

Diflubenzuron이 누에의 실샘 발달에 미치는 영향

김영섭 · 손해룡*

상주대학교 잠사곤충지원학과, *경북대학교 천연섬유학과

Effect of Diflubenzuron on Silk gland Development of Silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae)

Young Sub Kim and Hae Ryong Sohn*

Dept. of Sericulture and Entomology Resources, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

*Dept. of Natural Fiber Science, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

ABSTRACT

This study was investigated to know the effects of diflubenzuron(DFB) on the larval silk gland development of the silkworm, *Bombyx mori* (L.). It has been known as a prohibitor of chitin synthesis mostly on the species of the Order Lepidoptera. In this work, the effects of the DFB concentrations (2.5×10^{-1} , 2.5×10^{-2} , and $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\mu\text{l}$) on the various larval stages, were investigated in terms on the silk gland. The macro- and microstructure of cell membrane of silk gland, and the differences of silk gland weight and water contents treated by DFB are also surveyed. As the results, the silk gland weight depended sensitively on not the DFB concentration but the DFB treatment period. The longer DFB treatment period, the lighter dried silk gland weight and the heavier water content of the silk gland. White opaque(WO) emerged in the middle silk gland of DFB treated larva. From the scanning electron microscope observation, the cell membrane of silk gland of DFB treated larva was distinctly more compact compared to that of control. The WO was evidently resulted from the obstacles of normal transformation of silk protein through the cell membrane of middle silk gland.

Key words : Diflubenzuron, Lepidoptera, silk gland, *Bombyx mori*

서 론

나비목 곤충은 대부분 해충으로서 과수의 굴나방류, 심식나방류, 가로수의 미국흰불나방, 소나무의 솔나방, 벼의 이화명나방 및 흑명나방, 채소의 각종 밤나방류 및 좁나방류 등 완전변태를 하는 곤충이다. 이 범주에 속하는 해충을 효과적으로 방제하기 위하여 중독제, 접촉제, 침투성 살충제 등의 형태로 각종 살충제가 계속적으로 개발되고 있다. 이러한 약제들은 대부분 고독성으로, 인축에 피해를 주며, 환경오염을 야기하며, 살충제에 대한 해충들의 저항성 증가로 살충제의 사용량도 아울러 점점 증가되고 있는 실정이다. 따라서 방제 효율은 높고, 잔류 피해는 적은 친환경 농약으로서 미생물농약(*Bacillus thuringiensis*: BT)이나, 곤충생장조절제(Insect growth regulator: IGR)등이 개발되고 있는 추세이다.

우리 나라는 본격적으로 1990년부터 친환경 농약이 이용되기 시작 했으며(농약공업협회, 2000; Kim *et al.*, 1995), 이 물질은 생물체내에서 호르몬의 작용을 교란시키는 내

분비 교란물질(Endocrine disruptor)로도 알려져 있다(김, 1998; Rothman and Greenland, 1998). 친환경농약제로서 알려진 약 17여종이 주로 곤충생장 조절제로 사용되고 있으며(Soto *et al.*, 1994; 김, 1997), 이러한 IGR계통의 약제는 주로 애벌레시기에 사용되어지며, 나비목(Lepidoptera) 유충을 중심으로, 매미목(Hemiptera), 노린재목(Hemiptera), 파리목(Diptera) 등의 곤충에도 직접 간접적으로 사용되어 성장, 변태, 탈피 등에 크게 영향을 미친다고 보고되어져 있다(Capellozza *et al.*, 1990, 1993, 1995; Hwang, 1997a, 1997b; Hwang *et al.*, 1997; Kamimura, 1995; Kim *et al.*, 1995; Sbrenna *et al.*, 1992; Plantevin *et al.*, 1991).

Juvenile Hormone(JH) 이후 새로이 개발된 생장조절물질 계통 중에는 carb, tebufenozide, benzoylurea계 등이 있으며, 각 계통간에는 특성상 약간의 차이는 있으나 대부분 나비목 유충에 대해 생장저해를 일으키고 있다.

그러나 이러한 물질이 해충방제에는 어느 정도 효과가 있지만 익충에게는 직접 간접으로 피해를 주고 있다. 특히 양잠농가는 주위 과수농가의 IGR계통 약제 살포로 피

해를 입고 있다.

