

곤충성장조절제(IGR)가 누에의 발육생리에 미치는 영향

I. Fenoxycarb가 누에의 유충기 발육과 용화에 미치는 영향

김삼은 · 황석조 · 김종길 · 황재삼

농촌진흥청 잠사곤충연구소

Effects of Insect Growth Regulators on Development and Physiology of the Silkworm, *Bombyx mori*, L.

I. Effects of fenoxycarb, juvenile hormone Analog, on larval growth, pupation and cocoon characters by oral application

Sam Eun Kim, Seok Jo Hwang, Jong Gill Kim and Jae Sam Hwang

National Sericulture & Entomology Research Institute, R.D.A., Suwon, Korea

Abstract

The effects of oral application of fenoxycarb, the commercial formulation Insegar, to the selected developmental stages of the silkworm, *Bombyx mori*, was investigated. An oral application of the chemical to the silkworm from the 2nd- to the 5th-instar larvae delayed the larval development upto more than 40 days and increased the larval body weight in the range of 1.1 to 1.7 folds. When the chemical was orally applied to the final instar larvae, spinning and pupation were prevented, and consequently permanent larvae occurred. The weight of a cocoon and its shell of silkworm(*Bombyx mori*, L) increased following the application of fenoxycarb to the 2nd- and the 3rd-instar larvae.

Key words : *Bombyx mori*, insect growth regulator, fenoxycarb, Insegar, larval duration, body weight, pupation, permanent larvae, cocoon-weight

서 론

유기인제나 카바메이트제와 같은 종래의 전통적인 살충제에 대한 해충의 저항성 발달이 현안문제로 대두됨에 따라 최근에는 미생물 농약이나 곤충성장조절제(IGR)와 같은 새로운 살충기작을 이용한 농약이 개발 보급되고 있으며 그 사용량은 해마다 증가하는 추세에 있다.

곤충성장 조절제는 곤충의 성장 즉 변태나 탈피와 같은 곤충의 기본적 생리현상을 저해하는 기능을 갖고 있는 농약으로서 키틴합성 저해제, 유약호르몬제, 항유약호르몬제, 탈피호르몬제 등 그 종류가 다양하다. 그 중 하나인 ethyl 2-(4-phenoxyphenoxy)ethylcarbamate(일반명 : fenoxycarb)는 100억배로 희석하여도

누에에 피해를 주는 것으로 알려져 있을 정도의(小林, 1995) 강력한 유약호르몬제로서 인세가(Insegar)라는 상표명으로 판매되고 있다.

이태리에서는 1993년 이후 인세가로 인한 양잠피해가 증가하고 있어 고치생산량 뿐 아니라 양잠농가 수마저 감소되고 있으며(International Silk Association, 1995), 일본에서도 1990년 굴나방과 깍지벌레의 농약으로 등록되었다가 양잠농가에의 막심한 피해로 인해 현재는 판매중지된 상태인데 국내에서는 금년 들어 처음으로 판매된 실적이 있어 금후 이로 인한 국내 양잠농가의 피해가 크게 우려되고 있다.

이러한 시점에서 국내 시판중인 fenoxycarb가 누에의 유충기 성장과 변태에 미치는 영향을 조사함으로써 금후 예상되는 양잠에의 피해에 대비할 기초자

료를 마련하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1000배로 희석한 인세가(주성분: fenoxycarb)를 고르게 분무한 뽕잎을 각 령의 1일째, 3일째(2령때는 2일째)에 각 1일동안, 또는 각 령의 전기간 동안 백옥잠(누에품종)에 급이한 후, 각 령의 경과일수, 5령 유충의 체중변화, 화용비율, 고치무게와 고치층 무게 등을 조사하였다. fenoxycarb로 처리한 뽕잎을 다룰 때나 누에무게를 칭량할 때에는 각 처리구별로 일회용 비닐장갑을 구분 착용하였고, fenoxycarb 처리누에와 무처리 누에는 각기 다른 사육실에서, 다른 사육자가 사육하므로써, fenoxycarb가 공기 또는 인체 접촉 경로를 통하여 약제처리중인 누에에서 무처리 누에로 이행되지 않도록 유의하였다.

