

두뚝, 체중 및 체장에 의한 뽕나무하늘소 유충의 성장을 비교

윤형주 · 마영일

농촌진흥청 잠사곤충연구소

The Estimate of Larval Growth of Mulberry Longicorn Beetle, *Apriona germari* Hope on the basis of the Larval Head Capsule Width, Larval Weight and Length

Hyung Joo Yoon and Young Il Mah

National Sericulture and Entomology Research Institute, RDA, Suwon, 441-100 Korea

ABSTRACT

The larval head capsule width, larval weight and length of mulberry longicorn beetle, *Apriona germari* Hope were measured when the larvae were exuviated in artificial diet rearing. The larval head capsule width from the 1st to the 12th instar was ranged from 0.12 to 0.69 cm, and growth ratio of each instar was significantly high between the 1st and the 2nd instars. The fitness to Dyar's law for the larval head capsule width was 87.6%. When the logarithm of the larval head capsule width is plotted against the number of instars, the calculated regression line was $\text{LogY}=0.12086+0.06998X$ and Dyar's constant was 1.18. The larval weight was increased with larval developmental stages, and the coefficient of variation of larval weight was apparently high. But the calculated regression line was $\text{LogY}=-0.91592+0.25959X$ and Dyar's constant was 1.25. The growth ratio of the larval length was clearly high between the 2nd and the 3rd instars, and that of larvae from the 4th instar was decreased. The calculated regression line was $\text{LogY}=-0.16932+0.09841X$ and Dyar's constant was 1.25. In conclusion, our results suggested that the larvae growth of mulberry longicorn beetle appeared to be highly related in the larval head capsule width, larval weight and length.

Key words : Mulberry longicorn beetle, Larval growth, Head capsule width

서 론

두뚝의 크기에 의해서 유충의 영을 판별하는 방법은 Dyar & Rhinebeck(1890)에 의해서 처음 제시된 이래 현재까지 많은 연구자들이 사용하고 있다(Peterson & Haeussler, 1928; Talyor, 1931; Kishi, 1971; Fox *et al.*, 1972; Parker & Moyer, 1972; Wilson, 1974). 이는 곤충에 있어서 유충의 두부는 단단한 키틴질로 되어 있기 때문에 탈피후 경화된 다음에는 동일 영기중에는 거의 성장을 하지않고 탈피할 때 현저하게 성장하기 때문이며(西川, 1931), 유충의 발육중 두부의 각질화된 부분은 불연속 혹은 단계적으로 증가함으로써 유충은 기하급

수적 성장을 하는데 이와같은 성장형태를 Dyar의 법칙(Gains & Campell, 1935)이라고 한다. Talyor(1931)는 Dyar의 법칙은 나비목 유충이외에 다른 곤충은 물론 일반적으로 절지동물에까지 적용되며 성장형태의 특징으로는 탈피시 크기의 증가와 탈피와 탈피사이의 정적인 상태라고 보고한 바 있다. 또한 유충의 체장, 체폭, 두부의 높이, 촉각길이, 다리의 길이 등도 두뚝과 같이 단계적 성장을 하며 영기와는 직선적 관계가 있다고 하였다(Bodenheimer, 1927).

한편 하늘소류의 경우 대부분이 서식형태가 천공성이고, 특히 뽕나무하늘소는 기주식물의 가지내에서 경과하기 때문에 각 영기를 판별하기가 쉽지 않

다. 따라서 1세대가 2~3년인 뽕나무하늘소를 인공사료로 사육해서 각 영별 두폭의 크기, 체중, 체장을 조사하여 유충 영기별 성장율을 분석하였고 Dyar의 법칙과의 적합성 여부를 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험곤충

1994년 12월~1995년 4월까지 강원도와 제주도를 제외한 7개도 10개 지역의 임의로 선정된 뽕밭에서 뽕나무하늘소 성충이 산란해 놓은 가지를 수집하였다. 산란흔까지 속에 들어 있는 유충중 가지를 먹은 흔적이 전혀 없고 또한 산란흔에서 이동흔적이 없는 유충을 부화유충이라 판단하여 실험곤충으로 사용하였다(Yoon et al., 1997; 윤 등, 1997).