IGR계통 중에서 Diflubenzuron(DFB)은 곤충 표피의 키틴질 합성을 저해 또는 방해하므로 표피가 얇아져 궁극적으로 탈피가 억제된다고 보고되고 있다(Laেকে et al., 1991; Ledirac et al., 2000; Post and Vincent, 1973). 그리고 Chen 등(1993)은 DFB가 곤충의 알라타체, 외피, 호흡기관 등의 생리적 장애를 주었다고 보고하고 있다. 그러나 지방세포의 vitellogenin 합성과 난소 발육, 난 형성, 배자발육 등에는 영향을 주지 않았다고 하였다. Nakagawa 등(1996)은 특히 DFB가 외피의 키틴질에 UDP-N-acetyl-[3H]의 결합을 저해하며 ecdysteroid의 생성 등에도 영향을 미친다고 보고하였다.

이와같이 국외에서 DFB가 나비목 곤충의 생리에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서 Kim 등(1995), Lee와 Boo(1985) 그리고 Hwang(1997a, 1997b)에 의한 단편적인 연구만 보고되었을 뿐이다.

본 연구는 IGR 계통 중 널리 쓰이고 있는 DFB의 처리시 대부분의 누에가 토사를 하지 못하므로, DFB가 실샘의 발달에 장애를 줄 것이라는 전제로 실샘의 형태, 실샘의 전자현미경적 관찰과 함께 그 정량적 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험곤충

본 실험에 사용된 누에나방은 현재 농가에서 사육중인 장려품종, 백옥잠으로 1999년 5월, 1999년 9월 그리고 2000년 5월 각 1차례씩, 3회에 걸쳐 경상북도 잠사곤충사업장으로부터 누에씨를 보급 받아 사육은 상주대학교 인공사료사육실험실(20-25°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50-60%)에서 뽕잎(*Morus sp*)으로 사육하였다.

2. DFB 처리 방법

DFB 처리농도는 $2.5 \times 10^{-1} \mu\text{g}/\mu\text{l}$, $2.5 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\mu\text{l}$, $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\mu\text{l}$ 로 5령 누에에 소형스프레이로 급상 직전 뽕잎에 살포하여 매일 4회 급상하였다. 공시사육량은 시험구당 100두씩 3반복으로 하여 그 평균값을 취하였다. 본 시험에 사용된 약제는 Novatis 아그로 코리아(주)에서 시판하고 있는 제품을 사용하였는데(상표명: 디틸린) 화학식은 1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea이다.

3. 실샘의 현미경적 관찰

5령기에 DFB를 처리하였을 경우 누에의 실샘발달에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실샘조직의 형태적 변화를 5령 10일째 부터 유충 기간이 끝날 때까지 실체현미경하에서 해부, 관찰하였고, 해부현미경으로 관찰하여 발

견된 중부 실샘의 흰 반점 부위를 전자현미경으로 관찰하였다. 전자현미경 관찰용 시료는 진공상태에서 Karnovsky's 고정액에 2시간동안 고정하고, 0.05 M cacodlate buffer(pH 7.2)에 20분 간격으로 2회 세척한 후 0.5% uranyl acetate를 넣고 냉장고에서 overnight하였다. 탈수를 위하여 30, 50, 70, 80, 95% 알콜로 20분 간격으로 처리한 후 100% 알콜로 20분 간격으로 3회 처리하였다. 완전한 탈수를 위하여 propylene oxide를 20분 간격으로 2회 처리하였다. propylene oxide와 isoamylacetate를 50 : 50으로 섞어서 2시간동안 후드에서 처리하고, 100% isoamylacetate에 넣어 overnight 하였다. 이것을 임계점 이상 건조한 후 gold coating 하여 주사전자현미경(SEM; S-2300, Hitachi, Japan)으로 검경하였다.

4. 실샘의 외부형태 및 실샘변화

DFB의 처리에 따라 회색배울별로 나타나는 현상들을 조사하여 특이사항등을 정리하였다. 그리고 각 농도별로 처리한 시험구는 5령 1일부터 18일까지 외형적인 증상들을 조사 하였고, 각 무게측정은 전자저울(Metter toledo, Switzerland, 1996)을 이용하였으며, 실샘의 건조는 진공동결건조기(220 V, 60 Hz, Ilshin Elec. Co. Korea)를 사용하였다.

