

실내 인공사료육에 의한 뽕나무하늘소 (*Apriona germari* Hope) 유충의 발육

Larval Development of Mulberry Longicorn Beetle, *Apriona germari* Hope, on the Artificial Diet

윤형주 · 박인균 · 마영일 · 설광열

Hyung Joo YOON, In Gyun PARK, Young Il MAH and Kwang Youl SEOL

ABSTRACT Hatched-larvae of the mulberry longicorn beetle, *Apriona germari* Hope, collected from mulberry fields were reared on artificial diet at 25°C with 14 h light and 10 h dark to study the larval developmental characteristics. Artificial diet developed for rearing silkworm was used with minor modification adding mulberry branch powder. In case of artificial diet rearing, the head width of larval instar from the 1st to the 12th instars was ranged from 0.12 to 0.69 cm, and growth rate of each instar was significantly high between the 1st and the 2nd instars. In addition, the weight of the 8th instar larvae was increased approximately 176-fold in comparison with that of the 1st instar larvae. Larval duration of each instar took long with larval developmental stages, and that of the 1st to the 9th or the 12th instars was 186.03 or 304.58 days, respectively. The survival rate of larvae was 40.8% by the 8th instar. The pupation rate was approximately 32.4%. Furthermore, although pupation stage was broadly appeared from the 7th to the 11th instars, pupation was majorly observed at the 8th and the 9th instars.

KEY WORDS Mulberry longicorn beetle, Artificial diet rearing, Larval development

초 록 실내 인공사료육에 의한 뽕나무하늘소(*Apriona germari* HOPE) 유충의 발육특성을 조사하기 위하여, 야외 뽕밭에서 채집된 뽕나무하늘소 부화유충을 14L : 10D 광조건의 25°C 항온기에서 애누에용 인공사료와 뽕나무 가지 분말을 동량비로 섞은 인공사료에 의하여 실내사육한 결과, 유충의 1령에서 12령까지의 두폭 범위는 0.12~0.69 cm 내에 있었고 각 영기의 성장비는 1령과 2령간이 가장 컸다. 체중의 증가에 있어서 1령에 비해 8령의 경우는 약 176배, 12령의 경우와는 약 354배의 성장도 차이를 보였다. 각 영별 경과일수는 영이 진전될수록 경과일수가 길어졌으며 1령에서 9령까지의 경과일수는 186.03일, 12령까지의 경과일수는 304.58일이었다. 인공사료육에 의한 1세대 유충 생존율은 3령기에 걸쳐 약 45%로 매우 낮았으나 그 이후 안정되어 8령까지의 유충 생존율은 40.8% 이었다. 용화율은 32.4% 이었으며, 용화 시기는 7령에서부터 11령에 걸쳐 나타났지만, 8령과 9령째가 대부분 이었다.

검색어 뽕나무하늘소, 인공사료육, 유충 발육

서 론

뽕나무하늘소(*Apriona germari* Hope)는 뽕나무와

무화과 등 과수의 나무가지를 가해하는 주요 해충으로 알려져 있으며, 우리나라를 비롯한 일본, 중국 등 아시아에 분포하고 있다(李, 1987; 村上, 1960; Zhang과 Shen, 1980; Hua, 1982). 뽕나무하늘소는

2~3년에 1회 발생하며(백, 1987; 김 등, 1994), 국내에서의 월동태와 지역적 분포에 대한 보고(Yoon 등, 1997; 윤 등, 1997)가 있을 뿐 이에 대한 생리·생태가 거의 연구되어 있지 않다. 이는 뽕나무하늘소가 기주식물의 줄기속에서 서식하면서 가해하고, 긴 생활사로 인하여 그들의 생리·생태적 특성을 조사하기가 어렵기 때문으로 판단된다.

