

## 누에나방 수명에 의한 생존분석

강필돈 · 류강선 · 김계명 · 손봉희 · 村上 昭雄\* · 손흥대\*\*

농업과학기술원 잠사곤충부, \* 日本國立遺傳學研究所, \*\* 동아대학교 생명자원과학대학

## Survival Analysis with Life Span of the Silkworm moth, *Bombyx mori*

Pil Don Kang, Kang Sun Ryu, Kye Myeong Kim, Bong Hee Sohn,  
Akio Murakami\* and Hung Dae Sohn\*\*

Department of Sericulture and Entomology NIAST,RDA, Suwon 441-100, Korea

\*National Institute of Genetics Mishima, Shizuoka-Ken, 411, Japan

\*\*College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

### ABSTRACT

Survival analysis with life span of silkworm moth was investigated from 277 varieties preserved and maintained in Korea. Ten varieties showed long and short life span were selected for the investigation of the longevity in response to mating and surviving. The density distributions of average life span of female and male in all varieties used was 8.3days about 13%. The frequency of average survival according to life span survived 178 varieties(64.3%) for 5-10days in male, but the female was survived 147 varieties(53%) for 10-15days. Average longevity of unmated female and male were respectively 9.5 days and 9.0 days, and female survived 0.5 days longer than male. On the other hand, average longevity of mated female and male were 8.8 days and 7.7 days, respectively. It was found that mating activities affected significantly to the adult life span, especially to that of males than that of females.

Key words : Silkworm, Moth, Life span, Aging, Survival rate, Senility.

### 서 론

일반적으로 수명이나 노화과정은 환경적 요인과 유전적 요인에 의해 크게 좌우되는데 이 요인들은 독립적으로 작용하기보다는 두 요인이 같이 협력하여 노화에 관여하는 것으로 알려지고 있다(Rose & Charlesworth, 1981). 곤충에서 수명이나 노화현상에 영향을 끼치는 환경적 요인으로는 飢餓, 密度, 酸素量(oxygen) 등(Strehler, 1970; 1980)이 알려져 있다. Giesel *et al.* (1982)과 Murphy *et al.*(1983)은 각각 *Drosophila melanogaster*와 *Drosophila simulans*를 재료로 한 연구 결과에서 온도가 수명에 영향을 미친다고 하였으며, 大島·河西(1969)는 초파리에 대한 온도적응 시험에서 변온이 항온보다 생존력이 높다고 하였다. 또한, Underhill & Merrell(1966)은 DD T-resistant 초파리를 사용하여 수명에 관한 연구를 하였고, Kircher & Al-Azawi(1985)는 선인장 선초 파리 7종의 먹이 습성과 수명과의 관계를 보고하였다. 한편 Maynard(1958)는 수명과 산란력과의 관계

에서 *Drosophila subobscura* 純種의 수명은 雜種의 수명보다 짧고, 산란수가 많은 파리는 수명이 짧다고 하였다. 그러나 Hiraizumi & Crow(1960)는 초파리의 자연집단에 hetero의 致死遺傳子를 갖는 파리와 정상적인 파리의 생존력을 비교하고 또한 이들의 수명과 산란력과의 관계를 분석하여 정상의 파리는 산란수도 많고, 수명도 길다(Maynard, 1958)는 견해와는 다른 결과를 보고하였다. 초파리에서 교미행동은 수명을 단축시키는 것으로 알려지고 있다. 즉 미교미 암컷(Maynard, 1958; Malick & Kidwell, 1966; Cohet & David, 1976; Partridge *et al.*, 1986)과 수컷(Partridge & Farquhar, 1981; Partridge & Andrews, 1985)은 교미한 것들보다 생존기간이 길다. 그러나 교미행위가 수명에 직접적인 영향을 주는 것만은 아니며 교미가 끝난 초파리의 사망율은 같은 일수의 미교미 사망률과 유사한 경우도 있다(Partridge *et al.*, 1986; Partridge & Andrews, 1985). 누에 성충의 수명에 관한 연구는 몇몇 연구자들에 의하여 일부 이루어진 바 있으나 아직은 초보단계

에 머물러 있는 실정이다. 鈴木·村上(1987)는 누에 3원교잡종 22계통의 성충 생존기간에 관한 조사에서 암컷의 생존기간이 수컷보다 평균 1.7배 정도 긴 사실을 확인하였다. Murakami (1989a, c)와 Murakami *et al.*(1986)은 암수간 및 품종간에 수명의 차이가 분명하여, 암컷 성충의 평균 생존기간은 보호조건이 온도 25°C, 습도 60%일때 7~8일, 수컷은 4~5일 정도라고 했고, 최대 생존기간에서도 성차이, 계통차이가 인정되었으며 암컷중에는 최대 4주간의 생존기간을 보이는 개체도 있음을 보고하였다.