실샘의 발육정도를 알아보기 위하여 실샘무게(WSL), 실샘건물중(DSL) 및 실샘함수율(WWL/WSL), 실샘무게에 대한 실샘건물중(DSL/WSL)으로 처리간에 비교하였다.

$$\text{실샘무게율(WSL, \%)} = \frac{\text{실샘무게(WSL)}}{\text{유충전체무게(WSW)}} \times 100$$

$$\text{실샘건물중율(DSL, \%)} = \frac{\text{실샘건물중(DSL)}}{\text{유충전체무게(WSL)}} \times 100$$

$$\text{실샘함수율(WWL, \%)} = \frac{\text{실샘수분함량(WWL)}}{\text{실샘무게(WSL)}} \times 100$$

※ WSL(실샘무게, g): weight of silk gland

WSW(유충전체무게, g): weight of silkworm larva

DSL(실샘건물중, g): dried weight of silk gland

WWL(실샘수분량, g; 실샘생중 - 실샘건물중): water content of silk gland

결과 및 고찰

1. 실샘의 현미경적 관찰

DFB의 5령 처리시 농도에 관계없이 정상적인 고치를 짓지 못하였으므로 실샘을 해부하여 변형여부를 알아보았다. 그 결과 정상적인 실샘과는 다르게 5령 13일째부터 중부실샘에 백색의 경화(WO; white opaque) 현상이 나타났으며, 5령 16일째와 18일째에 중부실샘에 완전히 백색

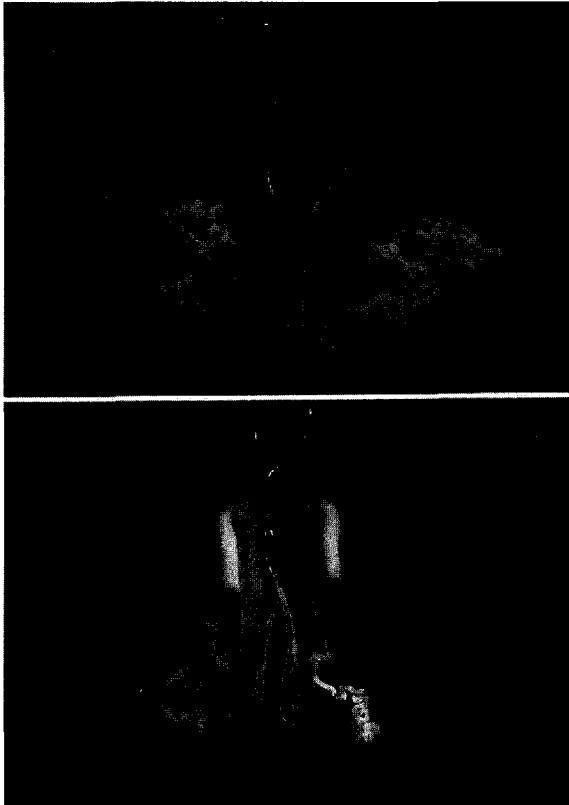


Fig. 1. Photograph of silkgland on 16th day of 5th instar treated by DFB (A : Control, B : DFB(2.5×10^{-3} $\mu\text{g}/\mu\text{l}$), WO : white opaque).

경화가 생성되었다. 이는 토사를 위한 견단백질이 전부실샘으로의 이동이 정상적으로 이루어지지 못하여(Hwang, 1997b) 토사 불능증으로 되어 결국 생리적 장애로 인하여 폐사됨을 알 수 있었다(Fig. 1).

또한 DFB가 누에 견단백질의 분비기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실샘의 미세구조를 현미경하에서 조사하였다. 중부실샘 조직의 전자현미경상을 보면 실샘의 내강 및 주변 세포층의 미세구조가 정상적인 실샘과 DFB가 처리된 실샘 사이에 차이를 보였다(Fig. 2).

DFB가 처리된 누에의 실샘은 육안으로도 중부 실샘에 W.O가 확연하게 보였고(Fig. 1), 이 부분을 전자현미경으로 관찰한 결과, W.O가 있는 부분은 견단백질이 대조구보다 뭉쳐져 있었는데, 이것은 액상전 상태에서 수분이 빠져 나가 생긴 것으로 생각되는 빈 공간영역들이 크게 나타났기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 현상은 수용액 상태의 액상전이, 물리적인 작용이나 농도 변화에 의해 회합된 상태로 되고 따라서 불용성으로 되어 실샘 내에서 침전된 결과로 추론된다.

