

温度和食餌가 소금쟁이(*Gerris paludum insularis*)의 發育에 미치는 影響

朴商玉 · 黃鎮慶 · 朱恩榮*

曉星女子大學校 生物教育科 · 慶山大學 生物學科*

Effects of Temperature and Diet on the Development of the Water Strider, *Gerris paludum insularis* (Hemiptera, Gerridae)

Park, Sang Ock, Jin Kyung Hwang and Eun Young Joo*

Department of Biology Education, Hyosung Women's University

Department of Biology, Kyungsan University*

ABSTRACT

The water striders, *Gerris paludum insularis* larvae which were fed with the *Drosophila melanogaster* cultured on the apple diet and the artificial diet, were reared in the growth cabinet controlled as the two constant temperature regimes of 25°C and 30°C under the condition of photoperiod 16L:8D, light intensity 510 ± 240 lux, relative humidity $65 \pm 3\%$, and in the natural state.

The effects of temperature and diet on the development of *G. paludum insularis* were analyzed and the results were summarized as follows.

1. The total developmental period of the water strider larvae fed with the *D. melanogaster* reared on the apple diet at the natural state was the longest 40 days, and the total developmental periods at 25°C and 30°C were 35 days and 27 days respectively.
The total developmental period of larvae fed with *D. melanogaster* reared on the artificial diet at 25°C was the longest 42 days, and the total developmental periods at natural state and 30°C were 32 days and 27 days, respectively.
2. In the larval developmental stages, the fifth stage was longer than that of any stages. The duration of egg stage which was not influenced by diet at 25°C was the longest.
3. The water strider larvae fed with the *D. melanogaster* reared on the artificial diet at 25°C did not complete their development.
4. No significant difference was observed in the developmental period for diet at 30°C. But, there were significant differences in developmental periods for diet at 25°C and natural state.
5. The rate of adult emergence on the apple diet was higher than that of the artificial diet.
6. The shapes of the survivorship curve were convex-curve.
7. The developmental periods of the larval stages of water striders might be affected to temperature and diet dependently.

서론

소금쟁이(*Gerris paludum insularis*)는 소금쟁이과의 애소금쟁이屬에 속하는 전장이 11~16 mm 정도의 육식성 곤충으로 한국 전역에서 채집되는 종이며 성충으로 월동하고 1년에 2~3세대 발생한다(Lee, 1971). 수표생물이며 반수서(semi-aquatic) 곤충인 소금쟁이는 수면에 낙하한 작은 벌레와 수면에 뜨는 플랑크톤을 포식한다.

산란은 물표면 또는 물속의 물체에 부착시키므로 알이 건조해서는 부화될 수 없다. 소금쟁이의 알은 수질의 영향을 받으며, 유충과 성충은 대기환경과 수질의 양쪽 영향을 받으므로 소금쟁이는 수질오염의 생물학적 수질 관정을 위한 생태학적 지표종(ecological indicator)으로서도 활용될 수 있는 종이다.

소금쟁이과에 대해서는 Lee(1971), Froschner(1961), Polhemus(1978), Slater and Baronowski(1978) 등에 의해서 분류학적 및 형태학적 연구가 행해졌으며, 생태학적 연구로는 Mori(1986), Park(1988) Nadgauda and Pitre(1983), Pitre and Nadgauda(1986), Lamb and Loschiavo(1981) 및 Butler(1976) 등의 보고가 있다.

본 연구는 육식성 곤충을 실험재료로 사육할 때 먹이를 원활하게 공급하기 위하여 초파리를 먹이로 제공할 경우, 초파리의 사육배지가 육식성 곤충의 발육에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하고자, 우선 소금쟁이를 대상으로 그 발육에 미치는 온도와 식이의 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

재료는 대구 근교의 연못에 서식하는 소금쟁이의 성충을 채집하여 실험실내 수조(29×35×60cm)에서 12시간 산란시키고 그 산란된 알은 각각 25℃, 30℃의 항온조건과 자연상태의 변온조건(이하 자연상태라 함)의 3개 실험군으로 옮겨 부화시켰다.