사육량은 각 처리구 당 50두씩이고, 5령기 체중은 5령 3일까지는 20두씩, 5령 4일 이후는 10두씩을 칭량하여 그 평균값을 구하였다. 사육중의 온습도는 전령 25℃, 80%였다.

결과 및 고찰

1. 유충 경과일수

무처리 뽕잎으로 전령 사육한 대조구의 각 령 경과시간은 1령 3일 8시간, 2령 2일 21시간, 3령 3일 5시간, 4령 4일 12시간, 5령 7일 7시간으로 전령 경과는 21일 5시간이 소요되었다. 이에 비해 fenoxycarb 처리구에서는 전반적으로 유충기간이 길어졌다. 특히 처리시기가 2령에서 5령쪽으로 늦어질수록, 또한 처리시간이 길수록 유충기간이 길어지는 경향을 보였다(표 1). 1령때의 약제처리는 그 처리시기 및 기간에 관계없이 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나, 2령 처리구의 전령기간은 1일째 처리구가 6%, 2일째 처리구가 9% 길어졌고, 전일 처리구는 17%에 해당하는 3일 15시간이 길어졌으며, 이러한 유충기간 연장효과는 3령 처리구에서도 비슷한 경향을 보였다. fenoxycarb의 처리효과는 4령과 5령 처리구에서 더욱 뚜렷하게 나타났는데 4령 3일째 이후의 처리구에서는 5령기간이 23~33일 경과하여도 토사하지 못하는 영속유충 상태로 있다가 결국 폐사하였다. 5령 1일째와 5령 2일째 처리구의 유충이 영속유충 상태로 가장 오래 살아남아 있었는데 25℃의 높은 사육조건에서 5령 기간만 무려 33일 이었으며 전령기간으로는 46일 22시간이 소요되었다.

Table 1. Change of larval duration by Insegar(main ingredient: fenoxycarb) treatment at the various larval stages

Stage of treatment		Larval duration by instar(days, hrs)						
Instar	day	1	2	3	4	5	whole	
1	1st	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	7.18 (106)	21.06 (102)	
	3rd	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	7.14 (104)	21.12 (101)	
	whole	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	7.15 (105)	21.13 (102)	
2	1st	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	8.16 (119)	22.14 (106)	
	2nd	3.08 (100)	2.21 (100)	4.05 (131)	4.18 (106)	7.22 (109)	23.02 (109)	
	whole	3.08 (100)	2.21 (100)	4.05 (131)	4.18 (106)	9.16 (133)	24.20 (117)	
3	1st	3.08 (100)	2.21 (100)	4.00 (125)	5.04 (115)	7.02 (97)	22.11 (106)	
	3rd	3.08 (100)	2.21 (100)	3.09 (106)	5.20 (130)	8.08 (114)	23.18 (112)	
	whole	3.08 (100)	2.21 (100)	3.21 (121)	5.13 (123)	8.06 (113)	23.21 (113)	
4	1st	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	6.02 (135)	8.13 (117)	24.01 (113)	
	3rd	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.17 (105)	>23.14 (323)	>37.17 (178)	
	whole	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	5.16 (126)	>25.16 (352)	>40.18 (192)	
5	1st	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	>33.00 (453)	>46.22 (221)	
	3rd	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	>33.00 (453)	>46.22 (221)	
	5th	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	>28.00 (384)	>41.22 (198)	
	whole	3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	>27.00 (370)	>40.22 (193)	
control		3.08 (100)	2.21 (100)	3.05 (100)	4.12 (100)	7.07 (100)	21.05 (100)	

Mulberry leaves sprayed with the Insegar solution($\times 1000$) was fed to silkworms at the upper treating stages. The figures in parentheses indicate the indices compared with control.