한편, 최근들어 무한한 잠재력이 있는 곤충자원 확보의 일환으로 많은 곤충에서 기주식물을 이용한 인공사육 및 누대사육을 위해 인공사료의 개발에 관한 연구와 더불어 곤충자원의 안정적인 확보에 따른 곤충유전자원 탐색 및 기능 이용기술 개발에 관한 많은 연구가 진행되고 있다(박, 1997). 또한 곤충 다양성 보존면에서 뽕나무하늘소는 멸종 위기 내지 취약종 수준으로 분류되고 있다(김, 1997).

따라서 본 실험에서는 뽕나무하늘소의 실내 인공사육 체계 확립에 따른 생리 및 곤충자원 탐색 연구의 기초로서, 우선 야외 뽕밭에서 채집한 뽕나무하늘소의 부화유충을 실내에서 인공사료로 사육하여 유충의 발육 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험곤충

1994년 12월~1995년 4월까지 강원도와 제주도를 제외한 7개도 10개 지역의 임의로 선정된 뽕밭으로부터 뽕나무하늘소의 산란흔이 있는 가지를 수집하였으며, 산란흔 속에 있는 유충 중 가지를 먹은 흔적과 이동 흔적이 전혀 없는 유충을 부화유충이라 판단하여 실험곤충으로 사용하였다(Yoon 등, 1997; 윤 등, 1997).

인공사료

뽕나무하늘소 인공사료의 조성과 조제방법은 에누에용 인공사료 분말(동방유량) 100g, 뽕나무 가지 분말 100g, Sorbic acid 1.0g, Chloramphenicol 10mg, p-Hydroxymethyl benzoate 1.5g, Formalin(37% 원액) 5.0ml, Propylene glycol 5.0ml을 증류수 600ml에 잘 섞어 100°C에서 45분간 쪄 후, 이를 4°C 냉장고에 보관하면서 사용하였다.

사육방법

7개도 10개 지역에서 채집한 231두의 부화유충을

1995년 3월초부터 14L:10D의 광조건의 25°C 항온기에서 상기 인공사료를 이용하여 사육하였다. 사육용기는 1~3령기에는 직경 55×12mm, 4~5령까지는 직경 60×15mm, 6령 이후에는 직경 87×20mm의 투명 플라스틱 페트리디쉬에서 용화할 때까지 개체사육하였으며, 습도유지를 위해 멸균수로 적신 티슈페퍼를 넣어 주었다. 인공사료는 절편모양의 적당한 크기로 잘라 3일 간격으로 교체하였다(그림 1).

유충 특성 조사

뽕나무하늘소 유충의 특성을 조사하기 위하여, 매일 탈피여부를 관찰하였고 매 탈피시 마다 두폭, 체장, 체중 및 영기별 기간을 조사하였다. 영기별 두폭은 탈피직후에 탈피각의 두폭 최대치로 측정하였으며, 체장 및 체중 역시 탈피직후 각 영 유충에 대해 눈금자와 자동디지탈 저울로 조사하였다. 영기별 기간은 탈피가 끝난 뒤부터 다음 탈피할 때까지의 일수를 계산하여 평균값을 구하였으며, 각 영별 생존율은 조사유충수에 대한 생존유충수의 비율로 계산하였다. 용화율은 부화유충수에 대한 백분율로 구하였으며, 아울러 영기별 용화율도 조사하였다. 또한 조사된 성적의 통계량은 SAS SYNLIN PROC(SAS Institute, 1988)을 사용하여 산출하였다.

결과 및 고찰

실내 인공사육한 뽕나무하늘소 유충의 각 영별 두폭, 체중 및 체장을 조사한 결과는 표 1에 나타나 있다. 두폭의 경우, 1령에서 12령까지의 두폭의 범위는 0.12~0.69cm의 범위내에 있었다. 각 영기의 성장비는 1령과 2령간이 가장 컸으나 그 후부터는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 울도하늘소에서 보고된 결과와 일치한다(伊庭 1982). 두폭(Y)과 영기(X)의 회귀직선식은 $\text{Log } Y = 0.12086 + 0.06998X$ 로 나타났으며, 이때 상관계수 r^2 은 0.95988 이었다.