鈴木(1950)는 누에 성충의 생존일수와 품종 및 암수와의 관계에서 암컷은 항상 수컷보다 장명이고, 품종에 따라서 수명에 차이가 있다고 하였다. 또한 蛹體重과 품종간에는 蛹의 크기에 의해 성충의 생존일수에 현저한 차이가 있지만, 同蠶區에 있어서 體重蛹의 차이가 생존일수에 그다지 큰 영향을 미치지 않는다고 했으며, 교미한 성충은 미교미 성충에 비해 단명인 사실도 밝혀졌다. 또한, 유럽종이 일본종 및 열대종보다 장명이었고, 1화성이 2화성보다 장명이었으며, 같은 품종에 있어서도 고온구와 저온구와의 비교에서 암컷과 수컷은 각각 온도에 대한 감수성이 달라 수컷은 암컷에 비해 고온에 대한 감수성이 강하나, 이러한 온도에 대한 감수성은 품종에 따라서도 차이가 있다고 하였다. 또한 생존일수의 장단과 次代蠶과의 관계에서 산란수는 단명구가 장명구에 비해 산란수가 많았고, 부화비율은 장명구가 약간 높았으나, 사육일수에 있어서는 차이가 없다고 하였다.

鈴木(1950)는 성충수명과 보호온도와의 관계에서 저온구는 고온구에 비해 교미유무에 관계없이 생존일수가 현저하게 길다고 했으나, Murakami(1989b)는 저온에 의한 성충 생존기간의 연장은 인정되지 않으며, 90% 이상의 습도는 연장효과가 있다고 해 鈴木(1950)와 결과를 달리하고 있다. 또한 Suzuki & Murakami(1989)는 수명조사 전기간을 밝게 또는 어둡게 한 경우보다 자연광의 조건에서 성충의 생존기간이 짧다고 했으며, 또 수명에 대한 hormone의 영향으로는 anti-juvenile hormone (AJH) 침식에 의해 4眠蠶에서 유도된 3眠蠶은 무처리 4眠蠶보다 성충의 생존기간이 암컷은 1.5배, 수컷은 1.2배 길다고 하였으며, 특정 화학물질에 의해 생존기간의 변형이 가능하다고도 하였다. Shimada & Murakami(1988)는 若蛹腦除去 수술을 한 경우 系統·성에 관계없이 성충

의 생존기간이 2~3일로 단축된다고 하였고, Murakami(1989a)는 누에에 있어서 성충의 생존기간(2~3일)을 조절하는 것으로 알려져 있는 劣性遺傳子 *sdi* (short duration of imaginal lifetime)가 常染色體에 존재한다고 하였다.

유전자원 보존품종에 대하여 특성 파악의 일환으로 누에나방 수명을 조사하여 조사집단에서의 품종별 생존분석, 빈도 및 분포 등을 조사하였고, 또한 교미유무에 따른 암수간의 생존율을 분석하여 교미여부가 수명에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시품종

공시품종은 농업과학기술원 잠사곤충부에서 유전자원으로 보존하고 있는 일본종 83품종, 중국종 93품종, 유럽종 33품종, 열대종 9품종, 한국종 4품종, 기타종 55품종등 277품종을 대상으로 하였다.

### 2. 사육방법

사육은 '97년 춘잠기에 품종당 2나방방(1/3×6나방)을 혼합하여 공시하였다. 알깨기는 평진법에 준하여 온도 15~26°C, 습도 75~80%, 광주기는 1일 16시간 밝게, 8시간 어둡게 하였다. 사육방법은 잠업시험 표준사육관리법에 준하여 1~3령은 온도 25~26°C, 습도 75~80%로 방건지육을 하였고, 4~5령은 온도 23~24°C, 습도 65~75%로 보통육을 하였으며, 각령 1일 3회 급상 하였다. 시험구 배치는 4령 향식후 2일째에 각 품종당 150두로 하였다.