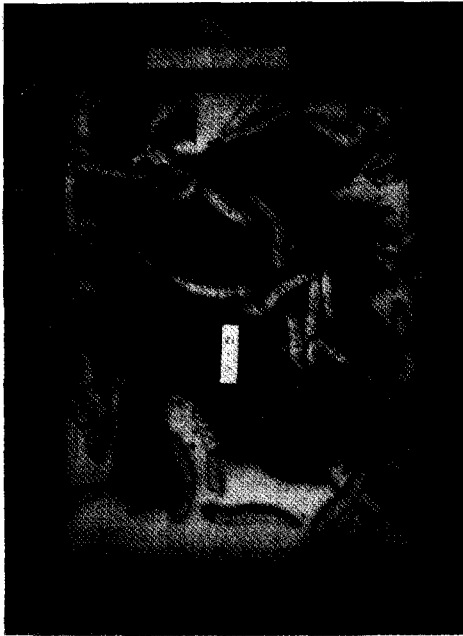


Fig. 1. Permanent larvae treated by fenoxycarb on the 14th day in the final instar. The worms showed poor appetite and scarcely moved gathering along the edge of a rearing tray.

영숙유충은 5령 중반기 이후부터 식욕이 떨어지고 움직임이 불활발해졌으며, 무처리구에 비하여 크기가 작고 딱딱한 똥을 배설하였다. 특히, 발육 중반기에 들어선 영숙 유충은 특이한 거동을 보였다. 즉, 잠박 가장자리로 나와 머리를 높은 곳으로 치켜들고 몸을 곧추 세운채 움직임이 거의 없었다(그림 1). 누에몸에는 검푸른 반점이 나타났고 이 반점은 시간이 지날수록 그 크기가 커졌다(그림 2). 이 누에를 해부하여 건사선을 적출하여 보면, 전부건사선 부위가 일은 갈색을 띠고 시간이 지날수록 짙은 갈색으로 그 착색도가 짙어졌다. 한편 중부 건사선에는 백색 불투명한 부위가 나타났고 시간이 지나면서 이 부위는 점차 확대되어 심한 경우에는 중부건사선 전체가 백색 불투명해 지는데, 이 상태의 건사선은 탄력이 없고 딱딱하게 굳어 있었다(그림 3).

fenoxycarb가 누에의 유충경과 일수를 연장시키고 변태를 억제하므로써 불결건잠을 발생시키는 현상은 Sbrenna *et al.*(1992)에 의해 보고된바 있고, 명나방의 영숙유충화(Badenne *et al.*, 1990) 및 잎말이나방에 대한 방제효과(Monta & Giannone, 1991) 등 누에 이외의 나비목 곤충에 대해서도 심각한 발육장애 효과를 나타낸다. fenoxycarb는 나비목 곤충외에도, 바

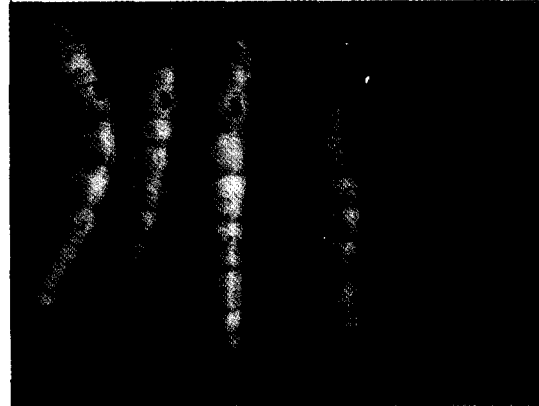


Fig. 2. Integumentary symptoms of permanent silkworms induced by phenoxycarb-treatment. The body colour got to be dark gradually with the progress of the symptom, and even the silkworm at the very right side was still alive.