각 영별 체장의 경우 영이 진전될수록 성장비가 증가하였는데, 특히 5령까지는 약 1.4배 정도이고, 7령까지는 약 1.2배의 비율로 증가하였으나 그 이후는 영이 진전되어도 뚜렷한 성장비를 보이지 않았다. 또한 1령에 비해 8령의 경우 약 9배 정도의 체장증가를 보였다. 체장(Y)과 영기(X)의 회귀직선식은 $\text{Log } Y = -0.16932 + 0.09841X$ 로 상관계수 r^2 은

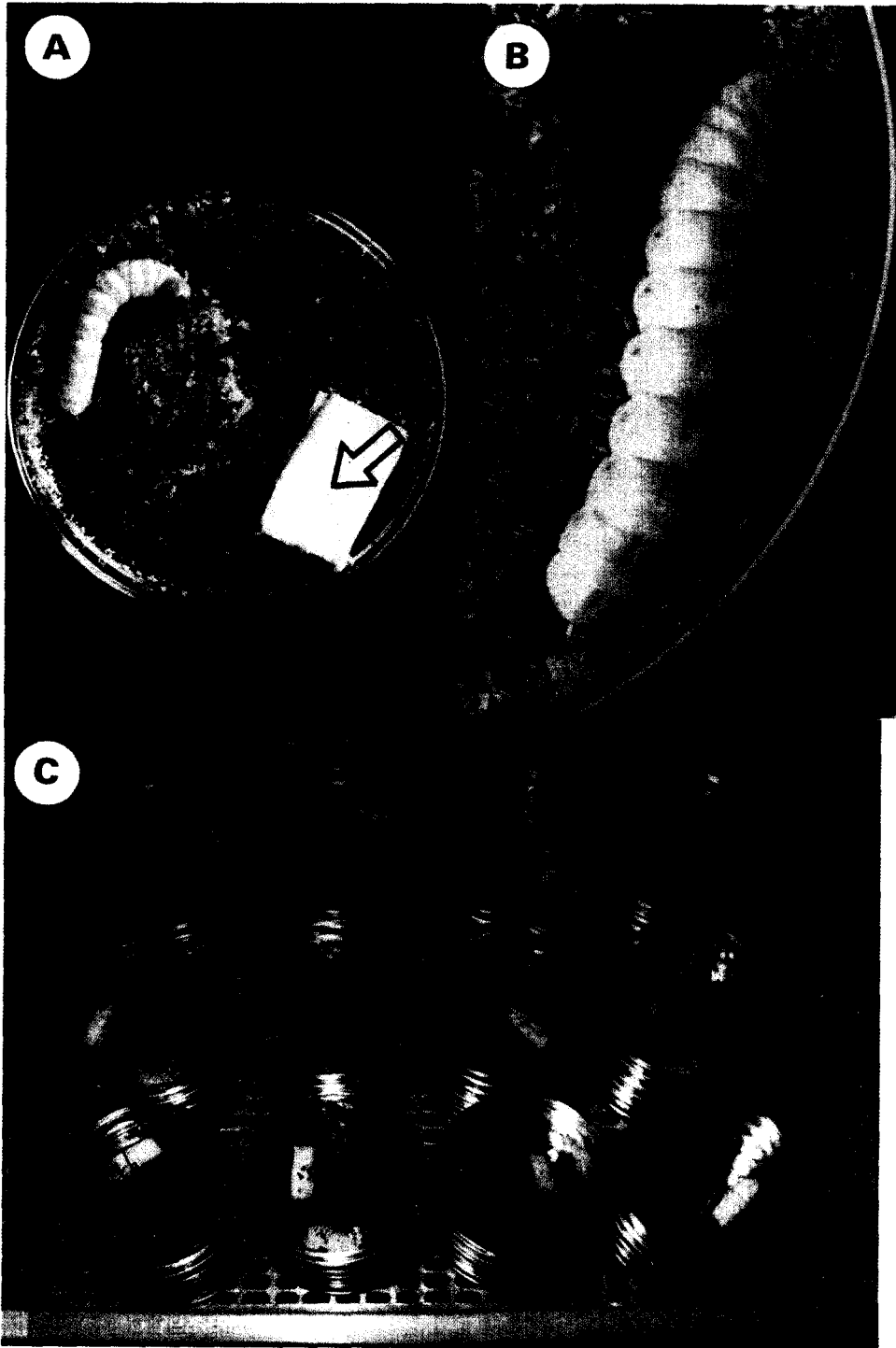


Fig. 1. Indoor rearing of the mulberry longicorn beetle, *Apriona germari*, on the artificial diet. A, 4th instar larva; B, 8th instar larva; C, mass rearing container. Artificial diet and wet tissue paper in the petri dish are indicated by solid and open arrows in A, respectively.

0.96042 이었다.

체중 역시 체장과 마찬가지로 영이 진전될수록 현저한 증가를 보이다가 8령 이후에는 뚜렷한 경향치를 보이지 않았다. 체중의 증가에 있어서 1령에 비해 8령의 경우는 약 176배, 본 실험에서 나타난 최장령인 12령의 경우와는 약 354배의 성장도 차이를 보였다. 체중(Y)과 영기(X)의 회귀직선식은 $\text{Log } Y = -0.91592 + 0.25959X$ 로 나타났으며, 상관계수 r^2 은 0.96856 이었다.