### 3. 누에 번데기 및 누에나방의 보호

번데기 및 성충의 보호는 온도 23~24°C, 습도 70~75%로 하였다. 번데기는 生殖腺 감별법에 의해 암수를 구분하였고, 암수를 분리하여 사육실내의 자연광 조건하에서 보호하였다.

### 4. 조사방법

수명조사는 發蛾當日 10시에 미교미 암수컷을 무작위로 각 10나방씩 수집하여 가로 30 cm, 세로 20 cm, 높이 15 cm의 통풍이 가능한 plastic box에 암수 분리하여 넣은 뒤 격리하여 보호하였으며, 조사는 매일 오후 4시를 기준으로 생사를 판정하였다. 암수 및 품종별 생존율은 10나방의 생존기간을 합산하여 각각의 평균수명을 산출하였다.

5. 생존시수의 통계적 분석방법

실험결과의 통계처리는 personal computer용 SAS program을 이용하여 ANOVA분석을 하였으며, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 사용하였다. 성충 수명에 의한 群集分析은 Complete Linkage Cluster Analysis법을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 누에 품종별 生存分析

1) 성충수명에 따른 보존 누에 품종의 생존분포

유전자원으로 보존중인 277개 누에 품종의 암수 성충수명에 따른 생존빈도 분포를 보면 Fig. 1과 같다. 누에 성충의 평균생존을 분포를 1.5일 단위로 조사한 결과 평균수명 8.25일에 약 13%의 가장 많은 품종이 분포하고 있었으며, 다음이 9.75일로 12%, 6.75일이 10%이었다. 전체적으로 8.25일을 기준으로 하였을 때 평균수명이 긴 쪽보다 짧은 쪽으로 많이 분포하고 있었으며, 평균수명이 20일 이상 되는 품종도 있음을 알 수 있다. 전체적인 분포도는 8.25일을 기준으로 하였을 때 좌우대칭의 正規分布 곡선형을 보여주고 있다.

2) 평균수명에 따른 빈도

생존일수를 5일 단위로 구분하여 보존 누에품종의 평균수명에 따른 생존빈도를 암수별로 조사했다(Fig. 2). 전체 공시품종에 대해서 보면 5일 이내 생존하는 품종이 암컷은 5품종(1.8%), 수컷은 29품종(10.5%)이었고, 5~10일간 생존하는 품종은 암컷 96품종(34.7%), 수컷 178품종(64.3%)이었다. 10~15일간 생

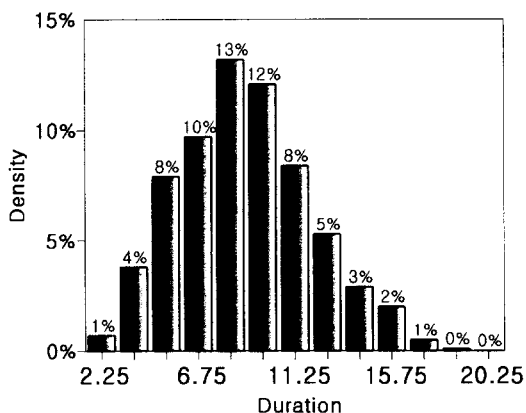


Fig. 1. The density distributions of average life span of female and male of all varieties used.

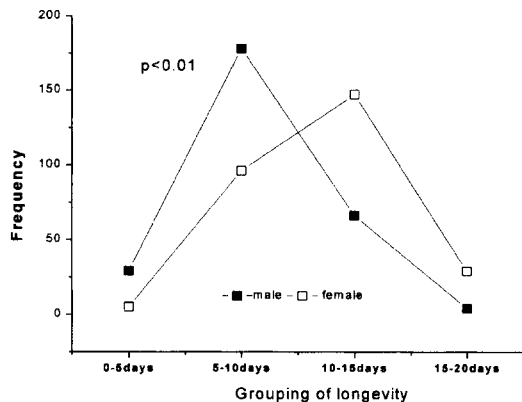


Fig. 2. Frequency of average survival according to grouping of life span.