항온(사육실내)의 환경조건은 광주기 16L:8D, 510±240 lux, 상대습도 65±3%이었다. 자연상태의 환경은 온도 25.50±3.62℃, 습도 79.34±7.16%이었다.

産卵은 곤충 표본 제작용 전시판(insect spreading board)을 천(布 nylon:Sheer taffeta)으로 싸서 수조의 볼에 띄워 그 위에 산란을 하도록 유도하였다. 각 온도군마다 사육된 알의 수는 Table 2에 명시하였다.

孵化와 脫皮의 관찰은 1일 2~3회 정기적으로 행하여 발육기간을 기록하였다. 부화한 幼蟲들은 초파리를 먹이로 제공하였다. 초파리는 부식된 사과에서 배양(이하 사과배지라 함)한 것과, 보통의 파리용 인공배지(이하 인공배지라 함)에서 배양한 것의 두 실험군으로 구분하였다. 부화한 제1령 유충은 1마리씩 300 ml 정도의 물이 든 1리터 비이커(beaker)에 옮겨 사육하였다. 먹이는 1일 2회 정기적으로 공급하였다.

飼育水는 산의 계곡에서 채수한 自然水를 이용하였으며 2일마다 물을 갈아 주었다. 사과배지는 부식된 사과, 국광(apple, *Malus pumila*)으로 하였으며, 인공배지는 옥수수가루 60 g, 효모 15 g, 설탕 35 g, 한천 15 g, 증류수 800 ml, 프로피온산 5 drops로 구성하였다.

Table 1. Mean developmental periods(in days) of the water striders, *G. paludum insularis* at the temperature of natural state and 25°C, 30°C (Mean ± Standard deviation)

| Temp.(°C) | Medium | Egg | Instar | | | | | Total |
|-----------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Natural ^{a)} | Apple | 6.0±0.0 | 3.0±0.0 | 3.6±0.7 | 4.9±0.6 | 9.6±0.6 | 13.0±0.9 | 40.4 |
| | Artificial | 5.4±0.4 | 3.3±0.8 | 3.4±0.7 | 5.2±1.1 | 5.6±0.4 | 9.2±0.7 | 32.2 |
| 25 | Apple | 8.5±0.0 | 3.9±0.2 | 3.4±0.4 | 4.0±0.5 | 5.8±0.4 | 9.8±1.2 | 35.6 |
| | Artificial | 8.4±0.4 | 4.4±0.5 | 4.0±0.3 | 5.4±0.6 | 7.7±0.8 | 12.5±0.7 | 42.6 |
| 30 | Apple | 6.6±0.4 | 2.7±0.3 | 2.6±0.7 | 3.2±0.2 | 4.6±0.4 | 7.6±0.4 | 27.6 |
| | Artificial | 6.5±0.0 | 2.6±0.2 | 2.7±0.1 | 3.1±0.1 | 4.5±0.2 | 8.0±0.4 | 27.6 |

a) Natural state: 25.50 ± 3.62°C (mean ± standard deviation).

Apple : *G. paludum insularis* fed a *D. melanogaster* cultured by apple medium

Artificial : *G. paludum insularis* fed a *D. melanogaster* cultured by artificial medium.