한편 각 영별 경과일수는 표 2에 나타난 것과 같이, 영이 진전됨에 따라 경과일수가 길어졌다. 1령에서 9령까지의 경과일수는 186.03일이었으며 최장령인 12령까지의 경과일수는 304.58일이었다. 특히 경과일수가 일정한 증가치를 보이는 각 영별 경과일수에 비해 2령 유충의 경우 증가치가 2.27(표 2)로서 상당히 높게 나타났다. 이러한 경향은 알락하늘소(村越와 靑野, 1981)와 울도하늘소(石井 등, 1964; 伊庭, 1976)에서 이미 보고된 결과와 유사하나, 그러한 발육특성의 원인은 본 실험에서 알 수

없었다.

유충의 생존율을 조사한 결과(그림 2), 1령에서 2령의 생존율은 86.5%이었고 2령에서 3령의 생존율은 급격히 감소하여 44.9%로 나타났으며, 이때까지 약 55%가 죽었다. 그러나 3령 이후에는 안정된 경향을 나타내어 6령 이후에는 사망하는 개체가 거의 나타나지 않았다. 이는 야외에서 채집한 부화유충을 실내에서 인공사육함에 따른 환경요인의 변화와 인공사료에 대해 적응성이 낮은 개체는 약령 유충기에 자연도태되고 이미 적응된 개체만 남게되기 때문이라고 생각된다.

뽕나무하늘소 유충이 용화되기 시작하는 영과 그에 따른 용화율을 조사하였다(표 3). 용화는 7령에서부터 나타나기 시작하여 11령째까지 계속되었다. 총 공시충 231두에 대한 용화율은 32.4%로 낮게 나타났는데, 이는 생존율이 낮기 때문인 것으로 보인다. 또한 용화의 영별 분포는 7령째부터 5.6%의 비율로 나타나기 시작하여 8령과 9령째에 각각 10.8%로 가장 높게 나타났는데 이 기간에 번데기가 되는 총 비율은 약 21.6%였다. 11령때에도 약 1%(2두)의

Table 1. Some developmental characteristics of the mulberry longicorn beetle larvae reared on the artificial diet