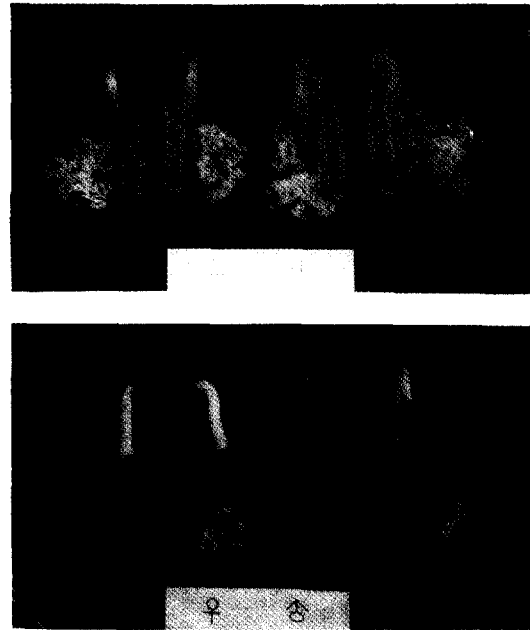


Fig. 3. Silk-gland extirpated from permanent larvae on the day of the 13th(upper) and 18th(lower) in the last instar. White and opaque regions had spread with time.

퀴목의 바퀴(Reid *et al.*, 1994), 노린재목의 별노린재(Hell *et al.*, 1993), 매미목의 밀가지벌레(Squerens *et al.*, 1992), 풀잠자리목의 어리줄풀잠자리(Rumpf *et al.*, 1993), 벌목의 고치벌(Moreno *et al.*, 1993)과 불개미(Silva, 1991; Jones *et al.*, 1994), 파리목의 기생파리

(Grenier & Plantevin, 1991) 등 폭넓은 곤충류에 대한 유충기간 연장, 변태억제 또는 방제효과를 나타내고 있어 이 농약의 사용으로 인한 자연 생태계 파괴가 크게 우려된다.

2. 5령 유충의 체중

fenoxycarb를 침식시킨 누에는 5령기 체중이 증가하였다(그림 4). 1령 전기간 처리구의 5령 유충의 체중증가는 대조구와 비슷한 양상을 보여 5령 8일째에 최고치인 5.08g에 달한후 토사하기 시작하였고, 2령과 3령의 전기간 처리구에서는 9일째에 각각 5.90g(17%)과 6.95g(38%)의 최고치에 달한후 토사, 변태하였다. 4령 전기간 처리구와 5령 처리구의 모든 유충은 5령 기간이 20일을 경과하여도 토사하지 못하는 영속유충이 되었으며, 10~13일까지 체중이 증가한후 서서히 감소하다가 폐사하였다. 4령 전기간 처리구의 5령기 최대 체중의 평균치는 8.60g으로서 대조구에 비하면 71%의 체중증가를 보였으며 개체별로는 10g을 초과하는 것도 있었다.

3. 화용비율과 견질

2령기 이후의 fenoxycarb 처리는 누에의 화용비율을 크게 감소시켰다(표 2). 2령과 3령때 fenoxycarb를 침식한 누에는 그 처리시기에 따라 다소의 차이는 있으나 대체로 70~80%대의 화용비율을 나타내었다. 한편 4~5령기에는 4령 1일째 처리구만이 2~3령기

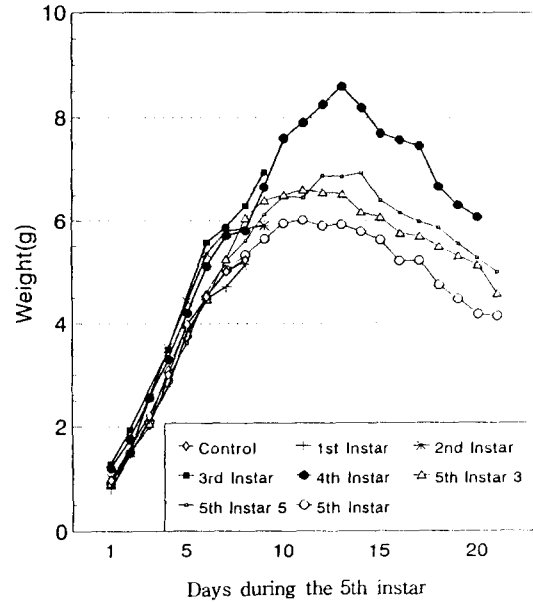


Fig. 4. Weight change of the 5th instar larvae treated with fenoxycarb at various larval stages.