또 주변 세포층에 있어서는 물질 이동에 관여하는 것으로 추측되는 기관들의 수가 DFB를 처리한 실샘은 줄어

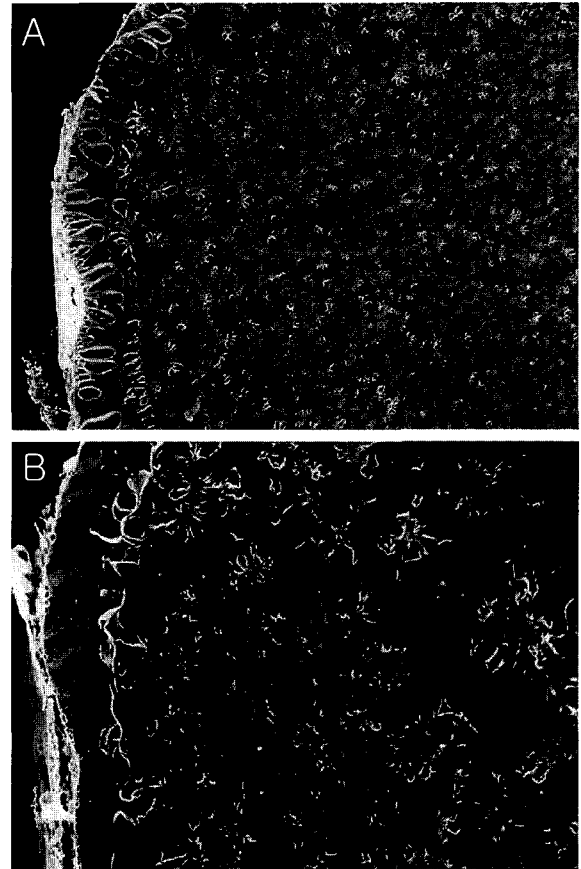


Fig. 2. SEM micrograph of the 5th instar larval middle silkgland of *Bombyx mori* (A : Control, B : DFB(2.5×10^{-1} $\mu\text{g}/\mu\text{l}$)).

들어 있고 조직이 경화되어 있었다. 이는 DFB의 분비능력 억제 효과는 세포 내 H^+ -ATPase 효소를 DFB가 억제시켜 물질의 이동에 필수적인 proton 구배가 형성되지 못하는 데서 기인한다고 알려져 있는데(Nakagawa and Matsu-mura, 1993; Nakagawa *et al.*, 1996), 따라서 실샘 세포에서 합성된 견단백질이 견세포막을 통해 실샘강 내로 정상적으로 분비되지 못하고 실샘 세포 내에 축적되었거나, 실샘강 내로 분비는 되었지만 실샘강 내에서 자유롭게 이동하지 못하여 회합이 일어난 결과라고 보여진다(Henning, 1981). 이러한 결과는 W.O. 현상이 일반적으로 고분자의 과포화 용액에 기인한다는 사실과 일치하는 경향이다.

2. 실샘 중량 및 수분에 미치는 영향

DFB를 2.5×10^{-1} $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, 2.5×10^{-2} $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, 2.5×10^{-3} $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ 로 희석하여 5령 1일부터 5령 7일까지 각각 농도별로 처리하여 5령 7, 9, 12, 15, 18일째 누에체중에 대한 실샘생체중, 실샘 건물중, 실샘수분을 등을 조사하였다.

DFB 농도 2.5×10^{-1} $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ 처리구에서 실샘무게를 보면 5령 7일째 대조구가 1.34 g인데, 5령 7일 처리한 시험구의

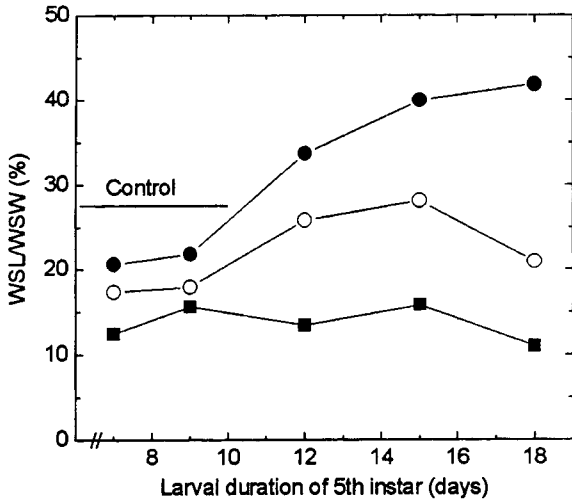


Fig. 3. Effect of DFB ($2.5 \times 10^{-1} \mu\text{g}/\mu\text{l}$) treatment date on the WSL/WSW at the various 5th larva period, where WSL and WSW are weight of silkgland and larva, respectively. (—●—, —○—, and —■— are the 7th, 5th, and 1st day of the 5th instar, respectively.)