2. 공시 인공사료

뽕나무하늘소를 실험실에서 사육하기 위하여 사용한 인공사료는 울도하늘소의 인공사료 조성(島根·河上, 1991)에 준해서 조제한 다음 100℃에서 45분간 쪄 후 흐르는 수돗물로 식혀 고형화하였고 이를 4℃ 냉장고에 보관하면서 사용하였다.

3. 사육방법

7개도 10개 지역에서 채집해온 231개체의 부화 유충을 항온기(25℃, 14L:10D)에서 위의 인공사료로 사육하였다. 1~3령기에는 직경 55×12 mm의 플라스틱 샐레에, 4~5령까지는 직경 60×15 mm의 플라스틱 샐레에, 6령 이후에는 직경 87×20 mm의 샐레에 넣어 용화할 때까지 개체별로 사육하였다. 사육용기 내 습도 유지를 위해 멸균수로 적신 티슈를 넣어 주었고, 인공사료는 절편모양의 적당한 크기로 잘라

3일 간격으로 갈아 주었다.

4. 유충의 두폭, 체중, 체장 측정 및 통계처리

뽕나무하늘소 유충의 두폭, 체장 및 체중은 매 탈피 시 마다 조사하였다. 영기별 두폭은 탈피직후에 탈피각의 두폭 최대치로 측정하였고, 체장, 체중 역시 탈피직후의 각 영 유충을 눈금자와 자동디지탈 저울로 측정하였다.

조사된 성적의 통계량은 SYSNLIN PROC(SAS Institute, 1988)을 사용하여 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 두폭의 성장율

인공사료로 사육한 뽕나무하늘소 유충의 두폭을 1령에서 12령까지 측정된 결과를 보면(표 1), 이들 유충의 두폭은 0.12~0.69 cm의 범위내에 있었다. 각 영기에 있어서 성장율은 1령과 2령사이에서 가장 컸고 3령에서 7령사이에서는 다소 낮아졌으며 특히, 8령 이후에는 성장비가 매우 낮았다. 두폭 측정치의 변이계수를 보면 5령이 12.1%로 가장 높아 개체간에 변이폭이 컸으며 5령이후부터는 변이계수가 작았다. 이 결과는 울도하늘소의 경우 각 영간에 있어서 성장율이 1, 2령간이 가장 크고 그 후는 점차 감소하며, 1령에서 9령까지의 각 영 유충의 빈도분포를 보면 1~4령까지의 사이에는 극히 적은 개체를 제외하고는 개체 변이가 없는 각각의 독립된 분포가 형성되었지만 5령 이후의 유충에서는 일반적으로 두폭의 분포가 인접한 영과 중복이 되었다고 한 보고(伊庭, 1982)와 동일한 경향을 나타내었다. 또한 두폭의 대수를 Y축, 영기를 X축으로 하여 회귀직선을 구한 결과(그림 1), $\text{Log } Y=0.12086+0.06998X$ 로 나타나 두폭의 측정치

Table 1. Head capsule width and growth ratio of each instar of *A. germari* larvae

Instar	No. of larvae tested	Mean±SD (cm)	Size range (cm)	Coefficient variation (%)	Growth ratio
1	231	0.12±0.00	0.11~0.15	0.0	-
2	120	0.17±0.01	0.14~0.19	5.9	1.42
3	117	0.20±0.02	0.17~0.23	10.0	1.18
4	113	0.26±0.03	0.21~0.35	11.5	1.30
5	106	0.33±0.04	0.24~0.40	12.1	1.27
6	96	0.42±0.05	0.33~0.51	11.9	1.27
7	83	0.52±0.06	0.41~0.65	11.5	1.24
8	78	0.57±0.06	0.45~0.70	10.5	1.10
9	66	0.61±0.05	0.50~0.70	8.2	1.07
10	37	0.65±0.06	0.58~0.78	9.2	1.07
11	26	0.68±0.04	0.60~0.75	5.9	1.05
12	13	0.69±0.04	0.64~0.74	5.8	1.01

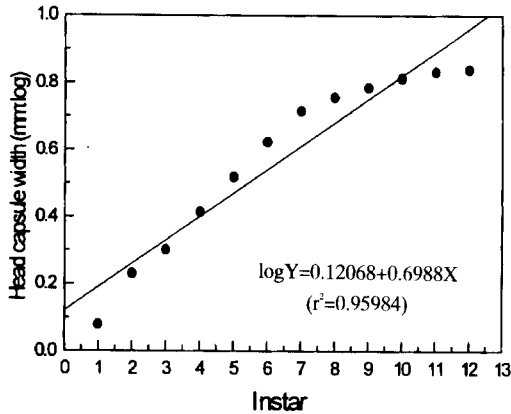


Fig. 1. Changes in the head capsule width per instar in *A. germari*

(Y)와 영기(X)사이에는 직선적 관계가 성립되었고 상관계수 $r^2=0.95988$ 로 유의성이 인정되었다. 따라서 뽕나무하늘소 유충의 성장은 Dyar(1890)이 보고한 바와 같이 등비급수적 성장을 하는 것으로 나타났다.