존하는 품종은 암컷은 147품종(53.0%), 수컷 66품종(23.8%)였으며, 15~20일간 생존하는 품종은 암컷 29품종(10.5%), 수컷 4품종(1.4%)이었다.

이상의 결과에서 암컷의 87.7%(243품종), 수컷의 88.1%(244품종)에 해당하는 대부분의 품종이 5~15일의 생존일수를 나타내었고, 15일 이상의 생존일수를 나타내는 최장명품종은 수컷이 4품종인데 비해 암컷이 29품종으로 암컷에 최장명품종이 현저하게 많았다.

Murakami(1989a, c)와 Murakami *et al.*(1986)은 성충의 평균 생존기간은 온도 25°C, 습도 60%의 사육조건에서 암컷이 7~8일, 수컷이 4~5일 정도로 암컷의 생존기간이 수컷보다 평균 1.7배 정도로 보고하였다. 본 연구결과에서도 평균 생존일수에 다소의 차이는 있지만 전체적으로 암컷이 수컷에 비해 생존일수가 긴 것으로 나타나 이들의 연구결과와 일치하고 있다.

3) 75% 생존빈도

75% 생존빈도로 한 생존일수를 5일 단위로 구분하여 75% 생존 할 때의 생존일수를 품종별 빈도로 나타낸 것이다. 즉 한 품종이 75% 생존율이 20일 이상이면 그 품종은 전반적으로 장명의 특성을 고르게 나타냄을 의미한다. 암수별 75% 생존빈도를 Fig. 3에서 보면 75% 생존빈도가 5일 이내인 암컷의 품종수는 21품종(7.6%)인데 반해, 수컷은 74품종(26.7%)으로 수컷이 암컷보다 단명인 품종이 많음을 알 수 있었다. 5~15일 간에서의 품종수는 암컷이 244품종(88.1%), 수컷이 201품종(72.6%)이었으며, 15~20일 간에서는 암컷 11품종(4.0%), 수컷 2품종(0.7%)이었

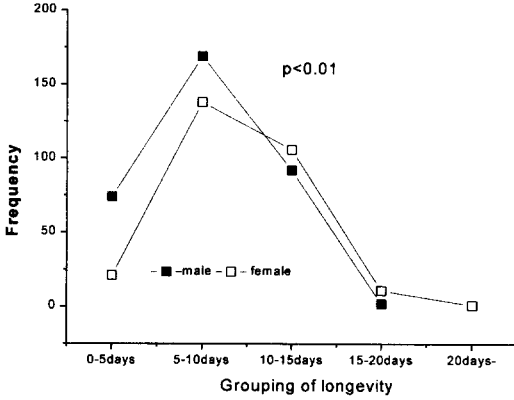


Fig. 3. Frequency of 75% survival according to grouping of life span.

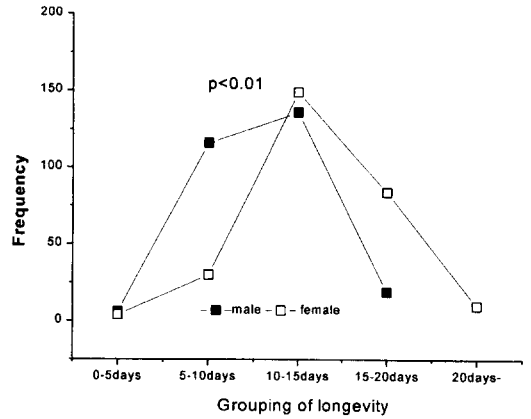


Fig. 5. Frequency of 25% survival according to grouping of life span.

다. 특히 암컷의 경우 75% 생존빈도에서 20일 이상 생존하는 1개의 품종이 확인되었다.

4) 50% 생존빈도

암수별 50% 생존빈도를 Fig. 4에서 보면 평균수명이 5일 이내인 암컷은 4품종(1.4%), 수컷은 34품종(12.3%)이었다. 5~15일간에서 암컷은 234품종(84.5%), 수컷은 237품종(85.6%)이었으며, 15~20일 간에서의 품종은 암컷이 37품종(13.4%), 수컷은 6품종(2.2%)이었다. 암컷의 경우 50% 생존빈도에서 20일 이상 생존하는 2개의 품종이 있었다.