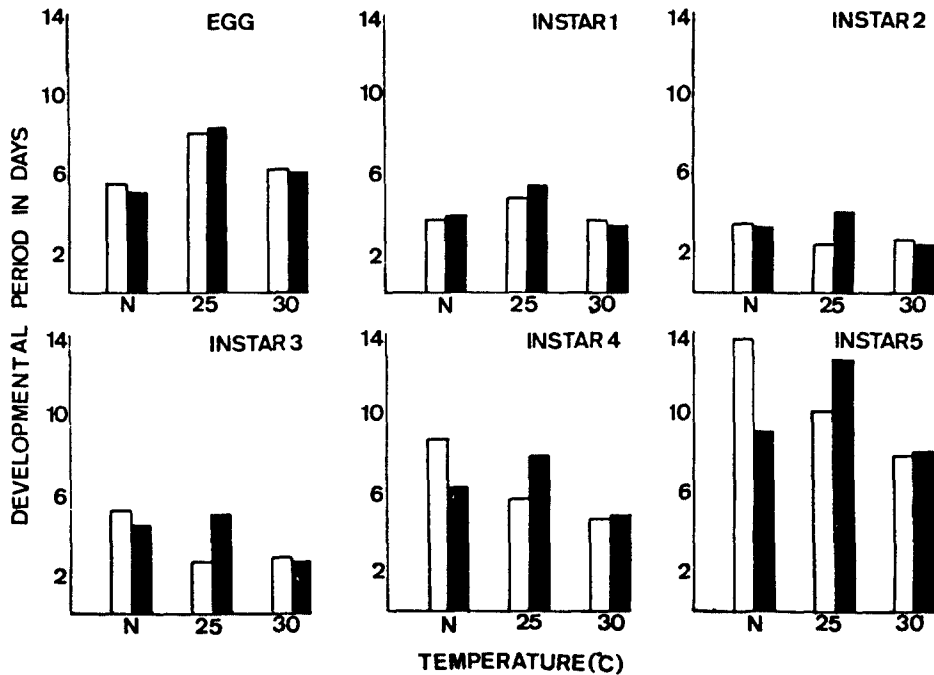


Fig. 1. Developmental periods for developmental stages by two different diets and three temperature regimes.

N: natural state, 25: 25°C, 30: 30°C □ Apple ■ Artificial

결과 및 고찰

곤충의 발육에 영향을 미치는 환경요인으로는 온도, 식이, 습도, 광도, 광주기 등 여러 가지를 생각할 수 있다. 그 중 온도와 식이의 두 요인이 곤충의 발육에 미치는 영향을 알아보기 위해

25℃와 30℃의 항온조건과 자연상태에서 소금쟁이를 사육하여 온도와 식이에 따른 발육단계별 발육기간, 생존율을 비교 분석하였다.

발육기간

Park(1988)은 소금쟁이의 온도별 총발육기간은 15, 20, 25, 30 및 35℃에서 사과배지에서 각각 126.92, 65.21, 30.71, 23.84 및 21.65일로서 온도가 증가하면 발육기간은 감소되며, 인공배지에서 배양한 초파리를 먹이로 하여 15℃에서 소금쟁이 유충을 사육하였더니 5령으로의 탈피가 성공되지 않았다고 밝히고 있다.

Nadgauda and Pitre(1983)는 *Heliothis virescens*(F.)를 재료로, Lamb and Loschiavo(1981)는 *Tribolium confusum* Jacquelin duVal을 재료로, Pitre and Nadgauda(1986)는 *Nabis roseipennis* Reuter를 재료로 하여 온도와 먹이가 유충의 발육기간에 유의적인 영향을 미친다고 하였다. 또 Butler(1976)는 먹이의 종류에 따라 발육기간의 유의적인 영향을 보고하고 있다.

25℃, 30℃ 및 자연상태에서 인공배지와 사과배지에서 사육한 소금쟁이의 발육단계별 발육기간과 총발육기간은 Table 1과 Fig. 1에 나타나 있다.

식이의 영향이 없는 卵期는 자연상태에서는 5.7일, 25℃에서는 8.5일, 30℃에서는 6.6일로서, 자연상태의 변온조건이 난기를 단축시키는 효과를 볼 수 있었다. 식이의 영향을 받는 유충기간은 1, 2, 3령에서는 식이에 따른 차가 없었으나, 령이 진전될수록 자연상태의 인공배지에의 발육기간이 사과배지의 것보다 4령에서는 42%, 5령에서는 28%, 총발육기간은 20.3% 짧았다. 25℃에서는 각령에서 인공배지의 발육기간이 사과배지의 것보다 3령 26%, 4령 24.2%, 5령 21.8%, 총 발육기간은 19.5% 더 길었다. 30℃에서의 발육기간은 27.6일로 동일하였다. 식이의 영향은 고온보다 저온에서 현저하며 저온과 제한된 영양조건이 복합된 환경저항이 발육기간을 연장시키는 결과를 초래하였다.