각 영기별 두폭 측정치를 Dyar식인 $\text{Log } Y=a+bX$ (Y는 각 영의 두폭의 평균치, X는 영기, a, b는 정수)에 대입하여 적합도(1-측정치-계산치/측정치 \times 100)를 구한 결과(표 2), 1령 유충의 적합도는 75.0%로 가장 낮았고, 10령은 98.5%로 가장 높았으며 각 영의 전체 평균적합도는 87.6%로서 Dyar의 측정치와 계산치 사이에 큰 차이를 보였다. 또한 Dyar의 계수 (K)는 Dyar식의 b값의 역 대수치로서 $K=1.18$ 로 나타났는데 Harris & Henderson(1938)은 곤충의 목별로 K값을 구한 결과, 딱정벌레목에 속하는 유충의 K값은 1.28~

Table 2. Fitness to Dyar's formula for head capsule width of *A. germari*

Instar	Head capsule width(cm)			Fitness (%)
	Observed	Theoretical	Discrepancy	
1	0.12	0.16	0.04	75.0
2	0.17	0.18	0.01	94.4
3	0.20	0.21	0.01	95.2
4	0.26	0.25	-0.01	96.2
5	0.33	0.30	-0.03	90.9
6	0.42	0.35	-0.07	83.3
7	0.52	0.41	-0.11	78.8
8	0.57	0.48	-0.09	84.2
9	0.61	0.56	-0.05	91.8
10	0.65	0.66	0.01	98.5
11	0.68	0.78	0.10	87.2
12	0.69	0.91	0.22	75.8

1.64 사이에 분포한다고 하였는데 뽕나무하늘소 유충의 두폭의 K값은 1.18으로서 Dyar 법칙의 이론치범위내에서 약간 벗어났다. Dyar & Rhinebeck(1890)는 나비목 유충의 두폭은 영기가 진행됨에 따라 규칙적인 등비급수적 성장을 하며 두폭의 측정치가 이와같은 성장의 양상에서 벗어나면 그 유충은 정상적인 형태로 성장하지 않는다고 보고하였는데 뽕나무하늘소의 경우 K값이 Dyar 법칙의 이론치범위내에서 약간 벗어난 이유는 인공사료로 사육한 결과 유충성장의 개체간 변이가 커짐과 동시에 탈피횟수가 많아진 것이 그 원인이 아닌가 사료되지만 성장과 탈피횟수에 여러 가지 요인이 관여하기 때문에 Dyar계수가 성장기간 동안 변화되는 경우도 있고 또한 이 법칙은 각 영기간이 같아야 된다는 조건이 있는데 많은 종의 곤충에서는 그렇지 못하다고 하였다(Schmidt & Lauer, 1977; 부, 1990).

2. 체중의 성장을

뽕나무하늘소 유충의 영기별 체중의 평균치, 범위, 변이계수, 성장율은 표 3에서 나타난 바와 같이 체중은 0.017 g~6.033 g의 범위내에 있고 영이 진전될수록 체중이 증가하였는데 이는 일반적으로 유충의 체중은 점진적으로 증가하여 그 증가율은 유충기 후반에 더 높아지는 경향이라고 한 보고(부, 1990)와 일치하였다. 체중의 성장율은 4, 5령간이 가장 크고 그후는 감소하는 경향을 나타내었다. 체중의 변이계수는 2령을 제외하고는 18.8%~59.9%로 개체간의 변이폭이 상당히 크게 나타났다. 그러나 체중의 대수를 Y축, 영기를 X축으로 하여 회귀직선을 구한 결과(그림 2), $\text{Log } Y=-0.91592+0.25959X$ 로 나타나 체중의 측정치(Y)와 영기(X)사이에는 직선적 관계가 성립되었고 상관계수 $r^2=0.96856$ 으로 유의성이 인정되었다. 체중 측정치를 Dyar식에 대입하여 적합도를 구한 결과(표 4), 10령이 98.9%로 가장 높았고, 12령이 38.1%로 가장 낮았으며 적합도의 전체평균은 65.9%로 두폭에 비하여 상당히 낮았다. 그러나 Dyar의 계수, $K=1.25$ 로서 두폭에서의 K값 1.18보다 딱정벌레목의 K값 1.28~1.64의 범위에 가까웠다. 따라서 변이계수가 상당히 높고 Dyar식과의 적합도는 두폭보다 떨어지지만 위의 결과를 볼 때, 체중의 측정치로써도 영을 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 체장의 성장을