5) 25% 생존빈도

암수별 25% 생존빈도는 Fig. 5와 같다. 25% 생존빈도에서 5일 이내인 품종은 암컷이 4품종(1.4%)이며, 수컷은 6품종(2.2%)이었다. 5~10일간에서는 암

컷이 30품종(10.8%)이었고, 수컷이 116품종(41.9%)이었으며, 10~15일간의 경우 암컷이 149품종(53.8%)인데 반해, 수컷은 136품종(49.1%)이었다. 또 15~20일에서는 암컷이 84품종(30.3%), 수컷은 19품종(6.9%)으로 나타났으며, 암컷에서 20일 이상 생존하는 품종은 10품종(3.6%)에 달했다

2. 장단명 품종의 암수별 생존율

Fig. 6은 장단명 각 5개 품종에 대한 암컷의 생존율을 나타낸 것이다. 단명품종은 대부분 7일 이내 거의 수명이 다하는 것으로 나타났으나, 장명품종은 개체별로 생존하는 분포가 다양하게 나타났다. 특히 실악 품종은 14일까지 100% 생존했고, 그 후 단기간

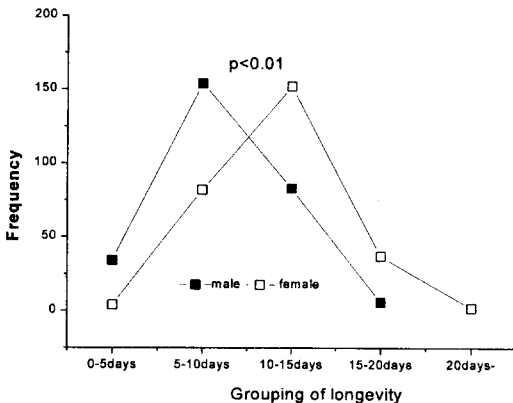


Fig. 4. Frequency of 50% survival according to grouping of life span.

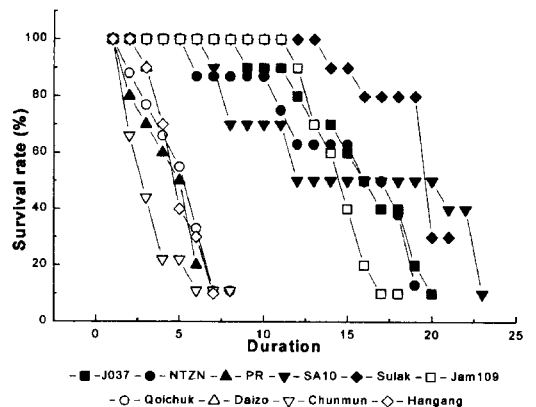


Fig. 6. Survival rates of long and short life span group variety in female.

에 수명을 다하는 것으로 나타났다. 장명품종 가운데에는 SA10과 같이 최고 23일까지 생존하는 개체도 있었다.

Fig. 7은 장단명 품종에 대한 수컷의 생존율을 나타낸 것이다. 단명품종 대부분이 단기간내에 수명을 마치고 있으나 Chunmun 품종에서는 한 개체가 특이하게 5일 정도 더 생존하는 것으로 나타났다. 장명품종은 암컷과 유사하게 생존분포 범위가 넓고 다양하게 나타났다. 각 품종들의 생존특성을 보면 초기에 빨리 죽는 품종이 있는가 하면 몇몇 개체는 늦게까지 살아남아 품종 전체의 평균수명을 길게 하는 경우도 있었다.

