppy와 Mukerji(1974)가 바구미類인 *Hypera postica*에서 밝힌 10°C보다도 높았다.

Edney(1971)는 토양서식 거저리類(ground-dwelling tenebrionid)를 대상으로 高溫發育限界溫度(upper thermal threshold)를 밝혀 주간사막형(diurnal desert form)의 *Onymacris plaur*, *O. rugatipennis*, *O. lea-*

*viceps*가 48~51°C, 山林型(wood land species)인 *Trigonopus capicola*, *T. sp.*가 42.5~45°C라고 보고하고 있다. 또한 Brock(1967)는 동물의 高溫發育限界溫度가 40~50°C정도라고 밝히고 있다.

本 研究에서 高溫發育限界溫度를 求하기 위하여 적용시킨 回歸直線法($y=a+bx$)에서 y 는 발육기간, x 는 온도를 취하여 $y=0$ 일때 x 의 값을 취하였다. 실측치로부터 얻어진 식 $y=71.91-1.78x$ 로서 계산된 값은 40.39°C이었다. 이 또한 Table 1에 나타난 40°C의 發育期間과 Table 2에 나타난 부화율 2.7%와 적합하다는 것을 알 수 있다. 이러한 고온·저온 발육한계온도의 특성치로 보아 두줄명아주노린재의 分布범위는 비교적 국한되어 있을 것으로 추정된다.

2. 溫度別 發育段階別 發育期間

온도가 두줄명아주노린재의 발육에 미치는 영향을 ANOVA에 의해 分析한 결과 發育期間에 미치는 溫度의 영향을 $p<0.01$ 로서 인정할 수 있었다. 各 溫度別 발육기간에 있어서 20°C의 것이 25, 30, 35°C의 어느 溫度群보다 길었으며($p<0.01$), 25°C의 것이 35°C의 것보다는 길었으나($p<0.05$), 그 以外の 온도群間에는 差를 認定할 수 없었다.

發育段階別 發育期間에 있어서 卵期는 5齡 幼虫期를 제외한 1, 2, 3, 4령 유충기보다는 길었으나($p<0.01$), 그 以外の 발육단계別 발육기간間에는 差를 認定할 수 없었다. 즉 卵期와 제 5령 유충기가 다른 어느 유충기보다 현저히 길다는 事實을 알 수 있다.

溫度가 증가함에 따라 총 발육기간의 감소상(Table 1, Fig. 2)은 20°C에서 35°C로 온도가 15°C 증가함에 따라 발육기간은 68% 감소하였다. 20°C에서 25°C로

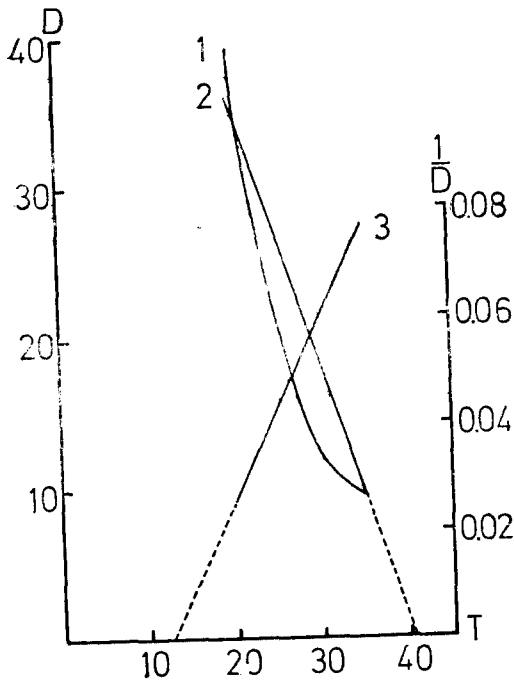


Fig. 2. Change of total developmental period for various temperature and inference of thermal threshold and upper lethal temperature in *Piesma maculata*.

D: Developmental period(in days), 1/D: Developmental velocity

1: Change pattern of total developmental period

2: Linear regression for inference of upper lethal temperature(dotted line)

3: Linear regression for inference of thermal threshold(dotted line)

T: Temperature in °C.

5°C 증가함에 따라 발육기간은 45% 감소하였으며, 25°C에서 30°C로 5°C 증가함에 따라 18% 감소되었다. 이로 미루어 온도가 증가하면 발육기간은 감소되나 같은 범위의 온도 증가라 할지라도 저온에서의 “온도증가-발육기간 감소” 관계가 크다는 사실을 밝힐 수 있다. 이 사실은 Guppy 와 Mukerji(1974)가 밝힌 난기와 유충기는 온도가 증가함에 따라 급격히 감소한다는 사실과도 일치하고 있다.