처리구와 비슷한 화용비율을 보였을 뿐이며 4령 3일째 처리구와 5령기 처리구에서는 이미 지적인 바와같이 모든 개체가 토사하지 못한채 영속유충이 되었다.

전건중과 견충중은 대부분의 치잠기 처리구에서

Table 2. Effects of fenoxycarb on the characters of the larvae and cocoon

Stage of Instar	treatment Day	Pupation ratio(%)	Single cocoon weight(g)	Cocoon shell weight(cg)	Cocoon shell percent(%)
1	1st	96.9	2.46	54.7	22.2
	3rd	91.1	2.37	49.9	21.1
	whole	94.0	2.24	48.7	21.7
2	1st	84.2	2.26	54.2	20.4
	2nd	87.5	2.49	52.9	21.2
3	whole	70.8	3.33	54.4	16.3
	1st	88.4	2.43	50.5	20.8
	3rd	71.4	3.11	57.5	18.5
4	whole	76.1	3.14	70.9	22.6
	1st	78.2	3.18	68.6	21.6
	3rd	0	-	-	-
5	whole	0	-	-	-
	1st	0	-	-	-
	3rd	0	-	-	-
	5th	0	-	-	-
Control	whole	96.6	2.26	50.4	22.3

향상되었다(표 2). 우선 전건중을 보면, 대체로 fenoxycarb 처리시기가 늦어질수록, 또한 처리기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 2령 전기간 처리구의 전건중이 3.33g으로 가장 무거웠는데 이는 대조에 비하여 47% 증가한 것이며, 3령때는 3일째 1일간의 처리구만으로도 대조대비 38%가 증가한 3.11g의 값을 나타내었다. 견충중의 변화도 전건중과 유사한 양상을 보였으며 가장 높은 값을 보인 3령 전기간 처리구에서는 대조보다 41% 높은 70.9cg에 달했다. 견충비율은 2령 전기간과 3령 3일째 처리구를 제외하면 대체로 21~22%의 값을 보여 대조에 비해 큰 차이가 없었다.

상술한 바와 같이 fenoxycarb는 그 처리시기에 따라 5령 유충기간과 체중, 화용비율 및 견질에 대한 영향력이 크게 다르고, 2~3령기의 처리는 유충경과 일수에 큰 변화를 보이지 않으면서 처리시기에 따라서는 전건중과 견충중을 40% 이상 향상시키는 것이 확인되었다. 금후, 유충기간과 화용비율에 미치는 fenoxycarb의 역효과를 줄이면서 고치와 고치층 무게를 향상시킬 수 있는 애누에때의 적정 처리농도를 상세히 검토하면 수견량 증가 약제로서의 이용도 기대되나, 이 경우 5령 초기에 투여하는 기존의 增絲劑인 “마니나”에 비해 누에자리가 좁은 시기에 처리할 수 있어 처리작업의 생력화면에서도 유리할 것으로 생각된다.

한편, Sbrenna *et al.*(1992)은 5령 초기에 fenoxycarb를 처리하여 영속유충이 될 누에에 20-hydroxycydysone을 주사하므로써 초과 유충탈피를 유도하였고, Akai *et al.*(1988)은 5령 초기에 고농도의 유약호르몬을 투여하여 출현한 영속유충에 ecdysterone을 투여하므로써 제란크기에 가까운 초대형 고치를 얻은 바 있다. 치잠기의 fenoxycarb 이용에 대한 검토와는 별도로, 5령 초기의 fenoxycarb 처리와 5령 말기의 ecdysteroid 처리를 동일 개체에 실시하는 생리활성 물질의 복합적 이용방안의 검토가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

1000배로 희석한 “인세가”(주성분: fenoxycarb)를 분무한 뽕잎을 일정기간 누에에 섭식시킨후 각 령의 경과일수, 5령 유충무게, 화용비율, 전건중 및 견충중 등에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. fenoxycarb 침식은 유충경과 일수를 연장시킨다. 특히 4령 3일 이후의 처리에서는 5령 경과일수가 20일 이상 길어지고 토사하지 못한채 모두 폐사하였다.