3. 교미 유무에 따른 암수간의 생존율

곤충의 수명에는 여러 가지 내외적 요인이 관여하고 있는 것으로 알려져 있는데 내적인 요인으로는 遺傳形質, 性, 産卵性 등을, 외적인 요인으로는 溫度, 營養, 飼育密度, 交尾有無 등(Rockstein & Miguel, 1973)을 들 수 있다. 특히 딱정벌레와 초파리의 경우는 교미유무에 따라서 암수의 수명이 크게 영향을 받는 것으로 보고되고 있으나(Collatz & Hoeger, 1980), 누에의 경우에는 이에 대한 연구가 거의 없는 실정이다

Fig. 8, 9, 10, 11은 장단명 8개 품종에 대한 미교미 암수 및 교미 암수의 생존율을 나타낸 것이다. 먼저 미교미 암컷 8품종의 평균수명은 9.5일이었고, 그 범위는 7.1~12.8일 이었으며 수컷은 평균수명 9.0일, 범위는 8.3~10.6일로 나타났다. 한편 교미한 암컷의

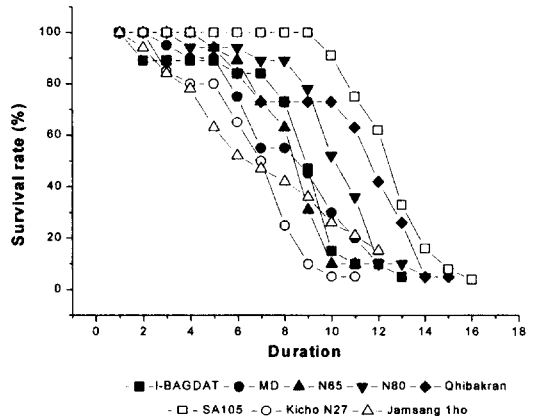


Fig. 8. Survival rates of the unmated female.

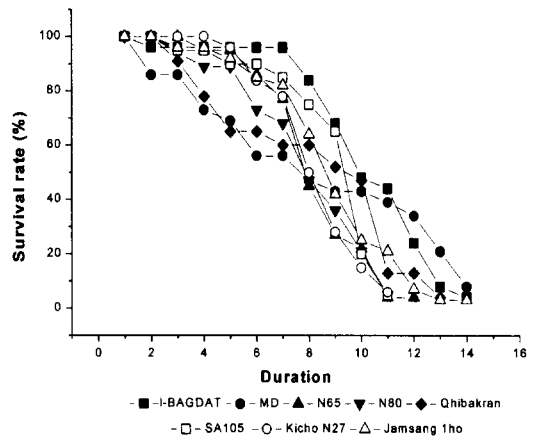


Fig. 9. Survival rates of the unmated male.

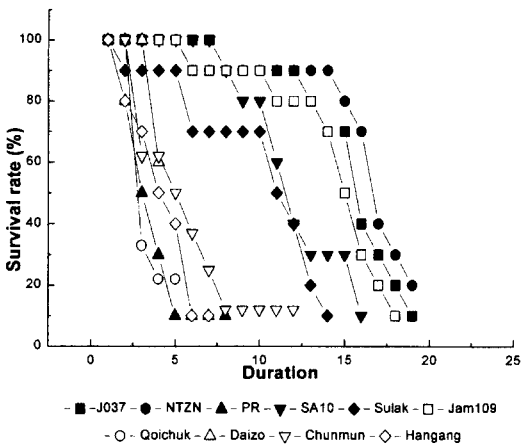


Fig. 7. Survival rates of long and short life span group variety in male.

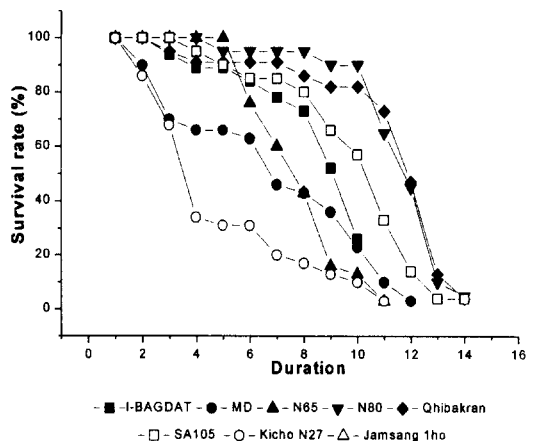


Fig. 10. Survival rates of the mated female.