사과배지에서는 자연상태, 25℃, 30℃의 순으로 자연상태의 발육기간이 가장 길었다. 인공배지에서는 25℃, 자연상태, 30℃의 순으로 25℃의 발육기간이 가장 길었다. 온도가 조절되지 않은 자연상태인 변온조건과 제한된 영양조건이 복합된 환경저항이 발육기간을 단축시키는 결과를 초래하였다.

각 발육단계별 발육기간 중에서 식이의 영향을 받지 않는 난기는 25℃에서 가장 길었으며, 난기를 제외하고는 모든 조건에서 5령 기간이 가장 길었다. 이러한 점을 종합해 볼 때 소금쟁이의 발육은 식이와 온도에 크게 의존하였다.

Fig. 2는 Table 1의 자료로부터 발육단계별 발육기간을 회귀곡선으로 나타낸 것이다. 사과배지의 자연상태는 $y=9.011-4.311x+0.850x^2$, 25℃는 $y=13.343-6.134x+0.928x^2$, 30℃는 $y=10.226-4.730x+0.723x^2$ 으로 표현된다. 사과배지의 발육기간은 자연상태의 변온조건이 약령 유충에서는 발육기간을 단축, 노령 유충에서는 발육기간을 연장시켜주는 경향이 있음을 알 수 있다. 발육기간은 발육단계가 진전됨에 따라 감소하다가 다시 증가하는 양상을 보여주고 있다. 인공배지의 자연상태는 $y=7.502-2.900x+0.530x^2$, 25℃는 $y=13.246-6.042x+0.991x^2$, 30℃는 $y=10.214-4.841x+0.747x^2$ 으로 표현된다.

생존율

Table 2는 온도별, 식이별, 발육단계별, 생존개체수를 나타낸 것이다. 자연상태와 25℃에서는

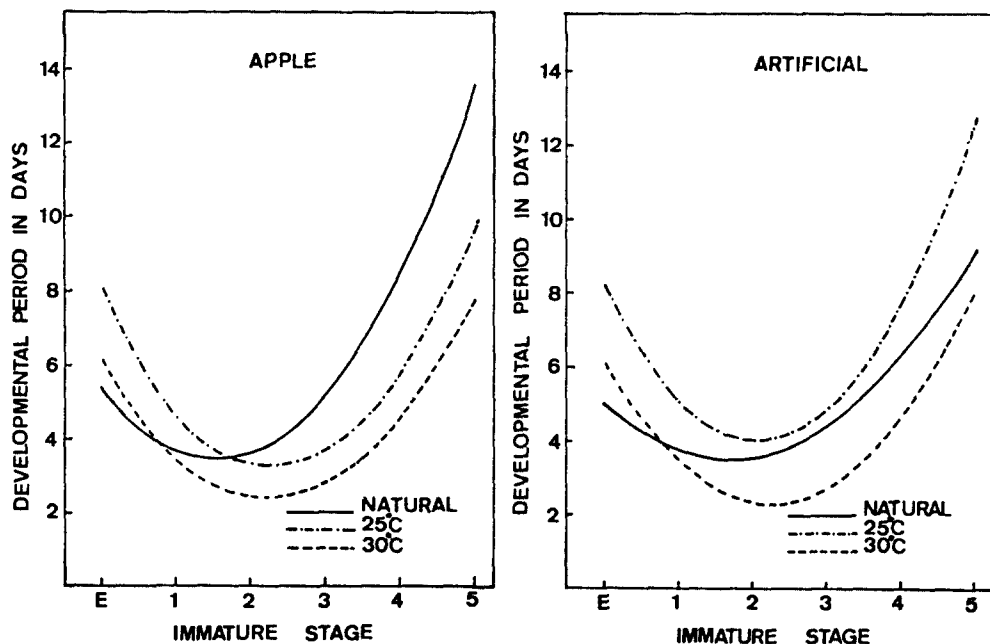


Fig. 2. Developmental period(in days) of developmental stages of the water strider rearing on apple and artificial diets for each temperature regimes. E to 5 : Egg to the 5th instar.