發育段階別로 “온도증가-발육기간 감소”의 관계는 Fig. 3과 Table 1에서 처럼 20°C에서 35°C로 15°C 증가함에 따라 卵期는 74% 감소되었으며, 5령 幼虫期

는 65% 감소되었고, 그 이외의 期는 제 1령 유충기로부터 제 4령 유충기까지 각각 70%, 68%, 66% 및 66% 감소되었다. 즉 이 발육기간의 감소상을 방정식으로 나타내면 난기는 $y=24.21-0.62x$, 제 1령 유충기 $y=10.18-0.25x$, 제 2령 유충기 $y=7.96-0.19x$, 제 3령 유충기 $y=8.20-0.19x$, 제 4령 유충기 $y=9.53-0.23x$, 제 5령 유충기 $y=13.98-0.33x$ 이었다. Park 과 Lee(1975)는 자연상태下에서 6,7 및 8月로 온도가 증가하면 卵期와 제 1령 유충기는 감소하나, 제 2령에서 제 5령까지의 유충기는 증가한다는 사실을 밝히고 있어 본 研究의 結果와는 相異하다. 이것에 대해서는 여러 환경요인의 영향과 溫週期, 光週期の 영향을 分析하면 규명될 수 있을 것으로 생각된다.

발육단계가 進前됨에 따라 각 온도別로 나타낸 발육기간의 변화상은 Fig. 4에 나타나 있으며, 그것을 식으로 나타내면 20°C에서 $y=12.43-6.02x+1.04x^2$, 25°C에서 $y=5.96-2.81x+0.52x^2$, 30°C에서 $y=4.19$

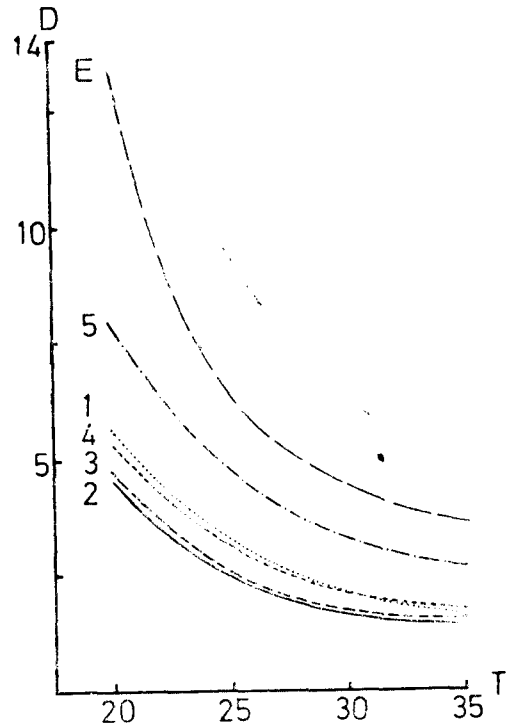


Fig. 3. The relation between the developmental period(in days) and the temperature for each developmental stage in *Piesma maculata*.

E: Egg, 1 to 5: First instar to fifth instar, T: Temperature(°C)

Table 2. Egg numbers reared and survival individuals through the 1st instar larva to adult for various temperature in *Piesma maculata*

°C \ S	Egg	Larval Stages					
		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	Adult
15	106	8	—	—	—	—	—
20	117	105	81	74	71	71	70
25	110	87	70	62	58	51	45
30	72	57*	47*	42*	38*	35*	30*
35	78	52	47	44	38	35	25
40	75	2	—	—	—	—	—

* estimated value

-1.91x + 0.35x², 35°C에서 $y = 3.33 - 1.48x + 0.27x^2$ 이다. 이로부터 미루어 두줄명아주노린재는 보다 강한 온도의존성 발육을 하는 것으로 단정할 수 있다.

각 온도별 발육단계별 발육기간차를 암·수 구분하여 분석하였으나 암·수별 발육기간間에는 有意差가 認定되지 않았다. 또 발육단계별 온도별로 성체까지 도달한 개체와 성체로 되지 못한 개체간 발육기간차를 분석한 결과 有意差가 인정되지 않았다. Park 과 Lee (1975)는 온도가 높으면 높을수록 발육기간은 짧아진다는 사실을 자연상태下의 사육실험을 통해서 밝히고 있어, 본 研究結果와 잘 일치되고 있다.

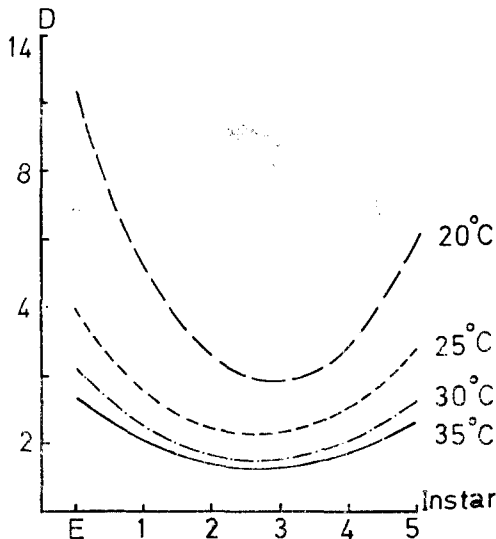


Fig. 4. Developmental period(in day) in developmental stages for each temperature.