뽕나무하늘소 유충의 체장을 측정한 결과는 표 5에 나타난 것과 같이 유충의 체장은 0.64~6.98 cm의 범위내에서 영이 증가함에 따라 체장도 증가하였

Table 3. Weight and growth ratio of each instar of *A. germari* larvae

Instar	No. of larvae tested	Mean±SD (g)	Size range (g)	Coefficient variation (%)	Growth ratio
1	231	0.017±0.01	0.009~0.030	52.9	-
2	120	0.020±0.00	0.014~0.032	0.0	1.24
3	117	0.049±0.02	0.018~0.096	40.8	2.33
4	113	0.136±0.06	0.041~0.351	44.1	2.78
5	106	0.330±0.15	0.124~0.762	45.5	2.43
6	96	0.768±0.46	0.210~2.503	59.9	2.33
7	83	1.610±0.65	0.570~2.935	40.4	2.10
8	78	2.997±0.99	0.950~5.110	33.0	1.86
9	66	3.913±0.94	2.200~5.930	24.0	1.31
10	37	4.733±0.89	3.500~6.420	18.8	1.21
11	26	5.560±1.23	3.470~7.580	22.1	1.17
12	13	6.033±1.32	4.260~8.430	21.9	1.09

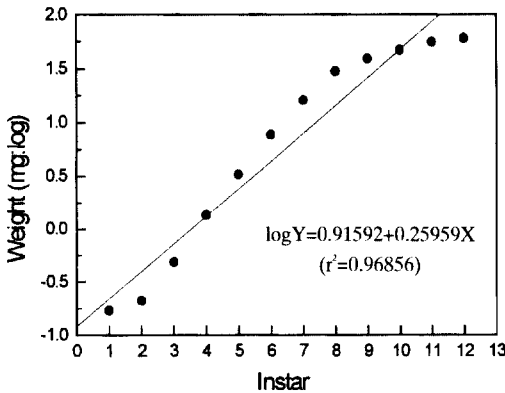


Fig. 2. Changes in weight per instar in *A. germari*

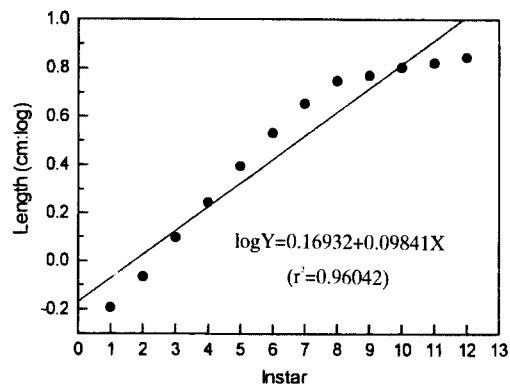


Fig. 3. Changes in length per instar in *A. germari*

Table 4. Fitness to Dyar's formula for weight of *A. germari*

Instar	Weight(g)			Fitness (%)
	Observed	Theoretical	Discrepancy	
1	0.017	0.022	0.005	77.2
2	0.021	0.040	0.019	52.5
3	0.049	0.073	0.024	67.1
4	0.136	0.133	-0.003	97.8
5	0.330	0.241	-0.089	73.0
6	0.768	0.438	-0.330	57.0
7	1.610	0.797	-0.813	49.5
8	2.997	1.448	-1.549	48.3
9	3.913	2.633	-1.280	67.3
10	4.733	4.786	0.053	98.9
11	5.560	8.701	3.141	63.9
12	6.033	15.819	9.786	38.1