Table 2. Percentage survival for the immature of *G. Paludum insularis* at 3 constant temperature. The number of individuals survived is given in parenthesis.

| Temp. (°C) | Medium | E | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | A |
|---------------|------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Natural State | Apple | 100 (145) | 86.9 (126) | 80.7 (117) | 75.9 (110) | 69.7 (101) | 20.7 (30) | 5.5 (8) |
| | Artificial | 100 (147) | 87.1 (128) | 78.9 (116) | 72.8 (107) | 44.9 (66) | 6.8 (10) | 3.4 (5) |
| 25 | Apple | 100 (162) | 86.4 (140) | 82.7 (134) | 72.2 (117) | 66.0 (107) | 43.2 (70) | 16.7 (27) |
| | Artificial | 100 (402) | 85.6 (345) | 82.3 (331) | 75.6 (304) | 38.3 (154) | 2.5 (10) | 0.7 (3) |
| 30 | Apple | 100 (200) | 91.0 (182) | 88.5 (177) | 85.0 (170) | 69.5 (139) | 8.5 (17) | 1.5 (3) |
| | Artificial | 100 (195) | 90.8 (177) | 88.7 (173) | 81.5 (159) | 50.3 (98) | 3.6 (7) | 1.5 (3) |

E to 5 : Egg to the 5th instar

A : Adult

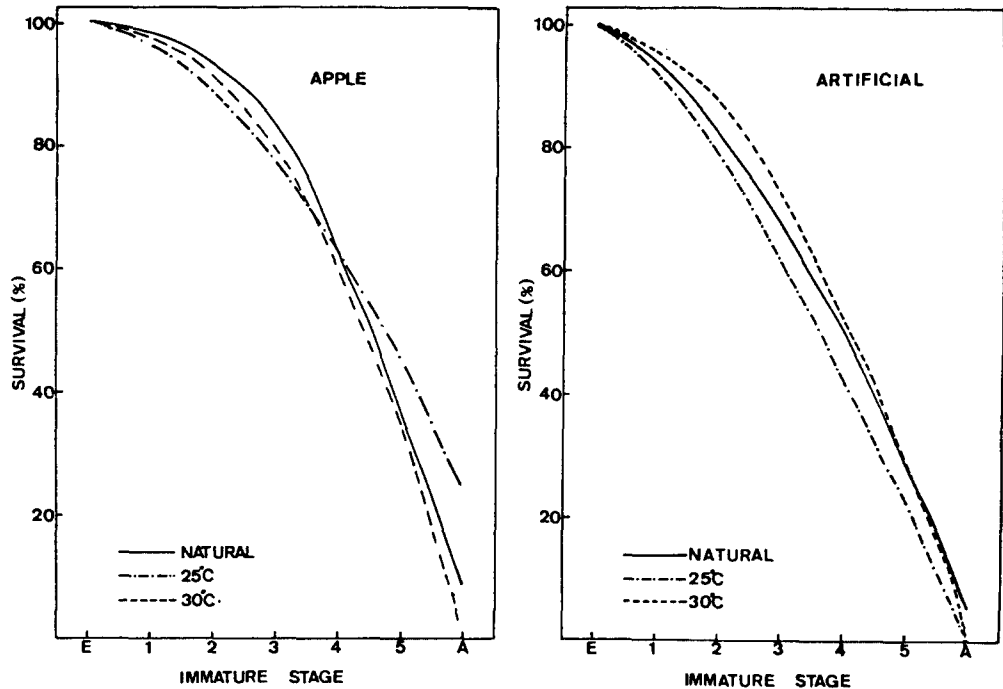


Fig. 3. Survivorship curve of *G. paludum insularis* for immature stages for each temperatures on apple and artificial diets.

인공배지보다는 사과배지에서 높은 생존율을 나타내고 있다. 이와는 달리 Nadgauda와 Pitre (1983)는 *H. virescens*(F.)를 콩, 목화에서 사육한 것보다 인공적인 식이로 사육한 것이 높은 생존율을 나타내었다고 보고하였다. Lamb와 Loschiavo(1980)는 아울러 온도와 식이가 생존율에는 유의적인 영향을 미치지 않는다고 하였다.