경우 5령 9일째에 1.62 g, 12일, 15일, 18일째에서도 1.71 g, 2.18 g, 2.4 g로 5령 실샘무게의 증가는 계속되었다.

누에 전체 체중에 대한 실샘의 비율을 보면 DFB 농도 $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\mu\text{l}$ 의 경우, 5령 1일 처리에서는 7일째 12.42%로 나타났으며 18일째는 11.00%로 7일부터 18일까지 실샘 비율에 큰 변화가 없었으나, 5령 5일째 처리한 구에서는 7일째 17.38%로부터 15일째(28.11%)까지 계속 증가하였으나 18일째는 감소하였다(21.00%). 5령 7일째 처리에서는 7일째 20.65%로부터 18일째 41.90%까지 지속적인 증가를 보여주고 있다(Fig. 3). 이러한 결과는 DFB 처리 시기가 빠르면, 비록 누에가 죽지 않고 계속 살아갈 수는 있지만 DFB가 실샘 세포의 대사에 영향을 미쳐 더 이상 실샘 단백질을 생성하지 못한다에 기인한 결과라고 보여지며, 또한 처리시기가 늦으면 DFB가 비교적 실샘 세포의 대사에 영향을 덜 미쳐 계속적으로 단백질을 생성시킨 결과라고 추론된다.

Fig. 4는 DFB를 5령 1일부터 7일까지 처리하면서 나타난 각 농도에 대한 일별 반응을 실샘건물 무게를 대상으로 비교한 그림이다. 그 결과 처리 농도간에는 큰 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 다만, 처리시기, 즉 5령 1일, 3일 처리경우와, 4일 이후 처리간에는 뚜렷한 차이가 있었다. 5령 1일, 3일 처리경우에는 대조구에 비해 월등이 낮은 값을 보였지만 5령 4일 이후의 처리에서는 대조구와 비슷한 값을 나타내었다.

실샘의 수분함량은 모든 처리구가 대조구의 수분함량과 거의 유사하거나 보다 높게 나타났으며, 처리농도에 따른

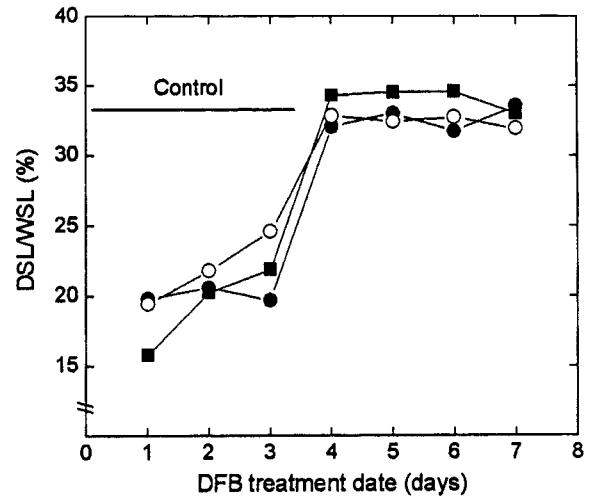


Fig. 4. Effect of DFB treatment date on the DSL/WSL from 1st to 7th day of the 5th larva, where DSL and WSL are dried and raw weight of silkgland, respectively.

(—●—; $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\mu\text{l}$, —○—; $2.5 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\mu\text{l}$, —■—; $2.5 \times 10^{-1} \mu\text{g}/\mu\text{l}$).

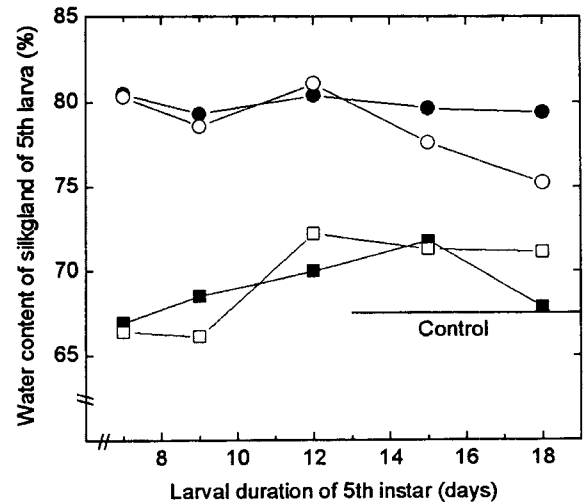


Fig. 5. Effect of DFB ($2.5 \times 10^{-1} \mu\text{g}/\mu\text{l}$) treatment date on the water content of silkgland at the various 5th larva period.