Larval instar	No. of larvae tested	Head width (cm)	Body length (cm)	Body weight (g)
1	231	0.12±0.00	0.64±0.00	0.017±0.00
2	120	0.17±0.01	0.86±0.11	0.021±0.00
3	117	0.20±0.02	1.25±0.14	0.049±0.02
4	113	0.26±0.03	1.75±0.31	0.136±0.06
5	106	0.33±0.04	2.48±0.40	0.330±0.15
6	96	0.42±0.05	3.40±0.64	0.768±0.46
7	83	0.53±0.06	4.50±0.72	1.610±0.65
8	78	0.57±0.06	5.59±0.65	2.998±0.99
9	66	0.61±0.05	5.88±0.67	3.913±0.04
10	37	0.65±0.06	6.35±0.65	4.733±0.89
11	26	0.68±0.04	6.62±0.72	5.560±1.23
12	13	0.69±0.04	6.98±0.74	6.033±1.32

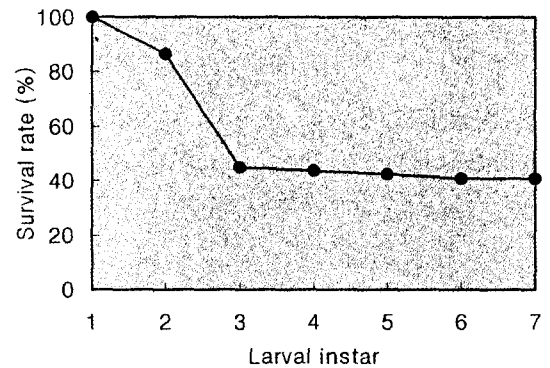


Fig. 2. Survival rate during the larval stage of the mulberry longicorn beetle, *Apriona germari*, reared on artificial diet.

Table 2. Larval duration and growth ratio of each instar of the mulberry longicorn beetle, *Apriona germari*, reared on the artificial diet

Larval instar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Duration (days)	9.6 ± 3.9	21.8 ± 7.42	16.3 ± 5.06	17.01 ± 4.83	18.68 ± 3.78	20.10 ± 3.40	23.82 ± 5.06	28.49 ± 5.62	30.25 ± 6.30	38.63 ± 5.71	36.67 ± 3.79	43.25 ± 10.35
Growth ratio	-	2.27	0.75	1.04	1.10	1.08	1.19	1.20	1.06	1.28	0.95	1.18

Table 3. Pupation of the mulberry longicorn beetle, *Apriona germari*, reared on the artificial diet

No. of larvae tested ¹⁾	Pupation stage (instar)					Total unmolted larvae ²⁾	Numbers pupated
	7	8	9	10	11		
231	13	25	25	10	2	34	75
%	5.6	10.8	10.8	4.3	0.9	14.7	32.4

¹⁾ Test started with the 1th instar.

²⁾ The larvae unmolted for 4 months.

매우 낮은 비율이기는 하지만 용화가 나타났다. 한편 용화시기에 4개월 이상 동안 탈피를 못하고 유지되다가 결국 죽어버리는 노숙유충은 8령째부터 나타나기 시작하여 영이 진전될수록 그 비율이 높아져 약 15% 정도를 차지하였다.

이와 같이 야외에서 채집한 뽕나무하늘소를 인공사료로 실내에서 사육했을 경우 특히 2령 유충의 경과일수가 다른 영의 경과일수의 증가치에 비해 비교적 길게 나타났고, 용화시기도 대부분 8령과 9령에서 용화되었지만 개체간에 변이가 심하였다. 울도하늘소의 경우 뽕밭의 자연환경하에서는 4~5회 탈피를 하고 용화를 하지만 인공사료로 사육하였을 경우는 4~7회 탈피 후 용화한다고 알려져있다(石井 등, 1964; Iba, 1988). 이는 인공사육했을 경우 유충기의 일장과 온도조건이 용화에 큰 영향을 미치며, 또한 유충의 용화시기가 불균일하게 되는 원인으로서 개체간의 일장과 온도에 대한 감수성 차이라고 보고되고 있다(島根와 河上, 1991). 본 실험의 결과 역시 사료, 일장 및 온도조건 등 사육환경 요인과 관련이 있을 것으로 추정된다. 또한 본 실험에서도 나타난 노숙유충의 발생은 큰우단하늘소의 경우 유충기의 일장조건이 휴면을 유지하는데 주요 요인으로 작용하며 개체간에 큰 차이를 보이는 것으로 보고되었다(阿久 등, 1980). 따라서 본 실험의 뽕나무하늘소 실내 인공사료육에서 노숙유충의 용화를 위해 광조건에 따른 휴면생리와 용화율에 관한 연구가 요구되어진다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때, 야외에서 채집한 뽕나무하늘소의 부화유충을 실내에서 인공사료로 사육할 경우 약령 유충발육의 경과일수가 비교적 길고 생존율이 낮았으나, 그 이후 유충의 안정된 발육과 생존율로 보아 뽕나무하늘소의 실내 대량 인공사료육이 가능하다고 사료된다. 아울러 효율적인 실내 인공사료육 확립을 위해서는 인공사료의 조성