Fig. 3은 Table 2의 자료로부터 구한 배지별, 발육별, 생존개체수를 백분율로 환산하여 표시한 생존곡선이다. 사과배지의 자연상태는 $y=91.286+6.440x-2.702x^2$, 25°C는 $y=97.345+1.714x-1.786x^2$, 30°C는 $y=88.000+12.202x-3.655x^2$ 으로 표현되어 모두凸형이었다. 인공배지의 자연상태는 $y=104.286-3.131x-1.774x^2$, 25°C는 $y=104.857-2.964x-1.893x^2$, 30°C는 $y=98.571+4.274x+4.429x^2$ 으로 표현되어 역시凸형이었다.

적 요

사과배지와 인공배지에서 배양된 초파리를 각각 식이로 제공하여 소금쟁이(*Gerris paludum insularis*)를 광주기 16L:8D, 광도 510 ± 240 lux, 상대습도 $65 \pm 3\%$ 의 동일한 조건으로 조절되는 25°C, 30°C의 항온과 자연상태의 변온조건에서 사육하여 그 발육을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사과배지에서 사육한 초파리를 먹이로 한 유충의 총발육기간은 자연상태가 가장 긴 40일이었으며, 25°C 35일, 30°C 27일이었다. 인공배지에서 사육한 초파리를 먹이로 한 유충의 총 발육

- 기간은 25℃에서는 42일로 가장 길었으며, 자연상태에서는 32일, 30℃에서는 27일의 순으로 나타났다.
2. 각 발육단계 중 5령이 가장 발육기간이 길었으며, 식이의 영향을 받지 않는 난기는 25℃에서 가장 길었다.
 3. 인공배지에서 사육한 초파리를 먹이로 한 유충은 25℃에서는 정상적인 발육이 어려웠다.
 4. 30℃에서는 식이에 따른 발육기간의 차는 나타나지 않았으나 25℃와 자연상태에서는 식이에 따라 발육기간에 차가 생겼다.
 5. 성체출현율은 사과배지의 것이 인공배지의 것보다 높았다.
 6. 생존곡선은凸형이었다.
 7. 소금쟁이의 발육은 식이와 온도에 크게 의존하였다.

인용문헌

- Butler, Jr. G.D. 1976. Bollworm: development in relation to temperature and larval food. *Environ. Entomol.* 5(3):520-522.
- Froeschner, R.C. 1961. Contributions to a synopsis of the Hemiptera of Missouri. Part V. Hydrometridae, Gerridae, Velliidae, Saldidae, Ochteridae, Gelastocoridae, Naucoridae, Belostomatidae, Notonectidae, Plediae, Corixidae. *Amer. Midl. Nat.* 67(1):208-240.
- Lamb, R.J. and S.R. Loschiavo. 1981. Diet, temperature, and the logistic model of developmental rate for *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Can. Ent.* 113:813-818.
- Lee, C.E. 1971. Heteroptera of Korea. *Ency. Faun. Flor. Korea.* 12. (Insecta 4). Seoul, Korea. Samwha Pub. Co.
- Mori, H. 1986. Water absorption by eggs and serosal specialization as clues to evolutionary trends in Heteroptera. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79:456-459.
- Nadgauda, D. and H. Pitre. 1983. Development, fecundity, and longevity of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) fed soybean, cotton, and artificial diet at three temperatures. *Environ. Entomol.* 12:582-586.
- Park, S.O. 1988. Effects of temperature on the development of the water-striders, *Gerris paludum insularis* (Hemiptera, Gerridae). *Environ. Entomol.* 17(2):150-153.
- Pitre, H. and D. Nadgauda. 1986. Effects of temperature on *Nabis roseipennis* (Hemiptera: Miridae) nymphs. *Environ. Entomol.* 15:536-539.
- Polhemus, J.T. 1978. Aquatic and semiaquatic Hemiptera. In an introduction to the aquatic insects of North America, pp. 119-31, R.W. Merritt and K.W. Cummins, eds. Dubuque, IA, Kendall / Hunt Publishing Co.
- Slater, J.A. and R.M. Baranowski. 1978. How to know the true bugs (Hemiptera-Heteroptera) Dubuque, IA, Wm. C. Brown.

(1991年 10月 18日 接受)