다. 체중의 성장율은 2, 3령 사이가 가장 컸고 3령 이후부터는 증가율이 감소하다가 8령 이후부터는 성장율이 아주 낮아졌다. 체장 측정치의 변이계수는 6령

이 18.8 %로 가장 높아 개체간에 변이폭이 컸으며, 전체적으로는 체중의 측정치보다는 변이계수가 훨씬 낮았다. 체장의 대수를 Y축, 영기를 X축으로 하여 회귀직선을 구한 결과(그림 3), $\text{Log } Y = -0.16932 + 0.09841X$ 로 나타나 체장의 측정치(Y)와 영기(X) 사이에는 직선적 관계가 성립되었고 상관계수 $r^2 = 0.96042$ 로 유의성이 인정되었다. 체중 측정치를 Dyar 식에 대입하여 구한 적합도는 12령이 68.0%로 가장 낮았고 10령이 97.2%로 가장 높았으며 전체 적합도 평균은 82.4%로서 두폭에 비해 다소 낮았다(표 6). 그러나 Dyar의 계수 $K = 1.25$ 로서 딱정벌레목의 K값의 범위에는 아주 가까웠으며, 부(1990)는 Dyar법칙에 의하면 몸의 여러부위가 길이성장을 하는 비율(Dyar의 계수)은 보통 1.2~1.4범위내에서 각 곤충마다 일정하다고 하였다.

이상의 결과를 볼 때 인공사료로 사육한 결과에 의하면 뽕나무하늘소 유충은 개체간의 성장 변이폭이 크면서 탈피횟수도 현저히 증가하여 7~13령까지 현

Table 5. Length and growth ratio of each instar of *A. germari* larvae

Instar	No. of larvae tested	Mean \pm SD (cm)	Size range (cm)	Coefficient variation (%)	Growth ratio
1	231	0.64 \pm 0.07	0.45~0.80	10.9	
2	120	0.86 \pm 0.11	0.70~1.10	12.8	1.34
3	117	1.25 \pm 0.14	0.85~1.50	11.2	1.45
4	113	1.75 \pm 0.31	1.30~2.60	17.7	1.40
5	106	2.48 \pm 0.40	1.60~3.70	16.1	1.42
6	96	3.40 \pm 0.64	2.30~5.60	18.8	1.37
7	83	4.50 \pm 0.72	3.60~6.00	16.0	1.32
8	78	5.59 \pm 0.65	4.20~7.20	11.6	1.24
9	66	5.88 \pm 0.67	4.50~7.40	11.4	1.05
10	37	6.35 \pm 0.65	4.90~7.50	10.2	1.08
11	26	6.62 \pm 0.72	5.20~7.60	10.9	1.04
12	13	6.98 \pm 0.74	5.80~8.70	10.6	1.05

Table 6. Fitness to Dyar's formula for length of *A. germari*

Instar	Length(cm)			Fitness (%)
	Observed	Theoretical	Discrepancy	
1	0.64	0.85	0.21	75.3
2	0.86	1.07	0.21	80.4
3	1.25	1.34	0.09	93.3
4	1.75	1.67	-0.08	95.4
5	2.48	2.10	-0.38	84.7
6	3.40	2.64	-0.76	77.6
7	4.50	3.31	-1.19	73.6
8	5.59	4.15	-1.44	74.2
9	5.88	5.20	-0.68	88.4
10	6.35	6.53	0.18	97.2
11	6.62	8.19	1.57	80.8
12	6.98	10.27	3.29	68.0

저하게 차이를 나타내었다. 그러나 뽕나무하늘소 유충의 두폭의 측정치 뿐만 아니라 체장 및 체중 역시 변이계수가 높고 적합도가 떨어지기는 하지만 이들 형질의 측정치에 의해서도 영기를 구분할 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

뽕나무하늘소 유충을 실내에서 인공사료로 사육하여 탈피할 때마다 두폭의 최대치와 체중, 체장을 측정하여 영기별 성장율을 구한 결과,

1령에서 12령까지의 유충의 두폭은 0.12~0.69 cm의 범위내에 있고 각령별 두폭의 성장율은 1, 2령간이 가장 크고 그후로는 감소하는 경향을 나타내었다. 두폭평균치의 대수를 Y축, 영기를 X축으로 하여 회

귀직선식을 구한 결과, $\text{Log}Y=0.12086+0.06998X$ ($r^2=0.95988$)로 유의성이 인정되었고, Dyar법칙과의 적합도는 전체평균 87.6%이었고 Dyar의 계수(K)=1.18이었다.