및 사육환경 조건에 대한 지속적인 연구가 요구되어진다.

인용문헌

阿久津喜作, 本多健一郎, 新井 茂. 1980. 人工飼料によるセンノカミキリの大量飼育. 動昆蠶. 24: 119-121.

伊庭正樹. 1976. キボシカミキリ幼蟲の生態學的研究. II 産卵時期による周年経過の相違. 日蠶雜. 45: 443-447.

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.

石井五郎, 江森京, 桶田幸夫. 1964. キボシヒゲナガカミ키리 *Psacotha hilaris* Pascoe에 について(3). 蠶絲研究. 52: 28-39.

李承模. 1987. 韓半島하늘소(天牛)科 甲蟲誌. pp. 8-212. 국립과학관. 대전.

村上美左男. 1960. クワカミ키리 *Apriona rugicollis* Chevrolat의 食害生態と防除에 について. 蠶絲試驗場彙報. 77: 25-40.

村越重雄, 青野信男. 1981. 人工飼料によるゴマタフカミキリの飼育. 動昆蠶. 24: 55-56.

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.

김선근, 박종대, 박공열, 김규진. 1994. 무화과를 가해하는 뽕나무하늘소 (*Apriona germari* Hope)의 발생소장 및 생물적 특성. pp. 30. 한국응용곤충학회 추계 학술발표요지.

김진일. 1997. 국내 곤충집단의 격감현황(딱정벌레목을 중심으로). pp. 3-6. 한국곤충학회 멸종위기의 곤충과 대책 심포지움 발표요지.

박호용. 1997. 곤충자원 이용기술 연구 및 개발 현황. 생명공학동향 5: 109-112.

백운하. 1987. 신고해충학. pp. 367-368. 향문사. 서울.

윤형주, 박인균, 마영일, 이상범, 양성열. 1997. 뽕밭에서 월동하는 뽕나무하늘소 (*Apriona germari* Hope)의 생태적 특성. 한웅곤지. 36: 62-72.

Hua, L. 1982. A check list of the longicorn beetles of China Coleoptera : Cerambycidae. pp. 67. China Zhongshan University. Guangzhou.

Iba, M. 1988. Rearing of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* with an artificial diet. Kontyuto-shizen (The nature and Insect). 23: 7-12.

Kawakami, K. & T. Shimane. 1986. Microbial control of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha*

- hilaris* Pascoe (Coleoptera; Cerambycidae), by entomogenous fungus, *Beauveria tenella*. J. Seric. Sci. Jpn. 55: 227-234.
- SAS Institute. 1988.** SAS user's guide : statistics. SAS Institute, Cary, N.C.
- Yoon, H.J., Mah, Y.I., Park, I.G., Lee, S.B. & Yang, S.Y. 1997.** The mode of hibernation of mulberry longicorn beetle, *Apriona germari* Hope in Korea. J. Seric. Sci. Jpn. 66: 128-131.
- Zhang, S. & Y. W, Shen. 1980.** *Apriona germari* (Hope), pp. 461-463. In Xiao G. (ed.), Forest Insects of China. China Forestry Publishing House. Beijing.

(1997년 7월 15일 접수, 1997년 12월 8일 수리)