2. fenoxycarb 침식은 5령 유충무게를 증가시킨다. 처리구의 유충무게 최대치는 대조구에 비해 2령 전기간 처리구에서 약 20%, 3령, 4령, 5령기의 전기간 처리구에서 각각 40%, 70%, 20% 정도 증가하였다.

3. 화용비율은 1령 처리구에서는 90% 이상으로 대조와 큰 차이는 없었으나 2~3령 처리구에서는 70~80%, 4령 후반기 이후 처리구에서는 0%였다.

4. 전건중 및 견충중은 1~3령 처리구에서 대체로 증가하였고 특히 전건중은 2령 전령 처리구에서 대조대비 47% 견충중은 3령 전기간 처리구에서 41% 증가하였다.

인 용 문 헌

- Akai, H., Takabayashi, K. and Kiuchi, M. (1988) Induction of spinning from JH-treated eternal larvae of *Bombyx mori* by ecdysteroid administration. J. Ser. Sci. Jpn. 57(4): 341-344.
- Badenne, C., Grenier, S., Plantevin, G. and Mauchamp, B. (1990) Effects of juvenile mimetic, fenoxycarb, on post embryonic development of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Experientia*, 46(7): 744-747.
- Grenier, S. and Plantevin, G. (1991) Action of an insect growth regulator, fenoxycarb, on the parasitoid *Pseudoperichaeta nigrolineata*(Diptera, Tachinidae). *Redia*. 74(3): 425-431.
- Hell, S., Kallenborn, HG. and Mosbacher, GC. (1993) Morphogenic and allatotropic effect of the juvenile hormone analogue, fenoxycarb in the cotton stainer, *Dysdercus intermedius* Sign. (Heteroptera, Pyrrhocoridae). *Zoologische Jahrbucher, Abteilung fur Allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere*. 97(2): 151-160.
- International Silk Association Ryon, France (1995) Monthly Newsletter, June. 1995.
- Jones, DB., Adams, RH. and Thompson, LC. (1994) Assessment of bait for fire ant control in southern Arkansas. *Arkansas Farm Research*. 43(2): 8-9.
- 小林則夫 (1995) 新しいタイプの農薬による蠶の被害防止. *蠶絲科學と技術*. 34(7): 32-35.
- Monta, LD. and Giannone, F. (1991) An insect growth regulator(fenoxycarb) against *Lobesia botrana* Den. et schiff. on grapes in Veneto. *Informatore Fitopatologic*. 41(3): 53-56.
- Moreno, J., Hawlitzky, N. and Jimenez, R. (1993) Morphological abnormalities induced by fenoxycarb on the ectoparasitic larval stage of *Phanerotoma*(*Phanerotoma*) *ocularis* Kohl(Hym., Braconidae). *Journal of Applied Entomology*. 116(4): 406-411.
- Reid, BL., Brock, VL. and Bennett, GW. (1994) Developmental, morphogenetic and reproductive effects of four polycyclic non-isoprenoid juvenoids in the

- German cockroach(Dictyoptera: Blattellidae). Journal
Silva, JM. (1991) The ant from hell. Pest Control Technology. **19**(5): 60-69.
- Squerens, N., Tonduer, R., Verstraeten, C., and schiffers, BC.** (1992) Control of a soft scale of ornamental plants(*Eupulvinaria hydrangeae* Steinweden) (Homoptera: Coccidae) using an insect growth regulator: fenoxycarb. International Symposium on Crop Protection. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent. **57**(3A): 791-800.
- of Entomological Science. **29**(1): 31-42.
- Rumpf, S. and Penman, D.** (1993) Effects of the insect growth regulator fenoxycarb on two lacewing species in the laboratory and field. Proceedings of the Forty Sixth New Zealand Plant Protection Conference, Christchurch, New Zealand, 10-12 August 1993: 97-101.
- 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.