D: Day, E: Egg, 1 to 5: First instar to fifth instar

3. 溫度別 生存曲線

Table 2는 각 온도별로 실험에 사용된 卵數와 각 발육단계별 生存개체수를 나타내고 있다.

각 온도별로 부화율은 15°C에서 7%, 20°C에서 90%, 25°C 79%, 30°C 79%, 35°C 67%, 40°C 3%로 온도가 증가함에 따라 부화율이 감소되었다. 성체출현율은 20°C에서 59%, 25°C 41%, 30°C 41%, 35°C 32%로서 온도가 증가하면 성체출현율도 감소하였다. 이것은 Wilson 등(1982)이 무당벌레類인 *Epilachna varivestis*에서 17, 22, 27, 32°C의 4개 온도群 中에서 32°C의 생존개체수가 가장 적었다고 밝힌 사실과도 잘 일치하고 있다.

부화율은 $y = 109.45 - 0.83x - 0.01x^2$ 로 나타나며, 성체출현율은 $y = 153.05 - 6.57x + 0.09x^2$ 로 나타난다.

각 온도별로 發育段階의 進前과 각 명별 생존개체수間의 상관관계는 상관계수 -0.9이상으로 나타나고 있다. Fig. 5는 Table 2에 나타난 자료로부터 생존곡선을 나타낸 것이다. 20°C에서의 생존곡선 패턴은 $y = 101.42 - 18x + 1.85x^2$ 이며, 25°C $y = 97.5 - 18x + 1.5x^2$, 30°C $y = 97.55 - 17.71x + 1.45x^2$, 35°C $y = 92.64 - 16.57x + 1.21x^2$ 로서 최적온도가 20°C라고 생각할 수 있다. 이 生存曲線은 Park 과 Lee(1975)에서와 마찬가지로 모두가 굴(凹)형(concave type: 어린시기에 사망율이 높은형)을 나타내고 있다.

4. 產卵能力

20°C에서 8.69 ± 0.67 일, 25°C에서 6.64 ± 1.02 일, 30°C에서 5.34일, 35°C에서 4일만에 산란이 가능하다는 事實이 밝혀졌으나 有意差는 없으므로, Park 과 Lee (1975)가 자연상태下에서 성체가 된지 평균 8일(최단

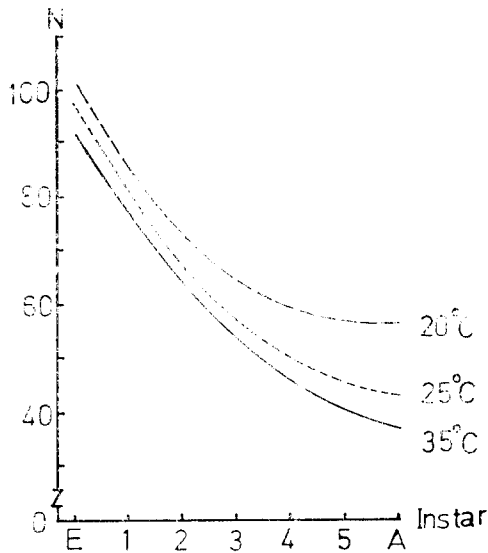


Fig. 5. The survivorship curve of *Piesma maculata* in various temperature.

N: Survival individual

E: Egg

A: Adult

1 to 5: First to fifth instar larvae

4일)만에 산란한다고 밝히고 있는 사실에 일치되고 있다.

20°C에서 35°C까지 자·웅의 出現比는 각각 1:1.45, 1.27:1, 1.27:1, 3:2로 나타났으나 그 差는 認定할 수 없었다.

要 約

두줄명아주노린재 (*Piesma maculata*)를 同一한 條件 (광주기 16 L : 8 D, 광도 510±240 lux, 상대습도 65±3%)下에서 15, 20, 25, 30, 35 및 40°C로 각각 조절되는 항온사육실에서 飼育하여, 溫度가 이 昆虫의 發育에 미치는 影響을 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다: ① 온도別 발육기간과 발육단계別 발육기간에 有意的인 差를 인정할 수 있었다. ② 15, 40°C에서의 卵의 부화는 가능하나 제 2령으로의 脫皮가 불가능하였으며, 發育限界溫度는 12.34°C였고 高溫發育限界溫度는 40.39°C였다. ③ 성체가 되기까지의 온도別 총 발육기간은 20, 25, 30 및 35°C에서 각각 40.52, 22.37, 15.91 및 13.00日로서 온도가 증가하면 발육기간은 감소되었다. ④ 발육단계別 발육기간은 난기가 제 5령 유충기를 제외한 다른 어떤 발육단계보다 길었으며, 그