(—●—, —○—, —■—, and —□— are the 1st, 3rd, 5th, and 7th day of the 5th instar, respectively.)

큰 차이는 없었다. 그러나 처리시기에 따른 실샘 수분함량은 큰 차이를 보였고, 5령 초기에 처리한 시험구가 5령 말기에 처리한 시험구보다 수분함량이 높게 나타났다. 이는 5령 초기에 DFB를 처리하면 누에의 수분대사가 비정상적으로 이루어지는 것으로 추론할 수 있다(Fig. 5). 수분함량이 실샘내에서 높을수록 실샘 단백질의 생합성이 저조하게 되고 결국 정상적인 토사를 하지 못하는 것으로 생각된다.

이와 같이 DFB의 처리농도와 처리시기에 따라 실샘 발

육에 수분이 영향을 미쳐, DFB의 처리시기가 빠르면 실샘의 수분율이 증가하여, 대조구보다 높았고 처리기간이 5일 이상 길어지는 경우의 1일, 3일 처리에서는 실샘의 수분율이 80%대로 급격히 증가하였다. 그러나 DFB의 농도에 따른 실샘의 수분율은 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 DFB의 처리농도 보다는 처리시기가 실샘의 발육에 영향을 미치는 요인인 것으로 판단된다. 즉 일찍 처리한 시험구일수록 실샘의 발달이 미미하여 건물중이 가벼웠고, 정반대로 수분율은 높게 나타났다. DFB 처리구의 5령 12일째와 대조구 7일째의 실샘 건물중이 유사한 수치를 보이고 있으나 수분대사가 비정상적으로 이루어져 고치를 짓지 못하였다. 이는 Gijswijt 등(1979)과는 같은 경향이었다.

일반적으로 IGR은 나비목 곤충의 탈피억제 및 유충 기간의 연장뿐만 아니라 유충무게가 무거워지는 작용을 하는 것으로 보고되고 있으며(Kim *et al.*, 1995), 특히 1령 처리시에는 대조구와 유사한 체중을 나타내었으나, 3령 이후 처리는 대조 구에 비해 최고 71%의 체중이 증가한다고 한다(Kim *et al.*, 1995; Hwang, 1997a, 1997b). 알발이 나방과 *Archips* sp.의 경우 유충무게의 증가는 1, 2령 처리는 대조구와 유사하며, 3령 이후 처리는 5령 1일째부터 대조구보다 뚜렷하게 체중의 감소를 보였다(Granett and Retnakarn, 1977). 나비목 이외에도 Tachinidae과(Diptera)의 *Tachina*속은, 처리 후 체중증가(Grosscurt, 1978), Rutelidae과(Coleoptera)의 *Proteatia fluvistemma*의 유충 체중변화(Hackman, 1976), 체중의 증가 뿐만 아니라 이와 아울러 피부층도 변화한다는 보고도 있다(Humason, 1972). 그러나 fenoxycarb의 경우에도 누에의 전령에 fenoxycarb를 처리하면 견물질의 생성이 미미하게 이루어지나 5령 경과일수가 길어지면서 모두 폐사한다고 하였다(Hwang, 1997b). 또한 4,5령기에 처리하면 견물질의 생합성이 저해 받지 않는다고 하는 결과(Sbrenna *et al.*, 1992)와는 달리 2, 3, 4, 5령기 처리시 견물질의 생합성이 저해되며 실샘 발달이 나빠고, 5령 20일째는 모두 폐사하며, 실샘의 발육이 부진하다는 보고도 있다(Plantevin *et al.*, 1991). IGR계통의 물질은 종령 누에의 발육생장에 관여하는 JH와 변태호르몬이 체내 균형을 교란시키는 작용을 하는 것이라 판단되며, 이와 같이 IGR계통의 물질은 곤충 종 및 처리시기에 따라 그 영향이 다르게 나타남을 재확인 할 수 있었다.