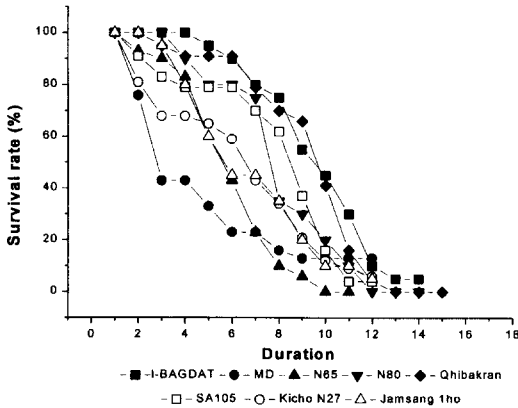


Fig. 11. Survival rates of the mated male.

평균수명은 8.8일로 교미하지 않은 암컷에 비해 0.7일 짧았으며, 교미한 수컷은 미교미의 수컷보다 1.4일 짧은 7.6일의 평균수명을 나타냈다. 즉 암수 같이 교미에 의해 수명에 영향을 받고 있음을 알 수 있었고, 특히 수컷이 암컷에 비해 교미의 영향이 큰 것으로 나타났다. Collatz & Hoeger(1980)는 교미유무에 따라 체구성 성분에 많은 변화가 일어난다고 보고하였다. 즉 교미한 경우가 교미하지 않은 경우보다 탄수화물의 수준이 유의성 있게 높아지고, 미교미 암수에 있어서는 다당류형태가 많이 저장되고 있으며, 또한 아미노산 수준은 미교미보다 교미한 경우가 높게 나타났다. 교미에 의해 탄수화물의 수준이 낮아지는 것은 대사연료로 인한 탄수화물의 소비가 많았던 때문인 것으로 해석하고 있다. 한편 鈴木(1950)의 성충 생존일수와 교미유무의 관련성에 관한 조사에서 교미의 경험을 가진 성충이 미교미 성충에 비해 단명이라는 연구결과는 본 실험과 일치하지만 암컷이 수컷보다 수명에 영향을 많이 받는다는 사실과는 그 결과를 달리하고 있다.

### 적 요

유전자원으로 계대 보존되고 있는 277 누에품종에 대한 특성 파악의 일환으로 성충의 수명을 조사하였다. 이들의 수명에 따른 생존분석, 장단명 품종 및 교미유무에 따른 암수간의 생존율을 구하였다.

1. 누에나방 수명에 따른 보존 누에품종의 평균수명은 8.25일에 약 13%로 가장 많은 품종이 분포하였고, 전체적인 분포도는 좌우대칭의 정규분포 곡선형을 나타냈다.

2. 장단명 품종의 암수간 생존율은 단명품종은 대부분 7일 이내 거의 수명이 다하나, 장명품종은 개체별로 생존하는 분포가 다양하게 나타났다.

3. 교미 유무에 따른 암수간의 생존기간을 분석하기 위하여 성충수명이 중간 정도인 8품종을 공시하여 실험한 결과, 미교미 암컷의 평균 생존시수는 9.5일, 수컷은 9.0일로 암컷이 수컷보다 0.5일 길게 나타났다. 교미한 암컷은 8.8일로 미 교미보다 0.7일 짧았으며, 수컷은 7.6일로 교미한 경우가 1.4일이나 짧아져 수컷이 암컷보다도 교미유무가 성충의 수명에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 인용문헌

Cohet, Y. A. and J. R. David (1976) Deleterious effects of copulation in *Drosophila* females as a function of growth temperature of both sexes. *Experientia*, 32 : 696-697.

Collatz K. G. and U. Hoeger.(1980) Age-related changes in the body composition of mated and unmated blowflies *phormia terraenovae*. *Exp. Geront.* Vol. 15, pp 433-441.

Giesel, J. T., P. A. Murphy and M. N. Manlove (1982) The influence of temperature on genetic interrelationships of life history traits in apopulation of *Drosophila melanogaster* : What tangled data sets we weave. *Amer. Nature*, 119(4) : 464-479.

Hiraizumi, Y. and J. F. Crow (1960) Heterozygous effects on viability, fertility, rate of development and longevity of *Drosophila* chromosomes that are lethal when homozygous. *Genetics*, 45 : 1071-1083.

Kircher, H. W. and B. Al-Azawi (1985) Longevity of seven species of cactophilic *Drosophila* and *D. melanogaster* on carbohydrates. *J. Insect Physiol.*, 31(2) : 165-169.