以外的 발육단계別 발육기간에는 差가 없었다. ⑤ 온도別 發育期間은 20°C에서의 것이 25, 30, 35°C의 온도群보다도 길고 25°C의 것이 35°C의 것보다 길었으나, 그 以外的 온도群에는 平均차가 認定되지 않았다. ⑥ 부화율은 20°C에서 90%로 가장 높았으며 25, 30, 35°C에서 각각 79, 79, 67%로 溫度가 증가하면 감소되었다. ⑦ 성체출현율은 20°C에서 59%로 가장 높았으며 25, 30, 35°C에서 각각 41, 41, 32%로 온도가 증가하면 감소하여 사망율이 온도증가에 비례하였다. ⑧ 자·웅間 발육기간에는 有意差를 認定할 수 없었다.

參考文獻

- Brock, T. D., 1967. Life at high temperature. *Science*, **158**: 1012~1019.
- Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gillbert, A. P. Gutierrez and M. Mackauer, 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. appl. Ecol.*, **11**: 431~438.
- Drake, C. J. and N. T. Davis, 1958. The morphology and systematics of the Piesmatidae(Hemiptera), with keys to world Genera and American species. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **51**(6): 567~581.
- Edney, E. B., 1971. The body temperature of tenebrionid beetles in the Namib Desert of southern Africa. *J. Exp. Biol.*, **55**: 253~272.
- Guppy, J. C. and M. K. Mukerji, 1974. Effects of temperature on developmental rate of the immature stages of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae). *Can. Ent.*, **106**: 93~100.
- Heiss, E., 1972. *Piesma silenes* Horv. und *Piesma salsolae* Beck, Neu für Italien(Heteroptera, Piesmatidae). Estratto dal Bollettino della Societa Entomologica Italiana, **104** (4/5): 62~68.
- Heiss, E. and J. Pericart, 1975. Introduction A une Révision des *Piesma* Palearctiques Etude du Matériel-type: Etablissement de diverses synonymies et de Nouveaux Regroupments(Hemiptera, Piesmatidae). *Ann. Soc. ent. Fr. (N. S.)*, **11**: 517~540.
- Hodson, A. C. and C. J. Weinman, 1945. Factors affecting recovery from diapause and hatching of eggs of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* Hbn. *Tech. Bull. agric. Exp. Stn.*, No. **170**: 1~31.
- Kistler, R. A., 1982. Effects of temperature on six species of seed beetles(Coleoptera: Bruchidae): an ecological

- perspective. Ann. Entomol. Soc. Am., 75 : 266~271.
- Lee, C. E., 1971. Heteroptera of Korea. Ill. Ency. Faun. Flor. Korea 12(Insecta 4). Seoul, Korea. Samwha Pub. Co.
- Lee, C. E. and S. O. Park, 1971. Morphological studies on the eggs and larvae of two species of Piesmatidae(Hemiptera). Nature & Life, 3 : 1~23.
- Messenger, P. S., 1970. Bioclimatic inputs to biological control and pest management programs, 84~99. In R. L. Rabb and F.E. Guthrie(eds.), Concepts of pest management. North Carolina State University Press, Raleigh.
- Osborne, L. S., 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. Environ. Entomol., 11 : 483~485.
- Park, S. O. and C. E. Lee, 1975. Ecological studies on two *Piesma* species in Korea(Hemiptera, Piesmatidae). Nature & Life, 5 : 15~32.
- Reaumur, R. A. F., 1735. Observation du thermometer. Mem. Acad. roy. Sc., Paris., 545~576.
- Sanborn, S. M., J. A. Wyman, and R. K. Chapman, 1982. Threshold temperature and heat unit summations for seedcorn maggot development under controlled conditions. Ann. Entomol. Soc. Am., 75 : 103~106.
- Wetzel, B. W., H. M. Kulman, and J. A. Witter, 1973. Effects of cold temperatures on hatching of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria*(Lepidoptera: Lasiocampidae). Can. Ent., 105 : 1145~1149.
- Wille, J., 1929. Die Rübenblattwanze *Piesma quadrata* Fieb., Monogr. Pflanzenschutz, 2 : 1~114, 39 Figs. Berlin.
- Wilson, K. G., R. E. Stinner, and R. L. Rabb, 1982. Effects of temperature, relative humidity and host plant on larval survival of the Mexican bean beetles, *Epilachna varivestis* Mulsant. Environ. Entomol., 11 : 121~126.

(1983年 2月 18日 接受)