영기별 체중을 측정한 결과 영이 진전될수록 체중이 증가하였고 체중의 변이계수는 상당히 크게 나타났으나 회귀직선식을 구한 결과, $\text{Log}Y=-0.91592+0.25959X$ ($r^2=0.96856$)로 유의성이 인정되었으며, Dyar법칙과의 적합도는 전체평균 65.9%로 다소 떨어졌고 K=1.25였다.

체장의 각령별 성장율은 2, 3령사이가 가장 컸고 그후 감소하는 경향을 나타내었으며 체장의 대수를 Y축, 영기를 X축으로 하여 회귀직선식을 구한 결과, $\text{Log}Y=-0.16932+0.09841X$ ($r^2=0.96042$)로 유의성이 인정되었고, Dyar법칙과의 적합도는 전체평균 82.4%였으며, K=1.25이었다.

결론적으로 뽕나무하늘소의 유충발육단계를 두폭의 최대치뿐만 아니라 체중, 체장에 의해서도 구분할 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

- Bodenheimer, F. S. (1927) Über regel nassigkeiten in dem wachstum von insekten. I. Das langen wachstum Deut. Eet. ztschr. **1927**: 33~57.
- 부경생 (1990) 곤충생리학. pp 460~464. 서울. 집현사.
- Dyar, H. G. & N. Y. Rhinebeck (1890) The number of molts in Lepidoptera larvae. Psyche. **5**: 420~422.
- Fox, R. C., N. H. Anderson, S. C. Garner, and A. I. Walker (1972) Larval head-capsules of the Nantucket pine tip moth. Ann. Entomol. Soc. Am. **65**: 513~514
- Gaines, J. C. & F. L. Campell (1935) Dyar's rule as

- related to the number of instars of the corn ear worm, *Heliothis obsoleta*(FAB), collected in the field. *Ann. Ent. Soc. Am.* **28**:445~461.
- Harris, F. H. & C. F. Henderson (1938) Growth of insect with reference to progression factor for successive growth stages. *Ann. Ent. Soc. Am.* **31**:557~572.
- 伊庭正樹 (1982) キボシカミキリ幼蟲の齡期と頭幅との關係. *日蠶雜*. **51**(3):239~240.
- Kishi, Y. (1971) Reconsideration of the method to measure (the larval instars by use of the frequency distribution of head-capsule widths or lengths. *Can. Entomol.* **103**:1011~1015.
- 西川彌三郎 (1931) 二化螟幼蟲頭幅測定の結果と基考察. *昆蟲* **5**(1):1~11.
- Parker, D. L., and M. W. Moyer (1972) Biology of a leaf-roller, *Archips negundanus*, in Utah (Lepidoptera:Tortricidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* **65**:1415~1418.
- Peterson, A., and G. J. Haeussler (1928) Some observations on the number of larval instars of the oriental peach moth *Laspeyresia molesta* Busck. *J. Econ. Entomol.* **21**:843~852.
- SAS Institute (1988) SAS user's guide: statistic. SAS Institute, Cary, NC.
- Schmidt, F. H., and W. L. Lauer (1977) Developmental polymorphism in *Choristoneura* spp. (Lepidoptera:Tortricidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* **70**:112~118.
- 島根孝典・河上清 (1991) 人工飼料によるキボシカミキリの大量累代飼育法. *蠶絲昆蟲研報*. **2**:65~112.
- Taylor, R. L. (1931) On Dyar's rule and its application to sawfly larvae. *Ann. Ent. Soc. Am.* **24**:451~466.
- Wilson, L. F. (1974) Life history and habits of a leaf tier, *Aroga argutiola* (Lepidoptera: Gelechiidae), on sweet fern in michigan. *Can. Entomol.* **106**:991~1004.
- Yoon, H. J., Mah, Y. I., Park, I. G., Lee, S. B. and Yang, S. Y. (1997) The mode of hibernation of mulberry longicorn beetle, *Apriona germari* Hope in Korea. *J. Seric. Sci. Jpn.* **66**:128-131.
- 윤형주·박인균·마영일·이상범·양성열 (1997) 뽕밭에서 월동하는 뽕나무하늘소(*Apriona germari* Hope)의 생태적 특성. *한울곤지*. **36**:62~72.