Malick, L. E. and J. F. Kidwell (1966) The effect of mating status, sex and genotype on longevity in *Drosophila melanogaster*. *Genetics*, 54, 203-209.

Maynard, S. J. (1958) The genetics of longevity of *D. subobscura*. *Proc. 10th Internat. Congr. Genet.*, 2 : 182-183.

Maynard Smith J. (1958) The effects of temperature and of egg-laying on the longevity of *Drosophila subobscura*. *J. exp. Biol.*, 35 : 832-842.

Murakami, A., Y. Kuroda and Y. Fukase (1986) Sex and strain differences in the lifespan of the adult silkworm, *Bombyx mori*. *Ann. Rept. Natl. Inst. Genetics(Japan)*, 36 : 49-50.

Murakami, A. (1989a) Genetic studies on the silkworm adult lifespan (a) Heredity of the short adult lifespan (*sdi*). *Ann. Rept. Natl. Inst. Genetics (Japan)*, 39 : 67-68.

- Murakami, A. (1989b) Genetic studies on the silkworm adult lifespan (b) A biological characteristic of the Daizo (*sdi*) strain. Ann. Rept. Natl. Inst. Genetics(Japan), 39 : 69-70.
- Murakami, A. (1989c) Genetic studies on the silkworm adult lifespan (C) Sex differences and their biological significance. Ann. Rept. Natl. Inst. Genetics(Japan), 39 : 70-71.
- Murakami, A. (1991) Genetic studies on growth and aging in the silkworm (*Bombyx mori*) a growth rate in growth period. Ann. Rept. Natl. Inst. Genetics(Japan), 41 : 52-53.
- Murphy, P. A., J. T. Giese and M. N. Manlove (1983) Temperature effects on life history variation in *Drosophila simulans*. Evolution, 37(6) : 1181-1192.
- 大島長造・河西正興 (1969) キイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster*)의 恒溫 變溫에 對する 適應. 生物活性調節, 7(1) : 21-29.
- 大塚雍雄・涉川明郎. (1979) 繭層重, 産卵數の共通選抜試驗結果と場所的差異. 蠶試彙 (109) : 167~183.
- Partridge, L. and M. Farquhar (1981) Sexual activity reduces lifespan of male fruitflies. Nature, 294 : 580-582.
- Partridge, L. and R. Andrews (1985) The effect of reproductive activity on the longevity of male *Drosophila melanogaster* is not caused by an acceleration of ageing. J. Insect Physiol., 31 : 393-395.
- Partridge, L., K. Fowler, S. Trevitt and W. Sharp (1986) An examination of the effects of males on the survival and egg-production rates of female *Drosophila melanogaster*. J. Insect Physiol., 32 : 925-929.
- Rockstein, M., and J. Miguel (1973) Aging in insect, In the physiology of insects(ed. by Rockstein, Vol.III, 2nd ed., pp.371-478, Academic Press, New York.
- Rose, M. R. and B. Charlesworth (1981) Genetics of life history in *Drosophila melanogaster* I. Sib analysis of adult females. Genetics, 97 : 173-186.
- Shimada, J. and A. Murakami (1988) Genetic studies on the lifespan of the adult silkworms effect of removal of brain. Ann. Rept. Natl. Inst. Genetics (Japan), 38 : 67-68.
- Strehler, B. L. (1970) Time, cell, and aging. Academic Paperbacks, pp 66-85.
- Strehler, B. L. (1980) A critique of theory of biological aging. In : *Aging its chemistry*(Ed. by Beckman, A. O). The American Association for Clinical Inc., pp 25-26.
- 鈴木簡一郎 (1950) 家蠶蛾の生存日數に關する實驗. 日蠶雜, 19(6) : 560- 570.
- 鈴木重弘・村上昭雄 (1987) カイコ成蟲の生存期間に關する雌雄差. 東北蠶絲研究報告, No. 12. 6.
- Suzuki, S. and A. Murakami (1989) Some extrinsic factors influencing adult lifespan in the silkworm. *Bombyx mori* L. Proc. of the 6th Internatl. Congr of SABRAO, 965-968.
- Underhill, J. C. and D. J. Merrell (1966) Fecundity, fertility and longevity of DDT-resistant and susceptible populations of *Drosophila melanogaster*. Ecology, 47(1) : 140-142.