적 요

DFB는 IGR계통의 약제로서 나비목 곤충류에 널리 사용되고 있으며, 주로 알려진 효과는, DFB 본래의 chitin

합성 억제 특성이외에(Post and Vincent, 1973), DFB의 물질분비능력억제 효과가 보고되어 있다(Nakagawa *et al.*, 1996). 또 다른 한편으로 DFB가 juvenile hormone(JH)의 길항으로 작용하고 있다고 추정되고 있다. 따라서 본 실험은 DFB가 누에의 발육생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 DFB를 $2.5 \times 10^{-1} \mu\text{g}/\mu\text{l}$, $2.5 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\mu\text{l}$, $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\mu\text{l}$ 의 농도로 누에에 처리하였다. 본 조사에서는 DFB가 누에의 실샘에 미치는 영향을 조사 하기 위해, SEM을 이용한 미세구조 분석 및 외부형태 변화 그리고 DFB처리에 의한 실샘의 건물중량, 수분량 등을 알아보았다. 실샘의 발육정도는 DFB의 처리농도에 따라서는 큰 차이가 없었고, DFB의 처리시기와 처리 회수에 따라 많은 차이가 있었다. 처리기간이 길수록 실샘의 건물중량은 현격히 줄었으며, 반대로 실샘의 수분함량은 증가하였다. 특히 5령 1일, 3일 처리구에서 실샘의 수분함량이 80% 이상으로 증가되어 수분생리대사에 영향을 미쳤고 그 결과 실샘 물질의 물리성이 변하여 결국 정상적인 토사가 이루어지지 않아 불결건잠으로 된 원인이었다. DFB를 처리한 누에 실샘의 외부 특징은 중부 실샘에 백색경화현상이 나타났으며 이 부위를 전자현미경으로 확인한 결과 실샘의 세포막이 정상과는 달리 조밀하여 실샘 세포 내에서 합성된 견단백질이 분비가 되지 않고 실샘 내에 축적되었다.

인용문헌

- 김록호(1998) 내분비교란물질(환경호르몬)에 의한 인류멸종설 - 맹목적 산업화의 인과응보인가? 서울출판사. 202pp.
- 김록호(1997) 환경호르몬과 환경분석, 한국환경분석학회 창립기념 특별강연논문집 21pp.
- 농약공업협회(2000) 농약사용지침서. 농진청. 서울 821pp.
- Cappelozza, L., Miotto, F. and Moretto, E. (1990) Effect of fenoxycarb at low concentration on the larvae of *Bombyx mori* (Lepidoptera:Bombycidae). Redia, **73**(2) : 517-529.
- Cappelozza, L., Cappelozza, S., Benedetti, R. and Assal, O. M. (1993) Mortality and reproductive Paramaters in *Bombyx mori* (Lepidoptera, Bombycidae) in response to low dosage treatment with the insecticide Insegar (fenoxycarb). Redia, **76**(2) : 335-342.
- Cappelozza, L., Cappelozza, S. and Sbrenna, G. (1995) Change in the developmental programme of *Bombyx mori* L. caused by oral treatment with fenoxycarb during the last larval instar Sericologia, **35**(3) : 427-436.
- Chen, P., Gong, H.F., Wang, J.Z., Ding, J.Y. and Z.S. Wang (1993) Mechanism of chomsterilization by diflubenzuron in armyworm. Acta Ent. Sinica **36**(4): 396-408.
- Gijswijt, M. J., D. H. Deul, and B. J. De Jong (1979) Inhibition of chitin synthesis by benzoylphenylurea insecticides. 3. Similarity in action in *pietis brassicae* (L.) with polyoxin D. Pestic. from Entomology Abstracts. 1980. 11: 27).
- Granett, J. and A. Retnakaran. (1977) Stadial susceptibility of

- eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) to the insect growth regulator Dimilin. *can. Entomol.* **109** : 893-894.
- Grosscurt, A. C. (1978) Diflubenzuron: some aspects of its ovieidal and larvieidal mode of action and an evaluation of its practical possibilities. *Pestic. Sci.* **9**: 373-386 (indirectly cited from *Rev. Appl. Entomol. Ser. A.* 1979. **67**: 306).
- Hackman, R. H. (1976) The interactions of cuticular proteins and some comments on their adaptation to function. *Insect Integument.* ed. by H. R. Hepburn pp. 107-120. Elsevier. Amsterdam.
- Henning, W. (1981) *Insect phylogeny.* Great Britain. Pitman Press. 514pp.
- Humason, G. L. (1972) *Animal tissue technique.* pp. 173-180. 3rd. ed. W. H. Freeman and Company. San Francisco.
- Hwang, S. J. (1997a) Effect of IGR on development of silkworm, *Bombyx mori* L. III. With reference to the influence of Fenoxycarb on the egg laying and the hatching. *Korean J. of Sericult.*, **39**(1) : 17-21.
- Hwang, S. J. (1997b) Effects of fenoxycarb on the developmental physiology of the silkworm, *Bombyx mori* L. Kyungpook National Univ. Ph.D. thesis. 95pp.
- Hwang, S. J., H. R. Sohn, Y. I. Mah, S. J. Chang and J. S. Hwang (1997) Effects of Insect Growth Regulators on Developmental Physiology of the Silkworm, *Bombyx mori* L. IV. With refernce to the development of silk gland and silk quality. *Korean J. of Sericulture Vol.* **39**(2) : 140-146.
- Kamimura, M. (1995) Effects of juvenile hormone analogue, fenoxycarb, on larval growth of the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Applied Entomol. and Zool.*, **30**(3) : 487-489.
- Kim, S. E., Hwang, S. J., Kim, J. K. and Hwang, J. S. (1995) Effect of IGR on development physiology of silkworm, *Bombyx mori* L. I. Effect of fenoxycarb on larval development and putation of silkworm, *Bombyx mori* L. *Korean J. of Sericult.*, **37**(2) : 121-126.
- Laecke, K. V., Degheele, D. and Van, L.K. (1991) Detoxification of diflubenzuron and teflubenzuron in the larvae of the beet armyworm (*Spodoptera exique*) (Lepidoptera: Noctuidae). *Petic. Bioch. Physio.* **40**(2) : 181-190.
- Ledirac, N., Delescluse, C., Lesca, P., Piechocki, M.P., Hines, R.N., De Sousa, G., Pralavorio, M. and R. Rahman (2000) Diflubenzuron, a benzoyl-urea insecticide, is a potent inhibitor of TCDD-induced CYP1A1 expression in HepG2 cells. *Tox. App. Phar.* **164**(3) : 273-279.
- Lee, K.W. and K.S. Boo (1995) Studies on biology and control program of the oriental tobacco budworm, *Heliothis assulta*, with insect growth regulators and sex pheromone II. Effects of an insect growth regulator, diflubenzuron, on embryonic development. *Agric. Rese. of Seoul/nat'l Univ.* **10**(1-1) : 27-34.
- Nakagawa, Y., S. Ishii and F. Matsumura (1996) Diflubenzuron stimulates phosphorylation of a 39 kDa integumental protein from newly molted american cockroach (*Periplaneta americana*). *Insect Bioche. Molec. Biol.* **26** : 891-898.
- Nakagawa, Y. and F. Matsumura (1993) Effect of diflubenzuron on the incorporation of UDP-N-acetyl-[3H]glucosamine (UDP-[3H]NAGA) to chitin in permeabilized, and isolated integuments from the newly molted American cockroach *Periplaneta americana*. *Comparative. Biochemistry and Physiology. C, Comparative. Pharmacology and Toxicology.* **106** (3) : 705-710.
- Plantevin, G., Grenier, S. and Chavancy, G. (1991) Effect of an insect growth regulator, fenoxycarb, on the postembryonic development of *Bombyx mori* (Lepidoptera, Bombycidae), 1991, *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Series 3. Sciences de la Vie*, **131**(11) : 513-519.
- Post, L.C. and W.R. Vincent (1973) A new insecticide inhibits chitin synthesis. *Naturwissenschaften* **60** : 431-432.
- Rothman K J. Greenland S. (1998) *Modern Epidemiology.* 2nd. Ripincott Raven. 643-673.
- Sbrenna, G., Leis, M., Cappellozza, S. and Cappellozza, L. (1992) Effects of the administration of ecdysteroids on 'non-spinning' larvae of *Bombyx mori* (Lepidoptera, Bombycidae). *Redia*, **75**(1):189-202.
- Soto, A.M, K. L. Chung, and A. Sonnenschein (1994) The pesticides Endosulfan, Toxaphene, and Dieldrin have Estrogenic Effects on Human Estrogen-sensitive Cells, *Environmental Health Perspective*, **102**(4) : 380-383.